BİLİM KURGULARI

Bilimsel Temellere Dayanan Gelecek Tasarımları

Nobel Fizik Ödüllü
GERARD'T HOOFT



ALFA | BİLİM

2546 | ALFA | BİLİM | 62

BİLİM KURGULARI
Bilimsel Temellere Dayanan Gelecek Tasarımları

GERARD'T HOOFT

Hollanda'nın Den Helder şehrinde 1946 yılında dünyaya gelen Gerardus't Hooft halen Utrecht Üniversitesine bağlı Spinoza Enstitüsü ve Teorik Fizik Enstitüsünde profesörlük yapmaktadır. Ünlü teorik fizikçi, lisans ve lisansüstü eğitimini aldığı Utrecht Üniversitesinden 1972 yılında doktorasını aldıktan sonra Cenevre, CERN'de araştırmalara katılmıştır. Burada tez danışmanı Martinus J.G. Veltman ile birlikte Yang-Mills kuramının yeğin nükleer etkileşimlerde uygulanılabilecek şekilde renormalize edilebilir olduğunu (QCD) göstererek 1999 Nobel Fizik Ödülünü paylaşmışlardır. Böylece kütleçekim dışındaki üç temel etkileşim ve parçacıklar bugün Standart Model olarak isimlendirilen kuantum alan kuramıyla açıklanır olmuştur. TÜBİTAK Yayınlarından çıkan *Maddenin Son Yapıtaşları* kitabı parçacık fiziği alanında en iyi kaynaklardan biridir.

TUFAN GÖBEKÇİN

Üniversite hayatına Ortadoğu Teknik Üniversitesinde Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi bölümünde başlayan Tufan Göbekçin, ilk kitap çevirilerini de üniversite yıllarında yaptı. Sonrasında İstanbul Üniversitesinde sırasıyla Tiyatro Eleştirmenliği ve Dramaturji bölümü ile İngiliz Dili ve Edebiyatı bölümünden mezun oldu. Walter Isaacson'ın *Einstein: Yaşamı ve Evreni* kitabının da arasında bulunduğu 70'in üzerinde kitabın çevirisini gerçekleştirdi. Edebiyat, felsefe ve bilim kitaplarında çevirmen ve editör olarak görev yapmaya devam ediyor.

Bilim Kurguları
© 2012, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Planetenbiljart
© 2006, Gerard't Hooft

Bu kitap Playing With Planets başlıklı kitaptan hazırlanmıştır.

Kitabın Türkçe yayın hakları Anatolialit Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında hiçbir yöntemle çoğaltılamaz.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Redaksiyon Simin Yıldız
Kapak Tasarımı Uğur Uluç
Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-106-842-8
1. Basım: Şubat 2014

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul
Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29
Sertifika no: 12088

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34410 Fatih-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 10905

BİLİM KURGULARI

Bilimsel Temellere Dayanan Gelecek Tasarımları

Nobel Fizik Ödüllü
GERARD'T HOOFT

Çeviri
Tufan Göbekçin

ALFA | BİLİM

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ, 7

Birinci Bölüm
GERİ SAYIM, 9

İkinci Bölüm
KALKIŞA GEÇME, 19

Üçüncü Bölüm
İÇERİSİ, 23

Dördüncü Bölüm
BİLGİSAYARLAR, 29

Beşinci Bölüm
KAĞIT, 42

Altıncı Bölüm
ROBOTLAR, 50

Yedinci Bölüm
VICTORIAMARIS, 54

Sekizinci Bölüm
İŞLENEBİLİR BİR DÜNYA, 58

Dokuzuncu Bölüm,
UÇURTMA UÇURMAK, 77

Onuncu Bölüm
YILDIZLAR, 80

On Birinci Bölüm
KOLONİCİLER, 91

On İkinci Bölüm
KAMERA ROBOTLAR, 98

On Üçüncü Bölüm
NEUMANNBOT'LAR, 108

On Dördüncü Bölüm
GENLER, 119

On Beşinci Bölüm
ÇEKME GÜCÜ, 125

On Altıncı Bölüm
UZAYLILAR, 134

On Yedinci Bölüm
GEZEGENLERLE OYNAMAK, 140

On Sekizinci Bölüm
İDİOKRASİ, 146

Web Siteleri, 150
İllüstrasyonlar, 151

ÖNSÖZ

Bir kuramsal fizikçi olarak, gündelik çalışmalarım, kuramsal fiziğin bir hayli uzmanlık gerektiren konuları üzerine yaptığım araştırmalar ve eğitimlerden oluşuyor. Genellikle, maddenin en küçük bileşenlerine, temel parçacıklara ve bunların birbirleriyle nasıl etkileştiklerine odaklanıyorum. Bütün gözlemlerini yaptıkları gelişmiş yapıları tasarlamakta ve çalıştırmakta harikulade bir iş çıkaranlar deneysel fizikçilerdir. Parçacıkları tanımlarlar ve özelliklerini ölçerler. Biz kuramsal fizikçilerse keşfedilmeyi bekleyen bir sonraki şeyin ne olabileceği ve bu keşfin nasıl yapılabileceği hakkında öngörülerde bulunmaya çalıştıktan sonra, bütün bu bulguları uygun bir bağlama yerleştirmek için elimizden gelenin en iyisini yaparız

Kullandığımız dil ve yazdığımız formüller, sadece az sayıda insan tarafından anlaşılabilir. Bu, matematiğin evrensel dilidir ve en küçük parçacıklar için kullanılabileceği gibi, bir bütün olarak evrenin özellikleri ve aynı zamanda onu dolduran yıldızlar ve gezegenler için de kullanılabilir. Fakat bu, öğrenmesi çok zor bir dildir.

Bu kitap farklı bir dilde; gelişmiş bir matematik anlayışına sahip olması gerekmeyen normal insanların dilinde yazılmıştır. Ayrıca farklı bir konu üzerinedir: Gelecek hakkındaki spekülasyonlar. Bilimkurgu ve bilimsel olgularla iç içe geçer; bu bazılarının "bilimsel olgu"* olarak bildiği bir karışımdır.

Amacım, bilim hakkında bildiklerimizi ve gelecek hakkında spekülasyonlar üretirken göz ardı edemeyeceğimize

---

* Science faction –yn.

inandığım olguları asla gözden kaçırmamaktı. İma ettiği bütün kısıtlamalara rağmen, yine de önümüzde duran dünya büyüleyici bir şeydir. Zaman zaman fantezilerimi dizginsiz bıraksam da, anlatmak istediğim dünya budur.

Bu kitap, ilk önce ana dilim Hollandaca yazıldı. Ardından kızım Saskia, onu İngilizceye çevirdi. Büyük bir istekle İngilizce çeviriyi yaparken, bir yandan da orijinal Hollandaca metni önemli ölçüde geliştirdi.

Arkadaşlarımla ve meslektaşlarımla yürüttüğüm sayısız tartışmadan yararlandım. İlgi çekici yorumları ve tavsiyeleri için Edward Fredkin'e, yazı işleriyle ilgili olan katkısı için Joanne Furniss'e ve metinlerin eleştirel okumasın için Annemarie Kleinert'e özel olarak teşekkür ederiz.

Bilim Kurguları (Hollandaca orijinal adı: *Planetenbiljart*), gerçek bilim yoluyla ilham alınabilecek fantastik kurguların ve hayallerin kişisel bir ifadesidir.

Utrecht, 26 Ağustos 2008

Birinci Bölüm

GERİ SAYIM

Uzay gemim, parlak beyaz renkteydi ve pırıl pırıl kırmızı ve siyah şeritlerle süslenmişti. Dışarıya açılan küçük pencereler, güneşlerden yayılan zararlı ultraviyole ışığı engellemek için tasarlandığından, siyah renkteydi. Kalkış ve iniş, düşey olarak gerçekleştirilmişti. Yere indikten sonra uzay aracı, üç veya dört motorunun iliştirildiği küçük sabitleyici kanatlarının üzerinde durmuştu. Uzay gemisinin epey yol kat ettiğini anlamak güç değildi; gövdesi epeyce zedelenmişti. Uzay gemim, beni çok uzak yıldız sistemlerindeki bir sürü gezegene ve aya götürmüştü. Gezegenlerin arasında ilerlerken seçtiğim eliptik yörüngeler, benim için artık bir sır değildi. Üstelik şiddetli ve bunaltıcı güneş rüzgârlarından korunmak gerektiğini de öğrenmiştim.

Kaç yaşındaydım? Dokuz, belki de on. Uzay gemisi, kendi tasarımımdı ve kağıttandı. Motorlar küçüktü ve çok az yakıta ihtiyaç duyuyordu, çünkü özel olarak bu amaçla kendi icat ettiğim bir ilke olan karşı-kütleçekime göre çalışıyorlardı. Yol boyunca ziyaret ettiğim gezegenlerin eskizleri, resim defterimin sayfalarını süslüyordu.

Doğal olarak, yıldızlar arası keşif gezilerim sırasında diğer bütün uzay yolcularının önünde olmak büyük bir arzuydu ama bu hiç de kolay değildi. Rakiplerim olduğunu fark etmiştim, üstelik bir sürüydüler. Rakiplerim, eserleri benimkinden çok daha yaratıcı olan bilimkurgu yazarlarıydı: Işık hızından yüzlerce kat daha hızlı yol alan uzay araçları icat etmişler, kendilerini saf düşünceyle besleyen dünya dışı varlıklar yaratmışlar ve dokunaçlarının tek bir hareketiyle üst uzaya sıçrayarak, kendi gezegenlerinin rahatlığında seyahat eden uzaylılar tanımlamışlardı. Bu tür maceralar karşısında, kazanma şansım hiç yoktu.

Fakat benim, devam etmemi sağlayan bir avuntum vardı. Diğerleri hile yapıyorlardı! Doğanın yasalarını, inanılırlıktan çok uzak hale getiriyorlardı. Uzay ve zamana bir solucan deliği koyuyor veya doğaüstü iletişime başvuruyorlardı; bunların gerçekleşmesi, benim en çılgın rüyalarımda bile mümkün değildi. Bilimin emrettiği kısıtlamaların hiçbirini dikkate almazsanız, bilimkurgu artık o kadar da eğlenceli olmaz. Hayır, gezegenler arası bir seyahate çıkmak istiyorsanız, doğanın yasalarına uymalısınız ve yasalardaki boşlukları bulmalısınız. Şuan önemli olan *budur*, çünkü doğanın yasaları haşindir ve itaatsizliğe asla toleransı yoktur. Hayır, *bundan* daha zeki olmalısınız.

Güvenin bana, biliyorum. Çünkü şuan doğanın yasaları hakkında çok şey biliyorum. Fizik eğitimi aldım ve bunu kendime meslek edindim. Bu müthiş alan, benim hayatımın tutkusu. Bir fizikçi olarak, doğanın yasalarına müdahale edilmemesi gerektiğini kavrarsınız. Isaac Newton, gezegenlerin, yıldızların ve ayların çekiminin, sadece kütleleri tarafından üretildiğini ve bu kuvvetin başka bir harici kaynak tarafından etkilenemeyeceğini açıklayan yasaları, hayranlık uyandırıcı bir matematiksel kesinlikle formüle etmiştir. Albert Einstein'ın 200 yıl sonra Newton'ın yasalarında yaptığı düzeltmeleri dikkate alsanız bile bundan çıkarılacak sonuçlardan biri, karşı-kütleçekimin imkansız olduğudur. Kütleçekim kuvvetini nötr hale getirebilecek bir karşı-kütleçekim veya başka bir şeyi yaratmak, söz konusu bile olamaz.

Fakat bu uyumsuzluk, yalnızca başlangıç seviyesindekiler içindir. Doğanın yasalarına aykırı daha birçok şey vardır. Aslında, doğanın yasaları, neler *yapamayacağınızı* kesin olarak belirtir ve bunu, olasılıklar dahilinde neler yapabileceğinizi tanımlamaktan çok daha kesin bir dille ortaya koyar. Bunun ağır sonuçları vardır. Kendinizi bundan sonrakilere hazırlayın:

- Işık hızından daha hızlı seyahat edebilmek hiçbir zaman mümkün olmayacaktır. Asla.

"Sayın Bay Hooft. Şüphesiz, Gerald Feinberg tarafından geliştirilen yeni Takyon teorisini duydunuz ve Luis Gonzalez-Mestres'in yeni yayınlanan makalelerinden haberdar olmalısınız. Şu anda, ışıktan daha hızlı bir makine için yepyeni bir tasarım geliştiriyorum ve benzer hayalleri paylaşan öncüleri, bu çabama ortak olmaya davet ediyorum. Şu anda sadece kâğıt üzerinde ve henüz yapım aşamasına geçmedi ama..."

Bu tür mektupları sürekli alıyorum. Saf yatırımcıların, paralarını kaybetmeleri kesindir. Fizikte ışık hızından daha büyük hızlar mevcutsa da, uzay araçları bunlardan hiçbir zaman faydalanamayacaktır. Bir deniz fenerinden yayılan ışık demetini düşünün. Fenerin içindeki lamba kendi etrafında döner ve deniz fenerine yeterince uzaktan bakabilirseniz, ışık hızından daha hızlı bir biçimde dönen bir ışık noktasını görebilirsiniz. Fakat bu maddi bir şey değildir; insanları bu ışık lekesinin üzerinde seyahat ettirmek imkânsızdır.

- Her türlü bilgi transferi için bir ortam gereklidir; örneğin ses, ışık veya hatta bir sayfa kâğıt. Hangi ortam seçilirse seçilsin, hiçbir mesaj ışık hızından daha hızlı gidemez.

Dolayısıyla deniz fenerinde dönen ışık demetleriyle bir mektup bile gönderemezsiniz. Bu özellik, doğanın bilinen bütün yasaları tarafından paylaşılır. Bu, varoluşumuzu yöneten kurallar hakkında çok şey açıklayan temel bir ilkedir.

- Enerji ısıya dönüştürülebilir ama tersinden, yalnızca sıcaklık *farklılıkları*, kullanılabilir enerjiye dönüştürülebilir.

Bir başka örnek daha: mucizevi bir biçimde yoktan kinetik enerji üreten Sürekli Devinim Aracı, bir uydurmacadır. Isıdan enerji elde edemezsiniz ama sıcaklık farklılıkları, örneğin bir buhar makinesinde üretilen türden farklılık, bol

miktarda enerji üretmek için kullanılabilir. Bu da, çalışma masamın altındaki evrak klasörünün en dibini boylayan sayısız mektuba konu olmuştur.

- Küçük bir parçacığın hem konumunu hem de hızını tam olarak belirleyebilmek olası değildir. Ya konum ya da hız belirlenir!

Bu yasanın matematiksel formülasyonu, bu kitabın amacı için fazla karmaşıktır ama Heisenberg Belirsizlik İlkesi adıyla bilinen bu ilke öylesine önemlidir ki konuya en azından şöyle bir değinilmesi şarttır. Bu ilke, atomlar ve parçacıklara yapılabilecek şeylere birçok kısıtlamayı ortaya koyar.

Peki, ne olmuş? Bilimkurgu yazarları öykülerini bir sürü saçmalık üzerine kurabiliyor ve benim kâğıt uzay gemilerim de pek işe yaramadı. NASA'nın yöntemi –ağzına kadar yakıtla dolu ve seyirlik pencereleri olmayan, parayla beslenen canavar görünümlü makineler– dışında aya seyahat edebilmenin gerçekten de hiçbir yolu yok mu?

Bu, On Beşinci Bölümde açıklayacağım gibi, fazla aceleci bir sonuç olabilir: Doğanın yasaları, uzaya çıkmanın başka bir yoluna izin verir. Peki ama nasıl? Bu, kısa süreliğine de olsa bir sır olarak kalmaya devam edecek.

Peki ya o doğaüstü olaylar? Bulvar gazeteleri her zaman bunlarla dolu değil mi? Daha da kavgacı bir tutum sergileyeceğim: Bunlara *doğaüstü* denmesinin nedeni, doğanın yasalarıyla uyumlu olmamalarıdır. Bu fenomenlere inandırıcılık atfeden insanların halen mevcut olması da doğanın yasalarını çok ciddiye almamalarından kaynaklanır. Gündelik hayatlarını kolaylaştıran şeyleri –örneğin araba, televizyon, merkezi ısıtma vb gibi– doğanın yasalarına borçlu oldukları düşünülünce bu tuhaftır.

"Bay Hooft, neden bu kadar soğuk ve katısınız? Bu yasaları biraz yumuşatamaz mısınız? Neden birkaç istisna olmasın? Üstelik bu hiç kimseyi incitmez!"

Bu türden birçok mektup da alıyorum. Günün birinde, gazeteye gönderilmiş bir mektupta şu cümleye rastlamıştım:

"Bilim insanları daha mütevazı olmalı, çünkü bilimsel olanların dışında da gerçekler var." Bakış açınıza göre, o böyle olabilir. Ancak bu alternatif gerçekler, hiçbir şekilde doğanın yasalarını alt edemez veya etkisizleştiremez.

Bilimkurgu yazarları, yasaların getirdiği sınırlamaları tamamen hiçe sayar. Bu nedenle de bir uzay aracından, fantastik hayali gezegenlerin zeminine ışınlanmak için güçlü lazer ışınlarının kullanıldığına dair öyküler okuruz. Bu, bir süreliğine gerçeklikten kaçmanıza olanak tanıyan harika bir saçmalıktır. Fakat yazarlar harikulade rüyalar yaratırken, en aşırı absürtlük bile bazı yazarlar için yeterince çılgınca değildir.

Bu tür şeyler okumak hoşunuza mı gidiyor? Hiç sorun değil, devam edin, bilimkurgu okuyun ve hayal kurun. Fakat bunun bir kurgu olduğunu ve bilimle çok az ilgisinin bulunduğunu unutmayın; geleceğin bilimiyle veya uzak gezegenlerdeki uzaylılar tarafından bilinen bir bilimle bile ilişkili değildir. Birçok bilimkurgu yazarı, hikayenin olay örgüsünü en azından saygı değer bir görünüme sahip olabilmesi için fiziğin harikulade alanını, bilinmez bir belirsizliğe dönüştürür. Ölüme mahkum edilmiş bir adam, son sözleri sorulduğunda "*Işınla beni, Scotty*," der. Fakat boşuna; görünüşe göre Scotty düğmeyi zamanında bulamamıştır.

Bilimkurgu yazarlarının küçük bir azınlığı, insanlığı bekleyen gelecek hakkında bir ölçüde daha gerçekçi bir tablo çizmeye kalkışır. Kim Stanley Robinson, "Mars Üçlemesi"nde Mars'ın kolonileştirileceğine nasıl inandığını tanımlar. İlk önce, gezegenin ilk kolonicileri için yaşam alanları inşa etmek için robotlar gönderilecektir. Daha sonra, dünya üzerindeki bütün kıtaları temsil etmek üzere elli erkek ve elli kadından oluşan bir grup seçilecektir. Bunlardan otuz beşi Amerikalı, otuz beşi Rus olacaktır ve her biri belli bir özelliğe veya güce sahip olacaktır. "İlk 100 Kişi" şaşırtıcı büyüklükteki bir uzay gemisinde Mars'a dokuz aylık bir yolculuk yapacaktır.

Mars Kolonisi, göç ve doğal nüfus artışı sayesinde hızlı genişler. İnsanlık, bütün gezegene yayılır ve gezegen, git-

tikçe Los Angeles'ın banliyösüne benzemeye başlar. Sadece birkaç nesil sonra, artık uzay kıyafetleri giymelerine gerek kalmayana değin, yeni sakinler gezegenin atmosferini ısıtmayı başarır ve yaşamı desteklemek için gerekli minimum oksijen seviyesini korurlar. Bilimkurgu meraklıları arasında çok revaçta olan bu kavram, "dünyalaştırma" olarak bilinir.

Robinson, dünyalaştırmanın gerekli sıcaklık artışını üretecek birkaç rüzgâr jeneratörünün kurulmasıyla başlayabileceğine inanmıştır. En hafif deyimiyle, bu çok naiftir. Ancak bilimsel görüşleri, diğer bilimkurgu yazarlarınınki kadar ihtimal dışı değildir. Dünyalaştırma mümkün olsaydı, Mars gibi bir gezegende sıcaklıkta belirgin bir değişikliğin yaşanabilmesi için birçok neslin geçmesi gerekirdi. Dünyadaki atmosferimizde insanlığın belirgin değişiklikler üretebilmesinin ne kadar uzun zaman aldığını bir düşünün! Üstelik bu rüzgâr jeneratörleri kurularak değil, sera gazlarıyla yapılabilir (bunu daha sonra anlatacağım).

Robinson'un Mars'ın kolonileştirilmesi için öngördüğü hız –birkaç göç dalgasından söz eder– bana gerçekçi gelmiyor. Mars'ın yüzeyindeki hava, uzunca bir süre aşırı soğuk, aşırı ince ve aşırı zehirli kalacaktır. Robinson, hoş bir resim çizer. Ancak daha sonra değineceğim gibi, gelecekteki sakinler ya büyük cam kubbelerde ya da yerin altında yaşamak zorunda kalacaktır.

Bir de gelecek hakkındaki görüşlerini bilimsel bulgulara dayandırmaya girişen sözde "ciddi araştırmacılar" ya da gelecek bilimciler vardır ama savları aynı ölçüde ikna edici olmaktan uzaktır. Bilimsel destekleri neye dayanır?

Savları genellikle açıktır. Kısa bir süre önce, sözde bilimsel metin benzeri bir yazıda şu cümleleri okudum: "Zamanda geriye gidelim, sadece bir yüzyıl geriye. O zamanki bilim insanlarına şimdiki haliyle; arabalar, uçaklar, televizyon, gökdelenler, internet ve sayısız tıp harikasıyla dolu hayatımızı hayal edip edemeyeceklerini soralım. Şaşkına dönerlerdi. 21.yüzyıl biliminin de bizi benzer bir şekilde şaşırtacağını düşünmek gerçekten çok mu ihtimal dışı? At arabalarından

uçaklara doğru yaşanan ilerleme gibi, geleceğin araçları da şimdiki ulaşım şekillerimizle kıyaslandığında ileri düzeyde olmayacak mı? Olacak, öyle değil mi?"

Bu gelecek bilimcinin argümanı işte bu raddeye varıyor. Elbette doğanın ve teknolojinin yasalarını anlayan ve gelecek için hangi ilerlemelerin öngörülebileceğini ve sınırların ne olduğunu kendisine anlatabilecek fizikçilere, mühendislere ve diğer profesyonellere danışabilirdi ama geçmişte yaptıkları gibi yine yanılırlardı, öyle değil mi? Fiziğin *"tamamlandığını"* söyleyen kişi Max Planck'ın fizik öğretmeni değil miydi? 20. yüzyılın başlarında, *"[o günkü fiziğin] teorisinin güzelliğinin ve netliğinin sadece iki bulutla gölgelendiğini"* söyleyen Lord Kelvin değil miydi? O iki küçük bulut, büyük fırtınalara yol açacaktı: modern fiziğin iki yapı taşı olan Kuantum Mekaniği ve Görelilik Teorisi.

Bu tür izole edilmiş ve talihsiz vurgular günümüz bilim insanlarının yakasını bırakmıyor ve sonuç olarak, gelecek bilimciler bilimkurgu dünyasına egemen olan diğer masalcılarla aynı yolda ilerlemeye devam ediyor. Stephen Hawking ve Carl Sagan gibi şöhretler bile "uzay sıçramaları"yla dolu öykülerle bilimkurgu filmlerinin yapımcılarını cezbediyorsa, bu gidişat nasıl tersine çevrilebilir? Laurence Krauss, "Physics of Star Trek" (Uzay Yolu'nun Fiziği) adlı kitabında bu konuyu inceler: sadece fiziğin gerçek yasalarına saygı duyan aklı başında bir fizikçi, bilimkurguda veya en azından büyük bir kesiminde kullanılan sözde "fiziğin" çoğunlukla yalnızca bir illüzyon olduğunu daha geniş kitlelere nasıl gösterebilir? İnsanlık, hiçbir zaman ışıktan daha hızlı seyahat edemeyecektir; hatta ışığın hızı, bizim ulaşabileceğimiz hızlardan çok daha yüksek olacaktır. İletişim de hiçbir zaman ışıktan daha hızlı olmayacaktır ve doğaüstü iletişim, söz konusu bile değildir.

Modern bilimin bugünkü seviyesini, 1800'lerin sonundaki haliyle kıyaslamamalısınız. 20. yüzyıl boyunca, bilim ve teknoloji o kadar gelişmiştir ki; örneğin dışkestirim* Lord Kelvin

* Ekstrapolasyon –yn.

gibi saygın bir bilim insanının bir asırdan daha uzun bir süre önce yapabildiğinden çok daha kesin bir biçimde yapılabilmektedir. 19. yüzyılda yaşamış bir fizik öğretmeniyle kıyaslama yapmaksa daha da adaletsizdir. Bu tür yazarlardan birine, *"Bildiğimiz her şeye aykırı olduğunun farkında olmanıza rağmen, neden bunları söylüyorsunuz?"* diye sormuştum. *"Evet, farkındayım," diye yanıtlamıştı, "ama bunu yazarsam kitaplarım hiç satmaz!"* İşte böyle. Kitabım, şüphesiz onunkilerden daha az satacak.

Ama lütfen yanlış anlamayın; geleceğin fiziği bizi şaşırtmaya devam edecek ve belki de, hatta büyük bir ihtimalle, gelecek çarpıcı teknolojik gelişmelere sahne olacak. Bu potansiyel, kitabımın odağını teşkil edecek. Fakat halihazırda bildiğimiz bütün doğa yasalarının doğru olduğunu veya en azından çok ciddi sapmalar beklemeyeceğimiz kadar gerçeğe yakın olduğunu varsayacağız. Popüler kanının aksine, yüzyıl önce insanların bildiği doğa yasalarının yanlış bilim olduğu kanıtlanmamıştır. Newton'ın yasalarında olduğu gibi, ufak tefek düzeltmeler olmuştur. Ancak birçok yasa, hiçbir değişikliğe uğramaksızın durmaktadır. Yapılan değişikliklerin birçoğu, Newton'ın incelememiş olduğu aşırı yüksek hızlar gibi olgularla ilgilidir. Yalnızca şimdiye kadar hiçbir yasanın tanımlanmadığı yeni olgular, yeni düzenlerin keşfine yol açabilir. Yalnızca bunlar, yeni uygulamaların vaat edebilir. Bu tür keşfedilmemiş alanlar, 19. yüzyılda çok daha yaygındı.

Ancak yukarıdaki açıklama, muhtemelen 19. yüzyıl bilim insanlarının kehanetleriyle aynı yeri boylayacak: çöp kutusunu. Olsun. Kitabımı buraya kadar okudunuz. Neden bir fizikçi olarak nelerin mümkün olduğu hakkında, henüz keşfedilmemiş yollar hakkında, henüz sınırları belli olmayan teknolojik gelişmeler hakkında hayal kurmayayım? Kurallara sadık kalmayı ve doğanın yasalarına uymayı arzularsak, hangi düşleri kurabiliriz? Fizik, henüz "tamamlanmamıştır"; nanoteknoloji, daha yeni kalkışa geçti, hayal edilebilecek bir sürü potansiyel uzay projesi var ve bilgisayarlar aracılığıyla iletişim, sadece birkaç on yılı geride bıraktı. Burada genişle-

me için bir sürü alan var. Nerelere kadar ilerleyebileceğimizi görelim.

İlerleyen bölümlerde, uzayda yolculuk hakkında neleri bekleyip neleri bekleyemeyeceğinizi, bilgi teknolojisi devriminin neleri sunması gerektiğini, toplumumuzda hangi ciddi değişimlerin beklenebileceği ve beklenemeyeceğini anlatacağım. Ara sıra, fiziğin kuru dili canınızı sıkabilir ama size anlatacaklarımın büyük bir bölümü, biraz sağduyuyla kolayca takip edilebilir. Sizi şaşırtabilmeyi umuyorum. Gerçek fiziğin sınırları dahilinde bile düşlerimizdeki dünyaları, fiziğin yasalarının her şeyi kontrol altında tutmaya devam edeceği dünyaları, gerçekleştirebiliriz.

Size anlatacağım her şey, gerçek kehanetler olmayacak. Çoğu zaman, belirli icatların kullanılmasını engelleyecek olan teknoloji veya fizikle çok az ilgisi bulunan nedenler olacak. Örneğin geleceğin muhteşem eserleri, terörist saldırılara karşı yeterince korunabilecek mi? Gelecek olasılıkları hakkında konuşurken, bu yönleri dikkate almayacağım. Bazen, belirli gelişmelere, örneğin dünya üzerindeki biyolojik yaşamın başka bir gezegene aktarılmasına veya daha sonra açıklayacağım daha fantastik ve büyüleyici olasılıklara karşı ekonomik, siyasi veya etik itirazlar olacaktır.

Sizi hayal kırıklığına uğratacak küçük ayrıntılar da olacak. Örneğin güneş sisteminin dışındaki gezegen sistemlerinin keşfinin, on binlerce yıl alacağı yönündeki görüşüm sizi hayal kırıklığına uğratabilir. Bu, ne benim ne de sizin, bu tür seyahatlerin sonuçlarını göremeyeceğimiz anlamına gelir. Yine de kendi çağımızdan ilerilere doğru bakmanın birçok eğlenceli yanı var.

Bu kitap, yeni gelişmeleri ve fikirleri keşfetmeyi ve aynı zamanda da fiziğin yasalarına ilişkin anlayışımızla uyumlu olmayanları reddetmeyi amaçlıyor. Aslında, bu kitapta yazdıklarımı, içinde iyi çocukların ve kötü çocukların olduğu, entrikaların ve bolca cinselliğin yer aldığı –iyi çocuğun, büyük bir tehlikeden kıl payı kurtulduktan sonra mucizevi bir mutlu sona ulaştığı– ilgi çekici ve romantik bilimkur-

gu öyküsü olarak veya bu etkiyi yaratacak başka bir kalıba sokmalıydım... Fakat bu yaratıcı yazarlık türü beni aşıyor ve gerçekte anlatmak istediklerimden çok fazla uzaklaşmama neden oluyor. Bu öykülerdeki kadın kahramanların, hiçbir erkeğin daha önce gitmediği yerlere nasıl cesurca gittiği hakkında hayal gücünüzü kullanmanız gerekecek...

İkinci Bölüm

KALKIŞA GEÇME

Başkan Kennedy bir söz vermişti ve bu sözünü tutmuştu. On yıl içinde, bir Amerikalı aya ayak basmıştı. 1969 yılının Temmuz ayıydı. Büyülenmiş bir şekilde televizyona kitlenmiştim. Gezegenler arası yolculuk artık sınırlarımız dahilindeydi. Artık uzay yolculuğunun hiçbir makul şüpheye yer bırakmadığı ispatlanmıştı. En büyük engel, zeminden havalanmaktı. Hepimiz bunu televizyonda seyrettik; görünüşe göre, uzaya fırlatma işlemi müthiş bir havai fişek gösterisini gerektiriyordu.

Bu, esaslı bir bilimsel çalışmaydı. Dünyanın yörüngesine girmesi için bir uzay gemisinin saniyede yaklaşık 7,5 kilometre (saatte 27.000 kilometre) hıza ulaşması gerekir. Bir roket motorunun, bu hıza en verimli şekilde ulaşabilmesi için o hızın üçte ikisi kadar bir gaz akışı üretebilmesi gerekir. Bir başka deyişle, saniyede beş kilometre hıza sahip bir gaz akışı. Heyhat, kimyanın yasaları normalde bu tür hızlara izin vermez. Kimyasal reaksiyonlar, gaz molekülleri için yalnızca saniyede dört kilometreye kadar bir hız üretebilir.[1]

O halde, yakıt yakılarak uzay gemisinin toplam ağırlığı yarıya bölünürse, ulaşılabilecek hızı fiziğin yasaları belirler; hızı saniyede yaklaşık iki kilometreden çok daha fazla artırılamayacaktır. Boş yakıt tankları atılır ve bu süreç tekrarlanır. Uzay aracının ağırlığı yine yarıya bölünür ve hız ikiye katlanır. Dünyanın yörüngesine ulaşıldıktan sonra, uzay aracının geriye kalan ağırlığı –buna "faydalı ağırlık" denir– kalkıştaki ağırlığın yalnızca küçük bir kısmıdır. Üç kademeli roketler-

[1] Gelecek teknolojilerin, mono-atomik hidrojen gibi egzotik kimyasalların kullanımına izin vermesi olasıdır. Bu tür yakıtlar, saniyede beş kilometreden daha yüksek hızlar da üretebilir, ama henüz hiç kimse bu tür yakıtların nasıl güvenlice depolanabileceğini bilmiyor.

de olduğu gibi, yörüngeye çıkışların çoğu kez aşama aşama gerçekleştirilmesi bu yüzdendir. Her durumda, kalkıştaki ilk ağırlığın, dünyanın yörüngesine giren faydalı ağırlıktan önemli ölçüde yüksek olduğunu hepimiz biliriz.

Peki, fiziğin bu yasası alt edilemez mi? Bu tür hızlara başka yöntemlerle ulaşmak mümkün değil mi? Nükleer yakıt kullanımı yoluyla olabilir. Nükleer yakıt, çok daha fazla enerji üretir ve çok daha hızlı bir gaz akışı üretebilir. Ancak atomların bölünmesi neredeyse milyon kat daha fazla enerji üretir ve bu da bambaşka problemlere sebebiyet verir. Dünyadan havalanmak için dünyanın kütleçekiminden daha büyük bir kuvvetin üretilmesi gerekir; bir başka deyişle 10 m/s^2 veya 10 metre bölü saniye karelik bir ivme. Bu, dışarıya akıtılan gazın yeterince yoğun olması gerektiği anlamına gelir. Ancak gaz akışının hızı saniyede beş kilometreden çok daha yüksek olsaydı, üretilen enerji miktarı muazzam olurdu. Bu da çözümlenemez bir soğutma problemi yaratırdı.

Bir uzay aracına, enerjisini gaz akışına etkin şekilde aktaran bir nükleer reaktör iliştirmek mümkün müdür? Mesele, bir uzay aracını dünyanın yüzeyinden fırlatmaksa, bu hiçbir şekilde düşünülemez. Kimyasal motorları kullanan modern metotlar, en zarif ve pratik yol olarak görünmektedir. Pratikte, bunların en etkili yol olduğu kanıtlanmıştır. Şunu eklememe izin verin: Bir uzay aracını havalandırmak ve uzayda yüksek hızlara ulaşmak, hangi teknik kullanılırsa kullanılsın çok fazla enerji gerektirecektir, zira bir uzay aracının hareket üretmesi ve zemin seviyesinden uzaydaki sabit bir yörüngeye yükselmesi her zaman yüksek miktarda enerji gerektirir. Kullanılabilir enerjinin, çeşitli ivmelendirme tekniklerinde ne kadar verimli kullanılabildiğini hesaplamak mümkündür ve genellikle, roket motorlarının çok fazla enerji tükettiği vurgulanmaktadır. Yüksek hacimlerde gazı aşağıya püskürterek kendinizi havalandırmak, muhakkak ki çok verimli görünmemektedir. Ancak hesaplamalar tüketimin asgari düzeyde olduğunu gösterir. En verimli roket türü, salınan gazın hızını kontrol edebilen bir roket olurdu.

Düşük hızda gaz salınımıyla başlardı ve yolculuk devam ederken hızı artırırdı. Bu tür bir roketin yüzde yüze yakın verimli olabileceği hesaplanabilirdi: Atık gazlarda açığa çıkan *bütün* enerji, faydalı ağırlığının kinetik enerjisine dönüştürülürdü. Bir uzay aracı, saniyede üç kilometrelik sabit atık hızına sahip bir motor kullanarak yörüngeye fırlatılırsa, bu enerjinin yüzde ellisi kaybedilir. Başka alternatiflerin bulunmadığı düşünülürse, bu hiç de fena değildir. Uzayda yolculuk için diğer olasılıklar daha sonra incelenecektir: Zeminden havalanmanın alternatif yolları var mı? Dahası, bir uzay gemisi ne kadar uzağa gidebilir?

Bu arada, mil yerine kilometreyi kullandığımı fark etmiş olmalısınız. Ayrıca kilogram ve santimetreyi kullanacağım. Bu metrik birimler, bilimin ölçü birimleridir. Ne yazık ki Anglosakson dünyasının büyük bir bölümü İngiliz ölçü birimlerini kullanmaya devam etmektedir: mil, inç, pound, ons ve eski zamandan kalma, karşılıklı olarak kıyaslanamaz daha bir sürü kavram. Arabanızı sürerken veya alışveriş yaparken bunları kullanmayı tercih edebilirsiniz ama bilimde metrik birimler gerçekten çok daha kullanışlıdır. 23 Eylül 1999 tarihinde, Mars Climate Orbiter [Mars İklim Uydusu] adı verilen insansız uzay aracı Mars gezegenine ulaştı. Sonra bir şeyler ters gitti. Radyo teması kaybedildi ve çok geçmeden 327,6 milyon dolarlık aygıtın Mars'a çarptığı ortaya çıktı. Sonrasında yapılan bir araştırma, başarısızlığını nedenini belirledi: Dünya üzerindeki bir bilgisayar yazılımı kuvvet birimi olarak pound kullanmaya devam ediyordu, uzay aracıysa metrik birim olan Newton ölçü birimine ayarlıydı. Mars Climate Orbiter'ın, Mars'tan 140 ila 150 kilometre yükseklikte yörüngeye girmesi amaçlanmıştı. Ancak bu navigasyon hatası, uzay aracının 57 kilometreye kadar inmesine neden olmuştu. Uzay aracı, planlanandan çok daha düşük olan o yükseklikteki atmosferik basınç ve sürtünme nedeniyle parçalanmıştı.

Yaşanan hayal kırıklığını hatırlıyorum. Mars'ın yakınlarında güzel bir gözlem gerçekleşebilirdi. Halen pound ve

ons kullanan adamın, o uzay aracında olması gerekirdi diye düşünürüm! NASA'nın o felakete yol açan bütün faktörleri açıklayan nihai raporu, yüzlerce ek nedeni listeliyordu ama asıl nedeni göz ardı ediyordu: ABD'nin metrik ölçüleri kullanmaması! Her neyse, bu kitabın başından sonuna metrik birimleri kullanıyorum. Bilmiyor olma ihtimalinize karşı, 1 kilometre 0,621 mildir; 1 metre 3,28 fit ve 1 kilogram da 2,205 pound'dur. Bu arada 1 Newton da 1 kilogramın, saniye karede 1 metre ivmelendirilmesi için gerekli kuvvettir veya 0,225 pound kuvvettir.

Üçüncü Bölüm

İÇERİSİ

Profesör Prtplwyszpo, yıllarca araştırdıktan sonra, peşinde olduğu şeye nihayet ulaştı: Bir çektirme makinesi icat etmişti. Küçük gizli kapasından makineye giren herkes, diğer taraftan yaklaşık yüzde on daha küçük çıkıyordu. Gönüllü bu işlemi yedi kez tekrarlasaydı, orijinal boyutlarının yarısından daha küçük olacaktı. Makineden yeterince sık geçilirse, orijinal boyut dilediğiniz kadar küçültülebiliyordu. Bir tıp ekibi, makineden yüz kez geçtikten sonra, bir hastaya burun deliğinden girebilirdi ve mikroskobik araçlarla devrim niteliğinde ameliyatlar gerçekleştirmek için vücudun hastalıktan etkilenen alanına seyahat edebilirdi. Başarılı bir ameliyatın ardından, ekibin orijinal boyutlarına dönmek için makineden aynı sayıda ama bu kez tersinden geçmesi yeterli olurdu.

Bu çok müthiş olurdu. Peki ama bu tıp ekibindekilerin vücutlarının atomları ve moleküllerine ne olurdu? Onlar da küçülür müydü, yoksa bazıları ortadan mı kalkardı? İkinci durumda, vücutlarındaki hücrelerin çekirdekleri tamiri imkansız bir şekilde zarar görürdü ve ekiptekiler ansızın ölüverirdi. Vücudumuzdaki her hücre, DNA adı verilen ve hücrelerin fonksiyonlarını kontrol eden moleküller içerir. DNA molekülünün her atomu, hayati önemdedir; bunların yüzde onunu kaybederseniz, ölürsünüz. Okuyucu, bu bilimkurgu öyküsünde muhtemelen başka yanlış varsayımlar da tespit edebilir. Bu hoş bir fikirdir ama kesinlikle uygulanamaz. O küçük şeylerin dünyası hakkında gerçekten ne biliyoruz?

Kulağa gayet mantıklı geliyor; küçük parçacıkların dünyasını keşfetmek için çok küçük araçlara ihtiyaç vardır. Böcekler, diğer böcekleri bizden daha iyi görebilir mi? Küçük gözleriyle, çok daha yakına gidemezler miydi? Bunun olabi-

leceğini düşündüyseniz, tekrar düşünün. Gözlerimiz, ışığın yardımıyla dünyayı gözlemleyen çok hassas araçlardır. Temel bir yasaya göre, tespitin gerçekleştirildiği makine ne kadar büyükse, o kadar iyi çalışır. Küçük şeylerin gizemlerini çözmek, daha büyük gözlerle çok daha kolaydır. Gözlerimiz, böceklerin gözlerinden büyük olduğu için, onların birbirlerini veya kendi dünyalarını görebildiğinden çok daha iyi görebiliriz. Sinek pencereye doğru uçar, çünkü camdaki tozu veya yansımayı göremez. Keza, balinalar bizden çok daha iyi bir işitme yetisine sahiptir. Görsel ve işitsel duyum fonksiyonları söz konusu olduğunda, boyut önemlidir. Bu nedenle, bazı hayvanların mümkün olabildiğince büyük hale gelmek için evrilmesinde şaşırtıcı bir yan yoktur.

Maddenin en küçük parçacıklarını tespit etmek için devasa büyüklükteki araçlara ihtiyaç duyarız. İsviçre'nin Cenevre şehrinin yakınlarındaki CERN adlı laboratuvar kompleksi, çok sayıda Avrupa ulusunun ortak girişimidir. CERN, Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi (Conseil Européen de Recherche Nucléaire) ifadesinin kısaltmasıdır. Aslında nükleer* altı ifadesinin kullanılması daha yerinde olurdu; çünkü araştırılan parçacıklar, gittikçe daha küçük hale gelmektedir. Kompleksin içinde, bir kısmı İsviçre, bir kısmı da Fransa'da yer alan ve toplam uzunluğu yirmi beş kilometreyi geçen bir tünel bulunmaktadır. Büyük bir halka şeklindeki bu tünelde, parçacıklar zıt yönlerde büyük hızlara ivmelendirilir. Parçacıklar çarpıştığında, büyüklükleri bir kamyon ve ev arasında değişen çeşitli dedektörler kullanılarak, çarpışmanın etkileri kaydedilir. Bu etkiler, saniyede milyonlarca kez kaydedilir. Maddenin özelliklerini son derece küçük ölçekte analiz etmenin en başarılı yolunun bu olduğu kanıtlanmıştır.

Bu tip bir araştırmaya, yüksek enerji fiziği adı verilir, çünkü en küçük ayrıntıları ortaya çıkarmak için parçacıkların içine mümkün olabilecek en büyük enerji miktarlarının

* *Nucleus* İngilizcede çekirdek anlamına gelir. Nükleer fiziğe Türkçede "çekirdek fiziği" de denir –yn.

pompalanmasını gerektirir. Zira parçacıkların konumlarını tam olarak ölçebilmemiz için çok yüksek bir hıza ulaşmaları gerekir. Bu ilke, Birinci Bölümde sözünü ettiğimiz Heisenberg'in Belirsizlik İlkesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu ilkeye göre, bir parçacığın hızını ve konumunu aynı anda ve net bir şekilde tespit etmek mümkün değildir. Bilimsel teori, küçük mesafelerin araştırılmasının, yüksek bir hız aralığını gerektirdiğini söyler.

Dünyada, CERN gibi birçok laboratuvar vardır ve ABD, Almanya ve Japonya başta olmak üzere birçok yerde benzer araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bu araştırmalar, maddenin yapısı hakkında çarpıcı yeni kavrayışlarla sonuçlanmıştır.

Kendimiz de dahil olmak üzere bizi çevreleyen bütün madde, molekül adını verdiğimiz parçacıklardan oluşur. Her molekül, atom adı verilen birimlerden oluşur. Her atom da elektronlarla çevrelenmiş çok küçük bir çekirdekten oluşur. Normal koşullar altında, atomlar dayanıklı ve değişmezdir. Ancak atomlar farklı moleküller oluşturmak için kendilerini yeniden düzenleyebilir; atomların birbirleriyle nasıl birleşeceğini veya birbirlerinden nasıl ayrılacağını dış elektronlar belirler. Kimya, bu ilkeyi temel alır. Bu yeniden düzenleme, yanma işleminde olduğu gibi genellikle ısı formunda enerji üretebilir. Bir atom, aynı zamanda enerjiyi soğurabilir; örneğin fotosentez sürecinde, bitkiler hava, su ve minerallerden organik moleküller üretmek için güneş ışığını kullanır. Biz konumuza geri dönelim.

Tespit edebildiğimiz kadarıyla, elektronlar öylesine sonsuz küçüklüktedir ki matematiksel anlamda sadece birer "nokta" olarak görünür. Aslında, bu henüz uzaysal yapılarını tanımlayamadığımız anlamına gelir. Yakın çevrelerindeki uzay, biraz bozulur veya kutuplaşır ve bu biçim bozulması tam olarak hesaplanabilir, dolayısıyla elektronlar bu anlamda yapıya sahiptir.

Öte yandan, bir atomik çekirdek çok daha fazla içsel yapıya sahiptir, çünkü iki tür parçacıktan oluşur: protonlar ve

nötronlar. Bu parçacıklar da, pion adı verilen başka parçacıklar tarafından bir arada tutulur. Protonlar ve nötronlar, bir nükleer reaksiyon aracılığıyla farklı çekirdekler etrafında yeniden düzenlenebilir. Bu, kimyasal reaksiyonlarda görülen miktarlardan çok daha fazla enerji gerektirir; bazen milyonlarca kat daha fazla enerji. Buna nükleer enerji adını veririz. Yalnızca nükleer reaksiyonlar aracılığıyla, bir atomu bir başka atoma dönüştürmek mümkün olabilir.

Ortaya çıkarabilecekleri muazzam miktarda enerjiyle birlikte, nükleer reaksiyonların keşfi, fizikte gelmiş geçmiş en büyük dönüm noktalarından biriydi ve toplum için en dramatik sonuçları doğuran keşiflerden biri oldu. Doğasında var olan tehlikeler nedeniyle, nükleer fizik genel kamuoyundan ciddi itirazlarla karşılaşmıştır. Ancak nükleer fizik toplumsal problemleri çözmek için yapıcı bir şekilde kullanılabilir. Sekizinci Bölümde bu konuyu ele alacağız.

Protonlar ve nötronlar da değişmez değillerdir. Her proton ve nötron, glüon adı verilen parçacıklar tarafından bir arada tutulan üç kuark içerir. Proton ve nötronları bir arada tutan pionlar, bir kuark ve bir karşı-kuarktan oluşur. Kuark ve glüonlar, tıpkı elektronlar gibi birer "nokta"dır. Dahası, türlü türlü egzotik kuark ve egzotik elektron varyasyonları vardır ama bunlar nadirdir ve yalnızca kısa bir süreliğine var olur. Kuarkları yeniden konumlandırmak için gerekli enerji, nükleer reaksiyonlar için gerekli enerjiden bile büyüktür.

Nötrinolar gibi başka madde parçacığı türleri de vardır. Bunlar son derece etkisizdir, çok az kütleye sahiptir ve çok zor tespit edilebilir; ama devasa büyüklükteki araçlarımızla bunu başardık. Bunların dışında, hakkında hemen hiçbir şey bilmediğimiz kara madde vardır. Sadece bunun varlığının, gözle görülür maddeyi hareketli kılan çekimsel kuvvetler tarafından açığa vurulduğunu biliyoruz. Kara madde, bugün bilebildiklerimizden, ayırt edilebilir derecede farklı olması gereken parçacıklardan oluşur.

Küçük parçacıkların dünyası hakkında sunduğum özetin sonuna geldik. Peki, bütün bunları neden anlatıyorum? Çün-

kü bilimin bu parçasıyla neler yapabileceğimiz sorusuyla sık sık karşılaşıyorum. Enerji üretmek için bu kuarklar ve elektronları nasıl kullanabiliriz? Bir kuark bilgisayarı mevcut mu? Bilimkurgu öyküleri bu fikirlerden beslenir. Ne yazık ki gerçek daha iç karartıcıdır. Yepyeni keşifler yapılabileceği düşünülebilir; örneğin nükleer reaksiyonlar için katalizör vazifesi üstlenebilecek yeni bir temel parçacık sınıfı keşfedilebilir ve şu anda düşünülmesi bile imkansız nükleer reaksiyonlar üretilebilir. Böylece halihazırda nükleer reaksiyonları kullanarak elde ettiğimizden çok daha fazla enerji üretilebilir. Fizik, bildiğimiz kadarıyla, bunun teorik olarak mümkün olduğunu söyler; sözde "manyetik monopol" bu tür bir parçacık olabilir. Bu parçacığı ele almak, bu kitabın sınırlarının ötesindedir ama bu parçacıkların yardımıyla, bilinen nükleer reaksiyonlardaki gibi maddenin küçük bir kısmı değil bütün madde enerjiye dönüştürülebilir. Ne yazık ki bunu üretebilmek bir tarafa, bu tür bir parçacığın var olduğuna dair somut bir kanıta dahi sahip değiliz. Bunun hiçbir zaman mümkün olmaması kuvvetle muhtemel ama kim bilebilir?

Temel parçacıkların karakteristikleri, yalnızca büyük bir kuvvetle birbirlerine çarptıkları zaman tespit edilebilir. Bunun için çok fazla enerjiye ihtiyaç duyulur ve genellikle çok fazla enerji kaybedilir. Kuarklar ve glüonları incelemek için kullandığımız araçlar da çok miktarda enerji soğurur. Aslında, tek ilgilediğiniz şey bunların özellikleri üzerinde çalışmaksa bu bir problem değildir; tam aksine bu parçacıklar hoş bir zorluk yaratır. Yine de bu onları çok da faydalı kılmaz ve kuark bilgisayarı gibi pratik uygulamalar kolay kolay hayal edilemez. Dahası, bu konuyu, uzak yıldızlar ve galaksiler hakkındaki araştırmalarımızla karşılaştırmamız gerekir; bu doğaya ve doğadaki yerimize ilişkin genel anlayışımız için önemli ve hatta hayatidir ama pratikte kolonileştirme için menzilimizin dışındadır. Bu konuya daha sonra değineceğiz.

Peki, gerçekçi olan nedir? Minik aletler yapabilir miyiz? Bilgisayar parçaları? Robotlar? Detektörler? Tam olarak ne kadar küçük olabilecekler? Uygulamada, sınır atomik sevi-

yedir. Atomlar, karmaşık kimyasal etkileşimleriyle bizim için çalışabilir. Her kimyasal fabrikada bunu bizim için zaten yapıyorlar. Ancak en büyüleyici olan yanı, birçok atomun nasıl var olduğunu ve bunları bir araya getirdiğinizde etkileşimlerinin ne kadar karmaşık olduğunu fark etmektir. Bu atomların ne kadar küçük olduğunu fark ederseniz, keşfedilecek ne kadar çok şey olduğunu hayal etmek zor değildir. Kuarklara ihtiyacımız yok; gelecekle ilgili düşlerimizi bu atomlar üzerine kurmamız daha gerçekçidir.

Atomların dünyasının karmaşık doğası, neler için kullanılabilecekleri ve ne tür kimyasal etkileşimler içine girebilecekleri, gündelik hayatımızda rahatlıkla görülebilir. Bütün hayat bunu temel alır. Her canlı organın oluşumu ve işlevi hakkındaki bütün bilgiler, iplik şeklindeki DNA moleküllerinde depolanır ve vücut hücreleri, adeta gelişmiş birer süper-bilgisayar gibi bu bilgilere derhal erişebilir. Biyokimya gibi bilimler, DNA moleküllerinde depolanan bütün bilgilerin kaydedilmesi ve her canlı hücredeki bilgisayarın bu verileri nasıl işlediğinin ortaya konması söz konusu olduğunda yüzeysel kalmıştır.

İdeal olarak, atomlar temelinde nesneleri analiz edebilmeyi ve oluşturmayı ya da yeniden oluşturmayı isteriz. Ancak bu tür şeyleri yapabilmekten halen çok uzağız. Yine de bu konudaki ret hakkımı çok daha dikkatli bir biçimde kullanıyorum; gidilecek daha uzun bir mesafe var ve bu konuda daha çok şey duyacağımız muhakkaktır.

Dördüncü Bölüm

BİLGİSAYARLAR

Seksenlerin başındaydı. Bir fizikçi olarak, bütün dünyadaki meslektaşlarıma mesajlar göndermek için kullanabildiğim bir bilgisayar ağına bağlıydım. Bazen, bir yanıt almak yalnızca yarım saat sürüyordu. Ne büyük bir ayrıcalık ve ne kadar pratik! Bu, bir telefon görüşmesinin ve yazılmış bir mektubun faydalarını birleştirdi: Mesajlar bir telefon aramasının hızıyla iletiliyordu ama "e-posta" aracılığıyla ayrıntılı ve net mesajları, alıcıyı rahatsız etmeksizin gönderebilmek mümkündü. E-posta, alıcı ne zaman uygunsa o zaman okunabilirdi. Keşke herkes bunu bilseydi! Fakat o zamanlar fizikçiler dışında hiç kimse e-postayı duymamıştı.

Bu elbette değişti. Toplumumuz, on yıllardır önemli bir ilerlemenin, bilgi devriminin etkisi altında. Yakın zaman önce telefon, radyo ve televizyon, iletişimde devrim niteliğinde dönüm noktalarını beraberinde getirdi; şimdi sıra kişisel bilgisayarlarda (PC). Genel kamuoyu, bir PC'ye sahip olmanın rahatlığını keşfetti. 1998-2002 yılları arasında, internet sitelerinin sayısı 3 milyondan 900 milyona ulaştı ve PC'lerimizin işlem gücü muazzam ölçüde arttı. Bunun nedeni, her bir çipteki iletken sayısının her 18 ayda ikiye katlanmasıdır. Bu eğilim, Intel'in kurucularından olan Gordon Moore tarafından tespit edilmiştir. İkiye katlanma genellikle 18 ay yerine iki yıla yakın bir sürede gerçekleşmeye başlamış olsa da, Moore'un Yasası adı verilen bu eğilim günümüzde geçerliliğini korumaktadır.

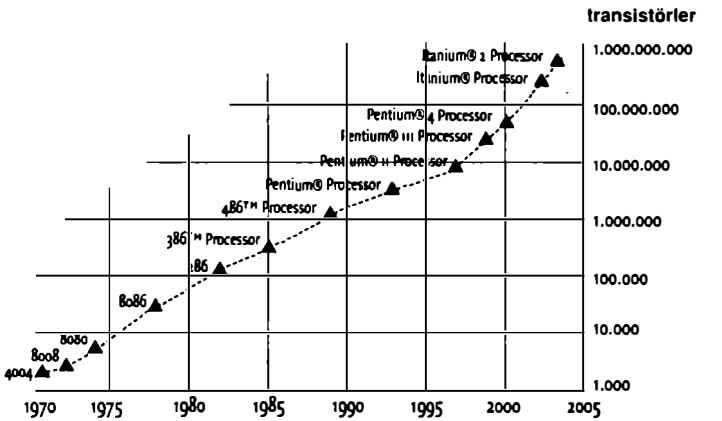
Bu, bilgi devriminin daha başlangıcı; bundan bekleyebileceğimiz daha birçok şey var. Çok küçük ve ucuz elektronik bileşenler yapabildikçe, bilginin aktarılması ve depolanması daha da verimli hale gelecektir; bu her yere yansıyacak bir değişimdir.

Örneğin fotoğrafçılığı ele alalım. Daha on yıl önce, herkes filmleri kullanıyordu ve çektiğiniz kareleri görebilmeniz bir hafta veya daha uzun bir süre alıyordu. Şimdiyse fotoğraf makineleri anında dijital görüntüler sunabiliyor ve hatta cep telefonlarınızla fotoğraf ve video çekebiliyorsunuz. Bu, tek çipli kartların kapasitesindeki muazzam artışın bir sonucudur. Video kameralar, yirmi yıl önce kocaman cihazlardı ama şimdi bir kredi kartından çok da büyük olmayan cep telefonunuzun içine sığabiliyor. Taşıtlar çok daha fazla bilgisayarlı cihaz içeriyor. Oyuncaklar, küçük elektronik araçlar içeriyor ve bilgisayar oyunları her nesille birlikte daha süslü hale geliyor ve bu nesiller, birbirlerini inanılmaz bir hızda takip ediyor. Gündelik haberler ve başka bilgiler bize anında ulaşıyor. TV görüntüleri, artık evdeki sabit televizyonla sınırlı değil, cep telefonlarından da izlenebiliyor.

Bugün bütün bunların ve birçoğumuz tarafından öngörülmesi çok zor bir sürü şeyin gerçekleştiğini görebiliyoruz. Bundan sonra ne gelecek? Hareket, ses, sıcaklık ve koku sensörleri, daha küçük ve ucuz hale gelecek. Bunlar ne için kullanılacak? Ev sahipleri, evlerini canlı bir organizmaya dönüştürebilecek. Evler, yalnızca evde birinin olup olmadığını bilmekle kalmayacak, aynı zamanda birisi henüz eve varmadan önce sıcaklığı otomatik olarak kontrol edebilecek, ışıkları söndürüp yakabilecek ve hatta eve vardığınızda kahvenizi hazırlayabilecek bilgilerle donatılacak. Elbette izinsiz bir giriş olursa, bunu hemen hissedecek ve ne zaman polise haber vermesi gerektiğini bilecek. Bu arada evdeki bütün kıymetli eşyalara da çipler takılacak ve bulundukları yerler sahiplerine bildirecek. Diş fırçaları, mutfak araçları ve benzeri basit aletler, kullanım talimatlarını içeren çiplerle donatılacak ve daha siz söylemeden istediğiniz şeylerin büyük bir bölümünü yapabilecek.

Bütün bunlar bizi nereye götürecek ve nerede son bulacak? Limitler henüz görünürde değildir; dünya daha da esaslı değişimlere uğrayacak. Bu kitabı yazarken, birçok bilgisayar sadece birkaç santimetrekarelik çiplere yerleştiril-

miş yüzlerce megabayt kapasiteli bir belleğe sahip. Bir çipin yüzeyinde mikron karede düzinelerce temel bellek hücresi vardır. Mikron, bir metrenin milyonda biri ya da bir milimetrenin binde birine eşit bir ölçü birimidir. Mikron kare başına bellek hücresi sayısındaki kısıtlama, daha sonra açıklayacağım gibi ışığın dalga boyutu tarafından belirlenmektedir.



Son otuz beş yılda Moore'un Yasası. Ortalama olarak, her yirmi bir buçuk ayda bir çipteki bellek ögesi sayısı ikiye katlanmıştır.

Bilgisayarınızdaki bütün çipler, silikon gibi yarı iletken malzemeden yapılır. Yarı iletkenler, çok saf olduklarında elektriği çok zayıf bir biçimde ileten maddelerdir. Saf maddeye farklı türden atomlar eklenirse, maddedeki elektron sayıları ve atomların arasını doldurması beklenen konumlar arasında ufak bir yanlış eşleşme gerçekleşebilir. Böylelikle, atomlara gevşek bir biçimde iliştirilmiş "lüzumsuz" elektronlar yaratılır ve bunlar da elektriği iletir.

Başka atom türleri de eklenirse, elektronların olması gereken yerde boş alanlar oluşur. Bu boş alanlar, tıpkı serbest elektronlar gibi çok hareketlidir ve bu maddeler, elektriği çok daha iyi iletir. Elektronları boş alanlara konumlandırmak suretiyle, madde manipüle edilebilir ve farklı türden elektronik özelliklere sahip bölgeler üretilebilir. Bu bölgele-

re, çok karmaşık mikroskobik parkur şekli verilerek elektronik cihazlar üretmek mümkündür. Peki, bu pratikte nasıl yapılabilir?

İşin sırrı, tersine bir mikroskop kullanmaktır: İstenilen motiflerin olağandışı netlikteki görüntüleri, silikon veya başka bir yarı iletken maddenin dilimlerine yansıtılır. Daha sonra, ışığa duyarlı kimyasal maddeler kullanılır. Buna "dağlama" işlemi denir. Bu teknikler aracılığıyla, bellek öğeleri kablo bağlantıları ve her şeyiyle oluşturulur. Asıl mesele, bunları mümkün olabildiğince küçük ve verimli yapabilmektir. İmaj oluşturma, ışık kullanılarak gerçekleştirilir. Bu nedenle, mevcut kısıtlayıcı faktör, dağlama işlemi için kullanılan ışık ışınının dalga boyudur.

Fizikçiler, gözle görülür ışıktan çok daha kısa bir dalga boyuna sahip ultraviyole ışığın avantajlarını keşfetmiştir. Ultraviyole ışığın dalga boyu, sadece bir mikronun onda biridir ama bu ölçüm sonucu, bu optik metodun sınırlarıyla şekillenmiştir. Dalga boyları çok kısaysa, ışık ışınlarını odaklayan optik lensleri üretmek için kullanılabilecek hiçbir madde yoktur. Er ya da geç, daha da büyük bellek kapasitelerine ve daha da yüksek işlemci hızlarına ulaşmak için daha da küçük boyutlara ulaşma ihtiyacı hissedilecektir ama o zaman optik metot terk edilmek zorunda kalacaktır. Bunu daha ileriye götürebilir miyiz? Daha da küçültmeyi başarabilir miyiz?

1959 yılının Aralık ayında, Amerikalı kuramsal fizikçi Richard P. Feynman, California Teknoloji Enstitüsü'ndeki Amerikan Fizik Derneği'ne bir konferans vermiştir. Bu konferansın başlığını "Aşağıda Daha Çok Yer Var" şeklinde belirlemiştir. Feynman, yan yana birkaç atomu ölçerek bellek hücreleri üretebilirsek, muazzam miktarda bilgiyi depolayabilmemizin mümkün hale gelebileceğini bile sorgulamıştır. Daha da ileriye giderek, istenilen küçüklükte nesneler üretmek mümkün olsaydı ve maddeyi atomlar temelinde kontrol edebilseydiniz neler olabileceğini düşlemiştir. Konferans sırasında, çağdaşlarından çok daha ilerilere bakabilmiştir.

Mevcut bilgisayar çipleri, Feynman'ın hayal ettiği kadar küçük olmasa da şimdiden çok küçük öğelerden oluşmaktadır.

Biz insanlar bir şeylere bakmak için ışığı temel alırız; gözler tıpkı lensler gibi büyük öğeleri gözlemlemeye yarar ama mikroskobik ve mikroskobik altı nesneler için uygun değildir. Böcekler bu görüşümüzü destekler, çünkü çok küçük gözlere sahip olmalarına rağmen onlar da iyi görmezler. Bunun yerine, çevrelerini incelemek için kullandıkları anten gibi duyumsal araçlara sahiptirler. Daha da küçük varlıklar, tüyler ve dikenlere sahiptir; kimyasal maddelere karşı olağandışı bir hassasiyet taşırlar ama gözleri yoktur ve olduğunda da, çok kötü gözlere sahiptirler.

Bilim insanları, bunu da keşfetmiştir. Dokunma duyusuna dayalı mikroskoplar, "tünel mikroskopları" adıyla halihazırda mevcuttur. İncelenecek nesneye çok keskin bir iğne yaklaşır ve elektronların iğneden nesneye veya nesneden iğneye sıçrayıp sıçramadığı belirlenerek çok fazla yakınlaşılmadığından emin olmak için bir elektrik akımı "sondalanır." Bu "tünel etkisi" olarak bilinir; iğne ve nesne arasındaki sözde "potansiyel bariyer" elektronların geçmesi için fazla yüksektir ama kuantum mekaniğinin yasaları buna yine de izin verir; deyim yerindeyse elektron potansiyel bariyeri boyunca küçük bir tünel açar. Bu süreç tarafından üretilen elektrik akımının gücü, iğne ve nesne arasındaki mesafeye göre değişir; mesafe ne kadar azsa, akım o kadar güçlü olur. Bu teknik sayesinde, küçük böceklerle aynı metodu kullanarak fantastik netlikte görüntüler üretmek mümkündür.

Tek tek atomlar bile bu şekilde görselleştirilebilir. Aynı iğne, bir yüzeyden atomları almak ve hareket ettirmek için kullanılabilir. Böylelikle, bilgisayar çipleri de dahil olmak üzere atomik ölçekte bir şeyler üretmek olası hale gelir. İğnenin keskinliği, limiti teşkil eder ama iğnenin ucu da optik görüntülerden bin kez daha küçük olan atomik boyutlara sahip olabilir. Bu teknik, laboratuvarlarda halihazırda kullanılmaktadır. 1990'larda, IBM'deki araştırmacılar, xenon elementinin atomlarını şirketin logosu formunda düzenlemeyi

başarmıştır. Peki, bilgisayar çipleri neden henüz bu şekilde üretilmemektedir?

Ne yazık ki bir problem mevcuttur. Şüphesiz problem olacaktır, aksi halde bu metotlar zaten geniş ölçekte uygulanırdı. Yukarıda açıklanan sondalama işlemi, zaman alır; optik görüntüleri üretmek için daha da çok zamana ihtiyaç duyulur –bunları bir kerede yaratabileceğiniz yerde, sondalama metodu nokta nokta yaklaşımı gerektirir. Çip üretme endüstrisinde, zaman paradır. Zaman öylesine önemlidir ki aşırı pahalı olmasına rağmen türlü türlü optik makineyi satın almak, ekonomik açıdan mantıklıdır. Muazzam büyüklükteki kuvarz lenslerden oluşan yeni bir makine anlatılmıştı; keskin ultraviyole ışık projeksiyonlarıyla otuz santimetre çapında dilimleri işleyebilmek için kullanılıyordu. Yalnızca yirmi santimetre çapında dilimleri işleyebilen eski makine, artık kullanılmıyordu, çünkü yeni makine dakika başına çok daha fazla sayıda çip üretmeyi mümkün kılıyordu. Bu üreticilerin en çok değer verdiği şey, işte budur. Bu nedenle, sondalama metodunu unutun. Daha hızlı bilgisayar çipleri üretilebilirdi ama eminim ki çok daha masraflı olurdu.

Fakat sondalamaya dayalı daha hızlı bir metot düşünemez miyiz? Bir tane olmalı diye düşünüyorum. Bu tür bir çip tertibatının merkezi ögesinin, atomik ölçekte dişlere sahip bir tarak olduğunu hayal ediyorum. Her bir diş, elektronik olarak kontrol edilir. İstenilen türden maddeler, bir tost diliminin üzerindeki tereyağı gibi silikon kristal parçanın üzerinde yayılırdı. Çipin optik imalatı, şu anda ortalama on saniyeden daha az değildir; benim tarağım da bunu aynı hızda yapabilirdi. Belki de merkezdeki öğe, dişler yerine bir sürü deliğe sahip olurdu: Elektronik olarak açılıp kapanan bu deliklerden ultraviyole ışık ya da atom veya elektron ışınları gönderilirdi. Bu imalat metodunun ne kadar gerçekçi olduğunu bilmiyorum ama burada ekonomik ve kullanılabilir çipler için teorik limitin, bulunduğumuz noktadan çok daha ötede olduğunu göstermek istedim. Geleceğin bilgisayarlarının, mevcutlardan çok daha hızlı olacağını ve çok

daha fazla kapasiteye sahip olacağını tahmin etmek de aynı nedenden ötürü mümkündür. Moore'un Yasası, en azından bir süre geçerli olmayı sürdürecek. Optik metot, muhakkak terk edilecek ama bir alternatif bulmak ekstra zaman alacak. Moore'un Yasası artık geçerli değilmiş gibi, son model bilgisayarların öncüllerinden neden çok daha hızlı veya kapasiteli olmadığı yönünde sık sık karşılaştığım soruların açıklaması bu olabilir.

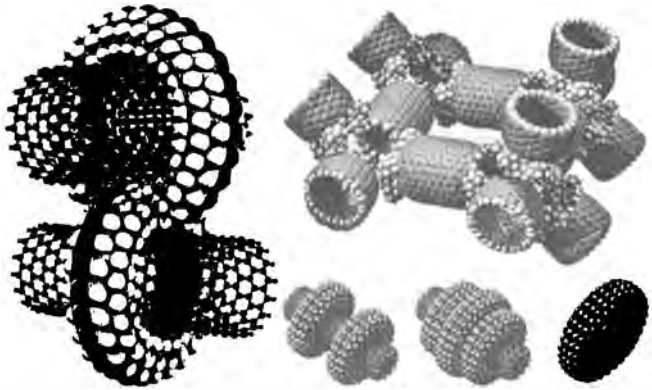
Belki de bilgileri kaydetmenin daha da yenilikçi yolları keşfedilecektir. Feynman'ın fikirlerine dönüp bakacak olursak, belki de bir silikon diliminin üzerinde mikroskobik olarak küçük hard diskler, binlerce mikroskobik disk üretebileceğiz. Bilgiler, atomik hassasiyete sahip mikroskobik iğneler tarafından eklenir ve okunur. Küçük iğneler, tek tek atomları veya molekülleri disklerin üzerinde hareket ettirir; tıpkı bir kum kutusunun üzerine şekiller çizermişsiniz gibi. Atom başına birden fazla bellek ögesi, uygulanabilir değildir ama bu limite yaklaşabileceğiz. Böylece pratik limit mikron karede birkaç yüz milyon bite veya bir çip üzerinde on milyarlarca (10 ila 13. kuvvet) bellek öğesine yükselir. Minyatür hard diskimin gerçekten üretilip üretilemeyeceğini bilmiyorum. Bu kadar küçük boyutlardaki hareketli parçalarla çalışmanın temel engelleri olabilir; örneğin istikrarsızlık, aşınma ve sürtünme gibi engeller çıkabilir ama atomik ölçek sınırının teoride uygulanabilir olduğunu düşünüyorum.

Eksiğimiz, deneyimdir. İnsanlık, bu tür kavramları araştırmaya daha yeni başladı. Ancak insan zekasına inancım tam ve keşfettiğimiz her fırsattan en iyi şekilde yararlanmamıza imkân tanıyacak sayısız bulgu olacağına inanıyorum. 1959 yılındakinin aksine, günümüzde dünyanın dört bir yanında nanofiziği araştıran bir sürü laboratuvar ve hayatlarını buna adamış birçok araştırmacı var. Tek tek atomların veya küçük atom gruplarının manipülasyonuyla ilgilenen bilime, nanoteknoloji denir. Bir nanometre, mikronun binde biridir. Bir nanometreye on hidrojen atomu sığar.

Nanoteknolojiden çok şey bekleniyor. Bir örnek vermek istiyorum. Günümüzün bilgisayarlarının hard diskleri, gramofon plağı gibi görünen bir şeyle donatılır ve bu, bilgisayar kapatıldığında kaydedilmesi gereken bütün bilgiyi depolar. Bu tür bir hard diskin, öngörülebilir gelecekte kaybolacağına inanıyorum. Güç kapatıldığında da bilgileri koruyan mikroskobik bellek öğelerini kullanmaya geçeceğiz. Bunlar yukarıda açıklandığı gibi mikroskobik hard diskler veya tamamen farklı cihazlar olabilir. Bilgisayarları ve spesifik programları açmak, önemli ölçüde daha az zaman alacaktır. Böylelikle bilgisayarlar çok daha az enerji sarf edecektir. Kalıcı bellek öğeleri, cep telefonlarında halihazırda kullanılıyor ve bilgisayarlardaki genel kullanımı da sadece an meselesi.

Aşağıdaki illüstrasyon, atomik boyutlardaki makina bileşenlerinin neye benzeyeceği hakkındaki düşüncelerimizi ortaya koymaktadır. Bunları mevcut araçlarımızla karşılaştırırsanız, mevcut araçlarımız Taş Devrinden kalmaymış gibi görünür! Hiç yer işgal etmeyen, ağırlığı olmayan ve inanılmaz bir hıza sahip olan sensörler ve ölçüm aletleri gibi her türlü uygulamayı düşünebiliriz. Her türlü aracın hareketli bileşenlerini bu tür sensörlerle donatabiliriz ve her arıza anında izlenebilir. Aların sistemleri çok daha spesifik olabilir; gerçekten alarm için bir neden olup olmadığını belirleyebilir ve neler olup bittiğini çok daha ayrıntılı bir şekilde rapor edebilir.

Atomik boyutlardaki araçlar, akla hayale gelebilecek her amaç için kullanılabilir ama özellikle tıp bilimlerinde kullanılacaktır. Uzaktan kumandalı robotlar, problemleri çözmek için insan bedeninin her parçasına gönderilebilir. Aslında, bu açıdan, çektirme makinesi hayalini gerçekleştirebiliriz ama bizim yerimize robotlarımız küçülmüş olur. İlaç içeren kapsüllere daha az gelişmiş, pasif robotlar yerleştirilebilir; kapsüller bedene enjekte edilebilir ve robotlar, ilacın haftalar veya yıllar boyunca doğru dozajlarda alınmasını sağlayabilir. (Altıncı, On İkinci ve On Üçüncü bölümlerde robotlar ve uzaktan kontrol üzerinde çok daha fazla duracağız.)



Atomik boyutlarda birkaç nanoyapı, bağlayıcı ve katman.

Çok küçük bilgisayarların yaygınlaşması sadece an meselesidir. Yalnızca santimetre veya milimetreyle ölçülebilecek büyüklükteki düşünen makineler, seri imal edildikleri için çok ucuz olacaktır. Bunlar her şey için kullanılacaktır: ev uygulamaları, arabalar, diş fırçaları, bisikletler ve hırsızdan korunması gereken her türlü nesne.

Moore'un Yasası, hatırlayacağınız gibi, üstel büyümeyi öngörür. Deneyimlerimizden yola çıkarak, bu tür bir büyümenin sonsuza dek süremeyeceğini biliyoruz. Bir noktada son bulacak ama ne zaman ve nerede? Bir çipin öğeleri gerçekten de bir atom grubu kadar küçülebilir mi? Bu yolda birkaç temel problemle karşılamamız kuvvetle muhtemel. Bilgisayarlarımız tarafından gerçekleştirilen her işlem, enerji tüketir ve bu da ısı üretir. Bu ısının anında dağıtılması gerekir, aksi halde çip eriyecektir. Isının neden olduğu rasgele hareket, özellikle çok küçük ölçeklerde, soruna yol açabilir. Bu, 0 ve 1 arasındaki değişikliğin veya tam tersinin çok az enerji gerektirmesi durumunda, ısı dalgalanmalarının bu tür bir değişikliğin aynı anda gerçekleştirebileceği anlamına gelir. Bu, bilgisayarın hatalı çalışmasına yol açar. Bunu da istemeyeceğimize göre, bir sınırlamayla karşılaşırız.

Feynman'ın konuşmasında başka bir nokta daha vardır. Feynman, bilgilerin şimdiki bilgisayar çiplerinde olduğu gibi bir yüzey üzerinde yayılmasından ziyade, üç boyutlu bilgi birimleri oluşturmanın mümkün olabileceğini düşünmüştür. Bir bilgiyi, 100 x 100 x 100 atomdan oluşan küçük bir kutunun içinde depolayabilseydiniz, bugüne kadar insanlık tarafından toplanan bütün bilgileri, bir toz zerresinden çok da büyük olmayan küçük bir madde parseline sığdırabilirdiniz. Bilgisayarların bellek kapasitesinin nihai sınırlaması, hacim birimi başına atom sayısına göre belirlenir. Bilgiler için depolama alanını çok küçük hale getirebilme olasılığı, halihazırda ispatlanmıştır; canlı organizmalar, vücutlarının bütün kalıtsal özelliklerinin eksiksiz sözlüklerini DNA molekülleri formunda içerir ve bir eksiksiz sözlük, her bir canlı hücrenin sadece bir kısmını kaplar.

Bir başka deyişle, elektronik henüz teorik limitine katiyen ulaşmamıştır. Bellek öğeleri, şu andakinden milyonlarca bit daha fazla bilgiyi tutma potansiyeline sahiptir. Hesaplamaların hızı da önemli ölçüde artabilir. Üretilen ısı, önemli bir problemdir ama ilerleme için yeterli alan mevcuttur.

Doğrusu, elektroniğin teorik sınırı keskin bir biçimde tanımlanmaz; çünkü başka bir unsur daha vardır. Atomik seviyede, işlemler kuantum mekaniğinin dinamik kurallarını takip eder. Bu, çeşitli komplikasyonlarla sonuçlanır; örneğin elektronlar aşmaları beklenmeyen bariyerleri aşarak daha düzensizce hareket eder. Öte yandan, kuantum mekaniği çok özeldir ve belki de bu komplikasyonlardan faydalanabileceğiz. Tek ve aynı bilgisayar öğesi tarafından sınırsız sayıda hesaplamanın aynı anda gerçekleştirilebileceği "kuantum bilgisayarı" teorik olarak düşünülebilir bir yapıdır. Bu tür bir cihazın uygulanabilir olması, karmaşık teknik argümanlar olmaksızın da gösterilebilir. Kuantum mekaniği, denklemler kullanılarak hesaplanması son derece zor durumlar yaratabilir. Bu durumu tersine çevirerek işimize yarar hale getirebiliriz. Bir kuantum bilgisayarı kullanarak, bu tür bir karmaşık "kuantum işleminin" ilk hali olarak tanımlanan

bir düzenleme oluşturabiliriz. Bu işlemlerin denklemlerini biliriz ve denklemin, gerçekleştirmek istediğimiz karmaşık hesaplamaya denk düşeceği şekilde bir düzenleme seçebiliriz. Doğa, minimum enerji kaybıyla, istediğimiz hesaplamayı büyük bir hızla gerçekleştirecektir.

Teorik ilkelerin zaten ortaya konmuş olduğunu iddia eden destekçilerinin bulunmasına rağmen, kuantum bilgisayarlarını henüz oluşturabilmiş değiliz. Ancak pratik engellerin üstesinden gelmenin mümkün olup olmadığı sorgulanabilir. Bu mümkün olsa bile bir kuantum bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilecek hesaplama türleri çok sınırlıdır. Bu tür bir bilgisayarın neler yapabileceğinin bilindik bir örneği, gizli şifreleri kırmaktır. Çünkü bir kuantum bilgisayarı, çok karmaşık bir denklemin çözümü olan bir sayı kombinasyonunu aramakta çok iyi olacaktır.

Bilgisayarlarımızın gelecekteki "beyinleri", onlardan çok daha fazla zeka beklemediğimiz müddetçe, bir toplu iğnenin başından daha büyük olmak zorunda değildir. Fakat onlardan çok daha fazla zeka bekleyeceğiz. Bilgisayarlarımız, çok daha güçlü de olacak. Yine de ne yazık ki yazılım üreticilerinin ekstra beyin gücünü soğuracak türlü türlü faydasız fonksiyon geliştireceğinden ve bilgisayarlarımızı açıp kapatmanın, eşsiz zamanımızı haddinden fazla tüketeceğinden korkuyorum. Ne de olsa geçmişte bu olmuştu.

Her türlü bilgi, ucuzluyor. Hemen her ev eşyasına bir zamanlayıcı ekleme trendinin ortaya çıktığını görüyoruz; bugünlerde zamanı ölçmek, üstelik hassas bir şekilde ölçmek çok kolay olduğuna göre, bu neden olmasın? Arabalarımız ve evlerimiz, her türlü endişeyi gereksiz kılacak detektörlerle donatılacak: Işıkları açık mı bıraktım? Fren lambalarım çalışıyor mu? Arabayı servise götürmenin vakti geldi mi? On santimetre daha geriye çekebilir miyim? Termostat doğru sıcaklıklara ayarlandı mı? Evime giren kim? GPS sistemleri, şu anda bir lüks olarak görülüyor ama bunlar ve daha birçok cihaz zamanla yaygınlaşacak. Bunları gerçekten ihtiyaç duyduğumuz için değil, çok ucuz bulduğumuz için alacağız. Ara-

balarımızda alternatif ve daha hızlı güzergahları gösteren bir detektör bulunursa, ağır akan trafikte beklememiz gerekmeyecek. Arabalarında kızılaltı ışık sensörü bulunmayanlar, yoldaki diğer kişiler için bir tehlike arz eder, çünkü birçok sürücü bunları kullanmaya başlayacaktır ve sisli bir havada yavaş gitmelerini gerektiren hiçbir durum kalmayacaktır.

Bu tür yeni bir gelişmenin örneği olan dijital fotoğrafçılık, amaçlanan başarıya ulaşmıştır. Eski tarzda geliştirilmesi gereken film ruloları, raflarda çürümeye terk edilmektedir. Fotoğrafları bastırmak da artık gerekli değildir; onlara bilgisayar ekranlarımızdan bakabiliyoruz.

Uzayda seyahatle ilgilenenler bile bu gelişmenin yaklaştığını görememiştir. Richard Greenberg, *Europa, the Ocean Moon* [*Europa, Okyanus Ay*] kitabında bu konu hakkında yazar. Uzay araştırma aracı Galileo 1989 yılında, planlanandan yedi yıl sonra, Jüpiter'e yola çıktı ve araştırma aracı tarafından fotoğrafları üretmek için kullanılan teknoloji 1982 yılında miadını doldurmuştu. Dünyaya fotoğraftan fazlasının gönderilmemesine karar verildi. Hunt kardeşler, dünya üzerindeki bütün gümüş rezervlerini satın alarak bu eşsiz metalde tekel olmaya çalışıyordu. Bu nedenle, gümüşün yüksek fiyatı da hesaba katılmalıydı. Bilimsel araştırmalarda kullanılabilmesi için her bir fotoğrafın en az birkaç kopyasının geliştirilmesi gerekiyordu ve gümüşün yüksek fiyatı, o günün beklentilerine göre ciddi bir bütçe açığına yol açacaktı.

Uzay araştırma aracı 1995 yılında Jüpiter'e ulaştığında, fotoğraflar araştırmacılara e-posta yoluyla gönderildi ve bilgisayar ekranlarında görüntülendi. Bilim insanları, optik ve elektroniğin birlikte bu kadar çok mesafe kat edeceğini öngöremediklerini pişmanlık duyarak kabul etti. Bu konuya daha sonra değineceğiz.

Moore'un Yasası üstel büyümeyi öngören bir yasa olduğundan, hiç şüphesiz bir sonu olacaktır. Bunun uygulamasının, zaman içerisinde yavaşlayacağını ve ikiye katlanmanın iki yerine dört yıl, daha sonra da sekiz yılda bir gerçekleşebileceğini düşünüyorum. Bellek alanı ihtiyacı da muhteme-

len zaman içinde azalacaktır. Toplumun, ürünlerimizin artık geliştirilememesine nasıl reaksiyon göstereceğini merak ediyorum ama bunun ne zaman gerçekleşeceğini bilmiyorum. Atomik seviyede neler yapabileceğimize bakacak olursak, Moore'un Yasası büyük bir ihtimalle 60 yıl daha sürebilir.

Bu arada, iletişim gittikçe ucuzluyor. Cep telefonlarının hızla gelişmesine şaşırmıştım ve bunun daha büyük teknolojik problemlere yol açınamasına da aynı ölçüde şaşırdım. Bazen aynı mekanda düzinelerce insan aynı anda telefon görüşmesi yapar ama görünüşe göre bant genişliği yeterli gelmektedir; hiçbir zaman bir sıkışıklık yaşanmamaktadır. Kablo şirketleri, gittikçe daha çok televizyon kanalını sunmak için birbiriyle yarışıyor; cam fiberler, muazzam veri akışlarını işleyebiliyor ama aynı zamanda gittikçe daha çok bilgi kablosuz bağlantılar üzerinden aktarılıyor. Masalarımızın üzerindeki ve çevresindeki çirkin kablo yığınları, hızla yok oluyor.

Fizikçiler, internetle ilgili yeni bir şey üzerinde çalışıyor. World Wide Web'den sonra, büyük dosyaları inanılmaz hızda aktarabilen bir bilgisayar bağlantıları ağı olan World Wide Grid kullanılacak. Böylelikle, büyük bilimsel araştırma projelerinin parçaları dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılara dağıtılabilecek. Örneğin geniş ölçekli hava tahminleri üzerine projeler geliştirilebilir. Ayrıca muazzam miktarda verinin aktarılmasını gerektiren astronomi veya parça fiziği gibi bilimsel alanlar da vardır. WWG'nin daha gündelik uygulamalarda kullanılabilmesi de mümkündür. Örneğin hastaneler çoğu zaman hastalarının MRI taramalarını yapar. 'WWG' aracılığıyla, bu büyük veri dosyaları diğer hastanelere hızlı ve sık bir biçimde gönderilebilecektir.

Beşinci Bölüm

KAĞIT

Bilgi devriminin büyük bir bölümü halen bizim ilerimizde ve tam olarak neler getireceği, büyük ölçüde spekülasyona açık. Birçok ürün, şu anda sahip olduğumuzdan çok daha ayrıntılı kontrol sistemleriyle zenginleştirilecek ve araçlar daha temiz, güvenli ve verimli hale gelecek. Televizyonlar ve bilgisayar ekranları, bunun güzel bir örneği.

Günümüzde, mektup yazan ve kitap, gazete veya dergi okuyan herkes kağıt kullanıyor. Baskı öylesine kolay ki her zamankinden daha çok kağıt kullanılıyor. Peki, neden sadece ekranlarımızı kullanarak okumuyoruz? Bunun birçok nedeni var. Öncelikle, kullanmak zorunda olduğumuz yazılım programları çok kötü. Ben bu kitabı yazarken, yardım dosyaları yardım etmekten başka her şeyi yapan idaresi zor bir metin editörüyle boğuşuyorum; yardım dosyaları olağanüstü uzun, anlaşılmaz ve kullanışsız. Tam aksine bir problemi, zahmetsizce çözebilmek mümkün değil. Programın yaratıcısı, bir sürü özellik eklemiş ama bunların kullanılış şekli hiç makul değil ve ben de bunları hiç kullanmıyorum. Üstelik bu büyük bir buzdağının görünen kısmı. Hiçbir şekilde kullanıcı dostu olmayan bu yaklaşımı, hemen her yazılımda görmek mümkün. Bu konuda yapılacak daha çok şey var.

Yazılım üreticilerine bir ipucu vererek başlamak istiyorum: Programın tasarımcısının, kullanıcı kılavuzu, Sıkça Sorulan Sorular veya yardım metinleri yazmasına asla ve asla izin vermeyin. Tasarımcılar, masum kullanıcının üstesinden gelmesi gereken problemlerin ehemmiyetini veya doğasını asla fark etmezler. Kaldı ki hiçbir kullanıcı, basit bir problemi çözebilmek için otuz sayfalık bilgiyi ezberlemek istemez. Yepyeni bir ürün aldığınızda, şu uyarıyla sık sık karşılaşırsınız: *"Sayın kullanıcı, bu uygulamayı kullanmadan önce*

kitapçığı başından sonuna lütfen okuyunuz." Elbette şu yanıtı verirsiniz: "*Sayın üretici, otuz sayfadan daha uzun, okuyacağımı sanmıyorum.*" İlk problem daha en başından ortaya çıkar. Hepiniz bunu bizzat deneyimlediğiniz için size bunu anlatacak değilim. Çok da uzak olmayan bir gelecekte, uygulamaların yazılı bir kılavuza hiçbir şekilde ihtiyaç bırakmamasını bekliyorum. Makineyi çalıştıracaksınız ve yanlış bir şey yaparsanız veya nasıl çalıştığını anlamazsanız, kısa ve net bir metin veya kullanıcı dostu bir ses size yardım edecek – en azından daha iyimser anlarımda bunun olmasını umut ediyorum ama üreticilerin, bu tür kolaylıklar sunmak için çaba sarf edeceğinden emin değilim. Yine de teknik olarak bunun daha kolay yapılabileceğinden eminim.

Her neyse. Neden bu kadar çok kağıt kullanmaya devam ettiğimizi sormuştuk. Mevcut ekranlarımız hantal, hacimli, yavaş ve odaksızdır. Uyumadan önce birkaç sayfa okumak için bilgisayarınızı yatağınıza götürmek istemezsiniz. Bir derginin sayfalarını karıştırmak, ilginizi çeken bir şeyi daire içine almak, bulmaca çözmek veya bir reklamı koparmak da mümkün değildir. Dahası, odadaki ortam aydınlatmasına bağlı olarak ekran çoğu zaman ya çok parlaktır ya da karanlıktır.

Yalnızca düz olmayan, aynı zamanda bir kitaptan daha hafif, daha net bir görüntü sunan ve kendini otomatik olarak ayarlayarak çevrenize derhal uyum sağlayan yerleşik aydınlatma özelliğine sahip bir ekran düşünün. Dahası, bir kitap kullanmaktan daha kolaydır, örneğin aradığınız sayfayı çok daha kolay bulabilirsiniz. Kağıdın işlevsiz hale geleceği kesinlikle hayal edilebilir. Bunun nedeni, bütün kağıtlardan kurtulmak istememiz değildir, daha kullanışlı bir ortamı bulmuş olmamızdır.

Şimdiye kadar durum bunun tam tersi: Ekranlar gelişiyor olsa da, her zamankinden çok baskı yapılıyor ve nüsha çoğaltılıyor. Kağıt hoştur, tanıdıktır ve kolaydır, ama aynı zamanda yalnızca bir kez yazı yazılabilen ve daha sonra atılması gereken bir ortamdır. Ne kadar pahalı ve ne büyük bir ziyan!

Belki de kağıdı yalnızca bir külfet olarak düşüneceğimiz bir zaman gelecek. Artık gazete almayacağız, kablodan haberleri indireceğiz ve kitapları internetten okuyacağız; çok fazla yer kaplayan ve ormanlarımızı yok eden o ağır şeyleri satın almayı neden isteyelim ki? Bunun mümkün olabilmesi için, bir kitabın indirilmesinin yakınlarınızdaki bir kitapçıyı gezmekten daha kolay ve daha eğlenceli hale gelmesi şarttır. Netten her sabah mobil ekranınıza indirdiğiniz gazetenin, eski moda gazetelerin sayfalarını okumaktan daha kolay bir biçimde okunabilmesi gerekir. Bu kitap yazıldığı sırada, bunun çok uzağındayız.

Her şeye rağmen, ekranlar evlerimizi ve ofislerimizi gittikçe daha çok işgal ediyor. Büyük ve renkli ekranlar ucuz, verimli ve yaygın hale geliyor. Küçük ekranlar, mutfak aletlerimizi süsleyecek. Arabalarımız bunlarla dolacak. Bu tür ekranların her yerde olmadığı bir dünya hayal edebiliyor musunuz?

Aslında ben hayal ediyorum. Belki de geleneksel ekranların, daha elverişli, daha ekonomik ve daha az masraflı bir yenilik alacak; örneğin bilgisayarlarımıza bağlı ileri teknoloji ürünü "görüntüleme gözlükleri" yatakta kitap okumak isteyenler için pratik olabilir ve çok hafif olmasının yanı sıra enerji tasarrufu da sağlayabilir. Fakat yine aynı koşul söz konusudur: Bunun gerçekleşebilmesi için gözlüklerin, hem ekrandan hem de kağıttan daha çok kullanıcı dostu olarak tasarlanması şarttır. Bu gözlüklerin nasıl çalışacağını sorabilirsiniz. Aslında ilk versiyonları, günümüzde zaten mevcut. Bazıları küçük ekranlara odaklanan iki lense sahip küçük, hafif opera gözlüklerini andırır. Gelecekte, ekranlar ayrı ayrı kontrol edilebilir ve en harika üç boyut efektleri oluşturmak mümkün hale gelebilir. Bunlar, nereye bakmak istediğinizi belirlemek için bir fare ve klavye kullanmayı gerektirebilir ama belki de sesiniz yeterli olacaktır. Baş hareketleri ayırt edilebilir ve fantastik bir sanal gerçeklik duygusu verilebilir. Belki de daha ileride göz hareketlerini takip eden daha da gelişmiş gözlükler üretmek mümkün olacaktır. Böylece

gözlükler daha da küçük ve hafif hale gelebilecek ve hatta kontak lensler kadar rahat kullanılabilecektir.

Gelecekte, tıp bilimlerinde, özellikle de gözlerimizle ilgili hayatımızı değiştiren bir ilerleme bekliyoruz. Beklenen gelişmelere rağmen, yaşlandığımızda görme gücümüz azalır ve demografik yaşlanmayla birlikte, bu ciddi bir problem olmaya devam edebilir. Yaşlılara, okurken yardımcı olacak aletler üretebilir miyiz?

Gerçekten de eşimin annesi, kısa bir süre önce harika bir yardım aldı: Yerleştirilen kitabın sayfalarını tarayan, metni fark eden ve güzel bir ses tonuyla okuyan bir makinesi var. Birkaç yıl öncesine kadar var olanlarla kıyaslandığında önemli bir ilerleme ama bu tür makinelerin ilki daha 1976 yılında üretilmişti! Makine mükemmel bir biçimde çalışıyor: Sütunlar halinde yazılan metni tanıyor ve reklamları ve tıbbi broşürleri tanıyor. Hatta renkli bir zemin üzerindeki renkli harfleri okumayı bile başarıyor! Fakat eşimin annesinin söylediğine göre, metinde başka bir dilden sözcükler yer alıyorsa, makine şaşırıyor ve o sözcüğü nasıl telaffuz etmesi gerektiğini soruyor. Elle yazılan metinse hiçbir şekilde okunamıyor.

Bunu duyduğumda, "Pardon ama nasıl?" demekten kendimi alamadım; o harikulade güzellikteki yazılıma başka dilleri anlayan küçük bir program ekleyememişler mi? Eşimin annesi makinesinden hoşnut olsa da halen sayfaları kendisi çevirmek zorunda. Birçok modern uygulamaya da aynı tepkiyi gösteriyorum: Birilerinin belli bir şeyi icat etmesinden mutluluk duyuyorum ama çok daha fazla geliştirilebilmesi mümkün diye düşünüyorum. En azından benim düşlediğim şekliyle, eşimin annesi çarçabuk *Woman's Weekly* dergisini robotuna uzatacak ve robot dergiyi alıp ona okuyacak, zor sözcükleri çevirecek ve resimlerde neler olduğunu ona söyleyecek. Belki de film yıldızlarını ve ünlüleri tanıyabilecek.

Bu arada, *Woman's Weekly* dergisi, yakın gelecekte sadece elektronik formda okunabilecek. Meslektaşlarımdan biri şu şakayı yapmıştı: "Sizin robotun nafile yere dergiyi alıp

okumayı öğrenmesi ne üzücü!" Her halükarda, robotların daha azını değil, çok daha fazlasını yapabilmesini istiyoruz. *Woman's Weekly* dergisini okumak, yalnızca başlangıç seviyesindeki robotbilimdir.

El yazısı metinlere gelince, mevcut makinelerin bunları okumakta çok fazla zorluk yaşadığını biliyorum ama yetenekleri yavaş yavaş gelişiyor ve bu problemin bir süre sonra çözüleceğini düşünüyorum. Makinelerin el yazılarını bizden daha iyi anlayabilmesi sadece an meselesidir, çünkü daha büyük veri tabanlarına erişebilirler ve beyin dalgalarının, el hareketleriyle sonuçlanması hakkında bilgiye sahip olacaklardır. Aynı şekilde, çok bozuk harfleri ayırt edebilmeleri, eksik olan parçaları tahmin edebilmeleri gibi şeyler mümkün olacaktır.

Bilgideki artışın en devrim niteliğindeki uygulaması, şüphesiz yapay zeka alanında olacaktır. Bilimkurgu, bizi bir ölçüde önyargılı bir şekilde eğitmiştir; robotları, insan şeklinde yapmanın çok az mantığı vardır. Zeki robotların, beyinlerini omuzlarının üzerinde taşımalarına gerek olmayacaktır; bunu daha güvenli bir yerde depolamak çok daha pratiktir. Karakter bakımından da robotlar insanlara benzemeyecektir, bunun yerine zorlu veya tehlikeli görevleri yerine getirmeleri için özel olarak tasarlanacaklardır.

Bilgisayar uzmanlarının henüz farkına varamadıkları nokta, insanın zekasına benzer bir zekanın nasıl yaratılacağıdır. Bir insanın beyni, milyonlarca yıllık evrimin eşsiz sonucudur ve motiflerin farkına varmaya ve bağlantılar kurmaya özellikle yatkındır. Birçok araştırmacı, motiflerin farkına varılmasının muazzam bir bellek kaynağı ve aşırı yüksek bir işlem hızını gerektirdiğine inanmaktadır. Ancak problemin, sadece bu tür programları verimli bir biçimde çalışacak şekilde yazmayı henüz bilmediğimiz olduğu düşünülebilir. Her halükarda, ilerleme yavaştır. Fakat yapay zekanın, hatta insanın zekasından üstün olan zekanın gerçekleşeceğinden eminim. Üstelik bu çok fazla zaman da almayacak.

Çeşitli senaryolar hayal edilebilse de gerçek yapay zekaya giden yol şu şekilde olabilir: Önce, belirli bir uzmanlığı temel alan sistemler oluşturulacaktır. Bunlar aslında devasa veri tabanları olacaktır. Doktorlar, insanın bilebildiği bütün tıbbi koşulların, semptomların, tanıların ve tavsiye edilen tedavilerin depolanabileceği uzman sistemler oluşturacaktır. Buradaki problem, kullanılan metodun bir uzmanın tıbbın belli bir alanında program oluşturmak için birkaç yılını harcamasının gerekli olmasıdır; ama son 30 yılda bu türden birçok başarılı deneysel program zaten oluşturulmuştur ve test edilmiştir. (Farmakoloji ve sağlık hizmetleri konusunda destek sunmak için tasarlanan bir program olan "Digitalis" ilgi çekici bir örnektir.)

Hukukçular da hukuk makalelerini ve geçmiş mahkeme kararlarını hızlı ve verimli bir şekilde incelemek isteyecektir. Ayrıca teknolojiyle ilişkili olarak, gerekli çözümleri sunacak her türlü uzman sistem olacaktır. Sürücüler, dünyanın dört bir yanından haritalar içeren GPS sistemlerine erişebilecektir. Daha yüksek bir kategorideki uzman sistemler halihazırda mevcuttur: Matematikçiler, integral formüllerini ve literatürde bilinen diğer teoremleri kullanarak karmaşık denklemleri çözebilen programlar geliştirmiştir. Er ya da geç, ansiklopediler ve veri tabanlarıyla birlikte bütün bu uzman sistemleri birleştirme ve birbirine bağlama parlak fikri ortaya çıkacaktır. Bu zaten daha küçük ölçekte gerçekleşmektedir. Bağlantılar kurabilen ve sorulan sorular için bağımsız olarak yanıtlar formüle eden, insan sesini anlayabilen ve soruyu soran kişiye kendi dilinde yanıt verebilen daha hızlı ve giderek daha çok etkili arama motorları da buna eklenecektir.

Yaşlılara yönelik iyi kalpli bir yardım olarak başlayan şey, vazgeçilmez bir araca dönüşecektir. Dünyanın her yerinde bulunan ve görünüşe göre zeka içeren bu uzman sistemleri er ya da geç keşfedeceğiz. Bir anlamda, internet zekanın kendisi haline gelecektir! Bu, çok fazla spekülasyon konusudur. Milyonlarca bilgisayar, internete bağlıdır ve devasa

büyüklükte bir bellek kaynağı oluşturmaktadır. Google gibi arama motorları, halihazırda *"Bataklık salyangozunun coğrafi dağılımı nedir?"* gibi soruları derhal ve ayrıntılı olarak yanıtlayabilmektedir. Yakın bir gelecekte, *"Dizim üç gündür ağrıyor, nedeni ne olabilir?"* şeklindeki soruları da sorabileceksiniz. Aslında bunu da zaten yapabiliyorsunuz ama bunu şimdi denerseniz, kanlı canlı bir doktora çevrimiçi bağlanırsınız. Sözünü ettiğim zeka bu değil. Gelecekte, internetin uzmanlar, örneğin doktorlar tarafından yerine getirilen belirli fonksiyonları üstleneceğini düşünüyorum. Bilgisayar ekranları, hastalarla konuşacak ve kusursuz tıp bilgileri nedeniyle, çevrimiçi bir doktordan üstün olacak.

Zeki bir internet yeterli değildir. Er ya da geç, zeki olan bireysel bilgisayarlara da ihtiyaç duyacağız ve bunun da gerçekleşeceğine inanıyorum. Temel nedenlerden ötürü "bilince" sahip bir bilgisayarın var olamayacağını savunan fizikçilerin olduğunu biliyorum. Ancak öne sürdükleri argümanları değerlendirdikten sonra, argümanlarının olgulara değil, duygulara dayandığını söylemeliyim. Şu anda kullandığım bilgisayar, hiçbir şüpheye yer bırakmayacak şekilde bilinç benzeri bir şeye sahip; bunun vasatın altında olduğunu kabul ediyorum ama adeta kendi iradesine sahipmiş gibi çoğu zaman yalnızca kendi arzusuyla hareket eden ve benim anlamadığım şeyleri yapan bir bilince sahip. Hayır, gerçek zeki bilgisayarlar kesinlikle gelecek ama bunun ne kadar zaman alabileceğine dair yaklaşık bir tahminde bulunabilmem bile mümkün değil.

Bir kişinin, rastgele sorulmuş zor bir soruyu yanıtlamak veya belli bir yapıyı fark etmek için ne kadar çok farklı olguyu düşünmesi gerektiğini kendinize sorarsanız, mevcut bilgisayarların bellek öğeleri bunun çok uzağında değilmiş gibi görünür. Ancak akıllı bilgisayar programlarının verileri böylesine zekice bir biçimde karşılaştırmasına imkân tanıyan bir yazılıma şu anda sahip değiliz. Doğanın kendisi bu problem için derhal bir çözüm geliştirmiştir; insan. Fakat bu çözümün ortaya çıkması milyonlarca yıl sürmüştür. Bizler,

birkaç on yıl içinde bu başarıyı sadece taklit etmeye çalışıyorduk.

Gelecekte, insanların hesaplanmış ve önceden planlanmış kararlara ulaşabilmesi, bunu yaparken sosyal faktörleri, insani duyguları, ahlakı ve sezgiyi hesaba katabilmesi gerçekten de mümkün olacak mı? Peki ya mizah? Dürüstlük? İroni? Bu unsurlar, genellikle tipik insani özellikler olarak sunulur ve çoğu zaman prognostik olduğu için bilgisayarın bunların hiçbirini asla anlayamayacağı savunulur. Kesinlikle aynı fikirde değilim. İnsani duygularımız, pratikte her zaman biyolojik bir arka plana sahiptir ve çok kolaylıkla açıklanır ve anlaşılır. Geleceğin bilgisayar programlarının, bunları anlamakta herhangi bir problemle karşılaşmayacağına inanıyorum. Bilgisayarlar bu duyguların kendilerini deneyimlemeyecektir, çünkü biyolojik olarak bunları yeniden üretmeyecektir ama bunları anlayacaklardır ve programcılar, bilgisayarların garip varlıklar olarak biz insanları nasıl idare edebileceklerini anlamasını sağlayan yazılımı geliştirmeyi başaracaktır. Bu tür gelişmelerin bütün olası sonuçlarını öngörmenin zor olduğunu düşünüyorum.

Altıncı Bölüm

ROBOTLAR

Yapay zeka hakkında düşünen herkes, robotları gözünde canlandırır. Bilimkurguya göre, bunlar insanlara benzeyen, tıpkı bizim gibi yürüyen ve konuşan makinelerdir. Fakat aslında ihtiyaç duyduğumuz şey, bize *benzemeyen* makinelerdir; insanlar için tehlikeli veya konforsuz ortamlarda çalışabilecek makinelere ihtiyaç duyarız. Bunların uzaktan kontrol edilebilmesi gerekir, bu nedenle optik detektörler barındıran küçük yuvarlak konteynerler içinde kendi zekalarını taşımaları gerekmeyecektir.

Robotlar, uzunca bir süredir çeşitli formlarda mevcuttur. Gerçek bir zekaya sahip değildirler, çünkü bunu üretmek yeteneklerimizin çok ötesindedir. Bu nedenle uzaktan kontrol edilirler veya belirli görevleri yerine getirmek üzere önceden programlanırlar. En harikulade örnekler, evrenin uzak diyarlarını keşfetmekte olan insansız uzay araçlarıdır. Dünyadan yönetilen motorize araçlar, Mars'ın yüzeyinde hareket edebilmektedir. Peki, bunun sınırları nerededir?

Bu alanda birçok gelişme halen mümkündür. Bilgisayarların boyutları küçüldükçe, robotlar da küçülecektir ve çeşitli basit görevler için geliştirilen uygulamaları çeşitlilik kazanacaktır. Elektrik süpürgesi robotunu düşünün. Geçenlerde gördüğüm bir elektrik süpürgesi robotu, görevini çok kötü bir şekilde yerine getiriyordu. Ulaşılması zor köşeleri temizleyemiyordu ve temizlemesi gereken zeminin yerleşimini hiçbir şekilde anlamıyordu. Görevini uygun biçimde yerine getirebilmesi için evdeki daha büyük bir bilgisayara kablosuz bağlantıya ihtiyaç duyar ve köşe bucağa ulaşabilmesi için çeşitli eklentilerle donatılması gerekir. Haznesini kendi kendine boşaltması ve gerektiğinde bataryasını doldurması gerekir. Daha da iyisi, ona ne yapması gerektiğini ve

istenilen şeyi bir kerede nasıl yapabileceğini anlatabilmek gerekir. Bir de görevini sessizce gerçekleştirirse, evin sakinleri bu tür bir robota sahip olmaktan kesinlikle mutluluk duyacaktır.

Daha önemli uygulamalar tahayyül edilebilir. Günümüzde, televizyon, su veya gaz bağlantılarını döşemek veya tamir etmek ya da kanalizasyon borularına ulaşmak için yolların kazılması gerekmektedir. Sadece bağlantının başında ve sonunda yüzeye çıkmaları gerekeceği için bu işte küçük robotlar kullanmak çok daha ucuz olurdu. Bu gelişme, toplumun finans kaynaklarında gerçek bir fark yaratabilir, çünkü iletişim için fiberglas kabloları döşemek veya malların aktarılması için bilgisayarlı ağlar oluşturmak gibi, yeraltı bağlantılarına duyulan ihtiyaç, özellikle de ucuz bir şekilde karşılanabilirse zaman içerisinde artacaktır.

Yeraltını kazan robotlar, işlerini iyi ve ekonomik şekilde yapabilirse, metro hatları gibi daha büyük tüneller açılması düşünülebilir. Ülkem Hollanda'da, hiçbir şekilde sağlam bir zemin sunmayan yumuşak toprak ve kumla uğraşmak zorunda olduğumuz için, tünellerin her zaman yukarıdan kazılması gerekmiştir, aksi takdirde tüneller göçebilir. İçini çimentoyla doldurduğumuz iskelete benzer bir yapıyı, küçük bir robotla kazmanın mümkün olup olmadığını merak etmiştim. Büyük bir tünel için güçlü bir kapsül oluşturulur ve tünel, çökme tehlikesi olmadan kazılabilir. Fakat ben bu fikirden uzaklaştım, çünkü erişim ve atıkların tasfiyesiyle ilgili aşılmaz problemler öngördüm. Bu arada, kazma işlemini gerçekleştiren robotlar gittikçe daha zeki hale geliyor ve zeminin üzerindeki insanlar, tünellerin inşasını artık dert etmeyecek. Altyapıda da bir artış öngörüyorum: karayolları, otoparklar, malların nakliyesi ve daha bir sürü şey yeraltında gerçekleştirilebilir. Gerçekten de Amsterdam şehri tamamen yeraltında ikinci bir şehir oluşturma ve eski şehrin altına otoyollar, otoparklar, mağazalar vs yapma fikrini gündeme almıştır.

Gelecek, insansız uçaklar veya "uzaktan kumandalı uçaklar" için de parlak görünüyor. Bu tür uçan robotlar zaten

mevcut ve çoğunlukla kameralarla donatılmış halde. Bu robotlar sık sık deneniyor ve şimdilik çoğunlukla askeri amaçlara kullanılıyor ama eylem alanı şu anda sınırlı. Önemli bir fizik kuralı, daha küçük organizmaların büyüklere oranla çok daha kolay uçabildiğini söyler. Bu, canlı organizmalarda çok net görülebilir: Küçük hayvanlar, yerden havalanırken çok daha az sorun yaşar. Bu nedenle, minyatürleşme sağlandıktan sonra, bir sürü küçük uçan robot görebiliriz.

Hiç yazmadığım bilimkurgu öykülerimin birinde, bu uçan robotlar çocukların popüler oyuncaklarına dönüşüyordu. Kameralarla donatılmış robotlar, her yere gidebilir ve kişisel mahremiyet için bir engel ve tehdide dönüşebilir. Bu, can sıkıcı röntgencileri duş kabinlerinden ve soyunma odalarından uzak tutan her türlü tespit cihazına da daha çok talep duyulmasını da beraberinde getirir. Hiç problem değil, çünkü bu küçük tespit cihazları çok düşük fiyata satın alınabilecektir.

Nanoelektroniğin ve mikroskopla görülemeyecek kadar küçük boyutları gösterebilen çeşitli cihazların gelişmesiyle birlikte, robotlar çok küçük hale gelebilir. Feynman, ünlü konferansında bu konuya da değinmiştir. Bu küçük robotlar, tıp bilimlerinde bilhassa önemli hale gelecektir. Cerrahlar, ameliyat yapmak için hastanın bedenini açmak zorunda kalmayacaktır. Bunun yerine, hastanın kan dolaşımına bir veya birkaç robot enjekte edecektir. Arterler ve bağırsaklar, içeriden araştırılıp tedavi edilebilecektir ve urlar çok daha erken tespit edilecektir. Bu küçük robotlar, dışarıdan güçlü mıknatıslarla hareket ettirilebilir. Fakat bu durumda, çoğu zaman göz ardı edilen bir komplikasyon vardır. Üçüncü Bölümde açıklandığı gibi, daha büyük gözler, küçük gözlere göre daha iyi görebilir. Minik robotlar üretebilmek mümkün hale gelirse, bunlar ya kör olacaktır ya da çok az görebilecektir. Bunların sadece teması temel almaları gerekecektir veya belki de vücudun içinin kullanılabilir ve gözle görülür bir tasvirini oluşturmak için çok sayıdaki robotun gönderdiği dağınık sinyaller bir uzak bilgisayar tarafından birleştirile-

cektir. Robotları yönlendirmek, karmaşık bir görev olabilir ama gelişmiş ve özelleşmiş bilgisayarlar kullanılabileceği için bu bir engel teşkil etmeyecektir.

Hiç yazmadığım bilimkurgu romanının bir bölümünde ise, erken teşhis ve teşhis edilebilir hastalıkların tedavisi için insanlara çok sayıda robot enjekte ediliyordu. Nanoteknolojinin, biyolojinin bir başka önemli branşı olan genetikle birleştirilmesi durumunda, başka fantastik olasılıklar ortaya çıkar. Bu konuyu On Dördüncü Bölümde ele alacağım.

Şimdilik, bağımsız bir beyne sahip robotlar yerine, uzaktan kontrol edilen robotlarla kendimizi sınırlıyoruz. Bu daha uzak gelecekte muhtemelen değişecektir. Mesafeler çok uzadıkça, örneğin uzay yolculuklarında, uzaktan kontrolü gerektirmeyen robotlara ihtiyaç duyulması muhtemeldir. Bu konuyu On İkinci ve On Üçüncü Bölümde ele alacağız.

Yedinci Bölüm

VICTORIAMARIS

Gemi inşaat mühendisliği mezunu olan babam, Rotterdam limanındaki Wilton-Feyenoord rıhtımındaki bir gemi yapım şirketinde üst düzey idareciydi. Şirket, o zamanlar çok popüler hale gelen ve Hollanda'nın Hook kentinden New York'a çok konforlu bir şekilde yolcu taşıyan büyük yolcu gemileri yapıyordu. Gemiler, yüzen saraylardı. Filonun sancak gemisine, New Amsterdam adı verilmişti. Daha sonra, yolcu gemilerine Volendam ve Maasdam gibi Hollanda'daki kentlerin adları verilmişti. En sonunda gemilere hiç var olmayan kentlerin adları verilmeye başlandı. Babam, 1951 yılında denize indirilen Maasdam ve Rijndam gemilerinin yapımında çalıştı. Rijn (Ren) mevcut bir nehirdir ama Rijndam adında bir kent yoktur. Bunları Statendam ve diğerleri izledi.



Rijndam, 1951.

Yüzen saraylar, hayal gücüyle alay ediyordu. Bu gelecekte nereye varabilirdi? Suyun üzerinde yüzen kentler inşa edilebilir miydi? Topluluklar sürekli denizde kalabilir miydi?

Fantezilerimde, denizin üzerinde yüzen dubalara, platformlara inşa edilen kentleri düşlemiştim. Hiç yazılmamış bilimkurgu romanlarımın birinde, bu kentlerden birinin adı Victoriamaris'ti. Denizin ortasında yüzüyordu ve gerekli enerjinin en iyi şekilde üretilebilmesi için yel değirmenleri ve dalgalar birbiriyle yarışıyordu. İklimi kontrol etmek de kolaydı; hava çok soğuk veya çok sıcak olursa, daha kuzey veya güneydeki bir konuma gitmek mümkündü. Bunun için çok fazla hıza ihtiyaç duyulmadığından, büyük yelkenler açmak yeterliydi.

Bu tür süper yüzen evler vizyonu, Profesör Frits Schoute tarafından da kavramlaştırılmıştır. Delft Üniversitesinin Elektrik Mühendisliği, Matematik ve Bilgisayar Bilimi fakültesindeki görevi sona erdiğinde, veda dersinde bu fikirlerini tartışmıştır. Çevre dostu olmak, en büyük önceliklerinden biri olmuştur ve düşlediği ilk "eko-tekne" bir laboratuvar ve yel değirmenleri bulunan büyük bir yüzer dubadır. Enerji üretmek için rüzgârın yanı sıra dalgalar da kullanılır; içinde su bulunan silindirlerin ileri geri hareketiyle enerji üretilir. Bu enerjiye, çarkları döndürmek, içilebilir su üretmek ve suyu diğer kullanımlara uygun hale getirmek için ihtiyaç duyulur. Yavaş yavaş ama kesin surette, daha büyük platformlar oluşturulur ve mevcut yapıya eklenir. Büyük şamandıralardan oluşturulan bir duvar, kenti türbülanslı dalgalara karşı korur ve denizin işlenmesiyle çok miktarda kullanılabilir enerji açığa çıkar. Şamandıralar, kente mekanik olarak veya belki de manyetik olarak iliştirilir. Olumsuz hava şartlarında bu şamandıraların kopması bir problem teşkil etmez; fırtınadan sonra bunlar bulunabilir ve bağlantılar tamir edilebilir.

Profesör Schoute'nin vizyonunda, evler, okullar ve dükkanlar, kısacası komple bir kasaba vardı. Asma göletlerde deniz yosunları yetiştirilir –umarım doğrudan tüketim için

değildir– ve evler bir ısı pompasıyla ısıtılır. Kasabada çoğunlukla evlerinden çalışan insanlar kalır. Kent ve anakara arasında seyahat etmek için bir deniz otobüsü kullanılır.

Teknolojik olarak, bütün bunlar olasıdır ama yapay olarak oluşturulmuş bir adanın kısıtlanmış ortamında yaşamak isteyip istemeyeceğimiz –ve özellikle de bunun için ücret ödemeyi isteyip istemeyeceğimiz– tartışma konusudur. Bunun güvenli olup olmayacağı da şüphelidir. Tsunamiler çok az problem yaratır, çünkü deniz yeterince derinse, dalgalar yüzer kentin altından geçip gidecektir ve büyük oranda bunun farkına bile varılmayacaktır. Ancak deniz fırtınalı olabilir ve yüzer kent, yaklaşan bir fırtınadan kaçmak için fazla hantaldır. Titanik'in batınasına neden olan gibi bir buzdağıysa çok fazla sorun teşkil etmez. Bilgi teknolojisinin yardımıyla, değil bir buzdağının, denizin üzerindeki bira kutularının bile yerini tespit edebiliriz.

Bilimkurguyla amatörce uğraşanlar arasında işini ciddiye alan herkes, en az birkaç kez denizde yüzen evler çaresine başvurmak zorunda kalmıştır. Peki, havada süzülen bir kent mümkün olacak mıdır? Kulağa garip geliyor ama bilimin yasaları bu bakımdan birçok açık kapı bırakıyor. Yeterli büyüklükteki sıcak hava balonları, mesela birkaç düzine metrelik bir balon çok sayıda insanı taşıyabilir ve büyük bir platform, çevresindeki havadan daha hafif olan yeterli büyüklükte gaz içerdiği müddetçe kolayca havada süzülebilir. Bu amaçla sıcak havayı tercih edebiliriz ama helyum veya hidrojen gibi farklı türden gazlar da kullanabiliriz. Isıtılmış hava, bana en kolay seçenek olarak görünüyor. Devasa büyüklükteki zeplinlerin üstüne, altına veya arasına dubalar yerleştirebiliriz. Ne kadar büyük olursa, sıcak havayı dışarıdan termal olarak izole etmek o kadar kolay ve ucuz olacaktır. Ne de olsa büyük yapılar, kendi ısılarını daha verimli bir biçimde koruyabilir çünkü dış cephesi, hacmine oranla daha küçük olur. Denge de bir sorun teşkil edebilir ama yine havada süzülen yapı ne kadar büyük olursa, dengede tutulması o kadar kolay olur. Çözülmesi daha güç olan başka problemler de ortaya çıkabi-

lir: Fırtınalı havalarda, şiddetli rüzgâr ve türbülans, büyük ve hafif yapılar için bir tehdide dönüşebilir.

Bu tür elverişsizliklerin haricinde, ayrıntılar istenildiği gibi tamamlanabilir. Örneğin dağlık alanlarda yüzen teraslar inşa edilerek tarım veya hayvancılık için kullanılabilir. Serbestçe süzülen yapılar, kilometrelerce büyüklükte olabilir ve kalıcı olarak insanları barındırabilir. Meyve sebze yetiştirmek ve hayvanları beslemek için çayırlar oluşturulabilir. Tüy kadar hafif malzemelerden dükkanlar yapılabilir. Motorlar da yerleştirilebilir ama kesinlikle şart değildir, çünkü bu yapıları sadece yüksekliklerini ayarlayarak çeşitli yönlerde hareket ettirmek mümkündür, tıpkı sıcak hava balonlarında olduğu gibi. Buna karşın, toplam harcama astronomik olacaktır ve havada süzülen bir kent inşa etme motivasyonu çok düşük olacaktır. Bu nedenle, gökyüzünde bu tür bir "cennete" fazla şans tanımıyorum. Yine de bu olasıdır.

Sekizinci Bölüm

İŞLENEBİLİR BİR DÜNYA

Denizde veya havadaki kentler, üstelik hepsi mümkün olabildiğince doğa dostu. Bilimkurgunun ilham verdiği gerçekçi bir gelecek bu mu olacak? Doğrusunu söylemek gerekirse, bu harikulade ekolojik ideallere ulaşılabileceğinden şüpheliyim. İçinde yaşadığımız çevreye bile zarar vermeye bir son veremiyorken, henüz inşa etmeyi başaramadığımız bir habitatta yaşam tarzlarımızı değiştirebilir miyiz? Gelecekte yüzen kentlerin varlığı bile bunun tam tersini gösterir. Siz en iyisi fosil yakıtlar kullanmanın yol açtığı muazzam boyutlardaki enerji kaybının, iklimimizin geri döndürülemez bir biçimde değişmesinin, bütün gezegende deniz seviyesinin yükselmesinin ve güzel ülkem Hollanda'nın sular altında kalmasının korkunç öyküsünü anlatın. Müsrifliğimizi değiştiremediğimiz için yüzen kentler dünya üzerinde yaşamaya devam etmenin tek yolu olabilir.

Bu gerçekten yaşanacak mı? Tuzlu sulara boyun eğmek ve denizin uluslarımızı yutacağını kabullenmek zorunda mıyız? Dünya nüfusunu, tüketim alışkanlıklarını kalıcı olarak değiştirmeye, daha az harcamaya ve enerji için daha çok ödemeye ikna etmek olası mı? ABD Başkanı George W. Bush, bu fikre sıcak bakmadı. Amerikan halkına, eski geleneklerine bağlı kalmaları ve diledikleri kadar çok enerjiyi tüketmeleri için izin verilmeliydi. Elbette deniz New York'u yutmayacak; teknisyenler böyle bir şey gerçekleşmeden önce bu problem için bir çözüm bulacaktır veya en azından çözüm bulacağı varsayılmaktadır. Üstelik bu çözüm masraflı olacaksa, günümüzdeki iklim konferanslarına katılan müzakerecilerin mevcut tutumuna bakılırsa Amerikan hükümeti tarafından karşılanmayacaktır. Amerikalılar ve Çinlilere karşı öfkeli tepkiler, muhtemelen daha pozitif bir yanıt üretmeyecektir.

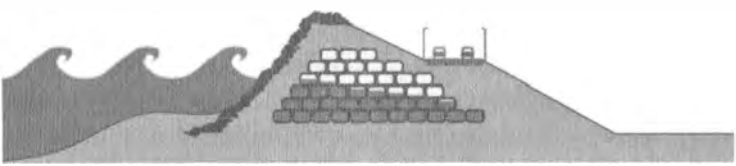
Ancak bu gezegende şımartılmış, vergi ödemeye gönülsüz ve genel çıkarlara katkıda bulunmaya isteksiz olanlar, yalnızca Amerikalılar ve Çinlilerden ibaret değildir. Hollandalılar bunu kendi başlarına deneyecektir. Neyse ki Hollanda su yönetimi hakkında bolca bilgiye sahiptir ve bizler Amerikalılardan daha fazla vergi ödüyoruz.

İklim değişikliğinin yeni bir şey olmadığının altı çizilmelidir; bu gezegenin iklimi doğal nedenlerden dolayı her zaman dalgalandı. Buzul çağı, Pleistosen dönemi, neredeyse iki milyon yıl sürdü ve yaklaşık on bin yıl önce sona erdi. Bunun ardından, Holosen dönemde buzullar eridi ve deniz seviyesi bugünkü seviyeye yükseldi. Günümüze dek her yüzyılda yaklaşık bir santimetre olmak üzere yavaş yavaş yükselmiştir ama son yüzyılda daha hızlı bir yükseliş tespit edilmiştir. Dünyanın atmosferinde gerçekleşen kimyasal süreçler hakkındaki araştırmasıyla kimya dalında Nobel Ödülü kazanan Paul Crutzen, Antroposen dönem adını verdiği yeni bir çağa girdiğimizi düşünüyor. Bu, insanlığın toprak, su ve havada önemli değişikliklere sebebiyet verdiği bir dönem olacak. Sanayileşme hızla gelişti ve buna fosil yakıtların yoğun tüketimi eşlik etti. Bunun sonucunda, deniz seviyesinin benzeri görülmemiş bir hızda yükseleceği pekala öngörülebilir. Toplamda, bu yükseliş uzak geçmişteki olaylardaki kadar devasa boyutlarda olmayacak zaten uzak geçmişteki olayların gerçekleşmesi binlerce veya belki de milyonlarca yıl almıştı. Şimdiyse değişiklikler yalnızca birkaç yüzyılda gerçekleşebilir. Öyleyse bu, deniz seviyesinin altındaki Hollanda için büyük bir problem teşkil edecektir.

Hollandalılar, yüzyıllar boyunca setler çekmeyi ve su taşkınlarını önlemeyi öğrenmiştir. Hollanda'da Oosterschelde bölgesinde yer alan New Waterway Storm Surge Barrier adlı fırtına dalgası bariyeri, bunun kusursuz bir örneğidir. Fakat çok yakında, ülkemizi taşkınlara karşı korumak istiyorsak, geçmişteki başarılarımızın çok ötesine geçmek zorunda kalacağız. Şu anda kullandığımız eski, güvenilir metotlar bunun üstesinden gelemeyecektir. Setlerin inşasını düşünün.

Hollanda'nın zemini yumuşaktır. Bir metrelik bir set inşa etmek isterseniz, genişliğinin on metre olması gerekir ve daha da kötüsü, çok kısa bir zaman diliminde doksan santimetre toprağa gömülecektir. Ayrıca yeraltı suyu seviyelerini de unutmayın. Yeraltı sularındaki tuz yoğunluğunu önlemek için gittikçe daha büyük pompalara ihtiyacımız olacaktır. Deniz seviyesi yükselirse, nehirlerin seviyeleri de yükselir ve nehir setlerinin de yükselmesi gerekir.

Ülkemizin güvenliğini sağlamanın mali faydaları göz önünde bulundurulduğunda, her halükarda daha büyük setler inşa edilecektir. Peki ama bu setlerin bozulmasının nasıl önüne geçebiliriz? Çok hafif bir malzemeden bir set inşa edilebilir mi? Setin devrilmesiyle birlikte, sular setin arasından ve altından geçebileceği için bu çok tehlikeli olacaktır. Bu nedenle yeni bir inşa yöntemi üzerine düşünüyorum; içleri boş olan büyük beton bloklar. Bunlar su geçirmez olmayacaktır; deniz tarafında, su içeri ve dışarı akabilecektir. Böylelikle, set kendi ağırlığını kontrol edecektir: Deniz seviyesi yükseldiğinde ağır, düştüğünde hafif olacaktır ve zaman içerisinde batması veya kayması söz konusu olmayacaktır.



İçi boş beton bloklarla inşa edilmiş bir setin çapı. Sular yükseldiğinde, beton bloklar suyla dolar ve daha ağır hale gelir. Bu, su basıncına dirençlerini artırır. Sular alçaldığında, beton blokların içindeki su boşalır ve setin zemine batması riski asgariye inmiş olur.

Bu tür konularda benden çok daha yetkin olan su mühendisleri, elbette bu problemle meşgul olacaklardır ve benimkinden çok daha iyi çözümler geliştirebilirler. Oturduğumuz yerden, ülkemizi denize kurban edeceğimizi sanmıyorum. Bizi koruyacak teknolojik bir başyapıt geliştirilecektir. Bu-

nun devasa bütçesini de kendi uzmanlığımızı yurtdışında pazarlayarak karşılamamız gerekecektir. Ne de olsa gezegenin her kıyı bölgesi, aynı problemle karşı karşıya kalacaktır.

Bu ve benzeri sorunlara yol açan iklim değişikliğini, farklı türden teknolojik harikalar yaratarak bertaraf etmemiz mümkün olacak mı? Kısa vadede, ilk birkaç yüzyılda, öngörüler hiç de iç açıcı değil. On yıl önce sadece bir olasılıktı ama köprünün altından çok sular aktı (buradaki kelime oyununu maruz görün). İklimimiz değişiyor. Bu değişiklikler gerçekten de hızlı gerçekleşiyor ve büyük bir ihtimalle, bunlar insani eylemlerin sonucu. Deniz seviyeleri yükselmeye devam edecek; üstelik hızlı bir biçimde. Tahminler çılgınca farklılık gösteriyor –iklim öngörülerinin zor olduğu zaten bilinir– ve şu anda tek söyleyebileceğimiz, iklimbilimciler 1990 ve 2100 yılları arasında deniz seviyelerinde seksen ila doksan santimetre arasında bir yükselmeden şüpheleniyor.

Bu, ilk bakışta çok yüksek değilmiş gibi gelebilir ama zamanı gelince bu tam bir felakete dönüşebilir. İklim bilimsel çevre koşulları durağan değildir. Dünya üzerindeki çeşitli kara parçaları, devasa miktarlarda buzla kaplıdır. En büyük buz kütlesi, kalınlığı dört buçuk kilometreye varan bir buz tabakasıyla kaplı olan Antarktika'dadır. Bir başka büyük buz kütlesiyse yüzeyi Antarktika'dan çok daha küçük olan Grönland'dır. Bu bölgelerdeki buz erirse, eriyen sular denize akacaktır ve deniz seviyesinin önemli ölçüde yükselmesine yol açacaktır.

Buzlar, sadece kara kütlelerinde bulunmaz; başta kuzey kutbu olmak üzere kutuplardaki denizlerde de buzlar bulunur. Bu buzlar da, en azından kısmen, eriyecektir ama suda yüzdükleri için deniz seviyelerinde önemli bir artışa neden olmayacaktır.[1] Bir bardak suya bakın. Bardaktaki buz küpleri erirse, su taşmaz; ama bir tepsideki buz küpleri erirse ve su bardağın içine akarsa, bardaktaki su taşabilir. Bu nedenle, karalardaki buzların erimesine karşı tetikte olmamız gerekir.

---

[1] Ayrıca buz, tuzsuz sudan oluşur.

Buz, güneş ışığına maruz kaldığında değil sıcak havayla temas ettiğinde erir. Bunun nedeni buzun beyaz olması ve ışınların büyük bir bölümünü yansıtmasıdır. Ancak kayalar güneş ışığına maruz kalır kalmaz, yüzey çok daha fazla ısı emer. Bunu takiben sıcaklık yükselir ve erime süreci hızlanır. Antarktika'da veya Grönland'da toprak güneş ışığına maruz kalır kalmaz, başımız derde girecektir. Erime süreci bir daha geri çevrilemeyecektir. Kışın, bu alanlar karla kaplanır ama karlar yazın erir. Nihayetinde, yeni bir denge kurulacaktır. Belki de buz tamamen ortadan kaybolmayacaktır; havadaki artan nem, yağış miktarını artıracaktır ve böylece daha fazla kar yağacaktır. Bu dengenin nasıl kurulacağını söylemek, henüz çok zordur.

Tek bilebildiğimiz, jeolojik tarihte güney kutbunda hiç buzun olmadığı birkaç dönem görüldüğüdür. Milyonlarca yıl önce, kıtaların konumları şimdikinden farklıydı. Güney kutbunda Antarktika'nın yerine Avustralya vardı. Fakat hiç buz yoktu. Devasa göz yuvaları olan dinozor iskeletleri, ortaya çıkarılmıştı. Güney kutbunda, aylarca karanlıkta kalabildikleri için bu hayvanların, alacakaranlıkta veya yıldızların belli belirsiz ışığında görebilmeye ihtiyacı vardı.

Bu süreçte, deniz suyu seviyeleri şimdikinden çok daha yüksekti ve bu tekrar gerçekleşebilir. Antarktika'daki bütün buzların erimesi durumunda, su seviyelerinin 60 metreden daha çok yükseleceği hesaplanmıştır. Hollanda ve New York varlığını sürdüremeyecektir. Bu bir çırpıda gerçekleşmeyecektir; binlerce yıl alacaktır.

Süreç çoktan başlamıştır; yavaş yavaş ilerlemektedir ama kesinlikle başlamıştır. Bunu tersine çevirip çeviremeyeceğimizi hiç kimse bilemez. Grönland'daki buzlar, tedirginlik yaratıcı bir hızla erimektedir. Bu, deniz seviyesini sekiz metre yükseltebilir. Dünyadaki sıcaklıkların artmasının nedeni, sera gazları, özellikle de karbondioksittir ama buna katkıda bulunan başka gazlar da vardır. Bunların büyük birçoğunluğu, insanın etkinliğinin sonucunda kasıtsız olarak atmosfere salınır. Devasa büyüklükteki çiftlik hayvanı sürüleri-

mizin artışından kaynaklanan metan, bunun bir örneğidir. Atmosferimizde metan miktarı, son yüzyılda ikiye katlanmıştır. Yine de karbondioksit (CO_2), mevcut iklim değişikliğinin temel nedenidir ve bunu gittikçe daha çok üretmeye devam ediyoruz. Mevcut uygarlığımızın temel aldığı bütün enerji kaynaklarının temel malzemeleri olan petrol, kömür ve gaz gibi fosil yakıtlar tüketildikçe, karbondioksit ortaya çıkacaktır.

Metan ve karbondioksit, tıpkı bir seradaki cam vazifesini gördükleri için sera gazları olarak adlandırılır. Bunlar, çok kısa dalga boylarına sahip gözle görülür ışık için şeffaftır. Güneş, enerjisinin büyük bir bölümünü dünya üzerine görünür ışık formunda sunar ve bu, toprağa ulaştığında ısıya dönüştürülür. Dünya bu ısıyı tekrar uzaya yansıtır ama güneşten çok daha soğuk olduğundan, ısısı uzaya kızılaltı (görünmez) ışık olarak yansıtılır. Görünür ışığa oranla çok daha uzun dalga boylarına sahip olan görünmez ışık, toprak ve karbondioksit bulutları arasında kısmen kalır. Bu esnada, söz konusu gazların küçük miktarları, gezegenimizi etkili ölçüde ısıtabilir.

İronik bir biçimde, insanlığı çevreyi kirlettiği bir başka madde olan kükürt bileşiklerinin emisyonunu azaltabildik. Bu azalmanın sağlanması önemliydi. Kükürt sağlığımız için kötüdür ve asit yağmurlarına neden olur. Kükürt dioksitse atmosferimizi *soğutur*, çünkü asidik damlacıklardan oluşan bulutsu bir perde yaratır. Bu damlacıklar, gözle görünür güneş ışığını yansıtır; bu nedenle soğutucu vazifesi üstlenirler. Buna karşın, havamızda kükürt istemeyiz ve bu faydalı yan etkisinden yararlanmayı da düşünümeyiz. Geriye, problemin en büyük nedeni olan karbondioksit miktarlarını düşürmek kalır.

Karbondioksit salınımını azaltmak için her türlü öneri sunulmuştur. Ancak öylesine otomobil kullanan insanların ve kömür veya gazla çalışan santrallerin sayısı o kadar çoktur ki karbondioksit salınımı çok büyük miktarlardadır ve mevcut tavsiyeler, büyük bir ihtimalle emisyon seviyesinde

önemli bir düşüş sağlamayacaktır. Doğanın kendine özgü metotları vardır: Denize kıyısı olan bölgeler sular altında kalacaktır ve üzerinde yaşanabilir toprakların büyük ölçüde azalmasıyla dünyanın nüfusu azalacaktır ve zararlı emisyonlar da otomatik olarak düşecektir.

Jeologlar, bunun ne anlama gelebileceğini bilir: Havada çok az karbondioksitin bulunduğu bir dönemin gerçekleşmesi olasıdır. Bu, dünyanın soğumasına ve buz katmanlarının kalınlaşmasına yol açacaktır. Buz, bütün gezegeni bile kaplayabilir. 750 ila 580 milyon yıl öncesinde, kısa da olsa bütün dünyanın, ekvatordaki bölgeler de dahil olmak üzere kalın buz katmanlarıyla kaplandığı birçok dönemin yaşandığını gösteren kanıtlar mevcuttur. Gezegenimiz büyük bir kartopu gibiydi. Ancak düşünülebileceğinin aksine, bu tür bir kartopu varlığını sonsuza dek koruyamaz. Bitkilerin veya o evvel çağlarda var olan bitki örtüsünün etkinliği, son bulmuş ve karbondioksitin oksijene dönüşümü, durma noktasına gelmiş olabilirdi. Aynı zamanda, volkanik etkinlik, karbondioksit ve metan miktarlarını yavaş yavaş artırarak eski seviyelere geri getirmiştir. Sonuç olarak, buzlar birkaç milyon yılda aşama aşama geri çekilmiştir.

Hiç yazılmamış bilimkurgu romanlarının birinde, dünya bir kartopuna dönüşme tehdidi altındaydı ve dünya nüfusunun, sırf havadaki karbondioksit seviyesini artırmak için büyük miktarlarda petrolü yakmak zorunda kalıyordu. Her neyse, şu anda bu senaryonun çok uzağındayız. Bu öykünün kıssası açıktır: İklim durağan değildir ve buna müdahale etmemiz gerekir. Bu, büyük miktarlarda karbondioksit demektir ve hangi çözüme başvurursak başvuralım, çok maliyetli olacaktır. Ancak en pahalı çözüm, hiçbir şey yapmamaktır, çünkü bu bütün kıyı bölgelerin sular altında kalmasına yol açacaktır; üstelik bu muhtemelen setlerimizi güçlendirmek için çok maliyetli projeleri hayata geçirdikten sonra yaşanacaktır.

Diğer bir deyişle, bütün bu felaket senaryoları gerçekleştikten sonra, Amerikan başkanının da dahil olduğu poli-

tik güçler bu konuya ilgi gösterecektir. Peki ama ne yapmak için? Her şeyi bildiğimi iddia edemem. Tam olarak nelerin gerçekleşeceğini ve en iyi çözümlerin ne olacağını bilemem. Sadece bu probleme bilimsel olarak yaklaşılması gerektiğini ısrarla vurgulayabilirim. Bütün önerilen –ve bir ölçüde gerçekçi olan– çözümlerin, vakit kaybedilmeden düşünülmesi gerekecektir.

Öncelikle, enerji tasarrufu seçeneğine sahibiz. Bu, hayatın küçük lükslerinden vazgeçmemizi gerektirmez, bunun yerine uygulamalarımızı daha ekonomik hale getirebiliriz. Birçok uygulamanın, bekleme modundayken düzinelerce wat güç emen lambalara sahip olmasını anlaşılmaz buluyorum. Bunların miliwat olması gerekir! Saatler boyunca kullanılmamasına rağmen çalışır halde bırakılan bilgisayarlar, çok az elektrikle çalışmalıdır. Ortalıkta hiç kimse yokken, ışıklar kendiliğinden kapanmalıdır. Elektronik iletişimin aşama aşama gelişmesi gibi ilerlemeler sayesinde, ulaşım ihtiyacı azabilir. Modern bilgi ve iletişim teknolojilerinin, hiçbir konfor kaybı olmadan enerji tüketimini büyük ölçeklerde azaltmakta son derece etkili olabileceğine inanıyorum.

Dahası, güneş ve rüzgârın alternatif enerji kaynakları olduğu genel olarak bilinmektedir. Rüzgâr enerjisiyle başlamama izin verin. Atmosferde, bütün enerji ihtiyacımızı sadece rüzgâr santralleri aracılığıyla karşılamamıza yetecek enerjinin bulunması muhtemel değildir ama hortumlar ilgimi çekiyor. Bol bol güneş ışığı nedeniyle ısınan ve nemlenen havanın alçak katmanlarında çok fazla enerji olduğu açıktır. Belirli bir seviyeye ulaşılır ulaşılmaz, havanın katmanları dengesiz hale gelir ve daha alçak katmanlar, daha yüksek, daha serin ve kuru hava katmanlarıyla yer değiştirmek ister. Buna çok şiddetli rüzgârlar eşlik eder ve kasırga adını verdiğimiz hava olayları yaşanır.

Çok zor olabilir ama bu can alıcı seviyeye ulaşmadan önce enerjiyi toplayabilir miyiz? Örneğin kuru ve çöl benzeri çevrelerde inşa edilecek kilometrelerce yükseklikte ve yüzlerce metre genişlikteki devasa bacalar kullanabileceğinizi

düşünüyorum. Sıcak hava aşağıdan emilip baca aracılığıyla yukarıya verilebilir ve bu esnada serinletilebilir. Büyük rüzgâr türbinleri, şiddetli rüzgârlardan enerji toplayabilir ve ayrıca bu düşey hareketler yağmur üretebilir. Karayipler'de, hava sadece sıcak değil, aynı zamanda nemlidir ve bu nedenle daha da enerji zenginidir (nemli hava, kuru havadan *daha hafiftir*). Bu bölgelerdeki bacaların, bol miktarda enerji üretmek için o kadar da yüksek olması muhtemelen gerekmeyecektir.

Bu tür bir baca, yapay bir hortum vazifesi üstlenecektir ama hortum hiçbir yere hareket etmeyecektir. Bu tür bacalardan yüzlercesini inşa edebiliriz ve hava kaynağını kontrol ederek bunları etkinleştirebilir veya devre dışı bırakabiliriz. Böylece gerçek bir hortumun davranışını umuyorum ki etkileyebiliriz. Nihayetinde, bu bacalar öylesine çok sayıda olacak ki gerçek hortumlara çok az enerji kalacak. Bir taşla iki kuş vurmuş olacağız: enerji bolluğuna ulaşmak ve tehlikeli kasırgalardan kurtulmak. Doğal olarak, bu sisteme birçok itiraz da gündeme gelecektir: Bu enerji kaynağı, büyük ölçüde mevsimleri temel alır ve bir hortumu durdurmaya yönelik ilk başarısız girişimin yasal sonuçları, öngörülemez. Gerçekleşen her kasırgada, projemiz kötülenecektir. Ancak bu, üzerinde düşünmeyi sevdiğim ilgi çekici ileri teknoloji fikirlerinden sadece biridir.

Buna karşın, güneş enerjisi çok boldur. Bu genellikle doğrudan güneş ışığını elektrik akımına dönüştüren güneş hücreleri anlamına gelir. Ancak bununla ilgili büyük bir problem vardır: Güneş hücreleri ekonomik değildir, pahalıdır ve kolayca bozulabilir. Korunmasız olmaları ciddi bir handikaptır. Güneş ışınlarına maruz kalmanın hasara yol açacağını herkes bilir. Güneş hücreleri, zararlı fotonları elektrik akımına dönüştüren işlenmiş elektronik devrelerdir. Gerçek hayatın çoğu zaman gösterdiği gibi bunların ömürleri uzun değildir.

Kendi adıma, büyük aynaların kullanılmasından yanayım. Büyük aynalar, güneş ışığını jeneratörlere yansıtır ve

güneşin ısısını daha geleneksel bir şekilde enerjiye dönüştürür. Doğanın yasalarından biri, belirli bir sıcaklığa sahip bir ışık kaynağının, yanındaki bir nesneyi aynı sıcaklığa kadar ısıtabileceğini ama kendi sıcaklığından daha fazla ısıtamayacağını söyler. Güneşin yüzeyinin sıcaklığı, yaklaşık üç bin derecedir ve teorik olarak, bir aynanın odak noktasında benzer sıcaklıklar üretilebilir ama üç bin derecenin üstüne asla çıkılamaz. Pratikteyse yaklaşık beş yüz derecenin üzerine çıkılamaz ama bu çok verimli bir enerji dönüşümü için fazlasıyla yeterlidir. Problem, yeterli enerjiyi üretebilmek için çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmasıdır.

Güneş ve rüzgâr enerjisine karşı zaman zaman seslendirilen itirazlardan biri, bunların ihtiyaç duyduğunuzda yeterince olmaması, ihtiyaç duymadığınızdaysa çok fazla olmasıdır. Bu enerjiyi depolamak için iyi metotların geliştirilmesi gerektiği de açıktır. Buna ilişkin o kadar farklı çözümler ortaya atılmıştır ki bir bilim insanın, hangisinin en ekonomik metot olacağını öngörebilmesi zordur. Hidrolojik depolama bir seçenek olabilir; su aşağıdan yukarıya pompalanır veya belki de volan kullanılır. Belki de verimli elektronik depolama metotları geliştirilecektir ama ısı formunda depolama da verimli ısı pompaları kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Tartışmanın önemli bir unsuru, nükleer enerjinin rolüdür. Nükleer enerji, sera gazları üretmez. Greenpeace gibi örgütler, etik savlar gereği nükleer enerjiye karşı çıkmaya devam etmektedir ama bu duruşları en azından çevresel bakış açısından, özellikle de "çevre"den kasıt flora ve faunaysa tartışmaya açıktır. Zaman zaman nükleer felaketler yaşansa ve büyük miktarlarda radyoaktivite sızıntısı gerçekleşse bile flora ve fauna bundan çok az etkilenir. Elbette bitkiler ve hayvanlar ölecektir ama bu sadece küçük bir yüzdeyi teşkil edecektir ve bunların hızla geri kazanılması mümkün olacaktır.

İnsanların kabul etmek istemediği şey, yüzlercemizin kanserden ölebilecek olmasıdır. Bazen binlerce veya on binlerce kurban verilmektedir ama radyoaktivitenin doğal olarak da

gerçekleştiğini ve birçok vakanın, aslında insani etkinlikle değil, doğal nedenlerle açıklanabileceğini unutmayın.

Elbette hiçbir kazanın yaşanmadığı, minimum seviyede nükleer atığın üretildiği ve mümkünse korkunç silahların üretiminde kullanılabilecek yan ürünlerin olmadığı bir nükleer enerji isteyeceğiz. Çok fazla ayrıntıya girecek olursam, argümanım fazla teknik hale gelecek. Bu nedenle, anti-nükleer kampanyacıların neredeyse dinsel bir fanatizm örneği sergileyerek karşı çıkacağını bilsem de nükleer enerji üretmenin çeşitli çözümlerinin olduğunu söylemekle yetiniyorum.

Yeni jenerasyon nükleer reaktörlerin ateşli bir savunucusu da 1984 yılında fizik dalında Nobel Ödülü kazanan parçacık fizikçisi Carlo Rubbia'dır. Rubbia, geleneksel modellerden çok daha güvenli olması gereken bir tasarım kullanarak, bir parçacık hızlandırıcısıyla çalışan reaktörler kullanılmasını önerir. Bu öneri, uranyum ya da plütonyum yerine toryum gibi başka ağır kimyasal elementlerin nükleer füzyonunu temel alır. Bu tür ham maddelerin kullanılması, yüz yıl sonra orijinalinden daha az radyoaktif olan atıklar üretir. Reaktör, parça hızlandırıcı devre dışı bırakıldığında çalışmaya son verir ve bu nedenle de patlamaz. Toryumdan silahlar üretmek de mümkün değildir ve teknik olarak bu tür bir reaktör uygulanabilirdir, üstelik çok da uzun olmayan bir gelecekte uygulanabilir.

Bunların dışında, nükleer *füzyon* da bir alternatiftir. Bu, halihazırda kullanılmakta olan nükleer *füzyondan* çok farklı bir nükleer enerji kaynağıdır. Geleneksel metotta ağır atom çekirdekleri daha küçük parçalara bölünürken, bir füzyon reaktöründe çok küçük atom çekirdekleri birleştirilir. Bu işlemde, ya çok az radyoaktif madde üretilir ya da hiç üretilmez ve yakıt –esasen sadece su– bolca kullanılabilir. Buna karşın, bir füzyon reaktörünü inşa etmek son derece zordur, çünkü çok karmaşık bir manyetik düzenlemede tutulan milyonlarca santigrat derece sıcaklıkta reaktif gazın bir şekilde kontrol edilebilmesi gerekir.

Yakın gelecekte, elektrik üretecek ilk füzyon reaktörü olan ITER'in inşasıyla birlikte bu tür bir reaktörün cömert bir enerji kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermek mümkün olacaktır. Fransa'nın güneyindeki Cadarache kentinde büyük bir laboratuvar mevcuttur. Reaktörün inşası da orada gerçekleşecektir. Katılımcı uluslararasında uzun süren tartışmaların ardından, bu konum üzerinde uzlaşmaya varılmıştır.

Meslektaşlarımdan biri, buna bariz bir şekilde şüpheyle yaklaştı: *"Diyelim ki güçlü manyetik alanlarda sıcak gazları kontrol edebilmeyi başardılar ama çok fazla radyasyon olacaktır. Bu radyasyon, yüksek bir vakum içermek için orada bulunması gereken duvarların kaplamasını feci şekilde etkileyecektir. Bunun çok sık tamir edilmesi veya yenilenmesi gerekecektir. Bunu nasıl başaracaklar?"*

Buradaki ekonomik çıkarları göz önünde bulundurunca, bu teknik problem için mali açıdan uygulanabilir çözümlerin bulunabileceğini düşünüyorum. Her halükarda, bütün problemler çözülmemiş olsa bile bu potansiyel alternatif enerji kaynaklarına yatırım yapmaya başlamak son derece önemlidir. Tıpkı bilimkurgu yazarları gibi, insan zekasına büyük bir inancım var.

Ne yazık ki füzyon enerjisinin ekonomik açıdan makul bir uygulamasının 2060 yılından önce gerçekleştirilebilmesi beklenmiyor ve o zamana dek başka alternatifler bulmamız gerekecek. 1960'larda füzyon enerjisi üzerine çalışmalar başladığında, nükleer füzyonun uygulanabilir hale gelmesinin otuz yıl alabileceği öngörülmüştü. Aradan geçen elli yılda, bu sürenin elli yıl daha uzamış olmasının, gelecek açısından çok da parlak görünmediği düşünülebilir. Fakat bu meselede de bilim ve teknolojinin ilerlemesi birçok şeyi mümkün hale getirecektir.

Güneş, rüzgâr, nükleer fizyon veya füzyon, bize zamanında yeterince alternatif enerji kaynağı sağlayacak mı? Büyük bir ihtimalle, dönüşüm çok uzun sürecektir ve sadece denizdeki bir damla olacaktır. Daha da katı tedbirler gerekecektir.

Çok geç kalmış olabiliriz ama bir başka çözüm önermeme izin verin. Dünyanın ikliminin değiştirmeyi isteyeceğimiz başka yönleri var. Çöllere birçok yolculuk yaptım ve her zaman merak ettim: Buradaki insanlar bolca tatlı su kaynağına sahip olabilseydi, uçsuz bucaksız ormanlar olur muydu? Tarım ve hayvancılık için geniş ve bereketli topraklar olur muydu? İnsanların yaşayabileceği daha çok alan olur muydu? Bir başka deyişle, bilim ve teknoloji bu kadar çok miktarda tatlı su yaratabilir miydi? Bunun faydaları, masraflardan çok daha fazla ağır basmaz mıydı? Dünyanın birçok çölündeki tatlı su rezervlerinde muazzam bir artış yaşansaydı, bunun dünyanın iklimine ne gibi etkileri olurdu? Bu, yağışlarda da bir artış sağlamaz mıydı? Zengin bir flora ve fauna ortaya çıksaydı ve bu zenginlik, atmosferden büyük miktarlarda karbondioksiti bitki örtüsüne ve birikintilere dönüştürseydi ne olurdu? Bir taşla iki kuş vurmuş olmaz mıydık? Uçsuz bucaksız bir yaşam alanı yarattığımız ve bolluğu sağladığımız gibi, havadaki karbondioksiti de alırdık. Elbette *bütün* çölleri çiftlik arazilerine ve ormanlara dönüştürmek istemeyiz; doğal çölleri her zaman korumamız gerekir, gezegenimizin biyolojik çeşitliliğini başka türlü koruyamayız ama biraz daha az çölle idare edebiliriz, öyle değil mi?

Su, her zaman merakımı uyandırmıştır. İsrail ve Ürdün, Ölü Deniz'in kurumasına birlikte seyirci kalıyor. Bir süre önce, İsrail'den bir meslektaşım Akdeniz'i Ölü Deniz'e bağlayan bir kanal kazma fikrini ortaya attı. Ölü Deniz, dünya üzerindeki en alçak noktadadır. Su seviyesi, deniz seviyesinden dört yüz metre aşağıdadır. Kanal kazılmış olsaydı, sular Ölü Deniz'e müthiş bir güçle akacaktı ve türbinler kullanılarak bol miktarda enerji üretilebilecekti. Ayrıca su seviyeleri de orijinal hallerine dönecekti ve yoğunlaşma, bölgenin kuraklığını azaltacaktı. Bu plan, politik gerekçelerle rafa kaldırıldı ama daha yakın bir geçmişte benzer bir plan ortaya çıktı: İsrail ve Ürdün, Kızıldeniz'den Ölü Deniz'e bir kanal açacak. Mesafe daha uzun ama sonuç aynı olacak. Ancak bu planın hayata geçirilip geçirilmemesi, bilimin dışındaki etkenlere bağlı.

Bu arada, Arap dünyası da en şaşırtıcı fikirleri ortaya atmıştı. Antarktika'dan buzdağlarını Kızıldeniz'e çekme planları vardı. Bu sayede muazzam miktarda tatlı su elde edilecekti. Yolculuğun zaman kaybına yol açacağı ve buzun çoğunun yolda eriyeceğiydi doğruydu ama yine de yeterince su kalacaktı.

Bu tür bir plan ekonomik olarak uygulanabilir miydi? Ben, devasa büyüklükte deniz suyunu tuzdan arıtma makineleri yapmamız gerektiğini öne sürüyorum. İdeal olarak, bunlar benzin veya gazla değil, güneş enerjisiyle çalışacaktır. Deniz suyu ısıtılır; buharlaşır ve tekrar sıvılaştırılarak tatlı su elde edilir. Ayrıca güneş enerjisiyle çalıştırılan mekanizma kullanılarak suyu filtrelerden geçirebiliriz. Uzun vadede, başka bir olasılık daha görüyorum: Güneş ışığının yardımıyla suyu filtreleyen genetiği değiştirilmiş bitki örtüsü.

Bu kitabı yazdığım sırada İspanya ciddi kuraklık problemleriyle boğuşuyor. Bu ülke, geniş ölçekli deniz suyu arıtma tesislerinin geliştirilmesinde öncü rol üstlenmelidir. Bunlar pahalıdır ama uzun vadede atmosfer için faydalıdır. Başta Avrupa Parlamentosu olmak üzere diğer ülkeler, İspanya'ya destek sunmalıdır. Suyu denizden karaya aktarma işlemi, deniz seviyesini sadece çok az azaltacaktır ama sera gazlarının emilmesindeki artışın etkisiyle, deniz seviyesi çok daha fazla azalacaktır, kim bilir?

Dünyanın iklimini etkileyebilecek başka büyük ölçekli projeler de hayal ediyorum. Afrika'nın çeşitli bölgelerinin az miktarda yağış almasının nedenlerinden biri, Atlantik Okyanusunun çok soğuk olması ve bu yüzden buharlaşmanın sadece aralıklı olarak gerçekleşmesidir. Güneşin tuzlu suyu kolayca ısıtabileceği ve buharlaşmaya yol açabileceği sığ havzalar oluşturamaz mıyız? Bu tür bir fikrin uygulanıp uygulanamayacağını belirlemenin tek yolu, bilgisayarlı hesaplamalar yapmaktır. Bu hesaplamalar sayesinde, güneş ve rüzgârın kendi işini yapabilmesine olanak tanımak amacıyla tuzlu suyu nereye pompalamamız gerektiğini bilebiliriz.

Bitki örtüsünün seyrek olduğu bölgeleri, ormanlarla kaplı hale getirmenin yollarını kesinlikle biliyoruz. 1994 yılında, girişimci ekonomist Gunter Pauli, gelişmemiş bölgelerin üretkenliğini çevreyi kirletmeden basit teknolojiler aracılığıyla artırmayı amaçlayan idealist bir organizasyon olan Sıfır Emisyon Araştırma ve İnisiyatifleri (ZERI; Zero Emission Research and Initiatives) adlı organizasyonu kurdu. Kolombiya'nın doğusunda hiçbir şeyin yetişmediği savan, bir başarı öyküsüydü. Orada bir orman oluşturulabiliyorsa, bu gezegendeki hemen her yerde orman oluşturulabileceği savunuldu.



Kolombiya'nın doğusundaki savanda yapay olarak oluşturulan tropik orman.

Bu organizasyondaki biyokimyacılar, söz konusu bölgede neden hiçbir kozalaklı ağacın yetişmediğini belirledi. Topraktaki pH değeri dörttü, diğer bir deyişle toprak aşırı asidikti ve ayrıca güneş ışığı çok parlak olduğundan, tohumlar yaşama şansı bulamıyordu. Bu problem, ilk önce güneşin etkilerine makul ölçülerde dayanabilen çalılar ve toprağın asit oranını düşürmek için mantar ekilerek çözüldü.

Bu öncü bitki örtüsünün gölgesinde, tohumlar ekildi. Şu anda ağaçlar hiçbir problemle karşılaşmadan büyüyor ve yak-

laşık üç bin iki yüz hektar savana, ormana dönüşmüş durumda. Bu ormanlaştırmanın sonucunda, yağış miktarı da arttı ve bu sayede palmiye ağaçları dikildi. Bölgenin ekonomik değeri önemli ölçüde arttı. İklim değişikliğini etkilemek ve karbondioksitin sabitlenmesine katkıda bulunmak; daha iyi olamazdı. Bu, bilimin uygulanmasının harika bir örneğidir.

Bu tür projeleri üretmek için organik madde yakmamamız veya çürümeye terk etmememiz, maddedeki karbondioksitin atmosfere dönmesini engellemek için kendimize sürekli bir amaç edinmemiz önemlidir. Yüksek kalitede ahşap üretebilirsek, bunları evler inşa etmek veya mobilya üretmek için kullanabiliriz. Biyolojik olarak üretilen yakıt kullanarak elektrik jeneratörlerini çalıştırırsak, bu işlem sırasında salınan karbondioksitin zararsız olduğunu varsayma hatasına düşmemeliyiz. Tıpkı mühendislerin fosil yakıtlar kullanılarak çalıştırılan geleneksel santrallerde yapmayı planladığı gibi, bu karbondioksiti yerin altına depolamayı denememiz gerekir.

Paul Crutzen, kısa bir süre önce dirayetli ve mantıklı bir öneri getirdi. Global ısınmaya ve yükselen deniz suyu seviyelerine çok farklı bir yaklaşım önerdi. Daha önce, havadaki kükürdün, hem bizim sağlığımıza hem de bitkilerimizin sağlığına zararlı olduğunu ama kükürt bileşiklerinin dünyanın sıcaklığını düşürdüğünü açıklamıştım. Bunun nedeni, atmosferin yükseklerinde güneşin kükürdü ısıtması ve bunun da su damlacıklarının ortaya çıkmasına yol açmasıdır. Bu damlacıklar, spektrumun görünür kısmında, güneş ışığını bilhassa iyi yansıtır.

Bu tür damlacıkların soğutucu etkisi bilinmektedir; ayrıca bunlar, yüksekten uçan yolcu uçaklarının bıraktığı izlerde de görülebilir. Yüksek rakımdaki bu yapay bulutlar, 11 Eylül'den sonra ABD üzerindeki bütün hava trafiği iptal edildiğinde görüldüğü gibi kesin bir soğutucu etkiye sahiptir; hava trafiğinin iptal edilmesinin sonucunda, bütün ülkedeki genel güneşe maruz kalma oranında büyük bir artış ölçülmüştü!

Kükürt damlacıklarını yansıtan güneş ışığının etkilerinin, bu damlacıklar stratosferin yüksekler kısımlarındaysa çok daha fazla olduğu bilinmektedir; çünkü kükürt orada çok daha uzun süre asılı kalır; daha alçaklarda sadece iki hafta kalırken bu süre, yükseklerde iki yıla kadar çıkar. Yıllık kükürt emisyonu, geçmiştekine oranla (160 milyon ton) düşüyor ve atmosferimizde bu zehri istemediğimize göre bu sonuç olumludur. Stratosferimizde yükseklere sadece iki milyon ton kükürt yayabilseydik, karbondioksit emisyonlarının mevcut etkilerini nötrleştirmeye yetecek soğutmayı sağlayabilirdik. Bunun asit yağmurlarına katkısı da göz ardı edilebilir, zira sağlığımız bundan etkilenmeyecektir.

Kükürdü stratosferimize nasıl ulaştırabiliriz? İlk önce, büyük bir bombardımanla bunun yapılabileceği düşünüldü. Kükürtle dolu büyük top mermileri havaya ateşlenecek ve stratosfere ulaştıktan sonra patlatılacaktı. İnsanların "canice" diye haykırdığını duyabiliyorum ama bu üzerinde çalışılmayı hak eden makul bir öneridir, çünkü aşağılarda kendimiz etkilenmeden, çok yukarılarda kükürt gazlarını iyi amaçla kullanacak daha da akıllıca metotlar geliştirilebilir. Alternatif olarak, uçaklar seyir irtifasına ulaştıktan sonra normal yakıta ek olarak –çağın motorunun yakıtına karıştırılan– yüksek kükürtlü yakıt kullanılması yoluna da gidilebilir.

Endişelenmenize gerek yok, çünkü bu araştırma, her şeyi enine boyuna düşünmeden ve akla gelebilecek iyi veya kötü bütün yan etkileri gözden geçirmeden ve bütün siyasi kademelerden yeşil ışık almadan sorumluluk üstlenmeyecek olan iklimbilimciler tarafından gerçekleştirilecektir.

Burada iklim ve hava arasında dikkatli bir ayrım yapmalıyız. Bir bölgenin iklimi, belirli bir hava motifi tarafından belirlenir. Hava, günlük koşula işaret eder. Günümüzün bilimi, yalnızca kısa vadeli hava tahminlerinin mümkün olabileceğini bize net bir şekilde söyler. Bu kısa vade, zaman ve yere göre değişiklik arz eder. Hava bir süre durağan kalırsa, ileriye bakmak kolaylaşır ama yüksek ve alçak basınç

alanlarının konumları bazen öylesine değişkendir ki birkaç günlük bir tahmin bile zordur. Bilgisayar modellerimiz ilerledikçe, tahminlerimizin güvenilirliği artacaktır ama yine de yalnızca birkaç günlük bir artış olacaktır.

Hava koşullarını kontrol etmek bir yana, daha uzun süreli kesin, ayrıntılı tahminler yapabilmemiz bile henüz mümkün değildir. Doğanın yasaları bize bu konuda ne söyler? Hava sistemlerinin kaotik olduğunu ima eder. Ne kadar küçük olursa olsun her sapma, havayı belirli bir anda bütünüyle değiştirebilir. Kelebeklerin en küçüğü bile kanatlarını beklenilenden biraz farklı bir şekilde açmaya karar verirse, atmosferimiz üzerindeki etkileri zamanla artar ve birkaç hafta veya ay sonra hava sistemimiz tamamen değişir.

Bu tür değişiklikler tahmin edilemez. Fakat gelişmiş bir uygarlık, bundan istifade edebilecek mi? İklimbilimciler, büyük aynalarla güneş ışıklarını manipüle edebilir; böylece güneş ışınlarını bir yere yansıtabilir veya bloke edebilir, suyu buharlaştırabilir veya buharlaştırmayabilir, dünyanın çeşitli bölgelerini ısıtabilir ve soğutabilir. Bu süper-bilim insanları denge durumunda en büyük etkiyi yaratacak yeri ve zamanı belirleyecektir. Bir kelebeğin kanatlarını çırpmasında olduğu gibi tahmin edilemeyen etkilerden daha büyük etkilerin yaratılması yeterli olacaktır.

Gereksinim duyulan bilgisayarlar çok büyük, güçlü ve hızlı olacaktır. Böylece neden olunan etkilerin olası sonuçları öngörülebilecektir ve hava koşullarını istenilen yere yönlendirmek, örneğin bir fırtınayı en az zarar verebileceği bir bölgeye yönlendirmek mümkün olabilecektir.

Dünyada bu tür bir sistemi oluşturmak, bunu düşük maliyetli veya hatta cazip hale getirmek, bana pek muhtemel görünmüyor ama doğanın yasaları dahilindeki bütün olasılıkları araştıracağıma söz vermiştim. İklimi manipüle etmenin tersine, hava koşullarını etkilemek gelecekte pratik olmayabilir; ancak teoride bu bile mümkündür.

Bu bölümün özeti şudur; uzun vadede dünyanın iklimini etkileyebilmeyi istiyoruz. Bugün, sadece evlerimizde hava-

landırına ve merkezi ısıtmaya sahibiz; uzak gelecekte "Büyük Bilimimizi" kullanarak bütün gezegenin iklimini daha iyi kontrol edebiliriz: İşlenebilir bir dünya. İklimimizi, ihtiyaçlarımıza paralel olarak daha verimli bir hale getirebilmek için daha çok kontrole sahip olmayı istiyoruz. Fakat geçit törenlerinde hiç yağmur yağmamasını sağlayabilmek için daha kat etmemiz gereken çok uzun bir mesafe olduğu açıktır.

Nihayetinde, durdurulamaz nüfus artışımız, iklim değişikliğinin temel nedenidir. Şu anda gezegenimiz üzerinde başa çıkamayacağı kadar büyük bir baskı var. Sosyologlar bu problemi kesinlikle gündeme almalıdır, ancak insanı kontrol etmekten daha zor bir şey olmadığını farkındayım. Zenginlikteki artışın, nüfusun azalmasına yol açtığı doğru değil mi? Belki sonrasında, bilim gerçekten de kendi nüfusumuzu kontrol etmek için kullanılabilir.

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle, dünya nüfusu artmaya devam etse bile yaşam standardının önemli ölçüde yükseleceğine inanıyorum ve bu durumda bile iklimi kontrol etmenin bilimsel yolları olacaktır. Bu kısa bir sürede gerçekleşmeyecektir, çünkü bilim insanları bu büyük problemin yüzeyini daha yeni yeni eşelemeye başladı. Yine de geleceğin bilimi üzerine spekülasyon yapmak istiyorsanız, bu gerçekten de büyüleyici bir konu.

Dokuzuncu Bölüm

UÇURTMA UÇURMAK

Rüzgâr çok şiddetliydi. O gün okula gitmem gerekmiyordu. Uçurtmam, elimde tuttuğum sicimi şiddetle çekiyordu. Aslında biraz fazla şiddetliydi ve arada bir tehlikeli bir biçimde yön değiştiriyordu. Bu ilk defa olmayacaktı. Daha birkaç gün önce, aniden çıkan rüzgâr elimdeki makarayı çekmişti ve uçurtmamın peşinden üç blok koşmak zorunda kalmıştım. Ne yazık ki makara farklı bir rota izlemişti. Rüzgâr, uçurtmamı evlere, antenlere ve balkonlara doğru sürüklemişti ama şimdi büyüdüğüm yer olan Hague'nin en işlek caddesinin üzerinde asılı duruyordu. Sicim koparsa, bir kaza olabilirdi; motosiklet ve bisiklet sürücüleri ipin yola aniden düşmesiyle paniğe kapılabilirdi.

Uçurtmam ve ben, bir polisin dikkatini çekti. Bisikletinden indi ve bana doğru yürüdü. *"O uçurtma senin mi?"* diye sordu. Evet benimdi. Bunu inkar edemezdim. Ne de olsa makara elimde duruyordu. "Onu kendin mi yaptın?" diye sordu. Evet, bütün uçurtmalarımı kendim yapıyordum. Sadece ilk uçurtmamı bir dükkandan satın almıştım ve o da uçmamıştı. Şimdi bunun neden kaynaklandığını tam olarak biliyordum. *"Çok eğlenceli değil mi?"* diye sordu polis. *"Bana çocukluğumu hatırlattı. Çok uçurtma uçurdum. Uçurtmaya uzanan iple küçük notlar uçururdum."* Elbette bunu yapmayı da biliyordum. Rüzgâr bunları yukarıya doğru havalandırıyordu. Fakat ipim çok sık koptuğu için fazla düğüm vardı. Polis bisikletine bindi ve uzaklaştı. Uçurtmamı makaraya sararak çektim; epey tehlikeli olduğunu söylemeliyim.

Uçurtmalarda birçok problem yaşanabilir. Gazetedeki bir habere göre, talihsiz bir kişi ejderha şeklindeki güzel uçurtmasının kontrolünü kaybetmişti ve ip bir ağaca dolanmıştı. Uçurtma, Hollanda'nın adalarından biri olan

Schiermonnikoog'un semalarında yarım mil havalanmıştı ve bölgesel hava trafiği için bir risk oluşturmuştu. Uçurtmanın kontrolünü sağlamak için itfaiyeye haber verilmişti ama uçurtmaya ulaşabilmeleri mümkün olmamıştı. Yakınlardaki bir askeri birliğe haber verilmişti ve sonunda uçurtma vurulmuştu.

İtfaiyeciler? Uçurtmaları vurmak? Neden başka bir uçurtmayı kullanmayı düşünmemişler? Uçurtma uçuran herkes, bir uçurtmayı başka bir uçurtmayla aşağıya indirmenin çok kolay olduğunu bilir. Bilakis, bunun önüne geçebilmek zordur! Uçurtma dövüşleri, Hindistan'da yaygın bir spordur. İpe küçük cam parçalarının geçirildiği özel bir tür uçurtma ipi satılır. İpin bir başkasının uçurtma ipine temas etmesini sağlarsınız ve kolunuzu hızla yukarı aşağı hareket ettirerek o size aynı şeyi yapmadan önce ipini kesmeye çalışırsınız! Bu özel uçurtmalara "savaşan uçurtmalar" adı verilir. Çok bilindik bir spordur. Uçurtma iplerimin ağaçlara dolandığı da oldu ama hepsini aşağı indirmeyi başardım.

Uçurtma uçurma üzerine epey düşündüm. Bir uçurtma nasıl sabitleştirilebilir? Mümkün olabildiğince yukarılarda uçabilmesi için nasıl bir uçurtma yapmak gerekir? Yükselmeyi ve kütleçekime meydan okumayı amaçlayan çeşit çeşit, sayısız uçurtmayı gördükçe şaşırıyordum. Çok daha sonraları farkına vardım ki uçurtmayı yapmak önemli olabilir ama asıl hayati kısmı iptir. İp ne kadar sağlam ve hafifse, uçurtmanız o kadar yükselecektir.

İlk Hollandalı astronot olan arkadaşım Wubbo Ockels, bunu çok daha önce fark etmişti. Wubbo da uçurtma tutkunuydu. Wubbo'ya göre, ipin yeterince sağlam olması koşuluyla, bir uçurtmayı baş döndürücü yüksekliklerde uçurabilirsiniz. Hatta uçurtmaların stratosferin üst katmanlarına kadar yükselmesi bile mümkündür. Bir uçurtmanın diğerinden çok yüksekte uçacağı şekilde iki uçurtmayı birbirine bağlarsak, farklı rüzgâr hızlarına göre gökyüzünün farklı parçalarında uçacaklardır. Bu uçurtmalar, birbirlerini çekecektir ve rüzgârın hızı ve yönü her iki hava katmanında aynı

olana dek ya da uçurtmalardan biri, muhtemelen ikincisi kopana dek birbirlerini çekmeye devam edecektir. Wubbo, tıpkı bir uçurtma gibi, motorlu bir uçağın arkasında bir planörü çekmenin ve stratosfere kadar yükseltmenin mümkün olduğuna inanıyordu. Bunu gerçekten denedi ama rüzgâr çok türbülanslıydı ve dahası o kadar uzun kabloları idare etmenin, büyük sorun olduğu ortaya çıktı.

Rüzgârdan enerji üretmek için uçurtmaları kullanmak mümkün olacak mı? Uçurtmaların uçtuğu yüksekliklerde, rüzgâr hızları çoğu zaman yüksek ve sabittir; rüzgâr o yükseklikte, yel değirmenlerini inşa ettiğimiz yerdekinden çok daha hızlıdır. Wubbo, uçurtmalarla enerji santralleri inşa edebileceğimizi düşünüyor. Uçan kanatlar gibi, çok sayıda uçurtma uzun, kapalı bir dairesel kabloya iliştirilir. Kablonun bir ucunda, rüzgâr uçurtmaları yukarıya çekerken, diğer ucunda hareket, kanatları çok şiddetli bir şekilde çekmeden kolayca aşağı indirir. Kablo bir dinamoyu çalıştırır ve böylece bolca rüzgâr, enerjiye dönüştürülür. Hague'nin en işlek caddesinin üzerinde asılı kalan uçurtmama bakarken ne kadar endişelendiğimi hatırlayınca, bunun kolay bir iş olmayacağından korkuyorum, çünkü millerce uzunlukta kabloları kontrol etmek son derece zordur. Wubbo'nun "merdivenli değirmene" bol şans diliyorum. Peki ya kablolar? Onlara daha sonra tekrar döneceğiz.

Onuncu Bölüm

YILDIZLAR

Yeterince uzun süredir dünyanın üzerindeyiz. Yukarılara, ta uzaya çıkmak istiyoruz! Aya ayak basmayı başardık. Bir sürü insansız uzay aracı, güneş sistemimizdeki diğer gezegenlere ve aylara gidebildi. Birkaçı, güneş sistemimizi sınırlarına kadar ulaştı ama gökbilimsel açıdan çok da uzaklara gidemeyecekler. Güneş sistemimizin dışındaki ilgi çekici dünyaların yakınlarında bir yere ulaşmadan çok önce, çalışmaya son verecekler.

Beklentilerimiz nedir? İnsanlık var olduğu sürece, hep uzaya baktık. Önce çıplak gözle ve daha sonra her türlü gökbilimsel araçla. Hiç görülmemiş büyüklükteki optik teleskoplar, galaksinin en uzak köşelerinin, gittikçe daha net fotoğraflarını sundu ve ustalıkla yapılmış radyo teleskopların gözlemleri bunları bile aştı. Devasa boyutlardaki ilk radyo teleskoplarından biri, Hollanda'nın doğusundaki Westerbork kentindedir ama bunu dünyanın birçok farklı bölgesindeki radyo teleskopları takip etti. Yerküremizin atmosferinin dışına gönderilen araçlar, gök cisimleri tarafından yayılan kızılötesi, morötesi, X ve gamma ışınları hakkında ve evrenin henüz birkaç yüz bin yıl yaşında olduğu zamandan, evrenin çok daha uzak bölgelerinden kaynaklanan ilgi çekici ardalan mikrodalga radyasyonu hakkında bize daha da çok şey anlatır. Galaksimizde, dünya ve güneşten çok daha büyük olan, hayal bile edilemeyecek miktarlarda enerji yayan kocaman nesneler vardır. Ancak evrenimizin en dikkat çekici karakteristiği, muazzam mesafelerdir. Saniyede 300.000 km (187.500 mil) hızla hareket eden ışığın, gözlemlediğimiz çeşitli gökyüzü cisimleri arasındaki mesafeleri kat etmesi yüzlerce, milyonlarca veya hatta milyarca yıl alır. Evrenimiz gerçekten de kocamandır.

İnsanlığın, güneş sistemimizin en dış bölgelerinden ileriye muhtemelen gidemeyeceğini –en fazla Plüton civarında kalabileceğini– daha önce açıklamaya çalıştığımda, biraz hayal kırıklığına uğramış olabilirsiniz. Güneş sistemimiz, bir başka deyişle gezegen sistemimiz, galakside güneşimizin diğer yıldızlardan daha parlak olduğu bölgedir. Merkür gezegeninden başlayarak Plüton ve Charon gezegen çiftinin ötesine dek devam eder. Bir dipnot düşmek gerekirse, kısa bir süre önce bu gezegenler sırasıyla "cüce gezegen" ve "ay" statüsüne; "statü düşürmek" anlamında "plutolamak" fiili, İngilizce sözlükte resmi bir fiil haline gelmiştir. Sözlükte örnek bir cümle de sunulmaktadır: *"Eski bir çift ayakkabı gibi plütolaştı."*

Güneş de güneş sistemimize aittir ama gayet açık nedenlerden ötürü oraya gidemeyeceğiz. Gökbilimsel açıdan, güneş sistemimiz yaklaşık olarak evimizin arka bahçesi büyüklüğündedir.

İkinci Bölümde yazdığım gibi, dünyamız küçük ve hafif olduğu için talihliyiz, zira bu sayede atmosferden çıkmamıza imkân tanıyan roketler yapabiliyoruz. Yörüngede olduktan sonra, ay veya diğer gezegenlere yapılacak yolculuklar görece çok az yakıt sarfiyatı gerektiriyor.

Bir uzay motorunun, dış destek olmadan üretmesi gereken toplam ivme, potansiyelini tanımlayan önemli bir kavramdır. Motor, saniyede üç kilometrelik bir emisyon hızıyla gaz üretirse, gemiyi ileri doğru hareket ettirmesi için her seferinde saniyede ekstra üç kilometrelik hız üretir; bütün sistemin geriye kalan kütlesi, 2,72 faktör azaltılacaktır. Bu da demek oluyor ki her kilogram için saniyede altı kilometrelik bir hız üretmek istiyorsanız, 2,72 × 2,72 – 1 (veya 6,4) kilogram yakıta ihtiyaç duyarsınız. Ve bu şekilde devam eder. Diğer gezegenlere ulaşmak için gerekli hız hesaplanırsa, bunun seçilen yörünge ve hedeflenen seyahat süresine bağlı olarak değişeceği ortaya çıkar.

Bunun bir yolu, gezegenleri ve ayları çevreleyen kütleçekimin gel-gitlerinde hareket etmektir; böylece uzay gemileri

deyim yerindeyse daha büyük gezegenler tarafından fırlatılır. Şu anda, güneş sistemimizin dışında seyahat eden en az beş küçük uzay aracı vardır. Son zamanlara kadar, Voyager I en yüksek hıza sahipti: saniyede 16,5 kilometre (10,3 mil). Motorlarının, bu ekstra hızı üretmesine gerek yoktu; Jüpiter ve Satürn Gezegenleri, işin zor olan kısmını üstleniyordu. Ancak şu anda yeni bir uzay makinesi rekoru eline geçirdi: "New Horizons" saniyede yirmi üç kilometreye çıkan bir hızla Plüton'a doğru yolda.

Dünyadan bir uzay aracı fırlatmak istersek, bunun için kaba kuvvet kullanmamız gerekir; ama gezegenler arası uzaya çıktıktan sonra, ilerlemek için çok daha incelikli yöntemler kullanabiliriz. Bu, ivmenin uzunca bir zaman dilimine yayılabileceği ve alternatif ilerleme tekniklerine ilişkin olasılıkların bulunabileceği daha uzun seyahatler için geçerlidir. Geminin motorunun, yerden fırlatma için ihtiyaç duyulan motor kadar güçlü olmasına gerek yoktur. Sadece çok verimli olmasına ihtiyaç vardır. Buradaki mesele şu şekilde özetlenebilir: Bir uzay gemisinin motorunun ürettiği itme kuvveti iki faktöre dayanır; püskürtücülerinden üflenen gazların ağırlığı ve bu gazlara vermeyi başardığı hızın çarpımı. Kimyasal kuvvetler, üç kilometre/saniyeden çok daha fazla hızlara izin vermez ama yakıt tanklarında taşınan gazların ağırlığı da hızı düşürür. Bu nedenle, bu ağırlıktan kurtulmak isteriz ve itici gazlara üç kilometre/saniyelik kimyasal sınırdan daha yüksek hızlar vermemiz gerekir. Diğer enerji kaynaklarının, tam da bu noktada faydası olması gerekir. Nükleer enerji kesinlikle uygun olacaktır ama itici gazları daha büyük hızlara ivmelendirmek için güneş enerjisinden de faydalanabiliriz. Bu teknoloji, Avrupa uzay projesi *Smart*'ta –ayın etrafını dolanan ve yüzeyini inceleyen küçük bir uzay gemisinde– yürürlükteyken denenmiş ve test edilmiştir.

Güneş enerjisinin dışında, başka alternatifler de vardır. Güneş rüzgârlarının, güneş tarafından yüksek hızlarda yayılan son derece hafif gaz akımının bir uzay aracını sürmek için kullanılabilmesi mümkündür. Fakat gazlar öylesine güç-

süzdür ki son derece hafif bir materyalden yapılmış muazzam yelkenlere ihtiyaç duyulacaktır. Yine de itici güç çok zayıf olacaktır. Güneş tarafından yayılan iyonize parçacıkların ürettiği manyetik alanları da kullanabileceğimize inanıyorum. Süper iletken materyalden yapılmış uzun ve son derece hafif kablolar, manyetik alanların yaydığı elektrik akımlarını taşır. Büyük döngülerde, bu kablolar manyetik akış alanlarının etrafına dolanır ve beraberlerinde bir veya iki uzay aracını çeker.

Bu tür teknolojiler, makul bir zaman dilimi içinde –aylar veya belki de bir yıl ya da ona yakın bir sürede– güneş sistemimizdeki bütün gezegenlere seyahat etmemize imkân tanıyacaktır. Bu teknikler halihazırda araştırılmakta ve test edilmektedir. Bu nedenle, Mars'ın veya Satürn'ün halkalarının (bunlara daha sonra değineceğim) kolonileştirilmesini düşlüyorsanız, kendi adıma bunun mümkün olduğunu söyleyebilirim. Bu, daha önce ortaya koyduğum sınırların dahilindedir veya en azından, mevcut fizik yasaları çerçevesinde bu ulaşım metodu mümkündür.

Güneş sistemimizin geleceğini, bu kitabın daha sonraki bir bölümünde çok daha ayrıntılı olarak ele alacağım. Fakat diğer yıldızların gezegen sistemlerini kolonileştirebilecek miyiz? Bu yıldızlara ulaşmak için gerekli hıza ulaşabilecek miyiz? Bu pek muhtemel görünmüyor. Bize en yakın yıldız, Proxima Centauri yıldızıdır. Bizden 4,3 ışık yılı uzaklıktadır. Işık hızında seyahat edebilseydik, bir başka deyişle saniyede 300.000 kilometrelik bir hıza çıkabilseydik, yolculuk 4,3 yıl sürerdi. Üstelik sözde "göreli etkiler" gerçekleşirdi: Einstein'ın görelilik kuramına göre; yolcu, geride kalanlara oranla daha kısa bir zaman dilimi deneyimlerdi.

Dünyadan radyasyonla bombalayarak, deyim yerindeyse bir uzay aracını hedefine üfleyerek daha yüksek hızlara ulaşma olasılığı hakkında bazı spekülasyonlar yapılmaktadır. Ama bunun makul bir verimlilik düzeyine nasıl ulaşabileceğini bilemiyorum. Bu düşünce çizgisindeki hata şudur: Roket motorunun yakıt tüketiminde korkunç derecede verimsiz olmasından hareketle –sadece kendisini değil, aynı

zamanda yakıtını ivmelendirmesi gerektiği için– dünya üzerindeki yakıtı kullanarak ivme sağlamanın çok daha ekonomik olduğu iddia edilir. Bu muhakeme çizgilerinin her ikisi de doğru değildir. Yakıt olarak kullanılan gazların emisyon hızının kontrol edilebileceğini varsayalım (itici güç olarak ışığın radyasyonunu kullanma olasılığı da dahil olmak üzere). Sonuçta teorik olarak, *bütün* tüketilen enerjiyi faydalı ağırlığın itici gücüne dönüştürmek mümkün hale gelir! Şu şekilde düşünün: Uzay aracı, yakıtını geriye üfleyerek, teorik olarak bu yakıtın nihai hızının aracın kendisinin hızından çok daha düşük olmasını sağlayabilir. Böylelikle, yakıt için kullanılan kütle, uzay aracının yüksek hızını sadece geçici olarak ivmelendirilir. Kullandığımız enerjinin hiçbir kısmı, tüketilen gazlarda kalmaz.

Bu gözlemi tam olarak kullanabilmek için, emisyon hızının uzay aracının hızına yetişmesi gerekir ki bu teknik olarak zordur. Sabit bir emisyon hızına bağlı kalırsak, küçük ama teknik bir hesaplama sonucunda yalnızca iki veya üç faktörlük bir verim kaybı olduğunu görürüz. Bu da fena değildir. Emisyon hızının sabit tutulması gerekirse, optimal emisyon hızının ne olabileceğini kendime sordum ve bunu hesaplamaya çalıştım. Görünüşe göre, optimal yakıt emisyonu hızı, hızda amaçlanan toplam farkın yüzde altmış üçüdür. Bu durumda, yüzde altmış beşlik optimal enerji verimliliğine ulaşılır. Bu aslında çok verimlidir ama pratikte muhakkak ki başka teknik sınırlamalar olacaktır. Argümanlarının işaret ettiği nokta, enerji kullanımı açısından geleneksel roket gemilerin hiç de fena olmadığıdır.

Bir güneşten çok uzaktaki yıldızlar arasında –yıldızlar arası uzayda– güneş enerjisini kullanmak gerçekten zor olacaktır. Yıldızların arasında, bu güneşler sadece zayıf bir biçimde parlar ve bu radyasyon, ihtiyaç duyulan muazzam miktarlardaki enerji için yeterince güçlü değildir. En iyi yöntem, zayıf güneş ışığını yansıtan devasa aynalar konumlandırmak ve güneş ışığını bir enerji kaynağı olarak kullanılabilecek şekilde odaklamak olabilirdi.

Nükleer enerji, çok daha uygulanabilir bir seçenektir. Nükleer enerjili roket motorları, 1950'ler ve 1960'larda tasarlandı, üretildi ve test edildi. 1968 yılının Haziran ayında, nükleer roket motorlarının Kiwi serisinin sonuncusu, dört bin megawat enerji seviyesinde (dört nükleer enerji istasyonuna eşit düzeyde) on iki dakikanın üzerinde çalışabildi. Radyoaktif kirlenmeyle ilişkili problemler yüzünden, bu tür motorlar yalnızca dünyadan çok uzakta çalışan büyük uzay gemileri için kullanılabildiği takdirde faydalı olabilirdi.

Fakat o zaman bile ışık hızına yaklaşabilmemiz mümkün değildir. Atomun çekirdeğindeki enerji, çekirdeği yaklaşık olarak ışık hızının onda biri bir hızla ileriye itebilecektir. Böylece kimyasal yakıtlarda karşılaştığımız problemin aynısı ortaya çıkacaktır: Egzoz hızının bir sınırı vardır ve bu aracın ulaşabileceği nihai hıza bir sınır getirir. Bir kez daha, aynı motorun yolculuğun sonunda uzay aracını yavaşlatması gerektiği problemiyle karşılaşırız. İşte bu nedenle, ışık hızının yalnızca küçük bir yüzdesi olan hızlar, uzay gemileri için hız limitini teşkil edecektir. Fizikçi ve Nobel ödülü sahibi Freeman Dyson, nükleer enerjiyle çalıştırılan bir uzay aracı inşa etmenin yolunu açıklamıştır. Donmuş hidrojen veya döteryum damlacıklarını yakan bir kontrollü füzyon reaktörü kullanılarak, bir uzay gemisi ışık hızının yüzde biri hızda ilerletilebilecektir.

Beklenen problemler büyüktür; türlü türlü ciddi kısıtlamaların olacağını düşünüyorum. Bu kadar yüksek hızlarda, en küçük toz zerresiyle bile yaşanabilecek bir çarpışma ölümcül olacaktır. Güneş sistemimizdeki veya yakınlarındaki toz parçacıklarının yoğunluğunu ve bunun, yıldızlar arası uzay yolculuğunun makul hızını nasıl kısıtlayacağını bilmiyoruz. Limit, saniyede birkaç bin kilometre olabilir.

Uzay yolculuğuyla ilgili dikkat edilmesi gereken bir nokta, büyük hızlara ulaştıktan sonra, hızı azaltmanın da bir o kadar zor olduğudur. Geriye itme hiçbir şekilde söz konusu değildir. Hızı azaltmak için motorların geriye değil ileriye doğru çevrilmesi gerekir ve uzay aracının fırlatıldığı zaman-

kiyle aynı miktarda yakıta ihtiyaç duyulur. Peki ama geriye itilme için kullanılabilecek hiçbir şey yok mudur? Belki de yıldızlar arası manyetik alan kullanılabilir. Bu alan son derece zayıftır ama daha önce sözünü ettiğim süper iletken uçurtma ipi çok kullanışlı olabilir. Bu ipin binlerce kilometre uzunluğundaki bir döngüsü, zayıf manyetik alanı yakalayabilir ve gemimizi yavaşlatabilir. Üstelik bir elektrik akımı da üretilir ve bu enerji, gemide kullanılabilir.

Her neyse, konudan uzaklaşmayalım. Buradan çıkan sonuç, Proxima Centauri'ye yapılacak bir yolculuğun bin yıldan daha uzun sürecek olmasıdır ki bu da çok cazip bir ihtimal değildir. Sadece sahip olduğumuz teknik seçeneklere bakmak istemiyorum; aynı zamanda gerçekçi olmamız gerekir. Bu tür bir yolculuğu yapmak isteyecek ve yapabilecek bir mürettebat çıkacak mıdır? Kendi enerji faturalarını, yıllarca çalıştırılması gerekecek en az bir büyük enerji santralinin faturasını ödemeleri gerekecektir. Elbette geride kalanlar da bu faturayı ödemek istemeyecektir, çünkü bu yolculuktan çok fazla çıkar elde etmeyeceklerdir.

Ama problemler burada bitmiyor. Yolculuk sırasında nasıl hayatta kalınacak? Belki de mürettebat donacak? İnsanların donmasıyla ilgili birçok spekülasyon vardır. Bu hiçbir şekilde tasavvur edilemez –On Sekizinci Bölümde bu konuya daha ayrıntılı değineceğiz– ama bunu başarsak bile hedefimize varınca ne yapacağız? Küçük bir sebze bahçesi oluşturabilecek miyiz? Belki de bir tavuk çiftliği? Neyse, tavukları dert etmeyin. Yıldızlar arası bir yolculuğu tamamlamayı başarsak bile kendimizi tamamen yeni bir bölgede bulmayacağız, tam tersine: Güneş sistemimizdeki bütün olası hedefler halihazırda yeterince keşfedilmiş olacak ve mümkün olabilecek her yerde, bitkiler ve hayvanlar olacak. Nasıl mı? Robotlar aracılığıyla.

Robotlar çok küçük ve sağlam olabilir. Toz parçacıklarıyla çarpışmaların ateşlediği patlamalarla başa çıkmak için çok daha iyi donatılırlar. Üstelik bizden çok daha hızlı seyahat edebilirler. Her halükarda, robotlar insanlardan önce

gidecektir ve sebze bahçelerini oluşturmak için biraz tohum da götürebileceklerinden eminim. Robotları kullanmanın avantajları açıktır. Ancak zeki robotlara ihtiyaç duyulacaktır. On Üçüncü Bölümde bu konuyu ayrıntılandıracağım.

Peki ya diğer öneriler: Uzay-zaman bükülmesi veya adı her neyse, bir solucan deliği, kara delik veya başka bir şey aracılığıyla seyahat mümkün mü? Bu gülünç kavramlar, bilimkurgu romanlarına hayret verici bir kolaylıkla girebilmiştir. Birinci Bölümde dikkat çektiğim gibi, ciddi bilim insanları bile bu saçmalıklarla uğraşmaktadır. Genellikle bir kara delikten, Einstein'ın görelilik teorisine göre başka bir kara deliğe bağlantı yapılabileceğinden ve evrenin uzay ve zaman dokusundan geçen kestirmeler oluşturulabileceğinden söz edilir. Bu, farklı evrenlerdeki kullanışlı bir tünel, bağlantı noktası olacaktır. Aslında bir tür galaktik metro ve uzay yolculuğu için kusursuz bir yöntem.

Sakın bu hayallere kapılmayın. Açık olmak gerekirse, kara delikler büyük bir ihtimalle Samanyolu'muzda bile mevcuttur ve birçoğunun varlığı tespit edilmiştir. Kabaca yapılan hesaplamalar, görünüşe göre, bunların başka evrenlere veya evrenimizin başka parçalarına açılan "solucan delikleri" olduğunu ortaya koyar. Fakat bir kara delik üretmek kolay değildir; doğanın yasaları, bizim bu yasaları bildiğimiz kadarıyla, buna olanak tanımaz. Yeterince büyük bir kara delik oluşturmak için gerekecek olan şey, Standart Temel Parçacıklar Modelinin yasalarıyla hiçbir şekilde uyuşmaz. Bu, en güçlü parçacık hızlandırıcılar ve duyarlı detektörlerle bile hiçbir sapmanın tespit edilemediği bir modeldir.[1]

Şayet bu tür bir kara deliği oluşturmak mümkün olsaydı bile kütleçekimsel kuvvetin etkileri tek başına bütün güneş sistemini altüst ederdi. Çapı sadece üç metre olan bir kara delik oluşturmak için Jüpiter kadar büyük bir kütle gerekirdi. Bu delik yine de çok küçük olurdu; yakınlarına gelen

[1] Kısa bir süre önce gerçekleştirilen nötrino kütlesinin deneysel tespiti, Standart Modele kolaylıkla dahil edilir ve yukarıda söylenenlerle ilgili hiçbir şeyi değiştirmez.

herkes derhal paramparça olurdu. Bir insanın kütleçekimsel gel-git kuvvetleri tarafından parçalara ayrılmadan seyahat edebilmesi için güneşimizden binlerce kat daha ağır olan kara deliklere ihtiyaç duyulurdu. Ayrıca kara delikteyken başka herhangi bir maddeyle karşılaşmayacağınızdan emin olmanız gerekirdi, çünkü tedbirsiz uzay yolcusunun hiçbir şansının olmayacağı ölümcül bir radyasyon ortaya çıkardı. Gökbilimciler, Samanyolunda ve diğer galaksilerde muazzam büyüklükte kara delikler görmüştür ama bunlar kesinlikle ölümcül görünmektedir!

Uzay yolcusunun bir şekilde kendisini radyasyona karşı korumayı başardığını hayal etsek bile bu sadece bir kara delik olacaktır, bir kapısı evrenin diğer ucuna açılan bir solucan deliği olmayacaktır, çünkü kapının modern fiziğe göre imkansız özelliklere sahip materyalden yapılması gerekecektir. İhtiyaç duyulan malzeme mevcut olsa bile bu tür bir kapıyı yapmanın hiçbir yolu olmayacaktır. Olsa bile... Sanırım ne demek istediğimi anlıyorsunuz.

"Sıçrama" konusu her yerde karşımıza çıkmasaydı ve hatta Stephen Hawking ve Lawrence Krauss bile bu konuda ciddi tartışmalar yürütmeseydi, o ilk "böyle olsa bile" ifadesinden sonra bu konuyu kapatırdım. Belirsiz bir ilkeye dayanan uzay sıçramaları, bilimkurgu romanları için eğlenceli olabilir ama ciddi fizikte hiçbir şekilde yer bulmayı hak etmez ve geleceğe dair gerçekçi bir bakışla karıştırılmamalıdır.

O halde gerçekliğe dönelim: Nükleer enerjinin göz ardı edilmemesi gereken bir alternatif vardır. İlkesel olarak –ki şimdilik teknik engelleri bir tarafa bırakıyoruz– şu olasılık vardır: Büyük miktarlarda *anti-madde* üretilebileceğini varsayalım. Bu çok fazla enerjiye mal olacaktır ama yıldızlara seyahatin, hangi metot kullanılırsa kullanılsın çok miktarda enerji tüketilmesine yol açan yüksek hızlarda yapılabileceği göz önünde bulundurulduğunda bu kaçınılmazdır. Biri maddeden, diğeri de karşı-maddeden iki uzay aracı olduğunu düşleyin. Bildiğiniz gibi, madde karşı-maddeyle temas kurar kurmaz, bir yok oluş süreci gerçekleşir ve

toplam kütlenin büyük bir bölümü, kullanılabilir enerjiye dönüştürülür.

Her iki uzay aracı da birbirlerine kendi maddelerinin bir ışınını gönderir ve yokoluş süreci tam olarak doğru noktada, doğru zamanda gerçekleşir. Bu muazzam sıcaklık ve basınç yaratmasının yanı sıra ışık hızına yakın egzoz hızlarına ulaşılmasını sağlar. Karşı-maddeden bir gemiyi nasıl yaratabileceğimiz konusunda hiçbir fikrim yok; ne yazık ki karşı-maddeyi depolayabilmenin bir yolu yoktur, çünkü normal maddeden yapılma her gemi, bununla temas ettiğinde derhal patlayacaktır. Gemiyi inşa etmek için ihtiyaç duyduğumuz araçların da karşı-maddeden yapılması, karşı-madde robotlar tarafından idare edilmesi ve karşı-maddeden yapılan şeylerin, hava da dahil olmak üzere normal maddeden yapılma hiçbir şeyle temas kurmaması gerekir. Korkarım, bu plan sonsuza dek gerçekleştirilemeyecek.[2]

Bu tür bir itme metodunun pratik zorlukları hesaplanamayacak olsa da, nükleer enerjiyle ilişkili sınırlamalar gibi sınırlamaların en azından formal olarak tespit edilmediği söylenebilir. Yıldızlara seyahatin geleneksel metotlar –itici gücü oluşturmak için gaz salan motorların kullanılması– dışındaki metotların uygulanabilir olması pek muhtemel değildir. Ayrıca en yakın yıldızlara bile seyahat etmek, binlerce yıl sürecektir.

Birçok bilimkurgu yazarı bunu kabul edilemez ve hatta gülünç bulur. Bu esasen son iki yüzyılı aşkın bir süredir özellikle fizik alanında biriktirebildiğimiz bilimsel bilgilerin seviyesinin anlaşılamamasından kaynaklanır. Fizikteki yeni radikal gelişmelerin yaşanabileceği doğrudur ama bu alanda şimdiye kadar edindiğimiz bilgiler, insanların evrenimizdeki başka yıldızlara seyahat edebilmesini son derece ihtimal dışı olduğunu gösterir. Burada konuştuğum şeylerin sadece insani sınırlamalar olmadığını; bunların, birçok ki-

[2] Karşı-maddeden yapılma her şeyin, karşı-atomlardan oluşturulması gerekecektir. Bir zamanlar, karşı-maddeden yapılma nesnelerin evrenin başka yerlerinde var olabileceği düşünülmüştü. Bugünlerde bunun çok ihtimal dışı olduğu düşünülüyor.

şinin bize ulaşmak için yolda olduklarına inandığı uzaylılar için de geçerli olduğunu kavramak önemlidir. Teknolojik yetenekler bakımından bizim milyonlarca yıl ilerimizde olsalar bile fiziğin yasaları onlar için de geçerlidir ve muazzam kozmik mesafeleri, yukarıda açıkladığım metotlarla bizden çok daha hızlı bir şekilde kat edebilmeleri büyük ölçüde ihtimal dışıdır.

Sirius'a tek yönlü bir yolculuk için ödenecek para ve bu yolculuğun ölçülemez uzunluğundan kaynaklı göze alınması gereken fedakarlıklar ve mahrumiyetler, insanların bu tür yolculukları muhtemelen hiçbir zaman yapamayacağını gösterir. Bu tür bir yolculuk, hiçbir değer de katmayacaktır, çünkü robotlar çok daha düşük maliyetle bu yolculuklara çıkabilir ve yolculuğun on binlerce yıl sürmesini de umursamaz. Üstelik yeni gezegenleri en az bizim kadar keşfedebilirler. Robotlar bu tür yolculuklar için uzaya gönderilecek mi? Gönderilecekse, neden? Lütfen okumaya devam edin.

Yeni bin yıllık dönemde, Plüton'un yörüngesinin ötesindeki buzla kaplı cüce gezegenler, insanların ulaşabileceği dış sınırlar olacaktır. Buzla kaplı bu gezegenlerde yaşayabilecek miyiz? Kesinlikle. Orada ilgi çekici şeyler bulabilecek miyiz? Belki de. Güneş sistemimizi kolonileştirmeye yönelik birçok heyecan verici beklenti mevcuttur.

On Birinci Bölüm

KOLONİCİLER

1965 yılının Temmuz ayıydı. Ailemin Fransa'nın güneyindeki yazlığındaydım. Uygarlıktan çok uzak bir yerdi ama şimdi olduğu kadar geçmişte de okumayı çok sevdiğim gazete, her sabah kutuya bırakılıyordu. Mars hakkında bir haber bekliyordum ve sonunda gördüm: Kızıl gezegeni ziyaret edecek ilk Amerikan uzay aracı Mariner 4 hedefine ulaşmıştı ve Mars'ın yüzeyinden NASA'nın dünya üzerindeki uzay merkezi olan Jet Propulsion Laboratory'ye (JPL) fotoğraflar gönderiyordu.

Mars'a insansız uzay araçları göndermeye yönelik daha önceki bir Amerikan misyonu ve çeşitli Rus girişimleri başarısızlığa uğramıştı. Mariner 4 toplam yirmi iki fotoğraf çekti. İkisi, elimde tuttuğum gazeteye basılmıştı. Odaklanmış olmamalarına rağmen, gezegenin kraterlerini ayırt edebilmek mümkündü.

Amerikan uzay programı, gerçekten sıçrama yapmıştı. 1969 yılının Temmuz ayında, Apollo 11'in mürettebatı aydaki *Mare Tranquillitatis* bölgesine başarıyla indi ve ay kayalarıyla dolu paketlerle güvenli bir şekilde döndü. Ayın ve diğer gezegenlerin insanlar tarafından kolonileştirilmesi hayalleri, önüne geçilemez hale geldi.

Peki, bu nasıl gelişecek? Önce ayda, daha sonra Mars'ta, Jüpiter ve Satürn gibi daha büyük gezegenlerin aylarında ve hatta asteroitlerde yerleşim bölgeleri mi olacak? Merkür yerleşime müsait mi? İnsanların büyük gaz gezegenlerine ulaşabilmesi mümkün değildir. Bu gezegenlerin atmosferleri çok ağırdır, kütleçekim kuvvetleri çok büyüktür ve katı bir yüzeyi yoktur. Öte yandan ayları, çok az kütleçekimsel güce sahiptir ve birçoğu, kayda değer bir atmosfere sahip değildir.

Son zamanlarda, birçok kişi özellikle Mars'la ilgili olarak "dünyalaştırma" kavramı üzerine spekülasyonlar yapıl-

maktadır. İnsan koloniciler, içinde yaşanabilir bir atmosfer yaratmaya ve gezegenin sıcaklığını makul seviyelere çıkarmaya çalışacaktır; Mars son derece soğuktur. Mars'ta buz formunda su olduğunu artık biliyoruz. Bazı buz katmanlarının, birkaç kilometreden daha kalın olduğu ölçülmüştür! Ancak bu dünyalaştırma için gerekli olan şeyden çok daha az olabilir. Hava ve suyun, muhtemelen başka bir yerden, belki de Mars'a bir veya birkaç küçük buzlu asteroit damlatılarak dışarıdan getirilmesi gerekecektir. (Küçük gezegenlerin yörüngelerini etkileme konusuna, ilerleyen bölümlerde değineceğim.) Güneşe daha uzak mesafede olduğundan dünyadan çok daha az güneş ışığı alan Mars'ta sera gazlarını üretmek için çok miktarda karbondioksite ihtiyaç duyulacaktır.

Bilimkurguyu, bilimsel bir perspektiften tartışacağıma ve uygulanabilirlik, yaşayabilirlik gibi diğer faktörleri daha sonraya bırakacağıma söz vermiştim. Peki öyleyse. Doğanın yasaları, teorik perspektiften dünyalaştırmayı olanaksız kılmaz ama bu çok gerçekçi bir olasılık olarak görülmez. Mars'ta, iklimi etkilemek uzun vadede hayal edilebilir ama ayda dünyalaştırma kesinlikle mümkün değildir. İnsan yapısı bir atmosfer, ayda çok dengesiz olacaktır; zayıf kütleçekim gücü nedeniyle, hava gezegenler arası uzaya yükselecektir.

Bu, düşündüğünüzden daha büyük bir problemdir. Çok uzun zaman alacaktır ama belki de birkaç yüz yıl içinde, yükselen hava gezegenimizin kütleçekim kuvveti nedeniyle nihayetinde dünyaya geri dönecektir. Bu, istenmeyen bir yoğunlaşmaya sebebiyet verecektir. Güçlü camdan devasa kubbeler yapmak ve bunların altında insanların yaşamasına olanak sağlayabilecek bir atmosfer yaratmak çok daha gerçekçidir. Cam endüstrisi elinden gelen her şeyi yapmak durumunda kalacaktır ama bu büyük cam kubbeleri yaratmak için gerekli hammaddeler görünüşe göre ayın yüzeyinde mevcuttur.

Ne var ki başka bir problemle yüzleşmemiz gerekir; radyasyon. Bizi çevreleyen boş uzayda çok miktarda tehlikeli ve zararlı radyasyon vardır. Dünyamızın atmosferi, bizi korur.

Cam kubbeler, bizi sadece yeterince kalın oldukları takdirde koruyabilecektir. Gaz kütleleriyle çevrili donmuş ayların sıcaklıkları öylesine düşüktür ki kendimizi korumak için oradaki buzu bile kullanabiliriz. Kardan adam veya bir eskimo evi yapmaya çalışan herkesin bilebileceği gibi buz, harikulade bir inşaat malzemesidir. Özellikle büyük kubbeler inşa etmek istiyorsak, camın veya buzun çok kalın olması gerekir, çünkü kubbe ne kadar büyükse, altındaki atmosferik basınç da o kadar büyük olacaktır. Kubbeleri kayalar ekleyerek veya daha da iyisi daha güçlü, şeffaf malzeme katmanları kullanarak güçlendirmemiz gerekecektir.

Yeni dünyalardaki ilk koloniciler, altında yaşayacak cam kubbelere sahip olmayacaktır. İlk yerleşim bölgelerinin yerin altında olması gerektiğini düşünüyorum. Hiç radyasyon olmaz, bir atmosfer basıncı kolayca yaratılabilir ama yine de düş kırıklığına uğratıcıdır. Kolonicilerin ilk kubbelerini kendi elleriyle inşa etmesi gerekecektir.

Sadede gelirsek, gökyüzündeki hangi cisimlerden söz ediyoruz? Birçoğu uygun olabilir: Merkür ve Mars gezegenleri, dünyanın ayı, Jüpiter'in ayları (Io, Europa, Ganymedes ve Callisto), Satürn'ün ayları (Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea ve Iapetus), Uranüs'ün ayları (Ariel, Miranda, Umbriel, Titania ve Oberon), Neptün'ün ayı (Triton), cüce gezegenimiz Plüton ve onun ayı Charon ve Ceres, Vesta, Pallas gibi asteroitlerin yanı sıra gezegenler arası uzaydaki daha birçok küçük ay ve asteroit.

Gökteki bütün cisimler aynı ölçüde elverişli değildir. Örneğin Merkür güneşe çok yakındır ve gündüz sıcakları tahammül edilemez boyutlardadır. Uzunca bir süre, Merkür'ün hep aynı tarafının güneşe doğru durduğuna ve bu nedenle diğer tarafının soğuk kaldığına inanılmıştı ama bunun yanlış olduğu ortaya çıktı. Güneş ve dünyanın çok büyük kütleçekim kuvvetlerinin bir sonucu olarak, gezegenimizden görülür hale geldiğinde hep aynı tarafını gösterir. Fakat bir gün, dünyadaki bir günden yüz yetmiş altı kat daha uzun olsa bile Merkür de döner. Yine de Merkür'den söz ediyorum,

çünkü hiç atmosfer olmadığı için daha serin havalar yaratmak teknik olarak mümkün olacaktır.

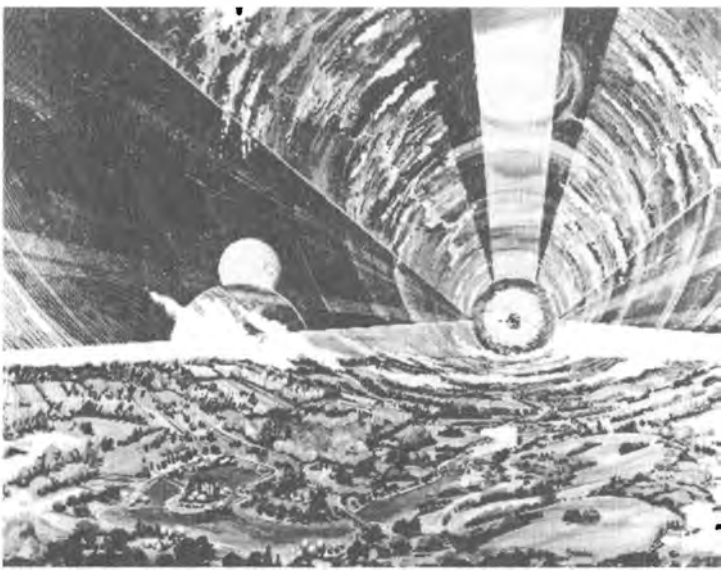
Io gibi diğer seçeneklerde, çok fazla radyasyon vardır. Bu nedenle, kendimizi korumak için çok derinlere inmemiz gerekecektir. Dahası, bir tek büyük volkandan ibarettir. Tortulaşmanın çok fazla kükürt içermesine ek olarak, bu orada hiçbir zaman kendimizi çok da güvende hissedemeyeceğimiz anlamına gelir. Sözünü ettiğim buz kürelerinin birçoğu güneşten o kadar uzaktır ki sadece soğuk olmakla kalmayıp – bu kendi başına bir problem değildir– aynı zamanda çok az güneş enerjisine sahiptir.

1974 yılında, mesleki bir dergi olan *Physics Today*'de Gerard K. O'Neill tarafından kaleme alınmış, birçok kişinin hayal gücüne hitap eden bir makale yayınlanmış. O'Neill, uzayda kendi eksenleri etrafında dönen büyük silindirler formunda kendi dünyalarımızı yaratabileceğimizi savunuyordu. İlk silindir, yaklaşık iki kilometrelik bir çapa ve yaklaşık olarak beş kilometrelik boya sahip olacaktı; en uzun ekseni etrafında dönen bir bira kutusunu gözünüzde canlandırabilirsiniz. Bu döngüsel hareketin sonucunda, orada yaşayanlar bir çamaşır makinesindeki çamaşırlar gibi bu silindirin kavisli iç kısmına doğru baskılanacaktı; bu, dünya üzerindeki kütleçekimi andıran bir kuvvet olacaktı. Üç büyük pencereden güneş ışığı girecekti. Hava ve su olacaktı. Tarım ve hayvancılık yapılabilecekti. Yaşayanlar, tamamen kendi kendine yeterli olacaktı. Bunlar, dünya benzeri iklimlerin yaratıldığı gerçek uzay kolonileri olacaktı. İlk silindirler, dünya ve ay arasındaki yörüngelerde hareket edecekti ama daha sonraki sürümler, gezegenler arası uzayın herhangi bir yerinde olabilecekti. İnşa sırasında kullanılacak bloklar, çok masraflı olacağı için dünyadan değil, aydan, mini gezegenlerden veya yakınlardaki asteroitlerden alınacaktı. Her silindir, on binlerce veya belki de milyonlarca insanı barındırabilecekti.

Meslektaşlarımdan biri, bunun asla işe yaramayacağını iddia etti; döngüsel hareketin ve içerdeki havanın basıncına dayanabilecek hiçbir maddenin var olmadığını savundu ama

ona katılmıyorum. Gövdenin metrelerce kalınlıkta olması gerekecektir ama bu kesinlikle işe yarayabilir.

Bu silindirlerden birinin teorik sınırı, gerçekten hesaplanmıştır. Anlaşıldığı kadarıyla, silindirler on dokuz kilometre uzunluğa erişebilecektir! Bu hesaplamayı gerçekleştirenlerin, ışık kaynağı ve aşırı ısı kaybıyla ilgili problemleri hesaba katıp katmadığından emin değilim. Duvarların çok kalın olması gerekecektir –en azından beş metre ve en dayanıklı çelikten– ve bu da problemlere yol açabilecektir. Kendi adıma, silindirlerin boyunu birkaç kilometreyle sınırlı tutardım. Dünya üzerinde alıştığımızdan biraz daha düşük bir kütleçekimi ve hava basıncını kabul ettiğimiz takdirde, silindirlerin boyunu uzatabiliriz.



Gerard O'Neill'in uzay kolonisinin içinden bir manzara. Şu anda insanlık tarafından bilinmeyen bir inşa malzemesi kullanılacağı düşünülürse, silindirin çok daha küçük olması gerekecektir.

Silindirin içindeki her şey geri dönüştürülecektir; böylece su, hava ve diğer ihtiyaçların yalnızca bir kez getirilmesi ge-

rekecektir. Hemen hiçbir hammadde dünyadan değil, başka yerlerden getirilecektir; zira ulaşım çok pahalı olacaktır. Su ve hidrojen dışındaki birçok ihtiyaç, aydan karşılanabilecektir. Su ve hidrojeniyse buz formundaki asteroitlerden elde edebiliriz; asteroitlerde bolca buz bulunur.

İçinde insanların yaşayabileceği bir uzay silindiri inşa etmek için gereken muazzam miktardaki en güçlü çeliğin gerçekten bulunabileceği önemlidir. Bazı asteroitler, çoğunlukla demir ve nikelden oluşur. Bu tür asteroitlerin en büyüğü olan Psyche, yirmi beş kilometreden daha büyük bir genişliğe sahiptir ama çok uzaktadır. Daha küçük demir ve nikel asteroitler, her yerde bulunabilir; birçok seçeneğimiz olacaktır. Dökümün, uzaydaki fırınlarda gerçekleştirilmesi gerekecektir ama bunun teknik olarak mümkün olup olmadığını zaman gösterecektir.

Bu kolonilerin büyük bir avantajı, sakinlerinin dünyadakine benzer bir kütleçekimi deneyimleyecek olmasıdır; bu onların kendini evinde hissetmesine katkıda bulunacaktır. Muhtemel bir dezavantajsa bu tür bir silindiri inşa etmek için gerekli büyük bütçelerin kolay kolay ayrılamayacak olmasıdır. Belki de seçilen birkaç öncü, nihayetinde, "O'Neill Çarkı" benzeri bir şey ortaya çıkana değin, bir mağara yaratarak küçük bir asteroidi içinde yaşanabilecek bir hale getirebilir ve daha iyi bir habitat yaratmak için de yakınlarındaki asteroitleri kullanabilir.

Geleceğin kolonicilerinin, bunu çok az kütleçekimde veya hiç kütleçekim olmadan yapmak zorunda kalması daha muhtemeldir. Bedenlerinin adapte olması gerekecektir ama bu büyük bir ihtimalle devasa silindirik habitatlar yaratmaktan daha kolay olacaktır. En heyecan verici gelecek senaryosu, elbette gezegenlerin üzerinde, içinde ve yörüngesinde farklı türden kolonilerin barış içinde bir arada yaşayabileceği bir senaryo olacaktır.

Hesaplamalar, uzay kolonilerinin buzla kaplı Plüton'un çok ötesindeki gezegenlerin yörüngesine oturabileceğini gösterir; bunun için bütün kullanılabilir güneş ışığını, ısıyı

ve enerjiyi yakalayan büyük aynalara sahip olmamız yeterlidir. Başka bir yıldıza doğru giderken hiperbolik bir yörünge seçen gözü pek kişiler bile çıkabilir; ama boyutlar nedeniyle, hedeflerine birkaç milyon yıldan daha önce ulaşmaları için gerekli hızlara ulaşamayacaklardır.

Özet olarak, burada açıkladığımız şey, 70'lerde üzerinde durulan bir rüya dünyadır. Ancak o zamanlar düşünülmeyen birçok meselenin olduğunu düşünüyorum. Bunlar geleceğe dair beklentileri ilginç şekilde değiştirebilir. Bunu izleyen birkaç bölümde neyi kastettiğimi anlayacaksınız.

On İkinci Bölüm

KAMERA ROBOTLAR

Birçok gözlemci, son birkaç on yıldır, birçok bilimkurgu yazarının hiç öngöremediği türlü türlü gelişmelerin yaşandığını vurgulamıştır. İnternet bunlara bir örnektir. Bunu öngören sadece birkaç kişi olmuştu. Uzunca bir süre önce, sadece haberleri sunmakla kalmayıp aynı zamanda aldığı bilgiler üzerine yeniden çalışan ve bu bilgileri aktaran bir gazetecinin öyküsünü hatırlıyorum. Böylelikle hiç kimse farkına varmadan kelimenin tam anlamıyla haberi kendisi yapıyordu ve bir sonraki adımda ne olacağını tam olarak kontrol edebiliyordu. Sonradan, dünyadaki bütün bilgisayarlara bağlandığı ve kendisinin de yarı zeki olan çok gelişmiş bir bilgisayara sahip olduğu ortaya çıkıyordu.

Buna karşın, uzaya yolculuk öykülerinin birçoğunda internetten hiç söz edilmez. Bilimkurgu yazarları, herhangi bir sonucu olan her seyahatte, özellikle de uzaya yapılan her önemli yolculukta, dünyanın geri kalanının bu gelişmeleri yakından takip edeceğini ve bunun için de televizyonlarının veya bilgisayar ekranlarının karşısına kilitleneceğini öngöremedi. Açık olan şu ki; bilgi devriminin bize sunacağı her şey, insanlığın uzay macerasının geleceği için belirleyici bir öneme sahip olacaktır.

Daha önce robotlar üzerinde durmuştum. Bugünkü dünyanın durumuna bakın: Robotlar, gezegenleri ve ayları keşfeden en etkili varlıklardır. Bu kitabı yazdığım sırada, adları Opportunity ve Spirit olan iki insansız araç, Mars'ta dolaşıyor. Bize görüntüler gönderiyorlar, analizler gerçekleştiriyorlar ve tamamen uzaktan kontrol ediliyorlar. Daha da önemlisi, Cassini adlı uzay aracı, Satürn'ün çevresindeki yörüngede ve gezegenin, halkalarının ve çevresindeki ayların son derece net sayısız görüntüsünü gönderiyor.

Bu arada, Hollandalı bilim insanı Christian Huygens'in adını taşıyan bir araştırma robotu, Cassini'den ayrıldı ve Satürn'ün en büyük ayı olan Titan'a bağımsız bir biçimde iniş yapmayı başardı. Fakat internet veya başka medya aracılığıyla yakından takip ettiğiniz için bu gelişmeleri zaten biliyor olabilirsiniz. Görünüşe göre, uzayı insanlı uzay gemileri yerine robotları kullanarak keşfetmek çok daha kolay. Bu böyle olmaya devam etmekle kalmayacak, aynı zamanda robotların insanlar karşısındaki avantajları çok hızlı bir şekilde artacak.

Neden tekrar aya gitmeyi istedik? Orada olmanın neye benzediğini görmek için. Robotlar, bunu bizim yaptığımızdan çok daha iyi ve ucuza yapabilir. Seyahat edebilirler, hemen her türlü ortama adapte olabilirler, spektrumun bütün renklerinde gözlemler yapabilirler, dinleyebilir ve ölçebilirler. O zaman biz insanlar neden gidelim?

Lafı dolandırmadan söyleyelim, bu sorunun tek bir gerçek yanıtı var; yayılmacılık hedefi. Orayı fethetmek, uzak dünyaların kontrolünü ele geçirmek ve orada olmanın, atmosferi içine çekmenin nasıl bir şey olduğunu kendimiz deneyimlemek istiyoruz. Masraflar çok daha yüksek olsa bile bunu istiyoruz, çünkü bunu yapabiliriz. Başka gezegenlerde ve uzayın kendisinde dünyaya özgü, biyolojik hayatı –özellikle de insan hayatını– kurmak istiyoruz. Belki de fiziksel olarak uzak yerlerde bulunmayı istememiz için başka gerekçelerimiz olacaktır; örneğin siyasi veya adli nedenler. Belki de mülkiyet hakları için bunu isteyeceğiz. Daha sonra, askeri nedenlerimiz olacak. Muhtemelen, askeriye uzayda gözetleme noktaları oluşturulması için ısrarcı olacak.

Bu arada, robotlar bu görevleri insanlardan beklenen bu görevleri yerine getirir ve daha iyi bir iş çıkarır. Fakat mevcut robotlarımız zeki değildir, bu da onları yavaş ve dayanıksız kılar. Mars araçları Opportunity ve Spirit, çok yavaş hareket edebilmektedir, çünkü sürücüler dünya üzerindedir. Göreli konumlarına bağlı olarak, sinyaller sekiz ila kırk dakika arasında gidip gelebilmektedir. Yönlendirme komutları-

mıza verilen reaksiyonları gözlemleyebilmemiz için de aynı miktarda süre geçmesi gerekmektedir.

Bir sürü şey, yolunda gitmeyebilir ve gitmez. Yine de şimdiden çok fazla ilerlemeye imza attık ve her türlü küçük aksaklık giderilebilir. Elektronik zeka alanındaki mevcut yeteneklerimiz, bu koşulları nasıl idare edebildiğimize göre test edilir ama bu aynı zamanda göz kamaştırıcı ilerlemelerin hayal edilebildiği bir alandır. Gelecek misyonlara, çok daha zeki bilgisayarlar eşlik edecektir ve uzak konumlarda koloniler oluşturan ilk öncüler, insanlar değil robotlar olabilir.

Mars'a insan göndermekle ilgili planlar zaten mevcut değil mi? Yaklaşık bir yıl kadar orada kalabilirler ama ne yazık ki daha sonra eve dönmeleri gerekecektir. Korkarım, bu tür teşebbüsler, şaşalı Amerikan Ay Programı gibi son bulacaktır. Son otuz yılda hiç kimse ayı ziyaret etmedi. Şu anda hiç kimse orada değil. Ayı daha kalıcı bir şekilde kolonileştirmenin heyecanı dindi. Mars'a yolculuk ve geçici olarak orada kalmak, Ay Programından çok daha pahalı olacaktır. Belki de ilk görevi, ikincisi ve hatta üçüncüsü izleyecektir ama o zaman da para ve heyecan kesinlikle tükenecektir. Kalıcı kolonileştirmeye hiçbir şekilde ilgi duyulmayacaktır. Tıpkı ay macerasında olduğu gibi, yayılınacı arzularımız hafifleyecektir.

Korkarım, Mars'ın kalıcı kolonileştirmesi, gerçeğe dönüşmekten çok uzak. Mars'a vaktinden önce yapılacak bir insani ziyaret yerine, öncelikle uzayda bir insan kolonisinin mümkün olup olmadığının belirlenmesi daha iyi olacaktır. Ay, nihai deneme tahtasıdır. İlk önce ayda kalıcı bir koloni kurmayı denememiz gerekmez mi? Hem eşsiz bir deneyim kazanırız, hem de aydan oraya gitmek, dünyadan gitmeye oranla çok daha az enerji gerektirir: yirmi faktör daha az! Böylece gelecekteki ay sakinleri, Mars'ı başarılı bir şekilde kolonileştirmek için dünyadakilere veya başka bir gökyüzü cismindekilere oranla çok daha iyi bir konumda olacaktır.

Peki ama ilk koloniciler ayda yaşamlarını nasıl sürdürecek? Hem yeterli sayıda gönüllünün olacağını, hem de geride

kalanların bu yolculuğu yapmanın ve orada kalmanın son derece yüklü faturasını ödemeye istekli olacağını varsayalım. Zira öncülerin *gerçekten* kendi kendine yetebilir hale gelmesi epeyce zaman alacaktır ama gerçek kolonileşme budur.

Bu koloniciler, ihtiyaç duydukları enerjiyi ve de havayı, suyu, gıdayı ve güvenliği nasıl elde edecek? Koloni büyümeye başladığında yeni evlerini nasıl genişletecekler? Bu gerçekten de hayal edilebilir mi? Birçok bilimkurgu yazarının öngöremediği internet adlı yeni icat, tam da bu noktada mümkün olabilecek en iyi şekilde kullanılmalıdır. Bunun için çok fazla olasılık mevcut olmalıdır.

Ara sıra, gelecekteki ay kolonilerinin turizm nedeniyle varlığını sürdürebileceği hakkında spekülasyonlar yapılmaktadır. Ay oteline turlar düzenlenecektir; tatilciler spor yapabilecek, etrafta dolaşabilecek ve gezintiler yapabilecektir. Belki de belirli tıbbi belirtilere sahip kişiler, kütleçekiminin dünyadakinden çok daha az olduğu aya seyahat edecektir. Bu kişiler, kolonin genişlemesi için gereken parayı tedarik etmek zorunda kalacaktır.

Benim önereceğim proje, çok kısa vadede kendi masraflarını karşılayabilecektir. Bu, dünya üzerinde internet kullanan herkese belirli bir fayda sağlanarak mümkün olabilecektir. NASA veya ESA gibi uzay seyahati organizasyonları –bir özel organizasyon da mümkün olabildiğince çok hükümet desteği alarak bunu başarabilir– aya tek yönlü birkaç yolculuk başlatacaktır. Gemideki en önemli yolcular, insan değil robot olacaktır. Henüz zeki robotlar yapamadığımıza göre bunlar zeki robotlar olmayacaktır. Opportunity ve Spirit'in daha küçük versiyonları olacaktır; bir başka deyişle, robot elleri ve aletlerle donatılan küçük makineler olacaktır. Her biri birer süslü web kamera tipi, kameralarla donatılacaktır. Bu nedenle onlara *kambot (kamera-robot)* adını vermeyi öneriyorum. Bu "yolcuların" yanı sıra, ilk misyon bir de elektrik jeneratörü taşıyacaktır. Bu jeneratörün uzunca bir süre çalışacak cinsten olması gerekecektir. Belki de küçük

bir nükleer reaktör bile olabilir. Bu, robotlara gerekli yakıtı sağlayacaktır. Dahası, birazdan ele alacağımız nedenlerden ötürü, küçük bir kazma makinesi ve son derece güçlü bir iletişim kanalına ihtiyaç duyulacaktır.

Bu söylenenler için gerekli teknik uzmanlık, zaten mevcuttur ve yeterince test edilmiştir. Dolayısıyla şimdiye kadar önerdiğim hiçbir şey, kısa bir zaman diliminde gerçekleştirilemeyecek şeyler değildir. Fakat yeni olan yanı şudur: Bu kambotlar, dünya üzerindeki internet kullanıcılarına *kiralanacaktır*. İnternet kullanıcıları, bunu yarım saatliğine, bir günlüğüne veya bir aylığına, diledikleri uzunlukta kiralayabilecektir. Bu süre, sadece kullanıcıların mali kaynaklarına bağlı olarak değişecektir, çünkü kiralama ücreti düşük olmayacaktır. Robotların kasten veya kazara çarpılmasının, kendi kendine veya başka nesnelere zarar vermesinin önüne geçmek için yüklü bir depozit ödenmesi gerekecektir. Kambotlara tamiri imkansız bir hasar verilmesini engellemek için yazılım sunulacaktır; simülasyon programları ve manevra kolları üzerine verilecek eğitimle, kullanıcıların bir kambotu kontrol etmek için pratik yapması sağlanacaktır. Bu kesinlikle tavsiye edilir ve belki de herhangi birinin kiralama işlemini yapabilmesi için, sürücü dersleri alması ve bir testten geçirilmesi zorunlu kılınabilir. Bilgisayarınızın karşısındaki rahat koltuğunuzdan bir kambotu kontrol etmek hiç de kolay değildir, çünkü sinyalin aya gidip gelmesi yaklaşık üç saniye alacaktır. Komutlarınızın etkileri de yalnızca komut verildikten üç saniye sonra görülebilecektir.

Bir bilgisayar ekranı, kambot tarafından çekilen görüntüleri ve robotun ellerini gösterecektir. Kambot, ayın her bölgesinde sürülecektir ve kayalar toplayabilecektir; ama sürücü, kambotun bataryasının dolu olmasını sağlamakla yükümlü olacaktır. Elbette bir kablo aracılığıyla ana enerji sağlayıcıya bağlı olan bir kambot da kiralanabilecektir ve bu durumda, sürücünün kambotu yeniden şarj etme gibi bir endişesi olmayacaktır.

Kambotlar, eylemlerinin etki alanına göre ay üzerinde kendi bölgelerine sahip olacaktır –başlangıçta bu oran yüz metre olabilir– ve kambotlar arasında her türlü oyun geliştirilebilecektir. Belki de kambot hentbolü oynanabilecektir. Bu, Harry Potter'ın quidditch oyunu kadar heyecan verici olmayabilir ama oyuncuların epey el becerisi göstermesini gerektirecektir.

Kambotlarla yapılan bu tür gezintiler ve oynanan oyunlar, sürücülerin belirli görevler üstlenmemesi durumunda hızla sıkıcı hale gelecektir. Ne de olsa kambot kolonimizi genişletmek ve kusursuz hale getirmek istiyoruz. Öncelikle, kambotlar için yollar inşa edilecektir, böylelikle gelecekte ay yüzeyinde daha rahat gezintiler yapılabilecektir. Yol kenarlarına şarj istasyonları kurulacaktır ve endüstriyel etkinliğin gerçekleştirilmesi gerekecektir. Hammadde toplamak ve işlemek istediğimize göre, bunun için fabrikalara ihtiyaç duyulacaktır. Yerleşim yerlerimiz için pencereler üretmek amacıyla bir cam fabrikasına, büyük bir enerji sağlayıcıya ve uzun vadede bir kambot fabrikasına ihtiyaç duyulacaktır. Elbette nihai hedef, ilk kambotların yaşadığı alanın insan yerleşimi için uygun hale getirilmesidir. Bir başka deyişle, kambotların görevi konforlu bir ay oteli yaratmak olacaktır.

Sonuç olarak, kambot sürücüleri işverenler olarak kullanılacaktır ve bu hizmet karşılığında ücret ödeyecektir. Kambotları iyi bir şekilde sürebilenler, ilk başta ödediği kirayı geri kazanabilecek veya hatta bundan kar edebilecektir. Belki de bazı kambotlar, yalnızca ay otelinin ilk misafirleri ulaştığı zaman geri ödenecek kredilerle yetinmesi gerekecektir ama ne tür mali anlaşmaların yapılabileceğinden emin değilim. Mali konularda çok fazla bilgi sahibi değilim. Bu proje, büyük ölçüde kambot sürücülerinin heyecanını ve çabasını temel alacaktır. Bunda beni umutlandıran nokta, projenin politikacılara ve bürokrasiye daha az bağımlı olması, asıl olarak genel kamuoyunun çabalarını ve yaratıcılığını temel almasıdır. Ayrıca bolca parası olan uzay tutkunlarını bir araya getiren güçlü bir Amerikan organizasyonu olan Gezegenler Birliği (Planetary

Society) gibi organizasyonlar mevcuttur. Onların bu tür bir girişimi canı yürekten destekleyeceğini ve aktif bir planlayıcı rolü üstlenmek isteyeceğini düşünüyorum.

Hava geçirmez yapılar için yeterli cam üretilir üretilmez; tohumlar, tavuklar, yumurtalar ve balıklar götürülecektir. Böylece tarım ve hayvancılık başlayacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta şudur: Tarım ve hayvancılık kolay olmayacaktır ve çok fazla uzmanlık gerektirecektir. Dünyanın dört bir yanındaki internet kullanıcıları, hiç şüphesiz muazzam ölçülerde bilgiye ve yaratıcılığa sahip olacaktır. Bunu hesaba katıyorum. İlk adımlar, muhakkak ki deneme yanılma yöntemine dayalı olacaktır ama insanın beceresi galip gelecektir. Kolombiya'daki savanı bir yağmur ormanına dönüştüren biyokimyacıları düşünüyorum. Bu büyük başarıları, ayda tarım ve hayvancılığın başarıya ulaşması için gereken beceri tarafından gölgede bırakılabilir.

Gerekli çözümleri sağlamak için interneti hesaba katıyorum. Kambot sürücüleri, birbirleriyle sürekli temas halinde olacaktır ve üçüncü kişilerden yardım alabilecektir. Sayısız site ve sohbet odası, çok popüler ve faydalı hale gelecektir ama sayısız şarlatan, çılgın ve gerçekdışı fikirlere kapılmış insanlar da çıkacaktır. Ciddi çalışanların, güvenli iletişim kanallarını kullanabilmesi ve en önemli bilgi veri tabanları ve web sitelerinin, uzmanlar tarafından korunması gerekecektir.

Peki ama bu operasyonu yönetmek için neden profesyonel bir uzay organizasyonunu görevlendirelim? Neden deneyimsiz kişilerin düğmelere basmasına izin vererek bu kadar risk alalım? Bu itirazlara rağmen, bu vizyonu savunmamın nedeni, yapılacak en iyi şeyin projemize sürekli olarak global politik destek sağlamak olmasıdır. Elbette işler yolunda gitmeyecektir ama tamirat gerekirse, bunu karşılamak için yeterli fon olacaktır. Belki de bu, şimdiye kadar resmi kurumların ayrıcalığında olan işleri özel kuruluşlara teslim etmenin bir yolu olacaktır.

Ne mutlu ki bu tür özel inisiyatiflerin zaten mevcut olduğunu duydum. "Astrobotic" robotlar tasarlayan ve imal

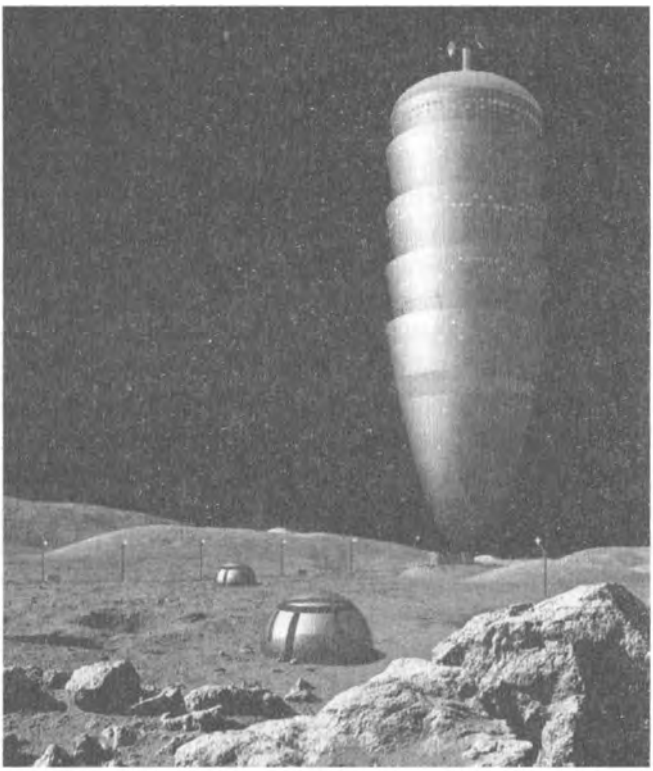
eden bir şirket. Aynı zamanda, robotlarını aya göndermeyi amaçlıyorlar. Google, ayda beş yüz metreden daha uzun bir mesafe robot sürebilen ilk kişi için "Lunar X Prize" adı altında otuz milyon dolarlık bir ödül koydu. Astrobotic şirketi, bu ödülü almayı ve bu şekilde devam etmeyi planlıyor. Robotları, Apollo 11'in iniş alanını yeniden ziyaret edecek. Kamuoyu, "Tranquility Trek" adını taşıyan bu yolculuğu yüksek çözünürlük kalitesiyle izleyebilecek ve yayınlanan broşüründe vaat edildiği şekliyle, "Ay macerasını Neil Armstrong ve Buzz Aldrin kadar net deneyimleyebilecek."

Bir başka ilginç gelir kaynağı daha duydum. Dünyadan aya malzeme göndermenin masrafı, kilogram başına birkaç milyon dolar olacaktır. Bu da demek oluyor ki yaklaşık altı bin dolar karşılığında hayatını kaybeden bir yakınınızın birkaç gram olan küllerinin ayda savrulmasını organize edebileceksiniz. Küllerin savrulmasını, yüksek çözünürlüklü bir video görüntüsü olarak evinizden takip edebileceksiniz. Bu, söz konusu girişimlerin başarıya ulaşmasına yardımcı olabilecek yaratıcı fikirlerden yalnızca biridir.

İşler benim düşündüğüm gibi giderse, birçok televizyon kanalı ve başka medya kuruluşları pastadan pay kapmak isteyecektir. Muhtemelen, zengin sanayiciler kambotlara ve projenin diğer unsurlarına sponsor olmaya hazırlanacaktır. Başarılar arttıkça, harcanan para da artacaktır ve bütün projenin mali açıdan yürütülmesi kolaylaşacaktır. Korkarım, ay otelinin ilk misafirleri ve daha sonraki birçok misafir, mahremiyetlerinden ödün vermek zorunda kalacaktır; bu, genel çıkarlar için olacaktır ama yine de bir ödün olacaktır. Buna uygun olarak, *Big Brother* gibi realite şovları yeni bir gözle izlemeye başladım.

İlk ay oteli, hem pratik nedenler hem de güvenlikle ilgili nedenler yüzünden büyük ölçüde yerin altında olacaktır. İlk misafirlerin çabucak canının sıkılması ve eve dönmek istemesi muhtemeldir ama koloni ve etkinlikler geliştikçe, çok daha uzun süre kalmak isteyeceklerdir. Tesisler zaman içerisinde gelecektir ve aydaki kütleçekim, dünyadakinden daha az olduğundan, fantastik sporlar icat edilecektir. Kambotları aydaki

otelden kontrol etmek, dünyadan kontrol etmekten daha kolay olacaktır; zira her komut için üç saniye gecikme yaşanmayacaktır. Daha çok sayıda insan aya gittikçe, dünya üzerindeki kambot sürücülerine yavaşça ama kesin bir şekilde üstünlük sağlayacaklardır; en azından bu şekilde olması gerekir. Ay kolonisi, daha sonra kendi başına gelişebilecektir. Bu noktaya ulaşmak şüphesiz yıllar alacaktır ama bir kez başladıktan sonra, koloni tıpkı isilik gibi ayın yüzeyine yayılacaktır.



Aydaki bir otel. Ay üzerinde, dünyadaki kütleçekime sahip tek yer olacaktır. Çapı yüz yirmi beş metre olan otel, kendi ekseni etrafında dakikada dört tur atacaktır. Parabolik duvarın içinde yürümek, düşey olarak ayakta durmak gibi bir his verecektir. Eksenden uzaklaşıldıkça, kütleçekim artacaktır ve dünyadakiyle aynı seviyeye ulaşacaktır. Biraz alışılmadık olmakla birlikte, çok konforlu olacaktır. Resmin ön tarafındaki daha küçük çadırlar, daha önceki yerleşimciler tarafından inşa edilmiştir.

Ay kolonimiz başarıyla kurulduktan sonra, dikkatlerimizi Mars'a çevirebiliriz. Ayı kolonileştirirken bolca deneyim elde ettiğimize göre, aynı şeyi Mars'ta da deneyebiliriz. Ancak bu çok daha zor olacaktır. Komutlar ve kambotların reaksiyonu arasındaki gecikme, ortalama yirmi dakika olacaktır. Buna ilişkin bir çözüm geliştirmemiz gerekecektir.

Bilgi teknolojimiz, kararlı bir hızla ilerlemeye devam ediyor ve iletişimdeki gecikmenin etkilerini azaltabilmemiz için türlü türlü yazılımlar bize yardımcı olacaktır. Kambotlarımız daha da zeki olacaktır: İnsan zekasına henüz ulaşamamış olsalar da gittikçe daha çok bağımsız hale geleceklerdir. Düşen bir kambot, tekerlekleri –veya ayakları– üzerinde dikilmek için dünyadan komut beklemek zorunda kalmayacaktır. Ayrıca kendi şarj soketlerini kendi başlarına yerleştirebileceklerdir. Böylece Mars üzerindeki işlerine başlayabilecektir.

Yakın zamanda, Mars'a giden ziyaretçileri göremeyeceğiz. Aydaki ilk kalıcı kolonicilerin, kendi göç deneyimleri hakkında bize neler anlatacağını henüz bilmiyoruz. Potansiyel Mars maceralarının, kızıl gezegene tek yönlü bir yolculuk yapmak için mi, yoksa çok daha pahalı olan dönüş biletini rezerve ettirmek için mi ilham kaynağı olacağını da bilmiyoruz. Mars'a aydan yolculuk yapmak, ayda kütleçekim daha az olduğu için çok daha kolay ve ucuz olacaktır. Bu, aydaki kolonicilerin Mars'ın kolonileştirilmesinde temel bir rol üstleneceği anlamına gelir.

Umuyorum ki uzayın fethedilmesinde kambotların merkezi rolü nedeniyle, oyuncak üreticileri kambotların basit versiyonlarını pazara sunacaktır. Elbette bu oyuncak kambotlar, aya hiç çıkmayacaktır ama onları kontrol etmek için pratik yapabilmemiz mümkündür. Ayrıca kambot hentbolunun kurallarını şimdiden tasarlayabiliriz!

On Üçüncü Bölüm

NEUMANNBOT'LAR

Çoğaltıcı robotlar yaratma fikri, eskidir. Matematikçi John von Neumann, 1957 yılında ölmeden hemen önce kaleme aldığı yazısında, kendi kendine çoğalan robotların var olabileceğinin matematiksel olarak kanıtlanabileceğini ileri sürmüştü.

Mevcut bilgilerimize dayalı olarak, bu tür robotların gerçekten var olduğu kolayca gösterilebilir; her canlı organizma bunun bir kanıtıdır, zira kendi kendine çoğalır. Bu, evrenimizin en hayret uyandırıcı özelliklerinden biridir: Son derece karmaşık olan uzun bir işlemler dizisinin ardından, çoğalabilen varlıklar ortaya çıkmıştır ama bununla da sınırlı değildir. Çoğalma kapasitesine sahip olmanın yanı sıra bu ürünlerinde küçük değişiklikler de yapabilirler. Bu değişikliklere "mutasyon" diyoruz ve dünya üzerindeki hayatın uzun tarihinde, bu mutasyonlar yeni kuşakların değişen koşullara adapte olabilmesini ve nihayetinde bir önceki kuşağın yerini alabilmesine imkân tanımıştır.

Çoğalabilen robotlar üzerine konuşurken, yeryüzündeki hayatın bu parlak örneklerini aklımızda bulundururuz; ama hayat buna özgü belirli tehlikeler olduğunu da gösterir. "Hayat" olarak adlandırabileceğimiz kendi kendine çoğalabilen robotlar, kendilerini her ne pahasına olursa olsun çoğaltmaya kararlı bir şekilde programlanır. Bu, robotlar arasında ciddi bir rekabete yol açar ve daha sonra da zorlu ve nahoş savaşlar üretir. İnsanlığın kendisinden daha sinsi olabilecek ve kendi varlığımız için bir tehdit teşkil edebilecek yeni ve daha agresif bir yaşam formu yaratmak, kesinlikle çıkarınıza değildir. Neumann tarafından öngörülen türden robotlar yapmak, risksiz olmayacaktır. Bilimkurgu yazarları, bu temayı işleyen heyecan verici öykülerin nasıl yazılabileceğini iyi bilirler.

Yaşayan ve çoğalan varlıkların, neden diğer varlıklarla sürekli bir ölüm kalım mücadelesi yürüttüğünü biyologlara sorabiliriz. Görünüşe göre, bunun çoğalmayla ilgili bilgilerin bireyden bireye nasıl aktarıldığıyla bir ilgisi vardır: Bu bilgiler genler yoluyla aktarılır. Her birey, eksiksiz bir gen takımına sahiptir ve bu genler, varlıkların nasıl çoğalacağını belirler.

Richard Dawkins, bu konu hakkında çok bilgilidir ve görüşlerini *Gen Bencildir* (*The Selfish Gene*) adındaki kitabında ayrıntılı olarak açıklamıştır. Genler, üreme sırasında çoğalan kromozomların parçalarıdır. Belirli bir gende saklanan bilgi ne kadar "kıymetli" ise, başarıyla çoğaltılan bu genlerin sayısı da o kadar artar. Bu, biyolojik bir yasadır ve genin içerdiği veya tetiklediği davranış veya karakteristik ne olursa olsun, bu yasa geçerlidir. Dawkins'in kitabındaki temel mesaj şudur: Canlı varlıkların davranışı, genetik bilgilerin atadan oğula ne şekilde aktarıldığının bir sonucudur. Robotların, çoğalırken benzer bir biçimde genetik bilgilerini aktarmasına izin verinemiz mümkün olsaydı, uzunca bir evrim sürecinin ardından, aynı biyolojik kurallara uymaya ve bir şekilde insanlar gibi davranmaya başlarlardı.

Robotlarımızın vahşileşmesini kesinlikle istemeyiz. Süreci iyi yönetebilirsek, bunun gerçekleşmesini önleyebiliriz. Dawkins'in kitaplarını dikkatlice okuyanlar, bunu sağlamak için nelerin yapılması gerektiğini zaten öğrenmiş olabilir. Robotların mutasyona uğrayan genlerle donatılmasına asla izin vermemeliyiz; bu çok tehlikeli olabilir. Robotlar, sürekli birbiriyle temas halinde olan ve bilgi alışverişinde bulunan dış bilgisayarlar tarafından kontrol edilmelidir. Bilgisayarları yakından izleyerek bu bilgi alışverişinin devamlılığını sağlarsak, robotlar bir karınca yuvasındaki karıncalar gibi davranacaktır. Dawkins'in teorilerine tamamen uygun biçimde, hepsi biyolojik olarak birbiriyle ilişkili olacaktır ve sadece işbirliğiyle ilgilenecektir.

Nasıl olursa olsun, kendi kendine çoğalan robotları "neumannbot"lar olarak adlandıralım. Neumannbotlar zeki

olsa da, işlem bilgileri büyük merkezi bilgisayarlarda depolanır. Nihayetinde, neumannbotlar, gezegenler arası uzay kolonileştirilirken kambotların yerini alacaktır. Kambotları kullanırken, önemli görevlerin nasıl gerçekleştirileceğini öğrenmiş olacağız; ama kambotların aksine, neumannbotlar bu görevleri kendi başına gerçekleştirebilecektir. Neumannbotların bir avantajı, biri tarafından öğrenilen faydalı bilgilerin derhal diğerlerine aktarılabilmesidir. Ancak "çıldıran genlerin" yaratabileceği tehlikeler yüzünden, bunun dünya üzerindeki ana kontrol merkezinden yetkilendirilmeden hiçbir şekilde gerçekleşmemesi gerekir.

İki önemli teknik gereksinim henüz karşılanmamıştır ve bunlar, neumannbotların geliştirilmesinin önünde bir engel teşkil eder:

- Geniş kapsamlı yapay zeka ihtiyacı.

Bu tür bir zekayı, parmaklarımızı şaklatarak üretmek kesinlikle olası değildir. Kambotlar, gelişecek ve ilerleyecektir ama ilk modeller bağımsız olarak çalışabilecek zekanın yakınına bile ulaşamayacaktır. Kambot ordumuzun, uzunca bir öğrenme sürecinden geçmesi gerekecektir ama daha çok deneyim edindikçe, daha bağımsız hale geleceklerdir.

- Bütün hammaddeleri tanımlamaları, toplamaları ve dönüştürmeleri gerekeceği göz önünde bulundurulursa, tüm gerekli parçaları üretebilme yeteneği.

Hassas elektronik bileşenlerin –gelişmiş nanoteknolojiye dayalı tespit yöntemleri ve çipler– öngörülebilir gelecek için dünya üzerindeki insanlar tarafından üretilmesi gerekecektir. Çünkü küçük robotların, yakın bir gelecekte elektronik bileşenleri üretmek için gerekli olan inanılmaz karmaşık tekniklere hakim olabileceğini düşünmüyorum. Buna karşın, neumannbotların çok minyatür boyutlardaki özel amaçlı paketleri kullanarak entegre devreleri ve diğer elektronik bileşenleri üretmeyi en sonunda başaracağı hayal edilebilir.

Neumannbotlar, insanlardan aldıkları komutlara göre hareket eden kambotlardan çok daha hızlı şekilde koloniler inşa edebilecektir. Dünya ve kambotların bulunduğu yer arasındaki mesafeden kaynaklanan gecikmeler yaşanmayacağı için, neumannbotlar uzayda çok daha uzaklara gönderilebilecektir.

Oluşturduğumuz her kolonide insanlar için uygun şartları yaratmaya çalışmamızın bir anlamının olacağından şüpheliyim. Kambotlar ve neumannbotlar, insanların kolay kolay erişemeyeceği yerlere erişebilecektir: Merkür ve Venüs gibi çok sıcak yerlere, Titan gibi çok soğuk yerlere veya Io gibi çok tehlikeli yerlere gidebilmeleri mümkün olacaktır. Ayrıca radyasyon veya başka engelleyici faktörler de olacaktır. Özel olarak adapte edilmiş neumannbotlar, insanların hiçbir şansının olmadığı ortamlarla başa çıkabilecektir.

Başka bir avantaj daha vardır: Geleceğin robotları –hepsinin neumannbot olması gerekmez– kendi yerleşkelerinden görüntüleri ve izlenimleri, halihazırda kullandığımız ilkel uzay araçlarına oranla çok daha ayrıntılı bir şekilde insanlara gönderebilecektir. İletişim teknolojisi, o tarihte o kadar çok devrim yaşayacaktır ki dünyaya muazzam miktarda ayrıntılı görüntüyü ve gerekli olan bilgiyi gönderilecektir. Sanal gerçeklik oturumları sırasında, kendi rahat ve güvenli yaşam ortamımızdan robotların maceralarını deneyimleyeceğiz.

İnsanlığın büyük bir çoğunluğu, uzay maceralarını başka şekilde deneyimleyemeyecektir. Çoğu kişinin, bulunduğumuz yerden dolayı çok mutlu olacağını düşünüyorum: Sanal olarak bir robotun omzuna konup onların neler hissettiğini deneyimleyeceğiz ve çok fazla çaba sarf etmemiz gerekmeden, kendimizi gezegenler arası uzayın derinliklerinde düşleyebileceğiz. Robotların gördüğü şey gerçek olacaktır ve bizim gördüklerimiz de gerçek olacaktır: Bundan zevk alacağız.

Neumannbotların koloniler kurabileceği bütün gezegenleri, ayları ve asteroitleri sıralamıştım ve bu gezegenlerin birçoğu, insanlar için erişilebilir olacaktır. Ancak çok özel

bir konumdan henüz söz etmedim. Bu kitabı yazdığım sırada, Amerikan robotu Cassini, Satürn adı verilen muhteşem gezegenin etrafında dolanarak güzel bir yolculuk yapıyor. Çevresinde kusursuz bir güzelliğe ve cazibeye sahip onlarca küçük ay olacaktır. Peki ya halkalar?

Satürn'ün halkaları, değişik boyutlarda taşlardan oluşur; bunlar küçük çakıllar da olabilir, çapı birkaç metre olan kayalar da. Bunlar çoğunlukla buzdan oluşur ve güzel motiflerle düzenlenir. Bunların kökeninde, büyük gezegene fazla yakın geçen bir veya birkaç küçük gökyüzü cismi olabilir. Gezegen, büyük kütleçekimiyle bunları kendine çekmiş olabilir. Kayalar arasındaki çarpışmaların bir sonucu olarak, bazıları toz haline gelmiştir ve diğer ayların ve gezegenin etkisi altında, enkazın biriktiği yörüngeler, gezegen boyunca "izin verilen" ve "izin verilmeyen" akışlara bölünmüştür.

"İzin verilen" yörüngeler, şu anda gördüğümüz göz alıcı daireleri oluşturur. Daireler arasındaki daha koyu alanlar, neredeyse hiç artık bulunmayan "izin verilmeyen" yörüngelerdir. Cassini, "izin verilen" yörüngelerin yalnızca birkaç kilometre genişlikte olduğunu gösterir. Bu, kayaların ideal konumlarından birkaç kilometreden daha fazla ayrılmak istemediği anlamına gelir. Bazı bilim insanları, bu halkaların yalnızca birkaç metre kalınlığında olduğunu tahmin etmiştir. Gezegenin etrafında tam bir daire çizmek, birkaç saat ve yarım gün arasında değişen bir zaman alır. Hepsinin bu dönüşler sırasında ideal yörüngelerine çok yakın kalması, kayaların yalnızca marjinal göreli hızlarda, belki de saatte birkaç metreyi geçmeyen hızlarda çarpıştığı anlamına gelir. Bu çok yavaştır! Bir uzay gemisi bu kayalar arasında kolayca dolaşabilir ve çarpışmalar herhangi bir yapısal hasara neden olmaz; bir koloni oluşturmak bile mümkün olabilir!

Bir robot kolonisiyle başlayalım. Satürn'ün halkaları arasındaki bir konumun avantajı, kütleçekimin bulunmaması ve aynı zamanda yapım için kullanılabilecek hammaddelerin bol olmasıdır. Ancak radyasyondan emin değilim. Bir yerlerde, halkaları oluşturan madde, iyonize olan parçacıkları

da soğurduğu için geriye çok az iyonize parçacığın kaldığını okumuştum ama bunu teyit edemedim. Her halükarda, güneş tarafından yayılan güçlü UV ve X ışınları kesinlikle hasara yol açacaktır.

Halkalar, dünyanın yaklaşık yüz katı kadar bir yüzey oluşturur (bilimkurgu yazarları, buradan bütün galaksiyi kontrol eden süper-güçlü krallıkların harikulade öyküler yazabilecektir). Öte yandan, Satürn'ün halkalarına yapılacak yolculuklarda ve bu halkalardan başka yerlere yapılacak yolculuklarda, gezegenin büyük kütleçekim alanı nedeniyle çok fazla enerji harcanacaktır; zira bu çekim alanının kuvvetlerinin üstesinden gelmek gerekecektir ama oraya füzyon reaktörleri yerleştirme seçeneği düşünülebilir; ne de olsa ihtiyaçtan fazla hidrojene sahip olacağız. Enerji hiçbir zaman problem oluşturmayacak!

Satürn'ün halkalarındaki hayat, gerçekten de benzersiz olacaktır. Her halka, ana gezegenin etrafında biraz farklı bir hızla hareket eder ve bir halkanın üzerine yerleşildiğinde, çevresindeki kayalar hareketsiz görünür. Fakat komşu halkalardaki kayalar, diyelim ki yüz metre uzaktaki bir halka, saatte birkaç on metrelik bir hızla yavaşça hareket eder görünecektir. En yakındaki halkalar, hızları açısından çok farklı olmayacaktır.

Aylar uygun biçimde konumlandığında veya dış etkenler, örneğin bir kuyruklu yıldız nedeniyle zaman zaman fırtınalar çıkacaktır. Bu durumda, kayalar biraz daha şiddetli biçimde sarsılacaktır. Halkaların birçoğunda, fırtınalar önemsizdir, çünkü komşu halkalar şok dalgasını emer. En dıştaki halka olan F Halkasıysa biraz değişken görünür. Burada, aylar biraz çalkantıya neden olur ve kayalar daha az sertleşme etkisine sahip olduğundan ayrıktır. Diğer yerlerde, hareket tamamen kısıtlanmıştır. Kusursuz bir şekilde hizalandıklarında, büyük kayalar gezegenle uyumlu bir görüntü verirler.

Benim vizyonuma göre, Satürn'ün halkaları neumannbotlar için kusursuz bir zemindir. İhtiyaç duyulan ham madde mevcuttur, karmaşık manevra mekanizmalarına ihtiyaç yok-

tur ve her bir robotun kendi özel görevini yerine getirmeye odaklanabileceği büyük ölçekli bir genişleme mümkündür. Sonuç olarak, neumannbotların bazıları dış halkalara, Satürn'ün aylarına ve gezegenler arası uzaya yayılarak daha büyük projeleri yerine getirebilirler. Jüpiter, Uranüs ve Neptün gibi diğer gaz gezegenlerin de halkalarının olduğu ama bunların Satürn'ün halkaları kadar belirgin olmadığı unutulmamalıdır.

Neumannbotlar, soğuktan ve enerji yokluğundan insanlar kadar etkilenmeyecektir ve insan kolonicilere göre güneşten çok daha uzaklara seyahat edebilecektir.

Plüton'un ötesinde, birbirlerinden çok uzak mesafelerle ayrılan birçok cüce gezegen vardır. Bunlardan sadece birkaçı tanımlanabilmiştir ama gökbilimciler yaptıkları gözlemlerin ardından binlerce gezegen ve asteroidin yanı sıra kuyruklu yıldızlar gibi milyonlarca cismin var olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Bu buzlu kayalar, güneşin etrafında büyük bir disk şeklindeki Kuiper Kuşağını oluşturur. Neptün'ün ötesindeki Kuiper Kuşağını oluşturan bu kayalar, neredeyse dairesel yörüngelerde hareket ederler. Bu kuşağa, Hollandalı gökbilimci Gerard P. Kuiper'in adı verilmiştir. Küçük gezegenler, alacakaranlıkta hareket eder ve tespit edilebilmeleri son derece zordur. Gökbilimciler, teorik limitlerine hiçbir şekilde yaklaşamayan tespit teknikleri kullanmaktadır. Gelecekte ya yeni nesil teleskoplarla ya da gelişmiş radar sistemleriyle çok daha fazla şey keşfedilecektir. Bu demektir ki, seyahat etmeye en uygun neumannbotların hedef mevkileri bile bilinecektir. Seyahatlerin gittikçe daha uzun sürecek olması dışında gidilecek mesafenin limiti yoktur; ilk önce on yıl, daha sonra yüzlerce yıl. Hiçbir önemi yoktur, neumannbotların zaman problemi olmayacaktır.

Kuiper Kuşağının etrafında milyonlarca küçük gezegen vardır. Bunların kaç tanesi neumannbotlar tarafından ziyaret edilecek ve nihayetinde insanlara ev sahipliği yapacaktır? Galaksinin daha da uzaklarını keşfedecek robotlar

olacak mıdır? Kuiper Kuşağının ötesinde, keşfeden kişi olan Hollandalı gökbilimci Jan Hendrick Oort'un adıyla anılan Oort Bulutu vardır.

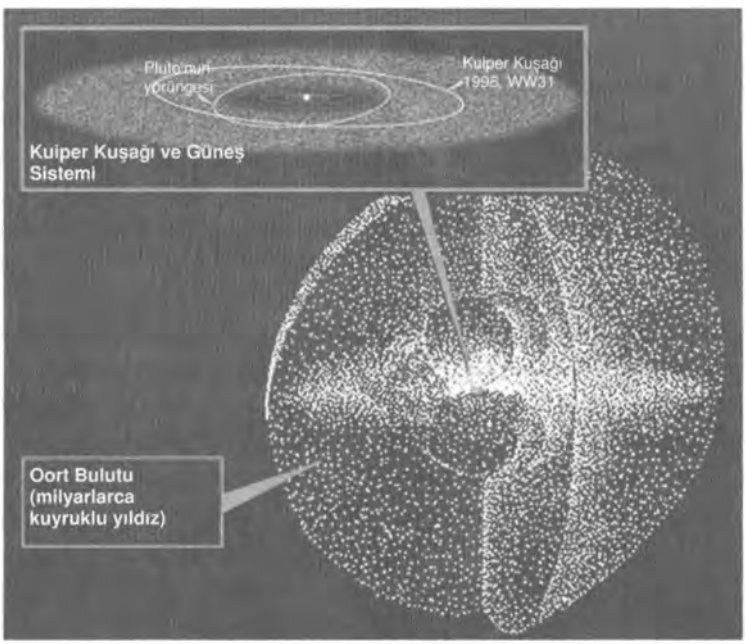
Oort Bulutu, daha dağınık bir buzdan cisimler topluluğudur. Yıldızlar, bulutun yörüngelerinin kusurlu elipsler olmasına yol açarken, ara sıra bir nesne komşu bir yıldız tarafından yörüngesinden çekilir. Böylelikle, bir buz topu yörüngesinden kayıp güneşe ve hatta bazen dünyaya yaklaşabilir. Bu durumda, dünyadan milyarlarca yıl uzaklarda olan cisim, güneşin şiddetli radyasyonuna ilk kez maruz kalır. Küçük toz parçacıkları dağılır ve bir kuyruk görünümünü alır. Gökyüzünde bir kuyruklu yıldız gördüğümüzde olan şey budur. Oort, her yüzyılda gördüğümüz kuyruklu yıldız sayısını temel alarak bu buzdan cisimlerin sayısını tahmin etmiştir. Bazısı yüzlerce metre genişliğindeki kartopları gibi olan bu cisimlerden milyonlarcasının var olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bir disk gibi görünen Kuiper Kuşağının aksine, Oort Bulutu güneşin etrafında daha küresel bir bulutu andırır. Oort Bulutu'ndaki buzdan cisimler, Kuiper Kuşağındakilerden çok daha seyrek ve aralıklıdır; muhtemelen başka yıldızları çevreleyen diğer Oort Bulutlarına kadar bu şekilde uzanır. Neumannbotlar, yine de bunlara ulaşabilecektir. Binlerce yıl sürebilir ama neumannbotlar sonunda yıldızlar arası uzayda var olmaya başlayacaktır! İnsan kolonileri, asla söz konusu olmayacaktır ama insan merakı her zaman var olacaktır.

Ekonomik olarak, bu tür bir genişleme büyük ihtimalle çok anlamlı olmayacaktır. İnsan kolonileri kuruldukça, muhtemelen ticaret de olacaktır: Ay ve Mars'taki insan kolonileri, susuzluklarını gidermek için hiç tükenmek bilmeyen su talebini karşılamak zorunda kalacaktır ve su da uzaklardaki kolonilerde bolca bulunacaktır. Uzaktaki koloniciler, insan uzmanlığına, çeşitli ürünlere ve belki de gezegenler sisteminin iç bölgelerinden ham maddeye ihtiyaç duyacaktır. Kuiper ve Oort'un öncüleriyse tek başlarına idare etmek zorunda kala-

caktır. Belki de uzaklık ve hız –ne kadar uzağa, ne kadar hızlı gidebileceğimiz– konusunda rekabete girişeceklerdir.

Uzaydaki insan varlığı, yıldızlara doğru genişleyecektir ama en uç sınırlara insanlar değil neumannbotlar ulaşacaktır. Bilimkurgu romanlarındaki alışılmış sıralamanın aksine, komşu yıldızların yerleşime müsait gezegenlerine ulaşabilmemiz milyonlarca değilse bile binlerce yıl alacaktır. Oort Bulutunun yerleşimcileri, son derece güçlü teleskoplar yaparak, bize şu anda sahip olduğumuz bilgileri tamamlayacak faydalı veriler sunacaktır. Uzayın üç boyutlu bir imajı için, uzak mesafelere konumlandırılan teleskoplar son derece önemlidir; iki gözle derinliği görebilmek mümkündür ve bu gözler ayrıldıkça, derinlik duygusu daha iyi anlaşılacaktır.



Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu.

Bu arada, sayısız asteroitle neler yapabileceğimiz hakkında hayal gücümüzün dizginlerini serbest bırakabileceğimize inanıyorum. Keşfettiğimiz her gezegen kolonileştirilmek zorunda değildir; bunlarla yapılabilecek bir sürü eğlenceli şey var. Mikro kütleçekimli ortamlarda, kendi ağırlığının altında çökmeyen en çılgın yapıları inşa etmek mümkündür. Örneğin girişimciler bazı asteroitleri muazzam büyüklüklerdeki eğlence parklarına dönüştürmeye karar verebilir ve bu parklarda, başka türlü hayal bile edilemeyecek gezintiler yapılabilir. Çeşitli sanat dallarından sanatçılar, bir asteroitten çok güzel eserler yapabilir; asteroitleri fiziksel olarak kendi başlarına şekillendirebilirler veya neumannbotları kullanarak asteroitlerin üzerinde çalışabilirler. Bir asteroidi estetik olarak hoş ve inanılmaz karmaşıklıkta bir matematiksel figüre dönüştürmek, örneğin bir fraktal, diğer bir deyişle en küçük ölçeklerde kendi kendini milyonca kez tekrarlayan bir matematik model yaratmak mümkündür. Bazıları çılgın ve biçimsiz heykeller yaratabilirken, Japonya, Kore veya Çin'den sanatçılar kendi asteroitlerini devasa Buda heykellerine dönüştürmek için ilham bulabilir. Eğlence, sanat ve din, önemli birer insani dürtü olmaya her zaman devam edecektir.

Şüphesiz, bazı asteroitlerde özel bilimsel cihazlar inşa etmek isteyecek bilim insanları da çıkacaktır: Sahip olduklarımızdan çok daha büyük teleskoplar, Oort Bulutunda yeni buz gezegenler keşfetmemize veya başka yıldız sistemlerindeki gezegenlere erişmemize yardımcı olabilir. Bununla birlikte, evrenimizde akıllara durgunluk veren uzaklıklardaki harikulade gezegenler hakkındaki merakımızı gidermeye de yarayabilirler.

Elbette gelişmeler çok farklı da seyredebilir. İletişim ve bilgisayar tekniklerine ilişkin ölçüsüz olasılıklardan söz ettim. İnsanlar bu tehlikeli uzay yolculuklarını bizzat yapmak isteyecek mi? Belki de sanal gerçeklik öylesine kusursuz hale gelecek ki oturma odamızdan yıldızlar arasında gezintiye çıkabileceğiz. Muazzam veri bankaları, yeni keşfedilen bütün senaryoları dijital olarak depolayabilecek: Sanal uzayımıza

çıkacağız ve ışık hızını binlerce kez geri bırakan hızlara kolayca ulaşarak dilediğimiz yolculukları yapabileceğiz. Uzay yolcuğu heyecanı büyük ölçüde yitirilecektir ama belki de sanal yolculuklar öylesine gerçekçi olacaktır ki rahat koltuğunda oturan bir astronot, yaptığı şeyin gerçek olmadığının farkına bile varmayacaktır!

On Dördüncü Bölüm

GENLER

Önceki bölümde, doğanın yasalarını hiçbir şekilde çiğnemeden yıldızlara nasıl ulaşabileceğimizi gösterdim ama dünyaya daha yakın birçok önemli mesele de var. Birçok öngörülemeyen gelişmeye yol açacak bilgi devrimi ve nanoteknoloji üzerinde daha önce durmuştum.

Uzak yıldızlara ve gezegenlere seyahat etmek, herkesin hayal gücüne hitap eder ama küçük olan şeylere yolculuk da aynı ölçüde göz kamaştırıcıdır. Neumannbot, küçük şeylerin dünyasındaki karşılığı zaten mevcuttur: Bakteri ve alglerden söz ediyorum (virüsler daha da küçüktür ama yalnızca canlı varlıklarda var olabilirler, bakteri ve alglerse bağımsız olarak var olabilirler). Bakteriler hakkında hoşumuza gitmeyen şey, çok bağımsız olmalarıdır: Biz insanların ne istediğini hiç dikkate almazlar ve çoğu zaman onları kontrol etmekte güçlük çekeriz.

Bir yandan enformatik uzmanları, diğer yandan bakteriyoloji tarafından geliştirilen nanoteknolojinin tamamen farklı uzmanlık alanları olduğunu düşünebilirsiniz ama hiç de öyle değil. Her iki uzmanlık alanı da küçük, nano ölçekteki dünyaya odaklanır ve gittikçe daha çok iç içe geçmektedir. Uzun vadede, birleşmeleri bile mümkündür.

Bu alanda –nanoteknoloji ve biyolojinin arasındaki henüz adlandırılmamış gri alanda– araştırmacıların yapması gereken çok şey vardır ama bir başlangıç yapılmıştır. İlk işaretler pozitiftir. Diğer şeylerin yanı sıra, araştırmacılar tarafından canlı organizmaların DNA zincirlerindeki aminoasit asit moleküllerinin sıralamasını belirlemek için kullanılan modern teknikleri kastediyorum. Organizmaların DNA zincirleri, kalıtımsal özellikleriyle ilgili pratik bilgiler içerir.

Bu uzatılmış ve dolaşık moleküllerde, doğa bütün organların oluşumunu en ince ayrıntısına kadar belirleyen bütün

programları korur. Aminoasit bileşenleri (genellikle A, C, T ve G harfleriyle kısaltılan dört bileşen) doğa tarafından DNA'ınızdaki upuzun yazıları oluşturmak için kullanılır. Bu metinler, toplamda yaklaşık üç milyar harftir ve bir gigabayta eşittir. Başta insanlar olmak üzere son derece gelişmiş organizmaların DNA'sının kodunu çözmek, biyologlar ve kimyacılar için ciddi bir uğraş olmuştur ama sonunda bunu başarmışlardır.

2000 yılında, insan DNA'sının dizilimini temsil eden ilk taslak oluşturulmuştur ve buna insan genomu adı verilmiştir. Çok geçmeden, 2003 yılında biyologlar kompozisyonu tamamen ortaya çıkarmayı başarmıştır. Dikkat çekici bir biçimde, kodumuz bir tavuğun veya solucanın kodundan daha uzun veya daha karmaşık değildir. Dahası, kodların yüzde 90'ı aynıdır! Kişiden kişiye, ırk ne olursa olsun, farklılıklar yüzde 0,1'den düşüktür.

Bu sonuç, derhal birçok soruyu gündeme getirir: Doğa bu kodu nasıl okur ve bütün bu harfler ne anlama gelir? Bunlar belirli bir şekilde mi düzenlenmiştir ve bütün ayrıntıları ortaya çıkarabilecek miyiz? Ellerimizde ve ayaklarımızda beşer parmağa sahip olduğumuz nerede yazar? Bunların neye benzediğini nerede bulabiliriz? Bedenimiz, büyük bir bilgi deposu ve işlem sistemidir. Genlerimiz tarafından bedenimize eklenen her türlü hormon, bedenimize bazı sinyaller yayar. Ortamdan gelen uyarıcılara reaksiyon gösterirler, düzenli olarak kullandığımız kasların güçlenmesini sağlarlar vs. Bütün bunların nasıl yapıldığı, büyük ölçüde bilinmemektedir. DNA her türlü karmaşık altprogramla dolu büyük bir bilgisayar programını andırır.

Atılması gereken adımlar –ki bunların çok da uzun olmayan bir gelecekte atılamaması için hiçbir neden göremiyorum– şunları içerir:

- DNA kodlarını, tıpkı bir bilgisayar diskini okumayı andıracak şekilde çok daha hızlı okuyabilmeliyiz. Nanoteknoloji bunda önemli bir rol üstlenecektir.

- Okuyacağımız çok şey vardır: Dünya üzerindeki bütün canlı organizmaların genomlarını bilmek istiyoruz ve nesli tükenme tehdidiyle karşı karşıya olan bütün organizmaların genomlarına öncelik vermeyi öneriyorum.

Ancak bu şekilde, genlerin nasıl çalıştığını öğrenebileceğiz. Her insanın genomunu tanımlama ihtiyacının doğacağını düşünüyorum. Bu sayede, teşhis ve tahminlerde bulunmak ve tedavilere karar vermek önemli ölçüde gelişecektir.

Daha sonra, reddedilme tehlikesini ortadan kaldıracak bir "doku rezervi" geliştirebileceğiz; beden kendi dokusunu tanıyacağı için onları reddetmeyecektir. Bu teknolojinin gündeme getirdiği bütün meselelerin pekala farkındayım. Bireyin mahremiyetini nasıl koruyacağız? Bu konuda çok fazla şey söylemeyeceğim ama bireyin mahremiyetinin sıkı bir şekilde korunması gerektiği açıktır ve bunun için çözümlerin bir şekilde bulunabileceğini düşünüyorum ama daha fazlası var. Okumayı öğrendikten sonra yazmayı da öğrenmemiz gerekir. Kalplerimizin içeriği üzerine denemeler yapabiliriz. Bu, daha da büyük etik meselelerle yüzleşmemizi gerektirecektir.

Jurassic Park filminde, dinozorların DNA'sının kehribarda bulunan sivrisineklerde bozulmadan durduğu varsayılır. Gerçekte, bu sivrisinekler tamamen çürümüş olurdu ve karınlarında halen mevcut olan kan DNA'sının kalıntıları okunamazdı. Yine de DNA izlerini bulmak mümkün olabilirdi ve gelişmiş tespit teknikleri, bunu okumayı bir şekilde başarabilirdi. Bu, DNA'ların nasıl çalıştığı hakkındaki muazzam bilgilerle birleştiğinde, araştırmacılara çok kusurlu olan bu DNA'da depolanan bilgileri elde etme şansı sunabilirdi. Bir başka deyişle, dinozorlar da dahil olmak üzere uzunca bir süre önce nesilleri tükenmiş hayvanların tekrar hayata döndürülebilmesi bütünüyle imkansız değildir.

Filmin geri kalanı, zamanımızı harcamaya değer değildir. Bu tür bir felaketin yaşanıp yaşanmayacağı bilmiyorum ama tarih öncesi hayvanları hayata döndürmeyi istesek bile bunu bir hayvanat bahçesinde yapabiliriz. İnsanlara veya günü-

müzde mevcut olan hayvanlara kolay kolay bir tehlike teşkil edemezler; tam tersine, tarih öncesi hayvanları çok daha fazla evrimleşmiş olan günümüzün saldırgan yaşam formlarına karşı korumakta güçlük çekeriz. Yeri gelmişken, Dodo kuşu ve yünlü mamutu geri getirmeye yönelik düşünceler halihazırda mevcuttur. Dolayısıyla bu tür gelişmelerden çok da uzak görünmüyoruz.

Hiç var olmamış ve evrim süreciyle doğal olarak ortaya çıkamayan türlerin yaratılabilmesi çok daha büyüleyici olurdu. İnsanlığa her açıdan yardımı dokunabilecek hayvanlardan, bitkilerden ve tek hücreli organizmalardan söz ediyorum. Gıda endüstrisini düşünün: Yumuşak ve tüylü her çeşit hayvanı çok küçük kafeslere doluşturmamız, yemek yemeye zorlamamız ve daha sonra da kendimiz için bir gıdaya dönüştürmemiz gerçekten de barbarcadır. Bunun yerine, beyinleri olmayan ve dolayısıyla hiçbir şey hissetmeyen et dilimleri yaratamaz mıyız? İnek olmadan süt, tavuk olmadan yumurta üretemez miyiz? Meyveler ve sebzeler, çok daha hızlı ve verimli bir şekilde gelişebilir ve istediğimiz tat neyse ona sahip olabilir.

Elbette meyve ve sebze üreticileri, uzunca bir süredir bunun üzerinde çalışmaktadır ama sadece mevcut bitkiler ve hayvanlar kullanılmaktadır ve çapraz-üreme aracılığıyla belirli kalıtımsal özellikler iyileştirilmektedir. Bazen, bilim insanları bir organizmanın genlerini esasen deneme yanılma yoluyla başka bir organizmaya transfer etmeyi başarır. Tamamen yeni kalıtımsal özellikleri doğru şekilde yaratmayı bilseydik, meyve ve sebze endüstrisi akıl almaz şekilde dönüşebilirdi.

Gıda endüstrisi, yapay bitkileri kullanabileceğimiz tek sektör değildir. Tatlı su elde etmek için tuzlu suyun filtrelenmesine daha önce değinmiştim; belki de güneş ışığının yardımıyla tuzlu suyu tatlı suya dönüştürebilen yeni bir bitki yaratmamıza imkân tanıyan genleri zamanında üretebiliriz. Bu, Sekizinci Bölümde açıkladığım gibi, gelecekte çölleşmeyi engellememize ve belki de iklimimizi değiştirmemize olanak tanıyabilir.

Güneş enerjisinden söz etmişken, benzer bir şey önerebiliriz: Güneş ışığını doğrudan araç yakıtına dönüştürebi-

len bir bitki veya doğrudan elektrik üretmeyi başaran başka bitkiler tasarlayabilir miyiz? Bunun çok zorlama olduğu düşünülebilir ama organizmalarda elektrik üretebilen genler zaten mevcut. Elektrikli yılan balığına bakınanız yeterli. Genlerin nasıl çalıştığını ve nasıl doğru bir biçimde konumlandırılmaları gerektiğini anladıktan sonra, bu o kadar da imkansız olmayabilir.

Sivrisinekler gibi zararlılara ve salgın hastalıklara karşı sürdürdüğümüz biyolojik mücadele için de pratik öneriler olacaktır. Sivrisineklerin tamamen yok edilmemesi gerekir; çünkü çevremizde önemli bir fonksiyonları vardır ama onları insanları ısırmaktan caydırmak için bir şeyler icat edilebilir.

Uzunca bir süre önce, genetik olarak değiştirilmiş evcil hayvanların, insanlarla konuşabilecek kadar zeki olduğu bir bilimkurgu öyküsü okumuştum. Kendi başına bu fikir inanılmaz değildir ama konuşabilmeleri için çene ve gırtlaklarında çok kapsamlı değişiklikler yapılması gerekecektir ve bu da bir kedinin, artık kedi gibi görünmemesine yol açacaktır. Evcil hayvanların zekasını artırmak için daha makul dönüşümler düşünülebilir ama zeki bilgisayarlar üretmenin ne kadar zor olduğunu size anlatmıştım ve insan zekasını kesin olarak saptamak ve bunu genetik olarak nasıl değiştirebileceğimizi belirlemek noktasındaki tahmin edilebilir güçlükler, büyük bir ihtimalle bizi bu tür prosedürlere girişmekten bir süre daha alıkoyacaktır. Elbette gerçekten zeki evcil hayvanlar isteyip istemeyeceğimiz de merak konusudur ama bizim onları ve onların da bizi biraz daha iyi anlamasının hoş olacağını düşünüyorum.

Kelebek ve çiçek yetiştirerek kelebeklerin kanatlarına veya lalelerin yapraklarına yüksek bir ücret karşılığında bir şirketin logosunu işleyebilen bir şirket, bilimkurgu için cazip bir fikirdir. İnsanların bu tür çılgınlıklarda nerede duracağını bilemeyecek olması, hiç de ihtimal dışı değildir.

Hayal gücümüzü daha da çok serbest bırakarak, genetik mühendisliğinin uzaydaki kolonileştirmenin bütünsel bir parçası haline gelmesini bekleyebiliriz. Ayda yaşamayı ve orada çoğalmayı planlayan insanlar, genlerini dünyanın

kütleçekiminin altıda birinde kendilerini en rahat hissedebilecekleri şekilde değiştirmek isteyecektir. Asteroitlerdeki koloniciler veya uzayın başka bölgelerine yerleşenler, kendi genlerinin yanı sıra besi hayvanlarının genlerini de genetik olarak değiştirmeye ihtiyaç duyacaktır.

Peki ya evlerimizi geliştirmeye ne dersiniz? Okuduğum bir bilimkurgu öyküsünde, duvara bir resim asmak isterseniz, duvarlarına bir parça DNA enjekte edebileceğiniz evlerden söz ediliyordu. Duvara enjekte edilen DNA, küçük bir kanca şeklinde büyüyordu.

Biyolog değil fizikçi olan bir yazar, bu alanda biyologların sahip olduğu bilgilerle kısıtlanmamış olabilir ve biyologlar gelecek hakkındaki bu fikre, birçok mantıklı argümanla karşı çıkacaktır. Genlerimiz, kolayca değişiklikler yapabileceğimiz mimari çizimler değildir. Bir organizmanın programlanma şekli, son derece karmaşıktır ve kelebeklerin kanatlarına bir logo işlemek, hiç de kolay olmayacaktır.

Bir bitki veya hayvan üretilse bile bunun her türlü parazite ve hastalığa karşı kendini koruması ve üreyebilmesi gerekecektir. Ayrıca bu üretilmiş bitkilerin ve hayvanların mevcut flora ve faunayı tehdit etmemesi için çok dikkatli davranmamız gerekecektir. Bu çok meşakkatli bir iş olacaktır ama insan yaratıcılığından, yüksek beklentilere sahibim ve biyoteknoloji veya gen-teknolojisinde birçok insanın düşündüğünden çok daha fazla uygulamanın keşfedileceğinden eminim. Hiç sınır yok!

Söylediğim gibi, DNA'ları okumak ve yazmak için kullanacağımız nanoteknolojiden çok şey bekliyoruz. Fakat bu "çarpaz-üreme" iki yönlü çalışabilir: Nanoteknoloji bir DNA molekülünün olağanüstü varyasyonlarını kullanabilecektir. Bu halihazırda gerçekleşmektedir. DNA'dan mikroskobik motorlar ve detektörler yapılabilir ve belki de DNA'nın kendisi bilgisayar bellek alanı olarak kullanılabilir. Ne de olsa DNA doğanın moleküler seviyede bilgi aktarmasının bir yoludur ve doğa bunu günümüzün bilgisayarlarından çok daha gelişmiş bir şekilde yapar.

On Beşinci Bölüm

ÇEKME GÜCÜ

Bir taraftan da materyaller alanında başka bir sessiz devrim gerçekleşiyor. Materyaller daha iyi, daha hafif ve güçlü hale geliyor. Yeni binaların ve köprülerin inşasından bu açıkça görülebilir. Bu yeni materyallerin en önemli bileşenlerinden biri, fiberdir.

Fiberlerin ağırlıklarına göre gerilme kuvveti, önemli olan budur. Yeni bir materyalin potansiyeli, kullanılan fiberlerin kuvvetiyle doğrudan bağlantılıdır. İnternette yapılacak bir araştırma, dikkate değer bir olguyu ortaya koyar: Bir fiberin kuvveti, denye başına gram cinsinden belirtilir. Peki denye nedir? Denye, dokuz bin metre uzunluktaki bir ipek ipliğin gram cinsinden ağırlığıdır. Denye başına bir gram kuvvetine sahip bir fiber, dokuz bin metreden daha uzun değilse kendi ağırlığını taşımaya yetecek kadar kuvvetlidir. İnternette, denye başına örneğin sekiz gram kuvvete ulaşan çok güçlü fiberlerden bahsedilmektedir ve bir web sitesinde, bir Kevlar fiberinin denye başına yirmi üç gram kuvvete sahip olduğu söylenmektedir. Bu tür bir fiber, iki yüz yedi kilometre uzunlukta olsa bile kendi ağırlığını taşıyabilir!

Bu rakamlar, tamamen bu fiberlerden inşa edilseydi bir köprünün en çok hangi uzunlukta olabileceğini veya ipi bu fiberden yapılmış bir uçurtmanın en çok hangi yüksekliğe çıkabileceğini gösterir. Elbette bir köprü, yolun ve araçların ağırlığını da taşımak zorundadır ama onlarca kilometre uzunlukta bir köprü kesinlikle olasıdır. Bu arada, en güçlü doğal fiberlerden biri, neredeyse Kevlar kadar güçlü olan örümcek ağıdır. Örümcek ağını yapay olarak üretmenin bir yolunu henüz bulamadık ama bu problemi çözmememizin bir yolu olabilir: Bir ipekböceğinin genlerinden birini, örüm-

ceğin genleriyle değiştiririz ve ipekböcekleri, örümcek ağı dokur. Normal ipek, çok daha zayıftır.

Fiberin kuvveti, kendi ağırlığının kaç kilometresini taşıyabileceği üzerinden kolayca ifade edilir. Bir ipliğin kalınlığı, konu dışıdır; daha kalın kablo, daha güçlü olabilir ama daha ağır da olacaktır. Pratikte, en güçlü fiberin maksimum uzunluğu yaklaşık iki yüz kilometredir. Bunu, en güçlü çelik cinsiyle karşılaştırın; on üç kilometre.

Gerry O'Neil'in silindir şeklindeki uzay habitatlarının maksimum çapının on dokuz kilometre olduğunu hatırlayın. Normal çelik kullanıldığında, içeride dünyaya benzer bir kütleçekimi üretmek istediğimiz varsayıldığında, bir arada tutulabilecek maksimum büyüklük budur. Silindirin her noktasında, iki yarı birbirini destekler; böylece bu kısımlar, kendi ağırlığının yaklaşık 9,5 kilometresini taşıyabilir. Kuvvetin artanı, hava basıncıyla birlikte silindirin içindeki şeylerin ağırlığını tutmak için harcanır.

Peki ya fiber ve kablolar için teorik limit kaç olacaktır? Bunun çok üzerinde. Elmas öylesine güçlüdür ki üç bin sekiz yüz kilometre uzunluğunda kendi ağırlığını taşıyabilir. Fakat en güçlü materyal, karbon atomlarının balık ağı şeklinde örülmesiyle üretilecektir. Bu "nano tüpler" denilen yapılar halihazırda araştırılmaktadır. Bunlar, düşük sıcaklıklarda süper-iletken olmak gibi birçok özel karakteristiğe sahiptir. En önemli özellikleriyse kuvvetleridir: kendi materyalinden yapılma on bir bin kilometre uzunluğundaki kablolarda kendi ağırlıklarını taşıyabilirler. Bu, dünyanın yarıçapından daha uzundur. Bu materyal, dünyayı gezegenler arası uzayla bağlayan bir kablo üretmek için kullanılabilir. Daha net bir ifadeyle, dünyanın yörüngesinde tam bir günde dönen ve "yer durağan" adı verilen bir uydu, dünyanın yüzeyine bu tür bir kabloyla bağlanabilir.

Bu arada, burada en iyimser rakamları kullanıyorum. Teknik literatürde ve internette başka rakamlar da telaffuz edilmektedir ve bu malzemelerin, benim ortaya koyduğumdan çok daha az güçlü olacağı da savunulmaktadır. Benim rakamlar, en iyimser senaryoda geçerli olacaktır.

Fiber materyaller konusunda bir uzmanla konuştuğumu ve sorularımla onu hangi noktaya yönlendirdiğimi hemen anladığını hatırlıyorum. Bana sıkılarak baktı; *"İşte bir uzay asansörü meraklısı daha,"* diye düşündüğünü duyabiliyordum. *"Teori ve pratik arasında muazzam bir fark olduğunu unutmamalısınız,"* dedi. Gerçekten de materyal kusurlarını hesaba katmamız gerekir.

Kusurların gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Materyallerin pratikte teorik kuvvetlerinden çok daha zayıf olmasının nedeni, kopmaların ortaya çıkmasıdır. Bir tek atom yerinden çıkarsa, çığ başlar ve tüm komşu atomlar da yerinden çıkar. Materyal yırtılır ve kablo kopar. Amacımız, her zaman için bariyerler oluşturarak bu kopmaları minimuma indirmek olmalıdır ama en küçük bir yırtık, materyali önemli ölçüde zayıflatır.

Pratikte karşılaşılan problem şudur: Bir tek atomun yerinden çıkmaması gerekir ve bunun gerçekleşmesi durumunda, sonuçların asgariye indirilmesi gerekir. Bana öyle geliyor ki bu, nano teknisyenlere düşen bir görevdir. Şu anda nano tüpler oluşturmak olasıdır ama bunlar küçük ve kısadır. Bunları, tıpkı pamuktan iplik eğirmek gibi eğirmenin bir yolunu geliştirmeliyiz. Maksimum kuvvetinin sadece yarısına bile ulaşılsa, kendi ağırlığının beş bin kilometresine kadar çıkılsa, uzay asansörü de dahil olmak üzere devrim niteliğinde çok çeşitli uygulamaları hayata geçirmek mümkün olacaktır. Elbette bu türden olağanüstü kuvvetli kabloların uzayda işimize çok yarayacağını hayal ediyorum. Kendi ağırlığını çekebilen bir kablonun bir ucu dünyadaki sabit bir yere, örneğin ekvator boyunca bir yere ve diğer ucu da yer durağan uyduya bağlanabilir.

Yer durağan uydular, normalde dünyanın yüzeyinden 35.783 kilometre mesafeye konuşlandırılır. Bu, dünyanın kütleçekiminin bir uyduyu dünyanın dönüşüyle senkronize bir şekilde çekmek için yeterince güçlü olduğu mesafedir. Uydunun bir asansörü çekecek bir kablo taşımasını istersek, mesafenin biraz daha uzun olması, en azından kırk bin

kilometre olması gerekecektir. Dünya, kablonun diğer kısmı çok uzakta olacağı için aşağıdaki kısmını kuvvetle çekecektir. Başka bazı hesaplamalar yaparsanız, kendi ağırlığında yaklaşık beş bin kilometreyi taşıyabilecek bir kablonun yeterli olacağı ortaya çıkar. Buna karşın, kablonun kalınlığının, uzunluğu boyunca her noktada tam olarak ihtiyaç duyulan şekilde ayarlanması gerekir: Otuz beş bin kilometre yüksekte biraz daha kalın ve aşağıya doğru biraz daha ince, çünkü dünyaya yaklaşıldıkça kablonun sadece asansörün ağırlığını taşıyabilmesi gerekecektir, kablonun geri kalanını taşımasına ihtiyaç olmayacaktır.

Uzay asansörü, büyük bir roketin ateşlenmesine ihtiyaç duyulmaksızın gezegenler arası uzaya ulaşmanın alternatif bir yöntemidir. Birinci Bölümde ima ettiğim şey buydu; yer durağan uydudan dünyaya bir kablo iliştiririz ve bu kablodan bir asansörün inip çıkmasını sağlayabiliriz. İkinci Bölümde yaptığım vurguyu hatırlayın; gezegenler arası uzaya herhangi bir yük çıkarmak, hangi tekniği kullanırsanız kullanın çok fazla enerji gerektirecektir. Ancak bu yöntemde, yukarı doğru çıkan asansörü, aşağıya inen bir asansöre bağlamayı bir şekilde başarırsanız, çok fazla enerji tasarrufu yapabilmeniz mümkündür.

Uzay asansörü fikri, yeni değildir. 1895 yılında Rus bilim insanı Konstantin Tsiolkovsky, *"Eiffel Kulesinden çok daha yüksek"* bir yapı inşa etmeyi ve bunu da *"semavi kaleye"* uzanan bir kabloya bağlamayı hayal etmiştir. Bu, günümüzde yer durağan uydu adını verdiğimiz şey olmalıdır. Uzay gemileri kendilerini gezegenler arası uzaya çekebilecektir. Bilimkurgu yazarı Arthur C. Clarke'ın, 1978 yılındaki "Fountains of Paradise" [*Cennetin Çeşmeleri*] adlı romanında sunduğu özenli tarif, çok meşhurdur. Ekvatora yakın bir dağda, millerce yükseklikte bir kule inşa edilecek ve çelik kadar güçlü ama diş ipi kadar ince bir kabloya bağlanacaktır. Artık bunun en azından teoride mümkün olduğunu biliyoruz.

Amerikan uzay kurumu NASA, bunun potansiyelinin farkına varmış ve 1998 yılında bir grup bilim insanını bir araya

getirerek bu proje üzerinde araştırmalar yapmakla görevlendirmiştir. Yüksekliği en az otuz kilometre olan bir kuleye ihtiyaç duyulacağı sonucuna ulaşılmıştır. Teorik olarak, mevcut inşaat malzemelerimizle bunun mümkün olduğunu biliyoruz. Stratosferin yükseklerinde, kablo yer durağan uyduya uzanacaktır. Uzay asansörünün kabloya temas etmesi ama manyetizmayı kullanarak kendini yukarı çekebilmesi gerekecektir, tıpkı manyetik bir alan üzerinde hareket eden askıdaki bir tren gibi. Araştırmacılar, bunun önümüzdeki yaklaşık elli yıl içinde mümkün olabileceği görüşündedir. Yer durağan uydunun, gerekli kuvveti sağlayabilmek için ağır bir karşı ağırlık taşıması gerekecektir. Küçük bir asteroidin kullanılabileceği düşünülmüştür.

Bu projeyi gerçekleştirmekle ilgili bir problem, dünyanın yörüngesinde çok miktarda "uzay çöpünün" ortaya çıkacak olmasıdır; zira yıllar içerisinde uzaya sayısız yapay uydu fırlatılacaktır ve çeşitli parçalar gevşeyecektir. Birçok uydu tamamen işlevsiz kalacak ve uzaydaki çöplükte yerini alacaktır. Üzerinde düşünülen bir fikir, kabloyu gevşek bağlamak ve yörünge çöplüğünden kurtulmaktır. Kendi adıma, ilk başta bütün kalıntıların temizlenmesinin daha iyi olacağını düşünüyorum: Bunun eninde sonunda yapılması gerekecektir. İster basit ayrıntılar, ister parçalar, isterse de yapay uyduların tamamı olsun, bütün çöplerin tek tek tespit edilip yakalanması gerekecektir. Bizi bekleyen üstün bilim teknolojisi çağında, bu tür işlerin çocuk oyuncağı olacağını hayal ediyorum.

Bu uzay asansörünü yapmanın halen çok uzağında olduğumuz açıktır. En büyük engel, şu anda sahip olduklarımızdan onlarca kat daha güçlü kablolara ihtiyaç duymamızdır. Biraz daha az hırslı bir planla başlamamızın gerekip gerekmediği düşünülebilir.

Ay da bir kütleçekim alanına sahiptir ve gerçekten sonuç verecek uzay maceraları açısından aya ne kadar önem atfettiğimi artık biliyorsunuz. Ayın kütleçekimi, dünyanınkinden çok daha azdır ve dünya üzerinde kendi ağırlığının iki yüz

kilometresini taşıyabilen bir kablo, ayı gezegenler arası uzaya bağlamak için yeterli olacaktır. Bir cisim, ayın etrafındaki yörüngede olacaktır. Bu sözde "Lagrange noktasına" bir uydu veya uzay platformu yerleştirmemiz gerekir. Bunlar, bir aracın ay veya dünyayla ilişkili olarak sabit bir konumda kalacağı noktalar olacaktır. En yakın nokta, ayın yüzeyinden altmış bin kilometreden daha uzun bir mesafede olacaktır ama kablo dünya üzerindeki bir asansörü çeken kablodan daha uzun olmasına rağmen daha düşük bir kuvvet yeterli olacaktır.

Asansörümüzün dışında, kablolar ve fiberlerin uzayda ilgi çekici birçok uygulaması daha olacaktır; örneğin bir uzay aracını bir başka uzay aracına bağlamak veya bir uzay gemisini bir asteroide bağlamak gibi.

Bu bana, yapay çekim konusunu anımsatır. Televizyon görüntülerinde, uzay yolcularının uzay araçlarının içinde her zaman veya en azından motor kapalı olduğu sürece serbestçe süzüldüğünü bilirsiniz. Motor çok fazla enerji ve yakıt tükettiği için çoğu zaman devre dışı olacaktır. Elbette kütleçekimin olmaması, insanlar için doğal bir ortam değildir ve bu, kemiklerde kireçsizleşme (dekalsifikasyon) gibi problemlere yol açabilir. Kemiklerimizin ve kaslarımızın, sıfır kütleçekimde yapabileceği çok az şey vardır ve bu da onların ciddi bir şekilde zayıflamalarına yol açar.

Ancak yapay kütleçekim üretmek olasıdır. Bilimkurguda, bu sorun büyük bir uzay aracının, O'Neill'in silindirlerinde olduğu gibi kendi etrafında dönmesiyle çözülür. İçeridekiler, silindirin yanlarına doğru dışa itilecektir, böylece yan taraflar zeminmiş gibi görünecektir ama iki uzay aracını bağlamak da mümkündür. 500 metrelik bir kabloyla, iki uzay aracı dakikada iki dönüş hızında birbirlerine bağlanabilir. Her iki uzay aracında da uçlar, zemin vazifesi görecektir.

Bu tür bir mekanizma, dünyanın yörüngesinde olan uluslararası uzay istasyonunda (International Space Station,ISS) uygulanabilir. Merkezden biraz uzakta, iki modül birer tarafından bir kabloyla bağlanabilir. Kabloların uzunluğu iki yüz elli metre olursa ve dönüş hızı da dakikada iki dönüş

gibi orantılı bir hıza ayarlanırsa, bu modüllerdeki kütleçekim dünya yüzeyindekine benzer olacaktır ve ISS'de yaşayan mürettebat uzunca bir süre çok rahat edecektir.

Bu tür bir yapı, Mars'a yolculuklarımızda uzay kapsülleri seçeneğini de kaçınılmaz olarak gündeme getirecektir. Geleceğin astronotlarının, sıfır kütleçekimli bir ortamda seyahat yapması gerekmeyecektir. Bu önemsiz değildir, çünkü yolculuk yaklaşık sekiz ay sürecektir. Döngüsel hareket, öylesine yavaş olacaktır ki ilk başta çok belirgin ve belki de sinir bozucu olabilse de insanlar buna hızla alışacaktır.

Uzayda kilometrelerce uzunlukta kablolarla çalışmak, zahmetli bir iştir ve halihazırda birkaç girişim başarısızlığa uğramıştır. Bir uzay mekiğine bağlanan uyduyla yapılan deneme, kablolardaki elektrik akımları nedeniyle başarısız olmuştur. Kabloda diğer kısımlara göre daha büyük bir direnç sahip olan bir zayıf nokta olmasaydı, bu bir problem teşkil etmeyebilirdi. Zayıf noktada, sıcaklık yükselir ve kablo zayıflar, nihayetinde kopar. Uzayda kabloların kullanımının güvenlik sorunları doğuracağı ve kabloların kopmamasını sağlamamız gerektiği açıktır.

İster insanlar ister robotlar tarafından olsun, asteroitlerin ve küçük gezegenlerin kolonileştirilmesi çağı başladığında, kablolar önemli bir rol oynayacaktır. İki cisim kablolarla birbirine bağlanabilir ve hareket ettirilebilir; bunun ardından da cisimler tam olarak doğru anda bağlantı koparılarak istenilen yöne doğru fırlatılabilir. Asteroitler bile bu şekilde yönlendirilebilir. Asteroitlerin büyük kütlesi, hızdaki değişikliğin çok küçük olabileceği, örneğin saatte bir santimetreyle sınırlı kalabileceği anlamına gelir ama bu hız bile çok önemli olabilir. Örneğin dünya veya uzaydaki kolonilerimizden biri için tehlike teşkil eden bir asteroit olduğunu varsayalım. Hızdaki küçük bir değişiklik, yeterince önceden başlatıldığı takdirde, istikameti değiştirmek için yeterli olacaktır. Bu konuya On Yedinci Bölümde geri döneceğim.

Fantezinizin uzayda, kabloların bütün uygulamalarıyla ilgili dizginsizce dolaşmasına izin vermeyi planlıyorsanız,

Doğanın yasası olarak algılanabilecek ciddi bir kısıtlamaya dikkatinizi çekmem gerekir. Daha önce, kablonun kalitesini dünyanın kütleçekiminde kendi ağırlığının kaç kilometresini taşıyabileceği üzerinden belirlemiştik. Uzayda yerçekimi yoktur. Bu durumda kablonun kalitesini km^2/s^2 veya hızın karesi cinsinden belirtiriz. Bu değer, kendi ağırlığının kilometre sayısı ile gezegenin kütleçekiminin ivmesinin çarpımının bir sonucudur. dünyanın yerçekiminin gücü 9,8 m^2/s^2 (dünyanın yerçekiminin ivmesiyse bir cisim düştüğünde, hızlanarak bir saniyede yaklaşık on m/s hıza ulaşıncaya dek gittikçe daha hızlı düşmesine işaret eder). Nano tüpler, yaklaşık yüz km^2/s^2 kaliteye sahiptir. Bu, kabaca dünyanın kaçış hızının karesine eşittir ve bir uzay asansörü inşa etmek için uygun olacağı anlamına gelir. Kevlar'da kalite yaklaşık olarak bir km^2/s^2 iken, çelikte yaklaşık üç yüz elli metre/saniye'nin karesidir veya bin km/saat'ten daha fazladır. Bir iddiaya göre, iki cisim kabloyla birbirine bağlanırsa, her iki uçtaki görece hız hiçbir zaman o kablonun kuvvetinin karakteristik hızından çok daha fazla olamaz. Örneğin bir nano tüpün uçları yukarıda açıklandığı gibi on km/saniye'den daha büyük bir hızla dönemez. Bu kablolarla takviye edilmiş tekerler üzerinde bir arabanın veya trenin hız limitini de belirler; bu hız limitini aşmak, tekerlerin patlamasına yol açabilir.

Aynı mantık, volanlar için de geçerlidir. Volanlar, örneğin araçlarda kinetik enerjiyi depolamak için kullanılır. Sürücü, hızı azaltmak için frene bastığında, enerji volanı ivmelendirmek için kullanılabilir ve sürücü daha sonra hızını geri kazanmak istediğinde bu enerjiyi yeniden verebilir. Kağıt üzerinde bu prosedür, hız sabit tutulduğu zaman gereken toplam yakıttan daha fazlasını gerektirmeyecektir; bu büyük bir kazançtır.

Volan, yukarıda açıklandığı gibi çelikten yapılmışsa, saniyede birkaç yüz metreden daha hızlı asla dönemez. Bu, depolanabilecek enerji miktarını sınırlar. Bu nedenle, çelik volanlar, araçlarımızda kullandığımız türden bataryalar kadar

çok enerji depolayamaz ve benzinle yarışamaz: Kimyasal reaksiyonlar, moleküllerin saniyede birkaç kilometre hareket etmesini sağlayabilir ve bu hızın karesi, enerji olarak sayılır. Evet, kimyasal reaksiyonlar bir volandan çok daha fazla enerji depolayabilmelidir.

Düşünülebilecek olanın aksine, bir volanın ağırlık birimi başına depolama kapasitesinin boyuttan bağımsız olduğunu biliyoruz. Yine de boyut ve ağırlık önemli değilse, bir volan belirli avantajlara sahip olabilir. Bunun nedeni, volan üzerinden enerji dönüşümünün verimliliğinin çok yüksek olabilmesidir.

Uzay yolculuğu konusuna dönecek olursak, asteroitlerin ve uzay araçlarının, hız farklarının kablo kalitesinin belirlediği limitin altında kalması halinde kablolarla bağlanabileceğini görürüz. Yörüngesel hızlar, çoğu zaman saniyede onlarca kilometredir ve iki cismin yakın yörüngelerde olması ve doğal hızların neredeyse aynı olması durumunda kabloyla birbirine bağlanabilmesi mümkündür.

On Altıncı Bölüm

UZAYLILAR

Kurgu yerine gerçek bir öykü anlatmama izin verin. Sidney Coleman, benim uzmanlık alanımda tanınmış ve etkili bir bilim insanıydı ve saygın Harvard Üniversitesine bağlıydı. Sidney müthiş bir bilimkurgu meraklısıydı. *Cosmos, a Personal Voyage* [*Kozmos, Kişisel Bir Gezi*] gibi çok okunan popüler bilim kitaplarının ve televizyon dizilerinin yazarı olan Carl Sagan, onun iyi bir arkadaşıydı. Sagan, kozmostan yayılan radyo sinyallerini özenle analiz ederek dünya dışı uygarlıkları keşfetmeyi umut ettiği bir sistem de kurmuştu. Buna SETI Projesi, *Search for Extra Terrestrial Intelligence* [*Dünya Dışı Zeka Araştırması*], adı verilmişti.

1960'larda Coleman ve Sagan, bilimkurgu hakkında sohbet etmek için düzenli olarak görüşmüştü. Günün birinde, hoş bir centilmenler kulübüne gitmişlerdi. *"Sidney,"* demişti Carl, *"Sana ilginç bir soru soracağım. Yakında ilk astronotlar gökyüzündeki bir cisme, aya ayak basacak. Hiç kimse ayda hayat olup olmadığını, sağlığımız için tehlikeli mikroorganizmaların bulunup bulunmadığını bilmiyor. Ya o astronotlar bilmeyerek bu organizmaları dünyaya getirirse? NASA bizi bu potansiyel tehdide karşı korumak için ne tür önlemler almalı?"* Bu problem, güzel bir kadeh şarabın ardından daha da hararetlenmişti. Çeşitli fikirler masaya yatırılmıştı. Elbette ikisinin de o mikroorganizmaların neye benzeyeceği hakkında en ufak bir fikri yoktu ve mantıksal ve bilimsel olarak, bu tür organizmalar var olamazdı ama ya var olsaydı?

Bu, düşünmeyi tetikleyen bir tartışmaydı. Belli belirsiz, astronotların sırf güvende olmak adına birkaç günlüğüne karantinada tutulması gerektiği noktasında uzlaşmışlardı. Aya yolculuklarda bu sadece bir formalite olabilirdi ama Mars'a seyahat etmeye başladıktan sonra, bulaşmalardan

uzak durmaya daha özen göstermemiz gerekirdi. Özellikle de Mars'tan bulaşabilecek şeyler hakkında özenli olunmalıydı ama bunun tam tersi de geçerliydi. Herkesin uyması gereken bir protokol geliştirilmeliydi. İkili, geçici olarak şu sonuca varmıştı: *"Gökyüzündeki bir cisimden diğerine mikrop bulaşma ihtimalinin, yüzde 0,1'den düşük olması gerektiğinde ısrarcı olalım."*

Sidney, bütün konuşmayı bilimkurgu hakkındaki bir başka düş olarak kabul etmişti. Bir ay sonra, kapı paspasının üzerine konuyla ilgili taslak metni görünce ne kadar şaşırdığını gözünüzde canlandırın: "Uzay Aracı Sterilizasyon Standartları ve Mars'tan Bulaşabilecek Mikroplar Hakkında." Bu metin, C. Sagan ve S. Coleman tarafından *Journal of Astronautics and Aeronautics* dergisine gönderilecekti. Metinde, bir gök cisminden diğerine karşılıklı ulaşma olasılığı için normun yüzde 0,1'den düşük olması gerektiği savunuluyordu. Dahası, astronotların nasıl karantina altına alınması gerektiği belirtiliyordu ve son olarak bir gezegenden diğerine bir hayat formunun her bireysel organizması için hayatta kalma şansının, on binde birden daha düşük olması gerektiği ortaya konuyordu.

Bu makale yayınlandı ve konuyla ilgili tek bilimsel makale olduğu için, uzay misyonlarının güvenlik boyutlarını ele alan özel bir NASA komisyonu olan COSPAR (Uzay Araştırma Komitesi) bu standartları benimsedi. Teksas eyaletinin Houston kentinde özel amaçlı bir bina inşa edildi. Lunar Receiving Laboratory (LRL) adlı bu binada, dünyaya dönen astronotlar karantina altına alındı ve buldukları her kaya, mühürlü bir odada ayrı ayrı incelendi. Elbette hiçbir bulguya rastlanmadı. İnsanlığın dünya çapındaki potansiyel bir felaket karşısında nasıl korunabileceğine, iyi bir şişe şarap eşliğinde yapılan bir sohbet sırasında karar verildi. Öykünün sonu.

Hangi doğaya sahip olursa olsun bir yaşam formunun dünya dışındaki bir gezegenden veya aydan gelme olasılığının, çok ama çok düşük olduğuna inanıyorum; bir sürü spe-

külasyona neden olan Mars ve Jüpiter'in ayı Europa için de aynı şey geçerli. Buna karşın, bizden birçok ışık yılı uzaklıkta bir yerlerde ilkel yaşam formlarının geliştiği hayal edilebilir. Bu ilkel yaşam formlarından herhangi bir zeki yaşam ortaya çıkarsa, her halükarda bu bizden çok uzaklarda gerçekleşirdi. Neden böyle düşündüğümü anlatayım.

Canlı organizmaların gerçekte ne olduğunu açıklamıştım: Canlı organizmalar, doğal süreçler aracılığıyla kendiliğinden ortaya çıkan neumannbotlardır. Her şey bakterilerle ve hatta daha ilkel yaşam formlarıyla başladı. Bunlar, milyarlarca yıl evrilerek dünya üzerinde şu anda bildiğimiz inanılmaz ölçüdeki karmaşık hayat çeşitliliğini yarattı. Ayrıca neumannbotları tasarlamanın ve oluşturmanın ne kadar zor olduğunu da açıkladım. Bunun, sadece sanal olarak ideal koşulların benzersiz bir şekilde bir araya gelmesinin sonucunda dünya üzerinde kendiliğinden bir şekilde gerçekleşebileceğine inanıyorum; tamamen doğru sıcaklık, ham maddeler ve ortamın yanı sıra evrimimizi şekillendiren çeşitli zorluklar ve kozmik olayların kusursuz bir birleşimi.

Herhangi bir gezegende bu tür bir şeyin gerçekleşmiş veya gerçekliyor olması ihtimali son derece küçüktür. Dünya üzerinde gerçekleşen ve hayatın kendiliğinden gelişimine yol açan olaylar, başka gezegenlerde de gerçekleşebilir ama gerekli koşullar grubu son derece enderdir. İşte bu nedenle, evrenimizin bize komşu olan bölgelerindeki çok az gezegende bu tür bir mucizenin gerçekleşebileceğine inanıyorum.

Bilimkurgu yazarları tarafından çoğu zaman görmezden gelinen bir doğa yasası vardır; bu bize uygulanmadığı gibi, uzaylı ziyaretçiler –uzay gemilerine binerek bizi ziyarete gelen ama görünüşe göre kendilerini dünyadaki bütün bilimsel araştırmacılardan gizleyen o küçük yeşil insanlar– için de uygulanmaz. Bu uzaylı ziyaretçilerin dikkatimizden kaçmaya devam etmesinin nedeni, benim için çok nettir çünkü yokturlar veya en azından burada yokturlar.

Mars'ta hiçbir yaşam formunun bulunmayacağını savunarak bir meslektaşımla bahse girmiştim ve güneş sistemi-

mizdeki bütün gezegenler ve aylar için de aynı bahse girmeye hazırım. Canlı organizmaların ortaya çıktığı en yakın gezegenlerin, bizden yüzlerce ışık yılı uzakta olduğunu ve zeki varlıklarınsa bundan da çok daha uzak bir mesafede aranması gerektiğini tahmin ediyorum. O uzaklıklarda, öylesine çok yıldız ve gezegen sistemi vardır ki olağandışı bir şeylerin gerçekleşmesi ihtimali, biraz daha yüksek olabilir.

Bu ifadenin, bilime değil, kişisel bir tahmine dayalı olduğunu kabul ediyorum. Fakat tahminimden yüz kat farklı olsa bile –ki bu kolaylıkla mümkündür– uzaylıların bize ulaşmak için düzinelerce ışık yılı seyahat etmesi gerekecektir. Onlar bile saniyede binlerce kilometreden daha hızlı seyahat edemeyecektir ve tıpkı bizim gibi, bu tür yolculukları kendileri yapmak istemeyecektir; neumannbotlar yapıp onları uzaya gönderecektir. Bu nedenle, herhangi bir uzaylı göreceksek, büyük bir ihtimalle robot –uzun mesafelere uzay yolculukları yapmaya adapte olacak şekilde üretilmiş zeki bir yaşam formu– olacaktır.

Bizim takvimimize göre binlerce veya hatta milyonlarca yıl sürecek seyahatler yapabilmek için gerekli güce, dayanaklılığa ve motivasyona sahip bir yaşam formu hayal edin. Meteorların etkilerine, radyasyonun vereceği hasara ve bu kadar uzun bir yolculukta sarsıcı etkiler yaratacak diğer yaşlanma kaynaklarına karşı kendilerini korumaları gerekecektir. Bu tür bir yolculuk yapan uzay aracının, zaman içerisinde gerçekleşebilecek her türlü hasarı onarmak için tüm araçlara sahip olması gerekir. Tahminime göre, bu tür gemiler tüm özelleşmiş robot topluluklarını içermelidir. En büyük engelin ise motivasyon olacağını düşünüyorum: Böyle bir şey neden denensin?

Aklıma gelmişken, bu sözde "panspermi" teorisine –ilkel varlıkların dış uzayda dolaşması ve bütün gezegenlere bulaşarak orada hayatın gelişebilmesini sağlaması fikrine– karşı da bir argümandır. Elverişli bir gezegene ulaşmadan önce uzayda milyonlarca yıl geçirme ihtimaline karşı mücadele ederek, içerdikleri bilgileri koruması ve yayması gereken

DNA veya benzeri moleküller için yüksek enerji parçacıklarından ve ultraviyole ışıktan yayılan radyasyon fazla tehlikelidir. Dış uzaydaki koşullar, iyi seçilmiş bir karasal atmosferin koruyucu özellikleriyle kıyaslanamaz. Uzayda veya yıldızlar arasında bolca bulunan ve bir yıldız sisteminden diğerine etkili bir dağılma mekanizması olarak kullanılması gereken küçük gök cisimlerinde (kuyruklu yıldızlar, asteroitler vs) evrim serbestçe gerçekleşemez. Bilimsel olarak konuşmak gerekirse, bu tür bir teori imkansız değildir ama gerçekleşmesi bana göre çok ihtimal dışıdır.

Ancak hayatın yayılabilmesinin bir yolu vardır; zekayı kullanmak. On Üçüncü Bölümde öne sürdüğüm gibi, neumannbotların çevremizdeki uzayı yavaş yavaş da olsa fethedeceğine inanıyorum. Bir asteroitten diğerine, Kuiper Kuşağından Oort Bulutuna ve oradan da başka yıldızlara sıçrayarak Plüton'un çok daha ötelerine gidebileceklerdir. Neumannbotlarımız saniyede düzinelerce kilometreden çok daha hızlı seyahat edemeyecektir ve bütün Samanyolu'nu bu hızla dolaşabilecektir. Bu demektir ki, birkaç milyon yıl içinde galaksimizin önemli bir kısmı neumannbotlar tarafından ele geçirilecektir.

Bu hesaplama bütünüyle tuhaf olmayabilir. Paleontologlar, insan uygarlığının dünya üzerine hangi hızda yayıldığını araştırmıştır. Yenilikçi tekniklere sahip yeni sakinlerin, her nesilde genellikle düzinelerce kilometre hızda yayıldığı ortaya çıkmıştır. Bu, insanların çevrelerini kolonileştirme hızıydı; yeni bir kuşak, kendisinden bir önceki kuşaktan birkaç kilometre uzağa yerleşmişti. Neumannbotlar için de aynı şey geçerli olacaktır; aynı hızla koloniler kullanarak yayılacaklardır ve bir sonraki yerleşilebilir asteroide saniyede yaklaşık birkaç kilometre hızla veya yüz bin yılda bir ışık yılında ulaşmayı başaracaklardır.

Neumannbotlar, bir yıldızdan diğerine birdenbire seyahat etmek yerine, bir asteroitten diğerine veya bir kuyruklu yıldızdan yıldıza sıçrayarak ilerleyecektir. Bu durumda, yaklaşık yüz milyon yıldan daha kısa bir sürede bütün

Samanyolu'na yayılabilmeleri mümkün olacaktır. Belki de tahminimden on kat farklı olabilir ama bir milyar yıl sürse bile bu çok hızlıdır. Samanyolu, neredeyse Evren kadar, on üç milyar yıldan daha yaşlıdır.

Galaksimizde insan benzeri bir uygarlığın bulunduğu başka gezegenler olsaydı, onların da benzer fikirlere sahip olması gerekirdi. Her şeyin gelişmesi on üç milyar yıl sürmez. Fakat bir milyar yıldan daha uzun bir süre önce bize benzer bir zeki yaşam formunun ortaya çıktığı bir gezegen olsaydı, onların neumannbotları bize ulaşmış olurdu. UFO'lar hakkındaki sayısız anlatıma rağmen, bunun gerçekleştiğini düşünmüyorum; UFO'ları görenlere saygısızlık etmek istemem ama bu tür neumannbotların hiçbir iz bırakmamış olması için ortada bir neden göremiyorum. Bu izleri, güneş sistemimizin herhangi bir yerinde hepimizin görmesi gerekirdi. Hiçbir iz bırakmadıklarına göre zeki yaşam formlarının galaksimizin herhangi bir yerine yerleşmiş olmasının mümkün görünmediği sonucuna varıyorum. Öte yandan, evrenimizin görünür olan kısmında milyonlarca galaksi vardır. Bunların birçoğunda uygarlıkların bulunması pekala mümkündür. Bu galaksilere sinyallerin ulaşması milyonlarca yıl sürdüğü için, iki taraflı iletişim kurulabilmesi ihtimal dışıdır ama bu tür bir uygarlığın tespiti –kim bilir– belki de mümkün olabilir.

Buradaki argümanlar, benden çok daha önce, fizikçi Enrico Fermi tarafından ileri sürülmüştü. Fermi'nin, uzaylılar hakkındaki retorik sorusu "*Herkes nerede?*" şeklindeydi. Kendisine tamamen katılıyorum. Elbette herhangi bir türden neumannbotun yıldızlar arası mesafeleri kat edebilmesinin temelde imkansız olduğu düşünülebilir; zira doğanın yasaları bir kuyruklu yıldızdan diğerine sıçrama konusunda çok esnek değildir. Doğal olarak, diğer insan benzeri uygarlıklar da neumannbotlar üretme fikrinden vazgeçmiş olabilir. Fakat neden? Bunun neden olacağını anlamıyorum.

On Yedinci Bölüm

GEZEGENLERLE OYNAMAK

Şimdiye kadar, insanlığın çok fazla doğa yasasını bariz bir biçimde çiğnemeden ve çok akıl dışı yatırımlar yapmadan girişebileceği maceralarla kendimi sınırladım. Her şey, şu anda doğanın yasaları hakkında bildiklerimizle veya daha doğru bir ifadeyle *benim* bildiklerimle uyumludur.

Bir adım daha ileri gitmeme izin verin. İnsanlığın bütün gezegenleri ve ayları neumannbotlarla veya kambotlarla işgal ettiğini ve maceracı kolonicilerin, gezegen sistemimizdeki bütün dünyalara yerleştiğini, bazılarının kendini yeni habitatlarına daha iyi uyum sağlamak için genetik olarak değiştirdiğini varsayalım. Ne de olsa birçok ay ve gezegende, dünyanın yerçekiminin çok azı vardır ve kolonicilerin kemikleri, bundan çok fazla etkilenmemelidir. Koloniciler, kemik kireçlenmesine direnç göstermek için genetik oluşumlarına bir şeyler eklemek zorunda kalacaktır. Dahası, başa çıkmaları gereken yeni gündüz-gece ritmine daha iyi uyum sağlayacak yeni bitki ve hayvan türleri yetiştirebilirler. Elbette Venüs bizim öncü ruhumuzun ötesinde olacaktır, çünkü çok sıcaktır ve gezegenin atmosferi, çok yoğun ve zehirlidir; devasa karbondioksit bulutları yüzünden, sera gazı etkisi en üst seviyeye çıkmıştır. Mars'a bakacak olursak, Kızıl Gezegen de çok soğuktur ve atmosferi çok incedir; yeterince sera gazı yoktur.

Ama bir milyon yıl ilerlediğimizi hayal edin. Dünyalaştırma belki uygulanmıştır, belki de uygulanmamıştır. Başka yapılabilecek bir şey yok mu? Habitatları iyileştirmek için Venüs'ü ve Mars'ı biraz hareket ettiremez miyiz? Bu sorular, nanoteknolojideki başarılarımızın tam tersi istikametinde bir gelişimle ilgilidir; sadece küçük cisimleri değil, devasa büyüklükteki cisimleri de manipüle etmek istiyoruz. Küçük

gezegenlerin, asteroitlerin dünyasında mikro kütleçekim vardır. Bu nedenle, dünya üzerindeki greyderler ve maden eritme ocaklarından çok daha büyük makineleri kullanabileceğiz. Küçük dünyaları fethederken, neden büyük dünyaları fethetmeyelim? Asteroitler iyi bir başlangıç noktası olabilir; her boyutta asteroit bulmak mümkündür.

Bunun neden zor olacağı sorusunu doğrudan yanıtlamak istiyorum; zamandan ötürü. Genel olarak, büyük cisimler küçüklere oranla çok daha yavaş hareket eder ve bu nedenle bütün değişiklikler, dünyevi bakımdan çok yavaş olacaktır. Örneğin Gerry O'Neill'in silindir şeklindeki uzay kolonilerini inşa etmek için asteroitlerden elde etmeyi planladığımız muazzam miktarlardaki çeliğin, uzaydaki devasa maden eritme ocaklarında işlenmesi gerekecektir. Bu işe yarasa bile sırf büyüklükleri nedeniyle yeryüzündeki ocaklara kıyasla çok yavaş çalışacaktır.

Her neyse, gezegenlerin yörüngelerini etkileyebilir miyiz? Öncelikle, her şeyi tamamen farklı bir gözle görmemi sağlayan bilimsel çalışmaya rastlayana dek ilkesel bir olasılık olarak kabul ettiğim şeyi açıklamak istiyorum. En küçük asteroitlerden başlayarak, bunları uzayda dolaşmakta olan daha küçük kayalara kablolarla bağlarız. Bu kayalar, roketler kullanılarak taşınabilecek kadar küçüktür. Asteroit ve kaya, bir sapan oluşturur. Bunların arasındaki bağlantıyı doğru anda keserek, asteroidin yörüngesinde küçük ama önemli değişiklikler yapabiliriz. Örneğin iki asteroidin çarpışmasını sağlayabiliriz veya daha da iyisi, bu asteroitleri daha büyük bir gezegenin kütleçekim alanına doğru yönlendirebiliriz. Tam olarak, bir asteroidin daha büyük bir gezegene yaklaştığı anda, hızda başka bir değişiklik yapılırsa, gezegenin kütleçekimi bu etkiyi büyük ölçüde artırır. Böylelikle, asteroitlerin yörüngelerinde önemli değişiklikler yaratabiliriz.

Asteroidimizin, Venüs ya da Mars gibi daha büyük bir gezegene yaklaşmasını sağlarız. Asteroit ve gezegen de bir sapan oluşturur ama çekim gücü çok daha büyük olur; asteroit bir gezegene yaklaştıkça, kinetik enerjisinde bazı değişiklik-

ler olur. Daha net bir ifadeyle, değiştirmek istediğimiz iki fiziksel özellik vardır; kinetik enerji ve yörüngesel açısal momentum. Açısal momentum, gezegenin yörüngesinin merkez noktası etrafındaki dönüş hareketini ifade eder. Mekaniğin bu ilkelerine aşina değilseniz, buna ilişkin formüllerin ayrıntılarıyla sizi sıkmak istemem. Bu fikrin temel noktası, asteroitleri taşımanın bir yolunun olabileceği ve bunun daha sonra gezegenlerin orijinal yörüngelerinden uzağa hareket ettirilmesini tetiklemek için kullanılabileceğidir.

Kendi asteroitlerini yönlendirmeleri için ekipler oluştururduk. Her ekip, bir gezegenden diğerine mümkün olabildiğince çok kinetik enerji ve yörüngesel açısal momentum transfer etmeye çalışır. Bunun için en az üç gezegene ihtiyaç duyarız; örneğin Venüs, Mars ve Jüpiter. Jüpiter, yörüngesinin dışına hareket ettirmek için fazla büyüktür ama kinetik enerjisi ve yörüngesel açısal momentumu bizim için faydalıdır.

Bu yöntemi kullanarak Venüs'ü güneşten biraz uzaklaştırmak ve Mars'ı güneşe biraz yaklaştırmak milyonlarca yıl sürebilir. Bu sayede Venüs ve Mars daha yaşanabilir veya en azından daha konuksever hale gelebilir. Yeni yörüngelerinde, bu gezegenler kendi evrim tarihlerini yazmaya ve belki de yaşamı yaratmaya veya en azından insanlığın getirdiklerini koruyabilmeye başlayabilir.

Gezegenleri yeni yörüngelere taşımak için hem gezegenlerin hem de asteroitlerin yörüngesel karakteristiklerini kesin olarak ölçüp hesaplayabilmemiz çok önemlidir ama bunun bir problem teşkil etmemesi gerekir: Dünya ve ay arasındaki mesafe, sadece dört milimetrelik bir marjla tespit edilebilmiştir. Bu, zamanla mikron ve daha da uzak bir gelecekte nanometreye dönüşecektir.

Fikrin orijinali buydu ama gerçeklik hiç şüphesiz çok daha karmaşıktır, çünkü bütün gezegenler ve aylar birbirlerinin hareketlerini etkiler. Bu etkiler minimaldir ama binlerce yıllık bir zaman diliminde fark edilebilir hale gelir; örneğin Mars on binlerce yıl öncekine oranla günümüzde dünyaya

daha yakındır. Mars'ın yörüngesi sabit değildir ve gittikçe eliptik bir şekil almaktadır. Buna, gezegenlerin bugünkü konumları neden olmuştur. On bin yılda, bu dış merkezlilik yine kaybolacaktır. Sonuç olarak, güneş sistemimizdeki çeşitli gezegenler yörüngelerinde varyasyonlar gösterir ama zamanla orijinal konumlarına geri döner. Uzak geçmişte, sistemin stabilize olması milyonlarca yıl sürmüştü ve ne yapmaya çalışırsak çalışalım, birkaç bin yıl sonra şu anki koşula dönülecektir. Bu nedenle Venüs'ü güneşten uzaklaştırmaya ve Mars'ı da güneşe biraz yaklaştırmaya yönelik zahmetli çabalarımız, ek önlemler alınmadıkça başarısız olacaktır.

Aslını söylemek gerekirse, sistemin içinde belirli bir seviyede *kaos* vardır. Yörüngesel parametrelerin dalgalanma şekli tamamen öngörülemez; bunun için fazla karmaşıktır. Aslında, dünyadaki hava koşullarının davranışını andırır; uzun periyotlar boyunca, *ortalama* hava büyük ölçüde tahmin edilebilir ama kısa vadede hava sert bir biçimde dalgalanır. Bu tahmin edilemez; çünkü ne kadar küçük olursa olsun her varyasyon, hava koşulunda bütünsel bir değişikliğe dönüşür. Hesaplamalarımızda yaptığımız her yuvarlama hatası, ne kadar küçük olursa olsun, belirli bir süre zarfında tahminlerimizde hatayla sonuçlanacaktır. Bu, bilimde "kaos" adını verdiğimiz şeydir.

Yörüngesel unsurları en şiddetli şekilde dalgalanan gezegen Plüton'dur. Plüton, büyük bir olasılıkla ortalama yörüngesinde kalır ama tamamen farklı bir yörüngeye kayması veya hatta güneş sistemimizi tamamen terk etmesi ihtimali tamamen yok sayılamaz. Bu, kanat çırpan küçük bir kelebeğin, birkaç hafta sonra hava koşulumuzu belirgin bir şekilde değiştirmesi gibidir.

Mars büyüklüğünde bir gezegenin eklenmesi durumunda, gezegen sistemimize ne olacağını tanımlamak için hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Araştırmacıları şaşırtacak bir şekilde, yabancı gezegenin zaman içerisinde orijinal konumlarına dönecek diğer gezegenler tarafından gruptan dışlanacağı ortaya çıkmıştır.

İstikrarın kendi koşulları vardır: Küçük değişiklikler yok edilir ama yörüngeler çok şiddetli değişirse, istikrar kaybolabilir. Gezegenler birbirlerine çarpabilir veya birbirinin ayları haline gelebilir. Bu fikrim hayata geçirilseydi, gezegen sisteminin istikrarı kaybolabilirdi. Dünyayı dışta bırakacak olsaydık bile yörüngemiz değişebilirdi ve dünya ile Mars veya Venüs arasındaki bir çarpışmayı önlemek güç olabilirdi.

Bu çarpışmalardan uzak durmamız gerektiği gibi, gezegenlerin çok fazla yakınlaşmaması da gerekir. Venüs veya Mars, dünyaya ay kadar yaklaşırsa, gelgitlerin kuvveti yıkıcı tayfunlara ve depremlere yol açar. Yörüngesel unsurlar, belirli sınırları aşmamalıdır, çünkü bu sınırları aştıkları takdirde bütün kontrolü kaybedebiliriz.

Bu nedenle, kaos bir problem teşkil etmeye devam eder ama aynı zamanda kendi çözümü de olabilir. Son derece gelişmiş bir uygarlık, sistemde önceden hesaplanmış çok karmaşık kesintilere neden olarak bu istikrarsızlığı gezegenleri makul yörüngelere yerleştirmek için kullanabilir. Bilim insanlarının her bir gezegenin ve ayın kütlesini ve konumunu büyük bir kesinlikte ölçebilmesi ve hesaplayabilmesi gerekir. Ancak gezegenlerle oynamanın hiç sonu gelmeyeceği için ister istemez problemle karşılaşılacaktır; zira kontrol elden kaçarsa felaketler kaçınılmazdır.

Kaos var oldukça, gezegensel yörüngeleri değiştirmek isteyen gelişmiş bir uygarlık, belki de bu bölümün başında açıkladığımdan daha zekice bir yöntem bulabilir. Venüs, Mars ve Jüpiter arasında asteroitleri devasa sarkaçlar gibi savurmanın hiçbir anlam ifade etmediğini anlayacaklardır ve bunun yerine, Plüton'a yörüngesini değiştirmek için asteroitler gönderilecektir. Plüton zaman içerisinde Mars ve Venüs'ün yörüngelerinde önceden hesaplanmış değişikliklere neden olacaktır.

Büyük bir ihtimalle, dünyayı yeniden konumlandırmak da isteyeceklerdir. Güneşi inceleyen gökbilimciler, önümüzdeki yüz milyonlarca yılda daha büyük ve parlak hale geleceğini bilir. Aynı zamanda daha sıcak olacaktır. O tarihte,

dünyanın güneşten biraz daha uzakta olmasını isteyeceğiz. Bu kadar hırslı planlara sahip bir uygarlığın, bizim yapamadıkları yapabilmesi gerekecektir; meyveleri milyonlarca yıl içinde toplanacak yatırımlar yapmanın anlamı ve hassasiyeti anlaşılacaktır. Bu uygarlıklar, bizimkinden tamamen farklı bir politik sisteme ihtiyaç duyacaktır!

On Sekizinci Bölüm

İDİOKRASİ

Önceki bölümün yeterince uçuk olmadığını düşündüyseniz, kitapçılardan herhangi bir bilimkurgu kitabı almanızı tavsiye ediyorum; zira bilimkurgu yazarlarının büyük bir bölümü, çok daha gerçek dışı veya hatta tamamen imkansız kavramlar kullanmaktadır. Benzer şekilde, Ed Regis hayali fütüristik fantezilerini *Great Mambo Chicken and the Transhuman Condition: Science Slightly over the Edge* [*Büyük Mambo Tavuk ve İnsanlık Durumu*] adlı kitabında açıklar. Ölümcül bir hastalığa yakalandıkları veya çok yaşlandıkları için ölümlerinin yaklaştığını gören insanlar, bilimin onları çözüp iyileştireceği beklentisiyle bedenlerinin dondurulup saklanmasını ister. Peki, bu hassas dondurma prosedürü doğru biçimde gerçekleştirilebilecek midir? Gelecekteki uygarlıkların, herhangi birini isteğe bağlı olarak dondurmasını bekleyebilir miyiz? *"Çok kötü ama kalıcı olarak zarar görürsünüz ve bedeninizi çöplerimizin geri kalanıyla birlikte uzaya göndeririz,"* demeyecekler midir? Regins, bu aşırı iyimserliği "kibir" olarak nitelendirir; bu, aşırı kendini beğenmişlik ve megalomaninin avanaklıkla karışımıdır.

İnsan beyninin, elektronik makinelerle iç içe geçeceği ve insan neslinin, melez robotlar olarak varlığını sürdüreceği bir geleceği hayal edenler de vardır. Yeni bilimsel gelişmeler nedeniyle bütün yaşlanma süreçleri durdurulacaktır ve hiç kimse ölmeyecektir. Daha sonra da, bu yarı insan yarı robotlar bütün evreni fethedecektir. Saniyede yaklaşık bin kilometre hızda seyahat edilebileceğini öngören pratik bilimsel kısıtlamaları açıklamış olsam da, bu varlıklar ışık hızı gibi küçük bir engelle kısıtlanmayacaktır. Nihayetinde "Omega noktası"na ulaşılır ve insan bilinci, bütün kozmosla birleşir.

Uzay Yolu gibi bilimkurgu dizilerinden ilham alarak, süper-uzaya devasa sıçramalar yapabileceğimizi ve uzay gemilerimizle bir gezegenden diğerine sapma hızıyla ulaşabileceğimizi hayal ettik ama bunu yaparken görelilik teorisinin bütün yasalarını göz ardı ettik ve her türlü mantıksal akıl yürütmenin ötesine geçtik. Benim dünyamda, bu tür mesafelere yapılacak bir yolculuk, on binlerce yıl sürer ve o zaman bile yıldızlar arası veya galaktik açıdan çok uzağa gitmemiş olursunuz. Astronomik enerji masrafları, bu tür bir durumda kaçınılmaz olan ölümcül radyasyon ve bu tür bir yolculuğun masraflarını karşılamaya değmeyecek olması nedeniyle insanları ışık hızına yakın bir hızla bir yerlere gönderebilmek ihtimal dışıdır.

Bu nedenle, insanlar bunu yapamayacaktır ama belki de biyolojik hayat bunu yapabilir. Neumannbotlarımız, dondurulmuş bakterileri ve alglerin yanı sıra uygun bir gezegene ulaştıktan sonra daha üstün yaşam formlarını başlatmak için gerekli bütün bilgileri beraberlerinde götürmek isteyecektir. Böylelikle, istersek biyolojik hayatı yayabiliriz.

Tekrar tekrar karşılaştığım ikinci bir idiokrasi, iletişimle ilgilidir. Birçok bilimkurgu öyküsünde, diğer galaksilerdeki uygarlıklarla temas kurabilmek için ışık hızından çok daha hızlı iletişimin mümkün olacağı varsayılır. Ancak katı doğa yasalarına göre her mesajın yanıtlanabilmesi uzun yıllar alacaktır; hatta ve hatta çok uzakta olmayan yıldız sistemleri için bile yüzlerce yıl sürecektir. Hiçbir hızlı macera öyküsü, bu engeli öykü çizgisi içinde aşamayacaktır! Çok kötü.

Bir başka popüler çözüm daha da ucuzdur: Neden telepatik veya diğer psişik güçlerimizi kullanmıyoruz? Dünyamız, birçok paragnostik ve paronormal (doğaüstü) "yetenekli" bireyi tanır. Bunlar hakkında o kadar çok şey duyarız ki neredeyse özel güçlere sahip olduklarına inanırız: Doğa yasalarının belirlediği sınırlamalardan hiçbir şekilde etkilenmeyen olaylar ve fenomenler duyarız. Doğaüstü kanallar aracılığıyla iletişim kurabiliriz ve paragnostikler, görelilik teorisi hakkında çok az anlayışa sahip olduğundan, bu bile ciddi bir engel olarak düşünülmez.

Bütün bu sözde fenomenlerin sadece hayal gücümüzde var olduğunu, hiç kimsenin doğaüstü yeteneklere sahip olmadığını ve ne kadar tutarsız olursa olsun bu bilgi alışverişinin sadece Doğa'nın yasalarına göre gerçekleşebileceğini tekrar tekrar vurguladım. Bu konuda bahse girdiğim için bana gülenler ve alay ederek yaklaşanlar da eksik olmuyor ama haklı olduğumu düşünüyorum; kendi web sitemde özel güçlere sahip olduğuna inanan her doğaüstü kişiyi bunu ispatlamaya davet ediyorum. Bir tek testi geçmeleri gerekiyor; bu testin koşullarını kendim formüle ettim ve doğaüstü olaylarla ilgili sayısız iddianın, en ufak bir doğruluk payı taşımaları durumunda kolayca ispatlanabileceğine inanıyorum. Şimdiye kadar, davetime bir yanıt alamadım. Buna inananlardan biriyseniz üzgünüm. Hiç kimseyi ikna edebileceğim gibi bir illüzyona kapılmıyorum ama duygudaş da olmayacağım.

Dünyaca ünlü illüzyonist James Randi de doğaüstü güçlere sahip olduğu konusunda kendisini inandırabilecek herkese bir milyon dolar vermeye hazır olduğunu açıklamıştır. Şimdiye kadar hiç kimse bu ödülü alamamıştır. Birçok iddia, tam olarak tespit edilemeyecek kadar belirsizdi.

Yeni bilimsel ve teknolojik boyutlara sahip mega projeler, insanlığı daha büyük bir düzleme yerleştirebilecek mi? Komşu gezegenlerde ve aylarda insan kolonileri olabilecek mi? Makinelerimiz yakınlardaki yıldızlara ulaşabilecek mi? Güneşteki patlamalar artarsa, dünyanın yörüngesini biraz değiştirebilecek miyiz?

Bir süre önce, Kopenhag'da bir konferansa katılıyordum ve bir öğleden sonra şehri dolaşma fırsatım oldu. Derin düşüncelere dalmış bir şekilde, deniz kenarında yürürken dünyaca ünlü bir heykelin yanından geçtim. Bir mutasyon? Genetik bir manipülasyon? Suda yaşamak isteyen bir insandan mı söz ediyoruz? Limanda, biraz ileride büyük bir gemi yanaşmıştı. Yanına gidince ne kadar devasa bir gemi olduğunun vardım. Eski moda bir yolcu gemisiydi. Sayısız yolculuk yapmış olmalıydı. Geminin başındaki süslü yazının farkına vardım: Statendam!

Babamın gemilerinden biriydi, bir transatlantikti, denizde yüzen bir kentti! 1957 yılında annemin o gemide çekilmiş bir fotoğrafı var. Birdenbire, geleceğin elli yıl önce nasıl göründüğünü anladım: Hayatlarınıza yeni boyutlar katacak çok büyük gemiler düşlemiştik. Her çağ kendi rüyalarını üretir ve bunların içinde gerçekleşenler her zaman olur. Yeter ki mühendisliğin yasalarına ve fiziğin kesin ve güzel yasalarına uygun olsunlar.

Web Siteleri[1]

Bu kitaptaki konular hakkında daha fazla bilgiyi aşağıdaki web sitelerinden bulabilirsiniz:

Moore'un Yasası:
http://www.intel.com/technology/mooreslaw/

Maasdam:
http://www.destinationoceans.com/cruise-resources/lines/hollandamerica-line/maasdam.cfm

Profesör Frits Schoute'nin eko-teknesi:
http://www.ecoboot.nl

Doğu Kolombiya'daki savanın Zero Emission Research and Initiatives tarafından ormanlaştırılması:
http://www.zeri.org

Bir kar tanesi olarak dünya:
http://en.wikipedia.org/wiki/snowball_earth

Merdivenli değirmen:
http://www.ockels.nl

Pioneer 10:
http://www.nasa.gov/mission_pages/pioneer/index.html

Moon Hotel:
http://www.rombaut.nl/

Mariner Flyby:
http://home.earthlink.net/~nbrass1/mariner/miv.htm

Uzay Kolonileri:
http://space.mike-combs.com

[1] Web sitelerinin değişken olabileceğine lütfen dikkat edin; bu kitap yazıldığı sırada var olan bu web sitelerinin bazıları artık var olmayabilir. Okuyucuya, benzer siteleri araması tavsiye edilir. Modern ICT teknolojisiyle bunları bulmak genellikle zor değildir.

Cassini-Huygens:
http://saturn.jpl.nasa.gov/home.index.cfm

Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu:
http://en.wikipedia.org/wiki/oort_cloud

Yazarın ana sayfası:
http://www.phys.uu.nl/~thooft

James Randi Educational Foundation (Million Dollar Challenge):
http://www.randi.org

İllüstrasyonlar

Yayıncı, bütün eser sahiplerini belirlemeye çalışmıştır. Ancak bu eserlerde hak iddia edenler World Scientific Publishing Co. ile editor@wspc.com.sg e-posta adresinden temas kurabilir.

Sayfa 72: Gunter Pauli, Zero Emissions Research and Initiatives (ZERI)
Sayfa 116: Space Telescope Science Institute, NASA
Ayrıntılı bilgi için:
http://www.zeri.org
http://hubblesite.org/newscenter/archive/

ALFA Bilim Dizisi



ATOMLARIN DANSI
Evren Hakkında Bilmeniz Gereken Her şey
Marcus Chown / çev. İmge Tan



TANRI BEYNİ
Beyin Neden İnanç Üretir?
L.Tiger & M. McGuire / çev. Ayşe Seda Toksoy



MEM MAKİNESİ
Genetik Evrimin Devamı Olarak Kültürel Evrim
Susan Blackmore / çev. Nil Şimşek / Önsöz: Richard Dawkins



ŞAKANIN ARDINDAN
Postmodernizmin Bilimsel, Felsefi ve Kültürel Eleştirisi
Alan Sokal / çev. Gülsima Eryılmaz



DÜŞÜNCENİN KÖKENİ
Beynimiz Nasıl Çalışır
Andrew Koob / çev. Nilgün Güngör



BÜYÜK BULUŞLAR
Tıp Alanında 10 Önemli Buluş
Jon Quei jo / çev. Ekin Duru



İNANAN BEYİN
İnançları Doğru Gibi Kurgulama ve Pekiştirme Süreci
Michael Shermer / çev. Nurettin Elhüseyni



UZAYIN ve ZAMANIN DOĞASI
İçinde Yaşadığımız Evrenin Gerçekliği
Stephen Hawking & Roger Penrose / çev. Umur Daybelge



101 SORUDA KUANTUM
Göremediğiniz Dünya Hakkında Bilmeniz Gerekenler
Kenneth W. Ford / çev. Barış Gönülşen



MEMETİK EVRİM
Nasıl Düşündüğünüz Üzerine Yeni Bir Kuram
Robert Aunger / çev. Sinem Çevik



EMPATİK BEYİN
Ayna Nöronlarının Keşfi İnsan Doğasını Anlama Yetimizi Nasıl Değiştirdi?
Christian Keysers / çev. Aybey Eper



SEVİŞEN BEDEN
Her Yönüyle Kadın ve Erkek Cinselliği
Sharon Moalem / çev. Begüm Turgut



NASIL YAŞARIZ NEDEN ÖLÜRÜZ
Hücrelerin Bilinmeyen Yaşamı ve Evrimi
Lewis Wolpert /çev. Cansu Bilgici, Tufan Göbekçi



HAZZIN BİLİMİ
Sevdiğimiz Şeyleri Neden Sevdiğimiz Hakkında Yeni Bilim
Paul Bloom / çev. Ahmet Birsen



MADDE ve BİLİNÇ
Zihin Felsefesine Güncel Bir Bakış
Paul M. Churchland / çev. Berkay Ersöz / Önsöz: Saffet Murat Tura



VİRÜS GEZEGENİ
Yaşam ve Ölüm Veren Ezeli Yoldaşlar
Carl Zimmer / çev. Müzeyyen Aykaç



ÜÇ ADIMDA EVREN
Güneş'imizden Karadeliklere, Kara Enerji'den Kara Madde'ye Evrenin Gizemi
David Garfinkle & Richard Garfinkle / çev. Deniz Guliyeva Tarcan



DOST ve DÜŞMAN BAKTERİLER
Dünyanın Neden Bakterilere İhtiyacı Var?
Anne Maczulak / çev. Burcu Münevveroğlu



YAPAY MAYMUN
Teknoloji İnsan Evrimini Nasıl Değiştirdi?
Timothy Taylor / çev. Nimet Aylin Muhaddisoğlu



RASTLANTI VE ZORUNLULUK
Modern Biyolojinin Doğa Felsefesi
Jacques Monod / çev. Elodie Eda Moreau



ARŞİMET'İN EL YAZMALARI
Dünyanın En Önemli El Yazmasının Ortaya Çıkışı
Reviel Netz & William Noel / çev. Zennur Anbarcıoğlu



BENİM GÖZÜMDEN DÜNYA
Albert Einstein / çev. Demet Evrenosoğlu



SINIRLARIN ÖTESİ
Beyin ve Makineyi Birbirine Bağlayan Yeni Nöroloji ve Değişen Hayatlarımız
Miguel Nicolelis / çev. Kerem Çiftçioğlu



URANYUM SAVAŞLARI
Nükleer Çağı Başlatan Bilimsel Rekabet
Amir D. Aczel / çev. Barış Gönülşen



ÇOKLU EVRENLER
Kuantum Fiziğinin Evrenleri
John Gribbin / çev. Emin Karabal



İLK ŞEMPANZE
İnsanın Kökeninin Arayışı
John Gribbin / çev. Özge Kelekçi



KÜLTÜRÜN DARWİNCİLEŞMESİ
Memetik Biliminin Değerlendirmesi
Robert Aunger / çev. Ayça Sağlam



TÜKETİMİN EVRİMİ
Cinsiyet, Statü ve Tüketim
Geoffrey Miller / çev. Gülçin Vardar



FİZİK YASALARI ÜZERİNE
Richard P. Feynman / çev. Nermin Arık



NEDEN SİZDEN BAŞKA HERKES İKİYÜZLÜDÜR
Evrim ve Modüler Akıl
Robert Kurzban / çev. Zafer Avşar



DARWİN ve EVRİM TEORİSİ
Evrimi Anlamak İçin Binbir Hayvan Hikayesi
Marc Giraud / çev. Özgü Berksoy



BÜYÜK PATLAMANIN IŞIĞI
Zamanın Başlangıcından Gelen Mesaj
Marcus Chown / çev. Çiğdem Çevrim



SON MODA SAÇMALAR
Postmodern Aydınların Bilimi Kötüye Kullanmaları
Alan Sokal & Jean Bricmont /
çev. Barış Gönülşen



21. YÜZYIL İÇİN EINSTEIN
Bilim, Sanat ve Modern Kültüre Bıraktığı Miras
Peter L. Galison, Gerald Holton ve Silvan S. Schweber
çev. Nursel Yıldız



GÜVENEN BEYİN
Nörobilim Ahlak Hakkında Bize Ne Anlatır?
Patricia S. Churchland
çev. Yelda Türedi



BEYİN
Beynin Yapısı, Görevi ve Bozuklukları Üzerine Resimli Bir Rehber
Rita Carter /
çev. Güneş Kayacı



HAYATIN KÖKLERİ
İlk Canlılar Nasıl Oluştu?
Mahlon B. Hoagland
çev. Şen Güven



ÜÇÜNCÜ ŞEMPANZE
İnsan Türünün Evrimi
Jared Diamond
çev. Çağatay Tarhan



BAY TOMPKİNS'İN SERÜVENLERİ
Kuantumun Şaşırtıcı Dünyası
George Gamow
çev. Tuncay İncesu



EMİNİM ŞAKA YAPIYORSUNUZ BAY FEYNMAN
Meraklı Bir Şahsiyetin Maceraları
Richard P. Feynman /
çev. Tuncay İncesi



KARA DELİKLER ve BEBEK EVRENLER
Stephen Hawking /
çev. Nezihe Bahar



BİRAZ KUANTUMDAN ZARAR GELMEZ
Evren Hakkında Kışkırtıcı Bir Kılavuz
Marcus Chown /
çev. Taylan Taftaf



BİLİMSEL GERÇEKÇİLİK ve ZİHNİN ESNEKLİĞİ
Paul M. Churchland /
çev. Ekrem Berkay Ersöz



CEVİZ KABUĞUNDAKİ EVREN
Stephen Hawking
çev. Kemal Çömlekçi



FEYNMAN'IN KAYIP DERSİ
David L. Goodstein/
Judith R. Goodstein
çev. Zekeriya Aydın



BAŞKALARININ NE DÜŞÜNDÜĞÜNDEN SANA NE
Richard Feynman
çev. Lale Aykent Tunçman-
Tuna Aykent Tunçman



ZAMANIN RESİMLİ KISA TARİHİ
Stephen Hawking /
çev. Barış Gönülşen



ZAMANIN KISA TARİHİ
Stephen Hawking /
çev. Barış Gönülşen



ÇİPLER, KLONLAR VE 100 YAŞ ÖTESİ YAŞAM
Biyolojik Bilimler Bizi Ne Kadar Uzaklara Götürecek
Joyce A. Schoemaker-Paul J.H. Schoemaker / çev. Aybey Eper



KÖKEN AĞACI
Primat Davranışı İnsanın Toplumsal Evrimi İçin ne Söyleyebilir?
Frans B.M. de Waal /
çev. Dilek Eylül Dizdaroğlu



DERİN BASİTLİK
Kaos, Karmaşa ve Yaşamın Ortaya Çıkışı
John Gribbin /
çev. Arda Barişta-Alkım Kızıltuğ



ERWİN SCHRÖDİNGER VE KUANTUM DEVRİMİ
John Gribbin /
çev. Prof. Dr. Bahattin Mehmet Baysal



HAYVANLAR NE İSTER?
Hayvan Bilinci, Hayvan Refahı ve İnsanın Esenliği
Marian Stamp Dawkins /
çev. Çağatay Tarhan



KÜLTÜR
Önde Gelen Bilim İnsanları Toplum, Sanat, İktidar ve Teknolojiyi Tartışıyor
John Brockman /
çev. Ferhat İyidoğan



ALTI KOLAY PARÇA

Richard P. Feynman /
çev. Zekeriya Aydın



ZİHİN

Editör: John Brockman /
çev. Zeynel Gül-Beyza Bilal



DÜNYA DIŞI YAŞAMLA İLK TEMAS
Astrobiyoloji hakkında merak ettiğiniz her şey
Marc Kaufman /
çev. Aybey Eper



ALBERT EINSTEIN-MILEVA MARIĆ AŞK MEKTUPLARI

Jürgen Renn ve Robert Schulmann /
çev. Nursel Yıldız



DARWIN'İN TEHLİKELİ FİKRİ
Evrim ve Hayatın Anlamı

Daniel C. Dennett /
çev. Aybey Eper-Bahar Kılıç

GERARD'T HOOFT

BİLİM KURGULARI

Bilimsel Temellere Dayanan Gelecek Tasarımları

Maddenin Son Yapıtaşları'nın yazarı Nobel ödüllü ünlü teorik fizikçi Gerard't Hooft bu kitabında karşımıza bir öykü anlatıcısı olarak çıkıyor. Ama bu öyküler ölçüsüz fanteziler değil, hepsi bilimsel gerçekliğe dayanmakta. Matematik veya fizik eğitimi almamış okurların anlayacağı dilde yazılan *Bilim Kurguları* aslında gelecek hakkındaki spekülasyonlardan oluşmakta. Bilim kurgu ve bilimsel olgularla iç içe geçer; bu bazılarının "bilimsel olgu" olarak bildiği bir karışımdır; yazarın anlatımıyla "gerçek bilim yoluyla ilham alınabilecek fantastik kurguların ve hayallerin kişisel bir ifadesidir."

"*Bilim Kurguları* ekstrem fütürolojiyle ilgili…Fizik yasalarını ihlal ettiklerinden dolayı hiç bir zaman gerçekleşemeyecek olan bilimkurgulardan farklı olarak, Gerard't Hooft'un bu kitabı geleceği bilimsel olarak tarif ediyor. Eğlenceli ve mizahi bir anlatıma sahip…"

–Simon Mitton, Cambridge Üniversitesi Bilim Tarihi ve Felsefesi Profesörü

"Geleceğin gizemli olduğunu düşünüyorsanız bu kitabı okuyun. Nobel ödüllü Profesör Gerard't Hooft bilimsel gerçekçilikten ayrılmadan, geleceğin nasıl olabileceğini anlatıyor."

–ABE Books

ALFA
Ticarethane Sokak, No: 15, 34110
Cağaloğlu, Fatih - İstanbul
T. 0212 513 3420 (pbx)
F 0212 519 3300
www.alfakitap.com



ALFA BİLİM
ISBN: 978-605-106-842-8