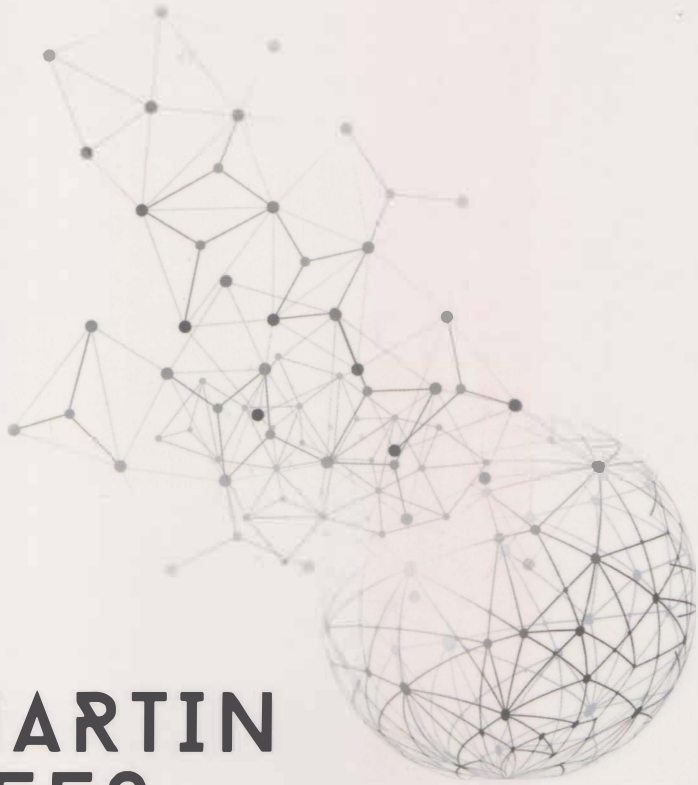
YARININ DÜNYASI

GELECEKTE İNSANLIĞI NELER BEKLİYOR?

Türkçesi: *Ayşenur Bayraktaroğlu*

KETEBE BİLİM



MARTIN REES

KETEBE

KETEBE

ISBN: 978-625-8159-96-7
© 2018 Ketebe Kitap ve Dergi Yayıncılığı A.Ş.

ketebe.com

Ketebe Yayınları: 816 | **Bilim**

Yayın Yönetmeni
Furkan Çalışkan

Dizi Editörü
Murat k. Murat

Yayıma Hazırlayan
Yağmur Yıldırımay Bayrakçı

Düzelti
Mustafa Aplay

Kapak
Harun Tan

Mizanpaj
Serap Şahin

1. BASKI

Kasım 2022
İstanbul

Ketebe Yayınları
Sertifika No: 49619
Maltepe Mahallesi Fetlh
Caddesi No: 6 Dk: 2
Topkapı 34010 İstanbul
Tel: 212 612 29 30
e-mail: ketebe@ketebe.com

Baskı ve Cilt
Matsis Matbaa Hizmetleri
San. ve Tic. Ltd. Şti
Sertifika No: 40421
Tevfik Bey Mah. Dr. Ali Demir Cad.
No: 51 Sefaköy Küçükçekmece /
İstanbul Tel: 212 624 21 11

© Özgün adı *On the Future: Prospects for Humanity* olan bu kitabın Türkiye hakkı Princeton Universty Press ile anlaşmalı olarak Ketebe Kitap ve Dergi Yayıncılığı A.Ş.'ye aittir. İzi iz yayımlanamaz. Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.

YARININ DÜNYASI

GELECEKTE İNSANLIĞI NELER BEKLİYOR?

MARTIN REES

Türkçesi: *Ayşenur Bayraktaroğlu*

KETEBE

Martin Rees

Martin Rees, İngiliz astrofizikçi ve kozmologtur. Cambridge Üniversitesi'nden mezun olduktan sonra Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler'de doktora sonrası pozisyonlarında bulundu. 1973'te King's College üyesi oldu. 1991 yılına kadar Cambridge'te görev aldı. 1992'den 2003'e kadar Royal Society'de çalıştı. 2004-2012 yılları arasında Trinity College'ın önemli isimleri arasında olan Rees'in çalışma alanları galaksi oluşumu, kara delikler, Dünyadışı yaşam vb. konulardır.

Ayşenur Bayraktaroğlu

1993'te İstanbul doğdu. Özel Asfa Fen Lisesi'nden mezun olduktan sonra Boğaziçi Üniversitesi'nde Fen Bilgisi Öğretmenliği okudu. Amatör şekilde minyatür sanatıyla ilgileniyor.

İÇİNDEKİLER

İLK BASKIYA ÖNSÖZ	9
YENİ BASKI İÇİN ÖNSÖZ	11
GİRİŞ	19
İNSAN ÇAĞINA DERİN BİR BAKIŞ	25
İNSANLIĞIN DÜNYADAKİ GELECEĞİ	57
KOZMİK BİR PERSPEKTİFTE İNSANLIK	95
BİLİMİN SINIRLARI VE GELECEĞİ	125
SONUÇ	149
REFERANSLAR /İNSAN ÇAĞINA DERİN BİR BAKIŞ	169
DİZİN	175

Bu kitap, dünyanın geleceğini umursayan herkes tarafından okunmalı.

Kirkus Review

Kolay anlaşılır ve ilgi çekici bir kitap.

Tom Whipple, The Times

Toplumdaki bilimin önemi, Lord Martin Rees'den daha büyük bir sözcüye sahip değil.

The Economist

İnsan ırkını ilgilendiren olasılıklar hakkında endişeliyseniz, ölçülü ve mantıklı bir değerlendirme için Martin Rees'in Gelecekte*'sini deneyin.*

John Naugton, The Observer

Martin Rees geleceğimiz için karşı koyması zor bir vizyon sunuyor; dünyada ve uzayda.

Elon Musk, SpaceX & Tesla Motors

Gelecekte, yaklaşan teknolojik gelişmelere dair öngörülerle yaralı bir gezegeni tamir etmek ve yaşamları iyileştirmek için insanlığın bilimi kullanma becerisi hakkında ümitli sözler sunuyor. Bu kolayca anlaşılan düşünceler koleksiyonu, Rees'in, insanlığı bekleyenler üzerine coşkulu "teknoloji iyimseri" bakış açısını paylaşıyor.

Publishers Weekly

Gelecekte, geniş ölçekte okunması gereken çok önemli bir kitap. Martin Rees, derin bilimsel sezgilerini ve insanlığın refahına olan şefkatini, günümüzde beşeri medeniyetin yüzleştiği ve bir kısmının, şu an ekseriyetle düşünülmediği büyük sorunları ele almak için açık ve zarif yazılarında bir araya getiriyor. Değindiği her fikre katılmasanız da doğrusu onları çok ciddiye almalısınız.

Roger Penrose, Nobel Ödüllü Fizikçi

İLK BASKIYA ÖNSÖZ

Bu kitap, gelecek hakkındadır. Ben kişisel bir bakış açısıyla yazıyorum. Üç ayrı modum var: Biliminsanı, vatandaş ve insan türünün endişeli bir bireyi. Artan dünya nüfusunun gelişiminin, bilim ve teknolojinin bilgece uygulanmasına bağlı olması, kitabın ana teması.

Bugünün genç insanları, bu yüzyılın sonuna kadar yaşamayı umabilir. Peki biyoteknoloji, bilgisayar teknolojisi ve yapay zekâ gibi daha güçlü teknolojilerin, tehdit edici felaketlere yol açmadan güzel bir gelecek sağlayacağından nasıl emin olunabilir? Risk her zamankinden daha fazla. Bu yüzyılda olanların yankısı binlerce yıl sürecek. Böylesine geniş çaplı bir temayı ele alırken uzmanların bile çok zayıf tahminleri olduğunun farkındayım ama pişman değilim, çünkü uzun dönemdeki bilimsel ve global trendleri kamuda ve siyasette tartışmaya açmak hayati önem taşıyor.

Bu kitabın temaları, *From Here to Infinity* adıyla basılan 2010 yılındaki BBC Reith Dersleri de dahil olmak üzere, çeşitli dinleyicilere sunulan farklı dersler aracılığıyla gelişip belirginleşti. Bu nedenle, dinleyici ve okuyuculardan gelen geri dönüşlere minnettarım. Metinlerde spesifik olarak belirtmesem bile, kitabıma bilinçli yahut bilinçsiz olarak sağladıkları katkılardan dolayı arkadaşlarıma ve özel uzmanlıklardan dolayı da meslektaşlarıma şükran duyuyorum. Aralarında Partha Dasgupta, Stu Feldman, Ian Golden, Demis Hassabis, Hugh Hunt,

Charlie Kennel, David King, Seán Ó hÉigeartaigh, Catharine Rhodes, Richard Roberts, Eric Schmidt ve Julius Weitzdorfer var.

Princeton Üniversitesi Yayınları'ndan Ingrid Gnerlich'e, bu kitabı teşvik ettiği ve ben yazarken verdiği tavsiyeler için özellikle minnet besliyorum. Düzelti için Dawn Hall'a; indeks için Julie Shawvan'a; metin dizaynı için Chris Ferrante'ye ve kitabın yayımlanma sürecindeki etkilerinden dolayı Jill Harris, Sara Henning-Stout, Alison Kalett, Debra Liese, Donna Liese, Arthur Werneck ile Kimberley Williams'a teşekkür ederim.

YENİ BASKI İÇİN ÖNSÖZ

Bu kitap ciltli kapakta ilk defa vücut bulduğunda Covid-19 dünyayı henüz vurmamıştı. Şimdi "veba yılına" katlanmaktayız ve dünya, "eski normaline" yakın bir şeye ne zaman dönecek (ya da dönebilecek mi?) belirsizliğini hâlâ koruyor. Kolektif şekilde tecrübe ettiğimiz ve bunlar yazılırken bitmekten çok uzakta olan "küresel spazm", kitabın ilerleyen bölümlerinde keşfedilen çelişkili iki düşünce ögesini açığa çıkardı. İlki, kasvetli bir bakış açısı: Tüm dünya birbirine çok bağlı olduğu için herhangi bir bölgedeki bir felaket global biçimde çağlıyor; toplumumuzu çöküşlere karşı korunmasız yapıyor. İkincisi daha mutlu bir farkındalık: O da iyi yönlendirilmiş, milletlerarası konuşlandırılmış bilim ve teknolojinin kurtuluş vadedebileceği. Çelişen bu iki düşünce yapısını tecrübe etmek, "Şimdi ne yapacağız?" sorusunu doğuruyor.

Bu kitap, gelecek hakkındadır. Bugünün genç insanları, bu yüzyılın sonuna kadar yaşamayı umabilir. Geri kalanlarımız ise bir kısmını hatta belki çoğunu yaşamayı umuyoruz. Kaç yaşında olduğumuz ve kişisel kaderlerimiz fark etmeksizin neslimizin, yaşam süremizin ötesinde hayatta kalmasını ve başarılı olmasını kesinlikle istiyoruz. Peki, bu yüzyılın iyi tabiatlı olmasını nasıl sağlama alabiliriz? Dünya popülasyonunun gelişiminin, bilime, teknolojiye ve bunların ne kadar bilgece konumlandırıldığına bağlı olduğunu savunuyorum. Bu bilgelik, hepimizin ellerinde olmalı. Geçen yıldaki

tecrübelerimiz açıkça gösteriyor ki hayatta kalma şansımız, tıbbi ve sosyal bilimlerle donanmış politikalarla artıyor. Ben bir biliminsanı, vatandaş ve insan ırkının endişeli bir bireyiyim; bu kitapta, tüm bu bakış açılarından yazıyorum. Fakat ayrıca, daha genç okuyucuların, önlerinde uzanan bu yüzyılda hayatta kalmak için ne yapabileceğini ve ne yapacağını derinden önemseyen biri olarak yazıyorum. Onlar uzun dönemli ve global sorunlar hakkında daha bilinçli ve ilgili oldukça hepimiz daha iyimser olabiliriz.

Kimse, bu yıla mahsus bir pandemiyi kendinden emin şekilde tahmin edemedi. Ancak kitapta tartıştığım nedenlerden ötürü, fasılalı pandemileri beklemek ve onlara hazırlanmak için iyi sebepler vardı. Hatta onların olabilirliği yıldan yıla artıyor. Ayrıca, gelecek bölümlerde iddia ettiğim gibi modern pandemilerin etkisi, geçmişin "vebalarından" ayrışıyor. Modern bir pandemi, özünde, dünya etrafında daha hızlı yayılma ve çok daha kötü sosyal çöküşlere neden olma potansiyeline sahip. Bu perspektif, Kara Veba* 14. yüzyıldaki Avrupa köylerinin nüfuslarını yarıya düşürdüğünde dahi işlemeye devam etmişti. Diğer yandan, bugünkü sosyal yapı, hastaneler yoğunlaşır yoğunlaşmaz -ki bu, ölümler, nüfusun yüzde 1'i kadar bile yüksek olmadan yaşanabilir- ciddi bozulmalara karşı savunmasız. Eğer yüzde 1 size düşük geliyorsa Birleşmiş Devletler ve Birleşik Krallık'taki (bunlar yazılırken olan) güncel ölüm oranının yaklaşık yüzde 0,3 olduğunu aklınızda tutun.

2000'lerin ilk birkaç senesinde, Uzak Doğu'daki bazı ülkeler korona virüsün farklı bir tipi olan SARS salgınını yaşadı. Sonuç olarak, bu ülkelerin, Covid-19'un ortaya çıkışıyla baş etmek için hazırda daha iyi planları vardı. Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler'in böyle bir salgını yoktu; son büyük pandemimiz, 1918'de İspanyol gribi** denilen şeydi. Bu nedenle

---

* 14. yüzyılda yaklaşık iki yüz milyon kişinin ölümüne neden olan Kara Veba, insanlık tarihindeki en ölümcül salgın hastalıktır. – *Çevirenin Notu.*

1918-1920 yılları arasında görülen H1N1 virüsünün ölümcül bir alt türü-

Birleşik Krallık hükümeti, yeni bir grip salgınına karşın detaylı bir plan tesis etti, ancak diğer hastalıklarla savaşmak için öyle bir plan tasarlamadı. Aşı geliştirmenin zor olacağını ya da bir ulus ölçeğinde kapanmalar, izolasyonlar ve koruyucu kıyafetler gerekebileceğini tasavvur etmedi. Biri -benim haricimde birçoklarının yaptığı ve yapacağı gibi- bu şekilde olması gerekmediğini kolayca iddia edebilir. Muhtemel felaket senaryolarını tetkik etmemek ve bunların olabilirliklerini en aza indirmemek dünya için yanlış bir ekonomi. Biz global risklerle yüzleşen global vatandaşlarız ve yüzyılımız, global farkındalık, planlama ve iş birliği gerektiriyor. Umalım ki bu kriz geçtiğinde, milletler ondan bir şeyler öğrensin ve daha iyi hazırlanmamızı sağlamak için daha yüksek sigorta pirimi ödeme durumu olduğunu fark etsin.

Bununla beraber, Covid-19'a tepkimiz, yeni korona virüslere karşı planımızı basitçe geliştirip bırakmak olmamalı. Bu devasa bir hata olur. Bir kere daha tüm çabamızı, çok farklı olması muhtemel sıradaki muharebe yerine, henüz yeni atlattığımız savaşa hazırlanmak için harcamalıyız. Birbirine bağlı dünyamıza karşı yeni ortaya çıkan pek çok tehdidin yıkıcı olabileceğine dair bir inkâr içindeyiz. Olma ihtimalleri ve etkileri yıldan yıla artan başka senaryolar -büyük bir siber saldırı, bir biyolojik hata* veya biyolojik terör** vakası, önemli altyapıların peş peşe arızalanması ya da bir nükleer savaş kazası- var. Eğer bu size felaket tellallığı gibi görünüyorsa 2020'den önce, mevcut pandeminin ne kadar muhtemel olduğunu düşündüğünüzü aklınızda tutarsınız umarım. Ayrıca deprem, asteroit, Güneş patlaması gibi bazı doğa olaylarının insanlardan etkilenmeyen, sabit bir yıllık olasılığı var ancak nüfuslar arttıkça

---

nün yol açtığı griptir. Tahminen yirmi ila elli milyon kişinin ölümüne neden olmuştur. Aynı dönemdeki Birinci Dünya Savaşı'ndan daha ölümcüldür. – *ç.n.*

İnsanlığı tehlikeye atan biyolojik hata. – *ç.n.*

Biyolojik savaşlar ile sivil halkın hedef alınması. – *ç.n.*

ve küresel altyapılar aynı anda daha değerli ve savunmasız oldukça bunların ekonomik ve beşeri maliyeti şiddetleniyor. Yani hakikat şu ki, doğa olayları hakkında, önceki nesillerin olduğundan daha fazla endişeli olmalıyız.

Covid-19'un aksine, örneğin denetimsiz iklim değişikliği ya da birçok türün yok olması gibi felaket potansiyeli bulunan çevresel krizler yavaşça ortaya çıkıyor; bunun sonucu olarak, acil eylem için yaygın kamusal baskıya yol açamayabiliyorlar. Kötü vaziyetimiz, kendini, yavaşça ısınan bir demlikten çok geç olmadan kurtarmayı başaramayan bir kurbağaya benziyor. Umalım ki Covid-19 ile tecrübemiz bir uyarı olur ve 2050 itibarıyla "net sıfır" karbon salınımına ulaşmak ve biyolojik çeşitliliği sürdürmek için küresel gayretlerin zorunluluğunu sağlar. İş ve finans sektörlerinin, bu zorlukları tanıyor göründüklerine dair teşvik edici işaretler var. Öyle ki 2022, dünya uluslarının bunlarla ilgilenmesi için hayati bir sene. 2015 Paris İklim Konferansı'ndan altı yıl sonra, COP26 (2021 sonlarında Glasgow'da yapılan 26. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı) karbondioksit salınımlarını kesmek amacıyla verilen güvenceleri güçlendirmek için bir fırsat. Aynı yıl, Kunming, Çin'de önemli bir Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Konferansı da vardı. Bu konferanslar ve sonrasındaki konuşmalar etkili eylemleri tetiklemede başarısız olursa hakiki bir küresel gerileme olabilecek toplumsal ya da ekolojik çöküşü düşünmek için biraz hayal gücü yeter. Bu gerileme geçici olabilir. Diğer taraftan, öyle tahrip edici şekilde yayılır ve çokça çevresel ya da genetik bozulmaya sebep olur ki, hayatta kalanlar, şu anki seviyedeki bir medeniyeti asla yeniden kuramaz.

Bu yüzyıl süresince ne olacağı -yüzleştiğimiz varoluş sorunlarını nasıl ele aldığımız- binlerce yıl yankılanacak. Riskler daha önce hiç olmadığı kadar yüksek. Fakat teknolojik iyimserler olmak için nedenimiz var. Bahsedildiği gibi, bilim ve teknoloji kurtuluşumuz olabilir. Geçtiğimiz sene, immünolojideki

ilerlemelerin, çeşitli ve hayli etkili korona virüs aşılarının "süratli" gelişimini nasıl kolaylaştırdığını gördük. Diğer teknolojiler de yardımcı oldu. Hazırda bulunan bilgi teknolojisi ve internetin sağlamlığı olmasa, aylarca süren kapatmalarla da başa çıkamayabilirdik. Doğrusu, daha önceki yaşam modellerimizin radikal şekilde kesintiye uğramasının ardından, sanal âleme dalmaya teslim olmamız ve iş ile dinlencenin geleneksel kalıplarına tamamen dönmemiz olası değil. Bu deneyim ayrıca, ülke içinde ve ülkeler arasında var olan devasa eşitsizliklere karşı kolektif farkındalığımızı artırdı. Bilhassa, şu an sahip olduklarından daha çok mükâfat ve güvenlik hak eden hayli stresli ve önemli çalışanlara bağlılığımıza keskin bir rahatlama getirdi; ulusların, emek piyasasındaki küreselleşme ve yapay zekâ etkisine cevap biçimine pozitif bir etki bırakabilecek bir farkındalık bu.

Bilimsel ve teknolojik uzmanlığı, iyi niyetle yönetilen yeniliklere yönlendirirsek 2050 sonrasında sürdürülebilir bir dünyaya ulaşmak için bilimsel bir engel yok gözüküyor. Gelişen ülkelerin, gelişmiş ülkelerle aralarındaki açığı kapattığı; tümünün, bilgi teknolojisinin geçen onyılda sahip olduğu gibi büyük ve yaygın bir etkiye yol açabilecek ilave gelişmelerden yararlanan bir pozisyonda olduğu bir dünya hayal edin. Bu gelecek tasavvuru idealist görünebilir fakat bu kitapta vurgulamak istediğim nokta, bu geleceğe ulaşmanın mümkün olduğu. Ancak kontrol edilemez siyaset ve sosyoloji -ihtimaller ile gerçekte olanlar arasındaki uçurum- karamsarlığa yol açıyor. Daha zengin ülkeler, gelişen dünyanın, küreselleşmenin faydalarını tümüyle paylaşarak gönenmesinin, onların çıkarına olduğunu kabul edecek mi? Milletler, yüksek teknoloji uzmanlığına sahip küçük grupların tehditlerine rağmen etkili, ancak baskılayıcı olmayan yönetimi sürdürebilir mi? Kendi kişisel sempatimizin odağı daha geniş şekilde uluslararası hâle gelebilir mi? Ve hepsinin üstünde, kurumlarımız, gezegenimizin tarihinde önemsiz

bir an teşkil etse de politik bir perspektiften uzun vadeli projelere öncelik tanıyabilir mi?

Bu sert dersi öğrenme fırsatına daha önce sahip olmadıysak geçen seneki pandemi, esneklik ve masraf tasarrufu arasında berrak bir değiş tokuş olduğunu bize kesinlikle öğretti. Siyasetçiler, yerel seller, terörist eylemler ve belirli bir politik çember içinde gerçekleşmesi daha olası diğer tehlikelere hazırlanmak için teşviklere sahip. Ama aşinalık duymadığımız ya da küresel olaylara hazırlanmak için teşvikleri daha az; çok yıkıcı olduğu için bir vakanın bile fazla geldiği sonucu ağır/düşük ihtimalli olaylar için bile. Tüm dünyada erken planlama ve hazırlıklı olmaya yatırım, bu risk ve bedelleri büyük ölçüde hafifletebilir. Toplam 20 trilyon dolardan fazlası, Covid-19'un, önümüzdeki beş yıla uzanan finansal maliyeti olarak lanse ediliyor. Ölen milyonların ve hatta kalıcı "uzun Covid'den" hayatları etkilenen daha fazla sayıda kişinin insani maliyeti bunun dışında. Geçmişi düşününce, dünya çapında birkaç yüz milyar doları böyle riskler için hazırlanmaya ve onları hafifletmeye harcamak ihtiyatlı gözükmüyor mu?

Daha yerel bir seviyede, üreticilerin, dünyayı kapsayan, tek bir zincirin üretimi bozabileceği tedarik zincirlerine bağlı olmayı daha az arzu edeceklerini bekleyebiliriz. Hastaneler, yoğun bakım servislerinde yedek kapasite bulundurmayı israf değil tedbir olarak görecek. Fakat yüzleştiğimiz tehdit ve zorluklar -yalnızca pandemiler değil, gıda, su ve doğal kaynakların potansiyel noksanlığı ve düşük karbon enerjisine geçiş- ferdî kişiler, işletmeler hatta ülkeler tarafından halledilemez. Bilhassa "küreyi kapsayan" ticari holdinglerin başı çektiği, potansiyel olarak tehdit edici teknolojik yeniliklerin düzenlenmesi sadece bir millet tarafından ele alınamaz. Dünyanın yüzleştiği uzun vadeli tehdit ve mücadelelere odaklanırken iş birliği yapmamıza ve küresel topluluğumuzu düzenlememize yardım eden yeni enstitüler yaratmak zorundayız. "Yeni dünya düzeninde" milletlerin, Dünya Sağlık Örgütü (World Health

Organization), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (International Atomic Energy Agency) vb. yapıların yanında yeni organizasyonlara daha fazla egemenlik sağlamaya ihtiyaç duyup duymayacağı yanıtlanması gereken bir soru.

Bilim ve hatta daha güçlü teknolojiler -biyo, siber ve yapay zekâ- bilgece ve insanca uygulanırsa faydalı bir gelecek başlatabilir. Bu kitabın ana teması budur. Geleceği önemseyen ve beşeri refahı maksimize etmek için uzun dönemli planlamayı savunan bireylerden güçlü, küresel bir topluluk kurmaya ihtiyacımız var. Covid-19, hükümetin bilim danışmanlarına kamusal ün kazandırdı. Fakat şu anki gibi acil durumlar haricinde, bu "arka oda" uzmanlarının -ki onların birçoğunu tanıyorum- moral bozucu şekilde kısıtlı etkisi var. Endişeli vatandaşların, kolektif bir ses toplamadıkları sürece etkileri daha da az. Son yıllarda, hiç benzeşmeyen dörtlü David Attenborough, Papa Francis, Bill Gates ve Greta Thunberg,** seçmenleri, uzun vadeli düşünmeye karşı ciddi biçimde etkiledi. Fakat hepimiz nüfuzumuzu kendi yurttaşlarımız üzerinde artırabiliriz; kamusal konuşma ve yazma, sivil toplum örgütlerine dahil olma ve karizmatik kişilerin öncülük ettiği kampanyaları destekleme vasıtasıyla bilimi yayarak. Siyasetçilerin bilge kararlar vermesini teşvik edebilir, önerebilir ve umabiliriz ama yeterli sayıda seçmenin, uzun vadeli geleceğin ne sakladığını umursadığından emin olmadıkça siyasetçilerin bunu nadiren yaptıklarını bilin.

Covid-19 krizinin, zihniyetleri "hepimiz aynı gemideyiz" farkındalığına doğru yönlendireceğini umalım. Bu kitaptaki düşüncelerin, endişeli vatandaşları, işlerin şu anki hâli ile daha adil bir dünyada olabileceği hâl arasındaki uçurumu kapatmaları için motive etmesini de. Eski jenerasyon iyi "atalık etmek" için

---

* Elli yıldan fazla süredir doğa belgesellerinin sesi olan İngiliz yapımcı ve yazar. – *ç.n.*

2003, İsveç doğumlu popüler iklim aktivisti. – *ç.n.*

uğraşmalı ve gençlerin kampanyalarına kucak açmalı. Milletler ve kuşaklar boyunca, insanlığın yararı adına birlikte çalışmak için özel bir motivasyonun göründüğü nadir zamanlar vardır. Bu, kesinlikle onlardan biriymiş gibi hissettiriyor.

Bu kitaptaki temalar, *From Here to Infinity* ismiyle basılan 2010 BBC Reith Lectures dahil olmak üzere çeşitli seyircilere verilen dersler boyunca evrildi ve açıklığa kavuştu. Bu yüzden, okuyucu ve dinleyicilerden gelen geri dönüşlere minnettarım.

Metinlerde spesifik olarak belirtmesem bile, kitabıma bilinçli yahut bilinçsiz olarak sağladıkları katkılardan dolayı arkadaşlarıma ve özel uzmanlıklardan meslektaşlarıma şükran duyuyorum. Aralarında Partha Dasgupta, Stu Feldman, Ian Golden, Demis Hassabis, Hugh Hunt, Charlie Kennel, David King, Seán Ó hÉigeartaigh, Catharine Rhodes, Richard Roberts, Eric Schmidt, ve Julius Weitzdorfer var.

Princeton Üniversitesi Yayınları'ndan Ingrid Gnerlich'e, bu kitabı teşvik ettiği ve ben yazarken verdiği tavsiyeler için özellikle minnet besliyorum. Düzelti için Dawn Hall'a; indeks için Julie Shawvan'a; metin dizaynı için Chris Ferrante'ye ve kitabın yayımlanma sürecindeki etkilerinden dolayı Jill Harris, Sara Henning-Stout, Alison Kalett, Debra Liese, Donna Liese, Arthur Werneck, Kimberley Williams, Beth Gianfagna ile basından Carrie Hudak'a teşekkür ederim.

GİRİŞ

Evrensel Bir Rol

Uzaylıların yaşadığını ve bazılarının dört buçuk milyar yıllık hayatı boyunca gezegenimizi izlediğini düşünün. Acaba ne görürlerdi? Bu büyük zaman zarfının çoğunda, Dünya'nın görünümü adım adım değişti. Kıtalar sürüklendi, buz tabakası zayıfladı, birbiri ardına gelen türler ortaya çıktı, gelişti ve yok oldu. Fakat Dünya tarihinin küçük bir kısmında -son on bin yıl- bitki örtüsü kalıpları öncekinden çok daha hızlı şekilde değişti. Bu, tarımın başlangıcını ve sonra da şehirleşmeyi işaret ediyor. İnsan nüfusu arttıkça bu değişimler ivme kazandı.

Sonrasında, daha hızlı yaşanan değişimler oldu. Sadece elli yılda, atmosferdeki karbondioksit miktarı anormal bir hızla artmaya başladı. Ve daha önce eşi benzeri görülmemiş bir şey oldu: Gezegenimizin yüzeyinden fırlatılıp biyosferi tamamen aşan roketler... Bazıları, Dünya'nın çevresindeki yörüngelere yollandı, bazıları da Ay'a ve diğer gezegenlere yolculuk yaptı. Bu farazi uzaylılar, Dünya'nın gittikçe ısınacağını ve yaklaşık altı milyar yıl içinde, Güneş'in alevlenip öldüğü zaman bir sona varacağını bilebilirlerdi. Fakat ömrünün tam ortasında, insan eliyle gerçekleşen değişimler yüzünden ani bir "ateşe" yakalanacağını tahmin edebilirler miydi?

Eğer izlemeye devam etselerdi, gelecek yüzyılda neye şahit olurlardı? Nihai bir "spazm" ardından sessizlik mi gelirdi?

Ya da gezegenimizin ekolojisi istikrara mı kavuşurdu? Dünya'dan fırlatılan bir roket filosu, başka yerlerde yaşam vahaları mı bulurdu?

Bu kitap, bizi nelerin beklediği hakkında bazı umutlar, korkular ve varsayımlar sunuyor. Bu yüzyılda hayatta kalmak ve her zamankinden de hassas dünyamızda uzun vadeli bir gelecek sürdürmek, bazı teknolojileri hızlandırmaya, bazılarını da sorumluca sınırlandırmaya bağlı. Yönetmenin zorlukları çok büyük ve göz korkutucu. Ben kişisel bir perspektifle yazıyorum, hem bir biliminsanı (gökbilimci) hem de insan ırkının endişeli bir üyesi olarak.

Ortaçağ Avrupalıları için yaratılıştan kıyamete kadar olan kozmoloji sadece birkaç binyıl sürüyordu. Şimdiyse zaman aralığının, bunun milyon katı olduğunu düşünüyoruz. Ancak bu genişlemiş bakış açısında bile, bu yüzyılın özel bir yeri var. Bir türün, yani bizim türümüzün, bu denli güçlenip başat hâle gelmesi ve gezegenimizin geleceğini ellerinde tutması ilk kez yaşanıyor. Bazı jeologların "antroposen"* olarak adlandırdıkları bir çağa girdik.

Eski insanlar, seller ve salgın hastalıklar karşısında çaresizdi ve mantıksız korkulara kapılmışlardı. Dünya'nın büyük kısmı henüz keşfedilmemişti. Eskilerin evreni, gök kubbeye yayılmış sabit yıldızların çevrelediği Güneş ve gezegenlerden ibaretti. Bugün biliyoruz ki Güneş, en az yüz milyar galaksiden biri olan galaksimizdeki yüz milyar yıldızdan sadece bir tanesi.

Kavramsal ufkumuzun genişlemesine ve doğal hayatı anlayıp onu yönetme kabiliyetimizin artmasına rağmen, güvenilir tahminler yürütüp makul planlar yapabileceğimiz zaman aralığı uzayacağına kısaldı. Avrupa'nın ortaçağı çalkantılı ve belirsiz zamanlardı. Ama bu zamanlar, jenerasyonlar arasında

* İnsanlığın, dünyaya olan etkisinin en üst seviyeye çıktığı, Sanayi Devrimi'nden beri süregelen dönem. "İnsan çağı" anlamına gelen zaman dilimi. – *ç.n.*

ız değişen "zemin" karşısında hükmünü yitirmişti. Ortaçağ
luvar ustaları, bitirmesi yüz yılı bulan katedrallere fedakâr-
:a tuğla diziyordu. Fakat onların aksine, bizim geleceğimiz,
ıu ankinden çok farklı olacak. Küçük zaman aralıklarındaki
ıosyal ve teknik değişimlerle, milyar yıllık biyoloji, jeoloji ve
cozmoloji arasında şiddetli ayrışmalar yaşandı. İnsanlık şimdi
;ok kalabalık. Ve kolektif olarak bıraktığımız karbon izi, bi-
/osferi dönüştürebilecek hatta mahvedebilecek ağırlıkta. Git-
ikçe artan ve talepleri fazlalaşan dünya nüfusu, doğal yaşamı
:or durumda bırakıyor. Eğer "kırılma noktası" aşılırsa insan-
arın davranışları, iklim değişikliğini ve kitlesel yok oluşları
etikleyebilir. Bu, tükenmiş ve yoksullaşmış bir dünyayı gele-
:ek kuşaklara bırakmak manasına gelebilir. Fakat bu riskleri
ızaltmak için teknolojide frene basmamıza gerek yok. Hatta
:am aksine, doğayı daha iyi anlamalı ve ona uygun olan tek-
ıolojiyi ivedilikle sağlamalıyız. Bunlar, kitaptaki birinci bölü-
nün konularıdır.

Dünyadaki çoğu kişi, anne babasından daha iyi bir hayat sü-
üyor. "Küçük düşürücü" fakirlik oranı da azaldı. Hızla büyü-
/en nüfusa rağmen görülen bu gelişmeler, pozitif bir güç ola-
ak alabileceğimiz bilim ve teknolojideki ilerlemeler olmadan
nümkün değildi. İkinci bölümde; hayatımızın, sağlığımızın
/e çevremizin, biyoteknoloji, bilgisayar teknolojisi, robot tek
ıolojisi ve yapay zekâ alanındaki gelişmelerden faydalanabi-
eceğini iddia ediyorum. Bu açıdan, ben bir teknoloji iyimse-
iyim. Ama potansiyel bir dezavantaj da var. Bu gelişmeler,
:skisinden de fazla "birbirine bağımlı" dünyamızı yeni zayıf-
ıklara maruz bırakıyor. Teknoloji, yalnızca on veya yirmi yıl
çinde, çalışma modelimizi, milli ekonomimizi ve uluslararası
lişkilerimizi bozacak. Herkesin birbirine bağlandığı ve deza-
/antajlı kişilerin kendi kötü durumunun farkına varabildiği,
istelik göç etmenin de kolaylaştığı bir dönemde, jeopolitik
ɔölgeler arasındaki refah seviyesi ve yaşam koşulları arasın-
laki fark böyle derin olursa barışçıl bir dünyadan söz etmek

zorlaşır. Özellikle genetik ve tıptaki gelişmelerin, yalnızca ayrıcalıklı azınlıkların hayatını iyileştirmek için kullanılması rahatsız edici olur ve en temel seviyede bir eşitsizliğe işaret eder.

Gelecek hakkında çok olumlu düşüncelere sahip kişiler var. Maddesel ilerlememizle birlikte, ahlaki hassasiyetlerimizin de gelişeceği konusunda heveslilerler. Ben bu şekilde bakmıyorum. Birçok insanın hayatında, eğitim, sağlık ve yaşam süresi noktasında olumlu gelişmeler olduğu açık. Fakat dünyanın şu anki durumu ile "bugün olabileceği" hâli arasındaki uçurum hiç olmadığı kadar geniş. Ortaçağ insanlarının yaşamları sefalet içinde olabilir ama o yaşamları iyileştirmek için yapılabilecek pek bir şey yoktu. Diğer taraftan, günümüz dünyasında alt tabakada yer alan milyarlarca kişinin ahvali, gezegendeki en zengin bin kişinin mal varlığının "tekrar dağıtılmasıyla" çok değişebilir. Milletlerin çare bulmaya muktedir olduğu bu insani zorunluluğa cevap vermede başarı sağlayamamamız, kurumsal bir ahlaki iyileşme yaşadığımız iddiasına da şüphe düşürüyor.

Biyoteknoloji ve sanal dünyanın potansiyeli heyecan verici ama korkutucu da. Hem bireysel hem de kolektif olarak, bazen bilerek bazen de bilmeden, sonuçları yüzyıllar boyunca yankılanacak inovasyonların etkisi altında kalıyoruz. Akıllı telefon, internet ve bunların yardımcı donanımları, ağ tabanlı hayatlarımız için kritik önem taşıyor. Ama bu teknolojiler, yalnızca yirmi yıl önce bize büyülü gibi görünüyordu. Yani önümüzdeki onyıllara bakarken şimdi bize bilim kurgu öğeleri gibi gelen dönüştürücü ilerlemelere karşı zihinlerimizi açık tutmalıyız.

Bugünden birkaç onyıl sonrası için bile yaşam stilleri, davranışlar, toplumsal yapı ve nüfus hakkında kendinden emin tahminlerde bulunamıyoruz. Hakeza, bu trendlerin oynayacağı rol karşısındaki jeopolitik bağlam için de. Birkaç onyıl içerisinde ortaya çıkabilecek ve daha önce hiç görülmemiş değişikliklere karşı dikkatli olmalıyız. İnsanoğlu, zihnen ve fiziksel olarak, genetik modifikasyonlar ve "cyborg" tekno-

lojileri ile "değiştirilebilir" hâle gelebilir. Bu, çığır açıcı bir durum. İlk çağlardan günümüze kadar hayatta kalan edebiyat ve el işçiliği eserlerine hayranlık duyduğumuzda, aradaki binlerce yıllık farka rağmen, o antik sanatçılara ve onların medeniyetlerine yakınlık hissediyoruz. Ancak bundan birkaç yüzyıl sonraki hâkim aklın, şu anki davranışlarımızı anlamış olsa bile, bizimle duygusal bir ortaklık kuracağına dair hiçbir dayanağımız yok.

21. yüzyıl, insanların Dünya dışında da yaşam alanları kurmaya başlaması açısından çok özel. Yeryüzündeki düzenleyicilerin ulaşabileceğinin ötesinde, yabancı bir dünyada "yerleşimci" olacak öncülerin, düşmanca bir çevreye adaptasyon sağlamaları gerekiyor. Bu maceraperestler, aklın organikten elektroniğe geçmesine öncülük edebilir. Bu yeni "yaşam" formu, gezegenin yüzeyini veya atmosferi gerektirmiyor, hatta bizim Güneş sistemimizin çok ötesine dahi çıkabilir. Neredeyse ölümsüz elektronik varlıklar için yıldızlararası seyahat göz korkutucu değil. Eğer yaşam yalnızca Dünya'ya özgüyse bu diaspora, evrensel önemde bir olay olacak. Ama bilinç çoktan evrene yayıldıysa kendi neslimiz onunla karışacak. Bu, birkaç yüzyılda değil, çok büyük bir zaman diliminde gerçekleşebilir.

Üçüncü bölüm, bu uzun dönem senaryolarını ele alıyor: Robotların "organik" zekânın yerini alıp almayacağı ve evrenin herhangi bir yerinde, halihazırda bir bilinç olup olmadığı meselesi.

Gelecek kuşaklarımıza, Dünya'da ve belki de onun ötesinde neler olacağı, bugün zar zor anlayabildiğimiz teknolojilere bağlı. Yaratıcı zekâmız, evrensel perspektifte sadece bir an sayılacak gelecek yüzyıllarda, Dünya'dan uzaya ve biyolojiden elektroniğe geçiş başlatabilir. Bu geçişler, posthümanizmin gelişimde milyarlarca yıl tutabilir. Öte taraftan, birinci ve ikinci bölümlerde tartışıldığı gibi, insanlar tüm bu ihtimallere mâni olacak biyolojik, siber ve çevresel facialarla tetikleyebilir.

Dördüncü bölüm, temel ve felsefi bilimsel temalara, belki kişisel sayılabilecek bir gezi öneriyor. Fiziksel gerçekliğin sınırlarını ve gerçek dünyanın karmaşıklığını anlayıp anlayamayacağımızı sorguluyoruz. Bilimin, insanlığın uzun dönemdeki olasılıklarının üzerindeki etkisini tahmin etmek için bilimsel kurguda neyin gerekli neyin vazgeçilebilir olduğunu ölçmemiz gerekiyor.

Son bölümde, "şimdi ve burası" ile ilgili meselelerle ilgileniyorum. İdeal şekilde uygulanan bilim, 2050 yılında dünyada yaşayacak olan dokuz veya on milyar insana daha parlak bir gelecek sunabilir. Peki, distopik yan etkilerden kaçınarak bu güzel geleceğe ulaşma şansımızı nasıl en mümkün hâle getirebiliriz? Uygarlığımız, bilimsel ilerlemeler ve doğanın iyice anlaşılması temelli inovasyonlar tarafından şekillendi. Biliminsanları, daha fazla kişiyle hemhal olmalı ve özellikle risklerin son derece artacağı zamanlarda, uzmanlıklarını faydalı bir biçimde kullanmalı.

Son olarak, günümüzün global zorluklarına değiniyorum. İyi şekilde yönetilen, bilim tarafından bilgilendirilmiş ve etkin kılınmış fakat aynı zamanda, siyasi ve etik konularda halkın fikirlerine duyarlı olan uluslararası kurumların gerekliliğini vurguluyorum.

Gezegenimiz, yani evrendeki "soluk mavi nokta" özel, hatta eşsiz bir yer. Ve biz, bilhassa bu kritik dönemde, onun hizmetkârlarıyız. Bu, hem hepimiz için önemli bir mesaj hem de bu kitabın teması.

İNSAN ÇAĞINA* DERİN BİR BAKIŞ

Olasılık ve Tehlikeler

Birkaç sene önce, Hindistan'ın iyi tanınan iş insanlarından biriyle tanıştım. "Kraliyet Astronomu" unvanımı bildiği için, "Kraliçe'nin burç yorumlarını yapıyor musun?" diye sordu. Ona, ifadesiz bir yüzle, "Eğer bunu isteseydi soracağı kişi ben olurdum," diye cevap verdim. Benim tahminlerimi duymaya istekli görünüyordu. Hisse senetlerinin dalgalanacağını ve Orta Doğu'da yeni gerginlikler çıkacağını falan anlattım. Bu "içgörü"leri büyük dikkatle dinliyordu. Sonra gerçeği itiraf ettim. Astrolog değil, yalnızca bir astronom olduğumu söyledim. Tahminlerime duyduğu ilgiyi aniden kaybetti. Ve haklıydı da. Biliminsanları berbat tahmincilerdir. Neredeyse ekonomistler kadar kötüdürler. Örneğin, 1950'lerdeki bir Kraliyet Astronomu, uzay yolculuğunun "zırvanın dik âlâsı" olduğunu söylemişti.

Bu konuda ne politikacıların ne de avukatların güvenilir bir yanı vardır. Nadir bulunan bir gelecekbilimci, 1920'lerde Birleşik Krallık'ın Lord Şansölyeliğini yapan ve Churchill'in de yakın dostu olan Birkenhead Kont'u F.E. Smith'ti. 1930'da *The World in 2030* başlığında bir kitap yazdı.[1] Kendi döneminin gelecek bilimcilerini okuyup bebeklerin küçük şişelerde kuluçkaya yatacağı ve arabaların uçacağı gibi fanteziler tasavvur

* Antroposen. – *ç.n.*

etti. Buna karşın, toplumsal bir durgunluk da öngördü. İşte alıntısı: "Kadınlar 2030'da bile hâlâ kendilerinin asla ulaşamayacağı yükseklikler için kıvrak zekâları ve çekicilikleriyle erkeklere ilham olacak."

Bence yeter.

2003'te, *Our Final Century* başlığını koyduğum bir kitap yazdım. Birleşik Krallık'taki yayıncım soru işaretini sildi. Amerikalı yayıncımsa başlığı *Our Final Hour* şeklinde değiştirdi.[2] Temam şuydu: Dünyamız, dört buçuk milyar yaşında. Fakat bu yüzyıl, bir türün -bu bizim türümüz oluyor- biyosferin kaderini belirlemesi açısından bir ilk. Kendimizi yok edeceğimizi düşünmüyorum. Ama yıkıcı sonuçlardan kurtulabilmemiz için şanslı olmamız gerektiğine inanıyorum. Yüksek nüfusumuz ve taleplerimizle, ekosistemler üzerinde, sürdürülebilirliği olmayan baskılar kuruyoruz. Daha da korkuncu, teknoloji bize yeni güçler veriyor ve böylelikle, tuhaf kırılganlıklara maruz kalıyoruz.

Bazıları gibi ben de erken 20. yüzyılın büyük bir bilgesinden etkilenmiştim. 1902'de, genç H.G. Wells, Londra'daki Kraliyet Enstitüsü'nde meşhur bir ders verdi.[3] İddiasına göre "insanlık" epey yol katetti ve katettiğimiz mesafe, önümüzde kalan yol için bize ilham veriyor. Geçmiş ile şimdinin, "başlangıcın başlangıcı" ve şafaktan önce gelen alacakaranlık olduğuna inanmak mümkün. İnsan zihninin başardıklarının uyanmadan önce gördüğümüz rüya olduğuna inanmak da öyle. Neslimizden çıkacak idrakler, bizi, bugün kendimizi tanıdığımızdan daha iyi anlayacak. Günlerin, hiçbir zaman sona ermeyen silsilesinde bir gün, şimdi düşüncelerimizde saklı olan varlıklar, ayağa kalkıp ellerini yıldızların ortasına uzatan biri gibi yükselecek.

Wells'in süslü yazım dili, yüz yıldan fazla zaman geçmesine rağmen hâlâ etkisini sürdürüyor. O, biz insanların, doğmakta

olan yeni hayatın doruk noktaları olmadığımızı fark etmişti. İyimser değildi ve küresel çapta felaketleri vurgulamıştı: "Neden bazı şeylerin, insanlığın hikâyesini sona erdirerek tüm çabalarımızı boşa çıkarmaması gerektiğini göstermek imkânsız. Uzaydan gelen bir şey, veba salgını, atmosferdeki büyük bir hastalık, kuyrukluyıldız zehri, Dünya'nın iç kısmından çıkan hava sızıntısı, bizi avlayacak yeni hayvanlar ya da insan zihnindeki bir delilik..."

Wells'den alıntı yaptım çünkü bu kitaba nakşetmek istediğim iyimserlik; endişe, spekülasyon ve bilim karışımını yansıtıyor. Bugün yazıyor olsaydı, hayat ve evren hakkındaki genişlemiş anlayışımızdan dolayı mutlu olurdu ama yüzleştiğimiz tehlikeler onu daha da kaygılandırırdı. Risk, hakikaten de yükseliyor. Modern bilim, büyük fırsatlar sunuyor ancak sonuçları hayatta kalma şansımızı tehlikeye atabilir. Birçok kişi, bu şansın bizden koşarak uzaklaştığını ve politikacıların da sıradan insanların da başa çıkamayacağı denli hızlı olduğunu düşünüyor.

Tahmin edebilirsiniz, asteroit çarpışmalarıyla ilgili endişeler bir astronom olan beni geceleri ayakta tutuyor. Hayır, öyle değil, hatta bu, yaşanma olasılığının düşüklüğüne güvenebileceğimiz az sayıda tehditten biri. Neredeyse her on milyonda bir, birkaç kilometre uzunluğundaki bir cisim Dünya'ya çarparak global faciaya neden oluyor. Yani böylesine büyük etkideki bir olayın, bir insanın ömrüne denk gelme ihtimali birkaç milyonda bir denilebilir. Bölgesel yıkıma sebep olan, boyutça küçük ama sayıca fazla asteroitler de var. 1908'de Sibirya'nın -neyse ki az nüfusa sahip- Tunguska ormanlarında yaşanan ve iki bin kilometre kare alanı düzleştiren patlama, Hiroşima'ya atılan bombaların yüzlerce katı enerjiyi açığa çıkardı.

Peki, öncesinde bu zorunlu inişlerden haberdar olabilir miyiz? Cevap evet. Elli metreden büyük olan ve Dünya'ya çarpma

olasılığı bulunan milyonlarca asteroidin yörüngesini dikkatle inceleyip bize tehlike yaratacak kadar yaklaşanları tespit eden bir veri bankası planlanıyor. Böyle bir çarpmanın önceden belirlenmesiyle, zarara en açık bölgeler tahliye edilebilir. Hatta güzel haber şu ki, bizi koruyabilecek bir uzay aracını bile geliştirebiliriz. Uzayda birkaç yıl önce görülen ama bizim için henüz tehdit edici olmamış bir asteroidin hızını, saniyede sadece birkaç santimetre değiştirerek, onun Dünya'ya çarpmasını önleyebiliriz. Eğer -ihtimalleri sonuçlarla çarparak- genel bir sigorta değeri hesaplarsanız, yılda birkaç milyar dolar harcamanın, asteroit riskini düşürmeye değdiğine ikna olacaksınız.

Deprem ve yanardağ gibi diğer doğal tehditlerse daha zor tahmin ediliyor. Şimdiye dek, onları önlemek hatta öngörmek için bile güvenilir bir yol bulunamadı. Fakat aynı asteroitlerde olduğu gibi içimizi rahatlatacak bir şey var: Deprem ve yanardağ faaliyetlerinin oranı artışta değil. Neandertaller ve hatta dinozorlar için ne kadarsa bizim için de öyle. Fakat bu olayların sonuçları, risk altında olan altyapının değeri ve zarar görebilirliğine bağlı ki bu da şehirleşmiş modern dünyada çok daha fazla. Neandertallerin ve hatta 19. yüzyıl öncesi yaşamış tüm insanların bihaber olduğu başka kozmik olaylar da vardı: Güneş'te görülen dev ışımalar. Bu tetikleyici manyetik fırtınalar, elektik şebekeleri ve elektronik haberleşmelerde dünya çapında bir kesintiye yol açabilir.

Bu doğal tehditler bir yana, insanların en çok endişelenmeleri gereken riskler, yine kendi elleriyle meydana getirdikleri şeylerdir. Geçen her onyılla beraber, bu riskler daha belirgin ve facia yaratmaya daha mümkün hâle geliyor.

"Şanslı kaçış"ımızı bir kere yaşadık zaten.

Nükleer Tehditler

Soğuk Savaş zamanında silahlanma seviyesi mantık sınırlarını aştığında, süper güçler yanlış hesaplama ve beceriksizlik yüzünden, Armageddon'a* doğru tökezledi. O yıllar, "nükleer atıktan korunmak için yapılan sığınaklar"ın dönemiydi. Küba Füze Krizi** sırasında, bazı öğrencilerimle birlikte toplantı ve gösterilere katılmıştım. Modumuzu yükselten tek şey, "muhalif şarkılar"dı. Örneğin, Tom Lehrer'in şarkı sözleri: "Gittiğimizde, hep beraber gideceğiz. Hepimiz göz alıcı bir parlaklıkla kaplıyız." Ama bir felakete ne kadar yakın olduğumuzu fark edebilseydik çok daha fazla korkuyor olurduk. Sonradan, Kennedy'nin, olasılığın "üçte bir ile yarı yarıya arasında bir yerde" olduğunu söylediğini ilettiler. Robert McNamara*** ise, emekli olduktan uzun süre sonra, samimiyetle, "Hiç fark etmeden, nükleer savaş ile burun buruna gelmiştik. Bundan kaçınmamızda bizim bir katkımız yok. Khrushchev****ile Kennedy akıllı ve şanslıydı," demişti.

Şimdi, bu en endişe verici olaylardan biriyle ilgili daha çok detay biliyoruz. Rus donanmasında hayli saygıdeğer bir subay olan Vasili Arkhipov, nükleer füzeleri taşıyan denizaltında "iki numara" olarak görev yapıyordu. Birleşik Devletler, sualtına bombalarla saldırdığında, yüzbaşı savaşın patlak verdiğini düşündü ve mürettebatın, füzeleri ateşlemesini istedi. Protokol, en yüksek rütbeli üç subayın bu konuda hemfikir olmasını gerektiriyordu. Arkhipov böyle bir eyleme karşı çıktı ve bununla faciaya yol açabilecek "nükleer takası"nı tetiklemeyi önledi.

Küba Krizi sonrası değerlendirmelerin iddiasına göre Soğuk Savaş dönemindeki termonükleer yıkımın riski, asteroit etkili

---

* Bazı dinî kaynaklarda bahsedilen, büyük kıyamet savaşı. – *ç.n.*

962'de, SSCB'nin Küba'ya nükleer başlıklı füze yerleştirmesi nedeniyle ABD ile SSCB'nin karşı karşıya gelmesine sebep olan kriz. – *ç.n.*

*** Dönemin ABD Savunma Bakanı ve Kennedy'nin danışmanı. – *ç.n.*

**** Ünlü Rus lider. – *ç.n.*

insan ölümlerinden on bin kat büyüktü. Doğrusunu isterseniz, felaketin kıl payıyla önlendiği başka "yakın kaçışlar" da vardı. 1983'de, Rusya Hava Kuvvetleri'nde subay olan Stanislav Petrov, ekran takibi yaparken beş adet minuteman'v e kıtalararası balistik füzenin Amerika'dan Sovyet Birliği'ne doğru atıldığının uyarısını gördü. Talimatlara göre, böyle bir şey olduğunda amirine haber vermesi gerekiyordu. O da yalnızca dakikalar içinde, nükleer bir misillemede bulunabilirdi. Petrov içgüdülerine güvendi ve ekranda gördüklerini, erken uyarı sistemindeki bir hata olarak adlandırıp göz ardı etmeye karar verdi. Sahiden de öyle olmuştu. Sistem, bulutların üst tarafından yansıyan Güneş ışınlarını füze atışıyla karıştırmıştı.

Şimdi birçokları, nükleer caydırıcılığın işe yaradığını öne sürüyor. Bir bakıma yaradı da. Ama bu, bilgece bir politika olduğu manasına gelmiyor. Eğer şarjöründe iki üç mermi olan bir silahla Rus ruleti oynayacaksanız, hayatta kalma olasılığınız diğer ihtimalden daha mümkündür. Ancak bu kumarın akıllıca sayılabilmesi için ya şansınız şaşırtıcı şekilde yüksek ya da hayatınıza verdiğiniz değer ters oranda düşük olmalı. Biz Soğuk Savaş dönemi boyunca böylesi bir kumarın içine sürüklendik. Liderlerin bizi ne derece büyük bir riske maruz bıraktıklarını düşündüğümüzde, eğer rızaları istenseydi, Avrupalı vatandaşların neleri kabul edebileceğini bilmek ilginç olurdu. Bana kalsaydı, üçte bir, hatta altıda bir şansla bile olsa, milyarlarca insanı öldürecek ve Avrupa'daki tüm şehirlerin tarihi dokusunu mahvedecek bir felaketi seçmezdim; diğer alternatif, Batı Avrupa'da mutlak bir Sovyet hâkimiyeti olsa dahi. Üstelik, termonükleer bir savaşın yıkıcı sonuçları, tehlikeyle doğrudan karşı karşıya kalan ülkelerden bile uzaklara yayılırdı. Özellikle de "nükleer kış"* tetiklendiyse.

---

* Yeraltında saklanan kıtalar arası roket. – *ç.n.*

Nükleer savaşın neden olduğu yangın fırtınalarından sonra görülen şiddetli soğuk. – *ç.n.*

Nükleer yok oluş hâlâ üstümüzde belli belirsiz duruyor. Tek tesellimiz, süper güçler arasındaki kontrol mekanizması sayesinde, şu anki silah ve hair trigger* alarmı sayısının Soğuk Savaş dönemine göre daha az olması. Bununla birlikte, şimdi dokuz adet nükleer güç var ve küçük nükleer cephaneliklerin bölgesel olarak hatta teröristler tarafından kullanılma ihtimali eskisine kıyasla daha yüksek. Ayrıca, yüzyıl sonlarında yaşanan jeopolitik "hizalanma" yeni süper güçler arasında soğukluğa yol açtı. Yeni nesil, kendi "Küba"sı ile yüz yüze gelebilir. Ve bu, 1962'deki krize nazaran daha kötü ya da daha şanssız şekilde ele alınabilir. Neredeyse varoluşsal bir nükleer tehdit yalnızca sürüncemede, o kadar.

İkinci bölüm, biyoloji, robotik ile yapay zekâ gibi 21. yüzyıl bilimlerinden ve bunların neye delalet ettiğinden söz ediyor. Bu bilimlerin yanlış kullanılması risklerin arttığını gösteriyor. Biyolojik ve siber atakların teknik ve uzmanlıkları milyonlarca kişi için ulaşılabilir olacak. Onlar, nükleer silahların aksine, özel amaçlı geniş tesisler gerektirmiyor. İran nükleer programındaki santrifüjleri mahveden Stuxnet** ile finansal kuruluşların sıklıkla hacklenmesi hadiseleri, "siber sabotaj" kavramını politika gündemine taşıdı. Pentagon Bilim Kurulu'ndaki (Pentagon's Science Board) bir raporun iddiasına göre, bu siber saldırıların etkileri, örneğin Birleşik Devletler elektrik şebekesinin çökmesi, nükleer bir "cevap"ı haklı çıkaracak derecede feci olabilir.[4]

Fakat bundan önce çevrenin insan eliyle bozulmasının ve iklim değişikliğinin potansiyel yıkıcılığına odaklanalım. Birbirleriyle ilişkili bu tehditler, uzun vadeli ve sinsi. İnsanlığın topluca bıraktığı ağır "karbon izi"nden kaynaklanıyorlar. Nüfus oranları düşmedikçe veya gelecek kuşaklar daha yumuşak davranmadıkça fani gezegenimizin ekolojisi, sürdürülebilir olmayan bir baskıya uğrayacak.

---

* Nükleer silahların hızlıca fırlatılmasına verilen isim. – *ç.n.*

ABD'nin İran'ın nükleer çalışmalarını sekteye uğratmak için kullandığı solucan yazılım. – *ç.n.*

Ekolojik Tehditler ve Kırılma Anları

Elli yıl önce Dünya nüfusu 3,5 milyar kadardı. Şimdiyse 7,6 milyar ama büyüme hızı yavaşlıyor. Dünya genelindeki yıllık doğum sayısı birkaç sene önce pik noktasına ulaşmıştı fakat şimdi düşüşte. Buna rağmen, 2050 yılına geldiğimizde Dünya nüfusunun en az dokuz milyara kadar çıkacağı tahmin ediliyor.[5] Çünkü gelişen ülkelerdeki çoğu kişi hâlâ genç, henüz çocuk sahibi olmadı ve daha uzun yaşayacak. Bu ülkelerin yaş grafiği, Avrupa'nınkine daha çok benzeyecek. En büyük güncel büyüme Doğu Asya'da. Burada, Dünya'nın beşeri ve iktisadi kaynakları yoğunlaşıp Kuzey Atlantik'in yüzyıllar boyu süren hegemonyasını bitirecek. Uzmanlar, halihazırdaki şehirleşmeyle, 2050 yılındaki nüfusun yüzde yetmişinin şehirlerde yaşayacağını tahmin ediyor. 2030'da bile Lagos, Sao Paulo ve Delhi nüfusu otuz milyonu aşacak. Mega şehirlerin kargaşa dolu distopyalara dönüşmesini engellemek, yönetimler için önemli bir zorluk olacak.

Nüfus artışı şimdilik fazla tartışılmadı. Bunun kısmi sebebi, Paul Ehrlich'in 1968 tarihli kitabı *The Population Bomb* ve Roma Kulübü'nün* bildirilerinde, kitlesel açlıklar hakkında felaket tellallığı yapan tahminlerin istikametsizliği olabilir. Ayrıca bazıları, Indira Gandhi'nin yirmili ve otuzlu yıllarda uyguladığı Hindistan politikaları ile Çin'in katı "tek çocuk" rejimi gibi örnekleri bulunan soy ıslahı siyasetleriyle kirlenen nüfus artışı konusunun tabu olduğunu düşünüyor. Anlaşıldı ki gıda ve kaynak üretimi, artan nüfusa ayak uydurabiliyor. Evet kıtlıklar hâlâ var ama bunlar anlaşmazlık ya da yanlış dağıtımdan kaynaklanıyorlar, komple bir yokluktan değil.[6]

Dünya için "ideal bir nüfus" belirleyemeyiz çünkü insanların yaşam stilleri, yeme içme alışkanlıkları, seyahat modelleri ve enerji ihtiyaçlarının 2050 ötesinde ne olacağını kesin şekilde

* Merkezi İsviçre'de olan ve insanlığın geleceği üzerine bilgi paylaşımlarında bulunan düşünce topluluğu. – *ç.n.*

kestiremiyoruz. Eğer herkes, bugün iyi durumdaki Amerikalıların yaptığı gibi, fazla enerji harcayarak ve et yiyerek savurgan davranmaya devam ederse Dünya, şimdiki nüfusuna yakın büyüklükteki bir nüfusu kaldıramaz. Diğer taraftan vegan diyet, az seyahat, küçük daireler ile internet ve sanal gerçeklik yoluyla iletişim gibi idare edilebilir değişiklerle, yirmi milyar kişilik "sürdürülebilir" bir dünya nüfusu olabilir. İkinci senaryo kesinlikle cazip değil ve belli ki ihtimal dışı. Bu iki ekstrem uç arasındaki açıklığı vurgulamak için dünyanın "taşıma kapasitesi" hakkında yetersiz başlıklar atmak ne kadar naifçe.

2050 yılında dokuz milyara ulaşacak, hatta bir şekilde bu sayıyı da aşacak dünyanın, afet uyarısına ihtiyacı yok. Modern tarım -toprağı daha az sürmek, suyu idareli kullanmak, israfı düşürmek için iyi mühendislik tercih etmek, sulamayı geliştirmek ve belki de genetiği değiştirilmiş ürünleri dahil etmek- bu kadar çok sayıdaki insanı makul şekilde besleyebilir. Buradaki kalıp ifade "sürdürülebilir yoğunlaştırma"*. Ancak, enerji üzerinde ve bazı bölgelerde de su tedariklerinde ciddi baskılar olacak. Söz konusu rakamlar çok kayda değer. Bir kilogram buğday yetiştirmek, bin 500 litre su ve birkaç mega jul enerji gerektiriyor. Bir kilogram sığır etiyse bunun on katı su ve yirmi katı enerji tutuyor. Gıda üretimi, dünyadaki enerjinin yüzde 30'unu, suyun da yüzde 70'ini tüketiyor.

Genetiğiyle oynanmış organizmaları kullanan tarım teknikleri faydalı olabilir. Spesifik bir örnek verelim: Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, gelişmekte olan ülkelerde beş yaşın altındaki çocukların yüzde 40'ında A vitamini eksikliği var. Bu, çocukluk dönemindeki körlüğün ana nedeni ve dünya genelinde her yıl yüz binlerce çocuğu etkiliyor. "Altın pirinç", 90'larda geliştirilip akabinde ilerletildi ve A vitamini habercisi olan beta karotenleri serbest bırakması özelliğiyle A vitamini

* Eşit miktarda arazi üzerinde tüm negatif çevresel etkileri azaltıp daha çok ürün yetiştirmek. – *ç.n.*

eksikliğini kısmen karşılıyor. Ne yazık ki, kampanya yapan organizasyonlar bilhassa da Greenpeace, altın pirinç yetiştiriciliğini sekteye uğrattı. Elbette "doğanın tahrifi" konusunda endişeler var fakat bu örnekteki yeni teknikler, "sürdürülebilir yoğunlaşma"yı geliştirebilirdi. "C4 Yolu" denilen, pirinç genomunda yapılacak daha tesirli değişikliklere dair umutlar da var. Böylece fotosentez yeterliliği artarak dünyanın bir numaralı temel gıdası daha hızlı ve güçlü büyüyebilecek.

Gıdayla ilgili iki potansiyel değişiklik, yüksek teknik bariyerleri aşamadı: Protein açısından zengin, besin değeri yüksek böcekleri lezzetli yiyeceklere dönüştürmek ve bitkisel proteinlerden yapay et yapmak. İkinci için örnek verirsek, Imposibble Foods isimli Kaliforniyalı bir şirket, çoğunluğu buğday, Hindistan cevizi ve patatesten üretilen "etli" burgerleri 2015'ten beri satıyor. Yine de bu burgerlerin, pancar suyunu kanın muadili olarak görmeyen etçil oburları tatmin etmesi için biraz zaman geçmesi gerekecek. Ama biyokimyacılar daha sofistike teknikler keşfetmek için konuyla ilgileniyor. Bir hayvandan birkaç hücre alıp uygun besleyici içeriklerle büyümeyi uyararak et "yetiştirmek" prensipte mümkün. "Çok hücreli olmayan tarım" denilen diğer bir yöntemse, genetiği değiştirilmiş bakteri, maya, mantar ve alglerle, örneğin süt ve yumurtada bulunan proteinle yağları üretiyor. Kabul edilebilir et alternatifleri üretmek için mali teşvikler ve çevresel zorunluluklar olduğu aşikâr. Böylelikle bu hızlı gelişim hakkında iyimser olabiliriz.

Gıda, sağlık ve eğitim açısından teknoloji optimistleri olabiliriz. Fakat siyaseten kötümser olmamak zor. Yeterli gıda, ilköğretim ve diğer temel öğeleri temin ederek dünyanın en fakir insanlarının yaşam koşullarını geliştirmek kolaylıkla ulaşılabilecek bir gaye; ancak engeller çoğunlukla politik.

Eğer inovasyonların faydaları dünyaya yayılırsa yaşam stillerimizi değiştirmemiz gerekecek. Ama bunlar zorlukla olmayacak. Hatta 2050 yılında herkes, en azından, bugün müsrif

Batılıların tadını çıkardığı bir yaşam kalitesine sahip olabilecek; uygunca geliştirilen ve bilgece uygulanan teknoloji ile. Gandhi mantrasını şöyle beyan etmişti: "İnsanların açgözlülüğüne yetecek kadar değil ama ihtiyacını karşılayacak kadar var." Bu, azla yetinmek için yapılan bir çağrı değil. Daha ziyade, doğal kaynakları ve enerjiyi tasarruf eden inovasyonlar eliyle ekonomik büyümeyi sağlamak için yapılmış bir çağrı.

"Sürdürülebilir gelişme" terimi 1987'de geçerlilik kazandı. Norveç Başbakanı Gro Harlem Brundtland yönetimindeki Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonu (The World Commission on Environment and Development) onu, "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetlerini ellerinden almadan, günümüzün, bilhassa da fakir insanların ihtiyacını karşılayan gelişim" şeklinde tanımladı.[7] 2050 yılında, imtiyazlı grupların tadını çıkardığı yaşam stili ile dünyanın geri kalanının ulaşabildiği arasındaki farkın daha az olmasını amaçlıyoruz. Gelişen ülkeler, Avrupa ve Kuzey Amerika'nın endüstriyelleşme yolunu taklit ederse bu mümkün olamaz. Bu ülkelerin daha etkili ve israftan kaçınan bir yaşam biçimine doğrudan geçmesi lazım. Amaç teknoloji karşıtı olmak değil. İhtiyaç duyulan yenilikleri desteklemesi için uygun şekilde yönetilen yeni teknolojiler gerekiyor. Daha gelişmiş milletlerin de bu geçişi yapması şart.

Bilgi teknolojileri ve sosyal medya şimdi tüm dünyaya nüfuz ediyor. Afrika taşrasındaki çiftçiler, elektronik şekilde, tüccarlar tarafından dolandırılmalarını önleyecek piyasa bilgisine ulaşabilir ve para transferi yapabilir. Fakat bu teknolojiler, dünyanın mahrum bölgelerindeki kişilerin "neyi kaçırdıklarının" farkında olduğu manasına da geliyor. Bu farkındalık daha büyük hırçınlıkları tetikleyip kitlesel göçlere veya çatışmalara neden olacak; eğer ki bu zıtlıklar aşırı ve adaletsiz olarak algılanırsa. Doğrudan maddi yardımda bulunarak, sömürgeci şekilde hammadde çıkarımını keserek, yurdundan ve malından edilmiş mültecilerin bulunduğu yerlerde altyapıyla imalata yatırım

yaparak daha büyük bir eşitlik sağlamak, imtiyazlı uluslar için yalnızca ahlaki bir zorunluluk değil, ayrıca milli bir kazanım.

Uzun dönem gayeler siyasi gündemin gölgesinde kalabiliyor çünkü odak, acil sorunlarda ve gelecek seçimlerde. Avrupa Komisyonu Başkanı Jean-Claude Juncker, "Hepimiz ne yapmamız gerektiğini biliyoruz fakat bunu yaptıktan sonra nasıl tekrar seçileceğimizi bilmiyoruz," demişti.[8] O, ekonomik krizleri kastediyordu ama yorumu, çevresel sıkıntılar için daha da uygundu. Birleşmiş Milletler'in, "sürdürülebilir gelişim" hedeflerini umut kırıcı derecede yavaş uygulamasından dolayı bunlar vuku buluyor.

Yapılabilecek olanlar ile şu an yaşananlar arasında moral bozucu bir boşluk var. Daha çok yardım önermek tek başına yeterli değil. Eğer bu yardımların gelişen ülkelere sirayet etmesini istiyorsak istikrar, iyi yönetim ve etkili altyapı gerekiyor. Cep telefonlarının Afrika'ya girişini sağlayan Sudanlı iş insanı Mo İbrahim, 2007'de bir ödül sistemi kurdu. Amaç, yozlaşmamış ve örnek niteliği taşıyan Afrikalı liderleri tanımak. Şimdiye kadar beş defa verilen ödülün değeri beş milyon dolar, ayrıca yıllık iki yüz bin dolar da cabası.

İlgili eylemlerin illa ulus ve devlet seviyesinde uygulanmasına gerek yok. Elbette bazıları milletlerarası bir iş birliği gerektiriyor olabilir ama etkili reformların çoğu, yerel bazda uygulanıyor. Gelişen dünyada, sıkıntıların iç karartttığı mega şehirlerde ihtiyaç duyulacak yüksek teknoloji inovasyonlarına öncülük etmek için gelişmiş şehirlerin önünde büyük fırsatlar var.

"Kısa vadecilik" yalnızca seçime dayalı siyasetin bir niteliği değil. Özel yatırımcıların da yeterince uzun bir ufku olmuyor. Emlak yatırımcıları, otuz gün içinde ödeme almazlarsa yeni bir ofis binasına başlamıyor. Hatta şehirlerdeki yüksek binaların çoğunun "belirlenmiş ömrü", gökyüzündeki egemenliklerinden hüzün duyan bizler için bir teselli olarak yalnızca elli yıl. Bu sürenin ötesindeki fayda ve zararlar önemsenmiyor.

Peki, daha uzak gelecek ne olacak? 2050 ötesindeki nüfus trendlerini tahmin etmek daha da zor. Bunlar, günümüzdeki gençlerin hatta daha doğmamışların, kaç yıl arayla kaç çocuk isteyeceğine bağlı. İleri eğitim ve bir öncelik olarak kadınların güçlendirilmesi, şimdi en yüksek doğurganlığa sahip yerlerdeki oranları düşürebilir. Ama bu demografik dönüşüm Hindistan'ın bazı bölgelerine ve Sahraaltı Afrika'ya henüz ulaşmadı.

Afrika'nın, örneğin kırsal Etiyopya ve Nijer gibi bazı yerlerinde, kadınların doğum ortalaması hâlâ yediden fazla. Doğum oranları düşme eğiliminde olsa bile, Birleşmiş Milletler'e göre 2050 ve 2100 yılları arasında Afrika nüfusu ikiye katlanarak dört milyara ulaşabilir, bu da dünya nüfusunu on bir milyar yapar. O zaman, yalnızca Nijerya'da Avrupa ve Kuzey Amerika'nın toplamı kadar kişi bulunur ve dünyadaki çocukların neredeyse yarısı da Afrika'da olur.

İyimserler bize, her bir ekstra ağzın bir beyin ve iki de el getirdiğini anımsatıyor. Yine de dünya nüfusu büyüdükçe kaynaklar üzerindeki baskı da artacak; özellikle de gelişen ülkeler, gelişmiş olanlardaki kişi başına düşen tüketim miktarına erişirse. Afrika'nın "yoksulluk tuzağı"ndan kurtulması daha zor olacak. Hatta bazılarının belirttiğine göre, çocuk ölümleri azaldığında bile, Afrika kültürü geniş aileyi tercih etmeyi sürdürecek. Eğer bu gerçekleşirse artan dünya nüfusunun negatif yan etkileri değerlendirilir ve Birleşmiş Milletler'in iddia ettiği temel haklardan biri olan "ailenin büyüklüğüne karar verme özgürlüğü" sorgulanmaya başlanır.

Dünya nüfusunun 2050 sonrasında artacağını değil, azalacağını ümit etmeliyiz. İyi yönetim ve etkili tarım ticaretiyle dokuz milyar kişiyi doyurabiliriz, evet. Mesela 3D yazıcı gibi ürünler de daha ucuza üretilmeye başlandı. Bolca "temiz hava" var. Fakat yiyecek tercihleri zoraki olacak. Kalabalık ve yeşil alanlardaki azalma yüzünden de hayat kalitemiz düşecek.

Gezegenin Sınırları İçinde Kalmak

Antroposen çağının derinliklerindeyiz. Bu terim, sprey tüp ve buzdolaplarında kullanılan kloroflorokarbonların atmosferdeki ozonu azalttığına karar veren biliminsanlarından olan Paul Crutzen tarafından popülerleştirildi. 1987 Montreal Protokolü bu kimyasalları yasakladı. Bu anlaşma umut verici bir teamül gibi görünüyordu ama işe yaradı çünkü kloroflorokarbonların büyük maliyetleri olmayan muadilleri vardı. Maalesef, yükselen nüfus ve artan gıda ile enerji talebi gibi sonuçları olan diğer antroposenik global değişikliklerle uğraşmak pek kolay değil. Tüm bu meseleler genişçe ele alınıyor. Moral bozucu olan şey eylemsizlik. Politikacılar için aciliyet uzun döneme; mahalli de küresele baskın çıkıyor. Ulusların, halihazırdaki kuruluşlarla beraber yeni organizasyonlara, Birleşmiş Milletler çatısı altında daha fazla güç vermeye ihtiyaçlarının olup olmadığını sormak zorundayız.

Artan nüfus ve iklim değişikliğinin baskısı canlı çeşitliliğinin kaybına yol açacak. Gıda üretimi ya da biyolojik yakıtlar için ekstra toprak gerekiyor diye ormanlar gasp edilirse bu durum kötüleşebilir; iklim ve arazi kullanımındaki değişikliklerle birlikte, "kırılma noktaları"na neden olup geri dönüşü olmayan değişimler doğurabilir. İnsanlığın doğa üstündeki kolektif etkisi, Stockholmlü çevreci Johan Rockström'ün deyimiyle "gezegenin sınırlarını"[9] fazla zorlarsa "çevresel şok", biyosferimizi geri dönüşü olmayan şekilde zayıflatabilir.

Peki, bu neden böylesine önemli? Eğer balık nüfusları azalırsa biz zarar görürüz. Yağmur ormanlarında bulunan ve tedavi etmede kullanılan bitkiler var. Biyosfer çeşitliliğinin, pratik yararların üstünde manevi bir değeri de var. Ünlü ekolojist E.O. Wilson'ın kelimeleriyle: "Çevreci bir dünya görüşünün kalbinde, insanın fiziksel ve ruhsal sağlığının dünyaya bağlı olduğu kanısı yatar. Orman, mercan resifi, denizin mavi suları gibi doğal ekosistemler, dünyayı, kalmasını arzu ettiğimiz

şekilde muhafaza ediyor. Zihnimiz ve bedenimiz, başka bir yerde değil, özellikle bu gezegende yaşamak için gelişti."[10]

Soy tükenme oranları yükseliyor. "Yaşamın kitabını, henüz okumadan yok ediyoruz. Örneğin, "karizmatik" memelilerin nüfusları düştü. Bazı vakalarda türleri tehdit edecek seviyede üstelik. Kurbağaların, semenderlerin ve kara kurbağalarının, toplam altı bini bulan türlerinden çoğu özellikle hassas. E.O. Wilson'ı tekrar alıntılamak gerekirse: "Eğer insan davranışları toplu nesil tükenmelerine yol açarsa gelecek kuşakların bizi bunun için affetmesi bir günah olur."

Burada, yeri gelmişken, büyük dinî inançlarımız müttefikimiz olabilir. Tüm inançlardan yetmiş üyeye sahip, ekümenik* bir yapı olan Papalık Bilim Akademisi'nin kurulundayım. 2014 yılında Vatikan'da, Cambridgeli ekonomist Partha Dasgupta ve California Scripps Institute'ten iklim bilimci Ram Ramanathan iklim ve sürdürülebilirlik hakkında üst seviye bir konferans organize etti.[11] Bu, 2015'deki Papalık Genelgesi** "Laudato Si" öncesinde tam yerinde bir bilimsel uyarı oldu. Katolik Kilisesi'nin siyasi ayrılıkların ötesinde; küresel erişimini, devamlılığını, uzun dönem vizyonunu ve tüm fakirler üzerindeki odağını inkâr edemeyiz. Papa, Birleşmiş Milletler'de ayakta alkışlandı. Mesajı özellikle Latin Amerika, Afrika ve Doğu Asya'da yankılandı.

Genelge ayrıca, Fransisken tarikatının görüşünü de açıkça onayladı. Buna göre, insanların "Tanrı'nın yarattığı" her şeyi önemseme görevi var. Doğal yaşamın, insanlar için faydalarının dışında, bizatihi değeri ve hakları bulunuyor. Bu tavır, "doğal seçilim yoluyla evrim" fikrinin kurucularından Alfred Russel Wallace tarafından da güzelce ifade edilmişti: "Çağlar

---

* Grekçe kökenli kavram en geniş anlamıyla dinler arası birliği sağlamayı ifade eder. Buradaki anlamıyla tek bir Hıristiyan kilisesi oluşturma ya da Hıristiyan birliğini sağlama amaçlı girişim. – *ç.n.*

Papa'nın Katolik doktri i hakkında yazıp din adamlarına yolladığı mektup. – *ç.n.*

boyunca, ardışık jenerasyonlarla kendi yollarında akan güzellikleri düşündüm. Tatlılıklarına bakan bilinçli bir göz olmadan, nedensizce harcanan bütün güzellikler... Bu düşünce bize, tüm canlıların insanlar için olmadığını söylüyor. İvedilikle görülüyor ki, onların mutluluk ve zevkleri, sevgi ve nefretleri, var olma çabaları, hareketli yaşamları ve erken ölümleri yalnızca kendi esenlikleriyle devamlılıklarına bağlı."[12]

Papalığın açıklaması, 2015 Aralık'ında yapılan Paris İklim Konferansı'ndaki anlaşmaya giden yolu kolaylaştırdı. Anlaşma, "tükenmiş" ve tehlikeli bir dünya bırakmamanın, çocuklarımıza, fakirlere ve hayat çeşitliliği içerisindeki yardımcılarımıza karşı sorumluluğumuz olduğunu açıkça beyan etti.

Hepimiz bu duyarlılıkları taşıyoruz elbette. Fakat ekonomik ve politik seküler kurumlarımız, gelecek için yeterince uzun vadeli planlar yapmıyor. Son bölümlerde, bilim ve yönetim açısından iç karartıcı olan bu tehditlerden bahsedeceğim.

Düzenlemeler bize yardım edebilir. Fakat halkın düşünce şekli değişmeden bu düzenlemeler dikkat çekmeyecek. Örneğin Batı'da, sigara içmeye ve sarhoşken araba kullanmaya karşı olan bakış açısı son yıllarda değişti. Yeni bir tavır değişikliğine daha ihtiyacımız var. Londra sokaklarını tıkayan Chelsea jipler misali 4x4'ler, palmiye ısıtıcılar, parlakça ışıklandırılmış evler, özenli plastik ambalaj kâğıtları, hızla değişen modayı kölevari şekilde takip etmek... Bunun gibi aşırı tüketim ve enerji ile materyal israfı içeren davranışların havalı değil, "ucuz" kabul edilmesi gerekiyor. Aslında aşırı tüketimden uzak bir trend, harici baskılar olmadan da gerçekleşebilir. Benim kuşağımda yaşama alanımız, bir öğrenci odası ve sonra daha ferah bir yer, kitap, CD ve fotoğraflarla "kişiselleştirilirdi" Şimdi müzik ve kitaplara online şekilde erişilebiliyor. Belki "yuvamız" hakkında daha az duygusal oluruz. Göçebelere dönüşeceğiz; özellikle de online yapılan iş ve sosyalleşme miktarı arttıkça. Tüketicilik, "paylaşım ekonomisi" ile yer değişebilir. Eğer bu

senaryo gerçekleşirse Avrupa ile Birleşik Devletler'in yaşadığı "yüksek enerji ve yüksek tüketim" evresini atlayarak doğrudan yeni yaşam stiline geçmek, gelişen ülkeler için büyük önem taşıyacak.

Etkili kampanyaların, hafızada kalan logolarla ilişkilendirilmeye ihtiyacı var. BBC'nin 2017 yapımı televizyon dizisi "Blue Planet II", güney okyanuslarında binlerce mil yiyecek arayıp geri dönen bir albatrosu gösterdi. Bu kuşun, midesine indirip yavrusu için kustukları, besleyici balıklar yerine plastik parçalarıydı. Böyle bir görüntü, plastikleri geri dönüştürmemiz gerektiğini, aksi takdirde, okyanuslarda yığınlar olacağını ve orada yaşayan canlıların besin zincirinin bundan etkileneceğini halka duyurdu. Benzer şekilde, bir parça yanıltıcı olsa da eriyen buz kütlesine tırmanan kutup ayısı, iklim değişikliği krizinin uzun süreli sembolüydü. Ki bu da benim sıradaki konum.

İklim Değişikliği

Dünya daha kalabalık olacak. İkinci bir tahminimiz de var: Gittikçe sıcaklaşacak. Gıda tedariği ve biyosfer üzerindeki tüm baskılar, küresel hava hareketlerindeki nihai değişimlerle kötüleşecek. Küresel ısınma; bilim, halk ve politikacılar arasındaki gerilime örnek oluşturuyor. 2017'de, "küresel ısınma" ve "iklim değişikliği" terimlerinin resmî belgelerde geçmesi Trump rejimi tarafından yasaklanmış olsa da nüfus meselelerinin aksine, bu konu kesinlikle az tartışılmış değil. Ancak iklim değişikliği çıkarımlarının ardından, korkutucu derecede eylemsiz kalındı.

İhtilaflı olmayan bir şey var. Bilhassa fosil yakıtlarının yakılması yüzünden havadaki karbondioksit değişimi artıyor. Hawaii'de 1958'ten beri faaliyet gösteren Mauna Loa rasathanesinde, biliminsanı Charles Keeling bir araç kullanarak karbondioksit seviyelerini ölçtü. Keeling'in 2005'teki ölümü-

nün ardından, program oğlu Ralph tarafından sürdürüldü. Ve kesin şekilde anlaşılıyor ki, bu yükseliş "sera etkisi"ne yol açıyor. Dünya'yı ısıtan Güneş ışıkları, kızılötesi ışınım olarak tekrardan yayılıyor. Bir serada camların kızılötesi ışınları hapsetmesine benzer şekilde, karbondioksit de âdeta bir battaniye gibi davranarak Dünya'nın atmosferi, kara parçaları ve okyanuslarındaki ısıyı tutuyor. Bu, 19. yüzyıldan beri biliniyor. Karbondioksit artışı, uzun dönemdeki ısınma eğilimine ve iklim dalgalanmaları yaratacak diğer çetrefilli etkilere maruz kalışımıza neden olacak.

Basit bir hesaplamaya göre karbondioksitin iki katına çıkması, atmosferde başka hiçbir şey değişmediği takdirde, Dünya üzerinde ortalama sıcaklık 1.2 derecelik bir artışla sonuçlanabilir. Ancak su buharı, bulut örtüsü ve okyanus sirkülasyonunda görülüp birbirleriyle bağlantılı olan değişimleri anlamak daha zor. Bu "geri bildirim" işlemlerinin ne denli önemli olduğunu bilmiyoruz. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nden (Intergovernmental Panel on Climate Change / IPCC) beşinci rapor 2013'te yayımlandı. Buna göre, belirsizliklere rağmen, bazı şeyler çok net. Eğer yıllık karbondioksit salınımı kontrolsüzce artmaya devam ederse şiddetli bir iklim değişikliğini tetikleyebiliriz. Grönland ve Antarktika'daki buzların geri dönülemez şekilde eriyip deniz seviyesini metrelerce yükseltmesini başlatmak gibi yüzyıllar boyu etkisi sürecek kahredici senaryolara yol açabiliriz. Global sıcaklık artışında "manşet hâline gelmiş rakamın" bir ortalama olduğunu anlamak önemli. Durumu daha yıkıcı yapan şey, bu artışın bazı yerlerde daha hızlı olması ve bölgesel hava durumu modellerindeki dramatik değişiklikleri tetiklemesi.

İklim tartışmaları bilimsel, siyasi ve ticari çıkarlar arasında kalarak kirlendi. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin tasarılarındaki çıkarımlardan hoşlanmayanlar, daha iyisini talep etmek yerine bilimi kötülediler. Güncel politikalara

karşı duranlar, yalnızca global olarak değil hassaten kişisel alanlardaki öngörüleri geliştirme zorunluluğunu kabullense bu tartışmalar daha yapıcı olurdu. Kaliforniya ve Cambridge'deki biliminsanları,[13] "Vital Signs" denilen bir proje geliştiriyor. Amaç, kuraklık ve sıcaklık dalgası gibi yerel hareketler içinden hangisinin, ortalama sıcaklık artışıyla doğrudan orantılı olduğunu bulmaya yetecek kadar iklime ve çevreye dair bilgi toplamak. Bu, siyasilere küresel ısınma ortalamasını vermekten daha anlamlı ve takdire şayan.

Atmosferdeki karbondioksit oranı, gelecekteki nüfus trendlerine ve Dünya'nın, fosil yakıtlarını kullanma kapsamına bağlı olacak. Fakat karbondioksit salınımı için özel bir senaryo yazacak olsak bile, belirsiz "geri bildirimler"den* kaynaklanan "iklim hassasiyet faktörü"** dolayısıyla, ortalama sıcaklığın ne hızla artacağını tahmin edemiyoruz. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli uzmanlarının ortak kararına göre, yüzde 5 ihtimalle, gelecek yüzyıldaki sıcaklık artışı altı dereceden fazla olacak. Karbondioksit salınımını kesmenin bedellerini düşünelim. Yüzde 50 ihtimalle gerçekleşecek, ancak adapte olabileceğimiz zararlardansa altı derecelik sıcaklık artışı gibi düşük ihtimalli ama epey kaotik şeylerden kaçınmak daha mantıklı.

Paris Konferansı'nda açıklanan gaye, ortalama sıcaklık artışının iki dereceyi aşmasını önlemek, hatta mümkünse bunu bir buçuk derecede tutmak. Eğer tehlikeli "kırılma noktaları"nı aşmanın risklerini düşürmek istiyorsak bu gayet uygun bir amaç. Fakat soru şu: Bunu nasıl yerine getireceğiz? Bu sınırı ihlal etmeden ne kadar karbondioksit açığa çıkarabileceğimiz belirsiz, çünkü iklim hassasiyet faktörü aslında bilinmiyor. Bu yüzden pek tatmin edici olmayan bir hedefimiz var. Barizdir ki bu hedef, düşük hassasiyet tahmininde

---

* İklim değişikliğinde, pozitif "geri bildirim" sıcaklık yükselişini hızlandırırken negatif "geri bildirim" sıcaklık artışını yavaşlatır. – *ç.n.*

** İklim hassasiyeti, atmosferdeki karbondioksit artışı ile sıcaklık artışı arasındaki ilişkiyi tanımlar. – *ç.n.*

bulunan bilimsel bulguları desteklemek için fosil yakıt ilgisini teşvik edecek.

Bilim, ekonomi ve nüfustaki belirsizliklere rağmen, iki önemli mesaj var:

1) Önümüzdeki yirmi ila otuz yıl içinde, hava durumu modellerindeki bölgesel bozulmalar, su ve gıda tedariğini zora sokacak. Bu da daha "ekstrem olaylar"a ve göçe yol açacak.

2) Dünya'nın fosil yakıtlara bağlı olduğu "aynı tas aynı hamam" senaryolara göre, yüzyıl sonundaki ısınmayla, Grönland'daki buzulların erimesi gibi kaotik olaylar tetiklenecek.

Ancak bu ifadeleri kabul eden ve önümüzdeki yüzyılda iklimsel bir felaket yaşanma riskinin büyüklüğünde hemfikir olan kişiler bile, bugün hangi hızla eyleme geçileceği noktasında farklı düşünüyor. Onların değerlendirmeleri, gelecekteki büyümenin beklentileri ve teknolojik iyileşmelerin optimistliğine bağlı olacak. Aslında hepsinden önce bu, etik bir soruya bağlı: Gelecek kuşakların yararı için kendi keyfimize koyacağımız limitlerin sınırı ne olmalı?

Bjørn Lomborg, *The Skeptical Environmentalist* kitabıyla tanınırlık ve diğer çevrecilere de olduğu gibi, "öcü" sıfatı kazandı. Global sorunlara çözüm bulmak için ekonomistlerle birlikte Copenhagen Consensus'u kurdu.[14] Bu ekonomistler, standart bir "indirim oranı" uyguluyor, böylece gerçekte, 2050 sonrasında olacakların önemini azaltıyorlar. Doğrusu, bu dönemde felaket yaşanma riski fazla değil. Bu yüzden, tahmin edilebilir şekilde, dünyadaki fakirlere başka yollarla yardım etmeye kıyasla, iklim değişikliğini dile getirmenin önceliğini düşürüyorlar. Fakat Nicholas Stern[15] ve Martin Woltzman'ın[16] iddia edeceği üzere, eğer -22. yüzyıl ve sonrasında yaşayanlara değer vererek, yani yaş bazlı ayrımcılık olmadan- daha düşük "indirim oranı" uygularsanız, gelecek kuşakları en kötü durumlara karşı korumak için şimdi yatırım yapmak mantıklı gözükebilir.

Bu analojiyi düşünelim. Gökbilimcilerin bir asteroidi izlettiğini ve onun, kesin olmamakla birlikte, yüzde 10 ihtimalle 2100'de Dünya'ya çarpacağını hesapladıklarını kabul edelim. Rahatça, "Bu problemi elli yıl boyunca bir kenara atalım, insanlar o zaman daha zengin olacak. Belki de Dünya'ya çarpmaz?" diyebilir miydik? Hiç sanmıyorum. Asteroidin yönünü değiştirmek ya da çarpışın etkilerini hafifletmek için elimizden gelenin en iyisini yapmaya hemen başlayacağımız hususunda fikir birliği olurdu. Günümüzün küçük çocuklarının çoğunun 2100 yılında hâlâ hayatta olacağını fark eder ve onları önemserdik.

(Burada bir parantez açmalıyım. İfade edebilirim ki, sıfır "indirim oranı"nın uygulandığı tek bir prensip var: radyoaktif atık imhası. Finlandiya'daki Onkalo ve Birleşik Devletler'deki Yucca dağı tesislerinde olduğu gibi, yeraltının derinliklerinde bulunan depoların, on bin, hatta milyon yıl boyunca sızıntıyı önlemesi gerekiyor. Diğer enerji politikalarında önümüzdeki otuz seneyi bile planlayamazken ironik, öyle değil mi?)

Temiz Enerji ve Bir "B Planı"

Hükümetler iklim tehdidine neden uyuşuklukla cevap veriyor? Çünkü gelecek kuşaklar ve dünyanın yoksul kısımları hakkındaki endişeler, gündemde geri planda kalıyor. Örneğin bir karbon vergisiyle karbondioksit salınımını düşürmeye yönlendirmenin zorluğu, bu aksiyonların etkilerinin onlarca yıl önümüzde ve global olarak da dağılmış olmasında. 2015 Paris Konferansı'nda, her beş yılda bir gözden geçirmek ve yenilemek sözüyle bazı kararlar alınması olumlu bir adım. Fakat halkın ilgisi devam etmez ve bu meseleler, politikacıların "gelen mail" kutuları ile basında yer almazsa, konferans sırasında önem kazanmış bu mevzu tekrardan gündemden düşecek.

1960'da Stanford Üniversitesi'nden psikolog Walter Mischel bazı klasik deneyler yaptı. Çocuklara iki seçenek sundu:

Hemen şimdi bir marşmelov veya on beş dakika beklerlerse iki marşmelov. Mischel'in iddiasına göre, tatminlerini geciktiren çocuklar daha mutlu ve başarılı yetişkinlere dönüştü.[17] Bu, günümüzde milletlerin yüzleştiği ikilem için uygun bir metafor. Eğer kısa vadeli kazanca, yani anlık keyfe öncelik verilirse gelecek nesillerin refahı tehlikeye atılmış olacak. Altyapı ve çevreyle alakalı politikalarının ufkunun, en az elli yıl daha uzatılması gerekiyor. Eğer gelecek kuşakları önemsiyorsanız ofis binası planlayan bir müteahhit olsaydınız yapacağınız kadar, geleceğin artı ve eksilerini dikkate almamanız ahlaki olmaz. Bu "dikkate almama" oranı, iklim politikaları tartışmalarında önemli bir faktör.

Birçokları hâlâ, medeniyetimizin düşük karbonlu bir geleceğe pürüzsüz şekilde geçebileceğini umuyor. Ama siyasetçiler, istenmeyen yaşam stili değişikliklerine yol açan tutumları savunarak pek destek bulamayacak. Özellikle de söz konusu faydalar onlarca yıl sonra görülecekse. Doğrusu, iklim değişikliğine adapte olmak, onun etkilerini hafifletmekten daha çok destek toplayabilir çünkü birinci seçeneğin faydaları yerel olarak birikiyor. Örneğin, kıyı bölgeleri kasırga ve deniz seviyesi yükselmelerine karşı savunmasız olan Küba hükümeti, yüz yıl için geçerli olacak iyi bir plan geliştirdi.[18] Bununla beraber, iklim değişikliğini hafifletebilecek üç önlem siyaseten gerçekçi, hatta neredeyse çok kazançlı görünüyor.

İlk olarak, tüm ülkeler enerji verimliliğini artırarak tasarruf yapabilir. Binaları daha "yeşil" tasarlamak için teşvikler olabilir. Bu sadece iyileştirilmiş yalıtımla ilgili bir konu değil. Yapım aşamasını da tekrar düşünmek gerekiyor. Mesela, bir bina yıkılırken çelik kirişler ve plastik borular gibi elementler, nadiren dönüştürülüp yeniden kullanılıyor. Kirişler daha zekice tasarlanabilir, böylelikle, aynı sağlamlığa daha az ağırlıkla sahip olurlar ve çelik kullanımı da düşer. Bu, ilgi çekmeye başlayan bir kavrama örnek oluyor: "Dairesel" ekonomi. Yani mümkün olduğu kadar çok malzemeyi geri dönüştürmek.[19]

Genellikle teknik ilerlemeler cihazları daha etkili yapar. Eski cihazlarınızı bir köşeye atmak, verimlilik artışının, gelişmiş versiyonları üretmenin ekstra maliyetini telafi ettiğinde mantıklı olabilir. Cihaz ve araçlar modüler şekilde tasarlanırsa bir kenara atılmak yerine, bazı parçaları değiştirilerek daha gelişmiş hâle dönüşebilir. Elektrikli arabalar teşvik edilebilir ve 2040 yılıyla başat hâle getirilebilir. Bu geçiş, şehirlerdeki kirlilik ve gürültüyü azaltabilir. Fakat karbondioksit seviyelerine etkisi, elbette, bataryaları şarj eden elektriğin nereden geldiğine bağlı.

Etkili eylemlerin, düşünme şeklindeki değişikliklere ihtiyacı var. Uzun süre kalıcı olan şeylere değer vermemiz lazım. Üretici ve satıcıları, dayanıklılığı öne çıkarmaya sevk etmeliyiz. Yerine yenisini koyacağımıza, tamir etmeli ve geliştirmeliyiz. Ya da onsuz yapmalıyız. Faturalarımızdaki düşüş bizi erdemli hissettirebilir ama bu yeterli olmayacak. Eğer herkes az katkıda bulunursa fazlasını başaramayız.

İkinci "kazançlı" önlem, metan, siyah karbon ve kloroflorokarbonların salınımını kesmeyi hedeflemek. Bunlar, sera gazı ısınmalarının nedenlerinden bazıları. Fakat karbondioksitin aksine yerel kirliliğe, örneğin Çin'deki şehirlerde, sebep oluyorlar. O yüzden bu gazları düşürmek için daha güçlü bir gerekçemiz var. (Avrupa ülkelerinde, bu kirliliği azaltma çabası bir handikapla başladı. Daha büyük olan yakıt ekonomileri yüzünden, 90'lı yıllarda dizel arabalara yoğun bir talep vardı. Bu şimdi tersine çevrildi çünkü şehirlerdeki sağlıklı yaşamı tehlikeye atan kirletici mikro tanecikleri yayıyorlar.)

Üçüncü önlemse en önemli olanı: Milletler, yenilenebilir, dördüncü nesil nükleer ve füzyon gibi az karbonlu enerji üretimlerindeki araştırma ve geliştirmeleri genişletmeli. Depolama ve akıllı şebeke gibi diğer teknolojilerdeki paralel ilerleme de mühim. İşte bu yüzden, 2015 Paris Konferansı'nın teşvik edici bir sonucu olarak, "Mission Innovation" adı verilen bir girişimde bulunuldu. Bu inisiyatif, Birleşik Devletler Başkanı

Obama ve Hindistan Başbakanı Narendra Modi tarafından kuruldu. Ayrıca G7 ülkelerinin yanında Hindistan, Çin ve on bir ülkenin daha desteğini aldı. Temiz enerji araştırma ve geliştirmeleri için finanse ettikleri parayı 2020 yılıyla ikiye katlamaları umut ediliyor. Bu, mütevazı bir hedef. Günümüzde, araştırma ve geliştirme için kamusal şekilde fonlanan meblağın yalnızca yüzde 2'si bu uğurda kullanılıyor. Neden bu oran tıp ve savunma araştırmalarının harcamalarıyla kıyaslanabilecek kadar olmasın? Bill Gates ve diğer özel hayırseverlerin bunu gerçekleştirmeye niyetleri var.

Küresel ekonomiyi "karbonsuzlaştırma"nın karşısındaki engel, yenilenebilir enerji üretiminin hâlâ pahalı olması. "Temiz" teknolojilerin ilerleme hızı arttıkça fiyatları da düşmeye başlayacak. Böylelikle daha fazla üretme kapasitesine ihtiyaç duyan, ahşap ya da gübre yakan dumanlı sobaların, yoksulların sağlığını tehlikeye attığı ve kömür santrali inşa etmeye mecbur kalan gelişen ülkeler için de satın alınabilir olacaklar.

Güneş, tüm insanların talep ettiği enerjinin beş bin katı fazlasını Dünya'nın yüzeyine yolluyor. Parlaklığı, enerji isteğinin en hızlı artacağı tahmin edilen Asya ve Afrika'da bilhassa fazla. Fosil yakıtların aksine, kirlilik yaratmıyor, madencileri öldürmüyor. Nükleer füzyon gibi nükleer atık bırakmıyor. Güneş enerjisi, Hindistan ve Afrika'nın binlerce "şebeke dışı" köyünde yarışın içinde olmuş bile. Fakat daha geniş bir ölçekte, fosil yakıtlardan pahalı olmaya devam ediyor. Ancak devlet yardımları ve uzun vadeli sözleşmelerle ekonomik açıdan mümkün hâle gelebilir. Ama bu yardımların da bir sonu var.

Eğer Güneş (ya da rüzgâr), enerjimizin ilk kaynağı olursa onu depolamaya ihtiyacımız var, çünkü geceleyin ve rüzgârsız günlerde de tedariğe devam edebilmeliyiz. Pilleri geliştirmek ve büyütmek için halihazırda büyük yatırımlar yapıldı. 2017'nin sonlarına doğru, Elon Musk'ın şirketi SolarCity

Avustralya'nın güneyinde, 100 megavat kapasiteli lityum iyonu bataryalarını kurdu. Diğer enerji saklama seçenekleri ise termal depo, kondansatörler, basınçlı hava, volanlar, erimiş tuz, pompalamalı hidro ve hidrojen.

Elektrikli arabalara geçiş, pil teknolojisinin önemini artırdı. Araba pilleri, ağırlık ve tekrar şarj olma hızı açısından evlerde ya da "batarya çiftlikleri"nde* bulunan pillerden daha "talepkâr" Büyük mesafeler arasında etkili iletim yapmak için "yüksek doğru gerilim" şebekelere ihtiyacımız olacak. Uzun dönemde, bu şebekeler kıtalar arası çalışmalı. Kuzey Afrika ile İspanya'dan, daha az güneşli Kuzey Avrupa'ya; enerji ihtiyaçları farklılık gösteren çeşitli zaman dilimlerinde, doğudan batıya taşınan güneş enerjisi.

Genç mühendisler açısından, Dünya için temiz enerji sistemleri bulmak kadar ilham verici olan başka bir mücadele düşünemiyorum.

Güneş ve rüzgâr dışındaki enerji üretme metotları coğrafi uygunluk gerektiriyor. Jeotermal enerji İzlanda'da çoktandır var. Dalga enerjisi kullanılabilir ama o da rüzgâr gibi değişken elbette. Medcezirden enerji üretmek çekici görünebilir. Dalgalar, tahmin edilebilir biçimde yükselip düşüyor. Ancak gelgit büyüklüğünün özellikle fazla olduğu birkaç yer haricinde, aslında garantisi yok. Gelgit büyüklüğünün 15 metreye vardığı Britanya'nın batı kıyısı, böyle bir yer. Bazı burunların etrafında hızlı gelgitlerle oluşmuş akıntılardan, türbinlerle enerji üretip üretilemeyeceğine dair çalışmalar yapıldı. Severn nehrinin geniş ağzına yerleşecek baraj, birkaç nükleer enerji tesisine bedel enerji sağlayabilir. Fakat bu öneri, ekolojik etkileri hakkındaki endişeler yüzünden hâlâ tartışmaya açık. Diğer plansa, birkaç mil uzunluğunda deniz alanını bentle kapatıp gelgit lagünü yaratmak. İçerisi ve dışarısı arasındaki de-

* Çok sayıda bataryanın elektrik depoladığı tesisler. – *ç.n.*

niz seviyesi farkı, türbinleri çalıştırmak için kullanılıyor. Basit teknolojiyle üretilip uzun ömürlü olan bu lagünler, yatırım maliyetini yüzyıllar boyu kullanımla çıkarabilir.

Güncel tahminlere göre, temiz enerji kaynaklarının, özellikle de gelişen dünyada, tüm ihtiyaçlarımızı karşılamasından birkaç onyıl gerideyiz. Örneğin güneş enerjisi, hidrojenle depolama ve bataryalar yetersizse, ki bunlar en iyi seçenekler, yüzyıl ortasında bir yedek plana ihtiyacımız olacak. Karbon sekestrasyonu, yani karbonun yakalanıp ayrılması ile birlikte kullanıldığı takdirde, hava yardımıyla enerji üretmek kabul edilebilir bir yöntem. Bu yolla, enerji santrallerindeki egzoz gazlarından ayrıştırılan karbondioksit, kalıcı olarak saklanmak üzere yeraltına yollanıyor.

Bazıları, karbondioksit yoğunluğunu endüstriyel dönem öncesi seviyesine indirmenin faydalı olacağını iddia ediyor. Yalnızca gelecekte enerji tesislerinden bırakılacakları değil, geçen yüzyılda olan salınımı "çekip almak". Ancak durum biraz karışık. Dünyanın 20. yüzyıl iklimi hakkında ideal hiçbir şey yok. İnsanların yol açtığı değişimin, tabii değişimden hızlı olması ve ne bizim ne de doğal yaşamın buna ayak uydurabilmesi hepimize zarar veriyor. Eğer karbondioksit düşüşü dünya çapında düşünülürse bunu başarmanın iki yolu var: Birincisi, karbondioksiti direkt atmosferden ayırmak. Bu mümkün ama etkili değil, çünkü havadaki karbondioksit oranı yalnızca yüzde 0,2. Diğer teknik ise, halihazırda havada bulunan ve enerji tesislerinde atık yakılmasıyla salınan karbondioksiti alıp biyolojik yakıt olarak kullanan mahsulleri yetiştirmek. Bu teoride güzel fakat yakıt olacak ürün yetiştirmek için (yoksa gıda maksadıyla kullanılacak ya da doğal orman olarak korunacak) araziler gerekiyor. Ayrıca milyarlarca karbondioksiti atmosferden kalıcı şekilde ayırmak kolay değil. Yüksek teknolojili bir alternatif, "yapay ayrılmalar" kullanarak karbondioksiti doğrudan yakıta katabilir.

Nükleer enerjinin rolü ne peki? Şahsen Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler'in en azından bir adet elektrik santralini nükleer tesisle değiştirmesini onaylardım. Fakat nükleer kaza riski, pek muhtemel olmasa bile, kaygıya yol açıyor. Bu konudaki kamusal ve siyasal fikirler istikrarlı değil. 2011'deki Fukushima Daiichi* faciasından sonra nükleer karşıtlığı yalnızca (beklenileceği üzere) Japonya'da değil, Almanya'da da arttı. Zenginleştirilmiş uranyum** temin eden ve atıkları ayırıp depolayan "yakıt bankaları" uluslararası şekilde düzenlenmedikçe, dünya çapındaki bir nükleer enerji planına güvenemeyiz. Bizi risklere karşı koruyan güvenlik kodu ve radyoaktif maddelerin silah üretiminde kullanılmasını engelleyen sıkı bir silahsızlanma anlaşması olmalı.

Geniş çaplı nükleer enerjiler hakkında kararsız kalsak da esnek boyutlara sahip ve güvenli olabilecek "dördüncü nesil" konseptleri araştırma ile geliştirme çabasına değer. Endüstri son yirmi senede nispeten hareketsizdi ve günümüzdeki tasarımlar, 60'lı yıllar ya da öncesine dayanıyor. Bilhassa, standart hâline getirilmiş küçük modüler reaktörlerin ekonomisine çalışmak mühim. Bunlar, çok sayıda üretilebilir ve nihai konumuna taşınmadan önce fabrikada montajı yapılacak kadar küçük olabilir. Ayrıca, 1960'lı yıllardan bazı tasarımlar tekrar düşünülmeyi gerektiriyor; özellikle de toryum temelli reaktör. Bu reaktörün iki avantajı var. Toryum, Dünya'nın yerkabuğunda uranyumdan bol bulunuyor ve tehlikeli atık miktarı daha az.

Nükleer füzyon girişimleri 1950'lerden beri sürüyor ama bu teşebbüsün tarihinde gerileyen ufuklar da var. Ticari füzyon enerjisi hâlâ en az otuz yıl ilerimizde. Manyetik kuvvetleri kullanmanın zorluğu, gazı, Güneş'in merkezinde olduğu gibi, milyonlarca derecede tutmak ve uzun ışınlama sürecinde bozulmadan kalan reaktörü icat etmek. Masrafına rağmen,

---

* 1986'daki Çernobil felaketinden sonraki en ölümcül nükleer kaza. – *ç.n.*

** İçeriğindeki ^{238}U oranı belirli yöntemlerle artırılmış uranyum karışımıdır. *ç.n.*

deneyler ve prototipler geliştirmeyi sürdürmek önemli, çünkü füzyonun potansiyel değeri çok yüksek. Bu konudaki en büyük teşebbüs Fransa'daki Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör. Daha küçük ölçekli fakat benzer projeler, Güney Kore, Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler'de yürütülüyor. Kocaman lazerlerden çıkıp yakınlaşan ışınlar ve ağır hidrojen taneciklerinin içeriye patlaması vasıtalarıyla yapılan alternatif bir konsept, Amerika Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda gerçekleştiriliyor. Bu tesis öncelikle, laboratuvar ölçekli hidrojen bombası testleri yapan bir savunma projesi. Fakat kontrol altına alınmış füzyon enerjisinin sözünü vermek, siyasi bir "incir yaprağı"*

Korku ve çaresizlik hissi, radyasyon hakkındaki kamusal endişeleri büyütüyor. Bunun sonucunda, düşük radyasyon seviyelerine bile duyulan orantısız kaygılar nedeniyle tüm fisyon ve füzyon projeleri sekteye uğruyor.

2011'deki Japonya tsunamisi çoğunlukla boğulma sebebiyle otuz bin yaşama mal oldu. Bu felaket Fukushima Daiichi nükleer enerji tesisini de yok etti. On beş metrelik sulardan korunmak için yetersiz olan tesis, sel tarafından etkisizleştirilen acil durum jeneratörlerinin alçak yerlere konumlandırılması gibi tasarım hataları barındırıyordu. Sonuç olarak, radyoaktif maddeler sızıntı yaptı ve etrafa yayıldı. Çevre köyler plansız şekilde boşaltıldı. Önce yalnızca enerji tesisinin üç kilometre yakınındakiler, sonra yirmi, sonra da otuz. Bu asimetrik yola paralel şekilde, rüzgâr da kirliliği dağıttı. Tahliye edilenlerden bazıları, üç kere yer değiştirmek zorunda kaldı. Boş kalan köylerin akıbeti, uzun süreli sakinleri için kahredici oldu. Gerçeği söylemek gerekirse, zihinsel travma ve diyabet gibi diğer sağlık sorunlarının, radyasyon riskinden daha sarsıcı olduğu kanıtlandı. Tahliye edilen birçok insan, bilhassa da yaşlılar, aşina

* Batı kültürüne göre incir yaprağı, Âdem ile Havva kıssasında olduğu gibi utanılan ya da saklı tutulmak istenen şeyleri gizlemeye yarar. – *ç.n.*

oldukları bir çevrede yaşama özgürlüğü karşılığında, yüksek kanser riskini kabul etmeye hazırdı. Bu seçeneğe sahip olmalıydılar. (Benzer şekilde, Çernobil felaketinden sonraki kitlesel tahliyeler, yerleri değiştirilenlerin pek de yararına değildi.)

Düşük seviyedeki radyasyon hakkındaki gereğinden sıkı prensipler, tüm nükleer enerji ekonomisini kötü durumda bırakıyor. İskoçya'nın kuzeyinde bulunan Dounreay'deki deneysel "üretken reaktör"ün durdurulmasının ardından milyarlarca pound, günümüzden 2030'a kadar olan "ara temizliği"ne harcanmaya başlandı. Önümüzdeki onyıllar için başka harcamalar da olacak. Ayrıca, gelecek yüzyılda Sellafield nükleer montaj bölgesinin yeşil alanlarını tekrar canlandırmak için yaklaşık 100 milyar poundluk bütçe ayrıldı. Diğer bir endişe ise şu: Bir şehir merkezi "kirli bomba"[1] ile saldırıya uğrarsa bazı tahliyeler gerekebilir. Fakat halihazırdaki yönetmelikler, aynı Fukushima'da yaşandığı gibi hem kapsamı hem de süresi açısından gereksiz bir şiddetteki tahliyelere yol açabilir. Nükleer bir kazadan hemen sonraki süreç, dengeli şekilde düşünüp taşınmak için ideal olan zaman değil. Bu yüzden konu, yeniden değerlendirilmeyle açık ve uygun yönergelere ihtiyaç duyuyor.

İklim cephesinde aslında neler olacak? Karamsar tahminime göre, enerji üretimini karbonsuzlaştırmak için olan politik çabalar dikkat çekemeyecek ve Paris'te verilen sözler tutulsa bile, atmosferdeki karbondioksit oranı, önümüzdeki yirmi sene boyunca hızla artacak. O zaman, uzun süreli bilgiler ve daha iyi örnekler sayesinde, küresel ısınmanın ne denli kuvvetli olduğundan şüphe duymayacağız. Eğer "iklim hassasiyeti" düşük olursa rahatlayacağız. Fakat yüksekse ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin beşinci raporunda bahsedilen "dik" sıcaklık artışı senaryoları gibi, geri dönüşü

[1] İçinde radyoaktif elementler de bulunan geleneksel bir kimyasal patlama. – *ç.n.*

bulunmayan tehlikeli bir yola girersek "alarm butonu"na basabiliriz. Bu da bir "B planı"nı içerebilir: Fosil yakıtlarına duyduğumuz süregelen bağlılığımız hakkında kaderci olmak ama fosil yakıtlarla çalışan enerji tesislerinde, karbonu yakalayıp depolama konusunda devasa yatırımlar yaparak atmosfere karbondioksit salmanın etkileriyle mücadele etmek.

Tartışmaya açık bir konu olarak iklim, jeomühendislik ile aktif şekilde kontrol edilebilir.[20] Örneğin, yansıtma yapan aerosolları* atmosferin üst tabakasına, hatta "uzay şemsiyesi"ne** koymak, sera gazı sıcaklık artışını etkisizleştirebilir. Dünya'nın iklimini değiştirmek için stratosfere yeterli miktarda madde yollamak uygulanabilir gözüküyor. Korkutucu olan şu ki, bu tek bir milletin, hatta belki bir kurumun kaynaklarıyla olabilir. Böyle bir jeomühendisliğin siyasi problemleri bize boğucu gelebilir. Beklenmedik yan etkiler görebiliriz. Dahası, önlemler almaya devam edilmezse sıcaklık artışı bir "intikam duygusuyla" geri dönebilir. Örneğin, okyanus asitlenmesinin zararlı etkileri gibi, karbondioksit seviyesinin yükselmesinin bazı sonuçları önü alınamaz hâle gelebilir.

Bu tip bir jeomühendislik, politik bir kâbus olabilir. Her milletin, dereceyi aynı şekilde ayarlamak istemediğini söyleyebiliriz. Yapay bir müdahalenin, bölgesel etkilerini ölçmek için detaylıca hazırlanmış iklim modellemeleri gerekebilir. Bir kişi ya da milletin, kötü hava koşulları yüzünden suçlanması avukatlar adına çok kazançlı olurdu! (Fakat karbondioksitin doğrudan atmosferden çıkarılması gibi farklı tür bir çarenin, endişe uyandırmayacağına dikkat edin. Bu şimdi ekonomik açıdan uygulanabilir durmuyor. Ancak sorguya da açık değil, çünkü insanların fosil yakıtlar kullanarak yaptığı jeomühendisliği yalnızca telafi ediyor.)

---

* Gazda bulunan katı veya sıvı tanecikler. – *ç.n.*

Teleskopların gözünü alan Güneş ışınlarını kesmek için uzaya yerleştirilen araç. – *ç.n.*

Sevimsiz özelliklerine rağmen hangi seçeneklerin mantıklı olduğunu anlamak ve belki, iklimimizi "çabucak çözecek" bir teknik beklentisini bastırmak için jeomühendisliği keşfetmeye değer. Ayrıca, yönetmeyle ilgili çıkan sorunları çözmek ve bu çözümlerin, iklim değişikliğinin acil eylem gerektiren hâle gelmesinden önce açıklık kazanmasını sağlamak da bilgece olurdu.

Girişte vurgulandığı gibi, insanlığın iklim, biyosfer ve doğal kaynakların teminini, yani aslında gezegenimizin tüm habitatını etkileyebildiği yegâne zamandayız. Değişiklikler, birkaç onyılda yaşanıyor. Bu, jeolojik geçmişimiz boyunca yaşanan değişimlerden çok daha hızlı. Diğer taraftan bu değişiklikler, kolektif olarak ya da millet bazında bir plan hazırlayabilmemiz için yeterince yavaş. Değişen iklime ayak uydurmak ve yaşam stillerimizi düzenlemek teoride mümkün. Fakat bu kitapta da hissedilen depresif hava, arzu ettiğimiz ile aslında olanlar arasındaki uçurumdan.

Biz yeni teknolojilerin "misyoneri" olmalıyız. Onlar olmadan, hayatlarımızı geçmiş nesillerinkinden daha güzel yapan şeylerden mahrum kalırdık. Teknoloji olmadan, büyüyen ve istekleri artan nüfusumuz için yiyecek ve sürdürülebilir enerji temin edemezdik. Fakat onu akıllıca yönlendirmeliyiz. Yenilenebilir enerji sistemleri, tıbbi gelişmeler ve yapay et gibi yüksek teknolojili gıda üretimi güzel hedefler. Jeomühendislik teknikleri ise muhtemelen öyle değil. Ancak, bilimsel ve teknik buluşlar, onlarla düzgünce başa çıkamayacağımız bir hız ve tahmin edilemezlikle yaşanabilir. Dezavantajlarından kaçarken faydalarından yararlanmaya çalışmak bir mücadele olacak. Teknolojik yeniliklerin vaatleri ile zararları arasındaki gerilimler, sonraki bölümlerin teması.

İNSANLIĞIN DÜNYADAKİ GELECEĞİ

Biyoteknoloji

Robert Boyle günümüzde, gazların basıncı ve yoğunluğuyla ilgili "Boyle Yasası" ile biliniyor. 1660'da Londra'da kurulan ve Birleşik Krallık'ın Bilimler Akademisi olarak varlığını sürdüren Royal Society'nin "zeki ve meraklı" beyefendilerinden biriydi. Bu adamlar -aralarında hiç kadın yoktu- kendilerine "doğa filozofu" diyordu çünkü 19. yüzyıla kadar "bilimadamı" terimi mevcut değildi. Onlar, yazılarından çok etkilendikleri Francis Bacon'ın sözleriyle, "ışık tacirleri"ydi. Aydınlanmanın iyiliği için, yine onun peşinde koşuyorlardı. Fakat aynı zamanda, kendi devirlerinin problemleriyle haşır neşir olan pratik adamlardı. Yine Bacon'ın sözleriyle, "insanlığın rahatlamasını"* amaçlıyorlardı.

Boyle, bir bilgeydi. 1691'de öldükten sonra, belgelerinin arasında el yazısı bir not bulundu. Bu, insanlığın yararına olabilecek buluşları içeren "dilek listesi"ydi.[1] Kendi döneminin tuhaf tabirleriyle, bazılarını başardığımız, bir kısmına da üç asırdan fazla zaman geçmesine rağmen ulaşamadığımız gelişmeler tasarladı. İşte listesinin bir kısmı:

> Yaşamın sürdürülmesi,
>
> Gençliğin -en azından yeni diş ve koyu renkli saç gibi bazı özelliklerin- elde edilmesi,

* Bacon bu sözüyle bilimin, entelektüel merakı tatmin etmekle kalmayıp insanlığa fayda da sağlaması gerektiğini kastetmiştir. – *ç.n.*

Uçma becerisi,

Suyun altında uzun süre durma ve fonksiyonları rahatça yerine getirme,

"Çılgın", saralı ve histerik insanların bedenlerine güç ve çeviklik vermek,

Tohum dışındaki şeylerin üretiminin hızlanması,

Parabolik ve hiperbolik camlar yapma,

Uygulanabilir ve kesin bir yolla boylam bulma,

Hayal gücü, uyanıklık, hafıza ve diğer işlevleri değiştirmek ya da artırmak ile acıyı yatıştırmak ve "masum" uykuyla zararsız rüyaları temin etmek için tesirli ilaçlar,

Ebedi bir ışık,

Mineral, hayvan ve bitki türlerindeki dönüşüm,

Devasa boyutlara ulaşma,

İşlevleriyle uykunun gerekliliğinden kurtaran çay ve seni ayakta tutan uyarıcılar.[2]

Boyle'un 17. yüzyılından herhangi biri, modern dünya karşısında şaşkına dönerdi; bir Romalının, Boyle'un dünyasına duyacağı hayretten daha çok. Üstelik, birçok değişiklik de hız kazanmakta. Biyo, siber ve yapay zekâ gibi yeni teknoloji türleri, on yıl önceden bile tahmin etmesi bizi zorlayacak şekilde dönüştürücü olacak. Bu teknolojiler, kalabalık dünyamızı tehdit eden sorunlara yeni çözümler sunabilir. Diğer taraftan, bunlar, yüzyıl boyunca süren yolculuğumuzu daha engebeli yapacak zaaflar yaratabilir. Önümüzdeki ilerleme, araştırma laboratuvarlarından gelen taze bulgulara bağlı olacak. Yani ilerlemenin hızı bilhassa tahmin edilemez durumda; 20. yüzyıl fiziği ile 19. yüzyılda buhar ve elektrikle yapılan dönüşümlere bağlı olan nükleer enerjinin aksine.

Biyoteknolojideki "başlık" trendi, genomu sıralamanın düşen maliyeti oldu. "İnsan genomunun ilk taslağı", "büyük bilim"di.

Üç milyar dolar bütçesi olan uluslararası bir proje. Bitişi, Haziran 2000'de, Beyaz Saray'daki bir basın konferansında duyuruldu. Fakat 2018'den itibaren maliyeti bin doların altına düştü. Yakında, genom dizilimimize sahip olmak hepimiz için bir rutine dönüşecek. Belli hastalıklara meyletmemize neden olacak genleri taşıdığımızı bilip bilmemeyi gerçekten istiyor muyuz?[3]

Ama şimdi, gelecek şeylerin işaretçisi, paralel bir gelişme var. Genomları sentezlemenin daha hızlı ve ucuz bir yolu. Çocuk felci virüsü 2004'te çoktan sentezlenmişti. Şimdi 2018'de, bu teknik çok ilerledi. Hatta Amerikan biyobilimci ve iş insanı Craig Venter, genetik kod çıkaran üç boyutlu yazıcıları, gen sentezcisi olarak geliştiriyor. Yalnızca kısa genomlar üretse de bu, çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Bir aşının "kodu", tüm dünyaya elektronik şekilde iletilebilir. Ve bu da yeni bir pandemiyle savaşmak için üretilen aşının küresel dağıtımı manasına geliyor.

İnsanlar "doğaya karşı" görünen ve risk teşkil eden yenilikler hakkında genellikle çekimserdir. Örneğin aşılar ve kalp nakilleri geçmişte tartışmalar uyandırmıştı. Daha yakın geçmişte ise odak, embriyo araştırmaları, mitokondriyal nakiller ve kök hücrelerine kaydı. Birleşik Krallık'ta yapılan ve embriyolar üzerinde on dört güne kadar deney uygulanmasına izin veren yasalara yol açan tartışmayı yakından izledim. Bu tartışma iyi ele alınmıştı. Araştırmacılar, milletvekilleri ve geniş ölçekli kamunun yapıcı diyaloğuyla şekillenmişti. Katolik Kilisesi'nden muhalifler de vardı. O temsilcilerden bazıları, on dört günlük bir embriyonun tam yapılı "homunkulus"* biçiminde gösterildiği broşürler dağıtıyorlardı. Biliminsanları haklı şekilde, bunun ne kadar yanıltıcı olduğunu vurguladı. Gerçekte, o denli erken dönemdeki bir embriyo, mikroskobik ve henüz ayırt edilemeyen hücreler grubudur. Fakat daha

* Normal bir insan yapısında fakat çok küçük boyutlarda olan canlı. – *ç.n.*

sofistike muhalifler bile, "Bunu biliyorum ama o, yine de kutsal," diye cevap verebilir. Ve bu inanışa göre bilim, karşıt bir argüman sunamıyor.

Buna zıt şekilde, genetiği değiştirilmiş mahsul ve hayvanlar, Birleşik Krallık'ta böyle iyi tartışılamadı. Halkın mevzuya dahil olmasından bile önce çevreciler ile devasa zirai kimyasal firması Monsanto arasında anlaşmazlık çıktı. Monsanto, gelişen dünyadaki çiftçileri yıllık şekilde tohum almaya zorladığı iddiasıyla suçlandı. Daha geniş bir kitle ise "Frankenstein yiyecekleri"ne karşı yürütülen gazete kampanyasından etkilendi. Biliminsanlarının karanlıkta parlayan tavşanlar "yarattıklarını" öğrendiğimizde rahatsız olduk; sirkte sömürülen hayvanlar için birçoğumuzun hissettiklerinin daha da kötüsü. Genetiği değiştirilmiş ürünler, 300 milyon Amerikalı tarafından on yıldır kullanılmasına ve ortada beyan edilmiş zararlar olmamasına rağmen, Avrupa Birliği'nde kati şekilde sınırlı. Ayrıca, birinci bölümde bahsettiğim gibi, çocuklara yetersiz beslenmeye bağlı eksikliklerini yenmeleri için yiyecek yollama çabası da genetiği değiştirilmiş ürünlere karşı kampanya tarafından sekteye uğratıldı. Buğday ve mısır gibi önemli mahsullerdeki genetik çeşitliliği azaltmanın, küresel gıda üretimimizi, bitki hastalıkları karşısında zayıf düşürebileceğine dair samimi endişeler var.

Yeni gen düzenleme teknolojisi CRISPR/Cas9, gen dizilimlerini, eski tekniklerden daha kabul edilebilir biçimde değiştiriyor. CRISPR/Cas9, zarar verici genleri ortadan kaldırmak ya da ifade edilişlerini farklılaştırmak için DNA dizisinde ufak değişiklikler yapıyor. Fakat bu, "türler arasındaki bariyeri" geçmiyor. İnsanlarda en yararlı ve tartışmaya kapalı olan gen düzenleme kullanımı, spesifik hastalıklara yol açan bazı genleri ortadan kaldırıyor.

Laboratuvar ortamındaki döllenme ise şimdiden, zararlı genleri ayıklamak için CRISPR/Cas9'dan daha az müdahaleci bir

yol gibi duruyor. Bu prosedürde, yumurtlamayı tetiklemek için yapılan hormon tedavisinden sonra birkaç yumurta hasat ediliyor, laboratuvarda dölleniyor ve bir aşamaya dek gelişmeye bırakılıyor. Her embriyodan bir hücre, istenmeyen genlerin varlığını anlamak için test ediliyor. Bu genlere sahip olmayan embriyo ise normal bir hamilelik için rahme yerleştiriliyor.

Kusurlu genlerin belirli kategorilerini değiştirebilen farklı bir teknik şimdi kullanıma açık. Bir hücredeki genetik materyalin bir kısmı, mitokondri denilen organelde bulunuyor. Bunlar, hücrenin çekirdeğinden ayrı oluyor. Eğer kusurlu bir gen mitokondridense, onu başka bir dişiden alınan mitokondriyle değiştirmek mümkün. Bu da "üç ebeveynli bebekler" oluşturuyor. Bu teknik, Birleşik Krallık Meclisi tarafından 2015'te yasal kılındı. Sıradaki adım, hücrenin çekirdeğindeki DNA genlerini düzenlemek için kullanılabilir.

Halkın gözünde, zararlı bir şeyi ortadan kaldıran tıbbi müdahaleler ile "iyileşme" öneren benzer teknikler arasında keskin bir ayrım var. Boyut ve zekâ gibi özelliklerin çoğu, birçok genin kümelenmesiyle belirleniyor. Milyonlarca insanın DNA'sı erişime açık olursa yapay zekâ yardımıyla kullandığımız "döngü tanımlama" sistemleriyle uygun gen kombinasyonlarını tanımlayabiliriz. Bu bilgi kısa dönemde, laboratuvar ortamındaki döllenme için embriyo seçiminde kullanılabilir. Fakat genomun değiştirilmesi ya da tekrardan tasarlanması, daha uzak ve elbette riskli bir olasılık. Bu yapılana kadar ve gerekli olan DNA yapay şekilde dizilmeden, "tasarım bebekler" mümkün hâle gelmeyecek. İlginçtir ki, spesifik hastalık ve engellere karşı meyli ortadan kaldırmak için uygulanabilirliği daha fazla olan gen düzenlemelerinin gerekmesine zıt şekilde, ebeveynlerin "geliştirilmiş" çocukları ne kadar istediği tam belli değil. Seksenlerde, "tasarım bebekler" konseptini kolaylaştırmayı amaçlayan the Repository for Germinal Choice, Kaliforniya'da kuruldu. "Nobel Ödüllü" namlı bir sperm

bankasıydı. Elit donörlerinin arasında transistörün mucitlerinden olduğu için Nobel kazanan ve sonraki yıllarda, soy ıslahını desteklediği gerekçesiyle eleştirilen William Shockley de vardı. Shockley, çoğumuzu muhtemelen memnun etse de sperm bankasına büyük bir talep olmamasına şaşırmıştı.

Tıp ile cerrahide başarılanlar ve gelecek onyıllarda başarılacağına inandıklarımız, bir nimet olarak takdir görecek. Yine de bunlar, bazı ahlaki problemleri keskinleştirecekler. Bilhassa, hayatının başındaki kişiler ile sonundaki kişilerin tedavileriyle alakalı açmazlar şiddetlenecek. Sağlıklı hayatımızın süresinin uzaması hoş şekilde karşılanacak. Fakat sağlıklı şekilde yaşlanabileceğimiz süre ile ekstrem ölçülerle uzatılmış "bir çeşit hayat" arasındaki farkın büyümesi büyük bir sorun hâline geliyor. Yaşam kalitemiz ve tıbbi durumumuzun seyri belli bir seviyenin altına düştüğü anda, çoğumuz "diriltilmemeyi", yalnızca hafifletici tedaviler görmeyi tercih ederdik. İlerlemiş bunamanın kavrayışında yıllarca takılı kalmaktan korkuyoruz; kaynaklarımızın boşalması, başkalarına empati duyamamak... Benzer şekilde, aşırı prematüre ya da geri dönülemez biçimde zarar görmüş bebekleri kurtarma çabalarımızın nereye kadar gideceğini sormamız gerekiyor. Örneğin 2017 sonlarında Birleşik Krallık'ta, cerrahlardan oluşan bir takım, kalbi vücudunun dışında doğan bir bebeği yoğun bağlılık ve adanmayla kurtarmaya çalıştı.

Belçika, Hollanda, İsviçre ve Birleşik Devletler'in bazı eyaletlerinde "yardımlı ölme" yasallaştırıldı. Buna göre, hastalığı ölümcül olan fakat zihnî berraklığını kaybetmemiş bir insana, huzur içinde ölmesi için yardım edilebilecek. Hastanın akrabaları ya da hekimler ve yardımcıları, "intihara yardım etme" suçundan kovuşturma tehdidi olmadan gerekli prosedürleri uygulayabiliyor. Bunun benzeri bir şey henüz Birleşik Krallık'ta onay almadı. İtirazlar temel dinî inanışlara, böyle bir eyleme katkı sağlamanın bir doktorun etik anlayışına ters olduğu bakış açısına, savunmasız insanların aileleri tarafından bu yolu

izlemeye zorlanacağı endişesine ya da başkalarının omuzlarına koymak için büyük bir yük olduğu zannına dayanıyor. Birleşik Krallık'taki bu eylemsizlik, "yardımlı ölüm" konusundaki yüzde 80 halk desteğine rağmen sürüyor. Ben kesinlikle o yüzde 80'in içindeyim. Bu seçenek mümkün olsa, bundan gerçekten istifade edecek insanlardan çok daha fazla kişiyi rahatlatacağını bilin. Modern tıp ve cerrahi elbette ki çoğumuz için ve hayatımızın büyük kısmında bize fayda sağlıyor. Gelecek onyıllarda sağlıklı ömrümüzü uzatacak gelişmeler bekleyebiliriz. Yine de düzenlenmiş koşullardaki ötenaziyi yasallaştırmak için daha çok baskı yapılacağını bekliyor, hatta umuyorum.

Yaşam ve ölüm arasındaki geçişin bulanıklığı, tıbbi ilerlemelerin başka bir sonucu. Ölüm şimdi genellikle "beyin ölümü" olarak tanımlanıyor; ölçülebilir tüm beyin aktivitelerinin durmuş olduğu evre. Bu, nakil cerrahının, bedenin organlarını ne zaman düzgün şekilde "hasat edeceği"ne karar verirken kullandığı kriter. Hedef alınan organları daha uzun süre "taze" tutmak için beyin ölümünden sonra kalbin yapay şekilde "tekrar başlatılabileceği"ne dair öneriler çizgiyi bulanıklaştırıyor. Bu, başka ahlaki ikilemleri de nakil cerrahisine taşıyor. Çoktandır "ajan"lar, yoksul Bangladeşlileri böbrek veya diğer organlarını satmaya ikna ediyor. Bu organlar daha yüksek fiyatlara, potansiyel zengin alıcılara tekrar satılıyor. Hepimiz hasta çocuğu için "çaresizce" donör arayan annenin üzücü görüntülerinin olduğu sahneleri televizyonda görmüşüzdür. Çaresiz, çünkü bu, başka bir çocuğun, belki bir kaza yüzünden ölüp ihtiyaç duyulan organı temin etmesi demek. Bu ahlaki ikilemler, organ donörlerinin eksikliğiyle beraber, sürmeye devam edecek, hatta kötüleşecek. Ta ki Ksenotransplantasyon, yani organları, domuz gibi hayvanlardan alıp insan kullanımına açmak rutin ve güvenli oluncaya dek. Yapay et üretmek için kullanılanlara benzer teknikler geliştirilip 3D yazıcıdan organ çıkartmanın mümkünleşmesi "fütüristik" dursa da çok daha iyi olur. Bu terakkiler öncelikli hâle gelmeli.

Tanı koyma, aşı ve antibiyotik gibi mikrobiyolojik ilerlemeler sağlığımızı sürdürmek, hastalıkları kontrol altına almak ve salgınları zapt etmek için bize bakış açıları sunar. Fakat bu faydalar, patojenlerin* de bizimle "savaşmasını" tetikliyor. Hızlanmış bir "Darvinsel" seçilim** yoluyla gelişerek kendisini bastırmaya çalışan antibiyotiklere karşı bağışıklık kazanan bakteriler hakkında endişeler var. Mesela bu, veremin tekrar gün yüzüne çıkmasını sağladı. Yeni antibiyotikler geliştirilmedikçe, örneğin, tedavi edilemeyen "ameliyat sonrası enfeksiyonları"nın riski, yüz yıl önceki seviyeye çıkacak. Kısa vadede, antibiyotiklerin fazla kullanımını acilen önlemeliyiz. Mesela Birleşik Devletler'de, sığırlarda kullanılanları... İlaç firmaları açısından, uzun vadeli durumları kontrol eden ilaçlar kadar kârlı olmasalar da yeni antibiyotikler geliştirmeyi teşvik etmek önemli.

Gelişmiş aşılar üretmek umuduyla yapılan virüs çalışmaları tartışmaya açık yönler barındırıyor. Örneğin, 2011'de, Hollanda ve Wisconsin'deki iki ayrı araştırma grubu gösterdi ki hem daha yayılmacı hem de daha öldürücü olan H5N1 grip virüsünü yapmak şaşırtıcı derecede kolaymış; bu iki özelliğin ters orantılı olduğu doğal eğilimin aksine. Bu deneylerin gerekçesi, doğal mutasyonların bir adım önüne geçmek, çünkü rahat bir dönemde aşı hazırlamak daha kolay oluyor. Fakat tehlikeli virüsleri yanlışlıkla serbest bırakmanın artan riskleri, bu faydadan ağır basıyor. Ayrıca bu teknikler, teröristler tarafından da kullanılabilir. 2014'te Birleşik Devletler hükümeti, "fonksiyon kazandırıcı" deneyleri*** fonlamayı durdurdu. Ancak 2017'de bu yasak gevşetildi. 2018'de yayımlanan

* Hastalığa sebep olan her türlü organizma. – *ç.n.*

** Bir tür içerisinde, dış çevreye daha iyi uyum sağlayan canlıların hayatta kalma ve üreme şanslarının daha yüksek olması. Böylelikle bu genlerini gelecek kuşaklara aktarabilmeleri. – *ç.n.*

*** Fonksiyon kazandırıcı deneyler, patojenlerin nakledilebilirlik ve hastalık oluşturma derecelerini artırmayı amaçlar. Bu yolla, hastalığı oluşturan faktörler ve salgın çıkarma potansiyelleri incelenir. – *ç.n.*

bir yazı, Orthopox virüs sentezini bildiriyordu; çiçek hastalığı virüsünün benzer şekilde sentezlenebileceği imasıyla birlikte.[4] Bazıları, Edmonton, Alberta'da bir grup tarafından yürütülen bu araştırmanın gerekçelerini sorgulayabilir. Çünkü güvenli bir çiçek hastalığı virüsü halihazırda mevcut ve stoklanmış durumda. Diğerleri de çalışmanın haklı nedenleri varsa bile yazının bir hata olduğunu söyleyebilir.

Daha önce bahsettiğim gibi, insan embriyoları üstünde CRISPR/Cas9 tekniklerini kullanan deneyler ahlaki endişeler doğuruyor. Biyoteknolojinin hızlı ilerleyişi de başka sorunlar getirecek. Mesela deneylerin güvenliği ve "tehlikeli bilgi"nin yayılışı ile nasıl kullanıldığının etiği. Yalnızca bireyi değil, germ hattını* değiştirerek bireyin soyunu da etkileyen prosedürler rahatsız edici. Örneğin, Dengue ve Zika türlerinde virüs yayan sivri sinekleri kısırlaştırarak yok etmeyi amaçlayan ve yüzde 90 oranıyla başarılı olan bir teşebbüs vardı. Birleşik Krallık'ta, sevimli kırmızı sincapları tehdit eden "zararlılar" olarak görülen gri sincapları ortadan kaldırmak için bir "gen dürtüsü"** başlatıldı. Bundan daha iyi niyetli taktik ise, kırmızı sincapları, gri sincapların yaydığı parapox virüsüne karşı dirençli kılmak. Bilhassa siyah fareler gibi yayılmacı türleri eleme yoluyla Galapagos adasının eşsiz ekolojisini korumak için benzer teknikler önerildi. Fakat bahsetmeliyiz ki, seçkin çevrebilimci Chris Thomas'ın kitabı *Inheritors of the Earth*'te iddia ettiğine göre türlerin yayılımının, güçlü ve çeşitli bir çevre için genellikle pozitif etkisi oluyor.[5]

1975'te, yani rekombinant DNA araştırmasının ilk günlerinde, önde gelen moleküler biyologlardan oluşan bir grup Kaliforniya'daki Asilomar Konferans Merkezi'nde buluştu ve hangi deneylerin yapılıp yapılmaması gerektiğini tanımlayan

---

* Genetik materyalin, gametler yoluyla bir dölden diğer döle aktarılması. – *ç.n.*

** Bir alelin yavrulara geçme olasılığını değiştirerek belirli genleri artıran genetik mühendisliği teknolojisi. – *ç.n.*

prensipler üzerinde anlaştılar. Görünürde teşvik edici olan bu emsal, birçok toplantıyı tetikledi. Milli akademiler toplanıp benzer motivasyonla güncel gelişmeleri tartıştılar. Ama günümüzde, yani ilk Asilomar toplantısından kırk küsur yıl sonra, araştırmacı topluluklar uluslararası hâlde ve ticari baskılar altında. Sağduyu ya da etik zeminindeki düzenlemelerin, dünya çapında uygulanamayacağından endişe ediyorum. En fazla, uyuşturucu veya vergiyle ilgili yasaların yapabileceği kadar işte. Yapılabilecek olan şey neyse, bir yerde biri tarafından yapılacak. Ve bu bir kâbus. Nükleer silah yaratmak için gereken detaylı ve çarpıcı özel amaçlı ekipmanların aksine, biyoteknoloji küçük çaplı ve ikili kullanımlı ekipmanlar içeriyor. Hatta "biyolojik hack"leme, rekabetçi bir oyun ve hobi olarak filizlenmekte.

2003 yılında, milyonlarca ölüme yol açacak biyolojik hata ya da biyolojik terör ihtimalinin 2020'de yüzde 50 oranında olacağından endişe duymuştum. Bir felaketin yaşanma ihtimalinin daha da yüksek olduğunu düşünen meslektaşlarımın sayısı karşısında şaşırmıştım. Fakat geçenlerde, psikolog ve yazar Steven Pinker ile 200 yüz dolarlık bir iddiaya girdik. Bu, kaybetmeyi hevesle beklediğim bir iddiaydı. Ama *Doğamızın İyilik Melekleri* (*The Better Angels of Our Nature)*[6] yazarının iyimser bir tavır takınmasına şaşırmadım. Pinker'in büyüleyici kitabı iyimserlikle dolu. İstatistikleri kullanarak şiddet ve çatışmada sevindirici bir düşüş eğilimi olduğunu gösteriyor. Önceki yıllarda bildirilmeyen felaketleri şimdi yayımlayan küresel haber ajansları tarafından saklanan bir düşüş. Ancak bu eğilim, bizi gereksiz bir güvene itebilir. Maddi dünyada kazanç ve kayıplar asimetriktir. Yıllarca süren kazanımlar, ani bir kayıpla silinebilir. Biyoteknoloji ve salgın hastalıklarda risk, nadir fakat ekstrem olaylarla belirleniyor. Dahası, bilim bizi güçlendirdikçe ve dünyamız başkalarıyla içli dışlı oldukça ihtimal dahilindeki en kötü felaketlerin büyüklüğü benzeri görülmemiş şekilde artıyor. Ancak çoğu kişi bunu inkâr ediyor.

Bu arada, salgın hastalıkların sosyal yansımaları, önceki yüzyıllardan çok daha fazla olabilir. 14. yüzyılın ortasında kara veba, nüfusu neredeyse yarıya düşürdüğünde bile, Avrupa'daki köyler işlemeye devam ediyordu. Hayatta kalanlar, ölüm sayısı hakkında kaderciydi. Diğer taraftan, bugünün varlıklı ülkelerinde "hak sahipliği" duygusu çok kuvvetli. Hastaneler dolduğunda, önemli çalışanlar evde kaldığında ve sağlık hizmetleri yetersizleştiğinde sosyal düzen bozulabilir. Bunlar, enfekte olanlar yüzde 1'lik kısımda bulunduğu zaman yaşanabilir. Fakat ölüm oranı, gelişen ülkelerin mega şehirlerinde muhtemelen en yüksek seviyede olacaktır.

Salgın hastalıklar, her daim var olan doğal tehditlerdir. Peki, biyoteknolojik hatalar ve biyolojik terör hakkındaki endişeleri artırmak yalnızca felaket tellallığı mı? Maalesef ben öyle düşünmüyorum. Çok iyi biliyoruz ki, teknik açıdan uzmanlık dengeli bir makuliyeti garanti etmiyor. Bu küresel köyün kendi "aptalları" olacak ve onlar da küresel bir etki yaratacaklar. Yapay şekilde serbest bırakılmış bir patojenin yayılışı tahmin ya da kontrol edilemez. Bu farkındalık, biyolojik silahların hükümetler hatta iyi tanımlanmış spesifik amaçlara sahip teröristler tarafından kullanılmasını engelliyor. (Bu yüzden birinci bölümde nükleer ve siber tehditlere odaklanmıştım.) Benim en büyük kâbusum, biyoteknoloji uzmanlığına sahip dengesiz bir "asosyal"in, örneğin gezegende çok fazla insan bulunduğuna inanması ve kimlerin ya da kaç kişinin enfekte olacağını umursamaması olurdu.

Biyoteknoloji ve siber teknolojiyle beraber, teknolojiden "anlayan" grup, hatta bireylerin artan gücü, hükümetler için zorlu bir mücadele olacak. Ayrıca özgürlük, mahremiyet ve güvenlik arasındaki gerilim alevlenecek. Yüksek ihtimalle, daha çok ihlal ve daha az mahremiyete doğru bir sosyal kayış olacak. Hatta insanların özel detaylarını Facebook'a koyması ve hemen her yerde olan "mobese" kameralarına rıza

göstermemiz, böyle bir kayışın şaşırtıcı derecede az dirençle karşılaşacağını söylüyor.

Biyolojik hata ve biyolojik terör, on ya da on beş yıl gibi kısa bir vadede olasılık dahilinde. Virüsleri "tasarlayıp" sentezlemenin mümkün hâle geldiği uzun vadede ise daha kötü olacaklar. "Nihai" silah, yüksek öldürücülük ile bir nezlenin bulaşıcılığını birleştirebilir.

2050 yılı ve ötesinde, biyologlar bize hangi gelişmeleri getirecek? Freeman Dyson'a göre öyle bir zaman gelecek ki, onun neslinin kimya setleriyle oynadığı gibi, çocuklar yeni organizmalar tasarlayıp üretecek.[7] Eğer bir gün, "mutfak masasında Tanrı'yı oynamak" mümkün olursa, ekolojimiz ve hatta türlerimiz yara beresiz şekilde hayatta kalamayacak. Fakat Dyson bir biyolog değil. O, 20. yüzyılın önde gelen teorik fizikçilerinden biri. Ama çoğu kişinin aksine, genellikle muhalif bir duruş sergileyen zengin bir düşünür. Örneğin, 50'li yıllarda, spekülatif bir konsept olan "Orion" projesini kuran grubun parçasıydı. Bu grubun amacı, hidrojen patlamalarıyla çalışan ve iyi korunmuş bir uzay gemisiyle yıldızlar arası seyahati başarmaktı. 2018 yılında bile Dyson, iklim değişikliğine gösterilecek acil bir reaksiyonun gerekliliğine şüpheyle yaklaşıyor.

Yaşlanmayla ilgili araştırmalar ciddi şekilde öncelikli. Peki, faydaları artacak mı? Yaşlanmak tedavi edilebilecek bir "hastalık" mı ya da? Ciddi bir araştırma, kromozom uçlarında bulunan DNA uzantıları olan ve insanlar yaşlandıkça kısalan telomerlere odaklanıyor. Yuvarlak solucanların ömürlerinde on kat artışa erişmek mümkün oldu fakat daha kompleks hayvanlar üzerindeki etki bu denli çarpıcı değildi. Farelerin yaşamını uzatmanın tek etkili yolu, onları neredeyse aç bırakmaktı ama sevimsiz bir yaratık var: çıplak kör fare. Bu farelerin biyolojisinde bizim için bazı özel dersler olabilir. Bazıları otuz yıldan fazla yaşıyor. Bu, diğer küçük memelilerin ömründen birkaç kat uzun.

İnsan ömrünün uzaması için yapılan büyük bir buluş, nüfus tahminlerini önemli şekilde değiştirebilir. Sosyal etkiler, yaşlılık yıllarının uzayıp uzamamasına ve artan yaşam süresiyle beraber, kadınların menopozdaki yıllarının artıp artmayacağına bağlı. İnsan endokrin sistemi daha iyi anlaşıldıkça, hormon tedavisi yoluyla insanları geliştirmenin çeşitli şekilleri mümkün olabilir. Ömrün belli bir dereceye kadar uzaması, bu iyileştirmelerin etrafında olası. Bunca teknolojiyle, önceliklerimiz gereksiz yere "varlıklı" olana doğru eğildi. Daha uzun bir ömür için duyduğumuz arzu o denli güçlü ki, etkinliği test edilmemiş terapilerle dolu bir pazar yaratıyor. Ambrosia, 2016 tarihli bir şirket, Silikon Vadisi yöneticilerine "genç kanı"nı öneriyor. Başka bir güncel çılgınlık, diyabeti tedavi etmeyi amaçlayan metformin ilacı. Bunama ve kanseri ortadan kaldırdığı iddia ediliyor. Başkaları ise plasenta hücrelerinin yararlarını övüyor. Craig Venter, kuruluşunda 300 milyon fon toplayan Human Longevity isimli bir şirkete sahip. Bu bize 23andMe'yi getirdi. Yani genomumuzu iyice inceleyip bazı hastalıklara karşı zaaflarımız ve atalarımız hakkında ilginç sonuçlar açıklayan şirket. Venter, bağırsaklarımızdaki binlerce türde "böceğin" genomunu analiz etmeyi hedefliyor. İçimizdeki bu "ekosistemin" sağlığımız açısından çok önemli olduğuna inanılıyor.

Silikon Vadisi'nden gelen "sonsuz gençliğe" ulaşma "baskı"sında, muazzam büyüklükteki maddi birikimin yanında, oranın gençliğe dayanan bir kültürünün olmasının da etkisi var. Otuz yaşından büyük kişiler "elden ayaktan düşmüş" görülüyor. Gelecek bilimcisi Ray Kurzweil, mecazi bir "kaçış hızı"na erişmekten şevkle söz ediyor; tıbbın çok hızlı gelişmesi ve insan ömrü beklentisinin her geçen yıl artması. Potansiyel bir ölümsüzlük yani. Kurzweil bazısı rutin, bir kısmı da daha ilginç "ilave" gıdayı midesine indiriyor. Fakat "kaçış hızı"nı başarmanın, onun "doğal" ömründe mümkün olmayacağından endişeli. Bu yüzden, bu "nirvana"ya ulaşılana dek vücudunun dondurulmasını istiyor.

Bir keresinde, bir grup "insan dondurma" heveslisine söyleşi vermiştim. Kaliforniya merkezli grup "istem dışı ölümü ortadan kaldırmak için toplum" şeklinde anılıyordu. Onlara, Kaliforniya'daki bir buzdolabında değil, İngiltere'deki bir kilise avlusunda günlerimi sona erdirmeyi yeğleyeceğimi söyledim. Benimle, "ölüm yanlısı" bir eski kafalı olduğum için dalga geçtiler. Sonradan öğrendim ve şaşırdım, neyse ki benim üniversitemden olmayan, o üç akademisyen "insan dondurma"ya katılmışlar. İkisi tüm ücreti ödemiş. Üçüncüsü ise yalnızca başını donduracağı için indirimli bir fiyatta anlaşmış. Sözleşme; Scottsdale, Arizona'dan Alcor isimli bir firmayla. Bu meslektaşlar, yeniden canlanma ihtimalinin düşüklüğünü kabul edecek kadar gerçekçiler. Ama bu yatırım olmadan, şanslarının hiç olmadığını söylüyorlar. Bu yüzden, üzerinde, öldüklerinde hemen dondurulmaları ve kanlarının sıvı nitrojenle değiştirilmesi gerektiğiyle ilgili yönlendirmeler olan bir madalyon takıyorlar.

Biz ölümlülerin çoğu için bu hevesi ciddiye almak zor. Üstelik "insan donduranlar" başarıya ulaşsa bile, bunun imrenilesi olacağını sanmıyorum. Alcor iflas etmez ve buzdolaplarını gerekli yüzyıllar süresince hakkınca muhafaza ederse bedenler yabancı oldukları bir dünyaya dirilebilir; "geçmişten gelen mülteciler" gibi. Örneğin sıkıntıyla iltica talep edenlere ya da kendi habitatlarından ayrılmaya zorlanan Amazon kabilelerine davranmamız gerektiğini hissettiğimiz gibi hoşgörüyle karşılanırlar belki. Fakat fark şu ki, "buzu çözülen cesetler" gelecek kuşaklara kendi seçimleriyle yük oluyorlar. Bu sebeple anlayışı ne kadar hak ettikleri belli değil. Bu, öyle kalması gerekse bile, her zaman bilim kurgu olmayan bir ikilemi hatırlatıyor. Bir Neandertal'ı klonlamak. Stanford'dan bir profesör ve aynı zamanda uzmanlardan biri soruyor: "Onu bir hayvanat bahçesine mi koyardık yoksa Harvard'a mı yollardık?"

Siber Teknoloji, Robot Bilimi ve Yapay Zekâ

Hücreler, virüsler ve diğer mikro yapılar temelde, protein ve ribozom gibi moleküler büyüklükte bileşenleri olan "makineler"dir. Bilgisayarlardaki büyük ilerlemeyi, nano ölçekteki elektronik bileşenleri üretmeyi hızla geliştirme kabiliyetine borçluyuz. Böylece, neredeyse biyolojik seviyedeki bir karmaşıklık, akıllı telefon, robot ve bilgisayar ağlarını çalıştıran işlemcilere sığıyor.

Bu dönüştürücü ilerlemeler sayesinde bilgisayar ve yardımcıları, yeni teknolojinin tarihteki en hızlı ve en küresel "tesir"ini yarattı. Afrika ve Çin'deki yayılmaları, neredeyse tüm uzmanların tahmin ettiğinden daha süratli oldu. Milyarlarca kişinin temin edebildiği tüketici elektronikleri ve internet bazlı servislerle hayatlarımız zenginleşti. Bunun, gelişen ülkeler üzerindeki etkisi, ideal şekilde uygulanan bilimin yoksul bölgeleri nasıl değiştirebileceğinin sembolü. Alçak yörünge uyduları, yüksek rakımlı balonlar ya da güneş enerjili drone'lar aracılığıyla yakında dünya çapında erişilecek olan geniş bantlı internet, eğitimi ve modern sağlık sisteminin, tarım metotlarının ve teknolojinin adaptasyonunu harekete geçirmeli. En fakir insanlar bile "internete bağlı" bir ekonomiye geçiş yapabilir ve sosyal medyadan keyif alabilir. Birçok kişi, düzgün sanitasyon* gibi 19. yüzyıl teknolojik ilerlemelerinin faydalarını hâlâ inkâr etse de... Afrika'daki insanlar pazar bilgisine ulaşmak için akıllı telefonları kullanabiliyor ve mobil ödemeler yapabiliyor. Çin dünya üzerinde, otomatik hâle getirilmiş finansal sistemler arasında birinci sırada. Bu ilerlemeler gelişen ülkelerde tüketici fazlası** girişimcilik ve iyimserlik yaratıyor. Böyle faydalar, sıtma gibi bulaşıcı hastalıkları ortadan kaldırmayı amaçlayan etkili programlarla arttı. Pew Araştırma

---

* Hijyen için gerekli koşulların sağlamak. Örneğin temiz içme suyu elde edilmesi. – *ç.n.*

** Tüketicinin, bir ürün ya da hizmet için ödemeye razı olduğu fiyattan daha azını ödemesi durumu. – *ç.n.*

Merkezi'ne (Pew Research Center) göre, Çinlilerin yüzde 82'si, Hintlilerin ise yüzde 76'sı çocuklarının, kendilerinin bugün olduğundan daha iyi bir durumda olacağına inanıyor.

Hintliler şimdi, sosyal yardımlara kayıt olmalarını kolaylaştıran elektronik bir kimlik kartına sahip. Bu kart, bir şifreye ihtiyaç duymuyor. Gözlerimizdeki damar modeli, "iris tanıma" yazılımının kullanılmasına izin veriyor. Bu, parmak izi veya yüz tanımada önemli bir gelişme. 1,3 milyar Hintli arasından, bireyleri kesin şekilde ayırt etmek için gayet yeterli. Yapay zekâdaki potansiyel gelişmelerden kaynaklanabilecek faydalar için bir ön gösterim.

Konuşma tanıma, yüz tanıma ve benzeri uygulamalar "genelleştirilmiş makine öğrenimi" denilen bir teknik kullanıyor. Bu, insanların gözlerini kullanmasına benzer şekilde çalışıyor. İnsan beyninin "görsel" kısmı, retinadaki bilgileri çok aşamalı bir süreçle birleştiriyor. Yatay ve dikey çizgiler ile keskin uçları tanımlamak için olan işlemin peş peşe gelen katmanları var. Her katman, "alt" katmandan aldığı bilgiyi işleyip sonucu bir üst katmana iletiyor.[8]

Basit "öğrenen makine" konseptleri 80'li yıllara dayanıyor. Kanadalı Anglosakson Geoff Hinton önemli bir öncüydü. Ancak uygulamalar gerçekte yirmi yıl sonra harekete geçti; her iki yılda bir, bilgisayar hızını iki katına çıkaran Moore Yasası'nın* istikrarla yürütülmesi, makinelerin binlerce kat daha hızlı işlemesine yol açtığında. Bilgisayarlar "kaba kuvvet"** metotları kullanır. Örneğin, milyonlarca sayfalık çok dilli Avrupa Birliği belgelerini okuyarak çeviri yapmayı öğrenirler. Çünkü onlar asla sıkılmaz! Milyonlarca görseli farklı açılardan inceleyerek kedi, köpek ve insan yüzlerini tanımayı öğrenirler.

---

* Intel şirketinin kurucularından Gordon Moore'un, *Electronics* dergisine yazdığı makaleden sonra teknoloji literatürüne geçen yasa. – *ç.n.*

** Bilgisayarların, deneme yanılma yöntemiyle tüm olasılıkları gözden geçirmesi. – *ç.n.*

Şimdi Google'ın sahip olduğu Londra kökenli DeepMind şirketi, heyecan verici gelişmelere öncülük ediyor. DeepMind'ın kurucu ortağı ve CEO'su Demis Hassabis'in çok erken başlamış bir kariyeri var. On üç yaşındayken kendi kategorisinde dünyanın en iyi ikinci satranç oyuncusu seçildi. On beş yaşında Cambridge Üniversitesi'ne kabul edildi ancak başvurusunu iki yıl geciktirdi. Bu süre zarfında, hayli başarılı olan Theme Park da dahil, bilgisayar oyunları üzerinde çalıştı. Cambridge'te bilgisayar bilimi eğitimi aldıktan sonra bilgisayar oyunu şirketi kurdu. Ardından akademiye döndü ve University College London'da PhD derecesi kazandı. Doktora sonrası çalışmalarını bilişsel sinir bilimine çevirdi. Epizodik belleğin* doğasını ve insan beyin hücresi gruplarını sinir ağ makinelerinde nasıl taklit edeceğimizi çalıştı.

DeepMind 2016'da, kayda değer bir başarı kazandı. Bilgisayarı, Go** oyununun dünya şampiyonunu yendi. Bu, "büyük bir olay" olarak görülmeyebilir çünkü IBM'nin süper bilgisayarı Deep Blue, dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yeneli yirmi yıldan fazla oldu. Bu, kelimenin her manasıyla "kuralların baştan yazılması"ydı. Deep Blue, uzman oyuncular tarafından programlanmıştı. Öte yandan, AlphaGo makinesi, çok sayıda oyunu "izleyerek" ve oyunu kendi oynayarak uzmanlık kazandı. Tasarımcıları, makinenin kararlarını nasıl aldığını bilmiyor. 2017'de, AlphaGo Zero bir adım daha öne gitti. Bu sefer, ona oyunlar değil, yalnızca kurallar verildi. Oyunu "kâğıt üstünde" öğrenip dünya seviyesinde uzman olması bir gün içinde gerçekleşti. Bu cidden büyüleyici. Bilimsel bir makale bu başarıyla, "binlerce yıldır milyonlarca kere oynanan Go'ya ait bilgilerin, insanlık tarafından kolektif biçimde kalıplara, atasözlerine ve kitaplara damıtıldığı" düşüncesini ilişkilendiriyor. AlphaGo Zero, "tabula rasa"*** olarak başlayıp birkaç

* Geçmişte yaşanan olayların hatırlanması. Örneğin, okulun ilk günü. – *ç.n.*

** 2500 yıldan uzun süre önce Çin'de icat edilen strateji oyunu. – *ç.n.*

*** Latincede "boş levha" manasına gelen isim tamlaması. Zihnimizde doğuştan gelen bir fikir olmadığı iddiasını ifade eder. – *ç.n.*

günde tüm Go bilgisini keşfetti ve en eski oyunlardan birine, yeni bakış açıları sunan ilginç stratejiler getirdi.[9]

Makine birkaç saatte, benzer teknik kullanarak üstelik uzman katkısı da olmadan, Kasparov ayarında satranç kabiliyeti ve Japon oyunu Shogi'de maharet geliştirdi. Carnegie Mellon Üniversitesi'ndeki bir bilgisayar, en iyi profesyonel poker oyuncularının seviyesinde blöf ve hesaplama yapmayı öğrendi. Fakat Kasparov'un bizzat kendisinin vurgulamasına göre, satranç gibi oyunlarda insanlar karakteristik bir "katma değer" sunuyor. Bu yüzden, bir insan ve bir makinenin toplamı, bunların ayrı ayrı başardıklarını geride bırakabiliyor.

Yapay zekâ, geniş hacimli bilgileri analiz etme ve kompleks girdilere hızla cevap verme yeteneğiyle insanlar karşısında avantaj sağladı. Elektrik şebekesi ya da şehir trafiği gibi detaylı ağları daha iyi hâle getirmekte uzmanlaşıyor. Google, büyük "bilgi çiftlik"lerinin enerji yönetimini bir makineye verdiklerinde yüzde 40 oranında enerji korunduğunu söylüyor. Fakat hâlâ sınırlamalar var. AlphaGo'nun arkasındaki donanım yüzlerce kilovatlık enerji kullandı. Buna zıt şekilde, AlphaGo'nun rakibi* Lee Sedol, yaklaşık otuz vat yani bir ampul kadar enerji harcarken kutu oyunları oynamak dışında başka birçok şey de yapabilir.

Sensör teknolojisi, konuşma tanıma, bilgi arama ve benzerleri çabuk gelişiyor. Daha geride kalsa da fiziksel maharetler de öyle. Robotlar hâlâ gerçek bir satranç tahtasında parçaları hareket ettirmek, ayakkabı bağcığını bağlamak veya ayak tırnaklarını kesmekte çocuklardan daha beceriksiz. Fakat bunlarda da ilerleme var. 2017'de Boston Dynamics, Handel denilen korkunç görünümlü robotu gösterdi. Dört bacaklı Big Dog'un halefi olan bu robot, geri salto yapmasını sağlayacak

* 2016 yılında Güney Kore'de on sekiz kere dünya şampiyonu olan Lee Sedol ve AlphaGo arasında Go müsabakası yaşandı. Oynanan beş maçtan dördünü AlphaGo kazandı. – *ç.n.*

çevikliğe sahip iki bacak ve tekerleklere sahipti. Ama robotlar insan jimnastikçileri geride bırakana dek çok zaman geçecek. Hatta ağaçtan ağaca atlayan maymun ve sincapların atikliğiyle gerçek dünyayla etkileşim kurana kadar. Hâlâ insanların tüm "çok yönlülüğü"nden daha azını başarıyorlar.

Fazla sayıda veriyle uğraşan bilgisayarların artan gücüyle kolaylaşan makine öğrenmesi, potansiyel bir büyük atılım. Makinelerin, detaylı bir programlama yapılmadan, uzmanlık kazanmasını sağlıyor. Üstelik yalnızca oyun oynamada değil, yüzleri tanıma, diller arası çeviri, ağları yönetme ve benzerlerinde de. Ama insanlar için olan çıkarımlar ikircikli. Makinenin bir karara nasıl ulaştığını tam olarak bilen "uygulayıcı"lar yok. Eğer bir yapay zekânın yazılımında "arıza" çıkarsa onun izini sürmek şimdilik pek mümkün değil. Sistemin aldığı "kararlar", bireyler için önemli olması muhtemel sonuçlar doğurursa bu, kamusal endişe yaratabilir. Bir süreliğine hapis cezasına çarptırılır, ameliyat tavsiyesi ya da düşük kredi notu alırsak nedenlerinin bize açıklanmasını ve bu nedenlerin tartışılabilir olmasını bekleriz. Böyle kararlar tümüyle bir algoritmaya devredilirse kendimizi huzursuz hissetmeye hakkımız olur; makinelerin, yerlerini aldıkları insanlardan daha iyi karar verdikleri kanıtlansa bile.

Bu yapay zekâ sistemlerinin bütünleşmesinin, gündelik hayat üzerinde etkisi var. Bu etki, daha da "davetsiz" ve yayılmacı olacak. Tüm hareketlerimizin, diğerleriyle etkileşimlerimizin, sağlığımızın ve finansal işlemlerimizin kaydı, çok uluslu bir yarı tekelin yönettiği "bulut"ta* olacak. Bilgiler, tıbbi araştırma ya da başlangıç aşamasındaki sağlık riskleri hakkında bizi uyarmak gibi iyi niyetli amaçlarla kullanılabilir. Ancak bu bilgilerin internet şirketlerine açık olması, güç dengesini hükümetlerden ticari dünyaya doğru çoktan kaydırdı. Öyle ki şimdi

* Fiziksel sunucuların sanallaştırılmasıyla oluşturulan bulut sunucu, verilere kolay şekilde ulaşmayı sağlar. – *ç.n.*

işverenler, çalışanları, en despot ya da "kontrol manyağı" geleneksel patronlardan daha "izinsiz" şekilde izleyebiliyor. Başka mahremiyet endişeleri de olacak. Mesela bir restoran veya toplu taşımada size yakın oturan rastgele bir yabancı, yüz tanımayla kimliğinizi saptayıp mahremiyetinizi ihlal etse mutlu olur musunuz? Ya da "sahte" videolarınız çok ikna edici olursa ve görsel kanıtlara artık güvenilemezse?

Peki İşlerimiz Ne Olacak?

Hayatlarımızdaki kalıplar, yani bilgi ile eğlenceye ulaşma yolumuz ve sosyal ağlarımız, yirmi yıl önce zor tasavvur edeceğimiz derecede değişti. Üstelik yapay zekâ, destekçilerinin gelecek onyıllarda beklediklerine nazaran henüz "bebeklik dönemi"nde. Gelirimizi sağlamakla kalmayıp hayatlarımıza ve cemiyetlerimize anlam da katan işlerimizin doğasında keskin değişiklikler olacak. O yüzden, sosyal ve ekonomik açıdan öncelikli soru şu: Bu "yeni makine çağı", örneğin tren yolları ya da elektriklendirme benzeri önceki "yıkıcı" teknolojiler gibi yok ettiği kadar çok iş yaratacak mı? Veya bu sefer cidden farklı mı?

Geçtiğimiz onyılda, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki kalifiye olmayan insanların gerçek maaşları düştü; böyle insanların işlerinin güvenliği de. Öte taraftan, denge sağlayıcı bir faktör hepimize daha büyük ve sübjektif bir refah önerdi: Her zamankinden de daha yayılmacı olan dijital dünyanın sunduğu tüketici fazlalığı. Akıllı telefon ve laptoplar muazzam biçimde ilerledi. Şahsen, internet erişimine, bir arabaya sahip olmaktan daha fazla değer veriyorum. Ve bu, çok daha ucuz.

Açıktır ki, üretim ve dağıtım işinin büyük kısmını makineler devralacak. Beyaz yakalı birçok işin yerine geçebilirler: Devir teslim gibi rutin hukuk işleri, muhasebe, bilgisayar kodlama, tıbbi teşhisler hatta cerrahi. Birçok "profesyonel", zorla kazandıkları yeteneklerinin daha az talep edildiğini görecek.

Öte yandan, tesisatçılık ve bahçıvanlık gibi maharet gerektiren hizmet sektöründeki işler, dış dünyayla rutin olmayan etkileşimlerde bulunmayı zorunlu kılıyor. Bu yüzden onlar, makineleştirilmesi en zor işler arasında. Çok bahsedilen bir örneği ele alalım. Birleşik Devletler'deki üç milyon kamyon şoförünün işleri ne denli tehlikede?

Kendi kendini süren araçlar, kendilerine özel yollarının olduğu sınırlı alanlarda ivedilikle kabul görebilir. Şehir merkezlerinin belirli kısımları ya da otoyollardaki hususi şeritler... Yoldan uzakta, çiftçilik ve hasat için kullanılacak sürücüsüz araçlar için bir potansiyel var. Fakat otomatik araçlar, rutin sürüşlerin zorluklarıyla karşılaştığında güvenli şekilde işleyebilecek mi, işte bu net değil. Küçük, dönemeçli yollarda gezinmek ve şehrin caddelerini insanların sürdüğü arabalar, bisikletler ve yayalarla paylaşmak... Buna karşı kamusal bir direncin olacağını düşünüyorum.

Tamamen otomatik bir araba, insan sürücülü bir arabadan daha güvenli olur muydu? Bu araba, önündeki yolda engel oluşturan bir obje gördüğünde, bir poşet, köpek veya çocuk arasındaki farkı ayırt edebilir mi? İddiaya göre, hatasız biçimde bunu yapamıyor. Peki, ortalama bir insan sürücüden iyi yapacak mı? Bu doğru mu? Bazıları, "Evet," diyebilir. Eğer arabalar "kablosuz" şekilde birbirlerine bağlanırsa tecrübelerini paylaşarak daha hızlý öğrenebilirler.

Öte yandan, her yeniliğin ilk başta riskli olduğunu unutmamalıyız. Tren yollarının ilk günlerini veya cerrahi operasyonların öncü kullanımlarını düşünün. Şimdi hepsi rutin. Yol güvenliği açısından Birleşik Krallık'tan bazı rakamlar sunayım. Araç sayısının yalnızca bir milyon olduğu 1930'da ölüm sayısı 7000'di. 2017'de ise yaklaşık 1700 ölüm oldu. 1930'daki araç sayısı yaklaşık otuz katına çıktığı hâlde ölüm sayısı dörtte bir oranına düştü.[10] Bu eğilim kısmen daha iyi yollardan kaynaklanıyor. Ama büyük oranda, daha güvenli arabalara, son

yıllardaki uydu temelli navigasyon sistemlerine ve diğer elektronik aygıtlara bağlı. Bu akım devam edecek. Araç sürmek daha güvenli ve daha kolay olacak. Fakat karışık trafikli sıradan yolları paylaşan tamamen otomatik araçlar tümüyle münferit bir değişim olurdu. Bu geçişin ne kadar uygulanabilir ve kabul edilebilir olduğuna şüpheyle yaklaşmaya hakkımız var.

Kamyon ve araba şoförlerinin gereksiz sayılmasına daha çok zaman olabilir. Paralel şekilde, sivil havacılıkta neler olduğunu düşünün. Havada yolculuk yapmak bir zamanlar tehlikeli olsa da şimdi şaşırtıcı derecede güvenli. 2017 boyunca, dünya çapındaki tüm tarifeli yolcu uçaklarında bir ölümlü kaza bile yaşanmadı. Uçuşun çoğu otopilotla yapılıyor. Gerçek bir pilota ancak acil durumlarda ihtiyaç duyuluyor. Fakat pilotun, hayati önem taşıyan anda uyarılmaması endişesi var. 2009'da Rio de Janeiro, Brezilya'dan Paris'e uçarken Güney Atlantik'te kaza geçiren Air France, neyin yanlış gidebileceğini gösteriyor. Pilotlar acil bir durum olduğunda, resume kontrolü için çok geç kaldı ve yanlışlıkla problemi daha kötü hâle getirdiler. Diğer taraftan, intihara meyilli pilotlar, otopilotun önleyemediği yıkıcı kazalara sahiden neden olmuştu. Halk, pilotu olmayan bir uçağa binme konusunda kendini rahat hissedecek mi? Bundan şüpheliyim. Ama pilotsuz uçaklar hava taşımacılığı için kabul edilebilir olabilir belki. Küçük sevkiyat drone'larının umut vadeden bir gelecekleri var. Hatta Singapur'da, caddeler üzerinde uçan drone'ların, zemin seviyesindeki teslimat araçlarının yerini alması için planlar yapılıyor. Fakat bunlar için bile, çarpışma riskleri hakkında fazla ilgisiziz; özellikle de çoğalıyorlarsa. Yazılım hataları ve siber saldırılar sıradan arabalar için gör ardı edilemez. Otomobillerde bulunan sofistike yazılım ve güvenlik sistemlerinin hacklenebildiğini çoktandır biliyoruz. Frenler ve direksiyonu hacklenmeye karşı, kendimizden emin bir şekilde koruyabilir miyiz?

Sürücüsüz arabaların sıkça bahsedilen bir faydası ise, sahiplenilmek yerine kiralanıp paylaşılmaları. Bu, şehirlerde park için ihtiyaç duyulan alanı azaltabilir; özel ve toplu taşıma arasındaki çizgiyi flulaştırarak. Fakat durumun ne kadar ileriye gideceği açık değil. Birinin, kendi arabasına sahip olma arzusu sahiden ortadan kalkacak mı mesela? Eğer sürücüsüz arabalar popülerleşirse geleneksel raylı yolculuk fiyatına normal yoldan gitmek artacaktır. Avrupa'daki çoğu insan, 200 millik bir yolculuk için treni tercih ediyor. Bu, araba sürmekten daha az stresli ve çalışmak ya da okumak için zaman bırakıyor. Ama tüm yolculuk boyunca güvenebileceğimiz bir "elektronik şoför"ümüz olsa, çoğumuz arabayla yolculuk yapıp "kapıdan kapıya" servisi almayı tercih ederdi. Bu, uzun mesafeli tren rotalarına olan talebi düşürürdü. Ama aynı zamanda, hyperloop* gibi tuhaf taşıma formlarını icat etmeyi de özendirirdi. Elbette en iyisiyse seyahat etme ihtiyacının çoğunu gideren yüksek kaliteli telekomünikasyonlar olurdu.

Dijital devrim, bir grup elit yenilikçi ve küresel şirketler için muazzam zenginlikler yarattı. Fakat sağlıklı bir toplumu korumak, bu zenginliğin tekrardan dağıtılmasını gerektirecek. Bunu, evrensel bir gelir oluşturmaya kullanmakla ilgili konuşmalar var. Bu planı uygulamanın karşısındaki engeller gayet iyi biliniyor ve sosyal dezavantajlar da göz korkutucu. Büyük talep olan işlere ve getirisi ile statüsü adaletsiz şekilde düşük olan işlere maddi destekte bulunmak çok daha iyi olurdu.

Maddi sıkıntısı bulunmayan kişilerin harcama tercihlerini gözlemlemek eğitici, bazen de şaşırtıcı oluyor. Zengin insanlar kişisel hizmetlere önem veriyor. Kişisel antrenörler, dadılar ve uşakları işe alıyorlar; yaşlandıklarında da bakıcıları. İlerlemeci bir hükümet için kriter, en iyi durumda olanların tercih ettiği türden desteği herkese sağlaması olmalı. En iyi durumda

* Türkçeye "hız yuvarı" olarak çevrilen teknoloji, basınçlı ya da manyetik tüpler içinde yüksek hızla seyahat etmeyi mümkün kılmayı hedefliyor. – *ç.n.*

olanlar, yani seçimlerini özgürce yapabilenler. Devletler, insancıl bir toplum yaratmak için bakıcı rollerini üstlenenlerin sayısını ve statüsünü artırmaya ihtiyaç duyacak. Şimdi sayıları çok az. Ve varlıklı ülkelerde bile bakıcılar hem az ödeme alıyor hem de pozisyonları hakkında güvensizler.

Robotların, rutin bakımın bazı kısımlarını üstlenebileceği doğru. Hatta bir otomat* tarafından halledilen temel yıkama, besleme ve lazımlık rutinlerini daha az utandırıcı bile bulabiliriz. Ama maddi açıdan gücü yeten kişiler, gerçek insanların ilgisini de istiyor. Örneğin kamusal parklardaki bahçıvanlarla bekçiler gibi hayatlarımızı daha iyi yapabilecek ve birçok kişiye daha iş vermeye değecek başka meslekler de var.

İnsan desteğine ihtiyaç duyanlar yalnızca çok genç ve çok yaşlı olanlar değil. Devletle etkileşime geçmek dahil çok sayıda iş, internet aracılığıyla yapılırken, mesela yalnız yaşayan ve devletin ona sağladığı haklardan yararlanmak ya da temel erzağını sipariş etmek için web sitelere erişim ihtiyacı olan engelli bir insanı hesaba katmalıyız. Bir şey yanlış gittiği zamanki kaygı ve hayal kırıklığını düşünün. Bu insanlar ancak, bilgisayardan anlayan bakıcılar bilgi teknolojileriyle başa çıkmak için yardım ederek dezavantajlı duruma düşmemelerini sağladığında huzur bulabilir. Yoksa "dijital mahrum"luk yeni bir "alt sınıf" olacak.

Sadaka almaktansa sosyal açıdan faydalı işlerde çalışabilmek daha iyidir. Fakat tipik "çalışma günleri" kısaltılabilir; Fransa'nın şu anki 35 saatinden bile kısa. İşi doğası itibarıyla tatmin edici olanlar atipik ve bilhassa da şanslı. Çoğu insan eğlence, sosyalleşme ve dinî, kültürel ya da sportif kolektif ritüellere katılım için zaman açan "daha kısa saatler"i sevinçle karşılardı. Ayrıca sanatın ve zanaatların yeniden dirilişi olacak. "Ünlü şeflerin" hatta ünlü kuaförlerin ortaya çıkışını gör-

* Önceden belirlenmiş bir işlem sırasını otomatik olarak takip etmeye programlanmış makine. – *ç.n.*

müştük. Diğer zanaatlar için daha kapsamlı faaliyet alanları açıldığını ve en yetenekli yorumcularına da daha çok saygı duyulduğunu göreceğiz. Yine, seçme özgürlüğü olan varlıklı kişiler, yoğun iş gücü gerektiren işlerde büyük harcama yaptı.

Rutin işler ve ömür boyu süren kariyerlerin erozyonu, "yaşam boyu öğrenme"yi harekete geçirdi. Sınıf ve amfilerde yapılan öğretime dayanan resmî eğitim, belki de dünya çapındaki toplumların en "katı" sektörü. Online derslerle yapılan uzaktan eğitim, kişisel akıl hocalığı ve özel ders imkânı sunan yerleşik bir üniversiteye gitme tecrübesinin yerini asla tutamaz. Fakat bu, tipik "kitle üniversitesi"nin daha esnek ve uygun maliyetli alternatifi hâline gelecek.

Birleşik Krallık'taki Open University'nin ön ayak olduğu modelin sonsuz bir potansiyeli var. Bu model şimdi, önde gelen akademisyenlerin içerik sağladığı Coursera ve edX gibi Amerikan organizasyonlarıyla genişçe yayılıyor. Bunu en iyi yapan öğretmenler, küresel online yıldızlara dönebilir. Bu dersler, yapay zekânın artar şekilde sağlayabileceği kişiselleştirmelerle çoğalacak. Biliminsanı olanlar, başlangıçtaki motivasyonlarını genelde internet ya da medyaya dayandırır, sınıftaki derslere değil.

Daha otomatik bir dünya öneren bir yaşam stili, iyi hatta çekici görünüyor. Ayrıca prensipte, Avrupa ve Kuzey Amerika boyunca İskandinavya seviyesinde bir tatmini teşvik edebilir. Fakat bu ayrıcalıklı ulusların vatandaşları, dünyanın dezavantajlı kısımlarından daha az izole hâle geliyor. Ülkeler arasındaki eşitsizlik azalmadıkça hırçınlık ve istikrarsızlık daha şiddetli olacak, çünkü şimdi dünya genelindeki yoksullar, bilgi teknolojileri ve medya sayesinde neyi kaçırdıklarının daha çok farkında. Teknolojik ilerlemeler uluslararası parçalanmayı derinleştirebilir. Üstelik, robot bilimi, varlıklı ülkelerin kendi sınırları içinde üretim yapmayı desteklemesini ekonomik açıdan uygulanabilir kılarsa, Batılı iş gücü masrafını keserek Uzak Doğulu "kaplanlar" tarafından elde edilecek

geçici ama önemli kalkınma artışı, Afrika ve Orta Doğu'daki hâlâ yoksul olan milletlerden esirgenecek. Bu, eşitsizlikleri daha kalıcı yapacak. Ayrıca, göç etmenin doğası değişti. Yüz yıl önce Avrupalı veya Asyalı birinin Kuzey Amerika ya da Avustralya'ya göçmeye karar verebilmesi için yerel kültürü ve geniş ailesiyle bağlarını kesmesi gerekiyordu. Bu nedenle, yeni toplumla kaynaşmaya bir teşvik vardı. Zıt şekilde, şimdi göçmenler isterlerse günlük videolu aramalar ve sosyal medya irtibatlarıyla kendi memleketlerinin kültürü içinde kalabiliyor. Maliyeti karşılanabilir kıtalararası seyahatler de kişisel temasları sürdürüyor.

Çoğalan hareketliliğe ve azalan "yer" hassasiyetine rağmen, dinî ve milli bağlılıklarla ayrışmalar kalacak, hatta internetteki "yankı odalarıyla"* artacak bile. Teknokratik** dünyanın göçebeleri sayıca genişleyecek. Yoksullaştırılanlar, yasal ya da illegal şekilde göç ile "parayı takip etme"yi en büyük umutları olarak görecek. Uluslararası gerilimler, daha da şiddetlenecek.

İdeolojilerle ya da hakkaniyetsiz eşitsizlik algısıyla tetiklenen çatışmaların sahiden artan bir riski varsa bu, yeni teknolojilerin savaş ve terörizm üzerindeki etkisiyle ağırlaşacak. En azından son onyılda, Orta Doğu'daki hedeflere saldıran drone veya roketleri gösteren televizyon haberlerini izledik. Onlar, Birleşik Devletler'deki sığınaklardan kontrol ediliyorlardı; eylemlerinin sonuçlarına, hava akınlarını yürüten uçuş ekiplerinden bile daha uzak olan kişiler tarafından. Bu durumun ortaya çıkardığı ahlaki sorunu, "daha yüksek kesinlikli hedefleme"nin sivil zayiatı düşürdüğü iddiası hafifletiyor. Fakat hiç olmazsa "işin içinde", ne zaman ve neye saldırılacağına karar veren bir insan var. Diğer taraftan şimdi, hedefleri arayıp bulabilen, yüz tanımayı kullanarak bireyleri tespit eden ve onları

* Benzer görüşteki kişilerin, fikirlerini karşılıklı olarak tekrar etmesiyle inanışlarını sağlamlaştırmasını anlatan metafor. – *ç.n.*

Karar alma süreçlerinin, teknik uzmanlara ait olduğu yönetim şekli. – *ç.n.*

öldüren özerk silahların ihtimali söz konusu. Bu, otomatik savaşların bir habercisi olabilir. Derin endişeleri artıran bir gelişme. Yakın gelecekteki olasılıklar, hedefleri tespit edebilen, ateş açıp açmamaya karar verebilen ve gittikçe öğrenebilen otomatik makineli silahları, drone'ları ve silahlandırılmış araçlar ile denizaltıları kapsıyor.

"Katil robotlar" hakkında yükselen kaygılar var. Ağustos 2017'de, bu alanda önde gelen yüz firmanın yöneticisi, Birleşmiş Milletler'e "ölümcül özerk silahları" yasaklamak için çağrıda bulunan açık bir mektup imzaladı; tam da uluslararası toplantılar kimyasal ve biyolojik silahları engellerken.[11] Bu mektubu imzalayanlar, "şimdiye kadarki en büyük kapsamda ve insanların başa çıkabileceğinden daha hızlı olan bir zaman ölçeğinde" yaşanacak elektronik savaş meydanı hakkında uyarıyor. Böyle bir antlaşmanın ne kadar etkili olacağı muğlaklığını koruyor; tıpkı biyolojik silahlar konusunda olduğu gibi. Uluslar bu teknolojileri sözde "savunma" amaçlarıyla sürdürüyor. Milletleri ve radikal grupları "yanıltan korku" aracılığıyla da bu gelişmelerde her şekilde ileriye gidilecek.

Bunlar, önemli teknolojilerin çoktan anlaşıldığı, kısa vade sorunları. Haydi, şimdi daha da ileriye bakalım.

İnsan Seviyesinde Zekâ?

Son bölümde tartıştığımız senaryolar bize yeterince yakın. Öyle ki, onlarla ilgili planlar yapmaya ve onlara adapte olmaya ihtiyacımız var. Peki, ya uzun vadedeki olasılıklar? Bunlar daha belirsiz. Üstelik uzmanlar arasında, makine zekâsının ilerleme hızının ve hatta yapay zekânın limitlerinin ne olacağı noktasında bir mutabakat yok. İnternet bağlantısı olan bir yapay zekânın, herhangi bir insandan çok daha hızlı biçimde bilgi analizi yaparak borsadan "para kaldırması" olası duruyor. Belli bir dereceye kadar, nicel risk fonlarının halihazırda

yaptığı şey bu. Ama insanlarla olan etkileşim ve hatta sıradan bir yoldaki sürücüsüz arabayla karşılaşan, karışık ve hızla değişen çevre için "işleme gücü"* yeterli değil. Bilgisayarların, onlara, insanların yaptığı şekilde görme ve duyma imkânı veren sensörlere ve bu sensörlerin bildirdiklerini işleyip yorumlamak için de yazılıma ihtiyacı var.

Fakat bu bile yeterli olmayabilirdi. Bilgisayarlar, benzer aktivitelerin "tekrarlanan idmanlarıyla" öğrenir. Başarıları, hemen "ödüllendirilir" ve teşvik edilir. Oyun bilgisayarları milyonlarca oyun oynar. Fotoğraf anlamlandırma** bilgisayarları, milyonlarca görsel üzerinde çalışarak uzmanlık kazanır. Sürücüsüz arabaların bu uzmanlığı kazanması için birbirleriyle iletişime geçmeleri ve bilgilerini paylaşıp güncellemeleri gerekiyor. Ancak insan davranışlarını öğrenmek, gerçek insanları evleri ve iş yerlerinde incelemeyi içeriyor. Makine, gerçek hayatın yavaşlığı yüzünden hislerini kullanmaktan mahrum kalır ve buna şaşırırdı. Önde gelen yapay zekâ teorisyenlerinden Stuart Russell'dan alıntı yaparsak, "O her çeşit şeyi deneyebilir: Yumurta çırpmayı, ahşap blokları istiflemeyi, kabloları çiğnemeyi, parmağını elektrik prizlerine sokmayı. Fakat hiçbir şey, bilgisayarı doğru yolda olduğuna ikna etmeye ve onu, sonraki gerekli eyleme yönlendirmeye yetecek kadar güçlü geribildirim döngüsü üretemez."[12]

Bu engel üstesinden gelinebildiği zaman, yapay zekâlar gerçekten bilinçli varlıklar olarak kabul edilecek; diğer insanlara yaptığımız gibi, alaka kurabildiğimiz varlıklar. İşte o zaman, çok daha hızlı "düşünceleri" ve reaksiyonları bize karşı onlara bir avantaj verebilir.

Bazı biliminsanları, bilgisayarların "kendilerine has bir zekâ" geliştireceklerinden ve insanlığa düşman emeller peşinde

---

* Bir bilgisayarın bilgiyi işleme yeteneği. – *ç.n.*

** Objeleri tanımlama ve önemlerini belirleme amacıyla, fotoğrafik görseller üzerinde çalışma yapma. – *ç.n.*

koşacaklarından korkuyor. Gelecekteki güçlü bir yapay zekâ mülayim olmayı sürdürür mü yoksa "kendini kaybeder" mi? İnsanların amaçlarını ve nedenlerini anlayıp onlarla aynı hizaya gelir mi? Diğer gerekçelerini geçersiz bırakması gerektiğini "bilecek" kadar etik ve sağduyu öğrenir mi? "Şeylerin" internetine sızarsa dünyanın geri kalanını manipüle edebilir. Hedefleri insanların isteklerine karşı olabilir hatta insanları engellerle tehdit edebilir. Yapay zekânın bir "amacı" olması gerek ama öğretmesi cidden zor olan şey "sağduyu" Yapay zekâ takıntılı şekilde hedefinin peşinden gitmemeli. Ve ahlaki normlara zarar vermektense gayretlerinden feragat etmeye hazırlıklı olmalı.

Bilgisayarlar matematiksel yeteneklerini çok artıracak, hatta yaratıcılıklarını da. Akıllı telefonlarımız rutin hafıza depolamanın çoktan yerine geçti. Ve dünyadaki bilgilere neredeyse anında erişim sağlıyorlar. Yakında, diller arasında çeviri yapmak rutin olacak. Sıradaki adım, ekstra hafızayı "takmak" ya da beyine doğrudan koyarak dil maharetleri kazanmak olabilir. Gerçi bunun uygulanabilirliği net değil. Beyinlerimizi elektronik eklerle genişletirsek düşünce ve anılarımızı bir makineye "indirebiliriz". Şu anki teknik trendler engelsiz şekilde ilerlerse şimdi yaşayan bazı insanlar ölümsüzlüğe erişebilir. En azından, onların "indirilmiş" düşünce ve anıları, şimdiki bedenlerinden azade, bir nevi ömre sahip olabilir. Bu tarz bir sonsuz hayatın peşinde olanlar, eski usul spiritüel deyişle, "diğer tarafa geçecek"

Bu durumda, kişisel kimliğin klasik felsefi problemiyle yüzleşiyoruz. Beynin bir makineye indirilse hangi açıdan hâlâ "sen" olurdu? Bedenin yok edildiğinde kendini rahat hissetmeli misin? "Sen"den çeşitli "klonlar" yapılsa neler olurdu? Duyu organlarımızdaki girdiler ve harici gerçek dünyayla olan fiziksel etkileşimlerimiz, bu geçişin yalnızca kötü değil aynı zamanda imkânsız olmasını da sağlayacak kadar önemli mi? Bunlar filozoflar için kadim muammalar. Ama uygulamalı ahlakbilim-

ciler yakında bunlara cevap vermek zorunda çünkü gerçek insanların bu yüzyılda yapacakları tercihlerle alakalı olabilirler.

Tüm bu 2050 sonrası spekülasyonların açısından bakarsak, neler olabileceği ve nelerin bilimkurgu olarak kalacağı arasındaki sınırın nerede durduğunu bilmiyoruz. Freeman Dyson'ın çocuklar yoluyla biyolojik hackerlık konusundaki görüşünü ciddiye alıp almayacağımızı bilmediğimiz gibi. Bu konuya çok çeşitli bakış açıları var. Örneğin Berkeley'den Stuart Russell ve DeepMind'tan Demis Hassabis dahil bazı uzmanlar, sentetik biyoteknoloji gibi yapay zekâ alanlarının, "sorumluluk sahibi yenilikler" için çoktandır bir kurallar bütününe ihtiyaç duyduğunu düşünüyor. Ayrıca, AlphaGo'nun, yaratıcılarının düşündüğünden birkaç yıl daha kısa zamanda hedefine ulaşması, DeepMind ekibinin gelişimin hızı noktasında "yükselme eğiliminde" olduğunu gösteriyor. Baxter robotun ve Roomba süpürge aletinin yaratıcısı robotbilimci Rodney Brooks gibi başkaları, bu endişelerin gerçekleşmekten çok uzak olduğu için kaygılanmamıza değmeyeceğini düşünüyor. Yapay zekâdansa gerçek aptallıklar hakkında daha çok endişeliler. Akademi ve hükümetle yakından çalışan Google gibi şirketler, yapay zekâ araştırmalarında başı çekiyor. Bu sektörler şimdi, "güçlü ve faydalı" yapay zekânın desteklenmesi gerektiğini vurgulayan tek bir sesle konuşuyor, fakat yapay zekâ, araştırma ve geliştirme aşamasından, küresel firmalar için büyük bir "para basma" potansiyeline dönüştüğünde gerilimler ortaya çıkabilir.

Yapay zekâ sistemlerinin, insanların yaptığı gibi bilinçli düşüncelerde bulunması cidden fark eder mi? Bilgisayar bilimi öncüsü Edsger Dijkstra'ya göre bu gereksiz bir soru: "Makinelerin düşünüp düşünmedikleri, denizaltıların yüzüp yüzmedikleri kadar alakasız bir soru." Bir balina ve bir denizaltı, suda ileriye doğru ilerlerler ama bunu, çok farklı yollarla yaparlar. Ancak birçokları için, akıllı makinelerin kendilerinin farkında olup olmadıkları son derece mühim. Gelecekteki

evrimin, kafataslarımızdaki "ıslak" donanıma sahip olmayan elektronik varlıklar tarafından domine edildiği bir senaryoda ("Uzaylı Zekâsı?" başlığına bakın) içinde bulundukları evrenin harikalıklarını takdir etmeyen ve dış dünyayı, insanların yapabildiği gibi "hissedemeyen" "zombiler"in bize rekabette üstün gelmesi moral bozucu olurdu. Ne olursa olsun, toplum otomatik robotlar tarafından değiştirilecek. Hakiki anlayış diyeceğimiz şeye mi sahip olacağız yoksa kavrayışı bulunmayan becerilerle "aptal bilgeler" mi olacağız, henüz net değil.

Yeterince çok yönlü, süper zekâlı bir robot, insanların yapması gereken son icat olabilir. Makineler insan zekâsını bir kere aştıkları zaman, daha zeki makinelerin yeni bir neslini tasarlayıp montajlayabilir. Zaman yolculuğu ve uzay eğrisi gibi günümüzde fizikçileri şaşırtan spekülatif bilimin bazı örnekleri, yeni makineler tarafından kontrol edilip Dünya'yı fiziksel olarak değiştirebilir. "Biyoteknoloji" başlığında "canlı dondurma" bilimiyle olan ilişkisinden bahsedilen Ray Kurzweil'in iddiasına göre bu, zekâ patlaması kaçağına yol açabilir: Görülmemiş şey![13]

Robotların, en ayırt edici insan kabiliyetlerini bir gün aşacaklarından şüphe duyan az kişi var. Anlaşmazlık yolculuğun hızında, yönünde değil. Yapay zekâ heveslileri haklı çıkarsa kanlı canlı insanların bu sınırın ötesine geçmesi yalnızca *on*yıllar sürebilir. Ya da yüzyıllar. Fakat insanlığın ortaya çıkışına yol açan sürenin sonsuzluğuna kıyasla, bu anca bir göz kırpışı olur. Bu kaderci bir tahmin değil. Bu, iyimserlik için bir neden. Bizi aşan bu medeniyet, hayal edemeyeceğimiz gelişmeler başarabilir. Belki anlayamadığımız büyük başarılar... Üçüncü bölümde, Dünya'nın ötesindeki ufukları tarayacağım.

Var Oluşun Riskleri

Dünyamız özenle hazırlanmış ağlara gittikçe daha çok bağımlı oluyor: Elektrik şebekeleri, hava trafiği kontrolü, uluslararası finans, küresel kapsamlı üretim ve benzerleri. Bu ağlar çok dirençli olmazsa, faydaları, nadiren görülse de feci olan arızaların gerisinde kalabilir. 2008 küresel mali krizi, bunun gerçek hayattaki örneği. Şehirler elektrik olmadan felç geçirirlerdi. Mesela ışıklar giderdi fakat bu, en ciddi sorunumuz olmazdı. Birkaç gün içinde şehirlerimiz, yaşamaya elverişsiz anarşik yerlere dönerdi. Hava yolculuğu, pandemiyi birkaç gün içinde dünya çapında yayabilir ve düzensiz mega şehirlerimizde yıkıma neden olur. Sosyal medya ise, resmen ışık hızıyla panik, dedikodu ve ekonomik zayıflama yayabilir.

Biyoteknolojinin, robot biliminin, siber teknolojinin, yapay zekânın ve bunların, gelecek onyıllardaki potansiyellerinin gücünü fark ettiğimizde, bu güçlenmenin nasıl yanlış kullanılabileceği hakkında endişelenmekten kaçamayız. Tarihî kayıtlar, "medeniyetlerin" parçalandığı hatta yok edildiği bölümleri ortaya seriyor. Dünyalarımız birbirine öyle bağlı ki, herhangi bir bölgeyi vuran bir felaketin sonuçlarının dalga dalga küreselleşmemesi olası değil. İlk defa, küresel bir medeniyet gerilemesi olabilecek sosyal ya da ekolojik bir çöküşü dikkatle izlememiz gerekiyor. Bu gerileme geçici olabilir. Diğer taraftan, hayatta kalanların şimdiki medeniyet seviyesini tekrardan kuramayacakları şiddette çevresel ya da genetik bozulmaya yol açabilir.

Bu, şu soruyu harekete geçiriyor: Hepimiz açısından "perdenin kapanışı" olacak aşırı olaylar için ayrı bir sınıf var mı? Tüm insanlığı hatta tüm yaşamı söndürebilen felaketler? İkinci Dünya Savaşı sırasında Manhattan Projesi üzerinde çalışan fizikçiler bu tarz "Promethean"* soruları yönelttiler. Nükleer bir patlamanın, Dünya'nın tüm atmosferini ya da okyanusları ateşlemeyece-

* Mitolojide, akıl ile özgür düşünceye verilen değerle bütünleşen Prometheus'tan gelen kavram. Yaratıcı ve orijinal fikirleri niteler. – *ç.n.*

ğinden kesinlikle emin olabilir miyiz? 1945'te, New Mexico'da, ilk atom bombası için yapılan Trinity testinden önce Edward Teller ve iki meslektaşı, çok sonraları Los Alamos Laboratory tarafından basılan bir hesaplamayla bu sorunu ele aldı. Kendilerini, geniş bir güvenlik faktörü olduğuna inandırmışlardı. Neyse ki haklılardı. Şimdi kesinlikle biliyoruz ki, ne kadar yıkıcı olsa da tek bir nükleer silah, Dünya'yı ya da atmosferi tamamen yok edecek bir zincirleme nükleer reaksiyonu tetikleyemez.

Peki ya daha da aşırı deneyler? Fizikçiler, Dünya'yı bir araya getiren parçacıkları ve bu parçacıkları düzenleyen güçleri anlamayı hedefliyor. En uçtaki enerjiyi, basınç ve sıcaklıkları araştırmaya hevesliler. Bu amaç uğruna kocaman, ayrıntılı makineler, parçacık hızlandırıcılar inşa ediyorlar. Yüksek yoğunluklu enerji üretmenin ideal yolu, atomları neredeyse ışık hızına kadar hızlandırıp onları çarpıştırmak. İki atom çarpıştığında, proton ve nötron bileşenleri bir yoğunluğa doğru patlama yapar. Basınç, normal bir çekirdeğe sıkıştıkları hâlden çok daha yüksektir. Sonrasında daha da küçük parçalara ayrılırlar. Büyük Patlama'dan sonraki ilk nano saniyede aktifleşen mikro kozmoslarda, bu durumlar kendini tekrar eder.

Bazı fizikçiler, bu deneylerin, Dünya'yı, hatta tüm evreni yok etme gibi çok daha kötü şeyler yapma olasılığını yükseltti. Bir kara delik oluşabilir ve etrafındaki her şeyi içine çeker belki. Einstein'ın Genel Görelilik Teorisi'ne göre, en küçük kara deliği yapmak için dahi gerekli olan enerji, bu çarpışmaların üretebileceğini çok aşıyor. Fakat bazı yeni teoriler, üç boyutun ötesinde, ekstra uzaysal boyutlardan bahsediyor. Bunun sonucunda yerçekiminin tutuşu güçlenirdi ve küçük bir objenin bir kara deliğe çökmesi kolaylaşırdı.

İkincikorkutucuolasılık,kuarkların*tekrarbirleşerekkendilerini "strangelet" denilen sıkıştırılmış cisimlere dönüştürmesidir.

---

* Kuark, fizikteki temel parçacıklardan, maddenin temel bileşenlerinden biridir. – *ç.n.*

Bu, kendi içinde zararsızdır. Ancak bazı varsayımlar altında, bir strangelet, karşılaştığıyla bulaşma yoluyla maddenin farklı bir hâline dönüşebilir. Örneğin tüm Dünya'yı, yüz metre genişliğinde çok yoğun bir küreye dönüştürebilir.

Bu çarpışma deneylerindeki üçüncü risk, aralarından daha tuhaf ve muhtemelen en feci olanı: Bizatihi uzayı yutan bir felaket. Fizikçilerin "vakum" dediği boş uzay, sadece hiçlikten daha fazlası. Orası her şeyin olduğu yer. O, fiziksel dünyayı yöneten güçleri ve parçacıkları içinde gizliyor. O, evrenin kaderini kontrol eden karanlık enerjinin kaynağı. Uzay farklı "fazlarda" var olabilir. Tıpkı suyun üç formda var olduğu gibi: buz, sıvı ya da buhar. Ayrıca halihazırdaki vakum, kırılgan ve dengesiz olabilir. Buradaki su benzetmesi "aşırı soğutma" ile ilgili. Su saf ve durgunsa normal donma noktasının altına inebilir. Ama aşırı soğutulmuş suyun buza dönüşümünü tetiklemek için yalnızca bir toz zerresi kadar küçük bir alanı rahatsız etmek gerekir. Benzer şekilde, bazıları, parçacıklar çarpıştığı zaman oluşan yoğunlaştırılmış enerjinin "uzayın kumaşını" yırtabilecek bir "faz değişimini" tetikleyebileceğinin yorumunu yaptı. Bu sadece Dünya'ya has değil, kozmik bir felakete yol açabilir.

En çok test edilen teoriler güven veriyor: Şu anki güçlerimizle yaptığımız türde deneylerin riskleri olmadığını belirtiyorlar. Fakat fizikçiler, bildiğimiz her şeyle örtüşen alternatif teorilerin hayalini kurabilir ve onlar için denklemler yazabilir. Dolayısıyla kesinlikle bertaraf edilemezler ve o ya da bu felaketten biri yaşanabilir. Bu alternatif teoriler önde gidemeyebilir ama hepsi, kaygılanmamızı gerektirmeyecek kadar harika değil mi?

Eşi görülmemiş yoğunlukta enerji üreten yeni ve güçlü hızlandırıcılar Brookhaven National Laboratory ile Geneva'daki CERN'de kullanılmaya başladığında, fizikçiler bana göre, spekülatif "var oluş risklerine" cevap vermek için baskıya uğradı. Neyse ki bir güvence sunulabildi. Öyle ki ben, hızlandırıcılarda

yapılabilenlerden çok daha yüksek enerjili "kozmik ışınların" galaksideki sıkça çarpıştığını ama uzayı bölmediğini işaret edenlerden biriydim.[14] Ayrıca bu kozmik ışınlar, strangelet'lere dönüşümlerini tetiklemeden, çok yoğun yıldızların içine giriyordu.

Peki, riskten kaçınma nasıl olmalı? Bazıları, varoluşsal bir krizin yaşanma ihtimalinin on milyonda bir olduğunu ve bunun da yeterince iyi sayıldığını iddia edebilir. Çünkü bu, gelecek yıl yeterince büyük bir asteroidin Dünya'ya çarpıp küresel yıkıma neden olma olasılığından düşük. (Bu, yapay radyasyonun ekstra kanser yapma etkisinin, örneğin mahalli taşlardaki doğal radyasyonun riskinin iki katı olmadığı müddetçe kabul edilebilir olduğunu iddia etmek gibi.) Fakat bazıları için bu limit yeterince bağlayıcı görünmüyor. Eğer tüm dünyaya karşı bir tehdit olsaydı halk, amacı teorik fizikçilerin merakını gidermek olan bir deneyi onaylamadan önce, bu tehdidin ihtimalinin milyarda bir, hatta trilyonda bir olmasını talep ederdi.

Böyle bir güvenceyi verebilir miyiz? Güneş'in yarın doğmama olasılığını ya da krikette belli skorlar yapmanın olasılığını sunabiliriz, çünkü böyle şeyleri anladığımızdan eminiz. Fakat anlayışımız sarsaksa -fiziğin hudutlarında açıkça olduğu gibi- aslında bir olasılık belirleyemez veya kendimizden emin şekilde bir şeyin ihtimal dışında olduğunu söyleyemeyiz. Atomlar, benzeri görülmemiş bir enerjiyle çarpıştığı zaman olacaklar hakkındaki teorilere güvenmek cüretkâr olur. Kongreye ait bir komite, "Yanılma ihtimalinin bir milyardan da az olduğunu cidden iddia ediyor musun?" diye sorsa, "Evet," derken kendimi rahatsız hissederdim.

Fakat öte yandan, bir meclis üyesi, "Böyle bir deney, mesela Dünya için yeni bir enerji kaynağı sağlamak gibi dönüştürücü bir keşif ortaya çıkarabilir mi?" diye sorsa, bunun olma ihtimalini söylerdim yine. Olasılıklarını incelediğimiz bu iki uzak ihtimal hadiseden biri muazzam faydalıyken diğeri yıkıcı.

İnsanlığa faydanın, her ne kadar pek muhtemel olmasa da "küresel kıyamet" senaryosundan daha çok ihtimal dahilinde olduğunu tahmin ederdim. Bu düşünceler ileriye gitme konusundaki tereddütleri ortadan kaldırabilir ama ilişkili olasılıkları ölçmek imkânsız. Bu yüzden, böylesi bir "şeytanla pazarlık" için ikna edici bir güvence yaratmak imkânsız. Yenilikler genellikle tehlikelidir ancak risk almazsak faydalardan vazgeçmemiz gerekebilir. "Tedbir prensibi"nin bir fırsat maliyeti var; "hayır" demenin saklı maliyeti.

Yine de fizikçiler, evrende dahi emsali görülmemiş durumlar yaratan deneyleri yapma noktasında basiretli olmalı. Benzer şekilde, biyologlar da yıkıcılık potansiyeli besleyen genetiği değiştirilmiş patojenler yaratmaktan ve insan germ hattını büyük ölçekte değiştirmekten kaçınmalı. Siber uzmanlar, küresel altyapıda peş peşe yaşanabilecek bozulmaların riskinin farkında. İleri seviye yapay zekânın faydalı kullanımlarını sürdüren yenilikçiler, bir makinenin "kontrolü ele aldığı" senaryoları göz ardı etmemeli. Çoğumuz bu riskleri bilimkurgu olarak başımızdan atmaya eğilimliyiz. Ama yaşanma olasılıkları hayli imkânsız varsayılsalar da görmezden gelinmemeliler.

Handiyse varoluşsal risklerin bu örnekleri, disiplinler arası uzmanlığa ve uzmanlar ile halk arasındaki düzgün etkileşime duyulan ihtiyacı gösteriyor. Ayrıca, yeni teknolojilerden en uygun biçimde faydalanmayı sağlamak, toplulukların küresel bazda ve daha uzun vadede düşünmesini gerektirecek. Bu ahlaki ve siyasi meseleler, beşinci bölümde detaylıca işlenecek.

Ve yeri gelmişken, tümüyle varoluşsal felaketlerden kaçmak için uymamız gereken öncelikler, felsefeci Derek Parfit'in daha önce tartıştığı bir etik soruya dayanıyor: Henüz doğmamış olanların hakları. İki senaryo düşünün: A senaryosu insanlığın yüzde 90'ını ortadan kaldırıyor; B senaryosu ise tamamını. B senaryosu, A senaryosundan ne kadar kötü?[15] Bazıları yüzde 10 daha kötü olduğunu söyler: Zayiat yüzde 10

daha yüksek. Ancak Parfit, B senaryosunun kıyaslanamaz şekilde daha kötü olduğunu söylerdi çünkü insanlığın ortadan kaybolması, gelecekteki milyarlarca hatta trilyonlarca insanın varlığını engelliyor. Ve doğrusu, "açık uçlu" posthümanist gelecek, Dünya'nın ötesine yayılıyor. Bazı filozoflar, "muhtemel insanlar"ın gerçek olanlar kadar değer görmesini reddederek Parfit'in argümanını eleştiriyor. ("Daha fazla insanı mutlu yapmak istiyoruz, daha fazla mutlu insan yapmak değil.") Eğer biri bu naif faydacı savları ciddiye alıyorsa bilmeli ki, uzaylılar halihazırda yaşıyorsa ("Uzaylı Zekâsı?" bölümüne bakın), habitatlarını sıkıştırarak Dünya'ya ait alanı genişletmek, tüm "kozmik rahatlık" için net bir negatif katkı olur.

"Muhtemel insanlar" hakkındaki entelektüel oyunlar bir yana, insanın hikâyesinin sonuna dair bir olasılık, şimdi yaşayanlar olan bizleri üzerdi. Çoğumuz, geçmiş kuşaklardan kalan mirasın bilincindeyiz. Gelecek nesillerin olmayacağına inansak moralimiz bozulurdu.

(Bu "İklim Değişikliği" bölümünde tartışılan iklim siyaseti konularının büyük bir versiyonu. Henüz doğmamış olan ve bugünden yüz yıl sonra yaşayacaklara ne denli önem vereceğimiz tartışmalı bir başlık. Ayrıca, küresel nüfus büyümesine karşı tavrımızı da etkiliyor.)

Bir hızlandırıcı deneyine ya da insanlığı mahveden genetik bir felakete karşı olsak da "düşünce deneyi" olarak bazı senaryoları gözden geçirmeye değer. İnsan elinden gelen tehditlerin, mevcut risk sicilimizden elenebilecek durumdakilerden daha kötü olduğunu varsaymak için dayanağımız yok. Hatta gelecek teknolojilerinin getirebileceği "kötü"de hayatta kalacağımıza güvenmek için elimizde zemin yok. "Aşina olmadığımız ile ummadığımız aynı değildir," önemli bir şiardır.[16]

Bu ahlaki sorular "gündelik hayat"tan çok uzak ama onları ele almak için erken değil. Bazı filozofların bunu yapması iyi. Fakat onlar biliminsanlarını da zorluyor. Hatta esrarlı ve uzak

görünebilen fiziksel dünya hakkındaki soruları ele almak için ekstra bir neden de öneriyorlar: Bizatihi uzayın istikrarı, yaşamın ortaya çıkışı ve "fiziksel gerçeklik" diyebileceğimiz şeyin kapsamı ile doğası.

Böyle düşünceler bizi, yeryüzüne ait bir odaktan daha kozmik bir perspektife doğru yönlendiriyor ki bu, gelecek bölümün teması olacak. İnsanın uzay uçuşunun "cazibesi"ne rağmen uzay, insanların iyi adapte olamadığı "düşmanca" bir ortam. Bu yüzden orada, insan seviyesinde yapay zekâ ile etkinleştirilmiş robotlar en büyük kapsama sahip olacak ve insanlar daha fazla gelişmek için biyolojik ve siber teknikleri kullanabilecek.

KOZMİK BİR PERSPEKTİFTE İNSANLIK

Kozmik Bir Bağlamda Dünya

1968'de, Apollo 8 astronotu Bill Anders, Ay'ın ufkunun üstünde parlayan uzaklardaki Dünya'yı gösteren "Dünya'nın doğuşu" fotoğrafını çekti. Bunun, küresel çevre hareketleri için ikonik bir görüntü hâline geleceğini fark etmemişti. Fotoğraf, Dünya'nın, Neil Armstrong'un bir yıl sonra "küçük bir adım"ını atacağı kıraç Ay yüzeyine kıyasla hassas olan biyosferini açığa çıkarttı. Diğer bir ünlü görüntü ise 1990'da uzay sondası* *Voyager 1* tarafından altı milyar kilometre mesafeden çekildi. Dünya, Carl Sagan'ın düşüncelerine ilham veren "soluk mavi nokta" olarak gözüktü:[1]

"O noktaya tekrar bakın. O burası. O evimiz. O biziz. Sevdiğin, tanıdığın, duyduğun, hayatlarını yaşamış herkes onda. Türümüzün tarihindeki her aziz ve günahkâr orada yaşadı; bir güneş ışınında asılı bir toz zerreciğinde. Gezegenimiz, bizi kapsayan büyük kozmik karanlıkta yalnız bir nokta. Bizi kendimizden korumak için başka bir yerden yardım geleceğine dair ipucu yok. Dünya, şimdiye dek, yaşam barındırdığı bilinen tek yer. Beğenin ya da beğenmeyin, şu an için direnişimizi Dünya'da sürdürüyoruz."

Bu düşünceler bugün yankılanıyor; hatta insanlar tarafından değilse bile makinelerle yapılacak. Güneş sisteminin çok

* Veri toplamak amacıyla uzaya gönderilen araç. – *ç.n.*

uzağındaki kozmik keşfin nasıl gerçekliğe dönüşebileceği hakkında ciddi bir tartışma var; uzak gelecekte olsa da. (Kırk yıldan fazla süre sonra, *Voyager 1* hâlâ Güneş sisteminin kenar bölgelerinde. En yakın yıldıza ulaşması için on binlerce yıl gerekecek.)

Darwin'den beri Dünya'nın uzun tarihine dair bir kanı var. O, *Türlerin Kökeni*'ni aşina olduğumuz bu kelimelerle sonlandırdı: "Bu gezegen, sabit yerçekimi yasasına göre dönerken çok basit bir başlangıçtan en güzel ve en harika biçimler evrildi ve evriliyor." Şimdi, geleceğe uzanan eşit uzunluktaki zaman aralıkları hakkında kafa yoracağız ve onlar, bu bölümün temaları olacak.

Darwin'in "basit başlangıcı" yani genç Dünya, kendi kimya ve yapısında karmaşıktır. Gökbilimciler hâlâ Darwin ve jeologların o zamanlar araştırabildiğinin -gezegenlerin, yıldızların ve onların atomlarının yapıtaşlarının kökeni- ötesine geçmeyi amaçlıyor. Yaklaşık dört buçuk milyar sene önce, tüm Güneş sistemimiz, tozlu gazın türbülanslı bir plakasından yoğunlaştırıldı. Fakat atomlar nereden geldi, neden oksijen ve demir atomları yaygınken altın atomları değil? Darwin bu soruyu anlamazdı; onun zamanında atomların kesin varlığı tartışmalıydı. Ancak şimdi biliyoruz ki Dünya'daki tüm "yaşam ağı" ile ortak bir kökeni ve birçok geni paylaşmamızın yanında, kozmosa da bağlıyız. Güneş ve yıldızlar nükleer füzyon reaktörleridir. Enerjilerini, hidrojenleri helyuma ve sonra da helyumları karbon, oksijen, fosfor, demir ve periyodik cetveldeki diğer elementlere dönüştürerek elde ederler. Yıldızlar yaşamlarını sona erdirdiklerinde "işlenmiş" materyalleri yıldızlararası uzaya geri bırakırlar (ağır yıldızların durumunda, süpernova patlamaları ile). Sonrasında bazı materyaller tekrar kullanılarak yeni yıldızlar üretilir. Güneş, işte öyle bir yıldızdı.

Her nefeste içimize çektiğimiz trilyonlarca karbondioksit molekülünde bulunan tipik bir karbon atomunun, beş milyar yıldan

geriye uzanan olaylı bir tarihi vardır. Atom belki de bir öbek kömür -ki o öbek, iki yüz milyon sene önceki ilkel bir ormandan bir ağacın kalıntısıydı- yakıldığında atmosfere salındı. Ve bunlardan önce, gezegenimizin kuruluşundan beri, Dünya'nın kabuğu, biyosfer ve okyanuslar arasında geri dönüşüm yapıyordu. Daha geriye gidersek bu atomun patlayan, sonra yıldızlararası uzayda dolaşan, karbon atomlarını saçan ve proto Güneş sistemi ile genç Dünya'ya yoğunlaşan kadim bir yıldızda oluştuğunu buluruz. Bizler kelimenin tam anlamıyla uzun zaman önce ölen yıldızların külleriyiz ya da daha az romantik şekilde, yıldızları parlatan yakıtın nükleer atıklarıyız.

Astronomi, antik bir bilim. Belki de tıp haricinde en eski olan (birincinin, takvim, zaman takibi ve navigasyonu iyileştirerek, zarardan çok yararının dokunduğunu iddia edebilirim). Son yıllarda kozmik keşifler hız kazandı. Ay'da insanlara ait ayak izleri var. Diğer gezegenlere yollanan uzay sondaları büyüleyici ve farklı dünyaların fotoğraflarını gönderiyor. Ve bazılarına iniş yapıyorlar. Modern teleskoplar kozmik ufuklarımızı genişletti. Ve bu teleskoplar sıradışı nesnelerin "hayvanat bahçesini" açığa çıkardı; kara delikler, nötron yıldızları ve muazzam patlamalar. Güneş'imiz, kocaman bir kara deliğin olduğu merkezin etrafında yörüngelenen yüz milyardan fazla yıldızın barındığı Samanyolu galaksimizde gömülüdür. Ve bu, teleskoplarla görülen yüz milyarlarca galaksiden yalnızca bir tanesi. 13,8 milyar yıl önce, genişleyen evrenimizi tetikleyen "büyük patlama"nın "yankı"larını dahi saptadık. Evren ve onunla beraber, doğanın tüm basit parçaları işte böyle doğdu.

Bendeniz gibi "koltuk teorisyenleri"* bu ilerlemede çok payımız olduğunu iddia edemeyiz; bunu büyük oranda teleskoplar, uzay araçları ve bilgisayarlardaki gelişmelere borçluyuz. Bu ilerlemeler sayesinde, her şeyin muazzam sıcaklıklar ve

* "Koltuk teorisyenleri" yeni bilgiler edinmeyi içermeyen bir alanda yeni gelişmeler sağlamaya yönelik bir anlayışı benimser. – *ç.n.*

yoğunluklara sıkıştırıldığı, atomların, yıldızların, galaksilerin ve gezegenlerin ortaya çıktığı gizemli bir zamandan başlayan olaylar zincirini anlamaya başlıyoruz. Ve bir gezegende, yani Dünya'da, atomların bir araya gelerek ilk yaşayan şeyleri oluşturduğunu ve bizim gibi yaratıkların tüm bunların gizemine kafa yorabilmesine yol açan süreci başlattığını da.

Bilim tamamen küresel bir kültür. Milletler ve inançların tüm sınırlarını kapsıyor. Bu bilhassa astronomi için doğru. Gece göğü, çevremizdeki en evrensel özelliktir. İnsanlık tarihi boyunca, dünyanın her tarafından insanlar yıldızlara gözlerini dikmiş ve onları farklı şekillerde yorumlamıştır. Gece göğü sadece son onyılda, atalarımıza geldiğinden çok daha fazla ilginç gelmeye başladı. Çoğu yıldızın yalnızca parıldayan ışık noktaları olmadığını, aynı Güneş gibi yörüngesinde dönen gezegenlere sahip olduğunu öğrendik. Şaşırtıcı şekilde, galaksimiz Dünya benzeri milyonlarca gezegeni barındırıyor; yaşanabilir gözüken gezegenler. Peki, onlar gerçekten iskâna açık mı, orada yaşam hatta bilinçli yaşam var mı? "Nesnelerin kozmik planı"ndaki yerimizi anlamak için büyük öneme sahip bu soruları düşünmek zor.

Medyadaki kapsamlı işlenişine bakılırsa bu meseleler milyonları büyülüyor. Alanlarının böylesine geniş bir ilgi toplaması gökbilimciler (ve ekoloji benzeri alanlardakiler) için memnuniyet verici. Araştırmamı sadece birkaç uzmanla tartışabilseydim bundan çok daha az tatmin olurdum. Ayrıca konu, pozitif olan ve tehdit edici gelmeyen bir imaja sahip; örneğin nükleer bilim, robotik ya da genetik hakkındaki kamusal kararsızlığa nazaran.

Bir uçakta olsam ve yan koltuktaki kişiyle sohbet etmek istemesem, bunu durduracak cümle, "Ben bir matematikçiyim," olur. Tam aksine, "Ben bir gökbilimciyim," demek genellikle ilgiyi kamçılar. Ve sonra ilk sorulan şey çoğunlukla, "Uzaylılara inanıyor musun yoksa yalnız mıyız?" olur. Konu beni de cezbediyor, bu yüzden bunu tartışmaktan daima memnun olmuşumdur. Ayrıca bu konunun "sohbet başlatan" olarak

başka bir avantajı var. Henüz kimse cevabı bilmiyor, yani "uzman" ile genel "sorgulayıcı" arasında daha küçük bir bariyer var. Bu büyüleyici konu hakkında hiçbir yenilik yok ama ilk defa, bir yanıt için umutluyuz.

"Yaşanabilir dünyaların çoğulluğu" hakkındaki spekülasyonlar ilk çağlara dayanıyor. 17. yüzyıl ile 19. yüzyıl arasında, Güneş sistemindeki diğer gezegenlerde yaşam olduğundan ciddi şekilde şüphe duyuluyordu. Bunun nedeni bilimsel olmaktan ziyade genellikle teolojikti. 19. yüzyılın önde gelen düşünürleri, yaşamın evreni kapladığını, aksi takdirde böylesine büyük alanların boş kalmasının Yaratıcı'nın gayretlerinin ziyan olduğunu göstereceğini iddia ettiler. Bu fikirlerin keyifli bir eleştirisi, doğal seleksiyon teorisinin geliştiricilerinden Alfred Russel Wallace'ın etkileyici kitabı *Man's Place in the Universe*'te verilmiş.[2] Wallace bilhassa, Ay'ın kesinlikle yaşam barındırdığı gibi tahminlerde bulunan fizikçi David Brewster (fizikçiler onu optikteki "Brewster açısı" ile hatırlıyor) hakkında iğneleyici. Brewster, *More Worlds Than One* isimli kitabında, "Ay'ın yalnızca Dünya'yı aydınlatan bir lamba olduğunu; yüzeyini büyük dağlar, sönmüş volkanlar ve farklı miktarlardaki ışıkları yansıtarak zemininde kıtalar ile denizlerin görüntüsünü oluşturan maddelerle çeşitlendirmesinin gerekmediğini; pürüzsüz bir kireç ya da tebeşir parçası olsa daha iyi bir lamba olacağını" iddia etti.

19. yüzyılın sonunda, birçok gökbilimci Güneş sistemindeki diğer gezegenlerde yaşam olduğundan öyle emindi ki, irtibat kuracak ilk kişiye yüz bin franklık bir ödül sunuldu. Üstelik ödül özellikle Marslılarla iletişimi hariç tutuyordu çünkü bu çok kolay kabul edilmişti! Mars'ın kanallarla çizili olduğu "kanısı", kırmızı gezegende bilinçli bir hayatın olduğunu delil saymıştı.

Uzay çağı, beraberinde çarpıcı haberler getirdi. Sulu, tropikal bir dünya vadeden bulutlu gezegen Venüs'ün ezici ve yakıcı bir "cehennem çukuru" olduğu ortaya çıktı. Merkür, yüzeyi çukurlarla kaplı haşin bir kayaydı. Hatta en "Dünyavari"

gezegen. Mars bile şimdi, çok ince bir atmosfere sahip cansız bir çöl olarak görülüyor. Ancak NASA'nın *Curiosity* uzay aracı su buldu. Araç, zeminin aşağısından çıkan metan gazı -belki uzun zaman önce yaşamış çürüyen organizmalar yüzünden- belirledi ama şimdi orada ilginç bir hayat varmış gibi durmuyor.

"Aklı olan" parasını Güneş'ten uzak ve hâlâ soğuk olan cisimlerden ikisi; Jüpiter'in aylarından Europa'ya ve Satürn'ün ayı Enceladus'a yatırırdı. Bunlar buzla kaplı ve yüzeylerinin altında yatan okyanuslarda yüzen yaratıklar olabilir; uzay araçlarının onları araştırmaları planlanıyor. Ayrıca Satürn'ün aylarından biri olan Titan'ın metan göllerinde de egzotik bir yaşam olabilir. Fakat kimse bu konuda iyimser olamaz.

Güneş sistemi içinde Dünya, yaşama en elverişli gezegen; ne çok soğuk ne çok sıcak. Çok sıcak olsa en dirençli canlılar bile "kızarırdı" Çok soğuk olsaydı da yaşama izin veren ve besleyen süreçler çok daha yavaş gerçekleşirdi. Güneş sisteminde bir yerde, işlevini çoktan yitirmiş yaşam formlarının dahi keşfi çığır açıcı bir öneme sahip olurdu. Çünkü bu, bize yaşamın nadir bir şans eseri olmadığını, evrene yayıldığını söylerdi. Şimdilik, yaşamın başladığı yalnızca bir yeri, Dünya'yı biliyoruz. Yaşamın başlangıcının, tüm galaksimizde yalnızca bir defa olan özel bir "tesadüfilik" gerektirmesi mantıken mümkün (hatta bazılarına göre gayet makul). Fakat bu, tek bir yıldız sisteminde iki kez tekrarlansaydı yaygın olması gerekirdi.

(Burada önemli bir koşul var: Yaşamın birden fazla yerde olması hakkında bu sonuca varmadan önce, iki yaşam formunun bağımsız şekilde ortaya çıktığından, yani bir lokasyondan diğerine taşınmadığından emin olmamız gerekli. Bu sebeple Europa'nın buz kabuğunun altındaki olası bir yaşam, Mars'taki olası yaşamdan daha çok "konuyu bağlayıcı" olabilir. Çünkü bu yaklaşıma göre hepimizin Marslı atalarının olması daha makul. Zira yaşamın Dünya'ya, bir asteroidin etkisiyle Mars'tan kopan bir kayanın üstünde taşınan ilkel yaşam formuyla gelmesi daha olası.

Güneş Sistemimizin Ötesinde

Yaşamın var olabileceği umut verici "gayrimenkulü" bulmak için bakışlarımızı Güneş sistemimizin ötesine çevirmeliyiz; bugün tasarlayabileceğimiz herhangi bir uzay aracının ulaşabileceğinin de ötesine. Tüm eksobiyoloji* alanını dönüştüren ve harekete geçiren, çoğu yıldızın gezegenlerin yörüngesinde olduğunu fark etmekti. İtalyan keşiş Giordano Bruno, bu spekülasyonu 16. yüzyılda ortaya attı. 1940'lardan itibaren gökbilimciler, Bruno'nun haklı olduğundan şüphe duydu. Güneş sisteminin, yakından geçen bir yıldızın (ki bu gezegensel sistemlerin nadirliğini gösteriyordu) yerçekimi kuvvetiyle Güneş'ten kopan bir liften meydana geldiğini söyleyen daha eski bir teori, o zamanlar itibarsızdı. Bu teorinin yerini, "Yıldızlararası bir bulut yıldız oluşturmak için yerçekiminin altında büzüştüğünde, eğer dönüyorsa, bileşenleri gaz ile toz olan ve gezegenlere doğru yığılan bir disk oluşturur," fikri aldı. Fakat 1990'lara dek, Güneş sistemi dışındaki gezegenlere dair kanıtlar ortaya çıkmadı. Çoğu ötegezegen** doğrudan tespit edilmedi; yörüngesinde olduğu yıldızın dikkatli gözlemiyle açığa çıktılar. Burada iki temel teknik var.

İlki şu şekilde. Eğer bir gezegen, bir yıldızın yörüngesine girerse hem gezegen hem de yıldız kütle merkezlerinin etrafında hareket ederler ve buna "barycenter" denir. Yıldız büyük kütleli olduğu için daha yavaş hareket eder. Yörüngeli bir gezegen tarafından uyarılmış döngüsel hareket, değişen bir Doppler etkisi*** ortaya çıkaran yıldız ışığının titizce incelenmesiyle belirlenebilir. İlk başarı 1995'te, Cenevre Gözlemevi menşeili Michel Mayor ve Didier Queloz, 51 Pegasi yıldızının etrafındaki "Jüpiter kütleli" bir gezegen bulduğunda geldi.[3] Müteakip

---

* Evrende bulunan tüm gezegenlerdeki yaşamı inceleyen bilim dalı. – *ç.n.*

Güneş sistemi dışındaki veya başka bir yıldızın yörüngesindeki gezegen. – *ç.n.*

*** Dalga yayan hareketli kaynağın, gerçek frekansı ile algılanan frekansı arasındaki sapma. – *ç.n.*

yıllarda dört yüzden fazla ötegezegen bu yolla bulundu. Bu "stellar wobble"* tekniği çoğunlukla "dev" gezegenler için uygundur; Satürn veya Jüpiter büyüklüğündeki cisimlere.

Dünya'nın potansiyel "ikizleri" bilhassa enteresan: Bizimkiyle aynı büyüklükteki, diğer Güneş benzeri yıldızların yörüngesinde olan ve sıcaklığı, suyun ne kaynadığı ne de donuk kaldığı gezegenler. Fakat Jüpiter'den yüzlerce kat daha az kütleli bu gezegenleri tespit etmek gerçek bir zorluk. "Ebeveyn yıldızlarında"* saniyede yalnızca santimetrelik titremelere neden oluyorlar. Bu hareket, tespit amacıyla Doppler metodunu kullanmak için çok küçük kaldı (gerçi araç gereçler hızla gelişiyor).

Bir de ikinci teknik var: Gezegenlerin gölgelerine bakabiliriz. Bir yıldız, önünde "geçiş hâlinde" bir gezegen olduğunda hafifçe kararıyor gözükebilir; bu kararmalar düzenli aralıklarla tekrarlayabilir. Bu bilgi iki şeyi ortaya koyuyor: Art arda gelen kararmalar arasındaki aralık, bize gezegenin bir senesinin uzunluğunu söylüyor ve kararmanın büyüklüğü, geçiş sırasında gezegenin, yıldızın ışığının kaçta kaçını bloke ettiğini ve bunun ne kadar büyük olduğunu anlatıyor.

Transit yapan gezegenler hakkında (şimdiye kadarki) en önemli araştırma, adını gökbilimci Johannes Kepler'den***[4] alan NASA uzay aracıyla yapıldı. Bu araç, 100.000'de bir kesinlikle 150 bin yıldızın parlaklığını ölçmek için üç yıldan fazla zaman harcadı; bunu, her yıldız için bir saat ayırarak bir ya da birden fazla kez yaptı. *Kepler* bazıları Dünya'dan büyük olmayan binlerce transit hâlinde gezegen buldu. *Kepler* projesinin arkasındaki itici güç, 1964'den beri NASA için çalışan

---

* Bir ötegezegenin kütlesi, yıldızının kütlesine kıyasla "kayda değer" olduğu zaman, kütle merkezinde bir "titreme" fark etme şansı doğar. Bu titreme, yıldızın ışık frekansındaki değişim aracılığıyla tespit edilebilir. Bu değişim, özünde bir Doppler değişimidir. – *ç.n.*

Yörüngesindeki gezegenin ısı ve ışığını üreten yıldız. – *ç.n.*

*** Gezegensel hareket yasalarıyla tanınan Alman astronom. – *ç.n.*

Amerikan mühendis Bill Borucki'ydi. Borucki 1980'lerdeki konsepti anladı ve onu, fonlama aksiliklerine ve camiadaki birçok "yerleşik" gökbilimcinin başlangıçtaki şüpheciliğine rağmen devam ettirdi. Onun muhteşem başarısı -ki ona ulaştığı zaman çoktan yetmişlerindeydi- özel bir övgüyü hak ediyor. Bu bize, "en saf" bilimin bile araç gereç yapıcılarına ne kadar borçlu olduğunu hatırlatıyor.

Çoktan keşfedilmiş ötegezegenler arasında bir çeşitlilik var. Bazıları tuhaf yörüngelerde. Bir gezegen ise gökyüzünde dört yıldıza sahip; bu gezegen, başka bir ikili yıldızın yörüngesinde olan ikili bir yıldızın yörüngesinde. Bu keşif amatör "gezegen avcılarını" barındırıyor; her hevesli, bazı yıldızlardan gelen *Kepler* bilgilerine erişme şansına sahipti ve insan gözü, yıldızların parlaklığında "çukurları" seçebiliyordu (Bu, bir gezegenin tek bir yıldızın yörüngesinde olma vakasından daha nadir gerçekleşti).

Dünya'dan yalnızca dört ışık yılı uzaklığında olan yıldız Proxima Centauri'nin yörüngesinde ve ona yakın olan bir gezegen var. Proxima Centauri, M tipi cüce yıldız denilen ve Güneş'imizden yüz kat daha sönük bir yıldız. 2017'de Belçikalı astronom Michaël Gillon öncülüğündeki bir ekip, başka bir M tipi cüce[5] etrafında minyatür bir Güneş sistemi keşfetti; "yılları" 1,5'ten 18,8 Dünya gününe kadar süren yedi gezegen, bu yıldızın yörüngesinde. En dıştaki üç gezegen yaşanabilir alanda. Yaşamak için muhteşem yerler olabilirler. Gezegenlerden birinin yüzeyinden manzaraya bakarsak diğerleri gökyüzünde hızlıca salınır ve Ay'ın bize göründüğü büyüklükte belirir. Fakat onlar Dünya'ya pek benzemiyorlar. Muhtemelen kütleçekimi kilidine sahipler, böylece yıldızlarına hep aynı yüzü gösteriyorlar; bir yarımküre sürekli aydınlıkta, öbürü ise daima karanlık. (Pek muhtemel olmayan "bilinçli yaşamı barındırma" durumunda bir çeşit "ayrımcılık" yürürlüğe girebilir; gökbilimciler bir yarımkürede tecrit edilirken geri kalan herkes diğerinde!) Fakat atmosferlerinin, M tipi cüce yıldızlarda

yaygın olan ve onları yaşam için uygunsuz hâle getiren yoğun manyetik ışımalarla zayıflatılmış olması muhtemel.

Bilinen ötegezegenlerin neredeyse hepsi, yörüngesinde oldukları yıldızların hareketlerine ya da parlaklığına olan etkilerinin tespit edilmesiyle, yani dolaylı yoldan bulundu. Onları doğrudan görmeyi isterdik ama bu zor. Ne kadar zor olduğunu anlamak için uzaylıların yaşadığını ve uzaylı bir astronomun güçlü teleskopuyla (diyelim ki) otuz ışık yılı uzaklıktan (civardaki bir yıldızın mesafesi) Dünya'ya baktığını varsayın. Gezegenimiz, Carl Sagan'ın ifadesiyle "soluk mavi nokta" olarak görülür ve ona çok yakın olan bir yıldızın (Güneş'imiz) milyarlarca kez gölgesinde kalırdı: Bir projektörün yanındaki ateş böceği. Mavinin tonu, Pasifik Okyanusu ya da Avrasya kara parçasıyla yüz yüze gelmelerine bağlı olarak hafifçe farklılık gösterebilir. Astronomlar bu sönük ışığı analiz ederek Dünya'nın yeşil bir yüzeye ve oksijenli bir atmosfere sahip olduğu yorumunu yapabilirdi.

Günümüzde en büyük yer teleskopları uluslararası kuruluşlar tarafından kuruluyor. Hawaii'deki Mauna Kea ve Şili'deki yüksek And Dağları'nın berrak kuru göğü altında "mantar gibi" çoğalıyorlar. Güney Afrika, Dünya'nın en geniş optik teleskoplara sahip olmasının yanında, Avustralya ile beraber bir liderlik rolüne sahip olacak: Dünya'nın en geniş radyo teleskopu Square Kilometre Array'ı kurarak. Şili'nin bir dağ zirvesinde, Avrupalı gökbilimciler tarafından şimdilerde inşa edilen bir teleskop, diğer Güneş benzeri yıldızların yörüngesinde olan Dünya büyüklüğünde gezegenlerden gelen ışığı ayırt etmek için gerekli hassasiyete sahip olacak. Ona "Son Derece Büyük Teleskop" (European Extremely Large Telescope / E-ELT) deniyor; hayalî değil, hakiki bir isimlendirme! Newton'un ilk yansıtmalı teleskobunun çapı 10 santimetrelik aynaydı, E-ELT'nin çapı ise 39 metre olacak; total toplama alanı yüz bin kattan fazla olan küçük aynaların bir mozaiği.

Şimdiye dek incelediğimiz yakın yıldızların etrafındaki gezegenlerin istatistiklerine göre, tüm Samanyolu'nun, Dünya büyüklüğünde olan ve ebeveyn yıldızından, suyun kaynamadan ya da kalıcı şekilde donmadan var olabildiği bir uzaklıkta olduğu milyar kadar "Dünyavari" gezegeni barındırdığı sonucunu çıkarabiliriz. Bir çeşitlilik bekleyebiliriz: Bazıları tamamen okyanuslarla kaplı "su dünyaları" olabilir; diğerleri ise (Venüs gibi) aşırı bir "sera gazı etkisi"yle ısınmış ve kuraklaşmış olabilir.

Bu gezegenlerden kaçı, Mars'ta bulduklarımızdan çok daha ilginç ve egzotik yaşam formları barındırıyor olabilir, hatta "bilinçli" denilebilecek bir şey? İhtimallerin ne olduğunu bilmiyoruz. Hatta yaşamın kökeninin -metabolizması olan ve üreyen bir varlıktan oluşan kimyasal "karışım"dan gelen belirme- tüm galaksimizde bir kere gerçekleşen nadir bir "şans eseri"ni içerme ihtimalini henüz eleyemeyiz. Diğer taraftan bu hayati geçiş, "doğru" çevre sağlandığında neredeyse kaçınılmaz olabilirdi. Yeryüzündeki yaşamın DNA / RNA kimyasının tek seçenek mi olduğunu yoksa başka yerlerde gerçekleşebilecek birçok seçenek arasından bir kimyasal taban mı olduğunu henüz bilmiyoruz. Hatta daha temel şekilde, sıvı suyun gerçekten hayati olup olmadığını bilmiyoruz. Titan'ın soğuk metan göllerinde, yaşamın onun vasıtasıyla ortaya çıkabileceği kimyasal bir yol olsa, "yaşanabilir gezegenler" tanımımız çok daha geniş olurdu.

Bu mühim meseleler yakında açıklığa kavuşturulabilir. Yaşamın kökeni şimdi daha güçlü bir ilgi çekiyor; önemi açık olsa da vakitlice ya da uygun işlenebilir görülmediği için "çok zor" kutusuna kaldırılan ekstra uğraştırıcı problemlerden (örneğin "bilinç" hâlâ bu kategoride) biri olarak sayılmıyor artık. Hayatın başlangıcını anlamak yalnızca uzaydaki canlılığın ihtimalini ölçmek için değil, ayrıca Dünya'da yaşamın ortaya çıkışının hâlâ bir gizem olması nedeniyle önemli.

Yaşamın, evrende nerede ve hangi formlarda ortaya çıkabileceği konusunda açık fikirli olmalıyız. Dünya'ya benzemeyen yerlerde, Dünyavari olmayan yaşamlara biraz fikir yormalıyız. Burada, Dünya'da bile, canlılık yaşaması en zor olan yerlerde hayatta kalıyor; Güneş ışığının binlerce yıldır giremediği karanlık mağaralarda, çorak çöl kayalıklarında, yeraltının derinliklerinde ve en derin okyanus yataklarının sıcak yarıklarında. Fakat bildiklerimizden yola çıkmak ("sokak lambasının altına bakma" stratejisi) ve Dünya benzeri bir ötegezegen atmosferinin, bir biyosfer için delil gösterip göstermediğini keşfetmek amacıyla tüm erişilebilir teknikleri kullanmak mantıklı. Önümüzdeki on ya da yirmi senede, 2020'li yıllarda çalışmaya başlayacak olan uzayın derinliklerindeki James Webb Uzay Teleskobu ile yeryüzündeki E-ELT ve benzer devasa teleskoplardan bilgiler gelmeli.

Bu yeni nesil teleskoplar bile gezegenin atmosferinin spektrumunu, daha parlak olan merkezî yıldızın spektrumundan ayırt etmede zorlanacak. Ancak yüzyıl ortasının ötesine bakan biri, robotik üreticiler tarafından uzayın derinliklerinde toplanan ve hepsinin kilometre ölçeğinde ince aynaları olan devasa uzay teleskopları dizisini hayal edebilir. Apollo 8'in "Dünya'nın doğumu" fotoğrafının yüzüncü yılı 2068'de, böylesine bir araç bize daha da ilham verici olan bir görüntüyü sunabilir: Uzak bir yıldızın yörüngesindeki başka bir Dünya.

İnsanlı ve İnsansız Uzay Uçuşu

Çocukluğumda (İngiltere'de, 1950'lilerde) favori okumalarım arasında *Eagle* denilen bir çizgi roman, özellikle de muhteşem çizimlerin yörüngedeki şehirleri, sırt roketlerini ve istilacı uzaylıları resmettiği *Geleceğin Pilotu Dan Dare*'in maceraları vardı. Bu nedenle, uzay uçuşu gerçek olduğu zaman NASA astronotlarının (ve Sovyet "kozmonot" mevkidaşlarının) giydiği

kostümlere ve ayrıca fırlatma, iniş gibi rutinlere aşinaydık. Benim kuşağım kahramanca öncü atılımların devamını azimle getirdi: Yuri Gagarin'in ilk yörünge uçuşu, Alexey Leonov'un ilk uzay yürüyüşü ve sonra elbette Ay'a inişler. Yörüngeye ilk giden Amerikan olan John Glenn'in memleketime yaptığı bir geziyi hatırlıyorum. Ona, roketin burun kısmında kalkışı beklerken ne düşündüğü sorulmuştu. "Bu rokette yirmi bin parça olduğunu ve hepsinin, en düşük fiyatı veren kişiye yaptırıldığını düşünüyordum," diye cevapladı. (Glenn daha sonra Birleşik Devletler senatörlüğü yaptı. Ve yetmiş yedi yaşında STS-95 uzay mekiği ekibinin bir parçasıyken en yaşlı astronot oldu.)

Yörüngeye giren ilk yapay cisim olan Sovyet *Sputnik 1* uçuşu ile 1969'da Ay'ın yüzeyindeki tarihî "küçük bir adım" arasında yalnızca on iki yıl vardı. Ay'a, Neil Armstrong ve Buzz Aldrin'i hatırlamadan asla bakmadım. İlkel programlama ve test edilmemiş ekipmanlara nasıl bağlı olduklarına geriye dönüp bakınca bu atılımları daha da kahramanca görünüyor.

Doğrusunu söylemek gerekirse, Başkan Nixon'ın metin yazarı William Safire, astronotların Ay'a sorunlu iniş yapmaları ya da karaya oturmaları durumlarında kullanılmak üzere bir methiye hazırlamıştı:

"Kader, barış içinde keşif yapmak için Ay'a giden adamların, Ay'da huzur içinde istirahat etmelerini buyurdu. Kurtuluşları için bir umut olmadığını biliyorlar. Fakat ayrıca biliyorlar ki, fedakârlıklarında insanlık için bir umut var."

Apollo programı yarım yüzyıl sonra bile, uzaydaki insan girişiminin yüksek bir noktası olmayı sürdürüyor. O, Ruslara karşı bir "uzay yarışı"ydı; süper güçlerin çekiştiği bir yarışma. Bu hareketliliği koruyabilseydik şimdi kesin Mars'ta ayak izlerimiz olurdu; bizim neslimizin beklediği buydu. Fakat yarış bir kere kazanılınca bu zorunlu harcamalara devam etmek için motivasyon bulunamadı. 1960'larda NASA, Birleşik Devletler federal bütçesinin yüzde 4'ünden fazlasına sahipti. Şimdiki

rakamsa yüzde 0,6. Günümüzün genç insanları, Amerikanların Ay'a insan gönderdiğini biliyorlar. Mısırlıların piramitleri inşa ettiğini biliyorlar. Ancak bu teşebbüsler, neredeyse eşit derecede tuhaf milli amaçlarla motive edilen antik tarih gibi görünüyor.

Sonraki onyıllarda, yüzlerce kişi daha uzaya gitti; ama hüsrana uğratıcı şekilde, alçak yörüngede Dünya'nın etrafını dolaşmaktan fazlasını yapmadılar. Uluslararası Uzay İstasyonu (International Space Station / ISS) muhtemelen insan eliyle inşa edilen en pahalı şeydi. Maliyeti artı (şimdi piyasadan çekilmiş olsalar da), esas amacı ona hizmet vermek olan uzay mekiklerinin masrafı on iki hanelere ulaşıyordu. ISS'nin bilimsel ve teknik faydası göz ardı edilemez fakat insansız görevlerden daha pahalıya geldi. Üstelik Rusya ve Amerika'nın öncü uzay keşifleri kadar da ilham verici olmadı. ISS yalnızca bir şeyler ters gittiği zaman olay oluyor; mesela "tuvaletini yapmak" başarısız olduğunda ya da astronotlar, Kanadalı Chris Hadfield'in gitar çalıp şarkı söylemesi gibi performanslar sergilediğinde.

İnsanlı uzay keşfindeki ara gösteriyor ki, ekonomik veya siyasi bir talep bulunmadığında, gerçekte yapılanlar, aslında başarılabileceklerden çok daha az oluyor. (Süpersonik* uçak ise başka bir örnek; Concorde** yolcu uçağı dinozorların yolundan gitti. Buna zıt şekilde, bilgi teknolojilerinin sonraki ürünleri ise işletme guruları ve vizyonerlerin tahmin ettiğinden daha hızlı biçimde gelişip globalleşti.)

Uzay teknolojisi en çok, son kırk yılda tomurcuklandı. İletişim, navigasyon, çevresel takip, gözetleme ve hava tahmini için uyduları yörüngeye koymaya rutin şekilde bağlıyız. Bu hizmetler çoğunlukla (insansız olsa da) pahalı ve özenle hazırlanmış uzay araçları kullanıyor. Fakat daha küçük ve ucuz

---

* Ses hızının üzerindeki hızları ifade eden terim. – *ç.n.*

** 1976 ile 2003 yılları arasında faaliyet gösteren, İngiltere ve Fransa ortak yapımı süpersonik yolcu uçağı. – *ç.n.*

uydular için büyüyen bir pazar; çeşitli özel şirketlerin karşılamayı hedefledikleri bir talep var.

San Francisco kökenli firma PlanetLab, keskin çözünürlüklü olmasa da (üç-beş metre) tekrarlanan resimler ve global kapsam vermeyi kolektif şekilde amaçlayan ayakkabı kutusu büyüklüğündeki araç kümesini geliştirdi ve uzaya gönderdi. Motto (biraz abartılı hâliyle) Dünya'daki her ağacı her gün gözlemlemek. Tek bir Hindistan roketinin taşıma kapasitesi kadar olan seksen sekiz araç 2017'de fırlatıldı. Daha fazlasını fırlatmak için Rusya ve Birleşik Devletler roketleri kullanıldı; (her biri 100 kilogram ağırlığında) kısmen daha büyük ve özenle donatılmış SkySat filosu da. Daha keskin çözünürlük için daha özenli görüşü olan, daha büyük bir uyduya ihtiyaç duyuldu fakat bununla beraber, ekinleri, inşaat alanlarını, balıkçı teknelerini ve benzerlerini gözlemek için bu ufak "küp uydu"lardan gelen bilgiler için ticari bir pazar var. Bunlar ayrıca, felaketlere verilen tepkileri planlamak için kullanışlılar. Zar inceliğindeki küçük uydular bile şimdi vazifelendiriliyor; tüketicilerin mikro elektroniğine yapılan devasa yatırımdan ortaya çıkan teknolojiyi kullanarak.

Uzaydaki teleskoplar astronomiye çok büyük bir sıçrama katıyor. Dünya'nın atmosferinin soğurucu ve bulanıklık yapan etkilerinin çok üzerinde yörüngede olan bu teleskoplar, evrenin uzak noktalarından keskin görüntüleri geri yansıtıyor. Atmosferden geçmeyen ve böylelikle yeryüzünden gözlemlenemeyen kızılötesi, morötesi, X-ray ve gama ışın gruplarında gökyüzünü incelediler. Kara delikler ile diğer ilginç konular için kanıt ortaya koydular ve "büyük patlamanın ışığını"* yüksek kesinlikle belgelediler. Mikro dalgalar, tüm gözlemlenebilir evrenin mikroskobik boyuta sıkıştırıldığı "başlangıca" dair ipuçlarını elinde tutan varlıkları olan uzayın tamamını istila ediyor.

---

* Büyük Patlama'dan artakalan ışınımı işaret eder. İngiliz fizikçi Marcus Chown'ın aynı isimle kitabı vardır. – *ç.n.*

Kamusal ilginin daha doğrudan bir örneği ise Güneş sistemindeki tüm gezegenlere yolculuk eden bir uzay gemisinden bulunanlara. NASA'nın *New Horizons* aracı Ay'dan on kat daha uzak olan Plüton'dan harika fotoğraflar yansıttı. Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) *Rosetta*'sı ise bir kuyrukluyıldıza robot indirdi. Bu uzay araçlarını tasarlamak ve inşa etmek beş yıl sürdü. Uzak hedeflerine yolculuklarıysa neredeyse on sene. *Cassini* sondası Satürn'ü ve aylarını çalışmak için on üç yıl harcadı. Üstelik daha da eskiydi: Fırlatılması ile 2017 sonlarında Satürn'e son kez dalması arasında yirmi seneden fazla geçmişti. Bu görevlerin günümüzdeki karşılıklarının ne kadar daha sofistike olduğunu tasavvur etmek zor değil.

Bu yüzyılda, tüm Güneş sistemi -gezegenler, aylar ve asteroitler- bir sürüdeki kuşlar misali birbirleriyle etkileşime geçen minik robotik uzay sondaları filosu tarafından keşfedilecek ve haritalanacak. Devasa robotik imalatçılar, uzayda güneş enerjisi toplayıcılarını ve diğer cisimleri inşa edebilecek. Hubble teleskobunun, büyük boyutlu aynaları ile yerçekimsiz ortamda toplanmış halefleri, vizyonumuzu öte gezegenler, yıldızlar, galaksiler ve daha geniş bir evrene taşıyacak. Sıradaki adım uzay madenciliği ve imalatı olabilir.

Peki ya insanlar için bir rol olacak mı? Küçük bir araba boyutunda olan ve 2011'den bu yana dev bir Mars kraterinde yuvarlanan NASA'nın *Curiosity*'sinin, hiçbir insan jeoloğun gözden kaçırmayacağı keşifleri "atlamış" olabileceği inkâr edilmiyor. Ancak makine öğrenmesi hızlı gelişiyor, hakeza sensor teknolojisi de. Diğer taraftan, insanlı ve insansız faaliyetler arasındaki maliyet farkı hâlâ çok fazla. Robotlardaki her gelişme ve minyatürleşmeyle insanlı uzay uçuşunun pratik tarafı gittikçe zayıflıyor.

"Apollo ruhu" tekrar canlanacak ve mirasını devam ettirme güdüsü yenilenecekse daimi bir insanlı Ay üssü sonraki mantıklı adım olabilir. Bu üssün yapımı robotlar tarafından halle-

dilebilir; Dünya'dan malzemeler getirip bir kısmını da Ay'dan çıkararak. 21 kilometrelik eni ve 4 kilometrelik yüksekliği ile Ay'ın güney kutbunda yer alan Shackleton krateri, bunun için bilhassa uygun. Kraterin zirvesi, konumu sebebiyle sürekli güneş ışığı alıyor ve böylelikle, Ay'ın yüzeyinin neredeyse tamamının maruz kaldığı ekstrem aylık sıcaklık farklılıklarından kaçabiliyor. Ayrıca kraterin daima karanlık olan iç tarafında bolca buz bulunabilir; bir "koloni"yi sürdürebilmek için çok önemli, elbette.

Ay'ın Dünya'ya bakan yarısında inşaat yapmak mantıklı olurdu. Fakat bir istisna var: Gökbilimciler uzak tarafta dev bir teleskop isterdi, çünkü böylece o, Dünya'dan gelecek yapay emisyonlardan korunurdu. Çok zayıf kozmik emisyonları tespit etmek isteyen radyo astronomi* için büyük avantaj.

Apollo'dan bu yana, NASA'nın insanlı uzay programı riskten kaçınmak adına kamusal ve siyasi baskı tarafından engellendi. Uzay mekiği, 135 fırlatmada iki kere başarısız oldu. Astronotlar ya da test pilotları bu seviyedeki bir riski kabul etmeye razı olacaklardır; yüzde 2'den düşük. Ama akıllıca sayılmayacak şekilde, mekiğin siviller için güvenli bir araç olduğu izlenimi yaratılmıştı. (NASA'nın *Uzaydaki Öğretmen*** projesinde olan öğretmen Christa McAuliffe Hanım, *Challenger**** faciasındaki kayıplardan biriydi.) Her başarısızlık Birleşik Devletler'de ulusal bir travmaya yol açtı ve devamında bir boşluk geldi. Bu esnada, riskleri daha da azaltmak için etkisi epey kısıtlı olan masraflı çabalara girişildi.

Şimdi yaşamakta olan bazı insanların Mars'ta yürüyeceğini umuyorum, bir macera ve yıldızlara doğru bir adım olarak.

---

* Radyo astronomi, gök cisimlerinin elektromanyetik ışımalarını inceler. – *ç.n.*

1984 yılında Ronald Reagan tarafından başlatılan bu program, öğretmen ve öğrencilerin uzay araştırmalarına duyduğu ilgiyi artırmayı amaçlamıştı. – *ç.n.*

*** Challenger uzay mekiği, 28 Ocak 1986'da fırlatılmasından 73 saniye sonra yakıt sızması nedeniyle infilak etti. Kazada toplam yedi astronot öldü. – *ç.n.*

Fakat NASA, bu amacı uygularken muhtemel bütçesi yüzünden siyasi engellerle karşı karşıya gelecek. Çin kaynaklarına, mutlak devletçi hükümete ve belki de Apollo tarzı bir programa girişme niyetine sahip. Çin süper güç statüsünü "uzay harikası" sıfatıyla teyit etmek ve eşitlik iddiasında bulunmak istiyorsa Birleşik Devletler'in elli yıl önce başardığını tekrarlamakla kalmayıp "koşar adım gitmeli" Ay'ın uzak tarafına iniş yapma fikriyle bir "ilk"i çoktan planladı. Açık ve net "ileri doğru büyük sıçrama" ise yalnızca Ay'daki değil, Mars'taki ayak izlerini kapsamalı.

Çin'i bir tarafa bırakırsak insanlı uzay uçuşunun geleceğinin, Batılı milletlerin kamusal şekilde dayatacağından çok daha riskli, indirimli bir programa katılmaya hazırlanmış, bireysel biçimde fonlanmış maceracılarla var olacağını düşünüyorum. Elon Musk (kendisi aynı zamanda Tesla elektrikli arabalarını üretmişti) liderliğindeki SpaceX ile Amazon'un kurucusu Jeff Bezos'un finanse ettiği rakip girişim Blue Origin uzay istasyonuna demir atmış durumdalar ve yakında, ödeme yapan müşterilere yörünge uçuşları sunacaklar. Uzun süre NASA ve birkaç büyük havacılık şirketi tarafından domine edilen bir alana Silikon Vadisi kültürünü getiren bu girişimler gösterdi ki, roketin ilk kademesini elden geçirip tekrar kullanmak mümkün; gerçek maliyet kesintisi olarak düşünülebilir. Bunlar, roket bilimini NASA ya da ESA'nın yaptığından çok daha hızlı değiştirdi ve geliştirdi; bir SpaceX Falcon roketi elli tonluk yükü yörüngeye koyabiliyor. Ulusal ajansların gelecekteki rolü önemini yitirecek; bir havalimanına, bir uçaktan daha çok benzeyecekler.

Eğer bir Amerikalı olsaydım NASA'nın insanlı programını desteklemezdim; ilham verici şekilde yönetilen özel şirketlerin, düşük fiyatlı ve yüksek riskli tüm insanlı uçuşlarda "önden gitmesi" gerektiğini iddia ederdim. Yine de birçok gönüllü olabilir; bazıları "tek yönlü biletleri" bile kabul edebilir belki; ilk kâşifler, dağcılar ve benzerleriyle aynı nedenlerle

harekete geçenler. Doğrusu, uzay girişimlerinin ulusal (hatta uluslararası) projeler olması gerektiğini söyleyen bakış açısından kaçınmanın zamanıdır; "biz" kelimesinin tüm insanlığı ifade ettiği kasıntı belagatle birlikte. Örneğin iklim değişikliğiyle mücadele etmek gibi, ittifakta bulunulmuş uluslararası aksiyonlar olmadan halledilemeyecek zor meseleler var. Uzaydan istifade etme, bu fıtratta olmak zorunda değil. Bazı kamusal düzenlemelere ihtiyaç duyulabilir ancak itici güç kişisel ya da kurumsal olabilir.

Ay'ın uzak tarafının etrafında dolaşmak için haftalık uzunlukta gezi planları var; daha önce kimsenin gitmediği kadar Dünya'dan uzaklaşmak (ama Ay'a inmenin ve uzaya fırlatılmanın büyük zorluğundan kaçınmak). (Bana söylendiğine göre) Böyle bir uçuşun ilkine değil ama ikincisine bir bilet satılmış. Bir müteşebbis ve eski astronot olan Dennis Tito'ya, ağır yük kaldırabilen bir fırlatıcı müsait olduğu zaman, insanları (iniş yapmadan) Mars'a götürüp geri getirme teklifinde bulunulmuş. Bu, izole edilmiş bir ortamda beş yüz gün kısıtlanmayı gerektirir. İdeal grup orta yaşlı, dengeli bir çift olurdu; gezide biriken yüksek dozda radyasyondan rahatsız olmayacak kadar yaşlı.

"Uzay turizmi" ifadesinden kaçınılmalı. Bu tabir insanları, böyle maceraların rutin ve düşük riskli olduğuna inanmaya itiyor. Eğer algı bu şekilde olursa kaçınılmaz kazalar, geçmişteki uzay mekiği olaylarındaki kadar travmatik olur. Bu maceralar tehlikeli spor ya da cüretkâr keşifler olarak "satılmalı" Dünya'nın yörüngesi ve daha uzağına gidecek olanlar için uzay uçuşundaki en büyük engel, kimyasal yakıt verimsizliği ve fırlatıcıların kendi taşıma kapasitelerini aşan ağırlıkta yakıt taşımaları gerekmesi. Bu yüzden, kimyasal yakıtlara bağlı olduğumuz müddetçe gezegenler arası seyahat bir mücadele olarak kalacak. Nükleer enerji dönüştürücü olabilir. Rotada daha yüksek hızlara izin vermek, Mars'a ya da asteroitlere ulaşım zamanını şiddetli biçimde düşürebilir (yalnızca astronotların

sıkıntısını değil, maruz kaldıkları zararlı radyasyonu da azaltıyor). Yakıt sevkiyatı yeryüzünde yapılsa ve uzaya taşınmasa daha büyük verim elde edilirdi. Örneğin, uzay aracını bir "uzay asansörü" ile uzaya itmek teknik açıdan mümkün olabilir; Dünya'ya zincirlenmiş (ve enerjisini yerden alan) 30.000 kilometrelik karbon fiber bir ip, sabit bir yörüngenin mesafesinin ötesinde yukarı doğru uzansa ve böylece, merkezkaç kuvveti etkisiyle gergin dursa. Alternatif bir plan, Dünya'da üretilen kuvvetli bir lazer ışınının uzay gemisine bağlanmış "yelkeni" ittirmesini ön görüyor. Bu, hafif uzay araçları için uygulanabilir olabilir ve prensipte onları ışık hızının yüzde 20'sine kadar hızlandırabilir.[6]

Bu arada, araçtaki yakıtın daha verimli olması, insanlı uzay uçuşunu yüksek hassasiyetliden neredeyse kabiliyet gerektirmeyen bir operasyona dönüştürebilir. Tüm seyahati öncesinde detaylı şekilde programlama zorunluluğu ve yol esnasında minimum düzeyde kumanda edebilme imkânıyla araba sürmek de şimdi uzay yolculuğu yaparken olduğu gibi zor bir girişim olurdu. Yolculuk ortasında düzeltme yapılırken yakıt bolluğu olsaydı (ve istenildiğinde frenleme ya da hızlandırma yapılabilseydi), gezegenler arası seferler vasıf gerektirmeyen bir görev olurdu; hatta varış noktasının daima net bir görüş alanında olmasıyla bir araba ya da gemiyi yönlendirmekten daha kolay.

2100 itibarıyla (2012'de yüksek rakımlı bir balondan serbest düşüş yaparak ses bariyerini aşan Avustralyalı hava dalışçısı) Felix Baumgartner'ın hamurundan olan macera düşkünleri, Dünya'dan bağımsız, Mars'ta veya asteroitlerde olan "üsler" kurabilir. SpaceX'den (1971 doğumlu) Elon Musk, Mars'ta ölmek istediğini söylüyor; bir etki altında değil. Fakat Dünya'dan kitleler hâlinde göçler beklemeyin. Burada Musk ve Mars'ta geniş ölçekli toplulukları hızlıca kurma konusunda şevkli olan Cambridgeli meslektaşım merhum Stephen Hawking

ile ciddi şekilde ayrı düşüyorum. Uzayın, Dünya'nın sorunlarından bir kaçış sunduğunu düşünmek tehlikeli bir sanrı. Bu problemleri burada çözmek zorundayız. İklim değişikliğiyle başa çıkmak göz korkutucu görünebilir ama Mars'ı yaşanılabilir kılmaya kıyasla çocuk oyuncağıdır. Güneş sistemimizdeki hiçbir yer, Antarktika veya Everest'in zirvesi kadar bile ılıman olan bir çevre sunmuyor. Riskten kaçınan sıradan insanlar için bir "Gezegen B" yok.

Fakat biz (ve Dünya'daki neslimiz) cesur uzay maceracılarını desteklemeliyiz çünkü onlar, posthümanist bir gelecekte ve 22. yüzyıl ile ötesinde neler olacağına karar vermede çok önemli bir rol oynayacak.

İnsanüstü Bir Döneme Doğru

Bu uzay maceracıları neden çok önemli olacak peki? Uzay, doğası gereği, insanlar için "düşmanca" bir ortamdır. Bu öncü kâşifler, yeni ortamlarına güç uyum sağlayacakları için kendilerini baştan "dizayn" etmeye biz Dünya'dakilerden daha kolay motive olacaklar. Gelecek onyıllarda geliştirilecek süper güçlü genetik ve siborg* teknolojilerden yararlanacaklar. Umuyorum ki bu gelişmeler daha ziyade Dünya'da, sağduyulu ve etik zeminlerde ayarlanır fakat Mars'taki "yerleşimciler", buradaki düzenleyicilerin "algılarından" çok uzakta olacak. Nesillerini yabancı ortamlara adapte olmaya ayarlamada onlara şans dilemeliyiz. Bu, yeni bir türe doğru farklılaşmada ilk adım olabilir. Genetik değişimler siborg teknolojisi tarafından tamamlanabilir, hatta tamamen inorganik bilinçlere geçiş yaşanabilir. İnsanlık sonrası döneme öncülük edecekler, Dünya'daki yaşama rahatça uyum sağlayanlar bizler değil, uzay yolcusu maceraperestler olacak yani.

* Sibernetik organizma teriminin kısaltılmış hâlidir. Biyolojik ve yapay kısımları olan varlıkları ifade eder. – *ç.n.*

Uzay yolcuları, Dünya'dan yola koyulmadan önce, varış noktaları neresi olursa olsun, yolculuğun sonundan ne bekleyeceklerini bilir; robotik uzay araçları onlardan önde gidiyor ne de olsa. Eski yüzyıllarda Pasifik'i geçmeye cüret eden Avrupalı kâşifler, gelecekteki kâşiflerin karşılaşacağından çok daha büyük bir bilinmeyen (ve korkutucu tehlike) ile yüzleşiyordu; uzay yolculuklarında olduğu gibi harita yapan öncü seferler yoktu. Gelecekteki uzay yolcuları (zamanda bir gecikme olsa bile) daima Dünya ile iletişim kurabilecekler. Öncü uzay araçları, keşfedilecek harikalar bulunduğunu açığa çıkarırsa ikna edici bir saik olacak; Kaptan Cook'un, Pasifik adalarının biyolojik çeşitliliği ve güzellikleriyle motive olması gibi. Fakat dışarıda hiçbir şey yoksa, uçuşların robotik araçlara bırakılması daha iyi olur.

Organik yaratıkların bir gezegenin yüzeyini çevre edinmeye ihtiyaçları olur ama insanüstü türler tamamen inorganik bir bilince geçiş yaparsa bir atmosfere gerek duymayacaklardır. Sıfır yerçekimini tercih de edebilirler, bilhassa geniş kapsamlı ancak hafif ortamları kurmak için. Yani biyolojik olmayan "beyinler" uzayın derinliklerinde -Dünya'da hatta Mars'ta bile değil- insanların hayal dahi edemeyeceği güce erişebilir. Teknolojik ilerlemenin zaman aralığı, insanlığın meydana gelmesine yol açan Darvinci doğal seçilimin zaman aralığına kıyasla "anlık" sayılır; önümüzde uzanan kozmik zamanın enginliğinin milyonda birinden kısa. Gelecekteki teknolojik evrimin sonuçları, bizim (entelektüel açıdan) cıvık mantarları geride bırakmamıza benzer şekilde, insanlara üstün gelebilir.

Akıllı elektronik robotlar olan "inorganiklerin" eninde sonunda üstünlük kazanması olası. Çünkü "ıslak" organik beyinlerin ebatı ve işleme gücüyle ilgili kimyasal ve metabolik limitler var. Belki tüm bunlara zaten yakınız. Ama böyle limitler elektronik bilgisayarları kısıtlamıyor (hele de kuantum bilgisayarlarını).* Yani "düşünme" için hangi tanımı kullanırsak

* Normal bilgisayarlardan katbekat hızlı çalışan bilgisayar türü. – *ç.n.*

kullanalım, organik insan tipi beyinlerin elde ettiği miktar ve yoğunluk, yapay zekânın beyin faaliyeti tarafından tümüyle ezilecek. Belki biz Darvinci evrimin sonuna yakınız ama daha hızlı bir süreç, bilinç gelişiminin yapay şekilde yönetilmesi henüz yeni başlıyor. Bu en hızlı, Dünya'dan uzakta yaşanacak; hayatta kalışımız Dünya'daki yapay zekânın "iyicil" kalmasını sağlamaya bağlı olacakken insanlıkta böylesine hızlı değişimler beklemem (ve kesinlikle dilemem de).

Filozoflar "bilinçliliğin", insanların, maymunların ve köpeklerin organik beyinlerine özel olup olmadığını tartışıyor. Zekâları insanüstü gözükse bile, robotların kişisel farkındalıkları ya da içsel dünyaları yine de eksik olacak mı? Bu sorunun cevabı, onların "kontrolü ele almalarına" nasıl tepki vereceğimizi çok önemli şekilde etkiliyor. Makineler "zombi" ise, tecrübelerine, kendimizinkiler kadar değer vermeyiz ve insanlık ötesi gelecek de tatsız tuzsuz olur. Ama onlar bilinçliyse gelecekteki hegemonyalarının ihtimalini neden hoş karşılamayalım ki?

Az önce betimlediğim senaryolar -insanın özgüvenini artıracak biçimde- şöyle bir sonuca yol açabilir: Yaşam yalnızca Dünya'da başlamışsa bile, evrendeki önemsiz bir unsur olarak kalmasına gerek yok; insanoğlu, daha kompleks bir bilincin galaksiye yayıldığı bir sürecin başlangıcına, sonundan daha yakın olabilir. Yıldızlara komşu olmaya başlamak, bu süreçteki ilk adımlardan biri. Gezegenler arası uçuşlar -hatta galaksiler arası uçuşlar- "neredeyse ölümsüzler" için bir korku barındırmıyor.

Biz insanlar bu türden evrimsel bir ağacın nihai dalı olmasak da elektronik (ve muhtemelen ölümsüz) varlıklara geçişi başlatmada, onların etkisini Dünya'nın ötesine yaymada ve limitlerimizi aşmada evrensel bir öneme sahip olduğumuzu iddia edebiliriz. Fakat gerekçelerimiz ve ahlaki kısıtlamalarımız, gökbilimiyle alakalı bir büyük sorunun yanıtına bağlı olacak: Orada bir yerde yaşam; bilinçli yaşam var mı?

Uzaylı Zekâsı?

Güneş sisteminin dışındaki bir gezegendeki bitki örtüsü, ilkel böcekler ya da bakteriye ait sağlam bir kanıt çok önemli olabilir. Ama popüler tahayyülü asıl besleyen şey, gelişmiş; yaşamın olasılığı; bilimkurgudan aşina olduğumuz "uzaylılar".[7]

İlkel yaşam yaygın olsa da "gelişmiş" yaşam öyle olmayabilir; onun ortaya çıkışı birçok ihtimale bağlı olabilir. Dünya'daki yaşamın rotası, buzullaşmanın aşamaları, gezegenimizin tektonik* tarihi, asteroit çarpışmalar ve benzerlerinden etkilendi. Çeşitli yazarlar evrimsel "dar boğazlar" hakkında kafa yordu; dar boğazlar, yani geçmesi zor evreler. Çok hücreli yaşama geçiş (ki bu, Dünya'da iki milyar yıl sürdü) bunlardan biriydi belki de. Ya da "dar boğaz" sonradan geldi. Örneğin, dinozorlar yeryüzünden silinmese, memeli gelişim zinciri engellenebilirdi. Başka bir tür bizim rolümüzü üstlenir miydi, tahmin edemiyoruz. Bazı evrimciler, zekânın ortaya çıkışını düşük ihtimalli bir tesadüf olarak sayıyor, böylesi kompleks bir biyosferde bile.

Belki de kaygı verici şekilde, kendi evremizde bir "dar boğaz" yaşanabilir; akıllı yaşamın güçlü teknoloji geliştirdiği bu yüzyılda. "Dünya kaynaklı" yaşamın uzun vadedeki öngörüsü, insanlığın bu fazda hayatta kalıp kalmadığına bağlı; önceki bölümlerde işaret ettiğim tipte tehlikelere karşı olan zayıflığa rağmen. Bu, nihai bir felaketin Dünya'nın başına gelmesini gerektirmiyor; yalnızca, böyle bir şey yaşanmadan evvel, bazı insanların veya insan eliyle yapılmış şeylerin ev sahibi gezegenimizin ötesine yayılması lazım.

Vurguladığım üzere, akıllı uzaylıların mümkün olup olmadığını söyleyebilmek için hayatın nasıl ortaya çıktığına dair çok az şey biliyoruz. Evren, kompleks yaşamın çeşitleriyle dolu olabilir; eğer öyleyse "galaktik kulübün" küçük bir üyesi olma-

* Yer kabuğunun yapısını, özelliklerini ve zaman içindeki değişimini ele alan bilim dalı. – *ç.n.*

ya heves duyabiliriz. Diğer taraftan, "akıllılığın" ortaya çıkışı -aynı piyangoyu kazanmak gibi- çok nadir görülen ve başka hiçbir yerde yaşanmamış bir olaylar zincirini gerektirebilir. Bu, uzaylıları bulmak isteyenleri hayal kırıklığına uğratacaktır ama Dünya'mızın galaksideki en önemli yer olduğunu ve geleceğinin, kozmik sonuçları bulunduğunu gösterebilir. Yapay olduğu belli herhangi bir kozmik "sinyali" belirlemek, sahiden mühim bir keşif olurdu; radyo sesleri ya da gökyüzünden Dünya'yı tarayan lazer ışıklarının parlaması. Riskler yüksek olduğu için başarı pek olası durmasa da Dünyadışı Akıllı Yaşam Araştırması'nı (Searches for extraterrestrial intelligence / SETI)* yapmaya değer. Frank Drake, Carl Sagan, Nikolai Kardashev ve diğerleri tarafından yapılan ilk araştırmalar yapay bir şey bulamadı. Fakat bu araştırmalar epey kısıtlıydı; bir bardak dolusu deniz suyunu inceledikten sonra okyanuslarda yaşam olmadığını iddia etmek gibi. İşte bu yüzden Rus yatırımcı Yuri Milner tarafından on yıllık bir taahhütle kurulan; dünyanın en iyi radyo teleskoplarından zaman satın almak ve geçmişte olduğundan daha kapsamlı ve sürdürülebilir şekilde gökyüzünü tarayacak araçlar geliştirmek amacı taşıyan Breakthrough Listen'ı sevinçle karşılamalıyız. Araştırmalar, özellikle geliştirilmiş sinyal işleme ekipmanı kullanarak geniş bir aralıkta radyo ve mikrodalga frekansı kapsayacak. Ayrıca, doğal bir kaynağa sahip değilmiş gibi duran görünür ışık ya da X ışınlarının "parıltısı" için olan araştırmalarla da tamamlanacaklar. Dahası, sosyal medya ve vatandaş biliminin** ilerleyişi, bilgi indirmek ve bu kozmik arayışa katkı sağlamak hevesinde olan küresel bir topluluğa olanak verecek.

Uzaylılar popüler kültürde, belli belirsiz şekilde "insansı" tasvir edildi; genellikle iki bacaklı ama belki dokunaçlı ya da gözleri saplarda olan. Böyle yaratıklar vardır belki de. Fakat

---

* Dünyadışı uygarlıklardan gelen mesajları saptamak ve değerlendirmek amacıyla 1960'lı yıllarda ABD tarafından başlatılan proje. – *ç.n.*

Amatör kişiler eliyle bilime katkı yapılmasını ifade eden tanım. – *ç.n.*

tespit etmemizin en olası olduğu türde uzaylılardan değiller. Şiddetle iddia ediyorum ki, Dünyadışı canlılarla iletişim, eğer onları bulabilirsek, muhtemelen son derece çetrefilli ve güçlü elektronik beyinlerle olacak. Bunu, Dünya'da neler olduğuna ve daha önemlisi, yaşam ile zekânın uzak gelecekte nasıl değişeceğini beklediğimize bakarak çıkarıyorum. İlk küçük organizmalar, Dünya gençken, neredeyse dört milyar yıl önce ortaya çıktı; bu arkaik biyosfer günümüzün fevkalade kompleks yaşam ağına dönüştü. Fakat insanlar bu sürecin sonu değil, hatta yarı yoldaki evre bile olmayabilirler. Yani ilkesel olarak gelecekteki evrim, (dominant yaratıkların kanlı canlı olmadığı insanlık üstü döneme kadar) milyarlarca sene uzayabilir.

Yaşamın başladığı bir sürü başka gezegen olduğunu ve bazılarında, Darvinci evrimin işleyip burada benzer bir sonuç doğurduğunu farz edelim. Bu durumda bile, önemli evrelerin senkronize olması gayet ihtimal dışı. Bir gezegendeki akıl ve teknoloji (gezegenin genç olması ya da "dar boğazları" idare etmenin uzun sürmesi yüzünden), Dünya'da olanlardan ciddi şekilde geride kalmışsa bu gezegen "dünyadışılara" bir delil sunmayacaktır. Ama Güneş'ten yaşlı bir yıldızın etrafında, en az milyar yıllık bir yaşam olabilir.

İnsanlığın teknolojik medeniyetinin tarihi (en fazla) bin seneyle ölçülüyor ve insanların, yer yüzünde milyarlarca yıl boyunca kalıcı olup gelişmeye devam edecek inorganik zekâ (yapay zeka) tarafından geçilmesine belki de bir ya da iki yüzyıl kaldı. "Organik" insan seviyesindeki zekâ yalnızca, makinelerin egemen olmasından önceki kısa bir dönemse, hâlâ organik bir formda olduğu bu ince zaman diliminde, uzaylı zekâsını "yakalamamız" muhtemel değil. Dünyadışıları tespit edeceksek bu daha ziyade elektronik olur.

Fakat arama başarılı olsa bile "sinyalin" deşifre edilebilir bir mesaj olması hâlâ uzak ihtimal. Kavrayışımızın epey ötesinde olan ve kökeni (asıl gezegenlerinde hâlâ hayatta olan ya da

çoktan ölüp giden) organik uzaylılara dayanan bazı çok karmaşık makinelerin yan ürünü (ve hatta işlev bozukluğu) olması muhtemel. Mesajlarının şifresini çözebileceğimiz yegâne türdeki zekâ, kendi kısıtlı konseptlerimize uyum sağlamış teknoloji kullanan (belki küçük) bir alt küme olabilir. Peki, bir sinyalin kasıtlı bir mesaj mı yoksa sadece "sızıntı" mı olduğunu söyleyebilir miyiz? İletişim kurabilir miyiz?

Filozof Ludwig Wittgenstein, "Eğer bir aslan konuşabilseydi onu anlamazdık," demişti. Uzaylılarla aramızdaki "kültür farkı" aşılamaz mı olurdu? İlla öyle olacağını düşünmüyorum. Ne de olsa iletişim kurmayı becerirlerse bizimle fizik, matematik ve astronomiden anladıklarını paylaşabilirler. Onlar Zog* gezegeninden gelebilir ve yedi dokungaça sahip olabilirler; metalik ve elektronik olabilirler. Fakat bize benzer atomlardan yapılmış da olabilirler; (eğer gözleri varsa) bizimle aynı evrene bakabilir ve kökenlerinin izini, aynı sıcak, yoğun başlangıca kadar sürebilirler; yaklaşık 13,8 milyar yıl önceki "büyük patlama". Ancak hızlı bir iletişim için umut yok; uzaylılar varsa bile mesajlaşmanın onyıllar, hatta yüzyıllar süreceği bir uzaklıkta olabilirler.

Zekâ evrene yayılmış olsa dahi, biz onun yalnızca küçük ve alışılmadık bir kısmını tanıyabiliriz. Bazı "beyinler" gerçeği, bizim anlayamadığımız bir tarzda idrak edebilir. Diğerleri, mevcudiyetlerini açığa çıkartmak adına bir şey yapmadan içe dönük, enerji tasarruf eden hayatlar yaşayabilir. Aramalarda ilk olarak, uzun ömürlü yıldızların yörüngesindeki Dünya benzeri gezegenlere odaklanmak mantıklı. Ancak bilimkurgu yazarları bize, daha egzotik alternatifler olduğunu hatırlatıyor. Özellikle, bir "uzaylı uygarlığından" bahsetme alışkanlığı çok kısıtlayıcı olabilir. Bir "uygarlık", bireylerden oluşan topluluğu ima eder fakat "Dünyadışılar" bütünleşmiş tek bir zekâ olabilir. Sinyaller iletilse bile nasıl işleyeceğimizi bilmediğimiz

* Hayalî bir gezegen ismi. Gerçeklikten uzak durumları ifade etmek için kullanılır. – *ç.n.*

için onları yapay olarak kabul edemeyebiliriz. Sadece genlik modülasyonuna aşina olan kıdemli bir radyo mühendisi, modern kablosuz iletişimleri deşifre ederken zor zamanlar geçirebilir. Doğrusu, sıkıştırma teknikleri sinyali sese mümkün olduğunca yakınlaştırmayı amaçlıyor; sinyal öngörülebilir oldukça daha fazla sıkıştırma için alan doğuyor.

Odak, spektrumun radyo bölümündeydi. Ama elbette, dışarıda ne olabileceğine dair cahil olduğumuz bu dönemde, tüm dalga bantlarını keşfetmeliyiz; optik ile X ışını bandına bakmalı ve ayrıca, doğal olmayan fenomen ya da olayların delillerine hazırlıklı olmalıyız. Bir öte gezegenin atmosferindeki kloroflorokarbonlar gibi suni olarak üretilmiş moleküller ya da Dyson Küresi* gibi devasa insan eserleri için kanıt arayabiliriz. (Freeman Dyson'a ait bu proje, enerji müsrifi bir medeniyetin, ana yıldızının tüm enerjisinden, yıldızın etrafını Güneş hücreleri** ile sarması sonucu "atık ısının" kızılötesi emisyon şeklinde ortaya çıkması suretiyle faydalanmasını tahayyül eder.) Güneş sistemimizde insan eliyle üretilmiş eserler aramaya değer; insan ölçeğindeki uzaylıların ziyaretini eleyebiliriz belki ama Dünyadışı bir uygarlık nano teknolojide uzmanlaşır ve zihnini makinelere aktarırsa "istilaları", gözden kaçabilecek mikroskobik araçlardan oluşabilir. Asteroitlerin etrafında sessizce dolaşan bilhassa parlak ya da tuhaf şekilli cisimlere de dikkat etmeliyiz. Fakat elbette, radyo veya lazer sinyali yollamak, gezegenler arası uzayın akıllara durgunluk veren mesafelerini taramaktan daha kolay olacaktır.

İyimser Dünyadışı Akıllı Yaşam araştırmacılarının bile, başarı oranını küçük bir yüzdelikten fazla beklediklerini düşünmüyorum; çoğumuz, daha kötümseriz. Ancak gayet etkileyicidir ki, bu kumarı oynamaya değer gibi duruyor; hepimiz, aramaların

---

* Bir yıldızın çevresini sararak enerjisinin büyük kısmını yakalamayı amaçlayan farazi küre. – *ç.n.*

** Işığın enerjisini elektriğe dönüştüren araç. – *ç.n.*

kendi ömrümüzde başlamasını isteriz. Bu arayışla ilgili iki ilke var: 1. Olağandışı iddialar olağandışı deliller gerektirir. 2. "Delil eksikliği, öyle bir durumun olmadığının delili değildir."

Ayrıca, bazı doğal fenomenlerin ne denli şaşırtıcı olduğunu anlamak zorundayız. Örneğin 1967'de Cambridge gökbilimcileri, saniyede birkaç kere tekrar eden düzenli radyo "bip bipleri" buldu. Bu bir uzaylı mesajı olabilir miydi? Bazıları bu ihtimali kabul etmeye açıktı ama çok geçmeden, bu bip seslerinin o zamana dek saptanmamış çok yoğun bir cisimden geldiği netleşti: Yalnızca birkaç kilometre çapında olan, saniyede birkaç (bazen birkaç yüz) devir dönen, bize derin uzaydan "deniz feneri ışını" yollayan nötron yıldızları.* Şimdi binlercesi bilinen nötron yıldızları özellikle heyecan verici ve bereketli bir konu hâline geldi, çünkü laboratuvarda asla taklit edemeyeceğimiz koşulları yaratan ekstrem fiziği ortaya koyuyorlar.[8] Daha güncel bir tarihte, "radyo patlamalarının" yeni fakat yine de şaşırtıcı bir sınıfı keşfedildi. Genel eğilim, pulsarlardan"[9] bile daha kuvvetli emilim yapan bu tür için doğal açıklamalar bulmak yönünde.

Dünyadışı Akıllı Yaşam Araştırması, şahsi hayırseverliğe dayanıyor. Kamusal fonlar almadaki başarısızlık beni şaşırtıyor. Eğer bir hükümet komitesinden "önce gelseydim", bir Dünyadışı Akıllı Yaşam Araştırması projesini savunurken, büyük, yeni bir parçacık hızlandırıcı için fon bulmaya çalışırken olduğumdan daha az savunmasız ve daha çok müsterih hissederdim. İşte bu yüzden, *Star Wars* tarzı filmleri izleyenlerden binlercesi, ürettiği vergi gelirinin bir kısmı Dünyadışı Akıllı Yaşam Araştırması için ayrılsa mutlu olurdu.

Bir gün uzaylı zekâsının kanıtını bulacağız belki, hatta (bu daha az olası olsa da) birtakım kozmik akla "bağlanacağız"

---

* Bir süpernovanın patladıktan sonra geri kalan kısmının kendi içine çökmesiyle oluşan yıldız türü. – *ç.n.*

Kalp atışları gibi düzenli ritimlerle uzaya radyo dalgaları gönderen nötron yıldızları. – *ç.n.*

Diğer taraftan, Dünya'mız eşsiz olabilir ve aramalar başarı elde edemeyebilir. Bu, araştırmacıları hayal kırıklığına uğratacaktır. Ancak bu durumun, insanlığın uzun dönemdeki yankısı için olumlu bir yönü olabilir. Güneş sistemimiz neredeyse orta yaşlı ve insanlar, önümüzdeki yüzyılda kendi eliyle yıkımdan kaçınabilirse insan ötesi dönem "el sallıyor" Dünya'daki akıllılık tüm galaksiye yayılabilir, idrak edebileceğimizin çok ötesinde bir karmaşıklığa evrilebilir. Böyle olursa minik gezegenimiz -uzayda süzülen bu soluk mavi nokta- tüm evrendeki en önemli yer olabilir.

İki şekilde de kozmik yaşam alanımız -yıldız ve galaksilerin bu uçsuz bucaksız seması- hayatın ikamet etmesi için "tasarlanmış" ya da "ayarlanmış" görünüyor. Basit bir büyük patlamadan, muhteşem bir karmaşıklık gelişti ve var oluşumuza yol açtı. Şu an kâinatta yalnız olsak bile, karmaşıklık ve bilinçliliğe doğru olan bu "akışın" doruk noktası olmayabiliriz. Bu bize, doğanın kanunları hakkında çok bilgece bir şey söylüyor; gelecek bölümlerde, (kozmologların tahayyül ettiği) zaman ve uzayın en engin ufuklarına ufak bir gezintiye çıkmak için motive ediyor.

BİLİMİN SINIRLARI VE GELECEĞİ

Basitten Karmaşığa

Kurgusal bir spekülasyon: Bir "zaman makinesinin", örneğin Newton ya da Arşimet gibi geçmişin büyük biliminsanlarına kısa ve öz bir "tweet" atmamıza izin verdiğini düşünün. En çok hangi mesaj onları aydınlatır ve Dünya'ya bakışlarını dönüştürürdü? Bence kendimizin ve günlük hayattaki her şeyin neredeyse yüz farklı çeşit atomdan -çokça hidrojen, oksijen, karbon ile demir, fosfor ve diğer elementlerin küçük fakat hayati karışımı- yapıldığını fark etmek harika olurdu. Yaşayan ve yaşamayan tüm maddeler yapılarını, atomların bir arada durduğu ve tepkime verdiği girift modellere borçlu. Tüm kimya, atomların pozitif yüklü çekirdekleri ile içine gömülü oldukları negatif yükler arasındaki ilişkiyle belirleniyor.

Atomlar basittir; kuantum mekaniğinin, özelliklerini tarif eden denklemlerini (Schrödinger denklemi) yazabiliriz. Böylece kozmik ölçekte, kara delikler Einstein'ın denklemleriyle çözülebilir. Bu "temel", mühendislerin, modern dünyadaki tüm objeleri tasarlamasını mümkün kılmaya yetecek kadar iyi. (Einstein'ın Genel Görelilik Teorisi, GPS uydularında pratik kullanım buldu; eğer yerçekiminin etkilerine karşı düzeltilmeseler, saatleri doğruluğunu kaybederdi.)

Tüm canlı varlıkların girift yapısı, katman katman karmaşıklık, temeldeki kanunların işleyişinden doğabilir. Matematiksel

oyunlar, tekrarlanan basit kuralların nasıl sürpriz şekilde karmaşık sonuçları olabileceğine dair farkındalığımızı geliştirmemize yardım edebilir.

John Conway, şimdi Princeton Üniversitesi'nde, matematiğin en karizmatik figürlerinden biri.* Cambridge'deyken öğrencileri "Conway'i takdir etme topluluğu" oluşturmuştu. Akademik araştırmasında, matematiğin "grup teorisi" olarak bilinen bir branşıyla uğraşıyor. Fakat daha geniş bir kitleye ve daha büyük bir entelektüel etkiye, *Yaşam Oyunu*'nu geliştirmesiyle ulaştı.

1970'te Conway, bir Go tahtasında modeller deniyordu; sade bir kalıpla başlayan ve tekrar tekrar yinelenecek temel kurallar kullanılan bir oyun icat etmek istedi. Oyununun kurallarını ve başlangıç kalıplarını uyarlayarak bazı ayarlamaların inanılmaz karmaşık sonuçlar doğurduğunu keşfetti; nereden geldiği anlaşılmayan sonuçlar. Çünkü oyunun kuralları çok basitti. Kendi hayatlarına sahipmiş gibi görünen ve tahtada dolaşan "yaratıklar" ortaya çıktı. Sadece, beyaz bir karenin ne zaman siyah kareye dönüştüğünü (ya da tam tersi) belirleyen fakat tekrar tekrar uygulanan basit kurallarla büyüleyici çeşitlilikte karmaşık modeller yaratılıyor. Oyunun tutkunları, objeleri "planör", "planör tabancası" gibi çoğaltıcı modellerle tanımladı.

Conway, ilginç çeşitliliklerin ortaya çıkmasına izin veren basit bir "sanal âlemi" bulmadan önce çok "deneme yanılma" yaşadı. Kişisel bilgisayarlardan evvel kâğıt kalem kullandı ancak *Yaşam Oyunu*'nun izleri yalnızca, bilgisayarların yüksek hızından faydalanılabildiğinde ortaya çıktı. Benzer şekilde, ilkel kişisel bilgisayarlar Benoit Mandelbrot** ve diğerlerinin, fraktalların*** harika kalıplarını açıklamasına olanak tanıdı; basit matematiksel formüllerin, çetrefilliği aşikâr karmaşıklığı kodlayabileceğini göstererek.

---

* 1937 doğumlu olan Conway, Nisan 2020'de vefat etti. – *ç.n.*

Fraktallar üzerine teoriler geliştiren Polonya doğumlu matematikçi. – *ç.n.*

*** Kendine benzeme ve orantısal kırılma özelliği gösteren karmaşık geometrik şekiller. – *ç.n.*

Fizikçi Eugene Wigner'in, "Matematiğin Doğa Bilimlerindeki Mantıksız Etkisi (The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences)" başlıklı klasik bir makalesinde açıklanan karmaşıklık, çoğu biliminsanında yankı buldu.[2] Ve ayrıca, Einstein'in, "Evren hakkındaki en anlaşılmaz şey, evrenin anlaşılabilir olmasıdır," vecizi de. Fiziksel dünyanın anarşik olmamasına hayret ediyoruz, uzak galaksilerdeki atomların, laboratuvarlarımızdakilerle aynı kanunlara uymasına... "Uzaylı Zekâsı" bölümünde çoktan söylediğim gibi, uzaylıları keşfeder ve onlarla iletişim kurmak istersek, matematik, fizik ve astronomi belki de tek ortak kültürümüz olabilir. Matematik bilimin dili; takvimlerini düzenleyen ve tutulmaları tahmin eden Babillilerden beri böyle. (Bazılarımız benzer şekilde müziği, dinin dili sayar.)

Kuantum teorisinin öncülerinden biri olan Paul Dirac*, matematiğin içsel mantığının yeni keşiflere açılan yolu nasıl işaret ettiğini gösterdi. Dirac "ilerlemenin en güçlü metodunun", "halihazırdaki teorik fiziği biçimlendiren matematiksel şekilciliği mükemmelleştirmek ve genelleştirmek teşebbüsüyle saf matematiğin tüm kaynaklarını kullanmak ve -bu yöndeki her başarıdan sonra- yeni matematiksel özellikleri, fiziksel varlıklar üzerinden yorumlamaya çalışmak" olduğunu öne sürdü.[3] Matematiğin gösterdiği yolu takip eden bu yaklaşım, Dirac'ı antimadde** fikrine yönlendirdi: Şimdi pozitron olarak bilinen "antielektronlar", Dirac, (bunlarsız çirkin görünen) bir denklemi formüle ettikten sadece birkaç yıl sonra keşfedildi.

Dirac ile benzer motivasyonlara sahip günümüz teorisyenleri, doğrudan inceleyebileceğimizden çok daha küçük ölçekler

---

* Ünlü "Dirac denklemi"nin yaratıcısı İngiliz fizikçi. – *ç.n.*

Dirac denklemiyle ortaya çıkarılan antimaddenin atom altı parçacıkları, normal maddeye göre zıt özellikler taşımaktadır. – *ç.n.*

barındıran sicim teorisi* gibi konseptleri keşfederek gerçekliği daha derin bir seviyeden anlamayı umuyor. Benzer şekilde, diğer uçta da evrenin teleskoplarımızla gözlemleyebildiğimiz "yamadan" çok daha geniş olduğunu ima eden kozmolojik teoriler kimileri tarafından keşfediliyor. ("Fiziksel Gerçeklik Ne Kadar Uzağa Genişliyor?" bölümüne bakın.)

Evrendeki her yapı, matematiksel kanunlarla yönetilen basit "yapı taşlarından" oluşur. Fakat bu yapıları hesaplamak, en güçlü bilgisayarlar için bile genellikle fazla karmaşıktır. Ama belki de uzak gelecekte, insanüstü zekâ, (organik olmayan ancak bağımsızca evrimleşen objeler) yaşayan şeyleri hatta tüm hayatı simüle etmek için enerjiyi işleyen hiper bilgisayarlar geliştirecek. Belki gelişmiş varlıklar, sadece (Conway'in oyunundaki gibi) dama tahtasında model çıkarmayan, ayrıca filmler ya da bilgisayar oyunlarındaki en iyi "özel efektler" gibi bir "evren" tasarlamak için hiper bilgisayarları kullanabilir. Kendimizi içinde hissettiğimiz evren kadar kompleks bir evren simüle edebildiklerini varsayın. Bu durumda endişelendirici bir düşünce (ama yine de çılgın bir spekülasyon) yükseliyor: Belki de gerçekten öyleyizdir!

Karmaşık Dünyamızı Anlamlandırma

Bir zamanlar bilimkurgu diyarında ihtimal olarak kabul edilenler, şimdilerde ciddi bilimsel tartışmalara dönüştü. Büyük patlamanın ilk anlarından uzaylı yaşam olasılığına... Biliminsanları dünyayı, çoğu bilimkurgu yazarının tasavvur ettiğinden daha "garip" bir yer yaptı. İlk bakışta, yakınımızda bizi hayrete düşüren birçok mesele varken uzak kâinatı anlamayı talep etmek -hatta bunun peşinden koşmak- birine haddini bilmezce gelebilir. Fakat bu pek de haklı bir değerlendirme

* Parçacık fiziğinde, Einstein'ın genel görelilik kuramı ile kuantum mekaniğini birleştiren teori. Sicim kelimesi, atom altı parçacıkların ipliksi varlıklar olabileceğine işaret eder. – *ç.n.*

değil. Bütünün, parçalarından daha basit olmasının çelişkili hiçbir yanı yok. Sıradan bir tuğlayı hayal edin; biçimi bir iki şekilde betimlenebilir. Ama onu kırıp dökerseniz parçalar kısa ve öz şekilde tarif edilemez.

Bilimsel ilerleme düzensiz görünür. Garip durabilir fakat en iyi anlaşılan fenomenlerden bazıları, kâinatta bizden uzaktalar. 17. yüzyılda dahi Newton "saat gibi evreni"* tanımlayabiliyordu; tutulmalar hem anlaşılabiliyor hem de tahmin edilebiliyordu. Fakat başka çok az şey böyle tahmin edilebilir hatta onları anlasak bile. Örneğin, bir gün öncesinden, bir tutulmayı izleyeceklerin bulutlarla mı yoksa berrak gökyüzüyle mi karşılaşacağını tahmin etmek zor. Doğrusu çoğu durumda, ne kadar ilerisini öngörebileceğimize dair temel bir limit var. Çünkü -bir kelebeğin kanatlarını çırpıp çırpmaması gibi- minicik olasılıkların katlanarak büyüyen sonuçları var. Bunun gibi nedenlerden dolayı, en ince eleyip sık dokuyan hesaplamalar dahi, birkaç gün sonrasının Britanya havasını normalde tahmin edemez. (Ama -burası önemli- bu durum, uzun vadeli iklim değişikliği tahminlerini engellemez. Ya da havanın önümüzdeki Ocak'ta, Temmuz'da olduğundan daha soğuk olacağına dair güvenimizi zayıflatmaz.)

Günümüzde gökbilimciler, yerçekimi dalgası detektöründeki ufacık titreşimleri, Dünya'dan bir milyar ışık yılı uzakta iki kara delik arasındaki "çarpışmaya" ikna edici şekilde dayandırıyor.[4] Öte yandan, hepimizi ilgilendiren bilindik meseleleri kavrayışımız -beslenme ve çocuk bakımı mesela- hâlâ çok zayıf ki, "uzman" tavsiyesi yıldan yıla değişiyor. Ben küçükken süt ve yumurtanın iyi olduğu düşünülürdü; on yıl sonra, yüksek kolesterol içeriklerinden dolayı tehlikeli addedildiler ve şimdi tekrar, zararsız kabul ediliyorlar. Çikolata ve peynir severlerin, bu yiyeceklerin iyi olduğunu duymak için çok beklemesine gerek yok yani. Ayrıca en yaygın hastalıkların çoğunun hâlâ bir tedavisi bulunmuyor.

---

* Evrenin işleyişinin, âdeta bir saat gibi tıkır tıkır yolunda gittiğini ifade eden tabir. - *ç.n.*

Ama günlük meseleler bizi afallatırken esrarlı ve uzak kozmik fenomenlerin anlayışını güvenle sağlamamız çelişkili değil aslında. Çünkü astronomi, biyolojik ve beşeri bilimlerden (hatta "yerel" çevresel bilimlerden bile) çok daha az karmaşık fenomenlerle uğraşıyor.

Karmaşıklığı nasıl ölçmeli ya da tanımlamalıyız peki? Resmî bir tanım, Rus matematikçi Andrey Kolmogorov tarafından önerilmişti: Bir nesnenin karmaşıklığı, tam bir tanım üretebilen en kısa bilgisayar programının uzunluğuna bağlıdır. Yalnızca birkaç atomdan oluşmuş bir şey fazla karmaşık olamaz. Büyük şeylerin de kompleks olmasına gerek yok. Bir kristali düşünün; büyük olsa bile kompleks olarak adlandırılmaz. Örneğin bir tuz kristalinin tarifi kısadır: Kübik bir kafes yapmak için sodyum ve klor atomlarını defalarca bir araya getirin. Diğer taraftan, büyük bir kristal alıp parçalara ayırırsanız atom ölçeğine düşene dek küçük bir değişiklik olur. Genişliğine rağmen bir yıldız da epey basittir. Çekirdeği, kimyasalların var olamayacağı kadar sıcaktır (kompleks moleküller parçalara ayrılır); basitçe, atom çekirdeği ve elektronların biçimsiz gazıdır. Aslına bakılırsa kara delikler, her ne kadar egzotik gözükseler de doğadaki en basit varlıklar arasındadır. Tek bir atomu tarif eden denklemlerden daha karmaşık olmayan eşitliklerle açık şekilde tanımlanabilirler.

Yüksek teknoloji ürünlerimiz kompleks. Örneğin, milyar iletkenli bir silikon çip, birkaç atoma varana dek tüm seviyelerde yapıya sahip. Fakat her şeyin en kompleksi ise canlılar. Bir hayvan, çeşitli ölçeklerde birbirine bağlı içsel yapılara sahip; hücrelerdeki proteinlerden uzuvlara ve başlıca organlara kadar. Küçük parçalara ayrılırsa özünü muhafaza edemez. Ölür. İnsanlar, atomlar veya yıldızlardan daha karmaşıktır (tesadüfe bakın ki, kütle açısından ikisinin ortasında, Güneş'i oluşturmak için, her birimizdeki atom sayısı kadar insan bedeni gerekir.). Bir insanoğlunun genetik tarifi, DNA'nın üç

milyar bağlantısında şifrelenmiştir. Fakat bizler yalnızca genlerimiz tarafından belirlenmiyoruz; çevremiz ve deneyimlerimizle kalıba giriyoruz. Evrende, hakkında bilgimiz olan en karmaşık şey bizatihi kendi beyinlerimiz. (Beyindeki nöronlarla kodlanan) Düşünce ve anılarımız genlerden çok daha çeşitli.

Fakat "Kolmogorov karmaşıklığı" ile bir şeyin hakikaten karışık görünüp görünmediği arasında önemli bir fark var. Örneğin, Conway'in *Yaşam Oyunu*, karmaşık görünen yapılara yol açar. Ancak bunların hepsi, kısa bir programla tanımlanabilir: Belirli bir başlangıç pozisyonu alın, oyunun basit kurallarına göre onu defalarca yineleyin. Mandelbrot'un takımının çetrefilli fraktal modeli, basit bir algoritmanın sonucuna benzer şekildedir. Ama bunlar istisna. Gündelik çevremizdeki çoğu şey, tahmin etmek hatta detaylı biçimde tam olarak tanımlamak için fazla komplekstir. Fakat yine de özünün çoğu, birkaç "anahtar" kavrayışla yakalanabilir. Bakış açımız, bir araya gelen büyük fikirlerle dönüştürüldü. Kıtaların kayması konsepti (levha tektoniği), dünya çapındaki jeolojik ve ekolojik modeller yığınını bir araya getirmemize yardım ediyor. Darwin'in bakış açısı -doğal seleksiyon ile evrim- bu gezegendeki tüm yaşam ağının kapsayıcı birliğini ortaya koymaya aday oluyor. DNA'nın çift sarmalı ise kalıtımın evrensel temelini açığa çıkartıyor. Tabiatta örüntüler vardır. Hatta biz insanların nasıl davrandığına dair kalıplar vardır; şehirler nasıl büyür, salgın hastalıklar nasıl yayılır ve bilgisayar çipleri gibi teknolojiler nasıl gelişir. Dünyayı daha iyi anladıkça hayret vericiliği azalıyor ve biz de onu daha fazla değiştirebiliyoruz.

Bilim, bir binanın katlarının sıralanması gibi hiyerarşik görülebilir. Daha karmaşık sistemlerle uğraşanlar daha yüksekte: Parçacık fiziği bodrumda, sonra fiziğin geri kalanı, sonra kimya, sonra hücre biyolojisi, sonra botanik ve zooloji ve sonra davranışsal ile beşeri bilimler (çatı katını sahiplenen ekonomistlerle birlikte).

Bilimlerin bu hiyerarşideki sıralaması ihtilaflı değil. Fakat bilhassa parçacık fiziği gibi "zemin kat" bilimlerin, diğerlerinden daha derin ya da daha asli olduğu düşüncesi tartışmaya açık. Bir bakıma gerçekten öyleler. Fizikçi Steven Weinberg'ün* işaret ettiği gibi: "Tüm oklar aşağıyı gösteriyor." Diğer bir ifadeyle, eğer, "Neden? Neden? Neden?" diye sormaya devam ederseniz kendinizi parçacık seviyesinde bulursunuz. Neredeyse tüm fizikçiler Weinberg'ün bakış açısındaki gibi indirgemecidir;** ne kadar kompleks olursa olsun, her şeyin Schrödinger denkleminde*** çözülebileceğinden emindirler; eski dönemlerde, canlı varlıkların hususi bir "özle" doldurulduğunu düşünen "vitalistlerin" aksine. Ancak bu indirgemecilik kavramsal açıdan kullanışlı değil. Diğer bir büyük fizikçi Philip Anderson, "Fazla, farklıdır," diye vurgulamıştı; fazla sayıda parçacık barındıran makroskobik sistemler, "gelişmekte olan" özellikler ortaya koyar ve en iyi, sistemin seviyesine uygun olan yeni konseptlerle anlaşılır.

Boru ya da nehirlerdeki suyun akışı gibi, gizemli olmayan bir fenomen bile viskozite**** ve türbülans***** gibi "yeni ortaya çıkan" konseptlerle anlaşılır. Akışkanlar mekaniği uzmanları, suyun aslında H_2O moleküllerinden oluşmasını umursamıyor; suyu bir bütün olarak görüyorlar. Akışın (her atomunda) Schrödinger denklemini çözebilen bir hiper bilgisayarları olsa dahi, sonuç simülasyonu dalgaların nasıl kırıldığına ya da bir akışı neyin türbülanslı yaptığına dair bakış açısı sağlamaz. Hafife alınamayan yeni konseptler, gerçekten karmaşık fenomenleri -örneğin göç eden kuşlar veya insan beyni- anlayışımız için daha da önemli. Hiyerarşinin farklı seviyesindeki

---

* 1979 Nobel Fizik Ödülü'nü paylaşanlardan biri olan Amerikalı fizikçi. – *ç.n.*

İndirgemecilik, karmaşık bir şeyi basitleştirmeyi ifade eder. – *ç.n.*

*** Kuantum dalga sistemlerinin uzaya ve zamana bağlı değişimini ifade eden denklemi, Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger bulmuştur. – ç.n.

Sıvı ya da gaz hâlindeki bir akışkanın, biçim değişikliğine karşı gösterdiği dirençtir. – *ç.n.*

***** Bir akışkanın, hareket hâlindeki düzensizliğidir. – *ç.n.*

fenomenler, farklı konseptlerle anlaşılır; türbülans, hayatta kalma, tetiklik ve devamı... Beyin bir hücreler topluluğudur; resim ise pigmentler topluluğu. Fakat önemli ve ilginç olan, kalıp ve yapıdır; meydana gelen karmaşıklık.

İşte bu yüzden, bir binayla olan benzerlik başarısız bir örnektir. Binanın tüm yapısı, zayıf bir temelle tehlikeye düşer. Tam tersi şekilde, kompleks sistemlerle ilgilenen "daha yüksek seviyedeki bilimler", bir binada olduğu gibi, güven vermeyen bir zemine karşı savunmasız değil. Her bilim, kendine özgü konsept ve açıklama usullerine sahiptir. İndirgemecilik bir bakıma doğrudur. Fakat bu indirgeme, nadiren *kullanışlıdır*. Biliminsanlarının sadece yaklaşık yüzde 1'i parçacık fizikçisi ya da kozmolog. Diğer yüzde 99'u, hiyerarşinin "daha yüksek" seviyelerinde çalışıyor. Onlar, konularının karmaşıklığıyla sınanıyorlar; nükleer altı fiziği anlayışımızın eksikliğiyle değil.

Fiziksel Gerçeklik Ne Kadar Uzağa Genişliyor?

Güneş 4,5 milyar yıl önce oluştu ama yakıtı bitmeden evvel 6 milyar yılı daha var. O zaman alevlenecek ve yakındaki gezegenleri yutacak. Genişleyen evren -belki sonsuza kadar- daha soğuk ve daha boş olmayı sürdürmeye mahkûm. Woody Allen'dan alıntı yaparsak, "Sonsuzluk çok uzundur. Özellikle de sonlara doğru."

Güneş'in ölümüne şahitlik edecek herhangi bir canlı insan olmayacak; biz bir böcekten ne kadar farklıysak, onlar da bizden o denli farklı olacak. İnsan ötesi gelişim, (burada, Dünya'da ve daha ötesinde) Darvinci evrimin ön gördüğü yolun izini sürebilir, hatta daha da muhteşem olabilir. Bu atılım; yapay zekâ ve genetikteki ilerlemelerle yönlendirilen, doğal seleksiyondan çok daha hızlı işleyen teknolojik bir zaman ölçeğindeki "akıllı tasarım" ile gerçekleşebilir. Uzun vadeli gelecek,

organik "yaşam"dan ziyade muhtemelen elektronikte yatıyor. ("İnsanlı ve İnsansız Uzay Uçuşu" bölümüne bakın.)

Kozmolojik dönemde (hatta Darvinci zaman aralığında) bin yıl, yalnızca bir an demek. Öyleyse birkaç yüzyıl, hatta birkaç binyıl değil, bundan milyonlarca kere daha uzun "astronomik" zaman aralığında "ileri sarmamıza" müsaade edin. Galaksimizdeki yıldızların doğum ve ölümlerinin "ekolojisi" gitgide daha yavaşça devam edecek. Ta ki dört milyar yıl sonra, Andromeda Galaksisi* ile olan çarpışmanın "çevresel şokuna" dek. Galaksimizin, Andromeda'nın ve onların daha küçük eşlikçilerinin (şimdi "Lokal Grup"** dediğimizi oluşturanlar) enkazı, biçimsiz bir yıldızlar topluluğunda kümeleşecek.

Evrensel ölçekte kütle çekimi, galaksileri birbirinden uzağa iten gizemli bir örtük kuvvetin altında kalır. Galaksiler hızlanarak ufukta kaybolur; bir şey kara deliğe düştüğünde olanın tam tersi versiyonu. Lokal Grup'umuzun ölen ve ölmekte olan yıldızları, yüz milyar yıl sonra bile manzarada kalacak. Bunlar, trilyonlarca sene devam edebilir; yaşayan sistemlerin, uzun vadede zirveye ulaşmak için karmaşıklık ve "negatif entropi"*** kazanmalarına yetecek kadar zaman var. Vaktinde yıldızlarda olan tüm atomlar ve gazlar, yaşayan bir organizma ya da silikon bir çip kadar girift yapılara dönüştürülebilir ancak kozmik bir ölçekte. Kararan arka plana karşı protonlar dağılabilir, karanlık madde tanecikleri ortadan kaybolabilir, kara delikler uçup giderken tesadüfi parlamalar yaşanabilir; sonrası ise sessizlik.

1979'da ("Biyoteknoloji" bölümünde bahsettiğimiz) Freeman Dyson şimdi klasikleşen bir makale yayımladı. Amacı, "evre-

---

* Bizden 2,54 milyon ışık yılı uzaklıkta bulunan komşu galaksi. Mitolojik bir kavram olan Andromeda "zincire vurulmuş kız" anlamına gelir. – *ç.n.*

** Kütle çekim merkezi Samanyolu ile Andromeda arasında olan gökadalar grubu. – *ç.n.*

*** Sistemlerdeki düzensizlik ve dengesizlik arttıkça entropi de artar. Bu düzensizlik ve dengesizlik eğiliminin ortadan kaldırılmasına negatif entropi denir. – *ç.n.*

nin kaderinin uzandığı sayısal sıçramaları saptamak"tı.[5] Tüm materyal ideal şekilde bir bilgisayara ya da süper zekâya dönüştürülse bile, ne kadar bilginin işlenebileceğinde hâlâ sınırlar olur muydu? Kontrolsüz sayıda düşünceler düşünülebilir mi? Cevap, kozmolojiye bağlı. Düşük sıcaklıklarda hesaplamalar yapmak daha az enerji gerektiriyor. İçinde bulunduğumuz evren için, Dyson'ın sınırı sonlu olabilir ancak "düşünürler" soğukkanlı kalsa ve yavaşça düşünselerdi, bu sınır azami olurdu.

Uzay ve zamana dair bilgimiz tamamlanmış değil. Einstein'ın (yerçekimi ve kozmosu tarif eden) göreceliliği ile (atomik ölçeği anlamak için hayati olan) kuantum ilkesi, 20. yüzyıl fiziğinin iki sütunu, fakat bunları birleştiren bir teori tamamlanmadı. Güncel fikirler, ilerlemenin, her şey arasında en basit görünen varlığı tam anlamaya bağlı olacağını iddia ediyor. "Katkısız" boş uzay (yani "süpürge") her şeyin gerçekleştiği meydan; zengin bir dokusu olabilir ancak bir atomdan trilyonlarca kere küçük ölçeklerde. Sicim teorisine göre, alelade uzaydaki her "nokta", eğer bu büyütme oranıyla incelenirse, birkaç ekstra boyutta sıkıca katlanmış bir origami şeklinde tecelli eder.

Teleskoplarla gözlemlediğimiz arazinin tamamı boyunca aynı temel kanunlar geçerli oluyor. Eğer öyle olmasaydı, -atomlar davranışlarında anarşiktir- gözlemlenebilir evreni anlamakta ilerleme kaydedemezdik. Fakat bu gözlemlenebilir saha, fiziksel gerçekliğin tümü olmayabilir. Bazı kozmologlar "bizim" "büyük patlama"mızın tek olmadığı yorumunda bulunuyor; bu fiziksel gerçeklik, tüm "çoklu evrenleri" kaplayacak kadar büyük.

Biz yalnızca sınırlı bir hacmi görüyoruz; galaksilerin sınırlı miktarını. Esasen bu, ışığın bize ulaşabildiği en uzak mesafeden itibaren betimlediğimiz bir ufuk (etrafımızdaki kabuk) olmasından kaynaklanıyor. Ancak bu kabuğun, okyanusun ortasında olsaydınız ufkunuzu resmedecek çemberden daha fazla bir fiziksel önemi yok. Muhafazakâr gökbilimciler bile teleskoplarımızın menzilindeki uzay-zaman hacminin

-meslekte buna geleneksel şekilde "evren" diyoruz- "Büyük Patlama"nın neticesinin minik bir bölümü olduğundan emin. Ufkun ötesinde, gözlemlenemez biçimde konumlanmış galaksiler olmasını ve bunların da kendi galaksimizde olduğuna inanıldığı gibi evrimleşmelerini bekliyoruz.

Yeterli sayıda maymuna yeterli zaman verilse, Shakespeare'in eserlerini (ve hatta akla yatkın kelime oyunu dizilerini içeren diğer kitapları da) yazabilecekleri sık sık dile getirilen bir fikir. Bu ifade, bu fikir bağlamında matematiksel açıdan doğru. Fakat bu fikre göre nihai başarıdan önce gelen "başarısızlıkların" sayısı, yaklaşık on milyon haneli. Görünür evrendeki atomların sayısı bile yalnızca seksen haneli. Galaksimizdeki tüm gezegenler maymunlarla dolu olsaydı ve ilk gezegenlerin meydana gelmesinden itibaren tuşlara bassalardı, yapabilecekleri en iyi şey sadece bir sone yazmak olurdu. (Sonuçlar, tüm dünya edebiyatından uyumlu kısa taslaklar içerse de tamamlanmış bir eser bulunmazdı.) Bir kitabın uzunluğunda spesifik harfler grubu üretmek, gözlemlenebilir evrende bir kez bile mümkün değil. Zarları fırlatırken eninde sonunda, art arda uzun bir müddet altı altı gelebilir fakat (zarlar hileli değilse eğer) milyar yıl devam etsek dahi, bu durumun bin kereden fazla tekrarlanmasını bekleyemeyiz.

Ancak evren yeterince esnerse her şey olabilir; ufkumuzdan çok uzak bir yerde, dünyanın bir taklidi bile bulunabilir. Bu, uzayın çok büyük olmasını gerektiriyor; yalnızca milyon haneli bir sayı değil, onun yüzüncü kuvveti kadar hanesi olan bir sayı: Yani sonunda yüz tane sıfır olan. Onun yüzüncü kuvvetine "googol" denir; sonunda bir googol kadar sıfır olan rakama ise "googolplex"

Yeterli zaman ve mekân verilse akla yatkın olaylar zinciri bir yerlerde vuku bulabilir ancak bunların neredeyse tamamı, gözlemleyebileceğimiz menzilin çok uzağında yaşanır. İmkânlar dahilindeki tüm seçeneklerin birleşmesi, kopyala-

rımıza neden olabilir. Yaptığınız bir seçimin "belirlenmiş" olduğunu hissedebilirsiniz. Fakat uzakta bir yerde (gözlemlediğimiz ufkun çok uzağında) tam tersi seçimde bulunan bir avatara sahip olmanız teselli verebilir.

Tüm bunlar, muazzam bir hacme uzanan "bizim" büyük patlamamızın neticesinde olabilir. Ama hepsi bu kadar değil. Geleneksel şekilde "evren" dediğimiz şey -Büyük Patlama'mızın sonucu- belki de sonsuz bir takımadadaki tek bir ada, zaman ve mekândan sadece tek bir parça. Yalnızca bir tane değil, birçok büyük patlama yaşanmış olabilir. Bu "çoklu evrenin" tüm öğeleri farklı biçimde soğumuş ve belki de farklı yasalarla yönetiliyor olabilir. Nasıl ki Dünya, sayısız gezegen arasında çok özelse -daha büyük bir ölçekte- bizim büyük patlamamız da öyle özel olabilir. Bu hayli geniş kozmik perspektifte, Einstein'ın yasaları ve kuantum, yalnızca bizim kozmik parçamızı yöneten mahalli iç tüzük olabilir. Uzay ve zaman, sadece mikroskobik ölçekte (anlaşılması güç şekilde) "tanecikli" değil. Ayrıca diğer uçta da -gökbilimcilerin inceleyebileceğinden çok daha büyük ölçekte- zengin bir ekosistemin faunasının* karmaşıklığında bir yapıya sahip. Güncel fiziksel gerçeklik konseptimiz bütüne oranla, tüm "evreni" bir kaşık su olan bir planktonun Dünya'ya dair perspektifi kadar kısıtlı olabilir.

Bu doğru olabilir mi? 21. yüzyıl fiziği için iki soruya cevap vermek zor. Birincisi: Bir tane değil, birçok "büyük patlama" mı var? İkincisi: (Ki bu daha da enteresan) Eğer birden fazla varsa hepsi aynı yasalarla mı yönetiliyor?

Eğer bir çoklu evrendeysek bu, dördüncü ve en büyük Kopernikçi devrimi işaret ederdi; Kopernikçi devrimin kendisini yaşadık. Ardından, galaksimizde milyarlarca gezegensel sistem olduğunu fark ettik; sonraysa gözlemlenebilir evrenimizde milyarlarca galaksi olduğunu. Fakat şimdi tamamı bu

* Belli bir bölgede yaşayan hayvanların tümünü ifade eder. – *ç.n.*

kadar değil. Gökbilimcilerin gözlemleyebileceği tüm panorama, (belki de sonsuz olan bir topluluktaki yalnızca bir çarpışma olan) "bizim" büyük patlamamızın neticesinin minik bir parçası olabilir.

(İlk bakışta, paralel evrenler konsepti gerçekçi bir etkisi olması açısından fazla esrarlı gözükebilir. Ancak bu, [varyantlarından birinde] tamamen yeni bir tür bilgisayar ihtimali öneriyor aslında: Hesaplama yükünü, sayısız paralel evren arasında paylaştırarak en hızlı dijital işlemcinin sınırlarını bile geride bırakan kuantum bilgisayarı.)

Elli yıl önce Büyük Patlama'nın olup olmadığından emin değildik. Örneğin, Cambridge'ten mentorum Fred Hoyle,* bu konsepti tartışmaya açarken "sabit hâldeki" ebedi ve değişmez bir evreni doğruluyordu. (Hiçbir zaman tam olarak taraf değiştirmedi, son yıllarında, "sabit patlama" denilebilecek bir "orta yolcu" fikri benimsedi.) Şimdi kozmik tarihi, aşırı yoğun ilk nano saniyeye dek betimlemeye yetecek kadar delil var elimizde; bir jeoloğun, Dünya'nın ilk dönem tarihinden anlam çıkarmasında olduğu gibi kendimizden eminiz. Böylece elli yıl içinde, günlük yaşamdan gözlem ve deneyle desteklenen "birleşik" fizik teorisine sahip olacağımızı ve bu teorinin o ilk anı açıklayacağını ummak fazla ümitvar olmaz; o anda, yoğunluklar ve enerjiler, güncel teorilerin uyduğu aralıkların çok daha üstündeydi. Eğer bu müstakbel teori çoklu büyük patlamaları tahmin ederse onu doğrudan onaylayamasak bile ciddiye almalıyız. (Einstein'ın, kara deliklerin gözlemleyemediğimiz içleri hakkındaki teorisine itimat ettiğimiz gibi çünkü teori, gözlemleyebildiğimiz alanlardaki birçok testten geçti.)

Yüzyıl sonunda, bir çoklu evrende yaşayıp yaşamadığımızı ve bu 'evrenlerin' ne kadar çeşitlilik gösterdiğini soracak hale

* Big Bang terimini ilk kez ortaya atan ve Sabit Evren Modeli'nin kuramcılarından olan İngiliz astronom. Yıldız nükleosentezi hakkında bilime katkıda bulunmuştur. – *ç.n.*

gelebiliriz. Bu sorunun cevabı, içinde yaşadığımız (ve bir gün iletişime geçebileceğimiz uzaylılarla paylaştığımız) 'canlı dostu' evreni nasıl yorumlamamız gerektiğini belirleyecek.

1997 tarihli kitabım *Before the Beginning*[6], çoklu evreni tartışmaya açtı. Argümanları daha ziyade, evrenimizin "biyofilik"* ve ince ayarlı karakterinden harekete geçmişti. Fiziksel gerçekliğin, temel sabitleri ve yasaları değiştiren bir evren topluluğunu kabul etmesi sürpriz olmazdı. Evrenlerin çoğu ölü ya da kurak olurdu ancak kendimizi, yasaların "karmaşıklığa" izin verdiği yerlerin birinde bulabilirdik. Bu fikir, gözlemlenebilir evrenimizin tümünün, mikroskobik boyuttaki bir olaydan nasıl "filizlendiğine" dair yeni bakış açıları sunan 1980'lere ait "kozmik enflasyon" teorisiyle desteklendi. Bu, sicim teoristleri birçok farklı uzay boşluğunun ihtimalini onaylamaya başlayınca ciddi ilgi gördü; uzay boşluklarının hepsi, farklı yasalarla yönetilen mikro fizik için bir arena.

Düşüncedeki bu değişiklik ve bu (kabul edilmeli ki, spekülatif) fikirlerin ortaya çıkışıyla hep yakından ilgilendim. 2001'de, bu temada bir konferansın düzenlenmesine yardım ettim. Konferans Cambridge'deydi ama üniversitede değil. Şehrin ucunda, bir ahırdan dönüştürülen ve tartışmalarımıza kısmen haşin bir yer sunan çiftliğimde ev sahipliği yaptım. Birkaç yıl sonra konferansı tekrarladık. Bu sefer konum çok farklıydı: Trinity College'da, kürsünün arkasında (üniversitenin en ünlü mezunu) Newton'ın portresi olan çok büyük bir odada.

(Parçacık fiziğinde "standart model"** dediğimiz şeyi, daha henüz öğrenciyken formüle dökmesiyle ünlü) Teorist Frank Wilczek iki toplantıya da katıldı. İki buluşmada da konuştuğu an atmosferi tersine çevirdi.

---

* Yunanca kökene sahip kelime, canlı sevgisine sahip olmayı ifade eder. - *ç.n.*

** Gözlemlenen maddeyi oluşturan, şimdiye kadar bulunmuş temel parçacıkları ve bunların etkileşmesinde önemli olan kuvvetleri açıklayan kuramdır. - *ç.n.*

İlk toplantıda fizikçileri, temel sabitler ve alternatif evrenler içinden komplolar hakkında senelerce tuhaf argümanlar üreten yabandaki "çatlak" sesler olarak betimledi. Endişeleri ve yaklaşımları, özgün ve matematiksel açıdan mükemmel evreni başarıyla kurmakla meşgul olan teorik fiziğin öncü görüş birliğine tamamen yabancı görünüyordu. Fakat ikinci toplantıda, "öncülerin, yabanda peygamberlere katılmak için harekete geçtiğini" belirtti.

Birkaç yıl önce, Stanford Üniversitesi'nde başkan tarafından çağrıldığımız bir paneldeydim: "Çoklu evren konseptinden ne kadar eminsin? Ölçekte japone balığının üzerine mi, köpeğin üzerine mi, kendi hayatın üzerine mi iddiaya girersin?" "Neredeyse köpek seviyesindeyim," dedim. Yirmi beş yılını "ebedi enflasyon" teorisini desteklemeye harcayan Rus kozmolog Andrei Linde, neredeyse hayatı üzerine iddiaya gireceğini söylemişti. Sonrasında, önde gelen teorist Steven Weinberg'ün, "Martin Rees'in köpeği ve Andrei Linde'nin hayatı üzerine seve seve iddiaya girebileceğini" söylediği kulağıma geldi.

Bu iş halledilene dek, Andrei Linde, köpeğim ve ben ölmüş oluruz. Bu metafizik değil. Tartışmaya oldukça açık. Fakat bu, heyecan veren bilim. Ve gerçek olabilir.

Bilim Başarısızlığa Uğrayacak mı?

Bildiklerimizin sınırları genişledikçe hudutlarımızın hemen ötesindeki yeni gizemlere daha çok odaklanmamız bilimin özelliğidir. Beklenmedik keşifler, astronomide buna ait konuları kalıcı şekilde uyardı. Her kademedeki her konuda "bilinmeyenlerin bilinmeyeni" olacaktır. (Donald Rumsfeld ile bunu farklı bir bağlamda söylediği için dalga geçilmişti fakat o elbette haklıydı ve bir filozof olsaydı bu, dünya için daha iyi olurdu.) Ancak burada daha derin bir soru var: İnsan zihninin gücünün kavrayabileceğinin ötesinde oldukları için asla

bilemeyeceğimiz şeyler var mı? Beyinlerimiz, hakikatin kilit özelliklerini anlamaya uygun mu?

Ne kadar çok şeyi anladığımıza şaşmalıyız aslında. İnsan sezgileri, uzak atalarımızın Afrika savanlarında karşılaştığı günlük meselelerle başa çıkmak üzere şekillendi. Beyinlerimiz o zamandan bu yana fazla değişmedi, bu yüzden kuantum dünyası ve kozmosun mantıksız davranışlarını kavrayabilmeleri kayda değer bir başarı. Daha evvel, gelecek onyıllarda, birçok güncel gizemin cevabının odağımıza yerleşeceğini tahmin etmiştim. Fakat hepsi değil belki; gerçekliğin bazı kilit özellikleri kavramsal kavrayışımızın ötesinde olabilir. Bazen "çuvallayabiliriz"; uzun vadeli kaderimiz için ve fiziksel gerçekliği tam anlamamamız adına hayati olan bir fenomen olabilir: Bir hayvanın, yıldızlar ve galaksilerin doğasını algılamasından daha bilinçli değiliz. Eğer uzaylılar varsa, aralarından bazılarının, bilinçliliğini idrak edemediğimiz bir biçimde kuran ve gerçekliğin çok farklı bir algısına sahip "beyinleri" olabilir.

Bilgisayar gücünden halihazırda faydalanıyoruz. Bir bilgisayarın içindeki "sanal dünyada", gökbilimciler galaksi oluşumunu ya da Ay'ın nasıl oluştuğunu görmek için başka bir gezegenin Dünya'ya çarpmasını taklit edebiliyor; meteorolojistler hava durumunu veya uzun dönemli iklim trendlerini tahmin etmek için atmosferin simülasyonunu kurabiliyor; beyin cerrahları nöronların nasıl etkileşime geçtiklerini taklit edebiliyor. Konsolları daha güçlü oldukça video oyunları nasıl daha detaylı hâle geliyorsa bilgisayarın gücü arttıkça bu "sanal" tecrübeler daha gerçekçi ve kullanışlı oluyor.

Ayrıca bilgisayarların, yardım almamış insan beyinlerinin erişemediği keşifleri yapamaması için bir neden yok. Mesela bazı maddeler, çok düşük sıcaklıklara düşürüldüklerinde elektriği mükemmel iletirler (süper iletkenler). Oda sıcaklığı vasatında çalışan bir süper iletken "tarifi" bulmak için hâlâ devam eden bir arama var (şimdilik, elde edilen en yüksek süper iletkenlik

derecesi, normal basınçlarda -135 derece ve çok yüksek basınçtaki hidrojen sülfür için -70 derece). Bu, kıtalar arası kayıpsız elektrik iletimine ve etkili "maglev"* trenlere müsaade edebilir.

Bu arayış, çokça "deneme yanılma" barındırıyor. Fakat materyallerin özelliklerini hesaplamak ve bunu, gerçek deneylerin yapılabileceğinden çok daha hızlı şekilde, milyonlarca alternatifin hesaplanabileceği kadar hızlı yapmak mümkün hâle geliyor. Bir makinenin, emsalsiz ve başarılı bir reçete bulduğunu varsayın. AlphaGo'nun başarılı olduğu gibi muvaffak olabilir. Fakat bir biliminsanına bir Nobel Ödülü kazandıracak noktaya da erişebilir. Kendi çok özel evreninin içinde, içgörüsü ve hayal gücü varmış gibi de davranabilir gerçi; AlphaGo'nun bazı hamleleriyle insan şampiyonları afallatıp etkilediği gibi. Benzer şekilde, yeni ilaçların ideal kimyasal bileşeninin aranmasının, gerçek deneylerden ziyade, bilgisayarlar tarafından yapılması artacak. Havacılık mühendislerinin yıllardır, rüzgâr tüneli testlerine bel bağlamaktansa bilgisayar hesaplamalarıyla kanatlar üstündeki hava akımının simülasyonunu yapması gibi.

Devasa veri setlerini "çatırdatarak"** küçük trendlerin veya korelasyonların farkına varmak eşit derecede önemli. Genetikten bir örneği ele alalım: Zekâ ve uzunluk gibi özellikler genlerin kombinasyonuyla belirleniyor. Bu kombinasyonları saptamak, küçük korelasyonları teşhis etmek için genomların geniş numunelerini tarayacak kadar hızlı bir makine gerektiriyor. Benzer prosedürler, pazar trendlerini bulmak ve yatırımcıların, bizden gelen fonları aktarabilmesi için bu trendlere hızla cevap vermek amacıyla finansal tacirler tarafından kullanılıyor.

---

* Manyetik raylı tren. – *ç.n.*

** Data çatırdatmak, ham verilerin temizlenmesi, tekrar formatlanması ve yapılandırılması sürecine denir. Böylece veriler, analitik araçlar ve diğer uygulamalar tarafından kullanılabilir. – *ç.n.*

İnsan beyninin anlayabileceklerinin sınırları olduğuna dair iddiama, "kuantum hesaplamanın" anahtar konseptlerinin öncüsü olan fizikçi David Deutsch'tan tesadüfi bir itiraz geldi. Provokatif ve harika kitabı *The Beginning of Infinity*'de,[7] prensipte her işlemin hesaplanabileceğine işaret ediyor. Bu doğru. Ancak bir şeyi hesaplayabilmek, aydınlatıcı bir algıya sahip olmakla aynı değil. Geometriden bir örneği düşünelim: Düzlemdeki noktalar, x ekseni üzerindeki mesafe ve y ekseni üzerindeki mesafe olan iki sayı ile belirleniyor. Okulda geometri öğrenmiş herkes, bir daireyi tanımlayan $x^2 + y^2 = 1$ denklemini tanıyacaktır. Ünlü Mandelbrot Kümesi,* birkaç satırda yazılabilen bir algoritmayla tanımlanıyor. Şekli de mütevazı bir bilgisayarla dahi çizilebiliyor. "Kolmogorov karmaşıklığı" yüksek değil. Ama algoritmanın verildiği hiçbir insan, bir daireyi görselleştirebildiği şekilde bu hayli karmaşık "fraktal" deseni kavrayamıyor ve görselleştiremiyor.

Bu yüzyıl boyunca, bilimlerdeki dramatik gelişmelerin yenilerini umabiliriz. Şimdi kafamızı karıştıran birçok soru cevaplanacak ve bugün tasavvur bile edemediğimiz yeni sorular sorulacak. Bununla beraber, tüm çabalarımıza rağmen, doğa hakkındaki bazı temel hakikatlerin, desteklenmemiş insan beyninin tam anlamıyla kavraması için fazla karmaşık olabileceği ihtimaline karşı açık fikirli olmalıyız. Doğrusu belki de bizatihi bu beyinlerin gizemini asla anlamayacağız; atomlar, kendisinin farkında olur hâle gelebilen ve kökenlerini sorgulayabilen "gri maddede" nasıl toplanıyor? Ya da belki, varoluşumuza izin verecek kadar karmaşık olan herhangi bir evren, yine aynı sebepten, zihinlerimizin anlaması için fazla karmaşık.

Uzun dönemdeki geleceğin, organik "insanüstü"lerde mi yoksa zeki makinelerde mi yattığı bir tartışma konusu. Fiziksel

---

* Polonyalı matematikçi Benoit Mandelbrot'un, ikinci derece kompleks değişkenli polinomların dinamiklerini açıklamak maksadıyla geliştirdiği küme. – *ç.n.*

gerçekliğin tam anlaşılmasının insanlığın kavrayışında olduğuna ve hiçbir esrarın, insanüstü torunlarımızı zorlamaya devam etmeyeceğine inansak çok mu antroposentrik* olurduk?

Peki Ya Tanrı?

Eğer gökbilimcilerin sorduğu bir numaralı soru, "Yalnız mıyız?" ise, iki numaralı soru kesinlikle, "Tanrı'ya inanıyor musun?"dur. Benim uzlaşmacı cevabım ise, "inanmadığım fakat birçok inananla beraber bir hayret ve gizem duygusunu paylaştığım"dır.

17. yüzyıldan beri önemli bir değişiklik olmadığı hâlde, bilim ve din arasındaki yüzey, hâlâ ihtilaflara yol açıyor. Newton'ın keşifleri çeşitli dindar (ve din karşıtı) yanıtları tetikledi. Charles Darwin'se 19. yüzyılda daha fazlasını yaptı. Bugünün biliminsanları, çeşitli tutucu tavırlar ortaya koyuyor; aralarında geleneksel inananlar da var katı ateistler de. Benim görüşüm ise -din ve bilim arasında yapıcı bir diyaloğu (hatta sadece yapıcı olmayan münazarayı) desteklemeyi arzu edenler için sıkıcı olabilecek şekilde- eğer bilimin arayışından bir şey öğreneceksek bu, bir atom kadar basit bir şeyi dahi anlamanın epey zor olduğudur. Bu, varoluşun derin yönlerinden herhangi birine dair metaforik ve tamamlanmamış bir bakıştan fazlasını "başaran" her dogma ya da iddia hakkında şüpheciliğe yol açmalı. Darwin'in bir mektupta, Amerikan biyolog Asa Gray'e** söylediği gibi: "Tüm bu konunun, insan zekâsı için fazla derin olduğunu hissediyorum. Bir köpek bile Newton'un zekâsından şüphe edebilir. Bırakalım herkes istediğini umsun ve istediğine inansın."[8]

İnsanın, evrenin merkezinde olduğunu ve her şeyin ona hizmet etmek için var olduğunu düşünen kimse. – *ç.n.*

On dokuzuncu yüzyılın en önemli Amerikalı botanikçisi olarak kabul edilen Asa Gray, yaratıcı tarafından yönlendirilen teistik evrim fikrine sahipse de Darwin'in samimi bir destekçisiydi. – *ç.n.*

Kimi yaratılışçılar, Tanrı'nın, Dünya'yı aşağı yukarı şimdiki hâliyle yarattığına inanıyor; yeni türlere ya da artan karmaşıklığa hiç alan açmıyor ve daha geniş evrene az önem veriyorlar. Evrenin, tüm anılarımız ve eski tarihlerin kalıntılarıyla beraber bir saat önce yaratıldığını iddia eden birini dahi yalanlamak saf mantığa göre imkânsızdır. "Yaratılışçı" konseptler, birçok Amerikalı Evanjelik arasında ve İslam dünyasının bazı bölgelerinde egemen. Kentucky'de, yapımı 150 milyon dolara mal olan, 510 fit (155 metre) uzunluğunda, reklamcılarının "tam boy" şeklinde betimlediği Nuh'un Gemisi ile bir "yaratılış müzesi" var.

Daha sofistike bir varyant -"akıllı tasarım"- şimdilerde daha moda. Evrimi kabul eden ancak tesadüfi doğal seçilimi reddeden bu konsept, ortaya çıkışımıza yol açan acayip uzun olaylar zinciri olarak görülebilir. Çoğu, canlıların önemli bileşenlerinin (tek bir atlamadan ziyade) ciddi evrimsel basamaklar serisi gerektiriyormuş görünen evrelerden oluşuyor; ara basamakların, kendilerine hiçbir hayatta kalma avantajı sunamadığı evreler. Fakat bu tartışma stili, geleneksel yaratılışçılığa benzer. "İnanan", henüz anlaşılamamış bir ayrıntıya odaklanıyor ve görünüşteki gizemin, teoride temel bir kusur oluşturduğunu iddia ediyor. Doğa üstü müdahaleden medet umarak her şey "açıklanabilir" Eğer başarı (ciddiyet) ne seviyede olursa olsun) bir açıklamaya sahip olmakla ölçülürse "akıllı tasarımcılar" her daim kazanacaktır.

Bir açıklama, yalnızca farklı fenomenleri kaynaştırır ve belli başlı bir prensip ya da birleşik fikir ile bu fenomenler arasında bağlantı kurarsa değerli olur. Böyle bir prensip olan Darwinci doğal seleksiyon, Darwin'in "uzun bir tartışma" olarak tanımladığı *Türlerin Kökeni*'nde izah ediliyor. Aslında ilk büyük birleşik fikir, bizi yerde tutan ve elmanın düşmesini sağlayan bilindik kütle çekimin, Ay ve gezegenleri yörüngelerinde tutan kuvvet olduğunu teşhis eden Newton'un yerçekimi yasasıydı.

"Akıllı tasarım", klasik tartışmaya uzanıyor: Bir tasarım, tasarımcıya ihtiyaç duyar. İki yüzyıl önce teolog William Paley, şimdi çok bilinen "saat ve saat ustası" metaforunu bize sundu; gözü, karşıt başparmak* ve benzerlerini, iyi niyetli bir yaratıcının delili olarak saydı.[9] Şimdi herhangi bir biyolojik düzeneği, uzatmalı evrimsel seçilimin sonucu olarak ve çevresiyle simbiyoz** hâlinde görüyoruz. Paley'nin argümanları, teologlar arasında bile popülerliğini kaybetti.[10]

Paley'ye göre astronomi, tasarıma delil toplamak açısından en verimli bilim değildi ancak "her şeyden önce Yaratıcı'nın işlerini gösterdiği kanıtlanmıştı" Paley galaksilere, yıldızlara, gezegenlere ve periyodik tablonun kendine özgü elementlerine yol açan Tanrı vergisi görünümündeki fiziği bilseydi farklı tepki verebilirdi. Evren, hayli kısa bir tarifle belirtilen basit bir başlangıçtan (Büyük Patlama) gelişti. Ama fiziksel kanunlar evrilmekten ziyade, "verilirler" Pek özel görünen bu tarif, Paley'nin biyolojik "delilleri" olarak kolaylıkla gözden çıkarılamaz. (Ayrıca çoklu evrenler hakkında muhtemel bir açıklamadan "Fiziksel Gerçeklik Ne Kadar Uzağa Genişliyor?" bölümünde bahsedilmişti.)

Paley'nin modern bir muadili, matematikçi fizikçi John Polkinghorne, ince ayarlı habitatımızı "öyle olmasını dileyen bir yaratıcının yaratısı" olarak yorumluyor.[11] Polkinghorne ile dostça halka açık tartışmalarım oldu; Cambridge'te öğrenciyken bana fizik öğretti. Anladığım şu ki, teolojisi muteber olmak için fazla kısıtlı ve antroposentrik. "Akıllı tasarımı" desteklemiyor ama Tanrı'nın "dürterek" Dünya'yı etkileyebileceğine ve (bilhassa sonuç, küçük değişikliklere karşı hassas olduğunda) mekân ve zamanda ince ayar yapabildiğine inanıyor; minimal ve kolayca saklanan çabayla maksimum etki.

---

* Diğer parmakların karşısında duran başparmak sayesinde, nesneleri tutup bir şeyler yapmak mümkün olmuştur. – *ç.n.*

İki canlının, birbirlerine fayda sağlayarak beraber yaşamalarını ifade eder. – *ç.n.*

Hıristiyan rahiplerle (ya da diğer inanışlardaki mevkidaşlarıyla) görüştüğümde, neyi "kırmızı çizgi" olarak düşündüklerini sorgulamaya çalışırım; takipçileri tarafından kabul edilmesi gereken "asgari ilkeler" Birçok Hıristiyanın, dirilişi' tarihî ve fiziksel bir olay olarak saydığı aşikâr. Polkinghorne kesinlikle öyle yapıyor; "İsa'nın, kıyamet gününde, geri kalanların başına geleceği gibi egzotik bir madde hâline geçiş yaptığını" söyleyerek bunu fizikmişçesine "süslüyor" İngiliz Kilisesi Başpiskoposu Justin Welby, 2018'deki Paskalya mesajında, "Açıkçası, İsa'nın dirilişi yalnızca bir hikâye ya da metaforsa işimden istifa etmeliyim," dedi. Fakat kaç tane Katolik, potansiyel bir adayın azizliğe uygun bulunması için başarması gereken iki mucizeye -sorgunun "pratik" tarafı- gerçekten inanıyor? Birçoklarının, böyle mecazdan uzak muhtevaya sahip bir inancının olmasına cidden şaşkınım.

Kendimi "dini uygulayan fakat ona inanmayan" bir Hıristiyan olarak tanımlayabilirim. Buna paralel konsept, Yahudiler arasında da var: Geleneksel usulleri uygulayanlar çok; cuma geceleri mumları yakanlar ve benzerleri... Ancak bu, dinlerine her şeyden çok uydukları veya onun tek özgün hakikat olduğunu iddia ettikleri manasına gelmiyor. Hatta kendilerini ateist olarak bile tarif edebilirler. Benzer şekilde, bir "kültürel Hıristiyan" olarak küçüklüğümden beri aşina olduğum Anglikan Kilisesi'nin ritüellerine (düzensiz de olsa) katılmaktan mutluyum.

Ama katı ateistler, dinî dogmaya ve "natürel teoloji" denen şeye (yani fiziksel dünyada, metafiziğin kanıtını aramak) fazla odaklanıyor. Açıkça akılı başında ya da naif olmayan "dindar" insanların farkına varmaları lazım. Onunla barış içinde beraber var olmak yerine, ana akım dine saldırarak aşırı tutuculuk ve fanatizme karşı ittifakı zayıflatıyorlar. Ayrıca bilimi de

Hıristiyanlar, Cuma günü çarmıha gerilen Hazreti İsa'nın Pazar günü mucizevi bir şekilde hayata döndüğüne inanır. – *ç.n.*

güçsüzleştiriyorlar. Genç bir Müslüman veya Evanjelik Hıristiyana "evrimi kabul ederlerse tanrılarına sahip olamayacakları" söylenirse kendi tanrılarını tercih eder ve bilimi kaybederler. Çoğu dinin takipçileri, inançlarının toplumsal ve törensel taraflarına büyük önem veriyor, hatta çoğunlukla ritüeli, inancın önüne koyuyorlar. Birçok şey bizi bölerken ve değişim rahatsız edici biçimde hızlıyken böyle ortak ritüeller bir topluluğa bağlanmayı vadediyor. İnananları geçmiş kuşaklara bağlayan dinî gelenekler, gelecek jenerasyonlara bozulmuş bir dünya bırakmama gayemizi güçlendirmeli.

Düşüncemin bu satırları, son konuma geçiş yapıyor: 21. yüzyılın zorluklarına nasıl cevap vermeliyiz? Şu anki dünya ile içinde yaşadığımız ve geri kalan "yaratılmışlarla" paylaşmak isteyeceğimiz dünya arasındaki açığı nasıl kapatmalıyız?

SONUÇ

Bilim Yapmak

Kitabın birinci bölümü, bu yüzyılda gerçekleşen dönüşümleri vurguladı; hızlarında ve küresel çevreye etkilerinin öneminde daha önce benzeri görülmemiş dönüşümler. İkinci bölüm, gelecek onyıllarda bekleyebileceğimiz bilimsel ilerlemelere odaklandı; faydaların yanında, ahlaki ikilemler ile bozulma ya da felaket riskinin üstünde durdu. Üçüncü bölüm, uzay ve zamanda daha geniş ufukları keşfetti. Gezegenimizden çok uzak sahalar ve "insanüstü" bir gelecek ihtimali hakkında kafa yordu. Dördüncü bölüm, kendimizi ve dünyayı daha derin şekilde anlamanın potansiyelini inceledi, neyi öğrenebileceğimizi ve neyin daima kavrayışımızın ötesinde olduğunu. Son birkaç sayfada, mevcut duruma daha yakından odaklandım; bu zemine rağmen, biliminsanlarının rolünü keşfetmek için.[1] Onların özel yükümlülüklerini, gelecek kuşaklara miras kalacak dünya hakkında endişelenen insanlar ve vatandaşlar olarak, bize düşen sorumluluklardan ayırıyorum.

Fakat önce önemli bir aydınlatma: "Bilimi", teknoloji ve mühendisliği de kapsayan bir kısaltma olarak kullanıyorum. Bilimsel bir konsepti, pratik amaçlarla kullanmak ve bundan yarar sağlamak, ilk keşfi yapmaktan daha büyük bir zorluk olabilir. Mühendis arkadaşlarımın favori çizgi filmi, çok büyük bir hidroelektrik baraja bakan iki kunduzu gösteriyor. Bir kunduz diğerine, "Bunu ben yapmadım aslında ama benim

fikrime dayanıyor," diyor. Teorist meslektaşlarıma hatırlatmak isterim ki, fermuarı icat eden İsveçli mühendis Gideon Sundback, çoğumuzun yapabileceğinden daha büyük bir entelektüel sıçrama yaptı.

Genellikle biliminsanlarının "bilimsel metot" olarak tanımlanan karakteristik bir yöntem takip ettiğine inanılır. Bu inanışa artık son verilmeli. Biliminsanlarının fenomenleri kategorize etme ve delilleri incelemede, avukat ve dedektiflerle aynı akılcı muhakeme stilini takip ettiğini söylemek daha doğru olur. Bununla alakalı (ve hatta zarar verici) yanlış algılama ise düşüncelerinin niteliğinin "elit" bir şey olduğu yaygın varsayımı. "Akademik kabiliyet", çok daha geniş bir konsept olan entelektüel hünerin bir yüzü; en iyi gazetecilerde, avukatlarda, mühendislerde ve siyasetçilerde aynı ölçülere sahip ("Gezegenin Sınırları İçinde Kalmak" bölümünde alıntılanan ekolojist). E.O. Wilson, bazı bilim sahalarında etkili olmak için çok zeki olmamanın en iyisi olduğunu iddia ediyor.[1] Biliminsanlarının çalışma hayatlarını (nadiren de olsa) vurgulayarak içgörü ve evreka* anlarını küçümsemiyor. Fakat on binlerce karınca türünün dünya çapındaki uzmanı Wilson'ın araştırması, onyıllarca süren sıkı çalışma barındırıyor: Koltuk kuramlaştırma yeterli değil. Sıkılma riski var yani. Wilson sahiden de haklı: Dikkat süresi kısa olan "çekirge zihinliler"** Wall Street'teki "milisaniye borsacıları" ve benzerleri gibi (daha az kayda değer olsa da) daha mutlu işler bulabilirler.

Biliminsanları genellikle felsefeye pek dikkat etmez ama bazı filozoflar onlara hitap eder. Bilhassa Karl Popper,*** 20. yüzyılın

---

* Şekilsiz bir cismin hacminin, cisim suya battığı anda su hacmindeki değişiklikle bulunabileceğini keşfeden Arşimet'in "Evreka!" yani "Buldum!" diye bağırdığı söylenir. – *ç.n.*

** Herhangi bir konuya yeterince uzun konsantre olamayan kişiyi ifade eden deyiş. – *ç.n.*

*** Avusturya kökenli Popper, yüzyılın önde gelen bilim filozoflarındandır. – *ç.n.*

ikinci yarısında fizikçilerin ilgisini cezbetti.[2] Bilimsel bir teorinin, teoride çürütülebilir olması gerektiğini söyleyen Popper haklıydı. Bir teori, her duruma uyacak kadar esnekse -ya da destekçileri güvenilmez görünüyorsa- o zaman, o hakiki bilim değildir. Reenkarnasyon buna bir örnek. Biyolog Peter Medawar*[3] iyi bilinen bir kitabında, Freudyen psikanalizi bu açıdan topa tutmuş ve sonunda, bıçağı sıkıca saplamıştı: "Bütünü düşünülünce psikanaliz işe yaramaz. Bu nihai bir ürün. Bir dinozor ya da zeplin gibi. Daha iyi bir teori, asla onun küllerinden doğamaz. 21. yüzyıl düşünce tarihinin, en üzücü ve tuhaf köşe taşlarından biri olarak daima kalacak." Bununla beraber, Popper doktrini iki zayıflığa sahip. Birincisi; yorum, bağlama bağlı. Örneğin, 19. yüzyılın sonunda, (laboratuvardaki saatle ölçülen) ışık hızının, laboratuvar ne kadar hızlı giderse gitsin (ve Dünya'nın hareketi fark etmeksizin, yılın tüm zamanlarında) aynı olduğunu gösteren Michelson-Morley deneyini düşünün. Daha sonra bunun, Einstein'ın teorisinin doğal bir sonucu olduğu fark edildi. Fakat aynı deney 17. yüzyılda yapılsaydı Dünya'nın hareket etmediğine delil olarak gösterilirdi ve Kopernik'i çürüttüğü iddia edilirdi. İkincisi, iyi desteklenen bir teoriyi bırakmadan önce, karşıt kanıtın ne kadar zorlayıcı olması gerektiğine karar vermek için muhakemeye ihtiyaç var. DNA'nın yapısını keşfedenlerden biri olan Francis Crick'in defalarca söylediği gibi, "Eğer bir teori, tüm gerçeklerle uyuşuyorsa bu kötü haberdir çünkü bazı 'gerçeklerin' yanlış olma ihtimali vardır."

Popper'dan sonra gelen isim, ("paradigma değişimi" terimiyle vurgulanan "normal bilim" konseptiyle) Amerikan filozof Thomas Kuhn** teveccüh kazandı.[4] Dünya merkezli bir evren

---

* Brezilya kökenli biyolog, alanındaki keşifleriyle organ nakli uygulamalarında önemli bir rol edinmişti. 1960 yılında Nobel Fizyoloji veya Tıp ödülüne layık görülen iki biliminsanından biriydi. - *ç.n.*

Amerikalı fizikçi ve bilim felsefecisinin en önemli eseri, 1962 tarihli *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* isimli kitabıdır. - *ç.n.*

konseptini altüst eden Kopernikçi devrim, paradigma değişimi özelliği taşıyor. Atomların, kuantum etkileriyle yönetildiğini fark etmek de öyle; tümüyle mantık dışı ve hâlâ esrarlı. Ancak (belki kendisi olmasa da) Kuhn'ın öğrencilerinin çoğu bu tabiri fazla serbest kullandı. Örneğin, rutin şekilde, Einstein'ın Newton'ı tahtından ettiği iddia edilir. Fakat Einstein'ın Newton'ın ötesine geçtiğini söylemek daha adil olur. Einstein'ın teorisi daha geniş şekilde -kuvvetlerin çok fazla, hızların çok yüksek olduğu bağlamlarda- uygulandı ve yerçekimi, uzay ve zaman hakkında daha derin bir kavrayış verdi. Teorilerin kademeli değişimi ve daha yaygın olan yeni teorilerle kaynaşmaları, çoğu bilimdeki model olagelmiştir.[5]

Bilimler, farklı uzmanlık türlerinin ve farklı stillerin çeşitliliğini talep ediyor; spekülatif teoristler, yalnız deneyciler, sahada bilgi toplayan ekolojistler, devasa parçacık hızlandırıcıları ya da büyük uzay projelerinde çalışan endüstriyel takımlar tarafından sürdürülebilirler. Bilimsel çalışma, genellikle, küçük bir araştırma grubunda iş bölümü ve münazara içeriyor. Bazı insanlar, bir konuyu açan öncü bir makale yazmaya hevesleniyor; diğerleri ise, bir konu iyice anlaşıldıktan sonra onu toparlayan, tanımlayıcı bir monografi* yazmaktan daha çok tatmin duyuyor.

Doğrusu bilimler, spor kadar çeşitli. Sporlar hakkında yüzeysel yazarak (insanlığın rekabetçi hızını övmek gibi) içi boş genellemelerin ötesine geçmek zor. Belirli bir sporun ayırt edici özellikleri hakkında yazmak daha ilginç; bilhassa heyecanlı maçlar ve önemli oyuncuların karakterleri daha merak uyandırıcı. Bilimlerde de böyle. Her bilim kendi metotları ve geleneklerine sahip. İlgimizi en çok cezbeden şey ise, bireysel keşif ve içgörülerin hayret vericiliği.

Bilimin kümülatif ilerleyişi, yeni teknoloji ve yeni araçlar gerektiriyor; teori ve kavrayışla simbiyoz hâlinde elbette. Bazı

* Tek bir konuyu inceleyen yazı. – *ç.n.*

araçlar, ölçekte "masa üstü" Diğer uçtaysa Cenevre'deki CERN'de bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı 9 kilometre çapında ve şimdilik, dünyanın en girift bilimsel enstrümanı. 2009'daki tamamlanışı, coşkulu bir şamata ve geniş kamusal alaka yarattı fakat aynı zamanda, nükleer altı fiziğin muğlak duran bilimine neden bu kadar büyük bir yatırım yapıldığına dair gayet anlaşılır sorular yükseldi. Bilimin bu branşıyla ilgili özel olan şey, birçok farklı ülkedeki uygulayıcılarının, Avrupa liderliğindeki bir iş birliğiyle kocaman bir enstrümanın yapımı ve kullanımına, neredeyse yirmi yıllık bir zaman aralığında kaynaklarının çoğunu adamaya karar vermiş olması. (Birleşik Krallık gibi) Katılımcı ulusların yıllık katkı oranı, toplam akademik bilim bütçelerinin yalnızca yüzde 2'si ki bu, böyle zorlayıcı ve temel bir saha için orantısız bir hisseye benzemiyor. Doğanın en temel gizemlerinden birini sorgulamak ve teknolojiyi, sınırlarına doğru ittirmek için tek bir projede yaptığımız bu küresel iş birliği, kesinlikle medeniyetimizin iftihar edebileceği bir şey. Benzer şekilde, astronomik enstrümanlar, çok uluslu konsorsiyumlar* tarafından yönetiliyor ve bazıları cidden küresel projeler; Şili'deki ALMA (Atacama Büyük Milimetre / Milimetrealtı Dizisi; Atacama Large Millimeter / Submillimeter Array) radyo teleskobuna Avrupa, Birleşik Devletler ve Japonya'dan katkıda bulunuldu.

Araştırmaya atılanlar, kişiliklerine ve ayrıca, maharetleriyle zevklerine uygun bir konu seçmeli. (Saha çalışması, bilgisayar modellemesi, yüksek hassasiyetli deneyler, devasa data setleriyle başa çıkmak ve devamı için.) Genç araştırmacılar, (yeni tekniklere, daha güçlü bilgisayarlara ya da daha büyük data setlerine erişim sağlanabildiği için) ilerlemenin hızlı olduğu, böylece eski kuşakların tecrübelerinin değer kaybettiği alanlara girmeyi sevinç verici bulabilir. Diğer bir şeyse; en önemli ya da en temel probleme doğrudan gitmek bilgece değildir.

* Bir projenin uygulanması için iki ya da daha fazla işletmenin yaptığı işbirliği. - *ç.n.*

Problemin önemini, onu çözme ve sonucunu azami seviyeye çıkarma ihtimaliyle artırmalısınız. Hevesli biliminsanlarının tamamı, ulaşmaya can attığımız entelektüel zirvelerden açıkça biri olan evren ve kuantumun birleştirilmesine üşüşmemeli. Kanser araştırması ve beyin bilimindeki büyük zorlukların, doğrudan değil de adım adım şekilde ele alınması gerektiğinin farkına varmalılar. ("Uzaylı Zekâsı" bölümünde bahsedildiği gibi, hayatın kökenini araştırmak eskiden bu kategorideydi ama şimdi, neredeyse günümüze dek olmadığı şekilde, zamana uygun ve kolay işlenilebilir kabul ediliyor.)

Peki, ya kariyerinin ortasında, bilimin yeni bir sahasına geçiş yapanlar? Yeni içgörüler ve bakış açıları getirme becerisi bir "artı" Öyle ki, en hareketli sahalar, geleneksel disiplinlerin sınırlarını sıklıkla aşıyor. Diğer taraftan, biliminsanlarının yaşla birlikte gelişmedikleri, "tükenme yaşadıkları" klasik kabul. Fizikçi Wolfgang Pauli'nin* otuz yaşını geçen biliminsanları için ünlü bir yergisi vardı: "Hâlâ hayli genç ama daha şimdiden unutulmuş." Fakat umuyorum ki, bu sadece, yaşlanan bir biliminsanının daha az kaderci olmak için hüsnü kuruntusu değildir. Bizim için üç yol var görünüyor. Birinci ve en yaygını, araştırmanın odaktan çıkması; bazen diğer yönlerdeki enerjik çabalarla telafi edilirken bazen de yalnızca hareketsizliğe düşülüyor. En büyük biliminsanlarından bazılarının takip ettiği ikinci yol ise, mantıksız ve kendinden fazla emin bir saha değişikliği. Bu yolu takip edenler, kendilerine göre hâlâ "bilim yapıyor"; Dünya'yı ve evreni anlamak istiyorlar ama geleneksel, kademeli biçimde araştırma yapmak

---

Avusturya doğumlu fizikçi, "Dışarlama İlkesi" isimli yeni bir doğa yasasını keşfettiği için 1945 yılı Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülmüştür. Titiz çalışmaları ve meslektaşlarına yönelttiği sert eleştirileri nedeniyle "fiziğin vicdanı" sözleriyle nitelenen Pauli, Einstein'ın vârisi olarak görülür. Eşinden boşanmasından ve annesinin intiharından sonra bulanıma giren Pauli, tekrar eden rüyaları ile alkolizm sorunu yüzünden İsviçreli ünlü psikiyatrist Carl Gustav Jung'dan danışmanlık aldı. İkili arasındaki ilişki kısa sürede dostluğa dönüştü ve çeyrek asırlık bir mektup arkadaşlığına yol açtı. - *ç.n.*

onları artık tatmin etmiyor. Bu durum boylarını aşıyor ve bazen de sevenlerini utandırıyor. Bu sendrom, ünlü ve yaşlıların eleştiriden korunması eğilimiyle şiddetleniyor; daha az hiyerarşik bir toplum olmanın birçok faydasından biri, şimdi bu izolasyonun en azından Batı'da daha nadir olması. Ayrıca bilimin işbirlikçi özelliğinin artması, izolasyonu daha az olası yapıyor. Ancak üçüncü bir yol var; en takdire şayan olan. Bu, ehil olduğun şeyi yapmaya devam etmek; gençlerin yaşlılardan daha kolay özümseyebildiği bazı yeni tekniklerin olabileceğini ve yeni yüksekliklere çıkmaktansa, bir "plato" üzerinde olmaya heveslenmenin muhtemelen en iyisi olacağını kabul etmek.

Bazı "sonradan açılan" istisnalar var. Fakat son eseri en iyi işi olan birçok besteci bulunsa da böyle olan pek az biliminsanı var. Bana göre bunun sebebi, (biliminsanları gibi) bestecilerin gençliklerinde hâkim olan kültür ve stilden etkilenmelerine rağmen yalnızca "içsel gelişme" vasıtasıyla ilerleyip derinleşmeleridir. Buna zıt şekilde, biliminsanları eğer "cephede" kalmak istiyorsa yeni konsept ve teknikleri özümsemeye devam etmeli; bu, biz yaşlandıkça zorlaşıyor.

Birçok bilim -astronomi ve kozmoloji buna dahil- her onyılda ilerleme kaydeder, böyle uygulayıcılar kariyerleri boyunca bir "gelişme eğrisi" gözlemleyebilir. 1920'lerdeki, kuantum teorisini sistemleştiren olağanüstü devrimin liderlerinden Paul Dirac, dönemin, "'İkinci sınıf' insanların, 'birinci sınıf' iş yaptığı bir zaman olduğunu" söylemişti. Şansımıza, benim kuşağımdan olan gökbilimciler için son onyıllarda, alanımızda bu doğruydu.

En iyi laboratuvarlar, en iyi start-up'lar* özgün fikirler ve genç yetenekler için ideal "kuluçkalar" olmalı. Fakat geleneksel üniversite ve enstitülerde bunun aleyhine sinsi bir demografik trend var. Elli yıl önce, "bilim mesleği" hâlâ katlanarak

* Faaliyete yeni başlamış şirket. - *ç.n.*

artıyor, yüksek eğitimin genişlemesine dayanıyordu ve gençler, yaşlılardan fazlaydı; dahası, birinin, altmışlarının ortasında emekliye ayrılması normal (ve genellikle zorunlu) olandı. Akademik topluluk, en azından Batı'da, şimdi pek genişlemiyor (ve birçok alanda doyma seviyesine ulaştı) ve zorunlu tutulan bir emeklilik yaşı yok. Önceki onyıllarda, otuzlu yaşların ilk senelerindeki birinin, bir gruba liderlik etmeye heveslenmesi makuldü, fakat şimdi Birleşik Devletler'deki biyomedikal toplulukta, kırk yaşından önce ilk araştırma hibeni almak olası değil. Bu çok kötü bir alamet. Bilim daima, başka kariyerleri tahayyül edemeyen "inekleri" çekecek. Laboratuvarlar, genellikle fonlanmakta başarısız olan hibe başvurularını iyi yazanları işe alabilir. Bu meslek, esnek yetenekliler ile otuzlarında bir şeyler başarma hırsı olanların kesişimine çekici gelmek zorunda. Bu öngörülen olasılıklar uçup giderse böyle insanlar akademiden kaçacak ve belki de bir start-up girişiminde bulunacaklar. Bu rota, büyük tatmin ve (birçoklarının alması gereken) kamusal fayda sunuyor ancak uzun vadede, böyle insanlardan bazılarının, kendilerini asli hedeflere adaması önemli. Bilgi teknolojisi ve hesaplamadaki ilerlemeler, önde gelen üniversitelerde yapılan basit araştırmalara kadar geriye gidebilir; bazı vakalarda, neredeyse yüz yıl önceye. Tıbbi araştırmalarda karşılaşılan zorluklar, bilinmeyen "temellerden" kaynaklanıyor. Örneğin, Alzheimer karşıtı ilaçların klinik testleri geçmede başarısız olması (ki bu, Pfizer'ın nörolojik ilaçları geliştiren programı bırakmasına neden oldu) beynin nasıl çalıştığı hakkında yeterince şey bilmediğimizi ve çabanın, basit bilime tekrar odaklanması gerektiğini gösteriyor.

(Bilgi teknolojileri tarafından sunulan "bağlantı" hâlinde olmayla alakalı) Zenginlik ve boş vaktin artması, dünyanın her yerinden, daha önce hiç olmadığı kadar geniş ölçekte, milyonlarca çok eğitimli amatörün ve "sivil biliminsanının" ilgisini takip etmesini sağlayacak. Ayrıca bu trendler, önde gelen araştırmacıların, geleneksel akademi ya da resmî labo-

ratuvarlar dışında yenilikçi işler yapmasını mümkün kılacak. Yeterince kişinin bu tercihi yapması araştırma üniversitelerinin ehemmiyetini sarsacak ve "bağımsız biliminsanlarının" önemini, yirmi yüzyılda görülmemiş bir seviyeye çıkaracak ve sahiden özgün fikirlerin ortaya çıkışını çoğaltacak belki.

Toplumda Bilim

Bu kitabın ana konusu, geleceğimizin enerji, sağlık, yiyecek, robot bilimi, çevre ve uzay gibi önemli sosyal imtihanlar hakkında yapacağımız bilge tercihlere bağlı olması. Bu tercihler bilimi içeriyor. Ama hayati seçimler yalnızca biliminsanları tarafından yapılmamalı; onlar hepimizi ilgilendiriyor ve geniş kamusal münazaraların sonucu olmalılar. Bunun olması için bilimin önemli görüşleri hakkında yeterince "fikrimiz" olmalı. Tehlikeleri, olasılıkları, riskleri hesaplamak için de yeterince matematiğimiz olmalı ki, uzmanlar tarafından kandırılmayalım veya popülist* slogancılara hemen inanmayalım.

Daha aktif bir demokrasiye imrenenler, rutin şekilde, tipik seçmenin ilgili konular hakkında ne kadar az şey bildiğinden yakınıyor. Fakat cahillik, bilime mahsus değil. Vatandaşların uluslarının tarihini bilmemesi, ikinci bir dili konuşamaması ve Kuzey Kore ya da Suriye'yi haritada bulamaması (ki çoğu bulamıyor) eşit derecede üzücü. (Bir araştırmada, Amerikalıların yalnızca üçte biri Britanya'yı bulmuştu!) Bu, eğitim sistemimize ve genel manada kültürümüze bir suçlama; biliminsanlarının sızlanmak için özel bir nedeni olduğunu düşünmüyorum. Hatta birçok insanın dinozorlara, Satürn'ün uydularına ve Higgs bozonuna** (hepsi gündelik yaşamımızla

* Halk yağcılığı yapan. – *ç.n.*

** CERN'deki bir grup biliminsanı tarafından yapılan deneylerle varlığı kanıtlanan bu "tanrı parçacığı", kütleleri olmayan atomlara kütle kazandıran mekanizmadır. – *ç.n.*

çok alakasız) ilgi duymasına ve bunların, popüler medyada sıklıkla yer bulmasına şaşırıp mutlu oluyorum.

Ayrıca kullanımlarının faydası bir yana, bu fikirler ortak kültürümüzün parçası olmalı. Dahası, bilim sahiden global olan tek kültür: Protonlar, proteinler ve Pisagor, Çin'den Peru'ya dek aynı. Bilim, milliyetlerin tüm engellerini aşmalı. Ve tüm inanışlara da eşit mesafede olmalı. Doğal çevremizi ve biyosfer ile iklimi yöneten prensipleri anlamamak entelektüel bir yoksunluktur. Darvinizm ve modern kozmoloji tarafından teklif edilen vizyona kör olmak da öyle -"Büyük Patlama'dan" yıldızlara, gezegenlere, biyosferlere ve insan beyinlerine doğru giden bir karmaşıklaşma çemberi- evreni, kendisinin farkında hâle getirmek. Bu "yasalar" veya modeller, bilimin büyük zaferleri. Onları keşfetmek, adanmış maharet gerektiriyor, hatta deha. Büyük icatlar da aynı yeteneği gerektiriyor. Fakat önemli fikirleri kavramak o kadar zor değil. Çoğumuz müziği besteleyemesek, hatta icra edemesek bile onu takdirle karşılarız. Benzer şekilde, neredeyse her insan, bilimin mühim fikirlerine ulaşabilir ve bunlardan keyif alabilir; eğer nakledilenler, teknik olmayan kelimeler ve basit imgeler kullanmışsa. Teknik detaylar göz korkutucu olabilir ama onları uzmanlara bırakabiliriz.

Teknolojideki ilerlemeler, çoğu insanın, önceki nesillerden daha güvenli, daha uzun ve daha tatmin edici hayatlar yaşadığı bir dünyaya yol açtı ve bu pozitif trendler devam edebilir. Diğer taraftan, çevresel bozulma, kontrolsüz iklim değişikliği ve gelişmiş teknolojinin beklenmedik dezavantajları, bu ilerlemenin tamamlayıcıları. Teknolojinin daha fazla yönettiği, enerji ve kaynakları daha fazla talep eden, daha yüksek popülasyonlu bir dünya, toplumumuzda ciddi, hatta feci gerilemeleri tetikleyebilir.

Halk iki tür tehdit hakkında hâlâ inkârda: Kolektif şekilde biyosfere verdiğimiz zarar ile bireyler ya da küçük grupların uyardığı korku ya da hatalara bağlı dünyamızın büyük hassa-

siyetinden kaynaklanan tehditler. Üstelik bu yüzyılın yeniliği, bir felaketin küresel şekilde yankılanması. Jared Diamond' *Çöküş*[6] kitabında, beş farklı topluluğun nasıl ve neden çürüdüğünü ya da felaketlerle karşılaştığını tanımlıyor ve bazı modern toplumlardan zıt örnekler veriyor. Fakat bu olaylar küresel değildi; mesela Kara Ölüm'' Avustralya'ya ulaşmadı. Ama bizim ağ tabanlı dünyamızda, ekonomik çöküş, salgın hastalık ya da global yiyecek tedarikindeki çöküşün sonuçlarından saklanacak hiçbir yer olmazdı. Başka küresel tehditler de var; örneğin, bir nükleer alışveriş sonrasındaki yoğun yangınlar kalıcı bir "nükleer kış" yaratabilir; en kötü senaryoda, birkaç yıl konvensiyonel ekinler''' yetiştirerek önlenebilir. (Ayrıca bir asteroit etkisi ya da süper yanardağ patlamasından sonra da olabilir.)

Böylesi bir kötü durumda, kolektif akıl hayati olabilir. Hiçbir insan, çeşitli teknolojilerin sentezi akıllı telefonları tamamen anlayamaz. Doğrusu, ekstrem hayatta kalma filmlerindeki gibi, bir "kıyametten" sonra zor duruma düşersek demir çağının basit teknolojileri ve tarım neredeyse hepimizi aşar. Bu yüzden yeri gelmişken; Gaia hipotezini (yani kendini düzenleyen gezegensel ekoloji) ortaya atan bilge James Lovelock'''' basit teknolojiyi kodlayan "hayatta kalma rehberinin" hazırlanması, geniş şekilde dağıtılması ve güvenle saklanması gerektiğini ileri sürdü. Bu zorlu görev, örneğin, Birleşik Krallık gökbilimcisi Lewis Dartnell tarafından, muhteşem kitabı *Uygarlığı Yeniden Nasıl Kurarız?*'da ele alındı.[7]

Amerikalı biliminsanı ve popüler bilim kitapları yazarı. *Tüfek, Mikrop ve Çelik* isimli eseriyle tanınan Diamond, Pulitzer ödüllüdür. – *ç.n.*

14. yüzyılda yaklaşık iki yüz milyon kişinin ölümüne neden olan Kara Veba, insanlık tarihindeki en ölümcül salgın hastalıktır. – *ç.n.*

*** Konvensiyonel yani geleneksel tarım, tarım ilaçları ve çeşitli kimyasallar kullanarak en yüksek verimi elde etmeyi amaçlayan metottur. – *ç.n.*

**** Gaia hipotezi ile tanınan İngiliz biliminsanı, çevre hakkında kitaplar yazarak insanları sera etkisi ve küresel ısınma konusunda uyardı. – *ç.n.*

Daha fazlası, küresel tehlikelerin olasılığını hesaplamak ve bunu minimize etmek için yapılmalı. Biz bu tehlikelerin gölgeleri altında yaşıyoruz ve insanlık için riskler artıyor. Teknik açıdan güçlendirilmiş başıboşluklardan ortaya çıkan tehditler çoğalıyor. Sorunlar bizi, milletlerarası plan yapmaya zorluyor. (Mesela bir pandeminin küresel çapta olup olmayacağı, Vietnamlı bir tavuk çiftçisinin tuhaf bir hastalığı ne kadar hızlı rapor edeceğine bağlı.) Birçok zorluk -örneğin, tehlikeli iklim değişikliğinden kaçınırken Dünya'nın enerji ihtiyacını nasıl karşılayacağına karar vermek ve sürdürülebilir bir çevreyi tehlikeye atmadan dokuz milyar insanın yiyecek kaynağı güvenliğini sağlamak- onyıllar süren zaman aralıkları içeriyor ki bunlar açıkça, çoğu politikacının "konfor alanının" epey dışında. Burada, uzun vadeli ve küresel açıdan plan yapmada kurumsal bir başarısızlık var.

Geleceğe ait teknolojilerin yanlış uygulanmasının tehlikelere hatta felaketlere yol açabileceğini inkâr edemeyiz. Hangi risklerin güvenilir olduğunu, hangilerinin bilimkurgu olarak gözden çıkarılabileceğini ölçmek ve ilk gruptakilere uygulanacak önlemlere odaklanmak için en iyi uzmanlıktan faydalanmak mühim. Bu nasıl yapılabilir? İlerleme hızını kontrol etmek uygulanabilir değil, hele tehlikeli olması muhtemel gelişmeleri tamamen bırakmak. Tabii bir organizasyon kesenin ağzını tutmadıkça ki bu, ticari, filantropik ve idari karışımı fonlamaya sahip global bir dünyada tümüyle gerçek dışı. Fakat düzenlemeler yüzde 100 etkili olmanın yanına yaklaşamasa ve bir "dürtmeden" biraz fazlasını sağlayabilse bile "sorumluluk sahibi yenilenmeyi" desteklemek amacıyla yapabileceğinin hepsini yapmak bilimsel topluluk için önemli. Bilhassa çeşitli yeniliklerin gerçekleştiği düzeni etkilemek hayati olabilir. Örneğin, çok güçlü bir yapay zekâ "ipini kopardığında", diğer gelişmeleri kontrol etmek için çok geç olabilir; diğer taraftan, kati insan kontrolü altındaki fakat hayli hünerli bir yapay zekâ, biyoteknoloji ya da nano teknolojiden gelen riski azaltmada yardımcı olabilir.

Milletlerin, Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu ve Dünya Sağlık Örgütü yanında, yeni global kuruluşlara daha fazla egemenlik vermeye ihtiyacı olabilir. Halihazırda hava ulaşımını, radyo frekansı paylaşımını ve benzerlerini düzenleyen uluslararası kurumlar var. Paris sonrası iklim değişikliği anlaşması gibi protokoller de var. Enerji üretimini planlama, su kaynaklarını paylaşmayı sağlama ve yapay zekâyla uzay teknolojisinin sorumlu işletimi için böyle daha fazla kuruma ihtiyaç duyulabilir. Ulusal sınırlar şimdi, bilhassa Google ve Facebook gibi yarı tekeller tarafından aşındırılıyor. Yeni organizasyonlar, devlete karşı mesuliyetlerini korumak zorunda ama (şimdi olduğu ve gelecekteki onyıllarda olacağı gibi) sosyal medyayı kullanmaya ve halkı dahil etmeye ihtiyaç duyacaklar. Sosyal medya kampanyalarında devasa rakamlar elde ediliyor ancak bağlılık kıstası çok düşük, bu yüzden katılımcılarda, geçmiş kitlesel hareketlerdeki adanma eksik oluyor. Ayrıca medya, bir protestoyu düzenlemeyi kolaylaştırıyor ve tüm muhalif azınlıkları büyütüp yönetimin zorluklarına ekliyor.

Peki dünya, milli devletlerle yönetilebilir olacak mı? İki trend, kişilerarası güveni azaltıyor: İlki, rutin şekilde uğraşmak zorunda olduklarımızın uzaklığı ve globalliği; ikincisi, modern yaşamın, aksaklığa karşı yükselen hassasiyeti; "hackerların" ya da muhaliflerin, küresel biçimde yayılacak olayları tetikleyebileceğini fark etmek. Bu trendler, gelişen güvenlik tedbirlerini zorunlu kılıyor. Günlük hayatımızda zaten rahatsız edici şeyler var -güvenlik görevlileri, çetrefilli şifreler, havalimanı aramaları vesaire- fakat bunlar muhtemelen daha da sinir bozucu hâle gelecek. Blok zinciri* (açık erişimi güvenlikle kombinleyen, alenen dağıtılmış defter) gibi yenilikler, tüm interneti daha güvenli bir hâle getiren protokoller önerebilir. Geleneksel finansal enstitülerden bağımsız işleyen kripto para

* Şifre kullanarak güvenli hâle getirilen ve sürekli büyüyen bir dijital kayıt defteridir. Bitcoin gibi kripto para birimlerinde güvenliği sağlamak için kullanılır. – *ç.n.*

birimlerine dayalı bir ekonomiye izin veren güncel uygulamaları, iyi huyludan ziyade zararlı görünüyor. Ekonominin ne kadarının, birbirimize güvenebileceğimizi hissetseydik gereksiz olacak aktivite ve ürünlere tahsis edildiğini fark etmek hem faydalı hem üzücü.

Ülkelerin zenginlik ve refah seviyesi arasındaki uçurum, pek az daralma işareti gösteriyor. Eğer ısrarcı olurlarsa kalıcı bozulma riski büyüyecek. Çünkü dezavantajlı durumdakiler, kötü vaziyetlerindeki adaletsizliğin farkında; seyahat daha kolay; bu nedenle, güçlenirlerse göç dalgalarını kontrol etmek için daha agresif önlemlere ihtiyaç duyulacak. Fonların geleneksel yolla doğrudan transferi bir yana, internet ile ardılları, eğitim ve sağlık faydalarının daha geniş yayılması için dünyanın her yerinde servislerin sağlanmasını kolaylaştırmalı. Daha zayıf ülkelerdeki hayat kalitesini ve iş fırsatlarını geliştirmeye ziyadesiyle yatırım yapmak (sıkıntıları minimize edip "seviye atlatmak") varlıklı dünyanın yararına.

Paylaşılan Umutlar ve Korkular

Tüm biliminsanlarının, vatandaş olarak da yükümlülükleri var. Bilimsel araştırmanın kendisiyle çelişen ahlaki sorumluluklar var: Minicik dahi olsa felakete yol açma riski bulunan deneylerden kaçınmak ve araştırma hayvan ya da insan denekler içerdiğinde etik bir koda saygı duymak. Fakat araştırma, laboratuvarın ötesine dallanıp budaklandığında ve tüm vatandaşları ilgilendiren muhtemel bir sosyal, ekonomik, ahlaki etkiye sahip olduğunda bunu takip etmek zorlaşıyor ya da ciddi, ancak değer görmemiş bir tehdit açığa çıkardığında. Üzerindeki kontrolünüz az olsa bile, yetişkinlikte çocuğunuza ne olduğunu önemsemezseniz, bu sizi zayıf bir ebeveyn yapar. Benzer şekilde, biliminsanları, fikirlerinin meyvesine, yani yaratılarına karşı farklı olmamalı. Ticari veya diğer türlü, iyi huylu ev-

latlara sahiplenici olmalılar. İşlerinin şüpheli ya da tehdit edici uygulamalarına karşı yapabildikleri kadar direnmeliler ve uygun bulduklarında politikacıları uyarmalılar. Eğer bulguları -sert şekilde ve sık olacağı gibi- ahlaki hassasiyetleri yükseltirse halkla kontak kurmalı ve kendi uzmanlıkları dışında belirgin bir yeterlilikleri olmadığının farkına varmalılar.

Geçmişten bazı iyi misaller vurgulanabilir: Örneğin, İkinci Dünya Savaşı sırasında ilk nükleer silahlarını geliştiren atomcu biliminsanları. Kader, onlara tarihte asli bir vazife verdi. Aralarından birçoğu, mesela Joseph Rotblat, Hans Bethe, Rudolf Peierls ve John Simpson gibi adamlar (sonraki yıllarında hepsini tanıma ayrıcalığına sahip olmuştum) barış zamanında akademik uğraşlarına dönünce rahatladı. Fakat onlar için fildişi kulesi bir sığınak değildi. Yalnızca akademisyen olarak değil, ilgili vatandaşlar olarak da devam ettiler, ulusal akademilerle, Pugwash hareketiyle* ve diğer kamusal forumlarla salıverilmesine yardım ettikleri gücü kontrol etmek için olan gayretleri desteklediler. Onlar, kendi zamanlarının simyacısıydı, gizli özel bilgilerin hâkimiydi.

Önceki bölümlerde ele aldığım teknolojiler, nükleer silahlar kadar önemli sonuçlara sahip. Fakat "atomcu biliminsanlarının" aksine, neredeyse tüm bilimleri kapsayan yeni mücadelelerle yüz yüze gelenler çoğunlukla milletlerarası oluyor; ticari sektörlerde, akademide ve hükümette çalışıyorlar. Onların bulgu ve endişelerinin, planlama ve politika yapanları bilgilendirmesine ihtiyaç var. Peki, bu en iyi nasıl yapılabilir?

Siyasiler ve kıdemli yetkililerle doğrudan bağ kurmak yardımcı olabilir; sivil toplum örgütleri ve özel sektörle bağ kurmak da

---

* Bilim ve dünya ilişkileri üzerine Pugwash konferansı. 1957 yılında biliminsanları ve önde gelen entelektüeller, silahlı çatışmaları azaltmak ve uluslararası güvenliği sağlamak amacıyla bir araya geldi. Bu toplantı Nobel Barış Ödülü'ne layık görüldü. - *ç.n.*

Doğanın araştırılması ve elementlerin dönüştürülmesi üzerine çalışmalar yürüten simyacılar, eski uygarlıkların kimyacılarıdır. - *ç.n.*

öyle. Ama hükümet danışmanı olarak hizmet veren uzmanların, genelde hayal kırıklığına uğratacak kadar az etkisi oluyor. Politikacılar, mesaj kutularından ve basından etkileniyor ama. Biliminsanları bazen "dışarıdakiler" olarak daha çok şey başarabilir; aktivistler de mesajlarını geniş çapta okunan kitaplarla, kampanya yapan gruplarla, blogculuk ve gazetecilikle ya da çeşitli bakış açılarıyla da olsa politikacılar yoluyla duyurabilir. Sesleri, geniş bir kitleyle medyada yankılanır ve büyürse, uzun dönemli küresel hedefler politik gündemde yer bulur.

Örneğin Rachel Carson* ve Carl Sagan, ikisi de ilgili biliminsanının, kendi kuşaklarındaki önde gelen örneğiydi. Yazıları ve konuşmaları vasıtasıyla muazzam etki bıraktılar. Ve bu, sosyal medya ile Twitter çağından önceydi. Sagan bugün hayatta olsa, "bilim yürüyüşünün"** bir lideri olurdu, tutkusu ve belagatiyle kalabalıkları heyecanlandırırdı.

Akademide ya da kişisel girişimcilikte bulunanların özel bir yükümlülüğü var; kamusal münazaralara katılmada, hükümet hizmetinde veya endüstride çalışanlardan daha çok özgürlüğe sahipler. Ayrıca akademisyenler, öğrencileri etkilemek için özel bir fırsata sahipler. Araştırmalar, sürpriz olmayan şekilde gösteriyor ki, yüzyılın çoğunluğunda hayatta kalmayı uman genç insanlar, uzun dönemli ve global sorunlar hakkında daha ilgili ve endişeli. Örneğin, "etkili özgecilik"*** kampanyalarındaki öğrenci katılımı artıyor. William MacAskill'in**** kitabı *Doing Good Better*[8] çetin bir manifesto. Gelişen ya da

* Çevre kirliliği üzerine yazılarıyla tanınan Amerikalı deniz biyoloğu. Tarım ilaçlarının zararlı etkilerine dikkat çektiği kitabı *Sessiz Bahar* ile çevre hareketini başlatan kişilerden biri olmuştur. – *ç.n.*

** İlk kez 2017'de yapılan ve altı yüzden fazla şehirde tekrarlanan yürüyüşün amacı, bilimi ve bilimin günlük yaşantımızdaki rolünü kutlamaktır. – *ç.n.*

*** Özgecilik ya da diğer adıyla diğerkâmlık, başkalarının yararını en az kendi yararı kadar düşünmeyi ifade eder. – *ç.n.*

**** Etkili özgecilik hareketinin yaratıcılarından biri olan İskoç felsefeci ve yazar. – *ç.n.*

muhtaç durumdaki milletlere ayrılmış mevcut kaynakların, iyi hedeflenmiş bir yeniden düzenlemeyle insanların hayatlarında önemli ve anlamlı iyileşmeler başarabileceğini bize hatırlatıyor. Varlıklı vakıflar daha çok "çekişe" sahip (özellikle çocuk sağlığında devasa etkisi olan Bill & Melinda Gates Vakfı model), fakat onlar bile, eğer vatandaşlarından baskı gelseydi ulusal hükümetlerin bırakabileceği etkiyi karşılayamazdı.

Dünyadaki dinlerin rolünü halihazırda vurguladım; uzun vadeli düşünen ve küresel toplulukları, bilhassa fakirleri umursayan cemaatleri. Kaliforniya kökenli seküler bir organizasyon olan Long Now Vakfı'nın* bir girişimi, her yere nüfuz eden mevcut "kısa vadeciliğimize" hayli ters düşen bir sembol yaratacak. Nevada'nın derinliklerindeki bir mağarada, devasa bir saat inşa edilecek; on bin yıl boyunca (çok yavaş şekilde) çalışması tasarlanan saat, bu zaman diliminde her gün farklı bir ahenkle ses çıkarmaya programlandı. Onu bu yüzyılda ziyaret edenlerimiz, katedrallerden uzun yaşaması amacıyla inşa edilen bir abideyi seyredecek ve şu andan on bin yıl sonra hâlâ çalışmasını ve neslimizden bazılarının da hâlâ ziyaret etmesini ummak için ilham alacak.

Aşinalığımızın bulunmadığı, yıkıcılığı muhtemel risklerin gölgesinin altında yaşasak da herkesin, bugün "Batıdakilerin" sahip olduğundan daha iyi bir yaşam stilinin keyfini çıkardığı, sürdürülebilir ve güvenli bir dünyaya ulaşmamız için *bilimsel* bir engel yok görünüyor. Teknolojideki efor dengesinin yeniden yönlendirilmesi gerekse de teknolojik optimistler olabiliriz. Bilhassa biyoteknoloji, gelişmiş yapay zekâ, jeomühendislik gibi alanlardaki "sorumlu inovasyon" kültürüyle ve dünyanın teknolojik gayretinin atılımlarını önem sırasına göre düzenleyerek riskler minimize edilebilir. Bilim ve teknoloji hakkında iyimser kalmaya devam etmeliyiz, süreci

* 1996 senesinde San Francisco'da kurulan vakıf, günümüzde hâkim olan "daha hızlı ve daha ucuz" zihniyetine karşı "daha yavaş ve daha iyi" anlayışını savunur. – *ç.n.*

frenlememeliyiz. "İhtiyatlılık ilkesinin"* kuramsal uygulamasının, belirgin bir dezavantajı var. Küresel tehditlerle başa çıkmak daha fazla teknoloji gerektiriyor; fakat sosyal bilim ve etikle yönlendirilen teknoloji.

Kontrolü zor jeopolitika ve sosyoloji -olasılıklar ve aslında olanlar arasındaki uçurum- kötümserliğe neden oluyor. Tarif ettiğim senaryolar, çevresel tahribat, kontrolsüz iklim değişikliği ve gelişmiş teknolojinin istenmeyen sonuçları, toplumda ciddi, hatta yıkıcı gerilemeleri tetikleyebilir. Fakat bunlar, uluslararası şekilde ele alınmak zorunda. Uzun vadede ve küresel biçimde plan yapmada kurumsal bir başarısızlık var. Politikacılar kendi seçmenlerine ve gelecek seçimlere dikkat kesiliyor. Hissedarlar kısa vadede bir ödeme bekliyor. Şu an bile, uzak ülkelerde yaşananları önemsiz addediyoruz. Yeni nesillere bırakacağımız problemleri ziyadesiyle küçük görüyoruz. Hükümetler, daha geniş bir bakış açısı olmadan -bu kalabalık dünyada hep beraber olduğumuzu fark etmeden- gezegenin tarihinde kısa bir ansa da politik perspektifte uzun vadeli projelere hakkınca öncelik vermeyecek.

"Uzay gemisi dünya"** boşlukta hızla savruluyor. Yolcuları gergin ve kavgacı. Yaşam destek sistemleri, bozulmalara ve çökmelere karşı savunmasız. Fakat ortada çok az planlama, çok az ufuk taraması, çok az uzun vadeli risk farkındalığı var. Gelecek kuşaklara tükenmiş ve tehlikeli bir dünya miras bırakmamız utanç verici olur.

Bu kitaba, H.G. Wells'ten alıntı yaparak başlamıştım. Geçen yüzyılın ikinci yarısından bilimsel bir pir olan Peter Medawar'ın sözlerini anımsayarak bitiriyorum: "İnsanlık için çalan ziller -en azından çoğu- Alplerdeki sığırların zilleri gibi

---

* Riskleri önceden belirleyip tedbir almayı amaçlayan görüş. – *ç.n.*

** Fransız astronot Thomas Pesquet'in 2018 yılında The Guardian'a verdiği röportajda söylediği gibi: "Dünya yalnızca, mürettebatı olan büyük bir uzay gemisi. Onunla ilgilenilmesi gerekiyor." – *ç.n.*

boynumuza tutturulmuşlar; neşeli ve uyumlu bir ses çıkarmazlarsa bu bizim hatamız olur."[91]

Şimdi yaşamın kaderinin iyimser bir vizyonu için tam zamanı, bu dünyada ve belki de onun çok ötesinde. Global, mantıklı ve uzun vadeli şekilde düşünmeye ihtiyacımız var, 21. yüzyıl teknolojisiyle güçlendirilmiş ancak sadece bilimin karşılamayacağı değerlerin rehberlik ettiği bir düşünce biçimine.

REFERANSLAR
İNSAN ÇAĞINA DERİN BİR BAKIŞ

1 The Earl of Birkenhead, *The World in 2030 AD*, London, Hodder and Stoughton, 1930.

2 Martin Rees, *Our Final Century,* London, Random House, 2003. Basic Books tarafından basılan Birleşik Devletler edisyonu Our Final Hour şeklinde tekrar isimlendirildi. [Türkçesi için bkz. Martin Rees, *Dünyanın Sonu: Son Saat*, (Çev. Yasemin Engin, İstanbul, 1001 Kitap, 2007.)]

3 24 Ocak 1902'de Londra Kraliyet Enstitüsü'nde H.G. Wells tarafından verilen ve sonrasında aynı başlığa sahip bir kitapta basılan "The Discovery of the Future" dersi; [Türkçesi için bkz. H.G. Wells, *Geleceğin Keşfi*, (Çev. Ece Işıktaş, İstanbul, Ganzer Kitap, 2020.)]

4 Ocak 2013 tarihli Savunma Bilim Kurulu raporu "Dayanıklı Askerî Sistemler ve Siber Tehdit". Benzer kaygılar, General Petraeus ve diğer üst düzey Birleşik Devletler figürleri tarafından yinelendi.

5 Birleşmiş Milletler'in "Dünya Nüfus Beklentileri" 2017 revizyonu, 2050 nüfusu için 9.7 milyar tahmininde bulunuyor. Diğer bir yetkili kaynak olan Uluslararası Uygulamalı Sistem Analizi Enstitüsü ise biraz daha düşük bir sayı öngörüyor.

6 Dünya gıda ve su kaynakları üzerine birçok rapor var; örneğin 2013 raporu "Dünya'nın Geleceğini Modelleme", Kraliyet Cemiyeti ve Ulusal Bilimler Akademisi tarafından ortaklaşa hazırlandı.

7 "Ortak Geleceğimiz" raporu Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından 1987'de yayımlandı.

8 Juncker'in sözleri *Economist*'te. (15 Mart 2007 alıntılandı.)

9 "Gezegen sınırları" konsepti, Stockholm Dayanıklılık Merkezi'nin 2009 yılındaki bir raporunda açıklanmıştı.

10 E.O. Wilson, *The Creation: An Appeal to Save Life on Earth*, New York, W. W. Norton, 2006.

11 2-6 Mayıs 2014 tarihli "Sürdürülebilir İnsanlık, Sürdürülebilir Doğa: Sorumluluğumuz" başlıklı konferansa, Papalık Bilimler Akademisi ve Papalık Sosyal Bilimler Akademisi birlikte sponsor oldu.

12 Alfred Russel Wallace, *The Malay Archipelago*, London, Harper, 1869.

13 *The Skeptical Environmentalist*, Cambridge Üniversitesi Yayınları tarafından 2001'de basıldı. Kopenhag Mutabakatı, Kopenhag'daki Çevresel Değerlendirme Enstitüsü'nün himayesinde 2002'de kuruldu.

14 Bu projeye dahil olan biliminsanları La Jolla, San Diego'daki Kaliforniya Üniversitesi'nden C. Kennel ve Birleşik Krallık'tan Emily Shuckburgh ile Stephen Briggs.

15 The Stern Review Report on Economics of Climate Change, HM Treasury, UK, 2006.

16 G. Wagner and M. Woltzman, *Climate Shock and the Economic Consequences of a Hotter Planet*, Princeton, NJ, Princeton University Press, 2015.

17 W. Mischel, Y. Shoda and M.L. Rodriguez, "Delay of Gratification in Children", *Science*, 244 (1989): 933-38.

18 "Cuba's 100-Year Plan for Climate Change", *Science*, 359 (2018): 144-45.

19 Birleşik Krallık'ta, döngüsel ekonomi, dünyanın çevresini turlayan yüksek profilli denizci Ellen MacArthur'un desteğiyle ilgi kazandı.

20 Harika bir jeomühendislik araştırması. Oliver Morton, *The Planet Remade: How Geoengineering Could Change the World*, Princeton, NJ, Princeton University Press, 2016.

İNSANLIĞIN DÜNYADAKİ GELECEĞİ

1 Robert Boyle'ın arşivleri, bilhassa da bu belge, Kraliyet Cemiyeti'nin 2010 tarihli bir raporunda Felicity Henderson tarafından tartışıldı.

2 Bu liste online şekilde bulunabilir. https://www.telegraph.co.uk /news/uknews/7798201/Robert-Boyles-Wish-list.html.

3 Bu gelişmelerle ilgili iki kolay erişilebilir kitap var. İlki, Jennifer A. Doudna ve Samuel S. Sternberg, *Yaratılıştaki Çatlak* (Çev. Mehmet Doğan, İstanbul, Koç Üniversitesi Yayınları, 2018). (Jennifer Doudna, CRISPR/Cas9'un mucitlerinden biri.) İkincisi, Siddhartha Mukherjee, *Gen* (Çev. Cem Duran, İstanbul, DomingoYayınevi, 2018).

4 Alberta Üniversitesi'nden D. Evans ve R. Noyce'un makalesi *PLOS One*'da var ve 19 Ocak 2018'de *Science News*'da kritik edildi. Ryan S. Noyce, Seth Lederman, and David H. Evans, "Construction of an Infectious Horsepox Virus Vaccine from Chemically Synthesized DNA Fragments", *PLOS One*, Ocak 19, 2018: https://doi.org/10.1371/journal .pone.0188453.

5 Chris D. Thomas, *Inheritors of the Earth*, London, Allen Lane, 2017.

6 Steven Pinker, *Doğamızın İyilik Melekleri: Şiddet Neden Azaldı?*, Çev. İlkay Alptekin Demir, İstanbul, Alfa Yayıncılık, 2019.

7 Freeman Dyson, *Dreams of Earth and Sky*, NewYork, Penguin Random House, 2015.

8 Bu gelişmelere genel bir bakış, Murray Shanahan, *The Technological Singularity* (Cambridge, MA: MIT Press, 2015) ve Margaret Boden, *AI: Its Nature and Future* (Oxford, Oxford University Press, 2016) tarafından yapıldı. Daha spekülatif bir "tutuş" ise Max Tegmark, *Yaşam 3.0: Yapay Zeka Çağında İnsan Olmak*, (Çev. Ekin Can Göksoy, İstanbul, Pegasus Yayınları, 2019) ile sunuldu.

9 David Silver et al., "Mastering the Game of Go without Human Knowledge", *Nature*, 550 (2017): 354-59.

10 https://en.wikipedia.org/wiki/Reported_Road_Casualties _Great_Britain.

11 Mektup, MIT kaynaklı Yaşamın Geleceği Enstitüsü tarafından organize edildi.

12 Stuart Russell 6 Ocak 2018 tarihli *Financial Times* tarafından alıntılandı.

13 Ray Kurzweil, *İnsanlık 2.0: Tekilliğe Doğru Biyolojisini Aşan İnsan*, Çev. Mine Şengel, İstanbul, Alfa Yayınları, 2016.

14 P. Hut and M. Rees, "How Stable Is Our Vacuum?", *Nature*, 302 (1983): 508-9.

15 Derek Parfit'in argümanları *Reasons and Persons* (New York, Oxford University Press, 1984)'ın dördüncü bölümünde sunulmuş.

16 Bu ekstrem risklerin iyi araştırmaları, Nick Bostrom and Milan Ćirković, eds., *Global Catastrophic Risks* (Oxford, Oxford University Press, 2011) ile Phil Torres, *Morality, Foresight, and Human Flourishing: An Introduction to Existential Risks* (Durham, NC: Pitchstone, 2018)'de verilmiş.

KOZMİK BİR PERSPEKTİFTE İNSANLIK

1 Carl Sagan, *Pale Blue Dot: A Vision of a Human Future in Space*, New York, Random House, 1994 [Türkçesi için bakınız: Carl Sagan, *Soluk Mavi Nokta*, (Çev. Süha Sertabiboğlu, İstanbul, Ayrıntı Yayınları, 2021)].

2 Alfred Russel Wallace, *Man's Place in the Universe*, London, Chapman and Hall, 1902. (Bu kitap Gutenberg projesiyle ücretsiz şekilde indirilebilir.)

3 Michel Mayor and Didier Queloz, "A Jupiter -Mass Companion to a Solar-Type Star", *Nature*, 378 (1995): 355-59.

4 Kepler uzay aracından sonuçlar hakkında en iyi bilgi NASA'nın internet sitesinde bulunabilir: https://www.nasa.gov /mission_pages/kepler/main/index.html.

5 Michaël Gillon et al., "Seven Temperate Terrestrial Planets Around the Nearby Ultracool Dwarf Star TRAPPIST-1", *Nature*, 542 (2017): 456-60.

6 Lazer ivmesi, 1970'lerde, vizyoner mühendis Robert Forward tarafından tartışıldı. Daha güncel yıllarda, P. Lubin, J. Benford ve diğerleri tarafından daha detaylı çalışmalar yapıldı. Yuri Milner'ın Breakthrough Foundation'ı tarafından desteklenen Starshot Projesi disk boyutundaki bir sondanın, ışık hızının yüzde yirmisine çıkartılmasıyla, en yakın yıldızlara yirmi sene içinde ulaşmasının mümkün olup olmadığını ciddi biçimde araştırıyor.

7 Jim Al-Khalili, *Uzaylılar Bilim Soruyor: Orada Kimse Var mı?* (Çev. Barış Emre Alkım, İstanbul, Domingo Yayınevi, 2017) ve Nick Lane, *Yaşam Neden Var?* (Çev. Ebru Kılıç, İstanbul, Koç Üniversitesi Yayınları, 2016) konuya giriş için iyi.

8 Pulsarlar üzerinde devasa bir literatür var ama genel bir bakış Geoff McNamara, *Clocks in the Sky: The Story of Pulsars* (New York, Springer, 2008) tarafından veriliyor.

9 Hızlı radyo patlamaları üzerinde yoğun şekilde çalışılıyor ve fikirler süratle değişiyor. En iyi referans Wikipedia, https://en.wikipedia.org/ wiki/Fast_radio_burst.

BİLİMİN SINIRLARI VE GELECEĞİ

1 Conway'in biyografisi: Siobhan Roberts, *Genius at Play: The Curious Mind of John Horton Conway*, New York, Bloomsbury, 2015.

2 Bu makale Eugene Wigner, *Symmetries and Reflections: Scientific Essays of Eugene P. Wigner* (Bloomington, Indiana University Press, 1967)'de bulunabilir.

3 Alıntı, Paul Dirac'ın 1931 tarihli klasik bir makalesinden: "Quantised Singularities in the Electromagnetic Field", *Pro- ceedings of the Royal Society A*, 133 (1931): 60.

4 Bu buluş ve bağlamının harika bir izahati Govert Schilling in *Ripples in Spacetime* (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 2017)'de veriliyor.

5 Freeman Dyson, "Time without End: Physics and Biology in an Open Universe", *Reviews of Modern Physics*, 51 (1979): 447-60.

6 Martin Rees, *Before the Beginning: Our Universe and Others*, New York, Basic Books, 1997.

7 David Deutsch, *The Beginning of Infinity: Explanations That Transform the World*, New York, Viking, 2011.

8 Darwin, Asa Gray'e yazılan 22 Mayıs 1860 tarihli bir mektupta. Darwin Mektuplaşma Projesi, Cambridge Üniversitesi Kütüphanesi.

9 William Paley, *Evidences of Christianity* (1802).

10 Bu kısmın parçaları ilk olarak Martin J. Rees, "Cosmology and the Mulitverse", *Universe or Multiverse* (ed. Bernard Carr, Cambridge, Cambridge University Press, 2007)'de ortaya çıktı.

11 John Polkinghorne, *Science and Theology*, London, SPCK/ Fortress Press, 1995.

SONUÇ

1 E.O. Wilson, *Genç Bilimadamına Mektuplar*, Çev. Mihriban Doğan, İstanbul, Say Yayınları, 2015.

2 Karl Popper'ın bilimsel metot üzerine önemli çalışması Karl Popper, *Bilimsel Araştırmanın Mantığı* (Çev. İlknur Aka, İstanbul, Yapı Kredi Yayınları, 2022), 1934'te basılan Almanca orijinalin bir çevirisi. Geçen yıllarda, Popper, siyasi teoriye olan hayli etkileyici katkısıyla (*Açık Toplum ve Düşmanları*, Çev. Mete Tunçay, Harun Rızatepe, Ankara, Liberte Yayınları, 2018) şöhretini güçlendirdi.

3 P. Medawar, *The Hope of Progress*, Garden City NY, Anchor Press, 1973, s. 69.

4 Thomas Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, Çev. Nilüfer Kuyaş, İstanbul, Kırmızı Yayınları, 2017.

5 Tim Lewens, *Bilimin Anlamı*, Çev. Kerem Kaynar, İstanbul, İletişim Yayınları, 2021. Popper, Kuhn ve diğerlerinin bakış açıları hakkında net eleştiriler sunuyor.

6 Jared Diamond, *Çöküş: Toplumlar Başarısızlığı ya da Başarıyı Nasıl Seçerler?*, Çev. Barış Baysal, İstanbul, Pegasus Yayınları, 2019.

7 Lewis Dartnell, *Uygarlığı Yeniden Nasıl Kurarız?*, İstanbul, Koç Üniversitesi Yayınları, 2016. Böyle kitaplar eğitici oluyor. Çoğumuzun, bel bağladığımız basit teknolojiler hakkında cahil olması kesinlikle acınası.

8 William MacAskill, *Doing Good Better: Effective Altruism and How You Can Make a Difference*, New York, Random House, 2016.

9 *The Future of Man* (1959).



DİZİN

A

Afrika, 36, 37, 38, 40, 50, 73, 84, 108, 148

Alexey Leonov, 111

Alfred Russel Wallace, 40, 103, 178, 179

AlphaGo, 75, 76, 89, 149

Altın pirinç, 34

Andrei Linde, 146, 147

Andrey Kolmogorov, 136

Andromeda Galaksisi, 140

Antarktika, 44

Antroposen, 25, 39

Apollo 8, 99, 110

Armageddon, 30

Asa Gray, 152, 180

Avrupa, 12, 20, 31, 33, 36, 37, 38, 42, 49, 50, 62, 69, 74, 79, 81, 84, 114, 161

Avrupa Uzay Ajansı, 114

B

Bacon, 59

Bilimler Akademisi, 59, 177

Bill & Melinda Gates Vakfı, 174

Bill Anders, 99

Bill Borucki, 107

Bill Gates, 17, 49

Birleşik Devletler, 4, 12, 30, 32, 42, 46, 53, 64, 66, 79, 85, 111, 113, 115, 116, 161, 177

Birleşik Krallık, 4, 12, 13, 26, 52, 53, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 80, 84, 168, 178

Birleşmiş Milletler, 14, 37, 38, 39, 40, 177

Biyoteknoloji, 22, 59, 68, 69, 90, 141

Blue Origin, 116

Boyle, 59, 60

Brewster, 103

Bruno, 105

Büyük Patlama, 93, 113, 143, 144, 154, 167

C

Cassini, 114

Challenger, 115

Charles Keeling, 43

Chris Hadfield, 112

Chris Thomas, 67

Christa McAuliffe, 115

Copenhagen Consensus, 46

CRISPR/Cas9, 62, 67, 178

Curiosity, 104, 114

Çin, 14, 33, 49, 73, 75, 116, 166

D

Darwin, 100, 137, 152, 153, 180
David Brewster, 103
Deep Blue, 75
DeepMind, 75, 89
Derek Parfit, 96, 179
Didier Queloz, 105, 179
DNA, 62, 63, 67, 70, 109, 137, 159, 178
Donald Rumsfeld, 148
Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonu, 36
Dünya Sağlık Örgütü, 17, 34, 169
Dyson Küresi, 127

E

E.O. Wilson, 39, 40, 158, 177, 180
Edward Teller, 93
E-ELT, 108, 110
Einstein, 93, 131, 133, 141, 145, 160, 162
Elon Musk, 7, 50, 116, 118
Enerji, 47, 170
ESA, 114, 116
Eugene Wigner, 133, 180

F

Felix Baumgartner, 118
Fosil yakıt, 50, 55
Francis Bacon, 59
Frank Drake, 124
Frank Wilczek, 146
Fransisken, 40
Fransisken tarikatı, 40
Fred Hoyle, 144
Freeman Dyson, 70, 89, 127, 141
Fukushima Daiichi, 52, 54

G

Gaia hipotezi, 168
Gandhi, 36
Garry Kasparov, 75
gaz, 105, 138
Genel Görelilik Teorisi, 93, 131
Geoff Hinton, 74
Gideon Sundback, 158
Giordano Bruno, 105
Glenn, 111
Go, 75, 76, 132, 179
Greenpeace, 35
Gro Harlem, 36
Grönland, 44
Güneş sistemi, 23, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 107, 114, 119, 123, 127, 129

H

H.G. Wells, 27, 176, 177
H1N1, 12
Handel, 76
Hans Bethe, 172
Higgs bozonu, 166
Hindistan, 25, 33, 35, 49, 50, 113
Hiroşima, 28
Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 43, 45

I-İ

Imposibble Foods, 35
Indira Gandhi, 33
ISS, 112
İklim değişikliği, 44
İzlanda, 51

J

Jean-Claude Juncker, 37
Jeotermal enerji, 51

John Glenn, 111
John Polkinghorne, 180
John Simpson, 172
Joseph Rotblat, 172
Juncker, 177
Jüpiter, 104, 105, 106

K

Kara delik, 113
Kara Veba, 12, 168
karbon, 14, 16, 21, 32, 47, 48, 100, 101, 118, 131
Karbondioksit, 43, 45
Karl Popper, 158, 180
Kasparov, 76
Keeling, 43
Kennedy, 30
Kepler, 106, 107, 179
Kimberley Williams, 10, 18
Kopernikçi devrim, 144, 160
Kraliyet Astronomu, 25
Kraliyet Enstitüsü, 27, 177
Kurzweil, 71
Kuzey Amerika, 36, 79, 84
Küba Krizi, 30
Küresel ısınma, 43

L

Lee Sedol, 76
Lewis Dartnell, 168, 181
Lokal Grup, 140, 141
Londra, 27, 41, 59, 75, 177
Los Alamos Laboratory, 93
Ludwig Wittgenstein, 126

M

Manhattan Projesi, 92
Mars, 103, 104, 109, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121
Martin Woltzman, 46
Michaël Gillon, 107, 179
Michel Mayor, 105, 179
Mischel, 47, 178
Mission Innovation, 49
Mo İbrahim, 37
Monsanto, 62
Moore Yasası, 74

N

Narendra Modi, 49
NASA, 104, 106, 110, 111, 114, 115, 116, 179
Neil Armstrong, 99, 111
New Horizons, 114
Newton, 108, 131, 135, 146, 152, 153, 160
Nicholas Stern, 46
Nijerya, 38
Nikolai Kardashev, 124
Nüfus Bombası, 33
Nükleer enerji, 52, 117
Nükleer füzyon, 50, 53

O

Obama, 49
Orthopox virüs, 67

P

Paley, 154
Papalık Bilim Akademisi, 40
Papalık Genelgesi, 40
Parfit, 97
Paris İklim Konferansı, 14, 41, 45, 49
Partha Dasgupta, 9, 18
Paul Crutzen, 39
Paul Dirac, 133, 163, 180
Paul Ehrlich, 33
Pentagon Bilim Kurulu, 32

Peter Medawar, 159
Pfizer, 164
Pinker, 68
Polkinghorne, 155
Popper, 158, 159, 180, 181
Proxima Centauri, 107

R

Rachel Carson, 173
Ray Kurzweil, 71, 179
Robert Boyle, 59, 178
Roma Kulübü, 33
Rosetta, 114
Royal Society, 4, 59, 180

S

Satürn, 104, 106, 114, 166
Shockley, 64
Soğuk Savaş, 30, 31, 32
SolarCity, 50
Square Kilometre Array, 108
Steven Pinker, 68, 178
Steven Weinberg, 138, 147
Stuart Russell, 87, 89, 179
Stuxnet, 32

T

The Better Angels of Our Nature, 68
The Knowledge How to Rebuild Our World from Scratch, 168
The World in 2030, 25
Thomas Kuhn, 159, 180
Tom Lehrer, 30
Trump rejimi, 43
Türlerin Kökeni, 100, 153

U

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu, 17, 169
Uzay, 94, 102, 103, 110, 112, 115, 117, 120, 140, 141, 143, 176
Uzaylı, 90, 97, 123, 133, 162
Vasili Arkhipov, 30
Venüs, 103, 109
Voyager 1, 100

W

Walter Mischel, 47
William MacAskill, 181
William Paley, 153, 180
William Safire, 111
William Shockley, 64
Wolfgang Pauli, 162

Y

Yapay zekâ, 74, 76, 88, 89, 90, 91
Yuri Gagarin, 111
Yuri Milner, 124, 179

"Martin Rees; bir bilim insanı, vatandaş ve 'insanlığın endişeli bir üyesi' olarak geleceğimizle yüzleşiyor. Cesaret ve zarafet ile sentezlediği bu ilk adımı; iklim değişikliği gibi insan kaynaklı sorunlardan Güneş Sistemi içine ve ötesine uzanan baş döndürücü astronomik keşiflere kadar küresel, akılcı, uzun vadeli düşünme için açık bir çağrı."

Barbara Kiser, *Nature*

"Kapsam olarak kısa ancak menzil olarak geniş! *Yarının Dünyası* yeniden tasarlanan genlerden, insan kaynaklı iklim krizine ya da uzaylı bir zekâ ile karşılaşma olasılığımıza; artan insan nüfusuyla Dünya'nın, ancak bilim ve teknoloji "bilgelikle" kullanılırsa gelişebileceğini söylüyor."

Andrew Robinson, *Science*

Dünyaca ünlü biliminsanı ve çok satan yazar Martin Rees'ten insanlığın ve bilimin geleceğine kışkırtıcı ve ilham verici bir bakış!

Değişen dünyanın hızına bilim ile yetişebilmek mümkün mü? Biyoteknoloji, siber teknoloji, robotik ve yapay zekâdaki ilerlemeler düzenli ve sistemli uygulanırsa iklim değişikliğinden nükleer savaşa kadar tüm tehditler engellenebilir mi?

Yarının Dünyası'nda Martin Rees, değişen dünyada insan yaşamını tehdit eden ve edecek olan riskleri sıralayıp çözüm önerilerini sunuyor. Hükümetleri ve toplumu tehditlere karşı uyararak uzun vadede geçerli sonuçlar alınması için uğraşıyor. Teknolojik gelişmeleri sadece büyük bir coşkuyla karşılamayan Rees, uzmanların kontrolünde, yüz yıl sonrasının bile düşünülerek hareket edilmesi gerektiğini söylüyor. *Yarının Dünyası*, bilimin şimdiki ve gelecekti hâlini görmek, düşünmek, eyleme geçmek isteyenler için eşsiz bir çalışma.



KETEBE

YARININ DÜNYASI
MARTIN REES

KİTAP NO	DİZİ ADI
816	KETEBE BİLİM

9 786258 159967

89,00₺