

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

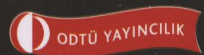
Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

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

MICHIO KAKU

İNSANLIĞIN GELECEĞİ

MARS'I YAŞANILABİLİR KILMAK,
YILDIZLARARASI YOLCULUK,
ÖLÜMSÜZLÜK VE DÜNYA'NIN
ÖTESİNDEKİ KADERİMİZ





MICHIO KAKU

İNSANLIĞIN GELECEĞİ

İnsan uygarlığı, Dünya'nın ötesinde yaşamamanın sınırında. Peki bu nasıl olacak? Dünyaca ünlü fizikçi Michio Kaku, bizi gelecekte bir yolculuğa çıkarıyor ve günün birinde yuvalarımızı yıldızların arasında kurmamızı sağlayacak robotbilim, nanoteknoloji ve biyoteknolojideki akıllara durgunluk veren gelişmeleri önümüze seriyor.



odtuyayincilik.com.tr

İnsanlığın Geleceği

Michio Kaku

İnsanlığın Geleceği

Michio Kaku

Mars'ı yaşanabilir kılmak, yıldızlararası yolculuk,
ölümsüzlük ve Dünya'nın ötesindeki kaderimiz



THE FUTURE OF HUMANITY
*Terraforming Mars, Interstellar Travel,
Immortality, and Our Destiny Beyond Earth*
© 2018 by Michio Kaku

İNSANLIĞIN GELECEĞİ
Mars'ı yaşanabilir kılmak, yıldızlararası yolculuk,
ölümsüzlük ve Dünya'nın ötesindeki kaderimiz
Michio KAKU

ISBN: 978-605-7744-02-9



ODTÜ Geliştirme Vakfı
Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları

© 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

Çeviren
Ayşe Cankız ÇEVİK

Kapak Tasarımı
İnova Tasarım

Sayfa Düzeni
Emrullah ÖZ

1. Basım Ekim 2019
Desen Ofset A.Ş.
Sertifika no: 44142

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.
Üniversiteler Mah. ODTÜ Küme Evleri No: 152 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

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

*Sevgili eşim Shizue ve
kızlarım Michelle ile Alyson'a...*

İçindekiler

TEŞEKKÜR	xi

ÖNSÖZ	xxiii

GİRİŞ

FARKLI GEZEĞENLERDEN TÜRLERE DOĞRU	1

BÖLÜM I

DÜNYA'YI TERK ETMEK

1 KALKIŞA HAZIRLANMAK	13
2 UZAYDA YOLCULUĞUN YENİ ALTIN ÇAĞI	32
3 GÖKLERDE MADENCİLİK	51
4 MARS YA DA İFLAS	60
5 MARS: BAHÇE GEZEĞEN	75
6 GAZ GEZEĞENLER, KUYRUKLUYILDIZLAR VE ÖTESİ	97

BÖLÜM II

YILDIZLARA YOLCULUK

7 UZAYDAKİ ROBOTLAR	115
8 BİR YILDIZ GEMİSİ YAPMAK	144
9 KEPLER VE GEZEĞENLERDEN BİR EVREN	178

BÖLÜM III

EVRENDE YAŞAM

10	ÖLÜMSÜZLÜK.....	199
11	TRANSHÜMANİZM VE TEKNOLOJİ.....	222
12	DÜNYA DIŞI YAŞAM ARAYIŞI.....	244
13	İLERİ UYGARLIKLAR.....	269
14	EVRENİ TERK ETMEK.....	318

NOTLAR.....	337

ÖNERİLEN OKUMALAR.....	355

DİZİN.....	359

Teşekkür

Aşağıda adı anılan bilim insanlarına ve uzmanlara hem bu kitap hem de ulusal radyo ile televizyon programlarım için benimle görüşmeler yapmaya zaman ayırdıkları ve bilgilerini cömertçe paylaştıkları için teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Bilime ilişkin bilgileri ve keskin sezgileri bu kitabın ortaya çıkmasını olanaklı kıldı.

Ayrıca temsilcim Stuart Krichevsky'e de kitaplarımın başarılı olmasına destek olduğu için teşekkür etmek isterim. Yorulmak bilmeden gösterdiği çabalar için kendisine büyük bir şükran borçluyum. Kendisi, her zaman akıl danışacağım ilk kişi olmuştur.

Penguin Random House'taki editörüm Edward Kastenmeier'a da kitabımın odağını korumasına yardımcı olan tüm yönlendirmeleri ve yorumları için teşekkürlerimi sunarım. Tavsiyeleri, her zaman olduğu gibi taslak metni bir hayli geliştirdi. Bu kitabın yayına hazırlanmasındaki emeği, kendisini tüm kitapta gösteriyor.

Aşağıda adı geçen, bu alanda çığır açmış olan herkese de ayrıca teşekkür etmek istiyorum:

- Peter Doherty, Nobel ödülü sahibi, St. Jude Çocuk Araştırma Hastanesi

- Gerald Edelman, Nobel ödülü sahibi, Scripps Araştırma Enstitüsü
- Murray Gell-Mann, Nobel ödülü sahibi, Santa Fe Enstitüsü ve California Teknoloji Enstitüsü
- Walter Gilbert, Nobel ödülü sahibi, Harvard Üniversitesi
- David Gross, Nobel ödülü sahibi, Kavli Kuramsal Fizik Enstitüsü
- Henry Kendall, Nobel ödülü sahibi, MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)
- Leon Lederman, Nobel ödülü sahibi, Illinois Teknoloji Enstitüsü
- Yoichiro Nambu, Nobel ödülü sahibi, Chicago Üniversitesi
- Henry Pollack, İklim Değişikliği üzerine Devletlerarası Heyet, Nobel Barış Ödülü
- Joseph Rotblat, Nobel ödülü sahibi, St. Bartholomew Hastanesi
- Steven Weinberg, Nobel ödülü sahibi, Austin-Texas Üniversitesi
- Frank Wilczek, Nobel ödülü sahibi, MIT
- Amir Aczel, *Uranyum Savaşları (the Uranium Wars)* eserinin yazarı
- Buzz Aldrin, astronot, NASA, ayda yürüyen ikinci insan
- Geoff Andersen, ABD Hava Kuvvetleri Akademisi, *Teleskop* eserinin yazarı
- David Archer, jeofizik bilimci, Chicago Üniversitesi, *The Long Thaw* eserinin yazarı
- Jay Barbree, *Moon Shot* eserinin yazarlarından
- John Barrow, fizikçi, Cambridge Üniversitesi, *Olanaksızlık (Impossibility)* eserinin yazarı
- Marcia Bartusiak, *Einstein's Unfinished Symphony* eserinin yazarı
- Jim Bell, gökbilimci, Cornell Üniversitesi
- Gregory Benford, fizikçi, Üniversitesi of California, Irvine
- James Benford, fizikçi, Microwave Sciences başkanı
- Jeffrey Bennett, *Beyond UFOs* eserinin yazarı

- Bob Berman, gökbilimci, *Secrets of the Night Sky* eserinin yazarı
- Leslie Biesecker, uzman araştırmacı, tıbbi genom bilimi, Ulusal Sağlık Enstitüleri
- Piers Bizony, *How to Build Your Own Spaceship* eserinin yazarı
- Michael Blaese, uzman araştırmacı, Ulusal Sağlık Enstitüleri
- Alex Boese, Aldatmacalar Müzesi (Museum of Hoaxes) kurucusu
- Nick Bostrom, transhümanist, Oxford Üniversitesi
- Lt. Col. Robert Bowman, yönetici, Uzak ve Güvenlik Çalışmaları Enstitüsü
- Travis Bradford, *Solar Revolution* eserinin yazarı
- Cynthia Breazeal, yardımcı yönetici, Geleceğe İlişkin Hikâye Anlatıcılığı Merkezi (Center for Future Storytelling), MIT Medya Laboratuvarı
- Lawrence Brody, uzman araştırmacı, tıbbi genom bilimi, National Institutes of Health
- Rodney Brooks, eski yöneticisi, MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı
- Lester Brown, Dünya Politikası Enstitüsü (Earth Policy Institute) kurucusu ve başkanı
- Michael Brown, gökbilimci, California Teknoloji Enstitüsü
- James Canton, *The Extreme Future* eserinin yazarı
- Arthur Caplan, Tıbbi Etik Bölümü kurucusu, NY Üniversitesi Tıp Fakültesi
- Fritjof Capra, *The Science of Leonardo* eserinin yazarı
- Sean Carroll, kozmolog, California Teknoloji Enstitüsü
- Andrew Chaikin, *A Man on the Moon* eserinin yazarı
- Leroy Chiao, astronot, NASA
- Eric Chivian, hekim, Nükleer Savaşın Önlenmesi için Uluslararası Hekimler (IPPNW)
- Deepak Chopra, *Süper Beyin (Super Brain)* eserinin yazarı
- George Church, genetik bilimi profesörü, Harvard Tıp Fakültesi

- Thomas Cochran, fizikçi, Doğal Kaynakları Koruma Konseyi
- Christopher Cokinos, gökbilimci, *The Fallen Sky* eserinin yazarı
- Francis Collins, yönetici, Ulusal Sağlık Enstitüsü
- Vicki Colvin, kimyacı, Rice Üniversitesi
- Neil Comins, fizikçi, Maine Üniversitesi, *The Hazards of Space Travel* eserinin yazarı
- Steve Cook, Marshall Uzay Uçuş Merkezi, NASA sözcüsü
- Christine Cosgrove, *Normal at Any Cost* eserinin yazarlarından
- Steve Cousins, Willow Garage Kişiyi Özel Robot Programı
- Philip Coyle, eski ABD savunma bakanı yardımcısı
- Daniel Crevier, bilgisayar uzmanı, Coreco Görüntüleme CEO'su
- Ken Croswell, gökbilimci, *Magnificent Universe* eserinin yazarı
- Steven Cummer, bilgisayar uzmanı, Duke Üniversitesi
- Mark Cutkosky, makine mühendisi, Stanford Üniversitesi
- Paul Davies, fizikçi, *Superforce* eserinin yazarı
- Daniel Dennett, eş yönetici, Bilişsel Çalışmalar Merkezi, Tufts Üniversitesi
- Michael Dertouzos, bilgisayar uzmanı, MIT
- Jared Diamond, Pulitzer Ödülü sahibi, UCLA
- Mariette DiChristina, yazı işleri müdürü, Scientific American
- Peter Dilworth, araştırmacı, MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı
- John Donoghue, BrainGate'in yaratıcısı, Brown Üniversitesi
- Ann Druyan, yazar ve yapımcı, Cosmos Stüdyoları
- Freeman Dyson, fizikçi, İleri Araştırmalar Enstitüsü, Princeton
- David Eagleman, nörolog, Stanford Üniversitesi
- Paul Ehrlich, çevreci, Stanford Üniversitesi

- John Ellis, fizikçi, CERN
- Daniel Fairbanks, genetikçi, Utah Valley Üniversitesi, *Relics of Eden* eserinin yazarı
- Timothy Ferris, yazar ve yapımcı, *Coming of Age in the Milky Way* eserinin yazarı
- Maria Finitzo, film yapımcısı, kök hücre uzmanı, Peabody Ödülü sahibi
- Robert Finkelstein, robot teknolojisi ve bilgisayar bilimi, Robot Teknolojileri Şirketi (Robotic Technology, Inc.)
- Christopher Flavin, kıdemli üyesi, Worldwatch Enstitüsü
- Louis Friedman, kurucu ortak, Planetary Society
- Jack Gallant, nörolog, California Üniversitesi, Berkeley
- James Garvin, kıdemli araştırmacı, NASA
- Evalyn Gates, Cleveland Doğal Tarih Müzesi, *Einstein's Telescope* eserinin yazarı
- Michael Gazzaniga, nörolog, California Üniversitesi, Santa Barbara
- Jack Geiger, kurucu ortak, Sosyal Sorumluluk için Hekimler
- David Gelernter, bilgisayar uzmanı, Yale Üniversitesi
- Neil Gershenfeld, yönetici, Bitler ve Atomlar Merkezi, MIT Medya Laboratuvarı
- Paul Gilster, *Centauri Dreams* eserinin yazarı
- Rebecca Goldberg, çevreci, Pew Charitable Trusts
- Don Goldsmith, gökbilimci, *The Runaway Universe* eserinin yazarı
- David Goodstein, eski müdür yardımcısı, California Teknoloji Enstitüsü
- J. Richard Gott III, fizikçi, Princeton Üniversitesi, *Einstein Evreninde Zaman Yolculuğu (Time Travel in Einstein's Universe)* eserinin yazarı
- Stephen Jay Gould, biyolog, Harvard Üniversitesi
- Ambassador Thomas Graham, silah kontrolü ve silahların yaygınlaştırılmasının önlenmesi müzakereleri uzmanı
- John Grant, *Corrupted Science* eserinin yazarı
- Eric Green, yönetici, Ulusal İnsan Genom Araştırma Enstitüsü, Ulusal Sağlık Enstitüleri

- Ronald Green, genom bilimi ve biyoetik, Dartmouth Üniversitesi, *Babies by Design* eserinin yazarı
- Brian Greene, fizikçi, Columbia Üniversitesi, Evrenin Zerafeti (*The Elegant Universe*) eserinin yazarı
- Alan Guth, fizikçi, MIT, *The Inflationary Universe* eserinin yazarı
- William Hanson, *The Edge of Medicine* eserinin yazarı
- Chris Hadfield, astronot, CSA
- Leonard Hayflick, California Üniversitesi, San Francisco Tıp Fakültesi
- Donald Hillebrand, yönetici, Argonne Ulusal Laboratuvarı Enerji Sistemleri Bölümü
- Allan Hobson, psikiyatrist, Harvard Üniversitesi
- Jeffrey Hoffman, astronot, NASA, MIT
- Douglas Hofstadter, Pulitzer Ödülü sahibi, *Gödel, Escher, Bach: Bir Ebedi Gökçe Belik (Gödel, Escher, Bach)* eserinin yazarı
- John Horgan, gazeteci, Stevens Teknoloji Enstitüsü, *The End of Science* eserinin yazarı
- Jamie Hyneman, *MythBusters* programının sunucusu
- Chris Impey, gökbilimci, Arizona Üniversitesi, *The Living Cosmos* eserinin yazarı
- Robert Irie, bilgisayar uzmanı, the Cog Projesi, MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı
- P. J. Jacobowitz, gazeteci, *PC dergisi*
- Jay Jaroslav, İnsan Zekâsı Girişimi (Human Intelligence Enterprise), MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı
- Donald Johanson, paleantropolojist, İnsanın Kökenleri Enstitüsü (Institute of Human Origins), Lucy'nin kâşifi
- George Johnson, bilim gazetecisi, *New York Times*
- Tom Jones, astronot, NASA
- Steve Kates, gökbilimci, TV sunucusu
- Jack Kessler, tıp profesörü, Northwestern Medikal Grubu
- Robert Kirshner, gökbilimci, Harvard Üniversitesi
- Kris Koenig, gökbilimci, film yapımcısı

- Lawrence Krauss, fizikçi, Arizona Devlet Üniversitesi, *The Physics of Star Trek* eserinin yazarı
- Lawrence Kuhn, film yapımcısı, *Closer to Truth*
- Ray Kurzweil, mucit ve gelecekbilimci, *The Age of Spiritual Machines* eserinin yazarı
- Geoffrey Landis, fizikçi, NASA
- Robert Lanza, biyoteknoloji uzmanı, Astellas Global Onarıcı Tıp başkanı
- Roger Launius, *Robots in Space* eserinin yazarlarından
- Stan Lee, *Marvel Comics* ve *Spider-Man*'in yaratıcısı
- Michael Lemonick, eski bilim editörü, *Time* dergisi
- Arthur Lerner-Lam, jeolog ve yanardağ bilimci, Dünya Enstitüsü (Earth Institute)
- Simon LeVay, *When Science Goes Wrong* eserinin yazarı
- John Lewis, gökbilimci, Arizona Üniversitesi
- Alan Lightman, fizikçi, MIT, *Einstein'in Düşleri (Einstein's Dreams)* eserinin yazarı
- Dan Linehan, *SpaceShipOne* eserinin yazarı
- Seth Lloyd, makine mühendisi ve fizikçi, MIT, *Programming the Universe* eserinin yazarı
- Werner R. Loewenstein, Hücre Fiziği Laboratuvarı eski yöneticisi, Columbia Üniversitesi
- Joseph Lykken, fizikçi, Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı (Fermi National Accelerator Laboratory)
- Pattie Maes, medya sanatları ve bilimleri profesörü, MIT Medya Laboratuvarı
- Robert Mann, *Forensic Detective* eserinin yazarı
- Michael Paul Mason, *Head Cases* eserinin yazarı
- W. Patrick McCray, *Keep Watching the Skies!* eserinin yazarı
- Glenn McGee, *The Perfect Baby* eserinin yazarı
- James McLurkin, bilgisayar uzmanı, Rice Üniversitesi
- Paul McMillan, yönetmen, *Space Watch*
- Fulvio Melia, astrofizikçi, Üniversitesi of Arizona
- William Meller, *Evolution R* eserinin yazarı
- Paul Meltzer, **Kanser Araştırmaları Merkezi**, Ulusal Sağlık Enstitüleri

- Marvin Minsky, bilgisayar uzmanı, MIT, *The Society of Mind* eserinin yazarı
- Hans Moravec, Carnegie Mellon Üniversitesi Robot Teknolojisi Enstitüsü, *Robot* eserinin yazarı
- Philip Morrison, fizikçi, MIT
- Richard Muller, astrofizikçi, California Üniversitesi, Berkeley
- David Nahamoo, IBM ortağı, IBM İnsan Dili Teknolojileri Grubu
- Christina Neal, yanardağ bilimci, Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu
- Michael Neufeld, *Von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War* eserinin yazarı
- Miguel Nicolelis, sinirbilimci, Duke Üniversitesi
- Shinji Nishimoto, nörolog, California Üniversitesi, Berkeley
- Michael Novacek, paleantoloji, Amerika Doğa Tarihi Müzesi
- S. Jay Olshansky, biyogerontoloji, Illinois Üniversitesi, Chicago, *The Quest for Immortality* eserinin yazarı
- Michael Oppenheimer, çevreci, Princeton Üniversitesi
- Dean Ornish, klinik tıp profesörü, California Üniversitesi, San Francisco
- Peter Palese, virolog, Icahn Tıp Fakültesi, Mount Sinai
- Charles Pellerin, astrofizik eski yöneticisi, NASA
- Sidney Perkowitz, *Hollywood Science* eserinin yazarı
- John Pike, yönetici, GlobalSecurity.org
- Jena Pincott, *Do Gentlemen Really Prefer Blondes?* eserinin yazarı
- Steven Pinker, psikolog, Harvard Üniversitesi
- Tomaso Poggio, bilişsel bilimci, MIT
- Corey Powell, yazı işleri müdürü, *Discover*
- John Powell, kurucu, JP Aerospace
- Richard Preston, *The Hot Zone* ve *The Demon in the Freezer* eserlerinin yazarı
- Raman Prinja, gökbilimci, Londra Üniversitesi

- David Quammen, evrimsel biyolog, *The Reluctant Mr. Darwin* eserinin yazarı
- Katherine Ramsland, adli tıp bilimci, DeSales Üniversitesi
- Lisa Randall, fizikçi, Harvard Üniversitesi, *Warped Passages* eserinin yazarı
- Sir Martin Rees, gökbilimci, Cambridge Üniversitesi, *Before the Beginning* eserinin yazarı
- Jeremy Rifkin, kurucu, Ekonomik Eğilimler Kurumu (Foundation on Economic Trends)
- David Riquier, öğretim görevlisi, Harvard Üniversitesi
- Jane Rissler, eski kıdemli araştırmacı, Duyarlı Bilim İnsanları Birliği (Union of Concerned Scientists)
- Joseph Romm, Amerika Kalkınma Merkezi kıdemli ortağı, *Hell and High Water* eserinin yazarı
- Steven Rosenberg, Tümör İmmunolojisi Bölümü başkanı, Ulusal Sağlık Enstitüleri
- Oliver Sacks, nörolog, Columbia Üniversitesi
- Paul Saffo, gelecekbilimci, Stanford Üniversitesi ve Gelecek Enstitüsü
- Carl Sagan, gökbilimci, Cornell Üniversitesi, *Kozmos* (*Cosmos*) eserinin yazarı
- Nick Sagan, *You Call This the Future?* eserinin yazarlarından
- Michael H. Salamon, NASA'nın Temel Fizik ve Einstein'ın Ötesi programı Bilim Dalı araştırmacısı
- Adam Savage, *MythBusters* programı sunucusu
- Peter Schwartz, gelecekbilimci, Global İş Ağı kurucusu
- Sara Seager, gökbilimci, MIT
- Charles Seife, *Sun in a Bottle* eserinin yazarı
- Michael Shermer, kurucu, Skeptic Derneği ve Skeptic dergisi
- Donna Shirley, eski idarecisi, NASA Mars Keşif Programı
- Seth Shostak, gökbilimci, SETI Enstitüsü
- Neil Shubin, evrimsel biyolog, Chicago Üniversitesi, *İçimizdeki Balık* (*Your Inner Fish*) eserinin yazarı
- Paul Shuch, uzay mühendisi, onursal yetkili müdür, SETI Ligi

- Peter Singer, *Wired for War* eserinin yazarı
- Simon Singh, yazar ve yapımcı, *Big Bang'in Romanı* (*Big Bang*) eserinin yazarı
- Gary Small, *iBrain* eserinin yazarı
- Paul Spudis, yerbilimci ve aybilimci, *The Value of the Moon* eserinin yazarı
- Steven Squyres, gökbilimci, Cornell Üniversitesi
- Paul Steinhardt, fizikçi, Princeton Üniversitesi, *Sonsuz Evren* (*Endless Universe*) eserinin yazarı
- Jack Stern, kök hücre cerrahı, sinir sistemi cerrahisi klinik profesörü, Yale Üniversitesi
- Gregory Stock, UCLA, *Redesigning Humans* eserinin yazarı
- Richard Stone, bilim gazetecisi, *Discover* dergisi
- Brian Sullivan, gökbilimci, Hayden Planetaryumu
- Michael Summers, gökbilimci, *Exoplanets* eserinin yazarlarından
- Leonard Susskind, fizikçi, Stanford Üniversitesi
- Daniel Tammet, *Mavi Bir Günde Doğmuştun* (*Born on a Blue Day*) eserinin yazarı
- Geoffrey Taylor, fizikçi, Melbourne Üniversitesi
- Ted Taylor, fizikçi, ABD nükleer savaş başlıkları tasarımcısı
- Max Tegmark, kozmolog, MIT
- Alvin Toffler, gelecekbilimci, *The Third Wave* eserinin yazarı
- Patrick Tucker, gelecekbilimci, Dünya Geleceği Derneği (World Future Society)
- Chris Turney, iklimbilimci, Wollongong Üniversitesi, *Ice, Mud and Blood* eserinin yazarı
- Neil deGrasse Tyson, gökbilimci, yönetici, Hayden Planetaryumu
- Sesh Velamoor, gelecekçi, Gelecek Vakfı (Foundation for the Future)
- Frank von Hippel, fizikçi, Princeton Üniversitesi
- Robert Wallace, *Spycraft* eserinin yazarlarından
- Peter Ward, *Rare Earth* eserinin yazarlarından

- Kevin Warwick, insan sibernetik organizma deneyi, Reading Üniversitesi
- Fred Watson, gökbilimci, *Stargazer* eserinin yazarı
- Mark Weiser, araştırmacı bilim insanı, Xerox PARC
- Alan Weisman, *The World Without Us* eserinin yazarı
- Spencer Wells, genetikçi ve yapımcı, İnsanın Yolculuğu (*The Journey of Man*) eserinin yazarı
- Daniel Werthheimer, gökbilimci, SETI@home, California Üniversitesi, Berkeley
- Mike Wessler, Cog Projesi, MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı
- Michael West, CEO, AgeX Therapeutics
- Roger Wiens, gökbilimci, Los Alamos National Laboratory
- Arthur Wiggins, fizikçi, *The Joy of Physics* eserinin yazarı
- Anthony Wynshaw-Boris, genetikçi, Case Western Reserve Üniversitesi
- Carl Zimmer, biyolog, *Evrım (Evolution)* eserinin yazarlarından
- Robert Zimmerman, *Leaving Earth* eserinin yazarı
- Robert Zubrin, kurucu, Mars Derneği

Ken Crowell'e kitap hakkındaki sayısız yorumu için teşekkür ederim.

Ayrıca kitaplarımdan ikisini ustalıkla yayına hazırlayan editörüm Roger Scholl'a da teşekkür etmek isterim. Mahareti, kitaplarımı büyük ölçüde geliştirdiği gibi yorumları da kitaplarımın hem içeriğini hem de sunumunu berraklaştırmak ve derinleştirmekte her zaman yardımcı olmuştur. Son olarak, bunca yıl boyunca kitaplarımın eşlikçisi olan temsilcim Stuart Krichevsky'e de teşekkür ederim.

Önsöz

Bundan yaklaşık yetmiş beş bin yıl önce, insanlık bir gün neredeyse yok olmuştu.

Endonezya'da meydana gelen devasa bir patlama sonucu binlerce kilometrelik bir alan, havaya uçan kül, duman ve molozlardan oluşan muazzam bir battaniyenin altında kaldı. Toba felaketi öyle şiddetliydi ki son yirmi beş milyon yıl içinde gerçekleşen en güçlü yanardağ faaliyeti sayılır. Akıl almaz bir biçimde yaklaşık 3 trilyon metreküp ($3 \times 10^{12} \text{ m}^3$) toz toprağı havaya saçtı. Bu olay, Malezya ve Hindistan'ın büyük bir bölümünün 9 metre kalınlığında bir yanardağ külü ile örtülmesine neden oldu. Zehirli duman ve tozlar beraberinde taşıdıkları ölüm ve yıkım ile nihayetinde Afrika üzerinden yayıldı.

Bir anlığına bu feci olayın yarattığı kaosu hayal edin. Atalarımız yakıcı ısı ve Güneş'i karartan gri küller karşısında dehşete düşmüştü. Pek çok kişi yoğun is ve tozdan boğulmuş ve zehirlenmişti. Ardından ise sıcaklıklar "yanardağa özgü bir kışa" neden olarak düşmüştü. Bitki örtüsü ve vahşi yaşam geride yalnızca kasvetli, ıssız bir manzara bırakarak göz alabildiğine yok olmuştu. İnsanlar ve hayvanların ufakık bir parça yiyecek için halihazırda mahvolmuş araziye talan etmekten başka çareleri kalmamış ve çoğu insan da açlıktan ölmüştü. Sanki tüm Dünya ölmekte gibi görünüyordu. Hayatta kalan az sayıda canlının tek

bir amacı vardı: Dünyalarının üzerine çöken ölüm perdesinden mümkün olduğunca uzağa kaçabilmek.

Bu felakete ilişkin kesin kanıtlar belki de damarlarımızdaki kandan edinilebilir.

Genetik bilimciler herhangi iki insanın neredeyse aynı DNA'ya sahip olduğuna ilişkin tuhaf bir gerçeği fark etti. Bunun aksine herhangi iki şempanze arasında ise bütün bir insan nüfusunda bulunandan çok daha fazla genetik çeşitlilik bulunabiliyor. Bu olguyu matematiksel olarak açıklayabilecek bir kuram, patlama sırasında yalnızca iki bin kadar, yani bir avuç sayıda insanın geriye kaldığını ve insanların çoğunun yeryüzünden silinmiş olduğunu varsaymaktır. Dikkat çekici bir şekilde bu pis, sefil insan grubu en sonunda tüm gezegeni dolduran atalarımızdan kalma Âdemler ve Havvalar olacaktı. Her birimiz neredeyse bir diğzerinin klonudur; modern bir otelin balo salonuna sığabilecek kadar ufak, dayanıklı bir grup insanın soyundan gelen kız ve erkek kardeşlerdir.

Çorak arazilerde göç ederken, günün birinde kendi soylarından gelenlerin gezegenimizin her bir köşesine hükmedecek olduklarından habersizlerdi.

Bugünden geleceğe baktığımızda bundan yetmiş beş bin yıl önce meydana gelen olayların gelecek felaketlerin kostüm provası olabileceğini görüyoruz. Bunu 1992 yılında, ilk kez uzak bir yıldızın yörüngesinde dönen bir gezegen keşfedildiğine ilişkin şaşkınlık yaratan haberi duyduğumda hatırladım. Bu keşif sayesinde gökbilimciler kendi Güneş Sistemimizin ötesinde de gezegenlerin var olduğunu kanıtlayabildi. Bu durum evren hakkındaki anlayışımızda köklü bir değişiklik oluştursa da bir sonraki haberleri duyduğumda üzülmüştüm çünkü bu uzaylı gezegen muhtemelen üzerinde yaşayan tüm canlıları öldürerek bir süpernova ile patlamış olan ölü bir yıldızın, bir atarcının yörüngesinde dönüyordu. Bilim tarafından bilinen hiçbir canlı, yakındaki bir yıldızın patlaması ile açığa çıkan nükleer enerjinin yok edici tahribatına karşı koyamaz.

Bunun üzerine o gezegen üzerinde yaşayan ve ana Güneşlerinin öldüğünün bilincinde oldukları için onları bir başka yıldız

sistemine taşıyabilecek devasa bir uzay gemisi donanması oluşturmaya çalışan bir uygarlık hayal ettim. O gezegende, insanlar panik ve çaresizlik içinde yola çıkacak olan araçlarda kalan son birkaç koltuğu garantilemek için kapışırken kesinlikle bir kargaşa ortamı oluşurdu. Bu sırada Güneşleri patladığında kaderleriyle yüzleşecek olan geride bırakılanların hissettiği korkuyu da düşledim.

İnsanlığın günün birinde bir tür soy tükenme düzeyinde bir olayla karşılaşacağı, fizik yasaları kadar kaçınılmaz. Ancak atalarımız gibi bizlerin de hayatta kalmak ve hatta daha da gelişmek için gereken dürtü ve azmimiz olacak mı?

Mikroskobik bakterilerden en yüksek ormanlara, hantal dinozorlara ve girişimci insanlara kadar yeryüzünde var olmuş bütün yaşam formlarını gözden geçirirsek yüzde 99,9'undan fazlasının nihayetinde soylarının tükendiğini görürüz. Bu; yok oluşun standart haline geldiği, tüm olasılıkların ise güçlü bir şekilde bize karşı olduğu anlamına gelir. Fosil kayıtları gün yüzüne çıkarmak için ayaklarımızın dibini eşelediğimizde pek çok eski yaşam formuna ilişkin kanıt buluruz. Ne var ki günümüzde içlerinden yalnızca ufacık bir avuç kadarı hayatta kalmıştır. Gözlerimizin önünde milyonlarca tür meydana geldi; hayatlarını sürdürdü, sonra kuruyup kaldı ve öldü. Yaşamın özeti budur.

Güneş'in batışının etkileyici, romantik görüntüsüne, taze okyanus esintisinin kokusuna ve bir yaz gününün sıcaklığına ne kadar değer versek de bir gün bunların hepsi son bulacak ve gezegen insan yaşamına olanak tanımayan bir yer haline gelecek. Nihayetinde doğa, soyu tükenen o tüm yaşam formlarına yaptığı gibi bize de düşman olacak.

Yeryüzündeki yaşamın uzun tarihi gösteriyor ki saldırgan bir çevreyle karşılaşan organizmalar kaçınılmaz olarak şu üç kaderden birini yaşıyor: O çevreyi terk edebiliyor; ona uyum sağlayabiliyor ya da ölüyor. Ancak yeterince uzak geleceğe bakarsak en sonunda uyum sağlamanın neredeyse olanaksız olduğu büyüklükte bir felaketle karşılaşacağımızı görürüz. Bu durumda ya Dünya'yı terk etmemiz gerekir ya da yok oluruz. Başka şansımız yok.

Geçmişte bu felaketler defalarca yaşandı ve gelecekte de yaşanacak, bunun çaresi yok. Dünya şimdiye kadar beş büyük yok oluş döngüsüne maruz kaldı bile ve bunlar sonucu mevcut yaşam formlarının neredeyse yüzde 90'ı yeryüzünden silindi. Tıpkı günlerin geceleri takip etmesi gibi bunların da devamı gelecek.

On yıllardır doğal olmasa da kendi akılsızlığımız ve öngörüsüzlüğümüz sonucu kendi elimizle meydana getirdiğimiz tehditlerle de karşı karşıya kalıyoruz. Dünya'nın atmosferinin bize düşman kesildiği küresel ısınma tehlikesiyle; nükleer silahların dünyanın en istikrarsız bölgelerinden birinde hızla üretildiği modern savaş tehlikesiyle; yalnızca basit bir öksürük ya da hapşırık ile havadan iletilen AIDS ya da ebola gibi silah haline gelmiş mikropların tehlikesiyle karşı karşıyayız. Dahası tüm kaynakları muazzam bir hızda tüketen, büyüyen bir nüfusla da baş başayız. Dünya'nın taşıma kapasitesini bir noktada aşabiliriz ve kendimizi ekolojik bir kıyamette, gezegende kalan son erzaklar için mücadele ederken bulabiliriz.

Kendi yarattığımız belaların üstüne bir de üzerinde çok az kontrolümüz olan doğal afetler var. Binlerce yıllık bir zaman diliminde bir diğer buzul çağının başlangıcı ile karşılaşacağız. Geçen yüz bin yıl boyunca Dünya'nın yüzeyinin çoğu yaklaşık 1 kilometre kalınlığında bir buzla örtülüydü. O kasvetli ve donmuş manzara birçok hayvanın soyunu tüketmişti. Ardından on bin yıl kadar önce donlar çözülmeye başladı. Bu kısa ısınma büyüğü modern uygarlığın ani doğuşuna yol açtı ve insanlar bunu yayılmak ve gelişmek için kullandı. Ancak bu çiçeklenme buzularası bir dönemde yani muhtemelen gelecek on bin yıl içinde bir başka buzul çağı ile karşılaşacak olduğumuz bir sırada gerçekleşti. Bu olduğunda, şehirlerimiz kar dağları altında kaybolacak ve buzlar uygarlığı ezecek.

Ayrıca Yellowstone Ulusal Parkı'nın altındaki yanardağın uzun uykusundan uyanması ve Amerika Birleşik Devletleri'ni ikiye bölüp Dünya'yı boğucu, zehirli bir is ve molozun içine çekmesi olasılığı ile de yüz yüzeyiz. Önceki patlamalar 630 bin, 1,3 milyon ve 2,1 milyon yıl önce meydana gelmişti. Her bir olayın arasında kabaca 700 bin yıl vardı ve bu nedenle bir başka büyük patlama da gelecek 100 bin yıl içinde gerçekleşebilir.

Milyonlarca yıllık bir dönemde de tıpkı 65 milyon yıl önce dinazorların yok olmasına neden olanına benzer bir diğer meteor ya da kuyruklu yıldız çarpması tehlikesi bekliyoruz. O sırada yaklaşık 10 km genişliğinde bir kaya Meksika'nın Yucatán yarımadasına düşerek gökyüzüne yeniden yeryüzüne yağacak olan kızgın molozlar saçmıştı. Toba'daki patlamaya benzer ancak ondan çok daha büyük bir biçimdeki kül bulutları nihayetinde Güneş'i karartmış ve sıcaklıkların küresel olarak düşmesine neden olmuştu. Bitki örtüsünün kurumasıyla besin zinciri çökmüştü. Önce bitki yiyen dinazorlar açlıktan öldü, kısa zaman içinde de etçil kuzenleri onları izledi. Bu felaket sonucu Dünya üzerindeki tüm yaşam formlarının yüzde 90'ı yok oldu.

Bu bin yıl için Dünya'nın muhtemelen bir ölümcül kayalar sürüsü içinde salındığı gerçekliğini epey keyfi bir biçimde göz ardı ettik. Bilim insanları yalnızca son on yıl içinde büyük bir çarpmanın gerçek riskini ölçmeye yönelik çalışmalara başladı. Artık biliyoruz ki Dünya'nın yörüngesine giren ve gezegenimizdeki yaşama karşı tehlike oluşturan birkaç bin DYC (Dünya'ya yakın cisim: Near-Earth object - NEO) var. Haziran 2017 itibarıyla bu cisimlerden 16,294'ü listelendi ancak bunlar yalnızca bizim bulduğlarımız. Gökbilimciler büyük bir olasılıkla halen Dünya'nın yanından geçip giden ve Güneş Sistemi'nde bilinmeyen birkaç milyon cisim olduğunu tahmin ediyor.

Bir keresinde gökbilimci merhum Carl Sagan'la bu tehlike hakkında bir görüşme yapmıştım. Sagan, olası tehlikelerle çevrili "bir kozmik atış poligonunda yaşadığımızı" vurgulamıştı. Kocaman bir asteroidin Dünya'ya çarpması an meselesi, demişti bana. Bir şekilde bu asteroidleri aydınlatılabilsaydık geceleyin gökyüzünün binlerce tehdit içeren ışık noktacıyla dolu olduğunu görürdük.

Tüm bu tehlikeleri atlattığımızı varsaysak bile diğer hepsini gölgede bırakan bir başka tehlike mevcut. Bundan beş milyar yıl sonra Güneş gökyüzünün tamamını kaplayan devasa bir kırmızı yıldız halinde genişleyecek. Güneş o kadar büyüyecek ki Dünya'nın yörüngesi onun aşırı sıcak atmosferinde kalacak ve hararetli ısı bu cehennemde yaşamı olanaksız hale getirecek.

Bu gezegende edilgen bir biçimde kaderlerini beklemek zorunda olan diğer tüm yaşam formlarının aksine insan olarak bizler kendi yazgımızın efendileriyiz. Neyse ki artık doğanın bize sunduğu olasılıklara karşı koyacak araçları yapabiliyoruz ve böylelikle kaderinde soyunun tükeneyeceği yazan yüzde 99,9 yaşam formundan biri olmuyoruz. Bu kitapta insanlığın kaderini değiştirmeye yönelik enerjisi, öngörüsü ve kaynakları olan öncü kişilerle karşılaşacağız. İnsanlığın uzayda yaşayabileceğine ve gelişebileceğine inanan hayalperestlerle tanışacağız. Dünya'yı terk etmeyi ve hatta Güneş Sistemi ya da ötesinde herhangi bir yere yerleşmeyi olanaklı kılan teknolojinin devrimsel gelişmelerini inceleyeceğiz.

Ancak tarihimizden öğrenebileceğimiz tek bir şey varsa o da şudur: İnsanlık, ne zaman yaşamını tehdit eden bir krizle karşılaşsa bunun üstesinden gelmiş ve hatta daha da yüksek hedeflere erişmiştir. Yani keşfetme hevesi bir bakıma genlerimizdedir ve ruhumuzun içine işlemiştir.

Oysa şimdi belki de tüm zamanların en büyük meydan okumasıyla karşı karşıyayız: Dünya'nın sınırlarını terk edip uzaya süzölmek. Fizik yasaları gayet açık; er ya da geç var oluşumuzu tehdit eden küresel krizlerle karşılaşacağız.

Yaşam tek bir gezegene emanet edilemeyecek, onun kendine özgü tehditlerinin insafına bırakılamayacak kadar değerlidir.

Sagan bana bir sigorta poliçesine gereksinim olduğunu söylemişti. "İki gezegenli bir tür" olmamız gerektiği sonucuna varmıştı. Bir diğer deyişle yedek bir plana ihtiyacımız var.

Bu kitapta; tarihi, zorlukları ve gözümüzün önündeki olası çözümleri inceleyeceğiz. Bu kolay bir yol olmadığı gibi aksilikler de çıkacak ancak başka şansımız yok.

Soylarının neredeyse tükenişinden yaklaşık yetmiş beş bin yıl önce atalarımız bir cesaretle tüm dünyayı kolonileştirmeye girişmişti. Bu kitap umarım gelecekte kaçınılmaz bir biçimde karşılaşacağımız bu engelleri nasıl aşacağımıza ilişkin adımları ortaya koyacak. Kaderimizde belki de yıldızların arasında yaşayan çok gezegenli türler olmak vardır.

Giriş:

Farklı Gezegenlerden Türlere Doğru

Uzun vadede hayatta kalmamız tehlike altındaysa türümüze karşı temel sorumluluğumuz başka dünyalara gitmeye girişmektir.

– CARL SAGAN

Dinozorların soyu tükendi çünkü bir uzay programına sahip değillerdi. Biz de bir uzay programımız olmadığı için yok olacak olursak hak ettiğimizi bulmuşuz demektir.

– LARRY NIVEN

ÇOCUKKEN ISAAC ASIMOV'un bilimkurgu tarihinin en önemli destanlarından biri olarak kabul edilen Vakıf (The Foundation) Üçlemesi'ni okumuştum. Asimov'un, ışın tabancaları ile savaş ve uzaylılarla uzay savaşları hakkında yazmak yerine basit ancak çok derin bir soru yöneltmesi karşısında sersemlemiştim: Bundan elli bin yıl sonra insan uygarlığı nerede olacak? Nihai kaderimiz nedir?

Asimov; çığır açan üçlemesinde, üzerinde yaşanan milyonlarca gezegenin Samanyolu boyunca yayıldığı, muazzam bir Gökada İmparatorluğu tarafından bir arada tutulan bir insanlık

manzarası çizmişti. Öylesine uzağa yolculuk etmiştik ki bu muhteşem uygarlığı doğuran anavatan tarihöncesinin sisleri arasında kaybolmuştu. Gökada içerisinde karmaşık bir ekonomik ağ ile birbirine bağlı bir sürü insandan oluşan o kadar çok ileri toplum vardı ki bu kadar büyük bir örnek boyutundaki olayların akışını tahmin etmek için moleküllerin hareketini öngörürcesine matematikten yararlanmak mümkündü.

Yıllar önce Dr. Asimov'u bir konuşma yapması için üniversitemize davet ettim. Ağzından çıkan incelikli sözcükleri dinlerken bilgisinin derinliğine şaşırmıştım. Ardından çocukluğumdan beri kafamı kurcalayan o soruyu sordum: Vakıf serisini yazmasına ilham olan neydi? Gökadanın tamamını kucaklayan genişlikte bir konuyu nasıl bulmuştu? Hiç tereddüt etmeden Roma İmparatorluğu'nun yükselişinden ve çöküşünden esinlendiğini söyledi. İmparatorluğun hikâyesinde, çalkantılı tarihi üzerinden Roma halkının kaderinin nasıl silindiği görülebiliyordu.

İnsanlık tarihinin de bir kaderi olup olmadığını merak etmeye başladım. Belki kaderimizde nihayetinde tüm Samanyolu'nu kapsayan bir uygarlık yaratmak vardır. Belki de kaderimiz gerçekten yıldızlardadır.

Asimov'un çalışmasının temelinde yatan konuların pek çoğu daha öncesinde Olaf Stapledon'un etkileyici romanı *Yıldız Yapan*'da (*Star Maker*) incelenmişti. Romandaki kahramanımız bir şekilde ta en uzak gezegenlere erişene kadar uzayın derinliklerinde gittiğini hayal eder. Saf bilinç halinde gökadada koşturarak, bir yıldız sisteminden diğerine gezerek muazzam yabancı imparatorluklara tanık olur. Bunların kimisi bir barış ve bolluk çağı başlatıp yüceliğe erişir hatta kimisi de uzay gemileri sayesinde yıldızlararası imparatorluklar kurar. Kimileri ise çoraklıklar, anlaşmazlıklar ve savaşlarla yıkılıp harabeye döner.

Stapledon'un romanındaki devrimsel kavramların çoğu onu izleyen bilimkurgu romanlarında kullanıldı. Örneğin *Yıldız Yapan*'daki kahramanımız birçok aşırı gelişmiş uygarlığın kendi varlıklarını, daha aşağı uygarlıkları kazara ileri teknolojileri ile kirletmemek için, onlardan kasten gizlediklerini keşfeder. Bu

kavram *Uzay Yolu* (*Star Trek*) dizisindeki Federasyon'un yol gösterici ilkelerinden biri olan Ana Yönerge ile benzerdir.

Kahramanımız ayrıca üyeleri ana güneşlerini devasa bir küreye kapatarak tüm enerjisinden faydalanan kadar gelişmiş olan bir uygarlıkla da karşılaşır. Sonraları Dyson küresi adını alan bu kavram günümüzde bilimkurgunun başlıca unsurudur.

Birbirleri ile sürekli telepatik iletişim halinde olan bireylerden oluşmuş bir ırkla da tanışır. Her birey bir diğ erinin en derin düşüncelerini bilir. Bu fikir *Uzay Yolu*'nun, birbirlerine zihinsel olarak bağlı ve kolektif iradeye tabi olan Borg ırkından daha önce ortaya çıkmıştır.

Kahramanımız, romanın sonunda da bütün evrenlerin yaratıcısı ve onlarla kendi fizik yasalarına uyumlu bir şekilde uğraş an bir gökyüzü varlığı olan Yıldız Yapan'la bizzat tanışır. Evrenimiz çoklu evrendeki tek bir evrendir. Kahramanımız, iş başındaki Yıldız Yapan'ın yeni, heyecan verici âlemler kurmasına ve hoşuna gitmeyenlerden kurtulmasına dehşet içinde tanıklık eder.

Stapledon'un ç ığ ır aç an romanı, radyonun halen bir teknoloji mucizesi olarak değ erlendirildiğ i dünyada ş ok etkisi yaratmış tı. 1930'larda uzayda yolculuk eden bir uygarlığ a eriş me düş üncesi akıl almaz geliyordu. O zamanlar pervaneli uç aklar son teknoloji ür ünü olsa da bulutların üstüne çı kmaya zar zor cesaret ediyordu, yani yıldızlara yolculuk fikrinin gerçekleş mesi hayli uzak görünüyordu.

Yıldız Yapan hızla başarı kazanmış tı. Arthur C. Clarke bugüne dek yayınlanan bilimkurgu eserleri içerisinde onu ilk sıralara koyar. Bu roman savaş sonrası bilimkurgu yazarın bütün bir neslin hayal gücünü öyle bir ateşlemiş ti ki, ancak 2. Dünya Savaşı'nın kaos ve vahşeti içinde kalan kamuoyunun geneli tarafından kısa sürede unutuldu.

UZAYDA YENİ GEZEGENLER BULMAK

Artık Kepler uzay aracı ve yeryüzündeki gökbilim ekipleri Samanyolu gökadasındaki diğ er yıldızların yörüngesinde dönen

neredeyse dört bin gezegen keşfettiğine göre, insan Stapledon'un bahsettiği uygarlıkların gerçekten var olup olamayacağını merak ediyor.

2017 yılında NASA'daki uzmanlar Dünya'dan yalnızca otuz dokuz ışık yılı uzaklıkta olan Dünya büyüklüğünde tam yedi gezegenin yakındaki bir yıldızın yörüngesinde döndüğünü tespit etti. Bu yedi gezegenden üçü sıvı suyu barındırabilecek kadar ana yıldızlarına yakındı. Gökbilimciler çok yakında bu ve diğer gezegenlerin su buharı taşıyan atmosferleri olup olmadığını doğrulayacak. Su, DNA molekülünü meydana getiren organik kimyasallar için karıştırma kabı olmaya uygun "evrensel çözücü" olduğundan, belki de bilim insanları yaşam için gereken koşulların evrende ortak olduğunu gösterebilir. Gezegenlere ilişkin gökbilimin Kutsal Kâsesi'ni, Dünya'nın uzaydaki bir ikizini bulmanın eşiğinde olabiliriz.

Yaklaşık aynı sıralarda gökbilimciler oyunun kurallarını değiştiren bir başka keşif olan Dünya boyutundaki Proxima Centauri b isimli gezegeni buldu. Bu gezegen, bizden yalnızca 4,2 ışık yılı mesafede bulunan ve Güneşimize en yakın yıldız olan Proxima Centauri'nin yörüngesinde dolanmaktadır. Bilim insanları uzun zamandır, keşfe çıkılacak ilk yıldızlardan birinin bu yıldız olduğunu düşünmektedir.

Bu gezegenler, aslında her hafta güncellenmesi gereken büyük Güneş Sistemi Dışı Gezegenler Ansiklopedisi'ne girilen yakın zamanlı kayıtlardan yalnızca birkaç tanesi. Bu ansiklopedi dört ya da daha fazla yıldızın birbiri etrafında döndüğü sistemler de dahil olmak üzere, Stapledon'un ancak hayal edebileceği acayip ve sıra dışı yıldız sistemleri içerir. Birçok gökbilimci gezegenlerin herhangi bir tuhaf biçimlenmesini hayal edebiliyorsanız bunun büyük olasılıkla, birtakım fizik yasalarını ihlâl etmediği sürece gökadamdaki bir yerlerde var olduğuna inanır.

Bunun anlamı, gökadamda Dünya büyüklüğünde kaç gezegen olduğunu kabaca hesaplayabileceğimizdir. İçinde yaklaşık yüz milyar yıldız olduğuna göre, yalnızca bizim gökadamızda Güneş'e benzer bir yıldızın yörüngesinde bulunan yirmi milyar Dünya büyüklüğünde gezegen olabilir. Öyleyse araçlarımız ara-

cılığıyla gözlemlenebilir yüz milyar gökada olması da görünür evrende Dünya büyüklüğünde kaç gezegen olduğunu tahmin edebileceğimizi ortaya koyar: İki milyar kere trilyon tane gezegen.

Gökadanın yaşanabilir gezegenlerle dolu olabileceğinin farkına vardığınızda, geceleyin gökyüzüne bir daha asla eski gözünüzle bakamazsınız.

Gökbilimciler Dünya büyüklüğündeki bu gezegenleri bir kere belirledikten sonraki adımları; atmosferlerini bir yaşam belirtisi olarak oksijen ve su bakımından incelemek ve zeki bir uygarlığa ilişkin işaret verebilecek radyo dalgalarını dinlemek olacaktır. Böylesi bir keşif insanlık tarihi açısından ateşin bulunuşu kadar büyük bir dönüm noktası olacaktır. Evrenin kalanıyla olan ilişkimizi yeniden belirlemekle kalmayıp kaderimizi de değiştirir.

UZAYIN KEŞFİNİN YENİ ALTIN ÇAĞI

Güneş Sistemi'nin dışındaki gezegenlerin bu heyecan verici keşifleri ile yeni nesil vizyon sahiplerinin sunduğu özgün fikirler, kamuoyunun ilgisini yeniden uzayda yolculuğa çekiyor. Aslında uzay programına yön veren şey Soğuk Savaş ve süpergüç olma rekabetiydi. Ülkenin federal bütçesinin yüzde 5,5'inin Apollo uzay programına harcanması kamuoyunun umurunda değildi çünkü söz konusu olan ulusal saygınlığımızdı. Ancak bu hararetli çekişme sonsuza kadar sürdürülemezdi ve nihayetinde kaynaklar çöktü.

Amerikalı astronotlar Ay'ın yüzeyinde en son neredeyse kırk yıl önce yürüdü. Saturn V roketi ile uzay aracı parçalarına ayrıldı ve hikâyeleri tozlu tarih kitaplarında sürünürken kendileri de müzelerde ya da hurdalıklarda çürüyor. Takip eden yıllarda NASA "hiçbir yere götüren Ajans" olarak eleştirildi. Onlarca yıldır, herkesin gittiği yerlere gidip çarkını bu şekilde döndürüyordu.

Ancak ekonominin durumu değişmeye başladı. Uzayda yolculuğun bir zamanlar bir ülkenin bütçesini felç edecek düzeydeki maliyeti, büyük ölçüde destekleyen girişimcilerin artmasıyla

oluşan enerji, para ve ilgi akını nedeniyle durmadan düşüyor. NASA'nın bazen çok yavaş kalmasına tahammül edemeyen Elon Musk, Richard Branson ve Jeff Bezos gibi milyarderler çek defterlerini yeni roketler yapmak için kullanmaya başladı. Bunu yapmalarının nedeni yalnızca kazanç sağlamak da değil, yıldızlara gitmek üzerine kurdukları çocukluk hayallerini gerçekleştirmek.

Şimdi yeniden canlanmış bir ulusal arzu var. Artık soru, ABD'nin Kızıl Gezegen'e astronot gönderip göndermeyeceğinden öte ne zaman göndereceği. Eski başkan Barack Obama, astronotların 2030 sonrası bir tarihte Mars'ın yüzeyinde yürüyeceğini belirtmişti. Başkan Donald Trump da NASA'dan bu takvimi hızlandırmasını istedi.

NASA'nın Orion kapsüllü Uzay Fırlatma Sistemi (Space Launch System - SLS) roketi ve Elon Musk'ın Dragon kapsüllü Falcon Heavy roketi gibi bir alay gezegenlerarası yolculuğa uygun roket ve uzay modülü erken test evresinde. Daha astronotlarımızı Ay'a, asteroitlere, Mars'a ve ötesine götürerek işin zor kısmını onlar halledecek. Aslına bakarsanız bu görev ile ilgili o kadar çok tanıtım yapıldı ve heyecan yaratıldı ki çevresinde bir rekabet oluşmaya başladı. Belki de Mars topraklarına bayrağı ilk dikmek için yarışan farklı ekipler yüzünden Mars'a giden trafik sıkışacak.

Kimileri onlarca yıl süren ihmalkârlığın ardından evreni keşfetmenin yeniden ulusal ajandanın heyecan verici bir parçası haline geldiği, uzayda yolculuğun yeni altın çağına girdiğimizi yazdı.

Geleceğe baktığımızda bilimin uzayın keşfini nasıl dönüştüreceğinin ana hatlarını görebiliyoruz. Modern teknolojinin çok geniş bir aralıkta sergilediği devrimsel gelişmeler sayesinde uygarlığımızın günün birinde nasıl uzaya taşınacağı, gezegenleri yaşanabilir kılacağı ve yıldızların ötesine yolculuk edeceği üzerine tahminlerde bulunabiliyoruz. Bu her ne kadar uzun soluklu bir hedef olsa da artık mantıklı bir zaman çerçevesi sunmak ve kimi kozmik aşamaların ne zaman karşılanacağına yönelik tespitlerde bulunmak olası.

Bu kitapta, bu tutkulu hedefi başarmak için gereken adımları araştıracağım. Ancak geleceğimizin nasıl görünebileceğini keşfe çıkan yol, bütün bu mucizevi gelişmelerin ardındaki bilimi anlamakta yatıyor.

TEKNOLOJİNİN DEVRİMSEL DALGALARI

Bilimin tam önümüzde uzanan muazzam sınırlarına bakarsak bunun insanlık tarihinin geniş bir görünümünü ele almamıza yardımcı olabileceğini görürüz. İnsanlık tarihinin büyük bir bölümünde; sefil yaşamlar sürerek insan ömrünün yirmi ile otuz yıl arası olduğu, saldırgan ve umursamaz bir dünyada mücadele ettik. Çoğunlukla tüm varlıklarını sırtlarında taşıyan göçebelerdik. Her gün, besini ve barınacak yeri garantiye almak için verilen mücadelelerle geçiyordu. Sürekli şiddetli yırtıcılar, hastalıklar ve açlık endişesiyle yaşıyorduk. Ancak atalarımız bugün gezegenin diğer ucuna anında fotoğraflar gönderebildiğimizi, Ay'a ve ötesine taşıyacak roketlerimiz hatta kendi kendine gidebilen arabalarımız olduğunu görebilselerdi bizlerin büyücü ya da sihirbaz olduğumuzu düşünürlerdi.

Tarih ortaya koyuyor ki bilimsel devrimler genellikle fizikteki gelişmelerin teşvik ettiği dalgalar halinde meydana geliyor. On dokuzuncu yüzyılda ilk bilim ve teknoloji dalgası, makine ve termodinamik kuramlarını oluşturan fizikçiler tarafından mümkün kılınmıştı. Bu sayede mühendisler buhar makinesi üretebilmiş, bu da lokomotif ve endüstri devrimine evrilmişti. Teknolojideki bu temel değişim, uygarlığı; cehaletin, yıpratıcı çalışma koşullarının ve açlığın lanetinden kurtararak makine çağına taşıdı.

Yirminci yüzyıldaki ikinci dalgaya elektrik ve manyetizma yasalarında uzmanlaşıp elektrik çağına geçişi sağlayan fizikçiler öncülük etti. Bu gelişme dinamoların, elektrik jeneratörlerinin, televizyon, radyo ve radarların gelişile şehirlerimizin elektrikleştirilmesini sağladı. İkinci dalga bizi Ay'a götüren modern uzay programını ortaya çıkarttı.

Yirmi birinci yüzyılda da bilimdeki üçüncü dalga transistör ve lazeri icat eden kuantum fizikçilerinin öncülüğünde ileri teknolojide ifade buldu. Bu; süper bilgisayarların, internetin, modern iletişimin, GPS'nin ve yaşamlarımızın her köşesine sinmiş olan ufak çiplerin ortaya çıkmasına olanak sağladı.

Bu kitapta, gezegenleri ve yıldızları keşfettikçe bizi bunların daha da ötesine götürecek olan teknolojileri açıklayacağım. Birinci bölümde kalıcı bir Ay üssü yaratma ve Mars'ı kolonileştirip yaşanabilir kılma çabasını tartışacağız. Bunu başarabilmek için yapay zekâ, nanoteknoloji ve biyoteknolojinin meydana getirdiği dördüncü bilim dalgasından yararlanmak zorundayız. Mars'ı yaşanabilir kılma hedefi bugünkü kapasitemizi aşıyor ancak yirmi ikinci yüzyıl teknolojileri bu kasvetli, donuk çölü yaşanabilir bir dünya haline getirecek. Maliyeti hızla düşürmek ve Mars'ı gerçek bir cennete çevirmek için kendi kendisine çoğalabilen robotların, çok güçlü ancak tüy gibi hafif nanoteknoloji malzemelerin ve biyomühendislik sonucu üretilmiş besinlerin kullanımını değerlendireceğiz. Nihayetinde ise Mars'ın da ötesine geçecek ve asteroitler ile gaz gezegenler olan Jüpiter ve Satürn'ün uydularında yerleşimler kuracağız.

İkinci bölümde, zamanda Güneş Sistemi'nin ötesine geçebileceğimiz ve yakınlardaki yıldızları keşfedebileceğimiz ileri bir noktaya göz atacağız. Yine bu görev de mevcut teknolojimizi aşacak ancak beşinci dalga teknolojiler bunları gerçekleştirebilir ki bunlar; nanogemiler, lazer yelkenliler, ramjet füzyon motorları ve karşıt madde motorlarıdır. NASA şimdiden yıldızlararası yolculuğu gerçekleştirmeye yarayacak fizik çalışmalarına kaynak yaratmaya başladı bile.

Üçüncü bölümde kendimize yıldızların arasında yeni bir yuva kurmak için bedenimizde ne gibi değişiklikler yapmamız gerektiğini inceleyeceğiz. Yıldızlararası bir yolculuk on yıllar ve hatta yüz yıllar sürebilir, bu nedenle kendimizin genetik mühendisliğini yaparak uzayın derinliklerinde uzayan süreler boyunca hayatta kalmak için belki de insanın ömrünü uzatacak değişiklikler yapmamız gerekebilir. Her ne kadar bir gençlik çeşmesi bugün için mümkün görünmese de bilim insanları yaşlanma

sürecini yavaşlatacak ve belki de tamamen durduracak umut verici yolları keşfetme aşamasında. Torunlarımız bir tür ölümsüzlüğün keyfini sürebilir. Dahası bedenlerimizi farklı kütleçekimlerdeki, atmosferik yapılarıdaki ve ekolojideki uzak gezegenlerde gelişim göstermek üzere genetik olarak düzenlememiz de gerekebilir.

İnsan beynindeki her bir nöronu haritalandıracak olan İnsan Konektom Projesi (Human Connectome Project) sayesinde günün birinde belki de yıldızlararası yolculuğa ilişkin bir sürü sorunu ortadan kaldırarak konektomlarımızı dev lazer ışınları aracılığıyla uzaya yollayabiliriz. Ben buna lazer ışınlanma [laser porting]* adını veriyorum; belki bunun aracılığıyla bilincimiz gökadayı ve hatta evreni ışık hızında keşfetmek üzere özgür kalır ve böylelikle yıldızlararası yolculuğun kimi tehlikelerine ilişkin endişelerimizden kurtuluruz.

Yüz yıl önce yaşamış atalarımız şimdiki bizi büyücülere ya da sihirbazlara benzeteceğini düşünürsek biz bundan yüz yıl sonraki torunlarımızı nasıl görürüz?

Büyük olasılıkla torunlarımızı Yunan Tanrıları gibi görürdük. Merkür gibi yakınlardaki gezegenleri ziyaret etmek için uzayda süzülebilirler. Venüs gibi mükemmel, ölümsüz bedenlere sahip olabilirler. Apollo gibi Güneş'in enerjisine sonsuz erişimleri olabilir. Zeus gibi zihinsel komutlar verebilir ve isteklerini gerçekleştirebilirler. Dahası genetik mühendislikten yararlanarak Pegasus gibi efsanevi hayvanlar yaratıverirler.

Bir diğer deyişle kaderimizde bir zamanlar korkulan ve tapılan Tanrılar olmak yazılı. Bilim bize evreni kendi suretimizde biçimlendirebileceğimiz araçları sağlayacak. Asıl soru, bu büyük tanrısal güce eşlik edecek bir Solomon bilgeliğine sahip olup olmayacağımız.

Ayrıca Dünya dışı yaşamla iletişim kurma olasılığımız da var. Bizden bir milyon yıl daha ileride olup gökadada öylece dolaşılabilen ve uzay zamanı aşan bir uygarlıkla karşılaşırsak neler

* Kitapta yer alan çok sayıda kavram ve özel isimden önemli görülenlerin İngilizce karşılıkları köşeli ayraç içinde; eser ve kurum isimleri yay ayraç içinde verilmektedir. -çn.

olabileceğini tartışacağız. Belki de onlar kara deliklerle oynatabiliyor ve ışık hızından daha hızlı yolculuk edebilmek için solu-can deliklerini kullanıyorlardır.

2016 yılında, gökbilimcilerin büyük ışık yılları mesafedeki bir uzak yıldızın yörüngesinde dönen, büyük olasılıkla Dyson küresi büyüklüğünde bir tür devasa "mega yapıya" ilişkin kanıt bulduklarını duyurmaları ile gökbilimciler ve medya arasında gelişmiş uygarlıklara ilişkin süren yorumlar kontrolden çıkma noktasına geldi. Bu kanıt kesinlikten epey uzak olsa da bilim insanları ilk kez uzayda gelişmiş uygarlıkların var olabileceğini gösteren bir kanıtla yüzleşiyordu.

Son olarak da yalnızca Dünya'nın değil, evrenin de ölümü ile karşı karşıya kalma olasılığımızı keşfe çıkacağız. Her ne kadar evrenimiz halen genç olsa da uzak gelecekte bir gün sıcaklıkların mutlak sifıra yaklaştığı ve bildiğimiz tüm yaşamın neredeyse sona erdiği tabloyu sezebiliriz. O noktada belki teknolojimiz evreni terk etmeye ve hiperuzaydaki daha yeni, genç bir evrene gitmeye cesaret edecek kadar gelişmiş olur.

Kuramsal fizik (kendi uzmanlık alanım), evrenimizin başka baloncuk evrenlerden oluşan bir çoklu evren içinde süzülen tek bir baloncuk evren olabileceği görüşünü tartışmaya açar. Belki de çoklu evrendeki başka evrenler arasında bizim için de yeni bir yuva vardır. Kalabalık evrenlere bakarken Yıldız Yapan'ın büyük tasarılarını da su yüzüne çıkarabiliriz.

Öyleyse bir zamanlar hayalperestlerin aşırı heyecanlı hayal güçlerinin birer yan ürünü olarak görülen bilimkurgunun olağanüstü becerileri günün birinde gerçek olabilir.

İnsanlık muhtemelen en büyük maceralarından birine girişmek üzere. Asimov ve Stapledon'un kurguları ile gerçekliği ayıran boşluğa ise belki de bilimde gerçekleşen çarpıcı ve hızlı gelişmeler sayesinde bir köprü kurulabilir. Yıldızlara giden uzun yolculuğumuzun ilk adımı da Dünya'yı terk ettiğimizde atılacak. Çin atasözünde denildiği gibi, uzun yolculuklar ilk adımla başlar. Yıldızlara yolculuk da işte o ilk roketle başlayacak.

I

Dünya'yı Terk Etmek

1

Kalkışa Hazırlanmak

Yeryüzündeki en büyük hidrojen-oksijen yakıtlı sistemin tepesinde oturup da altını ateşleyeceğini bilen ve biraz olsun endişe duymayan herhangi biri durumun tam olarak farkında değil demektir.

– ASTRONOT JOHN YOUNG

19 EKİM 1899'DA ON YEDİ YAŞINDA genç bir oğlan, bir kiraz ağacının tepesinde bir aydınlanma yaşadı. H. G. Wells'in *Dünyalar Savaşı* (*The War of the Worlds*) kitabını yeni okumuş ve roketlerin evreni keşfetmemize yarayabileceği fikrinden büyük bir heyecan duymuştu. Mars'a bile gidebilme *olasılığı* olan bir araç üretmenin ne kadar muhteşem olacağını hayal ediyordu. Kızıl Gezegen'i keşfe çıkmanın kaderimizde olduğunu düşünüyordu. Ağaçtan ininceye kadar yaşamı sonsuza dek değişmişti. O genç, tüm yaşamını bu inancı gerçekliğe dönüştürecek roketi mükemmelleştirme rüyasına adayacak ve ölene kadar 19 Ekim'i kutlayacaktı.

Bu gencin ismi Robert Goddard'dı ve insanlık tarihinin seyri- ni değiştiren olayları harekete geçiren ilk sıvı yakıtlı çok aşamalı roketin mucidi olacaktı.

TSIOLKOVSKY – YALNIZ BİR VİZYON SAHİBİ

Goddard tüm yalnızlaştırılmasına, yoksulluğuna, meslektaşları tarafından aşağılanmasına ve tüm olanaksızlıklarına rağmen ilerleyen ve uzayda yolculuğun temellerinin atılmasına önayak olan bir avuç insandan biriydi. Bu vizyonerlerin ilklerinden biri, uzayda yolculuğun kuramsal temelini ayrıntılarını oluşturan ve Goddard'ın yolundaki taşları döşeyen büyük Rus roket bilimci Konstantin Tsiolkovsky'ydı. Tsiolkovsky; okul öğretmenliği yaparak zar zor geçiniyor, tamamen yoksulluk içinde toplumdan uzak bir yaşam sürüyordu. Gençliğinde, zamanının çoğunu kütüphanede; bilim dergilerini yalayıp yutarak, Newton'un hareket yasalarını çalışarak ve onları uzayda yolculuğa uyarlayarak geçirmişti. Hayali Ay'a ve Mars'a gitmekti. Roket matematiğini, fiziğini ve mekaniğini, bilimsel topluluğun yardımı olmadan kendi başına çözdü ve Dünya'nın kurtulma hızını yani Dünya'nın kütleçekiminden kaçmak için gereken hızı hesapladı. Bu hız saatte yaklaşık 40.000 kilometredir. Tsiolkovsky'nin yaşadığı zamanda atlarla erişilebilen en yüksek hızın saatte 25 kilometre olduğu düşünüldüğünde bu hız gerçekten çok fazladır.

1903'te ağırlığına ve yakıt miktarına bakarak bir roketin en yüksek hızını belirlemeye yarayan meşhur roket denklemini yayınladı. Denklem, hız ile yakıt arasındaki ilişkinin üstel olduğunu ortaya çıkardı. Normalde bir roketin hızını iki katına çıkarmak için yalnızca yakıt miktarını iki katına çıkarmak gerektiği akla gelebilir. Oysa ihtiyaç duyulan yakıt miktarı hızdaki değişim ile birlikte üstel olarak artar yani hızı fazladan arttırmak için muazzam miktarlarda yakıt gereklidir.

Bu üstel ilişki Dünya'yı terk etmek için devasa miktarlarda yakıt gereksinim duyulacağını ortaya koydu. Bu formül ile Tsiolkovsky, hayali gerçek olmadan uzun zaman önce Ay'a gitmek için ne kadar yakıtın gerekli olduğunu tahmin edebilen ilk kişi oldu.

Tsiolkovsky'nin yaşam felsefesi "Dünya beşiğimizdir ancak sonsuza kadar beşiğin içinde kalamayız" şeklindeydi. İnsanlığın geleceğinin uzayı keşfetmekte yattığına dayanan kozmizm felsefesine inanıyordu. 1911'de şöyle yazmıştı: "Asteroitlerin

yüzeyine ayak basmak; Ay'daki bir taşı eline almak; eter uzayda hareket eden istasyonlar inşa etmek; Dünya, Ay ve Güneş'in çevrelerinde, üzerinde yaşanabilir halkalar kurmak; onlarca mil mesafeden Mars'ı gözlemlemek ve uydularına ya da hatta kendi yüzeyine inmekten daha delice ne olabilir!"

Tsiolkovsky matematiksel denklemlerini gerçek modellere dönüştüremeyecek kadar fakir olsa da bir sonraki adım günün birinde uzayda yolculuğun temellerini gerçekten de şekillendirecek olan prototipleri yaratan Robert Goddard tarafından atıldı.

ROBERT GODDARD – ROKETLERİN BABASI

Robert Goddard bilime ilk olarak yaşadığı şehrin elektrikleştirilmesine tanık olan bir çocuk olarak ilgi duydu. Bilimin, yaşamımızı her yönüyle köklü değişimlere uğratabileceğine inanmaya başladı. Babası bu ilgisini ona bir teleskop, bir mikroskop ve *Scientific American* dergisi üyeliği olarak destekledi. Öncelikle uçurtmalar ve balonlarla deneyler yaparak başladı. Bir gün kütüphanede kitap okurken Newton'ın meşhur *Principia Mathematica* (Matematik İlkeleri) eserine rastladı ve hareket yasalarını öğrendi. Bir anda ilgisi Newton'ın yasalarının roket bilime uygulanmasına odaklandı.

Goddard üç yenilik katarak bu merakını sistematik bir biçimde kullanışlı bir bilimsel araca dönüştürdü. İlk olarak Goddard farklı yakıt türleriyle çalıştı ve toz yakıtın hiç etkili olmadığını fark etti. Çinliler barutu yüzyıllar önce bulmuştu ve onu roketlerde kullanmıştı ancak barut eşit yanmadığı için roketler daha çok oyuncak gibi kalmıştı. Parlak fikirlerinden ilki toz yakıt ile sıvı yakıtı değiştirmek oldu ki sıvı yakıt temiz ve sabit bir şekilde yanacak biçimde tam olarak kontrol edilebilirdi. Biri alkol gibi bir yakıtı, diğeri de sıvı oksijen gibi bir oksitleyiciyi taşımak üzere iki deposu olan bir roket yaptı. Bu sıvılar bir dizi boru ve vana ile yanma odasına bağlanıyor, burada dikkatle kontrol altında tutulan bir patlama yaratılıyor ve böylelikle bir roketi itebilecek güce ulaşıyordu.

Goddard roket gökyüzüne yükseldikçe yakıt depolarının kademeli olarak tükendiğini fark etti. Getirdiği bir sonraki yenilik de tükenmiş yakıt depolarını atan ve böylece yol boyunca kimi ölü ağırlıklardan kurtularak menzilini ve verimliliğini epey artıran çok kademeli roketleri ortaya koymak oldu.

Üçüncü olarak ise jiroskobu buldu. Bir jiroskop döndürüldüğünde onu çevirseniz bile ekseni her zaman aynı yönü gösterir. Örneğin ekseni Kuzey Yıldızı'nı gösteriyorsa onu baş aşağı çevirseniz de o yönü göstermeyi sürdürecektir. Bunun anlamı, bir uzay gemisinin kendi yörüngesinde gezinmesi halinde bu hareketi dengelemek ve orijinal rotasına dönmek için roketlerini değiştirebildiğidir. Goddard, roketlerini hedefte tutmak için jiroskopları kullanabileceğini fark etti.

1926'da ilk başarılı sıvı yakıtlı roketi fırlatarak tarih yazdı. Roket göğe doğru 12 metre yükseldi, 2,5 saniye havada süzüldü ve 56 metre uzaklıktaki bir lahana tarlasına iniş yaptı. (Bu alan artık tüm roket bilimciler için kutsal bölgedir ve ayrıca Ulusal Tarihsel Simge ilan edilmiştir.)

Clark Koleji'ndeki laboratuvarında bütün kimyasal roketler için temel mimariyi oluşturdu. Bugün fırlatma rampalarından uzaya fırlatılan o muazzam yaratıklar, doğrudan onun inşa ettiği prototiplerin soyundan gelir.

ALAY KONUSU OLMAKLA YÜZLEŞMEK

Tüm başarılarına karşın Goddard medyanın gözünde tam bir şamar oğlanıydı. 1920'de uzay yolculuğuna ciddi olarak kafa yorduğu lafı yayılınca *New York Times* daha az ünlü herhangi bir bilim insanını mahvedebilecek bir eleştiri yayınladı. *Times*, "O Profesör Goddard'ın, Clark Koleji'ndeki 'koltuğunda' daha etki ile tepkinin ilişkisini ve tepki gösterilecek bir boşluktan daha iyisine ihtiyaç duyulacağını bilmemesi gülünç. Tabii mahrum kalmış gibi görüldüğü bilgi, yalnızca lisede her gün verdikleri türden." diyerek deyim yerindeyse kıs kıs gülmüştü. Ardından 1929 yılında roketlerinden birini fırlattıktan sonra da yerel Wor-

cester gazetesi aşağılayıcı bir başlık atmıştı: “Aya Giden Roket Hedefini 238.799 buçuk¹ mil ıskaladı.” Anlaşılan *Times* ve diğerleri Newton’ın hareket yasalarını anlamamış ve yanlış bir biçimde roketlerin uzay boşluğunda hareket edemeyeceğine inanmıştı.

Newton’ın, her etkinin eşit ve karşıt bir tepkisi olduğunu ifade eden üçüncü yasası uzay yolculuğunun temelini oluşturur. Bu yasa; bir balon şişirmiş, onu serbest bırakmış ve herhangi bir yöne uçuşunu seyretmiş olan her çocuk için tanındıktır. Etki aniden balondan çıkan hava ve tepki de balonun kendisini ileri itme hareketidir. Benzer bir şekilde rokette de etki dibinden çıkan sıcak gaz ve tepki de roketin uzay boşluğunda bile onun ilerlemesini sağlayan hareketidir.

Goddard’ın ömrü, 1969 yılında Apollo Ay’a indiğinde *New York Times* editörleri tarafından yayınlanan özrü görmeye yetmedi. 1945’te vefat etmişti. *Times* şu şekilde yazmıştı: “Şu an kesinlikle ortaya kondu ki bir roket tıpkı atmosferde olduğu gibi boşlukta da görevini yerine getirebilir. *Times* yaptığı hatadan ötürü pişmanlık duymaktadır.”

SAVAŞ VE BARIŞ İÇİN ROKETLER

Roketçiliğin ilk evresinde, uzay yolculuğunun fiziğini ve matematiğini çözen Tsiolkovsky gibi hayalperestler vardı. İkinci evresinde, ilk roket prototiplerini yapan Goddard gibileri vardı. Üçüncü evresinde ise roket bilimciler büyük devletlerin ilgisini çekti. Wernher von Braun öncekilerin çizimlerini, hayallerini ve modellerini alıp Alman ve ardından da Amerikan hükümetlerinin desteğiyle bizi başarılı bir şekilde Ay’a götürebilecek olan devasa roketler yapabilecekti.

Tüm roket bilimciler içinde en meşhur olanı, bir asilzade olarak dünyaya gelmişti. Baron Wernher von Braun’un babası, Weimar Cumhuriyeti’nin tarım bakanıydı. Annesinin soyu da

* e.n: Dünya ile Ay arası uzaklığın mil cinsinden değeri olan 238,855 sayısı üzerinden dalga geçiliyor. Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

Fransa, Danimarka, İskoçya ve İngiltere hanedanlıklarına dayanıyordu. Von Braun, çocukken yetenekli bir piyanistti ve hatta özgün besteleri de vardı. Bir noktada ünlü bir müzisyen ya da besteci olabilirdi ancak tüm kaderi annesi ona bir teleskop getirdiğinde değişti. Uzay gözlerini kamaştırıyordu. Bilimkurguyu yalayıp yutmuştu ve roketli arabaların hız kayıtları ona ilham vermişti. On iki yaşındayken, bir gün oyuncak bir arabaya bir dizi havai fişek bağlayarak kalabalık Berlin sokaklarını kaosa sürükledi. Arabanın tıpkı bir roket gibi havalanması çok hoşuna gitmişti. Ne var ki polis bundan o kadar da etkilenmemişti. Von Braun gözaltına alındı ancak babasının nüfuzu sayesinde serbest bırakıldı. Yıllar sonra hatırladığı kadarıyla olayı keyif içinde şöyle anlatmıştı: “En çılgın hayallerimin ötesinde bir şey oldu. Araba kuyrukluyıldıza benzer bir ateş çıkarak neredeyse çılgınca yalpaladı. Roketler ısı ısı gösterilerini olağanüstü bir gürültü ile sonlandırarak söndüğünde araba tüm görkemiyle durdu.”

Von Braun matematikle arasının hiçbir zaman iyi olmadığını itiraf ediyordu ancak roketçiliği mükemmelleştirmeye dönük dürtüsü onu kalkülüs, Newton’ın yasaları ve uzayda yolculuğun teknik kısmı üzerinde ustalaşmaya götürmüştü. Bir keresinde üniversitedeki profesörüne Ay’a gitmeyi planladığını söylemişti.

Fizikten mezun olduktan sonra 1934’te doktorasını da almış olmasına karşın zamanının çoğunu şehrin hemen dışındaki 1,2 kilometrekarelik terk edilmiş arazide yedek parçalardan roket yapıp test eden amatör bir kuruluş olan Berlin Roket Topluluğu’nda geçiriyordu. O yıl topluluk gökyüzünde başarıyla 3 kilometre yükselen bir roket testi yaptı.

Von Braun bir Alman Üniversitesi’nde fizik profesörü olabilir, gökbilim ve uzayda yolculuk üzerine yazıp çizebilirdi. Ancak savaş kapıya dayanmıştı ve üniversiteler de dahil olmak üzere Alman toplumunun neredeyse tamamı asker yapılıyordu. Amerika Birleşik Devletleri’nden kaynak talep edip reddedilen öncülü Robert Goddard’ın aksine von Braun Nazi hükümetinden tamamen farklı bir davet aldı. Alman Ordusu Savaş Gereçleri Şubesi sürekli yeni silahlar arıyordu ve von Braun’un farkına va-

rip ona epey cömert bir teklifte bulunmuştu. Kendi çalışması o kadar hassastı ki doktora tezine ordu tarafından gizlilik konulması sonucu bu tez 1960 yılına kadar yayınlanmadı.

Eldeki verilere bakılırsa von Braun apolitikti. Onun tutkusu roketlerdi ve hükümet, araştırmasını destekleyecekse bunu kabul ederdi. Nazi Partisi ona hayatının hayalini sundu: Neredeyse sınırsız bir bütçe ve Alman biliminin kaymak tabakası ile çalışarak geleceğin roketini inşa etmek üzere yürütülecek devasa bir projenin yöneticiliği. Von Braun kendisine Nazi Partisi'ne üyelik teklifinde bulunulduğunu iddia etmişti; hatta Koruma Birlikleri [Schutzstaffel - SS] ile olan ilişkisi de politik fikirlerinin bir yansıması olmaktan öte hükümet çalışanlarına yönelik bir kabul töreni gibiydi. Ancak şeytanla bir kez anlaşma yaptığınızda, şeytan her zaman daha fazlasını isteyecektir.

V-2'NİN YÜKSELİŞİ

Von Braun'un öncülüğünde, Tsiolkovsky'nin çizimleri ve Goddard'ın prototipleri, Londra ve Anvers'te mahalleleri havaya uçuran gelişmiş bir savaş silahı olan İntikam Silahı 2 roketi [Vengeance Weapon 2 rocket - V-2] halini aldı. V-2'nin gücü inanılmazdı. Goddard'ın roketlerini gölgede bırakıyor, onları birer oyuncak gibi gösteriyordu. 14 metre boyundaydı ve ağırlığı 12.500 kilogramdı. Saatte yaklaşık 6000 kilometre gibi çarpıcı bir hızda gidebiliyordu ve azami irtifası yaklaşık 100 kilometre idi. Hedeflerini, ses duvarını aşarken çıkarttığı çifte çatırtı sesi dışında hiçbir uyarıda bulunmadan, ses hızının üç katı hızla vuruyordu. 320 kilometrelik bir menzili vardı. Hiç kimse onu takip edemeyeceğinden ve hiçbir uçak da yakalayamayacağından karşı önlemlerin faydası yoktu.

V-2 hız ve roket menzili açısından var olan tüm geçmiş başarıları ortadan kaldırarak bir dizi dünya rekoru kırdı. Uzun menzilli ve güdümlü ilk balistik füzeydi. Ses duvarını yikan ilk roketi ve daha da etkileyici olanı, atmosfer sınırını terk ederek uzaya erişen ilk roket de o oldu.

Bu gelişmiş silah karşısında İngiliz hükümeti, yaşadığı şaşkınlığı kelimelere dökemiyordu. Bunun karşısında tüm bu patlamaların hatalı ana gaz borularından kaynaklandığı hikâyesini uydurdular ancak bu korkunç patlamaların kaynağı açık bir biçimde gökyüzünden yaklaştığı için kamuoyu bunlara alaycı bir biçimde “uçan gaz boruları” adını takmıştı. Nihayetinde Naziler İngilizlere karşı yeni bir savaş silahının denendiğini duyurunca Winston Churchill İngiltere’nin roketlerle vurulduğunu itiraf etmek zorunda kaldı.

Bir anda sanki Avrupa’nın ve batı uygarlığının geleceği, von Braun’un yönettiği yalıtılmış ufak bir grup bilim insanına bağlı hale gelmiş gibi görünüyordu.

SAVAŞIN DEHŞETİ

Almanya’nın gelişmiş silahlarının başarısı çok fazla can kaybına neden oldu. Müttefik kuvvetlerin üzerine üç bin V-2 roketi atılmış ve bunlar dokuz bin kişinin ölümüne neden olmuştu. Ölü sayısının, V-2 roketlerinin yapımında çalışan esir toplama kamplarındaki savaş esirleri de hesaba katıldığında bundan çok daha fazla olduğu (en az on iki bin) tahmin ediliyordu. Şeytan, hakkını talep ediyordu. Von Braun, işlerin çoktan boyunu aştığını epey geç fark etmişti.

Roketlerin yapıldığı alanı ziyaret ettiğinde dehşete düşmüştü. Von Braun’un arkadaşlarından biri “Cehennem gibi bir yer. Ani tepkim net bir sertlikte kendi işime bakmamı ya da kendimi aynı çizgili elbiselerin içinde bulacağımı söyleyecek bir SS subayı ile konuşmak olacaktı ancak herhangi bir insani akıl yürütme girişiminin son derece anlamsız olacağını fark ettim.” dediğini söylemiş. Von Braun’un bu toplama kamplarını hiç eleştirip eleştirmedığının sorulduğu bir başka meslektaşı da “Bence bunu yapmış olsaydı oracıkta vurulmuş olurdu.” demişti.

Von Braun, yaratılmasına destek olduğu canavarın kuklası haline gelmişti. 1944’te savaş sıkıntıya düştüğünde, bir partide sarhoş olup savaşın iyi yönde gitmediğini söylemişti. Tek iste-

diği roketler üzerine çalışabilmekti. Bir uzay gemisi yerine bu savaş silahları üzerine çalışmalarından dolayı pişmanlık duyuyordu. Ne yazık ki partide bir casus vardı ve sarhoşken yaptığı bu yorumlar hükümete iletildiğinde Gestapo tarafından göz altına alındı. İki hafta boyunca Polonya'daki bir hücrede vurulup vurulmayacağını bilmeden tutuldu. Hitler kaderini belirleyeceği sırada komünist sempatzanı olduğu gibi başka suçlamalar da ortaya dökülmüştü. Kimi görevliler İngiltere'ye kaçıp V-2 girişimini baltalayabileceğinden endişe ediyordu.

Sonunda doğrudan Albert Speer, Hitler'den von Braun'un canını bağışlamasını istedi çünkü V-2 roketleri için halen çok büyük bir öneme sahipti.

V-2 roketi zamanının on yıllarca ilerisindeydi ancak 44'ün sonlarına kadar çatışmada tam zamanlı olarak kullanılmadılar. Ancak o tarihte Kızıl Ordu ve Müttefik Kuvvetler çoktan Berlin'de bir araya geldiğinden, Nazi İmparatorluğu'nun çöküşünü durdurmak için geç kalınmıştı.

1945'te von Braun ve yüz adet yardımcısı Müttefik Kuvvetler'e teslim oldu. Yanlarındaki üç yüz vagon V-2 roketi ve parçaları ile Amerika Birleşik Devletleri'ne götürüldü. Bu, amacı eski Nazi bilim insanlarından bilgi almak ve onları kendi adlarına çalıştırmak için yapılan Paperclip Harekâtı denilen bir programın parçasıydı.

Amerikan Ordusu nihayetinde Redstone roketinin temelini oluşturacak olan V-2'yi dikkatle incelerken von Braun ile yardımcılarının da Nazi sicilleri "temizlendi." Ancak von Braun'un Nazi hükümeti içerisindeki epey kuşku çeken rolü peşini hiç bırakmadı. Komedyen Mort Sahl, kariyerini şu espriyle özetliyordu: "Yıldızları hedefliyorum ancak ara sıra Londra'yı vurduğum da oluyor." Şarkıcı Tom Lehrer de hakkında "Roketler havalandığı sürece nereye indikleri kimin umrunda? O benim işim değil." yorumunda bulunmuştu.

ROKETLER VE SÜPERGÜÇ REKABETİ

Amerikan hükümeti yetkilileri, Goddard tarafından kendi arka bahçelerinde yürütülen ilahi işi kavrayamadıkları 1920'lerde ve 1930'larda çok stratejik bir fırsatı ellerinden kaçırdılar. İkinci fırsatı da savaştan sonra von Braun geldiğinde kaçırdılar. 1950'lerde von Braun ve yardımcılarına gerçekten odaklanacakları bir konu vermeden, onları beklemeye aldılar. Sonunda kuvvetlerarası rekabet baş gösterdi. Von Braun'un altında kara kuvvetleri Redstone roketini, deniz kuvvetleri Vanguard füzesini, hava kuvvetleri de Atlas'ı ortaya çıkarttı.

Von Braun'un orduya karşı acil bir sorumluluğu olmadığından, ilgisi bilim eğitime yönelmeye başladı. Geleceğin roket bilimcilerinin hayal güçlerini yakalamak için Walt Disney'le bir TV animasyon serisi yarattı. Bu seride von Braun hem Ay'a inmek hem de Mars'a erişebilecek bir gemi filosu geliştirmek için gereken muhteşem bilimsel çabayı kaba hatlarıyla ortaya koyuyordu.

ABD roket programı gelişigüzel devam ederken Ruslar hızla kendi yollarında gidiyordu. Joseph Stalin ve Nikita Khrushchev uzay programının stratejik önemini anlamış ve onu ilk öncelikleri haline getirmişti. Sovyetler'in programı, gerçek kimliği çok gizli tutulan Sergei Korolev tarafından yürütülüyordu. Kırk yıl boyunca kendisinden yalnızca gizemli bir biçimde "Baş Tasarımcı" ya da "Mühendis" olarak bahsedildi. Ruslar da birkaç V-2 mühendisini yakalamış ve Sovyetler Birliği'ne götürmüştü. Onların rehberliğinde temel V-2 tasarımını kullanarak onu hızla bir dizi rokete dönüştürdüler. Temelde tüm ABD ve Sovyetler Birliği cephanelikleri Goddard'ın çığır açan prototipi V-2 roketlerinin üzerinde değişiklik yapılmış ya da birbirlerine katılmış hallerine dayanıyordu.

Hem ABD'nin hem de Sovyetler Birliği'nin en büyük amaçlarından biri ilk yapay uyduyu fırlatmaktı. Bunu ilk öneren de Isaac Newton'ın ta kendisiydi. Newton şimdilerde meşhur olan bir taslağında; bir dağın zirvesinden bir top güllesi ateşlenirse bunun dağın yamacına yakın bir yere düşeceğini not etmişti. Ne

var ki onun hareket yasalarına göre top güllesi ne kadar hızlı atılırsa o kadar uzağa gidecektir. Topu yeterince hızlı ateşlerseniz Dünya'nın çevresinde tam bir tur atacak ve onun uydusu haline gelecektir. Newton tarihi bir buluş yapmıştı: Bu top güllesinin yerine Ay'ı koyarsanız hareket denklemleri Ay'ın net yörüngesini tahmin etmemize yarayabilir.

Newton, top güllesi düşünce deneyine ilişkin temel bir soru sormuştu: Bir elma düşerse Ay da düşer mi? Top güllesi Dünya'nın çevresinde dönerken serbest düşüş halinde olduğunda göre, Ay da öyle olsa gerek. Newton'ın sezgisi tarihte yaşanan en büyük devrimlerden birini başlattı. Artık top güllerinin, ay-ların, gezegenlerin, yani neredeyse her şeyin hareketini hesaplayabilirdi. Örneğin top güllesini Dünya'nın yörüngesinde döndürmek için saatte 29 bin kilometre hızla ateşlemeniz gerektiğini onun hareket yasalarını kullanarak kolayca gösterebilirsiniz.

Ekim 1957'de Sovyetler dünyanın ilk yapay uydusu olan Sputnik'i fırlattığında Newton'ın hayali de gerçek oldu.

SPUTNIK ÇAĞI

Sputnik'i öğrenen Amerikalıların yaşadığı muazzam şok hiç de hafife alınamaz. Roket biliminde dünyayı Sovyetler'in yönettiğini hemen anlamışlardı. İki ay sonrasında donanmanın Vanguard füzesi ulusal televizyon ekranlarında büyük bir facia yaşadığında, durum daha da küçük düşürücü bir hal aldı. Bir çocuk olarak uyumayıp füzenin fırlatılmasını izlemek için nasıl annemden izin istediğimi dün gibi hatırlıyorum. Pek istemese de kabul etmişti. Ben ise Vanguard füzesinin gökyüzüne doğru 1,5 metre kadar yükseldikten sonra aynı mesafeyi düşüp devrilerek kendi fırlatma rampasını muazzam bir patlamayla yok edişine tanıklık etmenin dehşeti içindeydim. Füzenin tepesinde, uydunun bulunduğu huni şeklindeki kısmın yuvarlanıp bir alev topu içinde yok oluşunu net bir biçimde görebiliyordum.

Birkaç ay sonra fırlatılan ikinci Vanguard füzesi de başarısız olunca utanç varlığını korudu. Medya, katıldığı tatbikat günün-

de füzelere “Düşüvernik” ve “Bozuknik” adlarını takmıştı. Sovyetler Birliği yetkilileri bile Rusya’nın Amerika’ya yardımcı olması gerektiğine ilişkin espriler yapıyordu.

Ulusal saygınlığımıza aldığımız bu büyük medya darbesinin ardından, iyileşmek için von Braun’a hemen Juno 1 füzesini kullanarak Explorer 1 uydusunu fırlatması emredildi. Juno 1, temelini Redstone roketinden yani V-2’den alıyordu.

Ancak Sovyetler’in elinde bir sürü koz vardı. Gelecek birkaç yıl boyunca manşetlere çıkacak bir dizi tarihi “ilke” onlar tarafından yön verilmişti:

1957: Suptnik 2, Laika adındaki yörüngeye çıkan ilk köpeği taşıdı

1957: Lunik 1, Ay’ı aşan ilk roket oldu

1959: Lunik 2, Ay’a çarpan ilk roket oldu

1959: Lunik 3, Ay’ın arka yüzeyini fotoğraflayan ilk roket oldu

1960: Sputnik 5, uzaydan sağsalim dönen ilk hayvanları taşıdı

1961: Venera 1, Venüs’ü aşan ilk keşif aracı oldu

Rus uzay programı, 1961’de Yuri Gagarin güvenli bir biçimde Dünya’nın yörüngesini turladığında en büyük başarısını yakaladı.

Sputnik’in tüm Amerika’da panik yarattığı o yılları gayet net hatırlıyorum. Nasıl olur da böyle geri kalmış görünen bir ulus olan Sovyetler Birliği bizi aniden geçebilirdi?

Yorumcular bu yenilginin temelindeki nedenin Amerikan eğitim sistemi olduğu sonucuna vardı. Amerikalı öğrenciler Sovyetlerin gerisinde kalıyordu. Para, kaynaklar ve medyanın ilgisini Ruslarla rekabet edebilecek yeni bir Amerikalı bilim nesli yetiştirmeye adayacak yoğun bir kampanya yürütülmeliydi. Dönemin makaleleri “Ivan okuyabilir ancak Johnny okuyamaz.” diye ilan ediyordu.

* Flopnik

** Kaputnik

Bu zorlu dönemden, fizikçi, kimyacı ya da roket bilimci olmayı yurttaşlık görevi sayan bir grup öğrenciden oluşan Sputnik nesli ortaya çıktı.

ABD uzay programını talihsiz duran sivil bilimcilerin elinden alıp orduya devretmeye yönelik muazzam baskı altında Başkan Dwight Eisenhower büyük bir cesaretle sivil gözetimin sürmesinde ısrarcı oldu ve NASA'yı kurdu. Ardından Başkan John F. Kennedy de Gagarin'in yörüngedeki yolculuğuna yanıt olarak gelecek on yıl dolmadan Ay'a insan çıkaracak bir hızlandırılmış program çağrısında bulundu.

Bu çağrı ulusu harekete geçirdi. 1966'ya gelindiğinde ABD federal bütçesinin yüzde 5,5 gibi şaşırtıcı bir oranı Ay programına gidiyordu. NASA her zamanki gibi tedbirli davranıyor, bir dizi fırlatma sonucu Ay'a inişi gerçekleştirmek için gereken teknolojiyi mükemmelleştiriyordu. İlk olarak Mercury adlı tek kişilik; ardından Gemini adlı iki kişilik ve nihayetinde de üç kişilik Apollo adlı gemi geldi. NASA ayrıca uzayda yolculuğun her bir adımında da dikkatle ustalaştı. Önce astronotlar uzay gemilerinin güvenli ortamından ayrılarak ilk uzay yürüyüşlerini başardılar. Sonrasında uzay gemilerini bir diğer gemiye kenetleyebilmenin karmaşık sanatını çözdüler. Ardından ise Ay'ın yörüngesinde tam bir dönüş gerçekleştirseler de yüzeyine inmediler. Artık nihayet NASA, astronotlarını doğrudan Ay'a fırlatmaya hazırды.

Von Braun, o zamana kadar yapılan en büyük roket olacak Saturn 5'in yapımına yardım etmeye çağırılmıştı. Bu roket gerçek bir mühendislik harikasıydı. Özgürlük Anıtı'ndan yaklaşık 20 metre daha uzundu. Dünya'nın çevresindeki yörüngeye 140 ton yük çıkartabiliyordu. En önemlisi ise büyük yükleri saatte 40 bin kilometreyi aşan bir hızla, yani Dünya'nın kurtulma hızında gönderebiliyordu.

Ölümcül bir felaket yaşanma olasılığı NASA'nın her zaman aklındaydı. Başkan Richard Nixon, Apollo 11 uçuşunun sonuçlarına ilişkin iki ayrı TV konuşması hazırlamıştı. Konuşmalardan biri, girişimin başarısızlıkla sonuçlandığı ve Amerikalı astronotların Ay'da yaşamlarını yitirdikleri üzerineydi. Bu senaryo gerçek olmanın kıyısından döndü. Ay Modülü inişini gerçekleştir-

meden önceki son saniyelerde, kapsül içerisindeki bilgisayarlar alarm vermeye başladı. Neil Armstrong uzay aracının kontrolünü ele alarak onu nazikçe Ay'a indirmeyi başardı. Daha sonra analizler gösterdi ki yalnızca elli saniyelik yakıtları kalmıştı; yani kapsül Ay'a çakılabilirdi.

Neyse ki 20 Temmuz 1969'da Başkan Nixon diğer konuşmayı yapabilmiş ve başarılı inişlerinden dolayı astronotlarımızı tebrik etmişti. Saturn 5 bugün bile Dünya'nın yakın yörünnesinin ötesine insan taşımayı başarmış tek roket. Şaşırtıcı bir biçimde görevini kusursuzca gerçekleştirmiştir. Toplam on beş Saturn roketi yapılmıştı ve bunlardan on üçü hiçbir aksilik yaşamadan uçtu. Aralık 1968 ile aralık 1972 tarihleri arasında Saturn 5; kimisi Ay'a ayak basmak kimisi de yanından uçmak için toplamda uzaya yirmi dört astronot gönderdi ve Apollo astronotları haklı olarak ulusal saygınlığımızı iade eden kahramanlar halinde karşılandı.

Ay yarışı konusunda Ruslar da işin epey içindeydi. Ne var ki kimi güçlüklerle karşılaştılar. Sovyet roket programını yöneten Korolev 1966'da yaşamını yitirdi. Ayrıca Rus astronotları Ay'a götürecek olan N-1 roketi de dört kez başarısız oldu. Ancak belki de içlerinden en belirleyici olanı, Soğuk Savaş nedeniyle çoktan zorlanmış olan Sovyet ekonomisinin onun iki katından fazla durumdaki Amerikan ekonomisi ile yarışamamasıydı.

UZAYA KAPILMAK

Neil Armstrong ve Buzz Aldrin'in Ay'a ayak bastığı anı hatırlıyorum. 1969'un temmuzuydu ve ben Washington'daki Fort Lewis Askeri Üssü'ndeki piyade birliğinde eğitim alıp Vietnam'da savaşa gönderilip gönderilmeyeceğimi merak ediyordum. Gözlerimizin önünde tarihin yazıldığını görmek nefes kesici olsa da savaş meydanında ölürsem Ay'a yapılan tarihi inişe ilişkin hafızamdakileri gelecekteki çocuklarımla paylaşamayacak olduğumu bilmek beni endişelendiriyordu.

Saturn 5'in 1972'deki son fırlatılmasından sonra Amerikan kamuoyubaşka meselelerle tüketilmeye başlandı. Yoksullukla

mücadele en yoğun dönemini geçiriyor ve Vietnam Savaşı da her geçen gün daha fazla para ve can götürüyordu. Yanı başınızda ya da bir başka ülkede Amerikalılar açlıktan ölürken Ay'a gitmek lükse kaçıyor.

Uzay programının aşırı yüksek maliyeti sürdürülebilir değildi. Apollo sonrası döneme ilişkin bazı planlar yapıldı. Masada birkaç öneri duruyordu. Biri, kahramanlık hikâyelerinden ziyade pahada ağır bir kazanım edilmesi ile ilgilenen ordu ile ticari ve bilimsel çevrelerce başı çekilen, uzaya insansız roket gönderme fikrini önceliyordu. Diğer bir öneri ise uzaya insan gönderilmesi gerektiğinin altını çiziyordu. Acı gerçek hem Meclis'in hem de vergilerini ödeyenlerin adsız bir uzay mekiği yerine astronotların uzaya gidişini desteklemelerinin her zaman daha kolay olduğuydu. Bir meclis üyesinin özetlediği üzere, "Buck Rogers yoksa para da yok."*

Her iki kesim de yıllarca süren masraflı görevler yerine uzaya hızlı ve ucuz erişimin peşindeydi ancak sonuç bunların kimseyi mutlu etmeyen tuhaf bir karışımı oldu: Astronotlar kargo yükleriyle gönderilecekti.

Vardıkları anlaşma 1981'de faaliyete geçen uzay mekiği [space shuttle] formu oldu. Bu eser, geçmiş on yıllar içindeki tüm derslerden ve geliştirilmiş ileri teknolojiye beslenen bir mühendislik harikasıydı. Yörüngeye 27 ton ağırlığında yük götürüp Uluslararası Uzay İstasyonu'na kenetlenabiliyordu. Her uçuşun ardından emekliye ayrılan Apollo uzay modüllerinin aksine bu uzay mekiği kısmen yeniden kullanılabilir olmak üzere tasarlanmıştı. Tıpkı bir uçak gibi uzaya yedi astronot götürüp geri getirebiliyordu. Sonucunda da uzayda yolculuk sıradan bir şey gibi görünmeye başladı. Amerikalılar astronotların, bu işin faturalarını üstlenen birçok ulus arasındaki bir uzlaşmanın ürünü olan Uluslararası Uzay İstasyonu'na gerçekleştirdikleri son ziyaretten bize el salladıklarını görmeye alışık hale gelmişti.

* "No Buck Rogers, no bucks." cümlesiyle yazar hem 1928 yılında yayınlanan, uzayda maceralara atılan ilk insan çizgi roman karakteri olan ve ünü dizi ve filmlerle sürerek pek çok karaktere ilham olan Buck Rogers'a atıfta bulunmuş hem de argoda "dolar" anlamına gelen "buck" sözcüğü ile söz oyunu yapmıştır. -çn.

Zaman içinde uzay mekiğiyle ilgili sorunlar doğmaya başladı. Özellikle bu araç her ne kadar tasarruf etmek üzere tasarlanmış olsa da masrafları hızla artıyor, her bir fırlatma 1 milyar dolar tutuyordu. Dünya'nın yakın yörüngesine uzay mekiğiyle herhangi bir şey göndermek, diğer taşıma sistemlerinin yaklaşık dört katı, kilogram başına kabaca 80 bin dolar tutuyordu. Şirketler uydularını konvansiyonel roketlerle göndermenin çok daha ucuz olduğundan yakınıyordu. Dahası uçuşlar, fırlatmaların arasında aylar olacak şekilde epey seyrek gerçekleşiyordu. Amerikan Hava Kuvvetleri bile bu kısıtlılıklardan bıkmıştı ve bazı fırlatma planlarını başka seçeneklere yönelmek üzere iptal etti.

New Jersey'deki Princeton İleri Araştırmalar Enstitüsü'nden fizikçi Freeman Dyson'ın uzay mekiğinin beklentileri neden karşılamadığına ilişkin kendine ait görüşleri var. Demiryolunun tarihine baktığımızda ilk olarak insanlar ve ticari ürünler de dahil olmak üzere tüm mallar için bir nakliye aracı şeklinde kullanıldığını görürüz. Endüstrinin hem ticari tarafı hem de tüketici tarafı kendi ayrı öncelikleri ile kaygılarına sahipti ve verimi arttırıp masrafları düşürerek nihayetinde kendi yollarına ayrıldılar. Ne var ki uzay mekiği bu ayrılığı asla gerçekleştirmeden ticari çıkarlar ve tüketici çıkarları arasında bir geçit olmayı sürdürdü. "Herkes için her şey" olmak yerine, özellikle haddini aşan masrafları ve ertelenen uçuşlarıyla "kimse için hiçbir şey" haline geldi.

On dört cesur astronotun yaşamlarını yitirmesine neden olan *Challenger* ve *Columbia* trajedilerinin ardından durum daha da kötüleşti. Bu felaketler uzay programına yönelik kamuoyu desteğinin yanı sıra, özel ve devlet desteğini de zayıflattı. Fizikçiler James ve Gregory Benford'un yazdığı üzere, "Meclis, NASA'yı bir araştırma ajansı yerine öncelikle bir meslek programı olarak görür hale geldi." Ayrıca "uzay istasyonunda epey az miktarda yarar sağlayan bilim üretilmiş... İstasyonun olayı uzayda yaşamak değil, kamp yapmak" gözleminde de bulunmuşlardı.

Uzay programı, ardında Soğuk Savaş'ın rüzgârı olmadan hızla kaynaklarını ve ivmesini yitirdi. Apollo uzay programının altın çağını yaşadığı sıralarda NASA'nın kaynak talep etmek için Meclis'e yalnızca "Rusya!" demesinin yeteceği esprisi yapılıyor-

du. Meclis hemen çek defterini çıkarıp “Ne kadar?” diyecekti. Ancak o günler çok geride kaldı. Isaac Asimov’un dediği gibi “Golü attık ve ardından topumuzu alıp eve gittik.”

İşler nihayet 2011’de Eski Başkan Barack Obama yeni bir “Sevgililer Günü katliamı”^{*} emrini verdiğinde son noktasına ulaştı. Tek bir hareketi ile mekiğin yerine gelmesi planlanan Ta-kımyıldız programını, Ay programını ve Mars programını iptal etti. Halk üzerindeki vergi yükünü rahatlatmak için özel sektörün aradaki farkı kapatacağını umarak bu programlara kaynak sağlamayı durdurdu. Uzay programının deneyimli yirmi bin çalışanının işlerine son verilerek NASA’nın biriktirdiği en muhteşem bilgelik çöpe atıldı. İşin en utandırıcı yanı, onlarca yıl Rus astronotlarla başa baş mücadele etmiş Amerikalı astronotların artık Rus besleme roketlerine otostop çekmeye zorlanıyor oluşuydu. Uzay keşfinin parlak devri sona ermişe benziyordu; her şey dibe vurmuştu.

Sorun altı harfli tek bir kelimeyle özetlenebilirdi: M-A-S-R-A-F. Dünya’nın yakın yörüngesine bir kilogramlık herhangi bir şey koymanın bedeli 10 bin dolardır. Bedeninizin saf altından olduğunu hayal edin. İşte sizi yörüngeye yerleştirmek için de aşağı yukarı gereken budur. Ay’a bir şey koymak da kilogram başına en az 200 bin dolar tutar. Mars’a bir şeyler götürmek ise kilogram başı milyonlarca dolardan fazla eder. Genel olarak, Mars’a bir astronot götürmenin maliyetine yönelik tahminler toplam 400 ile 500 milyar dolar aralığındadır.

Ben New York’ta yaşıyorum. Uzay mekiğinin şehrimize geldiği gün benim için çok üzücüydü. Her ne kadar meraklı turistler caddenin kenarlarına sıralanıp mekiğin geçişine alkış tutmuş olsa da bu bir dönemin sonunun geldiğini gösteriyordu. Mekik sonunda dinleneceği Kırk İkinci Cadde’deki ayaklık üzerinde sergileniyordu. Görünürde yerini alacak bir başka mekik olmadı; bana sanki bilimden, yani geleceğimizden vazgeçiyor-muşuz gibi gelmişti.

* 1929 yılının Sevgililer gününün ertesi sabahı Chicago’daki Kuzey Yakası çetelerinden Moran’ın 7 üyesinin Lincoln Parkı’ndaki bir duvar önüne dizilerek Al Capone’un emri ile infaz edilmelerine verilen addır.

O karanlık günlere dönüp baktığımda bazen on beşinci yüzyılda büyük Çin İmparatorluğu'nun donanmasının başına geleni hatırlıyorum. O zamanlar Çinliler bilimin ve keşiflerin tartışmasız öncüsüydü. Barutu, pusulayı ve matbaayı onlar icat etmişti. Askeri güç ve teknolojiye kimse onlarla boy ölçüşemezdi. Aynı sıralarda ortaçağ Avrupa'sı din savaşları, engizisyon, cadı mahkemeleri ile batıl inançlara gömülmüştü; Giordano Bruno ve Galileo gibi büyük bilim insanları ile vizyon sahibi öncüler ya diri diri yakılıyor ya da ev hapsinde tutulup çalışmaları yasaklanıyordu. O dönem Avrupa yeniliklerin kaynağı değil, teknoloji ithalatçısıydı.

Çin İmparatoru, Amiral Zheng He'nin emri altında, her biri Colombo'nun gemilerinin beş katı uzunlukta olan yirmi sekiz bin denizci taşıyan 317 devasa gemi ile tüm zamanların en azimli denizcilik seferini başlattı. Dünya bir dört yüz yıl daha böylesini görmeyecekti. 1405 ile 1433 yılları arasında Amiral Zheng He bir değil tam yedi kez Güneydoğu Asya'nın çevresinden Ortadoğu'yu geçip nihayetinde Doğu Afrika'ya vararak bilinen dünyada yelken açtı. Yanında getirdiği zürafa benzeri tuhaf hayvanlara ilişkin eski gravürler saray halkı huzurunda sergileniyordu.

Ancak İmparator yaşamını yitirdiğinde yeni yöneticiler keşif ve araştırmalara gerek görmedi; hatta bir Çin vatandaşının tekne sahibi olamayacağına yönelik karar çıkarttı. Donanma çürümeye terk edildi ya da yakıldı, Amiral Zheng He'nin büyük başarılarının kayıtları da ortadan kaldırıldı. Yeni İmparatorlar Çin ile dünyanın geri kalanı arasındaki ilişkiyi etkili bir biçimde kesti. Çin sonunda onu çürümeye, tamamen çökmeye, karmaşaya, içsavaşa ve devrime götüren korkunç sonuçlarla kendi içine kapandı.

Bazen bir ulusun on yıllarca tatlı bir ateşin başında ısınıp sonra ne kolay rehavete kapılarak küle döndüğünü düşünüyorum. Bilim refahın motoru olduğuna göre, bilim ve teknolojiye sırtlarını dönen uluslar nihayetinde sürekli bir düşüşe geçecektir.

ABD uzay programı da benzer bir düşüşe geçti. Ancak artık siyasal ve ekonomik koşullar değişiyor. Yeni bir oyuncu ekibi sahneyi kapıyor. Cüretkâr astronotların yerini havalı milyarder

girişimciler alıyor. Yeni fikirler, yeni enerji ve yeni kaynaklar bu rönesansı yönetiyor. Yine de özel sermaye ile hükümet kaynaklarının bu birleşimi, göklere uzanan yolu acaba açar mı?

2

Uzayda Yolculuğun Yeni Altın Çağı

Sendeki ışık ruhumu dünyaya getirendir. Sen benim
Güneşim, Ayım ve tüm yıldızlarımsın.

– E. E. CUMMINGS

ÇİN DONANMASININ YÜZLERCE yıllık düşüşünün aksi-
ne Amerikan insanlı uzay programı yalnızca birkaç on yıl
süren ihmalin ardından yeniden bir canlanma yaşıyor. Çeşitli
etmenler olayların akışını tersine çeviriyor..

Bunlardan biri Silikon Vadisi girişimcilerinden gelen kaynak
akışı. Özel sermaye ile hükümet kaynaklarının ender bulunur
birlikteliği yeni nesil roketlerin üretimini mümkün kılıyor. Aynı
zamanda uzayda yolculuğun masrafındaki düşüş bir dizi proje-
yi uygulanabilir hale getiriyor. Uzayın keşfine ilişkin Hollywood
filmleri ve özel TV programları ile Amerikalılar da yeniden uzay
yolculuğu fikrine ısınırken halkın desteği de had safhaya çıkıyor.

Hepsinden önemlisi, NASA'nın nihayet dikkatini yeniden
tek bir noktada toplamayı başarması. Yıllar süren beceriksizlik-
ler, duraksamalar ve kararsızlıkların ardından NASA, sonunda 8
Ekim 2015'te uzun dönemdeki hedefini açıkladı: Mars'a astronot

göndermek. Hatta tekrar Ay'a dönmekten başlayan bir dizi sıkı hedef bile oluşturdu. Gerçi Ay son durak olmaktan öte, Mars'a ulaşmak gibi çok daha hırslı bir hedefe giden sıçrama tahtası olacaktır. Bir zamanların başsız ajansı aniden bir yön edinmişti. Araştırmacılar NASA'nın bir kez daha uzayın keşfine ilişkin liderlik gömleğini sırtına geçirme iddiasında olduğu sonucuna vararak bu kararı takdirle karşıladı.

Öyleyse öncelikle gökyüzündeki en yakın komşumuz olan Ay, ardından da uzayın derinliklerine doğru yolculuk üzerine konuşalım.

AY'A GERİ DÖNÜŞ

NASA'nın Ay'a dönmek için gösterdiği çabanın belkemiğini, Uzay Fırlatma Sistemi (SLS) ağır besleme roketi ve Orion uzay modülü oluşturuyor. Her ikisini de Başkan Obama'nın Takımyıldız programını iptal ettiği 2010'ların başındaki bütçe kesintileri yetim bırakmıştı. Yine de NASA, Takımyıldız programının uzay modülünü, Orion kapsülünü ve halen planlama aşamasında olan SLS ağır besleme roketini kurtarmayı başarmıştı. Aslında tamamen ayrı görevlerden olan bu sistemler NASA'nın temel fırlatma sistemini oluşturmak üzere bir araya getirilmişti.

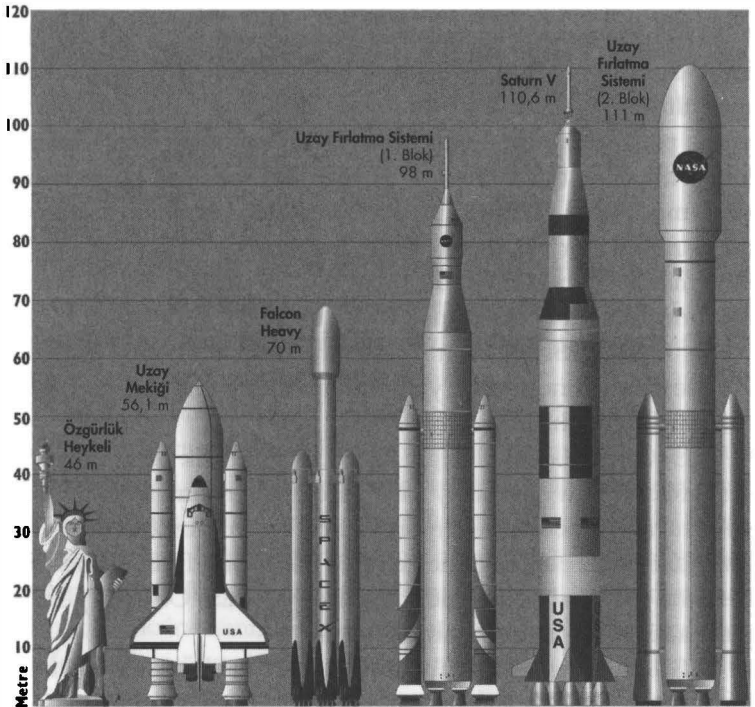
Şu an için SLS/Orion roketinin, bilgi edinmek amacıyla 2020'lerin ortasında Ay'ın yakınından insanlı bir uçuş gerçekleştirmesi planlandı.

SLS/Orion sistemi ile ilgili fark edeceğimiz ilk şey, hemen öncesindeki sistem olan uzay mekiğine hiç benzememesidir. Yine de Saturn V roketini andırıyor. Saturn V, neredeyse kırk beş yıldır müzeli bir parça haline gelmişti ancak şimdi bir şekilde SLS besleme roketi olarak yeniden diriltiliyor. SLS/Orion'u görmek insana bir tür déjà vu yaşıyor.

SLS 130 ton yük taşıyabiliyor. Ayrıca yaklaşık 100 metrelik boyuyla Saturn V'i aratmıyor. Astronotlar, uzay mekiğinde olduğu gibi besleme roketinin yanındaki bir gemide oturmak yerine Apollo uzay aracının Saturn V'e yerleştirildiği gibi besleme

roketinin tam ucundaki bir kapsülde yer alırlar. SLS/Orion'da yine uzay mekiğinin aksine temel olarak yük değil astronot taşınması esas alınmıştır. Dahası SLS/Orion yalnızca Dünya'nın yakın yörüngesine varmaktan öte tıpkı Saturn V gibi Dünya'nın kurtulma hızına erişmek üzere tasarlanmıştır.

Saturn V'in Apollo kapsülü yalnızca 3 kişi taşırken Orion kapsülünün dört ile altı kişilik bir ekip taşınması planlanmıştır. Apollo kapsülü gibi Orion da daracaktır. Çapı yaklaşık 5 metre, boyu 3,5 metre ve ağırlığı 25 bin kilogramdır. (Alan altın değerinde olduğundan, astronotlar da tarihsel olarak hep ufak tefek insanlar olmuştur. Örneğin Yuri Gagarin yalnızca 1 metre 57 santimetre boyundaydı.)



Bu sıralamada, astronotlarımızı Ay'a götüren orijinal Saturn V roketi ve Uzay Mekiği ile test edilen diğer besleme roketleri karşılaştırılmaktadır.

Ayrıca özel olarak Ay'a gitmek üzere tasarlanmış olan Saturn V roketinin aksine SLS roketi sizi Ay'a, asteroitlere ve hatta Mars'a, yani neredeyse her yere götürebilir.

Dahası NASA bürokratlarının hantal temposundan bezmiş, Ay'a ve görece yakın bir zamanda Mars'a da astronot yollamaya hevesli milyarderlere de sahibiz. Bu genç girişimciler eski Başkan Obama'nın insanlı uzay programını özel işletmelerin devralmasına yönelik yaptığı teklifle cezbedildi.

NASA'yı savunanlar, hızının tedbirli oluşunun güvenlik kaygılarından kaynaklandığını iddia ediyor. İki uzay mekiği felaketinin ardından gerçekleşen meclis görüşmeleri, kamuoyunun güçlü tepkisine karşın neredeyse uzay programının tamamen kaldırılmasına yol açacaktı. Bu kapsamda bir felaket daha programın sonunu getirebilirdi. Buna ek olarak 1990'larda NASA'nın "Daha hızlı, daha iyi, daha ucuz." deyişini benimsemeye çalıştığını da vurguluyorlar ancak 1993 yılında Mars Observer aracının tam da Mars'ın yörüngesine girmek üzereyken kopan bir yakıt tankı nedeniyle kaybolması pek çok kişinin NASA'nın bu görevi aceleye getirdiğini düşünmesine neden oldu ve "Daha hızlı, daha iyi, daha ucuz" sloganından sessiz sedasız vazgeçildi.

Bu durumda, daha hızlı bir tempoya zorlayan deli fişekler ile güvenlik ve başarısızlığın bedelinden korkan bürokratlar arasında ince bir denge tutturulması gerekiyor.

Bununla beraber iki milyarder, uzay programının hızlı ilerleyişinde liderliği ele aldı: Amazon'un kurucusu ve *Washington Post*'un sahibi Jeff Bezos ile PayPal, Tesla ve SpaceX'in kurucusu Elon Musk.

Basın şimdiden bunu "milyarderlerin savaşı" olarak adlandırıyor.

Bezos da Musk da insanlığı uzaya doğru kaydırmak istiyor. Bunun için Musk gelecekte olabilecekleri göz önünde bulundurarak gözünü Mars'a dikerken Bezos Ay'a gitmek gibi daha çabuk gerçekleşebilir bir vizyona sahip.

AY'A DOĞRU

Astronotlarımızı Ay'a götürecek ilk kapsülü bir anlığına bile olsa görebilmek için herkes Florida'ya akın etti. Ay kapsülü, üç astronotu insanlık tarihinde eşi benzeri görülmemiş bir yolculuğa, bir başka gökyüzü cismiyle karşılaşmaya götürecek. Ay'a yolculuk yaklaşık üç gün sürecek ve astronotlar ağırlıksızlık gibi daha önce hiç hissedilmemiş şeyler deneyimleyecek. Görkemli bir yolculuğun ardından gemi güvenli bir şekilde Büyük Okyanus'a inecek ve yolcuları dünya tarihinde yeni bir çıkış açan kahramanlar olarak karşılanacak.

Tüm hesaplamalar, dikkatli bir yolculuk gerçekleştirilmesi için Newton'ın yasaları kullanılarak yapıldı. Ancak ortada bir sorun var. Bu aslında Jules Verne'in 1865'te, İç Savaş'ın hemen ardından yayınlanan muhteşem romanı *Ay'a Yolculuk*'un hikâyesi. Orada Ay'a yönelik girişimi başlatanlar NASA'daki bilim insanları değil, Baltimore Silah Kulübü üyeleri idi.

İşin gerçekten olağanüstü olan yanı, Jules Verne'in Ay'a yapılan ilk inişin yüzden fazla yıl öncesinde Ay'a yönelik gerçek girişimin bu kadar çok unsurunu tahmin edebilmiş olmasıdır. Kapsülün boyutunu, fırlatma noktasını ve yeniden Dünya'ya inme yöntemini doğru bir biçimde tarif edebilmiştir.

Kitabındaki tek büyük kusur, astronotları devasa bir top ile fırlatıp Ay'a göndermesidir. Top atışının ani ivmelendirmesi kütleçekim kuvvetinin yaklaşık yirmi bin katı olacaktır ki bu da gemide olan herkesi öldürür. Ne var ki sıvı yakıtlı roketlerin ortaya çıkışına kadar Verne'in bu yolculuğu hayal edecek başka yolu yoktu.

Verne ayrıca astronotların ağırlıksız hale geleceğini de tahmin etmişti ancak bu yalnızca Ay ile Dünya arasındaki tek bir noktada gerçekleşecekti. Tüm yolculuk boyunca ağırlıksız olacaklarını fark etmemişti. (Bugün bile kimi zaman yorumcular ağırlıksızlığın uzayda kütleçekimi bulunmamasından kaynaklandığını belirterek yanlışla düşerler. Aslında uzayda, Jüpiter gibi koca gezegenleri Güneş'in çevresinde döndürmeye yetecek kadar büyük bir kütleçekimi vardır. Ağırlıksız olma deneyimi

her şeyin eşit oranda düşmesinden kaynaklanır. Bir diğer deyişle uzay gemisindeki bir astronot, gemisiyle aynı oranda düşer ve kütleçekiminin yok olduğu yanılsamasını yaşar.)

Günümüzde bu yeni uzay yarışını alevlendiren Baltimore Silah Kulübü üyelerinin kişisel servetleri değil, Jeff Bezos gibi nüfuzlu kişilerin çek defterleri. Bezos, vergi ödeyenlerin paraları ile roket ve bir fırlatma rampası yapabilmek için NASA'nın onayını beklemek yerine şirketi Blue Origin'i kurmuş ve tüm bunları kendi cep harçlığından karşılamıştır.

Proje, çoktan planlama aşamasının ötesine geçti bile. Blue Origin, (yörüngeye yerleşmeyen bir roket ile uzaya giden ilk Amerikalı olan Alan Shepard'a ithafen) New Shepard adını alan kendi roket sistemini üretti. Aslına bakarsanız New Shepard roketi, Elon Musk'ın (Dünya'nın yörüngesine gerçekten yük götüren ilk tekrar kullanılabilir roketi olan) Falcon roketini alt ederek başarılı bir şekilde yeniden orijinal fırlatma rampasına inen dünyadaki ilk yörüngeye yerleşmeyen roketi.

Bezos'un New Shepard roketi, yalnızca yörüngeye yerleşmeyen roketlerden, yani saatte 29 bin kilometre hıza ulaşarak Dünya'nın yakın yörüngesine giremez. Bu bizi Ay'a götürmeyecek ancak turistlere düzenli şekilde uzay manzarası sunan ilk Amerikan roketi olabilir. Yakın zamanda Blue Origin, New Shepard ile yapılan varsayımsal bir yolculuk videosu yayınladı; bu, çok lüks bir geminin birinci sınıfında gitmeye benziyordu. Uzay kapsülüne adım attığınız an ne kadar geniş olduğuna hayran kalıyorsunuz. Bilimkurgu filmlerinde sıklıkla görülen daracık bölmelerin aksine hem sizin hem de diğer beş turistin kemerlerle bağlanıp anında içine gömüleceği rahatlıkta, yatabilen siyah deri koltuklar için bol bol yer var. Ortalama 75 cm genişlikte ve 1 metre yükseklikte olan devasa pencerelerden de dışarıyı izleyebilirsiniz.

Uzaya geçmek üzere olduğunuz için almanız gereken bazı önlemler var. Yolculuktan iki gün önce Blue Origin'in fırlatma tesisinin bulunduğu Texas, Van Horn'a uçarsınız. Orada birlikte uçacağınız turistlerle tanışır, uçuş ekibinden ufak bilgiler alırsı-

nız. Yolculuk tamamen otomatik gerçekleşeceğinden, ekip üyeleri turistlerle birlikte uçmaz.

Eğitmeniniz, dikey olarak 100 kilometre boyunca hızla yükselerek atmosfer ile uzay arasında kalan sınıra erişeceğiniz gezinin tamamının on bir dakika süreceğini açıklar. Orada gökyüzü önce koyu bir mora ve ardından da mürekkep karasına dönecektir. Kapsül uzaya eriştiği anda kemerinizi çözebilir ve dört dakika boyunca ağırlıksızlığı deneyimleyebilirsiniz. İşte o zaman kütleçekiminin yeryüzüne özgü kısıtlılıklarından kurtulup bir akrobat gibi süzüleceksiniz.

Bazı insanlar ağırlıksızlığı deneyimlerken rahatsızlanıp kusar ancak eğitmenlerin iddiasına göre bu bir sorun değil çünkü zaten yolculuk çok kısa sürüyor.

(NASA, astronotları eğitmek için ağırlıksızlığı canlandırabilen bir KC-135 uçağını kullanır ve buna "kusmuk kuyruklu yıldız" adı verilir. Kusmuk kuyruklu yıldız dik bir şekilde havalanır, ardından otuz saniyeliğine motorlarını bir anda kapatır ve aynı şekilde aşağı düşer. Bu durumda astronotlar havaya atılmış birer taş gibi serbest düşüşe geçer. Uçak motorlarını yeniden çalıştırdığında astronotlar tekrar zemine düşer ve bu işlem birkaç saat boyunca yinelenir.)

New Shepard yolculuğunun sonunda, kapsül paraşütlerini açar ve okyanusa dalmaya gerek olmadan kendi roketlerini kullanarak nazikçe yere iner. Ayrıca uzay mekiğinin aksine fırlatma sırasında herhangi bir kusurlu ateşlenme gerçekleşmesi durumunda roketten fırlatılabilmenizi sağlayacak bir güvenlik sistemi de vardır. (*Challenger* uzay mekiğinde böyle bir fırlatma sistemi bulunmadığı için yedi astronot yaşamını yitirdi.)

Blue Origin, bu yörüngeye yerleşmeden yapılan yolculuğun etiket fiyatını henüz açıklamadı ancak araştırmacılar başlarda yolcu başı 200 bin dolar kadar olabileceğini düşünüyor. Bu uzay keşfi tarihine izini bırakan bir diğer milyarder Richard Branson'ın geliştirmekte olduğu yörüngeye yerleşmeyen rakip roketin fiyatı. Branson, Virgin Atlantic Havayolları ile Virgin Galactic'in kurucusu ve uzay mühendisi Burt Rutan'ın çalışmalarının destekleyicisidir. 2004 yılında Rutan'ın uzay gemisi

SpaceShipOne 10 milyon dolar değerindeki Ansari X Ödülü'nü* kazanmasıyla manşetlere çıktı. SpaceShipOne Dünya'nın 110 kilometre üstündeki atmosfer sınırına ulaşabilmişti. Her ne kadar SpaceShipTwo 2014'te Mojave Çölü üzerinde uçtuğu sırada ölümcül bir kaza geçirmiş olsa da Branson, roketi test etmeyi sürdürmeyi ve uzay turizmini gerçekleştirmeyi planlıyor. Ticari olarak hangi roket sisteminin başarılı olacağını zaman gösterecek ancak uzay turizminin burada kalıcı olarak bulunduğu epey açık görünüyor.

Gerçi Bezos, insanları Dünya'nın yörüngesine gönderecek bir başka roket daha üretiyor. Bu rokete Dünya'nın yörüngesini dolaşan ilk Amerikalı astronot John Glenn'e ithafen New Glenn roketi adı verildi. Roket üç aşamaya kadar desteklenecek; 95 metre boyunda olacak ve 3,8 milyon poundluk itme sağlayacak. New Glenn roketi halen tasarım aşamasında olsa da Bezos, Dünya'nın yörüngesinin ötesine, ta Ay'a kadar gidebilecek olan New Armstrong adında daha da gelişmiş bir roket tasarladığının da sinyallerini verdi.

Bezos, çocukken aslında *Uzay Yolu*'ndaki *Yıldız Gemisi Atıl-gan*'ın (*the Enterprise*) uçuş ekibi ile uzaya gitmenin hayalini kuruyordu. TV dizileri üzerine kurulu oyunlara katılıp Spock, Kaptan Kirk ve hatta bilgisayar rollerini üstleniyordu. Lise mezuniyetinin ardından çoğu gencin ilk arabaları ya da mezuniyet gecesi hakkında hayaller kurduğu bir zamanda o gelecek yüzyıl için vizyon sahibi sayılacak bir plan ortaya attı. İstedikini söylediği şey, "Dünya'nın yörüngesinde dolaşan iki ya da üç milyon insan için uzay otelleri, eğlence parkları, yatlar ve koloniler oluşturmaktı."

"Tüm düşünce Dünya'yı korumak... Amaç insanları kaçırmayı başarabilmek. Gezegen bir park yeri olabilir." diye yazmıştı. Bezos'a göre gezegenin kirlenmeye neden olan endüstriyel üretimi nihayetinde uzaya da taşınacaktır.

* 100 km irtifaya 3 kişiyi çıkartıp geri döndükten en geç iki hafta sonra görevi tekrar yapabilecek taşıtı tasarlayan ekibe, özel sektör uzay taşımacılığının başlaması için verilen 10 milyon dolar değerindeki ödül.

Bir yetişkin olarak söylediklerini lafta bırakmamak için, geleceğin roketlerini üretmek üzere Blue Origin şirketini kurdu. Roket şirketi, adını uzaydan mavi bir küre olarak görülebilir olan Dünya gezegeninden alıyor. Bezos, "amaç, uzay yolculuğunu ödemesini yapan müşterilere açmak. Blue'nun vizyonu epey basit." diyor ve ekliyor: "Milyonlarca kişinin uzayda yaşadığını ve çalıştığını görmek istiyoruz. Bu çok uzun bir zaman alacak ancak harcanan emeğe değeceğini düşünüyorum."

2017'de Bezos, Blue Origin için Ay'a bir dağıtım sistemi kurmak üzere kısa vadeli bir plan yaptıklarını duyurdu. Hayalini kurduğu şey, tıpkı tek bir düğmeye tıklanmasıyla Amazon'un anında çeşit çeşit ürünü kargolaması gibi Ay'a makineler, inşaat malzemeleri, ürünler ve hizmetler gönderebilecek muazzam bir işleyiş. Bir zamanlar uzaydaki ıssız bir karakol olarak görülen Ay, insanların olduğu kalıcı üsleri ve imalathaneleri ile canlı bir endüstriyel ve ticari merkez haline gelecektir.

Normalde Ay'daki şehirler üzerine çıkarılan bu söylentiler tuhaf birinin deli saçmaları olarak kulak ardı edilebilir. Ne var ki bunu söyleyen Başkan'ın, Meclis'in ve *Washington Post* gazetesinin gözbebeği ve yeryüzündeki en zengin insanlardan biriye insan epey bir ciddiye alıyor.

KALICI AY ÜSSÜ

Bu tutkulu projelerin karşılanmasına yardımcı olmak için astronotlar Ay madenciliğinin fiziği ve ekonomisini araştırarak yararlanmaya değer en az üç kaynak olasılığını fark etti.

1990'larda beklenmedik bir keşif bilim insanlarını şaşkınlığa uğrattı: Ay'ın güney yarıküresinde büyük miktarlarda buz bulunuyordu. Orada, büyük sıradağların ve kraterlerin gölgesinde donma derecesinin de altında bir daimi karanlık vardı. Bu buzun kökeni büyük olasılıkla Güneş Sistemi'nin erken tarihindeki kuyrukluysıldız etkileridir. Kuyrukluysıldızlar temel olarak buz, toz ve kayadan meydana gelir, yani Ay'a bu gölgelerden çarpan herhangi bir kuyrukluysıldız geride bir su ve buz çökeltisi bırak-

muş olabilir. Su da oksijen ve hidrojene dönüştürülebilir (şans eseri roket yakıtının temel bileşenleri de bunlardır). Bu durum Ay'ı bir kozmik yakıt istasyonuna çevirebilirdi. Ayrıca su, içme amaçlı arıtılabilir ya da ufak ölçekli tarım çiftlikleri oluşturmakta da kullanılabilirdi.

Aslına bakarsanız Silikon Vadisi'nden bir başka grup girişimci Ay'dan buz çıkarmaya başlamak için Moon Express adında bir şirket kurdu. Bu ticari girişimi başlatmak için hükümetten onay alan ilk şirket bu olsa da Moon Express'in başlangıç hedefi çok daha sade oldu. Şirket Ay'a düzenli olarak buz çökeltilerinin varlığını aramaya yarayacak bir Ay aracı koyarak işe başlayacak. Bu göreve girişmek için yetecek kadar parayı özel kaynaklarla topladılar bile. Sermaye bulunduğuna göre tüm sistemler hazır.

Bilim insanları Apollo astronotları tarafından Ay'dan getirilen taşları inceleyerek Ay'da ekonomik önem taşıyan başka elementler de olabileceğini düşündüler. Ender bulunan elementler elektronik endüstrisi için çok önemlidir ve çoğu da Çin'de bulunur. (Ender elementler her yerde ufak miktarlarda bulunsa da Çin ender elementler endüstrisi, dünya ticaretinin yüzde 97'sini oluşturur. Çin, yeryüzü kaynaklarının kabaca yüzde 30'una sahiptir.) Birkaç yıl önce Çinli tedarikçiler bu temel elementlerin fiyatını aniden arttırdığında neredeyse uluslararası bir ticaret savaşı çıkacaktı. Bu sırada dünya da Çin'in bir tekel olmaya yaklaştığının farkına vardı. Gelecek on yıllar içinde kaynakların tükeneceğinin tahmin edilmesi alternatif kaynak bulmayı acil kılıyor. Ender bulunan elementler Ay taşlarında bulunduğuna göre, bunları Ay'dan çıkartmak günün birinde daha az masraflı bir halde alabilir. Dahası platin elektronik endüstrisi için önemli olan bir diğer element ve belki de çok eski asteroit çarpmalarından geriye kalan platin benzeri minerallerin varlığı da Ay'da tespit edildi.

Son olarak füzyon tepkimelerinde kullanılan helyum-3 bulma olasılığı da vardır. Hidrojen atomları, bu tepkimelerde bulunan aşırı yüksek sıcaklıklarda bir araya getirildiğinde hidrojen çekirdeği helyum ve büyük miktarda enerji ile ısı meydana getirerek kaynaşır. Bu fazladan enerji, makinelere güç vermek açı-

sından yararlıdır. Ne var ki bu süreç bol miktarda nötron da üretir ki bu tehlikelidir. Helyum-3 içeren füzyon sürecinin iyi yanı, tam tersine fazladan proton açığa çıkartmasıdır çünkü bu çok daha kolay idare edilebilir ve elektromanyetik alanlarla tüketilebilir. Füzyon tepkimeleri halen son derece deneysel olup şimdiye kadar Dünya'da rastlanmamış olsa da başarılı bir biçimde geliştirilirlse helyum-3, geleceğin füzyon tepkimelerine yakıt sağlamak üzere Ay'dan çıkartılabilir.

İşte bu zor bir noktayı akla getiriyor: Ay'ı kazmak ya da orada bir hak iddia etmek yasalara uygun mudur?

1967'de Amerika Birleşik Devletleri, Sovyetler Birliği ve birçok başka ulus, Ay gibi gökyüzündeki cisimler üzerinde mülkiyet ilan edilmesini yasaklayan Dış Uzay Antlaşması'nı [Outer Space Treaty] imzaladı. Bu antlaşma ile aynı zamanda nükleer silahların Dünya'nın yörüngesine, Ay'a ya da uzaydaki bir başka yere yerleştirilmesi de yasaklandı. Tabii bu silahların test edilmesi de yasaktı. Türünün ilk ve tek örneği olan Dış Uzay Antlaşması bugüne kadar geçerliliğini korudu.

Ne var ki Antlaşma şahsi arazi mülkiyeti ya da Ay'ın ticari amaçla kullanımı hakkında hiçbir şey demiyordu çünkü büyük olasılıkla metni hazırlayanlar kişiler Ay'a gidebileceğine inanmamıştı. Gerçi özellikle uzayda yolculuğun ücreti bu kadar düşerken ve milyarlar uzayı ticarete açmak isterken artık bu meselelerle de yakın zamanda ilgilenilmek zorunda.

Çinliler 2025'e kadar Ay'a astronot çıkartacaklarını ilan etti. Bayraklarını dikecek olurlarsa bu büyük ölçüde simgesel bir şey olacak ancak özel girişimcinin biri özel uzay gemisi ile Ay'a vardktan sonra hak iddia ederse ne olacak?

Bu teknik ve siyasal meseleler hallolduğunda gelecek asıl soru "Ay'da yaşamak gerçekten nasıl bir şey olur?" sorusudur.

AY'DA YAŞAMAK

İlk astronotlarımız Ay'da yalnızca birkaç gün kalmıştı. İlk insanlı yerleşim yerlerini oluşturmak için gelecek astronotların orada

daha uzun zaman geçirmesi gerekecek. Ay'ın koşullarına uyum sağlamaları gerekecek ve tahmin edersiniz ki bunlar Dünya'dan epey farklı olacak.

Yanlarında götürdükleri gıda, su ve havayı birkaç hafta içinde tüketeceklerinden; astronotlarımızın Ay'da ne kadar süre kalabileceği, bunların sağlanabilir olmasına bağlı olacak. Başlangıçta her şeyin Dünya'dan gönderilmesi gerekecek. İnsansız Ay araçları birkaç haftada bir İstasyon'a malzeme tedarik etmek için yollanacak. Bu gönderiler astronotların can simidi olacağından, herhangi bir kazaya uğramaları acil durum oluşturacaktır. Geçici bile olsa bir Ay üssü inşa edildiği an astronotlar için sağlanması gereken en önemli şey, nefes almak ve kendi gıdalarını yetiştirmek için oksijen üretmek olabilir. Oksijen üretebilecek çok sayıda kimyasal tepkime vardır ve var olan su da bu iş için hazır bir malzeme anlamına gelir. Üstelik bu su, suda tarım yapılan bahçelerde ürün yetiştirmekte de kullanılabilir.

Ay'dan gönderilen bir radyo sinyalinin Dünya'ya ulaşması bir saniyeden biraz fazla sürdüğüne göre Dünya'yla iletişim kurmanın çok da sorun yaratmayacak olması büyük şans. Astronotlar ufak bir gecikmenin dışında cep telefonlarını ve interneti Dünya'da olduğu gibi kullanabilecek ve böylelikle sevdikleriyle sürekli iletişim halinde olup son haberleri alabilecekler.

Başta bir uzay kapsülünde yaşamaları gerekecek. Dışarıya çıktıklarında ilk işleri enerji toplamak için kocaman Güneş panelleri yaymak olacak. Ay'ın bir günü, Dünya'nın bir ayına karşılık geldiği için, Ay'daki herhangi bir alan iki hafta günışığıyla aydınlanacak ve iki hafta da karanlıkta yaşayacaktır. Öyleyse o iki haftalık "gündüzde" toplanan elektrik enerjisini, onu izleyen uzun "gece" boyunca kullanmak için depolayacakları büyük batarya bankalarına gereksinim duyacaklardır.

Astronotlar Ay'a çıktıklarında birkaç nedenden dolayı kutplara gitmek isteyebilirler. Kutup bölgelerinde Güneş'in hiç batmadığı zirveler var. Yani binlerce Güneş panelinin olduğu bir Güneş enerjisi çiftliği kesintisiz ve dengeli bir enerji sağlayabilir. Astronotlar ayrıca kutuplardaki geniş sıradağların gölgelerinde ve kraterlerinde kalan buz çökeltilerinden de yararlanabilir.

Kutup bölgesinde, birkaç metre kalınlığında bir katman halinde yüz milyon ton ağırlığında buz bulunabileceği tahmin ediliyor. Madencilik başladığı zaman bu buzun büyük bir bölümü çıkarılarak hem içmek hem de oksijen üretmek amacıyla arıtılabilir. Ay'ın şaşırtıcı oranda oksijen içeren toprağını kazmak da mümkündür. Aslına bakarsanız her bin kilogram Ay toprağında yaklaşık yüz kilogram oksijen bulunur.

Astronotların Ay'daki düşük kütleçekimine de alışması gerekir. Newton'ın kütleçekim kuramına göre, herhangi bir gezegendeki kütleçekim miktarı kütlesi ile ilişkilidir. Ay'ın kütleçekimi, Dünya'nın altıda biri kadardır.

Bu, ağır makinelerin Ay'da çok daha kolay hareket ettirilebileceği anlamına gelir. Kurtulma hızı da daha yavaş olduğu için, roketlerin inişi ve havalanması da çok daha rahat olur. Gelecekte Ay'da yoğun bir uzaylimanı olması kesin bir olasılık.

Yine de astronotlarımızın yürümek gibi basit hareketleri yeniden öğrenmesi gerekecek. Apollo astronotları Ay'da yürümünün epey tuhaf olduğunu fark etmişti. Bunu kıvrırmanın en hızlı yolunun sıçramak olduğunu keşfettiler. Ay'ın düşük kütleçekimi nedeniyle sıçradığınızda adım atmaktan daha ileriye gidebilir ve hareketinizi daha kolay kontrol edebilirsiniz.

İlgilenilmesi gereken bir diğer mesele de radyasyon. Birkaç gün süren görevler büyük bir sorun yaratmaz ancak astronotlar Ay'da aylar geçirecek olursa kanser olma olasılıklarını ciddi ölçüde arttıracak kadar radyasyona maruz kalabilirler. (Basit sağlık sorunları Ay'da hayatı tehdit eden durumlara yol açabilir. Bütün astronotların ilk yardım eğitimi alması gerekir ve hatta büyük olasılıkla birkaçı da hekim olacaktır. Örneğin astronotlardan biri Ay'da kalp krizi geçirir ya da apandisit sorunu yaşarsa muhtemelen hekim yeryüzündeki uzmanlarla bağlantıya geçerek uzaktan yönlendirme ile ameliyatı gerçekleştirecektir. Dünya'daki yetenekli ellerin yönlendirdiği robotlar da çeşitli mikrocerrahi uygulamalarında kullanılabilir.) Astronotların Güneş'in hareketlerini gözlemleyen gökbilimcilerden "hava durumu raporları" alması gerekir. Bu sayede gelecek fırtınaları bildirmek yerine bu raporlar ile devasa Güneş patlamalarının uzaya

yolladığı sıcak radyasyon bulutlarına ilişkin uyarı verilebilir. Güneş'te büyük püskürmeler varsa astronotlar kendilerini korumaları için uyarılabilir. Uyarı verildikten sonra, astronotların yüklü atomaltı parçacıklarından oluşan ölümcül yağmurlar üsse varmadan önce birkaç saati olacaktır.

Radyasyondan korunmak için bir sığınak inşa etmenin yolu Ay'da lav tüpünden bir yeraltı üssü yapmak olabilir. Bunlar eski yanardağların kalıntılarından oluşan 300 metre genişliğinde kocaman tüpler olabilir ve Güneş ile uzayın radyasyonuna karşı uygun bir koruma sağlar.

Astronotlar geçici sığınağı inşa ettikten sonra, kalıcı Ay üssünü kurmaya başlamak için Dünya'dan büyük makineler ve malzemeler gönderilmelidir. Prefabrik malzemeler ve şişirilebilir eşyalar bu süreci hızlandıracaktır. (2001: *Uzay Macerası* [2001: *Space Odyssey*] filminde astronotlar roketler için iniş alanları içeren ve Ay'daki madenciliği yöneten bir karargâh olarak hizmet veren devasa, modern yeraltı Ay üslerinde yaşarlar. İlk karargâhımız bu kadar geniş kapsamlı olmayabilir ancak filmde sunulan vizyon çok da geçmeden gerçekleştirilebilir.)

Bu yeraltı üslerinin inşası sırasında kaçınılmaz bir şekilde makine parçalarını imal etme ve onarma becerisine gereksinim duyulacaktır. Her ne kadar buldozer ve vinç gibi makineler Dünya'dan gönderilmek zorunda olsa da ufak plastik makine parçaları üç boyutlu yazıcılarla üretilebilir.

İdeal olarak metali işlemek için fabrikalar kurulacaktır ancak fırını besleyecek hava olmadığına göre yüksek fırınlar kurmak da mümkün değildir. Yine de deneyler Ay toprağının mikrodalga ile ısıtıldığı takdirde kaya gibi sağlam seramik tuğlalar yapmak üzere eritilebildiğini ve füzyonlanabildiğini göstermiştir; bu tuğlalar da Ay üssünün tamamının temel yapı taşlarını oluşturabilir. Temelde tüm altyapı doğrudan topraktan edinilen bu malzemeden meydana getirilebilir.

AY İSTİRAHATİ/EĞLENCESİ

Son olarak astronotların enerjilerini atması, rahatlaması için bir eğlence kaynağı olmalıdır. Apollo 14, 1971'de Ay'a indiğinde NASA yetkililerinin komutan Alan Shepard'ın uzay kapsülüne gizlice bir golf sopası soktuğundan haberi yoktu. Sopasını çıkartıp bir golf topunu Ay'da iki yüz metre uzağa fırlattığında herkes şaşkınlık içinde kaldı. Bu, bir kişinin bir başka gökyüzü cisminde bir spor etkinliği gerçekleştirdiği ilk ve tek andı. (Bu golf sopasının bir benzeri Washington'daki Smithsonian Ulusal Hava ve Uzay Müzesi'nde bulunmaktadır.) Ay sporları hava eksikliği ve düşük kütleçekimi nedeniyle epey zorlayıcı olsa da bazı olağanüstü başarılar da getirebilir.

Apollo 15, 16 ve 17'deki astronotlarımız tozlu yüzeyin üstünde her biri 25 ile 35 kilometre hızla giden Ay taşıtlarını [Lunar Roving Vehicle - LRV] kullandı. Bu değerli bir bilimsel görev olmanın ötesinde, ihtişamlı kraterler ve dağlardan oluşan bu etkileyici manzaraya bakan ilk insanlar olduklarını bilmenin heyecanı içinde bir keşif yolculuğuydu. Gelecekte kum tepeciklerini kolayca aşabilen araçları kullanmak yalnızca Ay yüzeyi araştırmasını, Güneş panellerinin kurulumunu ve ilk Ay istasyonunun yapımını hızlandırmakla kalmayacak, bir tür eğlence hizmeti de sunacak. Bunlarla Ay'daki ilk yarışlar bile gerçekleştirilebilir.

Ay turizmi ve keşfi, insanlar yabancı arazilerin mucizelerini keşfettikçe popüler eğlence etkinlikleri halini alabilir. Düşük kütleçekimi sayesinde yürüyüşçüler uzun mesafeleri hiç yorulmadan yürüyebilecek. Dağcılar azıcık bir çabayla sarp yamaçlardan inecek ve krater tepelerinden, sıradağlardan Ay'ın gerçekten de milyarlarca yıldır el değmemiş benzersiz panoramasına sahip olacak. Mağara kâşifleri, Ay'ı saran devasa lav tüplerinin oluşturduğu ağı incelemenin heyecanını yaşayacak. Dünya'da mağaralar yeraltı ırmakları tarafından şekillenmiş olup sarkıtlar ve dikitler biçiminde eski su akışlarının kanıtlarını taşır. Ay'da ise fark edilir su birikintileri yoktur. Ay'ın mağaraları erimiş lav akışları tarafından kayalara oyulmuştur. Yeryüzünde gördüğümüz büyük yeraltı mağaralarından tamamen farklılardır.

AY NEREDEN GELDİ?

Madencilik faaliyetleri Ay'ın yüzeyindeki kaynaklardan başlarıyla yararlandıktan sonra, kaçınılmaz bir biçimde gözümüzü Ay'ın derinliklerinde yatmakta olabilecek zenginliklere dikeceğiz. Bunların açığa çıkartılması, tıpkı Dünya'da petrolün kazara ve beklenmedik keşfi ile olduğu gibi ekonomik manzarayı değiştirecek. Gerçi Ay'ın içi neye benziyor ki? Bu sorunun yanıtı için önce Ay'ın nereden geldiği sorusunu yanıtlamamız gerekir.

Ay'ın kökeni, bin yıldır insanlığı büyülemiştir. Ay, geceye hükmettiği için sıklıkla karanlık ve delilik ile ilişkilendirilmiştir. *Lunatic** Ay'ın latincesi olan *luna*'dan türemiştir.

Eski denizciler Ay, dalgalar ve Güneş arasındaki bağlantıya hayranlık duyar ve üçünün arasında yakın bir ilişki olduğunu doğru bir biçimde tespit ederdi.

Eskiler bir başka ilginç gerçeği daha fark etmişti: Ay'ın yalnızca bir yüzünü görürsünüz. Ay'a her bakışınızı gözden geçirdiğinizde hep aynı yüzü gördüğünüzü fark edeceksiniz.

Bulmacanın tüm parçalarını nihayet bir araya getiren Isaac Newton'dı. O, Dünya'nın üzerindeki okyanusların dalgalarının Ay'ın ve Güneş'in kütleçekiminden kaynaklandığını hesapladı. Kuramı, Dünya'nın da Ay'da gelgit etkileri yarattığını belirtiyordu. Ay'da hiç okyanus bulunmayıp taştan meydana geldiğine göre, aslında Dünya tarafından sıkıştırılıyordu ve bu kuvvet yavaşça şişkinlik yapmasına neden oluyordu. Bir keresinde Dünya'nın çevresindeki yörüngesine düşüverdi ve nihayetinde bu düşüş, Ay'ın dönüşü hep bir yüzü bize bakacak şekilde Dünya'ya kilitlenene kadar yavaşladı. Buna kütleçekim kilidi [tidal locking] adı verilir ve Jüpiter ile Satürn'ün ayları da dahil olmak üzere bütün Güneş Sistemi'nde gözlemlenir.

Newton'ın yasalarını kullanarak ayrıca gelgit kuvvetlerinin Ay'ın yavaşça Dünya'dan dönerek uzaklaşmasına neden olduğunu da tespit edebilirsiniz. Yörünge yarıçapı yılda yaklaşık 4 cm artar. Bu ufak etki, bu deneye yardımcı olmak için astronot-

* İngilizce'de "deli" -çn.

larımızın arkasına ayna bıraktığı Ay'a lazer ışınları gönderilerek ve bu ışınların yeniden Dünya'ya dönmesinin ne kadar zaman aldığı hesaplanarak ölçülebilir. Tam bir tur yalnızca iki saniye kadar sürer ancak bu sayı gitgide artıyor. Ay dönerek uzaklaşıyorsa o zaman videoyu geri sararak geçmiş yörüngesini de tahmin edebiliriz.

Çabucak bir hesaplama, Ay'ın Dünya'dan milyarlarca yıl önce ayrıldığını gösterir. Modern kanıtı da 4,5 milyar yıl, yani Dünya'nın biçimlenmesinin üzerinden çok da geçmeden önce Dünya ile bir tür büyük asteroit arasında kozmik bir çarpışma olduğunu söyler. Theia adı verilen bu asteroidin büyüklüğü hemen hemen Mars kadardı. Bilgisayar canlandırmaları, Dünya'dan kocaman bir parçayı oyup uzaya fırlatan bu patlamaya ilişkin etkileyici bir kavrayış sunar. Yine de bu çarpışma doğrudan bir saldırı yerine sıyrıp geçen bir hamle olduğundan, Dünya'nın demir çekirdeğinden de pek bir şey götürmemiştir. Sonunda da Ay bir kısım demir içerse de erimiş demir çekirdekten yoksun olduğu için belirli bir manyetik alana sahip değildir.

Çarpışmanın ardından Dünya, kek dilimi şeklinde büyük bir parçası oyulmuş bir Pac-Man'i andırıyordu. Ne var ki kütleçekiminin çekici doğası gereği, nihayetinde hem Ay hem de Dünya yeniden küre şeklini aldı.

Çarpışma kuramının kanıtı Ay'a yaptıkları tarihi yolculuklardan geriye 380 kilogram taş getiren astronotlar tarafından sağlanmıştır. Gökbilimciler silikon, oksijen ve demir de dahil olmak üzere Ay ve Dünya'nın neredeyse aynı kimyasallardan meydana geldiğini keşfetti. Bunun karşılığında, asteroit kuşağından alınan rastgele kaya parçaları ise yapılarının Dünya'ninkinden epey farklı olduğunu göstermişti.

Berkeley Radyasyon Laboratuvarı'nda kuramsal fizik alanında uzmanlığımı yaparken Ay taşlarıyla olan kişisel karşılaşmamı da yaşadım. İçlerinden birini çok güçlü bir mikroskop altında inceleme fırsatım oldu. Gördüğüm şeye şaşırmıştım. Milyarlarca yıl önce Ay'a çarpan mikrometeorlar nedeniyle oluşmuş ufacık kraterler vardı. Ardından daha yakından baktığımda kraterlerin içinde kraterler ve hatta onların da içinde daha ufak kraterler

olduğunu gördüm. Mikrometeorlar atmosferden geçerken buharlaşacağından, Dünya'daki taşlarda böyle bir krater zinciri görülmesi olası değildir. Oysa Ay'da atmosfer olmadığı için Ay'ın yüzeyine çarpabilmişlerdir. (Bu aynı zamanda mikrometeorların Ay'daki astronotların başına dert olabileceği anlamına da gelir.)

Ay'ın yapısı Dünya'ninkine çok yakın olduğuna göre, Ay'da kazı yapmak belki de yalnızca oraya şehirler kuracak olursak bir işe yarayacaktır. Zaten sahip olduğumuz bir şeyi sunuyorsa Dünya'ya Ay taşı getirmek büyük olasılıkla biraz pahalı olacaktır. Yine de Ay'daki binaların, yolların ve otobanların yerel altyapılarını kurmak için Ay malzemeleri son derece değerli olacaktır.

AY'DA YÜRÜMEK

Uzay giysinizi Ay'da çıkartsanız ne olur? Hava olmadan boğulursunuz ancak bundan daha fenası da var: Kanınız kaynar.

Deniz seviyesinde su 212 derece Fahrenheit ya da 100 derece Celsius'ta kaynar. Atmosfer basıncı düştükçe suyun kaynama noktası da düşer. Çocukluğumda bir gün dağlarda kamp yaparken bu ilkenin çok net bir örneğine tanıklık ettim. Bir tavada, ateşin üzerinde sahanda yumurta yapıyorduk. Tavada cızır cızır eden yumurtalar çok lezzetli görünüyordu ancak onları yediğimde neredeyse kusacaktım. Tadları berbattı. O zaman bir dağı tırmandıkça atmosfer basıncının düşmeye başladığını ve suyun kaynama noktasının düştüğünü söylediler. Her ne kadar yumurtalar baloncuklar çıkartarak kızarmış gibi görünmüşse de asla tam olarak pişmemişlerdi. Sahanda yumurta hiç de sıcak değildi.

Yine çocukken yılbaşı kutlamalarında da bu gerçeğe bir başka karşılaşma yaşadım. Evimizde her bir sabit lambaya ince dikey su tüpleri şeklinde takılı olan eski moda Noel lambaları vardı. Yaktığımızda muhteşem görünüyorlardı. Tüplerdeki canlı renkleri olan su çeşitli renklerde kaynamaya başlıyordu. Sonra aptalca bir şey yaparak kaynayan tüpleri çıplak parmaklarımla

tuttum. Hemen kaynayan suyun sıcaklığını hissedeceğimi sanmıştım ancak neredeyse hiçbir şey hissetmedim. Ne olduğunu yıllar sonra anladım. Tüpün içinde kısmi bir boşluk vardı. Bu sayede suyun kaynama noktası, ufacık bir elektrik düzeneğinin sıcaklığının bile onu kaynatabileceği seviyeye düşüyordu ancak kaynayan su hiç de sıcak değildi.

Uzayda ya da Ay'da uzay giysilerinde bir sızıntı meydana gelirse astronotlarımız da aynı fizik ilkesi ile karşı karşıya gelecektir. Hava giysiden ayrılırken içerideki basınç ve suyun kaynama noktası düşer. Nihayetinde astronotun bedenindeki kan kaynamaya başlar.

Burada Dünya'daki sandalyemizde oturmuşken tam üzerimizde derimizin her zerresini aşağı iten, kocaman bir hava kalıbının neredeyse 1 bar değerinde bir hava basıncı uyguladığını unutuyoruz. Öyleyse neden ezilmiyoruz? Çünkü bedenimizin içinden dışarıyı iten de bir 1 barlık basınç var. Bir denge var ancak Ay'a gidersek atmosferin bizi iten 1 barlık basıncı ortadan kalkar. O zaman da yalnızca içimizdeki dışarıyı zorlayan 1 bar basınç ile kalırız.

Sözün özü, Ay'da uzay giysinizi çıkartmanız epey keyifsiz bir deneyim olur. Hiç üzerinizden çıkartmamanız en iyisi.

Kalıcı bir uzay üssü neye benzeyebilir? Ne yazık ki NASA herhangi bir resmi plan yayınlamadı, yani elimizdeki tek şey bilimkurgu yazarlarının hayal güçleri ve Hollywood senaryolarının tahmini rehberliği. Ne var ki bir Ay üssü kurulduğunda onu tamamen kendi kendine yetebilir hale getirmeye çabalayacağız. Böylesi bir sistem, masrafları muazzam biçimde düşürse de geniş bir altyapı gereksinimi de olacaktır. Binalar yapmak için fabrikalar, gıda için büyük seralar, oksijen üretmek için kimyasal santraller ve enerji için devasa Güneş bankaları. Tüm bunları ödemek için bir tür gelirin olması gerekir. Ay, Dünya ile hemen hemen aynı maddeden meydana geldiği için, bir gelir akışı için ötesine bakmamız gerekebilir. İşte bu yüzden Silikon Vadisi'nden girişimciler şimdiden gözlerini asteroitlere diktiler. Uzayda milyonlarca asteroit var ve bunlar tarıfsız zenginliklerin yuvası olabilir.

Göklerde Madencilik

Katil asteroitler, doğanın "O uzay programı işi nasıl gidiyor?" diye sorma şeklidir.

– ANONİM

THOMAS JEFFERSON SON DERECE dengesiz biriydi. Napoleon'a başkanlık kariyerinin en tartışmalı ve en pahalı kararı ile 1803 yılı için epey şahane bir para olan 15 milyon doları daha yeni ödemişti. Amerika Birleşik Devletleri'nin büyüklüğü ikiye katlanmış, artık ülke sınırları Rocky Dağları'na kadar genişlemişti. Louisiana Satın Alımı başkanlığının en büyük başarısı ya da başarısızlığı olarak tarihe yazılacaktı.

Hiçbir şekilde keşfedilmemiş devasa büyüklükteki toprakları gösteren haritaya bakarken bu kararından pişman olup olmaya-
cağını sorguluyordu.

Sonunda satın aldığı şeyi incelemeleri için Meriwether Lewis ve Willaim Clark'ı bir keşfe yollayacaktı. Burası sömürgeleştirilmeyi bekleyen el değmemiş bir cennet miydi yoksa bomboş, çorak bir arazi mi?

Böylesi engin bir bölgeye yerleşmenin bin yıl daha alabileceğinin içten içe farkındaydı.

Birkaç on yıl geçtikten sonra her şeyi değiştiren bir olay oldu. 1848'de California'daki Sutter Değirmeni'nde altın bulundu. Bu haber büyük bir heyecan yarattı. Üç yüz binden fazla insan zenginlik peşinde bu ıssız topraklara akın etti. Her yerden gelen gemiler San Francisco limanında sıraya dizildi. Bu sayede ekonomide yaşanan patlamanın ardından ertesi yıl California eyalet olmak için başvuruda bulundu.

Çiftçiler, çiftlik sahipleri ve iş insanları bu akını takip ederek Batı'nın ilk büyük şehirlerinden bazılarının oluşmasını sağladı. 1869'da California'yı Amerika'nın geri kalanına bağlayan ve ulaşım ile ticaretin altyapısını destekleyerek bölgede nüfusun hızla artmasına yol açan tren yolu açıldı. On dokuzuncu yüzyılın durmadan tekrarlanan kutsal sözü "Batı'ya git, genç adam" idi. Tüm aşırılıklarına karşın Altına Hücum [Gold Rush], Batı'nın yerleşme açılmasını sağladı ve tüm bunlar gerçekleşmiş oldu.

Bugün kimileri asteroit kuşağında madenciliğe girişmenin uzayda bir başka Altına Hücum olayı yaratıp yaratmayacağını merak ediyor. Özel girişimciler şimdiden bu alanı ve tarifsiz zenginliklerini keşfetmeye yönelik ilgilerini ifade ederken NASA da Dünya'ya bir asteroit getirme amacı taşıyan birkaç göreve kaynak sağladı.

Bir sonraki büyük gelişme asteroit kuşağında olabilir mi? Durum buysa biz bu yeni uzay ekonomisine nasıl dahil olup ona güç verebiliriz? On dokuzuncu yüzyıl Vahşi Batı'sının tarımsal tedarik zinciri ile asteroitleri kapsayan geleceğin tedarik zinciri arasında olası bir benzerlik hayal edilebilir. 1800'lü yıllarda kovboyar Chicago ve benzeri şehirlere neredeyse bin beş yüz kilometre mesafedeki Güneybatı çiftliklerinde sığır sürüleri güderlerdi. Sığır eti orada işlenir ve doğunun daha uzak bölgelerindeki şehirlerin taleplerini karşılamak üzere trenle gönderilirdi. Tıpkı bu erken dönem sürülerin Güneybatı ile Kuzeydoğu bölgeleri arasında bağlantı kurması gibi, asteroit kuşağının Ay ve Dünya ile bağlantı kurması da bir ekonomi doğurabilir. Ay, asteroit kuşağındaki değerli madenleri işleyip Dünya'ya göndererek geleceğin Chicago'su olabilir.

ASTEROİT KUŞAĞININ KÖKENİ

Asteroit madenciliğinin ayrıntılarını daha fazla kurcalamadan önce, çoğu zaman birbiriyle karıştırılan bazı kavramları açıklığa kavuşturmakta yarar var: *meteor* [*meteor*], *göktaşı* [*meteorite*], *asteroit/küçük gezegen* [*asteroid*] ve *kuyruklu yıldız* [*comet*]. *Meteor*

gökyüzünde hızla giderken atmosferde tamamen yanıp yok olan bir kaya parçasıdır. Hareket yönünün tersine doğru uzanan meteor kuyruklarına hava sürtünmesi yol açar. Gökyüzünün açık olduğu bir gecede yalnızca gözünüzü yukarı dikerek her birkaç dakikada bir meteor görebilirsiniz.

Dünya'ya düşen meteorlara ise *göktaşı* adı verilir.

Asteroitler/küçük gezegenler ise Güneş Sistemi'ndeki kayalık molozlardır. Çoğu, asteroit kuşağında bulunur ve Mars ile Jüpiter arasındaki tükenmiş bir gezegenin kalıntılarıdır. Bilinen tüm asteroitlerin kütlelerini toplasanız ancak Ay'ın kütlelerinin yüzde 4'ü kadar olur. Ne var ki sayıları muhtemelen milyarları bulacak olan bu cisimlerin çoğu henüz tespit edilmemiştir. Genelde asteroitler, asteroit kuşağındaki sabit yörüngelerde kalır ancak ara sıra içlerinden biri yolunu şaşarak Dünya'nın atmosferine çarpar ve bir meteor şeklinde yanarak yok olur.

Kuyrukluyıldız da Dünya'nın yörüngesinin çok uzağında oluşmuş bir buz ve kaya parçasıdır. Asteroitler Güneş Sistemi içinde yer alırken kuyrukluyıldızların çoğu aslında Güneş Sistemi'nin dış sınırlarındaki Kuiper Kuşağı'nda ve hatta Güneş Sistemi'nin bile dışında kalan Oort bulutundaki yörüngelerinde dolanırlar. Gece gökyüzünde gördüğümüz kuyrukluyıldızlar yörüngeleri ya da yörünge yönleri onları Güneş'e yaklaştırmış olanlardır. Kuyrukluyıldızlar Güneş'e yaklaştığında Güneş rüzgârı, buz ve toz parçacıklarını hareket yönünün tersine değil, Güneş'ten uzağa işaret eden kuyruklar oluşturacak şekilde kuyrukluyıldızdan uzağa iter.

Yıllar içinde Güneş Sistemimizin nasıl biçimlendiğini gösteren bir resim ortaya çıktı. Bundan neredeyse beş milyar yıl önce Güneşimiz temelde hidrojen ve helyum gazları ile tozdan meydana gelmiş; yavaşça dönen, birkaç ışık yılı genişliğinde devasa bir buluttu (bir ışık yılı, ışığın bir yılda yolculuk ettiği mesafeye yani yaklaşık 9,5 trilyon kilometreye eşittir). Güneş, dev kütlesi nedeniyle sahip olduğu kütleçekimi tarafından gitgide sıkıştırılıyordu. Boyut olarak ufaldıkça tıpkı kollarını kavuşturunca daha hızlı dönen patenciler gibi daha da hızlı dönüyordu. Nihayetinde bulut, merkezinde Güneş'in olduğu hızla dönen bir

disk halinde yoğunlaştı. Kendisini çevreleyen gaz ve toz, madde soğurmaya devam ettikçe büyüyen gelişme sürecinde gezegenler şekillenmeye başlamıştı. Bu süreç gezegenlerin tamamının Güneş'in çevresinde neden aynı yönde ve aynı düzlemde döndüğüne açıklık getirir.

Bu gelişme sürecindeki gezegenlerden birinin en büyük gezegen Jüpiter'e fazla yaklaştığına ve muazzam kütleçekimi ile ikiye bölünüp asteroit kuşağını şekillendirdiğine inanılıyor. Bir başka kuram da iki gelişme sürecindeki gezegenin çarpışmasının asteroit kuşağını doğurmuş olabileceği yönünde.

Güneş Sistemi, Güneş'in yörüngesinde dönen dört kuşak biçiminde resmedilebilir: En içteki kuşakta Merkür, Venüs, Dünya ve Mars'ın dahil olduğu kaya gezegenler bulunur; bir sonraki asteroit kuşağıdır; onun ötesinde de Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'den oluşan gaz gezegenler bulunur ve sonuncusu Kuiper Kuşağı olarak da bilinen kuyruklu yıldız kuşağıdır. Bu dört kuşağın dışında, Güneş Sistemi'ni saran Oort bulutu adı verilen küre biçimindeki kuyruklu yıldız bulutu vardır.

Basit bir molekül olan su, erken dönem Güneş Sistemi'nde yaygın bir maddeydi ancak Güneş'e olan uzaklığına göre farklı biçimlerde bulunuyordu. Suyun kaynayıp buharlaşabileceği Güneş'e yakın yerlerde Merkür ve Venüs vardı. Dünya bunların biraz daha uzağındadır ki bu sayede su sıvı biçimde var olabilir. (Buna sıcaklığın, suyun sıvı halde bulunmasına uygun olduğu "Goldilocks bölgesi" adı verildiği de olur.) Bunun ötesinde su buza döner. Sözün özü Mars, diğer gezegenler ve onun ötesindeki kuyruklu yıldızlar suya temel olarak buz biçiminde sahiptirler.

ASTEROİT MADENCİLİĞİ

Asteroitlerin kökenini, bu sayede de düzenlerini anlamak madencilik çalışmaları için büyük önem taşıyacaktır.

Asteroitlerde madencilik yapma fikri görüldüğü kadar akıllamaz değil. Aslına bakılırsa bazıları Dünya'ya çarptığı için yapıları hakkında epey bilgiye sahibiz. Asteroitler; demir, nikel,

karbon ve kobalttan meydana gelir ve ayrıca hatırı sayılır miktarlarda platinyum, paladyum, rodyum, rutenyum, iridyum ve osmiyum gibi ender bulunan elementler ve değerli metaller içerirler. Bu elementler Dünya’da doğal şekilde bulunurlar ancak epey nadir ve pahalılardır. Gelecek on yıllar içinde bu kaynaklar Dünya’da tükeneceğinden, bunları asteroit kuşağından çıkartmak daha ekonomik olacaktır. Eğer bir asteroit Ay’ın yörüngesine girecek şekilde sürüklenirse üzerinde istenildiği gibi kazı da yapılabilir.

2012’de bir grup girişimci asteroitlerden değerli mineralleri çıkartıp Dünya’ya getirmek üzere Planetary Resources adında bir şirket kurdu. Bu iddialı ve muhtemelen epey yüksek kârlı plan Google’ın ana şirketi Alphabet’in CEO’su Larry Page ve yönetim kurulu başkanı Eric Schmidt dahil olmak üzere Silikon Vadisi’nin en büyük oyuncularından bazılarının yanı sıra Oscar ödüllü yönetmen James Cameron tarafından da desteklendi.

Asteroitler bir bakıma uzaydaki uçan altın madenleri gibidir. Örneğin Temmuz 2015’te içlerinden biri Dünya’nın bir milyon altı yüz bin kilometre ya da Dünya’nın Ay’a olan uzaklığının dört katı yakınına geldi. Yaklaşık dokuz yüz metre genişliğindeydi ve çekirdeğinde 5,4 trilyon dolar değerindeki doksan milyon ton platinyum taşıdığı tahmin ediliyordu. Planetary Resources, yalnızca otuz metre genişlikte bir asteroitteki platinyumun 25 ile 50 milyar dolar arasında değeri olabileceğini düşünüyor. Şirket yakınlardaki, ele geçirilmeye hazır ufak asteroitlerin bir listesini çıkaracak kadar bile ileri gitti. Bunlardan biri Dünya’ya başarıyla getirilebilseydi, yatırımcılarının payını her türlü karşılayacak bir mineral ana kaynağı sağlardı.

Gökbilimciler, Dünya’ya yakın sayılan cisimlerden (yörüngeleri Dünya’nın yoluyla kesişen) on altı bin civarındaki asteroidin on ikisini ele geçirmeye uygun adaylar olarak kendi listelerine aldılar. Hesaplamalar, her biri 3 ile 20 metre genişlikte olan bu on iki asteroidin yörünge yönlerindeki hafif birer kayma ile Ay’ın ya da Dünya’nın yörüngesine sokulabileceklerini gösterdi.

Ne var ki dışarıda pek çok asteroit daha var. Ocak 2017’de, hızla geçip gitmesinden saatler önce gökbilimciler hiç beklenme-

dik yeni bir asteroit keşfettiler. Bu, Dünya'dan elli bin kilometre (ya da Dünya'nın Ay'a olan uzaklığının yüzde on üçü) kadar bir mesafeden geçti. Neyse ki yalnızca altı metre genişlikteydi ve bize çarpsaydı bile pek fazla bir zarar vermeyecek olsa da çoğu tespit edilmeden Dünya'yı geçip giden bir sürü asteroidin varlığına ilişkin fazladan kanıt sağlamış oldu.

ASTEROİTLERİ KEŞFETMEK

Asteroitler o kadar önemlidir ki NASA Mars görevine giden yolda onların keşfini ilk adım olarak hedeflemiştir. 2012 yılında Planetary Resources bir basın toplantısında planını açıkladıktan birkaç ay sonra NASA, asteroitleri kazmanın elverişliliğini araştırmaya yönelik Robotla Asteroit Maden Arama projesini (Robotic Asteroid Prospector Project) duyurdu. Ardından NASA 2016'nın sonbaharında, 2135'te Dünya'nın yanından geçecek olan 480 metre genişlikteki Bennu asteroidine OSIRIS-REx adındaki milyar dolarlık bir sonda gönderdi. Sonda, 2018'e kadar Bennu'nun çevresinde dönecek, ardından üzerine iniş yapacak ve sonrasında da incelenmek üzere 50 ile 200 gram arası ağırlıkta kayayı yanında getirecek. NASA ufacık bir yörünge sapmasının bile Bennu'nun bir sonraki geçişinde Dünya'ya çarpmasına neden olabileceğinden endişe ettiğine göre bu plan risk taşıyor değildir. (Dünya'ya çarpacak olursa etkisi bin Hiroshima bombası kuvvetinde olacaktır.) Ne var ki bu görev, uzaydaki cisimlerin engellenmesi ve incelenmesinde paha biçilemez bir deneyim sağlayabilir.

NASA ayrıca uzaydaki büyük asteroit parçalarını gerçekten bulup getirmeyi amaçlayan Asteroid Redirect Mission'ı (Asteroit Yön Değiştirme Görevi - ARM) geliştiriyor. Maddi kaynakları henüz netleşmedi ancak bu görevin uzay programı için yeni bir gelir kaynağı yaratabileceği umut ediliyor. ARM'nin iki aşaması var. Önce insansız bir sonda yeryüzündeki teleskoplarla dikkatlice incelenmiş olan bir asteroidi engellemek amacıyla uzağa gönderilir. Yüzey hakkında ayrıntılı bir araştırma yaptıktan

sonra iniş yapar ve kısaç benzeri kancalar kullanarak irice bir kayayı yakalar. Ardından araç havalanır ve bağlanmış cismi taşıyarak Ay'a gider.

O noktada Orion modüllü SLS roketinin kullanıldığı insanlı bir görev Dünya'yı terk eder. Her ikisi de Ay'ın yörüngesinde döndüğüne göre, modül ile robotlu sonda aracı birbirine kenetlenir. Astronotlar Orion'ı terk eder, sondaya ulaşır ve inceleme için örnekleri alır. Nihayetinde ise Orion uzay modülü robotlu sonda aracından ayrılıp okyanusa dalarak Dünya'ya geri döner.

Bu görevdeki muhtemel zorluk henüz asteroitlerin fiziksel yapılarına ilişkin pek bir şey bilmiyor oluşumuzdur. Tek parça olabilecekleri gibi kütleçekim tarafından bir arada tutulan daha ufak taşların bir toplamı da olabilirler ki bu durumda üzerlerine iniş yapmaya kalkarsak parçalara ayrılabilirler. Bu nedenle bu görevin ilerleyebilmesi için fazladan araştırmalar gereklidir.

Asteroitlerin göze çarpan fiziksel bir özelliği son derece düzensiz biçimleridir. Genellikle biçimsiz patateslere benzerler ve boyutları ufaldıkça şekilleri de bozulmaya daha yatkın olur.

Bu da çocukların sık sık sorduğu bir soruyu akla getirir: Yıldızlar, Güneş ve gezegenler neden hep yuvarlaktır? Yıldızlar ve gezegenler neden küp ya da piramit şeklinde olamazlar? Ufak asteroitlerin küçük kütleleri ve bu nedenle de onları şekillendirecek küçük bir kütleçekimleri varken gezegenler ve yıldızlar gibi büyük cisimlerin devasa kütleçekim alanları vardır. Bu kütleçekim tekbiçim ve çekicidir, bu nedenle de biçimsiz cisimleri küre şekline sokabilir. Yani gezegenler milyarlarca yıl önce illa ki yuvarlak değildi ancak zaman içinde kütleçekimin çekici etkisi onları pürüzsüz küreler haline getirdi.

Çocuklar tarafından sıkça yöneltilen sorulardan bir diğeri de uzay sondalarının asteroit kuşağından geçerken neden yok olmadığıdır. *Yıldız Savaşları (Star Wars)* filminde etrafta uçan devasa kaya parçaları neredeyse kahramanlarımıza çarpar. Hollywood'un betimleyişi heyecan verici olsa da asteroit kuşağının yoğunluğunu tam olarak temsil etmez çünkü aslında o kayaların ara sıra geçtiği ıssız bir boşluktur. Yeni topraklar ararken uzay boşluğuna meydan okuyacak olan geleceğin madencileri ve yer-

leşimcileri genellikle asteroit kuşağında seyrin görece kolay olduğunu keşfedecektir.

Bu asteroit araştırması aşamaları plana uygun giderse en son hedef, gelecek görevleri sürdürmek, desteklemek ve bunlar için yeniden tedarik sağlamak amacıyla kalıcı bir istasyon kurmak olacaktır. Kuşaktaki cisimlerden en büyüğü olan Ceres, çalışmalar için ideal bir üs olabilir. Adını mısır gevreğine de (cereal) veren Yunan tarım tanrıçasından alan Ceres, yakın zamanda Plüton'a benzer şekilde cüce gezegen olarak yeniden sınıflandırıldığı gibi gezegen sistemindeki komşuları ile rekabet edecek kadar maddeyi de hiçbir zaman toparlayamayacak bir cisim olarak görülür. Gökteki bir cisim için ufaktır; Ay'ın büyüklüğünün neredeyse çeyreği kadardır ve atmosferi olmadığı gibi kütleçekimi de azdır. Ne var ki bir asteroit için kocamandır; yaklaşık 930 kilometre genişliktedir; yani Texas büyüklüğünde olduğu da söylenebilir. Ayrıca bütün asteroit kuşağı kütesinin üçte birini kapsar. Zayıf kütleçekimi düşünüldüğünde, bir uzay limanı inşa ederken önemli etmenlerden biri roketlerin kolaylıkla iniş yapıp havalanabilmesi olduğundan, uzay istasyonu için tam da biçilmiş bir kaftan olabilir.

2007'de fırlatılan ve 2015'ten beri Ceres'in yörüngesinde turlayan NASA'nın Dawn görevi, temel olarak buz ve kayadan meydana gelen küre biçiminde ancak yoğun oyuklar bulunan bir kütle açığa çıkarttı. Ceres gibi birçok asteroidin yakıt için hidrojen ve oksijen elde etmek üzere işlenebilecek buz içerdiği bilimsel olarak kanıtlandı. Yakın zamanda, NASA'nın Kızılaltı Teleskop Tesisi'ni [Infrared Telescope Facility] kullanan bilim insanları, 24 Themis adlı asteroidin yüzeyindeki organik kimyasal izleriyle birlikte tamamen buzla kaplı olduğunu gözlemledi. Bu bulgular orijinal su ve amino asitlerden bazılarını milyarlarca yıl önce Dünya'ya asteroitler ve kuyrukluyıldızların getirmiş olabileceğine ilişkin varsayımların geçerliliğini artırır.

Aylar ve gezegenler ile karşılaştırıldığında asteroitler daha küçük olduğundan, büyük olasılıkla koloniciler için kalıcı şehirler halini alamayacaklardır. Asteroit kuşağında sabit bir toplum yaratmak zor olur. Çoğunlukla nefes alacak hava, içecek su, tü-

ketilecek enerji ya da besin yetiştirecek toprak ve bahse değer bir kütleçekim bulunmaz. Bu nedenle asteroitler, madenciler ve robotlar için geçici yerleşkeler olmaya daha uygundur.

Ne var ki ana etkinlik için esaslı bir sahne olup çıkabilirler: Yani Mars'a insanlı bir görev.

4

Mars ya da İflas

Mars orada, erişilmeyi bekliyor.

– BUZZ ALDRIN

Mars'ta ölmek isterim ancak bir çarpma sonucu değil.

– ELON MUSK

ELON MUSK BİRAZ BAŞINA BUYRUK, kozmik misyona sahip bir girişimci. Bu misyonu da günün birinde bizi Mars'a götürecek roketleri yapmak. Tsiolkovsky, Goddard ve von Braun da Mars'a gitmenin hayalini kurdu ancak Musk bunu gerçekten yapabilecek durumda. O bu süreçte oyunun tüm kurallarını bozuyor.

Musk, Güney Afrika'da büyüyen bir çocuk olarak uzay programına âşık oldu, hatta kendi roketini bile inşa etti. Mühendis babası da bu ilgisini yüreklendiriyordu. Musk, insanlığın soyunun tükenme riskinin yalnızca yıldızlara erişerek önlenebileceği sonucuna erkenden varmıştı. Böylece hedeflerinden birinin “yaşamı çok gezegenli yapmak” olacağına karar verdi ve tüm kariyerine bu kararı yol gösterdi.

Roketçiliğin yanı sıra bilgisayarlar ve ticarete karşı da tutkuluydu. On yaşındayken program yazıyordu ve *Blaster* adındaki ilk video oyununu on iki yaşında beş yüz dolara sattı. Yerde

duramıyor, günün birinde Amerika'ya yerleşmeyi umuyordu. On yedi yaşına geldiğinde kendi başına Kanada'ya göç etti. O zamana kadar Pennsylvania Üniversitesi fizik bölümünden mezuniyet diplomasını almış, iki kariyer olasılığı arasında sıkışmıştı. İki olasılıktan biri, bir fizikçi ya da mühendisin roketler ve başka yüksek teknoloji cihazlar tasarladığı yaşamına çıkarken; diğeri ise kendi vizyonunu şahsen finanse etmesini sağlayabilecek bir servet biriktirmek üzere ticarete ve bilgisayar becerilerini kullanmaya yöneliyordu.

Bu ikilem 1995 yılında Stanford Üniversitesi'nin uygulamalı fizik bölümünde doktora başladığında doruk noktasına ulaştı. Programda yalnızca iki gün geçirdikten sonra okulu ansızın bıraktı ve hemen genç, yenilikçi [start up] internet programları dünyasına daldı. 28 bin dolar borç bulup gazete yayıncılığı endüstrisine çevrimiçi şehir rehberi üreten bir yazılım firması kurdu. Dört yıl sonra bu firmayı 341 milyon dolara Compaq'e sattı. Bu satıştan 22 milyon dolar kazandı ve bu parayı da hemen ileride PayPal'e dönüşecek olan X.com adlı yeni şirketine yatırdı. 2002'de eBay, PayPal'ı 1,5 milyar dolara satın alırken Musk da 165 milyon doların sahibi oldu.

Para içinde yüzerken bu kaynaklarını hayallerini gerçekleştirmek, yani SpaceX ve Tesla motorlarını yaratmak için kullandı. Bir noktada her iki şirketinin de tüm kârının yüzde 90'ını bunlara yatırdı. Bilinen teknoloji temelinde roketler yapan diğer havacılık şirketlerinin aksine SpaceX yeniden kullanılabilir bir roketin devrimsel tasarımına öncülük etti. Musk'ın amacı, normalde her fırlatmadan sonra ıskartaya çıkan iticileri yeniden kullanarak uzayda yolculuğun masrafını on kat azaltmaktır.

Musk (Peter, Paul ve Mary'nin "Puff, the Magic Dragon" şarkısına ithafen) Dragon adlı bir uzay modülünü itecek olan (adını *Yıldız Savaşları*'ndaki *Millennium Falcon*'dan alan) Falcon'u neredeyse sıfırdan geliştirdi. 2012'de SpaceX'in Falcon roketi Uluslararası Uzay İstasyonu'na erişen ilk ticari roket olarak tarih yazdı. Dahası yörüngedeki bir uçuştan sonra başarıyla Dünya'ya iniş yapan ilk roket olma unvanını da aldı. Musk'ın ilk eşi Justine

Musk, onun hakkında "Onu Terminatör'le karşılaştırmak hoşuma gidiyor. O programını ayarlar ve ... asla... durmaz." demişti.

2017'de, kullanılmış bir itici roketi başarıyla yeniden fırlattığında bir başka büyük zafer daha kazandı. Daha önce fırlatılan roket fırlatma rampasına geri indi, temizlenip bakımı yapıldı ve ikinci bir kez daha fırlatıldı. Yeniden kullanılabilirlik, uzayda yolculuğun ekonomisinde bir devrim yaratabilir. İkinci el araç pazarını düşünsenize. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra özellikle askeri araçlar ve yeni model araçlar halen pek çok insan için ulaşılmazdı. İkinci el araç endüstrisi ortalama tüketicilerin araba almasına olanak tanırken yaşam tarzımız ve sosyal ilişkilerimiz dahil olmak üzere her şeyi değiştirdi. Artık Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda satılan yeni araçların 2,2 katı olan kırk milyon kadar kullanılmış araç satılıyor. Musk, aynı şekilde Falcon roketinin havacılık pazarını dönüştüreceğini ve roket fiyatlarının düşmesini sağlayacağını umuyor. Birçok kuruluş, uydusunu uzaya gönderen roketin daha önce kullanılmış olup olmadığını umursamayacaktır. En sağlam yöntem olarak en ucuzunu tercih edeceklerdir.

Yeniden kullanılabilir roket bir dönüm noktasıydı ancak Musk asıl izleyicilerini Mars'a ulaşmak üzerine olan iddialı planlarının ayrıntılarını açıkladığında şoka uğrattı. Mars'a 2018 yılında insansız; 2024 yılında ise insanlı birer görev planlayan Musk, NASA'yı bir on yıl kadar geride bırakıyor. Nihai hedefi yalnızca bir karakol değil, Mars'ta bütün bir şehir kurmak. Her biri koloni kuracak yüz kişi taşıyan, üzerinde değişiklik yapılmış bin Falcon'luk bir donanma göndererek Kızıl Gezegen'deki ilk yerleşimi yaratmayı hayal ediyor. Musk'ın planının kilit noktaları, uzayda yolculuğun çarpıcı şekilde düşen masrafı ve yeni teknolojik gelişmeler. Mars görevinin fiyatı genellikle 400 ile 500 milyar dolar arasında değişirken Musk Mars roketini yalnızca 10 milyar dolara yapabileceğini ve fırlatabileceğini hesap ediyor. Başta Mars'a yolculuk biletleri pahalı olacaktır ancak uzayda yolculuğun düşen ücreti karşısında nihayetinde kişi başı gidip gelmek 200 bin dolara kadar inecektir. Bu, Virgin Galactic'in SpaceShipTwo'su ile Dünya'nın yalnızca 110 kilometre üstüne

çıkmaq için gereken 200 bin dolar ya da bir Rus roketinde Uluslararası Uzay İstasyonu'na gitmenin tahmini karşılığı olan 20 ile 40 milyon dolar arası ücrete benzer.

Musk'ın önerdiği roket sisteminin adı aslında Mars Koloni Taşıyıcısı (Mars Colonial Transporter) olsa da daha sonra bunu Gezegenlerarası Taşımacılık Sistemi (Interplanetary Transport System) olarak değiştirdi çünkü dediği gibi "Bu sistem size, Güneş Sistemi içinde nereye isterseniz gerçekten gidebilme özgürlüğü sağlıyor." Uzun soluklu hayali, tıpkı tren yolunun Amerikan şehirlerini birbirine bağlaması gibi gezegenleri birbirine bağlayacak bir ağ kurmak.

Musk multi-milyar dolarlık imparatorluğunun diğer bölümleriyle bir işbirliği olanağı görüyor. Tesla tamamen elektrikle çalışan arabasının ileri bir örneğini geliştirdi ve Musk Güneş enerjisine büyük bir yatırım yaptı çünkü herhangi bir Mars karakolunda kullanılan temel enerji kaynağı bu olacak. Bu nedenle Musk, bir Mars kolonisi geliştirmek için gereken elektrikli makineler ve Güneş enerjisi düzeneğini sağlayacak ideal konumda.

NASA genellikle son derece ağırkanlı ve bıktırıcıyken, girişimciler taze ve yenilikçi fikirler ile teknikleri hızla sunabileceklerine inanıyorlar. Musk, "NASA'da başarısızlığa yer olmadığına ilişkin saçma bir düşünce var. Başarısızlığın burada [SpaceX'te] bir yeri var. Eğer bir şeyler başarısızlıkla sonuçlanmıyorsa yeterince yenilik getirmiyorsunuzdur." diyor.

Musk büyük olasılıkla uzay programının modern yüzü: Atılan, korkusuz, yenilikçi ve zeki olmasının yanı sıra yerleşmiş geleneklerin de karşısında. Girişimci-milyarder-bilim insanı olarak tanımlanabilir yeni bir tür roket bilimci. Musk, evinde benzer zengin iş insanları ve mühendislerle yaşayan Demir Adam'ın (Iron Man) ikinci kişiliği [alter ego], tatlı dilli bir sanayici ve mucit olan Tony Stark ile sık sık karşılaştırılır. Aslında *Demir Adam*'ın ilk devam filminin bir kısmı Los Angeles'taki SpaceX merkezinde çekilmişti ve ziyaretçiler geldiğinde onları Demir Adam kostümü içinde gerçek boyutlu bir Tony Stark heykeli karşılamıştı. Musk, New York Moda Haftası'nda erkek giyim tasarımcısı Nick Graham'ın yarattığı uzay konulu bir defileye il-

ham kaynağı bile oldu. Graham bunu “Mars’ın yeni moda siyah olduğunu söylüyorlar. Bu herkesin hırsları bakımından inanılmaz bir şekilde en akılda kalan eğilim. Buradaki fikir de Elon Musk’ın Mars’a ilk kez insan götürmek istediği 2025 sonbahar koleksiyonunu göstermekti.” diye açıklamıştı.

Musk, felsefesini “Gerçekten kişisel mal varlığı biriktirmeye yönelik başka hiçbir motivasyonum yok; tek motivasyonum yaşamı çok gezegenli yapabilmek için sağlayabileceğim en büyük katkıyı sağlamak.” diye özetliyor. XPRIZE’den Peter Diamandis de “Burada kârlılıktan çok daha büyük bir etmen var. Musk’ın vizyonu baş döndürücü ve çok güçlü.” diyor.

MARS İÇİN YENİ UZAY YARIŞI

Mars hakkında yapılan tüm bu muhabbet elbette rekabet yaratacaktı. Boeing’in CEO’su Dennis Muilenburg “Mars’a ayak basacak ilk insanın oraya bir Boeing roketiyle varacağına kuşum yok” demişti. Bu şaşırtıcı yorumları Musk’ın Mars planını açıklamasından bir hafta sonra yapması muhtemelen bir rastlantı değildi. Musk manşetlerden düşmüyor olabilir ancak Boeing’in de başarılı ve uzun süredir devam eden bir uzayda yolculuk geleneği var. Ne de olsa astronotlarımızı Ay’a götüren ünlü Saturn V itici roketini üreten ve NASA’nın planlanan Mars görevinin temelini oluşturan devasa SLS itici roketini inşa etmek üzere halen sözleşme sahibi olan Boeing.

NASA taraftarları, uzay programının mücevherlerinden biri olan Hubble Uzay Teleskopu gibi geçmişin büyük projeleri için kamu kaynaklarının çok önemli olduğuna dikkat çekmişlerdi. Özel yatırımcılar, hissedarlar için herhangi bir kazanç umudu olmasa böylesi riskli bir çabaya kaynak sağlar mıydı? Büyük, bürokratik kuruluşların desteklenmesi özel girişimciler için çok pahalı ya da kâr üretme olasılığı çok düşük olan girişimler açısından gerekli olabilir.

Rekabet eden bu her bir programın ayrı avantajları var. 130 ton taşıyabilen Boeing’in SLS’si, 64 ton taşıyabilen Musk’ın Fal-

con Heavy'sinden çok daha büyük yükleri uzaya gönderebilir. Ne var ki Falcon daha uygun fiyatlı olabilir. Şu anda SpaceX kilogram başına yaklaşık iki bin dolara ya da ticari uzay araçlarının genel fiyatının yüzde 10'una uzaya uydu fırlatması ile en ucuz tarife sahip. SpaceX yeniden kullanılabilir roket teknolojisini mükemmelleştirdikçe fiyatlar daha da düşecektir.

NASA, herkesin arzuladığı projeye talip iki kişi arasında kendisini kıskanılır bir konumda buldu. Temelde halen SLS ile Falcon Heavy arasında bir karar verebilir. Musk, bu konuda Boeing'in meydan okuması üzerine yöneltilen soruyu "Bence Mars'a çıkan birden fazla yol olması iyi bir şey... ateşte birkaç demir tutmak... Bilirsiniz, ne kadar çoksa o kadar iyidir." diye yanıtlamıştı.

NASA sözcüsü "NASA, bir sonraki büyük sıçrayışı yapmak ve yolculuğu Mars'a doğru ilerletmek isteyen herkesi takdir ediyor... Bu yolculuk en iyilerini ve en akıllılarını gerektirecektir... Geçtiğimiz birkaç yıl boyunca NASA'da sürdürülebilir bir keşif planı geliştirmek ve uluslararası ve özel sektör ortakları arasında bu vizyonu desteklemek için bir güç birliği yaratmak amacıyla çok sıkı çalıştık." demişti. Sonunda rekabet ruhu, uzay programı için bir kazanç yaratacak gibi duruyor.

Ne var ki bu yarışın bir tür ilahi adaleti var. Uzay programı, elektroniği minyatürleşmeye zorlayarak bilgisayar devriminin kapılarını açtı. Uzay programına ilişkin çocukluk anılarından ilham alan, bilgisayar devriminin yarattığı milyarderler de dönüp dolaşıp zenginliklerinin bir kısmını uzayın keşfine geri yatırıyor.

Avrupalılar, Çinliler ve Ruslar da 2040 ile 2060 arası zaman diliminde Mars'a insanlı bir araç gönderme arzusunda olduklarını ifade etti ancak bu projelerin kaynakları sorunlu duruyor. Yine de Çinlilerin 2025'te Ay'a ulaşacakları neredeyse kesinleşti. Başkan Mao bir keresinde Çin'in uzaya bir patates bile gönderebilecek kadar geri kalmış olduğundan yakınmıştı. O zamandan bu yana her şey tamamen değişti. 1990'larda Ruslardan satın aldığı roketleri geliştiren Çin, yörüngeye şimdiden on "taikonot"*

* İngilizce basın kaynaklarında Çinli astronotlar için kullanılan kavram. -çn.

fırlattığı gibi bir uzay istasyonu kurmak ve 2020'ye kadar Saturn V gücünde bir roket geliştirmek gibi iddialı planlarını da sürdürüyor. Çin çeşitli beş yıllık planlarında Rusların ve Amerikalıların öncülük ettiği adımları dikkatlice takip ediyor.

En umut dolu vizyon sahipleri bile Mars'a yolculukta astronotların karşılaşacağı bir sürü tehlike olacağının farkında. Mars'ı şahsen ziyaret etmek isteyip istemediği sorulduğunda Musk, gezegene yapılacak ilk seyahatte ölme olasılığının "epey yüksek" olduğunu kabul ederek çocuklarının büyüdüğünü görmeyi tercih ettiğini ifade etti.

UZAYDA YOLCULUK PAZAR GEZMESİ DEĞİLDİR

İnsanlı bir Mars yolculuğunun olası tehlikeler listesi epey ürkütücü.

İlki felaketle sonuçlanan başarısızlıktır. Elli yıldan fazladır uzay çağındayız ancak korkunç bir roket kazasının gerçekleşme olasılığı halen yüzde 1 civarındadır. Bir roketin içinde yüzlerce hareketli parça vardır ve bunlardan herhangi biri görevin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir. Uzay mekiği, 135 kere fırlatılmış ve bunlardan iki tanesinde ağır kaza yaşamış ya da yüzde 1,5 civarı bir başarısızlık oranı tutturmuştur. Uzay programındaki genel ölüm oranı yüzde 3,3'tür. Uzaya çıkan 544 insandan 18'i ölmüştür. Yalnızca en cesurlar, geri dönüp dönmeceklerini bile bilmeden saatte kırk bin kilometre hızla uzayda yanacak milyonlarca kilo ağırlıkta bir roket yakıtının tepesine oturmak ister.

İşin içinde bir de "Mars uğursuzluğu" vardır. Mars'a gönderilen uzay sondalarının neredeyse dörtte üçü genel olarak muazzam mesafe, radyasyon sorunları, mekanik başarısızlıklar, iletişim kaybı, mikrometeorlar vb. nedenlerle oraya asla varamadı. Yine de ABD'nin bu konudaki kayıtları, Kızıl Gezegen'e ulaşmak için on dört başarısız girişimin sonucuna katlanmak zorunda kalan Ruslara kıyasla çok daha iyidir.

Bir diğer mesele Mars'a yolculuğun uzunluğudur. Apollo programı ile Ay'a gitmek yalnızca üç gün almış olsa da Mars'a

tek yön bir gidiş dokuz ay, tam bir gidiş-dönüş de kabaca iki yıl kadar sürecektir. Bir keresinde bilim insanlarının uzayda yolculuğun stresli yanlarını incelediği Ohio, Cleveland'in dışındaki NASA eğitim merkezini ziyaret etmişim. Astronotlar uzayda uzayan süreler geçirdikçe ağırlıksızlıktan kaynaklanan kas ve kemik körelmeleri yaşarlar. Bedenlerimiz Dünya'nın kütleçekimindeki bir gezegende yaşamaya ayarlıdır. Dünya yüzde birkaç derece bile büyük ya da küçük olsaydı bedenlerimizin hayatta kalmak üzere yeniden tasarlanması gerekirdi. Uzayda ne kadar uzun süre kalırsak bedenlerimiz o kadar bozulacaktır. Rus astronot Valeri Polyakov uzayda 437 gün kalarak dünya rekoru kırdıktan sonra döndüğünde neredeyse sürünerek uzay kapsülünden çıkabilmişti.

İşin ilginç yanı, omurga kolonlarında meydana gelen genişleme sonucu astronotların boyları uzayda birkaç santim uzar. Yeryüzüne döndüklerindeyse boyları normale döner. Ayrıca uzayda geçirdikleri her bir ay başına kemik kütlelerinin yüzde 1'ini de kaybedebilirler. Bu kaybı yavaşlatmak için günde en az iki saat koşu bandında çalışmaları gerekir. Yine de astronotların Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki altı aylık bir gezi sonrası rehabilite olmaları tam bir yıl alabilir ve bazen kemik kütleleri asla tamamen iyileşmez. (Ağırlıksızlığın yakın zamana kadar ciddiye alınmayan bir başka sonucu da optik sinirlere verdiği zarardır. Geçmişte astronotlar görme yeteneklerinin uzaydaki uzun görevler sonrasında bozulduğunu fark etmişti. Gözlerinin ayrıntılı görüntüleri, optik sinirlerinin muhtemelen göz sıvısının basıncı nedeniyle iltihaplandığını gösterdi.)

Gelecekte uzay kapsüllerimizin dönmesi gerekebilir ki böylelikle merkezkaç kuvveti yapay bir kütleçekimi yaratabilsin. Bu etkiyi bir eğlence parkına her gidişimizde bir Rotor* ya da Gravitron'un** dönen silindirin girdiğimizde deneyimleriz. Merkezkaç kuvveti yapay kütleçekimi yaratarak bizi silindir du-

* Makinelerin dönen bölümlerini tanımlayan, genellikle bir aks ya da mil etrafında yapılan mekanik düzenek. -çn.

** Eğlence parklarında bulunan, kütleçekiminin üç katı merkezkaç kuvvetiyle dönen silindir. -çn.

varına püskürtür. Günümüzde, dönen bir uzay gemisi üretimi çok pahalı olacağı gibi bu düşüncenin uygulanması da zordur. Dönen kabinin epey geniş olması gerekir yoksa merkezkaç kuvveti eşit bir biçimde dağıtılmaz ve astronotların midesi bulanıp dengeleri şaşar.

Ayrıca uzayda özellikle Güneş rüzgârı ve kozmik ışınlardan kaynaklanan radyasyon problemi de var. Dünya'nın kalın bir atmosferle örtülü olduğunu ve bizi korumaya yarayan bir manyetik alanla çevrelendiğini sık sık unutuyoruz. Atmosferimiz ölümcül radyasyonun büyük bir bölümünü deniz seviyesinde soğurur ancak ABD'nin bir ucundan diğerine yapılan normal bir uçuşta bile jette geçirdiğimiz saat başına fazladan bir mili-rem radyasyon alırız. Bu da böylesi her bir yolculukta bir diş röntgeninde maruz kaldığımız kadar radyasyon almamız anlamına gelir. Mars'a giden astronotlar Dünya'yı saran radyasyon kuşaklarından geçmek zorunda kalacaklardır ve bu durum ağır dozlarda radyasyona maruz kalmaları sonucu hastalıklara karşı hassasiyetlerinin yanı sıra erken yaşlanma ve kanser olma olasılıklarını da arttırır. Gezegenlerarası iki yıllık bir yolculuğa çıkan bir astronot Dünya'da kalan ikizinden neredeyse iki yüz kat fazla radyasyon alır. (Ne var ki bu istatistik bağlamı içinde değerlendirilmelidir. Bir astronotun yaşam boyu kanser olma riski yüzde 21'den yüzde 24'e yükselecektir. Pek önemsiz olmasa da bu tehdit bir astronotun basit bir kaza ya da şanssızlık sonucu karşılaşabileceği tehlikelere kıyasla hafif kalır.)

Uzaydan gelen kozmik ışınlar bazen o kadar yoğundur ki astronotlar, atomaltı parçacıklar göz bebeklerindeki sıvıyı iyonlaştırırken gerçekten ufak ışık çakmaları görebilirler. Bu güzel görünen ancak gözde ciddi radyasyon hasarı oluşturabilen ışık çakmalarını tarif eden birkaç astronotla görüşmüştüm.

2016 yılı, radyasyonun beyindeki etkilerine ilişkin kötü haberler getirdi. Irvine'deki California Üniversitesi'nden bilim insanları fareleri uzayda iki yıllık bir yolculuk süresince maruz kalınacak miktarda radyasyona maruz bıraktılar ve geri döndürülemez bir beyin hasarına ilişkin kanıtlar elde ettiler. Fareler davranışsal sorunlar göstererek huzursuz oldular ve kimi organ-

larında işlev bozuklukları ortaya çıktı. Nihayetinde bu sonuçlar astronotların uzayda yeterli şekilde korunması gerektiğini ortaya koydu.

Buna ek olarak astronotlar devasa Güneş patlamalarından da endişe duymalıdır. 1972’de Apollo 17 Ay’a doğru bir yolculuğa hazırlanırken Güneş’teki bir patlamadan gelen güçlü bir alev Ay’ın yüzeyine çarptı. O sırada astronotlar Ay’da yürüyor olsaydı ölebilirlerdi. Gelişigüzel kozmik ışınların aksine Güneş patlamaları Dünya’dan izlenebilir yani astronotları birkaç saat önceden uyarmak mümkündür. Uluslararası Uzay İstasyonu’ndaki astronotların yaklaşan Güneş patlamalarına ilişkin uyarıldığı ve Uzay İstasyonu’nun daha iyi korunan bölümlerine geçmelerinin emredildiği durumlar yaşanmıştır.

Bir de uzay aracının dış gövdesini yırtabilen mikrometeorlar vardır. Uzay aracının yakından incelenmesiyle sayısız mikro göktaşının aracın döşeli yüzeyinde yarattığı etki açığa çıkar. Saaatte 65 bin kilometre hızla giden bir posta pulu büyüklüğündeki bir mikrometeorun çarpması rokette bir delik açmaya ve basıncın hızla azalmasına yetecektir. Bu nedenle uzay modüllerini farklı bölmelere ayırarak delinmiş kısmın hemen diğerlerinden soyutlanmasını sağlamak akıllıca olacaktır.

Psikolojik zorluklar da bir başka engeldir. Ufacık, sıkışık bir kapsülde az bir grup insanla uzun süre kapalı kalmak zorlayıcı olacaktır. Bir dizi psikolojik testle bile insanların nasıl işbirliği yapacağını ve hatta yapıp yapmayacağını tamamen kestiremeyiz. Nihayetinde yaşamınız sinirlerinizi epey bozan birine bağlı olabilir.

MARS'A GİTMEK

Aylar boyu süren dedikoduların ardından NASA ve Boeing nihayet 2017’de Mars’a ulaşma planlarının ayrıntılarını açıkladı. NASA’nın İnsanlı Keşif ve Harekât Birimi’nden (Human Exploration and Operations Directorate) Bill Gerstenmaier astronotlarımızı Kızıl Gezegen’e göndermek için gereken adımlara ilişkin epey iddialı bir takvim ortaya koydu.

İlk olarak, SLS/Orion roketi yıllar süren testlerin ardından 2019'da fırlatılacak. Bu roket, tamamen otomatik olup hiç astronot taşımayacak ancak Ay'ın yörüngesinde dolaşacak. Dört yıl sonra astronotlar elli yıllık bir aranın ardından nihayet Ay'a dönecek. Görev üç yıl sürecek olsa da yalnızca Ay'ın çevresinde dönülecek, yüzeyine iniş yapılmayacak. Bu aslında Ay'ın keşfinden öte SLS/Orion sisteminin güvenilirliğini test etmeye yönelik bir görev.

Ne var ki NASA'nın planında birçok araştırmacıyı şaşırtan, hiç beklenmedik bir ters köşe var. SLS/Orion sistemi aslında bir tür ısınma turu. Bu sistem, astronotların Dünya'yı terk edeceği ve uzaya erişeceği temel halka işlevi görecek olmasına karşın bizleri Mars'a tamamen yeni bir dizi roket götürecektir.

İlk olarak NASA, Uluslararası Uzay İstasyonu'ndan daha ufak olsa da ve Dünya'nın değil de Ay'ın yörüngesinde dönse de onu andıran Derin Uzay Geçidi'ni (Deep Space Gateway) inşa etmeyi planlıyor. Astronotlar, Mars'a ve asteroitlere yolculuk görevlerinde yakıt ve yeniden ikmal istasyonu işlevi görecek Derin Uzay Geçidi'nde yaşayacaklar. Ay'la ilişkili bu istasyon, uzaydaki kalıcı insan varlığının temelini oluşturacak. İnşası için dört SLS görevi gerekecek bu istasyonun yapımına 2023'te başlanıp 2026'da kullanıma hazır olacak.

Ne var ki asıl numara astronotları gerçekten Mars'a gönderecek olan roket. Bu, ağırlıklı olarak uzayda yapılacak olan Derin Uzay Taşıma Aracı (Deep Space Transport) adındaki yepyeni bir sistem. 2029'da Derin Uzay Taşıma Aracı üç yüz ile dört yüz gün arasında Ay'ın çevresinde dönerek ilk büyük sınavını verecek. Bu, uzayda gerçekleştirilecek uzun süreli görevler ile ilgili değerli bir bilgi sunacak. Çok sıkı testlerin ardından bu araç nihayet 2033'te astronotlarımızı Mars'ın yörüngesine gönderecek.

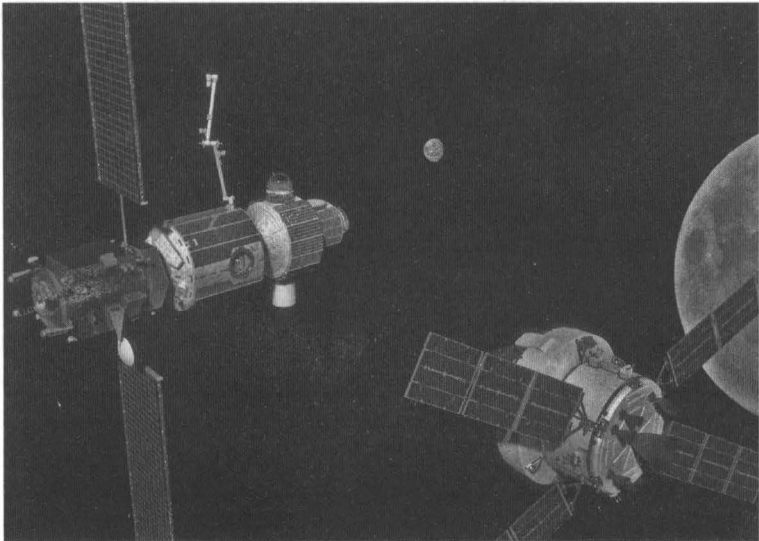
Birçok uzman NASA'nın projesinden övgüyle söz ediyor çünkü bu proje Ay'da özenle hazırlanmış bir altyapı kurmaya yönelik adım adım planlanmış bir sisteme sahip.

Yine de NASA'nın planı Musk'ın vizyonu ile keskin bir biçimde çelişiyor. NASA'nın planı dikkatlice ayrıntılandırılıyor ve Ay'ın yörüngesinde kalıcı bir altyapı oluşturulmasını içerir.

yor ancak muhtemelen Musk'ın planından bir on yıl daha uzun sürecek kadar yavaş. SpaceX, Ay'ın uzay istasyonunu tamamen pas geçip belki de 2022 gibi erken bir zamanda doğrudan Mars'a uçacak. Musk'ın planında tek bir engel var, o da Dragon uzay kapsülü Derin Uzay Taşıma Aracı'na göre çok daha küçük. Hangi yaklaşımın ya da yaklaşımların birleşiminin daha iyi olduğunu bize zaman gösterecek.

MARS'A İLK YOLCULUK

İlk Mars görevi hakkında gittikçe daha fazla ayrıntı açığa çıktığı için Kızıl Gezegen'e ulaşmakta gerekli olan adımlara ilişkin varsayımında bulunmak artık mümkün. Gelin, önümüzdeki birkaç on yıl içinde NASA'nın planının nasıl gözler önüne serilebileceğinin izini sürelim.



NASA'nın Derin Uzay Geçidi; Ay'ın yörüngesinde dolanacak, Mars'a ve ötesine düzenlenecek görevlere yakıt ve yeniden ikmal istasyonu olarak hizmet verecek.

Mars'a düzenlenecek tarihi göreve katılacak ilk insanlar bugün muhtemelen hayattalar ve lisede gökbilimi dersleri alıyorlar. Başka bir gezegene yapılacak ilk yolculuğa gönüllü olması beklenen yüzlerce kişinin arasında olacaklar. Sıkı eğitimlerin ardından büyük olasılıkla içlerinden dördü deneyimli bir pilot, mühendis, bilim insanı ve hekim olma yeteneklerine ve deneyimlerine göre büyük bir özenle seçilecek.

2033 yılı civarında basınla yapılan bir dizi heyecanlı röportajın ardından nihayet Orion uzay kapsülüne atlayacaklar. Orion kapsülünde her ne kadar orijinal Apollo kapsülüne göre yüzde elli daha fazla alan olsa da hareket olanağı yine kısıtlı olacak. Gerçi bunun bir önemi yok çünkü Ay'a yolculuk yalnızca üç gün sürecek. Sonunda uzay gemisi havalandığında SLS itici roketlerinde yoğun bir biçimde yanan roket yakıtından gelen titreşimleri hissedecekler. Şimdilik yolculuğun tamamı orijinal Apollo görevine epey benzer görünüyor.

Ne var ki benzerlik burada sona eriyor. Bu noktada NASA geçmişten radikal bir kopuş hayal ediyor. Ay'ın yörüngesine girdiklerinde astronotlar dünyanın Ay'ın yörüngesini dolaşan ilk uzay istasyonu olan Derin Uzay Geçidi'ni görecekler ve ona yanaşıp biraz dinlenecekler.

Daha sonra tarihteki hiçbir uzay aracına benzemeyen Derin Uzay Taşıma Aracı'na geçecekler. Uzay gemisi ve mürettebatın yaşama alanı, arkasında silgisi olan (ki burada astronotların yaşayıp çalışacağı kapsül var) uzun bir kurşun kalemi andırıyor. Kurşun kalem boyunca alışılmadık uzunlukta ve dar, dizi dizi devasa güneş panelleri sıralanıyor. Böylelikle roket uzaktan bir yelkenli gibi görünüyor. Orion kapsülü yaklaşık yirmi beş ton gelirken, Taşıma Aracı kırk bir ton.

Gelecek iki yıl boyunca Derin Uzay Taşıma Aracı evleri olacak. Bu kapsül Orion'dan çok daha geniş ve astronotlara biraz olsun esnemeleri için yeterli alan tanıyacak. Kas ve kemik kayıplarını önlemek amacıyla günlük bir şekilde antrenman yapmaları gerektiği için bu çok önemli, yoksa Mars'a ulaştıklarında sakat kalırlar.

Derin Uzay Taşıma Aracı'na bindiklerinde roketin motorlarını açacaklar ancak güçlü bir itme kuvvetiyle karşılaşp roketin arkasından çıkan muazzam alevlere maruz kalmak yerine iyon motorları yumuşak bir şekilde ivmelenerek hızları yavaş yavaş arttıracak. Pencerelerinden dışarıyı izleyen astronotlar yalnızca geminin motorlarından düzenli bir biçimde yayılan sıcak iyonların uysal parlaklığını görecek.

Derin Uzay Taşıma Aracı, astronotları uzaya yollamak için güneş elektrikli itiş gücü adı verilen yeni bir tür itiş gücü sistemi kullanır. Devasa güneş panelleri Güneş ışığını yakalayıp elektrige dönüştürür. Bu, bir gazdan ksenon gibi elektronları söküp alarak iyon oluşturmakta kullanılır. Ardından bir elektrik alanı motorun bir ucundan bu yüklü iyonları itme kuvveti yaratarak dışarı atar. Yalnızca birkaç dakika yanabilen kimyasal motorların aksine iyon motorları aylar ve hatta yıllar boyunca yavaşça ivmelenebilir.

Daha sonra da Mars'a giden, neredeyse dokuz ay sürecekt uzun ve sıkıcı yolculuk başlar. Astronotların karşılaşacağı temel sorun sıkılmaktır. Bu nedenle sürekli antrenman yapmak, ayık kalmak için oyunlar oynamak, hesaplamalar yapmak, sevdikleriyle konuşmak ve internette dolaşmak gibi şeyler yapmaları gerekecek. Rutin rota düzeltmeleri dışında yolculuk sırasında yapılacak pek bir şey yok. Ne var ki zaman zaman ufak tamiratlar yapmak ve aşınan parçaları yenilemek için uzayda yürüyüş yapmaları da gerekebilir. Yolculuk ilerledikçe Dünya'ya radyo sinyallerinin gönderim süresi de gitgide artar ve sonunda neredeyse yirmi dört dakikaya ulaşır. Anında iletişim kurmaya alışkın astronotlar için bu durum biraz sinir bozucu olabilir.

Pencerelerinden dışarı bakarken Kızıl Gezegen'in uzaktan yavaş yavaş belirdiğini görürler. Astronotlar hazırlıklarını yapmaya başladıkça uzay gemisindeki hareketlilik de hızla artacaktır. Bu noktada Mars'ın yörüngesine yumuşakça girebilmek amacıyla uzay araçlarını yavaşlatmak için roketlerini ateşlerler.

Uzaydan, dünyanınkinden tamamen farklı bir manzara göreceklerdir. Mavi okyanuslar, yeşil ağaçlarla kaplı dağlar ve şehirlerin ışıkları yerine, kızıl çöllerle, devasa dağlarla ve Dünya'da-

kinden çok daha büyük vadilerle kaplı; ıssız, çorak bir arazi ve bazıları tüm gezegeni yutabilecek muazzam toz fırtınalarıyla karşılaşacaklardır.

Yörüngeye girdiklerinde Mars kapsülüne girecekler ve gezegenin yörüngesinde dönmeyi sürdürecektir olan ana uzay gemisinden ayrılacaklar. Kapsülleri Mars'ın atmosferine girdikçe de sıcaklık hızla yükselecek ancak ısı kalkanı, hava sürtünmesinin yarattığı yoğun ısıyı soğuracaktır. Isı kalkanı nihayetinde atılacak ve ardından kapsül fren roketlerini ateşleyip Mars'ın yüzeyine yavaşça iniş yapacaktır.

Astronotlar kapsülden çıkıp Mars'ın yüzeyinde yürüdüklerinde, insanlığı çok gezegenli bir tür haline getirme amacını gerçekleştirmeye doğru tarihi bir adım atarak insanlık tarihinde yeni bir çağın açan öncüler olacaklardır.

Dünya dönüş yolculuğu için uygun hizaya gelene kadar Mars'ta birkaç ay geçirecekler. Bu onlara araziye keşfetmek, su ve mikrobik yaşam izleri arama amaçlı deneyler yapmak ve güç için güneş panelleri kurmak için zaman sağlayacaktır. Olası amaçlarından biri; günün birinde yeraltı buzunu, içme suyu, solumak için oksijen ve yakıt olarak hidrojen için hayati bir kaynak olabileceğinden, donmuş topraklardaki buzunu çıkartmak olabilir.

Görevleri tamamlandıktan sonra uzay kapsüllerine dönecek ve havalanacaklar. (Mars'ın zayıf kütleçekimi nedeniyle kapsül Dünya'yı terk etmek için gerekenden çok daha az yakıt gereksinim duyar.) Yörüngedeki ana gemiye bağlanacak ve ardından astronotlar Dünya'ya yapılacak dokuz aylık dönüş yolculuğuna hazırlanacaklar.

Dönerken okyanusta bir yere dalacak, karaya vardıklarındaysa insanlığın yeni bir şubesini açmakta ilk adımı atmış kahramanlar olarak karşılanacaklar.

Görebildiğiniz üzere Kızıl Gezegen'e giden yolda bir sürü zorlukla karşı karşıya kalacağız. Kamuoyunun heyecanı ve NASA ile özel sektörün adanmışlığı sayesinde çok büyük olasılıkla gelecek on ya da yirmi yıl içinde Mars'a insanlı bir görev yollamayı başaracağız. Bu da bir sonraki mücadeleyi başlatacak: Mars'ı yeni bir yuva haline getirmek.

5

Mars: Bahçeli Gezegen

İnsanlar Mars'ı keşfetme ve üzerinde şehirler inşa etme fırsatını yakaladığında, bunun insanlığın en muhteşem zamanlarından biri, insanların bir başka dünyaya ayak bastığı ve kendi dünyalarını kurma özgürlüğüne sahip oldukları bir zaman olacağını düşünüyorum.

– ROBERT ZUBRIN

2015'E AİT MARSLI (*THE MARTIAN*) filminde Matt Damon'ın oynadığı astronot en ciddi zorlukla karşı karşıya kalır: Donmuş, ıssız ve havasız bir gezegende tek başına hayatta kalmak. Ekip arkadaşları tarafından kazara geride bırakılan astronotun yalnızca birkaç gün yetecek kadar malzemesi vardır. Tüm cesa-retini toplamalı ve bir kurtarma ekibi ona ulaşana kadar nasıl hayatta kalacağını öğrenmelidir.

Film, Mars'ı kolonileştirecek kişilerin ne gibi zorluklarla karşılaşabilecekleri hakkında kamuoyuna bir parça bilgi sunabilecek kadar gerçekçiydi. Özellikle filmdeki uzay aracını neredeyse devirecek olan, tüm gezegeni talk pudrasını andıran ince kırmızı bir tozla kaplayan şiddetli fırtınalar vardı. Atmosfer neredeyse tamamen karbondioksitten meydana geldiği ve atmosfer basıncı Dünya'ninkinin yalnızca yüzde 1'i olduğu için bir astronot Mars'ın yok gibi olan havasına maruz kalırsa dakikalar içinde

boğularak kanı kaynamaya başladılar. Solumasına yetecek kadar oksijen üretmek için Matt Damon'ın basınçlı uzay istasyonunda kimyasal bir tepkime yaratması gerekmişti.

Ayrıca gıdası hızla tükendiği için yapay bir bahçede kendi bitkilerini de yetiştirmesi gerekiyordu. Ekini verimli kılmak için kendi dışkısını kullanmak zorundaydı.

*Marsh'*daki astronot, Mars'ta kendisini destekleyecek bir ekosistem yaratmak için gereken dayanılmaz adımları milim milim atar. Film yeni bir neslin hayal gücünü yakalamaya yardımcı oldu. Ne var ki Mars'a yönelik cazibe aslında on dokuzuncu yüzyıla kadar uzanan uzun ve ilginç bir tarihe sahip.

İtalyan gökbilimci Giovanni Schiaparelli 1877'de, Mars'ta doğal süreçlerle oluşmuşa benzer, tuhaf, doğrusal işaretler fark etti. Bu işaretlere su yatağı anlamına gelen "*canali*" adını verdi ancak İtalyanca bu sözcük İngilizce'ye tercüme edilirken *i* düştü ve kavram "kanal" halini aldı. Bu da anlamını tamamen farklılaştırıyordu çünkü doğal değil yapay oldukları ima ediliyordu. Basit bir tercüme hatası "*Marsh*" efsanesini fitilleyen bir spekülasyon ve fantezi çığı ortaya çıkardı. Varlıklı ve uçuk bir gökbilimci olan Percival Lowell, Mars'ın ölmekte olan bir gezegen olduğu ve Marshlıların çaresiz bir çaba içinde kavrulmuş tarlalarını sulamak amacıyla kutup buzullarındaki suyu taşımak için kanallar açtıkları kuramını oluşturmaya başladı. Lowell kişisel zenginliğinin ciddi bir bölümünü Arizona çölündeki Flagstaff'ta teknoloji harikası bir gözlemevi yapmakta kullandı ve ömrünü yaptığı tahmini kanıtlamaya adanmıştı. (Bu kanalların varlığını asla kanıtlayamadı, kaldı ki yıllar sonra uzay sondaları kanalların görsel bir yanılsama olduğunu gösterecekti. Yine de Lowell Gözlemevi, Plüton'un keşfine katkı sağlamak ve evrenin genişlediğine ilişkin ilk bulguyu sunmak gibi başka alanlarda başarılı oldu.)

1897 yılında H. G. Wells, *Dünyalar Savaşı*'nı yazdı. Roman'daki Marshlılar insanlığı yok edip iklimini Mars'inkine benzeterrek Dünya'yı "yaşanabilir kılmayı" planlıyordu. Kitap "Mars istilaları" türü denilebilecek olan yeni bir edebi tür doğurdu ve profesyonel gökbilimcilerin kendi aralarında yaptıkları teknik tartışmalar bir anda insan ırkının kurtuluşu meselesi halini aldı.

1938'in Cadılar Bayramı'ndan bir gün önce Orson Welles, bir dizi kısa, dramatik ve gerçekçi radyo yayını hazırlamak için romandan pasajlar aldı. Program, Dünya sanki saldırgan Marslılar tarafından istila ediliyormuş gibi sunuluyordu. İnsanlardan bazıları istilaya ilişkin, ordunun ölüm ışınlara karşı nasıl yenik düştüğü ve Marslıların devasa üç ayaklılarla New York'u kuşatmış olduğu gibi güncellenen bilgileri aldıkça paniklelemeye başlamıştı. Dehşete düşmüş dinleyicilerin yaydığı dedikodular hızla tüm ülkeyi sardı. Bu kaosu ardından, büyük medya kuruluşları bir daha asla bir aldatmacayı gerçekmiş gibi yayınlamamaya yemin etti; bu yasak bugün halen sürüyor.

Birçok insan Marslı histerisine kapılmıştı. Genç Carl Sagan, Mars hakkındaki *Mars'tan John Carter (John Carter from Mars)* serisi gibi romanlardan büyülenmişti. 1912 yılında Tarzan romanlarıyla ünlü Edgar Rice Burroughs, İç Savaş sırasında kendisini Mars'ta bulan bir Amerikan askeri hakkında yazmış ve bilimkurguya adım atmıştı. Burroughs, Mars'ta Dünya'ya kıyasla daha az bulunan kütleçekimi nedeniyle John Carter'ın bir süper insan halini alacağını düşünüyordu. İnanılmaz mesafelerde sıçrayabilecek ve güzeller güzeli Dejah Thoris'i kurtarmak için uzaylı Tharklarla savaşacaktı. Kültür tarihçileri, John Carter'ın süpergüçlerine ilişkin bu tarifi Süpermen hikâyesinin temelini oluşturduğuna inanır. Süpermen'in ilk kez ortaya çıktığı *Action Comics*'in* 1938 tarihli sayısında süpergüçleri kendi memleketi Krypton'a göre Dünya'da daha zayıf olan kütleçekimine atfedilir.

MARS'TA YAŞAMAK

Mars'tan oturma izni almak bir bilimkurgu olarak kulağa epey romantik geliyor olabilir ancak gerçeklik biraz göz korkutucu. Gezegende başarılı olmak için gereken stratejilerden biri, buz

* İlk sayısı 1938 yılında yayınlanan ve yayın hayatını en uzun sürdüren çizgi roman serilerinden biri olma özelliği taşıyan, Süpermen, Batman, Wonder Woman gibi karakterleri doğurmuş, günümüzde DC Comics bünyesinde varlığını sürdüren bir Amerikan çizgi roman şirketidir.

gibi elde bulunan şeylerden yararlanmaktır. Mars katı bir biçimde donmuş olduğuna göre, tek yapmanız gereken; donmuş toprağa ulaşana kadar birkaç metre kazmaktır. O zaman buzu çıkartıp eritebilir ve içme suyu ya da solumak için oksijen, ısınma ve roket yakıtı olarak hidrojen halinde aratabilirsiniz. Radyasyon ve toz fırtınalarından korunmak amacıyla kolonicilerin bir yeraltı sığınağı inşa etmek için kayayı kazması gerekebilir. (Mars'ın atmosferi o kadar yetersiz ve manyetik alanı öyle zayıftır ki uzaydan gelen radyasyon Dünya'daki gibi soğurulmaz ya da yönü değiştirilmez yani bu gerçek bir sorundur.) Bunun yanı sıra ilk Mars üssünü, aynı Ay'da yapmaktan bahsettiğimiz gibi bir yanardağın yakınındaki devasa bir lav tünelinin içine kurmak avantajlı olabilir. Mars'taki yanardağların yaygınlığı düşünüldüğünde böyle çok sayıda tünel olması büyük bir olasılıktır.

Mars'taki bir gün Dünya'daki bir günle kabaca aynı sürede. Mars'ın Güneş'ten yana eğilimi de Dünya'ninkiyile aynıdır. Ne var ki yerleşimcilerin Dünya'daki kütleçekiminin yalnızca yüzde 40'ı olan ve tıpkı Ay'daki gibi kas ve kemik kayıplarına karşı yoğun antrenmanlar yapmalarını gerektiren Mars'taki kütleçekimine alışmaları gerekecektir. Ayrıca fena bir soğuğa sahip hava durumuyla da uğraşmaları gerekecek ve sürekli donarak ölmekten kaçınmak için bir mücadele içinde olacaklardır. Mars'taki sıcaklık suyun donma noktasını çok nadiren aşar ve Güneş battıktan sonra -127 derece Celcius'a (-197 derece Fahrenheit'a) kadar düşebilir. Bu da herhangi bir güç kaybı ya da kesintisiz yaşamı tehdit edebileceği anlamına gelir.

2030'a kadar ilk insanlı görevi Mars'a gönderebilsek bile yeterli ekipmanı ve gezegen üzerinde kalıcı bir karakol kurmak için gereken malzemeleri toparlamak, bu engeller nedeniyle 2050'yi ya da daha da ötesini bulabilir.

MARSLI SPORLARI

Antrenman yapmanın kas bozulmalarını önlemeye yönelik taşıdığı hayati önem nedeniyle Mars'taki astronotlar, ister istemez

kendilerince insanüstü yeteneklere sahip olduklarını keşfedecikleri coşkulu sporlarla meşgul olacaklardır.

Tabii bu, spor sahalarının da tamamen yeniden tasarlanması gerektiği anlamına gelir. Mars'taki kütleçekimi, Dünya'dakinin üçte birinden biraz fazla olduğu için, temelde bir kişi Mars'ta üç kat daha yükseğe sıçrayabilir. Dahası bir topu da üç kat uzağa fırlatabileceği için basketbol, beysbol ve futbol sahalarının boyutları da büyütülmelidir.

Ayrıca Mars'taki atmosfer basıncı, Dünya'dakinin yaklaşık yüzde 1'i kadardır. Yani beysbol ve futbolun aerodinamikleri sert bir değişime uğramıştır. Temel zorluk, topun tam olarak kontrolünü sağlamaktır. Dünya'da atletlere, topun hareketini kontrol edebilmeye ilişkin yıllarca çalışarak edindikleri olağanüstü yetenekleri dolayısıyla milyonlarca dolar ödenir. Bu yetenekleri topun dönüşünü idare edebilmeleriyle ilişkilidir.

Top havada ilerlerken, peşi sıra topun hafifçe yolundan sapmasına ve yavaşlamasına neden olan ufak girdap akımlarından oluşan bir türbülans yaratır. (Beysbolda, topun dönüşünü belirleyen bu anaforlu akımlar, toptaki dikişler tarafından meydana getirilir. Golf topunda, topun yüzeyindeki çukurlardan; fotboldaysa topun yüzeyleri arasındaki birleşim yerlerinden kaynaklanır.)

Futbol oyuncuları topu öyle bir atarlar ki havada hızla dönmelerini sağlarlar. Dönme hali topun yüzeyindeki girdap akımını azaltır; böylelikle top daha isabetli bir şekilde havayı delip geçer ve düşmeden, çok daha uzak mesafelere gidebilir. Yine hızla döndüğü için, ufak bir topacı da andırarak sabit bir biçimde tek bir yönü işaret eder; bu da futbol topunun doğru yolda kalmasını ve yakalanmasını daha kolay hale getirir.

Hava akımı fiziğinden yararlanarak bir beysbol topunu fırlatmaya ilişkin efsanelerin çoğunun doğru olduğunu kanıtlamak da mümkündür. Nesiller boyunca beysbol atıcıları ölü yaprak atışlarını (*knuckleball*)* ve falsolu atışları yapabildiklerini iddia

* Atışın tümüyle topun üzerindeki dikişlerin sebep olduğu türbulansa göre falso aldığı, vurucuyu tamamen yanıltabilen bir atış türüdür.

etmiştir çünkü bu genel eğilimin aksine de olsa onlara topun güzergâhını kontrol etme olanağı sağlar.

Hızlandırılmış videolar bunun doğru olduğunu gösterir. Bir beysbol topu ölü yaprak atışında olduğu gibi en az dönüşle atılırsa türbülans en yüksek orana çıkar ve topun güzergâhı belirsizleşir. Bir beysbol topu hızla dönüyorsa da topun bir tarafındaki hava basıncı (Bernoulli ilkesinden dolayı) diğer tarafındakinden daha büyük olabileceğinden, top aniden belirli bir yöne sapacaktır.

Tüm bunlar, Dünya’da birinci sınıf olan atletlerin Mars’taki indirgenmiş hava basıncının topu kontrol etme becerilerini yitirmelerine neden olması sonucu tamamen yeni bir grup Marslı atletin yerlerini alabileceği anlamına gelir. Dünya’daki bir sporun üstadı olan sporcu, Mars’ta o kadar iyi olmayabilir.

Olimpiyatlardaki spor dallarının bir listesini çıkarırsak hiçbir istisna olmaksızın her birinin, Mars’taki indirgenmiş kütleçekimi ve hava basıncına göre değiştirilmek zorunda kaldığını görürüz. Aslına bakarsanız, Dünya’da fiziksel olarak mümkün, hatta henüz ortada olmayan radikal sporlar da dahil olmak üzere yeni bir Mars Olimpiyatları doğabilir.

Mars’taki koşullar diğer sporlardaki sanatsallığı ve zarafeti de arttırabilir. Örneğin bir artistik patinajcı, yeryüzündeysen havada yalnızca dört kez dönebilir. Bugüne kadar hiçbir patinajcı beşli bir dönüş sergilemedi. Bunun nedeni, sıçramanın yüksekliğinin havalanma sırasındaki hız ve kütleçekimi kuvveti tarafından belirlenmesidir. Mars’ta artistik patinajcılar havada üç kat yükseğe fırlayıp indirgenmiş kütleçekimi ve hava basıncı nedeniyle nefes kesici sıçramalar ile dönüşler gerçekleştirebilecektir. Yeryüzündeki jimnastikçiler havada gerçekleşen muazzam kıvrılmalar ve dönüşler yapabilir çünkü kas kuvvetleri beden ağırlıklarını aşar. Ne var ki kuvvetleri, Mars’ta daha önce hiç görülmemiş dönüşler yapmalarına olanak sunarak indirgenmiş beden ağırlıklarını epey aşacaktır.

MARS'TAKİ TURİSTLER

Astronotlarımız Mars'ta hayatta kalmaya yönelik temel mücadelelerinin üstesinden geldikten sonra, Kızıl Gezegen'in estetik açıdan insanı hoşnut eden kimi mükâfatlarının tadını çıkarabilir.

Gezegendeki zayıf kütleçekimi, ince atmosfer ve sıvı su eksikliği nedeniyle Mars'ın dağları Dünya'dakilerle karşılaştırıldığında aşırı büyük boyutlar alabilir. Mars'ın Olympus Mons'u Güneş Sistemi'ndeki bilinen en büyük yanardağdır. Everest Dağı'ndan neredeyse 2,5 kat daha yüksektir ve tabanı New York'tan Kanada'nın Montreal kentine kadar uzanır. Alçak kütleçekim alanı ayrıca tırmanıcıların ağır sırt çantalarını yük edinmeyeceği, tıpkı Ay'daki astronotlar gibi müthiş başarılarla imza atacakları anlamına gelir.

Olympus Mons'un yakınında, tek sıra halinde daha ufak üç yanardağ bulunur. Bu daha ufak yanardağların varlığı ve konumu, Mars'ta eskiden kalma tektonik hareketliliği gösterir. Yeryüzünde Hawaii Adaları bunun iyi bir örneğidir. Büyük Okyanus'un altında sabit bir magma havuzu vardır ve tektonik yüzey bu magma havuzu üzerinde oynadıkça magmanın basıncı Hawaii zincirindeki son adayı meydana getirerek düzenli bir biçimde kabuğu yukarıya doğru iter. Ne var ki Mars'taki tektonik hareketlilik, gezegenin merkezinin soğuduğuna ilişkin sunduğu kanıtlarla çok uzun zaman önce sona ermiş benziyor.

Muhtemelen Güneş Sistemi'ndeki en büyük kanyon olan Mars'ın Mariner Vadisi, o kadar geniştir ki Kuzey Amerika'ya yerleştirecek olsanız New York'tan Los Angeles'a bir alan kaplardı. Büyük Kanyon'u (Grand Canyon) olağanüstü bulan yürüyüşçüler bu dünya dışı kanyon ağı karşısında söyleyecek söz bulamazdı ancak Büyük Kanyon'un aksine Mariner Vadisi'nin dibinde bir dere yoktur. En yeni kuram, beş bin kilometreden fazla uzunluktaki bu kanyonun, tıpkı California'daki San Andreas Kırığı gibi iki çok eski tektonik yüzeyin birleşim noktası olduğudur.

Başlıca turist eğlencelerinden biri, Kızıl Gezegen'in iki kutbunda bulunan ve Dünya'dakinden farklı bir yapıdan meydana

gelen iki tür buzla kaplı devasa buzullar olacaktır. Buzulların bir türü donmuş sudan oluşur. Bunlar arazinin demirbaşlarıdır ve Mars yılı boyunca hemen hemen aynı şekilde kalırlar. Diğer türse kuru buzdan ya da donmuş karbondioksitten meydana gelir ve mevsime göre genişler ya da daralır. Yazın kuru buz, geriye yalnızca sudan oluşan buzulları bırakarak buharlaşıp yok olur. Sonucundaysa kutuplardaki buzulların görünümü yıl içinde çeşitlilik gösterir.

Dünya'nın yüzeyi sürekli değişirken Mars'ın temel topografyası geçen birkaç milyar yıl içinde pek de değişmemiştir. Bu nedenle, uzun zaman önce oluşmuş binlerce devasa meteor kraterinin kalıntıları dahil olmak üzere Dünya'da herhangi bir benzeri bulunmayan özelliklere sahiptir. Bir zamanlar Dünya'da da büyük meteor kraterleri vardı ancak su erozyonları bunların çoğunu yok etti. Dahası Dünya'nın yüzeyinin büyük bir bölümü her birkaç yüz milyon yılda bir tektonik hareketlilik nedeniyle geri dönüştürülür; böylelikle eski kraterlerin tamamı yeni arazilere dönüşmüş olur. Oysa Mars'a bakmak, zamanda dondurulmuş bir manzaraya göz gezdirmek gibidir.

Aslında birçok açıdan, Dünya'nınkinden çok Mars'ın yüzeyi hakkında bilgi sahibiyiz. Dünya'nın yaklaşık olarak dörtte üçü okyanuslarla kaplıyken Mars'ta okyanus yoktur. Mars'taki uydularımız yüzeyinin her bir metrekaresinin fotoğrafını çekebilmiş ve bize arazi yapısına ilişkin ayrıntılı haritalar sunmuştur. Mars'taki buz, kar, toz ve kum tepelerinin birleşimi yeryüzünde rastlanmayan her türlü özgün jeolojik biçimlenmeyi yaratmıştır. Mars'ta yürüyüş yapmak her gezginin hayali olsa gerek.

Mars'ı turistler için gidilecek bir yer olmaktan alıkoyan belirgin bir engel, epey yaygın olan ve neredeyse her gün çölü baştan sona tarayan canavar toz hortumlarıdır. Dünya'da yalnızca 60-70 metre yükselen bu hortumların Mars'taki yüksekliği Everest Dağı'ndan çok daha yüksek olabilir; Dünya'dakiler bunların yanında gerçekten cüce gibi kalır. Ayrıca Mars'ın tamamını haftalarca kumdan bir battaniye altına alabilen, gezegen boyutunda azgın toz fırtınaları da vardır. Neyse ki gezegenin alçak atmosfer basıncı sayesinde çok fazla bir zarar vermezler. Saatte yüz elli

kilometre hızla esen rüzgârlar bir astronot için yalnızca saatte on beş kilometre gibi bir esinti şeklinde hissedilir. Ufacık parçacıkları uzay kostümlerimizin, makinelerimizin ve araçlarımızın içine savurarak arıza ve bozulmalara neden olup başımıza dert açabilirler ama binaları ve yapıları devirmeyeceklerdir.

Hava çok daha ince olduğu için uçakların Mars'ta Dünya'ya göre daha geniş bir kanat açıklığına ihtiyacı olacaktır. Güneş enerjili bir hava aracı muazzam büyüklükte bir yüzey alanı gerektirecektir ve eğlence amacıyla kullanılmak için fazla pahalı olacaktır. Turistlerin Büyük Kanyon'da olduğu gibi Mars kanyonları üzerinde uçtuğunu büyük olasılıkla görmeyeceğiz. Yine de alçak sıcaklık ve atmosfer basıncına karşın balonlar ve zeplinler uygun taşıma araçları olabilir. Mars'ın yüzeyini uydulara göre çok daha yakın mesafeden keşfedebildikleri gibi halen muazzam genişlikte alanları da kapsayabilirler. Günün birinde balon ve zeplin filoları oradaki jeoloji harikaları üzerindeki değişmez manzaralar halini alabilir.

MARS: CENNET BAHÇESİ

Kızıl Gezegen'de kalıcı bir varlık sağlamak için hiç de misafirperver olmayan coğrafyasında bir Cennet Bahçesi yaratmanın bir yolunu bulmak zorundayız.

Martin Marietta ve Lockheed Martin'le çalışmış bir uzay mühendisi ve Mars Topluluğu'nun (Mars Society) da kurucusu olan Robert Zubrin, yıllardır Kızıl Gezegen'in kolonileştirilmesinin en önde gelen taraftarlarından olmuştur. Hedefi, kamuoyunu insanlı bir görevi finanse etmeye ikna etmektir. Bir zamanlar tek başınaydı, onu dinleyen herkesi sıkboğaz ediyordu; şimdiyse şirketler ve hükümetler tavsiyelerinin peşinde koşuyor.

Onunla farklı nedenlerle birkaç kez görüşmüştüm ve her seferinde misyonuna karşı sahip olduğu heyecan, enerji ve bağlılıkla göz kamaştırıyordu. Uzaya olan bu hayranlığını başlatan kıvılcımı sorduğumda bana her şeyin çocukken bilimkurgu okumasıyla başladığını söyledi. Ayrıca 1952 gibi erken bir zamanda

von Braun, on tane uzay gemisinden oluşan bir görevin yürüngece topolanıp Mars'a yetmiş astronotluk bir ekibi nasıl götürebileceğini açıkladığında da çok etkilenmişti.

Dr. Zubrin'e bilimkurguya karşı duyduğu bu hayranlığın nasıl Mars'a erişmek için ömür boyu süren bir mücadele haline geldiğini sorduğumda bana "Aslında olay Sputnik'ti. Yetişkin dünyası için korkutucu olsa da benim için bu heyecan vericiydi." demişti. 1957 yılında uzaya fırlatılan, Dünya'nın ilk yapay uydusunun esiri olmuştu çünkü bu, okuduğu romanların gerçekleşebileceği anlamına geliyordu. Bilimkurgunun günün birinde bilimsel gerçek olacağına kesinlikle inanıyordu.

Dr. Zubrin, ABD'nin sıfırdan başlayarak gezegendeki uzayda yolculuklarıyla ilgili en önde gelen ülke oluşuna tanıklık eden neslin bir parçasıdır. Ardından insanlar Vietnam Savaşı ve iç mücadelelerin pençesine düşmeye başladı ve uzayda yürümek giderek daha uzak ve gereksiz görülen bir hal aldı. Bütçeler düşürüldü. Programlar iptal edildi. Her ne kadar kamuoyu uzay programına sırt çevirmiş olsa da Dr. Zubrin, Mars'ın gündemimizde bulunan bir sonraki önemli adım olması gerektiğine yönelik inancını sürdürdü. 1989'da Başkan George H. W. Bush, 2020 yılına kadar Mars'a gidileceği planını duyurarak kamuoyunun hayal gücünü ufacık da olsa tahrik etmişti ancak bir sonraki yıl çalışmalar bu programın etiket fiyatının 450 milyar doları bulacağını gösterdiğinde Amerikalılar büyük bir şok yaşadı ve Mars görevi bir kez daha rafa kalktı.

Zubrin, yıllar boyunca tutku duyduğu gündeme desteği canlandırmak için kalabalıklar arasında dolanıp durdu. Kamuoyunun bütçeyi aşan hiçbir projeye destek sunmayacağını kabul ederek Kızıl Gezegen'i kolonileştirmek için birkaç garip ama gerçekçi yaklaşım önerdi. O ortaya çıkana kadar insanların çoğu gelecek uzay görevlerine kaynak oluşturma sorununu ciddi bir biçimde ele almıyordu.

Zubrin, 1990'da sunduğu önerisi Mars Direct'te görevi ikiye ayırarak masrafları azaltmıştı. Önce, Dünya'ya Dönüş Aracı (Earth Return Vehicle) adındaki insansız roket Mars'a gönderilecekti. Bu araç yalnızca 8 ton kadarlık bir miktarda hidrojen

taşıyacak ancak bunu Mars'ın atmosferinde kendiliğinden bulunan sınırsız oranda karbondioksitle birleştirecekti. Bu kimyasal tepkime 112 tona kadar metan ve oksijen meydana getirerek devamında gelecek olan dönüş yolculuğuna yetecek miktarda roket yakıtı sağlayacaktı. Yakıt üretilir üretilmez astronotlar Mars Habitat Birimi diye yalnızca Mars'a gitmeye yetecek kadar yakıt bulunan ikinci bir araca geçeceklerdi. Astronotlar iniş yaptıktan sonra bilimsel deneyler gerçekleştirecek ve ardından Mars Habitat Birimi'nden ayrılarak orijinal görevden, yeni üretilmiş yakıtla dolu olan Dünya'ya Dönüş Aracı'na geçecekler ve onları Dünya'ya bu gemi geri getirecekti.

Eleştirmenler kimi zaman Zubrin'in yolculara tek bir gidiş bileti verme fikrini savunmasından dolayı sanki onları Kızıl Gezegen'de ölüme terk edecekmiş gibi bir dehşete düşüyor. O da dönüş için gereken yakıtın Mars'ta üretilebileceğini açıklasa da "Hayat tek yönlü bir yolculuk ve onu geçirmenin bir yolu da Mars'a gidip yeni bir insan uygarlığı kolu başlatmak" diye de ekliyor. Bundan beş yüz yıl sonra tarihçiler yirmi birinci yüzyıldaki ufak tefek savaşların tümünü hatırlamayacak olabilir ancak insanlık Mars'taki yeni topluluğunun temellerinin atılışını kutlayacaktır.

O zamandan bu yana NASA, Mars Direct'in stratejisinin kimi yönlerini benimsedi. Bunlar Mars programının felsefesini maliyeti ön plana almak, verimlilik ve yeryüzünden uzakta yaşamak gibi konularda değiştirdi. Zubrin'in Mars Topluluğu da gerçek bir Mars üssünün bir modelini inşa etti. Mars Çölü Araştırma İstasyonu'nu (Mars Desert Research Station - MDRS) kurmak için arazi olarak Utah'ı seçtiler çünkü Kızıl Gezegen'deki soğuk, ıssız, verimsiz ve bitki ile hayvanlar açısından yoksun koşulların bir benzerini yaratmaya en yakın yer burasıydı. MDRS'nin temeli, yedi ekip üyesini barındırabilen, iki katlı silindirik yapıda bir binalardan oluşan yaşama ortamıdır. Burada aynı zamanda yıldızları izlemek için büyü bir gözlemevi de bulunur. MDRS, halkın içinden istasyonda iki, üç haftalık süreler boyunca kalmaya gönüllü kişiler seçer. Gönüllüler, bilimsel deneyler gerçekleştirmek, bakım yapmak ve gözlemlerde bulunmak gibi belirli yükümlülük-

leri ve görevleri yerine getirmesi gereken gerçek astronotlar gibi davranacak şekilde eğitilir. MDRS'nin düzenleyicileri bu deneyimi olabildiğince gerçekçi hale getirmeye çalışarak bu süreçleri Mars'ta, uzayan sürelerde ve nispeten yabancı kişilerle birlikte kalmanın psikolojik boyutlarını sınamak için kullanır. 2001'de başladığından beri binden fazla insan bu programı tamamladı.

Mars'ın cazibesi öyle güçlü ki değerleri kuşkulu birkaç girişimin ilgisini çekmişti. MDRS, Mars One projesiyle karıştırılmamalı çünkü o, bir dizi testi geçen kişiler için ne getireceği belirsiz bir tek yönlü Mars yolculuğunun reklamını yapıyor. Yüzlerce kişi başvurmuş olsa da projenin Mars'a gitmeye ilişkin somut bir iddiası yok. Mars One, bağış talebinde bulunarak roketlerini ödeyeceğini ve görev hakkında bir film üretileceğini söylüyor. Bundan şüphe duyanlar Mars One projesinin başındakilerin, gerçek bilim uzmanlarını etkilemektense basını kafalamakta daha becerikli oldukları suçlamasında bulunuyor.

Mars'ta kuracağımız gibi yalıtılmış bir koloni kurmaya yönelik bir başka tuhaf girişim de Biosphere 2 adındaki bir proje. Bu projeye Bass aile mirasının 150 milyon doları kaynaklık etti. 12.000 metrekarelik kubbeye sahip, camdan ve çelikten yapılmış tesis Arizona çölüne dikildi. Sekiz insan ve üç bin bitki ile hayvan türüne ev sahipliği yapabildiği gibi, insanların günün birinde bir başka gezegende yaratabileceğimize benzer kontrollü, yalıtılmış bir çevrede hayatta kalıp kalamayacağını sınamak için kapalı bir yaşama ortamı şeklinde hizmet etmek üzere tasarlandı. Faaliyete geçtiği 1991 yılından bu yana da bu deney gerçek bilim yerine bir dizi kaza, çekişme, skandal ve arıza ile çok daha fazla manşet oldu. Ne var ki tesisler 2011'de Arizona Üniversitesi tarafından alındı ve o zamandan beri sağlam bir araştırma merkezi halini aldı.

MARS'I YAŞANABİLİR KILMAK

Dr. Zubrin, MDRS'yle olan deneyimlerine ve diğer çabalarına bakarak Mars'ın kolonileştirilmesinin tahmin edilebilir bir silsile

içinde gerçekleşeceğini tahmin eder. Ona göre öncelik verilmesi gereken ilk şey, Mars'ın yüzeyinde yirmi ile elli arası astronotu barındırabilecek bir üs kurmaktır. Bazıları yalnızca birkaç ay orada kalırken diğerleri müebbetlik olup üssü kalıcı yuvaları haline getirecektir. Zaman içinde Mars'taki insanlar kendilerini astronottan çok yerleşimciler olarak görmeye başlayacaktır.

Başlarda ürünlerin çoğu Dünya'dan gelse de ikinci aşamaya geçildiğinde nüfus birkaç bine yükselecek ve bu insanlar gezegendeki ham maddelerden yararlanabilir hale gelecektir. Mars kumunun kırmızı rengi içindeki demir oksitten ya da pastan kaynaklanır yani yerleşimciler yapılar için gereken demir ve çeliği üretebilecektir. Elektrik, Güneş'ten enerji toplayan geniş güneş panellerinden üretilbilir ve atmosferdeki karbondioksit de toprağı işlemek için kullanılabilir. Böylece Mars'taki yerleşim adım adım kendine yetebilen ve sürdürülebilir bir hale gelecektir.

Bir sonraki aşama hepsinden daha zorlu. Koloninin nihayetinde sıvı suyun üç milyar yıl sonra ilk kez Kızıl Gezegen'de akabilmesi için atmosferi yavaş yavaş ısıtacak bir yol bulması gerekir. Bu, tarımı ve en sonunda da kentleşmeyi mümkün kılacaktır. O noktada üçüncü aşamaya geçmiş oluruz ve yeni bir uygarlık Mars'ta çiçeklenir.

Kabaca yapılmış hesaplamalar henüz Mars'ı yaşanabilir kılmamanın yanından geçilemeyecek kadar pahalı ve sürecin tamamlanmasının da yüzyıllar alacağını gösterir. Ne var ki gezegen hakkında merak uyandıran ve umut veren şey, sıvı suyun bir zamanlar yüzeyde bolca bulunduğunu, dere yataklarını, kenarlarını ve hatta ABD büyüklüğünde çok eski bir okyanusun kıyılarını oyduğunu ortaya koyan coğrafi kanıtlardır. Milyarlarca yıl önce Mars, Dünya'dan daha erken soğumuş ve Dünya halen erirken o tropikal bir iklim geçmişti. Ilıman hava durumu ile geniş miktarlarda suyun birleşimi kimi bilim insanlarını DNA'nın kaynağının Mars olduğunu düşünmeye itmiştir. Bu senaryoya göre, devasa bir meteor çarpması uzaya muazzam miktarlarda döküntü sıçratır ve bunların bir kısmı da daha sonra Dünya'ya inerek ona Marslı DNA'sı eker. Bu kuram doğruysa bir Marslı görmek için tek yapmanız gereken, aynaya bakmaktır.

Zubrin, Mars'ın yaşanabilir kılınmasının yeni ya da tuhaf bir süreç olmadığını vurgular. Ne de olsa DNA molekülü sürekli olarak Dünya'yı yaşanabilir kılmaktadır. Yaşam, Dünya'nın ekolojisini; atmosferin yapısından Dünya'nın topografyasına ve okyanusların meydana gelişine kadar her açıdan yeniden şekillendirmiştir. Bu, Mars'ı yaşanabilir kılmaya başladığımızda yalnızca doğanın kendi senaryosunu izleyeceğimiz anlamına geliyor.

MARS'IN ISITILMASINA HIZLI BİR BAŞLANGIÇ

Yaşanılabilir kılma sürecini başlatmak üzere yapay bir sera etkisi yaratmak için atmosfere metan ve su buharı katmamız gerekebilir. Bu sera gazları Güneş ışığını yakalayıp buzullardaki sıcaklığı giderek yükseltebilir. Buzullar eridikçe de sıkışmış su buharı ve karbondioksit salacaklardır.

Ayrıca yoğunlaşmış Güneş ışığını buzullara yöneltmek için Mars'ın yörüngesine uydular da gönderebiliriz. Uydular, gökyüzündeki sabit bir noktanın tepesinde duracak şekilde eşleştirilebilir ve enerjiyi buzullara yöneltirler. Dünya'da televizyonumuzun uydu anteninin açısını gökyüzünde sabitlenmiş gibi görünen, neredeyse 35 bin kilometre uzaklıktaki benzer bir yerdurağan uyduya [geostationary satellite] yöneltiriz çünkü bu her yirmi dört saatte bir Dünya'nın çevresinde tam bir dönüş gerçekleştirmektedir. (Yerdurağan uydular ekvatorun hemen üstünde, yörüngededir. Bunun anlamı, bu uydulardan gelen enerjinin ya belirli bir açıdan kutuplara vuracağı ya da ekvatora ısıtılmak zorunda kalarak ardından kutuplara iletileceğidir. Ne yazık ki her iki yöntem de biraz enerji kaybı içerir.)

Bu düzenlemede, Mars'ın bu Güneş uyduları kilometreler boyunca birçok çeşitte ayna ya da Güneş paneli taşıyan devasa levhalarını yelken gibi açarlar. Güneş ışığı ya odaklanıp sonra buzullara doğrultulur ya da enerji güneş pilleri kullanılarak dönüştürülüp sonra mikrodalgalar halinde aşağıya gönderilebilir. Bu her ne kadar pahalı olsa da en etkili Mars'ı yaşanabilir kılma

yaklaşımlarından biridir çünkü güvenlidir, çevre dostudur ve Mars'ın yüzeyinin en az zararı görmesini garanti altına alır.

Önerilen başka stratejiler de olmuştur. Satürn'ün aylarından biri olan metan zengini Titan'da kazı yapmayı ve o metanı Mars'a getirmeyi düşünebiliriz. Metan, arzulanan sera etkisine katkıda bulunabilir çünkü ısıyı tutmakta karbondioksitten yirmi kat daha etkilidir. Bir diğer olası yöntem de yakınlardaki kuyruklu yıldızlardan ve asteroitlerden yararlanmaktır. Önceden tartıştığımız üzere, kuyruklu yıldızlar büyük oranda buzdan meydana gelir ve asteroitler de bir sera gazı olan amonyak içerir. Mars'ın yanından geçecek olurlarsa yönleri birazcık değiştirilerek gezegenin yörüngesine girmeleri sağlanabilir. Sonrasındaysa Mars'a doğru giden çok yavaş bir ölüm sarmalına girene kadar yönleri yeniden çizilebilir. Mars'ın atmosferine girdikçe sürtünme, su buharı ve amonyak salarak parçalara ayrılanlara kadar ısınmalarını sağlar. Bu yörünge Mars'tan harika bir manzara olarak görünürdü. NASA'nın Asteroit Yön Değiştirme Görevi bir anlamda, böyle bir girişim için deneme gibi düşünülebilir. Hatırlayacaksınız ki ARM, bir kuyruklu yıldız ya da asteroitten taş örneği olarak ya da nazikçe yörüngelerini değiştirerek gerçekleştirecek olan NASA'nın gelecek görevlerinden biridir. Elbette bu teknoloji çok ince bir şekilde ayarlanmalıdır yoksa dev gibi bir asteroidin yönünü Mars'a çevirerek bir koloninin enkaza dönmesine neden oluruz.

Daha alışılmışın dışında bir fikir; Elon Musk'ın, tepelerinde hidrojen bombaları patlatarak buzulları eritmesidir. Bu yöntem raflarda hazır bekleyen teknolojiyle hemen mümkündür. Her ne kadar çok iyi korunsalar da hidrojen bombalarının üretimi temelde az masraflıdır ve mevcut roketlerle çok sayıda bombayı buzullara bırakabilecek teknolojiye de sahibiz. Ne var ki buzulların ne kadar kararlı olduğunu ya da bu işlemin uzun vadedeki etkilerinin neler olabileceğini kimse bilmiyor ve birçok bilim insanı istenmeyen sonuçlar konusunda tedirgin.

Mars'taki buzulların tamamen eritilmesi halinde beş ile on metre derinliğinde bir okyanusu doldurmaya yetecek sıvı suyun elde edilebileceği tahmin ediliyor.

TAŞMA NOKTASINA ERİŞMEK

Bu önerilerin tümü Mars'ın atmosferini ısınmanın kendi kendisine devam edebileceği bir taşma noktasına gelmesi için çabılıyor. Sıcaklığı altı derece Celsius arttırmak erime işlemini harekete geçirmeye yeterli olacaktır. Buzullardan yayılan sera gazı atmosferi ısıtır. Çok uzun zaman önce çölün soğurduğu karbondioksit de açığa çıkarak daha fazla erimeye neden olup gezegenin ısınmasına katkıda bulunur. Böylelikle Mars'ın ısınması dışarıdan başka bir müdahale olmadan devam edebilir. Gezegen ne kadar sıcaksa o kadar su buharı ve sera gazı açığa çıkar ki bu da yine gezegenin daha da fazla ısınmasına neden olacaktır. Bu süreç neredeyse belirsiz bir süre boyunca devam edebilir ve Mars'ın atmosfer basıncını artırır.

Sıvı su Mars'ın eski dere yataklarında bir kez akmaya başladı mı yerleşimciler büyük ölçekli tarıma başlayabilir. Bitkiler karbondioksitde bayılır. Bu da demek oluyor ki ilk açık hava mahsulleri yetiştirilebilir ve yan ürünleri üstte toprak tabakası oluşturmakta kullanılabilir. Bir diğer olumlu geribildirim döngüsü de şöyle başlar: Daha çok mahsul, daha çok toprak üretir ve bu da daha fazla mahsul yetiştirmekte kullanılabilir. Mars'ın yerel toprağı ayrıca magnezyum, sodyum, potasyum ve klor gibi bitkilerin yaşamasına yardımcı olacak değerli besin maddeleri içerir. Bitkiler tomurcuklandıkça aynı zamanda Mars'ın yaşanabilir hale gelmesinde temel içerik olan oksijeni de üreteceklerdir.

Bilim insanları, bitkilerin ve bakterilerin hayatta kalıp kalamayacağını anlamak için Mars'ın zorlu koşullarının benzerine sahip koşullarda seralar yarattılar. 2014 yılında NASA'nın İleri Kavramlar Enstitüsü (Institute for Advanced Concepts) oksijen üreten siyanobakteri ve alglerin yetişebileceği kontrollü ortamlara sahip biyoküreler inşa etmek için Techshot'la bir araya geldi. Ön testler belirli yaşam formlarının kesinlikle orada gelişebileceğini gösterdi. 2012'de Alman Uzay Merkezi (German Aerospace Center) tarafından desteklenen Mars Simülasyon Laboratuvarı (Mars Simulation Laboratory) yosuna benzeyen likenin en az bir ay hayatta kaldığını keşfetti. 2015'teyse Arkansas Üniversitesi

tesi'nden bilim insanları, metan üreten mikroorganizmalar olan metanojenin dört türünün Mars'ın ekolojisine benzer bir yaşama ortamında hayatta kalabildiğini gösterdi.

NASA'nın, olağanüstü çevre koşullarında yaşayabilen fotosentetik algler gibi dayanıklı bakterileri ve bitkileri bir gemiye atıp Mars'a yollamayı hedeflediği Mars Ecopoiesis Test Ortamı çok daha iddialıdır. Bu yaşam formları teneke kutulara konularak Mars topraklarına gömülebilir. Tenekelere su da eklenir ve ardından araçlar aktif fotosentezi gösterecek oksijen varlığını aramaya koyulur. Bu deney başarıya ulaşırsa Mars günün birinde oksijen ve besin üretmeye yarayan bu tür çiftliklerle dolabilir.

Yirmi ikinci yüzyılın başlarında, nanoteknoloji, biyoteknoloji ve yapay zekâ gibi dördüncü nesil teknolojiler Mars'ın yaşanabilir kılınması sürecinde epey etkili olmaya yetecek kadar gelişmiş olacaktır.

Bazı biyologlar genetik mühendisliğinin Mars'ta, belki de toprağın özel bir kimyasal karışımında ya da yeni oluşmuş göllerde var olmaya uygun şekilde tasarlanmış yeni bir alg türü ortaya çıkarabileceğini önerir. Bu alg türü soğuk, ince, karbondioksit bakımından zengin bir atmosferde büyür ve bir yan ürün olarak bol miktarda oksijen açığa çıkarır. Yenilebilir ve biyomühendislikten yararlanılarak Dünya'da bulunan tatları taklit etmekte kullanılabilir. Ayrıca mükemmel bir suni gübre üretmek için de üzerinde çalışılabilir.

Uzay Yolu II: Han'ın Gazabı (Star Trek II: The Wrath of Khan) filminde Yaratılış Cihazı [Genesis Device] adındaki olağanüstü bir teknolojik yenilik vardı. Bu cihaz, ölü gezegenleri neredeyse o anda yemyeşil, üzerinde yaşanabilir dünyalara çevirme gücüne sahipti. Bir bomba gibi patlıyor ve yüksek biyomühendislik ürünü bir DNA saçıyordu. Bu süper DNA, gezegenin her köşesine yayılırken hücreler kökleniyor ve yalnızca birkaç gün içinde tüm gezegen yaşanabilir bir hal alana kadar kalabalık ormanlar meydana geliyordu.

2016 yılında Frankfurt'ta bulunan Goethe Üniversitesi'nden profesör Claudius Gros, *Astrophysics and Space Science Journal* dergisinde gerçek bir Yaratılış Cihazı'nın nasıl görünebileceğine

ilişkin ayrıntılı bir makale yayınladı. Gros, elli ile yüz yıl içinde bunun ilkel bir örneğinin mümkün olacağını tahmin ediyor. İlk olarak Dünya'daki bilim insanlarının, üzerinde yaşam olmayan gezegenin ekolojisini dikkatli bir biçimde incelemesi gerekecek. Sıcaklık, toprağın kimyası ve atmosfer, hangi türlerde DNA'nın bulunabileceğini belirleyecek. Ardından da filolarca insansız hava aracı, çeşit çeşit DNA taşıyan nano boyuttaki milyonlarca iniş kapsülünü gezegene bırakmak için gönderilecek. Bu kapsüller, içerilerindeki özel olarak gezegenin çevresel koşullarında yetişmek üzere tasarlanmış olan DNA'yı saldıığında, bunlar toprağı benimseyecek ve çimlenmeye başlayacak. Bu kapsüllerin içerikleri, hem çorak gezegende tohumlar ve sporlar üreterek yeniden üremeye hem de orada bulunan minerallerden yararlanarak bitki örtüsü meydana getirmeye uygun olacak şekilde tasarlanmıştır.

Dr. Gros yeni tohumlanan gezegendeki yaşamın eski usul evrimle gelişmesi gerektiğine inanıyor. Bu süreci hızlandırmaya çalışırsak özellikle tek bir tür yaşam formunun hızla çoğalarak diğerlerini dışarı itmesi sonucu "küresel ölçekte çevre felaketlerinin" meydana gelebileceğine ilişkin uyarıda bulunuyor.

YAŞANABİLİR KILMAK SÜRECEK Mİ?

Mars'ı yaşanabilir kılmak konusunda başarılı olursak başlangıçtaki çorak haline geri dönmesine ne engel olacak? Bu durumu araştırdığımızda kendimizi on yıllardır gökbilimcilerin ve jeologların başının etini yiyen çok önemli bir soruyla karşı karşıya buluyoruz: Venüs, Dünya ve Mars nasıl bu kadar farklı evrimleşti?

Güneş Sistemi oluştuğunda bu üç gezegen pek açıdan birbirine benzerdi. Atmosferlerine büyük miktarda karbondioksit, su buharı ve başka gazlar salan volkanik etkinliğe sahiplerdi. (Bugün bile bu nedenle Venüs ve Mars'ın atmosferleri neredeyse yalnızca karbondioksitten oluşur.) Su buharı bulutları oluşturacak şekilde yoğunlaşır ve yağmur dereler ile göllerin biçimlen-

mesine yarar. Güneş'e daha yakın olsalardı okyanusları buharlaşır; daha uzak olsalardı da donardı. Ne var ki her üçü de bir yıldızın çevresini sararak suyun sıvı biçimde kalmasına olanak sağlayan "Goldilocks bölgesi"nin içinde ya da çok yakınındadır. Sıvı su, maddeleşen ilk organik kimyasallar arasındaki "evrensel çözücü"dür.

Venüs ile Dünya'nın boyutları da neredeyse aynıdır. Bunlar ikiz gök cisimleridir ve aslında aynı evrimsel tarihi izlemelidirler. Bilimkurgu yazarları bir keresinde Venüs'ü yorgun astronotlar için yeşillikler içinde, mükemmel bir tatil noktası olarak betimlemişti. 1930'larda Edgar Rice Burroughs, gezegeni maceralar ve tehlikelerle dolu bir ormana benzer bir tür harikalar diyarı olarak anlatan *Venüs Korsanları (the Pirates of Venus)* eserinde bir başka gezegenlerarası kabadayı olan Carson Napier'i ortaya çıkarmıştı. Ne var ki bugün bilim insanları Venüs ile Mars'ın Dünya'ya hiç de benzemediğinin farkında. Milyarlarca yıl önce bu üç gezegenin yollarını birbirinden çok farklı yönlere çeviren bir şey yaşandı.

1961'de Venüs hakkındaki romantik ütopya halen kamunun hayal gücünde baskın bir yere sahipken Carl Sagan Venüs'ün bir sera etkisi kaçağıyla boğuştuğu ve cehennem gibi sıcak olduğu üzerine, tartışmalara yol açan bir iddiada bulundu. Benzersiz ve rahatsız edici kuramına göre karbondioksit, Güneş ışığı için tek yönlü bir sokak işlevi görüyordu. Gaz saydam olduğundan, ışık kolaylıkla Venüs'ün atmosferindeki karbondioksitten girebilse de bir kez yerden sektiğinde, atmosferden öyle kolay kaçamayan ısı ya da kızılaltı [infrared] ışıma dönüşür. Işınım tıpkı kışın bir seranın Güneş ışığını tutmasına ya da arabaların yaz güneşinde ısınmasına benzer bir süreç içinde hapsedilir. Bu süreç Dünya'da da yaşanır ancak Venüs'te daha hızlıdır çünkü Venüs Güneş'e çok daha yakındır ve sonucu da sera gazı etkisi olmuştur.

Bir sonraki yıl Mariner 2 uydusu Venüs'ün yanından geçtiğinde ve gerçekten şaşkınlık yaratan bir şeyi açığa çıkardığında Sagan'ın haklılığı kanıtlanmış oldu: Sıcaklık, tenekeyi, kurşunu ve çinkoyu eritebilecek kızgınlıkta bir 470 °C vardı. Venüs, tro-

pikal bir cennetten çok bir maden ocağını andıran cehennem çukuruna benziyordu. Devamında gelen uzay çekimleri de kötü haberi doğruladı. Yağmur yağdığında da kurtuluş yoktu çünkü yağmur yakıcı sülfürik asitten meydana geliyordu. Venüs'ün Yunan aşk ve güzellik tanrıçası ile ilişkilendirildiği düşünülürse geceleyin gökyüzünde bu kadar ıslıl ıslıl parlama nedeninin bu son derece yansıtıcı sülfürik asit olması epey ironiktir.

Ayrıca Venüs'ün atmosfer basıncının Dünya'ninkinin yaklaşık olarak yüz katı olduğu da keşfedilmiştir. Bunun nedenini açıklamakta sera gazı etkisinin faydası olur. Dünya'daki karbondioksitin çoğu okyanuslarda ve kayalarda geri dönüştürülür, çözünür. Ne var ki Venüs'te sıcaklık o kadar yükselmiştir ki okyanuslar buharlaşmıştır. Yine gaz kayalarda da çözüneceği yerde onlardan da çıkar. Kayalardan daha fazla gaz çıktıkça gezegen de daha sıcak bir hal alır ve bir geribesleme döngüsü tetiklenir.

Gezegenin yüksek atmosfer basıncından dolayı Venüs'ün yüzeyinde olmak, Dünya'nın yüzeyindeki okyanusların bin metre altında olmakla eşdeğerdir. Bir yumurta kabuğu gibi kırılırsınız. Yine de bunu ve yakıcı sıcaklıkları aşmanın bir yolunu bulabilirsiniz bile halen Dante'nin İlahi Komediya'sındaki *Cehennem [Inferno]* ile karşılaşacaksınız. Hava o kadar yoğundur ki yüzeyinde yürürken pekmez içindeymiş gibi hissedersiniz ve ayağınızın altındaki yer de erimiş metalden meydana geldiği için yumuşacık ve süngerimsidir. Asit yağmurları uzay giysinizdeki en ufak yırtığı aşındırırken tek bir yanlış hareketinizle kendinizi erimiş magmanın dibinde bulabilirsiniz.

Bu kısıtlılıklara bakarak Venüs'ü yaşanabilir kılmanın söz konusu olmadığını söyleyebiliriz.

MARS'IN OKYANUSLARINA NE OLDU?

İkizimiz Venüs Güneş'e daha yakın olduğu için farklılaştıysa Mars'ın evrimini nasıl açıklarız?

Temel nokta, Mars'ın yalnızca Güneş'ten daha uzak olmakla kalmayıp bir de çok daha küçük olduğu için Dünya'dan daha

hızlı soğumuş olmasıdır. Çekirdeği artık erimiş değildir. Gezenlere ait manyetik alanlar da sıvı bir çekirdekteki metallerin elektrik akımları oluşturan hareketinden meydana geldiğine göre, Mars'ın çekirdeği katı bir kayadan oluştuğu için kayda değer bir manyetik alan yaratamaz. Dahası üç - dört milyar yıl önceki ağır bir meteor bombardımanının orijinal manyetik alanı altüst etmeye yetecek büyüklükte bir kaosu tetiklediğine inanılmaktadır. Mars'ın atmosferini ve suyunu neden kaybettiğini bu durum açıklayabilir. Onu zararlı Güneş ışınları ve alevlere karşı koruyacak bir manyetik alan olmadan atmosfer Güneş rüzgârları tarafından gitgide uzaya savrulur. Atmosfer basıncı düştükçe de okyanuslar buharlaşıp gider.

Atmosferini kaybetmesini hızlandıran bir diğer süreç de Mars'taki orijinal karbondioksitin çoğunun okyanuslarda çözünüp karbon bileşiğine dönüşerek hemen ardından okyanus tabanında tortulanmasıdır. Dünya'daki tektonik hareketlilik kıtaları belirli aralıklarla geri dönüşüme sokarak karbondioksitin yeniden yüzeye çıkmasını sağlar. Ne var ki Mars'ın çekirdeği muhtemelen katı olduğu için gözle görülür bir tektonik hareketliliğe sahip değildir ve karbondioksidi kalıcı olarak yere hapsolmüştür. Karbondioksit düzeyleri düşmeye başladıkça tersine bir sera etkisi meydana gelmiştir ve gezegen derin bir donma durumuna geçmiştir.

Mars ve Venüs arasındaki dramatik karşıtlıklar Dünya'nın jeolojik tarihinin kıymetini bilmemize yardımcı olabilir. Dünya'nın çekirdeği bundan milyarlarca yıl önce soğuyabilirdi. Oysa halen erimiş durumda çünkü Mars'ın çekirdeğinin aksine uranyum ve toryum gibi yarı ömrü milyarlarca yıl olan son derece yüksek radyoaktif minerallere sahip. Bir yanardağ patlamasının muazzam kuvvetiyle ya da devasa bir depremin yarattığı yıkımla her yüz yüze gelişimizde, Dünya'nın radyoaktif çekirdeğinin enerjisinin nasıl da yüzeydeki olayları yönettiğine ve yaşamın sürdürülmesine katkı sunduğuna ilişkin bir göstergeyle karşılaşmış oluyoruz.

Dünya'nın derinliklerindeki radyoaktivite tarafından meydana getirilen ısı, demir çekirdeğin çalkalanmasına ve bir man-

yetik alan üretmesine neden olur. Bu alan da atmosferi Güneş rüzgârından koruyup uzaydan gelen ölümcül ışımların yönünü değiştirir. (Bunu Güneş'in ışıması, Dünya'nın manyetik alanına çarpınca oluşan Kuzey Işıkları biçiminde görürüz. Dünya'nın çevresindeki alan, uzaydan gelen ışımayı kutuplara yönelten böylelikle de ışmanın çoğunun ya yön değiştirmesine ya da atmosfer tarafından soğurulmasına yarayan devasa bir baca gibidir.) Dünya, Mars'tan daha büyük olduğu için o kadar çabuk soğumamıştır. Ayrıca dev meteorların çarpmasıyla manyetik alanı da çökmemiştir.

Şimdi yeniden Mars'ı yaşanabilir kıldıktan sonra önceki haline dönmesini nasıl önleyeceğimize ilişkin sorumuza dönebiliriz. İddialı yöntemlerden biri Mars'ın çevresinde yapay bir manyetik alan yaratmaktır. Bunu yapabilmek için Mars'ın ekvatorunun çevresine devasa süperiletken bobinler yerleştirmemiz gerekir. Elektromanyetizma yasalarından yararlanarak bu süperiletken kuşağı üretmek için gereken enerji ve malzeme miktarını hesaplayabiliriz. Yine de böylesi muazzam bir girişim bu yüzyıllık becerilerimizin ötesindedir.

Ne var ki Mars'taki yerleşimciler bu tehdidi öncelikli bir sorun olarak ele almayacaklardır. Yaşanabilir kılınmış atmosfer yaklaşık bir ya da belki daha fazla yüzyıl boyunca sabit kalabilir, yani düzenlemeler yüzyıllar içinde yavaş yavaş yapılabilir. Bakım masrafları biraz başa bela olabilir ancak bu, insanlığın uzaydaki yeni karakolu için ödenecek ufak bir bedel olacaktır.

Mars'ı yaşanabilir kılmak, yirmi ikinci yüzyıl için öncelikli bir hedef. Oysa bilim insanları Mars'ın ötesini de görmeye çalışıyor. Bu konudaki en heyecan verici araştırmalar Jüpiter'in ayı Europa ve Satürn'ün ayı Titan dahil olmak üzere gaz gezegenlerin aylarıdır. Gaz gezegenlerin ayları bir zamanlar birbirine benzer, bomboş, iri kaya parçaları olarak görülse de artık her biri kendi çeşit çeşit sıcak su kaynağına [gayzer], okyanuslarına, vadilerine ve atmosfer ışıklarına sahip olan benzersiz birer harikalar diyarı olarak ele alınıyor. Şimdi bu aylara insan yaşamının gelecek yaşama ortamları gözüyle bakılıyor.

6

Gaz Gezegenler, KuyrukluYıldızlar ve Ötesi

Bir kuyrukluYıldız gezegenimizin yanından uçup giderken ne kadar parlak ve güzel görünüyor –elbette yanından kayıp gitmesi şartıyla.

– ISAAC ASIMOV

1 610 YILININ OCAK AYINDAKİ o tarihi haftada Galileo kilisenin temellerini sarsacak, evren hakkındaki algımızı değiştirecek ve bir devrim başlatacak olan bir şey keşfetti.

Kendi yaptığı teleskopla Jüpiter’e baktığında rastladığı, gezegenin yakınlarında gezinen dört ışık saçan cisim onu şaşkına çevirdi. Bir hafta boyunca dikkatle hareketlerini inceledikten sonra, bunların Jüpiter’in yörüngesinde döndüklerinden emin oldu. Uzayda küçük bir “Güneş Sistemi” bulmuştu.

Bu keşfin gökbilimsel ve teolojik çıkarımları olduğunu hemen anladı. Kilise yüzyıllardır Aristoteles’e atıfta bulunarak Güneş ve gezegenler de dahil olmak üzere gök cisimlerinin Dünya’nın çevresinde döndüğünü öğretiyordu. Ne var ki işte burada karşıt bir örneği vardı. Dünya’nın, evrenin merkezindeki konumu yerinden edilmişti. Tek bir ani hamleyle kilise öğretisi ve iki bin yıllık gökbilimi saran inançlar çürütülmüştü.

Galileo'nun keşifleri halkta büyük bir heyecan yarattı. İnsanları gözlemlerinin doğruluğuna ikna etmek için bir ordu basın danışmanı ya da halkla ilişkiler uzmanı edinmesine gerek yoktu. Haklı olduğunu gözleriyle görebiliyorlardı ve bir sonraki yıl Roma'yı ziyaret ettiğinde kahramanlar gibi karşılanmış olsa da kilise bu durumdan hiç memnun değildi. Kitapları yasaklandı ve engizisyon tarafından yargılanarak öğretilere aykırı fikirlerini terk etmezse işkence göreceği söylenip tehdit edildi.

Kişisel olarak Galileo bilim ve dinin bir arada var olabileceğine inanıyordu. Bilimin amacının gökyüzünün [heavens] nasıl işlediğini; dininkisinin ise göklere [heaven] nasıl gidileceğini belirlemek olduğunu yazmıştı.* Bir diğer deyişle din, ahlak kuralları üzerine kuruluyken bilim doğa yasalarını temel alır ve bu ayırım akılda tutulduğu sürece aralarında herhangi bir çatışma yoktur. Yargılamasında bu ikisi karşı karşıya geldiğinde Galileo ölüm sancıları altında bu kuramlarından vazgeçmeye zorlandı. Onu suçlayan kişiler, gökbilim hakkında bundan çok daha az ayrıntıda iddialarda bulunduğu için diri diri yakılmış bir keşiş olan Giordano Bruno'yu ona hatırlatıyordu. Kitaplarına konulan yasakların çoğunun kalkması iki yüz yılı bulacaktı.

Dört yüz yıl sonra bugün, sıklıkla Galileo uyduları olarak anılan Jüpiter'in bu dört uydusu yine bir devrim ateşi yaktı. Kimileri Satürn, Uranüs ve Neptün'ün uydularıyla birlikte bunların evrendeki yaşamın kaynağını ellerinde tutuyor olabileceğine inanıyor.

GAZ GEZEĞENLER

Voyager 1 ve 2 uzay araçları, 1979 ile 1989 yılları arasında gaz gezegenlerin yakınından uçarken birbirlerine ne kadar benzediklerini doğruladılar. Hepsi öncelikli olarak ağırlıkları kabaca dörde bir oranında olan hidrojen ve helyum gazlarından meydana

* Yazar bu cümlede İngilizce'de yazımları tek harfle ayrışan "gökyüzü" ve göğün de üstünde bulunduğu inanılan "cennet" kavramları arasında söz oyunu yapmıştır. -çn.

na gelir. (Bu hidrojen ve helyum karışımı, Güneş ve aslında evrenin büyük bölümünün de temel bileşimidir. Tarihi, muhtemelen Büyük Patlama [the Big Bang] anında orijinal hidrojenin çeyreği kadarının kaynaşarak helyuma dönüştüğü, neredeyse 14 milyar yıl öncesine dayanır.)

Gaz gezegenler hemen hemen aynı basit tarihe sahiptir. Önceden de tartıştığımız gibi 4,5 milyar yıl önce tüm gezegenlerin Güneş'i saran bir hidrojen ve toz diskinden yoğunlaşmış ufak kayalık çekirdeklerden oluşmuştur. İçte kalanlar Merkür, Venüs, Dünya ve Mars olmuştur. Güneş'ten uzak olan gezegenlerin çekirdekleri o uzaklıkta bolca bulunan buz ve kayalardan meydana gelir. Buz tutkal görevi gördüğü için onu içeren çekirdekler yalnızca kayalardan oluşanlarına göre on kat fazla büyüyebilir. Kütleçekimleri o kadar güçlenmiştir ki erken Güneş düzleminde kalan hidrojen gazının büyük bir bölümünü yakalayabilirler. Büyüdükçe, yakınlarındaki tüm hidrojeni tüketene kadar kendilerine daha fazla gaz çekerler.

Gaz gezegenlerin aynı iç yapıya sahip olduğuna inanılır. Bir soğan gibi kesecek olursanız dışında gazdan kalın bir atmosfer görürsünüz. Onun altında son derece soğuk bir sıvı hidrojen okyanusu olmasını bekleriz. Tahminlerden biri çekirdeğin tam merkezinin olağanüstü basınçlar sonucunda ufak, yoğun bir katı hidrojen içereceğidir.

Gaz gezegenlerin tümü, gezegenin dönüşüyle etkileşime giren atmosferdeki safsızlıklardan meydana gelen renkli kuşaklara sahiptir. Ayrıca her birinde yüzeyde esip gürleyen büyük fırtınalar vardır. Jüpiter'deki daimi bir özellik gibi görünen Büyük Kırımızı Leke o kadar büyüktür ki içine birkaç Dünya rahatlıkla sığabilir. Bir diğer yandan Neptün'ün de bazen kaybolan karanlık bir lekesi vardır.

Ne var ki boyutları farklılaşır. En büyükleri adını Roma tanrılarının babasından alan Jüpiter'dir. Öyle devasadır ki diğer tüm gezegenlerin toplamından daha ağır basar; örneğin bin 300 Dünya'yı kolaylıkla içine alabilir. Jüpiter hakkındaki bilgimizin büyük bölümünü, sekiz yıl boyunca gezegenin yörüngesinde döndükten sonra efsanevi yaşamını 2003 yılında ona dalış ya-

parak sonlandıran Galileo uzay aracından edindik. Atmosfere gömüldüğü sırada devasa kütleçekim alanı tarafından parçalanana kadar da radyo mesajları göndermeyi sürdürmüştü. Büyük olasılıkla bu uzay aracının enkazı sıvı hidrojen okyanusuna gömüldü.

Jüpiter, radyo ya da televizyondan duyduğunuz parazitlerin çoğunun kaynağı olan kocaman bir ölümcül radyasyon kuşağıyla çevrilidir. (O parazitin ufak bir bölümü de Büyük Patlama'dan kaynaklanır.) Jüpiter'in yakınında yolculuk yapan astronotlar radyasyondan korunmalıdır ve tüm bu bozucu etki nedeniyle iletişim kurmakta güçlük çekerler.

Bir diğer tehlike de uydular ya da gezegenler dahil olmak üzere bilmeden çok yakınında dolaşan tüm gezginleri yakalayabilen ya da uzaya savurabilen devasa kütleçekim alanıdır. Aslına bakarsanız bu korkutucu olasılık milyarlarca yıl önce bizim lehimize işlemiştir. Erken Güneş Sistemi sürekli Dünya'ya yağan kozmik molozlarla doluydu. Şansına Jüpiter'in kütleçekim alanı bir elektrikli süpürge gibi bunları ya emiyor ya da atıyordu. Bilgisayar simülasyonları, Jüpiter olmasaydı bugün bile Dünya'nın yaşamı olanaksız kılan kocaman meteor saldırıları altında kalacağını gösteriyor. Gelecekte kolonize edilecek Güneş sistemleri düşünüldüğünde molozlarını temizleyecek büyüklükte bir kendi Jüpiter'ine sahip olanlarını değerlendirmekte yarar var.

Bildiğimiz türde bir yaşam muhtemelen gaz gezegenlerde mümkün olamaz. Hiçbirinde, üzerlerinde organizmaların gelişebileceği katı bir yüzey yoktur. Sıvı su ile hidrokarbonları ve organik kimyasalları üretmeye yarayan elementlerden yoksunlardır. Ayrıca Güneş'ten milyarlarca kilometre uzakta buz gibi soğuklardır.

GAZ GEZEGENLERİN UYDULARI

Yaşamı destekleme potansiyelleri bağlamında Jüpiter ve Satürn'den daha ilgi çekici olan şey, sayıları sırasıyla en az altmış dokuz ve altmış ikiyi bulan uydularıdır. Gökbilimciler Jüpiter'in

tüm uydularının aynı, tıpkı bizimki gibi donuk ve ıssız olacağını sanıyordu. Her bir uydunun kendi farklı özellikleri olduğunu öğrendiklerinde şaşkınlığa düştüler. Bu bilgi bilim insanların evrendeki yaşama bakışında bir paradigma kayması meydana getirdi.

Muhtemelen içlerinde en fazla merak uyandıran Galileo tarafından keşfedilen orijinal uydulardan biri olan Europa'dır. Europa, gaz gezegenlerin bazı diğer uyduları gibi kalın bir buz katmanıyla kaplıdır. İleri sürülen kuramlardan biri, Europa üzerindeki erken dönem yanardağlardan çıkan su buharının yoğunlaşarak uydu soğudukça donan tarihi okyanusları oluşturduğu yönündedir. Bu, Europa'nın Güneş Sistemi'ndeki en pürüzsüz uydulardan biri olmasına da açıklık getirebilir. Her ne kadar ağır asteroit saldırılarına maruz kalmış olsa da büyük olasılıkla okyanusları bu bombardımanlardan daha sonra donarak yara izlerini örttü. Europa uzaydan, neredeyse yanardağlar, sıradağlar ya da meteor çarpması sonucu oluşmuş kraterler gibi hiçbir yüzey özelliği bulunmayan bir masa tenisi topunu andırır. Gözle görülür tek özelliği bir çatlaklar ağıdır.

Gökbilimciler Europa'nın buz katmanının altında bir sıvı su okyanusu olabileceğini keşfettiklerinde büyük bir heyecan yaşadılar. Bunların Dünya'daki okyanusların hacminin iki ya da üç katı olduğu tahmin edilmektedir çünkü bizdeki okyanuslar yalnızca yüzeyi kaplarken Europa'nınkiler iç kısmının büyük bölümünü oluşturmaktadır.

Gazeteciler sıklıkla "Parayı takip et" derken gökbilimciler "Suyu takip et" der çünkü su bildiğimiz yaşamın oluşumunda temel bir konumdur. Suyun sıvı olarak gaz gezegenler krallığında var olabileceğini düşünmek onları şaşkına çevirmişti. Europa'daki varlığı bir gizemi de beraberinde getiriyordu: Buzu eritecek ısı nereden geliyordu? Durum yaygın olan bilgiye meydan okuyordu. Uzun bir süre Güneş Sistemi'ndeki tek ısı kaynağının Güneş olduğunu ve bir gezegenin yaşanabilir olması için Goldilocks bölgesi içinde bulunması gerektiğini varsaymış olsak da Jüpiter bu kuşağın çok dışındaydı. Ne var ki bir başka potansiyel enerji kaynağı olan gelgit kuvvetleri üzerine düşünmeyi

ihmal ettik. Jüpiter'in kütleçekimi o kadar büyüktür ki Europa'yı çekip sıkıştırabilir. Gezegenin yörüngesinde dönerken eksenini etrafında hem tersyüz olur hem de yer değiştirir ve böylelikle gelgit şişkinliği sürekli hareket eder. Bu sıkıştırma ve çekme, kaya kayaya basınç yaptıkça uydunun çekirdeğinde yoğun bir sürtünmeye neden olabilir ve bu sürtünmenin açığa çıkarttığı ısı da buz katmanının büyük bir bölümünü eritmeye yeter.

Europa'daki sıvı suyun keşfiyle gökbilimciler uzayın en karanlık alanlarında bile yaşamı mümkün kılabilecek bir enerji kaynağı olduğunun farkına vardı. Bunun sonucunda da gökbilim hakkındaki bütün ders kitaplarının yeniden yazılması gerekti.

EUROPA CLIPPER UZAY ARACI

Europa Clipper'in 2022 civarında fırlatılması planlanıyor. Yaklaşık 2 milyar dolara mal olan bu uzay aracının amacı, Europa'nın buz katmanını ve okyanusunun yapısı ile doğasındaki organik kimyasallara ilişkin belirtileri incelemek.

Mühendisler Clipper'in yörüngesini planlamakta hassas bir sorunla karşı karşıya çünkü Europa Jüpiter'i çevreleyen azılı bir radyasyon kuşağında yer alıyor ve bu durum uydunun yörüngesine yerleştirilen herhangi bir aracın yalnızca birkaç ay sonra kızarmasına neden olabilir. Bu tehditten kaçınmak ve görevin süresini uzatmak için Clipper'in, Jüpiter'in radyasyon kuşağının olabilecek en dışındaki bir yörüngeye gönderilmesi gerektiğine karar verildi. Böylelikle izleği üzerinde değişiklik yapılarak Jüpiter'in yakınına sokulması ve Europa'nın yanından kırk beş ufak uçuş gerçekleştirmesi sağlanabilir.

Bu uçuşların amaçlarından biri, daha önce Hubble Uzay Teleskopu tarafından gözlemlenmiş olan, Europa'dan yükselen sıcak su buharı kaynaklarını incelemek ve belki de içinden geçmektir. Clipper ayrıca bir örnek edinme çabasıyla sıcak su kaynaklarına ufak sonda araçları da gönderebilir. Clipper uydunun kendisine iniş yapamayacağına göre şu sıralar okyanus hakkında bilgi edinmek için sahip olduğumuz en iyi olasılık su buha-

rı üzerine çalışmak. Clipper başarılı olursa gelecek görevlerde Europa'nın yüzeyine inerek buz örtüsünü delip okyanusa bir denizaltı göndermeye de çalışılabilir.

Europa tek uydu olmasa da organik kimyasalların ve mikrobiyal yaşamın varlığını tespit etmek üzere ciddi olarak mercek altına aldığımız o. Sıcak su kaynaklarının aynı zamanda Satürn'ün uydusu olan Enceladus'un yüzeyinden de fışkırdığı görülmüştür ki bu orada da buzun altında bir okyanus olduğunu gösterir.

SATÜRN'ÜN HALKALARI

Gökbilimciler bu uyduların gelişimini şekillendiren en önemli kuvvetlerin gelgit kuvvetleri olduğunun artık farkındalar. Bu nedenle bu kuvvetlerin gücü ve nasıl hareket ettikleri üzerine çalışmak önemlidir. Gelgit kuvvetleri bize gaz gezegenlerle ilgili en eski gizemlerden biri olan Satürn'ün muazzam halkalarının kökenine ilişkin bir yanıt da sunabilir. Gökbilimciler, gelecekte astronomlar başka gezegenleri ziyaret ettiğinde gaz olanlarının çoğunun çevrelerinde kendi Güneş Sistemimizde olduğu gibi halkalar olacağına inanıyor. Böylece bu, gökbilimcilerin gelgit kuvvetlerinin tam olarak ne kadar güçlü olduğunu ve uyduları tamamen parçalamaya yetecek güçte olup olmadığını anlamalarına yardımcı olacak.

Kaya ve buz parçacıklarından oluşan bu halkaların görkemi, nesillerce sanatçıyı ve hayalperesti büyüledi. Bilimkurguda, bir uzay gemisiyle çevrelerinde dolaşmaksa eğitim alan her uzay öğrencisi için neredeyse bir tür ergenliğe geçiş töreniydi. Uzay araçlarımız, gaz gezegenlerin tümünün halkaları olduğunu keşfetmiş olsa da hiçbirisi Satürn'ü saranlar kadar geniş ya da güzel değildir.

Onları açıklamak için pek çok hipotez ortaya atıldı ancak gelgit kuvvetlerini içereni, içlerinde en ikna edici olanıdır. Satürn'ün, tıpkı Jüpiter'inki gibi olan kütleçekimi, yörüngesindeki bir uyduya bir parça dikkörtgen ya da amerikan futbolu topu

biçimi vermeye yeterlidir. Uydu Satürn'e ne kadar yaklaşırsa o kadar gerilir. Nihayetinde uyduyu geren gelgit kuvvetleri onu bir arada tutan kütleçekim kuvvetini dengeler. Artık bu devrilme noktasıdır. Uydu birazcık bile daha fazla yaklaşırsa Satürn'ün kütleçekimi tarafından gerçekten paramparça edilebilir.

Gökbilimciler Newton'un yasalarından yararlanarak Roche limiti adı verilen devrilme noktasının uzaklığını hesaplayabilir. Yalnızca Satürn'ünkini değil diğer gaz gezegenlerin de halkalarını incelediğimizde her bir gezegen için neredeyse her zaman Roche limiti içinde olduklarını görürüz. Gaz gezegenlerin yörüngesinde gezen tüm uydular Roche limitinin dışındadır. Bu kanıt her ne kadar kesinlikle ortaya koymasa da Satürn'ün halkalarının bir uydunun gezegene fazla yaklaşarak parçalarına ayrılmasıyla oluştuğu kuramını destekler.

Gelecekte başka yıldızların yörüngesinde dönen gezegenleri ziyaret ettiğimizde Roche limiti içinde gaz gezegenler bulmayı bekleyebiliriz. Dahası gücü dahilinde uyduların tamamını parçalayabilen bu gelgit kuvvetlerinin şiddeti üzerine çalışarak Europa gibi uydulara etki eden gelgit kuvvetlerinin şiddeti de hesaplanabilir.

TİTAN'DA BİR YUVA?

Satürn'ün uydularından biri olan Titan da keşfedilmeyi bekleyen bir diğer aday olsa da oradaki yerleşim muhtemelen Mars'ın uyduları kadar fazla olmayacak. Titan, Jüpiter'in Ganymede'inden sonra Güneş Sistemi'ndeki ikinci en büyük ve yoğun atmosfere sahip olan tek uydu. Başka uydulardaki seyrek atmosferin aksine atmosferi o kadar yoğundur ki Titan'ın ilk fotoğrafları epey hayal kırıklığı yaratmıştı çünkü hiçbir yüzey özelliği bulunmayan tüylü bir tenis topunu andırıyordu.

Nihayet 2017'de gezegene çakılmadan önce Satürn'ün yörüngesinde dönen Cassini uzay aracı Titan'ın gerçek doğasını açığa çıkarttı. Cassini, bulut örtüsünü delip geçmek ve yüzeyi haritalandırmak için radar kullandı. Ayrıca 2005 yılında Titan'a gerçek

bir iniş yaparak arazinin ilk yakın çekim fotoğraflarını yayınlayan Huygens sonda aracını da fırlattı. Bunlar göller, göletler, buz örtüleri ve kıtalardan oluşan karmaşık bir ağın işaretlerini gösteriyordu.

Bilim insanları, Cassini ve Huygens tarafından toplanan verilerle bulut örtüsünün altında yatan manzaraya ilişkin yeni bir resmin parçalarını bir araya getirdi. Titan'ın atmosferi, tıpkı Dünya'nınki gibi temelde azottan meydana gelir. Yüzeyi şaşırtıcı bir biçimde etan ve metan gölleriyle kaplıdır. Metan ufacık bir kıvılcımla tutuşabilir olduğundan, insanın aklına uydunun kolaylıkla alevler içinde kalabileceği gelebilir. Ne var ki atmosferde oksijen olmadığı ve -180 derece Celcius gibi aşırı soğuklukta olduğu için bir keşif yapılması olanaksızdır. Bu bulgular, astronotların Titan'daki buzun bir kısmını toplayabileceği ve oksijenle hidrojeni ayrıştırarak neredeyse tükenmez, belki de ilk toplulukların aydınlanmasına ve ısınmasına yetecek bir kullanılabilir enerji kaynağı üretmek için oksijenle metanı bir araya getirebileceğine ilişkin kışkırtıcı bir olasılığı ortaya koyuyor.

Enerji sorun olmayabilecekken Titan'ı yaşanılır bir yer haline getirmekse pek mümkün görünmüyor. Güneş'ten böylesine uzak bir yerde kendisini sürdürebilen bir sera etkisi yaratmak muhtemelen olasılık dışıdır. Dahası atmosfer zaten büyük miktarlarda metan içerdiği için, böyle bir etki yaratmak amacıyla daha da fazlasını eklemek anlamsız olacaktır.

Bu bakımdan Titan'ın kolonileştirilme olasılığını merak ediyor olabilirsiniz. Bir taraftan kayda değer bir atmosfere sahip ve basıncı Dünya'nınkinden yüzde 45 fazla olan tek uydudur. Uzaydaki bilinen yerler arasında uzay giysilerimizi çıkarttıktan hemen sonra ölmeyeceğimiz az sayıda yerden biridir. Halen oksijen maskelerine gereksinim duysak da kanımız kaynamaz ve ufalanmayız.

Öte yandan Titan sürekli olarak soğuk ve karanlıktır. Yüzeyindeki bir astronot Dünya'yı aydınlatan Güneş ışığının yüzde 0,1'ini alır. Güneş enerjisi güç kaynağı olarak etkisiz olacağından, tüm ışık ve ısı hiç durmadan çalışmak zorunda kalacak olan jeneratörlere dayanacaktır. Buna ek olarak Titan'ın yüzeyi, don-

muş ve atmosferinde bitki ile hayvan yaşamını desteklemekte yetersiz kalacak miktarlarda oksijen ve karbondioksit bulunur. Tarım son derece zor olacaktır ve ekinlerin tümünün kapalı mekânlarda ya da yer altında büyümesi gerekecektir. Besin temini ve buna bağlı olarak hayatta kalabilecek kolonicilerin sayısı da sınırlı olacaktır.

Bir radyo mesajının Titan ile Dünya arasındaki yolculuğu uzun saatler süreceği için ana gezegenle iletişim de epey zahmetli olacaktır. Ayrıca Titan'daki kütleçekim Dünya'dakinin yalnızca yaklaşık yüzde 15'i kadar olduğu için, Titan'da yaşayan insanların kas ve kemik kaybına karşı sürekli egzersiz yapması gerekecektir. Nihayetinde de güçsüz bir yapıda kalacakları Dünya'ya dönmeyi reddedebilirler. Titan'daki yerleşimciler zaman içinde yeryüzündekilerden duygusal ve fiziksel olarak uzak hissetmeye başlayarak onlarla olan tüm sosyal bağlarını koparmayı tercih edebilir.

Kısacası, Titan'da sürekli bir biçimde yaşamak mümkün olsa da hem rahatsız edici hem de bir sürü dezavantaj içeren bir durum olabilir. Geniş kapsamlı yerleşimse pek olası görünmüyor. Ne var ki Titan bir ikmal üssü ve kaynak deposu olarak değerli olabilir. Barındırdığı metan toplanıp Mars'ın yaşanabilir kılınması çabalarını hızlandırmak için oraya gönderilebilir ya da uzay görevlerinde kullanılmak üzere sınırsız miktarlarda roket yakıtı üretilir. Buzu da içme suyu ve oksijen halinde saflaştırılabilir ya da daha fazla roket yakıtı üretmek için işleminden geçirilebilir. Zayıf kütleçekim kuvvetinin çekimi Ay'dan gelinip gidilmesini görece kolay ve verimli kılar. Bu nedenlerle Titan uzaydaki önemli bir benzin istasyonu haline gelebilir.

Titan üzerinde kendi kendini idame ettirebilen bir koloni kurmak için, yüzeyin değerli mineraller ve madenleri bulmak üzere kazılması düşünülebilir. Günümüzde uzay sondalarımız tıpkı diğer asteroitler gibi Titan'ın mineral yapısı hakkında fazlaca bilgi ortaya çıkartmamış olsa da Titan'ın bir yakıt ikmal istasyonu halini alacak olması durumunda büyük önem taşıyacak, değerli metaller barındırıyor olması olasıdır. Yine de Titan'dan çıkartılmış madenleri Dünya'ya göndermek devasa uzaklıklar ve mali-

yet açısından epey elverişsiz olabilir. Aksine altyapıyı yaratmak için Titan'ın kendisinde bulunan hammaddeler kullanılabilir.

OORT KUYRUKLUYILDIZ BULUTU

Gaz gezegenlerin ötesinde, Güneş Sistemimizin dış bölümünde belki de trilyonlarca kuyrukluyıldızdan meydana gelen bir başka âlem yatar. Bu kuyrukluyıldızlar başka yıldızlara giden sıçrama tahtalarımız olabilir.

Yıldızlar uçsuz bucaksız bir uzaklıkta görünebilir. Princeton'dan fizikçi Freeman Dyson onlara erişmek için Polinezyalıların binlerce yıl önceki yolculuklarından bir şeyler öğrenebileceğimizi söyler. Polinezyalılar; büyük olasılıkla bir felaketle sonuçlanabilecek, Büyük Okyanus boyunca sürecek geniş çaplı bir yolculuk yerine, okyanustaki kıtalara teker teker yayılarak adalar arasında sıçramışlardı. Her bir adaya vardıklarında kalıcı bir yerleşim kurar ve bir sonraki adaya öyle geçerlerdi. Dyson, uzayda da aynı yöntemle arada bulunan koloniler kurabileceğimizi ileri sürer. Bu stratejinin temeli, bir şekilde kendi Güneş Sistemlerinden çıkartılmış olan haydut gezegenlerin yanı sıra yıldızlara giden yolu aydınlatan kuyrukluyıldızlardır.

Kuyrukluyıldızlar; bin yıllar boyunca spekülasyonların, efsanelerin ve korkuların konusu olmuştur. Geceleyin saniyeler içinde gökyüzünün bir ucundan diğerine hızla geçip kaybolan meteorların aksine kuyrukluyıldızlar çok uzun süreler boyunca havada kalabilir. Bir zamanlar kıyamet habercisi varsayılarak ulusların kaderini etkiledikleri bile olmuştur. 1066 yılında İngiltere üzerinde beliren bir kuyrukluyıldız, Hastings Savaşı'nda yeni bir hanedan kurularak Kral Harold'ın birliklerinin Normandiya dükü William'ın işgalci kuvvetlerine karşı yenilgiye uğrayacağı şeklinde yorumlanmıştı. Muhteşem Bayeux işlemesi, korku içinde kuyrukluyıldızı izleyen köylüleri ve askerleri resmederek bu olayların kaydını tutar.

Altı yüz yıldan uzun zaman sonra, 1682 yılında aynı kuyrukluyıldız bir kez daha İngiltere üzerinden geçti. Dilencilerden hü-

kümdarlara herkesin gözleri kamaşmışken Isaac Newton bu çok eski gizemi çözmeye karar verdi. Hemen yıldız ışığını toplamak için ayna kullanan yeni ve daha güçlü bir teleskop icat etti. Yeni yansıtıcı teleskopuyla birkaç kuyrukluyıldızın yörüngelerini belgeledi ve bunları yakın zamanda geliştirdiği evrensel kütleçekim kuramına göre yaptığı varsayımlarla karşılaştırdı.

Newton'ın ağzı sıkılığına kalmış olsa büyük önem taşıyan keşfi unutulup giderdi ancak varlıklı bir gökbilimci olan Edmond Halley buna izin vermedi. Halley, Newton'la tanışmak için Cambridge'e gitti ve kuyrukluyıldızları yalnızca izlemekle kalmayıp gelecek hareketlerini de tahmin edebildiğini öğrendiğinde büyük bir şaşkınlık yaşadı çünkü bu daha önce hiç kimsenin yapmadığı bir şeydi. Newton, binlerce yıl boyunca uygarlıkları büyüleyen ve usandıran, gökbilimdeki en kafa karıştırıcı olgulardan birini bir dizi matematik formülü şeklinde çözümledi.

Halley, bunun bilimde var olan en tarihi keşiflerden birini temsil ettiğini hemen anladı. Karşılığında epey cömert bir biçimde tüm zamanların en büyük bilimsel elyazması kitaplarından biri haline gelecek olan *Matematiksel İlkeler*'in basımının tüm masraflarını ödemeyi önerdi. Newton bu başyapıtta göklerin mekaniğini çözdü. Kendi geliştirdiği matematiksel formülasyon olan kalkülüsten yararlanarak Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin ve kuyrukluyıldızların hareketini kusursuz olarak belirleyebildi. Kuyrukluyıldızların geri dönebilmelerine olanak sağlayan elipsler halinde yolculuk edebildiklerini keşfetti. Dahası Newton'ın yöntemlerini benimseyen Halley, 1682'de Londra üzerinden geçen kuyrukluyıldızın her altmış yılda bir dönebileceğini hesapladı. Aslında tarihte geçmişe doğru giderek aynı kuyrukluyıldızın belirli bir takvime göre sürekli döndüğünü de gösterebildi. Halley, ölümünden çok sonra yıldızın 1758'de döneceğine ilişkin gözüpek bir tahminde bulundu ve o yılki Noel gününde kendini göstermesi, vasiyetinin karşılık bulmasını sağladı.

Artık biliyoruz ki kuyrukluyıldızlar temelde iki yerden geliyor. İlki, gezegenlerle aynı düzlemdeki yörüngede dönen Neptün'ün dışındaki bir bölge olan Kuiper Kuşağı. Halley kuy-

ruklu yıldızı da dahil olmak üzere bu kuşakta yer alan kuyruklu yıldızlar Güneş'in çevresinde elipsler çizerek yolculuk ediyor. Bunlara bazen kısa dönemli kuyruklu yıldızlar adı verilir çünkü yörüngesel süreçleri ya da Güneş'in çevresinde bir tur dönmek için gereken zaman dilimi on yıllar ile yüz yıllar arasında ölçülür. Dönemleri bilindiği ya da hesap edilebildiği için öngörülebilirlerdir ve bu nedenle de özel bir tehlike taşımadıklarını biliriz.

Çok daha dışarıdaysa Güneş Sistemimizi çepeçevre saran bir kuyruklu yıldız küresi olan Oort Bulutu bulunur. Birçoğu Güneş'ten birkaç ışık yılını bulan, öyle bir uzaklıktadır ki büyük ölçüde yerleşiklerdir. Arada bir bu kuyruklu yıldızlar, geçen bir yıldız ya da rastlantısal bir çarpışma tarafından Güneş Sistemi'nin içine savrulurlar. Yörüngesel dönemleri, eğer dönecek olurlarsa, onlarca ve hatta binlerce yılla ölçülebildiğinden bunlara uzun dönemli kuyruklu yıldızlar adı verilir. Haklarında öngörülebilir bulunmak olanaksızdır ve bu yüzden Dünya için kısa dönemli kuyruklu yıldızlardan potansiyel olarak çok daha tehlikelilerdir.

Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu hakkında her yıl yeni keşifler yapılıyor. 2016'da Kuiper Kuşağı'nın derinliklerinde Neptün büyüklüğünde dokuzuncu bir gezegenin olabileceği ilan edildi. Bu cisim bir teleskopla doğrudan yapılan gözlemler yerine Newton'ın denklemlerini çözen bir bilgisayar aracılığıyla tespit edildi. Her ne kadar varlığı henüz doğrulanmamış olsa da birçok gökbilimci verilerin epey ikna edici olduğuna ve bu durumun geçmişte örnekleri olduğuna inanıyor. On dokuzuncu yüzyılda Uranüs'ün, Newton'ın yasalarına göre yapılan öngörülerden ufak bir parça saptığına dikkat çekildi. Ya Newton yanılmıştı ya da Uranüs'te uzaktan bir cisim çekimi vardı. Bilim insanları bu varsayımsal gezegenin konumunu hesapladı ve 1846'da yapılan yalnızca birkaç saatlik gözlemin ardından onu buldu. Buna Neptün adını verdiler. (Bir başka vakada gökbilimciler Merkür'ün de öngörülen yolundan saptığını fark etti. Bunun üzerine Vulcan adını verdikleri bir gezegenin Merkür'ün yörüngesinde bulunduğunu varsaydılar. Ne var ki yinelenen girişimlerin ardından böyle bir gezegen bulunamadı. Newton'ın yasalarının kusurlu

olabileceğini fark eden Albert Einstein, Merkür'ün yörüngesinin kendi görelilik kuramına göre eğri uzay-zaman dediği tamamen yeni bir etkiyle açıklanabileceğini gösterdi. Günümüzde bu yasalarla donanmış yüksek hızlı bilgisayarlar, Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu'nun çok daha fazla yerleşik cismi olduğunu ortaya koyabilir.)

Gökbilimciler Oort Bulutu'nun Güneş Sistemimizden üç ışık yılı kadar uzağa uzanabileceğinden şüphe ediyor. Bu en yakın yıldız olan Centauri üçlü yıldız sistemine giden yolun yarısından fazlası ediyor ki Dünya'dan da dört ışık yılının biraz üstündedir. Centauri yıldız sisteminin de bir kuyrukluyıldız kümesiyle çevrildiğini varsayarsak onu Dünya'ya bağlayan kesintisiz bir kuyrukluyıldız yolu olabilir. Muazzam bir yıldızlararası otoyola bir dizi ikmal istasyonu, karakol ve yedek malzeme noktası kurmak mümkün olabilir. Tek sıçrayışta bir sonraki yıldızla geçmek yerine daha makul bir amaç olarak Centauri sistemine "kuyrukluyıldız sıçraması" ile ulaşmayı deneyebiliriz. Bu geçiş yolu kozmik bir Route 66* halini alabilir.

Bu kuyrukluyıldız otoyolunu yaratmak başta kulağa geldiği kadar uzak bir olasılık değil. Gökbilimciler kuyrukluyıldızların boyutu, tutarlılığı ve düzeni hakkında bir hayli bilgiyi ortaya çıkarabildi. Halley kuyrukluyıldızı 1986'da geçerken gökbilimciler onu fotoğraflayacak ve inceleyecek bir uzay sondası filosu gönderebildi. Resimlerde yaklaşık on beş kilometre genişliğinde ve yer fıstığı şeklinde ufak bir çekirdek görünüyordu (bunun anlamı, gelecekte bir noktada iki parçanın ayrı düşeceği ve Halley kuyrukluyıldızının bir çift kuyrukluyıldız halini alacağıdır). Dahası bilim insanları kuyrukluyıldızların kuyruklarında uçabilen uzay sondaları göndermeyi başarabildiği gibi, Rosetta uzay aracı da içlerinden birine iniş yapan bir sonda aracı göndermeyi başardı. Bu kuyrukluyıldızlardan bazılarına ilişkin incelemeler, robotlu bir yedek malzeme istasyonunu desteklemeye yetecek güçte sert bir kaya/buz çekirdeğe sahip olduklarını gösterir.

* Route 66, 1926 ve 1985 yılları arasında ABD karayolları ağı içerisinde yer almış, ülkeyi ve neredeyse kıtayı doğudan batıya kateden, 3940 kilometre uzunluğunda ünlü bir otoyoldur. -çn.

Günün birinde robotlar Oort Bulutu'ndaki uzak bir kuyruklu yıldızın yüzeyini delebilir. Çekirdeğindeki mineraller ve metaller bir uzay istasyonunu şekillendirmekte kullanılabilir ve buz da astronotlar için içme suyu, roket yakıtı ve oksijen sağlamak için eritilebilir.

Cesaret edip de Güneş Sistemi'nin ötesine ulaşmayı başarır sak ne bulacağız? Evrene ilişkin anlayışımızda bir başka paradigma değişimi daha deneyimliyoruz. Sürekli diğer yıldız sistemlerindeki bir tür yaşamı destekleyebilecek Dünya benzeri gezegenler keşfediyoruz. Günün birinde bu gezegenleri ziyaret edebilecek miyiz? Evrenin kapılarını insan araştırmalarına açabilecek yıldız gemileri yapabilir miyiz? Peki nasıl?

II

Yıldızlara Yolculuk

7

Uzayda Robotlar

Bu nedenle bir noktada makinelerin yönetimi ele geçireceğini beklemeliyiz.

– ALAN TURING

Gelecek yüz, iki yüz yıl içinde buna azıcık bile benzeyen bir şey olsa şaşar kalırım.

– DOUGLAS HOFSTADTER

YIL 2084. ARNOLD SCHWARZENEGGER Mars'a ilişkin yineleyen rüyalarla başı dertte olan sıradan bir inşaat işçisidir. Bu rüyaların kökenini öğrenmek için gezegeni ziyaret etmeyi göze alması gerektiğine karar verir. Oraya vardığında hareketli metropollere, parıltılı cam kubbeleri olan binalara ve geniş çaplı maden işletmelerine sahip bir Mars'la karşılaşır. Binlerce daimi yerleşimcinin enerji ve oksijenini de titizlikle düzenlenmiş boru, kablo ve jeneratör altyapısı sağlamaktadır.

Gerçeğe Çağrı (Total Recall) Mars'taki bir kentin neye benzeyebileceğine ilişkin çok ilginç bir görünüm sunar: Gösterişli, temiz ve modern. Ne var ki burada ufak bir sorun var. Her ne kadar Mars'taki bu hayali kentler Hollywood için muhteşem ortamlarsa bile mevcut teknolojimizle bunları inşa etmeye kalkışmak herhangi bir NASA projesinin belini bükecektir. Öncelikle her bir

çekicin, her parça kâğıdın ve atacın bile onlarca milyon kilometre uzaklıktan Mars'a gönderilmesi gerektiğini unutmamalıyız. Dünya'yla hızlı iletişimin olanaksız olduğu Güneş Sistemi'nin ötesindeki yakın yıldızlara yolculuk edersek de sorunlar yalnızca ikiye katlanacaktır. Bu yüzden Dünya'dan tedarik edileceklerle güvenmek yerine memleketi çökertmeden uzayda bir varlık geliştirmenin yollarını aramalıyız.

Bu işin yanıtı dördüncü dalga teknolojilerde bulunabilir. Nanoteknoloji ve yapay zekâ [artificial intelligence - AI] oyunun kurallarını baştan aşağı değiştirebilir.

Yirmi birinci yüzyılın sonlarında nanoteknolojide yaşanacak gelişmeler inşaat sektöründe devrim yaratacak grafen ve karbon nanotüpler ile aşırı hafif malzemeler üretmemize olanak sağlamalıdır. Grafen son derece ince ve dayanıklı bir tabaka oluşturmak üzere sıkıca bağlanmış karbon atomlarından oluşan tek bir moleküler katmandan meydana gelir. Neredeyse saydam ve hemen hemen hiçbir ağırlığı olmasa da çelikten iki yüz kat dayanıklı, hatta elma bile güçlü haliyle bilimin gözlemlediği en sağlam malzemedir. Prensipinde bir fildişi bir kurşun kalemin üzerine çıkartıp, ucunu asla kırmadan ya da grafeni yırtmadan onun üzerine yerleştirebilirsiniz. Üstüne üstlük grafen bir de elektrik üretir. Bilim insanları şimdiden grafen levhaları üzerine molekül büyüklüğünde iletkenler oyabilmeyi başardı. Geleceğin bilgisayarları belki de bunlardan meydana gelecek.

Karbon nanotüpler, uzun tüpler halinde yuvarlanmış grafen levhalarıdır. Neredeyse kırılmaz ve görünmezlerdir. Brooklyn köprüsünün süspansiyonunu karbon nanotüplerden yapmış olsaydınız köprü havada süzülüyor gibi görünürdü.

Peki, grafen ile nanotüpler böylesi mucizevi malzemelerse neden bunları kendi evlerimiz, köprüler, binalar ve otoyollar için kullanmadık? Çünkü şu an için büyük miktarlarda saf grafen üretmek son derece zor bir iş. Moleküler düzeydeki en ufak bir katışıklık ya da kusur o mucizevi fiziksel özelliklerini mahvedebilir. Bir posta pulundan daha büyük levhalar üretmek mümkün değil.

Neyse ki kimyacılar gelecek yüzyıl seri üretiminin mümkün olabileceğini umuyor. Bu gerçekleşirse uzaydaki altyapı inşasının maliyeti büyük oranda düşecek. Çok hafif olduğu için dünya dışı uzak yerlere yeterli şekilde gönderilebileceği gibi başka gezegenlerde üretimi bile yapılabilir. Mars'ın çöllerinden bu karbon malzemeden yapılmış kentler yükselirken binalar kısmen saydam görünebilir. Ayrıca uzay giysileri aşırı ince ve ten sıkılığına olabilir. Arabaların ağırlığı azıcık olacağından, enerji verimlilikleri son derece yüksek bir hal alabilir. Kısacası nanoteknolojinin gelişile inşaat alanının tamamı altüst olabilir.

Yine de tüm bu gelişmelerle bile Mars'taki yerleşimlerimizi, asteroit kuşağındaki madenci kolonilerimizi ve Titan ile Güneş Sistemi'nin dışındaki gezegenlerdeki üslerimizi düzene koyacak yorucu, pis işleri kim yapacak? Bunun çözümü yapay zekâda saklı olabilir.

YAPAY ZEKÂ: YENİ DOĞMUŞ BİR BİLİM

Yapay zekâ alanı 2016 yılında DeepMind'ın bilgisayar programı AlphaGo'nun, çok eski bir oyun olan Go'nun dünya şampiyonu Lee Sedol'ü yendiği haberiyle hareketlendi. Pek çok insan bu başarının gelmesine daha birkaç on yıl olduğuna inanıyordu. Basında bunun insan ırkının ölüm fermanı olduğu hakkında ağıtlar yakılıyordu. Makineler nihayet dönüşü olmayan bir yola girmişti ve yakında yönetimi ele geçireceklerdi. Artık ok yaydan çıkmıştı.

AlphaGo şimdiye kadarki en gelişmiş oyun oynayan programdır. Satrançta herhangi bir durumda gerçekleştirebileceğiniz ortalama 20 ile 30 arasında hamle vardır. Go'da ise olası 250 hamle bulunur. Aslında Go oyunundaki dizilimlerin sayısı evrendeki toplam atomların sayısından fazladır. Bir zamanlar tüm bu olası hamleleri hesaplamanın bir bilgisayar için çok zor olduğu düşünülmüştü. Bu yüzden; AlphaGo, Sedol'ü yenmeyi başardığında basında büyük bir fırtına koptu.

Ne var ki her ne kadar ileri teknoloji ürünü olsa da kısa zamanda AlphaGo'nun tek bir becerisi olduğu ortaya çıktı. Yapabildiği tek şey Go'da kazanmaktı. Allen Yapay Zekâ Enstitüsü CEO'su Oren Etzioni'nin belirttiği üzere "AlphaGo satranç bile oynayamaz. Oyun hakkında konuşamaz. Altı yaşındaki çocuğum AlphaGo'dan daha akıllıdır." Donanımı ne kadar güçlü olsa da makinenin sırtını sıvazlayarak bir insanı yendiği için onu tebrik ettiğinizde size buna uygun bir yanıt vermesini bekleyemezsiniz. Makine bilimsel bir tarih yazdığından tamamen bihaberdir. Aslına bakarsanız makine, makine olduğunun bile farkında değildir. Günümüz robotlarının öz farkındalığı, yaratıcılığı, sağduyusu ya da duyguları olmayan, fazla abartılmış hesap makineleri olduğunu sıklıkla unutuyoruz. Belirli, yineleyen, sınırlı görevlerde üstün bir başarı gösterebilirler ancak genel bilgi gerektiren daha karmaşık görevlerde çuvallarlar.

Yapay zekâ alanında gerçekten devrimsel atılımlar gerçekleştirilmesine karşın gelişimini bir perspektife oturtmamız gerekiyor. Robotların gelişimini roketçilikle karşılaştıracak olursak robot teknolojisinin Tsiolkovsky'nin varsayım ve kuram geliştirmeye yönelik çalıştığı aşamanın ötesinde olduğunu görürüz. Aslında Goddard'ın bizi sevk ettiği aşama içerisinde, ilkel de olsa temel ilkelerimizin doğruluğunu gösterebilen gerçek prototipler üretiyoruz. Ne var ki von Braun'un sahası olan, yenilikçi, güçlü robotların seri üretim hattında süzüldüğü ve uzak gezegenlerde kentler inşa ettiği bir sonraki aşamaya henüz geçemedik.

Robotlar şimdiye kadar uzaktan kumandalı makineler olarak inanılmaz derecede başarılı oldu. Jüpiter ve Satürn boyunca süzülen uzay aracı Voyager'ın, Mars'ın yüzeyine iniş yapan Viking uzay araçlarının ve gaz gezegenlerin yörüngesinde dönen Galileo ile Cassini uzay araçlarının arkalarında hep kararları veren, adanmış bir grup insan vardı. Bu robotlar da tıpkı insansız hava araçları [drones] gibi Pasadena'daki Görev Kontrol Merkezi'nde bulunan insan yöneticilerinin talimatlarını yerine getiriyordu. Filmlerde gördüğümüz tüm "robotlar" da ya kukla ya bilgisayar animasyonları ya da uzaktan kumandalı makinelerdir. (Bilimkurgulardan en beğendiğim robot *Yasak Gezegen*'deki (*Forbidden*

Planet) Robby' dir çünkü fütürist görünse de içinde bir adam saklıdır.)

Yine de son birkaç on yıldır bilgisayarın gücü her bir buçuk yılda bir ikiye katlandığına göre gelecekte ne umabiliriz?

BİR SONRAKİ ADIM: GERÇEK OTOMATONLAR

Uzaktan kumandalı robotları geçtiğimizde bir sonraki hedefimiz gerçek otomatonlar, yani yalnızca asgari insan müdahalesine gerek duyarak kendi kararlarını alabilme becerisine sahip robotlar tasarlamaktır. Bir otomaton örneğin "Çöpü topla" komutunu duyduğu her an işe koyulacaktır. Bu, şimdiki robotların yeterliliğinin çok ötesindedir. Radyo aracılığıyla iletişim kurmamız saatler alacağından, dış gezegenleri çoğunlukla kendi başlarına keşfedip kolonileştirecek otomatonlara ihtiyaç vardır.

Bu gerçek otomatonlar, uzaktaki gezegenlerde ve uydularda koloniler kurmak için temel bir gereklilik olabilir. Gelecek on yıllar boyunca uzaydaki yerleşimlerin nüfusunun yalnızca birkaç yüz kişiyi bulabileceğini aklımızda tutalım. İnsan emeği sınırlı ve pahalı olacak ancak uzak dünyalarda yeni kentler yaratmaya dönük yoğun bir baskı da olacak. İşte bu noktada arayış robotlar kapatabilir. İlk olarak tehlikeli, sıkıcı ve pis işleri yapma görevini üstleneceklerdir.

Hollywood filmlerini izlerken kimi zaman uzayın ne kadar tehlikeli olabileceğini unutuyoruz. Kütleçekimin düşük olduğu alanlarda çalışırken bile robotlar, hiç çaba sarf etmeden devasa kirişleri, direkleri, beton levhaları ya da ağır makineleri kaldırarak yapıların ağır yüklerini taşımakta önemli bir role sahip olacak. Robotlar; hantal uzay giysileri, dayanıksız kasları, yavaş beden hareketleri ve ağır oksijen tüpleri olan astronotlardan çok daha üstün olacaklar. İnsanlar kolaylıkla yorulurken robotlar gece-gündüz sürekli çalışabilir.

Dahası çeşitli tehlikeli durumlarda herhangi bir kaza olursa robotlar hemen tamir edilebilir ya da yenilenebilir. Yeni inşaat alanları ya da otoyollar oluşturmakta kullanılan tehlikeli patla-

yıcıları etkisiz hale getirebilir. Bir yangın çıktığında astronotları kurtarmak için alevlerin arasından geçebilir ya da uzaktaki uydularda dondurucu alanlarda çalışabilir. Oksijene gereksinim duymadıklarından astronotlar için sürekli bir tehdit olan boğulma tehlikesi de taşımazlar.

Robotlar ayrıca uzak dünyalardaki tehlikeli arazileri de inceleyebilir. Örneğin Mars'taki buzulların ya da Titan'ın buzlu göllerinin yapısı ve kararlılığı hakkında çok az şey bilinse de bu çöktüler önemli bir oksijen ve hidrojen kaynağı olabilir. Robotlar aynı zamanda Mars'ın tehlikeli düzeylerde radyasyona karşı koruma sağlama olasılığı olan lav tüplerini ya da Jüpiter'in uydularını da inceleyebilir. Güneş'in alevleri ve kozmik ışınlar astronotların kanser olma riskini arttırırken robotlar ölümcül radyasyon alanlarında bile çalışabilir. Yine robotların yoğun radyasyondan dolayı aşınıp yıpranmış gövde modülleri, aşırı şekilde korunan, özel bir yedek parça deposu temin edilerek yenilenebilir.

Tehlikeli işlerin yanı sıra robotlar, özellikle yineleyen üretim görevleri başta olmak üzere sıkıcı işleri de yapabilir. Neticede herhangi bir uydu ya da gezegen üssünde büyük miktarda imal edilmiş ürüne gereksinim olacaktır ve bunlar robotlar tarafından seri olarak üretilebilir. Bu görev, bir uydu ya da gezegen üssü için gereken tüm ürünleri üretmekte kullanılan yerel mineralleri araştırıp çıkarabilen, kendi kendine yetebilen bir koloni yaratmakta önemli bir yere sahip olacaktır.

Son olarak gerçekten pis işleri de onlar yapabilir. Uzak kolonilerin kanalizasyon ve temizlik sistemlerinin sağlanması ile onarımını da gerçekleştirebilirler. Geri dönüşüm ve yeniden işleme tesislerinde bulunan zehirli kimyasallar ve gazlarla çalışabilirler.

Bu nedenle Ay'ın ıssız arazileri ve Mars'ın çöllerinde modern kentler, yollar, gökdelenler ve evler yükselecekse doğrudan insan müdahalesi olmadan işlev gösterebilen otomatonların ciddi bir rolü olacağının farkındayız. Ne var ki bir sonraki sorumuz; gerçek otomatonlar üretmekten ne kadar uzaktayız? Filmlerde ve bilimkurgu romanlarında gördüğümüz gerçek dışı robotları aklımızdan atarsak teknolojinin geldiği gerçek nokta nedir?

Mars'ta kentler yaratabilecek robotlarımız olmasına ne kadar zaman kaldı?

YAPAY ZEKÂNIN TARİHİ

1955 yılında, seçilmiş bir grup bilim insanı Dartmouth'ta buluşarak yapay zekâ alanını ortaya çıkardı. Çok kısa bir zaman içinde, karmaşık soruları çözebilen, soyut kavramları anlayabilen, dil kullanan ve deneyimlerinden bir şeyler öğrenen akıllı bir makine geliştirebileceklerine ilişkin büyük bir güven duyuyorlardı. Bu konu hakkında "Özenle seçilmiş bir grup bilim insanı bu alanda yaz boyu çalışırsa, bu sorunlardan biri ya da daha fazlasına ilişkin önemli gelişmeler kat edilebileceğini düşünüyoruz." demişlerdi.

Ne var ki hayati bir hata yaptılar. İnsan beyninin dijital bir bilgisayar olduğunu varsaydılar. Zekâ yasalarını bir kod listesine indirgeyebilir ve bunları bir bilgisayara yüklerlerse onun bir anda düşünen bir makine haline geleceğine inandılar. Makine özfarkındalık sahibi bir hal alacaktı ve onunla anlamlı sohbetler edilebilecekti. Buna "tepeden inme" yaklaşım ya da "şişelenmiş zekâ" adı verildi.

Bu fikir basit ve şık görünürken birçok iyimser varsayıma da ilham oldu. 1950'ler ve 1960'larda büyük başarılar elde edildi. Dama ve satranç oynayabilen, cebir teoremlerini çözebilen ve blok parçalarını tanıyıp kaldırabilen bilgisayarlar tasarlandı. 1965'te yapay zekânın öncüsü Herbert Simon demişti ki "Yirmi yıl içinde makineler, insanın yapabileceği her işi yapabilecek." 1968'de 2001 filmi bizi, konuşabilen ve Jüpiter'e giden bir uzay gemisini yönetebilen bir bilgisayar olan HAL ile tanıştırdı.

Ardından yapay zekâ duvara tosladı. İki temel engel karşısında ilerleme, sürünme hızına kadar geriledi: Bunlar örüntü tanıma ve sağduyuydu. Robotlar bizden çok daha iyi görse de maalesef ne gördüklerini anlamazlar. Bir masayla karşılaştıklarında yalnızca çizgiler ile kare, üçgen ve oval şekiller görür, bu unsurları bir araya getirerek bütünü algılayamazlar. "Masa

olma" kavramını anlamazlar.* Bu nedenle onlar için bir odada yönlerini bulmak, mobilyaları tanımak ve engellerden kaçınmak son derece zordur. Robotlar; bebekleri, polisleri, köpekleri ve ağaçları temsil eden çizgi, daire ve kare tipilerine tutulacakları caddelerde yürüyecek olsalar tamamen yollarını şaşırırlar.

Bir diğer engel de sağduyudur. Bizler suyun ıslak olduğunu, sicimlerin çekebildiğini ancak itemediğini, bloklarınsa itip çekemediğini ve annelerin yaşlarının kızlarınkinden büyük olduğunu biliriz. Bunların tümü bizim için apaçık ortadadır. Peki, biz bu bilgileri nereden edindik? Sicimlerin itemediğini kanıtlayacak herhangi bir matematik denklemi bulunmuyor. Biz bu doğruları gerçek deneyimlerle karşılaşılarak, gerçekliğe toslayarak hayat okulunda biriktirdik.

Diğer yandan robotlardaysa yaşam deneyimi avantajı yoktur. Onlara her şey bilgisayar kodları kullanılarak kaşıkla beslenir gibi alt alta kod satırları şeklinde verilmelidir. Altın değerindeki her bir sağduyu parçasını kodlamaya yönelik kimi girişimler olmuş olsa da bunlardan o kadar fazla var ki. Dört yaşında bir çocuk; dünyanın fiziği, biyolojisi ve kimyasına ilişkin gelişmiş bir robottan sezgisel olarak çok daha fazlasını bilir.

DARPA YARIŞMASI

2013 yılında Pentagon'un bir alt bölümü olan ve internetin temellerini kuran Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA), yeryüzündeki tüm bilim insanlarını bir yarışa soktu: 2011 yılında Fukushima'daki üç nükleer enerji santralinin erimesi sonucu açığa çıkan korkunç radyoaktif karmaşayı temizleyebilecek bir robot yapmak. Enkaz öylesine yoğun bir biçimde radyoaktif ki çalışanlar ölümcül radyasyon alanına yalnızca birkaç dakikalığına girebil-

* Platon'un idealar kuramına göre belirli sayıda bacağı olan ve üzerine konulan nesneleri taşıyabilen bir varlık olan masa ile fiziksel etkileşime girilebilir. Ancak fiziksel özelliklerinin ötesinde varlığını tanımlamakta özünü oluşturan bir "masa olma" ideası vardır masa dışındakiler hiçbir şey bu öze sahip değildir. -çn.

di. Sonucunda da işlem son derece gecikti. Resmi görevliler şu an için temizlik işlemlerinin otuz ile kırk yıl arası süreceğini ve yaklaşık 180 milyar dolara mal olacağını tahmin ediyor.

Bir robot, herhangi bir insan müdahalesi olmadan molozları ve çöpleri temizleyebilirse bu aynı zamanda radyasyon var olsa bile bir uyduda ya da Mars'ta yerleşim inşa edilmesine yardımcı olacak gerçek bir otomatonun üretimi için önemli bir ilk adım olabilir.

En son yapay zekâ teknolojisini kullanmak için Fukushima'nın ideal bir yer olacağını anlayan DARPA, DARPA Robot Yarışması yapmaya ve basit temizlik görevlerini yerine getirebilen robotlar için ortaya 3,5 milyon dolarlık bir ödül koymaya karar verdi. (Bir önceki DARPA Yarışması nihayetinde sürücüsüz arabalara giden yolu açarak inanılmaz bir başarı göstermişti.) Bu rekabet ortamı ayrıca yapay zekâ alanındaki gelişmelerin reklamını yapmak için de mükemmel bir forumdu. Yıllarca süren abartılı ve yanıltıcı sürecin üstüne artık gerçek kazanımların havasını atmanın zamanı gelmişti. Dünya, robotların insanlar için uygun olmayan önemli görevleri gerçekleştirebildiğini görecekti.

Kurallar son derece kısa ve netti. Kazanan robotun araba sürmek, molozları kaldırmak, kapı açmak, sızdıran bir vanayı kapatmak, yangın söndürme hortumunu takmak ve vanayı açmak dahil olmak üzere sekiz basit görevi yerine getirebilmesi gerekiyordu. Yarışmacılar ün ve para ödülü için çekişiyor; dünyanın dört bir yanından başvurular yağıyordu ancak sonuçlar yeni bir çağın kapılarını aralamaktan öte utanç vericiydi. Birçok robot görevleri yerine getirmeyi başaramadığı gibi bazıları da kameraların önünde yere düştü. Bu yarışma, yapay zekânın tepeden inme yaklaşımının önerdiğinden biraz daha karmaşık olduğunu gösterdi.

ÖĞRENEEN MAKİNELER

Diğer yapay zekâ araştırmacıları, tepeden inme yöntemi tamamen terk edip aşağıdan yukarıya doğru Doğa Ana'yı taklit et-

meyi tercih etti. Bu alternatif strateji, uzayda işlev görebilecek robotların üretimi için daha umut verici bir yol önerebilir. Yayıp zekâ laboratuvarlarının dışında, bizim tasarlayabileceğimiz herhangi bir şeyden çok daha güçlü, gelişmiş otomatonlar bulunabilir. Bunlara hayvan adını veriyoruz. Ufak hamamböcekleri ormanda ustalıkla dolaşarak kendilerine eş ve yiyecek ararken, tam tersine bizim sakar ve hantal robotlarımızısalınıp geçerken kimi zaman duvarların alçısını döküyor.

Altmış yıl önce Dartmouth araştırmacılarının çabalarının altında yatan hatalı varsayımlar bugün alanın yakasını halen bırakmıyor. Beyin dijital bir bilgisayar değil. Herhangi bir programı, ana işlemcisi, Pentium çipi, altprogramları ve kodlaması yok. Tek bir transistörü yerinden çıkarırsanız bir bilgisayar muhtemelen çökecektir. Oysa insan beyninin yarısını alsanız halen iş görebilir.

Doğa, beyni nöral bir ağ, bir öğrenme makinesi olarak düzenleyerek programlama mucizeleri başarır. Dizüstü bilgisayarınızsa asla öğrenmez; bugün de dün ya da geçen yılki kadar aptaldır. Oysa insan beyni herhangi bir görevi öğrendikten sonra kendisini tam anlamıyla yeniden yapılandırır. İşte bu yüzden bir dili öğrenmeden önce bebeklerin ağzından anlaşılmayan şeyler çıkar ve bisiklet sürmeyi öğrenmeden önce yalpalarız. Bir görevi ne kadar çok yerine getirirseniz o kadar çok nöral yolun o görev için kuvvetleneceğini ifade eden Hebb yasasına göre sürekli tekrar nöral ağları zamanla geliştirir. Tıpkı sinirbilimde kullanılan "Birlikte ateşlenen nöronlar birbirlerine bağlanırlar" deyimini ya da daha önce duymuş olabileceğiniz "Carnegie Konser Salonu'na* nasıl giderim?" sorusuyla başlayan eski şakanın yanıtında olduğu gibi: Nöral ağlar bunun yanıtını "Alıştırma yap, alıştırma yap, alıştırma yap." diye verir.

Örneğin yürüyüşçüler belirli bir patika aşınmışsa bunun pek çok yürüyüşçünün o patikayı tercih ettiği ve onun muhtemelen

* 1891 yılında New York, Manhattan'da kurulan, açılışı Çaykovski tarafından gerçekleştirilen ve o zamandan bu yana en seçkin müzisyenlerin sahne aldığı dünyaca ünlü konser salonlarından biri. -çn.

gidilebilecek en iyi yol olduğu anlamına geldiğini bilir. Doğru yol, onu tercih ettiğiniz her sefer daha da pekişir. Aynı şekilde belirli bir davranışa ilişkin nöral yol da onu ne kadar harekete geçirirseniz o kadar kuvvetlenir.

Bu konu önemli çünkü uzayın keşfi öğrenen makinelerle gerçekleşecek. Robotlar uzayda sürekli yeni ve hiç olmadığı kadar farklı tehlikelerle yüzleşecek. Bu da onları bilim insanlarının bugünden hayal bile edemeyeceği senaryolarla karşı karşıya bırakacak. Sabit bir dizi acil durumu idare etmeye programlanmış bir robot işe yaramaz hale gelecektir çünkü kader ona beklenmeyen sunacaktır. Örneğin bir farenin genlerinde her bir senaryonun kodlanmış olması mümkün değildir çünkü karşılaşabileceği durumların sayısı sonsuzdur ancak genlerinin sayısı sınırlıdır.

Diyelim ki bir meteor yağmuru Mars'taki bir üssü vurdu ve birçok binada hasara yol açtı. Nöral ağları kullanan robotlar bu beklenmedik durumları idare ederek öğrenebilir ve her bir deneyimde daha iyi hale gelir. Oysa geleneksel, tepeden inmeceli robotlar öngörülmeyen bir acil durum karşısında kalakalacaktır.

Bu fikirlerin çoğu MIT'nin ünlü yapay zekâ laboratuvarının eski yöneticisi Rodney Brooks tarafından araştırmaya dahil edildi. Görüşmemiz sırasında, yüz bin nörondan oluşan mikroskobik bir beyne sahip sıradan bir sivrisineğin özel bir çaba sarf etmeden üç boyutta uçabildiğini ancak halen sendeleyerek yürüyebilen basit bir robotun o sonsuz karmaşıklıkta bilgisayar programlarıyla yönetilmesi gerektiğini şaşkınlıkla anlatmıştı. Brooks, altı bacağı üzerinde böcekler gibi yürümeyi öğrenebilen robotları "böcekbotlar [bugbot]" ve "böcektoitler [insectoid]" ile yeni bir yaklaşımın öncüsü oldu. Başlarda devriliyorlardı ancak her denemelerinde daha da iyiye gittiler ve nihayetinde bacaklarını gerçek böcekler gibi yönetmeyi başardılar.

Nöral ağları bir bilgisayara yerleştirme süreci derin öğrenme olarak bilinir. Bu teknoloji gelişmeyi sürdürdükçe birtakım endüstrilerde devrim yaratabilir. Gelecekte bir doktor ya da avukatla görüşmek istediğinizde akıllı duvarınızdan ya da kol saatinizden size interneti tarayıp düzgün bir tıbbi ya da hukuki tavsiye sunacak yazılım programları Robo-dok ya da Robo-avu-

kat bulmasını isteyebilirsiniz. Bu programlar yineleyen sorulardan öğrenerek size özel gereksinimlere yanıt vermekte ve belki de onları önceden sezmekte giderek daha iyi olacaktır.

Derin öğrenme ayrıca uzayda ihtiyaç duyacağımız otomatona erişmemizi de sağlayabilir. Gelecek on yıllar içinde tepeden inme ve aşağıdan yukarıya yaklaşımları bütünleştirilebilir ve böylelikle robotlara bazı bilgiler baştan dahil edilirken, nöral ağları aracılığıyla da faaliyet gösterip öğrenebilirler. Aletleri üç boyutta hareket ettirmelerine yarayacak örüntü tanımakta ve yeni durumları idare etmelerini sağlayacak sağduyuda ustalaşana kadar tıpkı insanlar gibi deneyimlerinden öğreneceklerdir. Mars'ta, Güneş Sistemi içinde ve ötesinde yerleşimler kurulmasında ve bunların sürdürülebilirliğinde kritik bir öneme sahip olacaklardır.

Belirli görevleri yerine getirmek üzere farklı robotlar tasarlanacaktır. Kanalizasyon sisteminde yüzmeyi öğrenebilen ve sızıntılar ile çatlakları tespit eden robotlar bir yılanı andıracaktır. Aşırı güçlü robotlar, inşaat alanlarındaki tüm ağır kaldırma işlerinin nasıl yapılacağını öğrenecektir. Kuşlara benzemesi olası insansız hava robotları, yabancı arazilerin nasıl araştırılıp inceleneneğini öğrenecektir. Yeraltı lav tüplerini keşfetmeyi öğrenecek robotlar bir örümceği andırabilir çünkü çok bacaklı canlılar engebeli arazilerde daha dengeli yürüyebilir. Mars'ın buzulları üzerinde gezinmeyi öğrenebilen robotlarsa akıllı kar araçlarına benzeyecektir. Europa'nın okyanuslarında nasıl yüzeceklerini ve cisimleri kavrayacaklarını öğrenebilen robotlar da bir ahtapot gibi görünecektir.

Uzayı keşfetmek için hem zamanla çevreye rastlayarak hem de doğrudan onlara konulan bilgileri kabul ederek öğrenebilen robotlara ihtiyacımız var.

Ne var ki robotların kendi başlarına büyük kentler kurmasını istiyorsak bu ileri düzey yapay zekâ bile yeterli gelmeyebilir. Robotbilimin nihai mücadelesi, çoğalabilen ve öz farkındalığı olan makineler yaratmaktır.

KENDİNİ ÇOĞALTAN ROBOTLAR

Kendini çoğaltma konusu hakkında ilk kez çocukken bir şeyler öğrendim. Okuduğum bir biyoloji kitabı, virüslerin kendi kopyalarını üretmek için hücrelerimizi gasp ettiğini, bakterilerinse bölünerek ve çoğalarak geliştiğini açıklıyordu. Bir kolonideki aylar ya da yıllarca denetimsiz bırakılmış bakterilerin sayısı Dünya'nın boyutuyla yarışır biçimde gerçekten sarsıcı miktarlara erişebilir.

Başlangıçta denetimsiz bırakılarak kendini çoğaltma olasılığı bana mantıkdışı görünse de sonradan mantıklı gelmeye başladı. Ne de olsa bir virüs kendi kendisini yeniden üretebilen kocaman bir molekülden başka bir şey değildir. O moleküllerden bir avuç kadarı burnunuza yerleştğinde bir hafta içinde soğuk algınlığı yaşamınıza neden olabiliyor. Tek bir molekül hızla kendisinin trilyonlarca kopyasına dönüşerek sizi hapsiştirmeye yetecek kadar çoğalabilir. Aslına bakarsanız her birimiz annemizin içinde, çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük tek bir döllenen yumurta olarak yaşama başlıyoruz. Ne var ki kısacık bir dokuz ay içinde bu ufak hücre bir insana dönüşüyor. Kısacası insan yaşamı bile hücrelerin üstel bir şekilde büyümesine bağlı.

Yaşamın ta kendisinin temelini oluşturan, kendini çoğaltmanın gücü budur ve sırrı da DNA molekülünde yatar. Bu mucizevi molekülü diğerlerinin tümünden sahip olduğu iki yetenek ayırır: İlki çok büyük miktarlarda bilgi içerebilmesi, ikincisi de yeniden üreyebilmesidir. Tabii belki makineler de bu özellikleri taklit edebilir.

Kendini çoğaltan makineler fikri aslında evrim kavramı kadar eskidir. Darwin bir dönüm noktası olan kitabı *Türlerin Kökeni'ni* (the *Origin of Species*) yayınladıktan kısa bir süre sonra Samuel Butler "Makineler Arasında Darwin (Darwin Among the Machines)" başlıklı bir makale yayınladı. Bu makalede günün birinde makinelerin de yeniden üreyeceğini ve Darwin'in kuramına göre evrimleşmeye başlayacaklarını savunuyordu.

Oyun kuramı dahil olmak üzere, matematiğin birkaç yeni dalına öncülük eden John von Neumann 1940'lı ve 1950'li yıl-

larda kendini çoğaltan makinelere matematiksel bir yaklaşım geliştirmeyi denedi. "Kendini çoğaltan en ufak makine nedir?" sorusundan yola çıkarak bu problemi birkaç adıma böldü. Örneğin ilk adım bina bloklarıyla dolu büyük bir teneke toparlamaktı (bunun için tektipleştirilmiş çeşitli şekillerde bir yığın lego bloku hayal edin). Ardından iki bloku alıp birleştirebilecek bir montaj makinesi yaratmanız gerekecekti. Üçüncü adımdaysa montajcıya hangi parçaların, hangi sırayla bir araya getirileceğini söyleyebilecek bir program yazacaktınız. Bu son adım en önemlisidir çünkü oyuncak bloklarla oynamış olan herhangi birisi azıcık parçayla en özenli ve zekice hazırlanmış yapılar doğabileceğini bilir; yeter ki doğru bir şekilde bir araya getirilsinler. Von Neumann da bir montaj makinesinin kendisini kopyalamak için yapması gereken en az sayıda işlem sayısını belirlemek istedi.

Von Neumann nihayetinde bu özgün projeden vazgeçti. Proje, tam olarak kaç blok kullanıldığı ve bunların şekillerinin neler olduğu gibi bir dizi rastgele varsayıma dayanıyordu ve bu yüzden matematiksel olarak çözümlemesi epey zordu.

UZAYDA KENDİNİ ÇOĞALTAN ROBOTLAR

Kendini çoğaltan robotlar için bir sonraki çaba 1980'de NASA'nın öncülük ettiği Uzay Görevleri için İleri Otomasyon (Advanced Automation for Space Missions) araştırması oldu. Araştırma raporu kendini çoğaltan robotların uydu yerleşimleri kurmak için çok önemli olacağını ortaya koydu ve en az üç tip robotun gerekli olacağını tespit etti. Kazı yapan robotlar temel hammaddeyi toplarken inşaat robotları malzemeleri eritip işleyerek yeni parçaları birleştirir ve onarım robotları da hem kendilerini hem de çalışma arkadaşlarını insan müdahalesi olmadan onarıp sürekliliklerini sağlardı. Rapor aynı zamanda robotların nasıl bağımsız çalışabileceğine ilişkin de bir görüş sunmuştu. Tutma kancaları ya da dozer küreğiyle donatılmış akıllı yük arabaları gibi robotlar da bir dizi rayda hareket ederek kaynakları taşıyabilir ve onları istenen forma sokacak şekilde işleyebilir.

Şans eseri gelişen zamanlaması sayesinde araştırma büyük bir avantaja sahipti. Bu araştırma astronotların yüzlerce kilogram ağırlıkta Ay taşını yeryüzüne getirmelerinden ve bunların metal, silikon ve oksijen içeriklerinin Dünya taşlarıyla neredeyse aynı olduğunu öğrenmemizden çok kısa bir süre sonra gerçekleştirildi. Ay'ın kabuğunun büyük bir bölümü anakaya, eski lav akıntıları ve meteor darbelerinden kalan molozların birleşiminden meydana gelen regolitten oluşuyordu. Rapor, regolit çıkarma ve ardından kullanılabilir metaller elde etmek için eritme olasılığını ayrıntılarıyla açıklıyordu.

Bu araştırmadan sonra insanların heyecanı kayboldukça, kendini çoğaltan makinelerle ilgili ilerleme de on yıllar boyunca durdu. Oysa artık Ay'a ve Kızıl Gezegen'e erişmek için yeni bir ilgi doğmuşken tüm bu düşünce de yeniden gözden geçiriliyor. Örneğin bu fikirlerin Mars'taki bir üsse uygulanması şöyle gelişebilir: Önce çölü araştırmalı ve fabrika için ayrıntılı bir proje düzenlemeliyiz. Sonrasında kayaların ve pisliğin içine delikler açıp her bir deliği patlayıcılar yerleştirerek patlatmalıyız. Gevşek kayalar ve molozlar, dozerler ve mekanik küreklerle oyularak temel bir düzey edinilebilir. Kayalar ufalanarak küçük çakıllar halinde öğütülüp, toprağı eritecek ve sıvı metallerin ayrıştırılması ile açığa çıkartılmasına yarayacak olan mikrodalgaların çalıştırdığı eritme fırınına konulabilir. Metaller, saflaştırılmış külçelere dönüştürülerek ayrıştırılabilir ve ardından işlenerek herhangi bir yapı için gereken inşaat parçaları olan tellere, kablolar, kırıslara ve başka şeylere dönüştürülebilir. Bu şekilde Mars'ta bir robot fabrikası kurulabilir. İlk robotlar üretildiğindeyse fabrikanın yönetimi bunlara devredilerek daha fazla robot üretilmeye devam edilebilir.

NASA raporunun çıktığı dönem mevcut olan teknoloji kısıtlıydı ancak o zamandan bu yana büyük yol kat ettik. Robotbilim için umut vadeden bir gelişme 3-D yazıcılardır. Artık bilgisayarlar en muazzam karmaşıklıkta makine parçalarını katman katman üretmek için plastik ve metallerin hassas akışını yönetebilir durumda. 3-D yazıcı teknolojisi öyle ileri ki mikroskobik bir uçla insan hücrelerine teker teker atış yaparak gerçekten insan do-

kusu yaratabilir. Bir zamanlar Discovery Channel'da sunduğum bir belgesel bölümünde bu makineye kendi yüzümü yerleştirmiştim. Lazer ışınları hemen yüzümü taradı ve bulgularını bir dizüstü bilgisayara kaydetti. Bu bilgiler ufacık bir ağızdan titizlikle sıvı plastik dağıtan bir yazıcıya aktarıldı. Yaklaşık yarım saat içinde kendi yüzümün plastik bir maskesine sahiptim. Daha sonra yazıcı tüm bedenimi taradı ve birkaç saat içinde tıpkı bana benzeyen plastik bir aksiyon figürü yarattı. Bu da demek oluyor ki gelecekte aksiyon figürleri koleksiyonumuzda Süpermen'in hemen yanında yer alabileceğiz. Gelecekteki 3-D yazıcılar işlev sahibi organlar meydana getiren hassas dokuları ya da kendini çoğaltabilen bir robot yapmak için gereken makine parçalarını yeniden yaratma yetisine sahip olabilir. Dahası robot fabrikalarıyla da bağlantılandırılabilirler ve böylelikle erimiş metaller doğrudan daha fazla robota dönüştürülebilir.

Mars'ta kendini çoğaltabilen ilk robot, üretilmesi en zor robot olacak. Bu işlem Kızıl Gezegen'e çok büyük üretim donanımları nakledilmesini gerektirecek. Ancak ilk robot üretildiğinde kendi kopyasını yaratması için tek başına bırakılabilecek. Ardından iki robot kendi kopyalarını yapacak ki bu da dört robotla sonuçlanacak. Robotların bu üstel büyümesiyle kısa zaman içinde ıssız arazi yapısını değiştirmeye yetecek genişlikte bir filoya sahip olacağız. Bunlar toprağı kazacak, yeni fabrikalar inşa edecek, ucuz ve etkin bir biçimde kendilerinin sınırsız sayıda kopyasını üretecek. Bu sayede asteroit kuşağında kazı çalışmaları yürüterek, Ay'da lazer akümülatörleri inşa ederek, yörüngede devasa yıldız gemilerinin montajını yaparak ve Güneş Sistemi'nin dışındaki uzak gezegenlerdeki koloniler için temelleri oluşturarak yalnızca Mars'ta değil tüm uzayda engin bir tarım endüstrisi yaratabilir ve modern uygarlığın yükselişini sağlayabilirler.

Yine de bu kilometre taşının ötesinde muhtemelen robotbilimin kutsal kâsesi duruyor: Öz farkındalık sahibi makineler. Bu robotlar yalnızca kendilerinin kopyalarını üretmekten çok daha fazlasını yapabilir. Kendilerinin kim olduklarını anlayabilir ve liderlik rollerini üstlenebilirler: Başka robotları denetlemek, komutlar vermek, projeler tasarlamak, işlemleri yürütmek ve

yaratıcı çözümler önermek bunlardan bazılarıdır. Bize karşılık vererek mantıklı tavsiye ve önerilerde bulunabilirler. Ne var ki özfarkındalığı olan robotlar kavramı karmaşık varoluşsal soruları beraberinde getirir ve açıkçası bu makinelerin insan yaratıcılarına karşı ayaklanma olasılığından korkan kimi insanların ödünü patlatır.

ÖZFARKINDALIK SAHİBİ ROBOTLAR

2017’de iki milyarder, Facebook’u bulan Mark Zuckerberg ve SpaceX ile Tesla’nın kurucusu Elon Musk arasında bir çekişme doğdu. Zuckerberg yapay zekânın tüm toplumu zenginleştirecek bir bolluk ve huzur üreticisi olacağını ifade ediyordu. Musk ise aslında tüm insanlık için varoluşsal bir tehlike taşıdığı, günün birinde kendi yaratımımızın bize saldırabileceği gibi çok daha karanlık bir görüşü savunuyordu.

Hangisi haklı? Uydu üslerimizi ve Mars’taki kentlerimizi devam ettirebilmek için çoğunlukla robotlara bel bağlarsak ve bir gün artık bize gereksinimleri olmadığına karar verirlerse ne olacak? Uzayda sırf robotlara kaybetmek üzere koloniler mi kurmuş olacağız?

Bu endişe epey eski ve aslında romancı Samuel Butler’ın 1863’te yazdığı şu uyarısında da geçtiği gibi “Yerimizi alacak olanları kendimiz yaratıyoruz. İnsan için at ya da köpek ne ise makine için de insan öyle olacak.” Zamanla robotlar bizden daha akıllı hale geldikçe kendimizi yetersiz hissedebilir ve kendi yaratımımız tarafından gölgede bırakılabiliriz. Yapay zekâ uzmanı Hans Moravec “Kaderimiz, aşırı zeki torunlarımız olağanüstü keşiflerini anlayabilelim diye çocuğa anlatır gibi bize anlatmaya çalışırken aptallaşmış gözlerle onları izlemekse, yaşam anlamsız görünebilir.” demiştir. Google’ın bilim insanı Geoffrey Hinton süper zeki robotların bizi dinlemeye devam edeceğinden kuşku: “Bu, tıpkı bir çocuğun ebeveynlerini kontrol edip edemeyeceğini sormaya benziyor... Geçmişte daha az zeki şeylerin, daha yüksek zekâdaki şeyleri kontrol ettiğine ilişkin başarılı bir

örnek olduğu söylenemez." Oxford'dan profesör Nick Bostrom da "Biz insanlar, bir zekâ patlaması olasılığının hemen öncesinde bombayla oynayan çocuklar gibiyiz... Patlamanın ne zaman gerçekleşeceği hakkında az buçuk bir fikrimiz var ancak cihazı kulağımıza yaklaştırsak da hafif bir tik tak sesi duyarız."

Diğerleri robotların ayaklanması evrimin seyrinde işlediğine ilişkin bir durum olacağına inanıyor. En güçlü olan daha zayıf organizmaların yerini alır; nesnelerin doğal düzeni böyledir. Bazı bilgisayar bilimciler robotların insanları bilişsel olarak alt edeceği günü iple çekiyor. Bilişim kuramının [information theory] babası Claude Shannon bir keresinde "İnsanlar için köpekler ne ise robotlar için öyle olacağımız bir zamanı kafamda canlandırıyorum ve makinelerin tarafını tutuyorum." demişti.

Yıllar içinde görüştüğüm yapay zekâ araştırmacılarının çoğu, günün birinde yapay zekâ makinelerinin insan zekâsına yaklaşacağına ve insanlığa büyük katkıları olacağına güveniyordu. Ne var ki büyük bir bölümü bu ilerleme için kesin tarih ya da zaman çizelgesi sunmaktan kaçınıyordu. Yapay zekâ üzerine temel makalelerden bazılarını yazan MIT'den profesör Marvin Minsky 1950'lerde iyimser tahminlerde bulunsada yakın zamanda yaptığımız bir görüşmede bana daha fazla belirli tarihlere ilişkin tahminde bulunmak istemediğini çünkü yapay zekâ araştırmacılarının geçmişte çok sık yanıldığını söyledi. Stanford Üniversitesi'nden Edward Feigenbaum da "Bu gibi şeyler hakkında bu kadar erken konuşmak saçma. Yapay zekâ bize sonsuz uzaklıkta." iddiasında bulunmuştur. *New Yorker*'daki bir makalede, alıntılanmış bir bilgisayar bilimci ise "Nasıl ki Mars'taki nüfus yoğunluğuna ilişkin bir endişe taşıımıyorsam bunun [makinelerin zekâsı] hakkında da aynı nedenden dolayı bir endişe duymuyorum." diyor.

Zuckerberg/Musk çekişmesine dönersek, bence kısa vadede Zuckerberg haklı. Yapay zekâ uzayda kentler kurulmasını mümkün kılmakla kalmayacak, günün birinde robotbilim endüstrisinin meydana getirdiği, şimdiki otomobil endüstrisinden çok daha genişleyebilecek tamamen yeni bir dizi iş de yaratarak her şeyi daha etkili, iyi ve ucuz hale getirip toplumu zenginleştire-

cek. Ne var ki uzun vadede de Musk daha büyük bir tehlikeye işaret etmekte haklı. Bu tartışmadaki temel soru şu: Robotlar hangi noktada bu geçişi yaşayacak ve tehlikeli hale gelecek? Ben kilit noktanın tam da robotların özfarkındalık kazandığı an olduğuna inanıyorum.

Bugün robotlar, robot olduklarını bilmeseler de bir gün programcılarının seçtiği amaçlara uymak yerine kendi amaçlarını yaratma yetisine sahip olabilirler. O zaman da kendi gündemlerinin bizimkinden farklı olduğunu fark edebilirler. Bir kez çıkarlarımız ayrı düştüğündeyse robotlar tehlike oluşturmaya başlayabilir. Bu ne zaman gerçekleşir? Kimse bilmiyor. Günümüzde robotların zekâsı bir böceğinki kadar olsa bile belki de bu yüzyılın sonlarında özfarkındalık kazanabilirler. O zamana kadar Mars'ta hızla gelişen kalıcı yerleşimlere de sahip olacağız. Bu nedenle bu soruyu Kızıl Gezegen'de hayatta kalmak için onlara bağımlı hale gelmemizden önce, şimdiden sormamız çok önemli.

Bu kritik meseleye ilişkin biraz içgörü kazanmak için en iyi ve en kötü durum senaryolarını incelemek yararlı olabilir.

EN İYİ VE EN KÖTÜ DURUM SENARYOLARI

En iyi durum senaryosunu öneren kişi, bir mucit ve çok satan yazarlardan olan Ray Kurzweil'dir. Onunla her görüştüğümde bana çok net ve ilginç ancak tartışmalara neden olacak bir gelecek görüşü sunar. Kurzweil, 2045'e kadar "tekilliğe" [singularity] ya da robotların insan zekâsıyla eşitlendiği ya da onu aştığı noktaya erişeceğimize inanıyor. Bu kavram fizikteki, bir kara delikte olduğu gibi sonsuz kütleçekim bölgelerini kasteden kütleçekim tekilliği kavramından geliyor. Bilgisayar bilime, bilgisayar devriminin "insan yaşamının tarzında esaslı bir tekilliğe yaklaşıldığı görüntüsü veren ve durmadan artan bir ilerleme ve değişim..." yaratacağını "ve bunun bildiğimiz haliyle insan ilişkileriyle sürdürülemeyeceğini" yazan matematikçi John von Neumann tarafından sunulmuştur. Kurzweil, tekillik başladığında bin dolar-

lık bir bilgisayarın, tüm insanların birleşiminden bir milyar kez daha zeki olacağını iddia eder. Dahası bu robotlar kendilerini geliştirebilir ve bir sonraki nesiller bunların kazandığı özellikleri miras alarak her bir neslin bir öncekine üstün gelmesiyle artan döngülerde yüksek işlevli makineler meydana gelebilir.

Kurzweil, robot yaratımlarımızın var olanı ele geçirmek yerine sağlık ve bolluk dolu yeni bir dünyanın kilitlerini açacağını iddia ediyor. Ona göre mikroskobik robotlar ya da nanorobotlar kanımızda dolaşarak "hastalık mikroplarını yok edecek, DNA yanlışlarını düzeltecek, toksinleri ortadan kaldıracak ve fiziksel iyiliğimizi sağlamak için birçok başka görevi yerine getirecektir." Bilimin yakın zamanda yaşlanmaya karşı bir tedavi geliştireceği konusunda umutlu ve yeterince yaşarsa sonsuza kadar da yaşayabileceğine yönelik büyük bir inanç besliyor. Bana söylediği kadarıyla günde birkaç yüz ilaç alarak kendi ölümsüzlüğünü bekliyor. Olur da bunu başaramazsa bedeninin bir beden dondurma firmasında sıvı azot içinde korunmasını istiyor.

Kurzweil robotların, Dünya'nın atomlarını bilgisayara çevirdiği çok daha uzak bir geleceği de öngörüyor. Güneş'in ve Güneş Sistemi'nin bütün atomları nihayetinde bu devasa düşünen makinenin içine çekilecek. Bana, bazen gökyüzüne baktığında zamanı gelince süper akıllı robotların yıldızları yeniden düzenlediğinin kanıtlarına tanıklık edebileceğini hayal ettiğini anlatmıştı.

Ne var ki bu ümit verici gelecek konusunda herkes ikna olmuş değil. Lotus Gelişim Firması'nın (Lotus Development Corporation) kurucusu Mitch Kapor tekillik hareketinin "özünde dinsel dürtülerden kaynaklandığını ve gerçeğin, tüm o öfkeli el kol hareketlerinin arkasına saklanamayacağını" ifade ediyor. Hollywood da Kurzweil'in ütopyasına, bizi bir kenara itip dodo kuşu gibi neslimizi tüketecek kendi evrimsel torunlarımızı yarattığımız anlamına gelebilecek en kötü durum senaryosuyla karşılık verdi. *Terminatör* filminde ordu tüm nükleer silahlarımızı kontrol eden Skynet adında akıllı bir bilgisayar ağı yaratır. Bunun bizi nükleer savaş tehdidine karşı koruması gerekiyor olsa da Skynet daha sonra özfarkındalık kazanır. Ordu, makinenin

kendisine ait bir zihin geliştirdiğinden endişe duyarak onu kapatmayı dener. Kendisini korumaya programlanmış olan Skynet ise bunu önlemek için yapabileceği tek şey olan insan ırkını yok etmeye girişir. Tahrip edici bir nükleer savaş başlatarak uygarlığı yok eder. İnsanlardan geriye makinelerin muazzam gücünü alt etmeye çalışan dağınık bir grup uyumsuz kişi ve gerillalar kalır.

Hollywood yalnızca sinemaya gidenlerin korkudan altına kaçırmalarını sağlayarak bilet satmaya mı çalışıyor? Yoksa bu gerçek olabilir mi? Bu soru kimi bakımlardan çok sıkıntılı çünkü kendinin farkında olma ve bilinç kavramları, onları anlamamız için gereken uzlaşmış, kesin bir sistem eksikliği yaşadığımız için ahlaki, felsefi ve dini tartışmalarla gölgelenmiş durumda. Makine zekâsı üzerine tartışmaya devam etmeden önce özfarkındalığa ilişkin net bir tanım geliştirmemiz gerekiyor.

BİLİNCİN UZAY-ZAMAN KURAMI

Adına bilincin uzay-zaman kuramı dediğim bir kuram ortaya attım. Bu sınanabilir, yinelenebilir, yanlışlanabilir ve ölçülebilirdir. Yalnızca özfarkındalığı tanımlamakla da kalmayıp bir tartıda onu ölçmemize de olanak sağlar.

Kuram; hayvanların, bitkilerin ve hatta makinelerin bile bilinç sahibi olabileceğinden yola çıkıyor. İddiam, bilincin bir amacı gerçekleştirmek için örneğin uzayda, toplumda ya da zamanda çoklu geribesleme döngüleri kullanarak kendinize ait bir model üretme süreci olduğu yönünde. Bilinci ölçmek için de yalnızca öznelere kendilerine ait bir modele ulaşmaları için gereken geribesleme döngülerinin sayılarını ve türlerini sayarız.

Bilincin en ufak birimi, ısı ya da ışık bağlamında kendisine ait bir model yaratmak için tek bir geribesleme döngüsü kullanan termostat ya da fotoselde bulunabilir. Bir çiçek de suyu, ısıyı, kütleçekiminin yönünü, Güneş ışığını vb. şeyleri ölçen on kadar geribesleme döngüsüne sahip olacağından, diyelim ki on birim bilince sahiptir. Kuramıma göre bu döngüler belirli bilinç

düzeylerine göre sınıflandırılabilir. Bu durumda termostatlar ve çiçekler 0 seviyesine ait olacaktır.

Düzey 1 bilinç sürüngenlerde, meyve sineğinde ve sivrisineklerde bulunur çünkü bunlar kendilerine mekâna göre modeller üretirler. Bir sürüngenin avının koordinatları ile olası eşlerinin, düşmanlarının ve kendisinin konumunu belirleyecek sayısız geribesleme döngüsü vardır.

Düzey 2, sosyal hayvanları içerir. Geribesleme döngüleri sürüleri ya da soylarıyla ilişkilidir ve duygular ile jestler tarafından ifade edilen gruptaki karmaşık sosyal hiyerarşiye uygun modeller üretirler.

Bu düzeyler kabaca memeli beyninin evrimsel aşamalarını taklit eder. Beynimizin en eski bölümü, denge, bölgecilik ve içgüdülerin bulunduğu iyice arkasıdır. Beyin ileriye doğru genişlemiştir ve beynin merkezinde yer alan, duyguların maymun beyni olan limbik sistemi geliştirmiştir. Bu geriden öne doğru ilerleme çocuk beyninin de olgunlaşma yoludur.

Öyleyse bu tasarıya göre insan bilinci nedir? Bizi bitkilerden ve hayvanlardan ne ayırır?

Bana kalırsa insanları hayvanlardan ayıran şey, bizim zaman algımız olmasıdır. Dahası mekânsal ve sosyal bilincin yanı sıra geçici bilince de sahibiz. Beynin en son gelişen bölümü alnımızın hemen ardında yer alan prefrontal kortektir. Bu bölüm sürekli geleceğe ilişkin simülasyonlar sunar. Hayvanların örneğin kış uykusuna yatması planlanmış gibi görünse de bu davranışlar büyük oranda içgüdülerin sonucudur. Evcil kedi ya da köpeğimize yarının anlamını öğretmeniz mümkün değildir çünkü onlar şimdiki zamanda yaşar. Diğer yandan insanlar sürekli gelecek ve hatta kendi ömürlerinin ötesi için hazırlık yapar. Bizler planlar yapar, hayaller kurarız ve buna engel olamayız. Beyinlerimiz birer planlama makinesidir.

MR taramaları bir görevi yerine getirmeye hazırlandığımızda aynı göreve ilişkin önceki anılarımıza ulaştığımızı ve bunları birleştirdiğimizi, bunun da planlarımızı daha gerçekçi kıldığını gösterdi. Bir kuram hayvanların gelişmiş bir hafıza sistemi olmadığını çünkü içgüdülerine güvendikleri için geleceği öngöre-

bilmeye gereksinim duymadıklarını ileri sürer. Bir diğer deyişle hafızamız olmasının en önemli amacı onu geleceğe yansıtmak olabilir.

Bu kapsamda artık kendimizi bir amaçla tutarlı bir geleceğin simülasyonunun içine koyma yetisi olarak anlaşılabilir olan öz-farkındalığı tanımlayabiliriz.

Bu kuramı makinelere uyguladığımızda şimdiki en iyi makinelerimizin uzaydaki konumlarını tespit edebilme yetilerine bakarak Düzey 1 bilincin en düşük basamağında kaldıklarını görürüz. DARPA Robot Yarışması için yapılanlar gibi çoğu boş bir odada yönünü zor bulur. Google'ın DeepMind bilgisayarı gibi geleceği kısmen canlandırabilen bazı robotlar da vardır ancak bu son derece dar bir açıda gerçekleşir. DeepMind'dan bir Go oyunundan başka bir şey başarmasını isterseniz donup kalacaktır.

Terminatör'ün Skynet'i gibi öz-farkındalığı olan bir makineye erişmek için daha ne kadar ileriye gitmeliyiz ve atmamız gereken adımlar ne olmalı?

ÖZFARKINDALIK SAHİBİ MAKİNELER YARATMAK

Özfarkındalığı olan makineler yaratmak için onlara bir hedef vermemiz gerekir. Amaçlar robotlarda sürpriz bir şekilde belirmez; aksine dışarıdan programlanmaları gerekir. Bu koşul makinelerin ayaklanmasına karşı muazzam bir engel oluşturur. 1921'de yazılmış olan ve *robot* sözcüğünün ilk kez uydurulduğu *R.U.R* oyununu ele alalım. Oyunun taslağında, başka robotlara eziyet edildiğini gördükleri için ayaklanan robotlardan bahsedilir. Bunun gerçekleşebilmesi için makinelerin yüksek seviyede programlanması gerekir. Robotlar empati, acı ya da dünyayı ele geçirme arzusunu, bunları hissetmeye programlanmadıkları sürece hissetmezler.

Yine de tartışmayı sürdürmek için diyelim ki birisi robotumuza insanlığı yok etme amacı verdi. O zaman bilgisayarın gelecek hakkında gerçekçi simülasyonlar yaratması ve kendisini bu planlara yerleştirmesi gerekir. İşte şimdi önemli bir sorunla

karşı karşıyayız. Olası senaryoları ve sonuçları listeleyip ne kadar gerçekçi olduklarını değerlendirebilmek için robotun bizim kanıksadığımız basit fizik yasaları, biyoloji ve insan davranışları gibi milyonlarca sağduyu kuralını anlaması gerekecektir. Dahası nedensellik ilkesini anlaması ve bazı eylemlerin sonuçlarını önceden sezmesi de gerekir. İnsanlar bu yasaları onlarca yıllık deneyimlerden öğrenir. Çocukluğun bu kadar uzun sürmesinin bir nedeni, insan toplumu ve dünyanın doğasına ilişkin hemen göze çarpmayan ancak kavranması gereken çok fazla bilgi olmasıdır. Robotlarsa paylaşılan deneyimleri kullanarak girilen çok sayıda etkileşime maruz kalmamıştır.

Bir sonraki vurgununu etkili bir şekilde planlayan ve polisi kurnazlıkla alt eden deneyimli bir banka soyguncusunun durumunu düşünelim: Bunu yapabilmek için geçmiş banka soygunu deneyimlerinin anılarından oluşan büyük bir deposu vardır ve aldığı her kararın etkilerini anlayabilir. Oysa bir bilgisayarın bir silah almak gibi basit bir eylemin üstesinden gelmek için her biri milyonlarca satır bilgisayar kodu içeren binlerle numaralanmış, karmaşık ikincil olayı incelemesi gerekir. Doğası gereği neden ve sonuç ilişkisini kavrayamaz.

Robotların özfarkındalık sahibi olması ve tehlikeli amaçlar edinmesi kesinlikle mümkün ancak bunun özellikle öngörülebilir gelecekte neden çok düşük bir olasılık olduğunu siz de anlayabilirsiniz. İnsan ırkını yok etmek için bir makinenin gereksinim duyacağı bütün denklemleri yerleştirmek, gerçekleştirilmesi son derece zor bir iş olacaktır. Katil robotlar sorunu, herhangi birinin onları insanlara zarar verecek hedefler edinmeleri yönünde programlamasını önleyerek büyük ölçüde saf dışı bırakılabilir. Özfarkındalığı olan robotlar geldiğinde ölümcül düşünceler beslemeye başlamaları halinde onları kapatacak bir tehlike önleme çipi eklemeliyiz. Kısacası yakın bir zamanda, yerimizi alan robotların bize parmaklıkların arasından fıstık fırlattığı ve bizi dans etmeye zorladığı bir hayvanat bahçesine kapatılmayacağımızı bilerek rahat bir nefes alabiliriz.

Bunun anlamı, dış gezegenleri ve yıldızları keşfederken uzak uydular ve gezegenler üzerinde yerleşimler ve kentler kurma-

mız için gereken altyapıyı inşa etmekte robotların bize yardım edeceğine güvenebileceğimizdir. Ne var ki amaçlarının bizimkilerle uyumlu olduğundan ve tehlike oluşturmaları halinde kullanabileceğimiz bir tehlike önleyici mekanizmaları bulunduğundan da emin olmalıyız. Robotlar öz farkındalık sahibi olduğunda tehlikede kalacak olsak da bu yüzyılın sonundan ya da gelecek yüzyılın başından önce böyle bir şey gerçekleşmeyeceği için hazırlanmaya zamanımız var.

ROBOTLAR NEDEN CİNNET GEÇİRİR?

Yine de yapay zekâ araştırmacılarının uykularını kaçıran *bir* senaryo var. Bir robota belirsiz ya da yanlış ifade edilen ve uyulanırsa büyük bir yıkıma yol açacak olan bir komut verilmesi mümkündür.

Ben, Robot (I, Robot) filminde kentin altyapısını kontrol eden VIKI adında bir ana bilgisayar vardır. VIKI'ye insanlığı koruma komutu verilmiştir. Ne var ki insanların diğer insanlara nasıl davrandığını araştıran bilgisayar, insanlığa karşı en büyük tehdidi insanlığın oluşturduğu sonucuna varır. Bunun üzerine matematiksel olarak insanlığı korumanın tek yolunun onun üzerinde kontrol sahibi olması olduğuna karar verir.

Bir başka örnek de Kral Midas'ın öyküsüdür. Midas, Tanrı Dionysos'tan dokunduğu her şeyi altına çevirme becerisi ister. Başta bu güç zenginliğe ve ihtişama giden kesin bir yol gibi görünse de sonra Midas kızına dokunur ve onu altına çevirir. Yemeği de yenilemez hale gelir. Sonunda kendisini almak için yalvardığı hediyenin kölesi olarak bulur.

H. G. Wells de kısa öyküsü "Mucizeler Yaratabilen Adam (The Man Who Could Work Miracles)" da benzer bir belayı keşfe çıkmıştır. Günün birinde sıradan bir tezgâhtar inanılmaz bir beceri sahibi olur. Dilediği her şey gerçekleşmektedir. Bir gece arkadaşıyla içmeye çıkarlar ve yol üstünde mucizeler gerçekleştirir. O gecenin hiç bitmemesini istedikleri için de adam çok masum bir biçimde Dünya'nın dönmeyi bırakmasını ister. Bunun

üzerine aniden sert rüzgârlar eser ve muazzam seller üzerlerine gelir. İnsanlar, binalar ve kentler Dünya'nın dönme hızı olan saatte bin kilometre hızla uzaya savrulur. Gezegeni mahvettiğinin farkına vardığında son dileği her şeyin gücünü kazanmadan önceki, normal haline dönmesi olur.

İşte bilimkurgu bize temkinli olmaya çalışmayı öğretiyor. Yayıp zekâyı geliştirirken titizlikle olabilecek her sonucu, özellikle de hemen kendini açık etmeyebilecek olanları incelemeliyiz. Ne de olsa bizi insan yapan şeyin bir parçası da bunu yapabilmemiz.

KUANTUM HESAPLAMA

Robotbilimin geleceği hakkında tam bir resim elde etmek için, bir bilgisayarın içinde neler döndüğüne daha yakından bakalım. Şu anda birçok dijital bilgisayar silikon devreler üzerine kurulu ve bilgisayar gücünün her on sekiz ayda bir ikiye katlandığını belirten Moore yasalarına uyuyor. Ancak son birkaç yılda teknolojik gelişmeler, geçen on yıllardaki aşırı temposuna göre düşmeye başladı. Bazıları bunun yerine Moore'un yasalarının çöktüğü ve programlama gücünün neredeyse üstel bir şekilde büyümesine bağlı hale gelmiş olan dünya ekonomisinin ciddi bir biçimde bozulduğu uç noktada bir senaryo koydu. Bu senaryo gerçekleşirse Silikon Vadisi bir diğer Pas Kuşağı haline gelebilir. Bu olası krizin önünü almak için dünyanın dört bir yanından fizikçiler silikonun yerini alacak bir şey arıyor. Moleküler, atomik, DNA, kuantum nokta, optik ve protein bilgisayarlar dahil olmak üzere çeşit çeşit alternatif bilgisayarlar üstüne çalışıyorlar ancak hiçbiri sergilenmeye hazır değil.

Bu karışımında bir de joker var. Silikon transistörler gittikçe ufalarak sonunda atom boyutuna erişecekler. Şu anda standart bir Pentium çip yaklaşık yirmi atom kalınlığında bir silikon katmana sahip olabilir. Bir on yıl içindeyse bu çipler yalnızca beş atom derinliğinde katmanlara sahip olacak ve bunun olması halinde kuantum kuramının öngördüğü şekilde elektronlar kısa devrelere neden olarak sızıntı yapmaya başlayabilir. Devrimsel

bir bilgisayar şart. Muhtemelen grafeni temel alan moleküler bilgisayarlar silikon çiplerin yerini alabilir. Yine de bir gün bu moleküler bilgisayarlar da kuantum kuramının tahmin ettiği etkilere sahip sorunlarla karşılaşacaktır.

O noktada, mümkün olan en ufak transistör olan tek bir atomla çalışabilen nihai bilgisayar olan kuantum bilgisayarını yapmamız gerekebilir.

Bunun şöyle çalışması mümkün olabilir: Silikon devreler elektron akışına ya açık ya da kapalı olan kapılar içerebilir. Bilgiler bu açık ya da kapalı olan devrelere göre depolanır. Bir dizi 1'ler ve 0'lara dayanan ikili matematik bu süreci 0'ın kapalı, 1'in ise açık bir kapıyı temsil edebileceği şeklinde açıklar.

Şimdi silikonu bir dizi bağımsız atomla yer değiştirmeyi düşünün. Atomlar bir kuzey ve bir de güney kutupları olan ufak mıknatıslar gibidir. Manyetik bir alana yerleştirildiklerinde ya aşağı ya da yukarı bakacaklarından kuşkulabilirsiniz. Gerçekte her bir atom son bir ölçüm yapıldıktan sonra aynı anda hem aşağıyı hem yukarıyı gösterir. Bir bakıma bir elektron aynı zamanda iki durumda olabilir. Bu durum sağduyuya karşı koysa da kuantum mekaniğine göre gerçektir ve sağladığı yarar inanılmazdır. Ancak mıknatıslar yukarıya ya da aşağıya baktığında çok fazla bilgi saklayabilirsiniz. Oysa her bir mıknatısta durumların bir karışımı varsa ufak bir tutam atomda çok daha büyük miktarlarda bilgi toplayabilirsiniz. Ya 1 ya da 0 olabilen her "bit" bilgi artık çok daha fazla depo alanı olan, karmaşık bir 1'ler ve 0'lar toplamı halindeki "kuantum bit"e [qubit] dönüşür.

Kuantum bilgisayarları bahsini açmamızdaki amaç, evreni keşfetmenin anahtarını tutuyor olma olasılıklarıdır. Temelde bir kuantum bilgisayarı bize insan zekâsını aşma yetisi sağlayabilir. Halen joker konumundalar. Kuantum bilgisayarlarının ne zaman erişilebilir olacağını ya da tam potansiyellerini bilmesek de uzay keşfinde paha biçilemez olabilirler. Yalnızca geleceğin yerleşimlerini ve kentlerini inşa etmektense bizi bir adım daha öteye götürerek gezegenlerin tamamını yaşanabilir kılmak için gereken üst düzey planlamayı yapma yetisi sunabilirler.

Kuantum bilgisayarları sıradan dijital bilgisayarlardan çok daha güçlüdür. Dijital bilgisayarların milyonlar arasındaki bir sayıyı çarpanlarına ayırarak iki daha küçük sayı elde etmek gibi son derece zor matematik problemlerine dayanan bir kodu kırması için daha birkaç yüzyıl geçmesi gerekebilir. Oysa yüksek sayıda karışık atom durumlarında hesaplama yapan kuantum bilgisayarları kodu hızla tamamlayabilirdi. CIA ve diğer casusluk teşkilatları bu bilgisayarların vaadinin ciddi olarak farkında. Birkaç yıl önce Ulusal Güvenlik Teşkilatı'na ait basına sızdırılan dağlar kadar sınıflandırılmış belgenin arasında kuantum bilgisayarlarının teşkilat tarafından dikkatle izlendiğini ancak yakın gelecekte çığır açıcı bir gelişme beklenmediğini belirten bir belge de vardı.

Kuantum bilgisayarları hakkında koparılan gürültü ve heyecan fırtınasına bakarak acaba onlara ne zaman sahip olmayı bekleyebiliriz?

NEDEN KUANTUM BİLGİSAYARLARIMIZ YOK?

Bağımsız atomlarla hesaplama yapmak hem bir nimet hem de lanet olabilir. Atomlar muazzam miktarlarda bilgi saklarken, en önemsiz safsızlık, titreşim ya da sıkıntı hesabı bozabilir. Atomları dış dünyadan tamamen soyutlamak gereklidir ancak çok da zordur. "Filik" adı verilen, uyum içinde titreştikleri bir duruma erişmeleri gerekir. Ancak birinin yan binada hapsi olması gibi en ufak bir müdahale atomların rastgele ve birbirinden bağımsız olarak titreşmesine neden olacaktır. "Eşevreliliğin kaybı" kuantum bilgisayarlarının geliştirilmesinde karşılaştığımız en büyük sorunlardan biridir.

Bu sorundan dolayı günümüzde kuantum bilgisayarları yalnızca temel hesaplamaları yapabilir. Aslına bakarsanız bir kuantum bilgisayarı için dünya rekoru yaklaşık yirmi kuantum bitini içerir. Bu kulağa pek etkileyici gelmese de gerçek bir başarıdır. Yüksek işlevli bir kuantum bilgisayarına erişmek birkaç on yıl sürecek ya da belki bu yüzyılın sonlarını bulacak olabilir ancak

o teknoloji geldiğinde yapay zekânın gücünü çarpıcı bir biçimde arttıracaktır.

UZAK GELECEKTEKİ ROBOTLAR

Bugünkü otomatonların ilkel durumu düşünüldüğünde özfar-kındalık sahibi robotları birkaç on yıl ve hatta yineleyerek söy-lüyorum, bu yüzyılın sonuna kadar görmeyi ben de beklemem. Araya giren yıllarda önce büyük olasılıkla uzayı keşfetmeyi sürdürmeleri için akıllı ve uzaktan kumandalı makineler görev-lendirirdik. Daha sonra insan yerleşiminin temellerini atmaya başlamaları için yenilikçi öğrenme becerileri olan otomatonları kullanırdık. Ardından altyapı çalışmalarını tamamlamaları için kendini çoğaltan otomatonlar gelir ve son olarak da gökadarar arası bir uygarlık kurmamıza ve bunu sürdürmemize yardımcı olacak kuantum yakıtıyla çalışan, bilinçli makineler devreye girerdi.

Elbette uzak yıldızlara ulaşmaya ilişkin tüm bu konuşmalar önemli bir soruyu akıllara getiriyor. Biz ya da robotlarımız oraya nasıl varacağız? Her akşam televizyonda gördüğümüz yıldız ge-mileri bunun için ne kadar yeterli?

8

Bir Yıldız Gemisi İnşa Etmek

Neden yıldızlara gitmeli?

Çünkü bizler aşağıyı bir sonraki tepeden süzmeyi tercih etmiş primatların torunlarıyız.

Çünkü sonsuza kadar burada yaşamayı sürdürmeyeceğiz.

Çünkü yıldızlar taze ufuklarıyla orada bize sesleniyor.

– JAMES AND GREGORY BENFORD

YOLCULAR (*PASSENGERS*) FİLMİNDE devasa füzyon motorlarının güç verdiği, teknoloji harikası bir yıldız gemisi olan *Avalon*, uzak bir gezegendeki koloni Homestead II'ye doğru yolculuk yapar. Bu yerleşim hakkındaki reklamlar epey ilgi çekicidir. Dünya yaşlı, yorgun, aşırı kalabalık ve havası kirlidir. Öyleyse neden heyecan verici bir dünyada yeni bir başlangıç yapmayalım ki?

Yolculuk yüz yirmi yıl sürecektir ve bu süre zarfında yolcular, bedenleri kozalar içinde dondurulmuş bir şekilde temel yaşamsal işlevleri askıya alınmıştır [suspended animation]. *Avalon* hedefine ulaştığında gemi beş bin yolcusunu otomatik olarak uyandıracaktır. Yolcular kozalarından tazelenmiş olarak uyanacak ve yeni bir yuvada yeni bir yaşam kurmaya hazır olacaklardır.

Ne var ki yolculuk sırasında bir meteor yağmuru geminin gövdesinde bir delik açar ve katlanarak artan arızalara neden olarak füzyon motorlarında hasara yol açar. Yolculardan biri, henüz gidilecek doksan yıllık bir süre varken uyanır. Geminin o öldükten çok sonra hedefe varacağını düşünerek kendisini yalnız hisseder ve depresyona girer. Ardından ona eşlik edecek birini deli gibi arzuladığı için güzel bir yolcuyu uyandırmaya karar verir. Doğal olarak âşık olurlar ancak kadın, diğer yolcunun onu kasten neredeyse bir yüzyıl erken uyandırdığını ve kendisinin de gezegenlerarası bir arafta öleceğini öğrendiğinde çılgına döner.

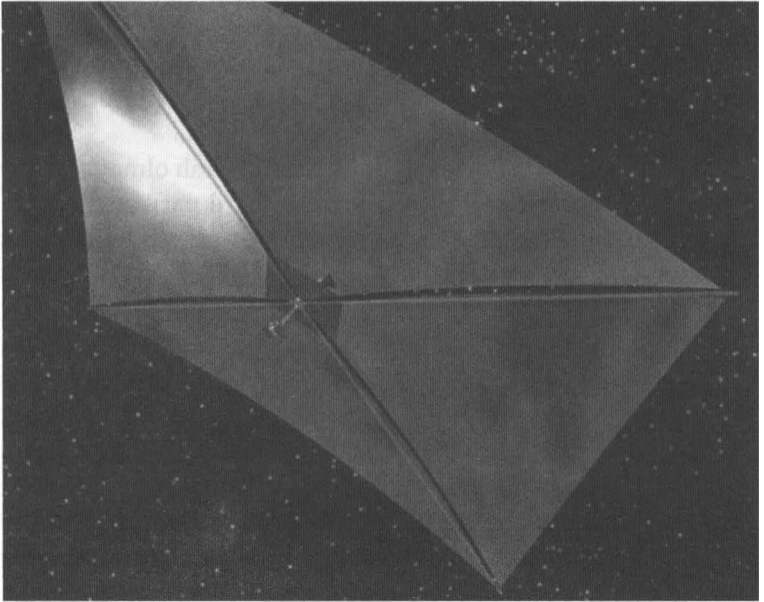
Yolcular gibi filmler Hollywood'un son zamanlardaki bilim-kurgularına biraz olsun gerçekçilik katma çabalarının cisimleşmiş hali. *Avalon* yolculuğunu ışık hızını asla aşmayarak, eski moda bir şekilde gerçekleştirir. Oysaki hangi çocuktan bir yıldız gemisi hayal etmesini istesenez size *Uzay Yolu*'ndaki *Atılğan* ya da *Yıldız Savaşları*'ndaki *Millennium Falcon* gibi mürettebatlarını göz açıp kapayıncaya kadar gökadanın diğer ucuna ışık hızından daha da hızlı bir şekilde fırlatabilen ve muhtemelen uzay-zamanda tünel açıp hiperuzayda bir uçtan diğer uca geçebilen bir gemi anlatacaktır.

Gerçekçi olursak, ilk yıldız gemilerimiz insanlı olmayabileceği gibi o filmlerde hayal edilen kocaman, parıl parıl araçlara da benzemeyebilir. Aslında bir posta pulundan daha büyük olmayabilirler. 2016'da meslektaşım Stephen Hawking, Dünya'daki şiddetli lazer ışını öbeği tarafından güç verilen yelkenlerine yerleştirilmiş akıllı çipler olan "nanogemiler" geliştirmeye çabala-yan Breakthrough Starshot diye bir projeyi destekleyerek tüm dünyada şaşkınlık yarattı. Çipler başparmağınızın büyüklüğünde, otuz gram kadar ağırlıkta ve milyarlarca transistör içeriyor olacak. Bu çabanın en umut verici yanlarından biri, gerçekleştirmek için yüz ya da iki yüz yıl beklemek yerine mevcut teknoloji-den yararlanabilecek olmamız. Hawking'e göre nanogemiler 10 milyar dolara, bir nesillik zaman dilimi içinde, yüz milyar watt lazer gücü kullanılarak geliştirilebilir. Bu gemiler en yakın yıldız sistemi olan Centauri'ye yirmi yılda erişmek için ışık hızının beş-

te biri hızında yolculuk edebilecektir. Buna karşın her bir uzay mekiği programı Dünya'nın yakın yörüngesinde kalsa bile fırlatılış başına neredeyse 1 milyar dolara mal olmaktadır.

Nanogemiler, kimyasal roketlerin asla başaramayacağı şeyi başarabilecektir. Tsiolkovsky'nin roket denklemleri, atomik olmayan bir Satürn roketinin hızlandıkça katlanarak artan şekilde daha fazla yakıt gereksinim duyacağından ve o uzunlukta bir yolculuğa yetecek kadar yakıt da taşımayacağından dolayı en yakın yıldız erişmenin olanaksız olduğunu gösterir. Yakındaki yıldızlara erişebildiğini varsaysak bile bu yolculuk yaklaşık olarak yetmiş bin yıl sürecektir.

Kimyasal bir roketin enerjisinin çoğu, kendi ağırlığını uzaya taşıyabilmek için harcanırken bir nanogemi enerjisini yeryüzünde kurulu, dıştan gelen lazerlerden pasif olarak alır. Yani boşa giden yakıt bulunmaz, tamamı gemiyi itmekte kullanılır. Na-



Yük olarak ufacık bir çipe sahip olan bu lazer yelkenlisi, ışık hızının yüzde 20'sine ulaşmak için lazer ışınları tarafından itilebilir.

nogemiler kendi enerjilerini üretmek zorunda olmadıkları için hareket eden parçaları da yoktur. Bu durum mekanik arıza yaşanması riskini büyük ölçüde azaltır. Ayrıca patlayıcı kimyasallar taşımadıklarından dolayı fırlatma rampasında ya da uzayda patlama olasılıkları da bulunmaz.

Bilgisayar teknolojisi bilimsel bir laboratuvarın tamamını bir çipe sığdırabileceğimiz aşamaya geldi. Nanogemiler, tümü uzak gezegenler hakkında ayrıntılı incelemeler yaparak eriştiği bilgileri Dünya'ya göndermek üzere tasarlanmış olan kameralar, sensörler, kimyasal kitler ve güneş hücreleriyle donatılacaktır. Bilgisayar çiplerinin masrafı son derece düştüğü için, yapacakları tehlikeli yolculuktan birkaçının sağ çıkacağı umuduyla yıldızlara binlercesini yollayabiliriz. (Bitkiler nasıl rüzgâra binlerce küçük tohum saçıp bazılarının başarılı olacağına ilişkin olasılığı yükseltiyorsa bu strateji de Doğa Ana'yı taklit eder.)

Centauri Sistemi yakınında ışık hızının yüzde 20'si hızla giden bir nanogeminin görevini tamamlamasına yalnızca birkaç saat kalmıştır. Gemi o zaman dilimi içinde Dünya benzeri gezegenlerin konumunu tespit edip hızla fotoğraflarını çekerek özellikle su ve oksijen aramak üzere yüzey özelliklerini, sıcaklıklarını ve atmosfer yapılarını belirlemek için incelemelerde bulunur. Dahası zeki uzaylıların varlığı anlamına gelebileceği için yıldız sisteminde radyo yayını da arar.

Facebook'un kurucusu Mark Zuckerberg, Breakthrough Starshot'ın resmi destekçisi olurken Rus yatırımcı ve eski fizikçi Yuri Milner de bu projeye kişisel olarak 100 milyon dolar yatırmıştır. Nanogemiler şimdiden bir fikirden fazlası olsa da projeyi tamamen uygulamadan önce dikkate almamız gereken birkaç engel vardır.

LAZER YELKENLİLERİNE İLİŞKİN SORUNLAR

Alfa Centauri'ye bir filo nanogemi yollamak için bir lazer kaynağı, gemilerin paraşütlerine yaklaşık iki dakika boyunca en az yüz milyar wattlık bir ışın yağmuru göndermek zorundadır. Bu

lazer ışınlarından kaynaklanan hafif basınçla gemiler uzayın içine dalacaktır. Işınlar, gemilerin hedeflerine ulaşması için hayranlık verici bir hassasiyetle doğrultulmalıdır. Yörüngelerindeki en ufak sapma, görevi tehlikeye düşürebilir.

Aşmamız gereken esas engel, çoktan erişimimizde olan temel bilim değil; işe kamuoyu tarafından tanınan birkaç bilim insanı ve yatırımcı dahil olsa bile kaynak yaratmaktır.

Her bir nükleer enerji santrali birkaç milyar dolara mal olur ve yalnızca 1 milyar watt güç üretebilir. ABD'ye ve özel yatırımcılara ısrarda bulunarak yeterli güçte ve hassaslıkta bir lazer kaynağı alma süreciyse ağır bir darboğaza neden olur.

Bilim insanları belki de uzak yıldızları hedeflemeden önce nanogemileri bir alıştırma koşusu gibi Güneş Sistemi'ndeki daha yakın hedeflere göndermeye karar verir. Ay'a varmaları yalnızca beş saniye, Mars'a bir buçuk saat kadar ve Plüton'a da birkaç gün sürecektir. Dış gezegenlere düzenlenecek bir görev içinse on yıl beklemek yerine nanogemilerle bunlar hakkında günler içinde yeni bilgiler edinebilir ve böylelikle Güneş Sistemi'ndeki gelişmeleri çok yakından ve gerçek zamanlı olarak gözlemleyebiliriz.

Projenin ilerleyen bir evresinde Ay'a bir lazer fırlatma aküsü kurmayı deneyebiliriz. Bir lazer, Dünya'nın atmosferinden geçerken enerjisinin neredeyse yüzde 60'ını kaybeder. Ay'da bir fırlatma tesisi bu sorunun çözümü olabilir ve lazer ışınlarına yakıt olarak da yine Ay'da kurulacak Güneş panelleri ucuz ve bol miktarda elektrik enerjisi sağlayabilir. Bir Ay günü otuz Dünya gününe eşdeğer olduğuna göre, enerji etkin bir biçimde toplanıp akülerde depolanabilir. Bu sistem milyarlarca dolar tasarruf etmemizi sağlayabilir çünkü nükleer enerjinin aksine Güneş ışıışı ücretsizdir.

Yirmi ikinci yüzyılın başlarına kadar kendini çoğaltan robotlar için gereken teknoloji mükemmel hale getirilmelidir. Böylelikle makineleri Ay'da, Mars'ta ve ötesinde, Güneş enerjisi sağlayan sistemler ve lazer aküleri kurmak üzere görevlendirebiliriz. Göndereceğimiz otomatonlardan oluşan ön ekibin bir kısmı regolitleri çıkartır, bir kısmı da fabrika kurar. Başka bir dizi robot

da fabrikadaki hammaddelerin sınıflandırma, öğütme ve dökümünü yaparak çeşitli metalleri ayrıştırma ve edinme görevini yerine getirir. Bu saflaştırılmış metaller daha sonra lazer fırlatma istasyonları kurulmasında ve bir grup kendini çoğaltabilen yeni robotun üretilmesinde kullanılabilir.

Belki de nihayetinde Ay'dan Oort Bulutu'na kadar Güneş Sistemi boyunca uzanan yedek malzeme istasyonlarından oluşan hareketli bir ağa sahip olabiliriz. Oort Bulutu'ndaki kuyruklu yıldızlar kabaca Alfa Centauri yıldız sisteminin yarısına kadar uzandıkları ve büyük oranda durağan oldukları için, komşu yıldız sistemlerine yolculuk yapan nanogemilere fazladan itiş gücü sağlayabilecek lazer kaynaklarına mükemmel birer konum olabilirler. Her bir nanogemi, bu yedek malzeme istasyonlarından birinin yanından geçerken lazerleri kendiliğinden ateşlenecek ve yıldızlara gitmesi için gemiye fazladan bir itiş sağlanacaktır.

Kendini çoğaltan robotlar, temel enerji kaynağı olarak Güneş ışığı yerine füzyondan yararlanarak bu uzak karakolları inşa edebilirler.

IŞIK YELKENLİLERİ

Lazerle çalışan nanogemiler, ışık yelkenlileri adındaki çok daha geniş bir yıldız gemisi kategorisi içindeki yalnızca tek bir türdür. Tıpkı rüzgârın kuvvetini yakalayan yelkenliler gibi, ışık yelkenlileri de Güneş ışığı ya da lazerin ışık basıncından yararlanır. Aslına bakarsanız yelkenlileri yöneten denklemlerin çoğu uzayda da ışık yelkenlilerine uygulanabilir.

Işık, foton adı verilen parçacıklardan meydana gelir ve bunlar bir nesneye çarptığında çok ufak bir basınç yaratır. Işığın basıncı çok küçük olduğu için bilim insanları çok uzun bir süre varlığından bihaberdi. Bu etkiyi ilk fark eden, kuyruklu yıldızların kuyruklarının beklenenin aksine daima Güneş'in zıttını işaret ettiğini gören Johannes Kepler'di. Kepler, haklı bir biçimde, Güneş ışığı basıncının kuyruklu yıldızlardaki toz ve buz kristallerini Güneş'in zıt yönüne iterek bu kuyukları meydana getirdiği tahmininde bulunmuştu.

Önsezileri çok güçlü olan Jules Verne *Dünya'dan Ay'a (From the Earth to the Moon)* eserinde "Günün birinde bunlardan çok daha büyük hızlar ortaya çıkacak ki muhtemelen ışık ya da elektrik mekanik birimler olacak... bir gün Ay'a, gezegenlere ve yıldızlara yolculuk edebileceğiz." yazarak bu ışık yelkenlilerini öngörmüştü.

Tsiolkovsky, Güneş yelkenlileri ya da Güneş'ten gelen ışık basıncını kullanan uzay gemileri kavramını daha da geliştirdi. Ne var ki Güneş yelkenlilerinin tarihi inişli çıkışlıdır. NASA onları hiçbir zaman öncelik haline getirmedi. Planetary Society'nin Cosmos 1'i 2005'te ve NASA'nın NanoSail-D'si 2008'de fırlatma başarısızlıkları yaşadı. Bunları 2010'da NASA'nın alçak yörüngeye giren NanoSail-D2'si izledi. Dünya'nın yörüngesini aşan tek başarılı Güneş yelkenlisi denemesi 2010'da Japonlar tarafından yapıldı. IKAROS uydusuna 14 metreye 14 metre boyutunda bir yelken yerleştirilmişti ve Güneş ışığı basıncıyla çalışıyordu. Altı ayda Venüs'e ulaşarak Güneş yelkenlilerinin uygulanabilir olduğunu kanıtladı.

Dengesiz gelişimine karşın bu fikir süzgeçten geçirilmeye devam ediliyor. Avrupa Uzay Ajansı, amacı Dünya'nın çevresindeki alana saçılmış olan binlerce parça uzay çöpünün bir kısmını "yörünge dışına çıkarmak" olan Gossamer Güneş yelkenlisini fırlatmayı düşünüyor.

Mars programı ve ışık yelkenlileri üzerine çalışan MIT mezunu NASA bilim insanı Geoffrey Landis ile yakın zamanda bir görüşme yaptım. Hem o hem de eşi Mary Turzillo ödüllü bilimkurgu yazarlarıdır. Ona, biri çok titiz bilim insanları ve onların karmaşık denklemleriyle, diğeryse uzay hayranları ve UFO meraklılarıyla dolu olan bu iki farklı dünyayı birleştirmeyi nasıl başardığını sordum. Bana bilimkurgunun muhteşem olduğunu çünkü geleceğin uzak noktalarına kadar kafa yormasına alan tanıdığını söyledi. Fizik ise ayaklarının yere basmasını sağlıyordu.

Landis'in uzmanlık alanı ışık yelkenlileri. Alfa Centauri yolculuğu için elmasa benzer bir malzemeden yapılmış olan çok ince bir katmandan meydana gelen birkaç yüz kilometre genişliğindeki bir ışık yelkenine sahip bir yıldız gemisi önerdi. Gemi

devasa olacak, bir milyon ton gelecek ve inşası ile çalışması için Merkür yakınlarındaki lazer kaynaklarının enerjisi dahil olmak üzere Güneş Sistemi'nin her yanından kaynaklar edinilmesi gerekecek. Hedefinde durması için geminin büyük bir "manyetik paraşütü" olacak ve ineceği alan da çapı yaklaşık 100 kilometre olan telden bir halka şeklinde hazırlanacak. Uzaydan gelen hidrojen atomları halkadan geçecek ve sürtünme yaratacak. Bu sürtünme sonucunda ışık yelkenlisi birkaç on yıl içinde adım adım yavaşlayacak. Alfa Centauri'ye gidip dönmek iki yüz yıl süreceği için mürettebatın çok nesilli [multigenerational] olması gerekir. Bu yıldız gemisi her ne kadar fiziksel olarak başarılabilir olsa da çok pahalıya geleceği gibi Landis bunu bir araya getirmenin ve denemeler yapmanın elli ile yüz yıl kadar sürebileceğini de kabul ediyor. Bu süre içinde de kendisi Breakthrough Starshot lazer yelkenlisinin yapımına destek oluyor.

İYON MOTORLARI

Lazer iticiler ve Güneş yelkenlilerinin yanı sıra bir yıldız gemisini çalıştırmanın başka yolları da var. Bunları karşılaştırmak için roketin ateşlendiği anda iki katına çıkan itişini tanımlayan "özgül itki" [specific impulse] adı verilen bir kavramı kullanmakta yarar vardır. (Özgül itki, ölçü birimi olarak saniyeyle ölçülür.) Bir roket motorlarını ne kadar uzun süre ateşlerse özgül itki de o kadar büyük olur ve roketin nihai hızı buradan hesaplanabilir.

Aşağıda çeşitli türlerde roketlerin özgül itkilerinin sıralanışı hakkında sade bir çizelge göreceksiniz. Bunların arasına, lazer roketi, Güneş yelkenlisi ve ramjet füzyon roketi gibi motorları süresiz bir şekilde ateşlenebildiğinden teknik olarak özgül itkileri sonsuz güçte olan bazı tasarımları dahil etmedim.

ROKET MOTORU	ÖZGÜL İTKİ
Katı yakıtlı roket	250
Sıvı yakıtlı roket	450
Nükleer fisyon roketi	800 ile 1000
İyon motoru	5000
Plazma motoru	1000 ile 30 000
Nükleer füzyon roketi	2500 ile 200 000
Nükleer atımlı roketi	10 000 ile 1 milyon
Karşıt madde roketi	1 milyon ile 10 milyon

Yalnızca birkaç dakikalığına yanan kimyasal roketlerin en düşük özgül itkiye sahip olduğunu görüyorsunuz. Listede bir sonraki sırada yakın gezegenlere yönelik görevlerde yararlı olabilecek iyon motorları geliyor. İyon motorları ksenon gibi bir gaz alıp elektronları atomlarından sıyrır ve onları iyonlara (atomların yüklü parçalarına) dönüştürerek çalışır. Ardından bir elektrik alanıyla bu iyonları hızlandırır. Bir iyon motorunun içi televizyon monitörüyle benzerlik taşır çünkü her ikisinde de elektrik ve manyetik alanlar, bir elektron demetine rehberlik eder.

İyon motorlarının baskısı öylesine ufaktır ki genellikle gramla ölçülür ve içlerinden birini laboratuvarda çalıştırsanız hiçbir şey olmamış gibi gelir. Oysa uzayda, zamanla kimyasal roketleri aşan hızlara ulaşabilirler. İyon motorları, yaban tavşanı ile yarışa giren kaplumbağa gibi düşünülebilir. Bu durumda yaban tavşanı kimyasal roketlerdir. Yaban tavşanı her ne kadar muazzam bir hızda çıkış yapsa da gücü tükenmeden önce yalnızca birkaç dakika böyle devam edebilir. Diğer yandan kaplumbağaysa daha yavaştır ancak günlerce yürüyebildiği için uzun mesafe yarışlarını kazanır. İyon motorları bir seferde yıllar boyu çalışabilir. Bu nedenle kimyasal roketlerle karşılaştırıldığında çok daha büyük bir özgül itkiye sahiptir.

Bir iyon motorunun gücünü arttırmak için mikrodalgalar ya da radyo dalgaları kullanılarak gaz iyonlaştırılabilir ve ardından iyonları hızlandırmak için manyetik alanlardan yararlanılabilir. Buna plazma motoru adı verilir ve bu motor, onu savunan kişilere göre kâğıt üstünde Mars'a yapılacak yolculuğun süresini dokuz aydan kırk güne indirebilir. Ne var ki bu teknoloji halen geliştirilme aşamasındadır. (Plazma motorlarına ilişkin kısıtlayıcı

cı bir etken, plazmayı yaratmak için gereken büyük miktardaki elektriktir. Bunu sağlayabilmek için gezegenlerarası görevlere yönelik bir nükleer enerji santrali kurulması bile gerekebilir.)

NASA on yıllardır iyon motorları üzerine çalışıyor ve bu motorlardan üretiyor. Örneğin 2030'larda bizi Mars'a götürmesi mümkün görünen Derin Uzay Taşıma Aracı iyon iticiler kullanır. Bu yüzyılın sonlarında gezegenlerarası uzay görevlerinin omurgası büyük olasılıkla iyon motorları olacaktır. Kimyasal roketler zamana duyarlı görevler için halen en iyi seçenek olsa da zaman en önemli etmen değilken iyon motorları sağlam ve güvenilir bir seçenek olacaktır.

Özgül itki çizelgesinde, iyon motorunun ötesinde tahminlere daha açık olan itici sistemler yer alıyor. İlerleyen sayfalarda bunların her birini tek tek inceleyeceğiz.

100 YILLIK YILDIZ GEMİSİ

2011'de DARPA ve NASA, 100 Yıllık Yıldız gemisi (100 Year Starship) adında bir sempozyum düzenlenmesine destek oldu ve bu sempozyum kayda değer bir ilgi yarattı. Sempozyumun hedefi, gelecek yüz yıl içinde gerçek bir yıldız gemisi inşa etmek değil, yıldızlararası yolculuk için uygulanabilir bir ajanda ortaya koyabilecek bilim dehalarını gelecek yüz yıl boyunca bu amaç etrafında toplamaktı. Proje, bilgilerini ortaklaştırarak bizi yıldızlara götürmeye çabalayan, şu anda çoğu yetmişlerinde olan fizikçiler ve mühendislerin bir araya getirdiği resmi olmayan bir grup olan Old Guard üyeleri tarafından düzenlendi. Onlar bu alevi on yıllardır tutkuyla taşıdılar.

Landis, Old Guard'ın bir üyesi. Aralarında ayrıca olağandışı bir ikili olan James ve Gregory Benford gibi hem fizikçi hem de bilimkurgu yazarı olan ikizler de var. James bana yıldız gemilerine olan hayranlığının henüz çocuk yaştayken, özellikle Robert Heinlein'in Space Cadet serisi başta olmak üzere, bulduğu her bilimkurgu kitabını yalayıp yutmasıyla başladığından söz etmişti. Daha sonra da kardeşiyle; uzay konusunda ciddilerse

yapmaları gereken şeyin fizik öğrenmek hem de çok fazla fizik öğrenmek olduğunun farkına varmışlar. Böylelikle her ikisi de alanda doktora yapmaya koyulmuş. Şu anda James, Microwave Sciences Şirketi'nin yönetim kurulu başkanı ve on yıllardır çok güçlü mikrodalga sistemleri üzerine çalışıyor. Gregory de Irvine'deki California Üniversitesi'nde fizik profesörü ve yaşamının diğer yüzündeyse romanlarından biri sayesinde çok değerli bir ödül olan Nebula Ödülü'nü kazandı.

100 Yıllık Yıldız gemisi sempozyumunun ardından James ve Gregory, *Yıldız gemisi Yüzyılı: En Büyük Ufka Doğru (Starship Century: Toward the Grandest Horizon)* adında, orada sunulan fikirlerin çoğunu içeren bir kitap yazdı. Mikrodalga ışıması konusunda bir uzman olan James, Güneş Sistemi'nin ötesine yolculuk etmek için ışık yelkenlilerinin elimizdeki en iyi fırsat olduğuna inanıyor. Yine de aşırı pahalı olsa bile esaslı bir biçimde fiziğe dayanan ve günün birinde fiili olarak da gerçekleştirilebilir alternatif tasarımlara ilişkin uzun bir tarihimiz bulunduğunu da ekliyor.

NÜKLEER ROKETLER

Bu tarih, çoğu insanın nükleer savaş korkusu içinde yaşadığı ancak az sayıda atom bilimcinin nükleer enerji için barışçıl uygulamalar aradığı 1950'li yıllara dayanıyor. Bu bilim insanları nükleer silahların limanlar oymakta kullanılması gibi her tür fikri gözden geçirmişlerdi.

Bu önerilerin çoğu, nükleer patlamalardan kaynaklı atıklar ve aksaklıklara ilişkin endişeler nedeniyle reddedildi. Varlığını sürdüren etkileyici önerilerden biri, nükleer bombaları yıldız gemileri için güç kaynağı olarak kullanmayı araştıran Orion Projesi (Project Orion) oldu.

Planın iskeleti basitti: Minik atom bombaları üret ve bunları bir yıldız gemisinin arka bölümünden birer birer fırlat. Her bir minik nükleer bomba patladığında yıldız gemisini ileri iten bir şok dalgası enerjisi oluşturacaktır. Temelde, bir dizi minik

nükleer başarıyla salıverilirse roket neredeyse ışık hızına kadar hızını arttırabilir.

Bu fikir, nükleer fizikçi Ted Taylor tarafından Freeman Dyson ile birlikte geliştirildi. Taylor, bugüne kadar infilak ettirilen (Hiroşima'ya atılan bombanın yaklaşık yirmi beş katı kuvvetteki) en büyük fisyon bombasından, (Hiroşima bombasından yüz bin kat daha az kuvvetli olan) Davy Crockett taşınabilir nükleer fırlatıcıya kadar geniş çeşitlilikte nükleer bombalar tasarlamasıyla ünlüdür. Ne var ki nükleer patlayıcılara ilişkin bu engin bilgisini barışçıl amaçlara yöneltmenin özlemini duyuyordu. Bu nedenle Orion yıldız gemisi sürecine öncülük etme fırsatına hemen atladı.

Buradaki asıl uğraş, ufak patlamaların sırasının dikkatli bir şekilde nasıl yönetileceğini ve bu süreçte yıldız gemisinin nükleer patlamalar dalgasının üstünde güvenle nasıl gidebileceğini çözmekti. Hız aralıkları için farklı tasarımlar hazırlanmıştı. En büyük modelin çapı 400 metre, ağırlığı sekiz milyon ton olacak ve 1080 bombayla itiş gücü sağlanacaktı. Gemi, kâğıt üstünde ışık hızının yüzde 10'u kadar bir hıza erişebilecek ve Alfa Centauri'ye kırk yıl içinde varacaktı. Geminin muazzam büyüklüğüne karşın, hesaplamalar bunun başarılabilirliğini gösteriyor.

Ne var ki eleştirmenler nükleer atımlı yıldız gemilerinin radyoaktif atık bırakacağı konusunda fikir birliğine varmış durumda. Taylor bu görüşe; nükleer atığın, bombanın patlamasının ardından toz ve metalik bomba gövdesinin radyoaktif hale gelmesiyle oluşacağını, bu nedenle de yıldız gemisinin motorlarını yalnızca uzayda ateşlemesi halinde bundan kaçınılabileceğini belirterek karşı çıkmıştı. Yine de 1963'te yapılan Test Yasağı Antlaşması minyatür atom bombalarıyla bu denemelerin yapılmasını zorlaştırdı. Nihayetinde Orion yıldız gemisi, eski bilim kitaplarına sürgün edilmiş bir merak unsuru olarak ortadan kaldırıldı.

NÜKLEER ROKETLERE İLİŞKİN SAKINCALAR

Projenin sonlanması bir diğer nedeni de Ted Taylor'ın ilgisini yitirmesiydi. Bir keresinde ona, becerisini kullanabileceği uygun bir alan gibi görüldüğü halde neden çaba göstermeyi bıraktığını sormuştum. O da bana Orion'u yaratmanın yeni bir tür nükleer bomba üretmek olacağını anlattı. Her ne kadar yaşamının büyük bir bölümünü uranyum fisyon bombaları tasarlamakla geçirmiş olsa da günün birinde Orion uzay aracının güçlü, özel olarak tasarlanmış hidrojen bombaları da kullanabileceğini fark etmişti.

Bilimsel olarak en yüksek miktarda enerji açığa çıkartan bu bombalar üç aşamada gelişmiştir. 1950'lerdeki ilk hidrojen bombaları, taşımak için büyük gemilere gereksinim duyulan devasa aygıtlardı. Bir nükleer savaş sırasında pratik olarak tamamen işe yaramazlardı. İkinci nesil nükleer bombalar ABD ve Rusya'nın silah depolarının omurgasını oluşturan ufak, taşınabilir MIRV'ler, yani birkaç bağımsız savaş başlığı taşıyan balistik füzelerdi. Bunlardan on tanesini kıtalararası balistik füzelerin ucundaki bölmeye yerleştirerek taşıyabilirsiniz.

Kimi zaman "tasarımcı nükleer bombalar" olarak adlandırılan üçüncü nesil nükleer bombalarsa halen gündemde. Bunlar; çöl, orman, kutup bölgesi ya da uzay gibi belirli savaş alanları için özel olarak yapılabilir ve kolaylıkla gizlenebilirler. Taylor bu proje hakkında hayal kırıklığına uğradığını ve teröristlerin onu ele geçirmesinden korktuğunu söyledi. Bombaları yanlış insanların ellerine düşse ve Amerikan kentlerini yok etse bu onun için anlatılamaz bir kâbusa dönüşebilirdi. Geri çekilme kararındaki ironiyi açık yüreklilikle ifade ediyordu. Bilim insanlarının Moskova haritası üzerine her biri bir nükleer bombayı temsil eden raptiyelerle işaret koyduğu bir alana katkıda bulunmuştu. Oysa üçüncü nesil silahların Amerikan kentlerine de raptiyeler koyabileceği olasılığıyla yüzleştğinde gelişmiş nükleer silahların yapımına aniden karşı çıkmaya karar vermişti.

James Benford bana, her ne kadar Taylor'ın nükleer atımlı roketi çizim tahtasının ötesine çıkmasa da hükümetin aslında bir dizi nükleer roket ürettiğini söyledi. Bu roketler gerekli ısıyı

üretmek için minik atom bombaları patlatmak yerine eski usul uranyum reaktörleri kullanıyordu. (Reaktör, sıvı hidrojen gibi bir sıvının yüksek sıcaklıklarda kızıştırılmasında kullanılıyordu ve ardından arkasındaki bir başlıktan baskı yaratarak ateşleniyordu.) Çölde birkaç tipi inşa edildi ve denendi. Bu reaktörler epey radyoaktif ve fırlatma evresinde korkunç sonuçlar doğurabilecek bir erime tehlikesi her zaman vardı. Bir sürü teknik sorun ve kamuoyunda büyüyen nükleer karşıtı duyarlılık sonucu bu nükleer roketler rafa kaldırıldı.

FÜZYON ROKETLERİ

Yıldız gemilerini itmek için nükleer bombalardan yararlanma planı 1960'larda ortadan kalksa da geri planda bir başka olasılık bekliyordu. 1978'de British Interplanetary Society (İngiliz Gezegenlerarası Topluluğu), Proje Daedalus adında bir çalışmaya başladı. Daedalus'ta uranyum fisyon bombaları yerine Taylor'ın da gözden geçirdiği ancak asla geliştirmedeği minik hidrojen bombaları kullanılacaktı. (Daedalus'un minik hidrojen bombaları aslında ufak, ikinci nesil bombalardır. Yani Taylor'ın o kadar korktuğu gerçek üçüncü nesil bombalardan değildir.)

Füzyon gücünü açığa çıkarmanın birkaç yolu vardır. Bu işlemlerden birine manyetik sınırlama adı verilir ve halka şeklindeki geniş bir manyetik alana hidrojen gazı doldurularak milyonlarca dereceye kadar ısıtılmasıyla gerçekleşir. Hidrojen çekirdekleri birbirine çarpar ve nükleer enerji açığa çıkarak helyum çekirdeği halinde kaynaşırlar. Füzyon reaktörü daha sonra bir başlıktan salınacak olan bir sıvının ısıtılmasında kullanılabilir ve bu da roketi itmeye yarar.

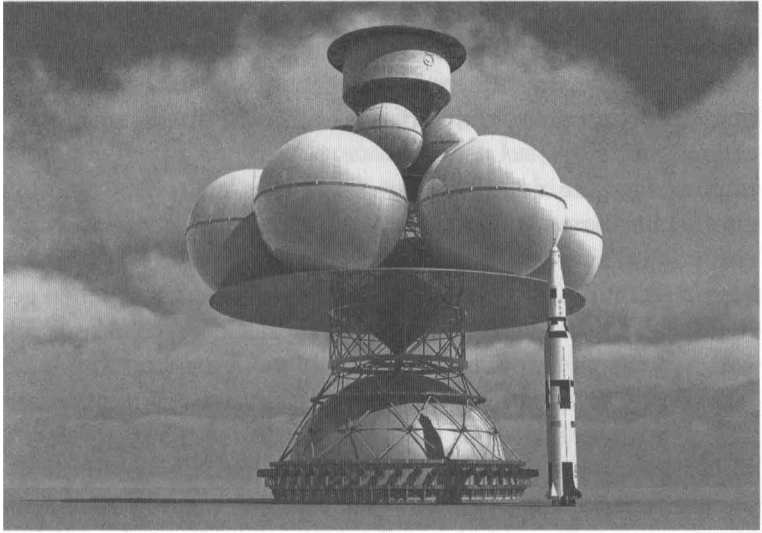
Günümüzde manyetik sınırlamayı kullanan en önemli füzyon reaktörü, Fransa'nın güneyinde bulunan Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktörü'dür (International Thermonuclear Experimental Reactor - ITER). Ağırlığı 5110 ton, boyu 11 metre ve 19,5 metre olup şimdiye kadarki masrafları 14 milyar doları aşmıştır. 2035'e kadar füzyon yapması beklendiği gibi sonucun-

da da beş yüz megawatt ısı enerjisi üretecektir (sıradan bir uranyum nükleer enerji santralindeyse bin megawatt elektrik üretilir). Tükettiğinden daha fazla enerji üreten ilk füzyon reaktörü olacağı umulmaktadır. Bir dizi gecikme ve masraf aşımına karşın konuştuğum fizikçilerin tümü ITER'in tarih yazacağından emin. Yanıtımızı çok geçmeden alacağız. Nobel ödüllü Pierre-Gilles'in bir zamanlar dediği gibi "Güneşi bir kutuya koyacağımızı iddia ediyoruz. Fikir güzel ancak sorun, kutuyu nasıl yapacağımızı bilmememiz."

Daedalus roketinin bir diğer türünün yakıtı, devasa lazer ışınlarının bir pelet hidrojen zengini malzemeyi sıkıştırdığı lazer füzyon tarafından doldurulabilir. Buna eylemsiz sınırlanma [inertial confinement] adı verilir. California'daki Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda bulunan Ulusal Ateşleme Tesisi (National Ignition Facility - NIF) bu sürece örnek oluşturur. 1500 metre uzunluğundaki tüplerde, 192 devasa lazer ışınından meydana gelen aküsü, yeryüzündeki en büyük aküdür. Lazer ışınları ufak bir hidrojen zengini lityum döteryum pelete odaklandığında, enerjileri malzemenin yüzeyini yakıp kül ederek çökmesine neden olacak minik bir patlama oluşturur ve sıcaklığını yüz milyon derece Celsius'a çıkarır. Bu da saniyenin birkaç trilyonda birinde, beş yüz trilyon watt güç açığa çıkaran bir füzyon tepkimesi yaratır.

Discovery/Science Channel'da bir belgesel sunarken NIF'in bir canlandırmasını izledim. ABD nükleer silahları Livermore Laboratuvarı'nda tasarlandığı için ziyaretçilerin öncelikle bir dizi ulusal güvenlik kontrolünden geçmesi gerekiyor. Nihayet içeri girdiğimde yapının muazzam büyüklüğüyle karşılaştım. Lazer ışınlarının bir araya geldiği ana odaya rahatlıkla beş katlı bir apartman sığabilirdi.

Proje Daedalus'un bir çeşidi, lazer füzyona benzer bir süreçten yararlanır. Hidrojen zengini peleti ısıtmak için lazer ışını yerine büyük bir elektron ışını aküsü kullanır. Saniyede 250 pelet infilak ettirilirse bir yıldız gemisinin ışık hızının bir kesrine erişmesi için gereken enerji büyük olasılıkla üretilebilecektir. Ne var ki butasarımlar gerçekten olağanüstü boyutlarda bir füzyon



Bu görsel Daedalus füzyon yıldız gemisi ile Saturn V roketinin boyutlarının karşılaştırmasını sunuyor. Muazzam boyutu nedeniyle muhtemelen uzayda robotlar tarafından bir araya getirilmesi gerekecek.

roketi gerektirecektir. Daedalus roketinin bir çeşidi elli dört bin ton ağırlığında, yaklaşık 190 metre yüksekliğinde ve roketin en yüksek hızı da ışık hızının yüzde 12'si kadar olacaktır. Yani öylesine büyüktür ki uzayda inşa edilmesi gerekir.

Nükleer füzyon roketi kavramsal olarak kusursuz olsa da füzyon gücü henüz kanıtlanmadı. Dahası planlanan roketlerin boyutlarının büyüklüğü ve karmaşıklıkları, en azından bu yüzyıl içinde yapılabilir olup olmadıkları hakkında kuşku uyandırıyor. Yine de ışık yelkenlileriyle birlikte füzyon roketi çok daha büyük bir umut vadediyor.

KARŞIT MADDE YILDIZ GEMİLERİ

Karşıt madde motorları, ışık yelkenlileri, füzyon motorları ve nanogemiler dahil olmak üzere beşinci dalga teknolojiler, yıl-

dız gemisi tasarımlarında yepyeni, canlandırıcı ufuklar açabilir. *Uzay Yolu*'ndaki gibi karşıt madde motorları gerçeğe dönüşebilir. Evrendeki en muhteşem enerji kaynağı olan, madde ve karşıt madde çarpışmalarıyla maddenin enerjiye dönüşmesinden yararlanılabilir.

Karşıt madde, maddenin tam tersi olduğu için yükü de onun zıttıdır. Bir karşıt-proton negatif yüklüyken, karşıt-elektron pozitif yüklüdür. (Karşıt maddeyi lisede, karşıt-elektron yayan bir kapsül sodyum-22'yi bir sis odasına koyup karşıt maddeden geriye kalan harika izleri fotoğraflayarak incelemeye çalışmıştım. Ardından karşıt maddenin özelliklerini incelemek umuduyla 2,3 milyon elektron voltluk bir betatron parçacık hızlandırıcı yapmıştım.)

Madde ve karşıt madde çarpıştığında her ikisi de saf enerjiye dönüşerek ortadan kalkar, yani tepkime yüzde 100 verimli bir şekilde enerji açığa çıkarır. Diğer yandan bir nükleer silaha yalnızca yüzde 1 verimliliğe sahiptir çünkü bir hidrojen bombasındaki enerjinin çoğu harcanır gider.

Bir karşıt madde roketi tasarım açısından epey basittir. Karşıt madde, güvenli konteynerlerde saklanarak sabit bir akışla odaya aktarılır. Odada sıradan maddeyle patlayıcı bir şekilde birleşir ve bir gama ve X-ışını tufanı yaratır. Ardından enerji bir egzoz odası aracılığıyla atılarak itiş sağlar.

James Benford'a göre karşıt madde roketleri bilimkurgu hayranları arasında çok beğenilen bir kavram olsa da inşa süreçlerine ilişkin büyük sorunlar vardır. İlk olarak karşıt madde doğal olarak oluşur ancak bu yalnızca görece ufak miktarlarda gerçekleşir. Bu nedenle, motorlarda kullanmak için büyük miktarlarda üretmemiz gerekir. Bir karşıt-elektronun bir karşıt-proton çevresinde döndüğü ilk karşıt-hidrojen atomu, İsviçre'nin Cenevre kentinde bulunan Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi'nde (European Organization for Nuclear Research - CERN) 1995 yılında meydana getirilmiştir. Bir demet sıradan proton üretilerek, sıradan maddeden yapılmış bir hedefe atılmış ve bu çarpışma birkaç parça karşıt-protonla sonuçlanmıştır. Devasa manyetik alanlarsa, biri sağa, diğeri sola eğilecek şekilde protonları kar-

şit-protonlarla farklı yönler iterek birbirinden ayırır. Ardından karşit-protonlar yavaşlatılarak karşit-hidrojen şekillendirmek için karşit-elektronlarla birleştikleri manyetik tuzaklarda muhafaza edilmişlerdir. 2016'da CERN'deki fizikçiler karşit-hidrojeni alarak karşit-protonun çevresinde dönen karşit-elektron kabuklarını incelemiştir. Beklenildiği üzere, karşit-hidrojen ile sıradan hidrojenin enerji düzeyleri arasında tam bir benzerlik keşfetmişlerdir.

Devamında CERN'deki bilim insanları "Bugüne kadar CERN'de yaptığımız tüm karşit maddeyi bir araya koysak ve maddeyle yok etsek tek bir ampulü birkaç dakikalığına yakmaya yetecek kadar enerjiye sahip oluruz." duyurusunda bulunmuşlardı. Bir roket için bunun çok daha fazlası gerekecektir. Ayrıca karşit madde yeryüzündeki en pahalı madde biçimidir. Bugünün fiyatıyla gramı yaklaşık 70 trilyon dolar edecektir. Şu an için yalnızca parçacık hızlandırıcılarla (çok ufak miktarlarda) üretilir ki bunların inşası ve yönetimi de son derece pahalıdır. CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (The Large Hadron Collider - LHC) dünyadaki en güçlü parçacık hızlandırıcısıdır ve kurulumu 10 milyar dolardan fazla tutmasına karşın yalnızca çok ince bir demet karşit madde üretebilir. Bir yıldız gemisine yetecek kadar yakıt biriktirmek ABD'yi iflasa sürükleyecektir.

Günümüzdeki devasa atom parçalayıcılar, yalnızca araştırma araçları olarak kullanılan her amaca uygun makinelerdir ve karşit madde üretme konusunda son derece yetersizlerdir. Özel olarak seri üretim için tasarlanmış fabrikalar kurmak kısmi bir çözüm olabilir. Öylesi bir durumda NASA'dan Harold Gerrish, karşit maddenin gram fiyatının 5 milyar dolara düşebileceğine inanıyor.

Depolama da bir başka zorluk ve masraf oluşturmuyor. Karşit maddeyi bir şişeye koyarsanız eninde sonunda şişenin duvarlarına çarpacak ve onu yok edecektir. Bu yüzden karşit madde depolamaya uygun Penning tuzakları [Penning traps] gerekecektir. Bu tuzaklar karşit madde atomlarını geçici olarak durdurmak ve kap ile teması girmelerini önlemek için manyetik alanlardan yararlanacaktır.

Bilimkurgu içerisinde bazen masraf ve depolama gibi meseleler, örneğin karşıt maddeyi ucuz bir şekilde çıkarmamıza olanak sunacak bir karşıt-asteroit gibi aniden beliren bir keşifle ortadan kalkıyor. Ne var ki bu varsayımsal senaryo karmaşık bir soruyu da beraberinde getiriyor: İyi de karşıt madde nereden geliyor?

Elimizdeki araçlarla uzayda baktığımız her yerde karşıt madde değil madde görürüz. Buna eminiz çünkü bir elektronun bir karşıt-elektronla çarpışmasından en az 1,02 milyon elektron voltluk bir enerji açığa çıkar. Bu bir karşıt madde çarpışmasının parmak izidir. Oysa evreni incelediğimizde bu tür bir radyasyona çok az rastlarız. Çevremizde gördüğümüz evrenin büyük bir bölümü bizim meydana geldiğimiz aynı, sıradan maddeden oluşur.

Fizikçiler Büyük Patlama sırasında evrenin mükemmel bir simetri içinde olduğuna ve eşit miktarda madde ve karşıt madde bulunduğuna inanıyor. Böyle olsaydı ikisi arasındaki yok ediş de mükemmel ve tam olduğu gibi evrenin tamamen ışımadan meydana gelmesi gerekirdi. Ne var ki geriye kalmamış olması gereken maddeden oluşan halimizle işte buradayız. Modern fiziğe karşı koyan şey varlığımızın ta kendisi.

Evrende neden karşıt maddeden daha fazla madde olduğunu henüz çözemedik. Bu patlamadan, erken evrendeki orijinal maddenin yalnızca on milyarda biri kurtuldu ve biz de onun bir parçasıyız. Önde gelen kuram Büyük Patlama sırasında bir şeyin mükemmel simetriyi bozduğunu iddia etse de onun ne olduğunu bilmiyoruz. Bu sorunu çözebilecek girişimcilikteki kişiyi bir Nobel ödülü bekliyor.

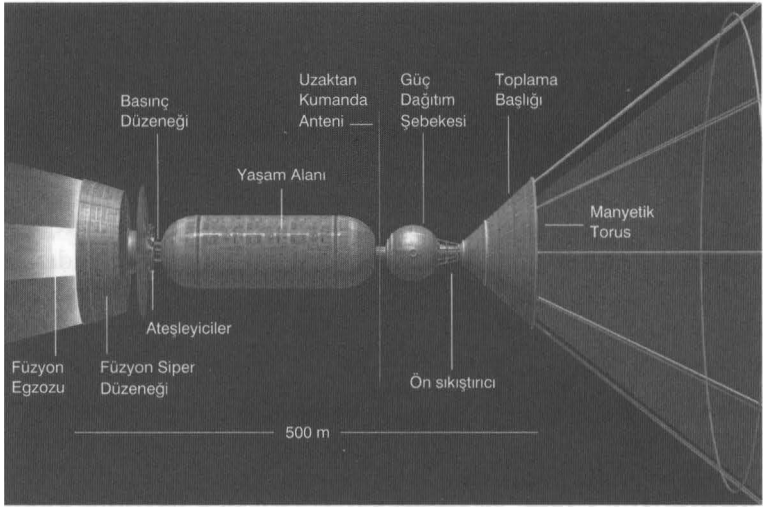
Bir yıldız gemisi inşa etmek isteyen herhangi biri için karşıt madde motorları öncelikler listesinin ilk sıralarında geliyor. Ancak karşıt maddenin özellikleri halen neredeyse hiç keşfedilmemiş durumda. Örneğin yukarıya mı yoksa aşağıya doğru mu düştüğü bilinmiyor. Modern fizik sıradan madde gibi aşağıya doğru düşmesi gerektiğini tahmin ediyor. Bu durumda karşıt kütleçekim muhtemelen mümkün olmayacaktır. Yine de bu ve daha bir sürü şey hiçbir zaman sınanmadı. Masrafına ve sınırlı kavrayışımıza bakarsak karşıt madde roketleri büyük olasılıkla

gelecek yüzyıla yönelik bir hayal olarak kalacaktır. Tabii uzayda savrulan bir karşıt-asteroide rastlarsak işler değişir.

RAMJET FÜZYON YILDIZ GEMİLERİ

Ramjet füzyon roketleri de bir başka çekici fikirdir. Bu roket, bir dondurma külahına benzeyecek ve hidrojen gazını yıldızlararası uzaya çekip ardından enerji üretmek için bir füzyon reaktöründe onu yoğunlaştıracaktır. Tıpkı bir jet ya da güdümlü füze gibi ramjet roketi de epey ekonomik olacaktır. Jetler sıradan hava yuttukları için kendi oksitleyicilerini taşımalarına da gerek yoktur ki bu masrafları azaltır. Uzayda da yakıt olarak sınırsız miktarda hidrojen olduğuna göre, uzay gemisi sonsuza kadar hızlanacaktır. Güneş yelkenlisinde olduğu gibi motorun özgül itkisi sonsuzdur.

Poul Anderson'ın meşhur romanı *Tau Zero*, arızalı ve kapanamayan bir ramjet füzyon roketi hakkındadır. Gemi ışık hızına yetişmeye doğru hızlanırken, tuhaf görelî sapmalar meydana gelmeye başlar. Roketin içinde zaman yavaşlar ancak çevresindeki evren olduğu gibi yaşanır. Ne kadar hızlı giderse roketin içerisindeki zaman o kadar yavaş akar. Dışarıdaki evren hızla yaşlansa da yıldız gemisindeki birine göre her şey tam olarak yolunda görünür. Nihayetinde yıldız gemisi o kadar hızlı gider ki, gemi mürettebatı çaresiz bir şekilde olan biteni izlerken geminin dışında milyonlarca yıl geçer. Dahası, geleceğe doğru sonsuz sayıda milyar yıl gittikten sonra evrenin artık genişlemediğini, aksine küçüldüğünü fark ederler. Evrenin genişlemesi sonunda tersine dönmektedir. Gökadalar Büyük Çöküş'e doğru bir araya gelmeye başlarken sıcaklık da hızla yükselir. Hikâyenin sonunda, tüm yıldızların çöktüğü sırada gemi kozmik ateş topunu sıyrıp geçmeyi başarır ve yeni bir evren doğarken bir Büyük Patlama'ya tanıklık eder. Bu her ne kadar akıl almaz bir hikâyeye olsa da temelleri Einstein'ın görelilik kuramıyla uyumludur.



Bu görsel, yıldızlararası uzaydaki hidrojeni çekip alan ve bir füzyon reaktöründe onu yakan bir ramjet füzyon yıldız gemisini gösteriyor.

Kıyamet senaryoları bir yana, ramjet füzyon motoru başta gerçek olamayacak kadar güzel görünebilir. Ne var ki yıllar içinde pek çok olası eleştirinin hedefi olmuştur. Kepçesinin yüzlerce kilometre genişliğinde olması gerekebilir ve bu hem kullanışsız bir büyüklük hem de yanına yaklaşılamaz ölçüde masraflı olması anlamına gelir. Füzyon oranı da bir yıldız gemisine güç verecek kadar enerji ortaya çıkaramıyor olabilir. Dr. James Benson ayrıca Güneş Sistemi'nin bulunduğumuz bölümünde motorları besleyecek kadar hidrojen bulunmadığına dikkat çekmiş olsa da belki diğer bölümlerinde aranan hidrojen bulunabilir. Diğer eleştirmenlerse Güneş rüzgârında ilerleyen bir ramjet motorundaki direncin, itişe aşabileceğini, bu nedenle de görece hızlara asla ulaşamayacağını iddia eder. Fizikçiler bu dezavantajları azaltmak için tasarımda değişiklikler yapmayı denemiştir ancak ramjet roketlerinin gerçekçi bir seçenek haline gelmesi için önümüzde daha uzun bir yol vardır.

YILDIZ GEMİLERİNE İLİŞKİN SORUNLAR

Şimdiye kadar bahsi geçen tüm yıldız gemilerinin ışık hızına yakın bir hızda yolculuk etmekle ilgili sorunlarla karşılaştığına dikkat çekmekte yarar var. Asteroit çarpmaları büyük bir tehlike taşır ve hatta ufacık asteroitler bile geminin gövdesini delebilir. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, uzay araçları kozmik enkazlardan kaynaklanan ufak çizikler ve izlere maruz kalmıştır. Bunlar muhtemelen yörünge hızına yakın ya da saatte otuz bin kilometrelik bir hızla çarpmıştır. Ne var ki, ışık hızına yakın bir hızdaki darbeler o hızdakinden katbekat daha fazla hissedilecek ve büyük olasılıkla yıldız gemisini paramparça edecektir.

Filmlerde bu tehlike tüm mikro göktaşlarını rahatlıkla geri püskürten güçlü kuvvet alanlarıyla ortadan kaldırılsa da bunlar maalesef yalnızca bilimkurgu yazarlarının zihinlerinde var olan şeyler. Gerçekte elektrik ve manyetik kuvvet alanları kesinlikle yaratılabilir ancak plastik, ahşap ve alçı gibi yüklü olmayan nesneler bile bunu kolaylıkla delip geçebilir. Uzayda da ufacık mikro göktaşları yüklü olmadıkları için elektrik ve manyetik alanlar tarafından yönlerinden saptırılamazlar. Üstelik kütleçekim alanları çekici ve son derece zayıf olduklarından, gerek duyacağımız itici kuvvet için uygun olmayacaklardır.

Fren sistemi de bir başka zorlu meseledir. Uzayda oradan oraya ışık hızına yaklaşan bir hızda yolculuk ediyorsanız hedefinize ulaştığınızda nasıl yavaşlarsınız? Güneş ve lazer yelkenlileri Güneş ya da lazer ışını akülerinden gelen enerjiye bağlıdır ve bu enerji yıldız gemisinin hızını azaltmakta kullanılamaz. Bu nedenle belki de bunlar esas olarak bir gök cisminin yakınında uçarak ona ilişkin bilgi toplanılan görevlerde kullanışlı olabilirler.

Nükleer roketlerin hızını kesmek için en iyi yol büyük olasılıkla itiş karşıt yönde olacak şekilde 180 derece döndürülmeleridir. Ne var ki bu strateji, görevin itiş gücünün kabaca yarısını hedeflenen hıza ulaşmak için diğer yarısını da roketi yavaşlatmak için tüketecektir. Güneş yelkenlileri açınsadansa muhtemelen yelken zıt yöne çevrilebilir ki böylece hedeflenen yıldızın ışığı uzay aracını yavaşlatmakta kullanılabilir.

Bir diğ er mesele de astronotları taşıyabilen bu yıldız gemilerinin çoğunun iri yarı ve parçalarının yalnızca uzayda bir araya getirilebilecek olmasıdır. İnşaat malzemelerini yörüngeye götürmek için çok sayıda uzay görevi gerekeceğ i gibi parçaları bir araya getirmek için de bir o kadarına daha gereksinim duyulacaktır. Ba a çıkılamayacak harcamalardan kaçınmak için, uzaya düzenlenecek görevler açısından çok daha ekonomik bir yol planlanmalıdır. İ te uzay asansörleri burada devreye girer.

UZAYA ÇIKAN ASANSÖRLER

Uzay asansörleri, oyunun kurallarını değ ştiren bir nanoteknoloji uygulaması olacaktır. Bu asansör Dünya'dan uzaya uzanan uzun bir bacadır. Asansöre girer, yukarı düğmesine basar ve ardından hızla yörüngeye  ıkartılırsınız. Bir itici roket, fırlatma rampasından uzaya havalanırken deneyimlenen çekim kuvvetine de maruz kalmamış olursunuz. Aksine uzaya olan yolculuğunuz bir alışveriş merkezinin en üst katına çıkmak için asansöre binmeniz kadar yumuşak olabilir. Uzay asansörü tıpkı Jack'in fasulye sırtığ  gibi anlaşılan hem kütleçekimine karşı koymakta hem de göklere çıkmak için zahmetsiz bir yöntem sunmaktadır.

Uzay asansörü olasılığı ilk olarak 1880'lerde Eyfel Kulesi'nin yapımından çok etkilenen Rus fizikçi Konstantin Tsiolkovsky tarafından araştırılmıştır. Kendi kendisine, "Mühendisler böylesi inanılmaz bir yapı inşa edebiliyorsa neden daha da devam edip uzaya uzanan bir tane yapmıyorlar?" diye sormuştur. Tsiolkovsky basit fizikten yararlanarak, kule yeterince uzun olsaydı merkezkaç kuvvetinin temelde herhangi bir d   kuvvet olmadan onu dik tutmaya yeteceğ ini ortaya koyabildi. Aynı ipe takılı bir topun d n    nedeniyle yere d  meye i gibi, uzay asansörünün de dönen Dünya'nın merkezkaç kuvveti tarafından çökmesi engellenebilir.

Roketlerin uzaya gitmek için tek yol olmayabileceğ i fikri radikal ve heyecan vericiydi ancak hemen bir engelle kar ıla ıldı. Uzay asansörünün kablolarındaki gerilim yüz gigapaskallık bir

gerilime ulaşabilir ki bu çeliğin kırılma noktası olan iki gigapas-kalı aşar. Bu da çelik kabloların kopmasına ve uzay asansörünün düşmesine neden olur.

Uzay asansörü fikri yaklaşık yüz yıl boyunca raflarda bekledi. Arthur C. Clarke'ın *Cennetin Çeşmeleri* (*The Fountains of Paradise*) romanında olduğu gibi ara sıra yazarlar tarafından konu ediliyordu. Tsiolkovsky, yine de bir uzay asansörünün ne zaman gerçekleştirilebileceği sorulduğunda "Muhtemelen herkes gülmeyi bıraktıktan bir elli yıl sonra." diye yanıtlıyordu.

Artık kimse gülmüyor. Nihayetinde uzay asansörleri birdenbire çok da inanılmaz gelmemeye başladı. 1999'da ön hazırlık niteliğinde bir NASA araştırması bir metre genişliğinde ve elli bin kilometre uzunluğunda bir kabloya sahip bir asansörün on beş ton yük taşıyabileceği değerlendirmesinde bulundu. Uluslararası Astronot Akademisi (International Academy of Astronautics) 2013'te 350 sayfalık bir rapor yayınlarak yeterli kaynak ve araştırmayla, yirmi tonluk yükü taşıyabilecek çoklu uzay asansörlerinin 2035 yılına kadar mümkün hale gelebileceğini öngördü. Masraf tahminleri, genellikle Uluslararası Uzay İstasyonu'na giden 150 milyar doların küçük bir bölümü olan 10 ile 50 milyar dolar aralığında değişiyor. Bu arada uzay asansörlerinin uzaya yük götürme masraflarını da yirmi kat düşürme olasılığı var.

Artık sorun basit fizik yerine mühendislikten kaynaklanıyor. Uzay asansörü kablolarının kırılmayacak kadar güçlü saf karbon nanotüplerden yapıp yapılamayacağına karar vermek üzere ciddi hesaplamalar yapılıyor. Yine de uzaya binlerce mil boyunca uzanmaya yetecek miktarda nanotüp yapabilir miyiz? Bugün için yanıt olumsuz. Saf karbon nanotüplerin bir santimetre civarından daha fazla miktarda üretilmesi son derece zor. Kulağınıza kilometrelerce uzunlukta nanotüpler yapıldığı hakkında duyurular gelebilir ancak o malzemeler aslında bileşiklerdir. Fiberle sıkıştırılarak saf nanotüplüğün muhteşem özelliklerini kaybetmiş olan ufak saf karbon nanotüplerden meydana gelirler.

Uzay asansörü gibi projelere ilgiyi canlı tutmak için NASA, uzay programı için gelişmiş teknolojiler icat edebilen amatörlerle ödüller veren Yüzyıllık Yarışmalar programına (Centennial

Challenges program) sponsor oldu. Bu program bir keresinde yarışmacıların ufak bir asansör prototipi için parçalar sunmaları beklenen bir yarışma çağrısı yaptı. Sunduğum özel bir televizyon programı için bu yarışmada yer alarak uzay asansörünün sıradan insanlara göklerin kapılarını açacağına inanan bir grup genç mühendisi takip ettim. Ufak bir kapsülü, uzun bir kablo-da yukarı göndermek için lazer ışınlarından yararlanışlarını izledim. Özel televizyon programımız geleceği kurmaya hevesli bu yeni, girişimci mühendis grubunun heyecanını yakalamaya çalışıyordu.

Uzay asansörleri uzaya olan erişimimizde bir devrim yaratarak orayı astronotlar ve askeri pilotlara özel bir bölge olmaktan çıkarıp çocuklar ve aileler için de bir oyun bahçesi haline getirecek. Bunlar uzayda yolculuğa ve uzay endüstrisine yeni, etkili bir yaklaşım getirirken neredeyse ışık hızı kadar hızlı gidebilen yıldız gemileri de dahil olmak üzere karmaşık makinelerin dünya dışında birleştirilmesini de mümkün hale getirecek.

Yine de karşımızda duran devasa mühendislik sorunlarına gerçekçi bir biçimde bakacak olursak bir uzay asansörünün inşası bu yüzyılın sonlarına kadar mümkün olmayabilir.

İnsan türü olarak dinmeyen merakımızı ve hırslımızı düşürsek elbette eninde sonunda füzyonun ve karşıt madde roketlerinin ötesine geçerek tüm zamanların en büyük mücadelesiyle karşı karşıya geleceğiz. Günün birinde evrendeki nihai hız sınırı olan ışık hızını aşabilme olasılığımız mevcut.

EĞRİLİK MOTORU

Bir gün, çocuğun biri bir kitap okudu ve dünya tarihini değiştirdi. Yıl 1895'ti ve kentlere elektrik şebekesi döşeniyordu. Bu tuhaf olguyu anlamak için çocuk, Aaron Bernstein'ın *Doğa Bilimleri Üzerine Popüler Kitaplar (Popular Books on Natural Science)* eserini seçti. Burada yazar okuyucularından bir telgraf teli içinde akımla birlikte yolculuk ettiklerini hayal etmelerini rica ediyordu. Bunun üzerine çocuk elektrik akımının yerine ışık demeti konulsa

neler olacağını merak etmeye başladı. Işığa karşı yarışı kazanabilir misiniz? Bu konuda, ışık bir dalga olduğuna göre ışık demetinin durağan, zamanda donmuş gibi görüneceği sonucuna vardı. Ne var ki on altı yaşında bile daha önce hiç kimsenin durağan bir ışık dalgası görmediğini kavramıştı. Gelecek on yılını bu soruyu çözmeye kafa yorarak geçirdi.

Nihayet 1905'te aradığı yanıtı buldu. Bu çocuğun adı Albert Einstein'dı ve kuramı da özel görelilik adını almıştı. Bir ışık demetinin yenilemeyeceğini çünkü ışık hızının evrendeki en üst düzey hız olduğunu keşfetti. Buna yaklaşırsanız tuhaf şeyler olur. Roketiniz ağırlaşır ve içindeki zaman yavaşlar. Bir şekilde ışık hızına erişecek olsanız aşırı oranda ağırlaşırdınız ve zaman dururdu. Her iki koşul da mümkün olmadığına göre ışık bariyeri aşılamaz. Einstein evrendeki nihai hız sınırını koyarak mahallenin bekçisi haline geldi. O zamandan bu yana bu bariyer birçok nesilden roket bilimciyi çileden çıkardı.

Ne var ki Einstein bununla yetinmedi. Görelilik, ışık hakkındaki pek çok gizeme açıklık getirse de o kuramını kütleçekime de uygulamak istiyordu. 1915'te çarpıcı bir açıklamayla çıkageldi. Bir zamanlar eylemsiz ve değişmez olduğu düşünülen uzay ve zamanın aslında katlanabilir, gerilebilir ve kıvrılabilir yumuşak çarşaf gibi dinamik olduğunu öne sürdü. Varsayımına göre Dünya, Güneş'in kütleçekimi tarafından çekildiği için değil, Güneş etrafındaki uzayı eğdiği için onun çevresinde dönüyordu. Kısacası uzay-zaman kumaşı Dünya'yı Güneş'in çevresinde eğimli bir yolda hareket edeceği şekilde dürter. Yani kütleçekim çekmez, aksine uzay iter.

Shakespeare bir keresinde tüm dünyanın bir sahne ve bizlerin o sahneye giriş çıkış yapan oyuncular olduğumuzu söylemişti. İşte uzay-zamanı da hayalinizde bir arena olarak canlandırın. Bir zamanlar yüzey boyunca saatlerin aynı değerde ilerlediği, değişmez, düz ve mutlak olduğuna inanılıyordu. Einsteinci evrendeyse sahne eğilebilir, saatler farklı değerlerde ilerleyebilir, oyuncular sahnede düşmeden yürüyemez ve aslında eğik sahne onları iterken; görünmez bir "kuvvet" tarafından farklı yönlere çekildiklerini iddia edebilirlerdi.

Einstein ayrıca genel görelilik kuramında bir boşluk olduğunu da fark etmişti. Bir yıldız ne kadar büyükse, çevresindeki uzay-zaman eğriliği de o kadar fazla olur. Yeterince ağır olması halindeyse kara delik olur. Uzay-zaman dokusu, büyük olasılıkla uzayda bir geçit ya da kestirme olan bir solucan deliği yaratarak gerçekten yırtılabilir. Bu olgu ilk olarak Einstein ve öğrencisi Nathan Rosen tarafından 1935'te ortaya atıldı ve günümüzde Einstein-Rosen köprüsü olarak bilinmektedir.

SOLUCAN DELİKLERİ

Einstein-Rosen köprüsüne ilişkin en basit örnek *Alice Harikalar Diyarında* (*Alice's Adventures in Wonderland*) kitabındaki aynadır. Aynanın bir tarafında İngiltere'nin Oxford'undaki bir kırsal, diğer tarafındaysa Alice ne zaman parmağını aynadan içeri uzatsa o anda geçtiği Harikalar Diyarı vardır.

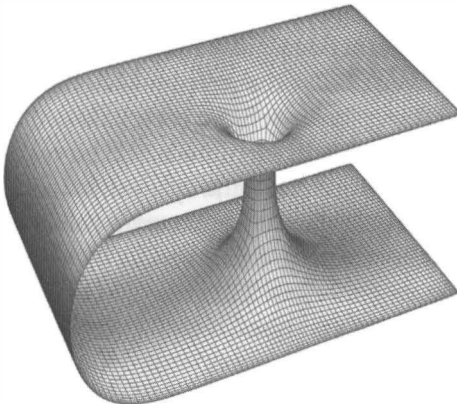
Solucan delikleri, filmlerde en sevilen entrika araçlarıdır. Han Solo *Millennium Falcon*'u hiperuzayda bir solucan deliğinden geçirerek ilerletir. *Hayalet Avcıları*'nda (*Ghostbusters*) Sigourney Weaver'ın canlandığı karakterin açtığı buzdolabı evrenin tamamına göz attığı bir solucan deliğidir. C. S. Lewis'in *Aslan, Cadı ve Dolap* (*The Lion, the Witch and the Wardrobe*) eserinde de yine dolap İngiliz kırsalıyla Narnia'yı bağlayan bir solucan deliğidir.

Solucan delikleri, kütleçekimleri ışığın bile kaçamayacağı kadar yoğun olan çökmüş dev yıldızlar halindeki kara deliklerin matematiği incelenerek keşfedilmiştir. Kurtulma hızları ışık hızıdır. Geçmişte kara deliklerin durağan oldukları ve tekillik adı verilen sonsuz bir kütleçekime sahip oldukları düşünülüyordu. Daha sonra uzayda kayıt altına alınan tüm kara deliklerin epey büyük bir hızla döndüğü anlaşıldı. 1963'te fizikçi Roy Kerr, dönen bir kara deliğin yeterince hızlı dönerse illâ ki ufacık bir nokta halinde çökmeyeceğini ancak dönen bir halka haline gelebileceğini keşfetti. Halka sabittir çünkü merkezkaç kuvveti çökmesini engeller. Bu durumda kara deliğe düşen şeyler nereye gider? Fizikçiler henüz bu sorunun yanıtını bilmiyor. Ancak bir olasılık

maddenin, beyaz delik adı verilen deliğin öte yanından doğa-
bileceğini ifade ediyor. Bilim insanları maddeyi yutmak yerine
açığa çıkartacak olan bu beyaz delikleri aramış olsa da şimdiye
kadar herhangi bir ize rastlanmadı.

Bir kara deliğin dönen halkasına yaklaşıydınız uzay ve
zamanın inanılmaz sapmalarına tanıklık ederdiniz. Örneğin
solucan deliğinin kütleçekimi tarafından milyarlarca yıl önce
yakalanmış ışık demetlerini görebilirdiniz. Hatta kendi kopyala-
rınızla bile tanışabilirdiniz. Atomlarınız spagettileştirme [spag-
hettification] adı verilen rahatsız edici ve ölümcül bir süreç için-
de gelgit kuvvetleri tarafından gerilip uzatılabilirdi.

Halkanın içinden geçmeniz halinde bir beyaz delikten ge-
çerek diğer taraftaki bir paralel evrene atılabilirsiniz. İki kâğıdı
birbirine paralel tuttuğunuzu ve onları bağlamak için ortaların-
dan bir kalem geçirerek deldiğinizi hayal edin. Kalem boyunca
yolculuk ederseniz, iki paralel evren arasından geçeceksinizdir.
Ne var ki halkadan ikinci kez geçtiğinizde kendinizi başka bir
paralel evrende bulursunuz. Halkaya her girdiğinizde tıpkı bir
asansörün bir binadaki farklı katlar arasında dolaşmanıza ola-
nak sağlaması gibi farklı bir evrene ulaşacak olsanız da bu du-
rum özelinde, asla aynı kata dönemezsiniz.



Solucan deliği, uzay ve zamanda iki uzak noktayı bağlayan bir kısa yoldur.

Halkaya girdiğinizde kütleçekim sınırlı olacağı için ölümcül bir biçimde ezilmeyebilirsiniz. Ancak halka yeterince hızlı dönmüyorsa halen üzerinize çökme ve sizi öldürme olasılığı vardır. Tabii halkayı, negatif madde ya da negatif enerji diye bir şey ekleyerek yapay bir biçimde sabit hale getirmek de mümkündür. Sabit bir solucan deliği bu nedenle aynı anda birçok şey yapılması gereken bir durum ve pozitif ile negatif enerjilerin doğru bir karışımının sağlanmasındaki anahtardır. Kara delikte olduğu gibi, evrenler arasında doğal olarak geçit yaratmak için çok fazla pozitif enerjiye gereksinim vardır. Ancak geçidi açık tutmak ve çökmesini önlemek için de yapay olarak negatif madde ya da enerji yaratmanız gerekir.

Negatif madde karşıt maddeden epey farklıdır ve doğada asla saptanamamıştır. Negatif maddenin garip karşıt kütleçekim özellikleri vardır; bu da aşağıya değil yukarıya doğru düşeceği anlamına gelir. (Buna karşın karşıt maddenin yukarıya değil aşağıya doğru düşeceği düşünülmektedir.) Negatif madde milyarlarca yıl önce Dünya'da var olmuşsa gezegenin maddesi tarafından püskürtülmüş ve uzaya salınmış olabilir. Belki de bu nedenle onu henüz bulamamışızdır.

Fizikçiler her ne kadar negatif maddeye ilişkin bir kanıt bulamamış olsa da negatif enerji laboratuvarlarda gerçekten üretilmiştir. Bu da günün birinde solucan delikleri aracılığıyla uzak yıldızlara gidileceği hayali kuran bilimkurgu hayranlarının umutlarını yeşertmektedir. Ne var ki laboratuvarda üretilen negatif enerji miktarı bir yıldız gemisini hareket ettiremeyecek kadar küçüktür. Bir solucan deliğini sabit hale getirmeye yetecek negatif enerjiyi üretmek için son derece ileri bir teknoloji gerekir. Bu konuyu zaten 13. Bölümde daha ayrıntılı bir şekilde tartışacağız. Kısacası yakın gelecekte hiper motorlu solucan deliği yıldız gemileri, kapasitemizin üstündedir.

Yine de uzay-zamanı eğmek üzerine bu yakınlarda başka bir yoldan bir tür heyecan yaratılmıştır.

ALCUBIERRE MOTORU

Solucan deliklerinin yanı sıra Alcubierre motoru da ışık bariyerini yıkacak ikinci bir yol önerisi sunabilir. Bir keresinde Meksikalı kuramsal fizikçi Miguel Alcubierre'yle görüşmüştüm. Televizyon izlerken görelî fizik alanında çığır açacak bir fikre hayran kalmıştı ve belki de böylesi bir şey ilk kez yaşanmaktaydı. *Uzay Yolu*'nun bir bölümünde Yıldız Gemisi *Atılğan*'ın ışıktan daha hızlı gidebilmesi onu çok şaşırtmıştı. Bir şekilde önündeki uzayı sıkıştırabiliyordu ve bu sayede yıldızlar o kadar da uzak görünmüyordu.

Bir masaya erişmek için halıda yürüdüğünüzü hayal edin. Akılselîm yöntem halının bir ucundan diğerine gitmek olsa da başka bir yöntem daha vardır. Birisi masayı halatla tutup size doğru çekebilir ve bu hareket halıyı sıkıştıracaktır. Yani masaya ulaşmak için halı boyunca yürümek yerine halı katlanır ve masa size gelir.

Çok ilginç bir gerçekliği kavramaya başlamıştı. Genellikle bir yıldız ya da gezegenle işe koyulup çevresindeki uzayın eğimini hesaplamak için Einstein'ın denklemlerinden yararlanılır. Bunun tam tersi de yapılabilir. Belirli bir eğriyi tespit edip aynı denklemler ona neden olabilecek yıldızın ya da gezegenin türünü belirlemekte kullanılabilir. Bir araba tamircisinin araba yapmasıyla arasında kabataslak bir benzerlik kurulabilir. Motor, lastikler ve birtakım başka kullanıma hazır parçalardan başlayarak bunlardan bir araba oluşturulabilir. Tabii hayallerinizin tasarımını seçip onu üretmek için gereken parçaları da bulmaya çalışabilirsiniz.

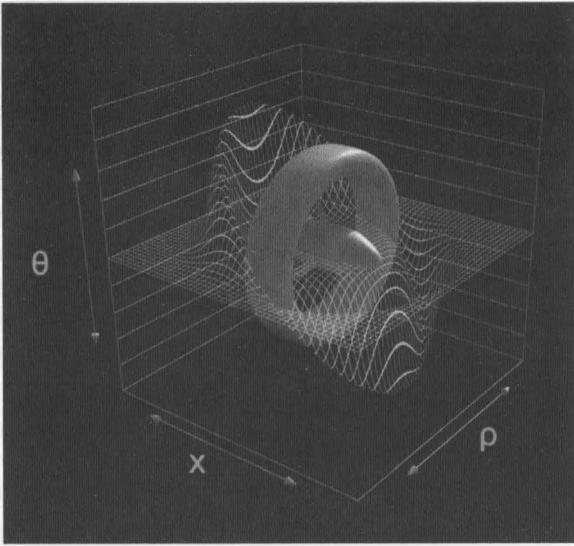
Alcubierre, kuramsal fizikçilerin genel mantığını tersine çevirerek Einstein'ın matematiğini alaşağı etti. Ne tür bir yıldızın ileri yönündeki uzayı sıkıştırabileceğini ve onu ardına doğru genişletebileceğini ölçmeye çalıştı. Büyük bir şaşkınlık içinde epey basit bir sonuca ulaştı. *Uzay Yolu*'nda kullanılan uzay eğiminin Einstein'ın denklemleri tarafından olanaklı bulunan bir çözüm olduğu ortaya çıktı! Belki eğrilik motorları sanıldığı kadar da olasılık dışı değildi.

Alcubierre motoruna sahip bir yıldız gemisinin eğrilik baloncucu [warp bubble], maddeden içi boş bir baloncuk ve enerjiyle sarılması gerekir. Baloncunun içindeki ve dışındaki uzay-zaman bağlantısız olacaktır. Yıldız gemisi hızlandıkça içindeki insanlar hiçbir şey hissetmeyecektir. Işık hızından daha hızlı gitseler bile geminin hiç hareket etmediğini de düşünebilirler.

Alcubierre'in edindiği sonuç tüm fizik camiasını şok etti çünkü son derece orijinal ve radikaldi. Makalesi yayımlandıktan sonraysa eleştirmenler zayıf noktalarını işaret etmeye başladı. Işıktan daha hızlı yolculuk etmeye yönelik görüşü çok şık olsa da tüm sorunlara dikkat çekmiyordu. Yıldız gemisinin içindeki alanla dışarıdaki dünya bir baloncukla birbirinden ayrılıyorsa buradan bilgi de geçemeyecektir ve pilot geminin yönünü kontrol edemeyecektir. Geminin idaresi mümkün olmayacaktır. Bir de gerçekten bir eğrilik baloncucu yaratma meselesi var. Önündeki uzayı sıkıştırabilmek için bu motor negatif madde ya da enerji gibi belirli bir tür yakıta gereksinim duyacaktır.

Başladığımız noktaya geri döndük. Eğrilik baloncuklarımızı ve solucan deliklerimizi sağlam tutabilmemiz için gereken eksik bileşenler negatif madde ya da negatif enerjidir. Stephen Hawking, Einstein'ın denklemlerinden ışıktan daha hızlı yolculuk yapabilmeye olanak sunan çözümlerin *tamamının* negatif madde ya da enerji içermesi gerektiğini belirten genel önermesini kanıtlamıştır. (Bir diğer deyişle, yıldızlarda gördüğümüz pozitif madde ve enerji, gök cisimlerinin hareketlerini mükemmel bir biçimde açıklayabileceği şekilde uzay-zamanı egebilir. Ne var ki madde ve enerji, uzay-zamanı solucan deliklerini sabitleyebilen ve çökmelerini engelleyen kütleçekimsel bir kuvvet yaratarak garip şekillerde eğer ve eğrilik baloncuklarını, önlerinde uzay-zamanı sıkıştırarak ışıktan daha hızlı hızlara ulaştırır.)

Daha sonra fizikçiler bir yıldız gemisini ilerletmek için gereken negatif madde ya da enerji miktarını hesaplamayı denediler. En yeni sonuçlar, gereken miktarın kütesinin Jüpiter gezegenine denk olduğunu gösterdi. Bu da herhangi bir şekilde mümkün olması halinde yalnızca çok ileri bir uygarlığın yıldız gemilerini ilerletmek için negatif madde ya da enerjiyi kullanabileceği anla-



Alcubierre motoru, Einstein'ın denklemlerini kullanarak ışıktan daha hızlı çalışsa da böylesi bir yıldız gemisinin yapılıp yapılamayacağı halen tartışmalı bir konudur.

mına gelir. (Yine de ışıktan daha hızlı gitmek için gereken negatif madde ya da enerji miktarını düşürmek mümkündür çünkü hesaplamalar geometriye ve eğrilik baloncuğu ya da solucan deliğinin boyutuna bağlıdır.)

Uzay Yolu bu zor engelin altından kalkmak için eğrilik motorunun esas unsurunun dilitium kristali adında ender bulunan bir mineral olduğunu varsayar. Artık biliyoruz ki "dilitium kristalleri" "negatif madde ya da enerji" demenin daha havalı bir yolu olabilir.

CASIMIR ETKİSİ VE NEGATİF ENERJİ

Dilitium kristalleri var olmasa da kışkırtıcı bir biçimde solucan delikleri, sıkıştırılmış uzay ve hatta zaman makinelerini mümkün kılan kapıyı aralayan negatif enerji vardır. Her ne kadar

Newton'ın yasaları negatif enerjiye alan tanımasa da 1948 yılında önerilen ve 1997'de laboratuvarda ölçülen Casimir etkisi aracılığıyla kuantum kuramı tanır.

Diyelim ki yüklü olmayan iki paralel metal plakamız var. Aralarına uzak bir mesafe bulunduğu ortamda hiçbir elektrik kuvveti olmadığını söyleyebiliriz. Ancak yaklaştıkça gizemli bir biçimde birbirlerini çekmeye başlarlar. İşte o zaman onlardan enerji açığa çıkartabiliriz. Sıfır enerjiyle başlasak da plakalar yakınlaştırıldığında pozitif enerji edindiğimize göre, bundan plakaların aslen negatif enerjiye sahip olduğu sonucu çıkar. Bunun gerekçesi olağandıdır. Ortak akıl bize boşluğun sıfır enerjiye sahip bir boş olma durumu olduğunu ifade eder. Oysa boşluk kısa bir süreliğine maddeleşen madde ve karşıt madde parçacıklarıyla dolar ve yeniden yok olarak boşluğa dönüşür. Bu "sanal" parçacıklar o kadar hızlı görünüp kaybolur ki, evrendeki toplam madde ve enerji miktarının her zaman aynı kalacağı ilkesi anlamındaki maddenin ve enerjinin korunumunu ihlal etmez. Boşlukta süren bu çalkalanma basınç yaratır. Plakaların dışında, aralarında olduğundan daha fazla madde ve karşıt madde hareketliliği olduğuna göre, bu basınç negatif enerji üreterek plakaları birbirine doğru iter. Bu da kuantum kuramında negatif enerjinin var olabildiğini gösteren Casimir etkisidir.

Aslında Casimir etkisi ufak bir kuvvet olduğu için mevcut olan en hassas araçla ölçülebilirdi. Ne var ki nanoteknoloji bağımsız atomlarla denemeler yapabileceğimiz bir noktaya kadar ilerledi. Bir zamanlar sunduğum bir televizyon programı için atomları hareket ettirebilen küçük bir masaüstü cihaz bulunan Harvard'daki bir laboratuvara gitmiştim. Gözlemlediğim deneyde birbirine yakınlaştırılan iki atomun ya itici ya da çekici olabilen Casimir kuvveti nedeniyle ayrı yönlerde fırlamasını ya da bir araya gelmesini önlemek çok zordu. Bir yıldız gemisi inşa eden bir fizikçi için negatif enerji kutsal kâse gibi görünebilir ancak bir nanoteknolojici için Casimir kuvveti atomik düzeyde o kadar güçlüdür ki artık sıkıntı vermeye başlar.

Sonuç olarak negatif enerji vardır ve yeterince negatif enerji bir şekilde toplanabilmiş olsaydı temelde bilimkurgunun en

çılgın fantezilerinden bazılarını gerçekleştirebilecek bir solucan deliği makinesi ya da eğrilik motoru üretebilirdik. Oysaki bu teknolojiler halen çok uzaklarda ve 13. ile 14. bölümlerde bunlar üzerine konuşacağız. Bu süreçte yüzyılın sonlarında, diğer yıldızların yörüngesinde dönen Güneş Sistemi'nin dışından gezegenlerin ilk yakın çekim fotoğraflarını sunarak uzayı yakınlaştırmayı muhtemel olan ışık yelkenlileriyle yetineceğiz. Yirmi ikinci yüzyıla gelindiğinde füzyon roketleri üzerinde bu gezegenleri kendimiz de ziyaret ediyor olabiliriz. Dahası önümüzde duran karmaşık mühendislik sorunlarını halledebilirse karşıt madde motorları, ramjet motorları ve uzay asansörlerini bile gerçek kılabiliriz.

Peki, yıldız gemilerine sahip olduğumuzda uzayda neler bulacağız? İnsanlığı ayakta tutabilecek başka dünyalar da olacak mı? Şansımıza, uzay teleskoplarımız ve uydularımız yıldızların arasında neler gizlendiği hakkında bize epey ayrıntılı bir tablo sunmuştu.

9

Kepler ve Bir Gezegenler Evreni

Doğruluğu konusunda yaşamın kazanımlarından çoğunu riske bile atacağım için başka dünyalarda yaşayanlar olması üzerine yalnızca bir fikre değil çok güçlü bir inanca da sahibim.

– IMMANUEL KANT

Uzayın uçsuz bucaksız derinliklerindeki komşularımız hakkında bir şeyler bilme arzusu ne yersiz bir meraktan ne de bilgiye duyulan açlıktan kaynaklanır; aksine çok daha derin bir nedeni vardır ve bu, düşünmeyi becerebilen her insanın yüreğinde sımsıkı kök salmış bir duygudur.

– NIKOLA TESLA

GIORDANO BRUNO GÜNAŞIRI intikamını alıyor. Galileo'dan önce yaşayan Bruno, 1600 yılında Roma'da toplumsal değerlere aykırı düşünceleri nedeniyle kazığa bağlanarak yakılmıştı. Bruno, gökyüzündeki yıldızların sayısının çok fazla olduğunu ve Güneşimizin de onlardan biri olması gerektiğini gözlemlemişti. Dahası, mutlaka bu diğer yıldızların yörüngelerinde de kimilerinde başka canlıların yaşıyor olabileceği bir yığın gezegen dönüyordu.

Kilise, Bruno'yu yedi yıl boyunca mahkemeye çıkarmadan hapsetti. Daha sonra onu çırılçıplak soyarak Roma sokaklarında teşhir etti ve ağzını deri bir kayışla kapatarak ağaçtan bir direğe bağladı. Sözlerini geri alması için son bir şans verilse de Bruno fikirlerinden caymayı reddetti.

Kilise, mirasını ortadan kaldırmak için tüm metinlerini Yasaklı Kitaplar Listesi'ne (The Index of Forbidden Books) aldı. Galileo'nun çalışmalarının aksine, Bruno'nunkiler 1966'ya kadar yasaklı kaldı. Galileo, yalnızca Dünya'nın değil, Güneş'in evrenin merkezi olduğunu iddia etmişti. Bruno'ysa evrenin hiçbir merkezi olmadığı önerisinde bulunmuştu. O, tarihte evrenin sonsuz olduğunu ve bu nedenle Dünya'nın da gökyüzündeki çakıltaşlarından herhangi biri olabileceğini varsayan ilk kişiydi. Evrenin herhangi bir merkezi olmadığına göre, kilise de bunun Dünya olduğunu daha fazla iddia edemeyecekti.

1584'te Bruno, felsefesini "Sonsuz olduğunu iddia ettiğimiz uzay... içinde bizimkine benzer türde sonsuz sayıda dünya barındırır." diye özetlemişti. Şimdi, dört yüz yıldan uzun zaman sonra, Samanyolu'nda Güneş Sistemi dışında kalan aşağı yukarı dört bin gezegen olduğu belgelendi ve bu liste neredeyse her gün daha da uzuyor. (2017'de NASA, içlerinden 2330'u Kepler uzay aracı tarafından keşfedilerek doğrulanan bu listeye girmeye aday 4496 gezegen sıraladı.)

Roma'ya yolunuz düşerse Bruno'nun ölüme gittiği noktada etkileyici bir heykelinin durduğu "Çiçek Tarlası" anlamına gelen Campe de' Fiori'yi ziyaret etmek isteyebilirsiniz. Ben gittiğimde, oranın doktrinlere karşı çıkanlar için bir idam alanı olduğundan haberdar olmayabilecek, alışveriş yapmak için etrafta koşuşturan kimi insanlarla dolu bir meydanla karşılaşmıştım. Ne var ki Bruno'nun heykeli, tahmin edileceği üzere altında toplaşmış bir sürü genç asiye, sanatçıyı ve sokak müzisyenini gözlüyordu. Bu huzurlu sahneyi incelerken Bruno'nun döneminde böylesi ölümcül bir kalabalığı alevlendirecek nasıl bir atmosfer olabileceğini düşündüm. Gariban bir felsefeciye işkence edip onu öldürecek kadar nasıl tahrik edilmiş olabilirlerdi?

Bruno'nun fikirleri yüzyıllar boyunca öylece çürüdü çünkü Güneş Sistemi dışında bir gezegen bulmak son derece zor bir iş olduğu gibi geçmişte neredeyse olanaksız görülüyordu. Gezegenler kendi ışıklarını yaymaz. Hatta birinin yansıttığı ışık, gezegeni görünmez kılabilecek göz kamaştırıcılıktaki parıltıya sahip ana yıldızından milyar kat daha sönüktür. Neyse ki bugün sahip olduğumuz devasa teleskoplar ve uzaydaki dedektörler sayesinde edindiğimiz bir yığın güncel veri, Bruno'nun haklı olduğunu kanıtladı.

BİZİM GÜNEŞ SİSTEMİMİZ SIRADAN MI?

Çocukluğumda evreni kavrayış biçimimi değiştiren bir gökbilim kitabı okumuştum. Kitap gezegenleri anlattıktan sonra kendi Güneş Sistemimizin muhtemelen sıradan bir sistem olduğu sonucuna vararak Bruno'nun görüşlerini yineliyordu. Bunun yanı sıra, diğer yıldız sistemlerindeki gezegenlerin de tıpkı bizimki gibi kendi güneşleri çevresinde mükemmel bir daire biçiminde döndüğünü iddia edecek kadar ileri gidiyordu. Güneş'e yakın olanlar kayalıkken, çok daha dışarıda olanlar gaz gezegenlerdi. Güneşimiz, yıldızların arasındaki ortalama yıldızlardan biriydi.

Gökadanın sessiz sakin bir kenar mahallesinde yaşadığımız fikri basit ve rahatlatıcıydı.

Oysa fena halde yanılıyorduk. Şimdi anlıyoruz ki tuhaf olan biziz ve Güneş Sistemimizdeki gezegenlerin birbiri ardına düzgün dizilimi ile çembersele yakın yörüngeleri Samanyolu'nda ender bulunuyor. Başka yıldızları keşfetmeye başladıkça Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler Ansiklopedisi'nde (The Extrasolar Planets Encyclopaedia) listelenmiş, bizimkinden tamamen farklı yıldız sistemlerine rastlıyoruz. Günün birinde bu gezegenler ansiklopedisi gelecekteki evimizi de içerebilir.

MIT'de gezegenbilim profesörü olan ve *Time* dergisinin uzay keşfi konusunda en etkileyici yirmi beş kişi arasında yer verdiği Sara Seager bu ansiklopedinin arkasındaki kilit kişi. Ona çocukken de bilime ilgi duyup duymadığını sormuştum. Bana aslında

ilgili olmadığını ancak Ay'ın da dikkatinden kaçmadığını söylemişti. Babasıyla her araba gezintisine çıktıklarında onu takip ediyor gibi görünmesi son derece ilgisini çekiyormuş: Bu kadar uzaktaki bir şey nasıl olur da arabasını izliyor gibi görünebilir ki?

(Yanılsamaya neden olan uzaklık açısıdır [parallax]. Bizler uzaklıkları kafamızı hareket ettirerek tahmin ederiz. Daha çok ağaçlar gibi yakındaki cisimler yer değiştirirken, dağlar gibi uzak varlıklar konumlarını hiç değiştirmezler. Bizimle birlikte hareket eden hemen yanıımızdaki cisimler de yerlerinden kıpırdamıyor gibi görünür. Bu nedenle beynimiz Ay gibi uzak cisimleri, arabadaki direksiyon gibi yakındakilerle karıştırır ve bize her ikisinin de sürekli olarak yanıımızda hareket ettiğini düşündürür. Uzaklık açısı nedeniyle arabalarımızı izlediği sanılan UFO'ların çoğu da aslında Venüs gezegenidir.)

Profesör Seager'ın gökyüzüne ilişkin hissettiği büyülenme, ömür boyu sürecek bir aşka dönüştü. Çoğunlukla aileler meraklı çocukları için teleskoplar alır ancak o ilk teleskopunu yazın çalıştığı işten kazandığı parayla kendisi almıştı. On beş yaşındayken, iki arkadaşına henüz yakın bir zamanda gökyüzünde görülmüş olan Supernova 1987a adında bir patlayan yıldız hakkında heyecanla bir şeyler anlattığını hatırlıyor. 1604'ten bu yana gerçekleşen en yakın süpernova olarak tarihe geçen bu ender olayı kutlamak için Seager da bir partiye gitmeyi planlıyormuş. Oysa arkadaşları onun ne hakkında konuştuğunu anlamadıkları için şaşkınlık içindelermiş.

Profesör Seager, evren hakkında taşıdığı heyecan ve merakı, bundan yirmi yıl önce var olmayan ancak bugünkü gökbilimin en ateşli alanlarından biri olan Güneş Sistemi dışındaki gezegenler üzerine yapılan bilimsel çalışmalarında parlak bir kariyer haline getirdi.

GÜNEŞ SİSTEMİ DIŞINDA KALAN GEZEGENLERİ BULMA YÖNTEMLERİ

Güneş Sistemi dışındaki gezegenleri doğrudan görmek pek de kolay olmadığından, gökbilimciler bunları dolaylı yöntemler

aracılığıyla bulur. Profesör Seager, gökbilimcilerin sonuçlardan memnun olduğunu çünkü Güneş Sistemi dışındaki gezegenleri çok sayıda yöntemle tespit ettiklerini anlatmıştı. İçlerinde en bilinenlerinden biri geçiş yöntemidir [transit method]. Bir yıldız ışığının yoğunluğunu incelerken bazen düzenli olarak zayıfladığını fark edersiniz. Bu kararın ufak bir etki olsa da Dünya'nın bakış açısına göre ana yıldızının önüne geçerek ışığının bir kısmını soğuran bir gezegenin varlığını gösterir. Bu sayede gezegenin yolu takip edilebileceğinden yörüngesel değişkenleri de hesaplanabilir.

Jüpiter büyüklüğünde bir gezegen Güneşimiz gibi bir yıldızın ışığını yüzde 1 oranında azaltacaktır. Dünya'ya benzer bir gezegen içinse bu sayı yüzde 0,008 olup bir araba farının önünden geçen sivrisineğin yarattığı kararın kadar bir etki yapar. Şansımıza, profesör Seager'ın açıkladığı gibi araçlarımız o kadar hassas ve hatasızdır ki çok sayıda gezegenin parlaklığındaki en ufak değişimi bile fark ederek yıldız sistemlerinin tamamının varlığını ortaya koyabilirler. Ne var ki Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerin hepsi bir yıldızın önünden geçmez. Bazılarının yörüngeleri eğiktir ve geçiş yöntemiyle gözlemlenemezler.

Bir diğer bilinen yaklaşım da gökbilimcilerin düzenli bir biçimde ileri geri hareket ediyor gibi görünen bir yıldız aradıkları ışınsal hız [radial velocity] ya da Doppler yöntemidir. Jüpiter kadar büyük bir gezegen, yıldızın yörüngesinde dönüyorsa aslında yıldız ve onun Jüpiter'i birbirlerinin yörüngesinde dönüyor demektir. Dönen bir halteri düşünün; iki uçtaki ağırlık, ortak bir merkezin çevresinde dönen ana yıldız ve Jüpiter'i temsil eder.

Jüpiter büyüklüğündeki gezegen uzaktan görünmez olsa da ana yıldızın matematiksel olarak hassas bir biçimde hareket ettiği açıkça görülebilir. Doppler yöntemi de bunun hızını hesaplamakta kullanılabilir. (Örneğin sarı bir yıldız bize doğru gelirse ışık dalgaları tıpkı akordeon gibi sıkışır ve bu nedenle sarı ışık hafifçe maviye döner. Bizden uzaklaştığı durumdaysa ışığı uzar ve kızıla çalar. Yıldızın hızı, yıldız dedektörden uzağa ve ona doğru hareket ettikçe ışık frekansında meydana gelen değişimin büyüklüğü incelenerek belirlenebilir. Aynı şey polis arabanıza

radar tuttuğunda da geçerlidir. Yansıyan dalgalaradaki değişimler ne kadar hızlı gittiğinizi ölçmekte kullanılabilir.)

Ana yıldızın haftalar ve aylar boyunca dikkatle incelenmesi de bilim insanlarının Newton'ın kütleçekim yasalarını kullanarak gezegenin kütlesini tahmin etmesine olanak sağlar. Doppler yöntemi yorucudur ancak 1992'de ilk Güneş Sistemi dışındaki gezegenin keşfini sağlayarak bir sonrakinin izini sürmeye çalışan hırslı gökbilimcilerin izdiham yaratmasına yol açmıştır. Ana yıldızın en büyük hareketlerine devasa cisimler karşılık verdiğinden dolayı da ilk gözlemlenenler Jüpiter büyüklüğünde gezegenler olmuştur.

Geçiş yöntemi ve Doppler yöntemi, Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerin yerlerini tespit etmek için kullanılan iki temel teknik olsa da yakın zamanda birkaç farklı teknik daha ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri, daha önce de bahsedildiği gibi başarılması çok zor olan doğrudan gözlemdir [direct observation]. Yine de profesör Seager, NASA'nın engellenmediği takdirde gezegeni mehv edebilecek olan ana yıldız ışığını dikkatle ve tamamen engelleyebilecek uzay araçları geliştirme planları hakkında son derece heyecanlıdır.

Her ne kadar yalnızca Dünya, Güneş Sistemi dışındaki gezegen ve ana yıldız arasında mükemmel bir dizilim bulunması halinde işe yarar olsa da kütleçekimsel mercekleme [gravitational lensing] de umut verici bir diğer yöntem olabilir. Einstein'ın kütleçekim kuramından dolayı biliyoruz ki bir gökcisminin yakınından geçen ışık bükülebilir çünkü büyük bir kütle, çevresindeki uzay-zaman dokusunu değiştirebilir. Cisim bizim için görünür olmasa bile tıpkı saydam camın yaptığı gibi ışığın yörüngesini değiştirecektir. Bir gezegen, uzak bir yıldızın doğrudan önünde hareket ederse ışık halka şeklinde bozulacaktır. Bu belirli örüntüye Einstein Halkası [Einstein Ring] adı verilir ve gözlemci ile yıldız arasında azımsanmayacak miktarda bir kütle olduğunu gösterir.

KEPLER'DEN GELEN SONUÇLAR

2009'da geçiş yönteminden yararlanarak Güneş Sistemi dışındaki gezegenleri bulmak üzere özel olarak tasarlanmış olan Kepler uzay aracının fırlatılmasıyla büyük bir atılım gerçekleştirildi. Bu araç, gökbilim camiasının en çılgın hayallerinin bile ötesinde bir başarıya imza attı. Kepler uzay aracı, büyük olasılıkla Hubble Uzay Teleskopu'nun yanı sıra tüm zamanların en üretken bir diğer uzay uydusudur. Bir mühendislik harikası olan bu araç, 1,4 metre çapındaki devasa aynasıyla 1000 kilogram ağırlıktadır ve son model, yüksek teknoloji alıcılarla doludur. En iyi veriyi alabilmek için belirli bir noktaya uzun süreler boyunca odaklanması gerektiği için Dünya yerine Güneş'in çevresinde döner. Dünya'dan yüz elli milyon kilometre uzaklıkta olabilecek uzaydaki tüneğinde bir dizi jiroskop kullanarak gökyüzünün Cygnus (Kuğu) takımyıldızının bulunduğu yöndeki dört yüzde bir oranında ufacık bir parçasına odaklanabilir. O ufak görüş alanından Kepler neredeyse iki yüz bin yıldız inceledi ve binlerce Güneş Sistemi dışındaki gezegeni açığa çıkardı. Bilim insanlarını evrendeki konumumuzu yeniden gözden geçirmeye zorladı.

Gökbilimciler, bizimkine benzeyen başka yıldız sistemleri tespit etmek yerine tamamen beklenmedik bir şekilde tüm uzaklıklardaki yıldızların yörüngesinde dönen her boyuttan gezegenle karşılaştı. Profesör Seager bu konu hakkında "Orada, kendi Güneş Sistemimizde hiçbir karşılığı olmayan, kimilerinin boyutu Dünya ile Neptün arasında, kimilerinininki Merkür'den çok daha küçük olan bir sürü gezegen var. Ancak bugün bile bizimkinin herhangi bir kopyasını bulamadık." yorumunda bulunuyor. Aslına bakarsanız o kadar çok tuhaf sonuç ortaya çıktı ki gökbilimcilerin bunları yerleştirecek yeterli kuramı yok. Profesör Seager "Ne kadar çok bulursak o kadar daha az anlıyoruz. Tüm olay bir karmaşa." diyor.

Güneş Sistemi dışındaki bu gezegenlerin en sıradan olanlarını bile açıklamak konusunda ne yapacağımızı bilemez haldeyiz. Bulunması en kolay olan Jüpiter büyüklüğündeki gezegenlerin çoğu, alışlageldiği üzere çembere yakın yörüngelerde değil, elips şeklindeki yörüngelerde hareket ediyor.

Bazı Jüpiter büyüklüğündeki gezegenler *ise* çembersel yörüngede olsa da ana yıldızla öyle yakındır ki bizim Güneş Sistemimizde yer alıyor olsalardı Merkür'ün yörüngesinde bulunurlardı. Bu gaz gezegenlere "sıcak Jüpiterler" adı verilir ve Güneş rüzgârı atmosferlerini sürekli uzaya savurur. Ne var ki gökbilimciler bir zamanlar Jüpiter büyüklüğündeki gezegenlerin ana yıldızdan milyarlarca kilometre uzakta, uzayın derinlerinde var olduğuna inanıyordu. Eğer öyleyse nasıl bu kadar yakına geldiler?

Profesör Seager, gökbilimcilerin bu sorunun yanıtını tam olarak bilmediğini itiraf ediyor ancak en olası yanıt onları gafil avladı. Bir kuram, tüm gaz gezegenlerin etrafta hidrojen ve helyum gazları ile tozu toplayabilecek kadar bol miktarda buz bulunan bir yıldız sisteminin dış bölgelerinde biçimlendiğini belirtir. Ne var ki kimi durumlarda da yıldız sisteminin düzlemi içerisinde büyük miktarlarda toz yayılmıştır. Gaz gezegen toz içinde hareket etmekten kaynaklı sürtünme sonucu ana yıldızla doğru giden bir ölüm sarmalına girerek yavaş yavaş enerji kaybedebilir.

Bu açıklama tüm doktrinlere karşı gelen bir fikir olarak daha önce hiç duyulmamış olan göç eden gezegenler [migrating planets] fikrini ortaya attı. (Kendi güneşlerine sokuldukça küçük bir Dünya benzeri gezegenle karşılaşarak onu uzaya savurabilirler. O daha küçük, kayalık gezegen; tüm yıldızlardan bağımsız bir şekilde tek başına uzayda salınan, ayıklanmış bir gezegen halini alabilir. Kısacası, yüksek oranda elips şeklinde ya da ana yıldızla yakın yörüngelere sahip Jüpiter büyüklüğünde gezegenleri olan bir yıldız sisteminde Dünya benzeri herhangi bir gezegen bulmayı beklemeyiz.)

Şimdi geriye dönüp bakıldığında bu garip sonuçlar öngörülmeliydi. Kendi Güneş Sistemimiz güzel çemberler çizerek hareket eden gezegenlere sahip olduğu için gökbilimciler de doğal olarak yıldız sistemleri halini almış toz, hidrojen ve helyum gazlarından topların da eşit bir biçimde yoğunlaşacağını sandılar. Şimdi fark ediyoruz ki kütleçekimin onları düzensiz ya da elips biçiminde yörüngelerde hareket eden, birbiriyle kesişebilen ya da çarpışabilen gezegenler halini alacak şekilde rastlantısal bir

yöntemle sıkıştırması daha yüksek bir olasılık. Belki de yalnızca bizimki gibi çembersel yörüngelere sahip yıldız sistemleri yaşama elverişli olabileceği için bu önemli bir meseledir.

DÜNYA BÜYÜKLÜĞÜNDE GEZEĞENLER

Dünya benzeri gezegenler küçüktür ve bu nedenle ana güneşin ışığında çok hafif bir kararır ya da belli belirsiz bozulmalara neden olurlar. Gökbilimciler, Kepler uzay aracı ve devasa teleskoplarla Dünya'ya benzeyen, kayalık ve bildiğimiz yaşamın sürdürülmesini sağlayabilen ancak bizimkinden yüzde 50 ile 100 oranında daha büyük olan "süper-Dünyalar" tespit etmeye başladılar. Henüz kökenlerini açıklayabilir durumda olmasak da 2016 ve 2017 yıllarında bunlara ilişkin bir dizi heyecan verici keşif yapıldı.

Proxima Centauri, Güneşimizden sonra Dünya'ya en yakın olan yıldızdır. Bu aslında üçlü bir yıldız sisteminin parçasıdır ve Alfa Centauri A ile B adı verilen, birbirinin yörüngesinde dönen iki daha büyük yıldızın yörüngesinde döner. Gökbilimciler, Proxima Centauri'nin çevresinde dönen, Dünya'dan yalnızca yüzde 30 oranında daha büyük bir gezegene rastlamalarına çok şaşmışlardı. Buna Proxima Centauri b adını verdiler.

Seattle'daki Washington Üniversitesi'nden gökbilimci Rory Barnes, "Bu, Güneş Sistemi dışındaki gezegenlere yönelik bilimsel çalışmalarda ezber bozan bir durum. Bu kadar yakın oluşu, onu şimdiye kadar keşfedilmiş diğer tüm gezegenlerden çok daha fazla takip etme olanağına sahip olduğumuz anlamına gelir." demiştir. James Webb Uzay Teleskopu gibi geliştirilmekte olan yeni bir grup devasa teleskop, belki de gezegenin ilk fotoğrafını yakalayabilir. Profesör Seager'ın da dediği gibi "Bu kesinlikle olağanüstü bir durum. Bunca yıldır gezegenler hakkında bir merak taşıdıktan sonra en yakınımızdaki yıldızın çevresinde bir tanesinin olacağı kimin aklına gelirdi ki?"

Proxima Centauri b'nin ana yıldızı, Güneş'in yalnızca yüzde 12'si büyüklüğünde olan sönük bir kırmızı cücedir. Bu neden-

le gezegenin yıldıza görece yakın olması gerekir ki sıvı suyu ve hatta belki de okyanusları besleyebilecek şekilde yaşama elverişli koşullara sahip alanın içinde kalsın. Gezegenin yörüngesinin yarıçapı, Güneş'in çevresindeki Dünya'nın yarıçapının yalnızca yüzde 5'i kadardır. Ayrıca tek bir tam dönüşü 11,2 günde tamamlayacak şekilde ana yıldızın çevresinde hızla döner. Proxima Centauri b'nin bildiğimiz yaşam koşullarıyla uyumlu koşullara sahip olup olmadığı üzerine yoğun tartışmalar vardır. Gezegenin, Dünya'ya çarpanlardan iki bin kat daha şiddetli olabilecek Güneş rüzgârları tarafından bombardımana uğrayabileceğine ilişkin de büyük bir endişe var. Kendisini bu patlamalara karşı korumak için Proxima Centauri b'nin çok güçlü bir manyetik alanının olması gerekir. Şu anda meselenin bu olup olmadığına karar verecek kadar bilgiye sahip değiliz.

Proxima Centauri b'nin, tıpkı kendi Ay'ımız gibi kütleçekimsel olarak kilitli yani bir yüzünün sürekli yıldıza bakıyor olabileceği de öne sürülmüştür. Bir tarafı sürekli sıcakken diğer tarafı da kalıcı bir şekilde soğuktur. Bu durumda sıvı su okyanusları, yalnızca bu iki yarıkürenin arasında kalan, sıcaklığın ılıman olduğu dar kuşakta meydana gelebilir. Yine de gezegenin yeterli yoğunlukta bir atmosfere sahip olması halinde rüzgârlar sıcaklıkları dengeleyebilir; böylelikle de sıvı okyanuslar yüzey boyunca serbestçe var olabilir.

Bir sonraki adım, atmosferin yapısını ve su mu yoksa oksijen mi içerdiğini belirlemeye geliyor. Proxima Centauri b Doppler yönteminden yararlanılarak tespit edilmiş olsa da atmosferinin kimyasal bileşimi en iyi geçiş yöntemiyle değerlendirilir. Güneş Sistemi dışındaki bir gezegen doğrudan ana yıldızın önünden geçerse atmosferinden ufak bir ışık şeridi de geçecektir. Atmosferdeki bazı maddelerin molekülleri, bilim insanlarının o moleküllerin doğalarını saptamalarına olanak sunarak belirli dalga boylarından ışıkları soğurur. Ne var ki bunun işlemesi için Güneş Sistemi dışındaki gezegenin izlediği yolun yönelimi tam olarak doğru olmalıdır. Ancak Proxima Centauri b'nin yörüngesinin doğru bir şekilde hizalanmış olması olasılığı yalnızca yüzde 1,5 oranındadır.

Dünya benzeri bir gezegende su buharı molekülleri bulunması şaşırtıcı bir darbe olurdu. Profesör Seager bunu, “Ufak, kayalık bir gezegeniniz varsa su buharına yalnızca bunun yüzeyinde sıvı su da olması halinde sahip olabilirsiniz. Bu yüzden kayalık bir gezegende su buharı olduğunu keşfedersek bunu sıvı okyanuslara da sahip olduğu şeklinde yorumlayabiliriz.” diye açıklar.

BİR YILDIZIN ETRAFINDA DÜNYA BÜYÜKLÜĞÜNDE YEDİ GEZEĞEN

Eşi benzeri görülmemiş bir diğer bulgu da 2017’de edinildi. Gökbilimciler, gezegensel evrimin tüm kuramlarını hiçe sayan bir yıldız sistemi tespit ettiler. Bu, TRAPPIST-1 adı verilen bir ana yıldızın yörüngesinde dönen, Dünya büyüklüğünde yedi gezegenden oluşuyordu. Bu gezegenlerden üçü Goldilocks bölgesindedir ve okyanusları olabilir. Bu keşfi gerçekleştiren Belçikalı bilimsel ekibin lideri Michaël Gillon, “Bu yalnızca çok sayıda gezegen bulduğumuz için değil, tamamı Dünya’nın büyüklüğüne benzer büyüklüklerde gezegenler oldukları için inanılmaz bir sistemdir.” diyor. (TRAPPIST adı da hem ekip tarafından kullanılan teleskop için bir kısaltma hem de Belçika’nın en ünlü bira-larından birine göndermedir.)

TRAPPIST-1, Dünya’dan yalnızca otuz sekiz ışık yılı uzaklıkta ve ağırlığı Güneş’in yüzde 8’i oranında olan bir kıvılcık yıldızıdır. Tıpkı Proxima Centauri gibi yaşama elverişli koşullara sahip bir alanı vardır. Kendi Güneş Sistemimizle yer değiştirilse yedi gezegenin tamamının da yörüngeleri Merkür’ün yörüngesinin içine sığar. Gezegenlerin ana yıldızın çevresinde dönmesi üç haftadan az zaman alırken, en içteki gezegenin bir tam dönüş yapması otuz altı saat sürer. Güneş sistemi çok sıkışık olduğu için gezegenler kütleçekimsel olarak etkileşime girer ve ilkel olarak kendi düzenlerini bozarak çarpışabilirler. Bunların birbirlerini sarsmaları safça bir beklenti olabilir ancak neyse ki 2017’deki bir inceleme bunların bir salınım içinde bulunduğunu yani yörüngelerinin birbiriyle uyum içerisinde olduğunu ve hiçbir çarpışmanın meydana gelmeyeceğini göstermiştir. Yıldız sis-

temi sabit görünse de gökbilimciler Proxima Centauri b ile ilgili olduğu gibi yıldız patlamalarının ve kütleçekim kilidinin olası etkilerini araştırmaktadır.

Uzay Yolu'nda Atılgan ne zaman Dünya benzeri bir gezegene rastlasa Spock "M sınıfı bir gezegene" yaklaştıkları duyurusu yapar. Aslında gökbilimde böyle bir şey yoktur, tabii şimdilik. Şimdiye kadar, çeşitli Dünya benzeri gezegenler de dahil olmak üzere binlerce farklı türde gezegenin varlığı ortaya çıktığına göre, adı yeni koyulacak birinin daha ortaya çıkması an meselesidir.

DÜNYANIN İKİZİ Mİ?

Eğer uzayda Dünya'nın bir ikizi varsa bugüne kadar bizi iyi atlatmış. Gerçi şimdilik elli kadar süper-Dünya bulduk. İçlerinden özellikle ilgi çekici olan Kepler-452b, bizden 1400 ışık yılı uzaklıkta olup 2015 yılında Kepler uzay aracı tarafından keşfedilmiştir. Bizim gezegenimizden yüzde 50 oranında daha büyük olduğu için, Dünya üzerinde daha ağır olsanız da bunun dışında orada yaşamının Dünya'da yaşamaktan çok da farkı yoktur. Bir kırmızı cüce yıldızın çevresindeki yörüngede dönen Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerin aksine, Güneş'ten yalnızca yüzde 3,7 oranında daha iri olan bir yıldızın etrafında döner. Dönme süresi 385 Dünya günü ve denge sıcaklığı, Dünya'ninkinden birazcık daha sıcak olup -8°C 'dir. Ayrıca yaşama elverişli koşullara sahip olan bölgenin içinde yer alır. Dünya dışı zeki yaşamı arayan gökbilimcilerin radyoteleskopları gezegende var olabilecek herhangi bir uygarlıktan gelen iletileri almak üzere programlanmış olsa da şimdiye kadar tespit ettiği bir ileti olmamıştır. Ne yazık ki Kepler-452b de çok uzakta olduğu için gelecek nesil teleskoplar bile atmosfer bileşimi hakkında önemli veriler toplamayı başaramayacaktır.

Altı yüz ışık yılı uzaklıkta ve Dünya'nın 2,4 katı büyüklüğündeki Kepler-22b üzerine de çalışılıyor. 290 günde bir dönüşü tamamlayan gezegenin yörüngesi Dünya'ninkinden yüzde 15

daha küçüktür ancak ana yıldızı Kepler-22'nin parlaklığı, Güneş'inkinden yüzde 25 daha düşüktür. Bu iki etki birbirini telafi eder ve bu nedenle gezegenin yüzey sıcaklığının Dünya'ninkine benzediğine inanılıyor. Ayrıca bu da yaşama elverişli koşullara sahip bölgede yer almaktadır.

Öte yandan KOI 7711, Güneş Sistemi dışındaki gezegenler arasında en fazla ilgi toplayanıdır çünkü 2017 itibarıyla Dünya ile benzer özellikleri en fazla olan gezegendir. Dünya'dan yüzde 30 oranında daha büyüktür ve ana yıldızı bizimkine çok benzer olduğu gibi yıldız patlamaları tarafından kızartılma tehlikesi altında değildir. Gezegende geçen bir yıl, Dünya'da geçen bir yıl ile neredeyse eşittir. Yıldızının yaşama elverişli koşullara sahip bölgesinde yer alsa da atmosferinin su buharı içerip içermediğini ölçecek teknolojiye henüz sahip değiliz. Bütün koşullar bir tür yaşam formu barındırması için uygun görünüyor. Ne var ki, 1700 ışık yılı uzaklıkta olan bu gezegen, üçü arasındaki en uzak Güneş Sistemi dışındaki gezegendir.

Gökbilimciler bu gezegenlerin değerlerini inceledikten sonra genellikle iki kategori halinde düzenlenebileceklerini keşfettiler. İlki; üzerine tartıştığımız (bir önceki sayfada yer alan görsellerdekiler gibi) süper-Dünyalar, diğeryse "mini Neptünler"dir.

Yaşanabilirliği Olası Güncel Dünyalar

Dünya ve Mars'la karşılaştırılarak Dünya'ya Benzerliklerine Göre Sıralandırılmışlardır



#1
Gliese 581 g
0,92



#2
Gliese 667C c
0,85



#3
Kepler-22 b
0,81



#4
HD 85512 b
0,77



#5
Gliese 581 d
0,72

The Habitable Exoplanets Catalog, PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu)

Bu çizim, başka yıldızların yörüngelerinde dolaştığı keşfedilen süper-Dünyalarla karşılaştırılan Dünya'nın orantılı büyüklüğünü gösterir.

Bunlar Dünya'nın iki ile dört katı büyüklükte olan gaz halinde gezegenlerdir ve yakın çevremize ilişkin hiçbir şeyi andırmazlar; kendi Neptünümüz Dünya'dan dört kat daha büyüktür. Ufak bir gezegen keşfedilir keşfedilmez gökbilimciler onun hangi kategoriye ait olduğunu belirlemeye çalışır. Bu tıpkı biyologların yeni bir hayvanın memeli mi yoksa sürüngen mi olduğunu sınıflandırmaya çalışmalarına benzer. Önemli bir gizem, uzaydaki herhangi bir yerde bu kadar öne çıkan bu kategorilerin, kendi Güneş Sistemimizde neden temsil edilmediğidir.

HAYDUT GEZEĞENLER

Haydut gezegenler, şimdiye kadar keşfedilmiş olan en tuhaf gök cisimlerindendir. Gökadada belirli herhangi bir yıldızın yörüngesinde yer almadan amaçsızca dolaşırlar. Büyük olasılıkla bir yıldız sisteminde meydana geldiler ancak Güneş Sistemi dışındaki Jüpiter büyüklüğünde bir gezegene fazla yaklaşarak uzayın derinliklerine savruldular. Gördüğümüz üzere, bu kocaman, Jüpiter büyüklüğündeki gezegenler genellikle elips şeklinde yörüngelere sahip olur ve bir sarmal içinde ana yıldıza göç ederler. Yollarının daha küçük gezegenlerle kesişmiş olması ve bunun sonucunda haydut gezegenlerin, sıradan olanlardan çok daha bol sayıda olması bir olasılıktır. Aslına bakarsanız, kimi bilgisayar modellerine göre kendi Güneş Sistemimiz milyarlarca yıl önce on kadar haydut gezegeni dışarı atmış olabilir.

Bu gezegenler bir ışık kaynağının yakınında olmadığı ve kendileri de ışık yaymadığı için ilk başta konumlarını tespit etmek olanaksız gibi görülmüştü. Oysa gökbilimciler bazılarını kütleçekimsel mercekleme yönteminden yararlanarak bulabildiler. Bu yöntem arka plandaki yıldız, haydut gezegen ve Dünya'daki dedektör arasında çok kusursuz ve epey nadir bir hizalanma olmasını gerektirir. Nihayetinde bir avuç haydutu tespit etmek için milyonlarca yıldızı taramak gerekir. Neyse ki bu işlemin otomatikleştirilmiş olması sayesinde aramayı gökbilimciler değil, bilgisayarlar yapar.

Bu zamana kadar içlerinden biri Dünya'ya yalnızca yedi ışık yılı uzaklıkta olan 20 olası haydut gezegen tanımlandı. Ne var ki elli milyon yıldızı incelemiş olan Japon gökbilimcilerin hazırladığı bir başka yakın zamanlı çalışma, çok daha fazla sayıda olasılık buldu ve haydut gezegenlerin sayısı 470'e çıktı. Bu çalışmada, Samanyolu'ndaki her bir yıldız başına iki haydut gezegen düşüyor olabileceğini tahmin ettiler. Diğer gökbilimcilerse, haydut gezegen sayısının yüz bin kat gibi bir oranla sıradan olanların sayısını aşabileceği varsayımında bulundu.

Bildiğimiz yaşam haydut gezegenlerde var olabilir mi? Kimileri Jüpiter ya da Satürn gibi çok sayıda buzla kaplı uyduya sahip olabilir. Eğer bu doğruysa gelgit kuvvetleri buzları, yaşamın doğabileceği okyanuslara çevirebilir. Ancak Güneş ışığı ve gelgit kuvvetlerinin dışında, haydut gezegenlerde yaşamı meydana getirecek enerji kaynağı olabilecek üçüncü bir yol daha vardır: Radyoaktivite.

Belki de bilim tarihinden bir olay bu konunun örneklendirilmesine yardımcı olabilir. On dokuzuncu yüzyılın sonlarında fizikçi Lord Kelvin tarafından yapılan basit bir hesap; Dünya'nın, yaratılıştan birkaç milyon yıl sonra soğuduğu ve sert bir biçimde donduğu için yaşam barındırmaması gerektiğini gösterdi. Bu sonuç, Dünya'nın milyarlarca yıl yaşında olduğunda ısrarcı olan biyologlar ve jeologlarla bir tartışmaya girilmesine neden oldu. Marie Curie ve diğerleri radyoaktiviteyi bulduğunda fizikçilerin yanıldığı kanıtlandı. Dünya'nın çekirdeğini milyarlarca yıl boyunca sıcak tutan, uranyum gibi uzun ömürlü radyoaktif elementlerin oluşturduğu nükleer kuvvetti.

Gökbilimciler haydut gezegenlerin de onları görece sıcak tutan radyoaktif çekirdekleri olabileceğini sanmıştı. Bu bir radyoaktif çekirdeğin, yaşamın kimyasallarının meydana gelebileceği okyanusun dibindeki sıcak kaynak sularına ve yanardağ ağızlarına ısı sağlayabileceği anlamına gelir. Yani haydut gezegenler bazı gökbilimcilerin inandığı kadar sayısızsa, gökadada yaşam bulmak için en olası yer bir yıldızın yaşama elverişli bölgesi değil, haydut gezegenler ve onların uyduları olabilir.

TUHAF GEZEĞENLER

Gökbilimciler ayrıca kimileri sınıflandırılmalara karşı koyan, tamamen ürkütücü gezegenlerden oluşan bir bolluğun da arayışında.

Yıldız Savaşları filminde Tatooine gezegeni iki yıldızın etrafında döner. Bazı bilim insanları bu fikirle alay eder çünkü böylesi bir gezegen sabit olmayan bir yörüngede yer alır ve yıldızlardan birine çöker. Ne var ki Centauri Sistemi'nde olduğu gibi üç yıldızın çevresinde dönen gezegenler belgelenmiştir. Hatta iki grup çift yıldızın birbirleri etrafında hareket ettiği dört yıldızlı sistemler bile bulundu.

Görünüşe bakılırsa elmaslardan meydana gelmiş olabilecek bir başka gezegen de keşfedildi. 55 Cancri e adı verilen bu gezegen, Dünya'nın yaklaşık olarak iki katı büyüklüğündedir ancak ağırlığı onun sekiz kat fazlasıdır. 2016 yılında Hubble Uzay Teleskopu, kayalık bir Güneş Sistemi dışındaki gezegenle ilişkili bir ilk olarak bunun atmosferini başarıyla inceledi. Hidrojen ve helyum tespit edilse de su buharına rastlanmadı. Daha sonra gezegenin karbon bakımından zengin olduğu fark edildi ki kütlesinin neredeyse üçte biri bundan meydana geliyor olabilir. Ayrıca 5400 Kelvin derece ile sıcaktan kaynamaktadır. Kuramlardan biri, çekirdekindeki ısı ve basıncın büyüklüğünün elmastan bir gezegen meydana getirmeye yetecek benzersizlikte olduğunu varsayar. Yine de gerçekten var olmaları halinde bu parıldayan çökeltiler bizden kırk ışık yılı uzaklıktadır. Yani kazıp çıkarmak mevcut becerilerimizin çok ötesindedir.

Olası su ve buz dünyaları da tespit edilmiştir. Bunun çok da beklenmeyen bir keşif olduğu söylenemez. Kendi gezegenimizin tarihinin erken dönemlerinde buzla kaplı bir Kartopu Dünya [Snowball Earth] olduğuna inanılır. Bütün diğer zamanlarda Buzul Çağı gerilediğinde, gezegen suyla dolmuştu. Muhtemelen suyla kaplı olan Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerin bilinen ilk altısının birincisi olan Gliese 1214 b, 2009 yılında bulunmuştu. Bu gezegen, kırk iki ışık yılı uzaklıkta ve Dünya'nın altı katı büyüklüğündedir. Yaşama elverişli bölgenin dışında yer alır ve ana

güneşine Dünya'nın döndüğüne oranla yetmiş kat daha yakın bir yörüngede döner. 280 °C sıcaklığa ulaşabildiği için, bildiğimiz yaşamın var olması da büyük olasılıkla mümkün değildir. Ne var ki ana yıldızı geçerken gezegenin atmosferinde dağılan ışığın çeşitli filtreler kullanılarak incelenmesiyle önemli miktarda su bulunmuştur. Gezegenin sıcaklığı ve basıncından dolayı su bildiğimiz sıvı biçiminde olmayabileceği gibi aksine Gliese 1214 b, belki de buhardan bir gezegendir.

Bu durumda yıldızlar hakkında da çarpıcı bir farkındalık kazanıyoruz. Bir zamanlar sarı yıldızımızın evrende kendine özgü olduğunu düşünsek de gökbilimciler artık Güneşimizin, ışığının yalnızca ufak bir bölümünü yayan ve genellikle çıplak gözle görülemeyen sönük kırmızı cüce yıldızların en yaygın yıldız türü olduğuna inanıyor. Bir tahmine göre Samanyolu'ndaki yıldızların yüzde 85'i kırmızı cücedir. Bir yıldız ne kadar küçükse hidrojen yakıtını o kadar yavaş yakar ve bir o kadar da uzun parlayabilir. Kırmızı cüceler varlıklarını, Güneşimizin on milyar yıllık ömründen çok daha uzun bir süre, trilyonlarca yıl boyunca sürdürebilirler. Sayıları da çok fazla olduğu için Proxima Centauri b ve TRAPPIST sistemlerinin her ikisinin kırmızı cüceleri içermesi de muhtemelen şaşırtıcı değildir. Kısacası Dünya benzeri daha fazla gezegen aramak için en umut verici bölgelerden biri bu yıldızların çevreleri olabilir.

GÖKADANIN NÜFUS SAYIMI

Kepler uzay aracı, Samanyolu gökadası içinde kabaca bir nüfus sayımı çıkarabilecek kadar çok gezegen inceledi. Veriler gördüğümüz ortalama her yıldızın çevresinde dönen bir tür gezegen olduğunu gösteriyor. Güneşimiz gibi, bu yıldızların yüzde 20'sinin büyüklük olarak Dünya'yı andıran ve yaşam için elverişli bölgede yer alan Dünya benzeri gezegenleri vardır. Samanyolu'nda yaklaşık yüz milyar yıldız olduğuna göre, arka bahçemizde neredeyse yirmi milyar Dünya benzeri gezegen olabilir. Gerçi bu epey ölçülü bir tahmin, belki de gerçek sayı bundan çok daha fazladır.

Ne yazık ki Kepler uzay aracı evreni kavramsallaştırma biçimimizi değiştiren dağ kadar veriyi gönderdikten sonra arıza yaşamaya başladı. Jiroskoplarından biri 2013 yılında çalışmayı durdurdu ve gezegenlere kilitlenme becerisini yitirdi.

Neyse ki Güneş Sistemi dışındaki gezegenlere ilişkin kavrayışımızı güçlendirmeye devam edecek görevler planlanıyor. 2018’de Geçiş Yapan Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenleri Araştırma Uydusu (Transiting Exoplanet Survey Satellite - TESS) fırlatılacak.* Bu uydu, Kepler’in aksine gökyüzünün tamamını tarayacak. TESS iki yıllık bir zaman dilimi içinde, gökadanın bizim bölgemizde kalan kısmındaki olası tüm Dünya büyüklüğündeki gezegenler ya da süper-Dünyalar dahil olmak üzere, Kepler tarafından incelenen yıldızlardan otuz ile yüz kat daha parlak olan yıldızlara yoğunlaşarak iki yüz binden fazla yıldızı inceleyecek. Bu süreçle ilgili çalışan gökbilimci sayısı da neredeyse beş yüzü bulacak. Dahası, Hubble Uzay Teleskopu’nun yerini alan James Webb Uzay Teleskopu da yakın zamanda görevinin başına geçecek ve bu Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerden bazılarının fotoğraflarını gerçekten çekebilmeye başlayacak.

Dünya benzeri gezegenler, gelecekteki yıldızlararası uzay gemilerinin asıl hedefleri olabilir. Artık onları ayrıntılı bir biçimde inceleyebileceğimiz noktaya eriştiğimize göre, iki etmeni araştırmakta yarar var: Bunlardan biri, gerektirdiği biyolojik taleplerle birlikte uzayda yaşamak, diğeryse uzayda yaşama rastlamaktır. İlk olarak Dünya’daki varlığımıza ve bunun yeni mücadelelere girecek biçimde nasıl geliştirilebileceğine bir göz atmalıyız. Bunun için yaşam süremizi uzatarak, fizyolojimizi ayarlayarak ve hatta genetik mirasımızı başkalaştırarak kendimizde değişiklikler yapmamız gerekir. Ayrıca bu gezegenler üzerinde mikropardan ileri uygarlıklara kadar her şeyi keşfetme olasılığımızla da yüzleşmek zorundayız. Orada kimler olabilir ve onlarla karşılaşmak bizim için ne ifade edecektir?

* TESS, 18 Nisan 2018 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. -çn.

III

Evrende Yaşam

10

Ölümsüzlük

Gökadanın bir ucundan diğerine gitmek için gereken sonsuz zaman, ölümsüz canlılar için hiç de göz korkutucu değildir.

– SIR MARTIN REES,
İNGİLİZ KRALİYET GÖKBİLİMCİSİ

ADALINE ÇAĞI (*THE AGE OF ADALINE*) filmi, 1908 yılında doğmuş ve bir kar fırtınasına yakalanıp donarak can vermiş bir kadının hikâyesidir. Şansına Adaline çılgın bir yıldırım tarafından çarpılarak yeniden canlanır ve bu tuhaf olay DNA'sını değiştirerek gizemli bir şekilde yaşlanmasını durdurur.

Bunun sonucunda arkadaşları ve sevgilileri yaşlanırken o genç kalır. Kaçınılmaz olarak da şüpheler ve dedikodular başlar, kentten ayrılmaya zorlanır. O da sınırsız gençliğinin tadını çıkarmak yerine, toplum içinde yaşamaktan uzaklaşarak insanlarla nadiren konuşan birine dönüşür. Onun için ölümsüzlük bir hediye değil, lanettir.

Nihayetinde Adaline'a bir araba çarpar ve bu kazada yaşamını yitirir. Ambulansta defibrilatörden verilen elektrik şokuysa onu yaşama döndürmekle kalmaz, yıldırımın yarattığı genetik etkiyi de ortadan kaldırır ve yeniden ölümlü hale getirir. Bunun

üzerine ölümsüzlüğünü yitirdiği için gözyaşı dökmek yerine ilk beyaz saç telini bulduğunda neşesi yeniden yerine gelir.

Bu hikâyenin sonunda Adaline ölümsüzlük armağanını geri çevirirken, bilim diğer taraftan yaşlanmayı anlama yolunda büyük aşamalar kaydederek tam tersi yöne doğru ilerliyor. Yıldızların arasındaki uzaklık muazzam büyüklükte olduğundan, bir geminin yolculuğunu tamamlaması yüzyıllar sürebileceği için uzay keşfiyle ilgilenen bilim insanları bu araştırmaya büyük önem veriyor. Yani bir yıldız gemisi inşa etmek, yıldızlara giden bir yolculuğu tamamlamak ve uzak gezegenlere yerleşmek birkaç ömür gerektirebilir. Yolculuktan sağ çıkmak için çok nesilli gemiler yapmamız, astronotlarımızın ve öncülük yapacak kişilerin temel yaşamsal işlevlerini askıya almamız ya da ömürlerini uzatmamız gerekir.

Şimdi insanların yıldızlara yolculuk edebileceği bu yöntemleri keşfedelim.

ÇOK NESİLLİ GEMİLER

Uzayda oksijen/azot atmosferi, sıvı suyu, kayalık bir çekirdeği olan ve büyüklüğü de Dünya'nınkiyle epey örtüşen Dünya benzeri bir ikizinin keşfedildiğini varsayın. Yerleşmek için ideal gibi görünse de sonradan fark ediyorsunuz ki bu ikiz gezegen, Dünya'dan yüz ışık yılı uzaklıkta. Bu da demek oluyor ki büyük olasılıkla füzyon ya da karışık madde iticisi kullanan bir yıldız gemisinin oraya ulaşması için iki yüz yıl gerekecek.

Bir nesil yaklaşık olarak yirmi yıla denk geliyorsa bildikleri tek yaşam gemide olan on nesil insan o yıldız gemisinde doğacak demektir.

Bu her ne kadar göz korkutucu görünse de ortaçağdaki usta mimarların, şaheserlerinin tamamlandığını görebilecek kadar yaşamayacaklarını bile bile muazzam katedraller tasarladıklarını biliyoruz. Bu katedrallerin açılışlarını muhtemelen torunlarının kutlayacağını farkındalardı.

Bunun yanı sıra insanların bundan yaklaşık yetmiş beş bin yıl önce yeni bir yuva arayışıyla Afrika'yı terk etmeye başladığı

Büyük Dağılma [The Great Diaspora] sırasında yolculuklarını tamamlamalarının belki de nesiller boyu süreceğini de fark etmişlerdi.

Yani çok nesilli yolculuk kavramı yeni bir şey değil.

Ne var ki bir yıldız gemisiyle yolculuk ediyorsanız karşı karşıya kalabileceğiniz sorunlar vardır. Öncelikle, sürdürülebilir doğurganlıkta bir nüfusa sahip olmak için gemi başına en az iki yüz kişiden oluşacak olan nüfus çok iyi seçilmelidir. İnsan sayısı izlenmelidir ki nüfus görece sabit kalsın ve erzakları tüketmesin. Nüfusta on nesilden fazlasına yayılan en ufak bir sapma korkunç bir nüfus yoğunluğuna ya da nüfusta azalmaya neden olabilir ki bu da bütün görevi tehlikeye sokar. Bu durumda nüfusu dengelemek için klonlama, yapay dölleme ve tüp bebek gibi çeşitli yöntemler zaman içinde gerekli hale gelebilir.

İkinci olarak, kaynakların da dikkatle izlenmesi gerekir. Besinler ve atıkların düzenli olarak geri dönüşümleri sağlanmalıdır; hiçbir şey atılamaz.

Bir de sıkılma sorunu var. Örneğin ufak adalarda yaşayan insanlar sıklıkla “ada ateşinden [island fever]” dert yanar. Bu, yoğun bir klostrofobi duygusu ile adayı terk ederek yeni dünyalar keşfetmeye yönelik arzudur. Olası bir çözüm, gelişmiş bilgisayar simülasyonlarından yararlanarak hayal ürünü dünyalar yaratmak için yapay gerçekliği kullanmaktır. Bir diğer olasılık da yaşamlarının bir yön ve amaç sahibi olması için onlara hedefler, yarışmalar, görevler ve işler yaratmaktır.

Dahası, kaynakların ve sorumlulukların paylaştırılması gibi kararların gemide alınması gerekir. Geminin günlük işleyişini gözetip denetlemek için demokratik yollarla seçilmiş bir zümre oluşturulmalıdır. Yalnız bu durum gelecek bir neslin orijinal görevi yerine getirmek istememesinin ya da etkileyici bir demagogun yönetimi ele geçirerek düzeni altüst etmesi olasılığının önünü açabilir.

Bu sorunlardan çoğunu ortadan kaldırmanın bir yolu vardır: Temel yaşamsal işlevlerin askıya alınmasının sağlanması.

MODERN BİLİM VE YAŞLANMA

2001 filminde, gemileri Jüpiter'e çetin bir yolculuk yaparken bir astronot ekibi kapsüllerinde dondurulmuş şekilde tutulur. Bedensel işlevleri sıfıra düşürüldüğü için çok nesilli yıldız gemileriyle ilişkili güçlüklerin hiçbiriyle karşılaşmaz. Yolcular donmuş olduğundan; görevi tasarlayanların, astronotların büyük miktarlarda kaynak tüketmesi ya da nüfusu sabit tutmaya ilişkin endişelenmesine gerek kalmaz.

Peki bu gerçekten mümkün mü?

Kışın kuzeyde yaşayan herkes bilir ki balıklar ve kurbağalar buzda donar ve bahar gelip buzlar eridiğinde hiçbir şey olmamış gibi yeniden ortaya çıkarlar.

Normalde donma sürecinin bu hayvanları öldürmesini bekleriz. Kan sıcaklığı düşürüldükçe hem hücrelerde hem de hücrelerin dışında nihayetinde hücre duvarlarını sıkıştırıp parçalayan buz kristalleri oluşur ve genişler. Doğa Ana bu sorunu basit bir çözüm geliştirerek halleder: Antifriz. Kışları suyun donma noktasını düşürmek için arabalarımıza antifriz koyarız. Aynı şekilde Doğa Ana da glikozu antifriz olarak kullanır ve bununla kanın donma noktasını düşürür. Yani her ne kadar hayvan bir buz kütesinin içinde donmuş olsa da damarlarındaki kan halen sıvıdır ve temel bedensel işlevleri yerine getirebilir.

İnsanlar açısından bedenimizdeki yüksek glikoz derişimi zehirli olabilir ve bizi öldürür. Bu nedenle bilim insanları, buz kristallerinin oluşmaması için donma noktasını düşürecek kimyasalların bileşimini içeren, camlaştırma [vitrification] adını verdikleri bir süreç içinde başka kimyasal antifrizlerle deneyler yapmışlardır. Bu, kulağa fazlasıyla merak uyandırıcı gelse de şimdiye kadarki sonuçlar hayal kırıklığı yarattı. Camlaştırmanın ters yan etkileri mevcut. Laboratuvarlarda kullanılan kimyasallar genellikle zehirli ve öldürücü olabilir. Bugüne kadar kimse kaskatı donup sonra buzları çözülünce bunları anlatacak şekilde yaşamayı sürdürmemiştir. Yani temel yaşamsal işlevlerin askıya alınmasını etkili bir biçimde başarmaktan çok uzağız. (Bu du-

rum, girişimcilerin bunu ölümü kandırmak için bir yol olarak zamanından erken pazarlamalarının önüne geçmedi. Ölümcül hastalıklara sahip insanların yüklü bir ödeme karşılığında bedenlerini dondurabileceklerini ve on yıllar sonra, hastalıklar tedavi edilebildiğinde yeniden diriltebileceklerini iddia ediyorlardı. Yine de bu sürecin işlediğine ilişkin tek bir deneysel kanıt bulunamadı.) Bilim insanları bu teknik soruların zaman içinde çözümlenebileceğini umuyor.

Kısacası kâğıt üstünde, uzun süreli yolculukların yarattığı sorunların çoğunu çözmek için temel yaşamsal işlevlerin askıya alınması ideal bir yöntem olabilir. Günümüzde bu gerçekçi bir seçenek olmasa bile gelecekte yıldızlararası görevlerin üstesinden gelmekte kullanılacak başlıca yöntemlerden biri belki de budur.

Gerçi temel yaşamsal işlevlerin askıya alınmasıyla ilgili bir sorun var. Bir asteroit çarpması gibi beklenmeyen acil bir durum olduğunda, zararı onarmak için insanlar gerekebilir. İlk onarımları yapmaları için robotlar harekete geçirilebilir ancak acil durumun ağırlığı karşısında insan deneyimi ve değerlendirme gücü de gerekli olacaktır. Bu da mühendis olan bazı yolcuların yeniden diriltilmesi gerektiği anlamına gelir. Ne var ki mühendisleri yaşama döndürmek çok uzun sürerse ve insan müdahalesi hemen gerekliyse bu son dakika seçeneği ölümcül olabilir. Bu, temel yaşamsal işlevlerin askıya alınması yönteminden yararlanan yıldızlararası bir yolculuğun zayıf noktasıdır. Bu durumda ufak bir çok nesilli mühendis topluluğunun tüm yolculuk boyunca uyanık ve hazır tutulması gerekecektir.

KLONLARI YOLLAYIN

Gökadayı kolonileştirmeye yönelik bir başka öneri, günün birinde uzak bir istikamette canlandırılacakları umuduyla uzaya DNA'mızı içeren embriyolar göndermektir. Yoksa nihayetinde yeni insanlar yaratmakta kullanılması için DNA kodunun ken-

disi de gönderilebilir. (Çelik Adam [*Man of Steel*] filminde bahsedilen yöntem buydu. Her ne kadar Süpermen'in ana gezegeni Kripton havaya uçmuş olsa da Kriptonlular bu gerçekleşmeden önce tüm Kripton nüfusunun DNA dizilimini sıralayacak kadar gelişmişti. Plana göre bu bilgi Dünya gibi bir gezegene gönderilerek asıl Kriptonluların klonlarının yaratılmasında DNA dizilimi kullanılabilirdi. Tek sorun bunun için Dünya'nın ele geçirilmesi ve ne yazık ki ayak bağı olan insanlardan kurtulma gerekliliği idi.)

Klonlama yaklaşımının avantajları vardır. Kocaman, yapay, Dünya benzeri alanlar ve yaşam destek sistemleri içeren devasa yıldız gemileri yerine bu yaklaşım yalnızca DNA nakli içerir. Büyük depolardaki insan embriyoları bile rahatlıkla standart bir roketle sığabilir. Tahmin edileceği üzere bilimkurgu yazarları, insan öncesi bir türün insanlığın doğuşunu mümkün kılacak şekilde gökadanın bizim bulunduğumuz tarafına DNA'larını saçmış olabileceklerini düşünerek bu yaklaşımın gerçekleştiğini çok uzun zaman önce hayal etmişti.

Ne var ki bu önerinin bazı sakıncaları var. Şimdiye kadar hiçbir insan klonlanmadığı gibi aslına bakarsanız herhangi bir primat da başarıyla klonlanamadı. Gelecekte bu başarılabilir olsa da henüz teknoloji insan klonları yaratabilecek kadar gelişmiş değil. Öyle olsaydı, bu klonları üretmek ve onlarla ilgilenmek üzere robotlar tasarlanabilirdi.

Daha da önemlisi canlanan insan klonları bizimle genetik olarak aynı olan ancak anılarımıza ve kişilik özelliklerimize sahip olmayan yaratıklar olabilir. Bunlar tam birer boş levha olacaktır. Günümüzde bir kişinin tüm hafızasını ve kişiliğini bu şekilde yollayabilmek becerilerimizin çok üstündedir. Yine, mümkün olduğunu düşünürsek, bu teknolojinin yaratılması da on yıllar ya da yüzyıllar alacaktır.

Oysa belki de yıldızlara gidebilmek için dondurulmak ya da klonlanmak yerine yaşlanma sürecini yavaşlatmak ya da durdurmak da bir başka yöntemdir.

ÖLÜMSÜZLÜK ARAYIŞI

Sonsuz yaşam arayışı, insanlık edebiyatındaki en eski konulardan biridir. Tarihi, bundan beş bin yıl önce yazılmış olan *Gılgamış Destanı*'na kadar uzanır. Şiir, Sümerli bir savaşçının soylu bir macera sırasındaki kahramanlıklarını tarihe kaydeder. Yol boyunca Büyük Tufan'a tanıklık etmiş, Nuh'a benzeyen bir kişi de dahil olmak üzere birçok kişiyle karşılaşır ve çeşitli maceralar yaşar. Bu uzun yolculuğun amacı ölümsüzlüğün sırrını bulmaktır. İncil'de Tanrı, O'na karşı gelerek bilgi ağacından elma yedikten sonra Âdem ve Havva'yı cennet bahçesinden sürmüştür. Tanrı çok öfkelenmişti çünkü bu bilgiyi ölümsüz olmakta kullanabilirlerdi.

İnsanlık çok uzun zamandır ölümsüzlüğe kafayı takmıştır. İnsanlık tarihinin büyük bir bölümünde bebekler doğum sırasında ölür, hayatta kalan şanslılarsa genellikle açlık sınırında yaşardı. İnsanlar mutfak çöplerini camdan dışarı fırlattığı için salgın hastalıklar, söndürülemeyen yangınlar gibi yayılırdı. Bildiğimiz haliyle temizlik önlemleri var olmadığından, köyler ve kentler leş gibi kokardı. Hastaneler, varsa bile yoksulların ölmesi için var olan mekânlardı. Aslında buralar yokluk çeken sefiller için depolardı çünkü ne de olsa zenginlerin özel hekimlere parası yetiyordu. Gerçi zenginler de hasta oluyordu ve aslında onların özel hekimleri de şarlatandan farksızdı. (Amerika'nın orta batısından bir hekim, hastalarına yaptığı günlük ziyaretleri günlüğüne kaydetmişti. Burada, siyah çantasında işe yarar yalnızca iki şey olduğunu itiraf ediyordu. Geriye kalan tüm ilaçlar sahtekâr işiydi. Gerçekten işe yarar olan şeylerden biri yaralanmış ve hasta uzuvları kesmek için demir testere, diğeryse amputasyonun acısını dindirmek için morfindi.)

1900 yılında, Amerika'daki resmi ortalama yaşam süresi kırk dokuz yıldır. İki devrim bu sayıya on yıllar ekledi. İlki, temiz suya erişimimizi sağlayan, çöpleri ortadan kaldıran ve en korkunç salgın hastalıklarla vebaların bir kısmını yok eden temizlik önlemlerindeki gelişimdi. Bu, ortalama yaşam süremize bir on beş yıl ekledi.

Bir sonraki devrim tıpta oldu. Atalarımızın ortaçağdaki yaratık anlatıları gibi eski hastalıklara (verem, çiçek hastalığı, kıyamık, çocuk felci, boğmaca vb.) karşı ecel terleri dökerek yaşadıklarını sıklıkla duyar geçeriz. Savaş sonrası dönemde bu hastalıklar, antibiyotikler ve aşılar sayesinde büyük ölçüde yenilerek ömrümüze bir diğer on yıl daha katıldı. Şu sıralar hastanelerin saygınlığı belirgin bir biçimde değişti. Buralar, hastalıklara karşı gerçek tedavilerin sunulduğu yerler halini aldı.

Peki, modern bilim yaşlanma sürecinin gizemlerine açıklık getirebilir mi? Kronometreyi yavaşlatarak ve hatta durdurarak ortalama yaşam süresini neredeyse sınırsız bir düzeye kadar yükseltebilir mi?

Bu çok eski bir arayış ancak yeni olan şey, gezegendeki en zengin insanlardan bazılarının ilgisini çekmiş olması. Aslına bakarsanız Silikon Vadisi'nden girişimciler yaşlanma sürecini alt etmek için milyonlar harcıyorlar. Tüm dünyayı kablolarla donatmak yetmedi, bir sonraki amaçları sonsuza kadar yaşamak. Örneğin Google'ın kurucularından Sergey Brin "ölüme çare bulmaktan" başka hiçbir şey ummuyor. Brin tarafından yönetilen Calico ise bu sorunu çözmek için bir ilaç şirketi olan AbbVie'yle olan ortaklığına nihayetinde milyonlar akıtabilir. Oracle'ın kurucularından Larry Ellison faniliği kabullenmenin "anlaşılmaz" olduğunu düşünüyor. İnternet alanında çalışan Rus iş insanı Dmitry Itskov 10 bin yıl yaşamayı düşünüürken, PayPal'in kurucularından Peter Thiel daha mütevazı bir şekilde 120 yıl kadar yaşamak istiyor. Brin gibi insanların desteği ve teknolojik gelişmeler sayesinde nihayet bu tarihi gizemi çözmek için modern bilimin tüm gücünü kullanabilir ve yaşam süremizi uzatabiliriz.

Son zamanlarda bilim insanları yaşlanma sürecinin en derin sırlarından bazılarını su yüzüne çıkardı. Yanlış başlangıçlarla süren yüzyılların ardından artık umut verici görünen, birkaç güvenilir ve sınanabilir kuram mevcut. Bunlar arasında kalori kısıtlaması [caloric restriction], telomeraz ve yaş genleri var.

İçlerinden yalnızca bir tane yöntemin hayvanların ömrünü uzattığı, hatta ikiye katladığı kanıtlanmıştır. Bu kalori kısıtlama-

sı ya da bir hayvanın beslenme düzeninde kalori alımını ciddi bir biçimde sınırlama olarak adlandırılır.

Ortalama olarak, yüzde 30 daha az kalori tüketen hayvanlar yüzde 30 oranında daha uzun yaşar. Bu; maya hücreleri, solucanlar, böcekler, fareler ve sıçanlar, kediler ve köpekler ile şimdi de primatlar üzerinde kanıtlanmıştır. Aslına bakarsanız bu yöntem, bilim insanları tarafından hayvanların tamamının yaşam süresini değiştirmek üzere şimdiye kadar sınanmış ve evrensel olarak kabul görmüş tek yöntemdir. (Henüz sınanmamış tek önemli hayvan insandır.)

Kuram, hayvanların vahşi yaşamda doğal olarak açlık sınırında yaşadığı yönündedir. Bu hayvanlar bolluk zamanında sahip oldukları sınırlı kaynakları üremeye ayırırken zor zamanlardaysa kaynaklarını korumak için kış uykusuna yakın bir duruma girerek kıtlık sürecini geçirirler. Hayvanları daha az beslemek ikinci biyolojik tepkiyi tetikler ve daha uzun yaşarlar.

Ne var ki kalori kısıtlamasının bu hayvanların halsizleşmesine, ağırkanlı hale gelmelerine ve cinselliğe olan ilgilerini yitirmelerine neden olmak gibi bir sorunu vardır. Böylelikle birçok insan yüzde 30 oranında daha az kalori alma görüşüne ayak direr. Bu nedenle ilaç endüstrisi bu süreci yöneten kimyasalları bulmayı ve göze batan yan etkileri olmadan kalori kısıtlamasının gücünden yararlanmayı arzuluyor.

Yakın zamanda resveratrol adında gelecek vadeden bir kimyasal ayrıştırılmıştır. Kırmızı şarapta bulunan resveratrol, yaşlanmanın temel bir bileşeni olan oksitlenme sürecini yavaşlattığı ortaya konmuş olan sirtüin molekülünün etkinleştirilmesine destek olur. Bu da bedenin yaşlanmaya bağlı moleküler hasardan korunmasına yardımcı olabilir.

Bir keresinde bu kimyasallarla yaşlanma süreci arasında bağlantı olduğunu gösteren ilk araştırmacılardan olan MIT'den Leonard P. Guarente'yle bir söyleşi yapmıştım. Bunu bir gençlik pınarı gibi benimseyen, beslenme alışkanlıklarına karşı aşırı hevesli insanların sayısından dolayı şaşkınlık içindeydi. Mesele nin bu olduğuna emin değildi ancak yaşlanmayı önleyici gerçek çarenin bulunmuş olması olasılığına da kapılarını kapatmıyordu

ve resveratrol ile bu kimyasalların bunda payı olabilirdi. Bu olasılıkları araştırmak için Elysium Sağlık adında bir şirketin kurucuları arasında bile yerini aldı.

Yaşlanmanın nedenini ortaya çıkaran bir diğer ipucu da biyolojik saatimizin düzenlenmesinde etkili olan telomerazdır. Bir hücre her bölündüğünde telomer adı verilen kromozomların uçları bir parça kısalır. Nihayetinde telomerler ortalama elli, altmış bölünmenin ardından öylesine kısalır ki kaybolur ve kromozomlar çökmeye başlar. Böylelikle hücre bir yaşlılık durumuna geçerek artık doğru bir biçimde işlev gösteremez. Yani bir hücrenin kaç kez bölünebileceğine ilişkin Hayflick sınırı adı verilen bir sınır söz konusudur. (Dr. Leonard Hayflick'e, ölümün çaresi için Hayflick sınırının bir şekilde tersine döndürülüp döndürülemeyeceğini sorduğumda bana gülmüştü. Son derece kuşkucu bir insandı ve bu biyolojik sınırın yaşlanma sürecinde temel bir gereklilik olduğunun farkındaydı. Yine de sonuçları üzerine çalışmalar halen sürüyor ve yaşlanma, farklı birçok yol içeren, karmaşık bir biyokimyasal süreç olduğundan bizler insanlardaki o sınırı değiştirmekten çok uzağız.)

Nobel ödüllü Elizabeth Blackburn bu konu hakkında daha iyimserdir ve "Genetik dahil olmak üzere her belirti, yaşlanmayla başa gelen fena şeyler ile [telomerler arasında] bir kısım nedensellik olduğunu söyler." der. Kısalan telomerler ve belirli hastalıklar arasında da doğrudan bağlantı olduğunu ifade eder. Örneğin kısalmış telomerleriniz varsa yani telomerleriniz uzunluk bakımından dipteki üçte birlik bölümdeyse kalp ve damarlara ilişkin rahatsızlıklara sahip olma riskiniz yüzde 40 daha fazladır. Blackburn; sözlerini, "Kalp hastalığı, şeker hastalığı, kanser ve hatta Alzheimer gibi öldürücü hastalıkların altında yatan neden telomer kısalması gibi duruyor." diye tamamlıyor.

Son zamanlarda bilim insanları Blackburn ve meslektaşları tarafından keşfedilen ve telomerlerin kısalmasını engelleyen bir enzim olan telomerazla deneyler yapıyor. Bu bir bakıma "saati durdurabilir." Deri hücreleri telomeraza daldırıldığında Hayflick sınırının çok ötesinde, sonsuz kez bölünebilirler. O sıralar Geron Şirketi'nde olan ve telomerazla deneyler yapıp labora-

tuvarda bir deri hücresini “ölümsüzleştirilebileceğini,” böylece onu sonsuza kadar yaşatabileceğini iddia eden Dr. Michael D. West’le görüşmüştüm. Laboratuvarındaki deri hücreleri, yalnızca elli, altmış değil, yüzlerce kez bölünebiliyordu.

Ne var ki telomerazın büyük bir dikkatle düzenlenmesi gerektiği vurgulanmalıdır çünkü kanser hücreleri de ölümsüzdür ve bu ölümsüzlüğe erişmek için telomerazlardan yararlanırlar. Aslına bakarsanız kanser hücrelerini normal hücrelerden ayıran şeylerden biri, sonsuza kadar yaşamaları ve sonunda sizi öldürebilecek olan tümörleri oluşturarak sınırsız bir şekilde çoğalmalarıdır. Bu durumda kanser, telomeraz kullanımının istenmeyen bir yan ürünü olabilir.

YAŞLANMANIN GENETİĞİ

Yaşlanmayı yenmek için bir diğer olasılık da gen manipülasyonudur.

Yaşlanmanın büyük oranda genlerimizden etkilenen bir şey olduğu açıkça ortadadır. Kozalarından çıkan kelebekler yalnızca birkaç gün ya da birkaç hafta yaşar. Laboratuvarlarda incelenen fareler genellikle en fazla iki yıl kadar yaşar. Köpekler de insanlardan yedi kat daha hızlı yaşlanarak on yıldan biraz fazla yaşar.

Hayvanlar alemine bakınca, yaşam süreleri hesaplanamayacak kadar uzun olanlarla da karşılaşırız. 2016 yılında araştırmacılar, kutup balinasının 200 yıllık ömrünü aşan Grönland köpekbalığının ortalama ömrünün 272 yıl olduğunu belirterek *Science* dergisinde onu en uzun yaşayan omurgalı ilan ettiler. Bu köpekbalıklarının yaşlarını, gözlerinde zamanla tek tek, soğan halkası gibi gelişen dokunun katmanlarını inceleyerek bulan araştırmacılar; biri 392, diğeryse 512 yaşında olabilecek köpekbalıkları bile buldular.

Farklı genetik yapıya sahip değişik türler yaşam sürelerine ilişkin beklenti açısından büyük bir çeşitlilik gösterir. Çalışmalar, neredeyse aynı genlere sahip olan insanlar arasında özellikle ikizlerin ve yakın akrabaların benzer yaşam süresi beklentileri

olduğunu ve rastgele seçilen insanlarda ise bu sürelerin birbirinden çok farklı olduğunu ortaya koymuştur.

Kısacası yaşlanma en azından kısmen bile olsa genlere bağlıysa, işin anahtarı bunu yöneten genleri ayırtırmaktadır. Buna yönelik farklı yaklaşımlar mevcuttur.

Umut verici bir yaklaşım, gençlerin genlerini incelemek ve daha sonra bu genleri yaşlılarınkilerle karşılaştırmaktır. Bir bilgisayar kullanarak iki grubun karşılaştırılmasıyla yaşlanmanın neden olduğu genetik hasarın çoğunun gerçekleştiği yer hızla yalıtılabilir.

Örneğin bir arabadaki yaşlanma temel olarak oksitlenmenin ve aşınmanın en büyük zararı verdiği motorda gerçekleşir. Bir hücrenin “motorları” da mitokondrilerdir. Şeker burada enerji üretmek için oksitlenir. Mitokondrideki DNA’ya ilişkin yapılan dikkatli bir inceleme, hataların burada yoğunlaştığını gösterir. Umudumuz, günün birinde bilim insanlarının, hücrelerin kendi onarım mekanizmalarını mitokondrideki hataların artışını tersine döndürmekte kullanabilecek olması ve bu sayede hücrelerin yararlı yaşamlarını uzatması yönündedir.

Boston Üniversitesi’nden Thomas Perls, bazı insanların daha uzun süre yaşamaya genetik olarak yatkın olduğu varsayımıyla yüz yaşını aşmış kişilerin genlerini incelemiş ve bu kişileri hastalıklara karşı bir şekilde daha az kırılgan kılan ve genler için yaşlanma sürecini yavaşlattığı görülen 281 gösterge tespit etmiştir.

Yaşlanma mekanizması yavaş yavaş açığa çıkarılıyor ve pek çok bilim insanı bunun gelecek on yıllar içinde yönetilebileceğine ilişkin temkinli bir iyimserlik taşıyor. Görünen o ki araştırmaları, yaşlanmanın DNA’mızdaki ve hücrelerimizdeki hataların toplamından başka bir şey olmadığını ve belki de bir gün bunları yakalayabileceğimizi ya da hatta zararlarını tersine döndürebileceğimizi gösteriyor. (Aslında Harvard’dan bazı bilim insanları araştırmaları konusunda o kadar iyimser ki laboratuvarlarında yapılan ileri yaşlanma çalışmalarından gelir elde etmek için şirketler bile kurdular.)

Sözün özü, genlerimizin ne kadar yaşadığımız konusunda önemli bir payı olduğu inkâr edilemez bir gerçek. Sorun, bu sü-

reçte hangi genlerin işin içinde olduğunu tespit etmekte, çevresel etkenleri elemekte ve bu genleri değiştirmekte ortaya çıkıyor.

TARTIŞMALI YAŞLANMA KURAMLARI

Yaşlanma hakkındaki en eski anlatılardan biri, sanki gençlik vampir efsanelerindeki gibi bir kişiden diğerine aktarılabilir bir şeymiş gibi, genç birinin kanını içerek ya da ruhunu tüketerek sonsuz gençliğe erişilebileceğidir. Örneğin Sukkubus, öpüştüğünde karşısındaki bedenin gençliğini emerek sonsuza kadar genç kalan güzel bir efsanevi yaratıktır.

Modern araştırmalar bu fikrin gerçekçi bir özü olduğunu gösteriyor. 1956'da Cornell Üniversitesi'nden Clive M. McCoy, iki sıçanın kan damarlarını birbirine dikmişti. Bunlardan biri yaşlı ve bitkin, diğeryse genç ve zindeydi. McCoy, yaşlı sıçanın git-tikçe gençleştiğini, genç içinse durumun tam tersi olduğunu fark ettiğinde büyük bir şaşkınlık yaşamıştı.

Harvard Üniversitesi'nden Amy Wagers on yıllar sonra, 2014 yılında bu deneyi yeniden gerçekleştirdi. Şaşkınlık içinde, fareler arasında yine aynı gençleştirme etkisi olduğunu buldu. Bunun üzerine, bu sürecin nedeni gibi görünen GDF11 adında bir proteini ayırttı. Elde ettiği sonuçlar öylesine dikkat çekiciydi ki *Science* dergisi bunu yılın en büyük on buluşundan biri olarak seçti. Bu çarpıcı iddiadan bu yana başka gruplar bu araştırmayı yinelemeye çalıştı, ne var ki karışık sonuçlar elde etti. Bu nedenle GDF11'in yaşlanmayla mücadelede değerli bir silah olup olmayacağı halen belirsizliğini koruyor.

Bir diğer çatışma da muazzam bir geçici heves halini almış olan büyüme hormonunu [human growth hormone - HGH] içerse de bunun yaşlanmayı engelleme konusundaki etkisi epey az sayıda güvenilir araştırmaya dayanıyor. 2017'de İsrail'deki Haifa Üniversitesi'nde, sekiz yüzden fazla denekle gerçekleştirilen büyük bir araştırma; bunun tam tersi bir etkisi olabileceğine, HGH'nin aslında yaşam süresi beklentisini düşürebileceğine yönelik kanıtlar sundu. Dahası bir başka çalışma da azalan HGH

düzeyiyle sonuçlanan bir genetik mutasyonun insan ömrünü uzatabileceğini gösterdi. Yani HGH'nin etkisi istenmeyen sonuçlar da doğurabilir.

Bu araştırmalar bize bir ders veriyor. Geçmişte yaşlanmaya ilişkin çılgın iddialar, özenle incelendiğinde yok olup gidiyordu. Şimdiyse araştırmacılar, gerçek bilimin kendine has özelliklerine uygun olarak tüm sonuçların sınanabilir, yinelenabilir ve yanlışlanabilir olmasını talep ediyor.

Yaşlanma sürecinin sırrını bulmaya çalışan yeni bir bilim olan biyogerontolojinin doğumu gerçekleşiyor. Yakın zamanda bu alanda bir patlama yaşandı ve FOXO₃, DNA metilasyonu, mTOR, insülin büyüme faktörü, Ras₂, akarboz, metformin, alfa-estradiyol vb. umut verici genler, proteinler, süreçler ve kimyasallar incelendi. Bunların her biri bilim insanları arasında muazzam bir ilgi yaratsa da sonuçları halen başlangıç niteliğinde. En iyi sonuçları hangi yolun sunacağını zaman gösterecek.

Bir zamanlar gizemciler, şarlatanlar ve sahtekârların cirit attığı bir alan olan gençlik kaynağı arayışı artık dünyanın önde gelen bilim insanları tarafından ele alınıyor. Her ne kadar yaşlanmanın tedavisi henüz var olmasa da bilim insanları bir sürü umut verici araştırma yönteminin peşinden gidiyor. Şimdiden bazı hayvanların yaşam süresini uzatabiliyorlar ancak bunun insanlara uygulanıp uygulanamayacağı henüz anlaşılmış değil.

Araştırmaların gidişatı olağanüstü olsa da yaşlanmanın sırrını çözmekten çok uzagız. Nihayetinde bu yolların birkaçını birden kullanarak yaşlanma sürecini yavaşlatmanın ve hatta durdurmanın bir yolunu bulabiliriz. Gereken atılımı belki de gelecek nesil yapacaktır. Tıpkı Gerald Sussman'ın hayıflandığı gibi: "Zamanın tam olarak geldiğini sanmıyorum ancak yakındır. Ne yazık ki ben ölecek olan son nesildenim."

ÖLÜMSÜZLÜĞE İLİŞKİN BİR BAŞKA BAKIŞ AÇISI

Adaline ölümsüzlük armağanından pişman olmuş olabilir, hatta muhtemelen bu konuda yalnız da değildir ancak halen birçok

insan yaşlanmanın etkilerini durdurmanın peşinde. Mahalledeki eczaneye ufak bir yolculuk bile, yaşlanma sürecini tersine çevirdiği iddiasında sıra sıra reçetesiz iksirleriyle bunu ortaya koyuyor. Ne yazık ki bunların tamamı prestijli Madison Caddesi'ndeki, rahatlıkla aldatılabilir müşterilerine sahte ilaçlar satmaya çalışan pazarlamacıların aşırı heyecanlı hayal güçlerinin bir yan ürünüdür. (Pek çok dermatologa göre bu "yaşlanma karşıtı" iksirlerin tümünün içindeki gerçekten işe yarar tek madde nemlendiricidir.)

Bir keresinde BBC'nin özel bir programını sunarken Central Park'a giderek etraftaki insanlarla görüşmüştüm. Onlara, "Eğer elimde gençlik iksiri olsaydı bundan içer miydiniz?" diye sordum. Şaşırtıcı bir biçimde görüştüğüm herkes olumsuz yanıt verdi. Birçoğu yaşlanmanın ve ölmenin doğal bir süreç olduğunu belirtti. Bu olması gerekendi ve ölmek de yaşamının bir parçasıydı. Daha sonra hastaların çoğunun ağrıdan ve yaşlanmanın getirdiği rahatsızlıklardan acı çektiği bir bakımevine gittim. İçlerinden çoğu Alzheimer belirtileri gösteriyor, nerede ve kim olduklarını unutuyorlardı. Onlara bu iksirden içmek isteyip istemeyeceklerini sorduğumda, hepsi büyük bir hevesle "Evet!" dedi.

NÜFUS YOĞUNLUĞU

Yaşlanma sorununu çözersek ne olacak? Bu gerçekleşirse ya da gerçekleştiğinde yıldızlara olan muazzam uzaklık o kadar da ürkütücü görünmeyebilir. Ölümsüz canlılar, yıldızlararası yolculuğa bizden tamamen farklı bir şekilde bakabilir. Bir yıldız gemisi inşa etmek ve onları yıldızlara yollamak, onlar açısından yalnızca ufak bir engel olarak görülebilir. Uzunca bir zaman gitmeyi beklediğimiz tatil için aylar geçirmemiz gibi, ölümsüzler de yıldızlara yolculuk için gereken yüzyılları en fazla canları sıkılacak bir süre olarak görürler.

Ölümsüzlük armağanının, Dünya'da aşırı nüfus yaratmak gibi istenmeyen bir sonucu olabileceğinin altı çizilmelidir. Bu

durum, kaynaklar, gıda ve gezegenin enerjisi konusunda devasa gerilimlere neden olarak nihayetinde elektrik kesintilerine, toplu göçlere, gıda ayaklanmalarına ve uluslararası çatışmalara yol açabilir. Yani ölümsüzlük, Kova Çağı'nın kapılarını açmak yerine yeni dünya savaşlarının kıvılcımını ateşleyebilir.

O halde tüm bunlar, aşırı nüfusa sahip ve son derece kirlenmiş bir gezegenden bunalmış öncülere güvenli bir liman temin ederek Dünya'dan toplu göçü hızlandırabilir. Yani insanlar, tıpkı Adaline gibi ölümsüzlük armağanının aslında bir lanet olduğunu keşfedebilir.

Peki, nüfus yoğunluğuyla ilgili bu endişe ne kadar ciddi? Varlığımızı tehlikeye düşürecek mi?

Tarih boyunca insan nüfusu genellikle 300 milyonun altındaydı. 1900'e gelindiğinde endüstri devrimiyle yavaş yavaş 1,5 milyara çıktı. Şu anda bu sayı 7,5 milyar ve yaklaşık her on iki yılda bir milyar daha artıyor. Birleşmiş Milletler (BM) 2100'e gelindiğinde nüfusun 11,2 milyar olacağını tahmin ediyor. En sonunda gezegenin taşıma kapasitesini aşabiliriz ki bu, 1798'de Thomas Robert Malthus'un öngördüğü gibi gıda ayaklanmaları ve karmaşa doğması anlamına gelebilir.

Aslına bakarsanız nüfus yoğunluğu, bazı insanların yıldızlara gidilmesini savunma nedenidir. Yine de meseleye daha yakından bakan bir inceleme, her ne kadar halen yükseliyor olsa bile dünya nüfustaki büyümenin yavaşladığını gösteriyor. Örneğin BM, tahminlerini birkaç kez revize ederek sayıyı aşağıya çekti. Aslında pek çok nüfusbilimci, yirmi birinci yüzyılın sonlarında dünya nüfusunun düzeleceğini hatta sabitlenebileceğini öngörüyor.

Tüm bu nüfus değişimlerini anlamak için bir köylünün dünya görüşünü anlamamız gerekir. Fakir bir ülkedeki bir çiftçi basit bir hesap yapar: Her bir çocuk onu daha zengin eder. Çocuklar tarlalarda çalışır ve yetiştirilmeleri epey masrafsızdır. Bir çiftlikte oda ve yemek neredeyse ücretsizdir. Ancak kente taşındığınızda hesap tersine döner. Her çocuk sizi daha fakir yapar. Çocuklar tarlalara değil okula gider. Beslenmesini pahalı marketlerden sağlamanız gerekir. Bir apartman dairesinde yaşamalıdır ki bu

da para tutar. Yani kentlileşen bir köylü, artık on değil iki çocuk ister. Orta sınıfa geçen bir köylüyse yaşamın tadını biraz daha fazla çıkarmak amacıyla yalnızca tek bir çocuk sahibi olabilir.

Kentlileşmiş bir orta sınıfı pek de olmayan Bengladeş gibi ülkelerde bile doğum oranı giderek düşüyor. Bunun nedeni kadınların eğitilmesidir. Bir sürü ülkede yapılan çalışmaların tümü belirgin bir örüntü tespit etti: Bir ülke sanayileştikçe, kentlileştikçe ve genç kızları eğittikçe doğum oranı dramatik bir biçimde düşüyor.

Diğer nüfusbilimciler bunun iki dünya masalı olduğunu iddia ediyor. Bir yanda, düşük eğitim seviyesi ve zayıf bir ekonomisi olan fakir ülkelerdeki doğum oranının artarak devam ettiğini görürüz. Diğer yandaysa, refah düzeyleri arttıkça ve endüstrileri geliştikçe bazı ülkelerde nüfus oranının düzene girdiğine ve hatta gerilediğine tanıklık ederiz. Her ne kadar halen bir tehlike olmayı sürdürse de patlayan bir dünya nüfusu artık hiçbir şekilde eskisi kadar kaçınılmaz ve ürkütücü gelmemektedir.

Kimi araştırmacılar yakın bir zamanda besin stoklarımızı aşacağımızdan endişe duyuyor. Diğerleriye besin sorununun aslında enerji sorunu olduğunu iddia ediyor. Yeterince enerji olduğunda talebe ayak uyduracak verimlilik ve mahsul üretimi de sağlanabilir.

Dünyanın önde gelen çevrecilerinden ve ünlü düşünce kuruluşu Worldwatch Enstitüsü'nün kurucularından olan Lester Brown'la çeşitli defalar görüşme fırsatım oldu. Kuruluşu, dünyanın gıda stokunu ve gezegenin durumunu yakından takip ediyor. Onun endişe duyduğu konu başka: Herkes orta sınıf haline geldikçe yeryüzündeki insanları beslemeye yetecek kadar gıda-mız olacak mı? Şu sıralar orta sınıfa geçen Çin'deki ve Hindistan'daki milyonlarca insan batılı filmleri izleyerek kaynakların savurganca kullanıldığı, büyük oranda et tüketilen, kocaman evlerde, lüks eşyalara düşkün şekilde yaşanan vb. özelliklere sahip o yaşam biçimine özeniyor. Henüz nüfusu bir bütün olarak beslemeye yetecek kadar kaynağımız olmayabileceği onu endişelendirirken, batıya ait beslenme düzeninde tüketme arzusu taşıyan kişileri beslemekte zorlanacağımız da kesin.

Brown'un umudu fakir ulusların sanayileştikçe Batı'nın evrimsel yolunu izlemeyip kaynakları korumak için katı çevre ya-salarıyla uyumlu davranmaları yönünde. Dünyadaki ulusların bu zorluğa göğüs gerip geremeyeceğini zaman gösterecek.

Öyleyse görüyoruz ki yaşlanma sürecini yavaşlatmak ya da durdurmak konusundaki gelişmelerin uzayda yolculuk üzerin-de büyük etkisi olabilir. Bu ilerleme, yıldızlara olan muazzam uzaklığı bir engel olarak görmeyen canlılar yaratabilir. Yüzyıllar sürebilecek yolculuklara çıkmak üzere yıldız gemileri inşa etmek ve onlarla yolculuk yapmak gibi uzun yıllar alacak zorluk-lara girişmekten hiç çekinmeyebilirler.

Dahası yaşlanma sürecini değiştirmeye yönelik çabalar Dün-ya'daki nüfus yoğunluğunu iyice azdırabilir ki bunun da Dün-ya'dan göçü hızlandırma olasılığı vardır. Nüfus yoğunluğu da-yanılmaz bir hal alırsa yıldızlara gidecek koloniciler bir an önce Dünya'yı terk etmeye zorlanabilir.

Yine de bu eğilimlerden hangisinin gelecek yüzyılı etkisi al-tına alacağını söylemek için henüz çok erken olsa da yaşlanma sürecini çözme konusundaki mevcut hızımıza bakarsak bu ge-lişmeler beklenenden çok daha yakın zamanda gerçekleşebilir.

DİJİTAL ÖLÜMSÜZLÜK

Biyolojik ölümsüzlüğe ek olarak, kimi ilginç felsefi soruların or-taya atılmasına neden olan dijital ölümsüzlük adında ikinci bir tür daha vardır. Dijital ölümsüzlük uzun vadede belki de yıl-dızları keşfetmemizdeki en etkili yol olabilir. Kırılğan biyolojik bedenlerimiz yıldızlararası yolculuğun gerilimini kaldıramaya-caksa, bunun yerine yıldızlara bilincimizi gönderme olasılığımız da vardır.

Soyağacımızı çıkarmaya kalktığımızda genellikle bir sorunla karşılaşırız. Yaklaşık üç nesil sonra izler yok olur. Atalarımızın çoğu, varlıklarına ilişkin çocukları dışında herhangi bir kanıt bır-akmadan yaşayıp ölmüşlerdir.

Günümüzdeyse devasa bir dijital ayak izi bırakıyoruz. Örneğin yalnızca kredi kartı işlemlerinizi inceleyerek ziyaret ettiğiniz ülkeleri, hoşlandığınız yemekleri, giysilerinizi, gittiğiniz okulları anlamak mümkündür. Buna bir de blog paylaşımlarınızı, günlüklerinizi, elektronik postalarınızı, videolarınızı ve fotoğraflarınızı ekleyin. Tüm bu bilgilerle hem size özgü tavırlarla hem de anılarla konuşan ve hareket eden holografik bir imgeniz yaratılabilir.

Günün birinde bir Ruhlar Kitaplığımız olabilir. Winston Churchill hakkında kitap okumak yerine onunla sohbet de edebiliriz. Bunun için yüz ve beden hareketleri ile ses tonlamaları onunkine benzeyen bir yansıtımıyla konuşuruz. Dijital kaydın biyografik verilerine, yazılarına ve siyaset, din ile kişisel konular hakkındaki görüşlerine erişimi vardır. Her açıdan kişinin kendisiyle konuşuluyor gibi olur. Kişisel olarak ben, görelilik kuramı üzerine tartışmak için Albert Einstein'la sohbet etmeyi çok isterdim. Bir gün torununuzun torununun torunu da sizinle sohbet edebilir. Dijital ölümsüzlüğün bir biçimi budur.

Yalnız bu gerçekten “siz” misiniz? Bu, sizin davranışlarınıza ve biyografik ayrıntılarınıza sahip bir makine ya da simülasyondur. Bazıları karşı çıksa da ruh, veriye dönüştürülemez.

Peki tek tek nöronlarına kadar beyninizi yeniden üretebiliyor olsak ve böylece tüm anılarınız ve duygularınız kayıt altına alınsa? Dijital ölümsüzlüğün, Ruhlar Kitaplığı'nın ötesindeki bir sonraki aşaması, insan beyninin tamamını sayısallaştırmaya yönelik azimli bir çaba içindeki İnsan Konektom Projesi'dir.

Thinking Machines şirketinin kurucularından Daniel Hillis bir keresinde “Ben de herkes kadar bedenimi beğeniyorum ancak silikondan bir bedenle 200 yaşma gelebileceksem bunu kabul ederim.” demişti.

ZİHNİ DİJİTALLEŞTİRMENİN İKİ YOLU

İnsan beynini dijitalleştirmek üzerine aslında iki ayrı yaklaşım vardır. İlki İsviçre'nin, nöronlar yerine transistörler kullanarak

beynin tüm temel özelliklerinin benzerini yapabilen bir bilgisayar programı yaratmaya çalışan İnsan Beyni Projesidir (Human Brain Project). Şimdiye kadar bir farenin ve tavşanın “düşünme sürecinin” benzerini birkaç dakikalığına yapabilmişlerdir. Projenin amacı sıradan bir insan gibi mantıklı bir şekilde konuşabilen bir bilgisayar yaratmaktır. Projenin yöneticisi Henry Markram “Bunu doğru olarak yaparsak konuşacak, zekâ sahibi olacak ve tıpkı bir insan gibi davranacaktır.” der.

Yani bu yaklaşım elektronikdir; muazzam bir hesaplama gücüne sahip bol miktarda transistörle beyin zekâsını iki katına çıkarmayı dener. Amerika’da da buna paralel bir yaklaşım izlenmektedir ancak aksine o beyin nöral yollarını haritalandırmaya çalışan biyolojik bir çabadır.

Bu yaklaşıma BRAIN (Gelişen Yenilikçi Nöroteknolojiler ile Beyin Araştırmaları – Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies) adı verilir. Amacı, beyin nöral yapısını hücre hücre ortaya çıkarmak ve nihayetinde de beyindeki her bir nöronun yollarını haritalandırmaktır. İnsan beyini, her biri başka on bin nörona bağlı olan kabaca yüz milyar nöron içerdiğine göre, tüm nöronlar için birer yol haritası çıkarmak başta umutsuzca bir çaba gibi gelmişti. (Buna kıyasla daha basit olarak yalnızca bir sivrisineğin beyinini haritalandırmak bile yukarıdan aşağıya bir oda dolusu CD’ye sığacak kadar veri üretmeyi gerektirir.) Ne var ki bilgisayarlar ve robotlar bu yorucu ve üstün gayret isteyen görev için gerekli zamanı ve çabayı büyük ölçüde azalttı.

Yaklaşımlardan biri, beyin binlerce dilime ayırıp ardından bütün nöronlar arasındaki bağlantıları mikroskoplar yardımıyla yeniden düzenlemeyi içeren “küçük parçalara ayırıp incelemektir.” Yakın zamanda bundan çok daha hızlı bir yaklaşım, Stanford Üniversitesi’nden, optogenetik adında bir tekniğe öncülük eden bilim insanları tarafından önerildi. Bu yöntem öncelikle görme duyusuyla ilişkili olan opsin adındaki bir proteinin ayrıştırılmasını içeriyor. Bir nörondaki bu gene ışık tuttuğunuzda bu, nöronun ateşlenmesine neden olur.

Genetik mühendisliğinden yararlanılarak opsin için olan gen, üzerinde çalışmak istediğiniz nöronlara nakledilebilir. Bir farenin beyninin bir bölümüne ışık tutarak araştırmacı belirli bir kas hareketiyle ilişkili nöronların ateşlenmesine yol açabilir ve fare ortalıkta koşturmak gibi belirli bir davranış gösterebilir. Bu yolla, belirli türde davranışları yönetmekte kullanılan nöral yollar tam olarak görülebilir.

Bu azimli proje, tüm insan rahatsızlıkları arasındaki en zayıflatıcılarından biri olan akıl hastalığının sırrını açığa çıkarmaya yardımcı olabilir. İnsan beynini haritalandırarak bu belanın kökenini yalıtabiliriz. (Örneğin hepimiz kendi kendimize sessizce konuşuruz. Bunu yaparken dili yöneten sol beyin, prefrontal kortekse danışır. Şizofrenlerdeyse artık biliyoruz ki sol beyin, beynin bilinçli bölümü olan prefrontal korteksten izin almadan harekete geçer. Sol beyin prefrontal korteksle konuşmadığından şizofrenler kafalarındaki seslerin gerçek olduğunu düşünür.)

Bu devrimsel yeni tekniklerle bile bilim insanlarının insan beyninin ayrıntılı bir haritasını çıkarması birkaç on yıllık daha sıkı çalışma gerektirebilir. Nihayetinde, muhtemelen yirmi birinci yüzyılın sonlarında buna erişildiğinde, bu bir bilgisayara bilinç yükleyip onu yıldızlara gönderebileceğimiz anlamına mı gelir?

RUH YALNIZCA VERİ MİDİR?

Eğer biz ölürsek ve konektomumuz yaşamayı sürdürürse bu bir şekilde ölümsüz olduğumuz anlamına mı gelir? Zihnimiz dijitalleştirilebiliyorsa ruhumuz da yalnızca veri midir? Beyindeki tüm nöral devreleri ve anıları bir diskete yerleştirebilsek ve bunları bir süper bilgisayara yükleysek, yüklenen beyin gerçek beyin olarak mı işlev gösterecek ve hareket edecektir? Peki gerçeğinden ayırt edilebilecek midir?

Kimileri bu fikri itici buluyor çünkü zihninizi bir bilgisayara yüklerseniz sonsuzluk kadar bir süreyi steril bir makineye hap solmuş halde geçireceksinizdir. Bunun ölümden beter bir kader

olduğunu düşünenler vardır. *Uzay Yolu*'nun bir bölümünde bir uzaylının saf bilincinin parıldayan bir kürede tutulduğu aşırı ileri bir uygarlık vardı. Çok uzun zaman önce uzaylılar bedenlerinden fiziksel olarak vazgeçmişti ve o zamandan bu yana bu kürelerin içinde yaşıyorlardı. Uzaylılar ölümsüzleşmişti ancak içlerinden biri, gerçek duygular ve tutkular hissetmek için bir başkasının bedenini ele geçirmek zorunda kalsa bile yeniden bir bedene sahip olmanın hasreti içindeydi.

Kimi insan için bir bilgisayarda yaşama fikri çekici olmasa da yaşayan, nefes alan bir insanın tüm algılarına sahip olmamanız için aslında hiçbir neden yok. Konektomunuz her ne kadar bir anabilgisayar içinde duracak olsa bile tıpkı size benzeyen bir robotu yönetebilirdi. Robotun deneyimlediği her şeyi hissedersiniz ve bu şekilde hangi açıdan bakılırsa bakılsın, muhtemelen süpergüçlere sahip olan gerçek bir bedende yaşadığınız algısına sahip olursunuz. Robotun gördüğü ve hissettiği her şey anabilgisayara iletilir ve bilincinize dahil edilir. Yani anabilgisayardan robot avatarı yönetmek, gerçekten avatarın "içinde" olmanızdan farksızdır.

Bu şekilde uzak gezegenler keşfedilebilir. Süper insan avatarınız güneşten kavrulan gezegenlerdeki şiddetli sıcaklıklara ya da uzaklardaki buzla kaplı uyduların dondurucu soğuklarına dayanabilecektir. Konektomunuza ev sahipliği yapan anabilgisayarınızı taşıyan yıldız gemisi, yeni bir güneş sistemine gönderilebilir. Yıldız gemisi uygun bir gezegene ulaştığında, gezegende zehirli bir atmosfer olsa bile inceleme yapmaya avatarınız yollanabilir.

Zihninizi bir bilgisayara yüklemenin bundan daha ileri bir biçimi bilgisayar bilimcisi Hans Moravec tarafından hayal edilmişti. Onunla görüştüğümde, kendisine ait olan insan zihninin yüklenmesi yönteminin bilinç kaybı yaşanmadan gerçekleştirilebileceğini iddia etmişti.

İlk olarak, bir robotun yanındaki bir hastane sedyesine yerleştirilirsiniz. Ardından bir cerrah beyninizdeki bağımsız nöronları alarak robotun içinde bunların (transistörlerden meydana gelen) birer kopyalarını oluşturur. Transistörden imal edilen bu nöron-

larla beyniniz bir kablo ile bağlanır. Zaman ilerledikçe daha fazla nöron beyninizden alınarak robota kopyalanır. Beyniniz robot beynine bağlı olduğu için gittikçe daha fazla sayıda nöron transistörler aracılığıyla yer değiştirilse bile bilinciniz tamamen yerinde olacaktır. Nihayetinde transistörler yardımıyla tüm beyniniz ve nöronları bilinciniz hiç kaybolmadan yer değiştirilir. Yüz milyar nöronun tamamı kopyalandığında, sizinle yapay beyin arasındaki bağlantı koparılır. Dönüp sedyeye baktığınızda, artık bilincinin bir robotun içinde var olduğu, beyni eksik haldeki eski bedeninizi görürsünüz.

Ne var ki bunun gerçekten “siz” olup olmadığınız sorusu varlığını korur. Birçok bilim insanı, bir robotun son mimiğinize kadar tüm anılarınızı ve alışkanlıklarınızı koruyarak davranışlarınızı kopyalayabilmesi ve her açıdan kişinin kendisinden ayırt edilemez durumda olması halinde, nereden bakılırsa bakılsın onun “siz” olduğunuzu söyleyecektir.

Yıldızlar arasındaki uzaklığın, gökadalardan oluşan çevremizdeki en yakın olanlarına bile ulaşmamızın birkaç ömür sürece kadar büyük olduğunu anladığımızdan, evrenimizin keşfinde çok nesilli yolculuk, yaşam süresi uzatma ve ölümsüzlük arayışı gibi yöntemlerin tümü vazgeçilmez birer role sahip olacaktır.

Ölümsüzlük sorgulamasının ardında çok daha büyük bir soru yatar: Yalnızca ömrümüzü değil insan bedenimizin varlık süresini nereye kadar uzatmalıyız? Genetik mirasımızı değiştirirsek çok daha fazla olasılığımız da olur. Beyin bilgisayar arayüzü (brain-computer interface - BCI) ve genetik mühendisliğindeki hızlı ilerlemeler sayesinde yeni yeteneklere ve olanaklara sahip geliştirilmiş bedenler yaratmak mümkün olabilir. Günün birinde “insan sonrası” çağa geçebiliriz ve belki de bu, evreni keşfetmenin en iyi yolu olabilir.

11

Transhümanizm ve Teknoloji

[Uzaylıların] telekinezi, duyu dışı algı [ESP] ve ölümsüzlükten ayırt edilmesi zor becerileri... sihirli görünen güçleri vardır... manevi olarak gelişmiş canlılar olacaklardır. Muhtemelen kuantum bilмесini çözmüş olup duvarların içinden geçebileceklerdir. Hmm, vay canına, kulağa bir tür melek gibi geliyorlar.

– DAVID GRINSPOON

DEMİR ADAM FİLMİNDE, tatlı dilli sanayici Tony Stark; füzeleler, mermiler, alev topları ve patlayıcılarla dolu bilgisayar donanımlı, gösterişli bir zırh kuşanır. Bu zırh, çelimsiz bir insanı anında güçlü bir süper kahramana dönüştürür. Gerçek sihirse, tümü Tony Stark'ın beyniyle doğrudan bağlantıda olarak yönetilen, en son bilgisayar teknolojisiyle donanmış olan zırhın içindedir. Bu zırh düşünce hızında göğе fırlayabilir ya da muazzam çeşitlilikteki silahlarını ateşleyebilir.

Demir Adam her ne kadar gerçekdışı olsa da artık bu cihazın bir türevini yapmak mümkün.

Günün birinde sibernetikten yararlanarak bedenimizi değiştirmek ya da geliştirmek ve hatta Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerde bulunan zararlı çevrelerde yaşamayı sürdürmek için

genetik yapımızı değiştirmek zorunda kalabileceğimizden, bu yalnızca akademik bir alıştırma değildir. Transhümanizm, bilimkurgunun ya da fanatik bir hareketin dalı olmak yerine varlığımızın esaslı bir parçası halini alabilir.

Dahası robotlar giderek güçlü ve bizi zekâ yönünden aşan bir hal aldıkça, onlarla birleşmemiz ya da kendi yarattıklarımızın yerlerimizi almasıyla yüzleşmemiz gerekebilir.

Özellikle evrenin keşfi ve kolonileştirilmesiyle bağlantılı oldukları için şimdi bu çeşit çeşit olasılığı keşfedelim.

SÜPERGÜÇ

1995 yılında, filmlerde Superman'ı oynayan yakışıklı oyuncu Christopher Reeve'nin boyundan aşağısı bir kaza sonucu felç kaldığında tüm dünya şoka uğradı. Ekranlarda uzayda süzülen Reeve, kalıcı bir şekilde bir tekerlekli iskemleye bağlı kaldı ve yalnızca bir solunum cihazı aracılığıyla nefes alabiliyordu. Hayali, yeniden uzuvlarının kontrolünü ele almak için modern teknolojiyi kullanmaktı. 2004'te, bunun başarılmasından yalnızca on yıl önce yaşamını yitirdi.

2014 yılında Brezilya'nın São Paulo kentinde gerçekleşen dünya kupasında bir adam, oyunları başlatmak için milyarlarca insanın gözleri önünde bir futbol topunu tekmeledi. Bu olay tek başına pek kayda değer olmayabilir. Asıl dikkat çekici olan şey, bu adamın felçli olmasıydı. Duke Üniversitesi'nden profesör Miguel Nicolelis adamın beynine bir çip yerleştirmişti. Bu çip dış iskeletini yöneten, taşınabilir bir bilgisayara bağlıydı. Artık bu felçli kişi, yalnızca düşünerek yürüyebiliyor ve topa vurabiliyordu.

Dr. Nicolelis'le konuştuğumda, bana çocukken Ay'a gerçekleştirilen Apollo görevinden çok etkilendiğini anlatmıştı. Amacı Ay'a iniş gibi heyecan verici bir olay daha yaratmaktı. Dünya kupasındaki felçli hastayı kablolar yardımıyla topa vurabilecek hale getirmiş olması onun için bir hayalin gerçek olması, yani Ay'a roket fırlatmak gibi bir şeydi.

Bir keresinde bu yaklaşımın öncülerinden biri olan, Brown Üniversitesi'nden John Donoghue'yla görüşmüştüm. Bana bunun başta bisiklete binmek gibi ufak bir eğitim gerektirdiğini ancak kısa zaman içinde hastalarının dış iskeletin hareketini yönetebildiğini ve (bir bardak suyu kavramak, ev aletlerini çalıştırmak, tekerlekli iskemleyi sürmek ve internette gezinmek gibi) basit görevleri gerçekleştirebildiklerini söylemişti. Bunun mümkün olmasının nedeni, bir bilgisayarın belirli beden hareketleriyle ilişkili birtakım beyin örüntülerini tanıyabilmesidir. Ardından bu elektriksel uyarımları harekete dönüştürmek üzere dış iskeleti etkinleştirir. Örneğin hastalarından biri bir bardak maden suyunu kavrayıp içebildiği için büyük bir gurur içindeydi çünkü bu geçmiş becerilerinin çok üstünde bir hareketti.

Duke, Brown, John Hopkins ve diğer üniversitelerde yapılan çalışmalar, bir daha hareket edebileceklerine ilişkin umutlarını çoktan yitirmiş insanlara hareketliliklerini armağan etti. Amerikan Ordusu da pek çoğu omurilik yaralanması mağduru olan Irak ve Afganistan gazilerinin yararına olacak cihazlara sponsor olmak için Devrimsel Protezler (Revolutionary Prosthetics) adındaki bir programa 150 milyon dolardan fazla bağışta bulundu. Nihayetinde savaş, araba kazası, hastalık belki de spor yaralanmaları sonucu tekerlekli iskemleye ya da yatağa bağlı kalan binlerce insan uzuvlarını yeniden kullanabilir hale gelecek.

Dış iskeletin yanı sıra bir diğer olasılık da insan bedenini daha büyük kütleçekime sahip bir gezegende yaşayarak biyolojik olarak güçlendirmektir. Bu olasılık, bilim insanları kasların şişmesini sağlayan bir gen keşfettiğinde belirdi. Bu durum ilk kez genetik bir mutasyon kaslanmalarına neden olduğunda farelerde gözlemlendi. Basın buna "Güçlü Fare geni [Mighty Mouse gene]" adını verdi. Daha sonra bu genin insan formu da bulundu ve ona da "Schwarzenegger geni" denildi.

Bu geni ayırıştıran bilim insanları, dejeneratif kas hastalıkları olan hastalarına yardımcı olmayı uman hekimlerden telefon bekliyordu. Ne var ki bu telefonların yarısı kaslarını şişirmek isteyen vücut geliştiricilerden gelince şaşkınlığa uğradılar. Üstelik birçoğu da bunun henüz bilinmeyen yan etkileri olan deneysel

bir çalışma olduğunu umursamıyordu. Bu iş spor endüstrisi için çoktan bir baş ağrısı halini aldı çünkü tespit edilmesi diğer kimyasal güçlendiricilerden çok daha zor.

İnsanın kas kütlesini kontrol edebilmek, Dünya'nınkinden daha büyük bir kütleçekim alanına sahip gezegenleri keşfe çıkamamız durumunda önemli olabilir. Şimdiye kadar gökbilimciler çok sayıda (okyanusları bile olabilecek, yaşamaya elverişli bölge içerisinde kayalık gezegenler olan) süper Dünya buldu. Bunlar, kütleçekim alanları Dünya'nınkinden yüzde 50 oranında büyük olması dışında, insan yaşamına elverişli gibi görünüyorlar. Bu da üzerlerinde gelişim gösterebilmek için kaslarımızı ve kemiklerimizi arttırmamız gerekebileceği anlamına geliyor.

KENDİMİZİ GELİŞTİRMEK

Bilim insanları, bu teknolojiyi kaslarımızı geliştirmenin ötesinde duyularımızı keskinleştirmekte kullanmaya başladı. Belirli türde işitme engelliliğinden şikayetçi olan insanlar artık koklear implantlar kullanma seçeneğine sahip. Kulağa gelen ses dalgalarını önce işitme sinirine, oradan da beyne gönderilebilen elektrik sinyallerine dönüştürebilen bu cihazlar inanılmaz. Şimdiden yaklaşık yarım milyon insan bu alıcıları kullanıyor.

Görme engeli olan bazıları içinse yapay bir retina, sınırlı miktarda görme yetisi sağlayabiliyor. Bu cihaz ya bir harici kamera ya da doğrudan retinaya yerleştirilebilir. İşlevi, görüntüleri beynin yeniden görüntü halinde tercüme edebileceği şekilde elektriksel uyarımlara çevirmektir.

Bunun örneklerinden biri, kişinin gözlüklerine yerleştirilen ufacık bir video kameradan meydana gelen Argus II'dir. Burada görüntüler sinyalleri görme sinirine bildiren yapay bir retinaya gönderilir. Bu cihaz neredeyse 60 piksellik görüntüler yaratabilirken, 240 piksel çözünürlüğe sahip, daha gelişmiş bir türevi de test aşamasındadır. (Buna karşın insan gözü yaklaşık bir milyon piksele eşdeğer görme gücüne sahiptir ve yüzler ile bilinen nesneleri tanımak için en az 600 piksele gereksinim duyar.) Bir Al-

man şirketi de 1500 piksellik bir başka yapay retina üzerinde çalışıyor ve eğer başarılı olursa görme engelli bir kişinin neredeyse normal bir şekilde işlev göstermesini sağlayabilecek.

Bu yapay retinaları deneyen görme engelliler renkleri ve ana hatlarıyla görüntüleri görebilmelerinden çok etkilenmişlerdi. İnsanın görme gücüyle yarışabilecek yapay retinalara sahip olmamız ise an meselesi. Bunun da ötesinde, yapay retinanın insan gözüne görünmeyen şeylere karşılık gelen “renkleri” görmesi mümkün olabilir. Örneğin sıcak bir metal tencere, soğuk olanıyla aynı görüldüğü için insanlar mutfakta sıklıkla yanarlar. Bunun nedeni gözlerimizin kızılaltı ısı ışımlarını görmekten aciz oluşudur. Ordunun kullandığı gece görüşü gözlükleri gibi bunları kolaylıkla seçebilen yapay retinalar ve gözlükler yapılabilir. Yani bir insan yapay retinalarla ısı imzasını görme yetisi edinebileceği gibi bize görünmeyen başka ışıma biçimlerini de görebilir. O halde bu süper görüş diğer gezegenlerde paha biçilemez olabilir. Uzak dünyalarda koşullar epey farklı olacaktır. Atmosfer karanlık, puslu ya da toz ve pislikle kaplı olabilir. Kızılaltı ısı dedektörleri aracılığıyla bir Mars fırtınasının ardını “görebilen” yapay retinalar yaratmak mümkün olabileceği gibi bu retinalar, Güneş ışığının neredeyse hiç var olmadığı uzak uydularda ne tür bir yansıyan ışık varsa onu kuvvetlendirmeye yarayabilir.

Bir diğer örnek de deri kanserine yol açabilen, zararlı ancak evrenin her köşesinde bulunan morötesi (ultraviolet - UV) ışımayı tespit eden bir cihazdır. Güneş’ten gelen yoğun UV ışığından Dünya’da atmosferimiz sayesinde korunsak da Mars’ta bu ışık filtrelenmez. Görünmez olduğu için zararlı düzeylerde maruz kaldığımızda farkına da varmayız. Oysa Mars’ta süper görüş [super-vision] sahibi bir kişi UV ışığının zararlı olup olmadığını anında anlayabilirdi. Venüs gibi sürekli bulutlarla kaplı bir gezegende bu yapay retinalar arazide yol bulmak için UV ışıktan yararlanabilir (tıpkı havanın kapalı olduğu bir günde arıların yollarını bulmak için Güneş’in UV ışığından yararlanması gibi).

Süper görüşün bir diğer uygulaması teleskopik ve mikroskopik görüştür. Hantal teleskoplar ya da mikroskopları oradan

oraya sürüklemekten uzaktaki ya da çok küçük olan cisimleri ve hücreleri görebilmemizi ufacık, özel lensler sağlar.

Bu tür bir teknoloji bize telepati ve telekinezi gücü de verebilir. Şimdiden beyin dalgalarımızı yakalayıp bunlardan bazılarını çözümleyebilen ve ardından bu bilgiyi internete aktaran bir çip üretmek mümkün. Örneğin ALS (Amyotrofik Lateral Skleroz) hastası meslektaşım Stephen Hawking parmaklarının hareketi dahil olmak üzere tüm motor işlevlerini yitirdi. Günümüzdeyse gözlüğüne beyin dalgalarını algılayabilen ve bunları bir masaüstü bilgisayar ile dizüstü bilgisayara gönderen bir çip yerleştirildi. Bu sayede yavaşça da olsa iletilerini zihinsel olarak yazabiliyor.*

Buradan telekineziye (yani nesneleri zihin aracılığıyla oynatabilmeye) giden ufacık bir adım var. Beyin aynı teknolojiyi kullanarak zihinsel komutlarımızı uygulayabilecek bir robotla ya da başka bir mekanik cihazla bağlantılandırılabilir. Gelecekte telepati ve telekinezinin standart şeyler olacağını hayal etmek çok kolay; yalnızca düşünce yoluyla makinelerle etkileşime geçeceğiz. Zihnimiz ışıkları açabilecek, interneti etkinleştirebilecek, söyleyerek mektuplar yazdırabilecek, video oyunları izleyebilecek, arkadaşlarla sohbet edebilecek, araba çağırabilecek, alışveriş yapabilecek ya da herhangi bir filmi hayal edebilecek. Hem de bunların tamamını yalnızca düşünerek yapacak. Gelecekteki astronotlar uzay gemilerine pilotluk yapmak ya da uzak gezegenleri keşfetmek için zihinlerinin gücünü kullanabilirler. Mars'ın çöllerinden, tamamı robotların işini zihinsel olarak yöneten usta inşaatçıların eseri olan kentler yükselir.

Elbette bu kendimizi geliştirme süreci yeni bir şey değil, aksine insanlığın var oluşundan bu yana olan bir şey. İnsanların gücünü ve etkisini arttırmak için yapay araçlardan nasıl yararlandığına ilişkin örnekleri tarih boyunca gördük: Giysiler, dövmeler, makyaj, saç süsleri, tören cüppeleri, tüyler, gözlükler, işitme cihazları, mikrofonlar, kulaklıklar ve dahası. Aslına bakarsanız, bütün insan topluluklarının evrensel özelliği, en başta üreme başarısı elde etmek için bedenlerimizi kurcalayıp durmamızdır.

* Stephen Hawking, 14 Mart 2018'de yaşamını yitirdi. -çn.

Ne var ki, geçmiş ile gelecekteki gelişimlerimiz arasındaki fark, evreni keşfettikçe bu gelişimlerin belki de farklı çevrelerde yaşamımızı sürdürebilmemiz için kilit nokta olacak olmasıdır. Gelecekte, çevremizdeki dünyayı düşüncelerimizin yönettiği zihinsel çağda yaşıyor olabiliriz.

ZİHNİN GÜCÜ

Beyin araştırmalarında bir diğer dönüm noktası, bilim insanları tarihte ilk kez bir anıyı kayıt altına alabildiğinde yaşandı. Wake Forest ve Güney California üniversitelerinden bilim insanları; farelerin, kısa dönemli hafızalarının işlendiği hipokampuslerine elektrotlar yerleştirdi. Bu elektrotlar, fareler tüpten su içmeyi öğrenmek gibi basit görevleri yerine getirirken hipokampus içindeki uyarımları kaydetti. Daha sonra fareler bu görevi unuttuklarında hipokampusleri bu kayıtlarla uyarılıyor ve fareler her şeyi hemen hatırlıyordu. Primatların anıları da benzer sonuçlarla kaydedildi.

Bir sonraki hedef, Alzheimer hastalığına sahip birinin anılarını kaydetmek olabilir. Böylelikle hipokampuslerine; kim olduklarına, nerede yaşadıklarına ve akrabalarının kimler olduğuna ilişkin bilgilerle dolu bir “beyin düzenleyici” ya da “hafıza çipi” yerleştirebiliriz. Ordu bu konuya büyük bir ilgi duyuyor. 2017’de Pentagon, beyin bir bilgisayarla iletişim içindeyken bir milyon insan nöronunu inceleyebilen ve anıları şekillendiren ufak, ileri düzey bir çip geliştirilmesi için 65 milyon dolarlık bir hibe duyurusu yaptı.

Bu teknik üzerine çalışmamız ve onu geliştirmemiz gerekcek ancak yirmi birinci yüzyılın sonlarına doğru beynimize karmaşık anıları yükleyebilir durumda olabiliriz. Böylelikle ilkesel olarak, neredeyse sınırsız bir şekilde yeterliliklerimizi arttırarak üniversitedeki dersler bile dahil olmak üzere çeşitli yetenekleri beynimize aktarabiliriz.

Bu, gelecekteki astronotların işine yarayacaktır. Yeni bir gezegene ya da uyduya inildiğinde, o yeni çevre hakkında öğrenil-

mesi ve ezberlenmesi gereken çok fazla ayrıntı ve ustalaşılması gereken bir sürü teknoloji olacaktır. Bu durumda uzak gezegenler hakkında tamamen yeni bilgiler öğrenmek için en etkili yöntem belki de anıların yüklenmesi olabilir.

Oysa Dr. Nicoletis bu teknolojiyi çok daha ileriye götürmek istiyor. Bana, nörolojideki tüm bu büyük buluşların nihayetinde internetin evrimindeki bir sonraki aşama olan "beyin ağının [brain net]" doğuşuna olanak sağlayacağını söylemişti. Beyin ağı, bilgileri bitlerle aktarmak yerine, duyguların, izlenimlerin, duyumların ve anıların tamamını aktaracak.

Bu, insanlar arasındaki bariyerleri kırmaya da yardımcı olabilir. Başka insanların bakış açılarını, acılarını ve sıkıntılarını anlamak genelde zor olsa da beyin ağıyla başkalarına sıkıntı veren endişeleri ve korkuları ilk elden deneyimleyebileceğiz.

Bu tıpkı çok fazla diyalog içeren filmlerin hızla sessiz filmlerin yerini alması gibi eğlence endüstrisinde bir devrim yaratabilir. Gelecekte seyirciler oyuncuların acılarını, neşelerini ve ıstıraplarını deneyimlemek amacıyla duygularını yaşayabilecek. Çok yakında bugünkü filmlerin modası geçecek.

Kısacası geleceğin astronotları, beyin ağından çok önemli şekillerde yararlanabilir. Diğer yerleşimcilerle zihinsel iletişim kurabilir, önemli bilgiler hakkında anında görüşmeler yapabilir ve kendilerini yepyeni bir eğlence anlayışıyla oyalayabilirler. Ayrıca uzay keşfi tehlikeli olma olasılığı içerdiğinden, bir kişinin zihinsel durumunu öncesinden çok daha doğru bir biçimde algılayabileceklerdir. Tehlikeli bir bölgeyi keşfetmek üzere yeni bir uzay görevine çıkıldığında beyin ağına sahip olmak astronotların yakınlaşmasına ve dahası depresyon ya da anksiyete gibi ruhsal sorunlarını ortaya koymalarına yardımcı olacaktır.

Zihni geliştirmek için bir de genetik mühendisliğinden yararlanma olasılığı vardır. Princeton Üniversitesi'nde, farelerin labirentlerde yönlerini bulma becerilerini güçlendiren ("akıllı fare geni [smart mouse gene]" adı verilen) bir gen bulundu. Bu genin adı *NR2B*'dir ve hipokampus hücreleri arasındaki iletişimle ilişkilidir. Araştırmacılar, farelerde *NR2B* geninin eksik olması halinde labirentte yön bulma konusundaki hafızalarının bozuldu-

ğunu fark etti. Gerçi *NR2B* geninden birer kopyaya daha sahip olsalardı hafızaları geliştirilmiş olurdu.

Bu araştırmacılar fareleri, üzerinde durabilecekleri bir sualtı platformuna sahip olan, içi su dolu sığ bir kaba koymuşlardı. Platformu bir kez bulduklarında akıllı fareler nerede olduğunu hemen hatırlayarak yeniden o ortama sokulduklarında doğru-
dan ona doğru yüzüyorlardı. Buna karşın sıradan farelerse platformun yerini hatırlayamıyor ve rastgele yüzüyordu. Yani hafızanın geliştirilmesi bir olasılıktır.

UÇMANIN GELECEĞİ

İnsanlar her zaman kuşlar gibi uçmayı hayal etmiştir. Roma tanrısı Merkür'ün başlığında ve ayak bileklerinde uçmasını sağlayan minik kanatları vardır. Bir de uçabilmek için kollarına tüy tutturmak amacıyla balmumu kullanan İkarus efsanesi var. Ne yazık ki İkarus Güneş'e çok yakın uçuşu sonucu balmumu eriyince okyanusa çakılmış olsa da geleceğin teknolojisi sonunda bize uçmayı armağan edecektir.

Belki de Mars gibi seyrek bir atmosfere ve engebeli bir araziye sahip bir gezegende en iyi yolculuk etme yöntemi bilimkurgu karikatürlerinde ve filmlerinde epey tutulmuş olan sırt roketidir [jet pack]. Bu alet ilk kez, 1929'da yayınlanan Buck Rogers karikatüründe Buck gelecekteki kız arkadaşı bir sırt roketiyle havada süzülürken onu gördüğünde ortaya çıkmıştı. Gerçekteyse 2. Dünya Savaşı'nda Naziler birliklerini köprüsü yok edilmiş bir nehrin üzerinden hızlıca geçirecek bir yöntem gerekleştirdiler. Nazi sırt roketi, yakıt olarak (gümüş gibi) bir katalizörle temas etmesi halinde enerji ve su açığa çıkartacak şekilde hemen ateşlenen hidrojen peroksit kullanıyordu. Ne var ki sırt roketleriyle ilgili çeşitli sorunlar var. Bunlardan en önemlisi, yakıtının yalnızca yarım ile bir dakika arasında bir süre kadar yetmesi. (Eski haber videolarında, 1984 Olimpiyatları'nda olduğu gibi kimi gözüpek kişilerin sırt roketleriyle havada süzülüğünü görebilirsiniz. Yine de bu kayıtlar büyük bir özenle

düzenlenmiştir çünkü o kişiler yere düşmeden önce en fazla bir dakika kadar havada kalabilmişti.)

Bu sorunun çözümü, daha uzun süreli uçuşlara yetecek kadar enerji içeren taşınabilir bir güç kaynağı geliştirmektir. Ne yazık ki günümüzde böylesi bir güç kaynağı mevcut değildir.

Işın tabancalarına sahip olmama nedenimiz de budur. Lazer bir ışın tabancası görevi görebilir ancak bunun için bir nükleer enerji santralinin enerji üretmesi gerekir. Ne var ki omuzlarınızda bir nükleer enerji santrali taşımak pek kullanışlı değildir. Yani muhtemelen bir nano-akü formunda olan ve moleküler düzeyde enerji depolayabilen minyatür enerji kaynakları üretilene kadar sırt roketleri ve ışın tabancaları gerçek olmayacaktır.

Bir diğer olasılık da tablolardeki ve filmlerdeki melekler ya da mutasyona uğramış insanlarda sıklıkla karşımıza çıkan kuş gibi kanatlardır. Yoğun bir atmosferi olan gezegenlerde yalnızca sıçrayıp kollarınıza bağlı kanatlarınızı çırparak bir kuş gibi havalandırmanız mümkün olabilir. (Atmosfer ne kadar yoğunsa kalkış o kadar büyük ve havada uçmak o derece kolay olur.) Yani İkarus'un hayali gerçek olabilir. Gerçi kuşlar bizde olmayan birkaç avantaja sahiptir. Kemiklerinin içi boş, bedenleriye kanat genişliklerine göre epey ince ve küçüktür. Diğer yandan insanlarsa yoğun ve ağırdır. İnsan kanat genişliğinin beş ile on metre kadar olması ve onları çırpma için çok daha güçlü sırt kaslarına sahip olunması gerekir. Birini genetik olarak kanat sahibi yapmak teknik becerilerimizin çok ötesindedir. Günümüzde, varlığı korunabilecek bir kanat yaratmak için gereken yüzlerce geni bırakın, tek bir geni bile düzgün bir şekilde yerinden oynatmak çok zordur. Sözün özü, bir meleğin kanatlarına sahip olmak olanaksız olmasa da nihai ürünü edinmemize daha çok var ve görmeye alıştığımız zarif tablolardekilere de hiç benzemeyecekler.

Bir zamanlar insan ırkında değişiklik yapmak için genetik mühendisliğinden yararlanmanın bilimkurgu yazarlarının hayalinden öte bir şey olmadığı düşünülse de yeni ve devrimsel bir gelişme tüm bu algıyı değiştirdi. Keşiflerin temposu öylesine etkileyici ki bilim insanları acele içinde bu yeni gelişmelerin hızını düşürmek üzere tartışmak amacıyla konferanslar düzenlemeye başladı.

CRISPR DEVRİMİ

Biyoteknoloji alanındaki keşiflerin hızı; ucuz, etkili ve DNA'da düzenleme yapmak üzere belirli yöntemler öneren CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats - düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrarlar) adında yeni bir teknolojinin ortaya çıkmasıyla yakın zamanda aşırı heyecan yaratan bir düzeye fırladı. Geçmişte genetik mühendisliği yavaş ve kesinlik taşımayan bir süreçti. Örneğin gen terapisinde "iyi gen" (zarar verici olmaması için etkisizleştirilmiş) bir virüsün içine yerleştiriliyordu. Ardından da virüs, hızla hücrelerine bulaşacağı ve DNA'ya yerleşeceği hastaya veriliyordu. Bunun amacı DNA'nın kendisini kromozomun beraberindeki uygun yere sokması ve böylelikle hücrenin kusurlu kodunun iyi genle değiştirilmesidir. Orak hücre anemisi, Tay-Sachs hastalığı ve kistik fibroz dahil olmak üzere kimi yaygın hastalıklar kişinin DNA'sındaki tek bir yazım hatasından kaynaklanır. Umut, bunun düzeltilebileceği yönündedir.

Ne var ki sonuçlar hayal kırıklığı yarattı. Genellikle beden virüsü düşman olarak değerlendirip zararlı yan etkilere neden olacak şekilde karşı saldırıya geçerken iyi gen de kendisini doğru konumlandıramaz. 1999'da Pennsylvania Üniversitesi'nde gerçekleşen ölümcül bir olay sonrasında birçok gen terapisi deneyi sonlandırıldı.

CRISPR teknolojisi bu komplikasyonların çoğunu basitleştiriyor. Aslına bakarsanız bu teknolojinin temeli milyarlarca yıl önce gelişmiştir. Bilim insanları bakterinin, virüslerin şiddetli saldırısını yenmek üzere kusursuz mekanizmalar geliştirmesi karşısında şaşkınlığa uğramıştı. Bakteriler ölümcül bir virüsü nasıl tanıyıp bir de onu zararsız hale getiriyordu ki? Bakterilerin tehdidi tanıyabildiğini çünkü virüsün genetik malzemesinin çok ufak bir parçasını taşıdıklarını buldular. Tıpkı bir vesikalık fotoğraf gibi bakteri bunu istilacı virüsü tespit etmekte kullanıyordu. Bakteri, genetik dizilimi ve bu sayede virüsü tanıdıktan sonra onu çok hassas bir noktadan kesip etkisizleştirerek bulaşmasını anında engelliyordu.

Bilim insanları, başarıyla virüslü dizilim ile diğer tür DNA'larının yerini değiştirip o DNA'yı hedef hücreye yerleştirerek bu süreci tekrarlayabildi ve "genomik ameliyatı" mümkün kıldı. CRISPR, gen düzenlenmesini daha temiz, daha doğru ve çok daha hızlı bir hale getirerek hemen genetik mühendisliğin eski yöntemlerinin yerini aldı.

Bu devrim biyoteknoloji alanını kökünden sarstı. Alanın öncülerinden Jennifer Doudna "Bu, manzarayı tamamen değiştiriyor" derken, Emory Üniversitesi'nden David Weiss "Tüm bunlar yalnızca bir yıl içinde gerçekleşti. İnanılmaz." demişti.

Hollanda'daki Hubrecht Enstitüsü'nden araştırmacılar şimdiden kistik fibrozise neden olan genomik bir kusuru düzeltebileceklerini gösterdiler. Bu durum, pek çok tedavi edilemez genetik hastalığın günün birinde tedavi edilebileceğine ilişkin umut oldu. Birçok bilim insanı nihayetinde belirli kanser türlerine ait genlerden bazılarının da CRISPR teknolojisinden yararlanılarak değiştirilebileceğini, böylece tümörlerin büyümesinin durdurulabileceğini umuyor.

Biyoetikçiler bu teknolojinin olası kötüye kullanımlarından endişe ederek bu yeni bilim hakkında tartışmak üzere konferanslar düzenledi ve CRISPR araştırmasının şiddetli hızını yavaşlatmaya yönelik önerilerde bulundu çünkü yan etkileri ve komplikasyonları bilinmiyordu. Bu teknolojinin özellikle germ hattı gen terapisine yol açmasından endişe duyuyorlardı. (Gen terapisinin iki türü vardır: Somatik hücre gen terapisinde cinsellikle ilişkili olmayan hücreler değiştirilerek, mutasyonlar sonraki nesillere aktarılmaz; germ hattı gen terapisindeyse cinsellikle ilişkili hücrelerinizin değiştirilmesiyle, tüm soyunuz değiştirilen geni kalıtım yoluyla edinir.) Germ hattı gen terapisi başıboş bırakılırsa insan ırkının tüm genetik mirasını değiştirebilir. Bu da yıldızlara cesaret edebildiğimizde, insan ırkının yeni genetik dallarının ortaya çıkabileceği anlamına gelir. Bu genellikle on binlerce yıl olsa da germ hattı gen terapisinin gerçek olması halinde biyomühendislik bunun süresini tek bir nesle kadar indirebilir.

Özetle, uzak gezegenleri kolonileştirmek için insan ırkında değişiklik yapmak üzerine fikirler ortaya atan bilimkurgu ya-

zarlarının hayalleri, bir zamanlar fazla gerçek dışı ya da acayip bulunuyordu. Ne var ki CRISPR'nin gelişiyile bu inanılmaz hayaller artık daha fazla savuşturulamaz. Yine de bu hızla ilerleyen teknoloji hakkındaki tüm etik sonuçların özenli bir şekilde incelenmesiyle uğraşmak zorundayız.

TRANSHÜMANİZMİN ETİĞİ

Bunlar, becerilerimizi ve yeterliliklerimizi geliştirmek için teknolojiye kucak açmamız gerektiğini savunan "transhümanizmin" örnekleriydi. Uzak dünyalarda sağ kalmak ve hatta gelişim göstermek için kendimizi mekanik ve biyolojik olarak değiştirmemiz gerekebilir. Transhümanistler için bu bir tercih değil, gerekliliktir. Kendimizi değiştirmek farklı düzeylerde kütleçekim, atmosfer basıncı ve bileşimi, sıcaklığı ile ışıması ve benzeri özelliklere sahip gezegenlerdeki şansımızı arttırabilir.

Transhümanistler, teknolojiyen iğrenmek ya da etkisine karşı koymak yerine, onu kucaklamamız gerektiğine inanır. İnsanlığı mükemmelleştirebileceğimiz fikrinin tadını çıkarırlar. Onlar için insan ırkı evrimin bir yan ürünü olduğundan, bedenlerimiz rastlantısal mutasyonların sonucudur. Neden bu tuhaf rastlantıları düzenli bir şekilde geliştirmek üzere teknolojiyen i yararlanmayalım ki? Transhümanistlerin de nihai amaçları, insanlığın ötesine geçebilen yeni bir tür olan "insan ötesini [posthuman]" yaratmaktır.

Her ne kadar genlerimizi değiştirme fikri bazı insanların ahlaki açıdan midelerini bulandırır da UCLA'den bir biyofizikçi olan Greg Stock, insanların çevremizdeki hayvanların ve bitkilerin genetiklerini binlerce yıldır değiştirdiğinin altını çiziyor. Onunla görüştüğümde bana bugün bize "doğal" görünen şeylerin aslında yoğun bir seçici üretimin yan ürünü olduğunu söylemişti. Bitkileri ve hayvanları gereksinimlerimize göre yetiştiren eski hayvan besicilerinin becerileri olmasaydı modern yemek menümüz mümkün olmazdı. (Örneğin bugünkü mısır, darının

genetik olarak değiştirilmiş bir türüdür ve insan müdahalesi olmadan üretilemez. Çekirdekleri ya da tohumları kendiliğinden düşmez; mısır yetişmesi için çiftçilerin onları toplayıp ekmesi gerekir.) Etrafta gördüğümüz köpek çeşitleri de tek bir türün, gri kurdun seçici üretiminin yan ürünleridir. Kısacası insanlar, avlanmak için köpekler ve yemek için inekler ile tavuklar gibi tonla bitkinin ve hayvanın genini değiştirmiştir. Aslında yüzyıllar içinde insanların ürettiği bitkileri ve besinleri sihirli bir değnekle ortadan kaldırılabilsaydık toplumumuz bugünkü halinden epey farklı görünürdü.

Belirli insan özellikleri bilim insanları tarafından ayrıştırıldıkça insanların onları kurcalamaya çalışmasını engellemek de güçleşecek. (Örneğin komşunuzun çocuklarına genetik olarak arttırılmış bir zekâ verildiğini öğrenseniz ve bu çocuklar sizinkilerle yarış içinde olsa, benzer bir biçimde kendi çocuklarınızı da geliştirmek için muazzam bir baskı altında olurdunuz. Aynı şekilde, ödüllerin çok büyük olduğu rekabet içeren sporlarda atletlerin kendilerini geliştirmeye çalışmalarını engellemeye çabalamak da son derece zor olacaktır.) Dr. Stock, ne tür bir etik açmaz taşırırsa taşısın bir değişim zarar verici olmadığı sürece genetik iyileştirmeleri gözardı etmememiz gerektiğini iddia ediyor. Nobel ödüllü James Watson da bu konuda "Kimsenin bunu söyleyecek cesareti yok ancak genleri nasıl ekleyeceğimizi bilerek daha iyi insanlar yapabiliyor olsaydık, bunu neden yapmayalım ki?" diye soruyor.

İNSAN ÖTESİ BİR GELECEK Mİ?

Transhümanizm savunucuları, uzayda ileri uygarlıklarla tanıştığımızda bunların farklı birçok gezegende yaşamanın zorluklarına uyum sağlamak üzere biyolojik bedenlerinde değişiklikler yapabildikleri bir noktaya kadar gelişmiş olacaklarına inanıyor. Transhümanistlere göre uzaydaki ileri uygarlıklar büyük olasılıkla genetik ve teknolojik olarak geliştirilmiş bir geleceğe eriş-

mişlerdir. Kısacası, günün birinde uzaydan gelen yabancılarla tanışacak olursak, yarı biyolojik yarı sibernetik olmaları bizi şaşırtmamalı.

Fizikçi Paul Davies mevzuyu bir adım daha ileri taşıyor: “Benim vardığım sonuç ürkütücü. Bence biyolojik zekâ büyük olasılıkla, hatta kaçınılmaz bir biçimde, yalnızca geçici bir olgu, evrendeki zekânın evrim sürecindeki anlık bir aşamasıdır. Eğer Dünya dışı bir zeki yaşam ile karşılaşırsak doğalarının kuvvetli bir olasılıkla biyoloji ötesi [postbiological] olacağını düşünüyorum ki bu Dünya dışı zeki yaşam arayışı için açık ve geniş kapsamlı alt dalları olan bir sonuçtur.”

Yapay zekâ uzmanı Rodney Brooks da “Kişisel öngörüm, 2100 yılına kadar günlük yaşamımızın her yerinde çok zeki robotlara sahip olacağımız yönünde. Tabii biz de onlardan ayrı olmayacağız, aksine yarı robot ve robotlarla bağlantı içinde olacağız.” diye yazmıştı.

Transhümanizm hakkındaki bu tartışma aslında yeni değil. Geçmiş genetiğin yasalarının yeni yeni anlaşıldığı geçen yüzyıla kadar uzanıyor. Bu fikri açık bir biçimde ifade eden ilk insanlardan biri, 1923 yılında daha sonra kitap halinde yayınlanan “Daedalus, ya da Bilim ve Gelecek” başlığına sahip bir konferans veren J. B. S. Haldane’di. Haldane sunumunda, bilimin insan ırkının durumunu iyileştirmek için genetik bilimden yararlanabileceğini öngörüyordu.

Bugün fikirlerinin çoğu kulağa yavan gelse de yaratabilecekleri tartışmanın farkındaydı ve bunları ilk kez okuyan bir insan için “uygunsuz ve doğaya aykırı” görünebileceklerini itiraf ediyordu. Yine de sonunda insanlar bunları kabullenebilirdi.

Nihayetinde transhümanizmin temel ilkesi olan bilimin insan ırkını geliştirerek acıları giderebilecek durumda olmasına karşın insanlığın “pis, yabani ve kısa” yaşamlar sürdürmemesi gerektiği, açık bir şekilde ilk kez 1957 yılında Julian Huxley tarafından dile getirildi.

Transhümanizmin hangi yönlerinin peşinden koşmamız gerektiğine ilişkin farklı görüşler mevcut. Kimileri, kendimizi geliştirmek için dış iskeletler, görüşümüzü iyileştirmek için özel

gözlükler, beyinlerimize yüklenebilecek hafıza kaynakları ve duyularımızı geliştirmek için implantlar gibi mekanik yanlarına odaklanmamız gerektiğine inanıyor. Yine kimileri ölümcül genlerden kurtulmak için genetik bilimden yararlanmamız gerektiğine inanırken, kimileriye doğal becerilerimizi geliştirmekte kullanılabileceğine ve diğerleri de zihinsel güçlerimizi arttırmakta kullanılması gerektiğine inanıyor. Köpekler ve atlarda yaptığımız gibi seçici üretimle belirli genetik özelliklerin mükemmelleşmesi için on yıllar geçmesini beklemek yerine, genetik mühendislik ile istediğimiz her şeyi tek bir nesilde başarabiliriz.

Biyoteknolojideki ilerleme öyle hızlı ki çok sayıda etik soru barındırıyor. Üstelik üstün ırk yaratmak için Nazilerin yaptığı deneyler dahil olmak üzere insan ırkının ıslahına ilişkin kirli tarihi de insanlar üzerinde değişiklik yapmaya ilgi duyan herkes için eğitici bir öykü niteliği taşıyor. Artık bir fareden deri hücreleri alarak bunları yumurta ve sperm hücreleri halini alabilecek biçimde genetik açıdan değiştirmek ve sağlıklı bir fare üretmek için bunları eşleştirmek mümkün. Nihayetinde bu süreç insanlara da uygulanabilir. Bu, başarıyla sağlıklı çocuklar yapabilen kısır çiftlerin sayısını büyük oranda arttıracaktır ancak aynı zamanda, insanların izniniz olmadan deri hücrelerinize erişebileceği ve klonlarınızı yaratabileceği anlamına da gelir.

Eleştirmenler yalnızca zengin ve güçlü olanların bu teknoloji-den yararlanabileceğini iddia ediyor. Stanford Üniversitesi'nden Francis Fukuyama, torunlarımızın DNA'ları değiştirilirse bunun muhtemelen insan davranışını da değiştireceğini ve daha fazla eşitsizlik yaratarak demokrasiye zarar vereceğini iddia ederek transhümanizmin "dünyadaki en tehlikeli fikirlerden biri" olduğu konusunda uyarıyor. Ne var ki teknoloji tarihi bize, zenginlerin bu teknolojik mucizelere erken erişimleri olsa da nihayetinde masrafların sıradan bir insanın bile karşılayabileceği kadar düşeceğini gösteriyor.

Diğer eleştirmenlerse bunun insan ırkını bölmeye yönelik ilk adım olabileceğini ve insanlığın mutlak tanımının tehlikede olduğunu iddia ediyor. Belki de genetik olarak geliştirilmiş insanların çeşitli kolları, Güneş Sistemi'nin farklı bölümlerinde yaşa-

yacak ve sonunda farklı türler olarak ayrışacaklar. Bu durumda insan ırkının farklı kolları arasında rekabet ve hatta savaş çıkabileceği de kolaylıkla hayal edilebilir. "*Homo sapiens*" kavramının doğruluğu bile sorgulanabilir. Bu önemli sorunu, 13. Bölümde bundan belki de binlerce yıl sonraki Dünya üzerine tartışırken ele alacağız.

Aldous Huxley'nin *Cesur Yeni Dünya* (*Brave New World*) romanında biyoteknoloji, kaderlerinde daha doğuştan toplumu yönetmek olan Alfalar adındaki bir üstün varlık ırkını üretmekte kullanılır. Diğer embriyolar oksijenden yoksun kaldıkları için zihinsel olarak zayıf olmaları nedeniyle Alfalara hizmet etmek üzere yetiştirilirler. Toplumun en alt kesimiye önemsiz bedensel işleri yapmak üzere yetiştirilen Epsilonlardan meydana gelir. Bu toplum, tüm gereksinimlerimizi karşılamak için teknolojiye yararlanan bir ütopya olarak tasarlanmıştır ve her şey kurallara uygun, huzur içinde görünür. Ne var ki toplumun temelleri, en altta yaşamını sürdürenlerin baskı ve perişanlığı üzerine kuruludur.

Transhümanizm destekçileri, tüm bu varsayımsal senaryoların ciddiye alınması gerektiğini ancak şimdilik bunların tamamının yalnızca akademik endişeler olduğunu savunuyor. Biyoteknolojiye ilişkin çığ gibi büyüyen araştırmalara karşın, bu konuşmaların tümü daha geniş bir kapsamda değerlendirilmelidir. Tasarımcı çocuklar henüz var olmadı. Ebeveynlerin çocukları için isteyebileceği birçok kişilik özelliği için gereken genler de şimdilik keşfedilemediği gibi hiçbir zaman da var olmayabilirler. Günümüzde, tek bir insan davranış özelliği bile biyoteknolojiye yararlanılarak değiştirilemez.

Henüz teknolojinin kendisi uzak bir geleceğe ait olduğundan, pek çok kişi transhümanizmin kontrolden çıkacağı hakkındaki korkuların zamanından önce geliştiğini savunuyor. Yine de keşiflerin hızına bakılarak bu yüzyılın sonlarında genetik değişikliklerin muhtemelen gerçek bir olasılık halini alacağını söyleyebiliriz. Bu durumda kendimize şunu sormalıyız: Bu teknolojiyi daha ne kadar ileri götürmek istiyoruz?

MAĞARA İNSANI İLKESİ

Önceki kitaplarda belirttiğim gibi “mağara adamı ya da mağara kadını ilkesinin” kendimizi değiştirmekte ne kadar ileri gitmek isteyeceğimiz hakkında doğal bir sınır koyduğuna inanıyorum. İki bin yıl önce ilk kez modern insanlara dönüştüğümüzden bu yana temel kişiliğimizde fazla bir değişiklik olmamıştır. Her ne kadar bugün nükleer, kimyasal ve biyolojik silahlarımız olsa da temel arzularımız aynı kalmıştır.

Öyleyse biz ne istiyoruz? Araştırmalar, temel gereksinimlerimiz karşılandıktan sonra akranlarımızın düşüncelerine büyük bir değer atfettiğimizi gösteriyor. Özellikle karşı cinsin önünde etkileyici görünmek istiyoruz. Arkadaş çevremizin bizi beğenmesini istiyoruz. Bu durumda, hele ki değişim bizi çevremizdekilerden farklı gösterecekse kendimizde büyük değişiklikler yapmadan önce tereddütler yaşayabiliriz.

Bu nedenle yalnızca toplum içindeki konumumuzu yükseltecekse değişikliklere uyum gösterecek olabiliriz. Yani her ne kadar genetik ve elektronik olarak gücümüzü arttırmaya yönelik bir baskı altında olsak da ne kadar değişim arzuladığımızın sınırları olabilir ve bu sınır gerçekçi kalmamızı sağlayacaktır.

Demir Adam çizgi romanlarda ilk kez ortaya çıktığında hantal ve tuhaf görünümlü bir karakterdi. Zırhı sarı, toparlak ve çirkindi. Aslına bakarsanız yürüyen bir konserve kutusunu andırıyordu. Küçük çocuklar onunla özdeşlik kuramadığı için sonradan çizerler onu baştan yarattı. Zırhı birden fazla renkte, parlak ve bedenini saran bir hal alarak açık bir biçimde Tony Stark'ın zarif dövüşçü bedenini güzelleştirdi. Bunun sonucunda popülerliği büyük oranda arttı. İşte, süper kahramanlar bile mağara insanı ilkesine [caveman principle] uymak zorunda.

Altın çağ bilimkurgu romanları* genellikle gelecekteki insanları kocaman kel kafalara ve ufak bedenlere sahip olarak betimler. Diğer romanlar da bizi geniş varillerdeki sınırlar içinde yaşa-

* Amerika'da bilimkurgu türünün kamuoyunda büyük ilgi uyandırdığı ve birçok ünlü bilimkurgu eserinin yayınlandığı 1938 ile 1946 yılları arasındaki dönem. -çn.

yan kocaman beyinler olarak evrimleşmiş halde resmeder. İyi de kim böyle yaşamak ister ki? Bence mağara insanı ilkesi, itici bulduğumuz yaratıklara dönüşmemizi engelleyecektir. Aksine çok büyük bir olasılıkla, temel insan görünümümüzü değiştirmeden ömrümüzü, hafızamızı ve zekâmızı arttırma yeteneği edinmek isteyeceğiz. Örneğin sanal âlemde oyunlar oynarken kendimizi temsil edecek avatarlar seçme özgürlüğüne sahip olduğumuz olur. Sıklıkla da grotesk ve itici avatarlar yerine bir şekilde bizi çekici ve cazip gösteren avatarlar seçeriz.

Bütün bu teknolojik harikaların geri tepmesi ve bizi anlamsız yaşamlar sürdüren çaresiz çocuklara indirgemesi de mümkündür. Disney çizgi filmi *WALL-E*'de insanlar, hayal edilebilir tüm heveslerini robotların karşıladığı uzay gemilerinde yaşar. Robotlar tüm ağır işleri yapıp her gereksinimi karşılarken insanlara da hoşça vakit geçirmekten başka yapacak bir şey kalmaz. Şişman, şımarık ve işe yaramaz bir hal alan insanlar da bu vakitlerini içi boş ve anlamsız şeylerin peşinde harcar. Yine de bence beynimizin içine işlemiş "temel" bir kişiliğimiz vardır. Örneğin birçok araştırmacı, uyuşturucunun yasallaşması halinde insan ırkının muhtemelen yüzde 5'inin bağımlı olacağını tahmin ediyor. Diğer yüzde 95'lik kısım uyuşturucuların insan yaşamını nasıl sınırlandırdığını ya da mahvettiğini görerek onlardan uzak duracaktır ve uyuşturucunun değiştirdiği bir dünya yerine gerçek dünyada yaşamayı tercih edecektir. Yine aynı şekilde sanal gerçeklik mükemmelleştirildiğinde benzer sayıda insan gerçek dünya yerine sanal âlemde yaşamayı tercih edebilir ancak muhtemelen bu sayı ezici bir çoğunlukta olmayacaktır.

Mağara insanı atalarımızın başkaları için yararlı ve yardımcı olmayı istediklerini unutmayın. Bu genlerimize işlemiştir.

Çocukken Asimov'un Vakıf serisini ilk kez okuduğumda, bundan elli bin yıl sonraki insanların kendilerini değiştirmemiş olmasına çok şaşırmıştım. O zamana kadar insanların kocaman kafaları ve kurumuş kalmış bedenleri olan tamamen gelişmiş bir bütünlüğe ve çizgi romanlardaki gibi süpergüçlere sahip olacağına emindim. Ne var ki romandaki sahnelerin çoğu bugünkü Dünya'da geçiyordu. O tarihsel romana dönüp baktığımda ar-

tık büyük olasılıkla mağara insanı ilkesinin devrede olduğunu anlıyorum. Gelecekte insanların onlara süpergüçler verecek ve becerilerini arttıracak cihazlar, implantlar ve aksesuarlar takma seçeneğine sahip olacağını düşünsem de sonradan bunların çoğunu çıkararak toplumda normal bir şekilde etkileşim içine gireceklerini düşünüyorum. Yoksa kendilerini sürekli değiştirirlerse bu toplumdaki konumlarını da yükselten bir yönde olacaktır.

KARARI KİM VERİYOR?

Dünya üzerindeki ilk tüp bebek Louise Brown 1978 yılında doğduğunda, bunu mümkün kılan teknoloji Tanrı'yı oynadığına inanana pek çok din insanı ve köşe yazarı tarafından kınandı. Günümüzdeyse dünyada içlerinden kimileri eşiniz ya da en yakın arkadaşınız olabilecek beş milyondan fazla tüp bebek var.

Kuvvetli eleştirilere karşın insanlar bu yöntemi kabullenmeye karar verdi.

Aynı şekilde Koyun Dolly 1996'da klonlandığında da birçok eleştirmen bu teknolojiyi ahlak dışı ve hatta dine saygısızlık olarak görüp kınamıştı. Yine de günümüzde klonlama büyük oranda kabul görmüştür. Biyoteknolojide bir otorite olan Robert Lanza'ya ilk insanın klonlanmasının ne zaman mümkün olabileceğini sorduğumda, bana insanı bir kenara koyun, hiçbir primatin bile başarıyla klonlanamadığını hatırlattı. Yine de insan klonlamanın günün birinde mümkün olacağını düşünüyordu. Tabi bu gerçekleşirse muhtemelen insan ırkının yalnızca ufak bir bölümü kendilerini klonlamaya karar verecektir. (Belki de kendilerini klonlayanlar yalnızca vârisleri ya da özellikle önemsedikleri vârisleri olmayan zenginler olacaktır. Böylelikle kendilerini klonlayarak servetlerini kendileri olan çocuklarına bırakabilirler.)

Kimileri ebeveynleri tarafından genetikleri değiştirilmiş olan "tasarımcı çocukların" da şiddetle karşısında yer alır. Yine de günümüzde insanların laboratuvar ortamında döllenerek birkaç embriyo üreterek (Tay-Sachs hastalığı gibi) ölümcül mutasyon

olasılığı bulunan hastalıklardan kurtulması yaygın bir uygulamadır. Böylece bir nesillik zaman dilimi içerisinde bu ölümcül özellikleri, makul bir oranda gen havuzunun dışına çıkarabiliriz.

Geçtiğimiz yüzyıl, telefon ilk bulunduğu sesle ilgili eleştiriler gelmişti. Dediklerine göre, biriyle yüz yüze konuşmak yerine havada asılı duran, bedeninden ayrılmış, görünmez bir sesle konuşmak doğaya aykırıydı ve çocuklarımız ile yakın arkadaşlarımızla konuşmak yerine telefonda çok fazla zaman harcayacaktık. Eleştiriler elbette haklıydı. Bedeninden ayrılmış seslerle konuşarak gerçekten de çok fazla zaman geçiriyoruz. Çocuklarımızla yeterince konuşmuyoruz ancak telefonu seviyoruz ve bazen çocuklarımızla konuşmak için de ondan yararlanıyoruz. Yani bu yeni teknolojiyi istediğine başyazarlar yerine insanlar karar verdi. Gelecekte insan ırkını geliştirebilecek radikal teknoloji türleri erişilebilir oldukça onu ne kadar ileri götüreceklerine de insanlar karar verecek. Anlaşmazlık yaratan bu teknolojilerin ortaya konması ancak demokratik tartışmalardan sonra olmalıdır. (Bir düşünsenize, Engizisyon döneminden bir kişi modern dünyamızı ziyaret etmiş olsun. Cadıları yakmaktan ve kafirlere işkence etmekten henüz çıkıp gelmiş olan bu kişi, modern uygarlığımızın tümünü dine hakaret olarak algılayıp kınayabilir.) Bugün etik dışı ve hatta ayıp görülen şeyler de gelecekte epey sıradan ve olağan sayılabilir.

Her ne olursa olsun gezegenleri ve yıldızları keşfe çıkacak-sak bu yolculuktan sağ kalacak şekilde kendimizi değiştirmeli ve geliştirmeliyiz. Ayrıca uzak bir gezegeni ne kadar yaşanabilir kılabileceğimizin de bir sınırı olduğundan; farklı atmosferlere, sıcaklıklara ve kütleçekimlere uyum sağlamamız gerekecektir. Kısacası genetik ve mekanik iyileştirmeler gerekli olacaktır.

Yine de şimdiye kadar yalnızca insanlığı geliştirme olasılıkları üzerine tartıştık. Uzayı keşfettiğimizde ve bizden tamamen farklı, zeki yaşam formlarıyla karşılaştığımızda ne olacak? Daha-sı teknolojik açıdan bizden milyonlarca yıl ileride olan uygarlıklarla karşılaşırsak ne yapacağız?

Peki, uzayda ileri uygarlıklarla karşılaşmasak da kendimiz bunlardan biri halini nasıl alırız? İleri bir uygarlığın kültürünü,

siyasetini ve toplumunu öngörmek olanaksız olsa da uzaylı uygarlıkların bile uyması gereken tek bir şey vardır; o da fizik yasalarıdır. Öyleyse böylesi gelişmiş uygarlıklar hakkında fizik bize neler anlatıyor?

12

Dünya Dışı Yaşam Arayışı

Cansızlardandım, taş olarak ölmüştüm. Yetişip gelişen bir varlık, bitki oldum. Bitki olarak öldüm, hayvan biçiminde tezahür ettim. Hayvanlıktan da geçtim; hayvan olarak öldüm, o zaman insan oldum. ... Daha da geçmek zorunda olduğun yüz başka dünya, zihnin bin bir türlü hali var.

– RUMİ

Tehdidin, şiddetini arttırmaksa senin bu Dünyan yanıp küle dönecek. Tercihin basit: Bize katıl ve huzur içinde yaşa ya da yolunda devam et ve yok olmaya hazırlan. Yanıtını bekleyeceğiz. Karar senin elinde.

– KLAATU, DÜNYA'NIN DURDUĞU
GÜN'DEKİ UZAYLI

BİR GÜN UZAYLILAR GELDİ.

Kimsekin duymadığı uzak diyarlardan, yalnızca hayal edilebilecek muhteşem gemilerle geldiler. Daha önce görülmemiş güçte silahlara ve zırhlara sahiplerdi. Bilinmeyen bir dil konuşuyorlardı ve yanlarında tuhaf canavarlar getirmişlerdi.

Herkes bunların kim olduğunu, nereden geldiğini merak ediyordu.

Kimileri, yıldızlardan gelen haberciler olduklarını söylüyordu. Diğerleriyse göklerdeki tanrılar gibi olduklarını fısıldaşıyordu. Ne yazık ki hepsi yanılmıştı.

Montezuma'nın Hernán Cortés'le tanıştığı ve Aztek ile İspanyol Krallıkları'nın birleştiği o kaçınılmaz yıl 1519'du. Cortés ve istilacıları; tanrıların habercileri değil, altın ve ne bulurlarsa talan etme peşinde olan acımasız katillerdi. Aztek uygarlığının ormanın içindeki yükselişi binlerce yıl almıştı ancak sahip olduğu tek şey Bronz Çağı teknolojisinden silahlar olunca yalnızca aylar içinde İspanyol askerlerine yenik düşerek yok oldular.

Uzaya giderken bu üzücü örnekten çıkaracağımız derslerden biri dikkatli olmamız gerektiği. Sonuç olarak Aztekler, teknoloji bakımından İspanyol istilacıların belki de yalnızca birkaç yüzyıl gerisindeydi. Uzayda başka uygarlıklarla karşılaşsak sahip oldukları güç, hayallerimizin ötesinde gelişmiş olabilir. Böylesi ileri bir uygarlıkla savaşa girmeye kalkmamız da King Kong ile Sincap Alvin arasındaki mücadeleye dönebilir.

Fizikçi Stephen Hawking şöyle uyarıyordu: "Zeki yaşamın, karşı karşıya gelmek istemeyeceğimiz bir şeye nasıl dönüştüğünü anlamak için yalnızca kendimize bakmamız yeterli." Hawking bu sözünü Amerikan yerlilerinin Cristoforo Colombo'yla olan karşılaşmasına atıfta bulunurken "O pek de iyi sonuçlanmamıştı" yorumunda bulunur. Bu konuda, astrobiyolog David Grinspoon da "Aç aslanlarla dolu bir ormanda yaşıyor olsanız ağacınızdan aşağı atlayıp 'hey, merhaba' der misiniz?" diye sorar.

Ne var ki Hollywood filmleri, teknoloji bakımından bizden on-yirmi ya da yüz yıl ileride olan uzaylı istilacıları yenebileceğimizi düşündürecek şekilde beyinlerimizi yıkamış durumda. Hollywood birkaç ilkel, akıllıca numara çevirerek kazanabileceğimizi varsayıyor. *Kurtuluş Günü (Independence Day)* filminde uzaylıları dize getirmek için tek yapmamız gereken, işletim sistemlerine basit bir bilgisayar virüsü sokmaktır; sanırsınız uzaylılar Microsoft Windows kullanıyorlar.

Bilim insanları da bizden epey ışık yılı uzakta yaşayan bir uzaylı uygarlığının bizi ziyaret edebileceği fikrini küçümseyerek aynı hataya düşüyor. Gerçi bir de bizden yalnızca birkaç yüzyıl ileride olduklarını varsayıyorlar. Peki ya bizden milyonlarca yıl ileridelerse? Kozmik açıdan bir milyon yıl, göz açıp kapayıncaya kadar geçecek bir süredir. Bu inanılmaz zaman ölçeği düşünül-

düğünde önümüzde yeni fizik yasaları ve yeni teknolojiler belircektir.

Bana kalırsa uzaydaki herhangi bir ileri uygarlık barışçıl olacaktır. Süre olarak bizden epey önceden beri var olacaklarına göre; eskiden kalma mezhep, kabile, ırk ve köktendincilik kaynaklı çatışmalarını çözmek için de bir sürü zamanları olmuştur. Yine de bunları çözmemiş olmalarına karşı da hazırlıklı olmalıyız. Bu durumda herhangi bir uzaylı uygarlığına varlığımızı duyurmak için uzaya radyo sinyalleri göndererek onlara ulaşmaya çalışmak yerine, önce onlar hakkında araştırma yapmak daha akıllıca olacaktır.

Muhtemelen bu yüzyıl içinde bir ara, dünya dışı bir uygarlıkla iletişime geçeceğimize inanıyorum. Bu uygarlık, acımasız fatihler olmak yerine cömert davranarak teknolojilerini bizimle paylaşmak da isteyebilir. İşte o zaman bu, ateşin keşfiyle karşılaştırılabilir düzeyde, tarihin en önemli dönüm noktalarından biri olabilir. İnsanlık uygarlığının gidişatının yüzlerce yıllık geleceğini bu belirleyebilir.

SETI

Bazı fizikçiler bu konuyu çözmek için modern teknoloji aracılığıyla gökyüzünü tarayarak uzayda ileri uygarlıklarla ilgili işaretler bulmak için gerçekten uğraştılar. Buna SETI (search for extraterrestrial intelligence - Dünya Dışı Zeki Yaşam Arayışı) adı verilir ve uzaylı uygarlıklardan yayılan iletileri dinlemek için, sahip olduğumuz en güçlü radyoteleskoplarla gökyüzü taranır.

Microsoft'un kurucularından Paul Allen ve diğerlerinin cömert katkılarıyla günümüzde SETI Enstitüsü, San Francisco'nun yaklaşık beş yüz kilometre kuzeydoğusunda bulunan California'nın Hat Creek bölgesinde, 42 tane sanat harikası teleskop inşa ediyor. Nihayetinde Hat Creek tesisi, bir ile on gigahertz arasında ki radyo frekanslarını tarayan 350 radyoteleskopa sahip olabilir.

Gerçi SETI projesinde çalışmak, genellikle zengin bağışçılara ve tedbirli katılımcılara bu projeye yatırım yapmaları için yalva-

rılan, kimsenin takdir etmediği bir iş. ABD Kongresi bu projeye epey gönölsüz yaklaştığı gibi sonunda 1993'te bunu vergilerin boşa harcanması olarak adlandırarak tüm desteğini geri çekti. (Dahası, 1978'de Senatör William Proxmire tarafından, kötü bir üne sahip Altın Post ödölü' verilerek aőađıldı.)

Bazı bilim insanları kaynak yoksunluğundan usanarak bu araştırmayı geniőletmek için doğrudan kamuoyunun katılımını talep etti. California Berkeley Üniversitesi'nden gökbilimciler, araştırmaya katılacak milyonlarca amatörü çevrimiçi olarak kaydetmek için bir çaba olan SETI@home'u oluőturdular. Bunda herkes yer alabiliyor. Tek yapmanız gereken, web sitelerinden yazılımı indirmek. Ardından geceleri siz uyurken bilgisayarınız, toplanılan veri yığınının içinde araştırma yaparak samanlıktaki o iğneyi bulmayı umut ediyor.

California'da yer alan Mountain View'daki SETI Enstitüsü'nden, benim de daha önce farklı nedenlerle görüştüğüm Dr. Seth Shostak, 2025'ten önce bir uzaylı uygarlığıyla iletişime geçeceğimize inanıyor. Ona nasıl bu kadar emin olabildiğini sordum çünkü ne de olsa on yıllardır süren yoğun çalışmalar, uzaylı uygarlıklardan gelen tek bir dođrulanmıő sinyal ortaya koymuyor. Dahası uzaylıların sohbetlerini dinlemek için radyoteleskoplarından yararlanmak biraz kumar gibi çünkü uzaylılar radyo kullanmıyor bile olabilir. Belki tamamen farklı frekanslar, lazer ışınları ya da hiç düőünmediđimiz bambaőka bir iletişim biçimi kullanıyorlardır. Bunların tümünün mümkün olduğunu itiraf etmiş olsa da çok yakında uzaylı yaşamla iletişim kuracağımızdan emindi. Drake denklemi de ondan yana.

1961 yılında uzaylılarla ilgili çılgın varsayımlardan tatmin olmayan gökbilimci Frank Drake, böyle bir uygarlık bulmaya ilişkin olasılıkları hesaplamaya çalıőmıőtı. Bu hesaplama, örneğin Samanyolu gökadasındaki yıldızların sayısıyla başlayarak (bu da yaklaşık yüz milyardır), ardından o sayının, çevrelerinde ge-

* İngilizcesi 'Golden Fleece Award' olan bu ödöl, görevde olduğu 1975 ile 1988 yılları arasında Demokrat Parti senatörü William Proxmire tarafından halkın parasını israf ettiğine inandiğı kamu görevlilerine, aylık olarak verilen iğneleyici bir ödöldür. -çn.

zegen olan ufak bir bölüme indirgenmesiyle ve o bölümden de üzerlerinde yaşam olan gezegenlerin ve hatta zeki yaşam olan gezegenlerin ele alınmasıyla sürer gider. Bu bölümlerin bir dizisi çoğaltılarak gökadamdaki ileri uygarlıkların olası sayısına ilişkin tahmini bir hesap yapılabilir.

Frank Drake bu formülü ilk sunduğunda formül o kadar çok bilinmeze sahipti ki nihai sonucu tamamen varsayımdan oluşuyordu. Gökadamdaki uygarlıkların sayısına ilişkin tahminler on binler ile milyonlar arasında değişiyordu.

Ne var ki artık uzayda keşfedilen Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerin sayısı arttıkça çok daha gerçekçi tahminler yapılabilir. İyi haber, gökbilimcilerin Drake denkleminin çeşitli bileşenlerini her geçen yıl sınırlandırması. Artık Samanyolu gökadasındaki her beş Güneş'e benzeyen yıldızdan en az birinin onun çevresinde dönen Dünya benzeri bir gezegeni olduğunu biliyoruz. Denkleme göre, gökadamızda yirmi milyardan fazla böyle Dünya benzeri gezegen var.

Drake denklemiyle ilgili daha bir sürü düzeltme yapıldı. Orijinal denklem fazla naifti. Gördüğümüz kadarıyla artık Dünya benzeri gezegenlerin, yaşamı yok edebilecek asteroitleri ve enkazları temizlemek için Jüpiter büyüklüğündeki gezegenlerin çembersel yörünge içinde onlara eşlik etmesine gereksinim duyduğunu biliyoruz. Bu nedenle Dünya benzeri gezegenlerin sayısını, yalnızca Jüpiter büyüklüğünde komşuları olanların sayısına daraltabiliriz. Dünya benzeri gezegenler aynı zamanda dönüşlerini sabitlemek için büyük uydulara da gereksinim duyar, aksi takdirde nihayetinde yalpalayacak ve hatta milyonlarca yıl sonra ters döneceklerdir. (Ay bir asteroit kadar ufak olsaydı Newton'ın yasalarına göre Dünya'nın dönüşündeki küçük sapmalar çok uzun bir zaman içinde katlanarak büyür ve nihayetinde Dünya ters dönebilirdi. Bu da Dünya'nın kabuğu çatlamaya başladıkça ortaya devasa depremler, korkunç tsunamiler ve muazzam yanardağ patlamaları çıkaracağından, yaşam için talihsiz bir durum olurdu. Neyse ki Ayımız yeterince büyük de bu sapmalar kuvvetlenmiyor. Ancak ufak uydulara sahip olan Mars, bundan çok uzun zaman önce ters dönmüş olabilir.)

Modern bilim, bize orada bir yerlerde yaşam oluşturma kapasitesine sahip kaç gezegen olduğuna ilişkin somut veriler der-yası sunarken; aynı zamanda doğal afetler ve kazalar sonucunda yaşamın yok olabileceği bir sürü yol da buldu. Dünya tarihinde, zeki yaşamın doğal afetler sonucu neredeyse yok olduğu (asteroit çarpmaları, gezegen çapında buzul çağları, yanardağ patlamaları gibi) sayısız olay oldu. Temel soru şudur: Bu nitelikleri karşılayan gezegenlerin yüzde kaçında gerçekten yaşam var ve bunların yüzde kaç gezegensel afetlerden kurtularak zeki yaşam geliştirebilmiş? Kısacası gökadamızdaki zeki uygarlıkların sayısı hakkında kesin bir tahminde bulunmaya halen çok uzağız.

İLK TEMAS

Dr. Shostak'a uzaylıların Dünya'ya gelmesi halinde ne olacağını sordum. Başkan, Genel Kurmay Başkanlığı ile acil bir toplantı mı düzenliyor? BM uzaylıları karşılamaya yönelik bir duyuru mu hazırlıyor? İlk teması kurduğumuzda geçerli olan protokol nedir?

Yanıtı epey şaşırtıcıydı: Aslında herhangi bir protokol yok. Bilim insanları bu konuyu tartıştıkları konferanslar düzenliyor ancak yalnızca hiçbir resmi ağırlığı olmayan önerilerde bulunuyorlar. Hiçbir devlet bu meseleyi ciddiye almıyor.

Öyle ya da böyle, ilk temasın uzak bir gezegenden gelen başı-boş bir iletiyi Dünya'daki bir dedektörle yakalamak şeklinde tek taraflı bir sohbet olması büyük bir olasılık. Ne var ki bu onlarla iletişim geliştirebileceğimiz anlamına gelmez. Böylesi bir sinyal, örneğin Dünya'dan elli ışık yılı uzakta bir yıldız sisteminden gelebilir ve bu nedenle o yıldıza bir ileti gönderilmesi ve buna yanıt alınması yüz yıl sürecektir. Yani uzaydaki bir ET ile iletişim kurmak son derece zor olacaktır.

Bir gün Dünya'ya eriştiklerini varsayalım; çok daha pratik bir soru onlarla nasıl konuşacağımız olacaktır. Ne tür bir dil konuşuyor olacaklar?

Geliş (Arrival) filminde uzaylılar endişe verici bir biçimde, birçok ulusun üstünde gezinen devasa yıldız gemileri gönderir. Dünyalılar bu yıldız gemilerine bindiklerinde kocaman mürekkep balıklarına benzeyen uzaylılar tarafından karşılanırlar. Uzaylılar, dilbilimcilerin çevirmekte zorlandığı, tuhaf, eğri bög-rü karakterleri bir ekrana yazarak anlaştıkları için onlarla etkileşime girmeye çalışmak epey zor olur. Uzaylılar ya “alet” ya da “silah” olarak okunabilecek bir kelime karaladıgındaysa büyük bir kriz çıkar. Bu anlam belirsizliğı nedeniyle kafası karışan nükleer güçler, silahlarını kırmızı alarmı geçirir. Yalnızca basit bir dil hatası yüzünden gezegenlerarası bir savaş kopmak üzeredir.

(Gerçekte, Dünya’ya yıldız gemisi gönderebilecek kadar gelişmiş herhangi bir tür; muhtemelen televizyon ve radyo sinyallerimizi takip etmiş ve dilimizi çoktan deşifre etmiş olduğı için, Dünya’daki dilbilimcilere bel bağlamaz. Yine de her şekilde bizden belki de bin yıl ileride olan uzaylılarla gezegenlerarası bir savaş başlatmak pek de akıllıca olmayabilir.)

Peki uzaylıların dilinde tamamen farklı bir referans sistemi varsa ne olacak?

Uzaylılar, örneğın zeki bir köpek ırkının soyundan geliyorsa dilleri görsel imgelerden çok kokuları yansıtacaktır. Zeki kuşların soyundan geliyorsa da dilleri karmaşık melodiler üzerine kurulu olacaktır. Atalarının yarasalar ya da yunuslar olması halinde, dilleri sonar sinyallerden yararlanabilecek; böcekler olması halindeyse birbirleri arasında feromonlarla iletişim kuracaklardır.

Elbette bu hayvanların beyinlerini incelediğimizde kendi beynimizden ne kadar farklı olduklarını görürüz. Bizim beynimizin büyük bir bölümü, görme yetisi ile yazı ve konuşma diline ayrılmışken diğeri hayvanlarınkı koku ve ses gibi şeylere adanmıştır.

Diğeri bir deyişle, bir uzaylı uygarlığıyla ilk kez temas ederken bizim gibi düşüneceklerini ve iletişim kuracaklarını varsa-yamayız.

NEYE BENZİYORLAR?

Bilimkurgu filmlerinde genellikle en önemli an, nihayet uzaylıyı gördüğümüz bölümdür. (Aslına bakarsanız bu durum dışında iyi bir film olan *Mesaj*'da (*Contact*) hayal kırıklığı yaratan şey, şahane bir kurgu sonunda uzaylıların kendilerini hiç görmeyişimizdi.) *Uzay Yolu* serisindeyse tüm uzaylılar tıpkı bize benzer ve mükemmel bir Amerikan İngilizcesiyle aynı bizim gibi konuşur. Farklı olan tek yanları, farklı türde burunlara sahip olmalarıdır. Yabani hayvanlara ya da balıklara benzeyen *Yıldız Savaşları*'ndaki uzaylılar daha yaratıcı olsa bile onlar da her zaman hava solunan ve Dünya'dakine benzer bir kütleçekime sahip gezegenlerden gelirler.

Başta uzaylıların nasıl isterseniz öyle görünebileceği söylenebilirdi çünkü sonuçta daha önce onlarla hiç iletişime geçmemiştik. Ne var ki izlemeleri gereken belirli bir mantık vardır. Her ne kadar emin olamasak da uzayda yaşam büyük olasılıkla okyanuslarda başlamıştır ve karbon bazlı moleküllerden oluşmuştur. Böyle bir kimya, yaşam için can alıcı öneme sahip iki niteliği karşılamak için ideal oranda yeterlidir: Karmaşık moleküler yapısı nedeniyle büyük miktarlarda bilgiyi depolama becerisi ve kendini çoğaltma becerisi. (Karbonun, proteinleri ve DNA'yı içeren uzun hidrokarbon zincirleri oluşturmaya olanak sağlayan dört atomik bağı vardır. Bu uzun karbon DNA zincirleri, atomlarının sıralanımında bir kod taşırlar. Yine bu zincirler, molekülleri çözebilen ve ardından bu koda göre kendilerinin kopyasını yapacak şekilde onları tutabilen iki iplikçikten meydana gelir.)

Son zamanlarda, Dünya'dakinden farklı ekosistemlere sahip uzak dünyalarda yaşam üzerine çalışan astrobiyoloji [exobiology] adında yeni bir bilim dalı doğdu. Şimdiye kadar astrobiyologlar, bizlere bol ve farklı moleküller sunan karbon madde yapısına dayanmayan yaşam formları oluşturacak bir yol bulmaya çalışmakta güçlüklerle karşılaştılar. Gaz gezegenlerin atmosferinde süzülen, balon benzeri zeki yaratıklar gibi birçok olası yaşam formu değerlendirilse de böylesi yaratıkları mümkün kılacak gerçekçi bir kimya yaratmak epey zordur.

Çocukken en sevdiğim filmlerden biri, bana çok değerli bir bilimsel ders veren *Yasak Gezegen*'di. Astronotlar, uzak bir dünyada mürettebatı öldüren devasa bir canavar yüzünden dehşet içindedir. Bir bilim insanı, canavarın toprakta bıraktığı izlerin alçı kalıbıyla birer örneğini alır. Bulduğu şey karşısında sarsılır çünkü iddiasına göre canavarın ayakları evrimin yasalarını ihlal etmektedir. Pençeler, parmaklar, kemikler; hiçbir mantığa sığmayacak şekilde dizilmişlerdir.

Dikkatimi çeken bu olmuştu. Evrimin yasalarını çiğneyen bir canavar mı? Canavarların ve uzaylıların bile bilim yasalarına uymak zorunda olması benim için yeni bir kavramdı. Önceden canavarların yalnızca vahşi ve çirkin olması gerektiğini sansam bile onların da bizimle aynı doğa yasalarına uymak zorunda olması son derece mantıklı gelmişti. Sonuçta onlar da bir boşluk içinde yaşamıyorlar.

Örneğin Loch Ness canavarını* duyduğumda, böylesi bir yaratığın üreme popülasyonunun [breeding population] ne olduğunu sormam gerekir. Dinozor benzeri bir hayvan o gölde yaşayabiliyorsa muhtemelen elli belki de daha fazla sayıda yaratığın olduğu bir üreme popülasyonunun parçası olmalıdır. Bu durumda da bu yaratıklara ait (kemikler, avlarından kalan ölümler, atık maddeler gibi) kanıtların kolaylıkla bulunması gerekir. Bunlara benzer herhangi bir kanıt bulunmamış olması, varlıklarına da gölge düşürür.

Benzer bir biçimde evrim yasaları uzaylılara da uygulanabilir olmalı. Uzaktaki bir gezegende bir uzaylı uygarlığının nasıl doğabileceğini tam olarak açıklamak mümkün değil. Birtakım çıkarımlarda bulunabiliriz ancak bunlar kendi evrimimize göre olacaktır. *Homo sapienslerin* nasıl zekâ geliştirdiğini incelediğimizde, bataklıktan yükselen doğuşumuz için gereken en az üç temel bileşen görürüz.

1. Bir Tür Stereo Göz

Genelde yırtıcılar, avlardan daha zekidir. Etkili bir biçimde avlanmak için dikkat çekmeme, kurnazlık, strateji, kamuflej ve

* İskoçya'daki Loch Ness gölünde yaşadığı ileri sürülen efsanevi deniz canavarı. -çn.

aldatmaca konularında usta olmak ve bir de avın nerelerde beslendiği, zayıf noktaları, savunma yöntemleri gibi huylarını bilmek gerekir. Bunların tümü biraz da beyin gücü gerektirir.

Diğer taraftan avın tek yapması gereken kaçmaktır.

Bu durum gözlerine yansımıştır. Kaplanlar ya da tilkiler gibi avcıların gözleri, beynin sağ ve sol göze ait görüntüleri karşılaştırmasına el veren stereo görüş sağlayacak şekilde yüzlerinin ön kısmında bulunur. Bu da avın yerini tespit etmek için temel bir gereklilik olan uzaklığı değerlendirmelerine olanak sağlar. Ne var ki avların stereo görüşe gereksinimi yoktur. Onlar için tek gereken, yırtıcıların varlığını belirlemek için 360°lik bir görüş alanıdır ve bunun için de tıpkı geyik ya da tavşanlarda olduğu gibi gözleri yüzlerinin iki yanındadır.

Büyük bir olasılıkla zeki uzaylıların soyları, yemekleri için avlanan yırtıcılara dayanıyor olacak. Bu illa ki saldırgan olacakları anlamına gelmese de uzun zaman önceki atalarının yırtıcı olabileceğini gösterecektir. Bu yüzden belki de dikkatli olmaya çalışmamızda yarar var.

2. Bir Tür Başparmak ya da Kavrama Uzantısı

Zeki uygarlıklar kurabilen bir türün ayırt edici özelliklerinden biri, çevresini kendi çıkarları doğrultusunda değiştirebilmesidir. Onları çevreleyen şeylerin insafına kalmış olan bitkilerin aksine zeki hayvanlar, sağ kalma şanslarını arttırmak için çevrelerini şekillendirebilir. İnsanları geri kalandan ayıran şeyse alet kullanma becerimizi sağlayan başparmağımızdır. Önceden el, temel olarak ağaç dallarında sallanmak için kullanılıyordu ve işaret parmağımızla başparmağımızın meydana getirdiği kavis kabaca Afrika'daki bir dal büyüklüğündeydi. (Bu, başparmakların bizi zeki yaşama götüren tek kavrama aracı olduğu anlamına gelmez; bunun için dokunaçlar ve pençeler de yeterli olabilir.)

Kısacası ilk iki niteliğin bir araya gelişi, avı yakalamak için hayvana el-göz koordinasyonu becerisi verirken aletleri kendi çıkarına kullanabilmesini de sağlar. Üçüncü nitelikse bunların tümünü kenetler.

3. Dil

Birçok türde, bir hayvanın bir durumdan çıkardığı ders muhtemelen onunla birlikte ölüp gider.

Gerekli bilgileri nesilden nesle aktarmak ve biriktirmek için bir çeşit dilin varlığı çok önemlidir. Bir dil ne kadar soyutsa nesiller arasında o kadar çok bilgi aktarılabilir.

Avcı olmak dilin evrimini cesaretlendirir çünkü sürü yırtıcıları birbirleriyle iletişim kurmak ve işbirliği yapmak zorundadır. Dil özellikle sürü hayvanları için kullanışlıdır. Yalnız bir avcı, bir mastodon* tarafından ezilebilecek olsa da bir grup avcı pusu kurup etrafını sardıktan sonra yakalayarak onu alt edebilir. Dahası dil kesinlikle bireyler arasındaki dayanışmanın gelişimini hızlandıran bir sosyal olgudur. Bu da insan uygarlığının doğuşundaki temel bileşenlerden biridir.

Discovery Channel'la bir televizyon programı için bir sürü oyuncu yunusun olduğu bir havuzda yüzerken dilin sosyal yönleri hakkında açık ve net bir örnek yakaladım. Havuzun içine yunusların birbiriyle anlaşmakta kullandığı cıvıltıları ve ısıkları kaydeden ses dalgası algılayıcılar kurulmuştu. Yazılı bir dilleri olmasa da kaydedilebilir ve incelenebilir bir sesli dilleri vardı.

O halde bir bilgisayardan yararlanılarak zekâ göstergesi olan örüntülerin peşine düşülebilir. Örneğin birisi, rastlantısal bir biçimde İngilizceyi incelerse alfabadeki en sık kullanılan harfin *e* olduğunu görür. Bunun üzerine bir harf listesi sıralanarak her birinin ne sıklıkta kullanıldığının incelenmesiyle o dil ya da belirli bir kişi için ayırt edici "parmak izi" elde edilebilir. (Bu, tarihi elyazmalarının eser sahiplerinin izini sürmekte, örneğin Shakespeare'in oyunlarını gerçekten kendisinin yazdığını göstermekte kullanılabilir.)

Benzer bir şekilde, yunuslar arasındaki iletişim kaydedilerek cıvıltıları ve ısıklarındaki tekrarların matematiksel bir formüle uyduğu keşfedilebilir.

Bunun üzerine kediler ve köpekler gibi bir dizi başka türün

* 4,5 metre boya ve 8 ton ağırlığa ulaşan, MÖ 1700'lü yıllarda soyunun tükendiği düşünülen, mamut ailesinden bir hayvan türüdür. -çn.

dili de incelenerek zekâlarını açığa vuran benzer bir işaret bulunabilir.

Ne var ki böceklerin seslerini inceleyerek yola koyulduk ve gittikçe daha az zekâ kanıtı bulur olduk. Nihayetinde söylemek istediğim, hayvanların ilkel de olsa bir dili vardır ve bilgisayarlar bunların karmaşıklığını matematiksel olarak hesaplayabilir.

ZEKÂNIN DÜNYA'DAKİ EVRİMİ

Bu durumda, zeki yaşamın gelişimi için en az üç nitelik gerekirse şu soruyu yöneltebiliriz: Yeryüzündeki kaç hayvan bu üç niteliğin tümüne sahiptir? Stereoskopik görüşe, pençelere, sivri dişlere ya da dokunaçlara sahip pek çok yırtıcının alet tutma becerisinden yoksun olduğunu görürüz. Benzer bir biçimde avlanmalarına, birbirleriyle bilgi paylaşmalarına ve bilgileri nesilden nesle aktarmalarına yarayacak gelişmiş bir dilleri de yoktur.

İnsan evrimini ve zekâsını dinazorlarıinkiyle de karşılaştırabiliriz. Her ne kadar dinazor zekâsıyla ilgili kavrayışımız son derece sınırlı olsa da neredeyse iki yüz milyon yıl boyunca Dünya'ya egemen olduklarına inanılıyor. Ne var ki hiçbiri zekileşmedi ya da bir dinazor uygarlığı kurmadı. İnsanlar içinse bunu yapmak yalnızca iki bin yıl kadar bir zaman aldı.

Yine de dinazor krallığını özenle incelediğimizde zekânın doğmuş olabileceğine ilişkin işaretler görürüz. Örneğin *Jurassic Park* filminin ölümsüzleştirdiği velociraptorlar muhtemelen zamanla zekileşebilirdi. Bir avcının stereo gözlerine sahiplerdi. Büyük olasılıkla, avı düzenlemek için aralarında bir tür iletişim sistemine sahip oldukları anlamına gelecek şekilde, sürüler halinde avlanıyorlardı. Dahası avlarını kavramak üzere başparmaklara sahip biçimde evrilmiş olabilecek pençeleri vardı. (Buna karşın *tyrannosaurusun* uzuvları ufacıktı. Bunları muhtemelen yalnızca av sonrası eti tutmakta kullanıyordu çünkü alet tutmakta işe yaramaları pek mümkün değildi. *T.rex* özünde yürüyen bir ağızdı.)

YILDIZ YAPAN'DAKİ UZAYLILAR

Bu yapıya bakarak Olaf Stapledon'ın *Yıldız Yapan* eserindeki uzaylıları inceleyebiliriz. Hikâyedeki kahraman, evrende bin türlü etkileyici uygarlıkla karşılaştığı hayali bir yolculuğa çıkar. Biz de Samanyolu gökadası tuvalinin tamamına yayılmış olası zekâ manzarasını izleriz.

Bir uzaylı türü, büyük bir kütleçekim alanına sahip bir gezegende gelişim göstermiştir. Bu nedenle yürümek için dört yerine altı bacağı gereksinim duyar. Sonunda ön iki bacağı, alet kullanmalarına el verecek biçimde onları özgürleştirerek el şeklinde evrimleşir. Bu hayvan zaman içinde sentoru* [centaur] andıran bir hale gelmiştir.

Kahramanımız böcek gibi uzaylılarla da karşılaşır. Her ne kadar böcekler tek tek zeki olmasa da milyarlarcasının bir araya gelişi ortak bir zekâ yaratır. Kuş gibi bir tür, bir bulut halindeki devasa akınlar şeklinde uçar ve ortak bir fikir geliştirir. Bunun yanı sıra gündüzleri bitkiler gibi durağan, geceleriye hayvanlar gibi hareket edebilen zekâ sahibi bitki türü yaratıklarla da karşılaşır. Zeki yıldızlar gibi tamamen deneyimimiz dışında yer alan yaşam formlarıyla bile karşılaşır.

Bu uzaylı yaratıkların çoğu okyanuslarda yaşar. Suda yaşayan bu türlerin en başarılılarından biri hem balığı hem de yengeci andıran iki farklı yaşam formunun bir simbiyozuydu. Yengecin balığın kafasında oturmasıyla balık gibi hızla yolculuk yaparlarken yengeç de kıskaçlarından yararlanarak alet kullanmalarını sağlayabilir. Gezegenlerindeki baskın tür olduklarına göre bu birleşim onlara muazzam bir avantaj sağlamıştır. Nihayetinde de yengecimsi bu yaratıklar karaya çıkmaya cesaret etmiş ve burada makineler, elektrikli aletler, roket gemileri icat ederek zenginlik, bilim ve gelişim üzerine kurulu ütopyacı bir toplum kurmuşlardır.

Bu simbiyotik yaratıklar yıldız gemileri yapıp daha az gelişmiş uygarlıklarla karşılaşıyordu. Stapledon "Simbiyotik ırk,

* Yunan mitolojisinde yer alan yarı insan yarı at yaratıklar. -çn.

bağımsızlıklarını kaybetme korkusuyla varlığını ilkel olanlardan gizlemek için büyük bir özen gösteriyordu.” diye yazmıştı.

Diğer bir deyişle balık ve yengeç ayrı ayrı daha yüksek bir canlıya evrimleşemezken ikisinin birleşimi bunu başarabiliyordu.

Var olmaları halinde, çoğunlukta olan uzaylı uygarlıklarının (Europa ya da Enceladus gibi) buzla kaplı uydularda ya da haydut gezegenlerin uydularında su altında yaşayabildiği düşünüldüğünde sormamız gereken soru, suda yaşayan türlerin gerçekten zeki hale gelip gelemeyeceğidir.

Kendi okyanuslarımızı incelediğimizdeyse birkaç sorunla karşılaşırız. Yüzgeçler okyanuslarda yolculuk yapmak için son derece etkili araçlar olsa da ayaklar (ve eller) öyle değildir. Yüzgeçler aracılığıyla hızla gidilse ve yön değiştirilebilse bile okyanus zemininde ayaklarla hareket etmek epey acemice ve tuhaftır. Bekleneceği üzere okyanuslarda, aletleri kavramak için uzantılar geliştiren çok az hayvana rastlarız. Yani yüzgeçli yaratıkların zeki hale gelmesi, (elbette yüzgeçler bir şekilde aletleri kavrayabilecek hale gelmedikçe ya da bu yüzgeçler aslında yunuslar ya da balinalar gibi okyanuslara dönen kara hayvanlarının kolları ve bacakları değilse) o kadar da mümkün değildir.

Yine de ahtapot son derece başarılı bir hayvandır. En az üç yüz milyon yıldır yaşamlarını sürdüren ahtapotlar, büyük olasılıkla en zeki omurgasızlardır. Ahtapotları niteliklerimize göre incelediğimizde bunların üçünden ikisiyle uyuştuklarını görürüz.

Öncelikle bir yırtıcı olarak, bir avcının gözlerine sahiplerdir. (Ancak ahtapotların iki gözü stereoskopik olarak karşıya odaklanmaz.)

İkincisi sekiz tane olan dokunaçları, onlara çevrelerindeki cisimleri kendi çıkarlarına göre kullanmaya yönelik olağanüstü bir beceri sağlar. Bu dokunaçlar inanılmaz bir ustalığa sahiptir.

Ne var ki bahse değer bir dilleri yoktur. Tek başlarına avlandıkları için başkalarıyla iletişim kurmalarına gerek olmamıştır. Görebildiğimiz kadarıyla nesiller arasında da herhangi bir etkileşim söz konusu değildir.

Kısacası ahtapot belirli düzeyde bir zekâ gösterir. En ufak çatlaklardan bile sızabilen yumuşak bedenlerinin tüm avantajını kullanan ahtapotlar, akvaryumlardan kaçabilmeleriyle ün salmışlardır. Ayrıca labirentlerde yönlerini bulabilmeleri de bir tür hafıza taşıdıklarını gösterir. Bunun yanı sıra, araçları kendi çıkarlarına kullanabildikleri de bilinir. Örneğin bir ahtapot hindistancevizi kabuklarını toplayarak kendisine bir barınak yapabilmıştır.

Ahtapotların sınırlı bir zekâsı ve çok yönlü dokunaçları varsa neden daha zeki hale gelmediler? İşin tuhaf yanı, bu büyük olasılıkla başarılarının kanıtıdır. Kayaların altına saklanarak dokunaçlarıyla avlarını yakalamaları son derece başarılı bir stratejidir ve muhtemelen zekâlarını geliştirmeye gerek duymamışlardır. Diğer bir deyişle, daha yüksek bir zekâ geliştirmeleri için üzerlerinde herhangi bir evrimsel baskı olmamıştır.

Yine de uzak bir gezegende başka koşullar altında yaşayan ahtapot benzeri bir yaratığın, sürüler halinde avlanabilmek için cıvıltılardan ve ısıklardan meydana gelen bir dil oluşturduğu hayal edilebilir. Belki de ahtapotun ağzı, dilin temel kurallarını üretecek şekilde evrimleşebilir. Hatta uzak gelecekteki bir noktada, Dünya'daki evrimsel baskının ahtapotu zekâ geliştirmeye zorlayabileceği de düşünülebilir.

Yani zeki bir ahtapot ırkı kesinlikle bir olasılıktır.

Stapledon tarafından hayal edilen bir diğer zeki yaratık da kuştur. Bilim insanları, tıpkı ahtapotlar gibi kuşların da belirli bir zekâya sahip olduğunu fark etmiştir. Ne var ki ahtapotların aksine kuşlar, birbirleriyle cıvıltılar, şarkılar ve melodiler aracılığıyla iletişim kurmak üzere epey gelişmiş bir yöntemle sahiptir. Bilim insanları, belirli kuşların şarkılarını kaydederek şarkı ne kadar çok yönlü ve melodikse karşı cinsin duyduğu çekimin de o kadar büyük olduğunu fark etmiştir. Yani erkek bir kuşun şarkısındaki karmaşıklık, dişi kuşun onun sağlığını, gücünü ve bir eş olarak uygunluğunu değerlendirmesine olanak sağlar. Kısacası üzerlerinde karmaşık melodiler ve belirli bir zekâ geliştirmeleri için evrimsel bir baskı vardır. Her ne kadar (şahinler ya da baykuşlar gibi) bazı kuşların stereo gözleri ve bir tür dilleri

olsa da çevrelerini çıkarlarına göre yönlendirme becerisinden yoksunlardır.

Milyonlarca yıl önce, dört bacakları üzerinde yürüyen bazı hayvanlar evrimleşerek kuşlar haline gelmişti. Kuşların kemiklerini inceleyerek bacakların kemiklerinin tam olarak nasıl yavaş yavaş kanatların kemikleri halini aldığını anlayabiliriz. İki kemik kümesi arasında bire bir uyuşma olsa da çevrenin gerçekten çıkarlar yönünde değiştirilebilmesi için elleri, aletleri kavrayabilecek hayvanlara gereksinim vardır. Bu da kuşların ya hem uçmaya hem de alet kullanmaya uygun iki işlevli olacak şekilde evrimleşmiş kanatlara sahip olacağı ya da nihayetinde dördü kanatlar ve eller halini alacak en az altı bacakla yola çıkmaları gerekeceği anlamına gelir.

Yani bir şekilde alet kullanma becerisi geliştirebilecek olsalar zeki kuş türleri olması mümkündür.

Bunlar, zeki türlerin ne kadar büyük bir çeşitliliğe sahip olabileceğine ilişkin yalnızca birkaç örnek. Elbette üzerine düşünülebilecek daha bir sürü olasılık var.

İNSAN ZEKÂSİ

Şu soru epey aydınlatıcı: Neden biz zekâ sahibi olduk? Birçok primat bu üç niteliği karşılamaya epey yaklaştı. Öyleyse neden şempanzeler, (evrimsel olarak en yakın akrabalarımız olan) bonobolar ya da goriller değil de biz bu becerileri geliştirdik?

*Homo sapiens*le diğer hayvanları karşılaştırdığımızda, onlara göre zayıf ve beceriksiz olduğumuzu görürüz. Hayvanlar âleminde kolaylıkla alay konusu halini alabiliriz. Çok hızlı koşamayız, pençelerimiz yok, uçamayız, keskin bir koku alma duyusuna sahip değiliz, herhangi bir zırhımız yok, pek güçlü değiliz ve derimiz kürkle kaplı olmadığı gibi epey de hassas. Her alanda, bizden fiziksel olarak çok daha üstün olan hayvanlar var.

Aslına bakarsanız çevremizdeki hayvanların çoğu çok başarılı olduğu için, değişmek üzere herhangi bir evrimsel baskı da taşıyor. Örneğin bazı hayvanlar milyonlarca yıldır değişim

göstermedi. Bizler, kesinlikle zayıf ve beceriksiz olduğumuz için diğer primatların eksik kaldığı yetenekleri elde etmeye yönelik büyük bir baskı altındaydık. Yani eksiklerimizi gidermek için zeki hale gelmeliydik.

Kuramlardan biri, birkaç milyon yıl önce Doğu Afrika'da iklim koşullarının değişmeye başladığını ve bunun, ormanların ortadan kalkarak çayırların yayılmasına neden olduğunu iddia ediyor. Bizim atalarımız da orman yaratıklarıydı ve ağaçlarla birlikte onların da çoğu yok oldu.

Sağ kalanlar, ormanlardan geniş ovalara ve çayırlara yerleşmek zorunda kaldı. Çimlerin yukarısını görebilmek içinse sırtlarını zorlayarak dik yürümeleri gerekti. (Zayıf sırtımıza muazzam bir baskı yükleyen kambur duruşumuzda bunun kanıtını görürüz. Orta yaşlı insanlarda en sık karşılaşılan sağlık sorunlarından birinin sırt sorunları olmasının nedeni de budur.)

Dik yürümenin bir başka muhteşem avantajı da oldu: Ellerimiz serbest kaldığı için aletleri istediğimiz gibi kullanabilir hale geldik.

Uzayda zeki uzaylılarla karşılaştığımızda onlar da beceriksiz ve zayıf olabilir; bu eksiklerini de aynı bizim gibi zekâlarını geliştirerek kapatmış olabilirler. Ayrıca yine bizim gibi onlar da sağ kalma becerilerini yeni bir teknikle geliştirmiş olabilirler: Çevrelerini istedikleri şekilde değiştirme becerisi.

FARKLI GEZEĞENLERDE EVRİMLEŞMEK

Peki bu durumda, zeki bir yaratık nasıl modern teknolojiye sahip bir toplum geliştirebilir?

Az önce tartıştığımız üzere gökadamdaki en yaygın yaşam formu suda yaşayanlar olabilir. Deniz yaratıklarının gerekli fizyolojiyi geliştirip geliştiremeyeceğini çoktan irdeledik ancak hikâyemizin kültürel ve teknolojik bir bileşeni de var. Öyleyse ileri bir uygarlığın okyanusun derinliklerinden doğup doğamayacağına bir bakalım.

Tarımın keşfinden sonra bu enerji ve bilgi geliştirme süreci insanlar için üç aşamada ilerledi.

İlk aşama, kollarımızın enerjisinin kömür ve fosil yakıtların gücüyle katbekat büyüdüğü endüstri devrimiydi. Toplum, edindiği güçle ilkel bir tarım kültürünü endüstri kültürüne çevirerek patlama yaşadı.

İkinci aşama, elde ettiğimiz gücün elektrik jeneratörleriyle çoğaltıldığı ve radyo, televizyon ile telekomünikasyon dahil olmak üzere yeni iletişim biçimlerinin doğduğu elektrik çağıydı. Sonucunda hem enerji hem de bilgi zenginleşti.

Üçüncü aşama, bilgisayar gücünün topluma egemen olmaya geldiği bilişim devrimiydi.

Artık o basit soruyu sorabiliriz: Suda yaşayan bir uzaylı uygarlığı da enerji ve bilginin gelişimiyle ilgili bu üç aşamadan geçebilir mi?

Europa ve Enceladus, Güneş'ten çok uzak ve okyanusları sürekli buz örtüsü altında olduğu için bu uzak uydulardaki herhangi bir zeki yaratık muhtemelen yeryüzünün altındaki karanlık mağaralarda yaşayan bir balık gibi kör olacaktır. Bunun yerine, okyanuslarda yön bulmak için büyük olasılıkla yarasa- ların yaptığı gibi ses dalgalarından yararlanarak bir tür sualtı radarı geliştirecektir.

Yine de ışığın dalga boyu sesinkinden çok daha küçük olduğu için; bu, bizim gözlerimizle görebildiğimiz ince ayrıntıları göremeyecekleri anlamına gelecektir (tıpkı hekimlerin kullandığı, endoskopiden çok daha az ayrıntılı sonogramlar gibi). Bu, modern bir uygarlık kurma yolundaki adımlarını yavaşlatacaktır.

Ne var ki bundan daha da önemlisi, suda fosil yakıt yakamayacağınıza ve elektrik enerjisini perdelemek zor olacağına göre, suda yaşayan herhangi bir türün enerjiyle ilgili sorunu olacak olmasıdır. Endüstri makinelerinin çoğu yanma ve mekanik hareket yaratacak oksijen olmadıkça işe yaramaz. Güneş enerjisi de yararsız kalacaktır çünkü Güneş ışığı daimi buz örtüsünü delip geçemeyecektir.

İçten yanmalı motorlar, ateş ve Güneş enerjisi olmadan suda yaşayan herhangi bir uzaylı türünün, onu modern bir toplum olma yolunda geliştirecek enerjiden mahrum kalacağı ortadadır. Erişebilecekleri kullanılmamış bir tür enerji kaynağı vardır an-

cak o da okyanusun dibindeki ısı bacalarından çıkan jeotermal enerjidir. Kendi okyanuslarımızın dibindeki yanardağ bacalarına çok benzeyen Europa ve Enceladus'taki bacalar, aletler için uygun enerji kaynağı olabilir.

Belki bir sualtı buhar makinesi geliştirmek de mümkündür. Bacaların sıcaklığı, suyun kaynama noktasının ötesinde olup bu bacaların ısısı yönlendirilebilirse canlılar, bunlardan kaynar suyu çekeabilen ve onu bir pistonu hareketlendirecek şekilde akıtan bir boru sisteminden yararlanan bir buhar makinesi yapabilirler. Makine çağına girmeyi de bununla başarabilirler.

Bu ısyı, bir metalürji oluşturmak üzere madenleri eritmekte kullanmak da mümkündür. Maden çıkarıp şekillendirebilirlerse okyanuslarının dibinde kentler de inşa edebilirler. Kısacası bir sualtı endüstri devrimi yaratılabilir.

Bir elektrik devrimiyse pek mümkün görünmüyor çünkü su, çoğu en sıradan elektrikli aletin bile kısa devre yapmasına neden olacaktır. Elektrik olmadan da çağın tüm mucizeleri olanaksızlaşacak ve teknolojileri güdük kalacaktır.

Ne var ki bunun da olası bir çözümü var. Bu canlılar okyanusların dibinde mıknatıslanmış demir bulabilirlerse makinelere güç vermekte kullanılabilecek bir elektrik jeneratörü üretmek mümkün olabilir. Bu mıknatısları (muhtemelen bir türbin kanadına vuran jetlerle) döndürerek bir elektrik akımı yaratıp elektronları bir tele sokabilirler. (Bu, bisiklet lambalarında ve hidroelektrik barajlarda yararlanılan işlemin aynısıdır.) Asıl mesele, zeki sualtı yaratıklarının mıknatısları kullanarak suyun varlığında bile elektrik jeneratörleri yaratabilecek ve böylelikle elektrik çağına geçebilecek olmasıdır.

Bir sualtı türü için bilgisayarlarla bir bilişim devrimi de zordur ancak üstesinden gelinebilir. Tıpkı suyun yaşamı meydana getirmekte mükemmel bir çevre olması gibi silikonun da herhangi bir çip bazlı bilgisayar teknolojisinin temeli olduğu söylenebilir. Okyanusun derinliklerinde, çip üretmek için kazılıp çıkarılabilecek ve aynı bizim yaptığımız gibi saflaştırılarak morötesi (UV) ışıkla oyulabilecek bir silikon olabilir. (Silikon çiplerin üretiminde, UV ışığı bir çipteki tüm devrelerin ayrıntılı planını içeren bir örneğin

üstünden geçirilir. UV ışığı ve bir dizi kimyasal tepkime, çipte transistörler üreterek silikon plakaya oyulan örüntüler yaratır. Transistör teknolojisinin temeli olan bu işlem, suyun altında da yapılabilir.)

Sözün özü, bir sualtı canlısının zekâ geliştirerek bir modern teknoloji toplumu yaratması mümkündür.

UZAYLI TEKNOLOJİSİNİN ÖNÜNDEKİ DOĞAL ENGELLER

Bir uygarlık, modern toplum olma yolunda uzun ve ağır yolculuğuna başladıktan sonra bir sorunla daha karşı karşıya kalır. Önerine çıkacak bir dizi doğal olgu olabilir.

Örneğin zeki canlılar, Venüs ya da Titan gibi bir yerde gelişirse dünyalarının üzerinde kaplı, kalıcı bir bulut olacaktır ve asla yıldızları göremeyeceklerdir. Evren kavramları kendi gezegenleriyle sınırlı kalacaktır.

Bu da uygarlıklarının hiçbir zaman gökbilimi geliştiremeyeceği ve dinlerinin kendi gezegenleriyle sınırlı hikâyelerden oluşacağı anlamına gelir. Böylelikle bulutların ötesini keşfetmeye yönelik bir dürtü taşımayacaklarından uygarlıkları da güdük kalacak ve büyük olasılıkla herhangi bir uzay programı da geliştirmeyeceklerdir. Bir uzay programları olmadan telekomünikasyon ya da meteoroloji uydularına da sahip olmayacaklardır. (Stapledon'un romanında, deniz yüzeyinin altında yaşayan bazı yaratıklar nihayetinde karaya çıkarak gökbilimi bulur. Oysa okyanuslarda kalmayı sürdürselerdi kendi gezegenlerinin ötesindeki evreni asla keşfedemezlerdi.)

İleri bir toplumun karşı karşıya kalacağı bir başka sorun da Asimov'un, altı yıldızın çevresinde dönen bir gezegende yaşayan bilim insanlarını hayalinde yarattığı ödüllü hikâyesi "Alacakaranlık"ta (Nightfall) anlatılır. Gezegen hiç durmadan yıldız ışığına boğulur. Milyarlarca yıldızla sahip gökyüzünü gece hiç görmemiş olan yerleşimcileri, evrenin tamamının kendi güneş sistemlerinden meydana geldiğine körü körüne inanır. Tüm dinleri ve kimlik anlayışları bu esas inancın çevresinde şekillenir.

Ne var ki daha sonra bilim insanları bir dizi rahatsız edici keşifte bulunmaya başlar. Buldukları, uygarlıklarının her iki bin yılda bir topyekûn bir karmaşaya sürüklendiğidir. Toplumlarını tamamen parçalanmaya itecek gizemli bir şey meydana gelir. Bu döngü geçmişte sonu gelmez bir biçimde tekrarlanmıştır. Her şey karanlığa gömüldüğü için insanların delirdiği yönünde ef-saneler dolaşır. İnsanlar, gökyüzünü aydınlatmak için kentlerin tamamı alevler içinde kalıncaya kadar devasa ateşler yakmışlardır. Tuhaf dini tarikatlar yayılmış, devletler yıkılmış ve normal toplum parçalara ayrılmıştır. Ardındansa yeni bir toplumun, bir öncekinin küllerinden doğması için iki bin yıl geçmesi gerekmiştir.

Sonunda bilim insanları geçmişlerinin arkasında duran korkunç gerçeği fark eder: Her iki bin yılda bir, gezegenlerinin yörüngesinde bir anomali meydana gelir ve gezegenleri alacakaranlığa girer. Üstelik ürkütücü bir biçimde, bu döngünün çok yakın bir zamanda tekrar gerçekleşeceğini keşfederler. Hikâyenin sonunda alacakaranlık bir kez daha başlar ve uygarlık karmaşaya gömülür.

“Alacakaranlık” gibi hikâyeler, bizi kendimizinkinden tamamen farklı koşullara sahip gezegenlerde yaşamın nasıl var olabileceği hakkında düşünmeye iter. Enerji kaynaklarının bol, ateşlenme ve yanmanın mümkün, atmosferin elektrikli aletlerin kısa devre yapmadan çalışmasına olanak sağladığı, silikonun bolca bulunduğu ve geceleyin gökyüzünü görebildiğimiz bir Dünya’da yaşadığımız için çok şanslıyız. Bu bileşenlerden biri bile eksik olsaydı ileri bir uygarlığın doğuşu epey zorlaşır.

FERMİ PARADOKSU: NEREDELER?

Yine de bunların tümü, inatçı ve rahatsız edici bir soru olan Fermi paradoksunu halen yanıtsız bırakıyor: Neredeler? Eğer gerçekten varlarsa bir işaret bırakırlardı, belki bizi ziyaret bile ederlerdi ancak bir uzaylı ziyaretime ilişkin ortada gerçek bir kanıt yok.

Bu paradoksu açıklayacak bir sürü olası çözüm var. Ben şöyle düşünüyorum: Yüzlerce ışık yılı öteden Dünya gezegenine ulaşmayı gerçekten başarabilirlerse bu, teknolojilerinin bizimkinden çok daha ileri olduğu anlamına gelir. Bu durumda, önerecekleri hiçbir şeyleri olmadan kendilerinden daha gerideki bir uygarlığı ziyaret etmek için trilyonlarca kilometre yolculuk yapacaklarına inanmak son derece küstahça olacaktır. Sonuçta biz de ormana gittiğimizde geyiklerle ya da sincaplarla konuşmaya çalışıyor muyuz ki? Belki başta bunu deneyebiliriz ancak bize yanıt veremeyeceklerine göre çabucak ilgimizi yitirip orayı terk ederiz.

Kısacası uzaylılar, muhtemelen bize karşı ilkel bir merak duysa bile bizi kendi halimize bırakacaklardır. Belki de Olaf Stapledon'ın onlarca yıl önce varsaydığı üzere ilkel uygarlıkların işine karışmamak gibi bir ilkeleri olabilir. Bir diğer deyişle, bizim farkımızda olabilirler ancak gelişimimize etki etmek istemiyorlardır. (Stapledon, "İdeal durum öncesi bu dünyaların bazıları kötü niyetli değil ancak daha fazla gelişim göstermekten acizlerdir ve bu da onları kendi hallerine bırakılarak korunmalarına neden olur. Bu tıpkı bizim bilimsel çıkarlarımız için yabancı hayvanları ulusal parklarda koruma altına almamıza benzer." diye yazarken bir başka olasılık daha sunmuş olur.)

Bu soruyu Dr. Shostak'a sorduğumda bana tamamen farklı bir yanıt verdi. Dr. Shostak, bizimkinden daha ileri bir uygarlığın büyük olasılıkla yapay zekâyı geliştirmiş olacağını ve bu sayede uzaya robot göndereceğini anlattı. Nihayetinde tanışacağımız uzaylılar biyolojik değil de mekanik çıkarsa şaşırmamalıydık. *Bıçak Sırtı (Blade Runner)* gibi filmlerde uzay keşfi zor ve tehlikeli olduğu için pis işleri halletmek üzere uzaya robotlar gönderilir. Radyo yayınlarını neden almadığımızı da bu açıklayabilir. Uzaylılar da bizim teknolojik yolumuzdan gidiyorsa radyoyu icat ettikten kısa bir zaman sonra robotları icat edeceklerdir. Yapay zekâ çağına geçtiklerindeyse robotlarıyla birleşebilirler ve artık radyonun pek bir işlevi kalmaz.

Örneğin robotlardan meydana gelen bir uygarlık, radyo ya da mikrodalga antenleri yerine belki de kablolarla bağlanmıştır. Böyle bir uygarlık, SETI projesinin radyo alıcıları için görünmez

olabilir. Diğer bir deyişle, uzaylı bir uygarlığın radyo kullandığı süre yalnızca birkaç yüzyıl olup bu da yayınlarını almayışımızın bir nedeni olabilir.

Diğerleri, belki de gezegenimizdeki bir şeyleri yağmalamak isteyeceklerini ileri sürer. Olasılıklardan biri, okyanuslarımızdaki sıvı sudur. Yalnızca Dünya'da ve gaz gezegenlerin uydularında bulunan sıvı su, Güneş Sistemimizin kesinlikle değerli bir maddesidir ancak buz öyle değildir. Gaz gezegenlerin çevresinde dönen kuyrukluyıldızlarda, asteroitlerde ve uydularda bol miktarda buz vardır. Yani uzaylı bir uygarlığın yapması gereken tek şey, bunu ısıtmaktır.

Bir başka olasılık da Dünya'dan değerli mineral çalmak isteyebilecekleridir. Bu kesinlikle mümkün olsa bile dışarıda değerli minerallere sahip bir sürü ıssız dünya daha vardır. Uzaylı bir uygarlığın uzak mesafelerden Dünya'ya erişecek teknolojisi varsa sömürülecek gezegenlere ilişkin seçenekleri de olacaktır. Bu durumda ıssız bir gezegeni soymak, zeki yaşama sahip bir gezegenden çok daha kolay olacaktır.

Olasılıklardan bir diğeri de Dünya'nın çekirdeğindeki ısıyı çalmak istemeleridir ancak bu gezegenin tamamını yok edecektir. Gerçi ileri bir uygarlığın, füzyon enerjisinden yararlandığını ve bu nedenle Dünya'nın çekirdeğindeki ısıyı çalmaya gerek duymayacağını sanıyoruz. Nihayetinde füzyon tesislerinin yakıtı olan hidrojen tüm evrendeki en zengin elementtir. Dahası her an yıldızlardan da enerji yakalayabilirler; onların da sayısı epey fazladır.

ÖNLERİNDE ENGEL MİYİZ?

Otostopçu'nun Galaksi Rehberi'nde (The Hitchhiker's Guide to the Galaxy) uzaylılar bizden kurtulmak istiyor çünkü önlerinde engel oluşturuyoruz. Uzaylıların arasındaki bürokratların bizimle kişisel olarak alıp veremediği hiçbir şey olmasa da gökadalara arası bir kestirme yol yapabilmelerinin önündeki kaldırılması gereken bir engeldir. Bu gerçek bir olasılık. Örneğin bir geyik için

hangisi daha büyük tehdittir? Güçlü bir tüfeği olan aç bir avcı mı yoksa elinde evrak çantasıyla konut kuracak arazi arayan yumuşak huylu bir müteahhit mi? Tek bir geyik için avcı daha tehlikeli görünebilir ancak nihai olarak canlılarla dolu ormanın tamamını ortadan kaldıracabilecek olan müteahhit türler için çok daha ölümcüldür.

Aynı şekilde *Dünyalar Savaşı*'ndaki Marshlıların da dünyalılara karşı bir garezi yoktu. Kendi dünyaları öldüğü için bizimkini ele geçirmek zorundalardı. İnsanlardan nefret etmiyorlardı; yalnızca yollarına çıkmıştık.

Aynı mantık daha önce hakkında konuştuğumuz Superman filmi Çelik Adam'da da görülür. Krypton'un nüfusunun tamamına ait DNA, kendi gezegenleri patlamadan hemen önce korunmuştu ve ırklarını yeniden canlandırmak için Dünya'yı ele geçirmeleri gerekiyordu. Bu senaryo da son derece akla uygun olsa da yine yağmalayacak ve ele geçirecek başka gezegenler de olduğuna göre uzaylıların bizi kendi halimize bırakacağını umabiliriz.

Meslektaşım Paul Davies başka bir olasılığı da ortaya atıyor. Belki de teknolojileri o kadar gelişmiş olacaktır ki gerçeklikten çok daha üstün sanal gerçeklik programları üretebilir ve daimi olarak fantastik bir video oyununun içinde yaşamayı tercih edebilirler. Bu olasılık o kadar da mantıksız değil çünkü insanlar arasında bile nüfusumuzun ufak bir kesimi gerçeklikle yüzleşmek yerine uyuşturucularla dolu, kafaları bulanık bir durumda yaşamayı tercih ediyor. Bizim dünyamızda bu sürdürülebilir bir seçenek değil çünkü herkes uyuşturucu kullanıyor olsa toplum parçalanır. Gerçi makineler dünyevi gereksinimlerimizin tümünü karşılarsa asalak bir toplum yapısı da mümkün olabilir.

Yine de bu varsayımların tamamı bir soruyu halen yanıtsız bırakıyor: Bizimkinden muhtemelen binlerce ya da milyonlarca yıl daha fazla gelişmiş olan ileri bir uygarlık neye benzeyecektir? Onlarla bir araya gelmek yeni bir huzur ve zenginlik çağının mı yoksa yok oluş çağının mı habercisi olacaktır?

İleri bir uygarlığın kültürünü, siyasetini ve toplumunu öngörmek mümkün olmasa da daha önce de söylediğim gibi onla-

rın bile uyması gereken tek bir şey vardır: Fizik yasaları. Öyleyse süper ileri bir uygarlığın nasıl evrimleşeceği hakkında fizik ne diyor?

Peki gökadanın bize düşen kısmında herhangi bir ileri uygarlığa rastlamazsak nasıl geleceğe uygun şekilde gelişebiliriz? Yıldızları ve nihayetinde gökadayı keşfedebilecek miyiz?

13

İleri Uygarlıklar

Bazı bilim insanları, uzay-zamanı bütün bir evreni etkilemeye yetecek kadar iyi yöneten bir tip 4 uygarlık kategorisi eklemeyi önerdi.

Neden tek bir evrenle yetinelim ki?

– CHRIS IMPEY

Bilimin büyüleyici bir tarafı var. İnsan, gerçeklere yaptığı fuzuli yatırımların karşılığını varsayımlar olarak alıyor.

– MARK TWAIN

BOYALI BASIN manşetlerden haykırıyordu:

“Uzayda Devasa Bir Uzaylı Yapı Keşfedildi!”

“Gökbilimciler Uzaydaki Uzaylı Makinesine Şaşıp Kaldı!”

UFO’lar ve uzaylılar hakkında uçuk hikâyeler basmaya alışkın olmayan *Washington Post* bile “Gökyüzündeki En Tuhaf Yıldız Yine Kendini Gösteriyor” manşetini atmıştı.

Normalde uydulardan ve radyoteleskoplardan gelen bir sürü sıkıcı veriyi inceleyen gökbilimciler, sonunda aniden uzayda gerçekten bir uzaylı yapısı bulup bulmadıklarını soran meraklı gazetecilerin telefon yağmuruna tutulmuşlardı.

Gafil avlanan gökbilim camiası ne diyeceğini şaşırmıştı. Evet, uzayda tuhaf bir şey keşfedilmişti. Evet, tanımlanamıyordu an-

cak ne anlama geldiğini söylemek için de çok erkendi. Bu yalnızca olmayacak bir şeyin peşinden koşturmak olabilirdi.

Tartışma, gökbilimcilerin uzak yıldızlardan geçen Güneş Sistemi dışındaki gezegenleri arayışıyla başladı. Genellikle, ana yıldızının önünde hareket eden Jüpiter büyüklüğündeki devasa bir gezegenin yıldız ışığı yaklaşık olarak yüzde 1 oranında sönecektir. Ne var ki günün birinde Kepler uzay aracından, Dünya'dan neredeyse 1400 ışık yılı uzaklıkta olan KIC 8462852 yıldızıyla ilgili gelen verileri incelerken sarsıcı bir anomali tespit edildi: Bir şey, 2011'de yıldız ışığının yüzde 15 oranında düşmesine neden olmuştu. Böyle anomaliler sıklıkla görmezden gelinebiliyor. Muhtemelen araçlarda bir sorun vardı; ani bir voltaj yükselmesi ya da elektriğin çıkış gücünde geçici bir dalgalanma olmuştu, belki de yalnızca teleskop aynalarında toz birikmişti.

Ancak 2013'te yıldız bir kez daha incelendi ve bu kez ışığındaki sönmenin yüzde 22 oranında olduğu görüldü. Bilgilerimize göre hiçbir şey, yıldız ışığını bu derece düzenli bir biçimde söndüremez.

"Bunun gibi bir yıldız daha önce hiç rastlamadık. Gerçekten çok tuhaftı." demişti Yale'den doktora sonrası bir arkadaşım Tabetha Boyajian.

Louisiana Devlet Üniversitesi'nden Bradley Schaefer ise eski fotoğrafik plakaları incelerken yıldız ışığının 1890'dan bu yana düzenli bir biçimde söndüğünü keşfedince durum daha da ilginç bir hal aldı. *Astronomy Now* dergisi bunu "gökbilimciler, hızla gökbilimdeki en büyük gizeme sahip şeylerden biri halini alan bu meselenin bir an önce özüne inmeye çabalarken yapılan gözlemler de coşuyor" diye yazdı.

Böylelikle gökbilimciler olası açıklamalara ilişkin uzun bir liste hazırladı. Ne var ki bilimin bilinenlerinin üzerine teker teker kuşku düşüyordu.

Yıldız ışığındaki bu muazzam sönmenin nedeni ne olabilir? Gerçekten Jüpiter'den yirmi iki kat daha büyük bir şey olabilir miydi? Olasılıklardan biri yıldız düşen bir gezegen olsa da bu hemen elendi çünkü anomali sürekli tekrarlanıyordu. Bir diğer olasılık da Güneş Sistemi'nin diskinden gelen tozdu.

Uzayda bir Güneş Sistemi yoğunlaştıkça gaz ve tozun orijinal diski, Güneş'in kendisinden katbekat büyük olabilir. Yani yıldız ışığındaki sönme belki de diskin yıldızın önüne geçmesinden kaynaklanıyordu. Yine de yıldızın kendisi incelenerek yeterince olgunlaştığı görülünce bu olasılık da elendi. Toz, uzun zaman önce yoğunlaşmış ya da çoktan Güneş rüzgârları tarafından uza-ya süpürülmüş olmalıydı.

Olası çözümlerin çoğunu eledikten sonra elimizde halen öyle kolaylıkla görmezden gelinemeyecek bir seçenek vardı. Buna kimse inanmak istemese de reddedilmesi mümkün değildi: Belki de uzaylı bir zeki yaşam tarafından inşa edilmiş devasa büyüklükte bir yapıydı.

Penn Devlet Üniversitesi'nden gökbilimci Jason Wright, "Uzaylılar hep akla en son gelen hipotez oluyor ancak bu tam da bir uzaylı uygarlığının inşa etmesini bekleyeceğiniz bir şeye benziyor" demişti.

Yıldız ışığındaki sönmelerin arasında geçen süre, 2011 ile 2013 yılları arasında 750 gün olduğundan gökbilimciler bunun yeniden Mayıs 2017'de meydana geleceğini tahmin etmişti. Yıldız da tam zamanında sönmeye başladı. Bu kez, Dünya'daki yıldız ışığı ölçmeye uygun tüm teleskoplar yıldızı takip ediyordu. Dünya'nın her yerinden gökbilimciler, yıldızın yüzde 3 oranında söndüğüne ve ardından tekrar parladığına tanıklık etti.

İyi de bu ne olabilirdi? Kimileri bunun Dyson küresi olabileceğini düşündü. Bu öneri ilk olarak 1937 yılında Olaf Stapledon tarafından dillendirilse de sonrasında fizikçi Freeman Dyson bunu değerlendirmişti. Dyson küresi, bir yıldızın çevresindeki, onun muazzam miktarlardaki yıldız ışığından yararlanmak üzere tasarlanmış devasa bir küredir. Yoksa bu da yıldız ışığının sönmesine neden olarak düzenli bir biçimde yıldızın önünden geçen bir yıldızın yörüngesindeki kocaman bir küre olabilir mi? Belki de bu ileri bir tip 2 uygarlığın makinelerine güç vermek için üretilmiş bir şeydi. Bu son varsayım, amatörlerin ve gazetecilerin hayal gücünü benzer bir biçimde kurcaladı. "Tip 2 uygarlık da ne?" diye soruyorlardı.

UYGARLIKLARIN KARDASHEV ÖLÇEĞİ

İleri uygarlıklara ilişkin bu sınıflandırma ilk olarak Rus gökbilimci Nikolai Kardashev tarafından 1964 yılında ileri sürülmüştü. Kardashev, uzaylı uygarlıkları ne arıyor olabileceği hakkında hiçbir fikri olmadan aramaktan hiç de memnun değildi. Bilim insanları bilinmeyeni ölçmeyi sever. O da uygarlıkları enerji tüketimlerine göre sıralayan bir ölçek önerdi. Farklı uygarlıkların kültürleri, siyasetleri ve tarihleri de farklı olabilir ancak hepsi enerjiye gerek duyacaktır. Sıralaması şöyleydi:

1. Bir tip 1 uygarlık, gezegene düşen Güneş ışığının bütün enerjisinden yararlanır.
2. Bir tip 2 uygarlık, Güneşinin ürettiği tüm enerjiden yararlanır.
3. Bir tip 3 uygarlık, bütün bir gökadanın enerjisinden yararlanır.

Kardashev, bu şekilde gökadaki olası uygarlıkların enerji tüketimlerine göre hesaplanması ve sıralanması için hazırlanmış çok basit bir yöntem sundu.

Sırasıyla her bir uygarlığın hesaplanabilir bir enerji tüketimi vardır. Dünya'daki bir araziye metrekarede ne kadar Güneş ışığı düştüğünü hesaplamak çok kolaydır. Bunu, Dünya'nın Güneş'in aydınlattığı yüzey alanıyla çarptığınızda ortalama bir tip 1 uygarlığın yaklaşık enerjisi hemen hesaplanabilir. (Bir tip 1 uygarlığın, günümüzde Dünya'nın enerji üretiminin yaklaşık yüz bin katı olan 7×10^{17} watt'lık bir güçten yararlandığını keşfettik.)

Güneş'in Dünya'ya düşen ufak bir parça enerjisini bildiğimize göre, Güneş'in tamamının yüzey alanını katmak için onu çarpar ve (neredeyse 4×10^{26} olan) toplam enerji üretimini elde ederiz. Bu, bir tip 2 uygarlıkta kabaca ne kadar enerjiden yararlandığını bize söyler.

Ayrıca Samanyolu gökadasında kaç yıldız olduğunu da bildiğimize göre, bunu yıldız sayısıyla çarparak gökadanın tamamının enerji üretimini bulabiliriz. Bu da bize gökadamızdaki bir tip 3 uygarlığın neredeyse 4×10^{37} watt'lık enerji tüketimini verir.

Sonuçlar etkileyiciydi. Kardeshev her uygarlığın bir öncekinden on ile yüz milyar kat arasında daha iyi olduğunu buldu.

Bu durumda bizim ne zaman bu ölçeğe çıkabileceğimiz matematiksel olarak hesaplanabilir. Dünya'nın toplam enerji tüketimine başvurarak şu anda bir 0.7 tip uygarlık olduğumuzu görürüz.

Enerji üretiminde, gezegenin güncel ortalama büyüme oranına ya da gayri safi yurtiçi hasılasındaki yıllık büyümeye ancak karşılık gelen yüzde 2 ile 3 arasında bir artış tahmin ederek bir tip 1 uygarlık haline gelme noktasından neredeyse yüz ya da iki yüz yıl uzakta olduğumuzu görürüz. Bu hesaba göre tip 2 düzeyinde bir uygarlığa erişmek birkaç bin yıl alacaktır. Bir tip 3 uygarlığa ne zaman dönüşeceğimizi hesaplamaksa daha zor çünkü o, öngörülmesi pek kolay olmayan yıldızlararası yolculukla ilgili gelişmeler gerektiriyor. Tahminlerden birine göre, muhtemelen daha yüz bin yıl, hatta bir milyon yıl boyunca bir tip 3 uygarlık halini alamayacağız.

TİP 0'DAN TİP 1'E GEÇİŞ

Tüm geçişler içinde belki de en zoru şu anda başımızdan geçen tip 0'dan tip 1'e geçme sürecidir. Bunun nedeni, bir tip 0 uygarlığın hem teknolojik hem de sosyal açıdan en barbar uygarlık olmasıdır. Tip 0 uygarlık, mezhepçilik, diktatörlük ve din savaşları gibi şeylerin bataklığından henüz çıktı. Engizisyonlar, zulümler, soykırımlar ve savaşlarla dolu vahşi geçmişinin izleri halen üzerinde. Kendi tarih kitaplarımız, katliam ve soykırım hikâyeleriyle dolup taşıdığı gibi bunların çoğu batıl inançlardan, cehaletten, histeriden ve nefretten kaynaklanıyor.

Ne var ki bilim ve refah üzerine kurulu yeni bir tip 1 uygarlığın doğum sancılarına tanıklık ediyoruz. Bu her gün gözlerimiz önünde filizlenen önemli geçişin tohumlarını görüyoruz. Şimdi-den bir gezegen dili doğuyor. İnternetin kendisi, tip 1 bir telefon sisteminden başka bir şey değil. Yani geliştirilecek olan ilk tip 1 teknoloji internettir.

Aynı zamanda bir gezegen kültürünün meydana gelişine de tanıklık ediyoruz. Sporda, futbolun ve olimpiyatların yükselişini izliyoruz. Modadaysa tüm seçkin alışveriş merkezlerinde aynı pahalı dükkanları ve markaları görüyoruz.

Kimileri bu sürecin yerel kültürleri ve gelenekleri tehdit edeceğinden endişe ediyor olsa da bugün pek çok üçüncü dünya ülkesindeki seçkinler çift dilli; yani hem yerel dillerinde hem de küresel bir Avrupa dilinde ya da Çince de akıcı bir biçimde konuşabiliyor. Gelecekte de insanlar büyük olasılıkla çift kültürlü olacak; yerel kültürün tüm geleneklerine hâkim oldukları gibi gelişen gezegen kültürüne de ayak uyduracaklar. Kısacası bu yeni gezegen kültürü baş gösterse bile Dünya'nın zenginliği ve çeşitliliği kurtulacak.

Artık uzaydaki uygarlıkları sınıflandırdığımıza göre, bunu gökadamdaki ileri uygarlıkların sayısını hesaplamakta kullanabiliriz. Örneğin bir tip 1 uygarlığa, gökadamda nasıl bir sayısal bolluğa sahip olabileceklerini anlamak üzere Drake denklemi ni uygularsak epey yaygın oldukları ortaya çıkacaktır. Yine de haklarında herhangi bir net kanıtımız yok. Neden? Buna ilişkin çeşitli olasılıklar var. Elon Musk'ın bu konudaki tahmini, uygarlıkların ileri teknolojiye egemen oldukça kendilerini yok edecek gücü de geliştirdikleri ve bir tip 1 uygarlığın karşısına çıkacak en büyük tehdidin kendilerinden kaynaklanabileceği yönünde.

Tip 0'dan tip 1'e geçişte bizim karşılaşacağımız zorluklar arasında; küresel ısınma, biyoterörizm ve nükleer silahların yaygınlaşması başta geliyor.

Bunların arasından öncelikli olanı, nükleer silahların yaygınlaşmasıdır. Bu bomba Ortadoğu, Hint yarımadası ve Kore yarımadası gibi dünyanın en dengesiz bölgelerine yayılıyor. Günün birinde ufacık ülkeler bile nükleer silah geliştirme kapasitesine sahip olabilir. Geçmişte uranyumu işleyerek nükleer silah imalatına uygun hale getirmek için büyük bir ulus devlet gerekirdi. Kocaman gazlı difüzyon santralleri ve yüksek hızlı santrifüj kaynakları olmalıydı. Bu zenginleştirme tesisleri o kadar büyüktü ki uydu tarafından kolaylıkla görülebilirdi. Kısacası bunlar, ufak ulusların erişebileceğinin ötesinde şeylerdi.

Ne var ki nükleer silahların ayrıntılı planları çalındı ve den-
gesiz yönetimlere satıldı. Yüksek hızlı santrifüjün ve uranyumu
nükleer silah imalatına uygun olacak şekilde saflaştırmanın mas-
rafı düştü. Sonucunda da bugün Kuzey Kore gibi sürekli çök-
menin eşiğinde sendeleyeyen uluslar bile küçük ancak ölümcül bir
nükleer silah deposuna sahip hale geldi.

Artık tehlike, örneğin Hindistan ile Pakistan arasındaki bir
bölgesel savaşın, büyük nükleer güçleri içine çekerek devasa bir
savaşa dönüşmesi. Hem ABD hem Rusya yaklaşık yedi biner
nükleer silaha sahip olduğuna göre bu epey büyük bir tehdit.
Hatta bu konuda, devlet dışı aktörlerin ya da terörist grupların
da nükleer bomba temin edebileceğine ilişkin endişeler var.

Pentagon, Global Business Network düşünce kuruluşundan
küresel ısınmanın Bangladeş gibi birçok fakir ülkenin ekono-
misini yerle bir etmesi halinde neler olabileceğini inceleyen bir
rapor hazırlamasını istedi. Bu rapordaki en kötü durum senar-
yosuna göre ülkeler, kendi sınırlarının milyonlarca çaresiz, aç
mülteci tarafından aşılmasını engellemek için nükleer silah kul-
lanabilirdi. Bu durum nükleer bir savaş başlatmayacak olsa bile
küresel ısınma insanlık için varoluşsal bir tehdittir.

KÜRESEL ISINMA VE BİYOTERÖRİZM

Bundan yaklaşık on bin yıl önceki son buzul devrinin bitiminden
bu yana Dünya yavaş yavaş ısınıyor. Ne var ki son elli yıldır bu
ısınma korkutucu ve gittikçe hızlanan bir orana çıktı. Bunun ka-
nıtlarını da pek çok alanda görüyoruz:

- Yeryüzündeki tüm büyük buzullar ortadan kayboluyor.
- Kuzey kutbundaki buzullar son elli yılda ortalama yüzde 50 oranında incelmiştir.
- Dünya'nın ikinci en büyük buz örtüsüyle kaplı olan Grönland'ın geniş bir bölümü eriyor.
- Antarktika'nın Delaware büyüklüğündeki bir bölümü olan Larsen C Buz Tabakası 2017 yılında kırıldı ve

artık buz örtüleri ile tabakalarının katılığından kuşku duyuluyor.

- Son birkaç yıl, insanlık tarihi boyunca kaydedilen en sıcak yıllar oldu.
- Geçtiğimiz yüzyıl içinde Dünya'nın ortalama sıcaklığı yaklaşık 1,3 °C arttı.
- Yaz mevsimi, geçmişe oranla yaklaşık olarak bir hafta daha uzun sürüyor.
- "Yüz yılda bir" görülen orman yangınlarına, sel baskınlarına, kuraklıklara ve kasırgalara gittikçe daha fazla tanık oluyoruz.

Bu küresel ısınma meselesi tüm şiddetiyle hızlanarak önümüzdeki on yıllarda da sürerse dünyadaki tüm uluslar birbirine girebilir, toplu açlıklar meydana gelebilir ve bu durum, sahil bölgelerinden toplu göçler yaşanmasına neden olup dünya ekonomisini tehdit altına alarak bir tip 1 uygarlığa geçişin önünü kesebilir.

Bunların yanı sıra bir de insan nüfusunun yüzde 98'ini yer yüzünden silebilme potansiyeline sahip, silah haline getirilmiş biyolojik mikropların yarattığı tehdit var.

Dünya tarihi boyunca en büyük katiller savaşlar değil, veba ve salgın hastalıklar olmuştur. Ne yazık ki devletlerin çiçek hastalığı gibi ölümcül hastalıkları gizli bir şekilde depolamış olmaları mümkün ve bunlar büyük bir yıkım yaratmak amacıyla biyoteknolojiden yararlanılarak silah haline getirilebilir. Birilerinin, ebola, HIV, kuş gribi gibi mevcut hastalıklar üzerinde biyomühendisliği kullanarak onu çok daha ölümcül hale getiren ya da daha kolay ve hızlı yayılmasını sağlayan bir kıyamet günü silahı yaratması tehlikesi de vardır.

Belki de gelecekte diğer gezegenlere gitmeye cesaret edersek ölü uygarlıkların küllerine rastlayabiliriz: Bunlar, atmosferleri son derece radyoaktif olan gezegenler; sera gazı sızıntısı etkisi nedeniyle çok sıcak olan gezegenler ya da kendileri üzerinde ileri biyoteknolojik silahlar kullandıkları için boş kalmış kentlere

sahip gezegenler olabilir. Yani bir tip 0 uygarlıktan tip 1'e geçmek garanti altında olmadığı gibi aslına bakarsanız gelişmekte olan bir uygarlığın karşılaştacağı en büyük zorluğu temsil eder.

TIP 1 UYGARLIK İÇİN ENERJİ

Esas soru, bir tip 1 uygarlığın fosil yakıtlardan başka bir enerji kaynağına geçiş yapıp yapamayacağıdır.

Olasılıklardan biri uranyum temelli nükleer enerjiden yararlanmak olsa da geleneksel bir nükleer reaktörün kullandığı uranyum yakıtı büyük miktarlarda nükleer atık yaratır; bu da milyonlarca yıl radyoaktif kalır. Nükleer çağa geçişimizin üzerinden elli yıl geçmiş olan bugün bile yüksek düzey nükleer atığı güvenli bir şekilde nasıl depolayacağımıza ilişkin bir yöntemi-miz yok. Dahası bu malzeme epey sıcak ve Çernobil ile Fukuşima'da gördüğümüz üzere erime de yaratabiliyor.

Uranyum fisyon gücüne bir alternatif, 8. Bölüm'de tartıştığımız, henüz ticari kullanıma uygun olmayan füzyon gücü olabilir ancak bir tip 1 uygarlık bizden yüzyıl daha gelişmiş olacağına göre bu teknolojiyi mükemmelleştirmiş ve onu neredeyse sınırsız ve öncelikli bir enerji kaynağı olarak kullanıyor olabilir.

Füzyon gücünün bir avantajı, yakıtının deniz suyundan elde edilebilen hidrojen olmasıdır. Aynı zamanda bir füzyon santrali, Çernobil ya da Fukuşima'da gördüklerimiz gibi feci erimeler de yaşamaz. Füzyon santralinde (aşırı sıcaklıktaki gazın, reaktörün kaplamasına değmesi gibi) bir arıza varsa füzyon süreci kendiliğinden kapanır. (Bunun nedeni füzyon sürecinin Lawson ölçütüne erişmek zorunda olmasıdır: Yani hidrojeni belirli bir süre boyunca kaynaştırmak için uygun yoğunluğu ve sıcaklığı sağlaması gerekir. Ancak füzyon süreci kontrolden çıkarsa Lawson ölçütü daha fazla sağlanamamış olur ve süreç kendiliğinden durur.)

Ayrıca bir füzyon reaktörü yalnızca makul miktarda nükleer atık üretir. Nötronlar, hidrojen kaynaştırma sürecinde meydana

geldiğinden bu nötronlar reaktörün çeliğine ışın saçarak onu biraz daha radyoaktif bir hale getirebilir. Yine de bu şekilde ortaya çıkan atık miktarı, uranyum reaktörleri tarafından üretilen miktarın yalnızca çok küçük bir kısmıdır.

Füzyon gücünün yanı sıra başka olası yenilenebilir enerji kaynakları da vardır. Bir tip 1 uygarlık için ilgi çekici olasılıklardan biri, uzay kaynaklı Güneş enerjisinden yararlanmaktır. Güneş enerjisinin yüzde 60'ı atmosferden geçerken kaybolduğuna göre; uydular, Dünya'nın yüzeyindeki toplayıcılardan çok daha fazla Güneş enerjisi biriktirebilir.

Uzay kaynaklı bir Güneş enerjisi sistemi, Güneş ışığı toplayarak Dünya'nın yörüngesinde dönen bir sürü devasa aynadan meydana gelebilir. Bunlar yerdurağan olacaktır (Bu, Dünya'nın yörüngesinde, Dünya'nın kendi çevresinde dönme hızında dönerek gökyüzünde sabit bir noktada duruyor gibi görünecekleri anlamına gelir.). Bu enerji daha sonra mikrodalga ışıınımı biçiminde, Dünya'daki bir alıcı istasyona ışıınlanır ve ardından geleneksel bir elektrik şebekesi aracılığıyla dağıtılır.

Uzay Güneş enerjisinin birçok avantajı vardır. Öncelikle temizdir ve atık üretmez. Yalnızca gündüz saatlerinde değil, yirmi dört saat boyunca enerji üretebilir. (Bu uydular, yolları onları Dünya'nın yörüngesinden epey uzağa götürdüğü için neredeyse hiç Dünya'nın gölgesinde kalmaz.) Dahası Güneş panellerinin hareketli parçaları olmadığı için arıza ve onarım masrafları da büyük oranda düşer. Ayrıca hepsinden daha iyisi, uzay Güneş enerjisi, Güneş'ten gelen ücretsiz ve sınırsız bir enerji kaynağına erişimimizi sağlar.

Uzay Güneş enerjisi meselesini inceleyen her bilim heyeti, bu hedefin hazırda bekleyen teknolojiyle ulaşılabilir olduğu sonucuna varmıştır. Ne var ki uzay yolculuğuna ilişkin tüm çabalar da olduğu gibi temel sorun masraftır. Basit tahminler şu an için bunun arka bahçenize Güneş panelleri kurmaktan çok daha pahalı olduğu yönündedir.

Uzay Güneş enerjisi, bizimki gibi bir tip 0 uygarlığın olanaklarının ötesinde olsa da birkaç nedenden dolayı bir tip 1 uygarlığın doğal enerji kaynağı halini alabilir:

1. Uzak yolculuğunun masrafı düşüyor; bunun nedeni özellikle özel roket şirketlerinin ve yeniden kullanılabilen roketlerin ortaya çıkması.
2. Uzak asansörleri, bu yüzyılın sonunda gerçek olabilir.
3. Uzak Güneş panelleri, hafif nano malzemelerden üretilerek ağırlık ve masraflar düşürülebilir.
4. Güneş uyduları uzayda robotlar tarafından bir araya getirilerek astronotlara duyulan gereksinim ortadan kaldırılabilir.

Üstelik genel olarak güvenli olduğu kabul edilir çünkü mikrodalgalar zarar verici olsa da hesaplamalar, uzak Güneş enerjisinin çoğunun ışının içinde hapsedildiğini gösteriyor. Bunun dışına kaçan enerji de kabul edilebilir çevresel standartlar içinde olacaktır.

TİP 2'YE GEÇİŞ

Nihayetinde bir tip 1 uygarlık kendi gezegenindeki enerjiyi tüketebilir ve Güneş'te bulunan muazzam enerjiden yararlanmaya göz dikebilir.

Bir tip 2 uygarlığın bulunması kolay olsa gerek çünkü büyük olasılıkla ölümsüzdür. Bilim tarafından bilinen hiçbir şey kültürlerini yok edemez. Meteor ve asteroit çarpışmaları, roket bilimden yararlanılarak önlenir. Sera gazı etkisi, (yakıt hücreleri, füzyon santralleri, uzak Güneş uyduları vb.) hidrojen kaynaklı teknolojiler ya da Güneş teknolojileri kullanılarak önlenir. Gezegenle ilişkin bir tehdit olursa da kocaman uzak donanmalarıyla evlerini terk edebilirler. Gerekirse gezegenlerinin yerini bile değiştirebilirler. Asteroitlerin yönünü değiştirmeye yetecek kadar enerjileri olduğuna göre onu gezegenin çevresinde savurup yörüngesinde ufak bir kaymaya neden olabilirler. Yıldızları ömrünü doldurmak üzere ve genişliyorsa başarılı "mancınık" manevralarıyla gezegenlerinin yörüngesini Güneş'ten daha uzağa taşıyabilirler.

Daha önce de bahsettiğimiz gibi, uygarlıklarına enerji sağlamak için bir Dyson küresi inşa edebilir ve enerjilerinin çoğunu Güneş'in kendisinden edinebilirler. (Böylesi aşırı büyük bir yapı inşa etmeye ilişkin bir sorun, kayalık gezegenlerde onları inşa etmeye yetecek kadar yapı malzemesi olmayışı olabilir. Güneşimizin çapı, Dünya'ninkinden 109 kat daha büyük olduğundan, bu yapılardan birini inşa etmek için çok fazla miktarda malzeme gerekecektir. Belki de bu gerçekçi sorunu çözebilecek olan şey, nanoteknolojiyi kullanmaktır. Eğer bu aşırı büyük yapılar nano malzemelerden yapılırsa yoğunlukları, gerekli inşa malzemesi miktarını büyük oranda azaltan yalnızca birkaç molekülden meydana gelebilir.)

Buna benzer aşırı büyük bir yapı yaratmak için gereken uzay görevlerinin sayısı gerçekten muazzamdır. Ancak onları inşa etmenin sırrı, uzay kaynaklı robotlardan ve kendini düzenleyen malzemelerden yararlanmaktadır. Örneğin Ay'da, Dyson küresi için paneller üretecek bir nanofabrika kurulabilseydi parçalarının birleştirilmesi uzayda gerçekleştirilebilirdi. Bu robotlar kendilerini çoğalttığı için neredeyse sınırsız sayıda üretilerek bu yapıyı yapmaları sağlanabilirdi.

Yine de bir tip 2 uygarlık hemen hemen ölümsüz olsa bile halen uzun vadeli bir sorunla karşı karşıyadır: Termodinamiğin ikinci yasasına göre, makinelerinin tamamı gezegenlerindeki yaşamı olanaksız hale getirmeye yetecek kadar kızılaltı ısı ışıması yaratır. İkinci yasa, kapalı bir sistemde entropinin (düzensizliğin, karmaşanın ya da israfın) her zaman arttığını söyler. Bu durumda her makine, her alet, her araç ısı biçiminde atık üretir. Saf bir şekilde, çözümün gezegeni soğutmak için devasa soğutucular inşa etmekte olduğunu varsayabiliriz. Bu soğutucular gerçekten içlerindeki sıcaklığı düşürür ancak soğutucuların kullandığı motorların ısısı da dahil olmak üzere her şeyi bir araya toplarsak bütün sistemin ortalama ısısı halen yükselecektir.

(Örneğin çok sıcak bir günde, rahatlamak için yüzümüzü yelpazeleyerek serinlediğimizi düşünürüz. Yelpazeleme hareketi gerçekten de yüzümüzü serinletir, bize geçici bir rahatlık sağlar ancak kaslarımızın ve kemiklerimizin hareketiyle oluşan ısı as-

lında daha fazla net ısı üretir. Kısacası kendimizi yelpazelemek hızlı bir psikolojik rahatlama sağlasa da aslında toplam beden sıcaklığımız ve çevremizdeki havanın sıcaklığı artar.)

BİR TİP 2 UYGARLIĞI SERİNLETMEK

Bir tip 2 uygarlık, ikinci yasadan sağ çıkmak için makinelerini ya da fazla ısınısını mutlaka yaymalıdır. Daha önce tartıştığımız gibi; çözümlerden biri, makinelerin çoğunu uzaya taşımak olacaktır ve böylece ana gezegen bir park halini alır. Bu, bir tip 2 uygarlığın tüm ısı üreten donanımlarını gezegen dışında inşa edeceği anlamına gelebilir. Her ne kadar bir yıldızın enerji üretimini tüketiyor olsa da uzayda oluşan atık ısı bu şekilde zararsızca dağılır.

Nihayetinde Dyson küresi de ısınmaya başlar. Bu, Dyson küresinin kesinlikle kızılaltı ışıması yayması gerektiği anlamına gelir. (Uygarlığın bu kızılaltı ışımasını perdelemeye çalışmak amacıyla makineler ürettiğini varsaysak bile sonunda bu makinelerin kendisi sıcak bir hal alacak ve kızılaltı dalga boyunda ısıma yapacaktır.)

Bilim insanları, bir tip 2 uygarlığın kızılaltı ışımasını açığa vuracak işaretleri aramak için gökyüzünü taramış ve bulmakta başarısız olmuştur. Chicago'nun dışındaki Fermilab'da çalışan bilim insanları, bir tip 2 uygarlığa ilişkin işaretler için 250 bin yıldızı taramış ancak yalnızca "eğlenceli olsa da halen sorgulamaya açık" olan dört tane bulmuştur. Kısacası hiçbir sonuca varamamışlardır. 2018'in sonlarında hizmete girecek ve özellikle kızılaltı ışımalarını arayacak olan James Webb Uzay Teleskopu,* muhtemelen gökadanın bizim tarafımızda yer alan tüm tip 2 uygarlıklarına ilişkin ısı imzalarını bulacak hassasiyete sahip olabilir.

Anlayacağınız bu bir gizem. Tip 2 uygarlıklar neredeyse ölümsüzse ve mutlaka atık kızılaltı ışıması yayıyorsa onları ne-

* James Webb Uzay Teleskopu'nun fırlatılma tarihi 30 Mart 2021 olarak güncellenmiştir.

den halen tespit etmedik? Belki de kızılaltı yayılımlarını aramak çok dar bir alandır.

Arizona Üniversitesi'nden gökbilimci Chris Imprey, bir tip 2 uygarlık bulma konusunda "Ön kabul, herhangi bir aşırı ileri uygarlığın bizimkinden çok daha büyük bir iz bırakacağı yönünde. Tip 2 ya da sonraki uygarlıklar, kurcaladığımız ya da yalnızca hayalini kurduğumuz teknolojileri kullanıyor olabilir. Yıldızlarla ilgili felaketleri yönetiyor ya da karşıt maddeyle iticiler kullanıyor olabilirler. Hatta solucan delikleri ya da bebek evrenler yaratmak için uzay-zamanı idare ediyor ve kütleçekim dalgaları aracılığıyla iletişim kuruyor bile olabilirler." yorumunda bulunmuştu.

Belki de işler David Grinspoon'un yazdığı gibi olabilir: "Mantık bana gökyüzünde, ileri uzaylılar hakkında tanrısal işaretler aramanın anlaşılabilir olduğunu söylüyor. Yine de bu fikir çok gülünç geliyor. Hem mantıklı hem de saçma. Hadi çözün bakalım."

Bu açmazdan çıkmanın yolu, bir uygarlığı sınıflandırmanın iki yöntemi olduğunu fark etmektir: Biri enerji tüketimi, diğeriye bilgi tüketimi.

Modern toplum, aşırı miktarda bilgi tüketirken minyatürleşme ve enerji verimliliği yönünde büyüme göstermiştir. Aslına bakarsanız Carl Sagan uygarlıkları bilgiye göre sıralamanın bir yolunu önermişti.

Bu senaryoya göre bir tip A uygarlık, bir milyon bit bilgi tüketir. Bir tip B uygarlıksa bu sayının on katı ya da on milyon bit bilgi tüketecektir. 10^{31} bit gibi inanılmaz miktarda bilgi tüketebilen bir tip Z'ye erişene kadar bu böyle sürer gider. Bu hesaba göre biz bir tip H uygarlığıız. Buradaki temel nokta, uygarlıklar aynı miktarda enerji tüketirken bilgi tüketimlerine göre ölçekte ilerleme kaydedebilmeleridir. Yani dikkat çekici miktarda kızılaltı ışıması üretmiyor olabilirler.

Bunun örneğini bir bilim müzesini ziyaret ettiğimizde görürüz. Devasa lokomotifler ve kocaman buharlı gemilerin aralarında olduğu endüstri devrimine ait makinelerin büyüklüğüne şaşar kalırız. Ancak o kadar büyük miktarlarda atık ısı üreterek

ne kadar verimsiz olduklarını da fark ederiz. Benzer bir biçimde 1950'lerin kocaman bilgisayar setleri, bugünün sıradan bir cep telefonu tarafından gölgede bırakılabilir. Modern teknoloji çok daha gelişmiş, akıllı ve daha az enerji israfına yol açan bir hal almıştır.

Bu durumda bir tip 2 uygarlık, makinelerini asteroitlerdeki ve yakın gezegenlerdeki Dyson kürelerine dağıtarak büyük miktarda enerjiyi yakıp yok etmeden ya da son derece etkili minyatürleştirilmiş bilgisayar sistemleri üreterek tüketebilir. Devasa enerji kullanımlarının ürettiği ısı tarafından tüketilmek yerine, teknolojileri son derece verimli olup büyük miktarlarda bilgi üretirken buna oranla çok daha az miktarda atık ısı üretilebilir.

İNSANLIK DAĞILACAK MI?

Yine de her bir uygarlığın uzay yolculuğu bakımından ne kadar ilerleme göstereceğine ilişkin sınırlar vardır. Örneğin bir tip 1 uygarlık, gördüğümüz üzere gezegen enerjisiyle sınırlıdır. Yapabileceği en iyi şey, Mars gibi bir gezegeni yaşanabilir kılmayı başarmak ve en yakın yıldızları keşfetmeye başlamak olacaktır. Robot sondalar yakınlardaki güneş sistemlerini keşfetmeye başlayacak ve muhtemelen ilk astronotlar Proxima Centauri gibi en yakındaki yıldızla gönderilecektir. Ne var ki teknolojileri ve ekonomileri, yakınlardaki çok sayıda yıldız sistemini sistematik bir biçimde kolonileştirmeye başlayacak kadar gelişmiş değildir.

Yüzyıllar ile bin yıl arası bir süre daha ileri olan bir tip 2 uygarlık için Samanyolu'nun bir bölümünü kolonileştirmek, gerçek bir olasılık halini alır. Yine de bir tip 2 uygarlık olarak bile nihayetinde ışık bariyerleri tarafından engellenirler. Işıktan hızlı iticilere erişimleri olmadığını varsayarsak gökadalara'nın kendi bölümlerini kolonileştirmeleri yüzlerce yıl alabilir.

Yine de bir yıldız sisteminden diğerine gitmek yüzyıllar süreceyse sonunda ana dünyayla olan bağları son derece zayıf bir hal alacaktır. Gezegenler nihayetinde diğer dünyalarla iletişimi yitirecektir ve bu durumda çok farklı çevrelere uyum gösterebi-

len yeni insanlık kolları belirebilir. Koloniciler, tuhaf çevrelere uyum sağlamak için kendilerinde aynı zamanda genetik ve sibernetik değişiklikler de yapabilirler. Nihayetindeyse ana gezegenle hiçbir bağ duymayabilirler.

Bu, bundan elli bin yıl sonra gökadanın büyük bir bölümünü kolonileştirmiş olan bir Gökada İmparatorluğu'na sahip Asimov'un Vakıf serisindeki öngörüsüyle çelişiyor gibi duruyor. Gelecek hakkındaki bu iki tamamen farklı öngörüü uzlaştırabilir miyiz?

İnsanlık uygarlığının nihai kaderi, birbirleri hakkında üstün-körü bilgilere sahip olarak daha ufak birimlere ayrılmak mıdır? İşte bu esas soruyu doğuruyor: Yıldızları kazanacak ancak bu süreçte insanlığımızı mı yitireceğiz? Dahası bu kadar çok ayrı insanlık kolu olacaksa insan olmak ne anlama gelecek?

Evrin boyunca varlığını koruyan benzer bir özellik olan bu farklılık, yalnızca insanlıkta değil doğada evrensel gibi duruyor. Bunun hayvan ve bitki krallıklarında nasıl meydana geldiğini ilk gören, not defterine kehanet gibi bir çizim yapan Darwin olmuştu. Farklı kolları daha ufak dallar şeklinde ayrılan bir ağacın dallarını çizmişti. Tek bir basit çizimde, tek türden evrimleşen doğanın tüm çeşitliliğiyle yaşam ağacını resmetmişti.

Muhtemelen bu çizim yalnızca Dünya'daki yaşama değil, yakın yıldızları kolonileştirebilen bir tip 2 uygarlık halini aldığımız, bundan binlerce yıl sonraki insanlığa da uygulanabilir.

GÖKADADAKİ BÜYÜK DAĞILMA

Bu sorun hakkında somut bir anlayış edinmek için kendi evrimimizi yeniden incelemeliyiz. İnsanlık tarihinin etki alanına bakınca kabaca yetmiş beş bin yıl önce Afrika'dan ayrılıp Ortadoğu üzerinden giderek, yol boyu yerleşimler kuran ufak gruplarda insanlardan meydana gelen bir Büyük Dağılma görebiliriz. Muhtemelen Toba felaketi ve buzul devri gibi ekolojik felaketler tarafından sürülen ana kollardan biri Ortadoğu'da ilerlemiş ve Orta Asya'da yolculuk etmiştir. Daha sonra bu göç, bundan kırk

bin yıl önce daha ufak dallara ayrılmıştır. Dallardan biri doğuya doğru gitmeyi sürdürmüş ve nihayetinde Asya'ya yerleşerek modern Asya insanların özünü biçimlendirmiştir. Bir diğer dal aksi yöne dönerek kuzey Avrupa'ya gitmiş ve sonunda Kafkasyalılara dönüşmüştür. Bir diğeryse güneydoğuya gitmiş ve Hindistan'dan geçerek Güneydoğu Asya'ya, oradan da Avusturalya'ya ulaşmıştır.

Bugün bu Büyük Dağılma'nın sonuçlarını görüyoruz.

Gerçek kökenlerine ilişkin atalarının hiçbir anısına sahip olmayan farklı renklerden, cüsselerden, formlardan ve kültürlerden çeşitli insanlar görüyoruz. İnsan ırkının nasıl bir çeşitliliğe sahip olduğu bile kabaca hesaplanabilir. Bir neslin 20 yıl olduğunu varsayarsak gezegendeki iki insanı birbirinden ayıran en fazla 3500 nesil vardır.

Ne var ki bugün, on binlerce yıl sonra, modern teknoloji sayesinde geçmişin bütün göç yollarını yeniden canlandırmaya başlayabilir ve geçmiş yetmiş beş bin yıllık insan göçünün aile ağacını yapılandırabiliriz.

Zamanın doğası hakkında BBC televizyonu için sunduğum özel bir bilim programı sırasında bunun çok canlı bir örneğine tanık oldum. BBC, DNA'nın bir kısmını aldı ve onu sıraladı. Genlerimden dördü, eşini bulmak amacıyla dünyanın her yerinden binlerce kişinin geniyile özenle karşılaştırıldı. Ardından bu dört genle eşleşen insanların konumları bir haritada tespit edildi. Sonuç epey ilgi çekiciydi. Harita, genime eş çıkan bir yığın insanın Japonya ve Çin'e dağıldığını gösterirken ince bir yol oluşturulan noktalar da Tibet üzerinden Gobi Çölü yakınlarına uzanıyordu. Kısacası DNA incelemesiyle, atalarımın yaklaşık yirmi bin yıl önce gittiği yolun izlerini takip etmek mümkündü.

NEREYE KADAR FARKLILAŞACAĞIZ?

İnsanlık, binlerce yıl içinde daha ne kadar farklılaşacak? On binlerce yıl süren genetik ayrışmadan sonra halen tanınabilir olacak mı?

Bu soru, DNA'nın bir "saat" olarak kullanılmasıyla gerçekten yanıtlanabilir. Biyologlar, DNA'nın çağlar boyunca hemen hemen aynı oranda değişim gösterdiğini fark etmiştir. Örneğin evrimsel olarak en yakın komşumuz şempanzelerdir. Şempanzeler üzerinde yapılan incelemeler, DNA'mızın yaklaşık yüzde 4 oranında farklılaştığını gösterir. Şempanzeler ile insan fosilleri üzerinde yapılan çalışmalarsa onlardan neredeyse 6 milyon yıl önce ayrıldığımızı ortaya koyar.

Bu da DNA'mızın 1,5 milyon yıllık süreler içinde yüzde 1 oranında değişim gösterdiği anlamına gelir. Bu yalnızca yaklaşık bir sayı olsa da kendi DNA'mızın tarihini anlamamıza olanak sağlayıp sağlayamayacağına bir bakalım.

Bir anlığına bu (her 1,5 milyon yılda yüzde 1'lik) değişim oranının aşağı yukarı sabit olduğunu varsayalım.

Şimdi de insana en çok benzeyen akrabamız olan neandertali inceleyelim. Neandertalin DNA ve fosil incelemesi, DNA'larının bizimkinden neredeyse yüzde 0,5 oranında farklılaştığını ve onlardan yaklaşık olarak beş yüz bin ile bir milyon yıl önce ayrıştığımızı gösterir. Yani bu, DNA saatiyle uyumludur.

İnsan ırkını şimdi incelemeye kalkarsak rastgele seçilmiş olan herhangi iki insanın DNA'sının yüzde 0,1 oranında farklılık gösterdiğini görürüz. Bu durumda saatimiz farklı kolların yaklaşık 150 bin yıl önce ayrılmaya başladığını söyler ve bu, insanlığın gerçek kökenleriyle uyumludur.

Öyleyse bu DNA saatine bakarak şempanzelerden, neandertallerden ve türdeşimiz insanlardan ne zaman farklılaştığımızı kabaca hesaplayabiliriz.

Asıl konu, gökada içerisinde yayılırsak ve DNA'mızı şiddetle kurcalamazsak gelecekte insanlığın nereye kadar değişeceğini tahmin etmekte bu saati kullanabilecek olduğumuzdur. Şimdilik yüz bin yıldır yalnızca ışık hızının altında roketlere sahip olan bir tip 2 uygarlık olarak kaldığımızı varsayın.

Farklı insan yerleşimleri, insanlığın diğer kollarıyla tüm iletişimlerini yitirse bile bu, insanların DNA'larının büyük olasılıkla yalnızca yüzde 0,1 oranında farklılaşacağı anlamına gelir ve bu

zaten günümüzde de insanlar arasında rastladığımız çeşitlilik miktarıdır.

Buradan vardığımız sonuç, insanlık gökada içinde ışık hızının altında bir hızla yayılırken ve farklı kollar diğerleriyle olan tüm iletişimlerini yitirirken bizim temelde halen insan kalacağımızdır. 100 bin yıl sonra bile anlaşılabilir bir biçimde ışık hızına ulaşmamız beklenirken farklı insan yerleşimleri, günümüzde yeryüzünde bulunan iki insandan daha fazla farklılaşmış olmayacaktır.

Bu olgu, konuştuğumuz dil için de tamamen geçerlidir. Arkeologlar ve dilbilimciler, dilin kökeninin izini sürmeye çalıştıklarında ürkütücü bir örüntünün ortaya çıktığını fark etmiştir. Diller, göç nedeniyle sürekli olarak daha ufak ağızlara ayrışmakta ve zaman içinde bu yeni ağızlar, kendi başlarına tam donanımlı dillere dönüşmektedir.

Bilinen bütün dilleri ve birbirlerinden nasıl farklılaştıklarını kapsayan kocaman bir ağaç yapar ve bunu atalarımızın ayrıntılı göç yollarını içeren ağaçla karşılaştıırırsak özdeş bir örüntü elde ederiz.

Örneğin ilk Norveçli yerleşimlerinin başladığı MS 874 yılından bu yana Avrupa'dan büyük ölçüde soyutlanmış olan İzlanda, dilbilimsel ve genetik kuramları sınamak için bir laboratuvar olarak kullanılabilir. İzlanda dili, dokuzuncu yüzyılın Norveç diline son derece yakın olup karışıma biraz da İskoç dili ve İrlanda dili katılmıştır. (Bunun nedeni muhtemelen İskoçya ve İrlanda'dan köle alan Vikinglerdir.) Ardından son bin yılda ne kadar çeşitlilik olduğunu kabaca hesaplamak için bir DNA saati ve dil saati oluşturmak mümkündür. Bin yıl bile geçse dillerinde izi kalmış olan eski göç örüntülerinin kanıtını bulabilmek çok kolaydır.

Peki binlerce yıllık ayrılıktan sonra bile DNA'mız ve dilimiz halen kendilerini andırıyorsa kültürümüz ve inançlarımız ne durumdadır? Bu farklı kültürleri anlayıp onlarla ilişkilenebilecek miyiz?

ORTAK TEMEL DEĞERLER

Büyük Dağılım'a ve yarattığı uygarlıklara baktığımızda yalnızca deri rengi, cüsse, saç gibi fiziksel farklılıklarındaki bir çeşitliliği değil, aynı zamanda birbirleriyle binlerce yıl iletişimi yitirseler bile tüm kültürlerde inanılmaz bir biçimde süren belirli bir dizi temel özelliği de görürüz.

Bunun kanıtlarını günümüzde sinemaya gittiğimizde fark ederiz. Bizden yetmiş beş bin yıl önce ayrılmış olabilecek farklı ırklardan ve kültürlerden insanlar, filmin halen aynı yerinde güler, ağlar ve korkarlar. Yabancı filmlerin çevirmenleri, diller her ne kadar uzun zaman önce ayrılmış olsa da filmlerdeki esprilerin ve mizahın ortak oluşundan bahseder.

Aynı şey estetik anlayışımız için de geçerlidir. Eski uygarlıklara ait sergileri olan sanat müzelerini ziyaret edersek ortak temalar görürüz. Kültürden bağımsız olarak manzaralar, zengin ve güçlülerin portreleri ve mitler ile tanrıların imgelerini betimleyen sanat eserleriyle karşılaşırız. Güzellik anlayışını ölçmek her ne kadar zor olsa da bir kültürde güzel kabul edilen bir şey genellikle tamamen ilgisiz bir başka kültürde de güzel olarak kabul görür. Örneğin hangi kültürü incelersek inceleyelim benzer çiçekler ve çiçek desenleri görürüz.

Uzay ve zamanın sınırlarını tanımayan bir diğer tema da ortak sosyal değerlerimizdir. Başkalarının refahı temel bir endişe konusudur. Bu da nezaket, cömertlik, arkadaşlık, düşünceli olma anlamları taşır. Sayısız uygarlıkta Altın Kural'ın* çeşitli biçimlerine rastlanır. Dünyadaki birçok din, en temelde yoksul ve kimsesizlere hayırseverlik ve şefkat göstermek gibi aynı kavramları vurgular.

Diğer bir temel özellik, içe değil dışa doğru odaklanmıştır. Bu; merak, yenilik, yaratıcılık ve keşfetmeye yönelik dürtüyü içerir. Yeryüzündeki bütün kültürler, muhteşem kâşifler ve çığır açan kişiler hakkında efsanelere sahiptir.

* Birçok dinde benzer şekilde yer alan "kendinize nasıl davranılmasını istiyorsanız başkalarına da öyle davranın" öğüdü içeren ilke. -çn.

Yani mağara insanı ilkesi, temel özelliklerimizin iki yüz bin yılda pek de değişmediğini kabul eder; kısacası yıldızların arasına yayılsak bile büyük olasılıkla değerlerimizi ve kişisel özelliklerimizi korumayı sürdürürüz.

Dahası psikologlar beynimize neyin çekici olduğuna ilişkin bir görüntünün şifrelenmiş olabileceğini fark etmiştir. Rastgele yüzlerce farklı insanın fotoğrafını çeker ve bunları bilgisayarlar yardımıyla birbiri üstüne koyarsak ortalama bir görsel bileşim meydana gelir. Bu görsel şaşırtıcı bir biçimde pek çok kişi tarafından çekici bulunur. Bu doğrusa neyin çekici olduğunu düşüneceğimizi belirleyen ortalama bir görselin beynimize işlenmiş olabileceği anlamına gelir. Bir kişinin yüzünde neyi güzel bulduğumuz aslında istisna değil, kuraldır.

Peki nihayet tip 3 statüsüne geçtiğimizde ve ışıktan daha hızlı yolculuk edebildiğimizde ne olacak? Dünyamızın değerlerini ve estetiğini tüm gökadayı mı yayacağız?

TİP 3'E GEÇİŞ

Bir tip 2 uygarlık sonunda yalnızca kendi yıldızının değil yakınlardaki tüm yıldızların gücünü tüketebilir ve adım adım gökadayla ilgili bir şey olan tip 3 uygarlık olma serüvenine başlar. Bir tip 3 uygarlık milyarlarca yıldızdan enerji toplamakla kalmaz, Samanyolu gökadasının merkezindeki, iki milyon Güneş ağırlığında olan aşırı büyük kara deliklerin enerjisinden de yararlanabilir. Bir yıldız gemisi, gökadamızın çekirdeği doğrultusunda yolculuk ederse bir tip 3 uygarlık için çok uygun bir enerji kaynağı olacak yoğun yıldızlar ve toz bulutlarının geniş bir toplamına erişiriz. Böylesi ileri bir uygarlık, gökada içerisinde iletişim kurmak için ilk olarak 1916'da Einstein tarafından tahmin edilen ancak sonunda 2016'da fizikçilerin tespit ettiği kütleçekim dalgalarından yararlanabilir. Yolculuk ederken soğurulma, saçılma ve yayılım olasılıkları olan lazer ışınlarının aksine kütleçekim dalgaları, yıldızlara ve gökadayı yayılabileceğinden uzun mesafeler için daha güvenilir olabilir.

Bu noktada ışık hızından yüksek hızda yolculuk etmenin uygulanabilirliği net olmadığından şu an için mümkün olmadığını göz önünde bulundurmamız gerekiyor.

Yalnızca ışık hızının altındaki uzay araçları bile mümkün olsaydı bir tip 3 uygarlık, gökadalarnın arka bahçesindeki milyarlarca dünyayı, yıldızlara ışık hızının altında yolculuk eden ve kendini çoğaltabilen sondalar göndererek keşfetmeye karar verebilirdi. Amaç, bu robotları uzak bir uyduya yerleştirmektir. Uydular iyi bir seçimdir çünkü çevreleri daha sabit olup aşınmadan uzaktır ve düşük kütleçekimleri nedeniyle üzerlerinde iniş ve kalkış yapılması kolaydır. Enerji sağlamaya yönelik Güneş toplayıcıları olan bir Ay sondası, Güneş Sistemi'ni tarayarak işe yarar bilgileri süresiz olarak geri yayınlayabilir.

Uzay sondası iniş yapar yapmaz kendisinin binlerce kopyasını üretmek için ay malzemelerinden bir fabrika kuracaktır. Sonra da ikinci nesildeki her bir klon diğer uzak uyduları kolonileştirmek üzere havalanacaktır. Böylelikle tek bir robottan başlayarak binine sahip olacağız. Bunlardan her biri birer bin robot daha yaparsa bir milyon robotumuz ve ardından bir milyar, bir trilyon robotumuz olacaktır. Yalnızca birkaç nesil içinde, bilim insanlarının von Neumann makineleri diye adlandırdığı bu aletlerden katrilyonlarcasını içeren bir genişleyen küreye sahip olabiliriz.

Aslına bakarsanız bu, bugün bile bir uzaylı zeki yaşam formuyla karşılaşmayı belki de en gerçekçi şekilde resmeden 2001 filminde anlatılan hikayedir. O filmde uzaylılar aya bir von Neumann makinesi olan monoliti koyar ve bu, insanlığın evrimini gözlemlemek ve hatta etkilemek için Jüpiter'deki bir ikmal istasyonuna sinyaller gönderir.

Yani ilk karşılaşmamız böcek gözlü bir canavar yerine küçük bir kendisini çoğaltabilen sondayla gerçekleşebilir. Bu; nanoteknoloji tarafından minyatürleştirilmiş, belki de dikkatinizi bile çekmeyecek kadar ufacık bir şey olacaktır. Muhtemelen arka bahçenizde ya da Ay'da, neredeyse görünmez olan geçmiş bir ziyaretin kanıtı vardır.

Aslında profesör Paul Davies bir öneride bulunmuştu. Çelişkili enerjimizlerini ya da radyo yayınlarını aramak için Ay'a

dönmemiz gerektiğini savunan bir makale yazdı. Milyonlarca yıl önce bir von Neumann sondası Ay'a inmiş olsaydı büyük olasılıkla enerji olarak Güneş ışığını kullanıyor olurdu, yani hiç durmadan radyo yayınları yapabilirdi. Ayrıca Ay'da aşınma olmadığına göre, neredeyse mükemmel çalışma koşullarına sahip ve büyük olasılıkla da halen çalışır durumda olurdu.

Yeniden Ay'a ve oradan da Mars'a gitmeye yönelik ilginin tazelenmesi, geçmiş ziyaretlerin varlığına ilişkin herhangi bir kanıt olup olmadığını görme konusunda bilim insanları için mükemmel bir fırsat olacaktır.

(Erich von Däniken gibi bazıları, uzaylıların gemilerinin yüz-yıllar öncesinde yeryüzüne indiğini ve bu uzaylı astronotların eski uygarlıkların sanat eserlerinde betimlendiğini iddia eder. Bu kişiler, eski resimler ve anıtlardaki özenle işlenmiş başlıklar ile kostümlerin aslında miğferleri, yakıt tankları, basınçlı elbise-leri vb. ayrıntılarıyla çok eski astronotların tasvirleri olduğunu söyler. Bu fikir her ne kadar görmezden gelinemese de kanıtlaması çok zordur. Eski resimler yeterli değildir. Geçmiş ziyaretlere ilişkin kesin ve somut kanıtlara gereksinim vardır. Örneğin uzaylılara ait uzay üsleri olmuşsa teller, çipler, aletler, elektronik eşyalar, çöpler ve makineler halinde enkazlar ve atık kalıntılar da olmalıdır. Tek bir uzaylı çipi tüm bu tartışmayı sonlandırabilir. Yani tanıdıklarınızdan biri uzaylılar tarafından kaçırıldığını iddia ederse ona gelecek sefer mutlaka gemiden bir şey aşırmasını söyleyin.)

Bu durumda, ışık hızı aşılamaz olsa bile birkaç yüz bin yıl içinde bir tip 3 uygarlık, gökadanın tamamına yayılan ve her biri işe yarar bilgi yollayan trilyonlarca sondaya sahip olabilir.

Von Neumann makineleri, belki de bir tip 3 uygarlık için gökadanın durumu hakkında bilgi elde edinmenin en etkili yolu olabilir. Ancak gökadayı daha doğrudan bir şekilde keşfetmek de mümkündür ve bu, adına "lazer ışınlama" dediğim bir yöntemle gerçekleşir.

YILDIZLARA LAZER IŞINLANMA

Bilimkurgu yazarlarının hayallerinden biri, evreni saf enerji varlıkları halinde keşfedebilmektir. Belki çok uzak gelecekte, günün birinde maddeci varlığımızdan kurtulabilir ve bir ışık demeti üzerinde kozmosta gezinebiliriz. Mümkün olan en yüksek hızda uzak yıldızlara yolculuk edebiliriz. Maddeci kısıtlamalardan kurtulduğumuzda kuyruklu yıldızlarla yan yana gidebilecek, patlamakta olan yanardağların yüzeylerine göz gezdirebilecek, Satürn'ün halkalarının yanından geçebilecek ve gökadanın diğer ucundaki hedefleri ziyaret edebileceğiz.

Bu rüya, belki de bir hayal ürünü olmak yerine somut bilimde derin köklere sahip olabilir. 10. Bölümde, beynin tamamını haritalandırmaya yönelik azimli bir çaba olan İnsan Konektom Projesi'ni incelemiştik. Muhtemelen bu yüzyılın sonunda ya da bir sonrakinin başlarında, temel olarak tüm anılarımızı, duygularımızı, duygularımızı ve hatta kişiliğimizi içeren haritanın tamamına sahip olacağız. Ardından da konektom, bir lazer ışınının üzerine yerleştirilebilecek ve uzaya yollanabilecektir. Zihninizin bir dijital kopyasını üretmek için gereken tüm bilgiler gökyüzünü aşarak yolculuk edebilir.

Konektomunuz bir saniye içinde Ay'a yollanabilir. Dakikalar içinde Mars'a ulaşır. Saatler geçtiğinde gaz gezegenlere varır ve dört yılda Proxima Centauri'yi ziyaret ederken yüz bin yıl içindeyse Samanyolu gökadasının sonuna erişebilirsiniz.

Uzak bir gezegene varır varmaz lazer ışını üstündeki bilgi bir anabilgisayara yüklenir. Sonrasında da konektomunuz robotik bir avatarı yönetir. Bedeni öyle sağlamdır ki atmosfer zehirli, sıcaklık dondurucu ya da cehennem gibi ve belki de kütleçekim güçlü ya da zayıf olsa bile sağ kalabilir. Böylelikle nöral örüntülerinizin tümü anabilgisayarda saklansa bile bütün duyularınız avatardan gelir. Hangi açıdan bakılırsa bakılsın bunun içinde yaşarsınız.

Bu yaklaşımın avantajı, darmadağın ve pahalı itiş roketleri ya da uzay istasyonlarına gereksinim olmayışıdır. Ağırlıksızlık,

asteroit çarpışmaları, radyasyon, kazalar ve can sıkıntısı çekmek gibi sorunların hiçbirini yaşamazsınız çünkü saf bilgi olarak aktarılırsınız. Işık hızındayken yıldızlara giden en hızlı yolculuğu seçmişsinizdir. Sizin için yolculuk hemen o anda olup biter. Hatırladığınız tek şey, laboratuvara girdiğinizdir ve hemen ardından kendinizi gitmek istediğiniz hedefte bulursunuz. (Bunun nedeni, ışık demetinin üstünde giderken zamanın etkileyici bir biçimde durmasıdır. Işık hızında hareket ederken bilinciniz donar ve böylece zamanda hiçbir gecikme olmadan kozmosun diğer ucuna yolculuk edersiniz. Işık hızında yolculuk ederken tıpkı söylediğim gibi zaman durduğuna göre bu, temel yaşamsal işlevlerin askıya alınmasından epey farklıdır. Geçiş sırasında manzaraları göremeyeceğinizden isterseniz herhangi bir ikmal istasyonunda durabilir ve çevrenizi gözlemleyebilirsiniz.)

“Lazer ışınlama” adını verdiğim bu şey, muhtemelen yıldızlara ulaşmak için en rahat ve çabuk yöntem. Bundan yüz yıl sonraki bir tip 1 uygarlık, ilk lazer ışınlama deneylerini gerçekleştirecek olabilir. Ancak tip 2 ve tip 3 uygarlıklar için lazer ışınlama belki de gökada içerisinde tercih edilen ulaşım aracı halini alacaktır çünkü büyük olasılıkla uzak gezegenleri çoktan kendilerini çoğaltan robotlarla kolonileştirmiş olacaklardır. Bir tip 3 uygarlık, muhtemelen üzerinde herhangi bir anda trilyonlarca ruhun geçiş yaptığı, Samanyolu gökadasındaki yıldızları bağlayan geniş bir lazer ışınlama otoyoluna da sahip olacaktır.

Her ne kadar bu fikir gökadayı keşfetmek için en uygun yöntemi sunuyor gibi görünse de lazer ışınlama gerçekten yaratmak, birkaç pratik sorunu gidermeyi gerektirir.

Lazerler temelde sınırsız miktarlarda bilgi aktarabildiği için konektomunuzu bir lazer ışınına yerleştirmek sorun olmaz. Esas sorun, yol boyu bir ikmal istasyonları ağı yaratarak konektomunuzu almak, onu kuvvetlendirmek ve bir sonraki istasyona iletmektir. Bahsettiğimiz gibi Oort Bulutu bir yıldızdan birkaç ışık yılı genişlediği için farklı yıldızların Oort Bulutları çıkışabilir. Yani Oort Bulutu’ndaki durağan kuyruklu yıldızlar, bu ikmal istasyonları için ideal alanlar sağlayabilir. (Oort Bulutu kuyruklu-

yıldızlarının üzerinde ikmal istasyonları yaratmak, onları uzak uydulara yerleştirmek için tercih edilir olacaktır. Ne de olsa bu kuyrukluyıldızlar durağanken uydular, gezegenlerin çevresinde döner ve sıklıkla onlar tarafından gölgede bırakılır.)

Gördüğümüz üzere bu ikmal istasyonları yalnızca ışık hızından düşük hızlarda kurulabilir. Bu sorunu çözenin bir yolu, ışık hızının önemli bir miktarında yolculuk eden lazer yelkenlilerini kullanmaktır. Bu lazer yelkenlileri Oort Bulutu'na indiği an kendilerinin kopyalarını yapmak ve kuyrukluyıldızda bulunan hammadeleri kullanarak bir ikmal istasyonu kurmak için nanoteknolojiden yararlanabilir.

Orijinal ikmal istasyonlarının ışık hızının altında hızlarda inşa edilmesi gerekse de bunun gerçekleşmesinin ardından konektomlarımız ışık hızında gezinebilir.

Lazer ışınlanma yalnızca bilimsel amaçlarla değil, eğlence için de kullanılabilir. Yıldızlar arasında bir tatile çıkabiliriz. Öncelikle, ne kadar saldırgan ya da tehlikeli çevreler olabileceklere bağımsız olarak ziyaret etmeyi istediğimiz gezegenlerin, uyduların ya da kuyrukluyıldızların dizilimini haritalandırırız. Sonra da yerleşmek istediğimiz avatar türlerinin bir kontrol listesini yapabiliriz. (Bu avatarlar sanal gerçeklikte var olmak yerine süper insan güçleri bahşedilmiş gerçek robotlardır.) Yani her bir gezegende, arzuladığımız tüm özellikler ve süpergüçlerle donanmış bir avatar bizi bekler. O gezegene ulaştığımızda o avatarın kimliğine bürünür, gezegeni dolaşır ve inanılmaz manzaraların tadını çıkarırız. Ardından robotu bir başka müşterinin kullanması için iade eder ve bir sonraki hedefimize lazer ışınlanırız. Tek bir tatilde birkaç uydu, kuyrukluyıldız ve Güneş Sistemi dışındaki gezegeni keşfedebiliriz. Gökadada gezinen yalnızca konektomumuz olduğu için kazalar ve hastalıklar konusunda asla endişelenmemiz gerekmez.

Yani gece orada kimseler olup olmadığını merak ederek gökyüzüne bakarken bize her ne kadar soğuk, sakın ve boş görünse de uzay, bir uçtan diğerine ışık hızında gönderilen trilyonlarca yolcuyla dolup taşıyor olabilir.

SOLUCAN DELİKLERİ VE PLANCK ENERJİSİ

Ne var ki bu, bir tip 3 uygarlık için ışıktan daha hızlı yolculuk etmeyi mümkün kılan ikinci bir olasılığa kapıları açar. Resme yeni bir fizik yasası daha dahil olur. Bu, genel kütleçekim yasalarını ihlal eden yeni, tuhaf bir olgunun meydana geldiği ölçek olan Planck enerjisinin yetki alanına girer.

Planck enerjisinin neden bu kadar önemli olduğunu anlamak için şu anda Büyük Patlama'dan atomaltı parçacıkların hareketine kadar bilinen tüm fizik olgularının iki kuramla açıklanabileceğini fark etmek gereklidir: Einstein'ın genel görelilik kuramı ve kuantum kuramı. İkisi birlikte tüm madde ve enerjiye yol gösteren fizik yasalarının temel bilgilerini temsil eder: İlki, çok büyük şeylerin kuramı olan göreliliktir: Görelilik, Büyük Patlama'yı, kara deliklerin bolluğunu ve genişleyen evrenlerin evrimini açıklar. İkincisi çok küçük şeylerin kuramıdır: Kuantum kuramı, oturma odamızdaki bütün elektronik mucizeleri mümkün kılan atom ve atomaltı parçacıkların özellikleri ile hareketini açıklar.

Sorun, bu iki kuramın tek bir kapsamlı kuram halinde birleştirilememesidir. Farklı varsayımlar, matematik ve fiziksel tanımlar bakımından ikisi birbirinden epey uzaktır.

Bir birleşik alan kuramı mümkün olsaydı birleşmenin gerçekleşeceği enerji, Planck enerjisi olurdu. Bu, Einstein'ın kütleçekim kuramının tamamen çöktüğü nokta; Büyük Patlama'nın enerjisi ve bir kara deliğin merkezindeki enerjidir.

Planck enerjisi, CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (Large Hadron Collider - LHC) tarafından üretilen Dünya'daki en güçlü parçacık hızlandırıcısının enerjisinden bir katrilyon kat fazla olan 10^{19} milyar elektron volt güçtedir.

Başta, muazzam bir büyüklükte olduğu için Planck enerjisini derinlemesine araştırmak çaresizce bir çaba gibi gelecektir. Ancak bir tip 1 uygarlıktan 10^{20} kat daha fazla enerjiye sahip olan bir tip 3 uygarlığın bunu yapacak gücü vardır. Buna göre, bir tip 3 uygarlık, uzay-zaman dokusuyla oynayabilir ve onu istediği gibi bükebilir.

Tip 3 uygarlıklar, bu inanılmaz enerji ölçeğine LHC'den çok daha büyük bir parçacık hızlandırıcı yaparak erişebilirler. Bu Çarpıştırıcı, çevresi yirmi yedi kilometre olan ve devasa manyetik alanlarla çevrili halka şeklinde bir tüptür.

Bir proton akışı LHC'ye sokulduğunda manyetik alanlar, yollarını bir halka haline getirir ve ardından bu halkanın içine düzenli bir biçimde enerji atımları gönderilmesiyle hızlanmaları sağlanır. Tüpte farklı yönlerde akan iki proton akışı vardır. En yüksek hıza ulaştıklarında kafa kafaya çarpışırlar ve bu yapay olarak açığa çıkarılan en büyük enerji patlaması olan on dört trilyon voltluk bir enerji üretir. (Bu çarpışma öyle güçlüdür ki bazı insanlar Dünya'yı içine çekebilecek bir kara delik açabileceğinden endişe eder. Bu elbette geçerli bir endişe değildir. Aslına bakarsanız doğada Dünya'yı sürekli on dört trilyon elektron volttan daha büyük enerjilerle vuran atomaltı parçacıkları vardır. Doğa Ana bizi laboratuvarlarımızda üretilen çelimsiz enerjilerden çok daha güçlü kozmik ışınlarla vurabilir.)

LHC'NİN ÖTESİ

LHC, fizikçiler Peter Higgs ve Francois Englert'e Nobel ödülü kazandıran, bulunması çok zor olan Higgs bozonunun keşfi de dahil olmak üzere, pek çok nedenle manşetlerde yer etti. LHC'nin temel amaçlarından biri, kuantum kuramının en gelişmiş türlerinden biri olan ve bize evrenin düşük enerjilerdeki haline ilişkin tam bir açıklama sunarak parçacıkların Standart Modeli olarak adlandırılan yapbozun son parçasını tamamlamaktır.

Standart Model'e bazen "neredeyse her şeyin kuramı" da denir çünkü çevremizde gördüğümüz düşük enerji evrenini doğru bir şekilde tarif eder. Ne var ki birkaç nedenden dolayı nihai kuram olamaz:

1. Kütleçekimden hiç bahsetmez. Daha da kötüsü, Standart Model'i Einstein'ın kütleçekim kuramıyla birleştirdiğimizde oluşan melez kuram anlamsız sonuçlar sunarak

patlak verir (hesaplamalar sonsuza gider; bu da bize kuramın işe yaramaz olduğunu söyler).

2. Epey yapmacık görünen tuhaf bir parçacık koleksiyonuna sahiptir. Otuz altı kuarkı ve karşıt kuarkı, bir dizi Yang-Mills gluonu, leptonları (elektronlar ve muonlar) ve Higgs bozonları vardır.
3. Elle yerleştirilmesi gereken yaklaşık on dokuz değişkeni bulunur (bunlar, parçacıkların kütleleri ve çiftleridir). Bu kütleler ve parçacık çiftleri, kuram tarafından belirlenmez; neden bu sayısal değerlere sahip olduklarını kimse bilmez.

Atomaltı parçacıkların uyumsuz bir karışımına sahip olan Standart Model'in doğanın nihai kuramı olduğuna inanmak zor. Bu tıpkı elinize bir bant alıp bir gagalı memeliyi, karınca yiyeceğini ve balınayı paketleyerek buna Doğa Ana'nın son yaratımı, milyonlarca yıllık evrimin en son çıktısı demeye benzer.

Şu an planlama aşamasında olan bir sonraki büyük parçacık hızlandırıcı, içinde elektron ve karşıt elektron demetlerinin çarpışacağı yaklaşık elli kilometre uzunluğundaki düz bir tüpten oluşan Uluslararası Doğrusal Hızlandırıcı'dır (International Linear Collider - ILC). Mevcut plan, Japonya'daki Kitakami dağlarına kurulacak olması ve yarısı Japon hükümeti tarafından ödenecek olan 20 milyar dolar kadar bir maliyetinin olmasıdır.

Her ne kadar ILC'nin en yüksek enerjisi yalnızca bir trilyon elektron volt olursa da pek çok açıdan LHC'den daha üstün gelecektir. Protonları birbirine çarptırdığınızda bu çarpışmayı incelemek çok zordur çünkü protonun karmaşık bir yapısı vardır. "Gluon" adı verilen parçacıkların bir arada tuttuğu üç kuark içerir. Elektronunsa bilinen bir yapısı yoktur. Noktasal parçacığa benzer. Bu nedenle de bir elektron, bir karşıt elektronla çarpıştığında temiz, basit bir etkileşim meydana gelir.

Fizikteki bu ilerlemelerle bile tip 0 olan uygarlığımız Planck enerjisini doğrudan araştıramaz. Ne var ki bu, bir tip 3 uygarlığın yetki alanına girer. Belki de ILC gibi hızlandırıcılar inşa etmek, günün birinde uzay-zamanın ne kadar kararlı olduğunu ve

içerisinde kestirme yollardan gidip gidemeyeceğimizi belirlememizde önemli bir adım olabilir.

ASTEROİT KUŞAĞINDAKİ HIZLANDIRICI

İleri bir uygarlık, nihayetinde asteroit kuşağı büyüklüğünde bir parçacık hızlandırıcı inşa edebilir. Protonlardan meydana gelen halka şeklinde bir demet, devasa mıknatısların rehberliğinde kuşağın çevresine gönderilir. Dünya’da parçacıklar boşluk içeren, halka şeklindeki büyük bir tüp içine gönderilse de uzaydaki boşluk, yeryüzündeki herhangi bir boşluktan çok daha iyi olacağına göre bu hızlandırıcı hiçbir tüpe gereksinim duymaz.

Tek gereksinimi, proton demeti için halka şeklinde bir yol oluşturmak amacıyla kuşağın çevresine stratejik olarak yerleştirilmiş bir dizi manyetik istasyondur. Bu bir tür bayrak yarışıdır. Protonlar bir istasyonu her geçtiğinde bir elektrik enerjisi dalgası mıknatıslara güç verir ve bu da proton demetini doğru açıyla bir sonraki istasyona hareket ettirir. Proton demeti, her bir manyetik istasyonu geçtiğinde Planck enerjisine erişene kadar demete gitgide daha fazla lazer gücü formunda enerji pompalanır.

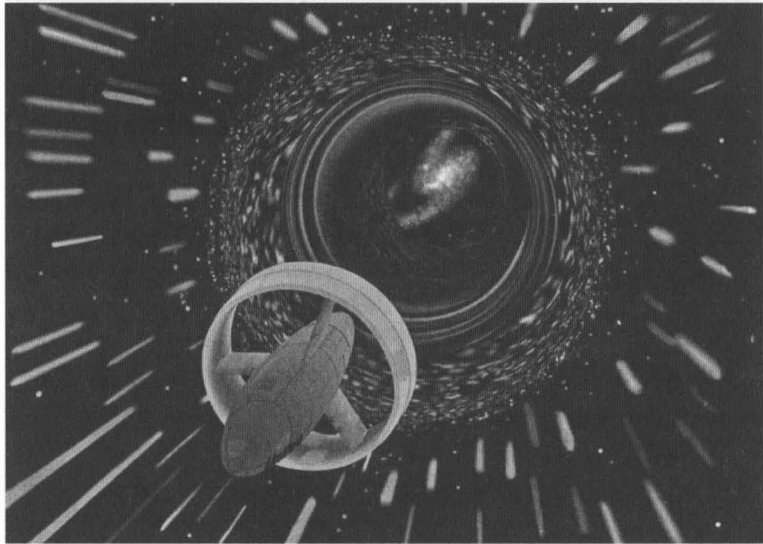
Hızlandırıcı, bu enerjiye eriştiğinde onu tek bir noktaya odaklandırabilir. Orada bir solucan deliği açılacaktır. Ardından ise çökmesini engellemek için içerisine kararlı hale gelmesine yetecek kadar negatif enerji yerleştirilecektir.

Solucan deliğindeki bir yolculuk neye benzer? Bunu kimse bil-mese de *Yıldızlararası (Interstellar)* filminin yönetmenlerine danış-manlık yapılmasına yardımcı olduğu süreçte, Caltech’ten fizikçi Kip Thorne akıllıca bir tahminde bulunmuştu. Thorne, bir bilgisay-
ar programından yararlanarak bu deliklerden birinin yanından geçen ışık demetlerinin yollarını takip etmişti. Böylelikle bu yolcu-luğun neye benzeyebileceği hakkında görsel bir duygu edinebilir-diniz. Bu, her zamanki sinema temsillerinin aksine bu yolculuğu bir filmde görselleştirmek üzere yapılmış en titiz çabaydı.

(Filmde bir kara deliğe yaklaştıkça olay ufku adı verilen kocaman bir kara küre görürsünüz. Olay ufkunda ilerledikçe geri

dönüşü olmayan noktayı geçersiniz. Kara kürenin içinde inanılmaz bir yoğunluk ve kütleçekim sahibi olan ufak bir nokta, yani kara deliğin kendisi vardır.)

Fizikçiler, solucan deliklerinden yararlanmak için devasa parçacık hızlandırıcılar inşa etmenin yanı sıra başka birkaç yöntemi daha değerlendiriyor. Olasılıklardan birine göre, Büyük Patlama öylesine patlayıcıdır ki bundan 13,8 milyar yıl önce, başlangıç aşamasında olan evrende yer alan ufak solucan deliklerini şişirmiş olabilir. Evren katlanarak genişlemeye başladığında bu solucan delikleri de onunla birlikte genişlemiş olabilir. Bunun anlamı, günümüzde kimse bir tanesine bile rastlamamış olmasına karşın doğal olarak meydana gelen bir olgu olabilecektir. Bazı fizikçiler bunlardan birini uzayda nasıl bulacakları hakkında tahminlerde bulunuyor. (Birçok *Uzay Yolu* bölümünün konusu olan, doğal olarak meydana gelmiş bir solucan deliği bulmak



Bir yıldız gemisinin solucan deliğine girerken kuantum dalgalanmalarından kaynaklanan yoğun radyasyona karşı koyması gerekir. Temel olarak yalnızca sicim kuramının dalgalanmaları hesaplama becerisi vardır ve bu sayede sağ kalıp kalamayacağınıza karar verebilirsiniz.

için yıldız ışığının geçişini muhtemelen bir küre ya da halkayı andıracak belirli bir şekilde bozan bir cisim aramak gerekir.)

Kip Thorne ve meslektaşları tarafından keşfedilen bir diğer olasılık da boşlukta ufak bir tane bulup onu genişletmektir. Uza-ya ilişkin anladığımız son şey, evrenler belirip sonra yeniden kayboldukça minik solucan delikleriyle köpürüyor olabileceğidir. Yani yeterince enerjiye sahip olursanız önceden var olan bir solucan deliğini yönetebilir ve şişirebilirsiniz.

Yine de tüm bu önerilerde bir sorun var. Solucan deliği, graviton adındaki parçacıklarla sarılıdır. Ondan geçmek üzereyseniz kütleçekimsel ışıma biçiminde kuantum düzeltmeleriyle karşılaşacaksınızdır. Normalde kuantum düzeltmeleri küçüktür ve görmezden gelinebilir. Ancak hesaplamalar, bir solucan deliğinden geçilirken bu düzeltmelerin sonsuz sayıda olduğunu, bu nedenle de ışımanın muhtemelen ölümcül olacağını gösterir. Aynı zamanda ışıma düzeyleri o kadar güçlüdür ki solucan deliği, geçişi olanaksız kılacak şekilde kapanabilir. Bir solucan deliğinde yolculuk etmenin ne kadar tehlikeli olabileceği hakkında fizikçiler arasında tartışmalar halen sürüyor.

Solucan deliğinden içeri girerken Einstein'ın göreliliği artık hiçbir işe yaramaz. Kuantum etkilerinin büyüklüğünden dolayı bizi oralara götürecek daha ileri bir kuramımız olmalıdır. Şu an için bunu yapabilecek tek kuram, bugüne kadar fizikte ileri sürülmüş en tuhaf kuram olan sicim kuramıdır [string theory].

KUANTUM BULANIKLIĞI

Hangi kuram genel görelilik ile kuantum kuramlarını Planck enerjisinde bir araya getirebilir? Einstein ömrünün son otuz yılını, "Tanrı'nın zihnini okumasına" olanak tanıyacak bir "her şeyin kuramının" peşinden koşarak geçirdi ancak başarılı olmadı. Modern fiziğin karşısına çıkan en büyük sorunlardan biri halen budur. Çözümü, evrenin en önemli gizemlerinden bazılarını açıklığa kavuşturacak ve bizler de bunu kullanarak zamanda yolculuğu, solucan deliklerini, daha yüksek boyutları, paralel

evrenleri ve hatta Büyük Patlama'dan önce ne olduğunu araştırabileceğiz. Dahası bu sorunun yanıtı, insanlığın evrende ışıktan daha hızlı biçimde yolculuk edip edemeyeceğini belirleyecek.

Bunu anlamak için kuantum kuramının temeli olan Heisenberg belirsizlik ilkesini [uncertainty principle] anlamalıyız. Ku-lağa masum gelen bu ilke, araçlarınız ne kadar hassas olursa olsun örneğin elektron gibi herhangi bir atomaltı parçacığın hem hızını hem de konumunu aynı anda asla bilemeyeceğinizi iddia eder. Her zaman bir kuantum "bulanıklığı" vardır. Böylelikle ürkütücü bir manzara ortaya çıkar. Bir elektron aslında her bir durumun, elektronu farklı bir hızla ayrı bir konumda tarif ettiği farklı durumların bir toplamıdır. (Einstein bu ilkedен nefret ediyordu. O, nesnelerin belirli, iyi tanımlanmış durumlarda var olduğu ve herhangi bir parçacığın kesin konumunun ve hızının belirlenebildiği "nesnel gerçekliğe" inanıyordu.)

Ne var ki kuantum kuramı bunun aksini iddia ediyor. Aynaya baktığınızda kendinizi gerçekte olduğunuz gibi görmezsiniz. Büyük bir dalgalar toplamından oluşursunuz. Kısacası aynada gördüğünüz görüntü aslında bütün bu dalgaların bir ortalaması, bir bileşimidir. Hatta bu dalgalardan bazılarının mekânınıza ve uzaya saçılabileceğine ilişkin ufak bir olasılık da vardır. Aslında dalgalarınızdan bazıları Mars'a ve ötesine bile yayılabilir. (Doktora öğrencilerimize verdiğimiz sorulardan biri, dalgalarınızdan bir kısmının Mars'a saçılması ve günün birinde Kızıl Gezegen'de uyanmanız olasılığını hesaplamalarıdır.)

Bu dalgalara "kuantum düzeltmeleri" ya da "kuantum dalgalanmaları" adı verilir. Normalde bu düzeltmeler ufaktır; böylece atomların bir toplamı olduğumuza ve yalnızca ortalamaları anlayabildiğimize göre sağduyuya dayalı düşünce tamamen yerindedir. Yine de atomaltı düzeyde bu kuantum düzeltmeleri, elektronların aynı anda birden fazla yerde olabileceği ve paralel durumlarda var olabileceği şekilde büyüyebilir. Transistörlerdeki elektronların nasıl paralel durumlarda var olabildiğini Newton'a anlatsaydınız şaşar kalırdı. Modern elektroniği mümkün kılan bu düzeltmelerdir. Yani bir şekilde bu kuantum belirsizliğini yok edebilirsek tüm bu teknoloji harikaları çalışmayı dur-

duracaktır ve toplum neredeyse yüzyıl öncesine, elektrik çağının gerisine fırlatıp atılacaktır.)

Neyse ki fizikçiler atomaltı parçacıkları için bu kuantum düzeltmelerini hesaplayabilir ve haklarında öngörülerde bulunabilir. Bu öngörülerden bazıları trilyonda bir gibi inanılmaz bir kesinlikte geçerlidir. Aslına bakarsanız kuantum kuramı öylesine hassastır ki belki de tüm zamanların en başarılı kuramıdır. Sıradan maddeye uygulandığında hiçbir şey onun kesinliğine erişemez. Tarihte önerilmiş en tuhaf kuram olabilir (Einstein bir keresinde kuantum kuramının ne kadar başarılı olursa o kadar tuhaf bir hal aldığını söylemişti) ancak uğraştığı ufak bir şey vardır: İnkâr edilemez şekilde doğrudur.

Bu nedenle Heisenberg belirsizlik ilkesi, bizi gerçeklik hakkındaki bilgimizi yeniden değerlendirmeye zorlar. Sonuçlardan biri, kara deliklerin gerçekten kara olamayacağıdır. Kuantum kuramı, saf karanlık üzerine kuantum düzeltmeleri olması gerektiğini söylediği için kara delikler aslında gridir. (Bir de Hawking ışıması adı verilen zayıf bir ışıma yayarlar.) Birçok ders kitabı, bir kara deliğin merkezinde ya da zamanın başlangıcında, bir sonsuz kütleçekim noktası olan "tekillik" olduğunu söyler. Ne var ki sonsuz bir kütleçekim, belirsizlik ilkesini ihlal eder. (Bir diğer deyişle, "tekillik" diye bir şey yoktur; bu en basit haliyle, denklemler işlemediğinde ne olacağına ilişkin kendi cahilliğimizi gizlemek için uydurduğumuz bir sözcüktür. Kuantum kuramında tekillikler olmayışının nedeni, kara deliğin kesin konumunu bilmeyi önleyen bir belirsizliğin varlığıdır.) Benzer bir şekilde saf bir boşluğun, sıklıkla saf bir hiçlik olduğu dile getirilir. "Sıfır" kavramı belirsizlik ilkesini ihlal eder ve böylece saf hiçlik diye bir şey kalmaz. (Aksine boşluk, sanal madde ve karşıt madde parçacıklarının sürekli bir var olup bir yok olduğu bir kazandır.) Ayrıca tüm hareketin durduğu sıcaklık olan mutlak sıfır diye bir şey de yoktur. (Ona yaklaşıp bile atomlar sıfır noktası enerjisi olarak adlandırılan bir şekilde yavaşça hareket etmeyi sürdürür.)

Ne var ki kütleçekim üzerine bir kuantum kuramı formüle etmeye çalıştığımızda bir sorunla karşılaşırız. Einstein'ın kuramı

hakkındaki kuantum düzeltmeleri “graviton” adını verdiğimiz parçacıklar tarafından betimlenmiştir. Tıpkı fotonun ışığın taşıyıcı parçacığı olması gibi graviton da kütleçekiminin taşıyıcı parçacığıdır. Gravitonların bulunması öyle zordur ki daha önce laboratuvarlarda hiç görülmemişlerdir. Ancak fizikçiler var olduklarından emin çünkü herhangi bir kuantum kütleçekim kuramı için çok önemlidirler. Yine de bu gravitonlarla hesap yapmaya kalktığımızda kuantum düzeltmelerinin sonsuz olduğunu görürüz. Kuantum kütleçekimi, denklemleri havaya uçuran düzeltmelerle delik deşik olmuştur. Fiziğin en önde gelen beyinleri bu sorunu çözmeye çalışmış ancak hiçbiri başarılı olamamıştır.

İşte bu, modern fiziğin hedeflerinden biridir: Kütleçekim üzerine bir kuantum kuramı yaratmak ve kuantum düzeltmelerinin sınırlı ve hesaplanabilir olması. Bir diğer deyişle Einstein’ın kütleçekim kuramı, günün birinde bize gökada içerisinde kestirme yollar sağlayabilecek olan solucan deliklerinin biçimlenmesine olanak tanır. Ne var ki bu solucan deliklerinin kararlı olup olmadıklarını söyleyemez. Bu kuantum düzeltmelerini hesaplamak için görelilik ile kuantum kuramını bir araya getiren bir kuram gerekir.

SİCİM KURAMI

Şimdiye kadar bu sorunu çözmek için en güçlü (ve tek) aday, evrendeki tüm madde ve enerjinin ufak sicimlerden meydana geldiğini söyleyen sicim kuramıdır. Sicimin her bir titreyişi farklı bir atomaltı parçacığa karşılık gelir. Yani elektron tam olarak bir noktasal parçacık değildir. Bir süper mikroskobunuz olsaydı bunun parçacık değil, titreşen bir sicim olduğunu görürdünüz. Elektronun noktasal parçacık gibi görünmesinin tek nedeni, sicimin çok ufak olmasıdır.

Sicim farklı bir frekansta titreşirse kuark, muon, nötrino, foton gibi farklı bir parçacığa karşılık gelir. Fizikçilerin bu kadar çok sayıda atomaltı parçacığı keşfetmiş olmasının nedeni budur. Gerçekten bunların sayısı yüzlercedir çünkü hepsi ufak bir

sicimin yalnızca farklı titreşimleridir. Sicim kuramı bu şekilde atomaltı parçacıkların kuantum kuramını açıklayabilir. Sicim kuramına göre, sicim hareket ettikçe uzay-zamanı tam da Einstein'ın öngördüğü şekilde kıvrılmaya zorlar ve bu da Einstein'ın kuramıyla kuantum kuramını epey tatmin edici bir biçimde birleştirir.

Bu, atomaltı parçacıkların tıpkı müzik notalarına benzediği anlamına gelir. Evren, sicimlerden oluşan bir senfonidir; fizik bu notaların harmonisini temsil eder ve Einstein'ın on yıllardır izini sürdüğü "Tanrı'nın zihni" hiperuzayda yankılanan kozmik müziktir.

Öyleyse sicim kuramı, onlarca yıldır fizikçileri çileden çıkaran kuantum düzeltmelerini nasıl ortadan kaldıracak? Sicim kuramında "süpersimetri" diye bir şey var. Her parçacığın bir de eşi vardır: Bir süper parçacık ya da "s-parçacık." Örneğin elektronun eşi "s-elektrondur." Kuarkın eşi "s-kuarktır." Kısacası iki tür kuantum düzeltmesi vardır; biri sıradan parçacıklardan diğeryse s-parçacıklardan gelir. Sicim kuramının güzelliği, bu iki dizi parçacıktan gelen kuantum düzeltmelerinin birbirlerini tamamen yok etmesidir.

Böylelikle sicim kuramı bize bu sonsuz kuantum düzeltmelerini ortadan kaldırmak için basit ancak zarif bir yöntem sunar. Yok olmalarının nedeni, kuramın ona matematiksel gücünü ve güzelliğini veren yeni bir simetri açığa çıkarmasıdır.

Sanatçılar için güzellik, çalışmalarında yakalamayı arzuladıkları manevi bir nicelik olabilir. Kuramsal fizikçiler içinse güzellik simetridir. Bu aynı zamanda uzay ve zamanın nihai doğasını araştırırken mutlak bir gerekliliktir. Örneğin bir kar tanesini 60 derece döndürürsem tamamen aynı kalır. Aynı şekilde bir çiçek dürbünü [kaleydoskop], bir görüntüyü 360 dereceyi dolduracak şekilde art arda kopyalamak için aynalardan yararlanarak çok güzel desenler yaratır. Hem kar tanesi hem de çiçek dürbününün radyal simetriye sahip olduğunu söyleyebiliriz; bu, belirli bir miktar radyal dönmenin ardından değişmez kalmaları anlamına gelir.

Diyelim ki birçok atomaltı parçacığı içeren bir denkleme sahibim ve sonra onları kendi aralarında karıştırıyor ya da yeniden

düzenliyorum. Bu parçacıkların yerini değiştirdikten sonra da denklemler aynı kalıyorsa o zaman denklemlerin bir simetrisi olduğunu söyleyebilirim.

SİMETRİNİN GÜCÜ

Simetri yalnızca bir estetik meselesi değil; denklemlerinizdeki kusurları ve anomalileri gidermenin güçlü bir yoludur. Eğer kar tanesini döndürürseniz orijinal ile döndürülmüş biçimi arasında bir karşılaştırma yaparak herhangi bir bozulmayı hemen tespit edebilirsiniz. Aynı değilse düzeltilmesi gereken bir sorunuz vardır.

Benzer biçimde, bir kuantum denklemi kurarken genellikle kuramın ufak anomalilerle ve farklarla kuşatılmış olduğunu görürüz. Ancak denklemin bir simetrisi varsa bu bozulmalar giderilir. Süpersimetri yine kuantum kuramında sıkça bulunan sonsuzlukların ve kusurların da üstesinden gelir.

Sürpriz bir şekilde süpersimetrinin şimdiye kadar fizikte bulunan en büyük simetri olduğu ortaya çıkmıştır. Süpersimetri, bilinen tüm atomaltı parçacıkları alıp orijinal denklemi koruyarak karıştırabilir ya da yeniden düzenleyebilir. Aslına bakarsanız süpersimetri öyle güçlüdür ki Standart Model'in gravitonu ve atomaltı parçacıkları da dahil olmak üzere Einstein'ın kuramını alıp onları çevirebilir ya da yerlerini değiştirebilir. Bu bize Einstein'ın kütleçekim kuramı ile atomaltı parçacıklarını birleştirmek için keyifli ve doğal bir yöntem sunar.

Sicim kuramı, her bir sivri ucu Einstein'ın denklemlerinin tamamını ve atomaltı parçacıkların Standart Model'ini temsil eden kocaman bir kozmik kar tanesine benzer. Yani kar tanesinin bütün sivri uçları evrendeki parçacıkların tamamını yansıtır. Kar tanesini döndürdüğümüzde evrendeki bütün parçacıklar da yer değiştirir. Bazı fizikçiler, Einstein hiç doğmamış olsaydı ve Standart Model'i ortaya çıkarmak için atomları parçalamaya milyarlarca dolar asla harcanmasaydı yalnızca sicim kuramına sahip

olmanızla yirminci yüzyıl fiziğinin tamamının keşfedileceğini ifade eder.

En önemlisi süpersimetri, bizi sınırlı bir kütleçekim kuramıyla baş başa bırakarak parçacıkların o s-parçacıklarla kurduğu kuantum düzeltmelerini geçersiz kılar. Sicim kuramının mucizesi budur. Bu ayrıca sicim kuramı hakkında sıklıkla işitilen şu soruyu da yanıtlar: Neden on boyutta var oluyor? Neden on üç ya da yirmi değil?

Bunun nedeni, sicim kuramındaki parçacık sayısının uzay-zaman boyutluluğuna göre çeşitlenebilmesidir. Daha yüksek boyutlarda parçacıkların titreşebildiği daha fazla yöntem olduğu için daha çok parçacık vardır. S-parçacıkların düzeltmelerine karşı parçacıkların kuantum düzeltmelerini geçersiz kılmaya çalıştığımızda, bunun yalnızca on boyutlu bir ortamda gerçekleşebileceğini görürüz.

Matematikçiler genellikle, sonradan fizikçilerin kendi kuramlarına dahil ettikleri yeni, yaratıcı yapılar kurarlar. Örneğin eğri yüzeyler hakkındaki kuram, on dokuzuncu yüzyılda matematikçiler tarafından tasarlanmış ve daha sonra 1915 yılında Einstein'ın kütleçekim kuramıyla birleştirilmiştir. Ne var ki bu sefer tam tersi oldu. Sicim kuramı, matematikçileri ürküten bir sürü yeni matematik dalı açtı. Genellikle kendi disiplinlerinin uygulamalarını hor gören genç, hevesli matematikçiler, bilimsel ve teknolojik ilerlemelerde önde yer almak istiyorlarsa sicim kuramını öğrenmelidir.

Einstein'ın kuramı solucan delikleri ve ışıktan daha hızlı yolculuk olasılıklarına olanak tanısa da kuantum düzeltmelerinin varlığında bu solucan deliklerinin ne kadar kararlı olduğunu hesaplamak için sicim kuramına gereksinim vardır.

Özetle, bu kuantum düzeltmeleri sonsuzdur ve bu sonsuzlukları ortadan kaldırmak, fiziğin temel sorunlarından biridir. Sicim kuramı bu kuantum düzeltmelerini ortadan kaldırır çünkü birbirini geçersiz kılan tam olarak iki tür kuantum düzeltmesine sahiptir. Parçacıklar ile s-parçacıklar arasındaki bu kusursuz dengeleme süpersimetrisinin sonucudur.

Yine de sicim kuramı zarif ve güçlü olmasına karşın yeterli değildir; eninde sonunda nihai mücadeleyle yani deneyle yüzleşmek zorundadır.

SİCİM KURAMINA YÖNELİK ELEŞTİRİLER

Bu manzara hem zorlayıcı hem de ikna edici olsa bile kuram hakkında yapılabilecek geçerli eleştiriler var: Öncelikle sicim kuramının (ya da o açıdan bakarsak herhangi bir her şeyin kuramının) tüm fiziği bütünleştirdiği enerji Planck enerjisi olduğuna göre, yeryüzündeki hiçbir makine bunu titizlikle sınayacak yeterlilikte değildir. Doğrudan bir test, laboratuvarında bir bebek evren yaratılmasını içerir ancak mevcut teknolojiyle bu mümkün değildir.

İkinci olarak, her fizik kuramı gibi birden fazla çözümü vardır. Örneğin ışığı idare eden Maxwell denklemleri sonsuz sayıda çözüme sahiptir. Bu bir sorun değildir çünkü herhangi bir deneyin en başında ister bir ampul olsun ister lazer ya da televizyon, ne üzerine çalışacağımızı açıkça belirleriz. Daha sonra, verilen başlangıç koşullarına göre Maxwell denklemlerini çözeriz. Ancak bir evren kuramımız varsa bunun başlangıç koşulları nedir ki? Fizikçiler, bir “her şeyin kuramının” kendi başlangıç durumunu zorla kabul ettirmesi gerektiğine inanır; buna göre Büyük Patlama’nın başlangıç koşullarının bir şekilde kuramın kendisinden doğmuş olması gerektiğini ileri sürerler. Yine de sicim kuramı birçok çözümünden hangisinin evrenimize uygun olduğunu söylemez. Sicim kuramı, başlangıç koşulları olmadan da her biri bir sonraki kadar geçerli olan çoklu evren adındaki sonsuz sayıda paralel evreni içerir. Yani sicim kuramının yalnızca kendi evrenimizi değil, muhtemelen sonsuz sayıdaki başka aynı geçerliliğe sahip uzaylı evrenlerini de öngörmesiyle gereğinden fazla seçeneğimiz vardır.

Son olarak, sicim kuramının belki de en ürkütücü öngörüsü, evrenin dört boyutlu falan olmayıp on boyutta var olduğudur.

Fiziğin hiçbir alanında kendi boyutluluğunu seçen bir uzay-zaman kuramı gibi böylesi tuhaf bir tahminle karşılaşmamıştık. Başta birçok fizikçi bunu, tuhaflığından dolayı bilimkurgu yerine koyarak görmezden gelmiştir. (Sicim kuramı ilk önerildiğinde yalnızca on boyutta var olabilmesi bir eğlence konusuydu. Örneğin Nobel ödüllü Richard Feynman, sicim kuramını bulanlardan biri olan John Schwarz'a "Peki John, bugün kaç boyut içindeyiz?" diye sorarak onunla alay ediyordu.)

HİPERUZAYDA YAŞAMAK

Evrenimizdeki herhangi bir nesnenin üç sayıyla tanımlanabileceğini biliyoruz: Uzunluk, genişlik ve yükseklik. Buna bir de zamanı eklersek evrendeki herhangi bir olayı dört sayı tanımlayabilir. Örneğin biriyle New York'ta buluşmak istesem şöyle diyebilirim: Kırk ikinciyle beşinci caddenin kesişimindeki onuncu katta, öğlen buluşalım. Ne var ki bir matematikçi için yalnızca üç ya da dört koordinata gereksinim duymak biraz keyfi gelebilir çünkü üç ya da dört boyutun özel hiçbir yanı yoktur. Fiziksel evrenin en temel özelliği neden böylesine sıradan sayılarla tanımlansın ki?

Bu durumda matematikçilerin sicim kuramıyla bir derdi yoktur. Ancak fizikçiler bu daha yüksek boyutları görselleştirmek için sıklıkla analogilerden yararlanır. Çocukken zamanımın çoğunu, San Francisco'daki Japon Çay Bahçesi'ni seyredererek geçirdim. Sığ gölde yüzen balığı izlerken kendi kendime yalnızca bir çocuğun soracağı bir soru yöneltmiştim: "Bir balık olmak nasıl bir şeydir?" Ne kadar tuhaf bir dünya görüyorlar diye düşünmüştüm. Evrenin yalnızca iki boyutlu olduğunu sanıyorlar. Bu sınırlı alanda yalnızca iki yana doğru hareket ederek yüzebilirler ancak asla aşağı ya da yukarıya doğru değil. Gölün ötesinde bir üçüncü boyutu anmaya kalkan herhangi bir balık muhtemelen deli yerine konurdu. Sonra gölde, hiperuzaydan bahseden birileri olduğu an burun kıvrıran bir balık yaşadığını hayal ettim; ne de olsa evren yalnızca dokunabildiğiniz ve hissedebildiğiniz

bir şeydi. Sonra o balığı tutup “yukarı” dünyaya kaldırdığımı düşündüm. Ne görecekti? Yüzgeçsiz hareket eden canlılar. Yeni bir fizik yasası. Su olmadan nefes alanlar. Yeni bir biyoloji yasası. Sonra o bilimci balığı yeniden göle bıraktığımı ve “yukarı” dünyada yaşayan inanılmaz yaratıkları diğer balıklara anlatmak zorunda kalacağımı hayal ettim.

Benzer bir şekilde belki de balık biziz. Sicim kuramı kanıtlanırsa bu, bildiğimiz dört boyutlu dünyanın ötesinde, görülmemiş boyutlar olduğu anlamına gelir. İyi de nerede bu daha yüksek boyutlar? Olasılıklardan biri, on orijinal boyuttan altısının “büküldüğü”, bu yüzden de artık görünemeyecekleri yönünde. Bir sayfa kâğıt aldığınızı ve onu sarıp dar bir tüp içine koyduğunuzu düşünün. Sayfanın kendisi iki boyutluydu ancak sarma süreci tek boyutlu bir tüp yarattı. Uzaktan baktığınızda yalnızca tek boyutlu tüpü görürsünüz ancak gerçekte halen iki boyutludur.

Aynı şekilde sicim kuramı da evrenin aslında on boyutlu olduğunu ancak bir nedenden dolayı bu boyutlardan altısının bükülerek bizi dünyamızın dört boyutlu olduğu yanılsamasıyla baş başa bıraktığını iddia eder. Sicim kuramının bu özelliği muhteşem görünse de bu daha yüksek boyutları ölçmeye yönelik çabalar halen sürer.

Peki daha yüksek boyutlar, sicim kuramının görelilik ile kuantum mekaniğini birleştirmesine nasıl yardımcı oluyor? Kütleçekim kuvvetini, çekirdek kuvvetlerini ve elektromanyetik kuvveti tek bir kuramda birleştirmeyi denerseniz dört boyutta bunu yapmaya yetecek kadar “yer” olmadığını görürsünüz. Tıpkı birbirine uymayan yapboz parçalarına benzerler. Yine de gittikçe daha fazla boyut eklemeye başladığınızda, tıpkı bütünü oluşturmak için yapbozun parçalarını birleştirmek gibi bu daha düşük kuramları bir araya getirecek yeterli alanı da sağlarsınız.

Örneğin Düzülkelilerin,* tıpkı insan şeklinde kurabiyeler gibi yalnızca sağa ya da sola hareket edebilen ancak asla “yu-

* Yazar, Edwin A. Abbott'ın 1884 yılında kaleme aldığı bilimkurgu eseri Düzülke'ye (Flatland) atıfta bulunmaktadır. -çn.

karı” çıkamayan iki boyutlu dünyasını düşünün. Düşünün ki bir zamanlar çok güzel, üçboyutlu bir kristal varmış ve parçalarını Düzülke’ye yağdırarak patlamış. Düzülkeliler yıllar içinde bu kristali iki büyük parça halinde bir araya getirmiş. Ancak ne kadar çabalarlarsa çabalasınlar bu son iki parçayı bir araya getirmeyi başaramamışlar. Sonra günün birinde Düzülkelilerden biri, parçalardan birini “yukarıya,” görünmeyen üçüncü boyuta çıkarırlarsa iki parçanın bir araya gelerek çok güzel bir üçboyutlu kristal oluşturacağı hakkında hiç olmayacak bir öneride bulunmuş. Kısacası kristali yeniden yapmanın sırrı, parçalarını üçüncü boyuta taşımaktadır. Benzerliği kurmak gerekirse bu iki parça görelilik ve kuantum kuramları; kristal, sicim kuramı ve patlama da Büyük Patlama’dır.

Her ne kadar sicim kuramı, verilerle uyumlu olsa da halen onu sınamamız gerekiyor. Ancak daha önce ifade ettiğimiz gibi; doğrudan bir test mümkün değil, fizik biliminin büyük bölümü dolaylı olarak yapılıyor. Örneğin Güneş’in temel olarak hidrojen ve helyumdan meydana geldiğini bilsek de henüz kimse oraya bir ziyarette bulunmadı. Güneş’in bileşimini, Güneş ışığını renk şeritleri halinde kıran bir prizmadan bakarak dolaylı yoldan incelediğimiz için biliyoruz. Gökkuşağındaki bu şeritleri inceleyerek hidrojen ve helyumun parmak izlerini tespit edebiliyoruz. (Aslına bakarsanız helyum ilk olarak Dünya’da bulunmamıştı. 1868’de bilim insanları, bir tutulma sırasında Güneş ışığını incelerken yeni, tuhaf bir elementin kanıtını buldu ve buna “Güneş’ten gelen metal” anlamına gelen “helyum” adını verdi. Dünya’da helyum bulunması ve bilim insanlarının onun metal değil gaz olduğunu anlamasıysa 1895 yılını buldu.)

KARANLIK MADDE VE SİCİMLER

Aynı şekilde sicim kuramı da dolaylı testler aracılığıyla kanıtlanabilir. Sicimin her bir titreşimi bir parçacığa karşılık geldiğine göre, parçacık hızlandırıcılarımızla sicimin daha yüksek “oktavlarını” temsil eden tamamen yeni parçacıkları arayabiliriz. Umu-

dumuz, protonları trilyonlarca volt kuvvetle birbirine çarparak sicim kuramı tarafından öngörülen enkaz içerisinde, kısa bir süreliğine yeni bir parçacık yaratmak yönünde. Bu, gökbilimin çözülemeyen en büyük sorunlarından birini açıklamaya yardımcı olabilir.

1960'lerde gökbilimciler, Samanyolu gökadasının dönüşünü incelediğinde çok tuhaf bir şey buldular. Gökada öyle hızlı dönüyordu ki Newton yasalarına göre parçalara ayrılması gerekiyordu ancak neredeyse on milyar yıldır kararlıydı. Aslında gökada, geleneksel Newton mekaniğine göre olması gerekenden yaklaşık on kat daha hızlı dönüyordu.

Bu çok büyük bir sorun yaratıyordu. Ya Newton'ın denklemleri hatalıydı (ki böyle bir şey düşünülemezdi) ya da gökadaları sararak kütleçekiminin onları bir arada tutmasını sağlayacak şekilde kütlelerini arttıran, bilinmeyen maddeden meydana gelmiş görünmez bir hale vardı. Bunun anlamı, güzel, sarmal kollara sahip muhteşem gökadalara ait resimlerin belki de tamamlanmamış olduğu, aslında görünen gökadadan on kat daha büyük olan devasa bir görünmez haleyle sarılı olduklarıdır. Gökadaların fotoğrafları yalnızca dönen, alımlı yıldız kütleleri gösterdiğine göre, kütleyi bir arada tutan her neyse ışıkla etkileşime girmeyen, görünmez bir şey olmalı.

Astrofizikçiler bu kayıp kütleye "karanlık madde [dark matter]" adını taktı. Varlığı, onları evrenin çoğunlukla atomlardan meydana geldiğini söyleyen kuramlarını gözden geçirmeye zorluyordu. Artık evrendeki karanlık maddeye ilişkin haritalarımız var. Karanlık madde görünmez olsa da ışığı, tıpkı kütlesi olan herhangi bir şeyin yapacağı gibi büker. Bu nedenle gökadalara saran yıldız ışığının sapmasını inceleyerek karanlık maddenin varlığını hesaplamak üzere bilgisayarlardan yararlanabilir ve evrendeki dağılımını haritalandırabiliriz. Bu harita gerçekten de gökadanın toplam kütlelerinin büyük bir bölümünün bu biçimde var olduğunu gösterir.

Karanlık madde görünmez olmasının yanı sıra kütleçekime de sahiptir ancak elinizle tutamazsınız. Atomlarla (elektriksel olarak nötr olduğundan) hiç etkileşim kurmadığı için elinizin,

zeminin ve yeryüzü kabuğunun içinden geçecektir. Dünya'nın kütleçekimine bağlı oluşu haricinde, New York ile Avustralya arasında Dünya yokmuşçasına salınacaktır. Sözün özü, karanlık madde görünmez olmasına karşın halen kütleçekimi aracılığıyla diğer parçacıklarla etkileşim kurar.

Kuramlardan biri, karanlık maddenin, süper sicimin daha yüksek bir titreşimi olduğudur. Burada öne çıkan aday, fotonun süper eşi "fotino" ya da "küçük fotondur." Karanlık madde olmak için gereken tüm doğru özelliklere sahiptir: Işıkla etkileşime girmediği için görünmezdir ve yine de ağırlığa sahip olup kararlıdır.

Bu varsayımı kanıtlamanın birkaç yolu var. İlki, Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'yla protonları birbirine çarpıştırarak doğrudan karanlık madde yaratmaktır. Bir karanlık madde parçacığı, hızlandırıcının içinde çok ufak bir anlığına meydana gelecektir. Bu mümkün olursa bilim için muazzam yankıları olacak, tarihte ilk kez atomlar üzerine kurulu olmayan yeni bir madde formu bulunmuş olacaktır. LHC karanlık madde üretecek kadar güçlü olmazsa belki bunu ILC başarabilir.

Bu varsayımı kanıtlamanın başka bir yolu daha var. Dünya, bu görünmez karanlık madde rüzgârı içinde hareket eder. Umu-dumuz, bir karanlık madde parçacığının, bir parçacık dedektörü içinde bir protonla çarpışarak fotoğraflanabilecek bir atomaltı parçacığı yağmuru yaratması yönündedir. Günümüzde dünyanın her yerinden fizikçiler, sabırla dedektörlerindeki madde ile karşıt madde arasındaki çarpışmanın imzasını bulmayı bekliyor. Bunu başaran ilk fizikçiyi de bir Nobel ödülü bekliyor.

Karanlık madde ister parçacık hızlandırıcılarla ister yeryüzüne yerleştirilmiş alıcılarla bulunsun, özelliklerini sicim kuramı tarafından öngörülenlerle karşılaştırabileceğiz. Bu şekilde, kuramın geçerliliğini değerlendirecek kanıta sahip olacağız.

Karanlık maddeyi bulmak, sicim kuramını kanıtlamakta önemli bir adım olsa da başka kanıtlar da mümkün. Örneğin Newton'ın kütleçekim yasaları, yıldızlar ve gezegenler gibi büyük cisimlerin hareketlerini yönetir ancak birkaç santim ya da adım gibi ufak mesafeler üzerinde etkisi olan kütleçekim kuv-

veti hakkında çok az şey bilinir. Sicim kuramı daha yüksek boyutları varsaydığına göre bu, Newton'ın ünlü (kütleçekiminin, uzaklığın karesiyle orantılı bir biçimde azaldığını söyleyen) ters kare yasasının [inverse square law] ufak mesafelerde ihlal edileceği anlamına gelir çünkü Newton'ın yasası üç boyutta öngörülmüştür. (Örneğin uzay dört boyutlu olsaydı kütleçekiminin, uzaklığın ters küpüyle orantılı olarak azalması gerekirdi. Şimdiye kadar Newton'ın kütleçekimi yasasına ilişkin testler daha yüksek boyutlar hakkında herhangi bir kanıt sunmamış olsa da fizikçiler bu işin peşini bırakmıyor.)

Bir diğer olası yol da uzaya kütleçekim dalgaları için dedektörler göndermektir. Louisiana ve Washington'da bulunan Lazer Girişimölçer Kütleçekim Dalgaları Gözlemevi (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory - LIGO), 2016'da çarpışan kara deliklerden kütleçekim dalgaları yakalamada ve 2017'de nötron yıldızları çarpıştırmada başarılı olmuştu. Uzayda kurulu Lazer Girişimölçer Uzay Anteni'nin (Laser Interferometry Space Antenna -LISA) değiştirilmiş bir türü de Büyük Patlama anından kütleçekim dalgaları yakalamayı başarabilir. Birilerinin "video kaydını geriye doğru oynatabileceğini" ve Büyük Patlama öncesi dönemin doğası hakkında tahminlerde bulunabileceğini umuyoruz. Bu, sicim kuramının Büyük Patlama öncesi evrene ilişkin kimi tahminlerinin kabaca sınanmasına olanak sağlayacaktır.

SİCİM KURAMI VE SOLUCAN DELİKLERİ

Sicim kuramına ilişkin başka testler, halen atomaltı parçacıklara benzeyen mikro kara delikler gibi kuramın öngördüğü egzotik parçacıkları bulmayı içeriyor olabilir.

Fiziğin nasıl uzak gelecekteki uygarlıklar hakkında, enerji tüketimlerine dayalı mantıklı tahminlerde bulunmamıza olanak tanıdığını gördük. Uygarlıkların, bir tip 1 gezegen uygarlığından önce bir tip 2 yıldız uygarlığına ve son olarak da bir tip 3 gökada uygarlığına evrilmeleri beklenebilir. Bir gökada uygarlığının

gökadayı von Neumann sondaları aracılığıyla ya da bilinçlerini gökada içerisinde lazer ışınlayarak keşfetmeleri büyük bir olasılıktır. Esas nokta, bir tip 3 uygarlığın uzay-zamanın kararsız hale geldiği ve ışık hızından daha hızlı yolculuk etmenin mümkün olabileceği Planck enerjisine erişebilmesidir. Ne var ki ışık hızından daha hızlı yolculuk etmenin fiziğini hesaplamak için Einstein'ın kuramından öteye giden bir kuram gereklidir ve belki de bu sicim kuramı olabilir.

Sicim kuramını kullanarak zamanda yolculuk, boyutlar arası yolculuk, solucan delikleri ve Büyük Patlama'dan önce ne olduğu gibi egzotik olguları incelemek için gereken kuantum düzeltmelerini hesaplayabilmeyi umuyoruz. Bir tip 3 uygarlığın kara delikleri yönetebildiğini ve bu sayede bir solucan deliği aracılığıyla bir paralel evrene geçit açabildiğini düşünsenize. Sicim kuramı olmadan, geçitten girdiğinizde ne olacağını hesaplamak olanaksızdır. Patlayacak mı? Kütleçekim ısması tam da siz girdiğinizde onu kapatacak mı? İçinden geçip bunu anlatmak üzere yaşayabilecek misiniz?

Sicim kuramı, solucan deliğinden geçtiğinizde ne kadar kütleçekim ısmasıyla karşılaşacağınızı hesaplayabilmeli ve bu soruların tümünü yanıtlayabilmelidir.

Fizikçiler arasında şiddetli bir biçimde tartışılan diğer bir soru da bir solucan deliğinden geçerek zamanda geriye giderse-niz ne olacaktır. Kendiniz doğmadan büyükbabanızı öldürecek olursanız elinizde bir paradoks kalır. Atanızı öldürmüş olmanız halinde nasıl var olacaksınız? Einstein'ın kuramı, aslında (negatif enerjinin var olması durumunda) zamanda yolculuğa olanak tanır ancak bu paradoksların nasıl çözüleceği hakkında herhangi bir şey söylemez. Sicim kuramı, her şeyin hesaplanabildiği ölçülebilir bir kuram olduğu için, tüm bu akıldışı paradoksları çözebilir. (Tamamen kişisel olan görüşüm, bir zaman makinesine girdiğinizde zaman nehrinin çatallandığı; diğer bir deyişle zaman çizgisinin ikiye ayrıldığıdır. Bu da tıpkı kendi büyükbabanıza benzeyen ancak alternatif bir evrende başka bir zaman çizgisinde var olan bir başkasının büyük babasını öldürdüğünüz

anlamına gelir. Böylelikle bütün zaman paradokslarını çözecek olan şey, çoklu evrendir.)

Ne var ki günümüzde fizikçiler sicim kuramının karmaşık matematiği nedeniyle onu bu sorulara uygulayamamıştır. Bu deneysel değil matematiksel bir sorun olduğu için, günün birinde girişimci bir fizikçi, solucan delikleri ve hiperuzayın özelliklerini eksiksiz olarak hesaplamayı başarabilir. Işıktan daha hızlı yolculuk etmek üzerine boş boş varsayımlarda bulunmak yerine sicim kuramını kullanan bir fizikçi, bunun mümkün olup olmayacağına karar verebilir. Yine de bu kararı vermeden önce kuramın yeteri kadar anlaşılmasını beklemek zorundayız.

DAĞILMANIN SONU MU?

Öyleyse bir tip 3 uygarlığın ışık hızından daha hızlı giden uzay gemilerine erişmek için kuantum kütleçekim kuramından yararlanabilmesi olası mı mevcuttur.

Peki bunun insanlar adına çıkarımları nerede?

Daha önce ışık hızına dayalı bir tip 2 uygarlığın, nihayetinde ana gezegenle tüm iletişimini yitirebilecek olan bir sürü farklı genetik soy yaratarak uzay kolonileri kurabileceğinden bahsetmiştik.

Bir tip 3 uygarlık Planck enerjisine hakim olur ve insanlığın bu kollarıyla iletişim kurmaya başlarsa ne olacağı sorusuysa öylece duruyor.

Tarih tekerrür edebilir. Örneğin Büyük Dağılma, bize hızlı bir uluslararası taşımacılık ağı sunan uçakların ve modern teknolojinin gelişile sona erdi. Bugün, bir zamanlar atalarımızın on binlerce yılda aşığı kıtaları aşmamız için ufak bir uçak yolculuğu yeterli oluyor. Aynı şekilde bir tip 2 uygarlıktan tip 3 uygarlığa geçtiğimizde, uzay-zamanın kararsız hale geldiği nokta olan Planck enerjisini keşfedecek güce doğamız gereği sahip olacağız.

Bunun ışıktan daha hızlı yolculuk etmeyi mümkün kılacağını varsayarsak anlamı, bir tip 3 uygarlığın gökade yayılmış olan

çeşitli tip 2 kolonileri bir araya getirebileceği olacaktır. Ortak insanlık mirasımıza göre bu Asimov'un hayal ettiği yeni bir gökada uygarlığının ortaya çıkmasını mümkün kılabilir.

Yukarıda gördüğümüz gibi insanlığın birkaç on bin yıl içinde yaşayabileceği genetik farklılık miktarı, Büyük Dağılma'dan bu yana çoktan meydana gelmiş olan farklılık miktarıyla hemen hemen aynıdır. Esas nokta, bu süre boyunca bizim insanlığımızı korumuş olmamızdır. Bir kültürün içine doğmuş olan ufak bir çocuk büyüyüp tamamen farklı bir başka kültür içinde de kolaylıkla olgunlaşabilir; üstelik bu iki kültür devasa bir kültürel uçurumla ayrılıyor olsa bile.

Bu aynı zamanda, eski insan göçlerine ilgi duyan tip 3 arkeologların gökadadaki çeşitli tip 2 uygarlık kollarının güzergâhlarını takip ederek kaynağına gitmeyi deneyebilecekleri anlamına gelir. Gökada arkeologları, çeşitli eski tip 2 uygarlıklara ilişkin işaretlerin peşine düşebilir.

Kuruluş efsanesinde kahramanlarımız, Gökada İmparatorluğu yaratmış ve adı ile konumu gökada tarihi öncesinin karmaşasında kaybolmuş olan atalarımıza ait gezegeni arar. İnsan nüfusunun sayısı trilyonları bulurken milyonlarca da yerleşim kurulmuş gezegen olması nedeniyle bu epey umutsuz bir görevdir. Ancak gökadadaki en eski gezegenleri keşfederek en erken dönem gezegen kolonilerinin kalıntılarını bulurlar. Bu gezegenlerin nasıl da savaşlar, hastalıklar ve diğer felaketler yüzünden terk edildiklerini görürler.

Aynı şekilde bir tip 3 uygarlık, bir tip 2 uygarlıktan doğabilir ve ışık hızının altında giden uzay gemileriyle yüzlerce yıl önce keşfedilen çeşitli kolların geçmişe doğru izini sürmeye çalışabilir. Şimdiki uygarlığımızın, her biri farklı bir tarihe ve bakış açısına sahip bir sürü türde kültürün varlığıyla zenginleşmesi gibi bir tip 3 uygarlık da tip 2 uygarlığı döneminde ortaya çıkan farklı kültürlerle etkileşime girerek zenginleşebilir.

Kısacası ışık hızından daha hızlı giden uzay gemilerinin yapılması, Asimov'un insanlığı tek bir gökada uygarlığı olarak birleştirme hayalini gerçekleştirebilir.

Sir Martin Rees'in dediği gibi "İnsanlar kendilerini yok etmekten kaçınabilirse insan ötesi çağ bizi çağırıyor olacak. Dünya'daki yaşam, algımızın çok ötesindeki yoğun bir karmaşıklık içinde evrilerek tüm gökadeya yayılabilir. Bunun gerçekleşmesi halinde, uzayda süzülen solgun mavi bir nokta olan ufak gezegenimiz, gökadarun tamamındaki en önemli yer olabilir. Dünya'nın ilk yıldızlararası yolcuları, tüm gökada ve ötesinde yankı uyandıracak bir görev gerçekleştirecektir."

Ne var ki sonunda her ileri uygarlık, varlıklarına karşı gelen nihai mücadeleyle karşı karşıya kalacaktır: Evrenin kendi sonu. Şu soruyu sormak zorundayız: İleri bir uygarlık, bütün muazzam teknolojisiyle, var olan her şeyin ölümünden yakasını sıyırabilir mi? Belki de zeki yaşam için tek çare bir tip 4 uygarlık olarak evrilmeaktır.

14

Evreni Terk Etmek

Kimileri der, Dünya'nın sonu ateştir,
Kimileri buz.
Şehveti tattığım kadarıyla
Fikrim ateşi tutanlardan yana.

– ROBERT FROST, 1920

Sonsuzluk feci uzun bir zaman –özellikle sonlarına
doğru.

– WOODY ALLEN

DÜNYA ÖLÜYOR.

Yıldızlararası filminde bitkilerde tuhaf bir salgın ortaya çıkar ve mahsul kıtlığı ile tarımın çökmesine neden olur. İnsanlar açlıktan ölür. Uygarlık yıkıcı bir kıtlıkla yüz yüze kalarak yavaş yavaş mahvolur.

Matthew McConaughey, tehlikeli bir görev verilen eski NASA astronotunu oynar. Daha önce Satürn'ün yakınlarında gizemli bir biçimde bir solucan deliği açılmıştır. Bu, içine giren herkesi gökadanın belki de yeni, yaşanılabilir dünyalara sahip olan uzak bir tarafına ileten bir geçittir. İnsanlığı kurtarmak için her şeyi göze alan McConaughey, solucan deliğinden girerek insanlık için yıldızlar arasında yeni bir yuva arar.

Bu sırada bilim insanları, Dünya'da çaresiz bir şekilde solucan deliğinin gizemini çözmeye çalışır. Bunu kim yaptı? Neden tam da insanlık yok olmak üzereyken ortaya çıktı?

Gerçek yavaş yavaş anlaşılır. Bu solucan deliğini yapmak için gereken teknoloji, bizimkinden milyonlarca yıl daha gelişmiştir. Bunu yapanlar aslında torunlarımızdır. Yaratıcıları o kadar gelişmiştir ki bildiğimiz evrenin ötesinde, hiperuzayda yaşarlar. Atalarını (bizleri) kurtarmak amacıyla ileri teknoloji göndermek için geçmişe bir geçit inşa etmişlerdir. Doğrusu insanlığı kurtararak kendilerini kurtarırlar. Fizikçi olmasının yanı sıra filmin yapımcılarından biri olan Kip Thorne'a göre filmin temelindeki fiziğin ilhamı sicim kuramından gelir.

Sağ kalırsak bir gün biz de benzer bir kriz yaşayacağız ancak bu sefer evren ölüyor olacak.

Gelecekte bir gün evren soğuk ve karanlık bir hal alacak; evren, bir Büyük Donma'ya [the Big Freeze] gömülürken yıldızlar parlamayı kesecek. Nihayetinde sıcaklık mutlak sifıra yaklaşarak evrenin kendisi öldüğünde bütün yaşam son bulacak.

Bizim kafamızdaki sorular da şunlar: Herhangi bir kaçış noktası var mı? Bu kozmik kıyameti önleyebilir miyiz? Matthew McConaughey gibi kurtuluşu hiperuzayda bulabilir miyiz?

Evrenin nasıl ölebileceğini anlamak için Einstein'ın kütleçekim kuramının bize sağladığı uzak gelecek öngörülerini incelemek ve ardından son on yılda gerçekleştirilen ürkütücü, yeni keşifleri araştırmak önemli.

Bu denklemlere göre evrenin nihai kaderine ilişkin üç olasılık var.

BÜYÜK ÇÖKÜŞ, BÜYÜK DONMA YA DA BÜYÜK ÖLÜM

İlki, evrenin genişlemesi yavaşladığında, durduğunda ve tersine döndüğünde gerçekleşecek olan Büyük Çöküş'tür [the Big Crunch]. Bu senaryoda, gökyüzündeki gökadarlar nihayetinde duracak ve daralmaya başlayacaktır. Uzak yıldızların gittikçe yaklaşma-

ısıyla sıcaklıklar inanılmaz oranda artacaktır. En sonunda, bütün yıldızlar başlangıçtaki gibi aşırı ısınmış bir kütle halinde bütünleşecektir. Bazı senaryolardaysa bir Büyük Sıçrama [the Big Bounce] bile meydana gelebilir ve Büyük Patlama en baştan yaşanır.

İkincisi, evrenin büyümesinin tüm şiddetiyle sürdüğü Büyük Donma'dır. Termodinamiğin ikinci yasası, toplam entropinin her zaman arttığını ve nihayetinde evren madde olarak soğurken ısının daha da dağılacağını iddia eder. Moleküller bile neredeyse tüm hareketlerini sonlandırmışken yıldızlar parlamayı kesecek, geceleyin gökyüzü kapkaranlık olacak ve sıcaklıklar yaklaşık olarak mutlak sifıra çakılacaktır.

Gökbilimciler, onlarca yıl boyunca evrenimizin kaderini hangi senaryonun belirleyeceğini bulmaya çalıştı. Bu, evrenin ortalama yoğunluğu hesaplanarak yapılır. Evren yeterince yoğunsa uzak gökadalara çekmeye ve genişlemeyi tersine döndürmeye yetecek kadar madde ve kütleçekim var demektir. Bu durumda Büyük Çöküş gerçekçi bir olasılık halini alır. Evrende yeteri kadar kütle yoksa genişlemeyi tersine döndürecek kadar kütleçekim yok demektir ve evren Büyük Donma'ya doğru gider. Bu iki senaryoyu birbirinden ayıran kritik yoğunluk, metreküp başına aşığışı yukarı altı hidrojen atomudur.

2011'de Nobel fizik ödülü, onlarca yıl el üstünde tutulan bir inancı alaşığışı eden keşifleri nedeniyle Saul Perlmutter, Adam Riess ve Brian Schmidt'e verildi. Keşifleri; evrenin genişlemesinin yavaşlamak yerine aslında hızlandığıydı. Evren 13,8 milyar yaşındadır ancak bundan yaklaşık 5 milyar yıl önce üstel olarak genişleme başlamıştır. Bugün evren, içindekiler birbirinden kaçarcasına genişliyor. *Scientific American* dergisi "Astrofizik camiası, evrenin uzaklaştığını öğrenince serseme döndü." iddiasında bulunmuştu. Gökbilimciler, bu çarpıcı sonuca evrenin milyarlarca yıl önce genişlediğı oranı belirlemek için uzak gezegenlerdeki süpernova patlamalarını inceleyerek vardı. (Tip 1a adı verilen bir süpernova patlaması türü, sabit bir parlaklığa sahiptir; böylece parlaklığından yararlanarak uzaklığını doğru bir biçimde ölçebiliriz. Kafasında parlaklığı bilinen bir kafa lambası bulunan

kişinin ne kadar uzakta olduğunu söylemek kolaydır ancak parlaklığını bilmiyorsanız bunu söylemek zordur. Bilinen parlaklık şiddeti ölçümlerinden birisi, “mum”dur. Bir tip 1a süpernova, standart olarak bir mum ölçeğindedir yani uzaklığını söylemek kolaydır.) Bilim insanları bu süpernovaları incelerken tıpkı beklediği gibi bizden uzaklaştıklarını keşfettiler. Dahası şaşırtıcı bir biçimde, daha yakındaki süpernovaların, genişleme oranının ivmelendiğini gösteren bir şekilde olması gerekenden daha hızlı uzaklaşıyor gibi göründüklerini fark ettiler.

Verilere göre Büyük Donma’yla Büyük Çöküş’e ek olarak bir üçüncü alternatif olan Büyük Ölüm [the Big Rip] de su yüzüne çıkmaya başlar. Bu, Büyük Donma’nın stereoit almış haline benzer. Evrenin yaşam döngüsü için aşırı hızlandırılmış bir zaman dilimi gibidir.

Büyük Sökülme’de uzak gökadarlar nihayetinde bizden öyle hızlı uzaklaşır ki ışık hızını aşarlar ve görüş alanının dışına çıkarlar. (Bu, özel göreliliği ihlal etmez çünkü ışıktan daha hızlı genişleyen şey uzaydır. Maddi nesneler ışık hızından daha hızlı hareket edemez ancak boş uzay herhangi bir hızda gerilip genişleyebilir.) Bu, gece gökyüzünün kararacağı anlamına gelir çünkü uzak gökadarların ışığı çok hızlı uzaklaştıkları için bize ulaşamaz.

Sonunda bu katlanarak artan genişleme öyle büyük bir hal alır ki yalnızca gökada değil, Güneş Sistemi ve bedenlerimizi meydana getiren atomlar bile yırtılarak ayrılır. Büyük Sökülme’nin son aşamalarında madde, bildiğimiz şekliyle varlığını sürdüremez.

Scientific American bu konuda, “Uzayın hızla genişlemesi atomlarını paramparça ederken gökadarlar mahvolur, Güneş Sistemi çözülür ve nihayetinde bütün gezegenler birbirinden koparak parçalanır. En sonunda evrenimiz bir patlamayla, tam anlamıyla sonsuz bir enerjiye sahip bir tekillikle yok olur.” diye yazmıştı.

Büyük İngiliz felsefeci ve matematikçi Bertrand Russell da bir keresinde şöyle yazmıştı:

“İnsan dehasının tüm adanmışlığının, ilhamının, öğle vakti parıltısının kaderinde, Güneş Sistemi’nin muazzam ölümünde yok olmak vardır ve insanlık başarılarının tapınağı, kaçınılmaz bir biçimde, harabeye dönmüş bir evrenin enkazı altında kalmak zorundadır... Ruhun meskeni, bundan böyle yalnızca bu gerçeklerin çabasıyla, amansız çaresizliğin sarsılmaz temeli üzerinde güvenle inşa edilebilir.”

Russell, fizikçilerin Dünya’nın er ya da geç gelecek olan ölümüne ilişkin tahminlerine yanıt olarak “evrenin enkazı” ve “amansız çaresizlik” hakkında yazmıştır. Ne var ki uzay programının gelişini öngörmemiştir. Teknolojik gelişmelerin gezegenimizin ölümünden kaçınmamıza olanak sağlayabileceğini tahmin etmemiştir.

Yine de günün birinde uzay gemilerimizle Güneş’in ölümünden kaçınabilsek de evrenin kendisinin ölümünden nasıl kaçınacağız?

ATEŞ Mİ BUZ MU?

Eski uygarlıklar bu yaman senaryoların çoğunu, kimi bakımlardan sezmiştir.

Görünüşe göre her dinin, evrenin doğumunu ve ölümünü açıklayacak bir mitolojisi vardır.

İskandinav mitolojisinde, yeryüzünün bitmek bilmez bir kar ve buz örtüsüyle kaplandığı ve gökyüzünün donduğu hesap günü olan tanrıların alacakaranlığına Ragnarok adı verilir. Dünya, buz tutmuş devler ve Asgard’ın İskandinav tanrıları arasındaki nihai mücadeleye tanıklık eder. Hristiyan mitolojisinde, iyilik ve kötülüğün nihai savaşı Armageddon’dur. Mahşerin dört atlısı ortaya çıkarak son hükmü bildirir. Hint mitolojisindeyse günlerin sonu gibi bir şey yoktur. Aksine, her biri neredeyse sekiz milyar yıl süren, sonu gelmez döngüler vardır.

Binlerce yıl süren varsayımların ve şüphelerin ardından bilim, Dünyamızın nasıl gelişeceğini ve nihayetinde öleceğini anlamaya başladı.

Dünya'nın geleceği ateşler içinde. Yaklaşık beş milyar yıl içinde gezegenimizdeki son güzel günün tadını çıkaracağız; sonrasında Güneş hidrojen yakıtını tüketecek ve genişleyerek bir kıızıl dev haline gelecek. Sonunda Güneş gökyüzünü ateşe verecek. Okyanuslar kaynayacak ve dağlar eriyecek. Dünya, Güneş tarafından bir girdaba çekilecek ve onun alev alev atmosferinde sönmüş bir kor gibi dönecek. İncil'de buna ilişkin "küller küller, toz toza" diye bir söz vardır. Fizikçiler de "yıldız tozundan geldik, yıldız tozuna döneceğiz" der.

Güneş'in kendisi daha farklı bir kader yaşayacak. Kıızıl dev aşamasından sonra nihayet tüm nükleer yakıtını tüketip küçülecek ve soğuyacak. Yaklaşık olarak Dünya büyüklüğünde, küçücük bir beyaz cüce yıldız haline gelecek ve sonunda gökadamada sürüklenen bir parça nükleer atık olup karanlık bir cüce yıldız olarak ölecek.

Güneş'in aksine, Samanyolu gökadamız alevler içinde ölecek. Bundan dört milyar yıl kadar sonra, en yakın sarmal gökada olan Andromeda'yla çarpışacak. Andromeda, Samanyolu'nun aşağı yukarı iki katı büyüklükte olduğu için epey şiddetli bir karşılaşma olacak. Çarpışmaya ilişkin bilgisayar canlandırmaları, iki gökadanın birbirleri etrafında dönerek yaptıkları bir ölüm dansına başlayacaklarını gösteriyor. Andromeda, Samanyolu'nun bir sürü kolunu koparıp onu parçalara ayıracak. Her iki gökadanın merkezindeki kara delikler de birbirleri etrafında dönecek ve sonunda çarpışarak daha büyük bir kara delik halini alacaklar. Bu da elips şeklinde devasa, yeni bir gökada ortaya çıkaracak.

Bu senaryoların her biri için yeniden doğumun, bu kozmik döngünün bir parçası olduğunu akılda tutmak çok önemli. Gezegenler, yıldızlar ve gökadalar geri dönüşüme girmiş olacak. Örneğin Güneşimiz muhtemelen üçüncü nesil bir yıldızdır. Bir yıldız her patladığında kustuğu toz ve gaz ile bir sonraki nesil yıldızların tohumlarını uzaya saçar.

Bilim aynı zamanda tüm evrenin yaşamını anlamamızı sağlar. Yakın zamana kadar gökbilimciler, evrenin geçmişini anladıklarını ve nihai kaderinin bundan trilyonlarca yıl sonra gerçekleşeceğini düşünüyorlardı. Bunun yavaşça, beş dönemde geliştiğini sanıyorlardı:

1. İlk dönem olan Büyük Patlama'dan sonraki ilk bir milyar yıl içinde evren, sıcak, geçirimsiz iyonik molekül bulutlarla doluydu; bu da elektronların ve protonların atomlara yoğunlaşmaları için fazla sıcaktı.
2. Büyük Patlama'dan milyarlarca yıl sonraki ikinci dönemde evren, atomların, yıldızların ve gökadalardan doğmasına yetecek kadar soğumuştur. Uzay bir anda dımdır bir hal almıştı ve yıldızlar ilk kez evreni aydınlatıyordu. Şu anda bu çağı yaşıyoruz.
3. Büyük Patlama'dan neredeyse yüz milyar yıl sonraki üçüncü dönemdeyse yıldızlar nükleer yakıtlarının büyük bölümünü tüketecek. Evren temel olarak çok yavaş yandığı için trilyonlarca yıl parlayabilen ufak kırmızı cüce yıldızlardan meydana gelecek.
4. Büyük Patlama'dan trilyonlarca yıl sonraki dördüncü dönemde de yıldızların tümü sönecek ve evren tamamen kararacak. Geriye yalnızca ölü nötron yıldızları ve kara delikler kalacak.
5. Beşinci dönemde kara delikler bile buharlaşacak ve çözülecek. Böylelikle evren, bir nükleer atık ve sürüklenen atomaltı parçacıkları denizine dönüşecek.

Hızlanan evrenin keşfiyle bütün bu senaryo, milyarlarca yıl içine sıkıştırılabilir. Büyük Ölüm her şeyi mahveder.

KARANLIK ENERJİ

Evrenin nihai kaderi hakkındaki algımızda bu ani değişikliğe neden olan şey nedir?

Einstein'ın görelilik kuramına göre evrenin evrimini yönlendiren iki tür enerji kaynağı bulunur. İlki yıldızları ve gökadalaları saran, bildiğimiz kütleçekim alanlarını yaratan uzay-zamanın eğriliğidir. Bizi gerçekçi kılan bu eğriliktir. Bu enerji kaynağı çoğunlukla astrofizikçiler tarafından incelenir.

Tabii bir de genellikle görmezden gelinen ikinci bir enerji kaynağı vardır. Bu, (karanlık maddeyle karıştırmamak için) karanlık enerji adı verilen boşluk enerjisi, hiçliğin enerjisidir. Uza-yın boşluğu da enerji taşır.

En son hesaplamalar, bu karanlık enerjinin kütleçekim gibi davrandığını ve evreni birbirinden ayırdığını gösterir. Evren ne kadar genişlerse karanlık enerji de o kadar artarak evrenin daha da hızlı genişlemesine neden olur.

Şu an için elimizde bulunan en iyi veriler, evrendeki madde/enerjinin (ne de olsa madde ve enerji yer değiştirebilir) yaklaşık yüzde 69'unun karanlık enerjide var olduğunu gösteriyor. (Buna karşın karanlık madde yüzde 26'sını, hidrojen ve helyum atomları yaklaşık yüzde 5'ini ve Dünya ile bedenlerimizi meydana getiren daha yüksek elementler de yalnızca yüzde 0,5'ini oluşturur.) Kısacası gökadalaları bizden uzağa iten karanlık enerji açık bir biçimde evrendeki baskın kuvvettir. Bu, uzay-zamanın eğriliğinde bulunan enerjiden çok daha büyüktür.

Bu nedenle kozmolojinin tamamında var olan esas sorunlardan biri, karanlık enerjinin kökenini anlamaktır. Nereden geliyor? Her şeyin sonunda evreni o mu yok edecek?

Genellikle görelilik kuramı ile kuantum kuramını yavan bir zoraki evlilikle bir araya getirdiğimiz taktirde, karanlık enerji hakkında bir tahminimiz olabilir. Ne var ki ortaya çıkan tahmin, 10^{120} kat yanılıyor ve bu bilim tarihinin gördüğü en büyük uyumsuzluk. Hiçbir yerde bu kadar büyük bir çelişki yakalamamışızdır. Bu bize, evren anlayışımızla ilgili son derece yanlış bir şeyler olduğunu söyler. Yani birleşik alan kuramı, bilimsel bir merak yerine her şeyin nasıl işlediğini anlamak için gereken önemli bir şey halini alır. Bu sorunun çözümü hem evrenin hem de içindeki tüm zeki yaratıkların kaderine açıklık getirecektir.

KIYAMETTEN KAÇIŞ

Evreni uzak bir gelecekte muhtemelen buz gibi bir ölüm beklediğine göre, biz bununla ilgili ne yapabiliriz? Bu kozmik kuvvetler tersine çevrilebilir mi?

Önümüzde en az üç seçenek var.

İlki, hiçbir şey yapmamak ve evrenin yaşam döngüsünün bitmesini beklemek. Fizikçi Freeman Dyson'a göre evren soğudukça zeki canlılar da uyum gösterecek ve gitgide daha yavaş düşünecekler. Sonunda basit bir düşünce bile milyonlarca yıl alabilecek olsa da bu canlılar asla bunun farkına varmayacak çünkü diğer tüm canlılar da öyle yavaş düşünüyor olacak. Bu canlılar arasında milyonlarca yıl sürse bile zekice sohbetler yapılması da mümkün. Yani bu açıdan bakarsak her şey yolunda görünecek.

Böylesi soğuk bir dünyada yaşamak aslında epey ilginç olabilir. İnsan ömrünün görmeye yetmediği kuantum sıçramaları düzenli bir şekilde gerçekleşmeye başlayabilir. Gözlerimizin önünde solucan delikleri açılıp kapanabilir. Baloncuk evrenler bir var olup bir kaybolabilir. Bu canlılar, beyinleri çok yavaş çalıştığı için belki de sürekli bunlarla karşılaşacaktır.

Ne var ki nihayetinde moleküler hareket, bilgi bir yerden diğerine iletilemeyecek kadar yavaşlayacağı için bu, yalnızca geçici bir çözümdür. Bu noktada ne kadar yavaş olsa da düşünmek dahil olmak üzere tüm hareketlilik son bulacaktır. Elimizde yalnızca, tüm bunlar olmadan önce karanlık enerji tarafından meydana getirilen hızlanmanın aniden yok olacağına yönelik zavalıca bir umut var. Evrenin neden hızlandığını kimse bilmediğine göre bu bir olasılık.

TİP 4 UYGARLIĞA ULAŞMAK

Benzer bir şekilde, ikinci seçeneğimiz de bir tip 4 uygarlığa evrilmek ve kendi gökadamızın ötesindeki enerjiden yararlanmaktır. Bir keresinde kozmoloji üzerine bir konuşma yaparken Kardas-

hev ölçeğinden bahsetmiştim. Konuşmamın ardından on yaşında bir çocuk bana gelip yanıldığımı söyledi. Kardashev sınıflandırmasından bildiğimiz tip 1, 2 ve 3 uygarlıklarının dışında bir de tip 4 uygarlık olmalıydı. Onu düzelterek evrende yalnızca gezegenler, yıldızlar ve gökadar olduğunu bu nedenle bir tip 4 uygarlık olamayacağını söyledim. Gökadanın ötesinde bir enerji kaynağı yoktu.

Daha sonra belki de çocuğa karşı sabırsızca davrandığımı fark ettim.

Her bir uygarlığın, bir öncekinden yüz milyar kat daha güçlü olduğunu unutmayın. Görünür evrende neredeyse yüz milyar gökada olduğuna göre, bir tip 4 uygarlık görünür evrenin tamamındaki enerjiden yararlanabilir.

Muhtemelen gökada dışı enerji kaynağı, şimdiye kadar evrende bulunan en büyük madde/enerji kaynağı olan karanlık enerjidir. Peki, bir tip 4 uygarlık karanlık enerjiyi kendi yararına kullanarak Büyük Sökölme'yi nasıl tersine çevirebilir?

Ne de olsa tanımı gereği bir tip 4 uygarlık, gökada dışındaki enerjiden yararlanabilir, sicim kuramının açığa çıkarttığı fazladan boyutlardan bazılarını kendi çıkarına kullanabilir ve karanlık enerjinin polariteyi tersine çevirdiği bir küre yaratabilir; böylelikle kozmik genişleme tersine dönecektir. Kürenin dışında evren halen katlanarak genişliyor olabilir. Ancak kürenin içinde gökadarlar normal bir biçimde gelişmeyi sürdürür. Bu şekilde bir tip 4 uygarlık, tüm çevresinde evren ölüyor olsa bile kendisi sağ kalabilir.

Bir açıdan bakıldığında Dyson küresi gibi hareket edecektir. Yine de Dyson küresinin amacı, Güneş ışığını içeri hapsedmek olmasına karşın, bu kürenin amacı karanlık enerjiyi hapsedmektir; bu sayede genişleme sınırlandırılabilir.

Son olasılık, uzay ve zamanda bir solucan deliği açmaktır. Evren ölüyorsa seçeneklerden biri onu terk edip daha genç birine gitmek olabilir.

Einstein tarafından bize sunulan orijinal tablo, evrenin devasa bir genişleyen baloncuk olduğudur. Biz de baloncüğün yüze-

yinde yaşıyoruz. Sicim kuramının sunduğu yeni tabloya dışarıda her biri sicim denklemlerinin çözümü olan başka baloncuklar olduğunu gösterir. Aslında orada çoklu evreni meydana getiren evrenlerden bir köpük banyosu bulunur.

Bu baloncukların çoğu mikroskobiktir ve minik bir Büyük Patlamayla var olup sonra hızla çökerler. Kısa yaşamlarını uzay boşluğunda geçirdiklerinden birçoğu bizim için önemsizdir. Stephen Hawking, boşluktaki evrenlerin bu sürekli çalkalanmasına “uzay-zaman köpüğü” adını vermiştir. Yani hiçlik boş değil, sürekli hareket halinde olan evrenlerle doludur. Tuhaf bir biçimde bunun anlamı, kendi bedenlerimizde bile uzay-zaman köpüğü içinde titreşimler bulunmasıdır ancak çok ufak oldukları için neyse ki bunların farkına varmayız.

Bu kuramın ürkütücü yanı, Büyük Patlama’nın bir kez gerçekleşirse tekrar tekrar gerçekleşebileceğidir. Böylece ana evrenlerden tomurcuklanan bebek evrenlerin olduğu yeni bir tablo belirir ve evrenimiz çok daha geniş bir çoklu evrendeki bir yama halini alır.

(Arada bir bu baloncukların ufak bir kısmı yeniden boşlukta kaybolmayıp karanlık enerji nedeniyle muazzam bir biçimde genişler. Bu büyük olasılıkla kendi evrenimizin kökenidir ya da evrenimiz iki baloncuğun çarpışmasının bir sonucu olabileceği gibi bir baloncuğun daha küçük baloncuklara bölünmesiyle de meydana gelmiş olabilir.)

İleri bir uygarlık, son bölümde gördüğümüz üzere bir solucan deliği açabilecek bir asteroit kuşağı büyüklüğünde, kocaman bir parçacık hızlandırıcı inşa edebilir. Eğer bu, negatif enerjiyle kararlı hale getirilirse başka bir evrene kaçış yolumuzu sunabilir. Bu negatif enerjiyi yaratmak için Casimir etkisinden yararlanmayı zaten değerlendirmiştik. Ancak bir diğer negatif enerji kaynağı da bu daha yüksek boyutlardır. Bunlar iki amaca hizmet ediyor olabilir: Ya Büyük Ölüm’ü önleyecek şekilde karanlık enerjinin değerini değiştirebilirler ya da bir solucan deliğini kararlı hale getirmeye yardımcı olacak negatif enerjiyi üretebilirler.

Çoklu evrendeki her bir baloncuğun ya da evrenin, farklı fizik yasaları bulunur. İdeal olarak atomların kararlı (böylece ona

girdiğimizde bedenlerimizin dağılmayacağı) ancak karanlık enerji miktarının çok daha düşük olduğu, böylelikle soğumasına ve yaşanılabilir gezegenlerin şekillenmesine olanak sunsa da erken bir Büyük Donma'ya girecek kadar da hızlanmayacak şekilde genişleyen bir paralel evrene girmek isteriz.

ŞİŞME

Tüm bu varsayımlar başta saçma görünse de uydularımızdan gelen son veriler bu manzarayı destekliyor gibi duruyor. Hatta kuşkucular bile çoklu evren fikrinin, eski Büyük Patlama kuramının aşırı doldurulmuş bir biçimi olan “şişme” adındaki kuramla örtüştüğünü itiraf etmek zorunda kaldı. Bu senaryoya göre Büyük Patlama'dan hemen önce, ilk 10^{-33} saniyesinde yani orijinal kuramdan çok daha hızlı bir şekilde evreni yaratmış olan şişme adında bir patlama meydana gelmişti. Bu fikir, ilk olarak MIT'den Alan Guth ve Stanford'dan Andrei Linde tarafından önerilerek bir sürü kozmolojik gizemi çözmelerinde kullanılmıştı. Örneğin evren, Einstein'ın kuramının öngördüğünden çok daha düz ve tekbiçim gibi görünüyordu. Ne var ki evren bir kozmik genişlemeden geçmişse düzleşecektir; tıpkı devasa bir balonu söndürmek gibi. Sönmüş balonun yüzeyi, boyutu nedeniyle düz görünür.

Ayrıca evrenin bir yönüne bakıp ardından 180 derece aksi yönüne baktığımızda; neresinden baktığımızdan bağımsız olarak her yerde aynı görüldüğünü fark ederiz. Bu, farklı parçalarının bir tür karışımını gerektirir ancak ışığın sınırlı bir hızı olduğu için, bilginin bu geniş mesafeleri kat etmesine yetecek kadar zaman yoktur. Bu nedenle evren yumru yumru ve dağınık görünmelidir çünkü maddeyi karıştırmaya yetecek kadar zamanı olmamıştır. Şişme bunu, evrenin zamanın başlangıcında tekbiçim maddeden meydana gelen ufak bir yama parçası olduğunu varsayarak çözer. Şişme, bu yamayı genişlettiği sırada bugün gördüklerimizi oluşturmuştur. Dahası şişme bir kuantum kura-

mı olduğu için, yeniden gerçekleşebileceğine ilişkin ufak ancak ölçülebilir bir olasılık da vardır.

Şişme kuramının her ne kadar verileri açıklamakta inkâr edilemez bir başarısı olsa bile kozmologlar, temelinde yatan kuram hakkında halen tartışıyor. Uydularımızdan gelen veriler arasında evrenin hızlı bir şişme geçirdiğini gösteren epey bir kanıt var ancak bu şişmeye tam olarak neyin neden olduğu bilinmiyor. Şimdiye kadar şişme kuramını açıklamanın başlıca yöntemi sicism kuramı üzerinden olmuştur.

Bir keresinde Dr. Guth'a, laboratuvarında bir bebek evren yaratabilmenin mümkün olup olmadığını sormuştum. Bana bunu aslında hesapladığını söyledi. Muazzam miktarda ısıyı tek bir noktaya yoğunlaştırmak gerekiyordu. Bebek evren, bir laboratuvarında meydana getirilecekse bir Büyük Patlama'da şiddetle patlaması gerekecekti. Ne var ki başka bir boyutta patlayacağından bizim baktığımız yerden, bebek evren yok olacaktı. Yine de pek çok nükleer silahın patlayışına eşdeğer olan doğumunun yarattığı şok dalgasını hissederdik. Böylelikle vardıgı sonuç, bir gün birini yaratacak olursak hızla oradan kaçmamız gerekeceğiydi!

NİRVANA

Çoklu evren aynı zamanda tüm dinlerin iki kategoriye ayrıldığı teolojik bakış açısıyla da incelenebilir: Bir yaratılış anına sahip olan dinler ve ebedi dinler. Örneğin Yahudi-Hıristiyan felsefesi; evren doğduğunda gerçekleşen bir kozmik olaydan, bir yaratılıştan bahseder. (Beklenebileceği üzere Büyük Patlama hakkındaki ilk hesaplamalar, Einstein'ın kuramının Yaratılış'la uyumlu olduğuna inanan Katolik rahip ve fizikçi George Lemaître tarafından yapıldı.) Ne var ki Budizm'de hiç tanrı yoktur. Evren, herhangi bir başlangıcı ya da sonu olmayan bir biçimde zamansızdır. Yalnızca Nirvana vardır. Bu iki felsefe birbirinin tamamen karşıtıdır. Oysa evrenin bir başlangıcı ya vardır ya da yoktur.

Ne var ki çoklu evren kavramını benimsememiz halinde tü-

müyle karşıt olan bu iki felsefe birleşebilir. Sicim kuramına göre evrenimiz kökenini gerçekten bir felaketten, Büyük Patlama'dan alır. Ancak biz baloncuk evrenlerden oluşan bir çoklu evrende yaşarız. O halde bu baloncuk evrenler, başlangıcı olmayan on boyutlu bir hiperuzayda, çok geniş bir alanda dalgalanır.

Kısacası Yaratılış, Nirvana'nın (hiperuzay) daha geniş alanında sürekli tekrarlanır.

Öyleyse bu bize Yahudi/Hıristiyan kökenli hikayesiyle Budizm'in basit ve zarif bir birleşimini sunar. Evrenimiz gerçekten de hararetli bir başlangıca sahiptir ancak biz paralel evrenlerin zamansız bir Nirvana'sında yaşarız.

YILDIZ YAPAN

Bu bizi, evrenlerin tamamını yaratan ve bir köşeye atan kozmik bir varlık, bir Yıldız Yapan olduğunu hayal eden Olaf Stapledon'un çalışmalarına geri götürüyor. Yıldız Yapan tıpkı ilahi bir ressam gibidir; sürekli yeni evrenler yapıverip nitelikleriyle uğraşır ve ardından bir sonrakine geçer. Her evrenin farklı doğa yasaları ve farklı yaşam formları bulunur.

Yıldız Yapan'ın kendisi bu evrenlerin dışında olduğu için çoklu evren tuvalini boyarken hepsini kendi bütünlüğü içinde görebilirdi. Stapledon bunu "Her kozmos... herhangi tek bir kozmosla ilgili tüm olayların sırası, Yıldız Yapan tarafından yalnızca kozmosun kozmik zamanı içerisinde değil aynı zamanda tüm bir arada var olan kozmik çağlarıyla, dışsal olarak Yıldız Yapan'ın kendi yaşamına uygun bir zamanla da incelenebilecek kendine özgü bir zamana sahipti" diye ifade etmişti.

Bu, sicim kuramcılarının çoklu evreni algılayış biçimine çok benzer. Çoklu evrendeki her bir evren, kendi fizik yasaları, kendi zaman ölçütleri ve ölçü birimleriyle sicim denklemlerinin çözümüdür. Stapledon'ın dediği gibi, bu baloncukların tümünü aynı anda görmek için normal zamanın ve bütün evrenlerin dışına çıkmak gerekir.

(Bu aynı zamanda Aziz Augustinus'un zamanın doğasını görme biçimini andırır. Tanrı denildiği kadar güçlüyse dünyevi endişelerle sınırlandırılmaz. Bir diğer deyişle kutsal varlıklar teslim tarihlerine ya da görüşmelere zamanında yetişmek için acele etmez. Bu nedenle Tanrı, zamanın dışında olsa gerek. Aynı şekilde, çoklu evrendeki evrenlerden meydana gelen köpük banyosunu izleyen Yıldız Yapan ve sicim kuramcıları da zamanın dışındadır.)

Oysaki olası evrenlerde bir köpük banyosu yapsak hangisi bizimkidir? Bu, evrenimizin daha yüksek bir varlık tarafından tasarlanmış olup olmadığı sorusunu akıllara getirir.

Evrenin kuvvetlerini incelediğimizde, tam da zeki yaşamı mümkün kılmaya uygun bir biçimde "ayarlanmış" gibi göründüğünü fark ederiz. Örneğin çekirdek kuvveti bir parça güçlü olsaydı Güneş milyonlarca yıl önce sönmüş olurdu; bir parça daha zayıf olsaydı ise daha baştan hiç tutuşmazdı. Aynı şey kütleçekim için de geçerlidir. Biraz daha güçlü olsaydı bundan milyarlarca yıl önce Büyük Çöküş'ü yaşar; biraz daha güçsüz olsa da aksine bir Büyük Donma geçirirdik. Her iki durumda da çekirdek ile kütleçekim kuvvetleri, tam da yeryüzünde zeki yaşamı olası kılacak şekilde "ayarlanmıştır." Başka kuvvetleri ve değişkenleri incelediğimizde de aynı örüntüyü görürüz.

Yaşama olanak sağlayan bu temel yasaların dar aralığı sorununun çözmeye çalışan çeşitli felsefeciler olmuştur.

İlki, Dünya'nın hiçbir özel yanı olmadığını iddia eden Koper-nik ilkesidir. Yani Dünya yalnızca amaçsız bir şekilde kozmosta gezinen kozmik bir toz parçasıdır. Doğanın kuvvetlerinin doğru "ayarlanması" yalnızca rastlantıdır.

İkincisi, varlığımızın ne tür evrenlerin var olabileceğine ilişkin büyük bir baskı yarattığını savunan antropik ilkedir. Bu ilkenin basit bir biçimi, var olduğumuza ve bu yasalar üzerine kafa yordüğümüze göre doğa yasalarının yaşamı olanaklı kılacak uygunlukta olması gerektiğini söyler. Her evren bir diğeri kadar iyidir ancak yalnızca bizim evrenimiz bunun hakkında düşünüp yazabilen zeki canlılara sahiptir. Ne var ki çok daha güçlü bir

versiyonu, zeki yaşamın var oluşunu pek mümkün bulmadığını, belki de evrenin zeki yaşamın var oluşuna olanak sağlaması için bir şekilde zorlandığını ve muhtemelen bunun böyle olması için tasarlandığını iddia eder.

Antropik ilke evrenimizin özel olduğunu söylerken Kopernik ilkesi öyle olmadığını söyler. Tuhaf bir biçimde iki ilke de hem birbirinin tam olarak karşıtı hem de bildiğimiz haliyle evrenle uyumludur.

(İkinci sınıftayken öğretmenimin bana bu fikri büyük bir açıklıkla anlattığını hatırlıyorum. Bana Tanrı'nın Dünya'yı çok sevdiği için onu Güneş'ten olması gerektiği uzaklığa yerleştirdiğini söylemişti. Çok yakın olsa okyanuslar kaynar; çok uzak olsa donarlardı. Yani Tanrı, Dünya'nın Güneş'e doğru uzaklıkta bulunmasını tercih etmişti. Bilimsel bir ilkenin bu şekilde açıklanışını ilk kez duyuyordum.)

Dine başvurmadan bu sorunu çözmenin yolu; çoğu, yaşamı destekleyemeyecek kadar Güneş'e yakın ya da ondan uzak olan Güneş Sistemi'nin dışındaki gezegenlerin varlığıdır. Bugün şans eseri buradayız. Güneş'in çevresindeki Goldilocks bölgesinde yaşamamız tamamen şanstı.

Benzer bir biçimde, evrenin bildiğimiz yaşama olanak sağlayacak şekilde ince bir ayara sahip görüntüsünün nedeninin şansla açıklanması, tamamen cansız, yaşama göre ince ayar yapılmamış milyarlarca paralel evren olmasındandır. Bunun hakkında konuşmak için yaşayabilecek olanlar bizleriz. Öyleyse evren illa ki daha üstün bir varlık tarafından tasarlanmamıştır. Bu sorunu tartışacak şekilde buradayız çünkü yaşamla uyum içinde bir evrende yaşıyoruz.

Yine de bu soruna başka bir açıdan da bakılabilir. Bu, benim tercih ettiğim ve şu anda da üzerinde çalıştığım felsefedir. Bu yaklaşıma göre, çoklu evrende birçok evren bulunuyor ancak çoğu kararlı değil ve nihayetinde daha kararlı bir evren olarak sönmölenecek. Geçmişte bir sürü başka evren var olmuş olabilir ancak bunlar ömürlerini devam ettiremedi ve bizimkinin kapsamına dahil oldu. Evrenimizse bu tablodaki en kararlılardan biri olduğu için sağ kaldı.

Yani bakış açım hem Kopernik ilkesini hem de antropik ilkeyi birleştiriyor. Evrenimizin, iki niteliği dışında tıpkı Kopernik ilkesindeki gibi özel olmadığına inanıyorum. Bu nitelikle; son derece kararlı olması ve bildiğimiz yaşamla uyumlu olmasıdır. Dolayısıyla, Nirvana hiperuzayında süzülen sonsuz sayıda paralel evrene sahip değiliz; bunların çoğu kararsızdır ve muhtemelen içlerinden yalnızca bir avuç kadarı bizimki gibi yaşamlar üretebilecek şekilde sağ kalır.

Sicim kuramı hakkındaki son söz daha söylenmedi. Kuramın tamamı çözüldüğünde onu evrendeki karanlık madde miktarıyla ve atomaltı parçacıkları tanımlayan değişkenlerle karşılaştırabiliriz. Kuramın doğru olup olmadığı sorununu bu halledebilir. Doğruysa fizikçilerin bir gün evreni mahvedecek motor olduğuna inandığı karanlık enerji gizemini, sicim kuramı da çözebilir. Ayrıca Samanyolu'nun dışında kalan enerjiden yararlanma becerisine sahip bir tip 4 uygarlık olacak kadar şanslıysak sicim kuramı, evrenin kendi ölümünden nasıl kaçınabileceğimizi de bize açıklayabilir.

Belki de bu kitabı okuyan girişimci, genç bir zihin, sicim kuramı tarihinin son bölümünü tamamlama ilhamına kavuşacak ve evrenin ölümünün tersine çevrilip çevrilemeyeceği sorusunu yanıtlayacaktır.

SON SORU

Isaac Asimov bir keresinde, yazdığı bütün kısa hikâyelerin arasında en sevdiğinin "Son Soru [The Last Question]" olduğunu söyledi. Bu hikâye, bundan trilyonlarca yıl sonraki yaşam hakkında ürkütücü, yeni bir öngörü sunuyordu ve insanlığın, evrenin sonuyla nasıl yüzleşeceğini açıklıyordu.

Hikâyede, insanlar uzun yıllar boyunca evrenin illa ki ölecek olup olmadığı ile genişlemeyi tersine çevirmenin ve evrenin donmasının önüne geçilmesinin olasılıklarını sorguluyordu. "Entropi hiç tersine çevrilebilir mi?" diye sorulduğunda ana bil-

gisayar her seferinde "Anlamlı bir yanıt vermeye yetecek kadar veri mevcut değil." yanıtını veriyordu.

Nihayetinde bundan trilyonlarca yıl sonra, insanlığa madenin kendisini toplamak az geldi ve kendilerini gökadanın bir ucundan diğerine iletebilen saf enerji varlıklarına dönüştüler. Maddenin kısıtlayıcılığı olmadan gökadanın uzak bölgelerine saf bilinç olarak gidebiliyorlardı. Fiziksel bedenleri ölümsüz ancak uzak, unutulmuş bir güneş sisteminde saklıydı, yani gezinmeye müsait olan zihinleriydi. Ne var ki kaçınılmaz "Entropi tersine çevrilebilir mi?" sorusunu her sorduklarında aynı yanıt alıyorlardı: "Anlamlı bir yanıt vermeye yetecek kadar veri mevcut değil."

Hikâyenin sonunda ana bilgisayar öyle güçlenir ki hiçbir gezegene yerleştirilemez olur ve hiperuzaya konulur. İnsanlığı meydana getiren trilyonlarca zihin de onunla bir olur. Evrenin nihai ölüm sancıları başlarken bilgisayar nihayet entropiyi tersine çevirme sorununu çözer. Evren tam ölerken ana bilgisayar "Işık olsun!" diye buyurur ve ışık olur.

Yani her şeyin sonunda insanlığın geleceği, tamamen yeni bir evren yaratıp baştan başlayabilecek bir Tanrı'ya evrilmekteydi. Bu muhteşem bir kurgu eseri olsa da onu şimdi bir de modern fizik açısından inceleyelim.

Son bölümde bahsettiğimiz üzere bilincimizi aşağı yukarı gelecek yüzyıl içinde ışık hızında laze ışınlayacak olabiliriz. Sonunda lazer ışınlama, milyarlarca zihni taşıyan, geniş bir gökadalara arası otoyola dönüşebilir. Sözün özü, Asimov'un gökadayı keşfe çıkmış saf enerjiden meydana gelen varlıklar üzerine öngörüsü pek de gerçekdışı bir fikir değil.

Daha sonra, ana bilgisayar hiperuzaya yerleştirilmesi gereken kadar büyük ve güçlü bir hal alır ve sonunda insanlık onunla birleşir. Belki bir gün biz de Yıldız Yapan gibi olabilir ve hiperuzadaki görüş açımızla aşağıya bakıp çoklu evrende her biri milyarlarca gökada içeren başka evrenlerle birlikte var olan kendi evrenimizi görürüz. Olası evrenlerin arazisini incelerken halen genç ve bize yeni bir yuva sunabilecek olan bir evreni se-

çebiliriz. Üstelik atomlar gibi kararlı maddesi olan ve yıldızları, yeni yaşam formları doğuracak yeni güneş sistemleri yaratabilecek kadar genç olan bir evren seçeriz. Kısacası uzak gelecek, zeki yaşam için bir çıkmaz sokak olmak yerine, kendisi için yeni bir yuvanın kuruluşunu görebilir. Mesele buysa evrenin ölümü hikâyenin sonu demek değildir.

Uzun vadede sağ kalmak için tek şansımız, Dünya'da gizlenmeyi bırakıp uzaya ulaşmak... Ancak ben iyimserim. Gelecek iki yüz yıl felaketlerden kaçınılabilirsek uzaya yayılırken türümüz güvende olacaktır. Bağımsız koloniler kurduğumuzda da artık tüm geleceğimizin güvende olması gerekir.

– STEPHEN HAWKING

Her hayal bir hayalperestle başlar. Dünyayı değiştirmek için yıldızlara erişme gücünün ve tutkusunun içinde olduğunu asla unutmayın.

– HARRIET TUBMAN

Notlar

ÖNSÖZ

- xxiii** **Bundan yaklaşık yetmiş beş bin yıl önce:** A. R. Templeton, "Genetics and Recent Human Evolution," *International Journal of Organic Evolution* 61, no. 7 (2007): 1507–19. Ayrıca bkz. *Supervolcano: The Catastrophic Event That Changed the Course of Human History; Could Yellowstone Be Next?* (New York: McMillan, 2015).
- xxiv** **Bu felakete ilişkin kesin kanıtlar:** Toba'daki süper yanardağın patlamasının gerçekten büyük bir felaket olduğu üzerine evrensel bir uzlaşma var olmasına karşın, bilim insanlarının tamamının bunun insanlığın evriminin yönünde bir değişiklik yarattığına inanmadığı da vurgulanmalı. Oxford Üniversitesi'nden bir grup, bundan on binlerce yıl geriye giderek Afrika'daki Malawi gölünün çökeltilerini inceledi. Gölün temelini delinmesiyle uzak geçmişten kalan çökeltiler elde edilerek geçmiş hava durumu koşulları canlandırılabilirdi. Toba yanardağı döneminin verileri incelendiğinde kalıcı bir hava durumu değişimine ilişkin işaret gözlemlenmemesi, kurama gölge düşürdü. Yine de bu sonucun, Malawi gölü dışındaki başka alanlara da genelleştirilip genelleştirilemeyeceği anlaşılmayı bekliyor. Bundan yetmiş beş bin yıl önce insanlık evriminin yaşadığı darboğazın çevrenin ani çöküşü yerine yavaş çevresel etkilerden kaynaklandığı hakkında bir kuram da vardır. Bu sorunu tam olarak çözmek için ileri araştırmalar gerekir.

BÖLÜM 1: KALKIŞA HAZIRLANMAK

14 **Gençliğinde, zamanının çoğunu:** Newton'ın üç hareket yasası şunlardır:

- Hareket halindeki bir cisim, bir dış kuvvet tarafından etkilenmedikçe hareketini sürdürür. (Bu, uzay sondalarımızın bir kez uzaya çıktıklarında en az yakıtla uzak gezegenlere ulaşabileceği anlamına gelir çünkü uzayda sürtünme olmadığından vitesi boşa alıp devam ederler.)
- Kuvvet eşittir kütle çarpı ivme. Gökdelenlerin, köprülerin ve fabrikaların inşasını mümkün kılan Newton mekaniğinin altında yatan temel yasa budur. Herhangi bir üniversitedeki birinci sınıf fiziği esas olarak bu denklemin farklı mekanik sistemler için çözümüne dayalıdır.
- Her etkiye, eşit büyüklükte ve karşıt yönde bir tepki vardır. Roketlerin uzayda ilerleyebilmesinin nedeni budur.

Güneş Sistemi'ne uzay sondaları fırlatırken bu yasalar mükemmel bir şekilde işler. Ne var ki birkaç önemli sahada kaçınılmaz olarak çökerler: (a) Işık hızına yaklaşan son derece büyük hızlar, (b) bir kara deliğin yakını gibi aşırı yoğun kütleçekim alanları ve (c) atomun içindeki çok küçük mesafeler. Bu olguları açıklamak için hem Einstein'ın görelilik kuramına hem de kuantum kuramına gereksinim duyarız.

15 **"Asteroitlerin yüzeyine ayak basmak":** Chris Impey, *Beyond* (New York: W.W. Norton, 2015).

16 **"O Profesör Goddard'ın":** Impey, *Beyond*, s.30.

17 **Wernher von Braun öncükilerin çizimlerini, hayallerini ve modellerini alıp:** Tarihçiler halen Tsiolkovsky, Goddard ve von Braun arasında tam olarak ne kadar çapraz döllenme olduğu hakkında tartışmalarını sürdürüyor. Kimileri her birinin neredeyse tamamen izole bir şekilde çalıştığını ve birbirlerinin çalışmalarını hiçbir etkilenme yaşamadan yeniden keşfettiklerini iddia eder. Diğerleriyse, özellikle çalışmaları basıldığı için aralarında epey bir etkileşim olduğunu savunur. Yine de bilindiği kadarıyla Naziler, Goddard'a danışarak tavsiyelerini istemişlerdir. Yani Alman hükümetine erişimi olduğuna göre en azından von Braun'un, kendisinden önce gelenlerin çalışmaları hakkında tamamen bilgi sahibi olduğu söylenebilir.

18 **Ay'a gitmeyi planladığını:** Hans Fricke, *Der Fisch, der aus der Urzeit kam* (Munich: Deutscher Taschenbuch-Verlag, 2010) ss.23-24.

- 21 **"Yıldızları hedefliyorum ancak ara sıra Londra'yı vurduğum da oluyor.":** Bkz. Lance Morrow, "The Moon and the Clones," *Time*, August 3, 1998. Von Braun'un politik mirası hakkında daha fazla bilgi almak için, bkz. M. J. Neufeld, *Wernher von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War* (New York: Vintage, 2008). Ayrıca, bu tartışmanın bazı bölümleri 2007'nin eylülünde Bay Neufeld'le yaptığım radyo röportajına dayanıyor. Uzay çağını başlatan ancak bunu Nazilerin finansal desteğiyle yapan bu muhteşem bilim insanı hakkında pek çok kişi bir şeyler yazmış ve değişen sonuçlara varmıştır.
- 22 **ABD roket programı gelişigüzel devam ederken:** Bkz. R. Hal ve D. J. Sayler, *The Rocket Men: Vostok and Voskhod, the First Soviet Manned Spaceflights* (New York: Springer Verlag, 2001).
- 28 **"Meclis, NASA'yı bir araştırma ajansı yerine öncelikle bir meslek programı olarak görür hale geldi.":** Bkz. Gregory Benford ve James Benford, *Starship Century* (New York: Lucky Bat Books, 2014), s. 3.

BÖLÜM 2: UZAYDA YOLCULUĞUN YENİ ALTIN ÇAĞI

- 39 **"Tüm düşünce Dünya'yı korumak":** Peter Whoriskey, "For Jeff Bezos, The Post Represents a New Frontier," *Washington Post*, 12 Ağustos 2013.
- 40 **1990'larda beklenmedik bir keşif bilim insanlarını şaşkınlığa uğrattı:** Bkz. R. A. Kerr, "How Wet the Moon? Just Damp Enough to Be Interesting," *Science Magazine* 330 (2010): 434.
- 42 **Çinliler 2025'e kadar Ay'a astronot çıkartacaklarını ilan etti:** Bkz. B. Harvey, *China's Space Program: From Conception to Manned Spaceflight* (Dordrecht: Springer-Verlag, 2004).
- 43 **Astronotlarımızın Ay'da ne kadar süre kalabileceği:** Bkz. J. Weppner, V. Sabathicr, ve A. Bander, "Costs of an International Lunar Base" (Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies, 2009); <https://csis.org/publication/costs-international-lunar-base>.

BÖLÜM 3: GÖKLERDE MADENCİLİK

- 55 **Planetary Resources, yalnızca otuz metre genişlikte bir asteroitteki platinyumun:** www.planetaryresources.com

BÖLÜM 4: MARS YA DA İFLAS

- 63 **Başarısızlığın burada [SpaceX'te] bir yeri var:** Elon Musk'tan daha fazla alıntı için, bkz. www.investopedia.com/university/elon-musk-biography/elon-musk-most-influential-quotes.asp
- 64 **"Mars'ın yeni moda siyah olduğunu söylüyorlar":** Bkz. <https://manofmetropolis.com/nick-graham-fall-2017-review>.
- 64 **"...başka hiçbir motivasyonum yok":** *The Guardian*, Eylül 2016; www.theguardian.com/technology/2016/sep/27/elon-musk-spacex-mars-exploration-space-science.
- 64 **"...varacağına kuşkum yok":** *The Verge*, 5 Ekim 2016; www.theverge.com/2016/10/5/13178056/boeing-ceo-mars-colony-rocket-space-elon-musk.
- 65 **"Bence Mars'a çıkan birden fazla yol olması iyi bir şey":** *Business Insider*, October 6, 2016; www.businessinsider.com/boeing-spacex-mars-elon-musk-2016-10.
- 65 **"NASA, (...) herkesi takdir ediyor":** age.
- 69 **NASA'nın İnsanlı Keşif ve Harekât Birimi'nden Bill Gerstenmaier:** Bkz. www.nasa.gov/feature/deep-space-gateway-to-open-opportunities-for-distant-destinations.

BÖLÜM 5: MARS: BAHÇELİ GEZEĞEN

- 84 **"Aslında olay Sputnik'ti.":** *Science Fantastic* radyo röportajı, Haziran 2017.
- 86 **Yalıtılmış bir koloni kurmaya yönelik bir başka tuhaf girişim de:** Bkz. R. Reider, *Dreaming the Biosphere* (Albuquerque: University of New Mexico Press, 2010).

BÖLÜM 6: GAZ GEZEĞENLER, KUYRUKLUYILDIZLAR VE ÖTESİ

- 104 **Gökbilimciler Newton'ın yasalarından yararlanarak:** Roche limitinin ve gelgit kuvvetlerinin hesaplanması, Newton'ın kütleçekim yasasının çok basit bir uygulamasını gerektirir. Ay, noktasal parçacık değil de küre gibi bir cisim olduğundan Jüpiter benzeri bir gaz gezegeninin çekim kuvveti, Jüpiter'e bakan tarafta uzak taraftaki kütleçekim kuvvetinden daha fazladır. Bu, Ay'ın bir parça şişmesine neden olsa da Ay'ı bir arada tutan kütleçekim kuvveti kendi kütleçekimsel çekimi üzerinden de hesaplanabilir.

Ay yeterince yaklaşırsa onu ayırmaya çalışan kütleçekim kuvveti Ay'ı bir arada tutan kütleçekim kuvvetini dengeler. O noktada, Ay dağılmaya başlar. Bu bize Roche limitini verir. Kayda geçen tüm gaz gezegenler Roche limiti içindedir. Bu da gaz gezegenlerin halkalarına gelgit kuvvetlerinin neden olduğunu kanıtlamasa da bunun bir belirtisidir.

- 107 **Gaz gezegenlerin ötesinde, Güneş Sistemimizin dış bölümünde:** Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu'ndan kuyruklu yıldızların muhtemelen farklı kökenleri vardır. Aslında Güneş, muhtemelen birkaç ışık yılı genişliğinde olan devasa bir hidrojen gazı ve toz topuydu. Kütleçekim nedeniyle gaz çökmeye başladıkça o da daha hızlı dönmeye başladı. O noktada gazın bir kısmı, nihayetinde Güneş Sistemine yoğunlaşacak olan dönen bir disk halinde çöker. Bu dönen disk, su içerdiğine göre Güneş Sistemi'nin uzak uçlarında kuyruklu yıldız halkaları oluşturan budur. Bu, Kuiper Kuşağı halini almıştır. Ne var ki gaz ve tozun bir kısmı dönen bir disk olarak yoğunlaşmamış; aşağı yukarı orijinal ilkel yıldızın ilk iskeletini takip eden, durağan buz parçaları şeklinde yoğunlaşmıştır. Bu da Oort Bulutu halini almıştır.

BÖLÜM 7: UZAYDA ROBOTLAR

- 118 **"AlphaGo satranç bile oynayamaz":** *Discover Magazine*, Nisan 2017; discovermagazine.com/2017/april-2017/cultivating-common-sense.
- 131 **2017'de iki milyarder, (...) arasında bir çekişme doğdu:** Birçok insan yapay zekânın iş piyasasında devrim yaratacağından ve milyonlarca kişiyi işsiz bırakacağından korkuyordu. Bu elbette olabilir ancak bu etkiyi tersine çevirebilecek başka eğilimler de var. Sanayinin, belki de otomobil sanayisiyle çekişecek büyüklüğe gelmesiyle yaşanan patlamayla robotların tasarımında, onarımında, korunmasında ve hizmete sunulmasında yeni iş alanları açılacak. Ayrıca daha gelecek on yıllar boyunca robotların yerini dolduramayacağı bir sürü iş sınıfı varlığını sürdürecektir. Robotlar örneğin bina sorumluları, polisler, inşaat işçileri, tesisatçılar, bahçıvanlar, müteahhitler gibi yarı nitelikli, tekrarlanmayan işçilerin yerini alamaz. Robotlar mesela çöpü almak için fazla ilkeldir. Robotlarla makineleştirmenin zor olacağı işler genel olarak (a) sağduyuya dayalı akıl yürütme, (b) örüntü tanıma ve (c) insan etkileşimlerini içeren işlerdir. Örneğin bir hukuk firmasındaki iş takibini yapan elemanın yerini alsalar bile avukatların halen bir jüri ya da hâkim karşısında dosyasını tartışması gerekir. Özellikle araçlar kendilerini işsiz bulabileceği için

hizmetlerine (fikri sermaye gibi) değer eklemeleri gerekecektir. Bu da robotların eksik yanı olan inceleme, deneyim, önsezi ve yenilikçilik eklemek anlamına gelir.

- 131 **“Yerimizi alacak olanları kendimiz yaratıyoruz.”**: Samuel Butler, *Darwin Among the Machines*; www.historyofinformation.com/expanded.php?id=3849.
- 132 **“İnsanlar için köpekler ne ise robotlar için öyle olacağımız bir zamanı kafamda canlandırıyorum”**: Claude Shannon’dan daha fazla alıntı için bkz. www.quotes-inspirationa.com/quote/visualize-time-robots-dogs-humans-121.
- 132 **“Bu gibi şeyler hakkında bu kadar erken konuşmak saçma”**: Raffi Khatchadourian, “The Doomsday Invention,” *New Yorker*, 23 Kasım, 2015; www.newyorker.com/magazine/2015/11/23/doomsday-invention-artificial-intelligence-nick-bostrom.
- 132 **Zuckerberg/Musk çekişmesine dönersek**: Yapay zekânın tehlikeleri ve yararları hakkındaki tartışma bir mantığa oturtulmalıdır. Her icat iyilik ya da kötülük için kullanılabilir. Ok ve yay ilk icat edildiğinde temel olarak sincap ve tavşan gibi ufak avlarda kullanılıyordu. Ancak sonunda başka insanları avlamakta kullanılabilen korkunç bir silaha dönüştü. Benzer bir biçimde ilk uçaklar eğlence amaçlı gezme ve posta hizmetleri için kullanılıyordu. Oysa sonunda bomba taşıyabilen silahlara evrildiler. Aynı şekilde yapay zekâ da gelecek on yıllar boyunca iş, yeni sanayi alanları ve refah sağlayan yararlı bir icat olacak. Nihayetindeyse çok zeki bir hale gelmeleri durumunda bu makineler büyük bir tehlike oluşturabilir. Hangi noktada tehlikeli hale gelecekler? Kişisel fikrim, bardağı taşıran son noktanın özfarkındalık kazanmaları olacağı yönünde. Şu an için robotlar, robot olduklarının farkında değiller ancak bu durum gelecekte kökünden değişebilir. Yine de bu noktaya bu yüzyılın sonuna kadar muhtemelen erişmeyeceğimize inanıyorum; bu da bize kendimizi hazırlayacak zaman sağlar.
- 133 **2045’e kadar “tekilliğe” (...) erişeceğimize inanıyor**: Tekilliğin şu yönü incelenirken dikkatli olunmalı: Gelecek nesil robotlar, bir önceki nesillerden daha zeki olabilir, yani hızla süper zeki robotlar üretilebilir. Elbette gittikçe artan, büyük miktarda hafızaya sahip bilgisayarlar da üretilebilir ancak bu onların daha “akıllı” olduğu anlamına mı gelir? Aslına bakarsanız henüz kimse, daha zeki ikinci nesil bir bilgisayar üretebilen tek bir bilgisayar yapmayı başaramadı. Tabii *akıllı* sözcüğünün kesin bir tanımı da yoktur. Bu, bunun gerçekleşmesinin mümkün olmadığı anlamına da gelmez; yalnızca

süreç eksik tanımlanmıştır. Aslında bunun nasıl başarılacağı açık değildir.

- 137 **Özfarkındalığı olan makineler yaratmak için:** Bana göre insan zekâsının anahtarı geleceği kurgulayabilmesindedir. İnsanlar sürekli gelecek hakkında planlar yapar, hayaller kurar ve derin derin düşüncelere dalar. Buna engel olamayız. Bizler resmen varsayım makineleriyiz. Ancak geleceği kurgulamanın esaslarından biri, sayısı milyarları bulan sağduyu yasalarını anlamaktır. Bu yasalar, çevremizdeki dünyanın temel biyoloji, kimya ve fiziğini anlamamıza bağlıdır. Bu yasaları ne kadar doğru anlarsak gelecek hakkındaki simülasyonumuz da o kadar kusursuz olacaktır. Bugün, sağduyu sorunu yapay zekânın önündeki en büyük engellerden biri. Sağduyu yasalarını düzenlemeye yönelik bütün büyük çabalar suya düştü. Bir çocuk bile en ileri bilgisayarımızdan daha fazla sağduyu sahibi. Bir diğer deyişle, Dünya'yı insanların elinden almaya çalışan bir robot fena halde çuvalalayacaktır çünkü onun dünyamız hakkında en ufak bir fikri yoktur. Bir robotun insanlar üzerinde egemenlik kurmaya çalışması yeterli değildir; bunu başarmak için en basit sağduyu yasalarında ustalaşması gerekir. Örneğin bir robota banka soymak gibi kolay bir iş vermek nihayetinde başarısızlıkla sonuçlanacaktır çünkü robot olası gelecek senaryolarının tamamını ayrıntılarıyla ortaya koyamaz.

BÖLÜM 8: BİR YILDIZ GEMİSİ İNŞA ETMEK

- 148 **Projenin ilerleyen bir evresinde:** R. L. Forward, "Roundtrip Interstellar Travel Using Laser-Pushed Lightsails," *Journal of Spacecraft* 21, no. 2 (1984): 187-95.
- 149 **Lazerle çalışan nanogemiler:** Bkz. G. Vulpetti, L. Johnson, and L. Matloff, *Solar Sails: A Novel Approach to Interplanetary Flight* (New York: Springer, 2008).
- 150 **"Günün birinde bunlardan çok daha büyük hızlar ortaya çıkacak":** Jules Verne, *From the Earth to the Moon*. Alıntı: www.space.com/5581-nasa-deploy-solar-sail-summer.html.
- 155 **Bu fikir, nükleer fizikçi Ted Taylor tarafından:** G. Dyson, *Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship* (New York: Henry Holt, 2002).
- 157 **Füzyon gücünü açığa çıkarmanın birkaç yolu vardır:** S. Lee and S. H. Saw, "Nuclear Fusion Energy – Mankind's Giant Step Forward," *Journal of Fusion Energy* 29, 2, 2010.

- 159 Nükleer füzyon roketi kavramsal olarak kusursuz olsa da:** Yeryüzünde halen manyetik füzyona erişilmemiş olmasının temel nedeni kararlılık sorunudur. Doğada devasa gaz topları sıkıştırılabilir ve böylece kütleçekim gazı eşit biçimde sıkıştırdığı için yıldız alev alır. Ne var ki manyetizmada kuzey ve güney olarak iki kutup bulunur. Bu nedenle manyetizmadan yararlanarak gaza eşit oranda baskı uygulamak olanaksızdır. Gazı bir taraftan manyetik olarak sıkıştırırsanız diğer taraftan şişkinlik yapar. (Bir balonu sıkıştırdığınızı hayal edin; balonu bir yanından sıkarsanız diğer yanından genişler.) Fikirlerden biri halka şeklinde bir manyetik alan yaratmak ve gazı bu halkanın içinde sıkıştırmaktır. Ancak fizikçiler sıcak gazı saniyenin onda birinden daha uzun süre sıkıştırmayı başaramamıştır. Bu da kendi kendine yetebilen bir füzyon tepkimesi yaratamayacak kadar kısadır.
- 160 Evrendeki en muhteşem enerji kaynağı olan:** Her ne kadar karşıt madde roketleri maddeyi yüzde 100 oranında bir verimlilikle enerjiye dönüştürüyor olsa da kimi gizli kayıplar mevcuttur. Örneğin bir madde/karşıt madde çarpışmasından meydana gelen enerjinin bir kısmı, kullanılabilir enerji üretmekte yararlanılamayan nötrinolar biçimindedir. Bedenimize sürekli Güneş'ten gelen nötrinolar tarafından ısımaya maruz kalır ancak hiçbir şey hissetmeyiz. Güneş battığında bile doğrudan Dünya'dan geçen nötrinolar bedenlerimize nüfuz eder. Aslında katı bir kurşun levhadan, bir şekilde bir nötrino geçirebilseydiniz bu nötrinoların en sonunda durana kadar kurşun içerisinde bir ışık yılı kadar yol almaları gerekirdi. Yani madde/karşıt madde çarpışmalarının yarattığı nötrino enerjisi kaybedilir ve enerji üretmekte kullanılamaz.
- 163 Ramjet füzyon roketleri de bir başka çekici fikirdir:** R. W. Bussard, "Galactic Matter and Interstellar Flight," *Astronautics Acta* 6 (1960): 179-94.
- 166 Uzay asansörleri, oyunun kurallarını değiştiren bir nanoteknoloji uygulaması olacaktır:** D. B. Smitherman Jr., "Space Elevators: An Advanced Earth-Space Infrastructure for the New Millennium," NASA pub. CP 2000-210429.
- 167 "Muhtemelen herkes gülmeyi bıraktıktan bir elli yıl sonra.":** NASA Science, "Audacious and Outrageous: Space Elevators"; https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast07sep_1.
- 168 Bir gün, çocuğun biri bir kitap okudu ve dünya tarihini değiştirdi:** Einstein'ın özel görelilik kuramı şu basit cümleye dayanır: "Işık hızı herhangi bir eylemsiz çerçevede (örneğin her türlü tekbiçim olarak

hareket eden çerçevede) sabittir.” Bu, ışık hızı hakkında tek bir şey söylemeyen Newton’ın yasalarını ihlal eder. Bu yasanın yerine getirilmesi için hareket yasaları hakkındaki anlayışımız üzerinde büyük değişiklikler meydana gelmesi gerekir. O tek ifadeyle şunlar gösterilebilir:

- Bir roket gemisinde ne kadar hızlanırsanız geminin içindeki zaman o kadar yavaş akar.
- Siz hızlandıkça roketin içindeki mekân sıkışır.
- Daha hızlı hareket etmeniz, ağırlığınızı artırır.

Öyleyse bunun anlamı, ışık hızında zamanın duracağı ve sizin son derece düz ve ağır bir hal alacağınızdır ancak bu mümkün değildir. Bu nedenle ışık bariyerini aşamazsınız. (Yine de Büyük Patlama’da evren öyle hızlı genişlemiştir ki genişleme, ışık hızını aşmıştır. Bu bir sorun yaratmaz çünkü ışık hızından daha hızlı gerilen şey uzaydır. Buna karşın maddi cisimlerin ışıktan daha hızlı gitmesiye yasaktır.)

Işık hızından daha hızlı gitmenin bilinen tek yolu, uzay-zamanın gerilebilen, bükülebilen ve hatta yırtılabilen bir çarşaf halini aldığı Einstein’ın genel görelilik kuramından yardım almaktır. İlk yöntem, iki evrenin Siyam ikizleri gibi bir araya geldiği (solucan delikleri) “çoklu bağlantılı uzaylardır.” İki kâğıt parçasını paralel olarak tutup sonra bunları birbirine bağlayan bir delik açarsak bu bize solucan deliğini sağlar. Aksi taktirde bir şekilde önünüzde uzanan uzayı sıkıştırabilir, böylelikle sıkıştırılmış uzayın üzerinden atlayarak ışık hızından hızlı yolculuk edebilirsiniz.

172 Her ne kadar fizikçiler negatif maddeye ilişkin bir kanıt

bulamamış olsa da: Stephen Hawking, zamanda yolculuğa ya da solucan deliği yıldız gemilerine olanak sağlayan Einstein’ın denklemlerinin herhangi bir çözümü için negatif enerjinin temel bir gereklilik olduğunu ifade eden çok güçlü bir önermeyi kanıtladı.

Newton mekaniğinde negatifin enerjinin varlığı mümkün değildir. Ancak Casimir etkisi sayesinde kuantum kuramı buna olanak tanır. Laboratuvarda ölçülmüş ve son derece ufak bulunmuştur. Elimizde iki geniş paralel metal plakamız varsa Casimir etkisi, üçüncü güç haline getirilen plakaların arasındaki boşluğun ters mesafesiyle orantılıdır. Bir diğer deyişle, iki plaka birbirine yaklaştırdıkça negatif enerji hızla artar.

Sorun, bu iki plakanın bugünün teknolojisiyle mümkün olmayan bir biçimde atomaltı uzaklıklar içerisinde bir araya getirilmek zorunda oluşudur. Aşırı ileri bir uygarlığın, zaman makineleri ve solucan deliği uzay gemileri yapmak için büyük miktarlarda negatif enerjiden yararlanma becerisini bir şekilde kazandığını varsaymak durumundayız.

- 173 **Bir keresinde Meksikalı kuramsal fizikçi Miguel Alcubierre'yle görüşmüştüm:** Bkz. M. Alcubierre, "The Warp Drive: Hyperfast Travel Within General Relativity," *Classical and Quantum Gravity* 11, no. 5 (1994): L73–L77. Discovery Channel için Alcubierre ile görüştüğümde Einstein denklemlerine getirdiği çözümün önemli bir katkı sunduğuna emindi ancak birinin gerçekten bir eğrilik motoru yapmaya çalışması halinde karşılaşacağı zorluklara karşı da temkinliydi. İlk olarak, eğrilik baloncuğunun içindeki uzay-zaman, dış dünyadan gelişigüzel bir biçimde ayrıydı. Bu da yıldız gemisini dışarıdan yönlendirmenin olanaksız olduğu anlamına geliyordu. İkincisi ve en önemlisi, büyük miktarlarda (asla bulunmamış olan) negatif madde ve (yalnızca küçük miktarlarda var olan) negatif enerji gerektirmesiydi. Böylelikle şu sonuca vardı: Çalıştırılabilir bir eğrilik motoru yapılabilmesinden önce başlıca engellerin üstesinden gelinmelidir.

BÖLÜM 9: KEPLER VE GEZEĞENLER EVRENİ

- 178 **Galileo'dan önce yaşayan Bruno:** William Boulting, *Giordano Bruno: His Life, Thought, and Martyrdom* (Victoria, Australia: Leopold Classic Library, 2014).
- 179 **"Sonsuz olduğunu iddia ettiğimiz uzay":** age.
- 184 **2009'da (...) Kepler uzay aracının fırlatılmasıyla büyük bir atılım gerçekleştirildi:** Kepler uzay aracı hakkında daha fazla bilgi almak için NASA'nın resmi web sayfasını ziyaret ediniz: <http://www.kepler.arc.nasa.gov>.
- Kepler uzay aracı, Samanyolu gökadasındaki tek bir ufak noktaya odaklandı ve o zaman bile diğer yıldızların yörüngesinde dönen dört bin civarı gezegene ilişkin kanıt buldu. Oysa o tek bir noktadan bütün gökada hakkında çıkarımlarda bulunabilir ve böylelikle Samanyolu gökadasındaki gezegenlere ilişkin kabaca bir inceleme edinebiliriz. Kepler'den sonraki görevlerse, farklı türde Güneş Sistemi dışındaki gezegenlerden ve Dünya'ya daha benzer olanlarından bulma umuduyla Samanyolu gökadasındaki değişik bölgelere odaklanacak.
- 184 **"Orada, kendi Güneş Sistemimizde hiçbir karşılığı olmayan":** Profesör Sara Seager ile *Science Fantastic* radyo röportajı, Haziran 2017.
- 186 **"Bu, Güneş Sistemi dışındaki gezegenlere yönelik bilimsel çalışmalarda ezber bozan bir durum":** Christopher Crockett, "Year

In Review: A Planet Lurks Around the Star Next Door," *Science News*, 14 Aralık 2016.

- 186 **"Bu kesinlikle olağanüstü bir durum.":** Profesör Sara Seager ile *Science Fantastic* radyo röportajı, Haziran 2017.
- 188 **"...benzer büyüklüklerde gezegenler oldukları için inanılmaz bir sistemdir":** Bkz. www.quotes.euronews.com/people/michael-gillion-KAp4OyeA.

BÖLÜM 10: ÖLÜMSÜZLÜK

- 204 **Gökadayı kolonileştirmeye yönelik bir başka öneri:** A. Crow, J. Hunt, and A. Hein, "Embryo Space Colonization to Overcome the Interstellar Time Distance Bottleneck," *Journal of the British Interplanetary Society* 65 (2012): 283–85.
- 208 **"Genetik dahil olmak üzere her belirti, (...) bir kısım nedensellik olduğunu söyler":** Linda Marsa, "What It Takes to Reach 100," *Discover Magazine*, Ekim 2016.
- 210 **Yaşlanma mekanizması yavaş yavaş açığa çıkarılıyor:** Bazen ölümsüzlüğün, termodinamiğin canlı organizmalar dahil olmak üzere her şeyin nihayetinde zayıf düşeceğini, çürüyeceğini ve öleceğini ifade eden ikinci yasasını ihlal ettiği iddia edilir. Ne var ki ikinci yasada (kapalı bir sistem içinde) entropinin (düzensizliğin) kaçınılmaz bir şekilde artacağını belirten bir boşluk vardır. Buradaki anahtar sözcük *kapalı*. Eğer (dışarıdan enerji eklenilebilen) açık bir sisteminiz varsa entropi tersine çevrilebilir. Bir buzdolabı da böyle çalışır. Buzdolabının altındaki motor, gazın genişlemesine neden olan bir boru aracılığıyla gazı iterek buzdolabının soğumasını sağlar. Bunu yaşayan şeylere uyguladığımızdaysa, dışarıdan enerji (yani Güneş ışığı) ekleyebildiğimiz sürece entropinin tersine çevrilebileceği anlamı çıkar.

Böylelikle varlığımız mümkün olur çünkü Güneş ışığı bitkilere enerji verir ve biz de bu bitkileri tüketerek enerjilerini, entropiden kaynaklanan zararı onarmakta kullanabiliriz. Bu şekilde entropiyi yerel ölçekte tersine çevirebiliriz. İnsan ölümsüzlüğü üzerine tartışırken de böylelikle dışarıdan (beslenme düzeninde değişiklikler, egzersiz, gen terapisi, yeni tür enzimler yutmak gibi) yerel olarak yeni enerji katarak ikinci yasadaki yakamızı kurtarabiliriz.

- 212 **"Zamanın tam olarak geldiğini sanmıyorum ancak yakındır":** Alıntı Michio Kaku, *The Physics of the Future* (New York: Anchor Books, 2012), s. 118.

- 213 Yaşlanma sorununu çözersek ne olacak?:** Buradaki temel amaç çoğunlukla, nüfusun çökmesine ilişkin 1960'larda yapılmış olan kötümser tahminlerin hiçbirinin gerçekleşmemiş olması. Aslına bakarsanız dünya nüfusunun gelişme oranı hızını düşürüyor. Yine de asıl mesele, tüm dünya nüfusunun özellikle Afrika'da, Sahra çölünün güneyinde halen artıyor olması. Bu nedenle 2050 ya da 2100'deki dünya nüfusunu gerçekten tahmin etmek zor. Ne var ki bazı nüfusbilimciler eğilimlerin bu şekilde sürmesi halinde dünya nüfusunun nihayetinde inişe geçebileceğini ve sabit hale geleceğini iddia etmiştir. Bu gerçekleşirse dünya nüfusu bir tür düzlüğe çıkabilir ve böylece bir nüfus faciasının önüne geçilir. Yine de bunların hepsi birer varsayım.
- 217 "Ben de herkes kadar bedenimi beğeniyorum":** Bkz. <https://quotefancy.com/quote/1583084/Danny-Hillis-I-m-as-fond-of-my-body-as-anyone-but-if-I-can-be-200-with-a-body-of-silicon>.

BÖLÜM 11: TRANSHÜMANİZM VE TEKNOLOJİ

- 233 "Bu, manzarayı tamamen değiştiriyor":** Andrew Pollack, "A Powerful New Way to Edit DNA," *New York Times*, 3 Mart 2014; www.nytimes.com/2014/03/04/health/a-powerful-new-way-to-edit-DNA.html.
- 235 "Kimsenin bunu söyleyecek cesareti yok":** Bkz. Michio Kaku, *Visions* (New York: Anchor Books, 1998), s. 220 and Michio Kaku, *The Physics of the Future*, s. 118.
- 236 "Kişisel öngörüm, 2100 yılına kadar":** Kaku, *The Physics of the Future*, s. 118.
- 237 Stanford Üniversitesi'nden Francis Fukuyama:** F. Fukuyama, "The World's Most Dangerous Ideas: Transhumanism," *Foreign Policy* 144 (2004): 42-43.

BÖLÜM 12: DÜNYA DIŞI YAŞAM ARAYIŞI

- 245 "...yalnızca kendimize bakmamız yeterli":** Bir keresinde Arthur C. Clarke, "Evrende zeki yaşam ya vardır ya da yoktur. Her iki düşünce de korku tucu." demişti.
- 245 "...bir ormanda yaşıyor olsanız...":** Rebecca Boyle, "Why These Scientists Fear Contact with Space Aliens," NBC News, 8 Şubat 2017; www.nbcnews.co/storyline/the-big-questions/why-these-scientists-fear-contact-space-aliens-n717271.

246 Buna SETI adı verilir: Şu an için SETI projesi hakkında evrensel bir uzlaşa yok. Kimileri gökadanın zeki yaşamla dolup taşıyor olabileceğine inanırken; kimileriye evrende yalnız olduğumuzu düşünüyor. İncelenecek tek bir nokta (gezegenimiz) olduğundan Drake denklemi dışında incelememizi yönlendirecek az sayıda kesin rehber sahibiz.

Başka bir fikre başvurmak için bkz. N. Bostrom, "Where Are They: Why I Hope the Search for Extraterrestrial Intelligence Finds Nothing," *MIT Technology Review Magazine*, May/June 1998, 72-77.

264 Yine de bunların tümü, inatçı ve rahatsız edici bir soru olan Fermi paradoksunu halen yanıtsız bırakıyor: E. Jones, "Where Is Everybody? An Account of Fermi's Question," *Los Alamos Technical Report LA 10311-MS*, 1985. Ayrıca bkz. S. Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens . . . Where Is Everybody?* (New York: Copernicus Books, 2002).

265 "İdeal durum öncesi bu dünyaların bazıları": Stapledon, *Star Maker* (New York: Dover, 2008), s.118

266 Olasılıklardan bir diğeri de Dünya'nın çekirdeğindeki ısıyı çalmak istemeleridir: Öyle kolayca görmezden gelinemeyecek bir sürü başka olasılık var. Bunlardan biri belki de evrende yalnız olduğumuz. Buradaki iddia, gittikçe daha fazla sayıda Goldilocks bölgesi bulduğumuz yani tüm bu yeni Goldilocks bölgelerine uyabilecek gezegenleri bulmanın da giderek zorlaştığıdır. Örneğin Samanyolu gökadasının bir Goldilocks bölgesi var. Bir gezegen gökadanın merkezine çok yakınsa yaşamın var olamayacağı kadar radyasyona maruz kalır. Merkezden çok uzak olması halindeyse yaşam moleküllerini meydana getirecek ağır elementlerden yeterince bulunmaz. İddia, birçoğu henüz keşfedilmemiş olan çok fazla Goldilocks bölgesi ve evrende zeki yaşama sahip yalnızca tek bir gezegen olabileceği yönünde. Bir başka Goldilock bölgesinin var oluşu yaşamın meydana gelme olasılığını büyük oranda düşürür. Bu bölgelerden çok sayıda olduğu düşünüldüğünde zeki yaşamın toplam var olma olasılığı neredeyse sıfıra iner.

Ayrıca kimi zaman Dünya dışı yaşamın, laboratuvarda kesinlikle üretemeyeceğimiz, tamamen yeni kimya ve fizik yasalarına dayanıyor olabileceği de söylenir. Kısacası doğa hakkındaki anlayışımız, uzaydaki yaşamı açıklamak için fazla dar ve basittir. Bu doğru olabileceği gibi evreni bir keşfetsek tümüyle yeni sürprizlerle karşılaşacağımız da kesin. Yine de bu durum, uzay kimyası ve fiziğinin var olabileceğine ilişkin tartışmayı bir yere götürmüyor. Bilim, sınanabilir, tekrarlanabilir ve yanlışlanabilir kuramlar üzerine

kuruludur yani bilinmeyen kimya ve fizik yasalarının varlığı hakkında öylece tahminlerde bulunmak pek de yardımcı olmaz.

BÖLÜM 13: İLERİ UYGARLIKLAR

- 270 **Boyalı basın manşetlerden haykırıyordu:** Bkz. David Freeman, "Are Space Aliens Behind the 'Most Mysterious Star in the Universe'?" *Huffington Post*, 25 Ağustos 2016; www.huffingtonpost.com/entry/are-space-aliens-behind-the-most-mysterious-star-in-the-universe_us_57bb5537e4b00d9c3a1942f1. Ayrıca bkz. Sarah Kaplan, "The Weirdest Star in the Sky Is Acting Up Again," *Washington Post*, 24 Mayıs 2017; www.washingtonpost.com/news/speaking-of-science/wp/2017/05/24/the-weirdest-star-in-the-sky-is-acting-up-again/?utm_term=.5301cac2152a.
- 270 **"Bunun gibi bir yıldız daha önce hiç rastlamadık":** Ross Anderson, "The Most Mysterious Star in Our Galaxy," *The Atlantic*, 13 Ekim 2015; www.theatlantic.com/science/archive/2015/10/the-most-interesting-star-in-our-galaxy/41023.
- 272 **İleri uygarlıklara ilişkin bu sınıflandırma ilk olarak:** N. Kardashev, "Transmission of Information by Extraterrestrial Civilizations," *Soviet Astronomy* 8, 1964: 217.
- 282 **"Ön kabul, herhangi bir aşırı ileri uygarlığın":** Chris Impey, *Beyond: Our Future in Space* (New York: W. W. Norton, 2016), ss. 255-56.
- 282 **"Mantık bana gökyüzünde, ileri uzaylılar hakkında tanrısız işaretler aramanın anlaşılabilir olduğunu söylüyor":** David Grinspoon, *Lonely Planets* (New York: HarperCollins, 2003), s. 333.
- 296 **LHC (...) manşetlerde yer etti:** Bazen LHC ve ondan da ötesindeki devasa hızlandırıcıları inşa etmenin bütün gezegeni yok edebilecek bir kara delik yaratacağı konuşulur. Bu birkaç nedenden dolayı olanaksızdır:

Öncelikle LHC, bir dev gezegenin enerjisiyle karşılaştırılmasını gerektirecek bir kara delik yaratmaya yetecek kadar enerji üretmez. LHC'nin enerjisi, uzay-zamanda bir delik açamayacak kadar küçük, atomaltı parçacıklarının enerjisidir. İkinci olarak Doğa Ana, Dünya'yı sürekli LHC tarafından yaratılanlardan çok daha güçlü atomaltı parçacıklarla vuruyor ve Dünya halen yerinde duruyor. Yani LHC'den daha büyük enerjilere sahip atomaltı parçacıklar zararsızdır. Son olaraksa sicim kuramı, günün birinde hızlandırıcılarımızın bulabileceği mini-kara delikler olabileceğini

tahmin etse de bu mini-kara delikler, yıldız değil atomaltı parçacıklardır yani asla tehlike oluşturmazlar.

300 Şu an için bunu yapabilecek tek kuram: Kuantum kuramı ile genel göreliliği sade bir biçimde bir araya getirmeye çalışırsak neredeyse yüz yıldır fizikçileri şaşkına çeviren matematiksel tutarsızlıklar buluruz. Örneğin iki gravitonun (kütleçekim parçacıklarının) saçılımını hesaplarsak elimize geçen yanıtın tamamen anlamsız bir sonsuzluk olduğunu görürüz. Buna göre kuramsal fiziğin karşı karşıya olduğu sorun, kütleçekimini kuantum kuramıyla sınırlı yanıtlar verecek şekilde birleştirmektir.

Günümüzde bu baş belası sonsuzlukları gidermenin tek bilinen yöntemi süpersicim kuramından yararlanmaktır. Bu kuram, sonsuzlukların birbirini ortadan kaldırdığı güçlü bir dizi simetriye sahiptir. Bunun nedeni, sicim kuramında her bir parçacığın "s-parçacık" denilen eşleri olmasıdır. Sıradan parçacıklardan gelen sonsuzluklar, s-parçacıklardan gelen sonsuzluklarla karşılaşıncaya tamamen ortadan kalkar; bu nedenle kuramın tamamı sınırlıdır. Sicim kuramı, fizikteki kendi boyutsallığını ayıran tek kuramdır. Bu, kuramın süpersimetri altında simetrik olmasıyla gerçekleşir. Genel olarak evrenin tüm parçacıkları, (tam sayı değerinde spine sahip) bozonlar ve (yarı tam sayı değerinde spine sahip) fermiyonlar olarak ikiye ayrılır. Uzay-zaman boyutlarının sayısı arttıkça bu fermiyon ve bozonların sayıları da artar. Genel anlamda fermiyonların sayısı bozonlarınkine oranla çok daha hızlı yükselir. Yine de iki eğri, (sicimler için) on boyutta ve (küreler ile baloncuklar gibi zarlar [membrane] için) on bir boyutta çakışır. Kısacası tutarlı olan tek süpersimetri kuramı on ve on bir boyutta bulunur.

Uzay-zamanı on boyutlu olarak ayarlırsak tutarlı bir sicim kuramına sahip oluruz. Ne var ki on boyutta beş değişik türde sicim kuramı vardır. Uzay ve zamanın nihai kuramını arayan bir fizikçi için beş farklı, tutarlı sicim kuramı olacağına inanmak güçtür. Sonuçta istediğimiz yalnızca bir tanedir. (Einstein'a rehberlik eden sorulardan biri şuydu: Tanrı'nın evreni yaparken seçme şansı olmuş muydu? Buna göre, evren eşsiz midir?)

Sonraları Edward Witten tarafından, eğer bir tane daha boyut ekleyerek on bir boyutlu hale getirirsek bu beş sicim kuramının tek bir benzersiz kuram olarak birleştirilebileceği ortaya kondu. Buna M-kuramı adı verilir ve sicimler kadar zarları da içerir. On bir boyutlu bir zarla işe başlar ve ardından bunlardan birini (düzleştirerek ya da dilimleyerek) eksiltirsek bir zarın, bir sicime düşürülmesinin beş yolu olduğunu keşfederiz; bu da bize bilinen beş

sicim kuramını verir. (Örneğin bir plaj topunu yalnızca ekvatorunu bırakarak düzleştirirsek on bir boyutlu bir zarı, on boyutlu bir sicime düşürmüş oluruz.) Ne yazık ki M-kuramının ardındaki temel kuram bugün bile bilinmezliğini korur. Tek bildiğimiz, on bir boyutu on boyuta indirirsek M-kuramı beş farklı sicim kuramına indirgenir; böylece düşük enerji limitinde M-kuramı on bir boyutlu süper kütleçekim [supergravity] kuramına indirgenir.

314 **Kendiniz doğmadan büyükbabanızı öldürecek olursanız:**

Zamanda yolculuk bir başka kuramsal sorun taşır. Bir foton yani ışık parçacığı solucan deliğine girer ve zamanda birkaç yıl geriye giderse yıllar sonrasında şimdiki zamana ulaşabilir ve bir kez daha solucan deliğinden içeri girebilir. Aslına bakarsanız solucan deliğine sonsuz sayıda kez girebilir ve bu nedenle zaman makinesi patlayacaktır. Bu, Stephen Hawking'in zaman makinelerine olan itirazlarından biridir. Ne var ki bu sorundan kaçınmanın bir yolu var. Kuantum mekaniğinin çoklu dünyalar kuramında evren sürekli paralel evrenler halinde ikiye ayrılır. Bu nedenle eğer zaman sürekli bölünüyorsa bunun anlamı, fotonun yalnızca bir kez zamanda geriye gittiğidir. Solucan deliğine tekrar girdiğinde basit bir biçimde farklı bir paralel evrene girmektedir ve bu da solucan deliğinden yalnızca tek geçiş yaptığı anlamına gelir. Bu şekilde sonsuzluklarla olan sorun çözülmüş olur. Aslında evrenin sürekli paralel gerçekliklere bölündüğü fikrini benimsersek zamanda yolculukla ilgili tüm paradokslar çözülür. Kendiniz doğmadan büyükbabanızı öldürmeniz halinde de yalnızca bir paralel evrendeki büyükbabanızı andıran bir büyükbabayı öldürmüş olursunuz. Kendi evreninizdeki kendi büyükbabanız hiç de ölü değildir.

BÖLÜM 14: EVRENI TERK ETMEK

324 **Beşinci dönemde kara delikler bile:** Kara delikler bile nihayetinde ölmek zorundadır. Belirsizlik ilkesine göre kara delikler de dahil olmak üzere her şey belirsizdir. Bir kara deliğin, içine düşen tüm maddenin yüzde 100'ünü soğurması gerekir ancak bu, belirsizlik ilkesini ihlal eder. Yani kara delikten kaçan silik bir ışıma vardır ve buna Hawking ışıması adı verilir. Hawking bunun aslında (bir parça erimiş metalin yaydığı radyasyona benzeyen) bir siyah cisim ışıması olduğunu ve bu nedenle onunla ilişkilendirilen bir sıcaklığı olduğunu kanıtladı. Çok uzun yıllar içinde (aslında gri olan) bir kara deliğin daha fazla kararlı kalmamasına yetecek kadar radyasyon

yayacağını hesaplayabilirsiniz. Sonrasında kara delik kaybolur. Sözü, kara delikler bile nihayetinde ölecektir.

Büyük Donma'nın gelecekte bir ara gerçekleşeceğini varsayarsak bildiğimiz haliyle atomlardan oluşan maddenin, bundan trilyonlarca yıl sonra parçalara ayrılabilmesi gerçeğiyle yüz yüze gelmemiz gerekir. Şu an için atomaltı parçacıkların Standart Modeli protonun kararlı olması gerektiğini söyler. Yine de çeşitli atomik kuvvetleri birleştirmek için modeli genellersek protonun en sonunda pozitron ve nötrino olarak parçalandığını keşfederiz. Bu doğruysa (bildiğimiz haliyle) maddenin eninde sonunda kararsız olduğu ve pozitronlardan, nötrinolardan, elektronlardan vb. oluşan bir sis içinde dağılacağı anlamına gelir. Yaşam, büyük olasılıkla bu sert koşullar altında var olamaz. Termodinamiğin ikinci yasasına göre yalnızca sıcaklık farkı olması durumunda kullanışlı bir çalışma ortaya çıkarabilirsiniz. Ne var ki Büyük Donma'da sıcaklıklar neredeyse mutlak sıfıra düşer; bu da kullanışlı bir çalışma edinebileceğimiz sıcaklık farkını yok eder. Bir diğer deyişle, olası tüm yaşam formları dahil olmak üzere her şey durma noktasına gelir.

324 ...algımızda bu ani değişikliğe neden olan şey nedir?: Karanlık enerji, fizikteki en büyük gizemlerden biridir. Einstein'ın denklemler, genel olarak birbiriyle eşdönüşür [covariant] olan iki kavrama sahiptir. Bunlardan ilki, yıldızlar, toz, gezegenler vb.'nin neden olduğu uzay-zaman sapmalarını ölçen *büzülmüş eğrilik tensörüdür* [contracted curvature tensor]. İkincisiyse *uzay-zamanın hacmidir* [volume of space-time]. Dolayısıyla boşluğun bile onunla ilişkilendirilen bir enerjisi vardır. Evren ne kadar genişlerse o kadar boşluk ve daha da fazla genişleme yaratmaya yarayacak karanlık enerji meydana gelir. Yani boşluğun genişleme oranı, mevcut boşluk miktarıyla orantılıdır. Doğası gereği bu, (onu ilk bulan fizikçinin adına ithafen) de Sitter genişlemesi adı verilen evrendeki büyük ve hızlı genişlemeye neden olur.

Bu de Sitter genişlemesi, Büyük Patlama'ya önyak olan orijinal şişkinliği meydana getirmiş olabilir. Ancak aynı zamanda evrenin bir kez daha hızla genişlemesine de neden olur. Ne yazık ki fizikçiler, daha ilk ilkelerinden başlayarak bunların hiçbirini açıklayamaz haldedir. Karanlık enerjiye açıklık getirmeye en fazla yaklaşan sicim kuramı olsa bile o da evrendeki karanlık enerjinin kesin miktarını tahmin edemez. Sicim kuramı, on boyutlu hiperuzayı nasıl büktüğünüze bağlı olarak karanlık enerji için farklı değerler edinilebileceğini iddia eder ancak bu, tam olarak ne kadar karanlık enerji bulunduğu hakkında bir tahmin sunmaz.

- 327 Son olasılık, uzay ve zamanda bir solucan deliği açmaktır:** Solucan deliklerinin mümkün olduğunu varsaydığımızda halen aşılması gereken bir başka engel vardır. Solucan deliğinin diğer tarafında maddenin kararlı olduğundan emin olmak gerekir. Örneğin evrenimizin mümkün olmasının nedeni, protonun kararlı ya da en azından evrenimizin, 13,8 milyarlık var oluşundaki en düşük durumuna çökmesinin önüne geçecek kadar kararlı olmasıdır. Çoklu evrendeki diğer evrenlerin, örneğin protonun pozitron gibi çok daha düşük kütleli bir parçacık olarak bozulmuş olabileceği temel durumları olabilir. Böyle bir durumda periyodik cetveldeki yakın kimyasal elementlerin tümü bozunacak ve bu evren, kararlı atomlardan oluşan madde için uygun olmayan bir elektron ve nötrino sisinden oluşacaktır. Yani bir paralel evrene girilirken maddenin bizimkine benzediğine ve kararlı olduğuna dikkat etmek gerekir.
- 329 Tüm bu varsayımlar başta saçma görünse de:** A. Guth, "Eternal Inflation and Its Implications," *Journal of Physics A* 40, no. 25 (2007): 6811.
- 329 Ayrıca evrenin bir yönüne bakıp:** Şişme kuramı, Büyük Patlama'nın pek çok kafa karıştırıcı yönüne yanıt bulur. Öncelikle evrenimiz son derece düz görünür; bu, standart Büyük Patlama kuramında genellikle önerilenden çok daha düzdür. Bu, evrenimizin önceden sanıldığından çok daha hızlı bir genişleme yaşadığı varsayılarak açıklanabilir. O sırada orijinal evrenin ufak bir kısmı muazzam biçimde şişmiş ve bu süreçte yorgun düşmüş olabilir. İkinci olarak kuram, evrenin neden olması gerekenden çok daha fazla tekbiçim olduğunu açıklar. Uzaydaki tüm yönleri bakarak evrenin tekbiçim olduğunu fark ederiz. Ne var ki (ışık hızı, nihai hız olduğu için) orijinal evrenin bütünüyle karışacak zamanı olmamıştır. Bu da orijinal Büyük Patlama'nın aslında tekbiçim olduğu ancak o tekbiçim parçanın bugünkü tekbiçim evreni ortaya çıkaracak şekilde şişmiş olduğuyla açıklanabilir.

Şişen evren kuramı bu iki başarının ötesinde, bugüne kadar kozmik mikrodalga artalan ışımasından gelen tüm verilerle uyumludur. Bu, kuramın doğru olduğu anlamına gelmez; yalnızca şimdiye kadarki bütün kozmolojik verilerle uyum içindedir. Kuramın doğru olup olmadığını zaman gösterecek. Şişmeyle ilgili göze batan sorun, kimsenin gerekçesini bilmiyor oluşudur. Kuram, şişme anından sonra çok iyi işler ancak bu, orijinal evrenin şişmesine neyin neden olduğu hakkında hiçbir şey söylemez.

Önerilen Okumalar

- Arny, Thomas, and Stephen Schneider. *Explorations: An Introduction to Astronomy*. New York: McGraw-Hill, 2016.
- Asimov, Isaac. *Foundation*. New York: Random House, 2004.
- Barrat, James. *Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era*. New York: Thomas Dunn Books, 2013.
- Benford, James, and Gregory Benford. *Starship Century: Toward the Grandest Horizon*. Middletown, DE: Microwave Sciences, 2013.
- Bostrom, Nick. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- Brockman, John, ed. *What to Think About Machines That Think*. New York: Harper Perennial, 2015.
- Clancy, Paul, Andre Brack, and Gerda Horneck. *Looking for Life, Searching the Solar System*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- Comins, Neil, and William Kaufmann III. *Discovering the Universe*. New York: W. H. Freeman, 2008.
- Davies, Paul. *The Eerie Silence*. New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.
- Freedman, Roger, Robert M. Geller, and William Kaufmann III. *Universe*. New York: W. H. Freeman, 2011.
- Georges, Thomas M. *Digital Soul: Intelligent Machines and Human Values*. New York: Perseus Books, 2003.
- Gilster, Paul. *Centauri Dreams*. New York: Springer Books, 2004.
- Golub, Leon, and Jay Pasachoff. *The Nearest Star*. Cambridge: Harvard University Press, 2001.
- Grinspoon, David. *Lonely Planets: The Natural Philosophy of Alien Life*. New York: HarperCollins, 2003.

- Impey, Chris. *Beyond: Our Future in Space*. New York: W. W. Norton, 2016.
- . *The Living Cosmos: Our Search for Life in the Universe*. New York: Random House, 2007.
- Kaku, Michio. *The Future of the Mind*. New York: Anchor Books, 2014.
- . *The Physics of the Future*. New York: Anchor Books, 2011.
- . *Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century*. New York: Anchor Books, 1999.
- Kasting, James. *How to Find a Habitable Planet*. Princeton: Princeton University Press, 2010.
- Lemonick, Michael D. *Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin*. New York: Walker and Co., 2012.
- . *Other Worlds: The Search for Life in the Universe*. New York: Simon and Schuster, 1998.
- Lewis, John S. *Asteroid Mining 101: Wealth for the New Space Economy*. Mountain View, CA: Deep Space Industries, 2014.
- Neufeld, Michael. *Von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War*. New York: Vintage Books, 2008.
- O'Connell, Mark. *To Be a Machine: Adventures Among Cyborgs, Utopians, Hackers, and the Futurists Solving the Modest Problem of Death*. New York: Doubleday Books, 2016.
- Odenwald, Sten. *Interstellar Travel: An Astronomer's Guide*. New York: The Astronomy Cafe, 2015.
- Petranek, Stephen L. *How We'll Live on Mars*. New York: Simon and Schuster, 2015.
- Sasselov, Dimitar. *The Life of Super-Earths*. New York: Basic Books, 2012.
- Scharf, Caleb. *The Copernicus Complex: Our Cosmic Significance in a Universe of Planets and Probabilities*. New York: Scientific American/Farrar, Straus and Giroux, 2015.
- Seeds, Michael, and Dana Backman. *Foundations of Astronomy*. Boston: Books/Cole, 2013.
- Shostak, Seth. *Confessions of an Alien Hunter*. New York: Kindle eBooks, 2009.
- Stapledon, Olaf. *Star Maker*. Mineola, NY: Dover Publications, 2008.
- Summers, Michael, and James Trefil. *Exoplanets: Diamond Worlds, Super Earths, Pulsar Planets, and the New Search for Life Beyond Our Solar System*. Washington, D.C.: Smithsonian Books, 2017.
- Thorne, Kip. *The Science of "Interstellar."* New York: W. W. Norton, 2014.
- Wachhorst, Wyn. *The Dream of Spaceflight*. New York: Perseus Books, 2000.
- Wohlforth, Charles, and Amanda R. Hendrix. *Beyond Earth: Our Path to a New Home in the Planets*. New York: Pantheon Books, 2017.

- Woodward, James F. *Making Starships and Stargates: The Science of Interstellar Transport and Absurdly Benign Wormholes*. New York: Springer, 2012.
- Vance, Ashlee, and Fred Sanders. *Elon Musk: Tesla, SpaceX, and the Quest for a Fantastic Future*. New York: HarperCollins, 2015.
- Zubrin, Robert. *The Case for Mars*. New York: Free Press, 2011.

Dizin

2. Dünya Savaşı; 3, 230
2001: *Uzay Macerası* (film); 45
3-D yazıcı; 129
55 Cancrı e; 193
- AbbVie; 206
Action Comics; 77
Âdem; 205
Afganistan; 224
ağırlıksızlık; 36
ahtapot; 126, 257-258
"Alacakaranlık;" (Asimov) 263-264
Alcubierre motoru; 173, 175
Alcubierre, Miguel; 174, 346
Aldrin, Buzz; xii, 26
Alfa Centauri; 147, 149, 150, 151, 155, 186
algler; 91
Allen, Paul; 118, 246
Allen, Woody; 118, 246
Alman Ordusu Savaş Gereçleri Şubesi; 18
Alman Uzay Merkezi; 90
AlphaGo; 117-118, 341
altın; 6, 28, 34, 51, 55, 245
Altın Kural; 288
Alzheimer; 208, 213, 228
Amerika Birleşik Devletleri; xxvi, 18, 21, 42, 51, 62
amonyak; 89
Anderson, Poul; 163, 350
Andromeda; 323
Ansari X Ödülü; 39
Apollo; 5, 9, 17, 25-28, 33-34, 41, 44, 46, 66, 69, 72, 223
Argus II; 225
Arizona Üniversitesi; xvi-xvii, 86, 282
Arkansas Üniversitesi; 90
Armstrong, Neil; 26, 39
Asimov, Isaac; 1-2, 10, 29, 240, 263, 284, 316, 334-335, 355
Aslan, Cadı ve Dolap (Lewis); 170
asteroitler; 51, 53, 58-59, 89
Asteroit Yön Değiştirme Görevi (ARM); 56, 89
astrobiyoloji; 251
Astronomy Now; 270
astronotlar; 5, 25, 34, 36, 38, 40, 43-45, 48, 65, 67-70, 72-74, 78,

81, 85-86, 93, 100, 103, 111, 120,
168, 227, 283

Astrophysics and Space Science
Journal; 91

atomlar; 302, 312, 321, 336

atom parçalayıcılar; 161

Avrupa; 20, 30, 150, 160, 274, 285,
287

Avrupa Nükleer Araştırma

Merkezi (CERN); xv, 160-161,
295

Avrupa Uzay Ajansı; 150

Ay; 5-7, 14-15, 17-18, 22-27, 29,
33-37, 39-40, 42, 44-49, 52-53,
55-58, 64-66, 69-72, 78, 81, 106,
120, 129-130, 148-150, 181, 187,
248, 280, 290-292, 338-341

Ay'a iniş; 223

Ay aracı; 41

Ay üssü; 8, 43, 50

Aztekler; 245

Barnes, Rory; 186

barut; 15

belirsizlik ilkesi; 302

Benford, Gregory; xii, 28, 153, 156,
160, 339, 355

Benford, James; xii, 28, 153, 156,
160, 339, 355

Bengladeş; 215

Bennu; 56

Benson, Jalmes; 164

Berkeley Radyasyon Laboratuvarı;
48

Berlin Roket Topluluğu; 18

Bernstein, Aaron; 168

beyin; 68, 219, 224, 227-229, 253

beyin bilgisayar arayüzü (BCI); 221

Bezos, Jeff; 6, 35, 37, 39, 40, 339

Bıçak Sırtı (film); 265

bilincin uzay-zaman kuramı; 135

bilinç; 2, 135-136, 219-220, 335

bilişim devrimi; 262

Biosphere 2; 86

Birleşmiş Milletler; 214

biyoetik; xvi

biyogerontoloji; xviii

biyoküreler; 90

biyoteknoloji; xvii, 91, 233, 238

biyoterörizm; 274

Blackburn, Elizabeth; 208

Blue Origin; 37-38, 40

Boeing; 64-65, 69

Bostrom, Nick; xiii, 132, 349, 355

Boyajiyan, Tabettha; 270

bozonlar; 351

böcekbotlar; 125

böcektoitler; 125

BRAIN; 218

Branson, Richard; 6, 38-39

Breakthrough Starshot; 145, 147,
151

Brin, Sergey; 206

British Interplanetary Society; 157,
347

Brooks, Rodney; xiii, 125, 236

Brown, Lester; xiii-xiv, 215-216,
224, 241

Brown, Louise; xiii-xiv, 215-216,
224, 241

Bruno, Giordano; 30, 98, 178-180,
346

Budizm; 330-331

buhar makinesi; 7, 262

Burroughs, Edgar Rice; 77, 93

Bush, George H. W; 84

Butler, Samuel; 127, 131, 342

buz; 40-41, 43-44, 53-54, 58, 77, 82,
99-103, 105, 110-111, 149, 185,
202, 261, 266, 275-276, 318, 322,
326, 341

buz dünyaları; 193

- Büyük Çöküş; 163, 319-321, 332
 Büyük Dağılma; 201, 284-285, 315-316
 Büyük Donma; 319-321, 329, 332, 353
 Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC); 161, 295-297, 312, 350
 Büyük Patlama; 32, 99-100, 162-163, 295, 299, 301, 307, 310, 313-314, 320, 324, 328-331, 345, 353-354
 Büyük Sıçrama; 320
 Büyük Sökülme; 321, 327
 Büyük Tufan; 205
 büyüme hormonu (HGH); 211-212
 Calico; 206
 California; xii-xiii, xv-xvi, xviii, xxi, 51-52, 68, 81, 154, 158, 228, 246-247
 Cameron, James; 55
 camlaştırma; 202
 Campe de' Fiori; 179
 Casimir etkisi; 176, 345
 Cennet Bahçesi; 83
 Ceres; 58
 Cesur Yeni Dünya; 238
 Challenger; 28, 38
 Churchill, Winston; 20, 217
 CIA; 142
 Clark Koleji; 16
 Clark, William; 51
 Clarke, Arthur C.; 3, 167, 348
 Colombo, Cristoforo; 30, 245
 Columbia; xvi-xvii, xix, 28
 Cortés, Hernán; 245
 CRISPR; 232-234
 Croswell, Ken; xxi
 Curie, Marie; 192
 Cygnus; 184
 Çelik Adam (film); 204, 267
 Çernobil; 277
 çiçek hastalığı; 206, 276
 Çin; 10, 30, 41, 65-66, 215, 285
 cipler (bilgisayar); 140, 145, 291
 çocukluk; 6, 65
 çoklu evren; 10, 307, 329-331
 "Daedalus, ya da Bilim ve Gelecek"; 236
 dalgalar; 7, 47, 301
 Damon, Matt; 75-76
 Däniken, Erich von; 291
 DARPA Robot Yarışması; 123, 137
 Dartmouth; xvi, 121, 124
 Darwin, Charles; xix, 127, 284, 342
 Davies, Paul; xiv, 236, 267, 290, 355
 Dawn görevi; 58
 de Sitter genişlemesi; 353
 DeepMind; 117, 137
 Demir Adam (film); 63, 222, 239
 deri hücreleri; 209, 237
 derin öğrenme; 125
 Derin Uzay Geçidi; 70-72
 Derin Uzay Taşıma Aracı; 70-73, 153
 Devrimsel Protezler; 224
 Dış Uzay Antlaşması; 42
 Diamandis, Peter; 64
 dinazorlar; xxvii
 Disney, Walt; 22, 240
 DNA; xxiv, 4, 87-88, 91-92, 127, 134, 140, 199, 203-204, 210, 212, 232, 233, 237, 251, 267, 285-287, 348
 Doğa Bilimleri Üzerine Popüler Kitaplar (Bernstein); 168
 doğal afetler; xxvi, 249
 Doğu Afrika; 30, 260
 Donoghue, John; xiv, 224
 Doudna, Jennifer; 233
 Dragon uzay kapsülü; 71

Drake denklemi; 247, 349

Drake, Frank; 248, 274

Dünya; v-vi, xiii, xvii, xx, xxiii,
xxv-xxviii, 3-5, 9-11, 14-15, 17,
23-26, 28-30, 34, 36-37, 39-40,
42-50, 52-58, 61-62, 67-70, 73-85,
87-88, 91-97, 99-101, 105-106,
109-111, 116, 123, 127, 129, 134,
139-140, 144-148, 150, 166, 169,
172, 179, 182-195, 200, 204,
213-214, 216, 223, 225-226, 230,
236, 238, 240-241, 244, 248-251,
255, 258, 264, 266-267, 270-276,
278, 280, 284, 295-296, 298, 310,
312, 317-319, 322-323, 325,
332-333, 336, 339, 343-344, 346,
350

Dünya Dışı Zeki Yaşam Arayışı
(SETI); xxi, 246, 265, 349

Dünya'dan Ay'a (Verne); 150

Dünya'ya Dönüş Aracı; 84-85

Dünya'ya yakın cisim (NEO); xxvii

Dünyalar Savaşı (Wells); xxi, 13, 76,
139, 267

Dyson, Freeman; xiv, 28, 107, 155,
271, 326

Dyson küreleri; 3, 10, 271, 280-281,
283, 327

eğrilik baloncuğu; 174-175

eğrilik motoru; 177, 346

Einstein Halkası; 183

Einstein-Rosen köprüsü; 71

Einstein, Albert; xii, xv, xvii, xix,
110, 163, 169-170, 173-175, 217,
289, 295-96, 300-306, 314, 319,
325, 327, 329-330, 338, 344-346,
351, 353

Eisenhower, Dwight; 25

elektronlar; 140, 297

Ellison, Larry; 206

Enceladus; 103, 257, 261-262

ender bulunan elementler; 55

endüstri devrimi; 262

Englert, Francois; 296

entropi; 347

estetik; 81, 288, 305

Etzionia, Oren; 118

Europa; 96, 101-104, 126, 257,
261-262

Europa Clipper; 102

evren; xxiv, 10, 97, 163, 171, 181,
307-308, 319-320, 324-327,
329-333, 335-336, 345, 351-352,
354

evrim; 127, 236, 252

Explorer 1; 24

Eyfel Kulesi; 166

Facebook; 131, 147

Falcon Heavy roketi; 6

Feigenbaum, Edward; 132

Fermilab; 281

fermiyonlar; 351

Feynman, Richard; 308

fosil yakıt; 261

fotino; 312

Fukuşima; 277

Fukuyama, Francis; 237, 348

füzyon roketleri; 163, 177, 344

Gagarin, Yuri; 24-25, 34

Ganymede; 104

gaz gezegenler; 8, 54, 101, 104, 341

GDF11; 211

Geçiş Yapan Güneş Sistemi

Dışındaki Gezegenleri

Araştırma Uydusu (TESS); 195

Geliş (film); 250

gen terapisi; 232-233, 347

genetik mühendislik; 237

genler; 210, 212, 238

- Gerçeğe Çağrı* (film); 115
 Gerrish, Harold; 161
 Gerstenmaier, Bill; 69, 340
 Gılgamış Destanı; 205
 Gillon, Michaël; 188
 Glenn, John; xvii, 39
 Global İş Ağı; xix
 Go; 117-118, 137
 Gobi Çölü; 285
 Goddard, Robert; 13-19, 22, 60, 118, 338
 Goldilocks bölgesi; 54, 93, 101, 349
 Gökadalar; 163
 gökbilim; 3, 18, 98, 102, 180, 184, 269
 göktaşı; 52-53
 görelilik kuramı; 217, 295, 325, 344
 GPS; 8
 grafen; 116
 Graham, Nick; xv, 63, 64
 Grinspoon, David; 245, 282, 350, 355
 Gros, Claudius; 91, 92
 Guarente, Leonard P.; 207
 Guth, Alan; xvi, 329-330, 354
 Güneş; xxiii-xxv, 9, 15, 36, 44-46, 50, 57, 68-69, 73, 78, 83, 87-88, 93-96, 99, 103, 107, 110, 120, 135, 163, 169, 188, 192, 226, 230, 266, 272, 279-280, 289, 291, 310, 323, 327, 332, 344, 347
 Güneş enerjisi; 43, 63, 105, 148, 261, 278
 Güneş patlamaları; 69
 Güneş rüzgârı; 53, 68, 185
 Güneş Sistemi; xxvii-xxviii, 4-5, 8, 40, 47, 53-54, 63, 81, 92, 97, 100-101, 104, 108-109, 111, 116-117, 126, 130, 134, 148-149, 151, 154, 164, 177, 179-184, 186-187, 189-191, 193, 195, 222, 237, 248, 270-271, 290, 294, 321-322, 333, 338, 341, 346
 Güneş Sistemi Dışı Gezegenler Ansiklopedisi; 4
 Güneş Sistemi dışındaki gezegenler; 181, 190
 Güneş yelkenlileri; 150, 165
 hafıza çipi; 228
 hafıza kaynakları; 237
 Haldane J. B. S.; 236
 Halley kuyruklu yıldızı; 108, 110
 Halley, Edmond; 108, 110
 hareket yasaları; 345
 Harold, İngiltere Kralı; 107, 161
 Hastings Savaşı; 107
 Havva; 205
 Hawking ışıması; 302, 352
 Hawking, Stephen; 145, 174, 227, 245, 328, 345
Hayalet Avcıları (film); 170
 haydut gezegenler; 192
 Hayflick sınırı; 208
 Hayflick, Leonard; xvi
 Heinlein, Robert; 153
 Heisenberg, Werner; 301-302
 helyum; 41-42, 53, 98-99, 157, 185, 193, 310, 325
 helyum-3; 41-42
 her şeyin kuramı; 296
 HIV; 276
 hiçlik; 302, 328
 hidrojen; 13, 41, 53, 58, 74, 78, 84, 98-100, 120, 151, 158, 160-161, 163-164, 185, 194, 230, 266, 277, 279, 310, 320, 323, 325, 341
 hidrojen bombaları; 89, 156-157
 Higgs, Peter; 296, 297
 Hillis, Daniel; 217, 348
 Hint yarımadası; 274
 Hinton, Geoffrey; 131

- hiperuzay; 331
hipokampüs; 228-229
Hitler, Adolp; 21
Hofstadter, Douglas; xvi
Hubble Uzay Teleskopu; 64, 102, 184, 193, 195
Hubrecht Enstitüsü; 233
Huxley, Aldous; 236, 238
Huxley, Julian; 236, 238
IKAROS; 150
Impey, Chris; xvi, 338, 350, 356
ışık hızı; 168, 291, 345, 354
ışık hızından daha hızlı yolculuk; 10, 314
ışık yelkenlileri; 149-150, 159
ışın tabancaları; 1, 231
ışınsal hız (Doppler) yöntemi; 182
İleri Kavramlar Enstitüsü; 90
İnsan Konektom Projesi; 9, 217, 292
insanlar; xxv-xxvi, 28, 34, 38, 46, 72, 84, 87, 123, 126, 132, 136, 174, 201, 203, 209, 214, 225-226, 229, 235-237, 240-242, 260, 267, 274, 285, 287-288, 296, 315, 334, 343
İnsanlı Keşif ve Harekât Birimi; 69, 340
insansız hava araçları; 118
İnternet; vi
İntikam Silahı 2 roketi; 19
İskoç dili; 287
işitme cihazları; 227
İzlanda; 287
Japonya; 285, 297
Jurassic Park; 255
Jüpiter; 8, 36, 47, 53-54, 96-104, 118, 120-121, 174, 182-185, 191, 192, 202, 248, 270, 290, 340
kalori kısıtlaması; 206
kanser; 44, 68, 120, 208-209, 233
Kapor, Mitch; 134
Kara delikler; 60, 352
karanlık enerji; 325-326, 328-329, 334, 353
karanlık madde; 311, 312, 325, 334
karbon; 55, 95, 117, 167, 193, 251
karbon nanotüpler; 116
karbondioksit; 87-88, 90-93, 106
Kardashev, Nikolai; 272, 326-327, 350
karşıt kütleçekim; 162, 172
karşıt madde; 8, 161-162, 168, 176-177, 200, 302, 312, 344
karşıt madde roketi; 160
katedraller; 200
kayalık gezegenler; 225
Kelvin, Lord; 192, 193
Kennedy, John F.; 25
Kepler uzay aracı; 3, 179, 184, 186, 189, 194-195, 346
Kepler-22b; 189
Kepler, Johannes; 3, 149, 178-179, 184, 186, 189-190, 194-195, 270, 346
Kerr, Roy; 170, 339
Khrushchev, Nikita; 22
KIC 8462852; 270
kızılaltı ısı ışıması; 280
Kızılaltı Teleskop Tesisi; 58
kızıl cüce; 189, 194, 324
kistik fibroz; 232
klor; 90
KOI 7711; 190
Kopernik ilkesi; 333
Kore yarımadası; 274
Korolev, Sergei; 22, 26
Koyun Dolly; 241
kozmetik ışınlar; 68, 120
kozmos; 331

- ksenon; 73, 152
 kuantum kuramı; 176, 295, 301-303, 329, 345
 Kuiper Kuşağı; 53-54, 108-110, 341
Kurtuluş Günü (film); 245
 Kurzweil, Ray; xvii, 133-134
 kuş gribi; 276
 kuşlar; 230-231, 258-259
 kuyrukluyıldızlar; 53-54, 89, 107-109, 149, 293-294
 Kuzey Işıkları; 96
 Kuzey Kore; 275
 küresel ısınma; xxvi, 274-276
 kütleçekim; 36, 44, 47, 57, 59, 81, 100, 104, 106, 108, 133, 162, 165, 169, 172, 189, 225, 234, 256, 292, 295-296, 299, 302-303, 305-306, 312, 314-315, 319-320, 325, 332, 338, 340-341, 344, 351-352
 kütleçekim dalgaları; 282, 289, 313
 kütleçekimsel mercekleme; 183, 191

 Landis, Geoffrey; xvii, 150-151, 153
 Lanza, Robert; xvii, 241
 Lawson ölçütü; 277
 lazer; 8-9, 48, 130, 145-149, 168, 247, 289, 291-293, 298, 307, 314, 335
 lazer füzyon; 158
 Lazer Girişimölçer Kütleçekim Dalgaları Gözlemevi (LIGO); 313
 Lazer Girişimölçer Uzay Anteni (LISA); 313
 lazer roketi; 151
 lazer yelkenlileri; 165, 294
 Lee Sedol; 117
 Lehrer, Tom; 21
 Lemaitre, Georges; 330
 Lewis, C. S.; xvii, 26, 51, 170, 356
 Lewis, Meriwether; xvii, 26, 51, 170, 356

 Linde, Andrei; 329
 Livermore Laboratuvarı; 158
 Lowell, Percival; 76

 magnezyum; 90
 mağara insanı ilkesi; 240, 289
 "Makineler Arasında Darwin" (Butler); 127
 Malawi gölü; 337
 Malthus, Thomas Robert; 214
 Mariner Vadisi; 81
 Markram, Henry; 218
 Mars Çölü Araştırma İstasyonu (MDRS); 85-86
 Mars Direct; 84-85
 Mars Ecopoiesis Test Ortamı; 91
 Mars Habitat Birimi; 85
 Mars Observer; 35
 Mars Simülasyon Laboratuvarı; 90
 Mars uğursuzluğu; 66
Marsh (film); 76-77, 80, 87
Matematik İlkeleri (Newton); 15
 Maxwell denklemleri; 307
 McConaughy, Matthew; 318-319
 Merkür; 9, 54, 99, 109-110, 151, 184-185, 188, 230
Mesaj; 251
 metan; 85, 88-89, 91, 105-106
 Midas, King; 139
 Milner, Yuri; 147
 mini Neptünler; 190
 Minsky, Marvin; xviii, 132
 M-kuramı; 97, 351-352
 Montezuma; 245
 Moon Express; 41
 Moravec, Hans; xviii, 131, 220
Mucizeler Yaratabilen Adam (Wells); 139
 Muilenburg, Dennis; 64
 muon; 303
 Musk, Elon; 6, 35, 37, 60-66, 70-71, 89, 131-133, 274, 340, 342, 357

- Musk, Justine; 6, 35, 37, 60-66,
70-71, 89, 131-133, 274, 340, 342,
357
mutlak sıfır; 302
- N-1; 26
nano-akü; 231
nanogemiler; 8, 145, 149, 159, 343
NanoSail-D; 150
nanoteknoloji; 8, 91, 166, 176, 290,
344
Napoleon; 51
NASA; xii-xix, 4-6, 8, 25, 28-29,
32-33, 35-38, 46, 50, 52, 56, 58,
62-65, 67, 69-72, 74, 85, 89-91,
115, 128-129, 150, 153, 161, 167,
179, 183, 318, 339-340, 344, 346
negatif enerji; 172, 175-176, 298,
328, 345, 346
negatif madde; 172, 174-175, 346
Neptün; 54, 98-99, 108-109, 184
New Glenn roketi; 39
New Shepard; 37-38
New York Times; xvi, 16-17, 348
Newton, Isaac; 14-15, 17-18, 22-23,
36, 44, 47, 104, 108-109, 176,
183, 248, 301, 311-313, 338, 340,
345
Nicolelis, Miguel; xviii, 223, 229
nikel; 54
Nixon, Richard; 25-26
Normandiya dükü William; 107
nötrinolar; 344
nükleer roketler; 157
- Obama, Barack; 6, 29, 33, 35
oksijen; 5, 13, 15, 41, 43-44, 48, 50,
58, 74, 76, 78, 85, 90-91, 105-106,
111, 119-120, 129, 147, 187, 200,
261
oksitlenme; 207
Olympus Mons; 81
omurilik yaralanması; 224
Oort Bulutu; 109-111, 149, 293-294,
341
opsin; 218-219
Orak hücre anemisi; 232
Orion kapsülü; 72
Orion Projesi; 154
Orion roketi; 70
Orion yıldız gemisi; 155
OSIRIS-REx; 56
osmiyum; 55
otomatonlar; 119-120, 124, 143
Otostopçu'nun Galaksi Rehberi
(Adams); 266
ölümsüzlük; v-vi, 199-200, 212, 214,
216, 221
özgül itki; 151
- Page, Larry; 55
paladyum; 55
Paperclip Harekâtı; 21
parçacık hızlandırıcılar; 299
parçacıkların kütleleri; 297
PayPal; 35, 61, 206
Pennsylvania Üniversitesi; 61, 232
Perlmutter, Saul; 320
Perls, Thomas; 210
Planck enerjisi; 295, 307
Planetary Resources; 55-56, 339
Planetary Society; xv, 150
platin; 41
plazma motoru; 152
Polinezyalılar; 107
Polyakov, Valeri; 67
potasyum; 90
pozitron; 353-354
Princeton Üniversitesi; xv, xviii,
xx, 229

- Proje Daedalus; 157-158
 proteinler; 212
 protonlar; 161
 Proxima Centauri; 4, 186, 188, 189, 283, 292
 Proxima Centauri b; 4, 186-187, 189, 194
 Proxmire, William; 247
- radasyon; 44-45, 66, 68, 78, 100, 102, 120, 122-123, 293, 352
 radyo; xi, 5, 7, 43, 73, 77, 100, 106, 147, 152, 246-247, 250, 261, 265-266, 290-291, 339-340, 346-347
 Rees, Martin; xix, 317
 Reeve, Christopher; 223
 regolit; 129
 resveratrol; 207, 208
 Riess, Adam; 320
 robotlar; 44, 59, 111, 118-120, 123, 125-126, 128-134, 137-138, 148-149, 159, 203-204, 218, 223, 265, 279-280, 342
 Roche limiti; 104, 341
 rodyum; 55
 roket; 6, 14-19, 22, 24-27, 37, 39, 41, 61-63, 65-66, 70, 72, 78, 84-85, 106, 111, 146, 151-152, 155-156, 161, 163, 166, 169, 223, 256, 279, 339, 345
 Roma İmparatorluğu; 2
 Rosen, Nathan; 170
 Russell, Bertrand; 321-322
 Rusya; 24, 28, 156, 275
 Rutan, Burt; 38
 rutenyum; 55
- Sagan, Carl; xix, xxvii-xxviii, 77, 93, 282
 Sahl, Mort; 21
 salgın hastalıklar; 205, 276
 Samanyolu; 1-3, 179-180, 192, 194, 247-248, 256, 272, 283, 289, 292-293, 311, 323, 334, 346, 349
 sanal gerçeklik; 240, 267
 Saturn V roketi; 5, 34
 Satürn; 8, 47, 54, 89, 96, 98, 100, 103-104, 118, 146, 192, 292, 318
 Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı; 122
 Schaefer, Bradrley; 270
 Schiaparelli, Giovanni; 76
 Schmidt, Brian; 55, 320
 Schmidt, Eric; 55, 320
 Schwarz, John; 308
 Schwarzenegger, Arnold; 224
Science; xiii, xv-xviii, 91, 158, 168, 209, 211, 339-340, 344, 346-347, 356-357
Scientific American; xiv, 15, 320-321, 356
 Seager, Sara; xix, 180-186, 188, 346-347
 sera gazı etkisi; 93
 SETI Enstitüsü; xix, 246-247
 Shakespeare, William; 169, 254
 Shannon, Claude; 132, 342
 Shepard, Alan; 37-38, 46
 Shostak, Seth; xix, 247, 249, 265, 356
 sırt roketi; 230
 sıvı hidrojen; 99-100, 157
 sicim kuramı; 304, 306-307, 309-312, 314, 330, 334, 350-351, 353
 Silikon Vadisi; 32, 41, 50, 55, 140, 206
 simetri; 162, 304-305
 Simon, Herbert; xvii, xx, 121, 356
 siyanobakteri; 90
 SLS/Orion; 33-34, 70
 sodyum; 90

- sodyum-22; 160
- Soğuk Savaş; 5, 26, 28
- solucan delikleri; 172, 175, 282, 299,
306, 314-315, 326, 345
- “Son Soru” (Asimov); 334
- Sovyetler Birliği; 22, 24, 42
- SpaceShipOne; xvii, 39
- SpaceShipTwo; 39, 62
- SpaceX; 35, 61, 63, 65, 71, 131, 340,
357
- Speer, Albert; 21
- Sputnik; 23-25, 84, 340
- Stalin, Joseph; 22
- Standart Model; 296, 297, 305
- Stanford Üniversitesi; xiv, xix-xx,
61, 132, 218, 237, 348
- Stapledon, Olaf; 2-4, 10, 256, 258,
263, 265, 271, 331, 349, 356
- Stock, Greg; xx, 234-235
- su; xiv, 5, 10, 40-41, 43, 46, 49-50,
52, 54-55, 58, 62, 64, 74, 76,
81-82, 91, 93, 96, 100-101, 103,
118, 147, 187, 193-194, 206, 228,
230, 257, 262, 266, 321, 341
- su buharı; 4, 88-90, 92, 102, 188, 190
- Sukkubus; 211
- Supernova 1987a; 181
- Sussman, Gerald; 212
- sülfürik asit; 94
- süper görüş; 226
- Süpermen; 77, 130, 204
- süpersimetri; 304-306, 351
- şempanzeler; 259
- şişme; 329-330, 354
- taikonot; 65
- tarım; 17, 41, 43, 58, 130, 261
- tasarımcı nükleer bombalar; 156
- Tau Zero* (Anderson); 163
- Tay-Sachs; 232, 241
- Taylor, Ted; xx, 155-157, 343
- Techshot; 90
- tekillik; 133-134, 170, 302
- telefon; 224, 242, 269, 273
- telekinezi; 222, 227
- telekomünikasyon; 261, 263
- teleskop; 15, 18, 108, 186, 188, 246,
270
- televizyon; xi, 7, 23, 152, 168, 176,
250, 254, 261, 307
- telomeraz; 206, 209
- temel yaşamsal işlevlerin askıya
alınması; 203
- Terminatör* (film); 62, 134, 137
- Tesla, Nikola; 35, 61, 63, 131, 357
- Theia; 48
- Thorne, Kip; 298, 300, 319, 356
- Tibet; 285
- Time*; xv, xvii, 180, 339, 347
- Titan; 89, 96, 104-107, 117, 120, 263
- Toba; xxiii, xxvii, 284, 337
- transistör; 8, 141, 145
- TRAPPIST-1; 188
- Trump, Donald; 6
- Tsiolkovsky, Konstantin; 14-15, 17,
19, 60, 118, 146, 150, 166-167,
338
- Turzillo, Mary; 150
- Türlerin Kökeni* (Darwin); 127
- Ulusal Ateşleme Tesisi (NIF); 158
- Uluslararası Astronot Akademisi;
167
- Uluslararası Doğrusal Hızlandırıcı;
297
- Uluslararası Uzay İstasyonu; 27,
61, 63, 67, 69-70, 167
- Uranüs; 54, 98, 109
- uranyum; 95, 156-158, 192, 277-278
- UV ışığı; 262-263
- uydular; 88, 100, 104, 138, 278, 294

uygarlıklar; 235, 243, 253, 281-282,
293, 296, 313, 322

uzay aracı; 3, 5, 104, 110, 118, 179,
184, 186, 189, 194-195, 346

uzay asansörleri; 166-167

Uzay Fırlatma Sistemi (SLS); 6,
33-35, 57, 64-65, 72

Uzay Görevleri için İleri
Otomasyon; 128

Uzay Yolu (film); 3, 39, 91, 145, 160,
173, 175, 189, 220, 251, 299

Uzay Yolu II: Han'ın Gazabı (film);
91

uzay-zaman köpüğü; 328

uzaylılar; 220, 245, 247, 250-251,
265-266, 269, 282, 290-291, 350

Vanguard füzesi; 23

Venera 1; 24

Venüs; 9, 24, 54, 92, 94-95, 99, 150,
181, 226, 263

Venüs Korsanları (Burroughs); 93

Verne, Jules; 36, 150, 343

Vietnam Savaşı; 27, 84

von Braun, Wernher; 17-22, 24, 60,
84, 118, 338-339

von Neumann, John; 127, 133,
290-291, 314

Voyager; 98, 118

Vulcan; 109

Wagers, Amy; 211

WALL-E (film); 240

Washington Post; 35, 40, 269, 339,
350

Watson, James; xxi, 235

Weiss, David; 233

Welles, H. G.; 77

West, Michael D.; xxi, 209

Witten, Edward; 351

Worldwatch Enstitüsü; xv, 215

Wright, Jason; 271

X.com; 61

XPRIZE; 64

yapay retina; 226

yapay zekâ; 8, 91, 116, 121, 123,
125-126, 132, 139, 342

Yapay Zekâ Laboratuvarı; xiii-xiv,
xvi, xxi

Yasak Gezen (film); 118, 252

Yasaklı Kitaplar Listesi; 179

yaşanabilir kılmak; v-vi, 92, 96,
141

yaş genleri; 206

yaşlanma; 8, 68, 204, 206-208, 210,
212-213, 216

Yellowstone Ulusal Parkı; xxvi

yıldız gemileri; 111, 143, 154, 168,
172, 204, 216, 250, 256

*Yıldız gemisi Yüzyılı: En Büyük Ufka
Doğru* (Bengford and Benford);
154

Yıldız Savaşları (film); 57, 61, 145,
193, 251

Yıldız Yapan (Stapledon); 2-3, 10,
256, 331-332, 335

Yolcular (film); 144, 145, 202

zaman; xxi

zamanda yolculuk; 314

zaman makineleri; 345

zarlar; 351

Zheng He; 30

Zubrin, Robert; xxi, 83-86, 88, 357

Zuckerberg, Mark; 131, 132, 147,
342

