

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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

MICROSOFT CEO'SU SATYA NADELLA'NIN ÖNSÖZÜYLE

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİ ŞEKİLLENDİRMEK

KLAUS SCHWAB

NICHOLAS DAVIS



DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİ ŞEKİLLENDİRMEK

KLAUS SCHWAB

ve

NICHOLAS DAVIS

Çeviren
Nadir Özata



ISBN 978-605-2202-80-7

© 2018, World Economic Forum

Optimist Yayın Grubu San. ve Tic. Ltd. Şti.

Sertifika no. : 11971

Telefon : 0216 481 29 17-18

Faks : 0216 521 10 64

e-posta: optimist@optimistkitap.com

www.optimistkitap.com

facebook.com/optimistkitap

twitter.com/optimistkitap

www.youtube.com/OptimistKitap

www.optimistkitapblog.com

Optimist yayın no. : 480

Konu : İş-Yönetim

Yayına hazırlayan : Zülfü Dicleli

Basım : Şubat 2019, İstanbul

Düzeltili : Esen Güray

Düzenleme ve

Kapak Tasarım : Mebruke Bayram

Baskı ve cilt : Optimum Basım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Sertifika no. : 41707

Tevfikbey Mah.

Dr. Ali Demir Cad. NO:51/1

34295 Küçükçekmece/İstanbul

Tel: 0212 463 71 258

İçindekiler

Türkçe Baskıya Önsöz	5
Önsöz	9
Sunuş	13
Giriş	17
1. KISIM: DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ	21
1. Dördüncü Sanayi Devrimini Bir Çerçeveye Oturtmak	23
2. Noktaları Birleştirmek	38
3. Değerleri Teknolojilere Yerleştirmek	51
Özel Ek: İnsan Haklarına Dayalı Bir Çerçeve	75
4. Tüm Paydaşları Güçlendirmek	78
2. KISIM: TEKNOLOJİLER, FIRSATLAR VE BOZULMA	99
Genel Bakış	101
DİJİTAL TEKNOLOJİLERİ GENİŞLETMEK	107
5. Yeni Bilgi İşlem Teknolojileri	109
6. Blok Zinciri ve Dağıtık Hesap Defteri Teknolojileri	122
7. Nesnelerin İnterneti	137
Özel Ek: Veri Etiği Üzerine Vurgu	153
Özel Ek: Siber Riskler	157
FİZİKSEL DÜNYAYI YENİDEN DÜZENLEMEK	165
8. Yapay Zekâ ve Robotbilim	167
9. İleri Malzemeler	183
10. Eklemeli İmalat ve Çok Boyutlu Yazıcılar	194
Özel Ek: Dronların İyi ve Kötü Yanları	204

İNSANI DEĞİŞTİRMEK	209
11. Biyoteknolojiler	211
12. Nöroteknolojiler	224
13. Sanal ve Artırılmış Gerçeklikler	237
Özel Ek: Sanat, Kültür ve Dördüncü Sanayi Devrimi	
Üzerine Bir Bakış Açısı	252
 ÇEVREYİ BÜTÜNLEŞTİRMEK	257
14. Enerji Üretim, Depolama ve İletimi	259
15. Jeomühendislik	270
16. Uzun Teknolojileri	280
Sonuç: Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek İçin	
Ne Yapabilirsiniz?	293
 Teşekkür	319
Katkıda Bulunanlar	327
Kaynakça	331
Dipnotlar	351

Türkçe Baskıya Önsöz

Sanayi 4.0 kavramı, 2011'den beri biliniyordu ama Davos 2016 ile dünya kamuoyunca da tanındı. Ülkemizde o tarihten bu yana devlet, hükümet, sivil toplum, iş dünyası, üniversiteler bu konuda görüş ve dileklerini dile getirdiler. Konunun strateji boyutunda ele alınması ve koordine edilmesi gereği üzerinde duruldu. Benzer tartışmalar Avrupa Birliği ve diğer ülkelerde de sürüyor.

Sanayi 4.0 kapsamındaki temel konuların daha iyi anlaşılması amacıyla Dünya Ekonomik Forumu Kurucusu ve Başkanı Prof. Dr. Klaus Schwab, ileri teknolojinin küresel refahın artırılmasına “nasıl” katkı sağlayabileceğini örneklerle anlatan ikinci kitabını da yayınladı. İlk kitabında “Sanayi 4.0 nedir” sorusunu tartışan Schwab, bu ikinci kitapta ise Sanayi 4.0 hedef ve amaçlarına “nasıl” ulaşılabileceğine dair bir yol haritası çiziyor. Karar alıcılara önerilerde bulunuyor.

Kitapta ele alınan konular, dijitalleşme öncesi dönemde ortada yoktu: Nesnelerin interneti, blok zinciri, siber savunma ve güvenlik, yapay zekâ, eklemeli imalat (üç boyutlu baskı), dronlar, biyoteknoloji, nörroteknoloji, sanal ve artırılmış gerçeklik (VR, AR), enerji üretiminde yeni fırsatlar, uzay ve yerbilimde yenilikçi yöntemler vb. Hepsi “yeni” isimli bütün bu ve benzeri ileri teknolojilerin yarattığı “sürekli hızlanan” inovasyon döneminin, kapsayıcı bir terimle Sanayi 4.0 olarak adlandırılması adeta kaçınılmazdı.

Halen anlamlandırmaya çalıştığımız bu dönemin öncekilerden farkı, işte bu hızlanma ve ürün çeşitlerinin çokluğu. Bunu,

dijitalleşme sağlıyor. Analog bir üretim ortamında bütün bu inovasyonlar bu hızda ve boyutta gerçekleştirilemezdi. Ama elbette bunun fırsat olduğu kadar, tehdit içeren yanları da var.

Schwab'ın ikinci kitabının başında da dediği gibi, “Sanayi 4.0, yepyeni teknolojilerin toplumsal değişim ve dönüşümü belirlemesinin ötesinde, yükselen ve birbiriyle bağdaşan (yakınsayan) bu güçlü teknolojilerin dünyamızı nasıl etkileyeceğiyle ilgilidir”. Bu anlamda Sanayi 4.0 terimindeki “sanayi” sözcüğünü aslında “birey, toplum, ulus, devlet, uluslararası kurumlar” olarak okuyabiliriz. Çünkü Sanayi 4.0, sadece sanayinin bir sorunu değil.

Tıpkı Sanayi 1.0'da olduğu gibi, ileri teknolojiler beraberinde bireysel, toplumsal, ulus düzeyinde, küresel düzeyde sorunlar da getiriyor. El ve kol gücünden otomasyona geçilmeye başlandığı 1800'lerde şehirlere göç, işsizlik, konut ve barınma sorunları, sağlık ve diğer hizmetlerdeki yetersizlik giderek salgın hastalıklara, toplumsal bunalımların patlamasına, hatta savaşlara neden olmuştu. Sanayi 4.0 döneminde bu tarihin “tekerrür etmesi” hiç gerekmiyor.

Hükümetlerin, Sanayi 4.0 sayesinde ulusal refahı artırmak için nasıl bir yol izleyebileceğini ve yeni teknolojilerin nasıl toplumsal faydaya dönüştürülebileceğini Schwab, bu ikinci kitabında tartışıyor. Örneğin, Sanayi 1.0 döneminde tek tek mucitlerin kişisel vizyon ve gayretiyle ortaya çıkan ürünler, bugün artık neredeyse “platform” düzeyinde ortaya çıkıyor. Bu ise, uluslararası ticaret anlaşmaları ve hukukunun “yeni düzene” uyarlanması gerektiğine bir işaret. Yirminci yüzyılın hukuk kavramları ve iş yapış biçimleriyle 21'inci yüzyılın gerçekliklerine çekidüzen veremeyiz. Bu nedenle Schwab, kitabın son bölümünde “ne yapmalıyız” sorusuna cevap ararken teknolojiye, yönetişimde, kavram ve değerlerin yeniden tanımlanmasında hükümetlerin, iş dünyasının ve bireylerin “doğru stratejik kararları” nasıl alabilecekleri konusunda öneriler getiriyor.

Bu önerilerin en başında “sistem liderliği” dediği yenilikçi bir kavramı tartışmaya açıyor. Sanayi 4.0 ve kırımlarına tek başına şirketlerin, hatta hükümetlerin çözüm getiremeyeceğine, bu nedenle

“ortaklaşa paylaşılan bir değişim vizyonuna” ihtiyacımız olduğuna dikkat çekiyor.

Yaşamakta olduğumuz depremssel paradigma değişikliğini küresel düzeyde yönetebilmek için yine küresel düzeyde çözüm üretebilecek bir ortak aklın modelini tasarlamak gerekli. Schwab’ın önerdiği “sistem liderliği”nde işte bunun ipuçları var. Temelinde, modern demokrasinin yapıtaşları olan çoğulculuk, yönetim ve eşgüdüm bulunan böyle bir modelin ortaya çıkabilmesi için bile hem ulusal sınırlar içinde, hem uluslararası düzeyde yapıcı ve olumlu tutumlar gerekli. Dünyanın sorunlarını içe kapanarak, küreselleşmeden uzaklaşarak, illiberal tutumlar takınarak çözmeye imkân yok.

Schwab’ın bu model arayışları konusunda şu cümlesi kritik: “Dördüncü Sanayi Devriminin hızı ve boyutu o kadar büyük ki dünya, [çözümler getirmek için] artık gecikemez.” Birey, şirket, hükümet, sivil toplum ve herkesin yeni normlar, standartlar, uygulamalar ve iş modelleri üzerinde aynı hızda çalışması gerekiyor.

İçinde yaşadığımız dönem, dünya tarihinde bugüne kadar tanık olmadığımız bir “keşif ve icatlar” dönemi. Ama bu dönem de kendi içinden yeni başka “keşif ve icatlar” çıkartarak Sanayi 5.0’a doğru evrimleşecek. Henüz laboratuvar aşamasında olan yeni malzemeler, daha da çok büyüyecek olan veriyi işleyecek kuantum bilgisayarlar, 2020’den itibaren hayatımıza girecek 5G teknolojisi, nasıl gelişeceğini henüz ancak bilim kurgu düzeyinde hayal edebildiğimiz “her an her yerde” iletişim (ve ulaşım) teknolojileri nasıl daha başka fırsatlar ve tehditler getirecek? Ve biz ne zaman bir Sanayi 5.0’dan söz etmeye başlayacağız? Sanırım, bunun için çok beklemeye gerek kalmayacak. Çünkü inovasyonda hız ve çeşitlenme artarak süreceğine göre, umarım ve dilerim, Prof. Dr. Klaus Schwab, Sanayi 5.0 başlıklı kitabını da yazacaktır.

Faruk Eczacıbaşı
Türkiye Bilişim Vakfı Başkanı

Önsöz

Satya Nadella

Microsoft CEO'su

Hem Dünya Ekonomik Forumu hem de kurucusu Klaus Schwab, içgörülü toplantı ve yayınlar aracılığıyla, Dördüncü Sanayi Devrimi'yle gelen fırsat ve meydan okumalara ışık tutmaya devam ediyor. Her ikisi de gelmekte olan yeni teknolojiler dalgası hakkında, bunların gelişiminin tamamen bizim elimizde olduğuna işaret ederek sıfır toplamlı düşünme biçimiyle yüzleşme konusunda haklı.

Verilerin devasa bilişimsel depolama ve bilişsel güçle bir araya gelmesi, endüstri ve toplumu, sağlıktan eğitime, tarımdan üretim ve hizmetlere dek bir zamanlar hayal bile edilemeyecek şekilde her düzeyde dönüştürecek. Benim şirketim ve diğer şirketler teknolojideki çeşitli önemli değişimlerin –karma gerçeklik, yapay zekâ ve kuantum bilişimin– yakınsamasına kesin gözüyle bakıyor. Karma gerçeklikle en uç bilişim deneyimini inşa ediyoruz. Bu öyle bir deneyim ki görüş alanınız bir bilişim yüzeyi haline geliyor; dijital ve fiziksel dünyalarınız tek bir dünyaya dönüşüyor. Veriler, uygulamalar ve hatta çalışma arkadaşlarınız ve dostlarınız her nereden onlara ulaşmak isterseniz –ofisinizde çalışırken, bir müşterinizi ziyaret ettiğiniz sırada ya da toplantı odasında iş arkadaşlarınızla işbirliği içinde çalışırken– telefonunuz ya da tabletiniz sayesinde elinizin

Satya Nadella: Microsoft'un CEO'su ve *Hit Refresh: The Quest to Rediscover Microsoft's Soul and Imagine a Better Future for Everyone* kitabının yazarı.

altında olacak. Yapay zekâ ise kendi başınıza elde etmeniz mümkün olmayan içgörüler ve kestirim gücüyle insanın kapasitesini artırarak deneyimlere güç katacak. Son olarak, kuantum bilişim, bilişimin bugün bildiğimiz fiziksel doğasını değiştirecek ve dünyanın en büyük ve en karmaşık problemlerini çözecek bir bilişim gücü sunarak bize Moore Yasasının –bir bilgisayar çipindeki transistör sayısının, yaklaşık her iki yılda bir, iki katına çıkacağını öngören gözlem– sınırlarının ötesine geçme olanağı verecek. Karma gerçeklik, yapay zekâ ve kuantum bugün birbirinden bağımsız iplikler olabilir ama mutlaka bir arada örülecekler.

Aynı şekilde, endüstri ve toplum da bir araya gelmeli ve en ivedi sorunlarımızın çözümüne yardımcı olmak için zekâyâ erişimi demokratikleştirerek hem insanlara hem de organizasyonlara destek olmaya odaklanmalıdır. Örneğin, eğer yapay zekâ, teknolojinin en önemli önceliklerinden biriye sağlık hizmetleri de kesinlikle yapay zekânın en ivedilik taşıyan uygulama alanlarından biridir. Yapay zekâ, hem karma gerçeklik hem de bulut ve iş optimizasyon araçlarıyla birlikte sağlık alanında bilimsel anlamda, klinikte ve tıp merkezlerinin operasyonlarının tümünde meydana gelmekte olan dönüşümün merkezinde yer alacaktır. Küresel sağlık hizmetlerinin kişiselleştirilmiş tıp aracılığıyla –yani her bir birey için genlerdeki, bağışıklık sistemlerindeki, çevredeki ve yaşam biçimindeki bireysel değişkenliği anlamak suretiyle– geliştirilmesi sadece web çapında bir makine öğrenmesi, bilişsel hizmetler ve derin nöral ağlar aracılığıyla mümkün olabilir. Bu teknolojilerin tasarımında kapsayıcı ve şeffaf olmak gibi bir etik kural var ama ayrıca bir mühendislik kuralı da var –sonuçta ürünler ve hizmetler daha iyi olacaktır. Bu amaç doğrultusunda, 2016’da, Microsoft, Amazon, Google, Facebook ve IBM insanlar ve toplum yararına bir Yapay Zekâ Ortaklığı kurduklarını duyurdular. Buradaki amaç, yapay zekâ konusunda kamuoyunu aydınlatmak ve alandaki zorluk ve fırsatlar hakkındaki en iyi uygulamaları formüle etmektir. Bu ortaklık, otomobiller ve sağlık hizmetleri gibi alanlarda, insan ile yapay zekâ arasında işbirliği,

ekonomik değişim ve yapay zekânın sosyal fayda için nasıl kullanılabileceği gibi konularda güvenli yapay zekâ sistemleri geliştirilip test edilmesine yönelik araştırmaların ilerletilmesini sağlayacaktır.

Herkes için ekonomik büyüme ve verimliliği yeniden canlandırmak hepimizin ortak amacı ve burada teknolojiye büyük bir rol düşüyor. Bu teknolojik inovasyonların yerel ekonomilerde (özellikle ülke ya da bölgenin görece bir avantaja sahip olduğu sektörlerde) yoğun olarak uygulamaya geçirilmesinde bir bütün olarak eğitime ve yeni becerilere vurgu yapılması göz önünde bulundurulması gereken bir formül. Dijital çağda yazılım, bolca üretilen ve hem kamu sektörlerinde hem de özel sektörlerde ve her endüstride uygulanabilen evrensel bir girdi olarak işlev görüyor. Bu evrensel girdinin, Detroit, Mısır ya da Endonezya, hiç fark etmez, coğrafi konumdan bağımsız olarak yerel bir ekonomik artıya dönüşmesi gerekiyor. Çığır açıcı teknolojiler ve bunları verimli bir şekilde kullanmak üzere eğitilmiş bir işgücüyle birlikte bunların yoğun kullanımı, ekonomik büyüme ve fırsatların herkese yayılmasını sağlayacaktır.

Son olarak, bugünün dijital dünyasına güvenmek her şey demektir. Bu dünyanın her köşesinde, teknolojinin inovasyon odaklı ve güvenli bir şekilde kullanımını teşvik eden yeniden canlandırılmış bir düzenleme ortamına ihtiyacımız var.

Bu kitapta ele alınan öngörülü konular, Dünya Ekonomik Forumu toplantılarındaki diyaloglarla bir araya geldiğinde anlayış ve çözümlere yaşamsal katkılar sağlayacaktır. Potansiyel yararlar daha önce eşi görülmemiş türden yararlardır ve bu kitabın altını çizdiği gibi, kamu ve özel sektörün liderliği ve ortaklığı esastır.

Sunuş

Klaus Schwab

Dünya Ekonomik Forumu Kurucusu ve Başkanı

Dünya şu anda bir kavşakta bulunuyor. Milyonları yoksulluktan kurtaran ve yarım yüzyıldır ulusal ve küresel politikalarımızı şekillendirmiş olan sosyal ve politik sistemler artık bizi yanıltıyor. İnsanın hüner ve çabasının ekonomik yararları daha yoğun hale geliyor, eşitsizlik artıyor ve bütünleşik küresel ekonomimizin olumsuz dışsallıkları doğal çevreye ve kırılgan toplumlara zarar veriyor: paydaşlar ilerlemenin maliyetini çok az hafifletebiliyor.

İş dünyası, devlet, medya ve hatta sivil topluma halkın güveni, dünyanın yarısından fazlasının mevcut sistemin kendilerini başarısızlığa sürüklediğine inandığı bir noktaya kadar düşmüş durumda. Ülkelerin dörtte birlik en yüksek gelirli kesimi ile nüfusun geri kalanı arasında artan güven boşluğu toplumsal birliğin en iyimser ifadeyle kırılgan olduğuna ve en kötümser ifadeyle parçalanmaya çok yakın olduğuna işaret ediyor.

Yaşam biçimimizde köklü değişikliklere yol açacak olan ve Dördüncü Sanayi Devrimini içerdiğini ifade ettiğim –yapay zekâdan biyoteknolojiye ve ileri malzemelerden kuantum bilişime dek– bir dizi güçlü, yükselen teknolojinin getirdiği fırsat ve meydan okumalarla işte tam da böyle istikrarsız bir politik ve sosyal bağlamda karşı karşıya kalıyoruz.

Bu yükselen teknolojiler yalnızca bugünkü dijital teknolojilerde gerçekleşen kademeli gelişmelerden ibaret değil. Dördüncü Sanayi

Devrimi teknolojileri gerçek anlamda bozucu teknolojiler –yani var olan algılama, hesaplama, organize etme, eylem ve dağıtım yollarını altüst ediyorlar. Organizasyonlar ve vatandaşlar için değer yaratmanın tamamen yeni yollarını temsil ediyorlar. Bu teknolojiler zamanla bugün hepimiz için sıradanlaşmış olan tüm sistemleri –ürün ve hizmetleri üretme ve nakletme yollarından iletişim kurma, işbirliği yapma ve çevremizdeki dünyayı deneyimleme yollarına kadar tüm sistemleri– dönüştürecek. Nöroteknoloji ve biyoteknoloji daha şimdiden bizi insan olmanın ne anlama geldiğini sorgulamaya zorluyor.

İyi haber şu ki Dördüncü Sanayi Devrimini şekillendirmek tamamen bizim gücümüz dahilinde ve hâlâ çok erken evrelerindemiz. Sosyal normlar ve yükselen teknolojileri yöneten düzenlemeler bugün geliştirilme ve yazılma sürecinde. Herkes, yeni teknolojilerin, kendisini nasıl etkilediği konusunda bir söz söyleyebilir, söylemelidir de.

Ancak böyle bir kavşakta bulunmak, büyük bir sorumluluk taşıdığımız anlamına geliyor. Yeni teknolojileri, herkesin yararına olacak, insanlık onurunu yüceltecek ve çevreyi koruyacak biçimde şekillendirme konusundaki fırsatı değerlendiremezsek sadece bugün karşımızda olan meydan okumaların daha da kötüleşmesi yönünde büyük bir olasılık var; çünkü dar görüşlü çıkarlar ve önyargılı sistemler eşitsizlikleri daha da pekiştirir ve tüm ülkelerdeki insanların haklarını riske atar.

Dördüncü Sanayi Devriminin önemini bilmek ve bu devrimi sadece yeterince ayrıcalıklı ya da becerikli olanların yararından çok herkesin yararı doğrultusunda şekillendirmek, yeni bir düşünme tarzı ister ve bireyleri, toplulukları, organizasyonları ve devletleri etkileyecek farklı teknolojileri kapsamlı bir şekilde anlamayı gerektirir.

Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek kitabı, sizi, üyesi olduğunuz topluluklar, organizasyonlar ve kurumlar içinde ve arasında, yükselen teknolojilerle ilgili stratejik tartışmalar yürütmeye hazırlamak ve dünyayı ortak insani değerlerle uyumlu bir şekilde etkin olarak şekillendirmenize yardımcı olmak için tasarlanmıştır.

Bu kitap, Dünya Ekonomik Forumunun büyük bir çeşitlilik içeren topluluğunda yer alan, dünya çapında ünlü birçok uzmanın ürünüdür. Özellikle İkinci Kısımda Forum'un küresel gelecek konseyleri ve uzman ağından önde gelen düşünürlerin bakış açıları yer alıyor. Onların zaman ayırıp bilgileriyle yaptığı bu katkılar olmasaydı, konuyu, en etkili teknoloji alanlarını anlamak için gereken derinlikte ele alamam mümkün olmazdı. Ayrıca Satya Nadella'nın Önsöz'de sunduğu değerli ve geçerli düşüncelerini de çok takdir ediyorum.

Eş yazarımız, Toplum ve İnovasyon bölümü başkanı Nicholas Davis'e ve düşünsel katkısı, sıkı çalışması ve adanmışlığı kesinlikle son derece önemli olan Bilim ve Teknoloji Araştırmaları başkanı Thomas Philbeck'e özellikle teşekkür ediyorum. Dördüncü Sanayi Devrimi Bilgi Rehberliği'nden Anne Marie Engtoft Larsen'e de teknoloji ve küresel kalkınma konularına kritik önemde bir fark kattığı için şükranlarımı sunuyorum.

Ayrıca kitabın çeşitli dillerde yayınlanmasının yönetiminde bir kez daha değer biçilemez bir katkı sağlayan Katrin Eggenberger'e; kitabın mizanpajını uzmanlıkla tasarımıyan Kamal Kimaoui'ye; editörlük becerisiyle metni harika bir şekilde geliştiren Fabienne Stassen'e; stratejik zekâsı ve değer odaklı liderliği kitabın tüm bölümlerinde kendini gösteren Mel Rogers'a da şükranlarımı sunmak istiyorum.

Kamu-özel sektör işbirliği için uluslararası bir organizasyon olan Dünya Ekonomik Forumunun kurucusu ve başkanı olarak deneyimim, sürdürülebilir ve kapsayıcı ilerlemenin ortak vizyonlar geliştirmek ve sıfır toplam düşüncesiyle yüzleşmek için farklı disiplin ve paydaşlarla birlikte çalışmak demek olduğunu gösteriyor. Başarılı olursak önümüze çıkacak kavşakta, geçmiş sanayi devrimlerinin hatalarına çözüm bulma ve çok daha kapsayıcı sürdürülebilir, müreffeh ve barışçıl bir dünya yaratma fırsatı sunan yolu seçebiliriz. Bu kitabın, 2016'da yayınlanan *Dördüncü Sanayi Devrimi* [Optimist, İstanbul, 2016] adlı kitabımla birlikte, adımlarımızı doğru yönde atmamıza yardımcı olacağını umuyorum.

Giriş

Ocak 2016’da *Dördüncü Sanayi Devrimi*’nin yayınlanması, “inovasyon ve teknolojinin insanlık ve kamu yararına hizmet etme gereksinimine odaklandığı bir gelecek için” hepimizin ortak bir sorumluluk üstlenmesi için bir çağrıydı:

Yeni teknoloji çağı, eğer duyarlı ve sorumlu bir yolla şekillendirilirse, bizi kendimizden daha büyük bir şeyin –gerçek bir küresel uygarlığın– bir parçası olarak hissedebilmemizi sağlayacak yeni bir kültürel rönesansı harekete geçirebilir. Dördüncü Sanayi Devrimi, insanlığı robotlaştırma ve böylece geleneksel olarak sahip olduğumuz anlam bulma kaynaklarımızdan –çalışma, topluluk, aile, kimlik– ödün vermemize yol açma potansiyeline sahiptir. Ya da Dördüncü Sanayi Devrimini, insanlığı ortak bir kader anlayışına dayalı yeni bir kolektif ve ahlaki bilinince ulaştırmak için kullanabiliriz. Sonucun bu ikinci seçenek olmasını sağlamak hepimize düşüyor.

Böyle bir çağrı yapmanın uygunluğu son 24 ay içinde sadece daha da güçlendi. Çünkü araştırma ve geliştirme çalışmaları hızla ilerleyen teknolojileri daha da geliştirdi, şirketler yeni yaklaşımlar benimsedi ve yükselen teknolojilerin, işgücü pazarları, sosyal ilişkiler ve siyasi sistemler üzerindeki yıkıcı etkileri hakkında yeni deneysel kanıtlar ortaya çıktı.

Bu kitap *Dördüncü Sanayi Devrimi* kitabını iki şekilde tamam-
lıyor. İlk olarak, konuları bir sistem yaklaşımıyla yapılandırarak ve
yükselen teknolojiler, küresel meydan okumalar ve bugün attığımız
adımlar arasındaki bağlantılara dikkat çekerek küresel liderlerden
konuya ilgi duyan tüm vatandaşlara dek bütün okurlara “noktaları
birleştirme” konusunda yardımcı olmayı hedefliyor. İkinci olarak,
okurların belirli teknolojilerin ve yönetim sorunlarının özünü daha
derinlikli olarak görmesini sağlamak için son örnekleri ele alıyor ve
dünyanın önde gelen uzmanlarının görüşleriyle destekliyor.

Bu kitap aşağıdaki konulara dikkat çekiyor:

- Dördüncü Sanayi Devrimi, 1800’lerden bu yana milyarlarca in-
san için yaşam kalitesinde son derece önemli artışlarla sonuçla-
nan insani gelişmenin sürmesi için önemli bir umut kaynağını
temsil ediyor.
- Bu yararları gerçekleştirmek çeşitli paydaşlarla işbirliği yapa-
rak üç temel zorluğun üstesinden gelmeyi gerektiriyor: bozucu
teknolojik gelişmelerin yararlarının adil bir şekilde dağıtılması,
kaçınılmaz dışsallıkların kontrol altına alınması ve yükselen tek-
nolojilerin insanlar olarak bizleri belirlemek yerine güçlendir-
mesinin sağlanması.
- Dördüncü Sanayi Devriminin merkezindeki teknolojiler pek
çok yönden –dijital olanakları artırmaları bakımından, kendi-
lerini bizim yaşamlarımızda ölçeklendirmeleri, ortaya çıkma-
ları ve yerleşik hale gelmeleri bakımından, birleşimsel güçleri
bakımından ve ayrıcalığı bir noktaya toplama ve mevcut yöne-
tim sistemlerine meydan okumaları bakımından– birbirleriyle
bağlantılıdır.
- Dördüncü Sanayi Devriminin yararlarından faydalanmak için
yükselen teknolojileri tamamen kontrolümüz altında olan “salt
aletler” olarak görmemeliyiz, yönlendirilemez dışsal kuvvet-
ler olarak da görmemeliyiz. Bunun yerine, insani değerlerin bu

teknolojilerin içinde nasıl ve nerede bulunduğunu anlamaya çalışmalı ve ortak yarar, çevre yönetimi ve insanlık onurunun artırılıp geliştirilmesi için bunların nasıl şekillendirilebileceğini araştırmalıyız.

- Bu teknolojilerin bizi çevreleyen sistemleri ne şekillerde değiştirip dünyadaki herkesin yaşamını nasıl etkilediği hakkındaki küresel bir tartışmada tüm paydaşlar yer almalıdır. Yükselen teknolojilerin yönetim ve etkisi hakkındaki tartışmalarda, özellikle sık sık dışlanan üç grup daha iyi temsil edilmelidir: Gelişmekte olan ekonomiler; çevreyle ilgili kurum ve örgütler; tüm gelir grupları, kuşaklar ve eğitim düzeylerinden vatandaşlar.

Birinci Kısım'daki dört bölümde, insan merkezli bir geleceği gerçekleştirmek için son derece önemli ilke ve zorluklar ele alınıyor, Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojilerinin birbiriyle nasıl bağlantılı olduğu tartışılıyor, yükselen teknolojik sistemlerde değer ve ilkelerin rolünü anlamak ve güçlendirmek için bir çerçeve sunuluyor ve Dördüncü Sanayi Devrimiyle ilgili tartışma ve uygulamalarda daha etkin olması gereken paydaşlar üzerinde duruluyor.

Dünya Ekonomik Forumunun uzmanlar ağı ve küresel gelecek konseylerinin üyeleriyle işbirliği içinde yazılan İkinci Kısım on iki bölümden oluşuyor. Bu bölümlerin her birinde belirli bazı teknolojiler ele alınıyor; potansiyel etkileri ve bugün liderler için neden önemli oldukları konularına odaklanılıyor. Yükselen teknolojilerin birbiriyle nasıl etkileşime girdiği ve verilerle ilişkimiz dönüşüm geçirdikçe, fiziksel dünya yeniden şekillendikçe, insanlar geliştikçe ve devasa güçlere sahip yeni sistemler çevremizi sardıkça bu teknolojilerin nasıl hep birlikte evrim geçirdiği ele alınıyor.

Kitap, kapsayıcı, sürdürülebilir ve müreffeh bir gelecek yaratmak için genel halkın yanı sıra tüm sektörlerden liderlerin birlikte ele alması gereken kritik yönetim sorunlarını özetleyerek sistem liderliği konusunda bir vizyonla son buluyor.

1. Kısım

Dördüncü Sanayi Devrimi

Dördüncü Sanayi Devrimini Bir Çerçeveye Oturtmak

Dünyanın yeni bir yıkıcı değişim evresine girmekte olduğu fikri, dünyanın her tarafında yönetim kurulları ve parlamentolarda en çok tartışılan konulardan biri oldu. Bu bölüm, Dördüncü Sanayi Devriminin temel kavramlarını tanıtıyor, işbirliği içinde yönetilmesi gereken üç temel zorluğu tanımlıyor ve yeni teknoloji ve sistemler ortaya çıktıkça bunları yönlendirmek ve şekillendirmek için vatandaşların ve liderlerin yararlanabileceği dört ilkenin altını çiziyor.

Geleceği şekillendirmek için zihinsel bir model

Dördüncü Sanayi Devrimi çevremizi kuşatan ve çoğumuz için sıradanlaşmış olan sistemlerde hem süregiden hem de yaklaşmakta olan dönüşümler dizisini tarif etmenin bir yoludur. Bu devrim, yaşamında her gün küçük ama önemli bir dizi gelişme yaşayanlar için çok önemli gibi görünmeyebilir ama bu küçük bir değişim değildir –Dördüncü Sanayi Devrimi, insani gelişmede birinci, ikinci ve üçüncü sanayi devrimleri kadar yeni bir aşamadır ve yine bir dizi olağanüstü teknolojinin gittikçe artan erişilebilirlik ve etkileşiminden güç almaktadır.

Dördüncü Sanayi Devrimini harekete geçiren yükselen teknolojiler önceki sanayi devrimlerinin bilgi ve sistemlerini, özellikle üçüncü

sanayi devriminin dijital olanaklarını temel alarak gelişiyor. Bunlar, bu kitapta İkinci Kısımda ele alınan 12 teknoloji kümesinden oluşuyor, örneğin yapay zekâ ve robotbilim, eklemeli imalat, nöroteknoloji, biyoteknoloji, sanal ve artırılmış gerçeklik, yeni malzemeler, enerji teknolojileri ve henüz bilmediğimiz fikir ve olanaklar.

Ancak Dördüncü Sanayi Devrimi sadece teknoloji odaklı bir değişim tasvirinden çok daha fazlasıdır. En önemlisi, güçlü, yükselen ve yakınsayan teknolojilerin çevremizdeki dünyayı etkileme biçimini anlamak ve yönlendirmek için –teknoloji liderleri ve politika belirleyicilerden başlayıp gelir grubu, uyruk ve arka planı ne olursa olsun tüm vatandaşlara kadar– hepimize yardımcı olabilecek halka açık bir tartışmalar dizisini yapılandırma fırsatıdır.

Bunu yapmak için dünyamızı şekillendirmekte olan güçlü, yeni teknolojilere bakış ve tartışma biçimimizin değişmesi gerekiyor; teknolojiyi, kaçınılmaz olarak geleceğimizi belirleyecek olan ve tamamen dışsal olan bir güç olarak düşünemeyiz. Ama bunun tam tersi bir görüş olarak, sadece insanların istedikleri şekilde kullanmayı seçebilecekleri bir araç olarak da göremeyiz.

Daha çok, yeni teknolojilerin birbirleriyle nasıl bağlantılı olduğunu ve bizi hem inceden inceye hem de açık bir şekilde nasıl etkilediğini derinlikli bir şekilde anlamamız ve bunun için de yatırım, tasarım, benimseme ve yeniden icat etme konularında kararlar alırken insani değerleri düşünmemiz ve güçlendirmemiz gerekiyor. İnsanların ve teknolojilerin nasıl etkileşime girdiğini anlayamazsak, geleceği olumlu yönde etkileyecek yatırım, politika ve ortak eylemler konusunda işbirliği yapmak olanaksız değilse bile çok zor olur.

Bu nedenle Dördüncü Sanayi Devriminin sunduğu önemli ve kapsamlı fırsat, teknolojileri sadece birer araç ya da kaçınılmaz birer güç olarak görmenin ötesine geçerek çevremizi kuşatan ve yaşamlarımızı şekillendiren sistemleri etkileme ve yönlendirme suretiyle en çok sayıda insana, ailelerini, organizasyonlarını ya da topluluklarını olumlu yönde etkileme becerisi kazandırmanın yollarını bulmaktır.

Sistem derken, ekonomik, politik ve sosyal yaşamlarımızın temel olan altyapı, malzeme akışı ve insanlar kadar, gündelik olarak davranışlarımızı yönlendiren norm, kural, beklenti, hedef, kurum ve güdüler de kastediyoruz. Bunların hepsi birden sağlığını yönetme, kararlar alma, ürün ve hizmet üretme ve tüketme, çalışma, iletişim kurma, sosyalleşme ve gezme –hatta insan olmak anlamına geldiğini düşündüğümüz şeyleri yapma– biçimimizi etkiliyor. Sanayi devrimleri tarihi boyunca olduğu gibi, Dördüncü Sanayi Devrimi gerçekleştikçe tüm bunlar ve çok daha fazlası köklü bir şekilde değişecek.

Sanayi devrimleri, büyüme ve fırsat

Son 250 yıl içinde üç sanayi devrimi insanların değer yaratma biçimini dönüştürdü ve dünyayı değiştirdi. Bunların her birinde, teknolojiler, siyasi sistemler ve sosyal kurumlar hep birlikte evrim geçirerek sadece endüstrileri değil aynı zamanda insanların kendilerine bakış açılarını, birbirleriyle ilişkilerini ve doğal dünyayla etkileşimlerini de değiştirdi.

İplik eğirme ve dokumanın makineleşmesiyle ateşlenen Birinci Sanayi Devrimi 18. yüzyıl ortalarında Britanya'nın tekstil endüstrisinde başladı. Sonraki 100 yıl boyunca o dönemde var olan tüm endüstrileri dönüştürdü ve makine takımlarından çelik üretimine ve buhar makinesinden demiryollarına kadar birçok endüstrinin doğmasını sağladı. Bu yeni teknolojiler, işbirliği ve rekabette değişimlere yol açtı. Bu da değer üretimi, takas ve dağıtımda tamamen yeni sistemler yarattı ve tarımdan üretime, iletişimden ulaşımın tüm sektörleri altüst etti. Aslında bugün “endüstriyel” sözcüğünü kullanma biçimimiz, devrimin çapını kapsayamayacak kadar dar. “Endüstri/sanayi” sözcüğünü, 19. yüzyıl düşünürleri Thomas Carlyle ve John Stuart Mill gibi, insan çabasından kaynaklanan tüm etkinlikleri ifade etmek için kullanmak belki de daha iyi bir çerçeve olur.

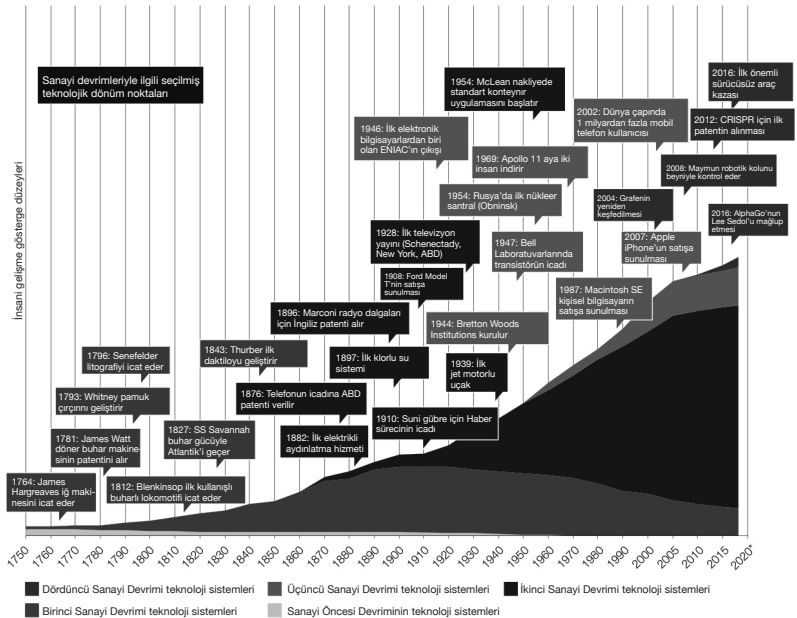
Birinci Sanayi Devrimi sömürgeciliğin yayılmasına ve çevresel bozulmanın artmasına katkı sağlamasına karşın dünyayı daha zengin hale getirmeyi başardı. 1750'den önce, en zengin ülkeler –Britanya, Fransa, Prusya, Hollanda, Kuzey Amerika kolonileri– bile yıllık yüzde 0,2 civarında bir büyüme ortalamasına sahipti ve bu bile son derece dengesizdi. Eşitsizlik bugünden daha fazlaydı ve kişi başına düşen gelirler bugün aşırı yoksulluk olarak kabul edeceğimiz düzeylerdeydi. 1850'ye dek, gelişen teknolojiler sayesinde bu ülkelerdeki yıllık büyüme oranları yüzde 2-3'e yükselmışti ve kişi başına düşen gelirler istikrarlı bir şekilde artıyordu.¹

1870 ile 1930 arasındaki dönemde, yeni bir karşılıklı ilişkili teknolojiler dalgası birinci Sanayi Devrimiyle gelen büyüme ve fırsatları pekiştirdi. Radyo, telefon, televizyon, ev aletleri ve elektrikli aydınlatma elektriğin dönüştürücü gücünü gösteriyordu. İçten yanmalı motor, otomobil ve uçak üretimine olanak verdi ve dolayısıyla bu sektörlerin ekosistemlerini –üretim-montaj işlerini ve otoyol altyapısını– teşvik etti. Kimya alanında da çığır açan gelişmeler yaşandı: dünya, termoset plastik gibi yeni malzemeler ve yeni süreçler (örneğin, amonyağın sentezlenmesiyle 1950'lerdeki “yeşil devrim” için ucuz azotlu gübre üretimine olanak veren Haber-Bosch süreci) ve sonrasında insan nüfusunda ani bir artış gördü.² İkinci Sanayi Devrimi, sağlık hizmetlerinden uluslararası hava yolculuğuna, modern dünyanın müjdesini veriyordu.

1950 civarında, bilişim kuramı ve dijital programlamada, yani üçüncü Sanayi Devriminin merkezindeki teknolojilerde devrim niteliğinde gelişmeler oldu. Önceki dönemlerde olduğu gibi, üçüncü Sanayi Devrimi de dijital teknolojilerin var olmasından değil bu teknolojilerin ekonomik ve sosyal sistemlerimizin yapısını değiştirmek yöntemlerinden kaynaklanıyordu. Enformasyonu dijital bir şekilde depolama, işleme ve aktarma olanağı neredeyse her sektörü yeniden biçimlendirdi ve milyarlarca insanın çalışma hayatını ve sosyal yaşamını köklü bir şekilde değiştirdi. Bu üç sanayi devriminin toplam etkisi zenginlik ve fırsatta inanılmaz bir artış olarak kendini gösterdi –en azından gelişmiş ülkelerde yaşayanlar için.

Bugünün OECD ülkeleri, yani dünya nüfusunun altıda birinin yaşadığı ülkeler, 1800'lerdeki eşdeğerlerinden 30 ila 100 kat daha fazla kişi başına milli gelire sahipler.³ Şekil 1'de birinci Sanayi Devriminden bu yana farklı sanayi devrimlerinin sürekli olarak yükselen yaşam kalitesini ne ölçüde desteklediğini göstermek için OECD ülkelerine ait BM İnsani Gelişme Endeksinden alınan veriler ve farklı teknolojilerin büyüme, sağlık ve eğitimde alınan sonuçlara katkısı hakkında değerlendirmeler görülüyor.

**Şekil 1: Sanayi Devrimlerinin İnsani Gelişmeye Katkısı:
OECD Ülkeleri 1750-2017**



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu

Şekil 1 sadece baskın teknolojiler, sektörler ve kurumsal gelişmelerin 1750'den bu yana insani gelişme ölçümlerine nasıl katkı yaptığı konusundaki kaba bir hesaplamaya dayalı bir göstergedir.⁴ Şekilde, teknolojik sınıra yakın yüzyıllar için bile insani gelişmenin aslan payının ikinci Sanayi Devrimi boyunca geliştirilen teknoloji ve sistemlere –örneğin, elektrik, su ve sanitasyon, modern sağlık hizmetleri ve tarımsal verimlilikte suni gübrenin icadıyla oluşan devasa artış gibi şeylere– ait olduğu görülüyor. Bu, Robert Gordon ve diğerlerinin ikna edici bir şekilde ortaya attığı bir görüş.⁵

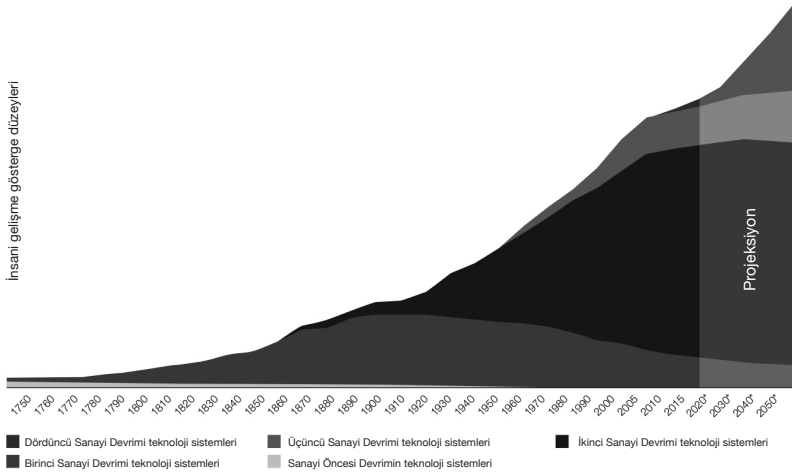
Teknolojik inovasyon süreci, yani icat, ticarileştirme, yaygın bir şekilde benimsenme ve kullanım, tarihin başlangıcından bu yana zenginlik ve refahın en güçlü destekleyicisi olmuştur. Bugün ortalama bir insanın daha uzun bir ömrü, daha iyi bir sağlığı, daha fazla ekonomik güvenliği var ve şiddet yoluyla ölme olasılığı önceki herhangi bir döneme oranla çok daha düşük. Birinci Sanayi Devriminden bu yana OECD ülkelerinde kişi başına reel gelir yüzde 2.900 civarında bir artış gösterdi.⁶ Aynı dönemde, doğumda beklenen yaşam süresi neredeyse her ülkede iki katından daha fazla arttı –bugün İngiltere'de 40 yıldan 80 yıla ve Hindistan'da 23,5 yıldan 65 yıla çıkmış durumda.

Gelecekteki yararlar ve zorluklar

İdeal koşullar altında, Dördüncü Sanayi Devrimi, Şekil 2'de görüldüğü gibi, önceki üç sanayi devriminin faydalarından yararlanma şansı yakalamış olanlar için insani gelişmede yukarı doğru tırmanışı sürdürme fırsatı sunuyor ve aynı zamanda şu anda teknolojik sistemlerin bütününe ve sağlıklı özel ve kamu kurumlarının sağlayabileceği yararlardan mahrum olanların yaşamlarını da geliştiriyor. Eğer Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri uygun kurumlar, standartlar ve normlarla birleşirse dünyanın her tarafındaki

insanlar daha fazla özgürlük, daha iyi sağlık, daha yüksek eğitim düzeyleri ve değer verdikleri hayatları yaşamak için daha fazla fırsat sahibi olacaklar, bir yandan da daha az güvensizlik ve ekonomik belirsizlik yaşayacaklar.

Şekil 2: Sanayi Devrimlerinin 2050'ye Kadar İnsani Gelişmeye Katkısı (gerçekleşen yararlar)



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu

Bu kitabın İkinci Kısım'ında, yükselen teknolojilerin 12 kümesinin iyi yanlarına dikkat çekiliyor. Birkaç örnek vermek gerekirse, kuantum bilişim teknolojileri karmaşık sistemleri modelleme ve optimize etme yöntemlerimizde inanılmaz gelişmeler sunuyor –lojistik ve ilaç keşfi gibi birbirinden çok farklı alanlarda verimlilikte devasa artışlar vaat ediyor. Dağıtık hesap defteri teknolojisinin kullanımı, farklı taraflar arasındaki koordinasyonda işlem maliyetini –örneğin, elmasların kökeninin doğrulanması gibi– önemli ölçüde azaltıyor

ama yeni pazarları, internete bağlanabilen herkesin erişebileceği pazarlar haline getirebilecek güvenli dijital kimlikler sağlayarak dijital ürün ve hizmetlerde çok büyük miktarlarda değer akışlarının itici kuvveti haline gelebilir. Sanal ve artırılmış gerçeklik ise çevremizdeki dünyayı deneyimlemek için tamamen yeni bir kanal sunuyor –ayrıca her zaman ve her yerde beceri öğrenme ve uygulama şeklimize önemli ölçüde ivme kazandırabilir. Ve eğer yeni malzemeler pil enerjisi yoğunluğunda bir kademe atlanmasını sağlayabilirse bu durum, sivil ve askeri dron kullanımında ve yoksul toplumlara elektrik hizmeti tedarikinde bir devrim gerçekleştirebilir ve ulaştırma sistemlerinde bütünsel bir değişime ivme kazandırabilir.

Bu yararlar, neredeyse tamamen çılgır açıcı teknolojik gelişmelere bağlıymış gibi görünüyor. Ama bunların ne zaman ve nasıl gerçekleşeceği ve kimlere yarar sağlayacağı belirsiz. Dördüncü Sanayi Devrimi, eşitsizliğin, toplumsal gerilimlerin ve siyasal bölünmüşlüğün arttığı bir zamanda ve kırılgan toplumların ekonomik belirsizliğe ve doğal felaketlerden kaynaklanan tehditlere gittikçe daha fazla maruz kaldığı bir ortamda dünya için yeni meydan okumalar ve kaygılar yaratan şekillerde geliyor ve yükseliyor. Herkesin olası en yüksek insani gelişme düzeylerinde yaşama şansına sahip olduğu bir dünya yaratmak için ne tür bir düşünme tarzına ve ne tür kurumlara ihtiyacımız var? Böyle adil ve kapsayıcı bir gelecek yaratmak için zihniyetlerimizi ve kurumlarımızı değiştirmek zorundayız. Ne de olsa, önceki devrimlerden kaynaklanan deneyimler, gelmekte olan büyük sistem değişiminde, bu yeni teknolojilerin yararlarının tam olarak gerçeğe dönüştürülebilmesi için dünyanın ivedilik taşıyan üç zorlu görevle yüzleşmesi gerektiğine işaret ediyor.

İlk zorluk, Dördüncü Sanayi Devriminin yararlarının adil bir şekilde dağıtılmasını sağlamak. Önceki sanayi devrimlerinin getirdiği zenginlik ve refah eşit olmayan bir şekilde dağıtıldı ve bu durum devam ediyor. 1970'lerden bu yana, yükselen pazarlara sahip uluslardaki hızlı kalkınma nedeniyle ülkeler arasındaki eşitsizlik önemli ölçüde azalmış olmasına karşın ülkelerin kendi içlerindeki eşitsizlik artıyor.

2011-2016 arasında gelişmiş ülkelerdeki yıllık ortalama gelirler yüzde 2,4 oranında azaldı ve 2015'te, ABD'de, temel olarak işçi sınıfından beyazların sağlığındaki düşüşün bir sonucu olarak 25 yıldan sonra ilk kez yaşam beklentisinde bir düşüş kaydedildi.⁷ İnsanlar birkaç nedenle sistemlerin yararlarından mahrum kalabiliyor. Örneğin, bu sistemlere ulaşmak mümkün (ekonomik ya da elverişli) olmadığı için; açık veya gizli bir şekilde taraflı olduğu için ya da kârları özelleştirmeye ve zenginlik ile fırsatları belirli yerlerde yoğunlaştırmaya eğilimli kurumların operasyonları nedeniyle böyle mahrumiyetler olabiliyor. 4. Bölüm'de, Dördüncü Sanayi Devriminin paydaşları ve hepsinin bu devrimden yararlanma şansı yakalamasını sağlamak için gerekenler ayrıntılı bir şekilde ele alınıyor.

İkinci zorlu görev, yol açtığı riskler ve zararlar bağlamında, Dördüncü Sanayi Devriminin dışsallıklarının yönetilmesi. Önceki sanayi devrimlerinde, kırılğan toplumları, doğal çevreyi ve gelecek kuşakları, istenmeyen sonuçlardan, değişimin maliyetinden, ikinci derece etkilerden ya da yeni olanakların kasıtlı olarak kötüye kullanılmasının sonuçlarından korumak için çok az çaba harlandı.

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin gücü ve bunların karmaşık sosyal ve çevresel sistemlerdeki uzun vadeli etkileri hakkındaki belirsizlik düşünüldüğünde, dışsallıklar ve istenmeyen sonuçlarla ilgili sorun özellikle büyük. Riskler, en ürkütücü düzey olarak, biyosferde ani ve geri döndürülemez bir hasara yol açabilecek jeomühendislik girişimlerinden başlıyor ve yapay genel zekânın gelişimindeki amaç odaklı davranışın insan yaşamının çeşitlilik karmaşasıyla çatışmasına dek uzanıyor. Kuantum bilişim, bazı senaryolara göre, mevcut yığınlarca şifreleme yaklaşımını geçersiz kılarak yeni bilişim yaklaşımlarına erişim sağlayabilen herkes için gizlilik ve güvenlik açısından önemli riskler yaratabilir. Otonom özel araçların yaygın bir şekilde kullanımı zaten kalabalık olan kentlerde trafiği tıkayabilir. Ve sanal gerçekliğin yükselişi online taciz sorununu psikolojik olarak çok daha hasar verici hale getirerek iyice ağırlaştırabilir.

Üçüncü zorlu görev ise Dördüncü Sanayi Devriminin insan güdümlü ve insan merkezli olmasını sağlamak. İnsani değerleri sadece finansal anlamda tartmak yerine sırf bu değerlerin kendileri için saygı gösterilmeli. Üstelik insan merkezli olmak, insanları sınırlamaktan çok, dünyada anlamlı bir rolü olan varlıklar olarak güçlendirmek demektir. Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojilerinin önceki devrimlerin teknolojilerinden farklı olması nedeniyle bu zorlu görev özellikle önemlidir. 12. Bölüm'de açıklandığı gibi, bu teknolojiler düşüncelerimizi okuyarak ve davranışlarımızı şekillendirerek akıllarımızın şimdiye dek özel olan bölümüne nüfuz edebilirler. Hiçbir insanın işleyemeyeceği verileri hiçbir insanın anlayamayacağı yollarla işleyerek değerlendirme yapabilir ve kararlar alabilirler. Henüz doğmamış olan insanlar dahil, yaşamın kendisinin yapıtaşlarını değiştirebilirler. Ayrıca bu teknolojiler, dijital ağlar aracılığıyla önceki teknolojik gelişme aşamalarından çok daha hızlı bir şekilde yayılacaktır.

Yeni bir liderlik anlayışı

Bu üç zorlu görev –faydaların dağıtılması, dışsalılıkların yönetilmesi ve insan merkezli bir gelecek yaratılması– düzenlemelerle ya da hükümetlerin iyi niyetli girişimleriyle yukarıdan aşağıya bir yaklaşımla kolayca başarılamaz. Mevcut uluslararası ve ulusal kurumların, pazar yapılarının, organize ve spontan toplumsal hareketlerin ve bireylere sağlanan teşviklerin de bu yeni, güçlü teknolojilerin yaygın bir şekilde erişilebilir, tamamen zararsız ve kullanıcıları güçlendirmeye tam olarak odaklanmış hale gelmesini sağlaması da hiç olası değil. Dünya son üç sanayi devrimiyle bağlantılı bir dizi sorunla mücadele etmeye devam ediyor –gelişmiş ekonomilerde ortalama ücretlerde durgunluk ya da düşüş yaşanıyor; gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümeyi yaşam standartlarında geniş tabanlı sürdürülebilir bir ilerlemeye dönüştürme çabası içinde; insanların

neredeyse onda biri ise aşırı yoksulluk içinde yaşıyor.⁸ Madeleine Albright'ın sözlerini açımlayacak olursak, 21. yüzyıl teknolojilerini 20. yüzyıl anlayışıyla ve 19. yüzyıl kurumlarıyla anlama ve yönetme göreviyle karşı karşıyayız. Bu yüzden bu zorlukların üstesinden gelmek için kurumsal değişim büyük bir önem taşıyor. Ama 21. yüzyıl sorunlarına uyarlanmış bir anlayış da aynı derecede önemli.

Hem önceki sanayi devrimlerinin tarihi hem de Dördüncü Sanayi Devrimini harekete geçiren teknolojilerin dinamikleri böyle bir anlayışı tanımlamada dört temel ilkenin özellikle yararlı olduğuna işaret ediyor.

- 1. Teknolojileri değil sistemleri düşünün:** Aslında önemli olan refahı getiren sistemler olduğu halde teknolojilerin kendilerine odaklanmak çok çekicidir. Siyasi irade, yatırım ve paydaşların işbirliği ile yeni teknolojiler daha iyi işleyen sistemlerin yerli yerine oturmasını sağlayabilir; bunlar olmazsa yeni teknolojiler mevcut sistemleri daha kötü hale getirebilir.
- 2. Belirlemeyi değil güç kazandırmayı düşünün:** Teknolojik değişimin kontrol edilmesinin ya da yönlendirilmesinin olanaksız olduğunu ve teknolojilerin davranışları etkileyebilmesi konusunda yapabileceğimiz hiçbir şey olmadığını düşünmek çok çekicidir. Bunun yerine, insani karar ve rollere değer vermeli ve yeni teknolojileri insanlara daha fazla seçenek, fırsat, özgürlük ve kendi yaşamları üzerinde daha fazla kontrol verecek şekilde kullanan sistemler tasarlamalıyız. Yükselen teknolojilerin insan girdisi olmadan karar verip eyleme geçebilecek ve davranışlarımızı hem açık hem de gizli bir şekilde etkileyecek makineler geliştirilmesi olasılığını artırması düşünüldüğünde bu konu özellikle önemlidir.
- 3. Verili olanı değil tasarımı düşünün:** Toplumsal ve siyasal sistemleri şekillendirme girişimlerini kibirlilik olarak ve karmaşıklıkları

nedeniyle başarısızlığa mahkûm olarak görüp önemsememek çok çekicidir. Ama kendimizi varsayılan seçeneklerin kaçınılmazlığına teslim etmemeliyiz. Sistem odaklı düşünme yaklaşımları kadar tasarım odaklı düşünmek de –özellikle insan merkezli tasarım felsefe ve tekniklerini kullanmak– dünyaya yön veren yapıları anlamamıza ve yeni teknolojilerin sistemleri nasıl yeni düzenlemelere dönüştürebileceğini görmemize yardımcı olabilir.

4. Değerleri bir sorun olarak değil özellik olarak düşünün:

Teknolojileri iyi ya da kötü yönde kullanılabilen ama kendi başlarına değerler bakımından nötr olan yalın birer araç olarak görmek çok çekicidir. Gerçekte ise tüm teknolojilerin ilk fikir aşamalarından başlayıp geliştirilme ve uygulamaya geçirme yöntemlerine kadar kendi içine dolaylı olarak yerleştirilmiş değerler bulunur. Bunu kabul etmeli ve sadece sesini duyurabilen biri incindiğinde değil, inovasyonun tüm aşamalarında değerleri tartışmalıyız. 3. Bölüm'de değerlerin rolü ve Dördüncü Sanayi Devrimi boyunca hangi değerlerin en yararlı şekilde uygulanabileceği ayrıntılı olarak ele alınıyor.

Bu dört ilke bilim insanları, girişimciler, sivil toplum liderleri, politika belirleyiciler, kıdemli yöneticiler ve medyayla yapılan yüzlerce görüşme ve röportaj sırasında ortaya çıktı. Bu ilkeler hep birlikte teknolojilerin bugün bizi etkileme biçimlerini değerlendirmek, tartışmak ve şekillendirmek için bir çerçeve oluşturur ve gelecekte dünyayı bunlar şekillendirecektir.

Dördüncü Sanayi Devrimini şekillendirmede sizin rolünüz

Bu ilkelere neden ihtiyaç var? Çünkü Dördüncü Sanayi Devriminin hangi sosyal normlar, düzenlemeler, teknik standartlar ve kurumsal politikalar dahilinde gerçekleşeceği –tüm dünyada, İsviçre ya da

Çin'de olduğu kadar Ruanda'da– tam da şu anda tartışılıyor ve formüle ediliyor. Yukarıda tarif edilen üç sorunun, yani dışlama, olumsuz dışsallıklar ve güçsüzleştirme sorunlarının kanıtı daha şimdiden görünür hale geldi: Algoritmik önyargıdan başlayıp çalışanları sosyal güvencesiz bırakan işgücü pazarı değişimlerine kadar birçok örnek verilebilir.

Birçok bozucu teknolojinin laboratuvarlarda, garajlarda ve dünyanın pek çok yerindeki araştırma ve geliştirme merkezlerinde daha yeni yeni ortaya çıktığı ve ilgili düzenlemelerin henüz yazım ve güncelleme sürecinde olduğu göz önünde bulundurulursa, vatandaşların ve tüm sektörlerden liderlerin Dördüncü Sanayi Devriminin sistemlerini şekillendirmek amacıyla birlikte çalışmaları için açık bir fırsat penceresi olduğunu görebiliriz. Bu fırsatı kaçırmamalıyız. Eğer bunu başarısak refahı daha geniş bir kesime yaymak, eşitsizliği azaltmak ve toplumları bölüp politikayı kutuplaştıran güven kaybını ortadan kaldırmak gibi yararlar elde edebiliriz. Dördüncü Sanayi Devrimi, daha yüksek düzeylerde ekonomik ve fiziksel güvenliğe sahip, sürdürülebilir bir çevresel ortamda mutluluk içinde anlamlı ve tatmin edici etkinliklerle meşgul olan, daha sağlıklı ve daha uzun ömürlü toplumlar oluşturulmasını destekleyen sistemler üretebilir.

Peki, bu noktaya nasıl gelebiliriz?

İlk adım, Dördüncü Sanayi Devrimini oluşturan çeşitli teknolojiler arasındaki noktaları birleştirmektir. Bir sonraki bölümün konusu işte bu.

Bölüm Özeti

Dördüncü Sanayi Devrimi, insani gelişmede, bir dizi olağandışı teknolojinin gittikçe artan erişilebilirliği ve etkileşimiyle başlayan ve önceki üç teknolojik devrim üzerinde yükselen yeni bir dönemde bulunuyor. Bu devrim şu anda daha ilk evrelerinde. Bu da insanlara sadece yeni teknolojilerin tasarımını değil, aynı zamanda yaşama, çalışma ve birbirimizle ilişki kurma biçimlerimizi kökünden değiştirecek olumlu değerleri şekillendirme ve daha çevik yönetim biçimleri oluşturma fırsatı ve sorumluluğu veriyor.

Yükselen teknolojiler endüstriye ve topluma olağanüstü yararlar sağlayabilir ama önceki sanayi devrimlerinden kazandığımız deneyimler bize şunu anımsatıyor: Bu yararları tam olarak gerçekleştirmek için dünyanın ivedilik taşıyan üç zorlu görevi yerine getirmesi gerekir. Müreffeh bir gelecek yaratmak için:

1. Dördüncü Sanayi Devriminin yararlarının adil bir şekilde dağıtılmasını sağlamalıyız.
2. Yol açacağı risk ve hasarlar bağlamında, Dördüncü Sanayi Devriminin dışsallıklarını yönetmeliyiz.
3. Dördüncü Sanayi Devriminin insan güdümlü ve insan merkezli olmasını sağlamalıyız.

Liderler hızlı teknolojik değişimin getirdiği belirsizlikle boğuşurken uyarlanmak için geleceği öngörmek şart değildir. Sistem düzeyindeki etkileri ve bireyler üzerindeki etkileri dikkate alan –bu da zaten geleceğe dönüktür– ve farklı paydaş grupların ortak değerleriyle uyumlu bir düşünce yapısı geliştirmek çok daha önemlidir.

Dolayısıyla, gelecek için, teknolojilerin nasıl etkiler yaratabileceğini düşünürken akılda tutulması gereken dört önemli ilke var:

1. Teknolojiler değil sistemler
2. Belirleme değil güç kazandırma
3. Verili olan değil tasarım
4. Sorun olarak değil özellik olarak değerler

Bugün dünyanın her tarafında bir dizi güçlü, yükselen teknoloji için düzenlemeler, normlar ve yapılar geliştiriliyor ve uygulamaya geçiriliyor. Bu yüzden şimdi eyleme geçmenin tam zamanı ve Dördüncü Sanayi Devrimini şekillendirmek için hep birlikte çalışmak tüm vatandaşlara düşüyor.

Noktaları Birleştirmek

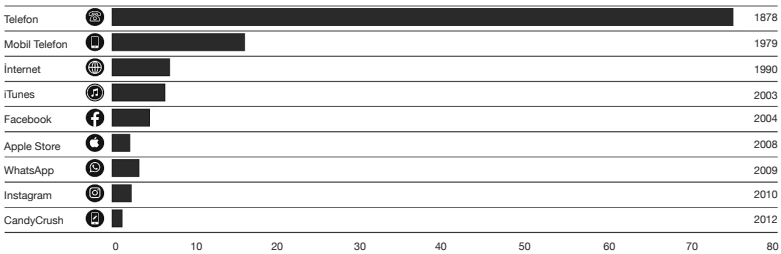
Dördüncü Sanayi Devriminin merkezindeki güçlü teknolojilerin etkilerine önem vermek ve bu etkileri olumlu yönde şekillendirmenin yollarını bulmak, John Hagel'in "yakından bakma - uzaktan bakma" (zoom-in, zoom-out) stratejisi olarak adlandırdığı stratejiyi benimsemeyi gerektirir. Bu bağlamda, yakından bakma, belirli teknolojilerin özelliklerini ve potansiyel aksamalarını anlamak demektir –İkinci Kısım'da bunu ele alacağız. Bununla birlikte, uzaktan bakma becerisi, teknolojileri birbirine bağlayan modelleri ve bizi etkileme biçimlerini görmek belki çok daha önemlidir.

Dördüncü Sanayi Devriminin getireceği teknolojik değişimler üzerinde düşünürken "teknolojilere değil sistemlere" odaklanmak, liderlere avantajlı bir bakış açısı kazandırabilir. Ama farklı teknolojileri derinlikli bir şekilde anlamazsak teknolojilerin –iş, devlet yönetimi ve toplumsal alanlarda– önem verdiğimiz sistemleri nasıl dönüştürdüğünü gerçekten anlayabilir miyiz? Bu pek çoğumuzun karşı karşıya olduğu zorlu bir durum ve iki yönlü bir yaklaşım bunun üstesinden gelebilir. Söz konusu teknolojileri büyük resme yerleştirmek için onlar hakkında sadece yeterince bilgi edinmek ve "minimum uygunlukta bir değerbilirlik" edinmek bu yaklaşımın birinci ayağını oluşturur. Böylece uzmanlarla bilgiye dayalı tartışmalar yapmak, fikirleri test etmek ve nerelerde değer yaratılabileceğini araştırmak daha kolay hale gelir. Kitabın tam olarak böyle bir

anlama düzeyini sunmak üzere tasarlanan 2. Kısımında Dördüncü Sanayi Devrimini besleyen 12 yükselen teknoloji az ve öz bir şekilde tanıtılıyor.

Bu bölümde önce bu yaklaşımın “noktaları birleştirme” anlamındaki ikinci ayağını ele alacağız, sonra da yükselen teknolojilerin birbirleriyle nasıl bağlantılı olduğunu ve hep birlikte dünyamızı nasıl etkileyeceğini anlamak için bu teknolojilerle ilgili trend ve bağlantıları inceleyeceğiz. Bugün için önemli olan teknolojik atılımlar yarın ortaya çıkacak gelişme ve uygulamaların gölgesinde kalacağı için hızla değişen bir dünyada temel becerilerin kazanılması gerekiyor. Bu bölümde, Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin bazı ortak özellikleri inceleniyor. Böylece teknolojilerin tek tek kendi ayrıntılarının ötesine geçen bir bakış açısı elde edilerek bunların birbiriyle ilişki kurup benzer bir etki yaratmak üzere birleşmesinin biçimlerine bakılıyor. Uzaktan bakıp noktaları birleştiren görüyoruz ki bu yükselen teknolojiler dijital sistemleri temel alıyor ve kapsamını geliştiriyor, birlikte çalışabilirlik temeli zaten var olduğu için hemen ölçeklendirilebiliyor, insanlar dahil nesnelerin içine yerleştirilebiliyor, şaşırtıcı ve kalıpları yıkıcı bir tarzda birleşebiliyor ve benzer yararlar ve sorunlar yaratabiliyorlar.

Şekil 3: Teknoloji ve Uygulamaların 100 Milyon Kullanıcıya Ulaşma Süresi



Kaynak: Boston Consulting Group ITU; Statista; BCG research; mobilephonehistory.co.uk; *Scientific American*, Internet Live Stats; iTunes; Fortune; OS X Daily; VentureBeat; *Wired*; *Digital Quarterly*; TechCrunch; AppMtr.com

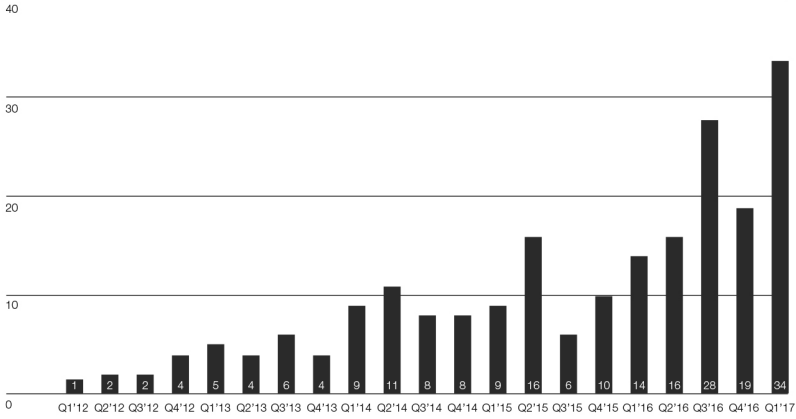
Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin en açık ve en belirgin özelliği dijital sistemleri dönüştürmesi ve kapsamını genişletmesidir. Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri üçüncü Sanayi Devriminin yarattığı dijital olanaklara ve ağlara ihtiyaç duyup onların üzerinde yükselmeleri bakımından birbirleriyle bağlantılıdır. Bu, tıpkı üçüncü Sanayi Devriminin ikinci Sanayi Devriminin yarattığı elektrik şebekelerine gereksinim duymasına benzer. Son 60 yılda dünyayı değiştirmiş olan bilgi işleme, depolama ve iletme alanlarındaki gelişmeler olmasaydı burada ele alınan teknolojilerin hiçbiri olmazdı. Yeni teknolojilerin bu özelliği, bazen, tüm heyecan verici teknolojilerin sadece dijital devrimin bir devamı olduğunun düşünülmesine yol açmıştır. Ancak çok önemli bir fark var: Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri, şirketlerin bugün anlam vermek için uğraş verdiği dijital teknoloji atılımlarını yarının iş modellerinin verili kabul edeceği temel altyapılara dönüştürerek günümüzdeki dijital sistemleri yıkarak tamamen yeni değer kaynakları yaratmayı bile vaat ediyor.

İnternet aslında büyük ölçüde elektrik sinyallerinden oluşan bir teknoloji olmasına karşın şu anda interneti sadece elektrik şebekelerinin bir uygulaması olarak düşünmenin mantıksız olduğunu görebiliyoruz: İnternet, ikinci Sanayi Devrimine saplanıp kalmış bir düşünce yapısıyla hayal bile edilemeyecek olan, yeni ve bütün bir değer yaratma ekosistemidir.

Aynı şekilde, gelecekte, yapılandırılmamış verilerden kendi kendine bir şeyler öğrenen algoritmaları sadece dijital bilişim gücünün uygulamaları olarak görmek de çok mantıklı olmayacaktır. Dördüncü Sanayi Devrimi, üçüncü Sanayi Devrimine saplanıp kalmış bir düşünce yapısıyla hayal edilmesi olanaksız olan ve mevcut dijital atılımların da ötesine geçip yeni meydan okuma ve fırsatlara bakmamızı gerektiren değer yaratma ekosistemlerinin yükselmesine yol açacaktır.

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin ikinci bir özelliği de katlamalı olarak ölçeklendirilebilecek olmaları, fiziksel olarak

Şekil 4: Mart 2017 İtibariyle Yapay Zekâ Alanında Şirket Birleşme ve Satın Almaları



Kaynak: CB Insights (2017)

ortaya çıkıp yaşamımızın içine kendilerini yerleştirecek olmalarıdır. Yeni bir teknoloji ne kadar hızlı ölçeklendirilirse onun yıkıcı etkilerine daha derinlemesine uyum sağlamak zorunda kalırız. Ve Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri önceki devrimlerin teknolojilerinden çok daha hızlı bir şekilde ölçeklenecektir, çünkü bu teknolojiler üçüncü sanayi devriminin dijital ağlarının üzerinde yükselip yayılabilir. Dijital ağlar bilgi ve fikirlerin aktarımını kolaylaştırarak fiziksel ürünlerin çok daha hızlı bir şekilde çoğalmasını sağlayabilir; bu arada tamamen dijital olan ürün ve hizmetler ise son derece düşük son birim maliyetiyle çoğaltılabilirler. Şekil 3'te görüldüğü gibi, telefon 100 milyon kullanıcıya 75 yılda ulaşmışken internetin bu rakama ulaşması on yılı bile bulmamıştır. Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojilerinin yayılması hızlandıkça yatırım, verimlilik, kurumsal strateji, endüstri yapısı ve bireysel davranışlar üzerindeki etkisi de hızlanacaktır. Şekil 4'te görüldüğü gibi, yapay zekâ firmalarının hem yükselme hem

de satın alınma oranları katlanarak artarken bir yandan da çok daha akıllı algoritmaların kullanımı çalışan verimliliğini hızlı bir şekilde artırıyor; örneğin, müşteri etkileşimlerine “canlı sohbet” desteğini zenginleştirmek (ve gitgide tamamen onlara devretmek) için sohbet robotlarının kullanılması gibi.

Dijital olarak ölçeklendiriliyor olabilirler ama Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri sadece sanal âlemde kalacak değildir. Üçüncü Sanayi Devrimi fiziksel ürünleri tamamen kod halinde soyutlayarak bir yerde maddesiz hale getiriyordu. Örneğin vinyl bantlı analog teyp kasetlerini önce dijital kodlu CD'lere dönüştürdü, en sonunda da internette paylaşılabilen tamamen dijital müzik dosyaları haline getirdi. Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri ise tersine süreç kapasitesini –saf verileri alıp çeşit çeşit fiziksel nesne, eylem ya da hizmet yaratmak için kullanma kapasitesini– muazzam miktarda artırıyor. Örneğin, şu anda 3D yazıcılar motor parçalarından gıda maddeleri ve canlı hücrelere kadar her şeyi üretebiliyor. Nesnelerin internetinin yükselişi sanal kişisel asistanımıza oturma odasının ışıklarını kapatmasını ya da kaloriferi yakmasını söyleyebileceğimiz anlamına geliyor. Robotlar, dronlar ve sürücüsüz otomobiller dünyayla çok daha doğal yollarla etkileşime girmeyi öğreniyor. Yeniden ortaya çıkma olgusu ortak bir tüketici deneyimi haline geliyor çünkü şirketler bu yeni olanakları ürün ya da hizmetlerine ekliyor: UPS artık ABD'nin her tarafında neredeyse 100 mağazada 3D baskı ve tarama hizmeti sunarak bilgisayar kontrollü, pahalı kesme makinelerine ihtiyaç duymadan prototipler üretmek, şablon ya da kalıpları test etmek ve modeller ya da kişisel aksesuarlar yaratmak isteyen müşterileri hedefliyor.

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri çevremizdeki fiziksel dünyanın parçası haline gelmeye devam edecek –bizim bir parçamız haline gelecek. Aslında bazılarımız akıllı telefonların çoktan bizim bir parçamız olduğunu düşünmeye başladı bile. Giyilebilir/takılabilir bilgisayarlardan sanal gerçeklik başlıklarına kadar, bugünün harici aygıtlarının yakın bir gelecekte bedenlerimize ve beyinlerimize

yerleştirilebilir hale geleceği neredeyse kesin gibi. Dış iskeletler ve protezler fiziksel gücümüzü, nöroteknolojideki gelişmeler ise bilişsel becerilerimizi artıracak. Kendi genlerimizi ve çocuklarımızın genlerini daha iyi yönetebilecek hale geleceğiz. Bu gelişmeler, akıllara çok derinlikli sorular getiriyor: İnsan ile makine arasındaki çizgiyi nereye çiziyoruz? İnsan olmak ne anlama geliyor?

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin bir diğer ortak özelliği, bir araya gelip inovasyonlar üreterek güçlerini daha da artırmalarıdır. Teknolojiler, geliştirilirken ve ticarileştirilirken her zaman diğer teknolojileri etkilemiştir; buhar gücünün fabrikalardaki otomasyonu ve demiryollarını etkilemesi gibi. Tarih boyunca sınırlı sayıda genel amaçlı temel teknoloji, tüm endüstrilere ve coğrafyalara büyük etki yapmış ve çok daha fazla sayıda daha özellikli teknoloji ve uygulamaya temel oluşturmuştur.

Dördüncü Sanayi Devriminde hangi teknolojilerin temel olması en olasıdır? Kimse bunu kesin olarak öngöremez ama yükselen teknolojilerde bilgili küresel uzmanlarla yapılan 100'ün üzerinde görüşme gösteriyor ki Dördüncü Sanayi Devriminin temel teknolojileri muhtemelen yapay zekâ, dağıtık hesap defterleri ve yeni bilişim teknolojileri olacaktır. Bu arada hem enerji teknolojilerinin hem de biyoteknolojinin diğer alan ve sahaları etkilemede çok büyük payı olabilir. Ayrıca ileri malzemeler de çoğu zaman göz ardı edilen ama etkili kalemlerdir. Bunlar neredeyse her alanda kritik etmenlerdir. Dünyayı deneyimlemek için yeni kanallar yaratmakta olan sanal ve artırılmış gerçekliğin yükselişi de bu kategoridedir. Bu sonuçlar mantıklı görünüyor çünkü daha yetenekli algoritmalar, daha güçlü bilgisayarlardan ve yeni özellikleri olan fiziksel malzemelerden diğer teknolojilerin çoğunun nasıl yarar göreceğini hayal etmek zor değil. Ama potansiyel karşılıklı bağlantılar ve geribildirim döngüleri hem çok hem de çeşitli: Örneğin, daha güçlü bilgisayarlardaki daha iyi yapay zekâ, yeni malzemelerin keşfedilmesini hızlandırıyor ve sonuçta daha da güçlü bilgisayarlar yapmak için kullanılıyor; yeni malzemeler, ağırlıklarına oranla çok daha güçlü piller üretmek

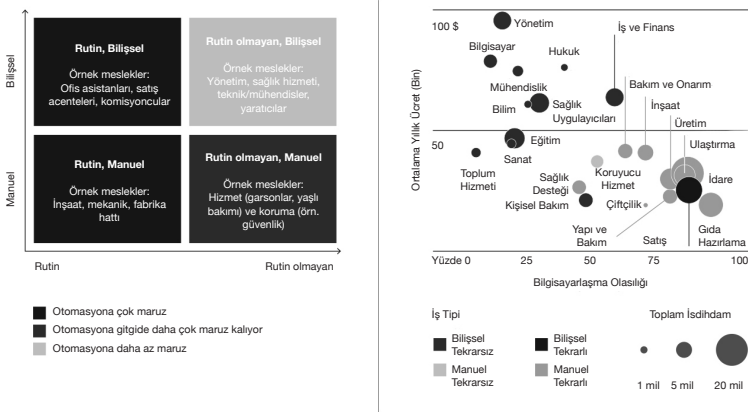
için kullanılıyor ve bu da robotlar ve dronlar için yeni olasılıklar ortaya çıkarıyor, vesaire. En etkili ve şaşırtıcı gelişmeler muhtemelen teknolojilerin birbirleriyle karşılıklı bağlantısından gelecek ve bu da dikey, silolaştırılmış kurumsal yapılarını yeniden yapılandıramayan özel ya da kamu kurumlarının muhtemelen gittikçe elverişsiz kurumlar haline geleceği anlamına geliyor.

Son olarak, Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri benzer yararlar –ve zorluklar– yaratacak olmaları bakımından da birbirine benziyor. İktisatçı ve yazar Don Boudreaux’nun işaret ettiği gibi, yüz yıl önce dünyanın en zengin insanı bile bir televizyon, bir transatlantik uçuş bileti, kontakt lens, doğum kontrol hapı ya da antibiyotik tedavisi alamazdı –bugün tüm bunlar gelişmiş ülkelerdeki sıradan bir insanın ekonomik gücü dahilinde bulunuyor. Bu yeni ürün ve hizmetlerin değeri için parasal bir rakam koymak zor. Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri de aynı şekilde tüketicilerin seçeneklerini çok genişletecek ve aynı zamanda maliyetleri düşürüp kaliteyi de artıracak. Ayrıca bunun ne kadar katma değer yaratacağı konusunda bir miktar belirlemek de aynı şekilde hiç kolay olmayacak.

Bununla birlikte, Dördüncü Sanayi Devrimiyle ilgili en büyük kaygı belki de değerlerin adil bir şekilde paylaşılmayacağı –ve eşitsizlikteki artışın sosyal bütünlüğün altını oyacağı– yönünde. Dördüncü Sanayi Devriminin eşitsizliği artırmasının bir yolu, tekel gücü aracılığıyla olabilir: Örneğin arama reklamcılığında küresel pazar payının neredeyse yüzde 90’ı zaten Google’ın elinde, mobil sosyal trafiğin yüzde 77’sini Facebook kontrol ediyor ve e-kitap pazarının neredeyse yüzde 75’ine Amazon sahip.⁹ OECD’nin uyarıda bulunduğu gibi, gelecekteki gelişkin öğrenme algoritmaları, yolsuzluğun kanıtlanmasını olanaksız hale getirecek yollarla fiyatları yükseltmek için işbirliği yapabilirler.¹⁰ Ve eğer süper zekâ haline gelecek şekilde kendini geliştirecek bir yapay genel zekâ yaratmanın mümkün ve elverişli olduğu ortaya çıkarsa ilk hamle avantajı çok sayıda pazarda egemenlik kurulmasına yol açabilir.

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri aracılığıyla ortaya çıkabilecek potansiyel eşitsizliklerden tedirgin olanların şunu bilmesi iyi olacaktır: Bu teknolojilerin çoğu yapılandırılma biçimleri ve yaratıkları fırsatlar itibarıyla bir tür ademi merkezilik sağlar. Örneğin, blok zinciri şeffaf ve anonim işlemlere izin veren merkezsiz bir platform olarak çalışıyor; 3D yazıcıların ise uzun vadede imalatın demokratikleşmesini sağlayacağı söylenebilir. Genom düzenlemesine olanak veren biyoteknoloji bile artık mütevazı bir bütçeyle mümkün hale geldi. Demokratikleşme, bu bağlamda, dijital altyapı yayıldıkça ve bilgi küresel ölçekte paylaşıldıkça teknolojilerin herkes tarafından kullanılabilir hale gelmesi anlamına geliyor. Bu tür bir demokratikleşmenin, teknolojiler ve teknolojilerin endüstri ve toplumdaki rolleri hakkında karar verme süreçlerine erişimin demokratikleşmesiyle aynı anlama gelip gelmeyeceğini ise gelecekte göreceğiz. 3. Bölüm'de bu kaygıyı ele alıp toplumsal değerleri teknolojik gelişme sürecine eklememeyi, normlar oluşturmaya ve çoğunlukla bir kara

Şekil 5 ve 6: İş Özelliklerinin Otomasyona Maruz Kalması, Seçilmiş Sektörlerden Örnekler



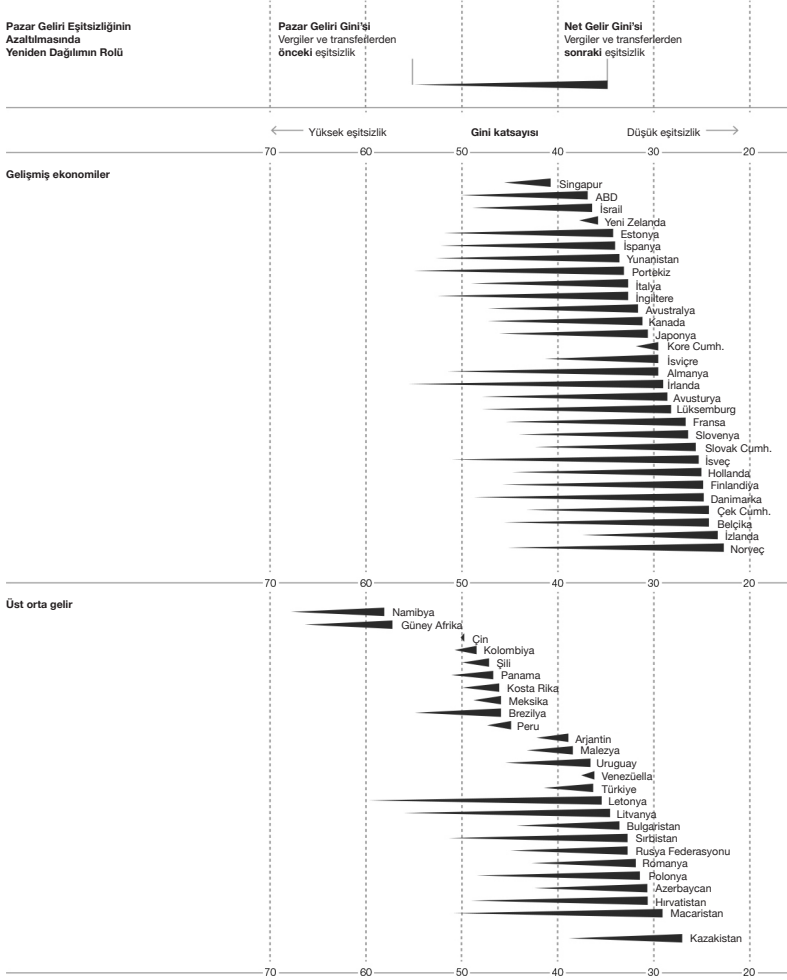
Kaynaklar: Yazar, Levy ve Murnane (2003); Blackrock Investment Institute (2014)

kutu olan karar verme ve geliştirme sürecini özünde demokratikleştirmeyi nasıl başarabileceğimize odaklanacağız.

Önemli ve yaygın bir diğer kaygı ise istihdam üzerindeki potansiyel etkidir. Şekil 5 ve 6'da görüldüğü gibi, önceki sanayi devrimlerindekienden çok daha fazla sayıda iş otomasyon riski altında bulunuyor –ve hızlı ölçeklenme iş kayıplarının çabucak katlanması anlamına geliyor. Bu arada, teknoloji cephesindeki sektörlerde iş yaratma oranı bugün önceki on yıllardan çok daha yavaş.¹¹ Yeni sektörlerde yaratılan işler teknik uzmanlık ve bilişsel olmayan beceriler gerektiriyor ve böylece daha az becerikli çalışanlar için riskler ortaya çıkarıyor. Gelişmiş ekonomilerde, yeni işlerin çoğu bağımsız sözleşme, yarı zamanlı çalışma, geçici yani “esnek ekonomi” etkinlikleri olarak ortaya çıkıyor ve bu da tam zamanlı çalışmanın sağladığı yasal koruma ve sosyal haklardan yoksun kalmaya yol açabiliyor. Örneğin, ABD’de 2005-2015 arasında yaratılan yeni işlerden yüzde 94’ü sosyal koruma, işçi hakları ve hatta çalışanlar tarafından anlamlı kontrolden yoksun “alternatif çalışma biçimleri” halinde ortaya çıktı.¹² Bu yüzden Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri insanların yetenek ve çıkarlarını anlamlı işlerde uygulama yönündeki seçim ve becerilerini baltalıyor gibi görünüyor. Böyle bir durum çalışanların kuşaklar boyu istikrarsız ve parçalanmış bir yaşam sürmelerine yol açabilir. Bu değişimleri yönetmek standart olmayan işler için yeni düzenlemeler getirmeyi ve yetişkin eğitimi ve proaktif istihdam hizmetlerine yatırımlar yapmayı gerektirir.¹³

Bu, transferlerin rolü ve sosyal koruma sistemleri hakkında yeni bir düşünme tarzı da gerektirecektir. Şekil 7’de, transferlerin –çoğunlukla kamu harcamaları ve sosyal programlar aracılığıyla gerçekleşen transferlerin– çoğu ekonomide pazar gelirlerinin dağılımını değiştirmede önemli bir rol oynamakta olduğu görülüyor. Örneğin, İsveç yapısal olarak ABD, Singapur, Meksika ve Türkiye’den daha eşitsizdir –ama vergiler ve transferlerden sonra, ülkenin GINI katsayısı hepsinin altına düşer. Bu konuda muhtemelen robotlar üzerine koyulacak vergilerle finanse edilecek ve

Şekil 7: Eşitsizliğin Azaltılmasında Yeniden Dağıtımın Değişiklik Gösteren Rolü



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu (2017)

San Francisco’da araştırılmakta olduğu bildirilen çeşitli yeni seçenekler teklif edilmiştir.¹⁴ Bununla birlikte, Dünya Ekonomik Forumunun *2017 Kapsayıcı Büyüme ve Kalkınma Raporu*’nda (Inclusive Growth and Development Report 2017) hükümetlerin kapsayıcı büyümenin nasıl güçlendirilebileceği konusunda daha temele yönelik düşünceleri gerektiği ileri sürülüyor: Yurtiçi yapısal reformların kapsamı vergilerin ve transferlerin çok daha ötesine gidiyor.¹⁵

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri, ekonomik eşitsizliğin potansiyel etkilerinin de ötesinde, farklı alanlarda önemli olumsuz dışsallıklar getirebilir. *Küresel Riskler Raporu* için görüşülen uzmanların söylediği ve İkinci Kısım’daki bölümlerde ele alınacak olan dışsallıklardan bazıları aşağıda listelenmiştir:

- Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri son derece yıkıcı silahların üretilme olanaklarını –örneğin biyoteknoloji sayesinde biyolojik silah üretimini– demokratikleştirebilir.
- Yeni malzemelerin –örneğin nanoteknolojinin– çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilir ve bu anlaşıldığında bu malzemeler çoktan yaygınlaşmış olabilir.
- Temiz enerji alanında çığır açıcı gelişmeler fosil yakıt üreten ülkelerdeki istikrarı ortadan kaldırarak jeopolitik kargaşaya yol açabilir.
- Jeomühendislik yoluyla iklim değişikliği sorununu çözme girişimleri ekosistemlere geri dönülemez bir şekilde zarar veren beklenmedik sonuçlara neden olabilir.
- Kuantum bilişimdeki ilerlemeler mevcut online güvenlik protokollerini işlevsiz hale getirebilir.
- Bilinmezlerle dolu (bir kara kutu niteliğindeki) yapay zekânın yaygın bir şekilde kullanımı ekonomik sistemleri daha kırılgan ve dengesiz hale getirebilir ve kararlarla ilgili sorumlulukları belirsizleştirir –örneğin, tartışmalı bir durumda kullanılması halinde.
- İnsanların linkleri tıklamaya, alışveriş ya da başka şeyleri yapmaya nasıl yönlendirilebileceği konusundaki bilgiler arttıkça, nöroteknolojideki gelişmeler insanın rolünü riske atabilir.

Eğer yavaş çalışan ve geriye bakma eğilimindeki mevcut yönetim modellerine bel bağlarsak bu dışsallıkları yönetmek imkânsız olacaktır. Örneğin, ABD Federal Havacılık İdaresinin Amazon'a bir dron modelini test etmek için "deneysel uçabilirlik sertifikası" vermesi sekiz ayı buldu ki bu süre içinde söz konusu modelin modası geçti; Amazon da denemeleri Kanada ve İngiltere'de çoktan yapmıştı.¹⁶ Hem 3. Bölüm'de hem de Sonuç bölümünde ele alındığı gibi, dünyanın ivedilikle çevik bir yönetim için yeni yaklaşımlara ihtiyacı var. Ayrıca bu yeni yaklaşımlar için sadece düzenleme, norm ve standartların içeriği değil aynı zamanda bunları oluşturma mekanizmalarımız üzerinde de yeniden düşünülmesi gerekiyor.

Teknolojileri, herkesin çıkarına hizmet edecek, insani gereksinimleri karşılayacak ve nihayetinde gerçek bir küresel uygarlığın bir parçası olarak hissetmemizi sağlayacak şekilde yönetmek için yeni yaklaşımların bulunması gerekiyor. Bunu başarmak için ilk önce teknolojiyle ilgili olarak insani gereksinimlerin neler olduğunu, dünyayı değiştirmekte olan teknolojilere olumlu insani değerleri nasıl ekleyip bütünleştirebileceğimizi ele almamız gerekecek. Bu, bir sonraki bölümde ele alacağımız önemli bir konu.

Bölüm Özeti

Dördüncü Sanayi Devrimini daha derinlikli bir şekilde anlamanın iyi bir yolu, "yakından bakma ve uzaktan bakma" şeklinde düşünülebilecek iki yönlü bir yaklaşım izlemektir. Bu iki açıdan önemlidir:

1. Belirli bir dizi teknolojinin potansiyelini ve bu teknolojilerin nasıl kullanılmakta olduğunu daha iyi anlamak için o teknolojileri ve olanakları konusunda minimum uygunlukta bir değerbilirlik edinmek için;

2. Teknolojiler ve bu teknolojilerin harekete geçirdiği sistemik değişimler arasındaki ilişkileri anlayarak noktaları birleştirmek için.

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin, görmekte olduğumuz sistemik değişimlerle ilişkili bazı ortak özellikleri vardır. Sistem düzeyindeki büyük resmi görmek dört ortak dinamiği dikkate almakla mümkündür:

1. Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri dijital sistemleri önemli ölçüde dönüştürür ve kapsamını genişletir;
2. Katlanarak ölçeklenirler, fiziksel olarak ortaya çıkar ve yaşamlarımızın içine yerleşirler;
3. Bir araya gelip inovasyonlar üretmeleri, bu teknolojilerin bozucu gücünü artırır;
4. Benzer yararlar ve zorluklar ortaya çıkarılırlar.

Bu teknolojilerin yararları ve ortaya çıkardıkları zorluklar eşitsizlik, istihdam, egemenlik, sağlık ve güvenlik ve ekonomik kalkınma gibi önemli konularla bağlantılıdır.

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin etkisinin hız ve ölçeğiyle başarılı bir şekilde ilgilenmek, hükümetler ve geleneksel düzenleyici kurumlar kadar özel sektör ve sosyal paydaşları da kapsayacak şekilde yeni ve daha çevik yönetim modelleri gerektirecektir. Amaç, daha gelecek uyumlu, uyarlanabilir ve çok paydaşlı yönetim biçimleri ve yeni norm, standart ve uygulamalar geliştirmektir.

Değerleri Teknolojilere Yerleştirmek

Dördüncü Sanayi Devrimi (2016), “ilerleme yolunda” karmaşık, belirsiz ve hızla değişen teknoloji alanına değerler temelinde bir yaklaşımın esas olduğunu savunuyordu.¹⁷ Bu bölümde bu fikri açacağız hem bu yolda ilerlememize hem de teknolojik bir geleceği şekillendirmede toplumun rolünü korumamıza yardımcı olabilecek ilke ve değerleri ortaya koyacağız.

Teknolojiler küresel ölçekte yaşam standardının ve refahın artışına yadsınamaz bir katkı sağlamıştır. Rahatsız edici etkileri de olmuştur ve istenmeyen sonuçlar üretmeye devam etmektedir. Bu ikincisine şunları örnek verebiliriz: Birçok dijital platform, serveti gitgide daha az sayıda insanın elinde topluyor ve bu da çalışanları daha güvence-siz ve suiistimale açık hale getiriyor; doğal gaz çıkarmada kullanılan yeni teknikler çevreye zarar vermeye devam ediyor ve hissedarları zenginleştirirken maliyetleri marjinalleşmiş paydaşların üzerine yı-kıyor. Sermaye donanım yatırımları, ABD’de 1990’dan bu yana üretim sektöründe gerçekteşen çalışma yeri kayıplarının yaklaşık yüzde 83’ünden ve buna bağlı olarak tüm topluluklarda gözlemlenen çö-zülmeden sorumlu olabilir.¹⁸

Bu dışallıkların pek çoğu son 30 yıl içinde yavaş yavaş gelişti ama Dördüncü Sanayi Devrimi ilerleyip beraberinde artan bir deği-şim hızı getirdikçe teknolojilerin çok daha çeşitli, karmaşık ve yıkıcı etkileriyle ilgilenmek zorunda kalacağız. Bunların sonuçlarının ne

olacağı konusunda söylenenler sadece tahminden ibaret kalabilir ama birçok insan bunların potansiyel olumsuz etkileri konusunda derin bir kaygı içinde. 2. Bölüm'ün sonunda listelendiği gibi, Dünya Ekonomik Forumunun *2017 Küresel Riskler Raporu*, uzmanların yapay zekâ, biyoteknoloji, jeomühendislik ve nesnelerin internetini özellikle kaygı verici bulduğunu gösteriyor.¹⁹ *2018 Küresel Riskler Raporu* ise görünür savunmasızlıklarının gittikçe artması nedeniyle veri, altyapı, kişisel enformasyon ve kimlikler dahil tüm dijital varlıklara ilişkin siber güvenlik tehditlerinin aradan geçen bir yıl içinde en ön plana çıktığını gösteriyor. Öyleyse Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin dünyamızı ve yaşamımızı gerçekten geliştirip geliştirmeyeceğini nasıl söyleyebiliriz? Ekonomik ve pek çok diğer yararlar potansiyel insani maliyetlere degecek mi? Bağlantılı riskleri azaltmak için etkili araçlara sahip miyiz? Ve bu teknolojilerden gerçekten ne bekliyoruz?

Sonuç olarak, belirli herhangi bir teknoloji kolaylık, eğlence, güç, verimlilik ya da bu dördünden oluşan bir kombinasyon vaat ederken bizim teknolojiden bir bütün olarak ne istediğimiz sağlıklı bir ekonomiden arzu ettiğimiz şeyin aynısıdır: İnsanların refahında bir ilerleme. 1. Bölüm'de teknolojilerin "sınırlayıcı değil, güç verici" olması gerektiğini, geleceğin "insanlar tarafından ve insanlar için tasarılanması" gerektiğini ve teknolojilerin değerlere "bir sorun değil özellik olarak" davranması gerektiğini savunmuştuk. Daha basit bir şekilde ifade edecek olursak, Dördüncü Sanayi Devriminde refah için tek açık amaç, insan merkezli bir gündeme odaklanmaktır. Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri eşitsizlik, yoksulluk, ayrımcılık, güvensizlik, yer değiştirme ya da çevreye verilen zararlarla artış getiren bir gelecekle sonuçlanırsa –eğer bunlar insanların bir kenara itilmesiyle, kullanılmasıyla yani değerlerinin düşürülmesiyle sonuçlanırsa– o zaman işler son derece kötüye gitmiş demektir.

Ne yazık ki dünyanın teknolojik gelişmeler ve ekonomik zorunluluklarla sürüklenip gittiği ve asıl önemli olanın gözden kaybolduğu hissi güçleniyor. Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee gibi

ünlü ekonomistler teknoloji yüzünden işgücü ile verimlilik arasında oluşan “büyük kopuş” kavramını popülerleştirdiler.²⁰ Teknoloji sayesinde ortaya çıkan “esnek” ekonominin (“gig” economy) 2020’ye kadar tüm çalışma yerlerinin yüzde 40’ını kapsaması bekleniyor.²¹ OECD ülkelerinde milli gelirde işgücünün payındaki azalmanın yüzde 80’e varan kısmı teknolojiye bağlandığı için eşitsizlikteki artıştan teknoloji sorumlu tutuluyor ve kamuoyunda politikaların ekonomik kalkınmayı sosyal bütünlük ve insan refahının önünde tuttuğu algısı gittikçe güçleniyor.²² Kendimize teknolojik değişimden hangi sonuçları elde etmek istiyoruz diye sormak yerine sürekli olarak kendimizi istenmeyen sonuçlara tepki verme zorunluluğu içinde buluyoruz.

Teknolojilere yönelik olarak değerlere dayalı bir yaklaşıma doğru proaktif bir şekilde adımlar atmak, sürekli olarak köşeye sıkışmak yerine dengeyi yeniden sağlamamıza yardımcı olabilir. İlk olarak, teknolojilerin politik doğası hakkında net olmak, sorumlu ve duyarlı bir yönetimin bir zorunluluk olduğunu vurgulamamıza yardımcı olabilir. İkinci olarak, toplumsal değerlerin yönetim açısından öncelik olarak belirlenmesi, teknolojilerin nasıl kullanılacağı ve kimlere yarar sağlayacağı konularında yönlendirme yapmaya yardımcı olabilir. Üçüncü olarak, değerlerin nerelerde ve nasıl teknolojik sistemlerin bir parçası haline geleceğini açık bir şekilde saptamak, hem farkındalığı artırmaya hem de teknolojilerin geliştirilmesine değerlerin de eklenmesi için en iyi stratejilerin belirlenmesine yardımcı olabilir.

Teknoloji politikası

Teknolojilerle değerler arasındaki ilişkinin tanımlanması kolay değil. Değerler hem soyuttur hem de toplumlara ve bireylere göre değişkenlik gösterir. Aynı şekilde teknolojiler de kapsam olarak genişler ve konuşmak için kullandığımız dilden başlayıp insanları uzaya taşıyabilen roketlere kadar uzanır. Bu genişlik dikkate alındığında,

bu ikisinin ilişkisine hitap edecek basit bir yol bulmak kolay değildir. Ne yazık ki bu tartışmayı basitleştirmek adına, bildik ve yanılıcı iki bakış açısı ortaya çıkmıştır. Bunları şöyle özetleyebiliriz:

Birinci yanılıcı bakış açısı: Geleceği teknoloji belirler

Birinci bakış açısı, teknolojilerin bizi özendirerek, olanaklar sunarak ve sınırlayarak toplumu etkilediğini kabul eder ve teknolojik ilerlemeyi dışarıdan gelen, değiştirilemez ve durdurulamaz, neredeyse tümünden belirleyici (deterministik) bir güç olarak niteler. Bu görüşü benimseyenler çoğu zaman teknolojiden söz ederken sanki tarihi ve değerlerimizi ilerlemeci ya da zararlı bir şekilde teknoloji yönlendiriyormuş gibi konuşurlar ve bunu durdurmaya çalışmanın anlamsız olduğunu savunurlar.

İkinci yanılıcı bakış açısı: Teknoloji değerler bakımından nötrdür

Bu bakış açısı, teknolojilerin kendi içinde toplumu anlamlı bir şekilde etkileyecek bir öge barındırmadığını savunur ve teknolojileri nötr araçlar olarak nitelendirirler –toplumu etkileyenler, bu teknolojileri nasıl kullanacakları yönünde seçim yapan bireylerdir. Bu sav, teknolojilerin neleri mümkün kılacağı ve insanlar üzerinde nasıl bir etki bırakacağı tartışmasının yönünü haksız bir şekilde değiştirerek dikkatleri –teknolojiyi geliştirenlerin ya da dağıtıcıların değil– sadece kullanıcıların ahlaki karakteri üzerinde yoğunlaştırır.

Her iki bakış açısı da Dördüncü Sanayi Devrimine rehberlik etmek için yeterli değildir. Aslında her ikisinde de bir parça gerçeklik payı olmasına karşın teknolojilerin 2. Bölüm’de tanımlanan dinamikleri sergilediği –daha hızlı yayılarak kullanıcılara daha fazla güç verdiği ve hem çevremizi sardığı hem de bedenlerimizin içine yerleştiği– bir dönemde bu iki bakış açısı da son derece tehlikelidir.

Birinci sav teknolojiyi toplumun kontrolünün üzerine ve dışına koyarken ikinci sav sosyal sorumluluğu teknolojinin yaptığı etkiden ayrı tutar. Her ikisi de teknolojilerin ve toplumların birbirini

şekillendirdiğini gözden kaçırıyor. Nükleer teknolojiler, tamamen bu iki görüşten herhangi birine bel bağlamanın tehlikesine iyi bir örnektir. Nükleer teknolojilerin “yalın araçlar” olmadığı açık –hem nükleer enerji vaadi hem de nükleer yıkım tehdidi nedeniyle bu teknolojilerin sadece varlıklarının bile toplumlar arasında ve toplumların üzerinde olağanüstü baskıları var. Örneğin son dönemdeki jeopolitik gerilimler, nükleer tehlikelerle ilgili farkındalığı artırdı ve 2017 Nobel barış ödülü Uluslararası Nükleer Silahların Kaldırılması Kampanyası ICAN’a verildi. Aynı zamanda, nükleer teknolojilerin insanlığın kaderini tayin etmesi de zorunluluk değil, çünkü hangi teknolojilerin geliştirileceğine, nasıl geliştirileceklerine, bunda kimin söz sahibi olacağına ve hangi amaçlara hizmet edeceklerine karar verme yetisi toplumlarda var. Gerçekten de nükleer enerji kullanımına karşıt kararlar veren toplumların sayısı artıyor ve Alman hükümetinin 2011’de ülkedeki son nükleer enerji reaktörlerini 2022’ye kadar kapatma kararı alması da bunu gösteriyor.²³

Dördüncü Sanayi Devrimine giden yol, teknolojiler hakkında daha düşünceli ve daha yararlı bir bakış açısının yanı sıra amaç, riskler ve belirsizliklerle ilgili ayrıntılı ve incelikli tartışmalar yürütme becerisi gerektiriyor. Teknolojilere üçüncü bir bakış açısı gerektiriyor ki bunu “tüm teknolojiler politiktir” şeklinde açıklayabiliriz. Burada politik terimini tanımlayıcı anlamda kullanıyoruz. Teknolojilerin hükümetleri temsil ettiğini, belirli bir partinin çizgisini izlediğini ya da bir şekilde “soldan” veya “sağdan” kaynaklandığını kastetmiyoruz. Daha çok, teknolojilerin sosyal süreçlerle geliştirilen, insanlar ve kurumların yerine ve onlar için çalışan ve toplum içindeki güç, yapı ve statüyü etkileyebilecek (ve gerçekten de etkileyen) bütün varsayımları, değerleri ve ilkeleri içeren çözümler, ürünler ve uygulamalar olduğunu kastediyoruz.

Sonuçta teknolojiler, nasıl bilgi edindiğimizle, kararlarımızı nasıl verdiğimizle ve hem kendimiz hem de birbirimiz hakkında nasıl düşündüğümüzle bağlantılıdır. Kimliklerimizle, dünya görüşlerimizle ve potansiyel geleceklerimizle bağlantılıdır. Nükleer teknolojilerden

başlayıp uzay yarışı, akıllı telefonlar, sosyal medya, otomobiller, tıp ve altyapıya kadar –teknolojilerin anlamı tüm bunları politik yapmaktadır. Hatta “gelişmiş” ülke kavramının kendisi bile, içten içe, teknolojilerin benimsenmesine ve hem ekonomik hem de toplumsal açıdan bizim için ne anlama geldiğine dayanmaktadır.

Birçok bilim insanı ve teknoloji teknolojilerin politik yönlerini kabul ediyor. Örneğin, Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsünün (IEEE) Yapay Zekâ ve Otonom Sistemlerde Etik Konular için Küresel Girişiminde (Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems) yapay zekâ “sosyo-teknik sistem” olarak tanımlanıyor.²⁴ Aslında yapay zekânın değerleri üzerinde derinlikli bir şekilde düşünme gereksinimi, akademi, hükümet ve endüstri uzmanları tarafından koordine edilen halka çok açık bazı girişimler yapılmasına yol açmıştır. Benzer bir şekilde Nuffield Biyoetik Konseyi de (Nuffield Council on Bioethics) biyoteknolojiyi “bilginin, pratiğin, ürünlerin ve uygulamaların kesişimi” olarak tanımlıyor.²⁵ Konseyin bu tanımla ilgili açıklaması, teknolojilerin –tıpkı insanlar gibi– fiziksel parçalarının toplamından daha fazlası olduğuna dikkat çekiyor:

Biyoteknoloji büyük bir çeşitlilik içermesine karşın belirli bir toplumsal ve tarihsel bağlamda belirli kesişmelerin meydana gelmesine ama diğer olası kesişmelerin meydana gelmemesine yol açan koşullar ortaya bazı ortak sorunlar çıkarıyor. Söz konusu koşullar hem doğal kısıtlılıkları hem de iradi tercihleri içeriyor (hatta bu tercihler her zaman kabul edilmiş yani açıkça yapılmış olmasa bile). Bu tür tercihler değerlerle, inançlarla ve teknoloji ve teknolojinin kullanımıyla ilgili beklentileri kapsayan karmaşık yargılara dayanıyor. Dikkate alınacak hususların doğası kadar, bu tercihlerin nasıl yapıldığı –ne kadar farklı değer, inanç ve beklentinin bu sürece dahil olduğu, değerlendirildiği, birleştirildiği ya da dışlandığı– konusunun da önemli etik ve politik boyutları var.

Herhangi bir teknoloji yaratıldığında o teknolojinin içinde değerlerin, hedeflerin ve ödünlerin tortuları bulunur. Ve teknoloji ne kadar güçlüyse bunların neler olduğunu değerlendirmek o kadar önemli hale gelir.

Hangi teknolojilerin peşinden gidilmeye değer olduğuyla ilgili tercihleri yönlendiren çoğu zaman ekonomidir. Nasıl tasarımlanacağını ve nasıl uygulamaya geçirileceğini de ekonomi yönlendirir. Bu yönlendirmeler toplum üzerindeki etkileri aracılığıyla görülebilir. Örneğin, “yalan haber” ile mücadele etmek için dijital içerik filtreleme etiği (ve bunu büyük hacimli olarak yapmanın maliyeti) hakkında son zamanlarda yapılan tartışmalar hem teknoloji şirketlerinin hem de bu şirketlerin platformlarının tasarımının ve içerikleri izlemek, segmentlere ayırmak ve tüketici gruplarına iletmek için kullanılan tekniklerin ekonomik zorunluluklarıyla doğrudan ilgilidir. Dijital sosyal medya ortamında –tıpkı gazete, televizyon ve radyodaki gibi– ekonomik baskılar ve ürün yönetimi milyarlarca insanın ne öğreneceğini ve onu nasıl öğreneceğini etkiler. İnternetin açık doğası sosyal medya teknolojilerinin hızla ölçeklenmesini sağlar ve aynı zamanda “anti-sosyal” kabul edilen içerikler konusunda ağların izlenmesini son derece meydan okuyucu hale getirir.

Teknolojilerin belirli toplumsal tutum, ilgi alanı ve hedefleri içinde barındırdığını anlamak bize değişime öneyak olmak için daha büyük bir güç verir –bu, gerçekten de bizi sorumluluk almaya zorlar çünkü istenmeyen sonuçlar konusunda suçu sadece teknolojilerin üzerine atamayız ama teknolojilerin verdiğimiz kararları nasıl etkilediğini de göz ardı edemeyiz. Bunu kabul etmek şu üç sorumlulukla başa çıkmak anlamına gelir:

1. Belirli teknolojilerle risk altına giren değerleri saptamak
2. Teknolojilerin tercihlerimizi ve karar vermemizi nasıl etkilediğini anlamak
3. Teknolojik gelişmeyi uygun paydaşlarla nasıl en iyi etkileyeceğimize karar vermek

Toplum, teknolojiler ve ekonomi arasındaki politik uzlaşmada toplumsal değerlere ne kadar özen göstereceğimize karar vermek bize bağlıdır.

Toplumsal değerleri öncelik haline getirmek

Teknolojiler toplumun içine yerleşik olduğu için teknolojilerin gelişimini şekillendirmek gibi bir sorumluluğumuz ve toplumsal değerleri öncelik olarak konumlandırmak gibi bir zorunluluğumuz var. Teknolojilerin tasarım ve amaçlarında bulunan değerleri aktarma eğiliminde olmasına karşın bu değerlerin hangi değerler olması gerektiği konusunda her zaman görüş birliği olmaz. IEEE'den John Havens'in dediği gibi: "Eğer neye değer verdiğimizi biz bilmiyorsak makineler nereden bilecek? Eğer söz konusu ideallere uygun olacağını bildiğimiz teknolojiyi yaratmadan önce ortak değerlerimizi belirlemeye zaman ayırmazsak muhtemelen insanların refahını artıramayız."²⁶

Farklı insanlar ve farklı toplumlar farklı şeylere değer verirler ve bu yüzden belirli toplumsal ve kültürel bakış açılarının teknolojiye uygulanması konusunda anlaşmazlıklar olacaktır. Farklı kültürlerin ve değer tiplerinin öncelikler konusundaki farklılıkları öne çıkarması, teknolojilere değere dayalı bir bakış açısıyla yaklaşarak düşünmenin önünde bir engel olmamalıdır. Aksine, ne kadar çok bu açıdan bakarak düşünersek toplumlar için hangi önceliklerin çok önemli olduğu ve teknolojilerin bu değerleri nasıl etkilediği ve bu değerlere nasıl aracılık ettiği konusunu daha iyi anlarız. Aslında kültürlerin çoğunda geniş kapsamlı bir desteğe sahip olan bazı değerleri saptamak mümkün. Dünya Ekonomik Forumu Değerler Üzerine Küresel Gündem Konseyi (2012-2014), "A New Social Covenant" (Yeni bir Sosyal Sözleşme) adlı raporda, "birbirine bağlı, gelecek kuşaklara saygılı değerli bireyler"i "güçlü, birleştirici bir ideal"ini temsil eden "bazı ortak insani özelemler üzerinde –kültürler, dinler ve felsefeler arasında– geniş bir görüş birliği" olduğunu saptadı.²⁷

Olumlu, birleştirici değerler üzerinde görüş birliğine varmak sadece ilk adım. Bir de bunların uygulamaya geçirilmesi gerekiyor. Bunu yapmanın bir yolu duyarlı ve sorumlu yönetimdir. Genel olarak, kurumlar teknolojik değişimin hız ve kapsamına ayak uydurmada zorluklar yaşıyor. Birçok hukuk sistemi yeni risklerle ilgili adım atacak donanımdan yoksun; gerçekten de dünya çevreden insan haklarına kadar her şeyi tehdit eden çok çeşitli beklenmedik senaryoların olabilirliğini daha yeni yeni anlamaya başlıyor. Ayrıca, yükselen teknolojilerin gerek tasarım biçimlerinden ve gerekse kullanım ve yönetim ya da yönetim biçimlerinden kaynaklanabilecek olası dışsallıkları öngörebilmek özellikle zor. Teknolojik disiplinlerin birleşmesiyle beklenmedik bir şekilde riskler ortaya çıkabilir ve çıkıyor da. Yönetişim stratejileri esnek olmalı ve kurumları etkisizleştirecek şekilde engeller ortaya çıkarmadan uygun bir şekilde angaje olup tepki verebilecek kadar çevik hale gelmeli.

Değerler Üzerine Yeni Bir Toplumsal Sözleşme

Hazırlayan: Dünya Ekonomik Forumu Değerler Üzerine Küresel Gündem Konseyi (2012-2014)

Evet, çağrımız şu: Değerler üzerinde istemli, küresel bir düşünme dönemi için zamanımızın en kapsamlı kararlarını hayata geçiriyoruz. Bu düşünme sürecini beslemek için yeni bir yöntem Yeni Bir Toplumsal Sözleşmenin geliştirilmesidir.

Daha önce sarf edilen birçok çaba, bireysel haklar –ki temel haklardır– üzerine yoğunlaştı. Ama bizim odak noktamız –hem ulusların kendi içinde hem de birbiri arasında– birbirimize neler borçlu olduğumuzdur.... Değerler söz konusu olduğunda büyük bir kültürel çeşitlilik vardır. Ama bazı ortak insani özelemler üzerinde –kültürler, dinler ve felsefeler arasında– geniş bir mutabakat da vardır.

- Kişinin onuru –ırkı, cinsiyeti, inancı ne olursa olsun
- Bireysel çıkarların ötesine geçen ortak menfaatin önemi
- Özen gereği –sadece kendimizi değil gelecek kuşakları da düşünmek

Bu değerleri beslemek hem kişisel hem de kolektif bir görevdir. Özlem ve uygulama arasındaki boşluğu gidermek için bu değerlerin toplumsal yaşama aktarılması gerekir. Tartışmak yeterli değildir; farklı kararlar almalıyız. Ve bu, insani çabaların her alanında dönüştürücü ve değere dayalı bir liderliğe bağlıdır. Hem Dünya Ekonomik Forumunda hem de ötesinde modeller geliştirmemiz, teşvik etmemiz ve onurlandırmamız gerekir. Küresel meydan okumalara etkili, üretken ve iyileştirici bir şekilde karşılık verebilecek insanları –daha adil, cömert ve sürdürülebilir bir dünya inşa edecek ve miras bırakacak insanları– devreye sokmalıyız.

Bununla birlikte 2018 ortalarında yürürlüğe girecek olan Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) gibi değerlere dayalı yönetim örnekleri zaten var. Bu, kullanıcı rızası açısından kuralları değiştirecek ve açık, anlaşılır hüküm ve koşullar gerektirecektir. Veriler üzerinde kontrolü elinde bulunduran şirketler, güvenlik ihlalleri konusunda kullanıcıları bilgilendirecek, verilerinin nasıl kullanıldığı hakkında bilgi verecek, “unutulma hakkı” süreçlerine uyum sağlayacak, veri taşınabilirliğine izin verecek, gerektiğinde veri koruma personeli bulunduracak ve teknoloji ve hizmetlerin tasarım aşamasında verilerin korunmasını sağlayan süreçlere yasal olarak uyum sağlayacaktır.²⁸

GDPR’nin teknolojilerin tasarım aşamasına gizliliğin yerleştirilmesi konusuna yaptığı vurgu, değerleri uygulamaya geçirmeye yönelik ikinci bir yaklaşım örneğidir: Teknolojilerin gelişiminin

sadece yaratıcılarının değerlerini yansıtmaktan çok toplumun değerlerini yansıtmasını sağlamak için değerleri teknolojilerin geliştirilme süreçlerine yerleştirmeye çalışma yaklaşımı. Teknoloji hakkında “bırakınız yapsınlar” yaklaşımından kaynaklanan sorunları düzeltmeye çalışmaktan çok, teknolojik gelişmenin aşamaları boyunca etik, değerler ve toplumsal sonuçları proaktif bir şekilde dikkate almak, teknolojilerin nasıl bütünleşip toplumların özlem duyduğu türden bir kolektif refahı destekleyeceği konusunda önemli bir etki yaratabilir. Blok zinciri, nesnelerin interneti, otonom sistemler, nöroteknoloji ve algoritmalar değerlerin henüz açık bir şekilde yerleştirilmediği alanlarda ve dar bir çıkarlar dizisi olan uzman toplulukları tarafından geliştirilen teknoloji örnekleridir.

Ne yazık ki belirli değerleri teknolojik gelişmeye yerleştirmek her zaman kolay olmayacaktır. Özellikler arasına bir de “etik” özelliği eklemek kadar basit değildir ve yeni metodolojiler benimsemek, kurumsal kültürler geliştirmek ve hatta ekonominin gelişmeye ivme kazandıran piyasa anlayışına meydan okumak kadar karmaşık olabilir. Ayrıca pek çok teknolojinin –özellikle dijital teknolojilerin– birçok yolla uygulamaya geçirilebiliyor olması ve risklerini ve potansiyel etkilerini değerlendirmenin kolay olmaması da diğer bir zorluktur. Hatta risklerin öngörülebildiği durumlarda bile teknolojilerin hepsi “programlanabilir” değildir; örneğin, blok zinciri teknolojilerinin suça yönelik girişimler için kullanımını önleyecek ya da potansiyel karbon ayak izlerini azaltacak şekilde nasıl geliştirilebileceği hâlâ belli değil. Bununla birlikte, şirket ve kurumların teknolojileri nasıl tasarımıyıp uygulamaya geçireceklerinden daha fazlasını düşünmeleri gerekiyor –daha en başından sosyal açıdan sorumlu süreçlerle çalışmalılar. Mühendislik ve ürün geliştirme düzeyinde, teknolojilerin geliştirilmesi ya da kullanımı için teknik gereklilikler ve sistemik teşviklerin ötesine bakmalı ve toplum üzerindeki potansiyel etkilerini kapsayan geniş bir bakış açısı yakalamalılar.²⁹

Teknolojinin içine değerlerin kodlanması

Toplumsal değerlerin bir öncelik haline getirilmesi tepeden inme düzenlemelerle başarıya ulaşamaz. Değerleri, üzerinde durulması gereken bir sorun olarak gösterip insanlara ve organizasyonlara yeni davranışlar sergilemeleri için fırsat yaratmayı gerektirir. Ayrıca liderler tarafından esinlendirilen bir motivasyon da gerektirir. Bu, birçok noktada, aşağıdaki kısımda ele alındığı gibi, bükülme noktalarında başlayabilir. Ama nerede başlarsa başlasın, davranış değişikliğine yardımcı olmak, teknolojilerin daha kapsamlı etkileri hakkında farkındalığı artırmak ve toplumsal değerleri öncelik olarak belirlemek, teknolojilere aşağıdaki açılardan yaklaşarak daha etkili hale getirilebilir:

İlk olarak teknolojilerin çekim ve her tarafa yayılan etkisini kabul etmek çok önemli. Teknolojiler, etkileşimlerimize aracılık ederek, ekonomimize yardımcı olarak, bedenlerimizi ve çevremizi etkileyerek ve kurum ve bireylerin bağımlı olduğu enformasyonu işleyerek insan yaşamının her yönüne karışmış durumdadır. Gelişmiş malzemeler ve tıbbi ürünler gibi tamamen oturmuş olan teknolojiler ve –arama motorlarından otonom sistemler ve blok zincirine kadar– diğer teknolojilerle ilgili sorumlu bir ortam gereksinimi de benzer bir saygıya ihtiyaç duyar. Görünüşte zararsız olan birçok teknoloji, sadece ölüm oranının ölçülmesinden çok, yaşamımız üzerindeki kolektif etkilerinin kapsamı ölçüldüğünde yeni bir önem kazanır.

İkinci olarak, kişisel ve/veya kurumsal amaç üzerinde düşünmek ve bu amacı anlamak, teknolojilerle ilgilenirken berrak bir bakış açısı kazandırabilir. Bilimsel ve teknolojik arayışlar sınırları zorlama özgürlüğü gerektirir, ama toplumun refahını kapsayan amaç ve anlam üzerinde düşünüp yeni olanakları bunlarla bir bütün olarak ele almayı da hedeflememiz gerekir. Örneğin, fizikçi J. Robert Oppenheimer, atom bombasının ilk defa kullanılmasının ardından 1945'te yaptığı ünlü konuşmada kendi bakış açısını ortaya koydu: Bir bilim insanı olmanın amacı, bilgiyi insanlık için taşıdığı değer

nedeniyle öğrenmek ve paylaşmaktır.³⁰ Oppenheimer, bu amaç beyanından yola çıkarak müşterek bir atom enerjisi komisyonu kurulmasını, bilginin serbestçe paylaşılmasını ve bomba üretiminin durdurulmasını savundu ve bunu yaparken de sürekli olarak merak, tutku ve kolektif sorumluluğu destekledi.

Üçüncü olarak, değerlerden ve değerlerin teknolojiyle ilişkisinden yana bir tutum almak görüşün eyleme geçirildiği noktadır. Kurumun belirlediği değerlere uyum sağlama doğrultusunda bir ilke ya da düstur yaratmak son derece yararlı olabilir. Teknolojiler konusunda bir amaca yönelik, değerler temelinde bir yaklaşımı desteklemek için birtakım etik kurallar ya da basit bir şekilde kurumsal bir hikâye yaratmak, bir şirket ya da organizasyonun, hatta bütün bir meslek ya da sektörün kültürünü belirlemeye yardımcı olabilir. Doktorların Hipokrat Yemini örnek bir modeldir –teknolojileri araştırma, analiz etme ve uygulamada neyin önemli olduğuna odaklanılmasını sağlar. Biyoteknolojinin kendi üzerinde görece daha fazla düşünmesinin ve kendini görece daha fazla kısıtlamasının nedenlerinden biri belki de tıp sektöründen etkilenmiş olmasıdır.

Dördüncü ve son olarak, teknolojileri ve teknolojilerin gelişimini biçimlendirmek için etkili araçlar haline gelebileceği bükülme noktalarından yararlanmak son derece önemlidir. İyi niyetler ve bağlılıklar önemlidir ama geliştirme sürecindeki kritik sıçrama noktalarında değerler hakkındaki farkındalığı ve fırsatları değerlendirmek için vatandaşlar ve liderler daha fazlasını yapabilirler. Örneğin, eğitimciler etik eğitiminde akılcı karar verme sorunsalını örneklemek için “vagon ikilemi” sorununu başarılı bir şekilde popülerleştirmiştir.³¹ Bu etik ikilemi, öğrenciler için kullanılan bir yöntem olarak insanlar için zor olan kararların çoğu zaman yaşamın soyut ya da paha biçilmez özellikleriyle ilgili olduğunu açıkça gösterir. Bu tür kararlar makinelere kaldığında, bu ölçülmemiş (ve belki de ölçülemez olan) ölçütler kodlara indirgenmiş olacaktır. Bükülme noktalarını kullanmak, liderlere teknolojileri şekillendirmede değerlerin rolünü vurgulayabilme olanağı verir.

Neden Değerler?

Yazan: Stewart Wallis, Bağımsız Düşünür, Konuşmacı ve Yeni bir Ekonomik Sistem Savunucusu, İngiltere

Dünya daha önce benzeri görülmemiş meydan okumalarla karşı karşıya bulunuyor. İnsanlık tarihinde, ilk defa gezegenimizle ilgili çok önemli ekolojik sınırlarla karşı karşıyayız –ya da aşıyoruz. Aynı zamanda hem nüfus artışı hem de görülmemiş hızdaki teknolojik değişim (nedeniyle mevcut işlerin tüm çehresinin değişmesi) karşısında 2050’ye kadar 1,5 milyar kadar yeni çalışma yeri/geçim imkânı yaratmamız gerekiyor. Üstelik karbondan ve diğer kıt ekolojik kaynaklardan şu andaki uzaklaşma oranları dikkate alındığında iş yaratma hedefi ile gezegenimizin güvenli sınırları çerçevesinde yaşama hedefi arasında bir çatışma olasılığıyla karşı karşıyayız. Bütün bunlara bir de büyüyen jeopolitik güvenlik sorunlarını ve kıtalar arası sığınmacıları ve ekonomik nedenlerden kaynaklanan göçmenleri; servet ve gelir açısından küresel eşitsizliklerdeki sürekli artışı; Dördüncü Sanayi Devriminin olumlu ve olumsuz sonuçlarını ekleyin –böylece ya felaket niteliğinde bir aksaklık ya da insani gelişimde olumlu bir dönüşümle karşılaşacağımız açıkça görülür. Her iki durumda da çok büyük bir sistem değişimiyle yüz yüzeyiz demektir. Birçok potansiyel çözüm mevcut ama bu tür çözümlerin benimsenip benimsenmeyeceğini ve sistem değişiminin olumlu yönde olup olmayacağını belirleyecek olan şey temel olarak değerlere dayanıyor.

Değerler bize açık bir varış noktası –Doğru Kuzey– ve oraya varmak için gereken araçları sağlar. Batı Avrupadaki Sanayi Devriminin arka planında yaratıcılık, güven ve girişime yönelik bir değerler değişimi vardı. Köleliğin kaldırılması ve insan hakları hareketinin arkasında da değerler konusunda

büyük bir değişim vardı. Aynı şekilde 20. yüzyılda batılı ekonomilerdeki iki büyük değişimin ardında da değerler değişimi vardı: Birincisi, (yüzyıl ortasında) Keynesçiliğe geçiş ve ardından kabaca ifade edildiği şekliyle “neoliberalizm”e geçiş (1980’ler, 1990’lar ve 21. yüzyılın ilk on yılı). Bu durumların tümünde değerlerdeki değişim bir hedef belirledi ve bu hedefe ulaşmak için araçlar sağladı, çünkü değerler insanları eyleme geçme konusunda motive eder. Bu değer değişimleri açık, olumlu ve güçlü bir hikâyeyle birlikte güçlü bir değişim öncüsü tarafından gerçekleştirildi. Normlardaki ve yasalardaki değişimler ancak bundan sonra bir bütün olarak toplumlar arasındaki değerlerde daha kapsamlı bir değişime yol açtı.

Dördüncü Sanayi Devrimi için gerekecek teknolojik ve toplumsal değişimin benzeri görülmemiş hızı dikkate alındığında doğru sonuçlar elde etmek için sadece hükümetlerin yaptığı yasal ve ekonomik teşvikler yeterli değildir. Yasalar yürürlüğe girene kadar çoğu zaman güncelliğini yitirmiş, ilgisiz ya da gereksiz duruma gelir. Olumlu sonuçlar elde etmenin tek yolu değerlerde yeni bir devrim yapılmasıdır.

Teknolojilerin karmaşık bir etkisi olduğunu anlamak işin kolay kısmıdır. Bu tartışma medyadaki başlık ve manşetlerle her gün kamuoyunun önüne geliyor. Bununla birlikte, daha zor olan, değerler konusunda farkındalığı artırmak için doğru yeri bulmak ve teknolojik gelişmenin çeşitli aşamalarında gereken bağlamsal zekâyı geliştirmektir. Öyleyse belirli değerleri, örneğin etkililik ve estetik konularını teknolojik gelişim sürecinin neresinde hesaba katacağız ve bunları onur ve ortak yarar gibi daha genel toplumsal değerlerle nerede uyumlu hale getireceğiz?

Aşağıdaki dokuz bükülme noktası bir başlangıçtır. Liderler –tasarımcılar, girişimciler, politika belirleyiciler ve toplumu etkileme gücü olan kişiler– bu noktalardan yararlanabilir ve değerler üzerinde

dikkatle düşünmek için bunları kullanarak, teknolojik uygulamanın daha geniş bağlamı hakkında tartışılmasını teşvik ederek ve eyleme geçerek bir fark yaratabilirler.

Eğitim programı

Dikkat edilmesi gereken sadece teknolojiler değildir. İnsanların sorumlu gelişmeye de ihtiyacı var. Son yıllarda bazı akademik akreditasyon kurumları mühendisler için etiği zorunlu bir ders olarak kabul etti.³² Bununla birlikte, bu eğitim programları uyumluluk ve mesleki kurallar konularına odaklanma eğilimindedir ve kestirmeden gitmenin yani zorunluluklardan kaçmanın insanların yaşamlarına mal olacağını vurgularlar. MBA programları ise çok yaygın sahtekârlık durumlarına bir tepki olarak, kurumsal sosyal sorumluluk ve çevre sorunları hakkında farkındalık konularına ek olarak etik dersleri de içermeye başladı. Her iki eğitim programı türü de değerlerin teknolojilerle, toplumla ve ekonomik sistemle bağlantılı olduğuna ilişkin tartışmalardan yarar sağlayabilir. Eğitimcilerin öğrenciler arasında farkındalık yaratması, mühendis ve yöneticilerin, hedefleri üzerinde düşünüp onları bir bağlama yerleştirerek sorun çözme konusunda daha geniş bir bakış açısı yakalamak suretiyle başkalarını da etkilemelerine yardımcı olabilir.

Fon bulma ve yatırım

Değerlere dayalı bir yaklaşımla teknolojik gelişmeyi bir araya getirmek söz konusu olduğunda girişimciler ve yatırımcılar birer öncüdür. Girişimciler belirli gereksinim ve arzuları olan bir grup insanla ilgili olan ve mutlaka her zaman çok sayıda aktörü etkileyen bir sorunu çözmenin peşindedir. Bu aşamada geniş bir toplumsal etkiyi göz önünde bulundurmanın önemli ardışık etkileri olacağı akla yatkındır. Diğer yandan, yatırımcıların elinde teknolojilerin

gelişimini yönlendirebilecek havuç vardır. Bağımsız fon sağlayıcılar, dikkatlerini sosyal etki hakkındaki sorunlara daha fazla yoğunlaştırmak için çok şey yapabilir ve değerlere dayalı yatırım gerekçeleri yaratabilirler. Eğer değerlere dayalı bir gelişim yaklaşımı izleme konusunda girişimcileri olumlu etkileyebilir ve teşvik edebilirlerse bunun olağanüstü bir etkisi olacaktır.

Kurumsal kültür

Girişimcilerin ve kurum liderlerinin değerlerinin, işyerinde ve teknolojilerin nasıl geliştirildiği konusunda muazzam bir etkisi vardır. Önderlik etmek şirket kültürünü dönüştürebilir ve toplumsal değerleri öncelikli hale getirebilir. Start-up'lar değerleri belirlemede özellikle etkilidir çünkü yeni şirketlere ilk giren çalışanlar kendi çıkar ve hedeflerine benzer çıkarlar ya da hedefler nedeniyle şirkete katılma eğiliminde olur. Etkili bir liderlik örneği Kosta Rika'dan, alkollü içecek üreticisi FIFCO'dan geliyor: CEO'nun değerleri, şirketin alkol tüketiminde ölçülü olmayı savunmasına ve çalışanlarından hiçbirinin yoksul bir yaşam sürmemesini sağlamasına yol açtı.³³ CEO'lar ve kurum liderleri bu bükülme noktasında en büyük potansiyel etkiye sahiptir; bu liderler, bir amacı olan ve sosyal bilinçli kurumlar yaratılmasına yardımcı olacak politikalar belirleyebilir ve örnek olabilirler.

Karar verme ve öncelik belirleme

Bütçe hazırlama, araştırma gündemlerini belirleme ya da pazarları seçme gibi kurumsal herhangi bir sürecin başında, açık bir şekilde zincirleme etkileri olan öncelikler –hem dolaylı olarak hem de doğrudan– belirlenir. Örneğin, mühendislik ve iş projelerinin karar alma süreci çoğu zaman etkililik, ölçeklenebilirlik, kâr ve daha birçok şeyle ilgili varsayım ve etkenleri içerir. O varsayımları ve etkenleri sorgulamak, hangi temel değerlerin o etkenlere şekil verdiğini ve geliştirme

ya da uygulama sürecinde bir kurumun ya da bireyin yaptığı tercihin alt kademelerdeki diğer insanları nasıl etkileyeceğini belirlemeye yardımcı olabilir. Ürün ister bir cep telefonu uygulaması olsun isterse gizli bir askeri teknoloji, karar alma sürecini ayrıştırmak, karar alma sürecinin değerler mimarisini açığa çıkarabilir. Liderler bu fırsatı toplumsal önceliklerin geniş kapsamlı isteklerine ne kadar uyumlu olduklarını yeniden değerlendirmek için kullanabilirler.

İşletme metodolojileri

Sosyologlar 1970'lerden bu yana bilim insanları, mühendis ve diğerlerinin laboratuvarlarda çalışırken kullandıkları yöntem ve süreçlerin işyerlerine yerleşmiş değerlere maruz kaldığına işaret ediyor. Sonra da bu yapılandırılmış değerler fiziksel ürünler ve bilimler bağlamında sonuçları etkiliyor.³⁴ Teknolojilerin gelişiminde değerlerle ilgili farkındalığı artırmak için diğer bir fırsat da süreç, prosedür ve protokollerle ilgili tartışmalardır. Dahası, kurum liderleri işyerinde bilimsel yöntemin uygulamasının nasıl yapıldığı üzerinde ya da teknolojik alet ve ürünlerin bilmeden yöntemleri nasıl etkileyeceği ve değerleri yöntemlerin içine nasıl kodlayacağı üzerinde düşünebilirler. Kurum liderleri ve uygulayıcılar çalışma ortamının dinamiklerini ayrıntılı olarak inceleyerek işyerinin çıktısına hangi değer ve önyargıların kodlandığını saptayabilirler.

Ekonomik özendiriciler

Her ekonomik sistem toplumsal değer ve hedefleri etkileyen özendiriciler yaratır. Hissedarlara karşı duyulan sorumluluk ya da rekabet koşulları, bizi, hangi teknolojilerin özendiriciler ya da değerler için kullanılmakta olduğu ve bunların özendiriciler ya da değerlerle daha uyumlu olup olmadığı hakkında düşünmeye zorlayabilir. Ekonomik baskıları dikkate almak da bu özendiricilerin nerelerde bir teknoloji

sınıfının bütününe sorunlu hale getirdiğini gösterebilir. Örneğin, mevcut ekonomik özendiriciler, toplumsal açıdan yararlı olan ama yatırımın geri dönüşünün hızlı olmadığı ya da büyük pazarlara hitap etmeyen teknolojilerin –örn. robotik protezciliğin– gelişimine çoğu zaman engel olur. Bu alanları görünür hale getirerek teknolojilerden gerçekten ne istediğimiz sorusuna dikkat çekebilir ve davranışlarımızı arzulanabilir sonuçlar yönünde şekillendirebiliriz.

Ürün tasarımı

Biçimden işlevselliğe, ürün tasarımının hemen her alanı değerlerle bağlantılıdır. Tasarım ekipleri çok çeşitli konuları dikkate alır; örneğin ürün sorumluluğu, kültürel önyargılar ve bir ürünün bağlantı kurması istenen duygular gibi. Ürün tasarımcılarını değerleri göz önünde bulundurmaya açıkça teşvik etme konusunda bir örnek Mühendislik ve Fen Bilimleri Araştırma Konseyinin robotbilimle ilgili beş ilkesidir. Bunların üç tanesi robotların insan gereksinimlerini dikkate alması gereken tasarım ürünleri olduğunu açıkça benimseyen ilkelerdir.³⁵ Yöneticiler, mucitler, tasarımcılar ve kamuoyu ürün geliştirme döngüsünde önemli rollere sahiptir; teknolojilerin ve ortaya çıkardığı sonuçların toplumsal değerlerle uyumluluğuna dikkat çekmek ise liderlik için bir fırsattır.

Teknik mimari

Başka teknolojilerin kullanılmasına olanak sağlayan büyük ölçekli teknik birleşimler –örneğin, internet, askeri altyapı ve ulaşım altyapısı– inşa edilme ya da uygulanma yöntemleri ve yerleri aracılığıyla bünyelerinde değerler barındırır. Örneğin, altyapıyla ilgili teknik kararlar veri akışlarını yöneten kuralları belirler, internete erişimi etkiler, vatandaşların haklarıyla ilgili sorular sorar ve dijital uçurum gibi olgulara katkıda bulunur.³⁶ Teknik mimarinin büyük kapsamlı

sistemlerin tasarım ve inşasında toplumu nasıl etkilediğini göz önünde bulundurmak politika belirleyicilerin ve sektör liderlerinin değerleri dikkate alabilmesinin ve toplumsal önceliklere duyarlı kalabilmesinin diğer bir yoludur.

Toplumsal dayanıklılık

Değerler bir uzlaşma süreciyle teknolojilerin içine yerleştirilir. Yeni teknolojiler belirli çıkarları olan ve teknolojilere bilerek ya da bilme-yerek belirli değerleri kodlayan küçük gruplar tarafından yaratılır. Teknolojilerin özellikleri toplumsal önceliklerle çatıştığında bir direnç ortaya çıkar ve gruplar da geri çekilir. Eğer teknolojiler halktan ya da belirli paydaşlardan çok büyük bir direnç görürse karşı çıkılan bu alanları incelemek, toplumun değerleri ile geliştirme aşamasında teknolojilerin bir parçası haline gelmiş olan değerler arasındaki çatışmalara ışık tutabilir.

Bu bükülme noktalarının çoğu yeterince kullanılmaz; etik ve yatırımcılarla bağlantılı değerler ve bunların değerlere dayalı teknolojik gelişme yaklaşımlarını şekillendirme potansiyeliyle ilgili konular hakkında kayda değer bir tartışma neredeyse hiç yapılmaz. Yatırımcılar çok erken evrelerde işin içinde olabiliyorlar ama düzenleyici kurumların değerleri dikkate almak zorunda kaldığı en sık rastlanan durumlardan biri, ne yazık ki son bükülme noktası olan toplumsal dirençtir. Toplumsal direncin varlığı ise teknolojik gelişme sürecinde geniş çaplı etkiyi ve değerleri dikkate alma konusundaki diğer fırsatların kaçırıldığını gösterir. Bükülme noktalarının her birinde, geriye dönük olarak değil daha çok proaktif olarak değerleri başarılı bir şekilde dikkate almak, CEO'lara, politika belirleyicilere, kurum liderlerine ve diğerlerine teknolojileri kendi ekonomik rollerinin ötesinde etkileme esnekliği kazandırır. Onlara aynı zamanda birer vatandaş olarak konuşma fırsatı da verir.

Genç Bilimcilerin Etik Kuralları

Açık değer ve öncelikler belirleyip yerleştirmek için bir anlayış yaratmanın çok çeşitli şekilleri vardır. Dar odaklı ya da geniş kapsamlı olabilirler. Örneğin, Dünya Ekonomik Forumu Genç Bilimciler topluluğu tarafından geliştirilen etik kuralların geniş kapsamını göz önünde bulundurun.

Aşağıda yer alan etik kurallar taslağı hem disiplinler arası hem de kapsam olarak küreseldir. Bu taslak üst düzey uygulama standartları oluşturulmasını sağlamak için geliştirilmeye devam ediyor ve araştırmacılara bir tür otokontrol dahilinde çalışma olanağı veriyor.

1. **Hakikati İzleyin** –Her nereye giderse gitsin araştırmanın izinden gidin, süreç ve sonuçlar konusunda şeffaf olun ve objektif meslektaşlarınızdan doğrulama isteyin.
2. **Çeşitliliği Destekleyin** –Farklı grupların fikirlerinin duyulduğu ve deneysel kanıt temelinde değerlendirildiği bir ortam yaratmaya çalışın.
3. **Halkla İlişki Kurun** –Bilim ve araştırmanın sonuçları hakkında olduğu kadar toplumda araştırma için duyulan gereksinim hakkında da iki yönlü açık bir iletişim kurun.
4. **Karar Vericilerle İlişki Kurun** –Zamanı geldiğinde kanıta dayalı karar vericiliği desteklemek ve olumlu yönde bir toplumsal değişim oluşturmak için ilgili liderlere danışın ve bilgi verin.
5. **Mentor Olun** –Deneyimlerinizi paylaşın ve diğer profesyonellerin büyümesine ve kendi araştırma potansiyellerini tam olarak gerçekleştirmelerine olanak verin.
6. **Zararı En Aza İndirin** –Bilinen ve deneysel sürecin ve sonuçlarının bir parçası olan risk ve tehlikeleri en aza indirmek için tüm makul önlemleri alın.
7. **Hesap Sorulabilir Olun** –Araştırma yaparken kendi eylemlerinizin sorumluluğunu üstlenin.

Değerlerle birlikte ilerlemek

Yükselen teknolojiler sadece değer yaratma, takas etme ve dağıtma yöntemlerimizi değil aynı zamanda anlam çıkarma –olası geleceklerimizi ve hangi olası geleceklerin yaşanmaya değer olduğunu hayal etmemize yardımcı olan anlamlar çıkarma– yöntemlerimizi de değiştiriyor. İlerleme, teknolojinin politikası hakkında farkındalığı artırmamızı ve her bükülme noktasında tercihlerimizin etkisi üzerinde düşünmemizi gerektiriyor. Dördüncü Sanayi Devrimindeki gelişmeler, yaşamın her alanındaki liderlere, teknolojiyle sorumlu bir ilişki kurma ve verdikleri kararlardan etkilenecek insanları düşünme çağrısı yapıyor. Teknolojileri üreten inovasyon ekosistemlerine bilinçli olarak kapsayıcılığı eklemek, liderlerin güçlü değerlere sahip olmalarını gerektiriyor ve daha iyi bir gelecek şekillendirmeye bağlılıklarını gösteriyor.

Artan sayıda insan için anlamlı fırsatlar sağlayan ve toplumun birer üyesi olarak bireylerin kendi değerlerini koruyan yeni sistemler yaratmak, teknolojilerin ayaklarımızın altındaki zemini incelikli bir şekilde değiştirme yolları hakkında derinlikli bir şekilde düşünmeyi gerektirir. Ayrıca teknolojik gelişmeye değerlere dayalı bir yaklaşıma bağlılık halk, hükümet ve iş dünyası arasında güveni pekiştirmenin bir yolu olabilir. İleriye, bu yeni teknolojilerin yaratılmasına yardımcı olabilecek potansiyel geleceklere bakarak teknolojileri şekillendirmek için sahip olduğumuz gücü korumalıyız. Kültürel bir rönesansın gerçekleşmesi için toplumsal değerlerin önemini dile getirmek ve toplum, teknolojiler ve ekonomi arasındaki uzlaşmayı yeniden dengelemek zorundayız. Bunu birlikte yapmak zorundayız ve şimdi yapmak zorundayız. Farklı paydaş gruplarını dikkate almak, onların girdilerini toplamak ve onların bakış açılarına değer vermek, kapsayıcı ve müreffeh bir gelecek inşa etmeye doğru ilk adımdır. Bu aynı zamanda 4. Bölüm'ün de konusudur.

İki ya da üç kuşaklık bir süre içinde, bugünün yükselen teknolojileri olgunlaştığında, gelecek kuşaklarımız geriye doğru bakacak ve bu teknolojilerin uzantılarının eşitlik, onur ve kamu yararını desteklemesini sağladığımız için bize teşekkür edecekler ya da elimizdeki fırsatı kaçırarak onlara kötülük ettiğimiz için bize sitem edecekler.

Bölüm Özeti

Teknolojiler hakkında iki yanıltıcı görüş yaygın olarak benimsenmiştir. İkisi de Dördüncü Sanayi Devriminde kurumsal stratejiyi ya da yönetişimi yönlendirmede yararlı değildir. Bunlar:

1. Teknolojiler bizim kontrolümüzün dışındadır ve geleceğimizi bizim yerimize onlar belirler.
2. Teknolojiler sadece birer araçtır ve değerler bakımından nötrdür.

Bu bakış açılarının ikisi de gerçeği, teknolojilerin ve toplumların barındırdıkları değerler ve politika aracılığıyla birbirlerini sürekli olarak şekillendirdiğini yansıtmaz.

Teknolojilere bakış açımızı daha insan merkezli bir yaklaşıma olanak verebilecek daha yapıcı bir bakış açısıyla değiştirmemiz gerekiyor. Bunlar:

1. Tüm teknolojiler politiktir –toplumsal arzu ve uzlaşmaların somutlaşmış halidir ve bunu teknolojilerin gelişim ve uygulamaları aracılığıyla görürüz.
2. Teknolojiler ve toplumlar yansımali olarak birbirlerini şekillendirir –teknolojiler bizim yarattığımız ürünler olduğu kadar biz de teknolojilerimizin ürünleriyiz.

Teknolojiye bu şekilde bakmak, bize teknolojilerin zaten kökleşmiş öncelik ve değerleri yansıtan toplumsal süreçler aracılığıyla geliştirilen çözümler ve ürünler olduğunu anımsatır.

Teknolojileri bu şekilde anlamak üç sorumluluk getirir:

1. Belirli teknolojilerle bağlantılı değerleri saptamak;
2. Teknolojilerin her gün insanların seçim ve kararlarını nasıl etkilediğini anlamak;
3. Teknolojik gelişmeyi uygun paydaşlar grubuyla en iyi şekilde nasıl etkileyebileceğimize karar vermek.

Bu bölümde teknolojilerin içine yerleştirilen değerleri araştırmak, sorgulamak ve etkilemek için dokuz bükülme noktası ele alınmıştır:

1. Eğitim programı
2. Fon bulma ve yatırım
3. Kurumsal kültür
4. Karar verme ve öncelik belirleme
5. İşletme metodolojileri
6. Ekonomik teşviklerin yapıları
7. Ürün tasarımı
8. Teknik mimari
9. Toplumsal direnç

İnsan Haklarına Dayalı Bir Çerçeve

Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri toplumu dönüştürüyor ve geleceğimizi yeniden şekillendiriyor.

Sonuç olarak, bu güçlü araçların geliştirilmesinde ve toplum içinde kullanımında organizasyonlara yol gösterilmesine yardımcı olmak için ve hem coğrafi hem de siyasi sınırları aşan gelişmelere insan merkezli bir yaklaşımı mümkün hale getirmek için etik çerçevelerin, normatif standartların ve değerleri temel alan yönetim modellerinin daha açık bir şekilde ifade edilmesi yönünde bir ihtiyaç var.

Değerlerin “zor kısmı” insan haklarıdır ve bu konuları ele alırken en önemli temel, uluslararası insan hakları çerçeveleridir.

1948’de kabul edilen ve benzeri görülmemiş bir şekilde 192 ülke tarafından imzalanan İnsan Hakları Evrensel Bildirisi (İHEB) çeşitli kültürlerde uygulanabilen bir dizi evrensel ilke getirir. Bu bildiri Birleşmiş Milletler tarafından kabul edildiğinde dünya Yahudi Soykırımından yeni çıkıyordu ve insanlık için yeni, daha umutlu bir gelecek yaratmak için küresel bir arzu vardı. Taslağı hazırlayan alt komitenin bir üyesi olan Şilili Hernán Santa Cruz’un söylediği gibi, bu bildiri her şeyden önce küresel değerlerin bir ifadesi olarak tasarlanmıştı:

Açıkça anladım ki bir birey olarak insanın yüce değeri hakkında görüş birliğine varılan, gerçekten son derece önemli, tarihi bir olayın içindeydim; bu öyle bir değerd ki herhang bir dünyevi gücün kararından değil varoluş olgusunun ta kendisinden kaynaklanıyordu.

İHEB, ceza yargılamasından çevre sorunlarına, küresel kalkınmadan ticarete ve güvenlikten göçe kadar birçok konuyla ilgili yasalar ve politikalar geliştirmek için devletler ve diğer kurumlar tarafından gösterilen çabaları destekleyen evrensel standartlar ortaya koyuyordu. İHEB ve bu ilkelere dayalı olarak yapılan ve yasal olarak bağlayıcı olan bir dizi anlaşma, yeni ve gelişmiş teknolojilerin ivme kazandırdığı insan ve gezegen merkezli inovasyon gündeminde özel ve uluslararası organizasyonlar ve devletlerin eşitlik, doğruluk ve adaleti desteklemeleri için önemli bir temel sağlıyor.

Bu küresel haklarla ilgili standartlar devletler tarafından resmi işleyişi yönetmek için kabul edilmiş olmasına karşın giderek özel sektör tarafından da uygulanmaya başladı. Örneğin, küresel tedarik zincirlerindeki işçi hakları konularını ele almak isteyen küresel şirketlerden ya da gizlilik ve ifade özgürlüğü konularıyla ilgilenen bilişim ve iletişim şirketlerinden haklarla ilgili bir çerçeve kullanarak bu konuları ele almaları isteniyor. Aynı şekilde gen biçimlendirme teknolojisi ürkütücü bir şekilde yeni ve heyecan verici olmasına karşın yine aynı insan hakları standartları, yeni teknolojik araçların kullanımında gizli olan risk ve belirsizlikler ile insanların acılarını hafifletme çabalarını dengelerken karşı karşıya kaldığımız yönetim sorunlarına yaklaşımda yardımcı olabilir.

Dördüncü Sanayi Devriminin, içinde yaşamayı dilediğimiz toplumlar hakkında daha kapsamlı sorunlarla ilgili bir tartışma temeline oturtulması gerekiyor. Bugün, insanların teknolojiler tarafından güçlendirilmesi için geçerli olasılıklar çok ama teknolojilerin hem insanlar ve günlük yaşamları üzerindeki hem de insan haklarından

yararlanma durumlarıyla ilgili etkisi üzerine odaklanmaya devam etmeliyiz.

Bu artık sadece devletlerin ve uluslararası organizasyonların alanı değil; özel sektör de bir liderlik rolü üstlenmek zorunda. Başlangıç noktası olarak, özel kurumlar ve paydaşları, değerlerini İHEB ve ilgili insan hakları standartları doğrultusunda gözden geçirmeli ve tutumlarını ölçüp değerlendirebilecekleri mekanizmalar geliştirmelidir.

Tüm Paydaşları Güçlendirmek

Dördüncü Sanayi Devriminin vaadini gerçekleştirmek için yararların tüm paydaşlar arasında adilce dağıtılmasını sağlamak son derece önemlidir. Bu bölümde çok paydaşlı bir yaklaşımı benimsemenin önemine dikkat çekecek, çoğu zaman göz ardı edilen ve dışlanan üç paydaş grubunu ele alacak ve onları güçlendirmek ve kapsamak için ne gerekeceğini tartışacağız. Bu paydaşlar: Hâlâ önceki sanayi devrimlerinin yararlarını elde etmek için mücadele eden gelişmekte olan ülkeler; diğer türlere ve gelecek kuşaklara çıkacak bir maliyet karşılığında tüm sanayi devrimlerindeki teknolojik değişimin dışsalılıklarını yüklenmiş olan çevre ve genel olarak doğal dünya; üçüncü paydaş ise dünyanın her tarafında aşırı yüksek gelir ya da siyasi güçten yararlanmayan ve çoğunluğu oluşturan bireyler –özellikle çoğu zaman dışlananlar ya da öylece görmezden gelinenler.

Dünya eşzamanlı dönüşüm trendlerine sahne oluyor: Şehirleşme, küreselleşme, demografik değişimler, iklim değişikliği ve gittikçe bozucu yanları öne çıkan yeni teknolojiler. Genç nüfuslarında patlama yaşayan gelişmekte olan bölgeler hızla ve çok sayıda çalışma yeri yaratma ihtiyacı duyacak. Çevresel değişiklikler, daha hızlı bir şekilde azaltma ve uyum önlemleri gerektiriyor –özellikle de iklim değişikliğinin ağırlığının en çok hissedildiği gelişmiş bölgelerde. Yeni teknolojilerin servet dağılımı ve toplumsal bütünlük üzerindeki etkisi, siyasi sistemlerimizin ve ekonomik modellerimizin tüm

vatandaşlara adil bir şekilde fırsatlar sağlamayı başaramadığını gösteriyor.

Bu eğilimlerin yaptığı toplam etki, geleneksel sınırları aşmamızı, sürdürülebilir ve kapsayıcı ortaklıklar kurmamızı gerektiriyor. Tarih göstermiştir ki hem niyet hem de eylem olmaksızın kapsayıcılık olmaz. 3. Bölümde savunulduğu gibi, tek başına teknolojik sistemler yaygın bir şekilde insanlar için anlamlı fırsatlar sunmayacaktır. Fırsatlar tüm paydaşların katılımıyla gelecektir, böylece toplumsal değerler ve kapsayıcı çözümler en başından dikkate alınır. Ortak geleceğimizi şekillendirecek olan kararlar yalnız başına alınamaz: “Karar vericilerin eldeki konudan etkilenecek olan herkesi işin içine katma kapasitesi ve niyeti olmalıdır. Bu şekilde daha bağlantılı ve kapsayıcı olma peşinde koşmalıyız.”³⁷ Dolayısıyla bu sanayi devrimini bağlantılı ve kapsayıcı hale getirmek, bilinçli eylemler ve bağlılık gerektiriyor.

Çok paydaşlılık yaklaşımının merkezindeki ilke, yükselen teknolojilerin gelişmekte olan ülkeler üzerindeki etkisi hakkındaki tartışmaya tüm ilgili tarafları dahil etmektir. Bu ilkeye göre, karmaşık küresel sorunlara uygun çözümler ancak iş dünyasından liderler, hükümet, sivil toplum ve akademik çevrelerin işbirliğiyle ve ayrıca genç kuşakların da katılımıyla mümkündür.

Yükselen teknolojilerden kaynaklanan toplumsal yararlar gerçekten devrim niteliğinde olabilir. Dünya Ekonomik Forumu işbirliğiyle Boston Consulting Group tarafından kentsel çevrelerde sürücüsüz araçların etkisinin modellenmesi, otomatikleştirilmiş ulaştırma sistemlerinin bazı senaryolarda karbon salımı ve trafik sıkışıklığının azalmasına, yolculukların hızlanmasına ve kazalarda daha az ölüm ve yaralanma olmasına katkıda bulunduğunu gösteriyor.³⁸ Bulaşıcı olmayan hastalıkların tedavisi ve kontrol altına alınması için kişiselleştirilmiş tıpta yeni tekniklerin ortaya çıkması –doğrudan doğruya yaşlanmayı yavaşlatmak için gen düzenleme tekniklerini kullanma girişimlerini dikkate almasak bile– bir ya da iki yıl içinde insan ömrünü kolayca uzatabilir. Gen düzenleme

tekniklerinin devrim niteliğinde başka özellikleri de var. Bunlardan biri, sıtma sivrisineğine genetik mühendislik müdahalesiyle sıtma gibi bulaşıcı hastalıkları ortadan kaldırma potansiyeli. Blok zinciri teknolojisi kamu arazisi kayıtları için kullanılabilir ve böylece dünyanın her tarafında milyonlarca insan, resmi olarak kendi topraklarının sahipliğini elde edebilir ve bu da teminat olarak kullanılarak onların finansal pazarlara erişim sağlamasına olanak verebilir. Sanal ve artırılmış gerçeklik ise hedeflenen becerileri güvenli ve kuşatıcı ortamlarda geliştirme ve pratiğe dökme konusunda bize yardımcı olarak eğitimde alınan sonuçları önemli ölçüde geliştirebilir.

Yükselen teknolojilerin dolaylı etkileri çoğu zaman verimlilik üzerindeki doğrudan etkisinden bile daha önemlidir. İkinci Sanayi Devriminin bir sonucu olarak evlerde elektriğin yaygın bir şekilde kullanılmaya başlaması yemek pişirme ve temizliğe harcanan zamanı önemli ölçüde azaltan çamaşır ve bulaşık makinelerinin, elektrikli fırın ve süpürgelerin ve diğer elektrikli ev aletlerinin geliştirilmesine olanak sağladı. Bunun sonucu sadece bugün bile orantısız bir şekilde ev işlerinin yükünü taşıyan kadınların daha fazla boş zaman elde etmeleri değildi. Bu makineler ev hizmetlileri sektörünü de küçülttü, aile yapılarını değiştirdi ve evin dışında daha verimli etkinliklere zaman kazandırdı.

Ama bu avantajların, yoksulluk batağına saplanıp kalmış, kendi topluluklarında bir kenara itilmiş ya da önceki sanayi devrimlerinin sistemlerinden yeterince yararlanamayan bölgelerde yaşayan insanlarla ne kadar ilgisi oldu? Yaklaşık 600 milyon insan herhangi bir makineleşmenin olmadığı küçük tarım arazilerinde yaşıyor ve birinci Sanayi Devrimi bile onların hayatına neredeyse hiç dokunmamış. İnsanların üçte birine yakını (2,4 milyar insan) temiz içme suyuna ve güvenli sağlık hizmetlerine sahip değil; altıda biri (1,2 milyar insan) ise elektrik –yani ikinci Sanayi Devriminde geliştirilen sistemleri– kullanamıyor. Ayrıca toplumsal direnç ve kurumsal reformlara ek olarak yeni teknolojiler gelişmiş bölgelerde kadınlara özgürlük sağlamış olmasına karşın Ortadoğu, Latin Amerika ve

Karayıpler’de kadınların beşte biri ev işleri çalışanı olarak hizmet etmeye devam ediyor. Dünya nüfusunun yarısından fazlası –yaklaşık 3,9 milyar insan– üçüncü Sanayi Devriminin en dönüştürücü sistemlerinden biri olan internete hâlâ bağlanamıyor.³⁹ Gelişmiş ülkelerde internete bağlanamayan nüfusun oranı yüzde 22 iken gelişmekte olan ülkelerde yüzde 85.⁴⁰

Bu küresel eşitsizlikler değiştirilmeden bırakılırsa Dördüncü Sanayi Devriminin dönüştürücü potansiyelini engelleyecektir. Şu anda bir seçim yapma hakkımız var: Tüm paydaşlara gelir, fırsat ve özgürlük gibi ekonomik ve toplumsal değerlerin dağıtılmasına hizmet eden teknolojiler ve sistemler geliştirmek ya da insanların büyük bir kesimini geride bırakmak. Kapsayıcı bir şekilde düşünmek, yoksulluğu ya da bir kenara itilmiş toplulukları sadece bir sapma –çözebileceğimiz bir şey– olarak düşünmenin ötesine geçer. Bizi, “bizim ayrıcalıklarımız ile onların acılarının aynı harita üzerinde bulunduğunu”⁴¹ fark etmeye zorlar. Gelir ve sosyal yardımların ötesine geçer –bunlar önemli olsa bile. Paydaşların kapsanması ve yararların dağıtılması, tüm bunların ötesinde, herkes için özgürlükleri genişletir.

Ekonomist ve filozof Amartya Sen’e göre, özgürlükler –açlığa düşmeme özgürlüğü, işe gidebilmek, demokratik süreçlere katılabilmek, sevgi dolu ilişkiler kurabilmek vb.– “hem birincil hedef hem de temel araç olarak” hizmet eder. Özgürlükler insanlara güç kazandırır ve onlara zengin ya da gelişmekte olan bir toplumda iyi bir yaşam sürmek için olanaklar verir. Servet ve yararların dağılımı tüm paydaşlar arasında eşit olmak zorunda değildir ama tüm paydaşların değer vermeleri için bir nedenleri olacak bir yaşam sürmeleri için yeterli olması gerekir. Sadece bir azınlığın değil herkesin işine yarayan bir dünya kurmayı hedefleyen bir tartışma düzenlemenin bir yolu bu çok paydaşlı yaklaşımdır. Dördüncü Sanayi Devriminin yararlarının ve olumlu dışsallıklarının dağıtımında adilliği sağlamak sadece etik bir görev değildir. Geçmişteki siyasi devrimlerden edindiğimiz deneyim bizlere eşitsizliğin sonuçları olduğunu öğretmiştir. Uyguladıkları baskın ekonomik modellerden kaynaklanan servet

ya da fırsat eşitsizlikleriyle ilgilenme konusunda birçok demokratik sistemin başarısızlığı hem bölücü hem de istikrarsızlaştırıcı toplumsal ve ekonomik dengesizliklerin iyice pekişmesine yol açmıştır. Dünya Ekonomik Forumunun *2017 Küresel Riskler Raporu*'nda işaret edildiği gibi, bugünkü ekonomik eşitsizlik ve siyasi kutuplaşma, ekonomik ve siyasi sistemlerin meşruiyetinin temeli olan toplumsal bütünlüğü tehdit ederek çok çeşitli küresel risklerin güçlenmesine yol açma potansiyeli taşıyor.⁴²

Ocak 2016'da yürürlüğe giren BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri bu dirençli yapısal bölünmeleri fark etti ve ilgilenmeye başladı. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri yoksulluğu azaltmaya, demokratik yönetim ve barışın inşasına, iklim değişikliğine karşı eylem ve esnekliğe, eşitsizliklerin azaltılmasına ve ekonomik kalkınmaya odaklanıyor. Dördüncü Sanayi Devriminin insani gelişim için fırsatların dağıtılmasına yönelik ortak çabalardan uzaklaşmaktan çok onlara katkı sağladığı önemli bir noktadır.

Gelişmekte olan ekonomiler

Ekonomist Ricardo Hausmann ile medya sanat ve bilimleri profesörü Cesar Hidalgo'ya göre, insani ilerlemeyi sağlayan şey yeni teknolojileri verimli bir şekilde kullanma konusundaki kolektif beceridir. Ne yazık ki bu becerinin ülkeler arasındaki dağılımı iyi değildir:

Üretken bilginin toplumsal birikimi evrensel bir olgu değildir. Dünyanın bazı bölgelerinde gerçekleşmiş, bazı bölgelerinde gerçekleşmemiştir. Gerçekleşmiş olduğu yerlerde, yaşam standartlarında inanılmaz bir artışa destek olmuştur. Gerçekleşmediği yerlerde ise yaşam standartları yüzyıllarca öncesini andırmaktadır. Zengin ve yoksul ülkeler arasındaki olağanüstü gelir uçurumu farklı ülkeler tarafından biriktirilen üretken bilgidaki büyük farklılıkların bir ifadesidir.⁴³

Teknolojilerin bir birleşimi, bu teknolojileri kullanma ve geliştirme bilgi ve becerisi ve bir azınlığın sahip olduğu bilginin çoğunluğa ulaşmasına olanak veren organizasyonların ve pazarların varlığı sayesinde başarılı ekonomiler yüksek yaşam standartlarını destekliyor. Her ülke her alandaki teknolojik ilerlemede en ileri noktada olmaya çalışabilir ya da çalışmalıdır diyemeyiz ama küresel bir bilgi ekonomisinde her ülkenin kendi ulusal, toplumsal ve ekonomik kalkınması için teknolojileri özümseme ve uyarlama kapasitesine ihtiyacı vardır.

Bazılarına göre, Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri kurumsal reformlarla birlikte ekonomilerin önceki teknolojilerle gelişen yaklaşımları “atlamasına” olanak sağlayacağını savunuyor; böylece gelişmekte olan ekonomiler geleneksel sanayileşme yollarının izin vereceğinden daha hızlı bir şekilde ilerleyecekler. Bu konudaki en yaygın örnek şudur: Üçüncü Sanayi Devriminin dijital teknolojilerine yüksek düzeylerde yatırım yapmak, mobil telefonların bulunabilirliğini ve satın alınabilirliğini kolaylaştırdı. Bu da gelişmekte olan ülkelerin, halklarına yüksek kaliteli telekomünikasyon ağlarından yararlanma olanağı vermek için sabit telefon hattı altyapısına büyük yatırımlar yapmak zorunda olmadığı anlamına geliyordu.⁴⁴ Teknolojinin etkisiyle ilgili diğer umut verici örneklerse şöyle: Hayat kurtaran ilaç ve aşıları sevk etmek için sivil dronların kullanılması, genetiği değiştirilmiş tohumlar ve gelişmiş gübrelerle tarımsal verimin artırılması; yeni alçak yörünge uydu ağları üzerinden düşük maliyetli, yüksek hızlı internet hizmetleri sunma olanağı. Bununla birlikte, Dördüncü Sanayi Devriminde “atlama yapma” vaadi hâlâ sadece bu –yani sadece bir vaat.

Şöyle bir kaygı var: Dördüncü Sanayi Devriminin etkisini hızlandıracak ve genişletecek olan dijital altyapıya bağlı olmak, hem ülkelerin kendi içindeki hem de ülkeler arasındaki dijital uçurumu kapatmayı çok daha ivedi bir gereksinim haline getiriyor. Eğer yüksek hızlı dijital ağlar ve beceriler Dördüncü Sanayi Devrimi için zorunlu bir önkoşul ise güç, konumları, eğitim geçmişleri ve

gelirleri, genişleyen dijital uçurumun doğru tarafında bulunanların eline geçebilir ve diğer tarafta kalan milyarlarca insan gelir, altyapı, dil ya da içerik uygunluğu bakımından daha da dışlanmış hale gelebilir.

Mobil devrimle ilgili ikinci bir kaygı da bu yeni altyapının inovasyon ve kalkınmayı teşvik etmemiş olmasıdır. Afrika'da mobil devrimin sunduğu hizmetler teknoloji üreticilerine değil ağırlıklı olarak tüketicilere yöneliktir. Ekonomik kalkınma için temel altyapıyı kurarak ya da ilişkili teknolojileri çekip uygulamaya geçirerek çalışma yerleri yaratmada büyük oranda başarısız olmuştur.⁴⁵ Mobil devrimin endüstriyel kalkınma ve ekonomik çeşitlendirmeye ivme kazandırması için bir "Dördüncü Sanayi Politikası" ile –inovasyon, girişimcilik, altyapı ve sanayileşme politikaları ile– birlikte yol alması gerekir.

Üçüncü kaygı şudur: Dördüncü Sanayi Devrimi, ülkelerin ilk olarak üretimi ve ardından yatırım ve teknolojileri çekmek için bolca düşük maliyetli işgücü sağladığı geleneksel sanayileşme yöntemini altüst etme tehdidinde bulunuyor. İşgücünü ikame eden otomasyonla ilgili uç senaryolar –zeki robotlarla dolu yüksek hassasiyetli fabrikaların kurulması ya da 3D yazıcıların yoğun kullanımıyla ülke dışında yapılan imalat faaliyetlerinin yeniden ülke içine dönmesi– düşük maliyetli vasıfsız işgücünün rolünü azaltacak gibi görünüyor. Dolayısıyla, tarıma dayalı ve az sanayileşmiş ekonomileri olan ülkeler bu ekonomilerini Dördüncü Sanayi Devrimindeki yeni teknolojilere sahip olma, bu teknolojileri kullanma ve en sonunda da geliştirme becerisine sahip olan bilgiye dayalı ekonomilere nasıl dönüştürebilecek?

Becerilerin öneminin arttığı dikkate alınırsa, ülkelerin teknolojileri verimli bir şekilde kullanma yeteneklerini geliştirmek çok önemli bir gereksinim olarak kalmaya devam edecek ve eğitim, beceri kazandırma ve ulusal araştırma-geliştirme (Ar-Ge) alanlarına yatırımlar yapılmasını gerektirecek. Dördüncü Sanayi Devrimi, eğitim ve araştırma alanlarında, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler

arasındaki farkı kapatmayı çok daha önemli hale getirecek. Ve yeni teknolojilerin beceri geliştirmeyi hızlandırma vaadine karşın gelişmekte olan ülkelerin çoğunun yüksek kaliteli araştırma ve eğitim sistemlerinin sonuçlarından yararlanabilmeleri on yıllar boyunca taahhütte bulunmayı ve önemli miktarda kaynak ayırmayı da gerektirecek.

2014'te, küresel çapta 263 milyon çocuk ve genç okula gitmiyordu. En yüksek okulsuzluk oranları hem ekonomik ve toplumsal gelişme ihtiyacının en yüksek olduğu hem de nüfusun çoğunluğunun çocuk ve gençlerden oluştuğu bölgelerdeydi.⁴⁶ Eğitim fırsatlarından yoksunluk, cinsiyetler arasında coğrafi eşitsizlikleri de aşacak şekilde çok daha kötü düzeyde. Özellikle az gelişmiş ülkelerde genç kadınların okula gitmeme olasılığı genç erkeklerden daha yüksek.⁴⁷ Bu dezavantajlı başlangıç noktası ise okulsuzluk oranının en yüksek olduğu bölgelerdeki insanlar için fırsatları azaltıyor ve ülkelerin sanayileşme çabalarını frenliyor.

Çocukların okula devam etmesini sağlamak sadece ilk adımdır. Çeşitliliği ve ekonomik karmaşıklığı artırmak güvenilir, resmi onaylı eğitim kurumları ve yeterli araştırma fonları gerektirir. Bugün dünyadaki dizinlenmiş dergilerin yarısından fazlası ABD ve İngiltere'de yayımlanıyor; bu iki ülke dünyanın en önde gelen üniversitelerine ev sahipliği yaptığı için bu hiç şaşırtıcı değil.⁴⁸ Bir yayının yeri, yazarın kökeni ya da niyeti hakkında çok şey ifade etmemesine karşın yeni bilgilerin çoğunlukla Batı'da yayımlanması ve yaratılması bu bilgilerin başka yerlere yayılmasını ve başka yerlerde anlaşılmasını sınırlandırabilir. Bu durum, yerel bilgileri yakalamak ve ilişkilendirmek için diğer bölgelerle işbirliği yapma konusunda batılı ülkelerin sorumluluğunu gösterir. Dahası, Kuzey Amerika ve Batı Avrupa küresel Ar-Ge yatırımlarında (ve Ar-Ge'ye ayrılan GSYİH payında -bak. Şekil 8) lider olmasına karşın Doğu Asya ve Pasifik'e doğru kaymada bir artış var.⁴⁹ Ama dünyanın geri kalan bölgelerinin payı göz ardı edilebilecek kadar az. Eğitim ve Ar-Ge fonları konusundaki bu süregelen farklılıklar, Dördüncü Sanayi Devrimi meydana

gelirken, bilgi üretme ve teknoloji geliştirme konusunda gelişmekte olan ülkeler için büyük bir dezavantaj oluşturuyor.

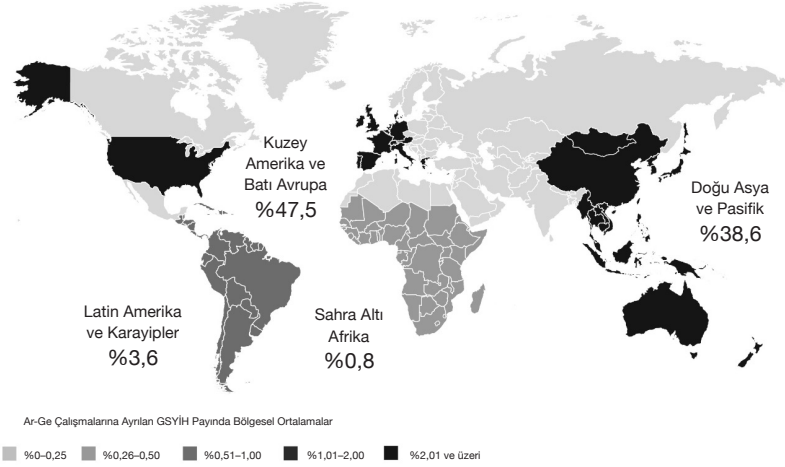
Yine de gelişmekte olan ülkelerde eğitim ve Ar-Ge'ye yatırımın artırılması herkesi daha iyi duruma getirebilir. Daha geniş bir kültürler yelpazesindeki bilgilerin katkısıyla küresel araştırmalardaki fikir çeşitliliği daha çok artırılabilir ve yeni uzmanlık kaynakları elde edilebilir. Kanadalı start-up Meta gibi projelerin amacı da bu. Ocak 2017'de Chan Zuckerberg Initiative tarafından satın alınan Meta, her gün dünya çapında yapılan büyük miktardaki araştırmaları anlamlandırmak için araçlar yaratarak "yapay zekâyı bilimsel ekosistemin hizmetinde" kullanmaya çalışıyor. Bu, pek çoğu ödeme duvarlarının arkasında duran bilimsel dergilerdeki makaleleri okuma ya da araştırma becerisinin ötesine geçen bir girişim: Meta, verileri anlamlandırmak, modeller bulmak için ve birçok bilimsel disiplindeki içgörülerini gerçek zamanlı olarak gün yüzüne çıkarmak için Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojilerini kullanıyor.

Ama Ar-Ge'ye yapılan yatırımlar da yeterli değil. İnsanların yaşamına dokunmak ve geliştirmek bilginin sağlıklı bir şekilde ticarileştirilmesini –fikir ve teknolojilerin korunmasına, yayılmasına ve toplum ve endüstriler tarafından kullanılmasına olanak verilmesini– gerektiriyor. Bilginin patentler aracılığıyla ticarileştirilmesi konusunda tarih boyunca Batı yine baskın olmuştur. Ve Asya hızlı bir ilerleme gösterirken Latin Amerika ve Afrika dünyanın diğer bölgelerinin gerisinde kalmaya devam ediyor.

Dünyanın önemli ölçüde daha az patent kaydı yaptıran bölgeleri daha az servet yaratıyor ve bu da küresel eşitsizliği etkiliyor –gelişmekte olan ülkelerin pahalı, patentli teknolojileri satın alma ihtiyacından kaynaklanan sanayileşme kısıtlılığı da aynı sonucu veriyor.

Yetersiz eğitim, düşük düzeylerde Ar-Ge ve ticarileştirilmiş yeni teknolojinin olmaması hep birlikte gelişmekte olan bölgelerin kalkınmanın yönünü belirleme becerisini azaltıyor. Bazı gelişmekte olan ülkeler teknoloji ve bilginin kendi toplumlarını nasıl etkileyeceğini şekillendirme olanağından *de facto* olarak büyük oranda

Şekil 8: Ar-Ge Çalışmalarına Ayrılan GSYİH Payında Bölgesel Ortalamalar



Kaynak: UNESCO (2017)

yoksun bulunuyor; tabii Dördüncü Sanayi Devriminin küresel gelişimini etkileme olanağından uzak kalmalarından söz etmeye bile gerek yok. Gelişmiş ülkeler teknolojilerin gelişme, tasarım ve kullanımında başı çekme konusunda ilk hamleyi yapma avantajına sahip oldukları için teknoloji, toplum ve ekonomi arasındaki dengeyi batılı değerler tarafından tek yanlı olarak etkilenmesi ve batılı ekonomilerin temelindeki özendiricilerin egemenliği altına girmesi riski var. Eğer eyleme geçmezsek bunun sonucunda teknolojilerin güçlendirici değil belirleyici olduğu, tasarım değil varsayılan bir gelecek karşı karşıya kalacağız.

Tüm bu meydan okumaların üstesinden gelmek için gerekli siyasi iradeye ve yeterli kurumlara sahip olmanın çok uzağındayız. Teknolojileri dağıtmak, eğitim ve becerileri teşvik etmek ve bunları önceki sanayileşme dönemlerinden daha hızlı ve etkili bir şekilde

yapmak için çok yoğun çabalar gerekecek. Ama yine de Dördüncü Sanayi Devriminin eşliğindeyken, bu ihtiyaç duyulan çabalar, bize hem sorumluluk alma hem de yükselen teknolojik sistemleri, kapsayıcılık, özgürlüklerin genişlemesi ve faydaları küresel olarak tüm paydaşlara dağıtmak için kullanma yönünde güçlü fırsatlar sunuyor.

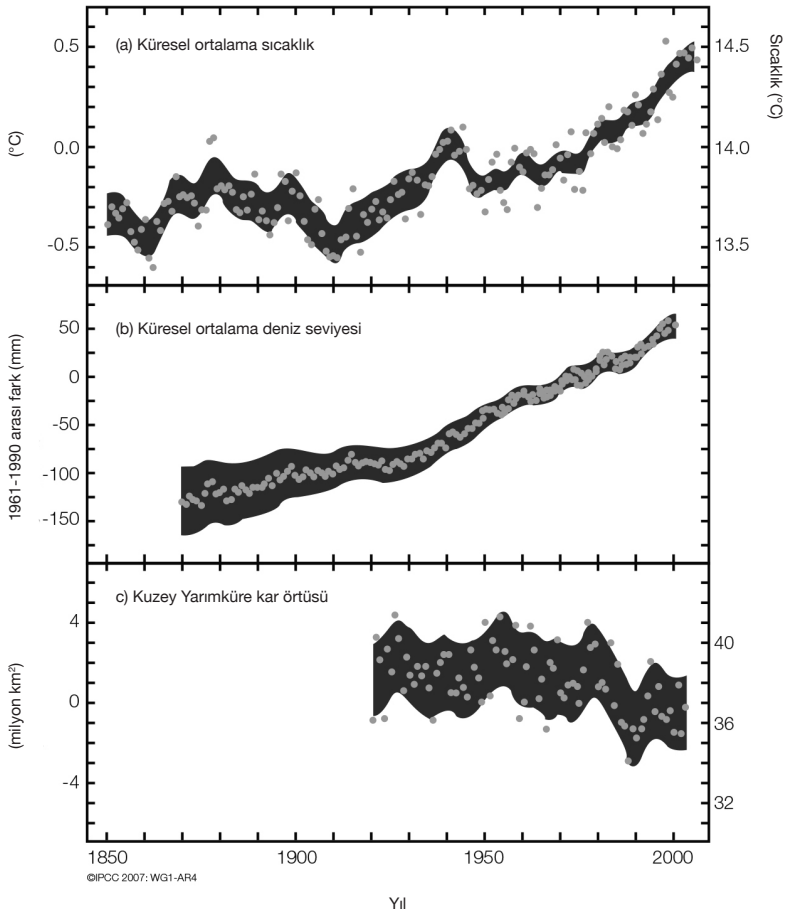
Riskleri yönetmek ve Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojilerini geliştirmekte olan ülkelerin ekonomik ve toplumsal gelişimi için başarılı bir şekilde kullanmak için yeni, daha kapsayıcı ve bilinçli bir yaklaşıma ihtiyacımız var: Kalkınma uzmanları, teknoloji yaratıcıları, küresel şirketler, hükümetler, sivil toplum, uluslararası örgütler ve etkilenen halkların tümünün katılım sağlayacağı çok paydaşlı bir süreç. Geleceği dünya nüfusunun çoğunluğu için tasarımılamak, tek başına bu gruptan herhangi birine bırakılamaz çünkü böyle bir durumda o grubun önyargılarıyla çarpıtılma riski ortaya çıkar ve bu da ya sıçrama yapmayı engeller ya da yeni teknolojilerin sadece küçük bir azınlığa yarar sağladığını görürüz. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine geniş, küresel bir bağlılık bu yolda sadece bir adımdır. Gerçek başarı ise yerel ve uluslararası paydaşların sorumlu ve duyarlı liderliğini gerektirecektir.

Çevre

Yaklaşık üç yüz yıllık bir sanayileşmenin yarattığı benzeri görülmemiş zenginlik, sadece insanlar arasında eşitsiz olarak dağılmakla kalmamış aynı zamanda yeryüzünün doğal sistemlerine önemli bir maliyet getirme noktasına ulaşmıştır; iklim, su, hava, biyoçeşitlilik, ormanlar ve okyanuslar, hepsi daha önce benzeri görülmemiş, şiddetli ve artan bir baskı altında. Canlı türleri doğal düzeyin yüz katına varan bir hızda yok oluşa doğru gidiyor.⁵⁰ 1800'de, bir milyarlık dünya nüfusunun sadece yüzde 3'ü kentsel alanlarda yaşıyordu. Bugünse 7,4 milyarlık dünya nüfusunun yüzde 50'si kentsel alanlarda yaşıyor.⁵¹ Bunların yüzde 92'den fazlası Dünya Sağlık

Örgütünün güvenli gördüğü düzeylerin üzerinde bir hava kirliliği altında yaşıyor.⁵² 2050’de, okyanuslarda ağırlık bakımından balıktan çok plastik olacak.⁵³ Küresel karbondioksit salımı 1850’den bu yana 150 kat arttı.⁵⁴ Ve şu anki karbondioksit salım oranıyla, 2100’e kadar dünyada sıcaklığın bugüne kıyasla 4°C ila 6°C arasında artma riski

Şekil 9: İklim Değişikliği Eğilimleri



Kaynak: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC 2014)

çok gerçek.⁵⁵ Böyle bir şey son 10.000 yıldır yaşanan istikrarlı iklim sistemini geri döndürülemez bir şekilde değiştirebilir.⁵⁶

Aslında iklim değişikliği şimdiden ülkelerin ekonomilerini bozuyor ve insanlar, toplumlar ve sistemler için belirsizlik ve dalgalanmanın getirdiği maliyetler dahil tüm maliyetleri artırarak yaşamlarını etkiliyor. Hâlâ sanayileşmekte olan birçok bölge ve önümüzdeki 15 yıl içinde 1 milyar daha artacak olan dünya nüfusu nedeniyle; jeopolitik istikrarsızlık, kitlesel göç, gıda üretiminde aksama ve güvenlik tehditlerinde artış da dahil iklimle bağlantılı aksaklıkların hızla yükselmesi bekleniyor.⁵⁷

Dördüncü Sanayi Devriminde, bazıları dijital teknolojinin çevresel etkisiyle bağlantılı olan bir dizi soruna eğilmek gerekecek; örneğin, çevreye zehirli kimyasallar salan e-atık dağlarının sürekli yükselmesi gibi. Dahası, dijital altyapının iyi dağılımı için zorunlu ama elektrik tüketim oranları yüksek olan veri merkezlerinin artışından kaynaklanan karbon salımı da artıyor. Üstesinden gelinmesi gereken diğer zorluklar ise teknolojik gelişme ve yayılmaya yön veren ilkelerle ilgili. Gelecek yıllarda ve on yıllarda bu zorlukların üstesinden gelmek için yapacağımız şeyler sadece gelecek kuşakların geçim kaynaklarını değil aynı zamanda gelecek binlerce yıl için gezegenimizin ekosisteminin kaderini de belirleyecek.

Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri bize daha sürdürülebilir bir yola, yani küresel müşterek varlıklarımızı koruma yoluna yönelerek önceki sanayi devrimlerinin dışsallıklarını yönetme fırsatı da veriyor. 2030'a dek, dünyadaki hanehalklarının büyük bir çoğunluğunda en az bir 3G cep telefonu olacak. Mobil karbon ticareti için blok zinciri gibi dağıtık hesap defterlerinin kullanımı her bireye gezegenimizin sınırlarıyla uyumlu eşit bir kota verebilir. Blok zinciri aynı zamanda su tahsisi ve orman kaybı sorunlarını yönetmek için de kullanılabilir. Aslında Honduras hükümeti daha şimdiden dağıtık hesap defterlerinin arazi hakları tahsisine yardımcı olma potansiyelini araştırmaya başladı.

Uydu görüntüleme olanaklarındaki gelişmeler küresel sera gazı salımının yaklaşık yüzde 15'inden sorumlu olan orman kayıpları konusunda yardım sağlıyor.⁵⁸ Orman yangınlarını, ekin hasatlarını ve su kaynaklarını gözetlemek ve hatta ekin ekmeye destek olmak için dronlar kullanılıyor. Çiftçiler elle günde 3000 civarında tohum ekerken, dronların tohum kapsüllerini yere “ateşlediği” testler, bu araçların günde 30.000'den fazla tohum ekebileceğini gösteriyor.⁵⁹ Uydular ayrıca okyanusların yönetilmesine ve korunmasına da katkı sağlıyor. Uydu arabirimli sensörler ve veri işleme araçları gemilerin okyanusları nasıl kullandığını gözleme kapasitesini artırıyor. Nano uydu ağırları yakında her gün bütün dünyanın yüksek çözünürlüklü fotoğraflarını çekebilecek. Dron gemi filoları okyanuslarımızın sağlığının izlenmesine ve okyanus kaynaklarının kullanımının gözlenmesine yardımcı olabilecek.⁶⁰

Teknolojilerin varlık ve erişilebilirliği çevre yönetiminin artık sadece uzmanlar tarafından yapılamayacağı anlamına geliyor; çok daha geniş yelpazeden aktörlerin sadece ceplerinde birer akıllı telefon olmasıyla bu iş daha yatay ve demokratik hale geliyor. Sonuç olarak, mevcut çevre yönetimi sistemleri iyi olsa da Dördüncü Sanayi Devriminin yol açması beklenen yıkıcı değişimin hız ve ölçeğini yönetmek için yeterli değil. Yaklaşan sorunları verimli bir şekilde çözebilmek için mevcut ekonomik modelin hem üreticileri hem de tüketicileri kaynak tüketimini azaltmaya özendirecek ve sürdürülebilir ürün ve hizmetleri teşvik edecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekiyor. Bu, yeni iş modelleri gerektirir; yani şu anda gizli olan çevresel etki maliyetlerinin fiyatlara yansıtıldığı ve böylece daha sürdürülebilir üretim ve tüketimin teşvik edildiği iş modelleri. Böyle bir yeniden yapılandırma, ek olarak, kısa vadeli düşünme eğiliminden uzaklaşıp uzun vadeli planlamaya yönelmeyi ve al-yap-at şeklindeki doğrusal ekonomik modelden uzaklaşıp endüstriyel sistemin niyet ve tasarım itibarıyla yeniden kazandırıcı (restoratif) ya da yeniden üretici (rejeneratif) olduğu döngüsel bir ekonomiye geçmeyi gerektiren esaslı bir değişim ister. Bu yeniden yapılandırma

kısa vadeli maliyetler getirecektir ama hiçbir şey yapmamak daha maliyetli olacaktır.

Dördüncü Sanayi Devrimi gerçekleşmeye daha yeni başlıyor ve umut verici işaretler şimdiden görünüyor: Fosil yakıtlara yapılan yatırımın iki katı yenilenebilir enerjiye yapılıyor.⁶¹ Ama dünya bir seçim yapmak zorunda. Ya ilk üç sanayi devriminin açtığı yolda yürümeye devam edip çevresel kaygıları önceliklerin en arka sıralarında bırakacağız ya da kasıtlı tercihler yapıp –sadece ticari değer yaratan değil aynı zamanda kamu yararına hizmet eden çözümlere finansal kaynak sağlama yolları da dahil– tüm paydaşlarla işbirliği içinde çevre sorunlarını çözmek için Dördüncü Sanayi Devrimini yönlendirmede liderliği ele alacağız. Önceki sanayi devrimlerinde olduğu gibi doğal dünyaya yükselen teknolojilerin maliyetini emen bir kaynak olarak davranma eğiliminden kaçınmak zorundayız. Bu kolay olmayacak ama liderlerin Dördüncü Sanayi Devriminin dışsallıklarını yönetmekten başka seçeneği yok. Böylece istenmeyen sonuçların yükü, zayıf toplumların ya da çevresel yıkım sonucu gelecek kuşakların sırtına yüklenmek yerine ortak olarak taşınır. Önceki üç sanayi devriminin ardından yeryüzünün biyosferinin kırılğan hale geldiği düşünülürse başarısız olmanın maliyeti kesinlikle çok yüksek olacaktır.

Toplum ve vatandaşlar

Teknolojik devrimler, jeopolitik ve çevresel etkilerine ek olarak, başarılı sayılmak için gereken becerileri değiştirerek toplumsal manzarayı da etkileyebilir. Örneğin, üçüncü Sanayi Devrimi bilgi çalışanlarının yaşamlarını geliştirdi; ikinci Sanayi Devriminde yaşam standartlarının yükseldiği görülen fabrika işçilerinden daha iyi hale getirdi. Ekonomist Branko Milanovic'in ünlü fil grafiği (Şekil 10), küresel gelir dağılımının 1988-2008 arasında nasıl değiştiğini gösteriyor: Faydalar sadece en yoksul olanları değil aynı zamanda

küresel olarak sekseninci yüzdelerlik dilim civarında olanları da pas geçti, yani gelişmiş ekonomilerdeki alt orta sınıf da yararlanamadı. Bu bölgelerde birçok endüstriyel çalışan, durgunlaşan maaşlarla güvencesiz işler bulan “prekarya” adlı çalışan sınıfına katıldı. Şimdi otomasyonun artması kimin yarar göreceğini bir kez daha değiştirme potansiyeline sahip.

Robotlar ve yapay zekâdaki son gelişmelerden güç alan algoritmalar dahil yeni otomasyon biçimleri sadece fabrika işçilerinin değil gitgide muhasebeci, avukat ve diğer serbest meslek sahiplerinin de yerine geçiyor. 2000 yılında Goldman Sachs’ın New York ofisinde 600 borsa işlemcisi çalışıyordu. 2017’de ise sadece otomatik alım-satım programlarından destek alarak çalışan iki kişi kaldı.⁶² Aynı eğilim diğer birçok Wall Street firmasında da görülebilir.⁶³ Bu değişim, servetin sermaye ve fikri mülkiyet sahiplerinin elinde daha da toplanmasıyla sonuçlanabilecek gibi görünüyor. Bu toplumsal değişimler ve bireyler üzerindeki etkisi üzerine eğilmezsek, İngiltere ve ABD’deki son seçimlerde görüldüğü gibi, küskünlük, korku ve siyasi tepki oluşabilir.

İvedilik gerektiren ekonomik zorlukların ötesinde bir de çalışmanın bireyler, aileler ve toplulukların hayatına anlam katma rolüne karşı oluşan meydan okumalar var. Topluluk, kimlik, amaç ve işlev son 250 yıldır çalışanlar ve toplumun üretken üyeleri olarak rollerimizle yakından bağlantılı olmuştur. Şimdiki aksamalar siyasi liderleri birey, toplum ve ekonomik etkinlik arasındaki ilişkileri şekillendiren paradigmayı yeniden düşünmeye zorluyor. Bu, birey ile toplum arasındaki toplumsal sözleşmeyi yeniden şekillendirmek için reformlar yapılmasını da kapsıyor.

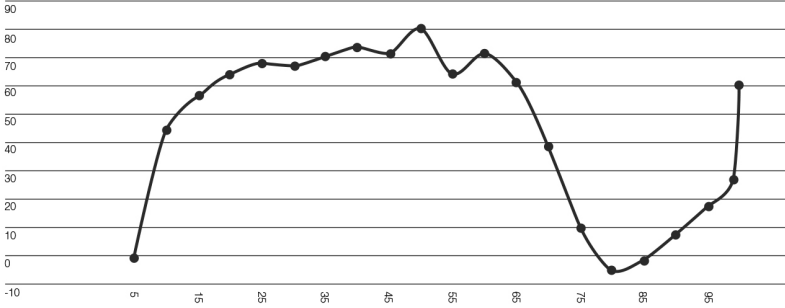
Bu tartışmalara bir örnek, evrensel temel gelir (ETG - *UBI: Universal Basic Income*) tartışmasıdır. Bu, Finlandiya’dan Kenya’ya, Kaliforniya’dan Hindistan’a kadar dünyada birçok yerde test edilmekte olan radikal bir fikir. ETG’nin temel gerekçesi, akılcı ve bölüştürücü savların da ötesinde, sosyal adalettir: Gelir gitgide toprağa, doğal kaynaklara ve fikri mülkiyete doğru kaydığı için her birey

bu kolektif zenginliğin mütevazı bir payını koşulsuz temel gelir biçiminde almalıdır. ETG burada her derde deva bir ilaç gibi sunulmuyor ama ETG'nin radikal doğası önemli bir tartışma başlattı; ekonomik ve toplumsal reformlarla ilgili olarak ayrıntılı bir şekilde yapılması gereken ve Dördüncü Sanayi Devriminde ekonomik sistemin nasıl tüm paydaşlar için çalışabileceğini yeniden düşünmeye cüret eden bir tartışma.

Liderlerin Dördüncü Sanayi Devriminin farklı cinsiyetleri değişik şekillerde nasıl etkileyeceğine de dikkat etmeleri gerekiyor. Birinci ve ikinci Sanayi Devrimlerinde kadınlar evlere tükılarak siyasi ve ekonomik etkileri azaltıldı. Kadınlar on dokuzuncu yüzyılda fabrika işlerine girince çoğunluk için ortaya çıkan sonuç zorluklarla dolu bir hayat oldu. Bu da kadın hakları çevresinde daha büyük organizasyonlara ve protestolara yol açtı. Daha sonra da evrensel oy kullanma hakkı ve siyasi temsil hakkı için kampanyalar başladı. Tüm bunların sonucunda kadınların ekonomik ve toplumsal katılım ve ilerlemesinde gelişmeler oldu. Ama cinsiyet farkı hâlâ var. Dünyanın her yerinde erkekler ekonomik ve politik açıdan kadınlardan daha güçlü. Ve Dünya Ekonomik Forumunun 2016 *Küresel Cinsiyet Farkı Raporu*'nda sıralanan 142 ülkenin neredeyse yarısında cinsiyetler arasındaki fark büyüyor.⁶⁴ Ne yazık ki Dördüncü Sanayi Devriminin becerileri kayıran önyargısı üst düzey teknik çalışanlar ve şirket sahiplerinden oluşan küçük bir gruba avantaj sağlayarak cinsiyetler arasındaki bu büyüyen farkı daha da ateşleyebilir.

Kadınlar bilimsel araştırma alanındaki çalışanların yüzde 30'undan daha azını oluşturuyor, hatta STEM alanlarındaki temsil oranları daha da düşük.⁶⁵ IT işlerinin yüzde 25'inden daha azında kadınlar çalışıyor ve teknoloji girişimlerindeki oran daha da düşük.⁶⁶ Kadınların internet kullanma olasılıkları erkeklerden yüzde 50 daha az ve bu uçurum bazı gelişmekte olan ülkelerde daha da büyüyor gibi görünüyor.⁶⁷ Gelişmekte olan ülkelerde kadınlar ve erkekler arasındaki uçurum neredeyse tüm parametrelerde daha da büyük ve bu durum oralardaki kadınları daha da dezavantajlı hale getiriyor. Bu

Şekil 10: Küresel Gelir Dağılımının Çeşitli Yüzdelik Dilimlerinde 1988-2008 arasında Reel Gelirde gerçekleşen değişim (uluslararası doların 2005 değeri üzerinden hesaplanmıştır)



Kaynak: Branko Milanovic (2016)

uçurum kadınları Dördüncü Sanayi Devrimine tam anlamıyla katılmaktan ve devrimi şekillendirmekten mahrum bırakıyor. Özellikle, milyonlarca iyi fikir ve girdiyi tartışmaların dışında bırakarak en çok gereksinim duyulan şey olan bilgi üretimini sınırlandırıyor. Bu nedenle politik, ekonomik ve toplumsal alanlarda cinsiyet eşitliği konusunu ele almamız ve öncelik haline getirmemiz gerekiyor. Dördüncü Sanayi Devriminde kadınların potansiyelini dizginlemek toplumun potansiyelini dizginlemek demektir.

Dördüncü Sanayi Devrimi, bize cinsiyetler arasındaki uçuruma el atma fırsatı verdiği gibi, gerek cinsiyetleri, ırkları, yaşları, cinsel eğilimleri ya da engellilikleri nedeniyle gerekse kendilerini doğumlarındaki cinsiyetleriyle tanımlamadıkları için tarih boyu dışlanmış ya da ezilmiş insanları kapsama olasılığı da veriyor. Yükselen teknolojiler cinsiyet, yaş ve bedenini kendisini algılama biçimimizi dönüştürebilir. Engelli insanlar, insanların yetenek ve kabiliyetlerini artırarak engellilik fikrini zamanla tarihe gömebilecek olan teknolojilerden yararlanıyorlar.

Robotlar ve insanları güçlendirme teknolojileri toplumda daha yaygın hale geldikçe kalıp yargıları ortadan kaldırabilir. Ama bu

kaçınılmaz bir sonuç değildir: 3. Bölüm’de ele aldığımız gibi, teknolojileri geliştirirken ve uygulamaya geçirirken yararlandığımız değerlere bağlıdır. Makineleri programlamamız ve onlarla etkileşimimiz daha şimdiden cinsiyetçilik ve ırkçılık gibi önyargılarımızdan etkileniyor.⁶⁸ Bu yüzden, teoride, insansı robotlar tasarım sırasında ırk ve cinsiyet gibi kategorileri aşabiliyor ama çoğu zaman müşteri hizmetleri alanlarında kullanılan robotların kadınsı özelliklerle tasarmlandığını görürken sanayi robotlarının çoğunlukla erkekse özellikleri örnek aldığını görüyoruz. Bu durum yeni teknolojileri asırlık kalıpları ortadan kaldırmak için kullanmamıza ve geleneksel kategoriler karşısında daha kapsayıcı bir anlayış geliştirmemize engel olur. Yeni teknolojilerin mevcut kalıpları devam mı ettireceği yoksa tüm bireylerin ve bir bütün olarak toplumun refahını mı artıracığı, bu teknolojileri geliştirirken yapılan bilinçli tercihlere bağlı olacaktır.

Tüm paydaşları kapsamak için sorumlu ve duyarlı liderlik

Dördüncü Sanayi Devriminin ne yönde gelişeceği, bilinçli tercihler mi yapacağımıza yoksa artan ekonomik, çevresel ve toplumsal güçlükler karşısında kayıtsız mı kalacağımıza bağlı olacaktır. Eğer gerçekten kendimizi, ortak bir kader duygusuyla, kendimizden daha büyük bir şeyin –gerçek bir küresel uygarlığın– bir parçası olarak hissediyorsak, çizdiğimiz yola tüm paydaşların dahil edilmesi gerekir. Ortak bir sorumluluğumuz var: Gelişmekte olan ülkelerin artan nüfuslarına, özellikle hâlâ önceki sanayi devrimlerinin yararlarını elde etmeye çalışan gençlere güç ve fırsat eşitliği vermek. Bizler birer emanetçi işlevi görmeli ve gelecek kuşaklara sağlıklı bir gezegen bırakmalıyız ve yaş, gelir düzeyi, ırk ya da inanç ayrımı gözetmeksizin bu teknoloji çağının yararlarını tüm vatandaşlar arasında paylaşmaya çalışmalıyız.

Karşımızdaki ortak zorlukların üstesinden gelmek radikal düşünmeyi gerektiriyor. İşgücünün yerine geçen teknolojiler, sert iklim değişikliği, eşitsizlik konusunda artan kaygılar ve ekonomik güvensizlik olasılıkları, toplumlarımızın ve ekonomilerimizin temelini oluşturan model ve paradigmaları aşındırıyor. Tüm sektörlerdeki ve tüm ülkelerdeki liderler, hangi gerekli sosyal ve ekonomik sistem değişikliklerini yapmamız gerektiği ve bunu devrimci bir şekilde mi yoksa kademeli olarak mı yapmamız gerektiği konusundaki tartışmaları teşvik etmek için sorumluluk almalıdır.

Bölüm Özeti

Dördüncü Sanayi Devrimini sürdürülebilir ve kapsayıcı bir geleceğe yönlendirmek için çok paydaşlı bir yaklaşım izlemek son derece önemlidir.

Çok paydaşlılık ilkesi şunu savunur: Karmaşık küresel meydan okumalar karşısında uygulanabilir çözümler üretmek ancak iş dünyası, hükümet, sivil toplum ve akademik çevrelerden gelen liderler kadar genç kuşakların da katılımının sağlandığı bir işbirliğiyle mümkündür.

Dördüncü Sanayi Devrimine gelişmekte olan ülkeleri dahil etmek şunları gerektirir:

- Geleceğin nasıl olması gerektiği ve yükselen teknolojilerin yerel halkın yararına nasıl kullanılacağı konusunda yerel ve bölgesel tartışmalar.
- Yükselen teknolojilerin sunduğu yarar ve fırsatları kullanabilmeleri için tüm vatandaşlara destek sağlayan yerel, bölgesel ve küresel inovasyon, altyapı ve sanayileşme politikaları.

Dördüncü Sanayi Devriminde çevreyi korumak şunları gerektirir:

- Yükselen teknolojileri sadece zararlardan kaçınacak şekilde değil aynı zamanda doğal dünyayı korumak ve güçlendirmek için proaktif ve gelecek odaklı bir hedefle tasarımı yapıp kullanıma sunmak.
- Ekonomik modelleri teknolojinin kullanım ve etkisini göz önünde bulundurarak yeniden şekillendirip hem üreticileri hem de tüketicileri kaynak tüketimini azaltmaya özendirmek ve sürdürülebilir ürün ve hizmetleri teşvik etmek.

Toplum ve vatandaşlar için müreffeh, kapsayıcı ve adil bir Dördüncü Sanayi Devrimi yaratmak ekonomik, çevresel ve toplumsal sistemleri kaçınılmaz olarak etkileyecek olan teknolojik sistemler için yaptığımız seçimlerin bilincinde olmak demektir. Bu da mevcut ekonomik ve politik paradigmalara yüzleşmek ve bu paradigmaları etnik köken, yaş, cinsiyet ya da arka planları ne olursa olsun tüm bireyleri güçlendirecek şekilde yeniden biçimlendirmek anlamına gelir.

2. Kısım

Teknolojiler, Fırsatlar ve Bozulma

2. Kısım

Genel Bakış

Birinci Kısım'da, Dördüncü Sanayi Devriminin dinamiklerini ve zorluklarını ele aldık ve tüm paydaş grupları kapsayan, insan merkezli, değerler temelinde bir yaklaşım zorunluluğunu tartıştık. İkinci Kısım'da ise hem olağandışı teknolojileri hem de onları üreten ve hep birlikte bu yeni dönemi besleyen koşulları çok daha derinlemesine ele alacağız. Bu teknolojilerin getirdiği değişimin ölçek, kapsam ve hızı sadece endüstrileri değil çok daha ötesini etkileyecektir. Bu teknolojiler tarihin akışını değiştirme potansiyeline sahiptir ve hepimizin yaşamının her yönünü etkileyecektir.

İzleyen 12 bölüm Dünya Ekonomik Forumunun küresel gelecek konseyleri ve uzmanlar ağı ile işbirliği içinde yaratılmıştır. Bu bölümlerde, Dördüncü Sanayi Devriminin ivme kazanıp tüm dünyaya yayılması esnasında onu ivmelendirecek ve şekillendirecek olan teknolojiler hakkında derinlikli bilgiler veriliyor. Bu kısımda yer alan –Dijital Teknolojileri Genişletmek, Fiziksel Dünyayı Yeniden Düzenlemek, İnsanı Değiştirmek ve Çevreyi Bütünleştirmek adlı– dört alt kısımda ise teknolojiler hakkındaki tartışmayı, teknolojilerin dünyayı nasıl etkilediğine ve yeni bir dönemin işaretlerini verdiğine ışık tutan temel konular çevresinde ele alacağız. Bu bölümler, okurlara teknolojilerin potansiyeli hakkında daha geniş bir bakış açısı sunup kullarımdaki teknolojilerden örnekler vererek 2. Bölüm'ün “yakından bakma - uzaktan bakma” (zoom-in, zoom-out) stratejisini izleyen “büyük resmi” çizmeyi amaçlıyor.

Bu bölümlerdeki 12 teknoloji grubunun her biri, değer zincirlerini ve kurumsal yapıları değiştirmenin yanı sıra yeni kategoriler, inovasyona dayalı süreçler ve inanılmaz ürün ve hizmetler ortaya çıkarıyor. Örneğin, dijital teknolojiler robot teknolojisini, DNA dizilemesini, giyilebilir/takılabilir teknolojileri, dronları, sanal ve artırılmış gerçeklik aygıtlarını bir ağ ile birbirine bağlayan bulut bilişim teknolojileri aracılığıyla fiziksel dünyadaki ayak izlerini artırıyor. Yapay zekâ platformları ise her sektördeki uygulamalara güç katıyor ve şirketlerin karar alma becerilerini geliştiriyor. Ayrıca gelişmiş malzemeler de üretilmesine olanak verdikleri ürünler sayesinde fiziksel dünyamızı “bir üst modele” geçiriyor.

İnovasyona dayalı mühendislik olanaklarının, bilimsel uygulamaların ve altyapılardaki gelişmelerin etkileri dalgalar halinde dışarıya doğru taşarak paydaş gruplarının tümüne yayılıyor. Bunlar endüstriyel olanakları sosyal ilişkileri ve siyasi stratejileri etkiliyor. Önümüzdeki on yıllara başarılı bir şekilde ulaşılması bakımından bunların etkisinin yönetilmesinin kritik önemde olduğu hem kamu hem de özel sektör tarafından açıkça görülüyor. Bunları iyi yönetmek için “büyük resmi görmek” son derece önemli. Ve İkinci Kısım’daki bölümlerin her biri bunların olanaklarını daha iyi anlamaya ve okurların “dışarıdan bakma” yaklaşımını uygulamasına yardımcı olmaya çalışıyor. Ayrıca okurların “yakından bakma”sına yardımcı olmak için her bir bölümde teknolojilerin nerelerde ve nasıl kullanıldığına dair örnekler veriliyor ve bu teknolojilere özgü potansiyel ele alınıyor. Uzmanların teknolojiler hakkındaki görüşleri de özel ekler olarak bölümlere serpiştirilmiştir.

Bağlantılı teknolojilerden oluşan 12 kategori seçilmiş olması kesinlikle fazla ayrıntılı ve yorucu değildir çünkü çok fazla teknoloji vardır; hepsini bir arada ele almak zordur. Ufukta görünmeye başlamış olan daha birçok teknoloji düşünülebilir. İkinci Kısım’da ele almak üzere seçilenler bu erken evrede en çok görünür olan teknolojileri temsil etmektedir. Ve henüz erken olsa da bu teknolojilerin insan biyolojisi, zekâsı ve deneyimi ile olduğu kadar çevremizle de etkileşime

gireceğini görebiliriz. Ayrıca bu teknolojilerin çok geniş kapsamlı ve öngörülmesi zor etkileri olacaktır. Kişisel yaşamlarımızı, çalışma, çocuklarımızı yetiştirme ve sosyalleşme şeklimizi etkileyecektir. Bu teknolojiler daha geniş alanları, örneğin topluluk ve uluslarımızla etkileşimlerimizi ve haklarımızı da etkileyecektir. Nelerin mümkün olduğunu, nelere izin verilebileceğini ve yaşamımızda nelerin gerekli olduğunu yeniden belirleyecektir. Bu ve daha birçok nedenle en önemli konu, teknoloji alanında ileri doğru attığımız adımların insan merkezli olarak kalmasını sağlamak için dikkatli olmaktır.

2.1 Dijital Teknolojileri Genişletmek

Üçüncü Sanayi Devrimi olarak adlandırdığımız dijital devrim bize genel bilgi işlem, yazılım geliştirme, kişisel bilgisayarların yanı sıra yaygın dijital altyapı ve internet aracılığıyla birbirine bağlanmış bir dünya verdi. Bununla birlikte, aşına olduğumuz bilgi işlem teknolojilerinin çoğu, 1940'larda oluşturulan bilgi işlem sürecine sadece bir tek klasik yaklaşım paralelinde gerçekleştirilen ilerlemeleri temsil ediyor. Bugünse araştırmacı ve girişimciler bilgi işlem alanındaki diğer olasılıklar üzerinde çalışıyor. Bu olasılıklar bilgi depolama, işleme ve iletme konusundaki olanak ve beklentilerimizi artıracak. Bu kısımdaki bölümlerde yeni bilgi işlem teknolojileri, blok zinciri ve dağıtık hesap defteri sistemleri ve büyümekte olan nesnelerin interneti ele alınıyor ve inovasyona dayalı dijital, kuantum ve gömülü bilgi işlem yaklaşımlarının geleceği nasıl dönüştürebileceğine ilişkin örnekler veriliyor.

5. Bölüm	Yeni Bilgi İşlem Teknolojileri
6. Bölüm	Blok Zinciri ve Dağıtık Hesap Defteri Teknolojileri
7. Bölüm	Nesnelerin İnterneti
<i>Özel Ek</i>	Veri Etiği Üzerine Vurgu
<i>Özel Ek</i>	Siber Riskler

2.2 Fiziksel Dünyayı Yeniden Düzenlemek

Dördüncü Sanayi Devriminde, artan bant genişliğinden, bulut hizmetlerinin yaygınlaşmasından ve grafik işleme tekniklerinin artan hız ve gücünden yararlanan teknolojiler ekranların ötesine geçip endüstriyel üretime, kentlerin ulaşım altyapısına ve interaktif aygıtlara giriyor. Tıpkı ikinci sanayi devriminin yarattığı elektrik şebekeleri ve mekanik kontrol mekanizmalarının dijital teknolojilerin gelişimine bir temel sağlamış olması gibi, dijital altyapı da hem yaşadığımız çevredeki malzemeleri hem de endüstriyel ve sosyal alanlarda etkileşime gireceğimiz malzemeleri sağlayan teknolojileri yeniden oluşturmak için bir temel sağlıyor. Kitabın bu kısmındaki üç bölümde yapay zekâ ve robotbilim, gelişmiş malzemeler, eklemeli imalat, çok boyutlu yazıcı kullanımı ve dronlar hakkındaki tartışmalar yer alıyor. Artık, dijital aktörlerin yazılımla somut nesneler arasındaki sınırları aşacağı, yeni işlevsel olanakları esinlendireceği ve hatta aramızda bağımsız bir şekilde dolaşacağı bir gelecekle karşı karşıyayız.

8. Bölüm	Yapay Zekâ ve Robotbilim
9. Bölüm	İleri Malzemeler
10. Bölüm	Eklemeli İmalat ve Çok Boyutlu Yazıcılar
<i>Özel Ek</i>	Dronların İyi ve Kötü Yanları

2.3 İnsanı Değiştirmek

Teknolojiler ve varlıklar arasındaki çizgiler artık silikleşiyor ve bunun nedeni sadece insansı robotlar ya da sentetik organizmalar yaratma olanağı değil. Bunun nedeni, daha çok yeni teknolojilerin kelimenin tam anlamıyla bizim bir parçamız haline gelme olanağıyla ilgili. Teknolojiler kendimizi anlama biçimimizi, birbirimiz hakkında nasıl düşündüğümüzü ve kendi gerçekliklerimizi

nasıl belirlediğimizi daha şimdiden etkiliyor. Bu kısımdaki teknolojiler kendi parçalarımıza daha derinlikli bir erişim olanağı verdikçe dijital teknolojileri bedenlerimizin içine yerleştirmeye başlayabiliriz. “Cyborg” benzetmesi bizi şaşırtma yeteneğini yitirmiş görünüyor olabilir, ama gelecek bizim kendi doğalarımızı yeniden tanımlayacak ilginç dijital ve analog karmalarına tanık olabilir. Buradaki bölümlerde biyoteknoloji, nöroteknoloji, beyin bilimi ve sanal ve artırılmış gerçeklik aygıtları ele alınıyor. Bunlar bize etik açıdan belki de Dördüncü Sanayi Devrimindeki diğer teknolojilerin herhangi bir grubundan daha çok meydan okuyacak. Bu teknolojiler kendi biyolojilerimizin içinde işlev görecek ve dünyayla etkileşim biçimimizi değiştirecek. Bunlar beden ve aklın sınırlarını geçme, fiziksel becerilerimizi artırma ve hatta yaşamın kendisi üzerinde kalıcı bir etki bırakma kapasitesine sahip teknolojiler. Bunlar sadece birer araç olmanın çok ötesinde ve bu yüzden insanları, insan davranışlarını ve insan haklarını geliştirme ya da ihlal etme kapasiteleri açısından bunlara özel bir dikkat gösterilmesi gerekiyor.

11. Bölüm	Biyoteknolojiler
12. Bölüm	Nöroteknolojiler
13. Bölüm	Sanal ve Artırılmış Gerçeklikler
<i>Özel Ek</i>	Sanat, Kültür ve Dördüncü Sanayi Devrimi Üzerine Bir Bakış Açısı

2.4 Çevreyi Bütünleştirmek

Dördüncü Sanayi Devrimi altyapı geliştirme, küresel sistemler geliştirme ve geleceğe yeni yollar açma olanakları veren teknolojilere dayanacaktır. Bu bölümlerde ele alınan teknolojiler tam da bunu yapma olanaklarını artırıyor. Enerji, özellikle de sürdürülebilir malzeme ve uygulamalara dayalı olarak enerji üretme, depolama ve

iletme olanakları, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmaya, insanlar ve kullandıkları teknolojiler için düşük maliyetli elektrik dağıtmaya hazır durumda. Jeomühendislik hâlâ son derece kuramsal olsa da bizi bir iklimi yönetmek için ne gerektiğini ve yükselen atmosfer sıcaklığı konusundaki küresel riskle en iyi nasıl yüzleşebileceğimizi düşünmeye zorluyor. Uzay teknolojileri çevremizi sarıyor, hem gezegenimizi hem de ekosistemlerini gözetliyor ve bilim, araştırma ve teknolojik inovasyon için en uç sınırları sağlıyor. Bunların her biri hem bizi ve gezegenimizi hem de ötesindeki evreni birbirimize bağlıyor. Her biri, çevrenin –yer, hava ve uzayın– çok paydaşlı ortak bir sorumluluk olduğunu anlamamızı gerektiriyor. Bu teknolojilerin böylesine büyük etkiler yapma potansiyeli, ortak çabalar sarf etmemizi ve ortak geleceğimiz hakkında önemli kararlar almamızı gerektirecektir.

14. Bölüm	Enerji Üretim, Depolama ve İletimi
15. Bölüm	Jeomühendislik
16. Bölüm	Uzay Teknolojileri

Dijital Teknolojileri Genişletmek

Yeni Bilgi İşlem Teknolojileri

Üçüncü Sanayi Devriminin arkasındaki genel amaçlı teknoloji, dijital bilgi işlem olanaklarıydı. Bu, 1947’de icat edilmelerinden itibaren transistörlerin boyutlarının gitgide küçülmesi ve maliyetlerinin kat kat azalması sayesinde oldu. Yeni bilgi işlem teknolojileri ise her yerde bulunan, güçlü, etkili ve düşük maliyetli dijital olanaklar Dördüncü Sanayi Devriminin teknoloji ve sistemlerinin belkemiği olduğu için ve geleceğe dönük yeni fırsat ve zorluklarıyla birlikte bilgi işleme tamamen farklı yaklaşımlar geliştirme beklentisi nedeniyle önemli olmaya devam edecektir.

Bilgi işlemdeki ilerlemelerin merkezinde, bilgiyi işlemek, depolamak, kullanmak ve bilgiyle etkileşime girmek için kullandığımız malzeme, düzenek ve mimarilerde gerçekleştirilen inovasyonlar vardır. Bunlar merkezi bulut bilgi işlem, kuantum bilgi işlem, nöral ağ işleme, biyolojik veri depolama, optik ve örgü (mesh) bilgi işlem gibi alanlarda bir araya toplanıyor. Bu yaklaşımlar yazılım geliştirmeye ve yeni şifreleme biçimlerine zemin hazırlıyor; siber güvenlik sorunları yaratıyor ve çözüyor, doğal dil işlemine olanak sağlıyor ve sağlık hizmetlerine yönelik uygulamalar, fiziksel ve kimyasal süreç simülasyonu gibi alanlarda büyük verimlilik artışları vaat ediyor. Yeni bilgi işlem teknolojileri, karşılaştığımız en zor sorunlardan bazılarını çözmeye yardımcı olabilir. Ama bu teknolojilerin yararlarının paylaşılmasını ve güvenlik üzerindeki etkilerinin yönetilmesini sağlamak için çevik yönetim yaklaşımları olmazsa çok önemli riskler de ortaya çıkabilir.

Dünya Ekonomik Forumu Bilgi İşlemin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyinin işbirliğiyle yazılmıştır.

Moore Yasasının demokratikleştirici etkisinin genişletilmesi

Adını Intel'in eş kurucusu Gordon Moore'dan alan Moore Yasası, inç kare başına düşen transistör sayısının 1960'ların ortalarından itibaren yaklaşık olarak her 18 ayda ya da iki yılda bir iki katına çıktığı gözlemini temel alır. Bu, bilgisayarların katlanarak artan bir oranda küçüldüğü ve hızlandığı, her yıl maliyetleri yaklaşık yüzde 30 oranında düşürdüğü anlamına geliyor. Moore Yasası olmasaydı çok küçük işlemcileri ve depolama olanaklarını temel alan mobil tüketici bilişiminden yararlanamazdık. Mobil telefon teknolojisini göremezdik. Ayrıca Pew Araştırma Merkezinin yaptığı bir araştırmaya göre, şu anda herhangi bir tür akıllı telefona sahip olduğunu bildiren insanların yüzde 43'lük bir küresel ortalama ulaşmasını sağlayan etkisini de göremezdik.^{69,70} Araştırmacılar, teknoloji girişimcileri ve şirketler ise hem inovasyondaki hem de verimlilikteki artışın arkasında yatan etken olan ve göz ardı edilebilecek maliyetlerle gelen günümüzün en hızlı bilgisayarının inanılmaz hızından yararlanamazdı.

Ama Moore Yasası geçerliliğini yitiriyor olsa bile, maliyet düşüşleri ve performans artışları kadar çarpıcı bir şekilde bunların devam etmesini sağlamamız gerekiyor. Dünyada 4 milyarın üzerinde insan internet kullanma olanağından yoksun ama dijital olarak kullanılabilen bilişim teknolojileri güçlü birer ekonomik fırsat etkenidir.⁷¹ Moore Yasasını sürdürmek zorlu bir görev içerir. Çip üreticileri ve malzeme bilimciler birkaç yıldır transistör boyutlarını küçültme hedefinin artık fiziksel sınırlara yaklaştığı kaygısını taşıyor. Transistörlerin hızındaki artış ve elektrik tüketimindeki düşüş (Dennard Yasası olarak bilinir) zaten neredeyse on yıl önce sona erdi. Bugün transistörler zaten virüslerden bile küçük; şu anda en küçük ticari standart 14 nanometre (nm). 2017'de daha küçük (10 nm'lik) çiplerin üretime girmesi bekleniyordu. Bir Intel fabrikası için yapılan planlara göre önümüzdeki beş yıl içinde 7 nm'lik

çipler üretilecek. Karşılaştırma yapmak gerekirse, insan saçının çapı 50.000 nm'dir.

Beş nanometre, silikon olarak transistör boyutu için fiziksel sınır olabilir. Bunun nedeni kuantum tünelleme etkisinin devreye girmesidir –yani elektronlar ince malzemelerin içinden doğrudan geçebilir– ve diğer bir neden ise çiplere zarar verebilecek ya da onları çok verimsiz hale getirebilecek çeşitli akım kaçaklarının oluşabilecek olmasıdır. Yarıiletkenler İçin Uluslararası Teknoloji Yol Haritası (ITRS) tarafından ifade edildiği gibi: “Yarıiletken endüstrisi yatay aralığın sonuna geliyor.”⁷² Transistörleri dikey olarak yerleştirmek bir çözüm ama bu kez de başka sorunlar ortaya çıkıyor; örneğin, yoğunluğu artan çiplerin ürettiği, performansı düşüren ısı sorununu yönetmek. Ama yeni malzemeler belki bu boyut sınırlılığı sorunlarını çözebilir ve transistörleri daha da küçültebilir.

Berkeley'deki araştırmacılar, karbon nanotüpler ve molibden disülfür kullanarak 1 nm genişliğinde kapısı olan bir transistör yarattı.⁷³ Ama inç başına düşen transistör sayısını iki katına çıkarmak er ya da geç fiziksel olarak olanaksız hale gelecek. Hatta bundan da önce böyle sonuçlar elde etmek ticari olarak imkânsız hale gelebilir. Moore Yasasının bir tamamlayıcısı olan Rock Yasasına göre, makinelerde çok daha büyük bir hassaslık ve daha düşük hata oranları olması gerekeceği için yeni, daha küçük çipler yapmak için gereken fabrikaların maliyeti dört yılda bir iki katına çıkabilir. Peter Denning ve Ted Lewis bunu şöyle açıklıyor: Rock Yasası, yeni üretim tesisinin ekonomik açıdan yaşayabilir olması için yeni nesil çiplerden her birinin pazar hacminin mevcut pazarın en az iki katı olması gerektiğine işaret ediyor.⁷⁴ Çip üretiminin karmaşıklığındaki büyük değişiklikler de eklendiğinde daha büyük yatırımlara ihtiyaç duyulması yüzünden son zamanlarda yoğunluğun iki yılda bir ikiye katlanması modeli değişerek yaklaşık iki buçuk yıla çıktı.⁷⁵

Eğer bilişim gücündeki katlanarak büyüme devam ettirilecekse sadece transistör boyutunu küçültmekten çok, sistemleri geliştirmeye daha fazla odaklanılması gerekecektir. 2016'da, Elektrik ve

Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) bu yeni yaklaşım gereksinimini kabul etti: Çip yatırımını, yıllarca transistörlerin küçültülmesine odaklanan raporlar yayımlayarak yönettiler; gelecekte ise “bilgisayar performansı hakkında yeni bir ‘Moore Yasası’ yaratmak ve yeni, özgün bilişim teknolojilerinin pazara sunulmasını hızlandırmak” için bir “Uluslararası Aygıt ve Sistemler Yol Haritası” geliştirmeye odaklanacaklar.⁷⁶ Yeni malzemelerle, yeni mimarilerle ve bilişime bir sistem yaklaşımı uygulanarak performans ve verimliliği artırmanın yeni yolları aranıyor. Bu, her yere yayılmış, düşük maliyetli bilgi işlemiden daha fazla insan ve organizasyonun yararlanacağı anlamına geliyor.

Performansı hızlandırmaya devam etmenin bir yolu, daha özelleştirilmiş işlemcilerle geçmektir, tıpkı bilgi işlemin ilk günlerinde çiplerin özel amaçlar için özel olarak tasarlanması gibi. Dijital bilgi işlem, 1970’lerden bu yana, standartlaştırılmış, seri üretime alınmış, neredeyse her amaca yönelik olarak programlanmış genel amaçlı mikroişlemcilerin istilasına uğruyor.⁷⁷ Ama aynı işlemin defalarca uygulandığı veri yoğun işlevlerde, standart merkezi işlemci birimleri görece verimsizdir. Bugün, merkezi işlemci birimlerinden sonra ikinci en yaygın mikroişlemci, enformasyonun ekranlarda gösterilmesi –üç boyutlu görselleri hızla yaratmak ve güncellemeye yönelik yoğun bir görev– işlemini yapmak için özelleştirilmiş bir devre olan grafik işleme birimidir.

Makine öğrenmesinin önem ve uygulanabilirliğinin artması, isteğe uyarlanmış bilgi işlem mimarilerinin yeni tipleri için talep yarattı. Dünyanın en büyük çip alıcılarından biri olan Google çok sayıda tensör işleme birimi (TPU) tasarımı yaptı. TPU, derin öğrenme algoritmaları için tasarlanmış uygulamaya özel entegre devrelerdir. Google, dünya Go şampiyonu Lee Sedol’u 2016’da beş oyunluk bir seride yenen AlphaGo programının tensör işleme birimlerinden güç aldığını ileri sürüyor. Yeni bellek ve işlemci yapıları, birçok makine öğrenmesi yaklaşımının merkezinde yer alan yapay nöral ağlar tarafından uygulanan operasyonlar için en uygun hale getirilmiş

mimarilere sahip olan ve “Yapay Zekâ Hızlandırıcıları” olarak bilinen yeni bir mikroişlemci sınıfına zemin hazırlıyor. Bunlar yapay zekâ algoritmalarının büyük ölçekli uygulamaları için gerekli olan hız, maliyet ve enerji verimlilik açısından avantajlar getiriyor.⁷⁸

Bununla birlikte, arz ve performansı artırma yolları, karşımızda duran sorunları yönetmek için bakılacak yerlerden sadece biridir. İhtiyacımız sadece daha fazla güç, daha yüksek işlem hızı ya da daha fazla transistör değil; aygıt ve verilerin yaygınlaşmasından ve çoğalmasından kaynaklanan talepleri de karşılayabilmemiz gerekiyor. Bilgi işlem olanaklarını anlamlı ve gerçek zamanlı durum ve bağlamlarda kullanabilmemiz gerekiyor. Örneğin, bulut tabanlı uygulamalar dünyanın her yerinde saniyeler içinde işlev görebiliyor ama yapay zekânın insanlarla bir arada çalışabilmesi ve kamu güvenliği ya da trafik sistemleri gibi büyük ihtiyaçlara hizmet edebilmesi için eksabaytlarca veriyi kapsayabilen bir işlemin milisaniye ya da mikrosaniyelik hızlarda gerçekleşmesi gerekecektir. Çözmeye çalıştığımız sorunların en önemli bileşenleri hacimle ilgili değil daha çok, hız, gecikme süresi ve enerjiyle ilgilidir.

Bununla birlikte, en köktenci sonuç olarak, fizik ve malzeme bilimindeki çığır açıcı gelişmeler sadece dijital bilgisayarlara dayalı, özelleştirilmiş, daha etkili işlemciler ortaya çıkarmıyor aynı zamanda yeni bilgi işlem biçimleri de yaratıyor ki bunun en umut verici ve en bozucu olanı kuantum bilgi işlemidir.

Kuantum bilişim: Teoride bozucu gerçekte meydan okuyucu

Bir defa kararlı, yüksek güçlü bir kuantum bilgisayar yaptıktan sonra bu teknoloji Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin en bozucu örneklerinden biri olmaya adaydır. Ama hâlâ almamız gereken bir yol var. Kuantum bilgisayarlar kuantum mekaniğinin ilginç yasalarından yararlanarak bilgi işlemi yeniden yapılandırıyor. Kuantum

bilgisayarlar, enformasyon depolamak ve işlem yapmak için klasik bilgisayarların kullandığı, 1 ya da 0'ı (bitleri) temsil eden ikili değer birimleri temelinde tasarılanmış transistörleri kullanmak yerine kuantum bitleri ya da “kubit”leri kullanıyor. Ya 1 ya da 0 olmakla sınırlı bitlerin aksine, kubitler üstdüşüm olarak var, yani ölçülene dek her iki durumda da olma olasılıkları var. Bu durum kubitlerin aynı anda çoklu durumların simülasyonunu yapmalarına olanak veriyor.

Maddenin kuantum düzeyindeki diğer bir ilginç özelliği dolanıklıktır. Bu özellik birçok kubitin birbiriyle bağlantılı olabilmesi ve böylece bir kubitin kuantum durumunun ölçülmesiyle diğerleri hakkında da bilgi elde edilebilmesi anlamına gelir. Böylece kuantum bilgisayarlar, olasılığa dayalı kestirme yollar yaratabilen kuantum algoritmaları kullanabilir. Bu da klasik, dijital bilgisayarların çözmek için haddinden fazla zaman harcayacağı zor matematiksel problemlere kabul edilebilir yanıtlar verilebilmesini sağlar. Büyük sayıların asal çarpanlarını bulmak buna örnek olarak verilebilir. Diğer bir örnekse çok sayıda değişkeni olan optimizasyon problemlerini çözmektir; bu, operasyon verimliliği ve lojistikle ilgili inanılmaz derecede çok çeşitli zorlukları çözmek ya da yapılandırılmamış birçok veritabanını araştırmak için etkili bir şekilde kullanılabilir.⁷⁹

Kuantum bilgisayarlar, başka kuantum sistemlerinin, örneğin atomların ve diğer parçacıkların davranışının modellemesini de yapabilir. Ve bunu çok daha doğru bir şekilde ve Büyük Hadron Çarpıştırıcısının içindekiler gibi alışılmadık koşullar altında yapabilirler. Kuantum bilgisayarlar, kuantum simülasyonu kullanarak, örneğin klasik bilgisayarların izleyemeyeceği moleküler etkileşim hesaplamalarıyla kolaylıkla çalışabilecektir. Bu hesaplamalar daha da akıllı malzemeler, temiz enerji aygıtları ve yeni tıbbi ürünler yaratmak için kilit önemdedir. Bu nedenle, kuantum bilgi işlemin gerçekleşmesi, Dördüncü Sanayi Devriminin birçok temel teknoloji ve sistemine güç katacaktır.

Bununla birlikte, önemli bir uyarı var. Kuantum bilgisayarlar, Richard Feynman'ın ilk kez 1982'de ileri sürmesinden bu yana

kuramsal olarak 30 yılı aşkın bir süredir var olmasına karşın bu bilgisayarların en bozucu potansiyeli hâlâ sadece varsayım halindedir, çünkü evrensel bir kuantum bilgisayar yapmak mühendislik açısından son derece zor olarak kalmaya devam ediyor. Kubitler yaratmak ve kullanmak, aşırı koşullar altında kararlı sistemler gerektirir-örneğin, bileşen sıcaklıklarını mutlak sifira çok yakın tutmayı gerektirir.⁸⁰ Günümüzün en ileri kuantum bilgisayarları ya çok az kubit sahip (IBM'in kuantum bilgisayarında beş kubit var) ya da çok az kullanım alanı var (örneğin, D-Wave'in kuantum tavlama [*quantum annealing*] yaklaşımı gibi). Bunların çoğu, güç ve çözdükleri problemler bakımından sınırlı. Ama yine de kuantum bilgisayarların uygulamadaki potansiyelini kanıtlamaya yetecek kadar hızlı bir ilerleme kaydediliyor. Kuantum algoritmaları ve yükselen kuantum makine öğrenmesi alanı hakkında yeni fikirler ortaya atılarak kuramsal yündeki ilerlemeler de devam ediyor.

Kuantum bilgi işlemin fiziksel, mühendislik yönleri çözüme kavuşturulunca daha başka zorluklar ortaya çıkacaktır. Bunların en önemlisi güven ve güvenlik. Mevcut klasik bilgisayarların, web tarayıcılarımızı kullanarak internet üzerinden bankamıza ya da e-posta hesaplarımıza bağlanmak için kullandığımız, Taşıma Katmanı Güvenliği tarafından garanti altına alınan 2048 bitlik sertifikayı kırması 13 milyar yıldan uzun sürecektir. Ama matematikçi Peter Shor'un 1994'te geliştirdiği algoritmayı kullanan kuantum geçitli bir bilgisayar, bu tür bir hesaplamayı mevcut birçok şifreleme yaklaşımını yararsız hale getirmeye yetecek bir hızla yapabilecektir.⁸¹ Bu yüzden şu anda online işlemlerimizi güvende tutmak için kullanılan standartlar ve enformasyonu korumak için kullanılan diğer araçlar üzerinde yeniden düşünmemiz gerekecektir. Bu da kuantum bilgisayarlar tarafından kırılmaya elverişli olmayan mevcut yaklaşımları daha da geliştirmemizi ve yeni kuantum şifreleme biçimleri yaratmak için kuantum etkilerinden yararlanmanın yollarını aramamızı gerektirecektir.

Kuantum bilgisayarların klasik bilgisayarları elverişsiz hale getirmesi hiç olası değildir. Kuantum etkilerinin kullanılması dünyadaki

gündelik gereksinimlerin çoğu için matematik ve kimyanın özel alanlarında yaptığından daha az önemde avantaj sunuyor. Dahası, mevcut fizik anlayışımız, kuantum bilgisayarların klasik bilgisayarlardan daha ucuz ve daha küçük hale gelmesini hayal etmeyi zorlaştırıyor. Tüm dönüştürücü etki potansiyeline karşın, bu ilginç kuantum etkilerinden yararlanmak muhtemelen –en azından beşinci Sanayi Devrimine kadar– sadece özelleştirilmiş ve yüksek maliyetli bir bilişim alanı olarak kalacaktır.

Sürekli küçülen ve hızlanan bilgisayarların büyük etkisi

Mark Weiser’in 1991’de yazdığı gibi, “En etkili teknolojiler gözden kaybolanlardır. Onlar kendilerini günlük yaşamın dokusuna ekleyerek en sonunda ayırt edilemez hale gelirler.”⁸² Moore Yasasının demokratikleştirici ilerleyişi dijital bilgisayarların ayrı nesneler olarak statüsünü yitirmekte olduğunu gösteriyor: Bugün bilgisayarlar yeni otomobillerin, tüketici elektroniğinin ve ev aletlerinin çoğunun sadece önemli bir parçası olmanın ötesine geçmiştir. Bilgisayarlar bugün kumaş ve giysilere ekleniyor ve çevremizi kuşatan altyapının içine –yollara, sokak lambalarına, köprülere ve binalara– yerleştiriliyor.⁸³ Artık bilgisayarlar tarafından inşa edilen bir dünyada yaşıyoruz.

Yeni sensörler ve makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde bilgisayarlara yeni kanallarla ulaşabiliyoruz. Sesli komut ve doğal dil olanakları bizi ekranlara ve klavyelere bağımlılıktan kurtarıyor. Beden dilini, el ve göz işaretlerini anlayan sensörler bilgisayarların hem bilinçli hem de bilinçsiz niyetleri okumasını ve böylece bilgisayarları ve diğer aygıtları –örneğin, tekerlekli sandalye ve protez uzuvları– kontrol edebilmemizi sağlıyor. Nisan 2017’de Facebook bir duyuru yaptı: Makine öğrenmesi ve nöral protez uzmanlarının da aralarında bulunduğu 60 araştırmacıdan oluşan bir ekip,

kullanıcıların bir bilgisayara sadece düşünce yoluyla komutlar ya da mesajlar göndermesini sağlamaya çalışıyor.⁸⁴ Bilgisayarlara erişim sağlamak için araştırılan bu yinelemeli teknikler çevremizdeki dünyadan enformasyonu işlemek ya da çoklu görev yapmak için yeni yollar sağlayacaktır.

Bilgisayar fiziksel olarak da bizim bir parçamız haline geliyor. Harici giyilebilir/takılabilir aygıtlar, örneğin akıllı saatler, akıllı kullaklıklar ve artırılmış gerçeklik gözlükleri, bedenlerimizin deri engelini aşan etkin, vücuda yerleştirilebilir mikroçiplere dönüşüyor ve tümleşik tedavi sistemlerinden insanı güçlendirme fırsatlarına kadar ilginç olasılıklar yaratıyor.

Yakında biyolojik bilgi işlem, özelleştirilmiş mikroçipler yerine yeni özel tasarım organizmalar kullanmamıza olanak verebilir; bunlar, ifade ve tüketimin yeni bir kültürel biçiminin “biohacking” denilen önemli bir yönüdür. MIT’deki araştırmacılar sensör, bellek anahtarları ve devrelerin insan bağırsağındaki klasik bakterilere kodlanabileceğini göstermiştir. Bu da biyomlarımızın, örneğin inflamatuvar bağırsak hastalığını ya da kolon kanserini teşhis ve tedavi edecek şekilde tasarımlanabileceğine işaret ediyor.⁸⁵

Bununla birlikte, bu tür potansiyel yararların beraberinde zorluklar ve riskler de geliyor. Bizimle çevremiz arasındaki iki yönlü enformasyon akışı olasılıklarındaki artış bant genişliğini sürekli arttırmak gibi bir zorluğa işaret ediyor; sıkıştırma teknolojisinin geliştirilmesi de cabası. Dijital olarak hareket eden bir dünyada yaratılan büyük miktarlardaki veri, yoğun ve uzun dönemli depolama olanakları sunan yeni yaklaşımlar gerektirir. Bir çözüm, enformasyonu depolamak için DNA’yı kullanmak. 2012’de Harvard’dan George Church, DNA üzerinde, mevcut en iyi flash bellekten yoğunluk bakımından 100.000 kattan daha fazla veri depolama olasılığı olduğunu gösterdi. Ayrıca çok farklı sıcaklıklarda kararlılığını sürdürmesi de mümkündü: Church’e göre, “Onu istediğiniz yere bırakabilirsiniz, ister çöle isterseniz arka bahçenize; 400.000 yıl sonra bile orada olacaktır.”⁸⁶

Bazı bakımlardan, özellikle de aşırı koşullar altında, yaygın bilişim dünyayı daha kırılğan hale getirebilir. Her zaman çalışır durumda olmayı gerektiren sistemlere bel bağlamak elektrik kesintilerinin büyük sorunlar yaratabileceği riskler doğurur. Daha da kötüsü, elle kontrol edilen ilkel yedek sistemlere aşinalığımız ne kadar azsa bu krizlerin olumsuz sonuçları da o kadar büyük olabilir. Gittikçe daha da yaygınlaşan bilişimin mutlaka toplumsal etkileri de olur. Daha küçük ve daha hızlı bilgisayarlar insan davranışlarını şimdiden değiştirdi: Bir mobil telefonun sadece masada duruyor olması bile, örneğin, insanların sohbet ettiği kişiyle daha az ilgilenmesine ya da karşılıklı etkileşimlerinin ayrıntılarını daha az anımsamasına yol açabiliyor.⁸⁷ Sosyal medya kullanımı da gençler arasında empatinin azalmasıyla ilişkilendiriliyor.

Bilişim teknolojileri yayılmaya devam ettikçe çevreyle ilgili dışsallıklar daha büyük bir sorun haline gelecek. Gelişmiş ülkelerdeki veri merkezleri daha şimdiden elektrik kullanımının yaklaşık yüzde 2'sinden sorumlu. ABD'de bu miktar 70 milyar kilovat-saate denk geliyor ki bir yılda Avusturya'nın tüm ülke çapında tükettiği elektrik miktarını aşıyor. Gezegenimiz için birer emanetçi olarak işlev görmek şu anlama geliyor: Araştırmacılar ve şirketler bilişim inovasyonunun gelecekteki dalgalarını desteklemek için yeni malzemeler geliştirirken bilişim alanındaki yöntem ve donanımların sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğini artırmayı destekleyen pazar mekanizmalarına kendimizi adamalıyız. Yeni işlemci türleri geliştirilirken kaynakların sürdürülebilirliği temel bir hedef olmalıdır.

Şu anda inşa ettiğimiz sistemler üzerindeki kısıtlılıklar hakkında düşünürken sürdürülebilirliği aklımızın bir köşesinde tutmak önemli. Bulut bilişimin tüketici kullanımı anlamında yaygınlaşmaya başlaması henüz on yılı bile bulmamış olsa da daha büyük ve daha etkili merkezleştirilmiş veri merkezlerine doğru gidişin yanı sıra güvenlik ve gizlilik konuları, verileri nasıl ve nerede depolayacağımız konusunda ve bunlarla bağlantılı maliyetler hakkında daha yaratıcı düşünmemiz gerektiği anlamına geliyor. Eğer önemli bir

veri kullanımı gerçek zamanlı bir sezgi ve karar alma yeteneği gerektiriyorsa örgü bilgi işlem –bir ağdaki birçok aygıt üzerinde dağıtılmış bilgi işlem– daha kıvrak bir çözüm olabilir. Veri merkezleri arşivleri tutmaya devam ederken, örgü bilgi işlem en çok ihtiyaç duyulan analitiği ve hızlı karar alma işlemini hayata geçirebilir ve bunu yaparken de bu merkezlerde çok daha yüksek düzeylerde bir verimlilik için gereken ölçeklendirilebilirlik maliyetlerini yaratmaz.

Ayrıca erişim eşitliğine de önem verilmesi gerekiyor. Büyük, varlıklı tüketici pazarları olan, insan sermayesi bol ve teknolojik gelişmeler için yatırım bulma olanağı geniş olan gelişmiş ülkelerde yeni bilgi işlem gelişmeleri ve bunların benimsenmesi bir sınıra yaklaşma eğilimine giriyor. Bununla birlikte, Dördüncü Sanayi Devriminin en fazla sayıda insana yarar getirmesini sağlamak ekonomik olarak karşılanabilir bilgi işlem teknolojileri geliştirmeyi gerektiriyor; ayrıca bu teknolojilerin, elektriğin gidip geldiği, sıcaklık değişimlerinin önemli boyutlara ulaştığı ve hatta radyasyon sorunu olan yerler de dahil çok çeşitli ortamlarda iyi çalışması gerekiyor.⁸⁸ Bilgi işlem teknolojisini dünyanın her yerindeki insanlar için daha elverişli ve erişilebilir hale getirmek için tasarlanmış düşük maliyetli, yüksek performanslı bir bilgisayar olan Raspberry Pi'yi buna bir örnek olarak gösterebiliriz. Bu bilgisayar 2012'de pazara sunulmasından bu yana 12 milyondan fazla satış yaptı.⁸⁹

Çok geniş bir yelpazedeki koşullar altında kullanılabilen bilgisayarlar tasarlamak, yeni bilgi işlem teknolojilerinden gelen yararların dağıtımını biçimlendirme şeklinde ifade edebileceğimiz zorlu görevin sadece küçük bir parçasıdır. İnovasyona dayalı teknolojiler, ilk hamleyi yapanlara yarar sağlama eğilimindedir. Ekonomik, toplumsal ve fiziksel olarak kırılan toplumların yeni çıkan aletlere erişmelerini sağlamak özel çabalar gerektirir. Bu konuya eğilmek gerekiyor ki bu toplumlar da yeni genel amaçlı teknolojilerin yarattığı ekonomik yararları paylaşabilsin. Bu sadece bir adil vergilendirme meselesi değil aynı zamanda bir rekabet politikası ve tüketici hakları meselesidir: Bilgi işlem teknolojilerinde ilerlemelerin eşliğinde

olmak, “süper-platformlar” a kendi değer zincirleri üzerinde haddinden fazla tahakküm oluşturma olanağı verebilir. Örneğin, özelleştirilmiş işlemciler kullanma ve büyük miktarlarda veriye erişebilme imkânı, tüketiciler arasında fiyat ayrımcılığı yapmaya olanak verir ve bu da dezavantajlı rakipleri iş yapamaz hale getirir.⁹⁰

Son olarak, önsözde vurgulandığı gibi, hem kurumlara hem de teknolojiye güven tehdit altında bulunuyor. Bilgisayarlar dünyanın her yerinde gitgide daha fazla insanın günlük yaşamının ayrılmaz bir parçası haline geldiği için bu yaklaşımları uygulamak ve gizliliği korumak, vatandaşlar, devletler ve şirketler arasındaki güveni yeniden oluşturmak için yaşamsal önemdedir.

Beş kilit fikir

1. Dennard Yasası (transistörlerin hızındaki artış ve elektrik tüketimindeki düşüş) çoktan sona ermişken Moore Yasası (sürekli olarak transistörlerin boyutlarının küçülmesi ve maliyetinin azalması) atom düzeyindeki fiziksel sınırlara yaklaşıyor. Malzeme bilimi buna çözümler bulmaya çalışıyor ama basit doğrusal işlem fiziksel sınırlara yaklaşıyor ve yeni bilişim biçimleriyle zenginleştirilmesi gerekecek.
2. Bilişimle ilgili gereksinimlerin karşısındaki ana sorunlar işlem gücüyle (transistörlerin sayısıyla) ilgili olmanın ötesindedir; hız, yakınlık, gecikme süresi, enerji gereksinimleri... Tüm bunlar, bilgi işlem –dolayısıyla kuantum bilgi işlem, foton bilimi ve örgü bilgi işlem bilişim gibi potansiyel alternatifler– hakkında yeni düşünme biçimleri gerektiriyor.
3. Daha küçük, daha hızlı bilgisayarların çoğalması kentsel ortamlarımızın, tüketici ürünlerimizin, evlerimizin ve hatta bedenlerimizin aygıtlarla dolması anlamına geliyor.

İnternete bağlanan bu aygıtlar küresel bir ağın bir parçası haline gelecek (*bak. 7. Bölüm: Nesnelerin İnterneti*)

4. Veri merkezleri verilerimiz için merkezi yerler haline geliyor ve şu anda arşivlenmiş verilere ve bilişim gücüne erişim olanağı sağlıyor. Gelecekte duyarlı bilişim ihtiyacımız, hız ve süre elverişliliğini sağlamak için daha yerel olarak erişilebilir, aygıtlar arasında dağıtılmış bir bilişim gerektirebilir. Bu, bilişim gücünün bulunduğu ve kullanıldığı yer konusunda büyük bir değişim anlamına gelebilir.
5. Yeni bilişim teknolojileriyle ilgili daha zorlu bir görev ise bu teknolojilerin toplumlarımızı ve topluluklarımızı nasıl etkileyeceği konusuna daha kapsamlı bir bakış açısından bakmaktır. Hem erişilebilirlik ve kapsayıcılık konusu hem de güvenlik, gizlilik ve yetkiyle ilgili kaygılar üzerinde, teknolojilerin kendileri üzerinde düşündüğümüz kadar düşünmemiz gerekecektir.

Blok Zinciri ve Dağıtık Hesap Defteri Teknolojileri

Satoshi Nakamoto ismi –Ekim 2008’de dağıtık hesap defteri teknolojisinin temellerini anlatan bir rapor yayımlamış olan kişi ya da kişiler için kullanılan bir isimdir– bir gün teknoloji meraklılarının çok ötesinde bir ün kazanabilir. Onun ya da onların, matematik, şifreleme, bilgisayar bilimi ve oyun teorisinin çığır açıcı bir birleşimi olan, blok zincirine dayalı, son derece dönüştürücü bir ödeme teknolojisi hakkında kimliği meçhul bir şekilde yazdıkları bu rapor, hem dijital para birimlerinin yükselişinin hem de dijital ve reel ekonomilerde değeri saklama ve takas etme konusunda tamamen yeni bir sistem yaratılmasının ilk adımıydı.⁹¹

2030’lara kadar, dağıtık hesap defteri teknolojilerinin, yani “blok zincirleri”nin değişik biçimleri, online finansal işlemlerden oy kullanma ve ürünlerin nerede üretildiğini belirtme şeklimize kadar her şeyi değiştirebilir. Düşünün ki küresel GSYİH’nın yaklaşık yüzde 10’u, ulus devletlerin egemenlik alanının dışında olan ya da ekonominin her kesimini kapsayan otomatik, şeffaf ve gerçek zamanlı vergi sistemine dahil olmayan para birimleriyle tutuluyor ya da işlem görüyor. Blok zinciri teknolojisinin yaygın bir şekilde uygulamaya geçmesi pekâlâ tarihi bir dönüm noktası olabilir ama hem teknolojinin kendisi hem

Jesse McWaters, Dünya Ekonomik Forumu ve Dünya Ekonomik Forumu Blok Zincirinin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyinin işbirliğiyle yazılmıştır.

de organizasyonların onu benimseme becerisi henüz ilk evrelerinde bulunuyor. Blok zinciri ağlarının yapısı hakkındaki anlaşmazlıklar, işlemlerin ulusal veri aktarım düzenlemelerine ters düşmesi ve daha pek çok sorun bu ağların yararlarının gerçekleştirilmesinin önünde birer engel olarak duruyor. Eğer bu devrim niteliğindeki teknoloji hem işlemleri hem de güveni yeniden tanımlama potansiyelini gerçekleştirecekse kolektif yönetim, paydaşların katılımı ve bazı “offline” koordinasyon sorunlarının çözülmesi kilit öncelikler arasında bulunuyor.

Güven mimarisi

Blok zinciri teknolojisinin temelinde, “dağıtık hesap defteri teknolojisi” teriminden de anlaşılacağı üzere, merkezi, güvenilir bir tarafa ihtiyaç duyulmaksızın benzersiz dijital kayıtlar yaratılması ve takas edilmesi olanağı yatmaktadır. Zekice yaratılmış bir şifreleme kombinasyonu ve P2P ağ yöntemi kullanan bu teknoloji, depolanan ve bir grup insan tarafından paylaşılan enformasyonun hem doğru hem de şeffaf olmasını garanti ediyor –ayrıca birkaç ek avantaj da var; örneğin, bir kaydın önceki durumlarının tümünü görme olanağı ve programlanabilir kayıtlar yaratma fırsatı gibi. Bunlara “akıllı sözleşmeler” deniliyor.

Bu teknoloji dört nedenle devrim niteliği taşıyor: Öncelikle, blok zinciri teknolojisi dijital ekonominin iki tarafı keskin kılıcının üstesinden gelmeye yardımcı olur –yani dijital nesnelerin tam olarak kopyalanabilmesi ve neredeyse hiçbir son birim maliyeti getirmeden aynı anda birden fazla insana gönderilebilmesinden söz ediyoruz. Bu, enformasyon paylaşımı için değerli bir özellik ama benzersiz bir değer ya da garanti edilen menşei olan –gerek bir dijital para birimi olsun gerekse önemli bir enformasyon ya da bir sanat yapıtı olsun, orijinalinin kimde bulunduğu önemli olan– bir şey iletirken sorun yaratır. Blok zincirleri, doğrulanabilir bir şekilde benzersiz dijital nesnelerin yaratılmasına ve transfer edilmesine olanak verir;

bunu yaparken de “değer interneti” (*internet of value*) adı verilen ağı yaratarak sahte kopyalar ya da çift gönderi yapma riskini engeller.⁹²

İkinci devrimsel özellik, dağıtık hesap defteri teknolojilerinin şeffaflık, doğrulama ve “değişmezlik” sağlaması ve bunun için de hiç kimsenin üçüncü merkezi bir tarafa güvenmesini gerektirmemesidir. Bu önemli çünkü işlemlerin ayrıntılarının kaydedilmesi için ya da değerli bir varlığın kaynağının veya sahibinin bildirilmesi için üçüncü bir tarafa güvenmenin, onun üzerinde uzlaşma sağlamanın ya da böyle bir üçüncü taraf oluşturma son derece zor olduğu birçok durum vardır.

Üçüncü önemli özellik olarak, dağıtık hesap defterleri, programlanabilir eylemlere –insan müdahalesi olmadan yapılabilen (ve sonradan izlenip doğrulanabilen) işlemlere– olanak sağlar. Bu olanak algoritmik işlemlerin ya da otomatik online transferlerin çok ötesine geçer. Bir blok zinciri üzerindeki akıllı sözleşmeler, istenilen özel koşullar altında herhangi bir enformasyon ya da varlığı iletmek için tasarımılanabilir; bu konuda, yağış düzeyleri belirli bir miktarı aştığında ödeme yapan bir sigorta sözleşmesinden tutun da telif ödemelerinin otomatik olarak dağıtılmasına ya da bir proje üzerinde yapılan farklı çalışmalar için çoklu taraflara yapılan ödemelere kadar birçok örnek verilebilir. Önemli bir şey daha var: Akıllı sözleşmeyi yapan kodun kendisi de blok zinciri üzerinde saklanır, inceleme yapılması mümkündür ve herkes için gecikme olmaksızın çalışır.

Dördüncü olarak, dijital hesap defterleri kapsayıcı olacak şekilde tasarımılanabilir. Blok zinciri işlemleri, doğası gereği, aynı anda hem şeffaf, hem güvenli hem de izlenebilir özelliktedir. En azından kullanıcının bir işlem yapması büyük bir bant genişliği gerektirmez ve sadece temel düzeyde bir yazılım, depolama ve bağlanabilirlik yeterlidir. Bu demektir ki bireyler ve normalde pazarlardan dışlanacak olan küçük katılımcılar, dijital bir biçimde izlenebilen ve işlem görebilen herhangi bir varlığın üreticisi, paydaşı, hak sahibi ya da tüketicisi olarak pazar oyuncularına haline gelebilirler.⁹³

Bu özellikler, blok zincirinin, ekonomik etkinliklerin karşılıklarını dağıtırken dünyaya daha önce benzeri görülmemiş bir fırsat sunduğu anlamına geliyor. Yani blok zinciri, merkezi, tekeli ya da rant peşinde koşan araçların uyguladığından çok daha az bir gizli maliyet ya da daha düşük bir el koyma (*capture*) tehdidi içeriyor. Dağıtık hesap defterleri bireylerin kişisel verileri tarafından yaratılan değerlerin bir kısmını yeniden elde etmesine olanak verebilir ya da en azından insanların verilerinin hem önemli bir varlık hem de potansiyel bir dezavantaj olduğu bir dünyada daha büyük bir şeffaflık ve güvenlik sağlayabilir.

Blok zincirinin vahşi batısını keşfetmek

ABD'deki Berkman İnternet ve Toplum Merkezinde araştırmacı olarak görev yapan öğretim üyesi Primavera De Filippi blok zincirini şimdiki haliyle internetin 1990'lardaki şekline benzetiyor; o dönemde internetin ne potansiyeli ve değeri ne de birçok alanda kullanım olanağı olduğu teknolojiler ve şirketler tarafından anlaşılmıştı. De Filippi'ye göre, blok zincirinin en dönüştürücü rolü, teknolojiye gittikçe daha bağımlı hale gelen ve teknoloji tarafından kuşatılan toplum ve ekonomilere uyarlanmış yeni bir toplumsal sözleşmeyi etkileme olanağı sayesinde sömürüye karşı bir araç olmasıdır.

Ama dijital para birimleri ile ilgili duyulan heyecana ve avantajlarına karşın blok zinciri her derde deva bir ilaç olmadığı gibi beraberinde önemli zorluklar da getiriyor. Blok zinciri büyüyüp ölçek kazandıkça ağla ilgili talepler de artıyor ve bu da işlemlerin verimliliğini artırmak için bitcoin blok zincirinin önemli özelliklerini (örneğin, hangi büyüklüğün bir "blok" oluşturduğu) değiştirip değiştirmeme konusunda katılımcılar arasında anlaşmazlıklara yol açıyor. Herhangi bir merkezi yönetim olmadığı için –kendi çıkarları doğrultusunda alternatif yollar benimseyen farklı katılımcı gruplar yüzünden– bitcoin zincirinin "çatallanma" olasılığı var.

Bir blok zinciri oluşturmak önemli koordinasyon zorluklarının üstesinden gelmeyi gerektiriyor. Behlendorf'un işaret ettiği gibi, işler durumdaki bir blok zinciri bile çeşitli paydaşlardan oluşan ilk grubun, kendi çıkarları için bir dağıtık hesap defterinin diğer alternatiflerden –hatta hiç işlem yapmamaktan bile– daha iyi olduğuna inanmalarını gerektiriyor.⁹⁴ Bu da birçok farklı yaklaşım üzerinde uzlaşmak ve yeni bir teknolojiye ve çalışma şekline geçişe kaynak ayırmak anlamına geliyor.

Blok Zincirleri Ne Zaman Yararlı?

Hyperledger (Hiper Hesap Defteri) Projesinin icra direktörü Brian Behlendorf'a göre, dağıtık hesap defterleri özellikle aşağıdaki durumlarda yararlı olabilir:

- İki ya da daha fazla taraf arasında gerçekleşecek bir işlem için talep ya da karşılanmamış bir potansiyel var.
- Bu tür işlemlerin gerçekleştirilmesi etkili ya da mümkün değil çünkü:
 - Çok sayıdaki taraflar, takas için etkili ve merkezi bir aracı olarak işlev görecektir, güvenilir bir üçüncü taraf üzerinde uzlaşmıyor,
 - Tekel gücü; rant peşinde koşma; yolsuzluk; şeffaflığın olmaması ya da kurumsal verimsizlik işlem maliyetlerinin önemli miktarda artması anlamına geliyor ve/veya belirsizlik sistemin her yanına yayılmış,
 - Bireyler ya da gruplar, katılımlarını doğrulama ya da yönetme maliyeti nedeniyle mevcut bir platformdan dışlanmış,
 - İşlem gören varlık kolaylıkla kopyalanabilir ya da sahtesi yapılabilir ve bu yüzden katılımcılar birbirlerinin hile yapmayacağına inanmıyor.

Belirli bir kullanım alanı için, işleyen bir blok zinciri sistemi kurmak basit değildir. Bireyler ya da organizasyonların dağıtık bir hesap defteri üzerinde işlem yapmaya başlayabilmesi için önce potansiyel katılımcıların aşağıdakiler dahil (ama kesinlikle bunlardan ibaret olmayan) bazı konular hakkında uzlaşmaları gerekiyor:

- Değer parametreleri –hesap defteri üzerinde temsil edilecek olan değer birimi ne olacak?
- Teknik mimari –herkese açık bir blok zinciri üzerinden çalışan bir özel blok zinciri mi olacak? Hesap defteri, işlemleri hangi yolla güvenli bir şekilde doğrulayacak? Yeni değer simgeleri nasıl ve ne oranda üretilecek?
- Katılımcılar zincirin “başlangıç koşulları”nı nasıl doğrulayacak?
 - Eğer dijital işlemler fiziksel nesnelerle ilgiliyse fiziksel nesneler güvenli bir şekilde nasıl tanımlanacak, etiketlenecek ve dijital simgelere bağlanacak?

Dağıtık hesap defterlerinin yaygın bir şekilde benimsendiği senaryolarda koordinasyon sorunu artar. Doğal olarak blok zincirlerinin farklı ağlarla birlikte işlem görebilmesi arzu edilebilir bir durumdur; böylece dijital bir para birimi zincirini karbon kredi ağı ile ve orman yükleniciliği hesap defteri ile bağlantılı olarak kullanmak mümkün olabilir. Ama bunu yapmak için çoklu uygulamalar arasında bazı standartlar oluşturulması gerekecektir –şu anda böyle standartlar yok.

Dağıtık hesap defterlerinin çevreyle ilgili dışsallıkları da olabilir. Bir blok zincirinin değişmezlik hedefine ulaşmasının en yaygın yolu “çalışma kanıtı” olarak bilinir; burada ağ katılımcıları olası bir ödül karşılığında işlemleri güvenli bir şekilde doğrulamak için büyük miktarlarda bilgi işlem çalışması yaparak ve böylece enerji harcayarak birbirleriyle yarışır. Hem bitcoin hem de Ethereum adlı dijital para birimleri için uygulanan bu modelde, daha fazla işlem yapmak

bu işlemleri doğrulamak için daha fazla enerji gerektiği anlamına gelir. Bu da daha büyük bir çevresel etki demektir –Dördüncü Sanayi Devriminin bir teknolojisinin o kadar da gizli olmayan bir işlem maliyetine bir başka örnek.⁹⁵

Ayrıca bir de güvenli, anonim, programlanabilir ağların suç eylemlerinin maliyetini azaltabileceği söz konusudur. Akıllı sözleşmelerin şifreleme yoluyla bireylerin çıkarlarını korumasına olanak sağlayan bu protokoller aynı zamanda örgütlerin uyuşturucu ticareti, insan kaçakçılığı, dolandırıcılık ve daha birçok yasadışı eylem yapmalarına da olanak sağlar.⁹⁶ Diğer bir sorun da teknolojinin kendisinin erişilebilirliğidir. Bitcoin “cüzdan”larının erişim ve kullanımı gitgide kolaylaşıyor olmasına karşın bireylerin ve organizasyonların blok zinciri platformlarına geçme maliyetlerini benimseyebilmeleri için çok az kitlesel ya da yaygın teşvik var. Platformların ve kolay kullanılan uygulamaların çok olmaması –yakında bu durum değişebilecek olsa da– bir başka engel.

Güven için bir Teknoloji

Yazarlar: Carsten Stöcker, Başkan, Blok Zinciri Görev Ekibi, innogy şirketi, Almanya / Burkhard Blechschmidt, Başkan, CIO Danışmanlığı, Cognizant şirketi, Almanya

Tarihsel olarak güven ürün ya da işlemlere, üretim tedarik zincirindeki akış sırasında eklenmiştir. Fiziksel ya da elektronik kayıtlar her nesneyi izleyerek menşei, varış yeri, miktarı ve geçmişinin bir kanıtı olarak işlev görürdü. Tüm bu enformasyonu üretmek, izlemek ve doğrulamak bankalara, muhasebecilere, avukatlara, denetçi ve kalite kontrolörlerine zaman ve çaba olarak ağır bir “güven vergisi” yükler. Önemli enformasyon kaybolabilir, erişilemez olabilir ve hatta bilinçli olarak gizlenebilir.

Dördüncü Sanayi Devrimi fiziksel ve dijital dünyalar arasındaki çizgiyi silikleştirerek gelişip yayılırken, dijital ürün belleklerinin fiziksel nesneleri takip etmesine olanak vermek ve onlara tedarik zinciri boyunca yol göstermek için blok zinciri yükseliyor. Şifreleme bakımından güvenli etiketlemeyle birleştğinde blok zinciri gerçek anlamda benzersiz kimlikler ve değişmez kayıtlar yaratarak tedarikçilerin ve müşterilerin birbirleriyle doğrulanabilir bir şekilde işlem yapmalarını kolaylaştıracak ve daha az pahalı hale getirecek.

Blok zincirinin olanak sağladığı “dağıtık güven” tamamen yeni, üretici iş modellerine destek verecektir. Örneğin:

- Tasarımcıların, korumalı imalat tasarım dosyaları şeklindeki çalışmaları yayımlamaları ve bunun ücretini almaları için güvenli pazar yerleri,
- İmalatçıların kalite kontrol, düzenlemeler, uyum, garanti ya da piyasadan toplatma eylemleriyle ilgili maliyetleri azaltmalarına olanak veren dijital ürün bellekleri piyasası,
- Ürün tasarımı, pazarlama, tedarik zinciri planlaması ya da imalat gibi alanlarda verilere dayalı bilgiler satmak için blok zinciri kullanan veri hizmetleri,
- İşlerini blok zinciri kullanan şeffaf ve güvenilir tedarik zinciri verileriyle doğrulayan üçüncü taraf imalatçılarla çalışan “varlık-sız” girişimler.

Bu yeni dünyada potansiyel kazananlar arasında aşağıdakiler yer alacaktır:

- Fikri mülkiyet haklarının ve hukukun üstünlüğünün zayıf olduğu coğrafyalardaki ürün ve hizmet tedarikçileri (çünkü güçlü devlet kurumları olmasa bile blok zincirleri onların verilerini ve finansal işlemlerini korumalarını kolaylaştırır),
- Büyük ve coğrafi olarak dağınık karşı taraflarla güveni

sağlamayı aşırı pahalı ve zaman alıcı bulacak olan küçük ürün tasarımcıları, hammadde tedarikçileri ve hizmet sağlayıcılar,

- Blok zinciri değer zincirleri içinde üretilen ürünlerin değerini en yüksek düzeye getirmeye yardımcı olabilecek operasyon ya da imalatlar hakkında blok zinciri tarafından korunan verilerin toplayıcıları ya da satıcıları,
- Blok zincirinin sağladığı olanaklarla iş yapan merkez-sizleştirilmiş otonom imalat organizasyonlarının hizmet sağlayıcıları (robotik imalat, nakliye ve finansmanı bu tür hizmetlere örnek verebiliriz),
- Sipariş üzerine yapılan yüksek değerli ürünler üzerinde çalışan mikro imalatçılar.

Potansiyel kaybedenler arasında ise aşağıdakiler yer alacaktır:

- Yüksek gizli maliyetleri ya da verimsizlikleri veya düşük kalitesi olan ve geleneksel, hantal, belirsiz güven mekanizmaları blok zinciri tarafından altüst edilecek olan tüm tedarik zinciri oyuncuları,
- Aracı ticari hizmet sağlayıcıları, yani “eşleştirme” ya da “pazaryeri” hizmetleri sunan e-ticaret platformları gibi işler,
- Hem seri üretim hattında hem de destekleyici büro işlerinde çalışan düşük nitelikli çalışanlar (çünkü 3D yazıcılar ve gelişmiş robotlar gibi yeni teknolojiler ve blok zinciri rutin montaj işlerini ve ürün ve sözleşmelerin takibini otomatik olarak yapacak),
- Satınalma yöneticileri, muhasebeciler, garanti yöneticileri ve avukatlar (çünkü blok zinciri teknolojisi karmaşık görüşmeleri, izleme ve doğrulama süreçlerini otomatik olarak yapar),
- Finansal, denetsel ve bağlantılı kuruluşlar (çünkü ödemeler, risk yönetimi ve kalite güvencesi blok zincirine geçer). Sonuç olarak, blok zinciri tarafından sağlanan dağıtık

güvenin Dördüncü Sanayi Devriminin çeşitli teknolojileriyle kesişmesi tüm ekosistemlerde köklü bir dönüşüme yol açacaktır.

Blok zincirini erken benimseyenler, hâlâ gelişmekte olan bu teknolojiye sistem entegrasyonu, iş gerekçeleri, standartlar ve düzenlemelere uyum gibi alanlarda zorluklarla karşılaşılıyor. Pek çoğu, farklı sektörlerle ortaklıklar geliştiriyor ve etkin bir şekilde ekosistemler inşa ediyor. Bir yandan da maliyet etkili, düşük riskli inovasyon bilgisi vermek için “uygulamalı ekosistem liderliği” sergiliyor.

Blok zinciri kayıtlarının kalıcı ve şeffaf doğası bu kayıtların güvenli dijital kimlikler yaratmaya çok elverişli olduğu anlamına gelir; bu da sağlık kayıtlarından, oy kullanmaya ve kamu hizmetlerinin verilmesine kadar her şeyde devrim yapma potansiyelini gösterir. Ama Londra Imperial College'deki Dijital Para Birimi Araştırma ve Mühendislik Merkezinin eş müdürü Catherine Mulligan'ın iddia ettiği gibi, bu yöne doğru hücum etmeden önce durup riskleri bir düşünmemiz gerekiyor: İnkâr edilemez bir hesap defterinde bulunan enformasyon, özel anahtarlarla erişim olanağı olan art niyetli bir devlet tarafından fena halde kötüye kullanılabilir.⁹⁷

Kavramsal olarak belki de en büyük zorluk, merkezi otoritenin yitimidir. Bu sorun kurumsal olmanın da ötesindedir. Son derece psikolojiktir ve insani düzenin sistemleriyle ilişkilidir. Karmaşık bir algoritmalar dizisine bel bağlayarak güveni merkezsizleştirmek, nihai bilgi kaynağı olarak insani indirgemeciliği bırakıp modern bilimsel araç kullanmaya bel bağlamak kadar köktenci bir değişimdir. Toplumun bu ikincisini benimsemesi yüzyıllar aldı. Ama birincisini benimsemesi ekonomik etkenlerle hızlı olabilir. Sonuç olarak, blok zinciriyle birlikte, güvenin kaynağı politikacılar ve ayrı, tanınmış kurumlar değil matematikçiler ve altyapı olacaktır. Bu da politik ve teknolojik zorluklara ek olarak varoluşsal sorunlar ortaya çıkarır.

İşten daha fazlası için geliştirilmiş bir teknoloji

Afrika'daki elmas üreticisi ülkeler, savaş bölgelerinde çıkarılan ve savaşları finanse etmekte kullanılan “kirlili” elmasların yaygınlaşmasının önüne geçmek için Mayıs 2000’de Güney Afrika’nın Kimberley kentinde bir araya geldi. Kapsamlı anlaşmalar yoluyla ve katılımcı üyeler üzerinde katı politikalar ve sertifikalandırmalar uygulayarak, ülkelerden süreci destekleyen yasalar çıkarmalarını, kurumlar oluşturmalarını isteyerek başarılı da oldular. Bununla birlikte, 2015’te, makine görmesiyle blok zincirinin bir birleşimini kullanarak elmas tedarik zincirinde sahtekârlıkla mücadele etmek ve Kimberley sürecini desteklemek üzere Londra merkezli Everledger adlı start-up kuruldu.

En devrimsel ve en değerli blok zinciri kullanımlarının bazıları fiziksel dünyadadır. Nesli tükenmekte olan balıklardan yüksek sanata kadar her şey alanda tedarik zinciri izleme sorunlarını çözme konusundaki potansiyel yararları dağıtık hesap defterlerini çok çekici yapar. Örneğin, blok zinciri potansiyel olarak, dünya ticaretinin yüzde 2,5 kadarına ulaştığı hesaplanan küresel sahtecilik pazarını bitirebilir.⁹⁸ Fiziksel nesneleri dijital bir hesap defterine bağlamak, pazara çıkış noktasındaki güvenli etiketleme sorunlarının üstesinden gelmek demektir. Makine görmesi, biyometri, 3D baskı ve nanoteknolojiyi içeren inovasyona dayalı kombinasyonlar özellikle yüksek değerli ürünlere odaklanan sektörler için güvenli ve şeffaf tedarik zincirleri anlamına gelen etiketleme ve izleme seçenekleri vaat ediyor.

Blok zinciri fiziksel dünyaya doğru ağır adımlarla ilerlerken yerlisi olduğu dijital ortamda büyük adımlar atıyor. Bitcoin ve diğer dijital para birimleri için bir temel olarak blok zinciri, biraz dalgalı fiyatlandırma ayarlamaları olmasına karşın şimdiye dek para birimi ve değiş tokuş milyarlarca doları etkinleştirdi. Haziran 2017’de bitcoin blok zinciri aracılığıyla 700 milyar doların üzerinde işlem gerçekleştirilmişti. Blok zinciri uygulamaları finans sektöründe büyük

bir pazara sahip; birçok kârlı uygulama olasılığı olduğu gibi, insanların bir bankaya ihtiyaç duymadan finansal pazar ve hizmetlere erişmesine olanak vererek finansal kapsayıcılığı artırma fırsatı da sunuyor. Bu alanda, fiziksel nesnelerin uygulamasında karşılaşılan pazara son çıkış noktası sorunları, sadece platformların istikrarlılığıyla, uygulamaların kullanılabilirlik ve erişilebilirliğiyle ve müşterilerle sınırlı.

Blok zinciri, etkisinin çoğunu Dördüncü Sanayi Devriminin birleşimsel gücü aracılığıyla elde edecektir. Yukarıda değindiğimiz tedarik zinciri konusundan da anlaşılacağı üzere, blok zincirinin nesnelerin internetiyle birleşimi heyecan verici umutlar vaat ediyor. Pazar yerleri üretim fizibilitesi kanıtından tutun sözleşmeye dayalı anlaşmalara ve dosya transferlerinden ticari finansmana kadar birçok konuda tamamen blok zincirinin güvencesi altına alınmış uçtan uca hizmetler tasarlanıyor. Bu, tüm oyuncu ve konsorsiyumlarla bağlantılı bir şekilde gerçekleşiyor. Böyle hizmetlerle ve fiyatları istikrarlı bir şekilde düşen kameralar, yazıcılar ve sensör okuyucuları gibi gerçek dünyaya ait doğrulama bileşenleriyle birlikte, bu tür pazar yerlerinin yakın gelecekte açıldığını görebiliriz.

Dijital para birimleri, fonlar, takaslar ve varlık yönetimi hâlâ dağıtık hesap defteri ekosistemindeki oyuncuların önemli bir kısmını oluşturmasına karşın kimlik yönetiminde, idari ve yasal teknolojide, enerjide, lojistikte ve hatta reklam amaçlı olarak ilgi akışını ödüllendiren simgelerde bile önemli bir etkinlik söz konusu.⁹⁹

Blok zincirinin çoğu şirket için arzulanabilir etkileri var: yeni pazarlara erişim, güvenli ve programlanabilir işlemler, rutin gözetim ve denetim görevlerine daha az dikkat gerektirmesi. Bunun toplum için karma sonuçları var. Blockchain USA CEO'su Peter Smith'in dediği gibi, "Blok zinciri bireylere daha güvenli, işbirliğine dayalı değer üretme ve aktarma yolları sunarak yardımcı olabilir. Ama bunun birçok sektörde uygulanması iş kayıplarına yol açabilir çünkü işlemler arasındaki araçların artık modası geçti."¹⁰⁰ Dinamik bir ekonomide bunun net yararı tabii ki pozitif olabilir: Blok zinciri

aracıların kaybını telafi etmenin de ötesine geçen bir değer yaratacak bir mikro işlemler ve fırsatlar dünyası kurabilir. Dahası, gittikçe daha fazla işin algoritmalar ve robotlar tarafından yapılacağı bir gelecekte dağıttık hesap defterleri köklü bir şekilde gözden geçirilmiş sosyal koruma sistemleri için bir temel haline gelebilir.

Blok zinciri teknolojisinin potansiyel etkisi göz önünde tutulursa, ödünleşimleri tartmak ve düzenlemelerle ilgili neler yapılacağına karar vermek, çoklu paydaşlar arasında yapılacak tartışmaların konusu olmalıdır. Teknoloji hâlâ yeni ve pazar görece küçükken ağır ya da zamanından önce yapılan düzenlemeler bu teknolojinin potansiyeline engel oluşturabilir. Bununla birlikte, bazı risk ve zorluklara el atılması gerekiyor. Bu kritik sorunlar muhtemelen önümüzdeki yılların konuları olacaktır:

- Blok zinciri tabanlı işlemler hakkında önemli yasal belirsizlikler var: Özellikle sorumluluk çerçevesi ve ayrıca hizmet kesintileri ya da istenmeden yapılan eylemler –örneğin, işlem sırasında yapılan “tom-bul parmak” hataları– gibi beklenmedik sorunlar ve anlaşmazlıklar yaşanması durumunda başvurulacak merci mekanizmaları.¹⁰¹
- Blok zinciri tabanlı yeni altyapının hizmete sunulması etkili yönetim mekanizmaları gerektirecektir. Finansal, reel ekonomiy-le ilgili ve insani amaçlara yönelik uygulamalar teknolojinin yaşama geçirilmesine ilişkin farklı kaygıları gündeme getirecektir. Veri altyapısının değiştirilmesi, düzenleyicilerin blok zincirinin uygulamaya geçirilmesinin mevcut riskleri nasıl etkileyeceğini dikkate almalarını gerektirecektir; ayrıca sistem içindeki blok zinciri düzenlemesinin istenmeyen sonuçları üzerinde de düşünmeleri gerekecektir.
- Çeşitli blok zinciri teknolojileri ya da uygulamaları arasındaki teknik ve verisel karşılıklı işlerliği kolaylaştırmak için henüz herhangi bir standart bulunmuyor. Eğer bu durum düzeltilmezse blok zincirinin veri silolarının yerini alma ve etkili işletim vaadini yerine getirememesi riski devam eder.

- Fiziksel dünyadaki uygulamalar konusunda ise bu teknolojinin kullanıcıların hizmetine sunulduğu noktadaki mevcut sorunlar ürün ve hizmetlerin doğrulanabilmesine yönelik etkili çözümler gerektiriyor. Bu sorunlar yetkisiz tüccarlara ve suiistimale zemin hazırlıyor ve bu da blok zincirinin tedarik zinciri doğrulaması için kullanılma amacını etkisiz hale getiriyor. Yerel destekleri olan ve düzenleyicilerle çalışan sektör liderleri bu benzersiz ve bağlamsal sorunlara çözümler bulunmasına yardımcı olabilir.
- Ulusal düzeydeki veri düzenlemeleri blok zinciri sürecinin bir parçası olarak gerekli olan veri aktarımıyla çatışabilir. Bu veriler ödemelerle ilgili olabilir ya da finansal olmayan veriler –örneğin şirketle ilgili enformasyon– olabilir ya da kısıtlı kişisel enformasyon –örneğin sağlık bakımıyla ilgili veriler– olabilir. Blok zincirinin benzersiz merkezsizleştirici doğası düşünülürse, bu alanları belirlemek ve uygun çözümler bulmak için çalışmak zorlu bir görev olacaktır.

Beş kilit fikir

1. Blok zinciri teknolojisi dijital kayıt ve enformasyonun çoklu kopyaları olmayacak şekilde güvenle paylaşılmasına olanak veren dijital nesne ya da enformasyonun değerini koruyan bir tür dağıtık dijital hesap defteridir.
2. Blok zinciri teknolojisi merkezsizleştirici bir güçtür çünkü sistemi sürdürmekten sorumlu bir merkezi otorite yoktur. Bunun yerine, işbirliği isteyen özendirici etkenler, çeşitli tarafların iyi niyetle hareket edip sistemin hack'lenmesini matematiksel olarak olanaksız hale getirmesini gerektirir.
3. Blok zinciri teknolojisi dijital para birimlerinin yaratılmasına ve fiziksel nesnelerin şifreleme ve dijital tanımlayıcılarla izlenmesine yarar. Ayrıca sanal ve fiziksel nesnelerin kaynağının doğrulanmasının gerektiği diğer alanlarda da

yararlıdır. Bu varlıkların doğrulanabilirliği dijital aygıt, hizmet ve uygulamaların kullanıcıları olarak bize verilerle ilişkimizde tamamen yeni bir yol sunar.

4. Blok zinciri teknolojileri, geleneksel olarak ekonomik ödüllerden dışlanmış olanlara, yani aksi halde büyük iş süreçlerine girmek için konsorsiyumlar yaratmak zorunda kalacak olan küçük gruplara ya da bireylere de ekonomik yararların dağıtılmasına yardımcı olabilir.
5. Yasal belirsizlikler, blok zinciriyle ilgili altyapı, standartların olmaması, fiziksel ürünler için hizmete sunum aşamasındaki sorunlar ve ulusal ve uluslararası veri düzenlemeleri konuları üzerinde durulması gereken bazı güçlükler arasındadır. Örneğin, dijital para birimleri hâlâ erken evrelerini yaşıyor ve çevresel etkileri, suç örgütleri tarafından kullanılmaları ve genel uyumsuzlukların çözümü gibi çözüme kavuşturulmamış dışsallıklar var.

Nesnelerin İnterneti

Önümüzdeki on yılda dünya çapında 80 milyar bağlı aygıt, insanlarla ve birbirleriyle sürekli iletişim halinde olacak. Bu geniş etkileşim, analiz ve çıktı ağı, nesnelerin üretilme biçimini yeniden şekillendirecek, gereksinimlerimizi tahmin edecek ve dünya üzerine yeni bakış açıları sunacak. Aynı zamanda dağıtık sistemler veri ve değer yaratma, ölçme ve paylaşırma yöntemlerimize meydan okuyacak. Sensörlerin her yere yayılması sayesinde dünya diğer yönlerden de değişecek. Örneğin, süpermarketlerde artık ödeme yapmak için kasa bölümleri olmayacak ve fast-food restoranları on yıl önceki personel sayısının yarısından daha azıyla çalışacak. İş modelleri operasyonlarını en iyi hale getirmek ve bir “çekme ekonomisi” (pull economy) yaratmak için nesnelerin internetinden yararlandıkça çevremizdeki dünya bizim davranış modellerimizi analiz ederek sürekli olarak gereksinimlerimizi tahmin edecek. Bu gelecekte, verilerimizin değerinin daha çok bilincinde olacağız ve dijital güvenliğimizle daha çok ilgileneceğiz; veri akışları çok yoğun olacak ve siber güvenlik tehditleri her günkü manşetlerin bir parçası olacak.

Ancak iyi şeyler için de çok potansiyel var. Nesnelerin interneti daha şimdiden gelişmekte olan ülkelerdeki su seviyelerinin izlenmesine yardımcı oluyor ve uyduların kapsama alanı sayesinde uzak bölgelerde

Dünya Ekonomik Forumundan Derek O'Halloran'ın işbirliğiyle yazılmıştır.

tıbbi teknolojilerin canlandırılmasına destek olabiliyor. Sensörler, kameralar, yapay zekâ ve yüz tanıma yazılımlarının bir araya gelmesiyle asayiş suçlarının azalma olasılığı var. Ekonomik üretim nesnelerin interneti tarafından merkezi olmaktan çıkarılıp demokratikleştirilerek dünyanın her tarafında birçok insana yeni ve yaratıcı fırsatlar sundukça teknolojik sistemlere güven artabilir. Bununla birlikte, nesnelerin interneti, toplum ve endüstriye beklenmeyen değeri sağlamak için; güvenlik protokollerinin olmayışıyla, bant genişliği sınırlamalarıyla, kültürel kabul engelleriyle, verilerin değerinin ve işbirliğine dayalı fırsatların nasıl analiz edileceği üzerinde uzlaşmanın olmayışıyla başa çıkmak zorundadır. Bu bir oldubitti meselesi olmaktan uzaktır. Yatırımların getiri sağlaması için kolektif bir çaba ve işbirliğine dayalı bir yönetim gerektirecektir.

Dünyayı kuşatmak

Nesnelerin interneti (IoT) Dördüncü Sanayi Devriminin temel alt-yapı ögesidir. Veri toplayan ve bu verileri ihtiyaca göre işleyen ve dönüştüren bir dizi akıllı ve bağlantılı sensörlerden oluşur. Daha sonra bu veriler sistemin ya da kullanıcının hedeflerini gerçekleştirmek için diğer aygıtlara ya da bireylere iletilir. Londra merkezli bir pazar analitiği şirketi olan IHS, 2015'te 15,4 milyar olan IoT aygıtlarının sayısının 2025'te tahminen 75,4 milyara çıkacağını öngörüyor.¹⁰² Bu beş katlık artış yaşamın her bölümünde daha derin bir bağlanabilirlik yaratacak, küresel ekonomileri yeni yollarla birbirine bağlayacak ve muhtemelen filizlenmeye başlayan makineden-makineye ekonomiyi de kapsayacaktır.

Etkileri geniş kapsamlı olacak ve mevcut hizmet ve üretim sektörlerini 1995 ile 2015 arasında medya sektörünün yaşadığı türden bir devrime sürükleyecektir. Yargı yetkisi ilkeleri ve karmaşık veri trafiği yasaları nihai amacın muazzam miktarda değer ortaya çıkaracağı şekilde ele alınmalıdır; bu öncelikle işletme verimliliğinin kestirme

bir çözüm olduğunun anlaşıldığı ve daha iyi varlık kullanımının ve verimlilik potansiyelinin önemli olduğu fabrikalarda ve imalat sektöründe sağlanmalıdır. Bu değişimlerin değerinin dünya ekonomisinin yaklaşık yüzde 11'ini temsil ettiği hesaplanmıştır.¹⁰³ Dünya Ekonomik Forumu ve Accenture tarafından yapılan bir çalışmaya göre, bu değer in çoğu endüstriyel uygulamalarda üretilecek ve hem işle ilgili hem de sosyoekonomik etkiler konusunda tüketici tarafını gölgede bırakacaktır; 2030'a dek küresel ekonomiye 14 trilyon dolar kadar bir katkı sağlayabilir ve aynı zamanda BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (Şekil 11) on ikisini destekleyebilir.¹⁰⁴

Nesnelerin internetinin üç temel olanağı sayesinde bu değer in elde edilmesi mümkün. Birincisi, nesnelerin interneti birçok verinin akıllı analitikle birleştirilmesine olanak verir ve böylece daha geniş bir çevredeki olayları yansıtan yeni bağlamsal veri kaynakları elde edilebilir. Nesnelerin interneti aygıt performansına ilişkin veriler de sağlar ve bu da şirketlerin ve bireylerin varlıkların nasıl çalıştığı ve nerelerde değeri artırma fırsatları olduğu konusunda tahminler yapmalarına yardımcı olur. Nesnelerin interneti kullanıcı etkisiyle ilgili veriler de sağlayacaktır. Bu da insanların nasıl, ne zaman ve niçin eyleme geçtiğini ve bunun etkilerini gösterecektir. Bu güçlü olanak bilgilerimizi yeniden şekillendirecek ve karar alma biçimimize öncelikler kazandıracaktır.

İkinci temel olanak, etkililik ve verimliliği artıracak biçimlerde iletişim ve koordinasyon içinde olan bu aygıtlardan kaynaklanıyor. Hem uçtan uca otomasyon hem de insan makine işbirliğinin yeni biçimleri rutin görevleri kolaylaştıracak ve bireylerin yaratıcılıklarını ve sorun çözme becerilerini daha yüksek değerli konularda uygulamaya geçirme olanaklarını artıracaktır. İnsanlar ürün, hizmet ve fikirleri şekillendirmede daha kenar verileri dikkate almaya alıştıkça bu idari ve görev odaklı düşünce yapısından sıyrılma olanağı daha biresimli bakış açıları meydana getirebilir.

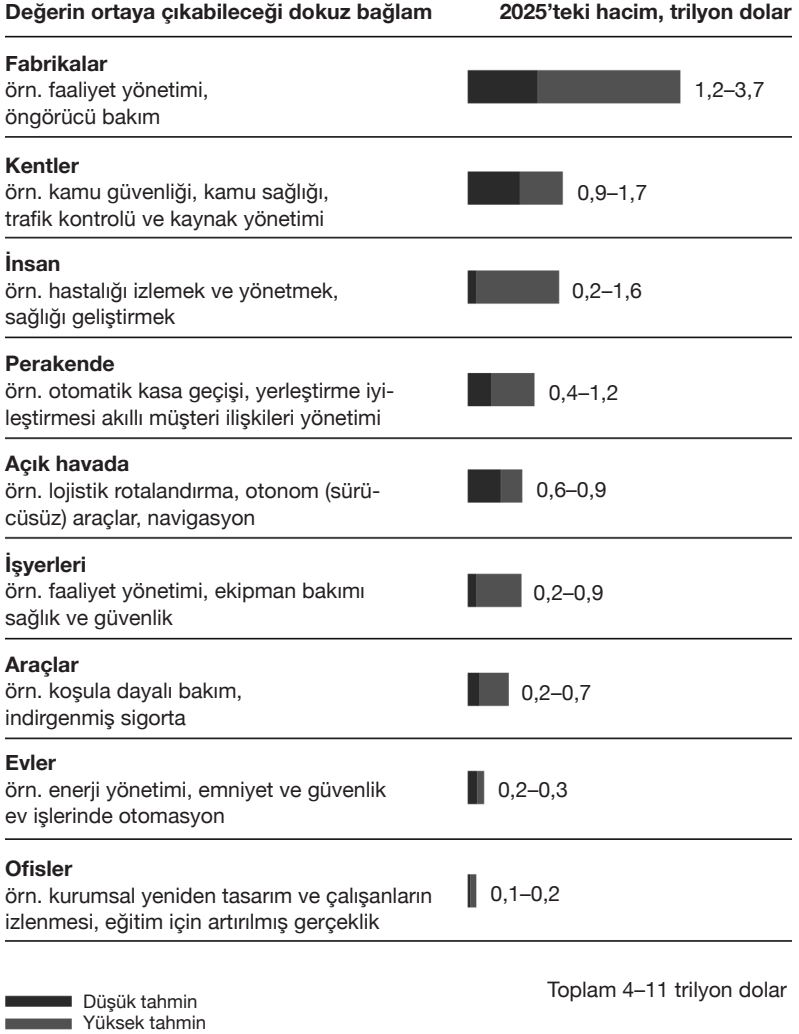
Üçüncü olanak ise vatandaşlara değer sunmak için yeni kanallar sağlayan akıllı interaktif nesnelerin yaratılmasıdır. Dağıtık bir

sensör ve aygıtlar ağı olarak, bulut yapay zekâsı, blok zinciri, eklemeli imalat, dronlar, enerji üretimi vb. gibi diğer dağıtık teknolojiler için sinerjik fırsatlar var. Bu yeni teknolojilerin yakınsamasıyla değer yaratımı ve değiş tokuşunun merkezileştirilmesi buna olanak veren altyapıyı taklit edecektir ve bu ekonomik yeniden biçimlendirmenin sonuçları muhtemelen hepimizi şaşırtacaktır. Bu nedenle nesnelerin interneti en sonunda mevcut kurumlara ve ürün, hizmet ve verilerin doğası hakkındaki düşüncelerimizi yansıtan kavramsal çerçevelere olduğu kadar bunların değerinin tanımı hakkındaki düşüncelerimize de iş için yararlı olacak biçimde meydan okuyacaktır.

Böylece bu üç olanak üretim, petrol ve gaz, tarım, madencilik, ulaşım ve sağlık dahil birçok sektörde iş modellerinin değişimine ve yapısal değişikliklere ivme kazandıracaktır. Dünya Ekonomik Forumu'nun *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services* (Endüstriyel Nesnelerin İnterneti: Bağlantılı Ürün ve Hizmetlerin Potansiyelini Serbest Bırakmak) adlı raporunda tartışıldığı gibi, bunun yolu şirketlerin işletme verimliliğini geliştirmesiyle başlar ve yeni ürün ve hizmetlerin yaratılmasıyla ilerleme gösterir. Bu da önce bir "çıktı ekonomisi"ne ardından da "otonom, çekme ekonomisi"ne götürür (Şekil 12).¹⁰⁵ Ayrıca bu süreç çevredeki sensörlere de uygulanabilir ve böylece proaktif bir kaynak yönetimi yaratmaya yardımcı olur. Örneğin, en uygun trafik yönlendirme ve enerji tüketimi için davranışları şekillendirmek amacıyla vatandaşlara gerçek zamanlı olarak gönderilen teşvikler aracılığıyla elektrik kullanımı ve emisyon gibi sistem genelindeki konular en uygun hale getirilebilir.

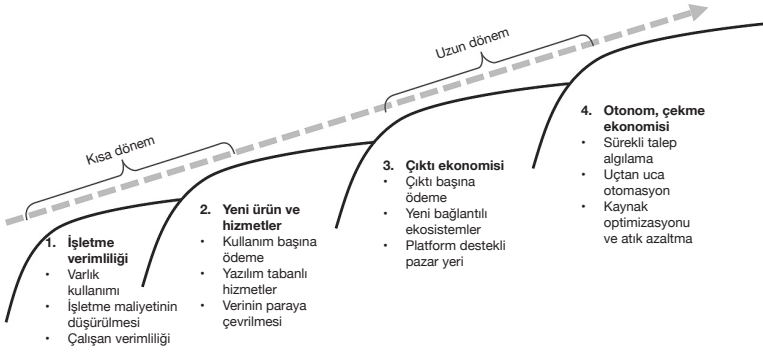
Nesnelerin internetinin yayılması dört farklı katmanın geliştirilmesini ve kullanıma geçirilmesini gerektirir: Birincisi eylemleri algılayan, ileten ve (bazı durumlarda) bir eylem yapan, örneğin bir nesneyi hareket ettiren ya da bir kapıyı açan aygıtlar; ikincisi bu aygıtları birbirine bağlayan iletişim altyapısı; üçüncüsü bu aygıtlar tarafından üretilen verileri toplayan ve dağıtan güvenli bir veri

Şekil 11: Nesnelerin İnterneti 2025'te Yıllık 4 ila 11 Trilyon Dolar Arasında Potansiyel Ekonomik Etki Sunacak



Kaynak: McKinsey Global Institute (2015)

Şekil 12: Endüstriyel İnternetin Benimsenme ve Etki Yolu



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu (2015)

yönetim sistemi; dördüncüsü ise bu sistemde toplanan verileri işleyip organizasyonun ve bireylerin gereksinimlerini karşılamak için hizmet paketleri sunan uygulamalar.

Veri yönetimi ve uygulama katmanları çoğu zaman gözden kaçırılır. Oysa bunlar kritik önemdedir, çünkü değer akışları nesneler birbiriyle bağlantılı hale getirildiğinde değil daha çok veriler değerli girdilere ya da uygulanabilir içgörülere dönüştürüldüğünde gerçekleşir. McKinsey tarafından yapılan bir analiz ortalama bir petrol platformunda 30.000 sensör olduğunu ama verilerin sadece yüzde 1'inin analiz edilerek kullanıldığını gösteriyor.¹⁰⁶ Aynı şekilde diğer pek çok sektör de veri bolluğu ve bunları inceleyecek yaratıcı mekanizma kıtlığı sorunu yaşıyor. Bu kadar çok veri konusunda deneyimsiz olan birçok şirket ne araması ve hatta önceki ölçütlerin doğrusal genişlemesinin ötesinde hangi soruları sorması gerektiğini anlamakta güçlük çekiyor.

Dördüncü Sanayi Devriminde yeni, ağ oluşturmuş aygıtlar, kimlikler ve sunumdaki ürün ve hizmetlerle şirketler ve tüketiciler birbirlerine veri kullanımının karşılığını vermenin yeni yollarını öğrenmek zorunda kalabilirler; işlemler ve işbirlikleri aracılığıyla değerlerin bileşenlerini çözöştürmeyi de öğrenmeleri gerekebilir.

Böyle bir yeni düzenlemede, uzlaşmalar zor olacak bile olsa tüketiciler ortaklar haline gelebilir. Yasal zorluklar çıkacağı kesin; tüketicilerin savunulmasından ve bu son derece bağlantılı gelecekte gizliliğe yer bırakılmasından ise toplumsal paydaşlar sorumlu olacaktır. Eğer araç mesajı o zaman tıpkı dünya çapındaki ağ (www) gibi, nesnelerin interneti de iş dünyasının çok ötesine geçecek sarsıntıların habercisidir.

Evrin Değil Devrim: Nesnelerin İnternetinin Vaat, Zorluk ve Fırsatı

Hazırlayan: Richard Soley, Başkan ve CEO, Object Management Group, ABD

Son kırk yıl içindeki teknoloji değişimleri hakkında yazılar yazarken kaç defa “devrim değil evrim” dediğimi sayamıyorum. Uzman sistemler, dağıtık bilişim, nesne teknolojisi, grafik modelleme, semantik modelleme –bunların tümü zorluklar içeriyordu ama daha da önemlisi fırsatlar sunuyordu. Ancak “eski” bilişim modelleri değişmiyordu –mimariler daha çok aynı kalıyordu, yazılım gelişmeleri tedriciydi ve toplam sonuç yatırım yapılmaya değer olsa da yüzde onlarla ölçülüyordu. Devrim değil evrim.

Bu kez durum farklı. Nesnelerin internetine geçişin bileşenleri özellikle yeni olmayabilir ama sonuçlar hem nitel hem de nicel açıdan ayırt edici bir şekilde farklı. Nesnelerin interneti temel olarak binlerce ya da milyonlarca sensör veri noktasının bir araya toplandığı, bu verilerin gerçek zamanlı olarak bütünleştirilerek kestirimci analizlerinin yapıldığı ve iki seçenekten biri olarak ya karar vericilere karar desteğinin verildiği ya da gerçek dünyadaki uygulayıcıların doğrudan kontrol edildiği bir uygulamadır. Dünya çapındaki internet aracılığıyla her yerde iletişimin var olduğu mevcut durumda,

(yine internet ve bulut bilişim aracılığıyla) dikkate değer, pahalı olmayan bilgi işlem gücü ve depolama olanağıyla devasa miktardaki (“büyük veri” denilen) verinin gerçek zamanlı analizinde kaydedilen ilerlemelerin birleşmesi sayesinde imkânsız mümkün hale geliyor –ve devrim gerçekleşiyor.

Nesnelerin interneti devrimiyle ilgili tartışmaların neredeyse hepsinin buzdolapları ve elektrik ampulleri –tüketici teknolojisi– çevresinde dönmesi talihsizliktir. Bu değişimler gerçekleşecek (ve internet üzerindeki güven, gizlilik ve güvenlik yoksunluğu hiç olmadığı kadar dikkat çekecek) olsa da daha büyük olan fırsat –yani yüz yıl önce endüstrinin elektrikle kavuşmasının etkisine eşdeğer bir devrim olan endüstrinin “internetlendirilmesi”– göz ardı ediliyor. Elektriklendirme gibi nesnelerin internetinin endüstriye uygulanması da sadece imalat ve üretimle sınırlı kalmayacaktır; (ilk olarak oralarda görülmesine karşın) nesnelerin internetinin nasıl bütün büyük sektörleri etkileyeceğini görmek zor değil: Sağlık; finansal sistemler; ulaşım; enerji üretim, iletim ve dağıtımı; tarım; akıllı şehir hizmetleri; bu listenin sonu yok. Pek çok sunumda yapıldığı gibi internete bağlanacak aygıtların sayısına odaklanmak yerine bu bağlanan aygıtlarla neler yapılacağını anlamak çok daha değerli.

Özellikle, keşfedilecek tamamen yeni iş modelleri var:

- En belirgin olanı çoğu zaman “çıktı ekonomisi” olarak adlandırılan modeldir; çıktıları elde etmek için makinelerin satın alınmasından çok saatle, metreyle ya da litreyle çıktıların satın alınmasına geçiştir. Havayolları onlarca yıl önce uçaklara sahip olmaktan kiralama uygulamasına geçti; şimdi jet motorları kiralamaya da başlıyorlar ve böylece o devasa ama narin makine parçalarının bakımını da onları en iyi tanıyanlara –yani üreticilere– bırakıyorlar. Havayolları motorlar konusunda daha yüksek bir

verimlilik ve görev güvenilirliği elde ediyor; jet motoru üreticileri ise yeni bir hizmet geliri akışına kavuşuyor. Üreticiler ekipmanla bağlantılarını sürdürerek (ve yığınlarca performans verisi akışı ve başka yerlerdeki aynı türden motorlarla ilgili verileri elde ederek) aynı anda hem daha iyi hizmet hem de daha yüksek verimlilik ve daha düşük fiyatlar sunabilirler. Daha iyi, daha hızlı, daha ucuz –bu kez üçünü birden seçin.

- Önceden bağlantısı olmayan veri akışları bağlantılı hale gelince en tuhaf yerlerde tamamen yeni ve beklenmedik fırsatlar keşfedilir. Bir taşra ilinin ambulans yönetim sisteminde sürücülerin ekipmanı kullanmasıyla ilgili bir model keşfedildi. Bu modelle gidiş geliş rotalarının en iyi hale getirilmesi mümkün oldu. Böylece hem ambulans hizmetlerine erişim ve hastaneye varış süresi en aza indiriliyor hem de acil durum çağrıları arasında kendilerine daha fazla boş zaman kalması sürücülerini memnun ediyordu. Hatta belki hayatlar da kurtarılmış olabilir. Ama ambulansların konum verileri ile acil durum çağrı verileri ve kahvehanelerin coğrafi verileri bağlantılı hale getirilene dek kimse bu fırsatı görememişti. Her yerde sürprizler var.

Bu dünyada kazananlar şunlar olacaktır:

- Veri toplama, veri analiz ve veri yönetimindeki zorlukların üstesinden gelmek için erken davrananlar. Nesnelerin internetiyle ilgili, gördüğümüz her gerçek projede ya da test yatağında, öngörülemeyen, beklenmedik olumlu sonuçlar ortaya çıkmıştır.
- Beklenmedik ilişkiler ya da fırsatlar bulmak için görünüşte ilgisiz veri akışlarını gerçek zamanlı olarak birbirine bağlayanlar. Bilişim gücü yüksek ve ucuz olunca girdi maliyeti düşüktür; fırsatlara bakmak karşılıksız kalmaz.

- En önemlisi, sektörlerinin altüst olmak üzere olduğunu fark edip –potansiyel olarak felaket anlamına gelecek şekilde– yıkılmak yerine bu yıkımda rol almak isteyenler. Daha şimdiden toplumsal değişim elverdiği ölçüde ulaşım ve üretimin epey altüst olduğunu görüyoruz.

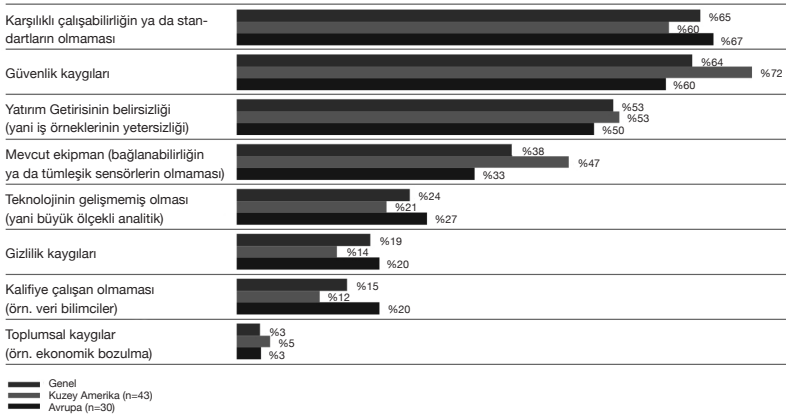
Bu yeni, devrimci dünyada kaybedenler ise seyirci kalan ve yıkımı bekleyenler, yeni iş modellerinin ortaya çıktığını göremeyen ve gelişmelere aldırış etmeyenler olacaktır. Bu kez büyük değişimler bilişim ve iletişim teknolojileri (ICT) dünyasında değil –ICT’ye dayalı olan sektörlerde gerçekleşiyor. Ve bugün her sektör ICT’ye dayalı.

Zorluklar, riskler ve tehlikeler

Nesnelerin internetinin (IoT) sunduğu vaatleri yerine getirebilmesi için çeşitli zorlukların üstesinden gelinmesi gerekiyor. Endüstriyel IoT’nin şirketler tarafından benimsenmesinin önünde durduğu saptanan en yaygın engeller, birlikte çalışabilirliğin olmaması (ya da olmama olasılığı) anlamına gelen standartsızlık ve güvenlik kaygılarıdır (Şekil 13). Standartlar ve protokoller belirlemek için dünya çapında web konsorsiyumu gibi bir şey olmazsa nesnelerin internetinin potansiyeli tehdit altında demektir. Aynı ölçüde zorlu olmasına karşın daha az belirgin olan engeller ise şirketlerin veri analitiği çevresinde yaratılan yeni iş modellerini ve bağlantılı varlıklara ilişkin hizmetleri nasıl yöneteceğiyle ilgilidir.

IoT sistemleriyle ilgili bazı riskler sadece sistemleri kullanan şirketleri değil aynı zamanda kullanıcıları ve halkı da etkiler. Örneğin, bireyler ve şirketler, önemli becerilerin yitirilmesine yol açacak şekilde ve yine bağlanabilirlik ve elektrik hizmetlerinin tam olarak yerine getirilmediği durumlarda yeni kırılگانlıklar yaratacak şekilde nesnelerin internetine bağımlı hale gelirse bir risk meydana gelir.

Şekil 13: Endüstriyel İnternetin Benimsenmesinin Önündeki Önemli Engeller



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu (2015)

Karmaşık ve birbirine sıkı sıkıya bağlı sistemler “normal kazalar” geçirmeye daha yatkın olur.¹⁰⁷

Siber güvenlik göze çarpan bir risktir. Hack’lenme riskleri hem şirketler için hem de aygıt ve ağlar arasındaki veri trafiğine bağlanan paydaşlar için geçerlidir. Dünya Ekonomik Forumu Endüstriyel İnternet Araştırmasına göre, iş dünyasından katılımcıların yüzde 76’sı, kullandıkları IoT sistemlerine bu tür saldırılar yapılma olasılığının “çok ya da son derece yüksek” olduğuna inanıyor.¹⁰⁸ Belki daha da kaygı verici olanı, nesnelerin internetinin sadece siber saldırılar için bir hedef olmakla kalmayıp aynı zamanda böyle saldırılar yapmak için kullanılabilecek olmasıdır. En büyük siber saldırılardan bazılarının 2016’da meydana geldiği ve hack’lenen IoT aygıtlarıyla bağlantılı olduğu, örneğin trafiği felce uğratılmış internet sitelerine gönderen güvenlik kameraları ve diğer monitörlerle ilgili olduğu kayıtlara geçti.¹⁰⁹

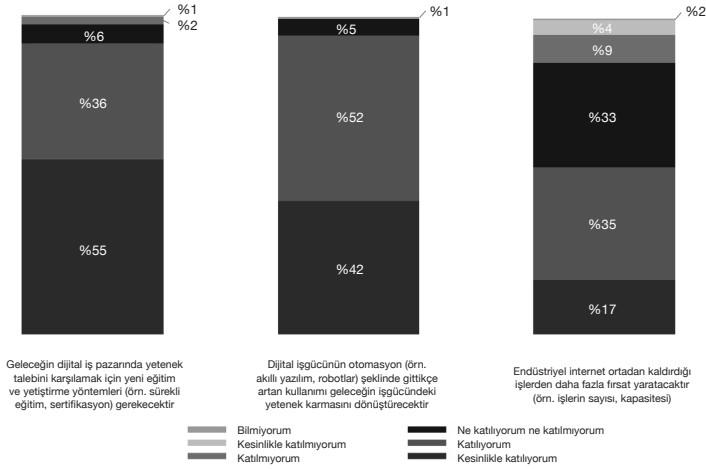
Bu nedenle nesnelerin internetindeki siber güvenlik sorunu birkaç riskin birden yönetilmesini gerektirir. Örneğin, güvensiz

aygıtların üçüncü taraflara saldırmak için kullanılmasını önlemek; bireylerin ya da sistemlerin tehdit, hırsızlık ya da fidye amacıyla IoT aygıtlarını ya da sistemlerini kontrol altına almasını önlemek; temel özel ve genel hizmetlerin kararlı olmasını sağlamak. Güvenlik sorunları veri güvenliği ve sınır aşırı veri iletişimi hakkındaki kaygılarla da bağlantılıdır. Bu ihtiyaç yargı alanlarında politika belirleyicilerin tüketicilerin korunması ile şirketlerin desteklenmesi arasında bir denge bulmaları gerekiyor. Eğer nesnelerin internetinin potansiyelinin tam spektrumu küresel veri akışları tarafından yaratılacaksa veri paylaşım ve depolama prosedür ve protokolleri önemli bir konu haline gelecektir.

Blok zinciri gibi güvenli dağıtık hesap defterlerinin yükselişi kadar IoT mimarisindeki inovasyonlar da yeni yollarla bu dengeyi bulma fırsatlarını teşvik ediyor. Örneğin, bir Verizon şirketi olan Sensity Systems hem güvenlik hem de gizlilik kaygılarını yönetmek için akıllı şehir güvenlik sistemleri tasarlamak için Genetec ile işbirliği yaptı. Tasarımladıkları IoT aygıtları veri işlemeyi ağın “eşiğinde” yaparak bunu başardı. Yani bir orta yol bulundu. Aygıt tarafındaki algoritmalar video beslemesinde bir tehdit algılandığına karar vermedikçe hassas video verileri aygıt üzerinde kalıyor. Aksi halde, videonun güvenlik birimlerine gönderilmesi için yetki veriliyor. Bu tür bir orta yolla bir yandan çok çeşitli verinin merkezi olarak saklanması kaynaklanacak kırılganlık ortadan kaldırılırken diğer yandan bant genişliği ihtiyacı düşürülüyor.

Yapay zekâ, robotbilim ve blok zinciri gibi diğer yükselen teknolojiler konusunda ise bunların istihdam ve beceriler üzerindeki sosyal etkisiyle ilgili önemli bir kaygı söz konusu. Özellikle nesnelerin internetinin yıkıcılık potansiyeli organizasyon ve sektörlerde dönüşüme yol açacaktır. Nesnelerin interneti yapay zekâ ve robotbilimle birleşince muhtemelen rutin, manuel işlere talebi azaltabileceği gibi çalışanlar üzerindeki denetimi de artırabilir (Şekil 14). Bununla birlikte, bu düşüş, programlama, tasarım ve bakım gibi yaratıcılık ve sorun çözme becerilerine talebi artırabilir. Nesnelerin interneti

Şekil 14: Endüstriyel İnternetin İşgücüne Etkisi



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu (2015)

hakkındaki toplumsal ve etikle ilgili tartışmalar, güçlendirici ve tümleşik bir dijital-insani işgücü üzerine odaklanmalı ve değer, birinin diğerinin yerini alması yoluyla değil işgücünün zenginleştirilmesi yoluyla elde edilmelidir. İlginç bir şekilde bu teknolojilerin her biri tek başına istihdamı azaltabilir ama birleştirildikleri zaman bireyler için yeni ve kazançlı fırsatlar yaratabilir. Gelecek hakikati ortaya çıkaracaktır.

Nesnelerin interneti bizi yaşamlarımızda aracılık eden dijital altyapı, ürünler ve iletişimlerle birlikte yaşayacağımız bir hayatın derinliklerine ulaştıracaktır. Fiziksel çevreyi tamamen kuşatacak ve toplumsal etkileşimlerin derin yarıklarında kendi yolunu bulacağı gibi paydaş gruplar arasındaki ilişkileri de etkileyecektir. Vazgeçilmez hale gelecek ve böylece bugünkü mobil teknolojiler gibi, paydaş grupların her biriyle ilgili talepler yaratacaktır. Bu taleplerden bazıları:

- Nesnelerin internetinin kullanıldığı birçok iş senaryosunda, verilerin çoklu kullanım alanı olur, yani çeşitli bağlamlarda birçok tarafa değer sunabilir. Verilere kimin sahip olduğu, kullanımından kimin kazanç sağlayacağı ve uygun bir şekilde nasıl değerlendirilebileceği gibi bağlamsal soruların hepsinin ilgili iş modellerine bağlı olarak bir şekilde çözüme kavuşturulması gerekecek.
- Nesnelerin internetiyle ilgili bazı senaryolarda veri kullanımının potansiyel sonuçları çevresel ve toplumsal yarar için değerli olabilir. Örneğin, atığın ve enerji kullanımının azaltılması gibi. Bununla birlikte, bazı senaryolarda toplum için en uygun yararlar şirketler için en büyük yararlaraya denk düşmez. Politika belirleyiciler ve toplumsal paydaşlar, üretkenliğin en büyük ya da en önemli sonuç olmadığı alanlarda altyapı ve makineden makineye iletişimden yararlanmaya ne kadar değer verdiğimiz üzerinde düşünmek zorundadır.
- Şirketlerin, meydana gelen çatışmayı azaltmak için işbirliğine dayalı fırsatlara (örneğin, sigorta primlerini belirlemek için mobil uygulamaların verilerinin kullanılmasına) nasıl yaklaşacaklarını öğrenmeleri ve işlerin olurluk durumuna açıklık getirmeleri gerekecek. Bu yolla, veri paylaşımı aracılığıyla dağıtık bir sistemde yaratılan değer, yaratılan ve gerekli aktörlere paylaştırılan değerın parçalara ayrılmasını gerektirecektir. Adil sonuçlar elde edilmesine yönelik çerçeveler ve örnek uygulamalar toplumsal paydaşları da içeren bir konu olmalıdır.
- Teknoloji, özellikle de internet, toplumsal yaşamı, ekonomik fırsatları, ücretleri, bilgiye erişimi, iletişimi ve daha birçok şeyi derinden etkiledi. Teknolojikleşmiş yaşam sosyal ağlar çağında iyice hız kazandı. Böyle bir yaşamın daha güçlendirilmiş teknolojik baskılarla daha da talepkâr hale geleceği yönünde bazı kaygılar var. Paydaşlar, büyük olasılıkla, internet kullanıcılarından gelen benzer sorularla karşılaşacaktır; kamu yararına mı olmalı, kimin erişim olanağı var ve adil uygulamalar nasıl yaratılacak gibi sorulara yanıt bulunması gerekiyor.

- Nesnelerin interneti dünya ekonomisinin önemli bir kısmında dalgalanma yaratabilir, tıpkı internetin medya, eğlence ve seyahat sektörlerinde yaptığı gibi. Politika belirleyiciler ve şirketler bu yan etkileri yönetmek için stratejilere ihtiyaç duyacaktır. Daha önceki endüstri geçişlerindeki en iyi uygulamalardan dersler çıkarmak endüstri ve hükümet paydaşlarının işbirliği yapmalarını gerektirecektir.

Beş kilit fikir

1. Nesnelerin interneti (IoT) birçok kullanım amacına yönelik olarak internet aracılığıyla veri toplayan ve ileten bir dizi akıllı ve bağlantılı sensörlerden oluşuyor. IoT insan ve makine etkileşimini artıracak ve makineden makineye veri ekonomisi insandan insana olandan çok daha büyük hale gelecek. Önümüzdeki on yıl içinde nesnelerin internetine on milyarlarca aygıt eklenecek ve bunların etkileşimi endüstriyel uygulamalar aracılığıyla 2030'a kadar küresel ekonomiye 14 trilyon dolara varan bir katkı sağlayabilecek.
2. Sensör ve aygıtların dağıtımı, sınırları aşan veri sorunları ortaya çıkacağı anlamına geliyor, örneğin gizlilik, sahiplik, erişilebilirlik ve daha birçok. Küresel IoT veri akışlarıyla ilgili politika ve düzenlemeler Dördüncü Sanayi Devriminin büyük bir sorunu olacaktır.
3. Nesnelerin interneti sadece internete bağlanmış akıllı aletler ve onların sunduğu hizmetlerden ibaret değildir. IoT gelişmesinin gerçek değeri veri toplama, veri analizi ve veri yönetiminde yatmaktadır; bunlar beklenmedik ilişkiler ve fırsatlar bulunmasına ve yıkıcı trendlerin ortaya çıkmasına olanak verir.
4. Neredeyse gerçek zamanlı veriler ileten sensörlerin kullanımı tüketici ve vatandaş davranışlarına yönelik teşvikler

ve optimizasyon sayesinde olumlu sonuç spiralleri olan bir çekme ekonomisi yaratılmasına yardımcı olur. Dolayısıyla IoT etkili enerji kullanımı, trafik sistemleri küresel emisyonlar gibi sistemik sorunlarla ilgilenme konusunda yararlı olabilir.

5. Nesnelerin internetiyle ilgili önemli bir kaygı istihdam ve beceriler üzerindeki toplumsal etkidir, çünkü nesnelerin interneti yapay zekâ ve robotbilimle birleşerek rutin ya da manuel işgücüne duyulan gereksinimi azaltacaktır. Bununla birlikte, IoT sistemlerinden kaynaklanan önemli riskler arasında, genellikle, güvenli olmayan aygıtlardan kaynaklanan siber güvenlik riskleri, standartların olmayışı ve sınır aşırı veri kaygıları olduğu düşünülüyor.

Veri Etiği Üzerine Vurgu

Veri, algoritmalar, bunların bilimleri, teknolojiler, kullanım ve uygulamalar çevremizi olduğu kadar özel ve toplumsal yaşamı geliştirmek için de çok büyük olanaklar sağlıyor. Ne yazık ki bu tür fırsatlar önemli etik zorlukları da beraberinde getiriyor. Üç öge özellikle önemli: Büyük verinin yoğun bir şekilde kullanımı; görevleri yerine getirmek, tercihleri şekillendirmek ve kararlar almak için algoritmalara bağımlılığın artması ve birçok otomatik süreçte insan katılımının ve hatta gözetiminin gitgide azalması. Bunlar hep birlikte adil olmak, sorumluluk, eşitlik ve insan haklarına saygı vb. konularda baskı yapan sorunlar ortaya çıkıyor. Bu etik güçlüklerle başarılı bir şekilde ilgilenilebilir. Bir yandan insan haklarına ve açık, çoğulcu ve hoşgörülü bilgi toplumlarını destekleyen değerlere saygı duyulmasını sağlarken diğer yandan da dijital çözümler geliştirilmesini ve bunların uygulanmasını desteklemeye olanak veren bu büyük fırsattan yararlanabiliriz ve yararlanmalıyız.

Sağlıklı ve adil bir denge kurmak kolay ya da basit olmayacaktır. Ama bunun alternatifi, yani enformasyon ortamımızın bilim ve teknolojisinin etiğini geliştirmeyi başaramamak, üzücü sonuçlar doğuracaktır. Bir yandan, etik sorunları görmezden gelmek, örneğin İngiltere ulusal sağlık hizmeti verileri programında karşılaşılan

başarısızlıkta olduğu gibi, olumsuz bir etki yaratabilir ve toplumsal kabul görmeyebilir. Diğer yandan, bireysel hakların ve etik değerlerin korunması konusunda yanlış bağlamlarda aşırı vurgu yapılması çok katı düzenlemelere yol açabilir. Bu da dijital çözümlerin toplumsal ve insani yararlarından faydalanma olasılıklarını zayıflatabilir. Avrupa Parlamentosunun Sivil Özgürlükler, Adalet ve İçişleri Komitesinin (LIBE), ilk başta Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü için teklif edilen değişiklikler somut bir örnek sunuyor. Her iki aşırılıktan da kaçınmak için dört aşamalı bir tarifenin benimsenmesi tavsiye ediliyor: İnsan yaşamı ve gezegenimiz üzerinde küçük bir etkisi olan bir dijital proje için bile zorunlu temel özellikler olarak; teknik fizibilite, çevresel sürdürülebilirlik, toplumsal kabul edilebilirlik ve insani tercih edilebilirliğin dikkate alınması. Bu, risklerin en aza indirilebilmesini ve fırsatların kaçırılmamasını sağlar.

Bu dengeli yaklaşımı nasıl ortaya koyabiliriz? Son birkaç on yıl içinde anladık ki etik stratejilerimizin doğru odağını temsil eden, belirli bir teknoloji (bilgisayarlar, tabletler, mobil telefonlar, internet protokolleri, web uygulamaları, online platformlar, bulut bilişim vb.) değildir; tüm dijital teknolojilerin kullandığı veridir. Bu yüzden “internet etiği”, “roboetik” ya da “makine etiği” gibi etiketler, günümüze uygun düşmeyen bir biçimde “bilgisayar etiği” kavramının doğru bir bakış açısı sağlıyor gibi görüldüğü zamanlara dönerek konunun anlaşılmadığını gösterir. Herhangi bir dijital teknolojiyi düşünmeden önce, gizlilik, anonimlik, şeffaflık, güven ve sorumluluk gibi etik sorunlar, verinin toplanıp iyileştirilmesinden işlenip kullanılmasına dek tüm ömrünü ilgilendirir. Bu nedenle toplum tarafından kabul edilmeme riski ile aşırı katı düzenleme arasında bir yerde yürümek için ve toplumlarımıza, hepimize ve çevremize yarar sağlamak amacıyla veri ve algoritmaların etik değerini en üst düzeye çıkaran çözümlere ulaşmak için veri etiğine ihtiyacımız var.

Veri etiği, etiğin verilerle, algoritma vb. uygulamalarla ilgili ahlaki sorunları araştıran ve değerlendiren koludur. Hedefi, ahlaki açıdan iyi çözümler belirlemek ve bunları desteklemektir; bunun

için üç ayrı araştırma hattı geliştirir: Veri etiği, algoritma etiği ve uygulama etiği.

Veri etiği dar anlamıyla verilerin üretim, kaydedilme, iyileştirme, işleme, dağıtım, paylaşım ve kullanımına bakar. Büyük veri öbeklerinin toplanması, analizi ve uygulamasından kaynaklanan ahlaki sorunlarla ilgilenir. İlgilenilen konular, biyomedikal araştırmalarda ve sosyal bilimlerde büyük verinin kullanılmasından başlayıp ayırtılma (profil çıkarma), reklam ve veri yardımına ve hatta hükümet projelerindeki açık veriye kadar uzanır. Önemli kaygılardan biri, veri madenciliği, veri ilişkilendirme, veri birleştirme ve büyük veri gruplarının yeniden kullanılması aracılığıyla bireylerin olası yeniden kimliklendirilmesidir. Ayrıca “grup gizliliği” konusunda da ayrı bir risk vardır: Birey tiplerinin saptanması onların her birinin kimliksizleştirilmesinden bağımsız olarak ciddi etik sorunlara yol açabilir. Bu sorunlar grup ayrımcılığından (örneğin, yaş, etnik köken, cinsiyet ayrımcılığı) başlar ve grubu hedef alan şiddet türlerine dek uzanır. Güven ve şeffaflık da veri etiğinin önemli konuları arasındadır. Bu, veri bilimi ve veri teknolojisiyle bağlantılı yarar, fırsat, risk ve zorluklar konusunda toplumsal farkındalığın olmamasıyla bağlantılıdır.

Algoritma etiği yazılım, yapay zekâ, yapay varlıklar, makine öğrenmesi ve robotlar üzerine odaklanır. Geniş anlamıyla algoritmaların artan karmaşıklık ve otonomluğundan kaynaklanan sorunları ele alır. Algoritmalar yapay zekâ ve internet robotları gibi akıllı varlıklar şeklindeki etik zorluklar yaratmaktadır. Bu özellikle makine öğrenmesi uygulamalarıyla ilgili durumlarda geçerlidir. Öngörülemeyen ve istenmeyen sonuçlar ve kaçırılan fırsatlar bakımından kullanıcı, tasarımcı ve veribilimcilerin ahlaki sorumluluğu ve hesap verebilirliği önemli konular arasındadır. Algoritmaların gereklerinin etik tasarımı ve denetlenmesi ve potansiyel (ayrımcılık ya da topluma zararlı içeriğin teşvik edilmesi gibi) istenmeyen sonuçların değerlendirilmesine yönelik araştırmaların artıyor olması hiç şaşırtıcı değil.

Son olarak, uygulama etiği sağduyulu inovasyon, programlama, hack'leme, mesleki ilkeler ve görev bilgisiyle ilgilenir. Veribilimciler dahil veri süreçleri, stratejileri ve politikalarından sorumlu insan ve organizasyonların sorumluluk ve yükümlülükleriyle ilgili baskı yapan sorunları ele alır. Amacı, sağduyulu inovasyon, geliştirme ve kullanım hakkındaki mesleki ilkeleri şekillendirmek için etik bir çerçeve belirlemektir. Bu, hem veri bilimi ve veri teknolojilerinin gelişimini hem de birey ve grupların haklarının korunmasını destekleyen etik uygulamalar sağlayabilir. Bu analiz hattının merkezinde üç konu vardır: Rıza, kullanıcı gizliliği ve ikincil kullanım.

Bu farklı araştırma hatları –veri, algoritma ve uygulama etiği– birbiriyle yakından ilişkilidir. Bunlar etik sorunların saptanıp betimlenebileceği üç boyutlu bir alanı tanımlayan kavramsal eksenler oluşturur. Örneğin, veri gizliliğine odaklanan analizler aynı zamanda rıza, algoritmaların denetlenmesi ve mesleki sorumluluklarla ilgili konulara da hitap edecektir. Aynı şekilde, algoritmaların etik denetimi de çoğu zaman bu algoritmaları tasarlayan, geliştiren, kullanan ve benimseyen kişilerin sorumluluklarının analiz edilmesini kapsar.

Soruna bağlı olarak öncelikler ve odaklanılan nokta değişebilse de veri etiği tüm kavramsal alana, dolayısıyla üç araştırma eksenine birden hitap etmelidir –ne de olsa sorunların çoğu tek bir eksen üzerinde değildir. Bu nedenle veri etiğinin en baştan itibaren bir makro etik olarak geliştirilmesi gerekiyor. Yani, dar, amaca özel yaklaşımlardan kaçınan ve bilgi devriminin yol açtığı farklı etik sonuçlar dizisine, tutarlı, bütünsel, kapsayıcı ve çoklu paydaşları içine alan bir çerçevede hitap eden kapsamlı bir etik alan “geometrisi” olarak geliştirilmesi gerekiyor.

Siber Riskler

On yıl önce, önalıcı bir şekilde siber riskleri tartışan bir yönetim kurulu bulmanız çok zor olurdu, tabii eğer organizasyonları kısa bir süre önce başarılı bir saldırının kurbanı olmadıysa. 2008'de Carnegie Mellon Üniversitesindeki Cylab tarafından yapılan bir araştırma, ABD'deki yönetim kurulu üyelerinin yüzde 77'sinin üst yönetimden gizlilik ve güvenlik riskleri hakkında nadiren rapor aldığı ya da hiç almadığını saptadı. Ve siber güvenlik kaynaklarını, rollerini ya da üst düzey politikalarını gözden geçirmek söz konusu olduğunda kurul üyelerinin yüzde 80'inden fazlası bunların nadiren tartışıldığını ya da hiç tartışılmadığını belirtti.¹¹⁰

Bununla birlikte, New York Menkul Kıymetler Borsası NYSE'nin 2015'te iki yüz yöneticiyle yaptığı bir ankete göre, şirketi hedef alan bir dizi önemli ihlalden sonra siber güvenlik konuları sıkı bir şekilde kurulların gündemlerinde yer alıyordu. Siber riskleri toplantıların çoğunda ya da tümünde ele aldıklarını ifade eden katılımcıların yüzde 80'i, ele alınan ilk üç konu arasında marka zararı, kurumsal casusluk ve ihlal maliyetlerinin yer aldığını bildiriyordu.¹¹¹

Hükümetler de dijital sistemlere yapılacak suçla ilgili ya da kötü amaçlı saldırılara karşı son derece duyarlı hale geldi. 2009-2011 arasında sekiz OECD ülkesi tarafından siber risklere yönelik özel hükümet politikaları geliştirildi. Bunun ardından OECD 2012'de siber

güvenlik politikasının “güçlü liderlik tarafından desteklenen bir ulusal politika önceliği” haline gelmekte olduğunu bildirdi.¹¹² Kritik ulusal altyapıların korunması ve yabancı aktörlerin demokratik süreçleri etkilemesinden korunma kapsamında artan kaygılar düşünüldüğünde hükümetlerin siber riskler hakkındaki farkındalığı şu anda daha da güçlü hale gelmiş durumda. Ayrıca kutuplaşmış siyasi ortamlar ve sivil toplum etkinlikleri çevresinde daha kısıtlayıcı bir düzenleme bağlamında sivil toplum örgütleri de siber saldırılara maruz kalma durumlarına gitgide daha fazla dikkat ediyor.

Ancak Dünya Ekonomik Forumunun bir araştırması gösteriyor ki siber risk farkındalığı artmış olmasına karşın pek çok organizasyon kendilerinin siber riskleri yönetecek araçlarla yeterince donatılmış olmaktan uzak olduklarını düşünüyor ve bu alandaki önde gelen uygulamalar “henüz standart yönetim kurulu yetkinliklerinin bir parçası haline gelmemiştir”.¹¹³

Farkındalık ile karşılık verme becerisi arasındaki bu boşluğu doldurmak –şirketler, hükümetler ve sivil toplum örgütleri için olduğu kadar bireyler için de– son derece önemli bir görev.

Siber riskler hızla artıyor, çünkü karşılıklı olarak bağlantılı üç eğilim dijital alanın kapsamını genişletiyor. Birincisi, dünya çapında internet kullanan insanların sayısı 2000’den bu yana neredeyse yüzde 1000 arttı.¹¹⁴ 2018-2020 arasında buna muhtemelen 300 milyon kullanıcı daha eklenecek.¹¹⁵ Belki daha önemli olan bir eğilim de internete bağlanan aygıtların sayısı: 2017’de tahminen 20 milyar telefon, bilgisayar, sensör vb. aygıt küresel dijital ağlara bağlıydı; IHS Markit 2020’ye dek 10 milyar aygıtın daha bağlanacağını öngörüyor. Üçüncü eğilim ise dijital sistemleri daha fazla insan kullanmaya başladıkça dijital olarak üretilen, işlenen ve iletilen veri miktarının katlanarak artması. (Piyasa istihbaratı firması IDC’ye göre, 2017-2025 arasında “küresel veri küresi (datasphere)”nde on katlık bir artış öngörülüyor, yani yılda yüzde 30’luk bir artış oranı.)¹¹⁶

Daha fazla kullanıcı, daha fazla nesne ve daha fazla veri dijital sistemlere daha fazla bağımlılıkla sonuçlanıyor. Gerçekten de

IDC'nin ifade ettiği gibi, dijital veri ve işlemler hızla arka plan konuları olmaktan çıkıp “yaşamsal önemde... toplumumuz ve bireysel yaşamlarımız için önemli” hale geliyor. Dolayısıyla bu sistemlerin işlevlerini amaçlandığı şekilde gerçekleştirmesini sağlamak hem önemi hem de zorluğu artan bir görev.

Siber risklere etkili bir şekilde karşılık vermek için dört strateji öneriyoruz. Bu stratejiler bu zorlu görevi algılama şeklimizdeki değişiklikler kadar yatırım yapılabilecek alanları da temsil ediyor.

1. Hedefi yeniden tanımlamak: Siber güvenlikten siber dayanıklılığa

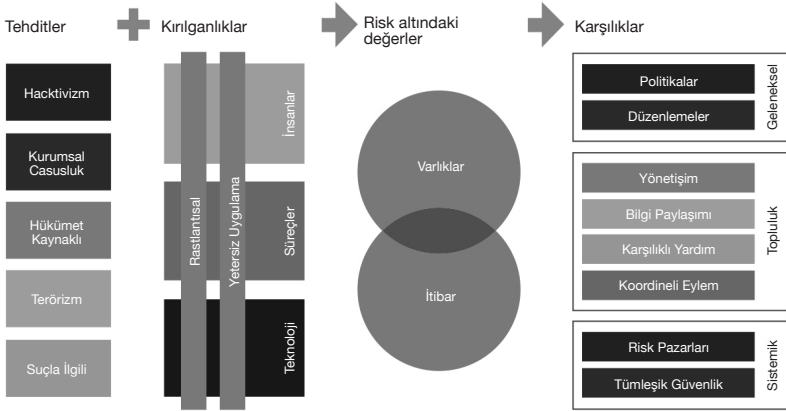
Her şeyden önce, hem bireylerin hem de organizasyonların, “siber güvenlik” kavramının çağrıştırabileceği şekilde IT sistemlerinin çerperinde güvenlik önlemi almaya odaklanmanın ötesinde düşünmeleri gerekiyor. Siber riskler çeşitli yollarla ortaya çıkıp operasyonları çeşitli şekillerde etkileyebilir; bunun için düşünce yapılarımızı buna göre karşılıklı bağımlılık ve dayanıklılığı kuşatacak şekilde değiştirmeliyiz. Bu bağlamda siber dayanıklılık, sistem ve organizasyonların hata süresi ile düzelme süresinin birleştirilmesiyle ölçülen siber olaylara karşı koyabilme becerisi olarak düşünülebilir.¹¹⁷

Şekil 15'teki çerçevede görüldüğü gibi siber riskler tehditlerin ve kırılğanlıkların kesişiminin bir sonucudur ve hem varlıkları hem de değerleri riske atar. Dolayısıyla siber dayanıklılık stratejiyle ilgili bir konudur ve operasyonlar kadar kapsayıcı iş modellerinin de bir parçası haline getirilmelidir.

Siber dayanıklılık siber saldırıların kaçınılmazlığı için hazırlanma süresini de uzatır. Çepere dayalı bir yaklaşımı değiştirmek bir siber saldırı öncesinde, sırasında ya da sonrasında yapılması gereken eylemler hakkında, özellikle de şirketin içinden ve dışından kimlerin bilgilendirilmesi gerektiği konusunu önceden dikkatle düşünmeyi gerektirir.

Dijital operasyonlardan çok veriyle ilgili sistemlere odaklanırken organizasyon ve bireylerin en azından üç farklı siber riske karşı

Şekil 15: Siber Risk Çerçevesi



Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu

dayanıklılık göstermeleri gerekiyor: Verilerin gizliliği, verilerin doğruluğu ve verilerin sürekli kullanılabilirliği. Veri ihlallerinin bir sonucu olarak özel enformasyonun sızması en çok tartışılan siber risk türü olmakla birlikte Mayıs 2017’de İngiltere’nin sağlık sisteminin büyük bir bölümünü felce uğratan WannaCry saldırısı gibi fidye isteme ya da silme yoluyla sistemlerin veya verilerin kullanılabilirliğini engelleyen saldırılar gittikçe yaygınlaşıyor. Ayrıca verilerin ya da daha büyük sistemlerin gizliliğinin ifşa edilme ya da değiştirilme olasılığı da aynı derecede kaygı vericidir.

Verilerin, fiziksel hizmetler sunan ya da altyapıları yöneten dijital bağlantılı sistemlerle ve dijital operasyonlarla bütünleştirilmesi düşünüldüğünde, işler daha da karmaşık hale geliyor. Böyle durumlarda, tıpkı 2015’te hacker’ların bir Jeep Cherokee’nin vites ve frenlerinin uzaktan kontrolünü ele geçirmeyi başardığı olayda görüldüğü gibi organizasyonların da yaşamsal tehdit oluşturabilecek temel sistem işlevlerinin kontrolünü kaybetme tehdidiyle başa çıkmaları gerekiyor.¹¹⁸ Diğer bir zorluk ise bağlantılı sistemlerin iş ya da operasyonun diğer kısımlarına ihlal gerçekleşmesi için yeni kanallar

yaratabilecek olmasıdır. 2013'te böyle bir örnek yaşandı: Amerikalı perakende firması Target'ın ödeme sistemlerinde ihlal gerçekleşti ve bu ihlalin şirketin ısıtma ve iklimlendirme sistemlerinin yönetimin-den sorumlu alt yüklenicilere sağlanan kimlik enformasyonunun çalınmasıyla gerçekleştiği anlaşıldı.¹¹⁹

2. Düşmanı yeniden tanımlamak: Hacker'dan suç örgütüne

Popüler kültürde –ve dolayısıyla çoğu insanın zihinsel modelinde– güvenli bir sisteme erişim sağlamaya çalışan bir kişi hakkındaki en yaygın betimleme, normal olarak, şöhrat ya da intikam peşinde koşan yalnız ve kavgacı bir “hacker” şeklindedir. Bununla birlikte, bugün böyle bir imaj, siber risklerin gerçek tehdidi hakkında insanlarda kuşku uyandırır.

Yetenekli yalnız hacker'lar kuşkusuz var olsa da daha yaygın ve daha kaygı verici olanı, yapısallaştırılmış suç örgütlerinde çalışan yetenekli bireyler tarafından yaratılan siber risklerdir. Bu tür örgütlerde muhtemelen hedef kuruluşların savunma için ayırdığı kaynakları gölgede bırakan personel, araştırma ve operasyon bütçeleri vardır. Dahası bu örgütler bir güvenlik ihlalinin sağlayacağı finansal kazançlara odaklanıyor olabilirler –bu kazançlar bir şirketi haraca bağlamaktan başlayıp veri satmaya, başkalarının bir ücret karşılığında sisteme girmesini sağlamaya ve sistemi kullanarak kendilerine ya da müşterilerine yarar getirecek başka eylemler gerçekleştirmeye kadar uzanabilir.

Dolayısıyla siber tehdit kaynağıyla ilgili yaygın imajı değiştirip iyi bir finansmanı olan, sistemli çalışan motivasyon sahibi, inovasyon odaklı ve ısrarcı düşmanlara yönelmek önemlidir.

3. Saldırı vektörlerini yeniden düşünmek: Teknik kullanımdan insani davranışa

“Yalnız hacker” imajıyla benzerlik taşıyan bir konu da saldırıların bir sistem güvenliğini aşmak için teknik becerilere bel

bağladıklarının düşünülmesidir. Bu, siber risklere karşı ana savunma hattının IT bölümlerinde başladığı ve IT uzmanlarının firewall ve güçlü şifre sistemleri gibi teknik engeller koymasıyla savunmanın gerçekleştiği gibi bir izlenim uyandırır.

Bununla birlikte, güvenli sistemlere erişim sağlamanın en kolay yolu, sadece istemektir. Kötü amaçlı yazılım saldırılarının tahminen yüzde 97'si kullanıcıları sistemlerine giriş izni vermeleri için kandırmaya çalışıyor ve sadece yüzde 3'ü teknik kusurlardan yararlanmayı hedefliyor. Hacker'ların yüzde 84'ünden fazlası sistemlere erişim için temel strateji olarak bu tür sosyal mühendislik stratejilerine bel bağlıyor.¹²⁰ Çoğu saldırının bu yolla gerçekleştirilmesi saldırıların uzun süre fark edilmemesine yol açıyor. Nuix şirketinin Enformasyon Güvenliği Bölümü Başkanı (CISO) Chris Pogue veri ihlallerinin saptanmasının ortalama 250-300 gün aldığını ileri sürüyor.¹²¹

Hem tehditlerin hem de kırılabilirliklerin organizasyonların içinde ve dışında olduğu düşünülürse siber risklerin yönetilmesi tüm kadronun görev ve sorumluluğu haline gelir. Dolayısıyla karşılık verme stratejileri de değişir: Çalışanlar ortalama ve diğer sosyal mühendislik saldırılarından sakınma konusunda eğitilir; erişimi sınırlandırmak için bitiş noktası uygulamasına geçilir ve anormal kullanıcıları ve anormal ağ etkinliklerini saptayıp karantinaya alan sistemler kullanılır.

4. Yaygın bir etkinlik olarak siber dayanıklılık: Sektör ve organizasyonlarda bireysel risklerden kolektif risklere

Dayanıklılık bireylerin ve organizasyonların bir özelliği olduğu kadar, sistem düzeyindeki etkiler tarafından belirlenir. Dünya daha bağlantılı hale geldikçe siber riskler de gerçek anlamda sistemli hale geliyor. Sistemli riskleri yaratan sadece şirketler ve ülkeler arasındaki bulaşma olasılığı değil ama aynı zamanda küresel ticaret, finans, güvenlik ve ulaşımın temelini oluşturan ortak, kritik küresel hizmetlere dünyanın bağımlı olmasıdır.

Buna karşılık, siber risklere karşı dayanıklılığı artırmaya yönelik daha çok paydaşlı ve daha topluluklar arası bir yaklaşım için önemli bir fırsat var. Hem endüstriler ve sektörler arasında hem de hükümet, endüstri ve sivil toplum arasında siber etkinlik ve siber saldırılara ilişkin bilgi alışverişinin daha düzenli bir şekilde yapılması, bir saldırı olduğunda daha erken müdahale edilmesini sağlayabileceği gibi bulaşma risklerini de azaltabilir. Siber dayanıklılığa ilişkin stratejik ve operasyonel olanaklar sağlayabilen uzman çalışanların azlığı düşünüldüğünde siber yeteneklere ortak yatırım da tüm sektörlerle yardımcı olacaktır.

Siber dayanıklılık hakkındaki uluslararası, çok paydaşlı tartışmalara destek olma çabaları sürüyor. Örneğin, Dünya Ekonomik Forumunun dünya çapında siber dayanıklılığı güçlendirmeyi hedefleyen Cenevre merkezli kamu-özel platformu Global Cyber Centre. Diğer örnekler arasında şunları sayabiliriz: INTERPOL'ün Singapur'daki Küresel İnovasyon Kompleksi (bir enformasyon paylaşım platformu oluşturma çalışmalarına başladı); Europol'ün Müşterek Siber Suç Görev Kuvveti; İngiltere'de İngiliz şirketleri için siber enformasyon ve siber tehditler konusundaki farkındalığı artırmaya çalışan Siber Güvenlik Enformasyon Paylaşım Ortaklığı (CiSP) gibi ulusal düzeydeki girişimler. Bununla birlikte, sektörler ve ülkeler arası çalışmalar yapmak kamusal ve özel aktörler arasındaki doğal kuşkuculuğu aşmayı gerektiriyor. Ayrıca egemen devletler de saldırı ve savunmaya dönük siber olanaklarının ayrıntılarını paylaşmaya istekli değildir.

Üstesinden gelinmesi gereken engeller bunlar. “Yaşamsal önemde” olan dijital sistemlere bel bağlayan bir dünyada siber risklerin tehdidinin çapı –bireysel eğitim ve yeni davranışlardan kurumsal yatırım ve yeni yönetim kurulu sorumluluklarına, ulusal ve uluslararası işbirliğinden daha çevik yönetim modellerine kadar– tüm düzeylerde yatırım ve eylem gerektirir.

**Fiziksel
Dünyayı
Yeniden
Düzenlemek**

Yapay Zekâ ve Robotbilim

Yapay zekâ daha şimdiden dijital ekonomiyi yeniden icat etmeye başladı ve yakında fiziksel ekonomiyi de yeniden düzenleyecektir. Yapay zekâ konusunda 21. yüzyıl başlarındaki hedefler otonom makinelerin fiziksel dünyada dolaşabilmesine ve insanlarla bilgisayarların karşılıklı ilişki kurmasına yardımcı olmayı içeriyor. Gelecekte ise yapay zekâ sistemleri, insan kapasitesini aşan ölçeklerdeki karmaşık konularla ilgilenerek küresel CO₂ salımı ya da küresel hava trafiği kontrol işlevleri gibi zorlu sistemsel görevleri yönetebilir. Uzmanlar, akıllı işletim sistemleri ya da empati sahibi dijital asistanlar gibi bilimkurgu senaryolarının gerçeğe dönüşebileceğini öngörüyor. Belki de bir gün polisin birçok temel görevini robotlar üstlenebilir. Yapay zekâ zaten sensör ağlarından ve video akışlarından gelen verileri izliyor ve şüpheli durumlarda güvenlik görevlilerini uyarabiliyor. Bu arada polis de arama kurtarma çalışmalarında robotları devreye soktu ve silahlı bir keskin nişancıyı öldürmek için robot kullanıldı.¹²²

Yapay zekâ dünyada derin değişikliklere yol açacak ve bu değişiklikler risksiz değil. Örneğin, yapay zekâ tarafından kontrol edilen robotlar, beceriler ve istihdam üzerinde kartların yeniden dağıtıldığı kestirilmesi güç bir etki yaratarak toplum üzerinde şiddetli gerilimler oluşturacaktır. Dahası, makine öğrenmesi algoritmalarının çalışması çoğu insan

için anlaşılmazlığını sürdürüyor ve bu mekanizmalar toplumda istenmeyen ve düzeltilmesi gereken önyargıları yansıtabilir. Uzun dönemli tahminlerde bulunanlar, yapay zekânın değerlerinin insani değerlerle uyumlu hale getirilememesi halinde ortaya çıkabilecek varoluşsal tehditlerin hafife alınmaması yönünde uyarılar yapıyor. Ayrıca suçluların yapay zekâ uygulamalarını aldatmaları, hack'lemeleri ya da kafalarını karıştırmaları halinde ortaya çıkabilecek siber güvenlik riskleri konusunda da uyarılar yapıyor. Bu yüzden araştırmacılar şu anda yapay zekâ ve robotların geliştirilme ve kullanılmasında rehberlik edecek etik çerçeve ve değerler üzerinde tartışılması çağrısında bulunuyorlar. Gelecek ne getirecek olursa olsun yapay zekâ bizimle birlikte olacak ve onunla geliştireceğimiz ilişkinin kalıcı sonuçları olacaktır.

Yapay zekâyı insani bir dünyayla bütünleştirmek

Hiçbir teknoloji birleşimi yapay zekâ ve robotbilim kadar halkın ilgisini çekmemiştir. Yapay zekâ alanı 1956'da Dartmouth Kolejinde yapılan bir konferansla başladı ve ilk fabrika robotu 1961'de yapıldı. İzleyen on yılda popüler kültür, yaşamımızı kolaylaştıracak bir yığın alet ve varlığın hayalini geliştirdi –örneğin, *Jetgiller*'deki Robot Rosie gibi. Ayrıca yeni tehditler oluşturacak ürkütücü teknolojik senaryolar da üretildi –örneğin, Stanley Kubrick'in 2001: *Bir Uzay Destanı* adlı filmindeki korkunç derecede asi süper bilgisayar HAL 9000 gibi.

Bugün yapay zekâ sadece insanlarla özdeşleştirdiğimiz genel öğrenme ve yüksek düzeyde usamlama gibi bilişsel işlevleri yerine getirme konusunda hızla gelişme gösteriyor. Makine öğrenmesi teknikleri, bir zamanlar insan sezgisi gerektirdiği düşünülen oyunlarda insanları yeniyor. Bilgisayarlar bir makinenin insandan farksız olup olmadığını inceleyen Turing testinin basit bir örneğini çoktan geçmiş gibi görünüyor: 2004'te kendini Eugene Goostman adlı 13 yaşında bir çocuk olarak tanıtan bir sohbet robotu sohbet ettiği

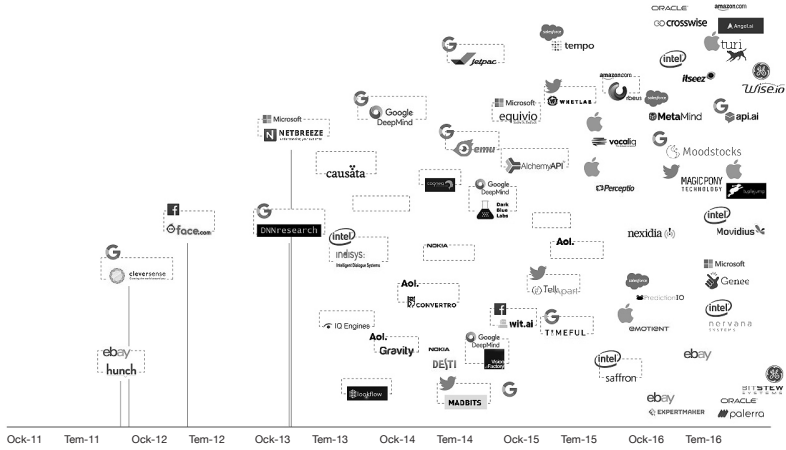
kişilerin yüzde 30'undan fazlasını kendisinin gerçek bir insan olduğuna ikna etti.¹²³

Malzeme bilimi ve sensör teknolojilerinde çığır açan gelişmeler makinelerin bilişselliği kadar algılama ve hareket etme yeteneklerini de geliştirdi. Dron olarak da bilinen uçan robotlar, insanlardan bağımsız olarak otomobil parçalarını monte eden robotlar gibi endüstriyel robotlar yapay zekâyı kullanarak karmaşık gezinme ve etkileşim işlevlerini yerine getiriyorlar. Otonom robotlar olarak da bilinen sürücüsüz araçlar önceden girişilemeyen zorlu görevlerin üstesinden geldiler; örneğin, sürücüsüz kamyonlar anayol sisteminde seyir görevini başardı.¹²⁴ İnsansı robotlar da kişisel asistan ve refakatçi olarak hizmete giriyor ve bilimkurgu ile gerçeklik arasında köprü kuruyor.

Tüm dünyada robot mühendisliği ve yapay zekâ araştırmalarına yer veren lisansüstü programlarının sayısı artıyor.¹²⁵ Yapay zekâ uygulamaları insanlar tarafından sentezleme yapılamayacak kadar büyük veri gruplarından bilgiler çıkartarak iklim modelleme ve nükleer senaryolar gibi sorunları ele alıyor ve büyük ölçekli sensör ağlarını yönetiyor. Ayrıca halka açık verilerden finansal açıdan önemli yeni enformasyon da topluyor. Örneğin, Orbital Insight adlı yazılım şirketi, düşük çözünürlüklü US Landsat ve EU Sentinel uydu kapsama alanına makine öğrenmesini uyguladı. Bu uygulama, nesnelerin daha büyük bir hassaslıkla ve hızlı bir şekilde tanımlanabilmesini sağlıyor ve ticaret, emisyon, altyapı ve okyanusla ilgili göstergeler gibi konularda –tamamı sektörler, toplum ve hükümet için açık bir değer taşıyan– bilgiler veriyor. Yapay zekâ uygulamaları sadece verilecek kararlara bilgi sağlamıyor aynı zamanda kararlar da veriyor: Bazıları, koruma fonlarının yönetiminde yapay zekânın olağanlaşacağını düşünüyor, en azından bir yatırım firmasının daha şimdiden yapay zekâli bir yönetim kurulu üyesi var.¹²⁶

Yapay zekâ uygulamaları karar verme konusunda daha iyi hale geldikçe bu kararlarla yönetilen robotlar insanlarla birlikte daha iyi çalışacaktır, kuşkusuz bunun tersi de geçerli. Eğer Robot Rosie gerçeğe dönüşürse makinelerin gözlem yaparak öğrenmeleri ve

Şekil 16: Yapay Zekâ Yarışı: Yapay Zekâ Edinmiş Olan Büyük Şirketler, 2011–2016



Kaynak: CB Insights (2017)

insani değerleri anlayabilmeleri gerekiyor. Robotlar hizmet sektöründe rol almayı, öğrencilere ders vermeyi, hava taşıtlarını uçurmayı, ameliyat yapmayı ve arama kurtarma operasyonları yürütmeyi öğrendikçe güvenle ilgili konular daha çok önem kazanıyor. Günlük yaşamımızda yapay zekâyâ alıştığımız zaman böyle bir etkileşim, çevremizdeki dünyayı yorumlamamıza aracılık eden bir katman haline gelebilir, tam da bir pilotun hava kötüleştiğinde aletlerine güvenmesi gibi. Ve yelpazenin en aşırı ucunda yer almasına karşın gerçekçi ve olanaklı bir konu var: Yapay zekânın robotik uygulamalarla birlikte hem devletler hem de bireysel aktörler tarafından silahlandırılma potansiyeli, böyle bir gelişmenin uygulama ve etik sınırlarını araştıran çeşitli uluslararası gruplar tarafından açıkça ifade edilen bir kaygı. Yapay zekâ ve robotbilimin ilerlediği şimdiki yol üzerinde güç, sorumluluk ve hesap verebilirlik konumları var ve dolayısıyla bu konu yoğun bir yönetim gerektirecek.

Alandaki bazı öncü şirketlerle birlikte Microsoft, Amazon, Facebook, IBM, Google ve DeepMind yapay zekânın toplum,

gezegen ve ekonomi üzerinde her şeyi altüst edecek büyük bir etkisi olacağını fark ederek “insanlar ve toplum yararına bir yapay zekâ ortaklığı” oluşturdular. Amaçları, “yapay zekâ teknolojileri alanındaki en iyi uygulamalar üzerinde çalışmak ve bu uygulamaları formüle etmek, halkın yapay zekâyı daha iyi anlamasını sağlamak, hem yapay zekâ hem de insanlar ve toplum üzerindeki etkileri hakkında tartışma ve katılım için açık bir platform olarak hizmet etmek” şeklinde ifade ediliyor.¹²⁷ Aslında mesafe almak için şirketlerde ekipler ve etik bölümleri kurulmaya başlandı; DeepMind şirketinde olduğu gibi.¹²⁸ Bu zekice hamle ile sektörün kendi sorumluluğunun farkında olduğu konusunda halkın ikna olmasını umuyorlar. Milyarlarca dolarlık yatırımlarla, son beş yıl içinde yüzlerce şirketi satın alarak (Şekil 16) bu sorumluluğa sahip olduklarını kanıtlamaya çalışıyorlar ve Stuart Russell gibi düşünürlerin gittikçe zekileşen yapay zekânın sonuçları hakkındaki kaygılarını kabul ediyorlar.¹²⁹

Zeki Bir Yapay Zekâ

Yazan: Stuart Russell, Bilgisayar Bilimi Profesörü, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley, ABD

Yapay zekâ araştırmaları hızla ilerliyor, gittikçe artan sayıda yeni olanaklar ortaya çıkıyor ve bu da Ar-Ge yatırımında yeni artışlara yol açıyor. Alanda, makine zekâsının içsel sınırları olduğuna inanan çok az, kendi kendine sınır koymayı savunanların sayısı ise daha da az. Dolayısıyla makinelerin insanların yetenek ve kabiliyetlerini aşacağını öngörmek sağduyulu bir yaklaşım olur, tıpkı Alan Turing’in 1951’de yaptığı gibi: “Eğer bir makine düşünebilirse bunu bizim yaptığımızdan daha zekice yapabilir... Bu yeni tehlike... kesinlikle bize kaygı verebilecek bir şeydir.”¹³⁰

Şimdiye dek genel anlamda zeki makineler yaratmaya en genel yaklaşım, makinelere bizim istediğimiz hedefleri vermek ve onlara bu hedeflere ulaşmanın yollarını bulmaları için algoritmaları sağlamaktır. (Bunun yerine davranışları programlayabiliriz ama bu bütün zihinsel işleri insanların yapmak zorunda kalması anlamına gelir ki bu da hem yapay zekânın anlamını yitirmesine yol açar hem de satranç gibi basit görevler için bile uygulanması olanaksızdır.) Ne yazık ki Kral Midas'ın canı pahasına öğrendiği gibi biz de hedeflerimizi nasıl belirleyeceğimizi bilmiyoruz çünkü hedeflerimizi öyle tam ve iyi ayarlanmış bir şekilde belirlememiz gerekiyor ki makineler hedeflerine ulaşmak için istenmeyen bir yol bulamasın. İşte bu değer ayarlama sorundur: Eğer yeterince yetenekli bir makineye –sadece tamamlanmamış olma anlamında bile– gerçek hedeflerimize uygun olmayan hedefler verilirse o zaman dünya tahta, insanlık da taşlar, makineye karşı satranç oynuyor gibi oluruz. Turing olası bir çözüm olarak “stratejik anlarda düğmeyi çevirip kapatmayı” öneriyordu ama süperzeki bir makine muhtemelen bunu önlemek için bazı adımlar atmış olacaktır –bunu da hayatta kalma içgüdüleriyle yapmaz ama ölürse kendisine verilen hedefleri başaramayacağı için yapar.

Yeterince yetenekli bir sistemin, çözmeye ayarlandığı karar verme sorunu ne olursa olsun onu çözeceğini varsaymak zorundayız; püf noktası ise şu: Sorunu öyle bir şekilde tanımlamalıyız ki makinenin bulduğu çözüm kanıtlanabilir bir biçimde yararlı olsun. Bu, çelişik gibi görünüyor ama aslında mümkün. Kilit fikir şöyle açıklanabilir: Makinenin hedefi insanların gerçek hedefini en iyi şekilde başarmaktır ama ilk başta bu hedefin ne olduğunu bilmez. Kararlı ve potansiyel olarak felakete sürükleyici bir şekilde kısmi ya da hatalı bir hedefin peşinden koşulmasını önleyecek olan şey de tam olarak bu belirsizliktir. Makinenin ilk başta sahip olduğu

belirsizlik insanların eylemlerini gözlemleyerek yavaş yavaş çözüme kavuşur ve bu da altta yatan gerçek hedefler hakkında bilgi verir. En azından bazı durumlarda insan muhtemelen böyle bir makineyle, makinenin olmadığı duruma oranla daha iyi bir durumda olur. Bir makineyi kendisini kapatmaya ikna etmek bile mümkün olur (öyleyse sonuç olarak Turing belki de haklıydı): Bir makinenin insanın gerçek hedefine –ki doğal olarak makinenin hedefine de– zarar verecek bir şey yapma olasılığı ortaya çıktığında mantıklı bir insanın yapacağı tek şey bu olur (ve böyle bir durumda kendisini kapatarak kendi hedefini de başarmış olur).

Bu fikirler, yapay zekânın güvenli bir şekilde ilerlemesine olanak veren, yararlı olduğu kanıtlanabilen sistemler çevresinde bir mühendislik disiplini geliştirilebileceğine dair bir umut ısıltısı sağlıyor. Tabii ki bunun zorlukları da var: İnsanlar kötüdür, mantıksızdır, tutarsızdır, zayıf iradelidir, hesaplama konusunda sınırlıdır ve heterojendir. Tüm bunlar bir araya gelerek insanların davranışlarından insani değerleri öğrenmeyi zorlaştırır. Diğer yandan, akıllı kişisel asistanlar ve ev robotları gibi yakın dönemdeki gelişmeler, değer uyumunu anlamak için çok güçlü birer teşvik etkenidir: Örneğin, çalışanlara otellerde geceliği 20.000 dolar olan odalar tutan asistanların ve hizmet ettiği aileye akşam yemeği olarak evin kedisini pişiren ev robotlarının beğenilmesi mümkün değildir.

Yapay zekâ yakında görev başında öğrenecek

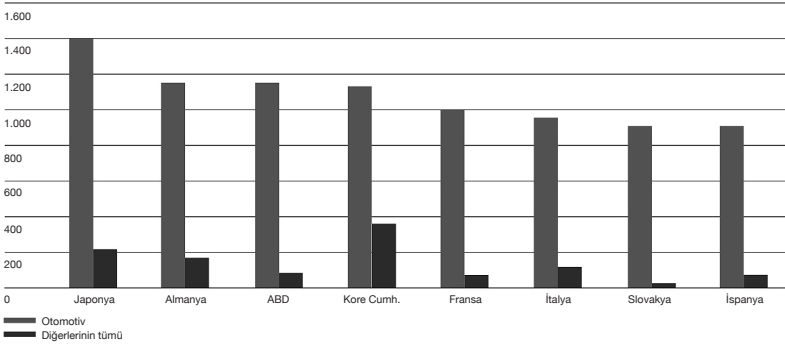
Yapay zekâ araştırmalarının kendi zorlukları var. Şu anki kıstaslar güce dayalı kalıp eşleştirmeyele belirleniyor ve girdi sinyallerindeki küçük değişiklikler makine öğrenmesi modellerine zarar verebilir. Belki mevcut yaklaşımlar yapısal olarak yapay zekânın karşısındaki en büyük zorlukları çözecek kadar sağlıklı olmayabilir; örneğin,

“sağduyu” sorununu çözmek ya da durumsal farkındalığın aynısını yapmak gibi zorlukları. Araştırmacılar makinelerin durumsal bağlama dayalı olarak uygun eylemi yapmasını ve büyük veri havuzları aracılığıyla eğitilmek zorunda kalmadan genelleme yapmalarını isterdi ama henüz bu mümkün değil. Kuantum bilişim gibi yeni teknolojiler, yapay zekâ uygulamalarının, potansiyel olarak insanların dünyayı bilişsel olarak değerlendirme biçimini taklit ederek sorunları inceleme ve geribildirim döngülerinden yararlanarak öğrenme biçimlerini değiştirebilir. Bu durumda insan hatasını ortadan kaldırarak ve bitkinliğe yol açan sentetik görevleri devralarak ekonomik yararlar sağlayabilirler.

Böyle çığır açıcı gelişmeler olmadan bile ilerleme hızlı, umutlar yüksek. Mars’a seyahat edecek, hemşirelere yardım edecek ve hatta kendilerini üretecek robotlar geliştiriliyor.¹³¹ Bir gün buluttaki yapay zekâ tarafından kontrol edilen minik robot sürüleri, yapay zekâ uygulamaları aracılığıyla, görevleri koordine edip kaynakları kullanabilen merkezileştirilmiş sunuculara veri beslemesi yapabilir. Yapay zekâ şimdiden gazetecilik, tıp, muhasebe ve hukuk gibi bilgiye dayalı mesleklere giriyor. Avukat ve doktorların yerini tamamen almayacak bile olsa örnek olay çalışmalarını ve tanısız görüntülemeleri analiz edebilen yapay zekâ uygulamaları bu mesleklerde değişime yol açacaktır. Yapay zekâ kendini geliştirmeye devam ederken robotbilim endüstrisindeki harcamalar 2019’da 135 milyar doları geçmeye hazırlanıyor ki bu rakam 2015 rakamının neredeyse iki katını buluyor.¹³² Araçlar sadece sürücülerini kaybetmekle kalmayacak aynı zamanda muhtemelen araçların kendileri de robotlar tarafından yapılacak, özellikle de otomotiv sektörünün otomatik robotların bir numaralı alıcısı olduğu düşünülürse (Şekil 17).¹³³

Ekonominin pek çok alanında artan otomasyon bir yandan bazı çalışma yerlerini ortadan kaldırırken diğer yandan da yeni iş türleri yaratabilir. Örneğin, otomatikleştirilmiş kamyon taşımacılığı muhtemelen lojistik sektöründe çalışma yeri kayıplarına yol açacaktır.¹³⁴

Şekil 17: Otomotiv Sektöründe ve Diğer Sektörlerin Tümünde 10.000 Çalışana Düşen Çok Amaçlı (Her Tür) Endüstriyel Robot Sayısı, 2014



Kaynak: Pittman (2016)

Hem gelişmekte olan hem de gelişmiş bölgelerde, yapay zekâ ve robotbilimin işgücü pazarı üzerindeki etkisinin artması bekleniyor. ABD’de bilgisayarlı otomasyon riski altında olan çalışma yerlerinin oranıyla ilgili tahminler yüzde 10’dan başlayıp neredeyse yüzde 50’ye kadar çıkıyor.^{135,136} Çin’de, Foxconn, iki yıllık bir süre içinde fabrikalardaki 60.000 çalışanı robotlarla değiştirdi.¹³⁷ Otomasyon, gelişmekte olan ülkelerin işgücü maliyeti avantajını ortadan kaldırarak bu ülkelerdeki sanayileşmeyi baltalayabilir: Bir zamanlar gelişmiş ülkelerdeki şirketler tarafından ülke dışına taşınmış olan üretim yeniden ülke içine taşınıyor.¹³⁸

Bunun küresel ekonomi için çok büyük ve öngörülemez sonuçları olacaktır. Ekonomistler şu anda potansiyel otomatikleştirilmiş çalışma-sonrası ekonomilerin modelini çıkarmakla meşgul ve eğitimciler yarın işgücü tarafından ihtiyaç duyulacak beceri gruplarını kestirmeye çalışıyor.¹³⁹ Çok paydaşlı iş ve eylem birliği ihtiyacı şimdiye dek hiç bu kadar yüksek olmamıştı; politika belirleyiciler, iş liderleri ve sivil toplum liderleri bu amaca ulaşmak için ekonomik ve toplumsal arzular arasında orta yollar bulmak zorunda kalacaklar.

Ayrıca liderlerin ve politika belirleyicilerin yapay zekânın güvenlik zafiyetleriyle de ilgilenmeleri gerekecek. Toplum için çok büyük fırsatlar sunmalarına karşın özel yapay zekâ uygulamalarının da aldatılma, hack'lenme ya da şaşırma riski var. Makineler tarafından verilecek kararların güvenli bir şekilde programlanmasını ve siber saldırılar yoluyla tahrif edilmeye ya da kötüye kullanılmaya karşı dirençli olmasını sağlamak için çaba harcanması gerekecek.

Bu son derece önemli sorunun altında yatan ve daha kapsamlı sonuçları olacak başka bir sorun var: Makine öğrenmesi algoritmalarının karar alma yolları çoğu zaman bu algoritmaların insan yaratıcıları için belirsizliğini koruyor ki bu da onlara yetki vermenin kabul edilebilirliği hakkında sorular ortaya çıkarıyor. İnsan dünyasında, gerekçelendirme ile güven derinden bağlantılı kavramlardır. Örneğin, yapay zekâ hangi mahkûmların tekrar suç işleyeceğini ya da hangi borçluların borçlarını ödemeyeceğini kestirmede insanlardan daha iyi olsa bile gerekçelerini açıklayamazlarsa bu tür kararları makinelere bırakma konusunda kendimizi rahat hissetmeyebiliriz. Bu durum, özellikle algoritmalar insan önyargısını yansıtan veri gruplarını inceledikten sonra önyargı sergiledikleri zaman geçerlidir. Yararlı modeller saptayabilirler ama biz makine anlayışı olmadan bu kararların kusurlu olduğunu düşünebiliriz. Paydaşların göz önünde bulundurmaları gereken en acil konular şunlardır:

- Etik standartlar: Otonom süreç ve makineler hakkındaki etik standartlar ve normatif beklentiler için temel ve yönlendirici ilkeler yaratılması gerekiyor. Çeşitli kuruluş ve gruplar, örneğin, İngiliz Mühendislik ve Fen Bilimleri Araştırma Konseyi (EPSRC), “robotbilim ilkeleri” önermiştir ama şu an için kapsayıcı ya da küresel bir standartlar bütünü bulunmuyor.¹⁴⁰
- Yapay zekâ ve robotbilim yönetişi: Yapay zekâ araştırma ve uygulamalarında genel uzmanlığın olmayışı politika belirleyiciler açısından bir öngörü zorluğu yaratıyor. Ayrıca yapay zekâ politikası oluşturma kararlarını hangi kurumların alması gerektiğini

belirlemek de zor. Bu etkenleri fark etmek, inovasyona dayalı yönetim prosedürleri oluşturulmasına ve henüz yetkileri belirlenmemiş yeni türden kurullar, devlet daireleri ya da danışma grupları yaratılmasına alan açıyor.

- Uyuşmazlık çözme: Şu anda yapay zekâ sistem ve uygulamalarıyla ilintili uyuşmazlıkları çözmek için herhangi bir yerleşik çerçeve ya da örnek uygulama bulunmuyor. Potansiyel uyuşmazlıkların nasıl öngörülebileceğine ilişkin çeşitli güçlükler bu çerçevelerin geliştirilmesini karmaşıktırıyor. Örneğin, yapay zekâ uygulamalarını kullanan ürünler belki ürün düzeyinde düzenleme yapma zorunluluğu getiriyor olabilir ama yapay zekâ araştırmaları hakkında herhangi bir düzenleme bulunmuyor.

Yapay zekânın ekonomiyle, iş pazarıyla ve diğer zorlu alanlarla, örneğin bedenlerimizle, ne kadar derinden bütünleştiği konusu hâlâ erken evrelerinde bulunan bir tartışma. İleriyi düşünmek ve yapay zekâ ve robotbilimin etkisi hakkında çok geniş bir yelpazeye yayılan bakış açılarını bir araya getirmek, potansiyel sonuçların tahmin edilmesi ve farklı bakış açılarının teşvik edilmesi için son derece önemli.

Yapay Zekâ Hakkında Herkesin Bilmesi Gereken On Şey

1. Yapay zekâ zamanla değişir. Yapay zekâ bugün çoğu zaman makine öğrenmesine –yani doğrusal regresyon modellerinden başlayıp karar ağaçları, Bayes ağları, yapay sinir ağları ve evrimsel algoritmalara kadar uzanan yazılım yaklaşımlarına– işaret ediyor. 1960’larda, robot hareketliliği yapay zekâda bir dönüm noktası oldu. Bugün dünyanın Go oyununda ustalaşmış oyuncularını yenmek

en son büyük başarı olmuştur. Yapay zekânın ne olduğu konusundaki algımız aşılın her büyük dönüm noktasında değişebilir ve değişiyor da.

2. Yapay Genel Zekâ yok. Ama “dar yapay zekâ” şimdiden her tarafımızı kuşatmış durumda. Bugünün yapay zekâ sistemleri iyi tanımlanmış belirli görevlerde hızla daha iyiye gidiyor ama insanların verili kabul ettiği daha geniş bağlamdan ve sağduyudan hâlâ yoksun. Bu arada, Google’ın arama algoritması, Apple’ın Siri’sinin konuşma yetenekleri ve akıllı telefonunuzun yazacağınız bir sonraki sözcüğü tahmin etmesi tamamen göreve özel dar yapay zekâ tarafından gerçekleştiriliyor. Yapay zekânın diğer önemli ama daha az görünen uygulamaları arasında şunları sayabiliriz: İnternette hangi reklamların gösterileceğinin seçilmesi, siber güvenliğin desteklenmesi, endüstriyel robotların kontrol edilmesi, otonom araçların sürülmesi, metinlerin özetlenmesi ve belirli hastalıkların teşhis edilmesi.
3. Yapay zekâ, robotlar ve insanlar birlikte çalıştıklarında daha iyi çalışırlar. İnsan satranç oyuncuları yapay zekâlı satranç programlarıyla işbirliği yapınca tek başına oynayan insan rakiplerini de bilgisayar rakiplerini de sürekli yeniyorlar. Akıllı robotlar da insanlarla işbirliğinden yarar sağlıyor –Carnegie Mellon’ın CoBot programı, ziyaretçilere toplantı salonlarına kadar eşlik etmek ve belge getirip götürmek için işbirliği yapan robotlar kullanıyor. Bu CoBot’lar nesneleri almak, asansör çağırmak ya da kaybolduklarında gidecekleri yolu bulmak gibi şeyler için proaktif bir şekilde insanlardan yardım istiyorlar.
4. Yapay zekâ sistemleri hedef belirleme konusunda bizim yardımımıza ihtiyaç duyar. Yakın gelecekte “yapay süper-zekâ” olasılığı hakkında çok fazla kaygı duyuyor olabiliriz ama yapay zekâ sistemlerini belirli hedeflere doğru

yönlendirirken dikkat etmezsek bu sistemlerin zararlı ya da istenmeyen sonuçlar verebileceği konusunda kuşku yok. Kitabın bu bölümünün başka bir yerinde Stuart Russell'in dediği gibi, başarının anahtarı, bir yapay zekânın eğitiminde insanları dikkate almak ve yapay zekânın hedeflerini insanların hedef ve değerlerine uygun hale getirmektir.

5. Bugünün yapay zekâ sistemlerinin çoğu kara kutular olarak davranıyor. Yapay sinir ağları ve derin öğrenme yaklaşımları gibi en yaygın makine öğrenmesi algoritmalarının vardıkları sonuçlara nasıl ulaştıklarını henüz tam olarak anlamış değiliz. İzledikleri süreçlerin ayrıntılarına inip incelemek teknik olarak mümkün ama yapay zekâ bir sonraki karar verme sürecinde muhtemelen kullandığı yaklaşımı değiştirecektir. Dolayısıyla sonuçları doğrulamak zordur ve bu da makineler bağımsız kararlar verirken insanların onlardan bir şeyler öğrenme olanağını bazı yönlerden sınırlar.
6. Bugün yapay zekâ kaynakları açık ve ulaşılabilir durumdadır. Makine öğrenmesindeki inovasyona en çok yer veren çalışmalar bütün dünyada girişimciler ve üniversitelerin araştırma bölümleri tarafından yapılıyor. Bu bilgilerin önemli bir bölümü açık kaynaklıdır ve bunun iyi bir nedeni vardır; şeffaflık olmadan sorunları aşmamız ve son derece önemli ayarlamaları yapmamız kolay olmayacaktır. İsteğe uyarlanmış doğal dil işleme ya da görüntü tanıma konularında yardımcı olabilecek bulut tabanlı, yapay zekâlı bir “bot” bulmak sadece birkaç dakika alır.
7. Yapay zekâ kullanmak, bireylerin, verilerini bir düzene sokmalarını gerektirir. Bazı yapay zekâ sistemleri insanlara kendi organizasyonlarının dışından gelen verileri anlamlandırma konusunda yardımcı olabilir, ama makine öğrenmesini firmaya özel verilere uygulamak bu

verilerin uygun bir şekilde düzenlenmesini ve korunmasını sağlamak anlamına gelir. Veri yönetimi birçok organizasyon için en zorlu görevlerden biridir. Neyse ki şirket sistemlerinde ve sunucularında veri arayıp bulmaya ve verileri bu önkoşula uygun olarak düzene koymaya yardımcı olmak için de bazı yapay zekâ sistemleri geliştiriliyor.

8. En akıllı yapay zekâ sistemleri bile önyargılı olabilir ve hata yapabilir. Herhangi bir algoritmanın doğruluk ve yararlılığı hem nasıl tasarmlandığına hem de hakkında eğitim aldıkları verilerin doğasına bağlıdır. Yanlış belirleme ya da temsil edici olmayan eğitim verileri nedeniyle önyargı sergileyen ya da son derece yanlış tepkiler veren güçlü algoritmaların görüldüğü birçok örnek vardır.
9. Yapay zekâ ve robotbilim insanların yerini almaktan çok, görevleri dönüştürecektir. Sevkiyat şoförleri ve kasiyerler gibi dikkat çekici istisnalar olsa da mesleklerin çok az kısmı tam olarak otomatik hale getirilebilir. Bunun yerine, AlphaBeta tarafından yapılan bir analizin gösterdiği gibi, yapay zekâ ve robotbilimin çalışma yerlerinin geleceği üzerindeki en büyük etkisi tekrara dayalı ya da teknik görevlerin otomasyona geçirilmesi olacak ve böylece insanların daha kişilerarası ve daha yaratıcı çalışmalara daha fazla zaman ayırmalarını sağlayacaktır.
10. Yapay zekâ ve robotbilimin etkisi onları nasıl kabul ettiğimize bağlıdır. Bu etkinin en temel belirleyicisi, organizasyonların yapay zekâ ve robot sistemlerini gerçek yaşam sorunlarına uygulama biçimidir. Dolayısıyla yapay zekâ ve robot sistemleri daha güçlü ve yetenekli hale geldikçe yönetim kurulları ve yöneticilerin bu sistemlerin nerede ve ne zaman kullanılacağını belirleme konusundaki karar verme süreçlerinin önemi de artıyor.

Beş kilit fikir

1. Kullanılabilir veri, sensör sayısı ve işlem gücündeki artış avantajından yararlanan makine öğrenmesi teknikleri sayesinde son yıllarda yapay zekâ hızla gelişti. Bilgisayar oyunu oynama, müşteri hizmetleri sorgulamaları, tıbbi tanılama ve otonom araçların dolaşımı gibi alanları kapsayan sınırlı senaryolarda, makine öğrenmesi öyle bir düzeye ulaştı ki insan düzeyinde etkileşimi andıran (ya da ondan daha iyi) bir performans elde edilebiliyor.
2. Yapay zekâ yeni fiziksel sistemlere güç sağlamaya başladı. İçin için son on yıl içinde robotbilimin potansiyeli de arttı. İnsanlar ve makinelerin birlikte çalışması muhtemelen geleneksel olarak eğitilmiş ya da kalifiye insanlara ihtiyaç duyulan doktorluk, avukatlık, pilotluk ve kamyon şoförlüğü gibi bazı rolleri üstlenmeye ya da azaltmaya başlayacak. Bu durum, otomatikleştirilmiş sistemlere devredilebilecek olan birçok görev için insan uzmanlığının rolü ve ne ölçüde insan zekâsı ve yargılama gücü gerekeceği konusunda kaygı yaratıyor.
3. Şirketler, uydu verileri gibi devasa boyuttaki halka açık verilerden içgörü toplamak için yapay zekâyı devreye sokuyor; inovasyon odaklı girişimciler ise bu verilerden yeni değer kaynakları yaratıyor. Halka açık verilerden yeni içgörüler üreten bir araç olarak yapay zekâ ekonomik ve bilimsel bilgilere önemli yeni katkılar yapıyor. Çevre izleme ve koruma gibi alanlarla ilgili politika belirleme konusunda çok yararlı olabilir.
4. Yapay zekâ ve robotbilim hakkındaki etik kaygılar birçok insan ve organizasyon için özellikle yüksek bir öncelik taşıyor çünkü yapay zekânın iş pazarından araç dolaşımına ve kredi verilebilirlik hakkındaki kararlara kadar her alanı

etkileme olanağı var. Bu etik kaygılar çoğunlukla yapay zekâya güç veren algoritmalarda yerleşik olan önyargı türleri, rıza ve şeffaflık konularıyla ilgilidir.

5. Uyuşmazlık çözme, etik standartlar, veri düzenlemesi ve politika oluşturma konuları küresel çapta birer öncelik haline geldikçe yapay zekâ ve robotbilim işbirliğine dayalı bir yönetim gerektirecektir. Örneğin, otonom ölümcül silahlar gibi yapay zekâ tarafından kontrol edilen robotlar hem küresel çatışma bölgelerinde hem de yurtiçindeki senaryolarda bu silahların zarar verme potansiyelini gören uluslararası örgütler için büyük bir etik kaygı yaratıyor.

İleri Malzemeler

Malzemeler Dördüncü Sanayi Devriminde inovasyonun yapıtaşlarıdır. Önümüzdeki 20 yıl boyunca, atom düzeyinden başlayarak birçok teknolojinin malzeme temellerini yönetme becerisi dünyanın en göz korkutucu ve zor sorunlarından bazılarını çözmeye yardımcı olabilir. Malzeme biliminin uygulamalarıyla bilişim teknolojilerinin minyatürleşmesi konusunda yaratılan inovasyonların verimli geribildirim döngüsü sayesinde bilgi işlem teknolojileri, çeşitli alanlardaki bilim insanlarının sentetik organizmalardan grafen pillere kadar birçok yeni ürün yaratmasına yardımcı oluyor.

Sensörlerin atık ısıyı elektriğe dönüştürme potansiyeli ya da nano robotların hücre hasarını onaran ilaçları iletme potansiyeli veya malzeme biliminin yığınlarca sorunu çözme potansiyeli sadece uzun dönemli bir vizyonla dikkatli bir değerlendirme ve yatırımlar yaparak gerçekleştirilebilir. Tıpkı yeni malzemelerin ve nanoteknolojilerin yararlı bir şekilde kullanılabilir olması gibi nano kirleticiler de tahrip edici ekolojik zararlara neden olabilir, nano sensörler ciddi gizlilik ve güvenlik riskleri yaratabilir ve yeni muharebe yetenekleri patlayıcıları ve kimyasal silahları daha da geliştirmek için kullanılabilir. Eğer sektörlerin, toplumların ve çevrenin fiziksel dünyadan sağladığımız yararları en çoğa çıkarması

Katkı sağlayanlar: Alán Aspuru-Guzik, Profesör, Kimya ve Kimyasal Biyoloji Bölümü, Harvard Üniversitesi, ABD ve Dünya Ekonomik Forumu Gelişmiş Malzemelerin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi.

*ve öngörülme-
yen zararları en aza indirmesi isteniyorsa malzemelerin ekolojik sonuçları üzerine daha kapsamlı araştırmalar yapılması kadar, ortak yönetim çerçeveleri de oluşturulması gerekiyor.*

Yakınsama, maliyet ve azalan zaman

İleri malzemeler bilimi, Dördüncü Sanayi Devriminin tüm değilse bile çoğu özelliğini etkileyecektir (Şekil 18). İleri malzemeler enerji üretim, iletim ve depolamadan başlayıp su filtreleme ve tüketici elektroniğine kadar birçok teknoloji için son derece önemlidir. Bu malzemeler her durumda gözle görülebilir olmayabilir ama kelimenin tam anlamıyla farklı bir maddi dünya yaratacaktır. İleri malzemeler tedarik zincirlerini yeniden düzenleyecek, çevreyi dönüştürecek ve tüketimi değiştirecektir. Sektörler bu malzemeleri gittikçe daha iddialı hale gelen performans gereksinimlerini karşılamak için istiyor. Dünyanın ihtiyacı olan şey, insan uygarlığı adına daha büyük zorlukların üstesinden gelmek için bu malzemelerin üretim süreçlerinin sürdürülebilir olmasıdır. Dahası, teknolojilerle bilimlerin yakınsaması ileri malzemeler ve nanoteknolojiden olası en büyük kazancın elde edilmesine yardımcı olacaktır. Örneğin, yapay zekâ ve robotbilim platformlarının gelişmesinin olgun start-up ekosistemlerinin gelişmesiyle birleşmesi bu alandaki inovasyonları hemen hızlandırabilir.

İdeal durumda, ileri malzemelerin bileşenleri ekolojik sorumluluk gözetilerek temin edilir, yeryüzünde bol olan hammaddelerden bir araya getirilir ve döngüsel bir ekonomiyle iyi bir şekilde bütünleştirilmiş yeşil süreçler kullanılarak üretilir. Ayrıca çevreye en az zarar verecek şekilde zehirliliği düşük olur. Bununla birlikte, kendi başına piyasa etmenleri –tüketici talebi ve itibar riski dahil– yeni malzemelerin imalatçılarına yol açtıkları çevresel etkilerin sorumluluğunu kabul ettirmeyi başaramayabilir.

Yeni malzemeler pazara sunuldukça bu malzemelerin etkili bir şekilde geri dönüştürülmesi, başka bir amaçla kullanmak üzere

yeniden hazırlanması ve yeniden kullanımına dönük stratejiler uygulanması gerekiyor. İmalatçıların çevresel etkiler konusunda sorumlu davranmasını sağlamada tüketici etmenleri ve itibar risklerinin yanı sıra hükümet düzenlemeleri de büyük önem taşıyor. Neyski Dördüncü Sanayi Devriminin diğer teknolojileri, sürdürülebilirlik hedeflerimize ulaşmak için bu yönetim alanında inovasyon odaklı çözümler sağlıyor. Örneğin, malzemelerin blok zinciri teknolojileriyle bütünleştirilmesi, onların tedarik kaynağı ve geri dönüşüm menşeiyle ilgili güvenilir kayıtlar sağlanması için küresel bir veritabanı uygulanmasına yardımcı olabilir. Ek olarak, veritabanları farklı sektörlerin oyuncuları arasındaki bağlantıyı geliştirebilir ve böylece birbirlerinin atıklarına değer ve geri dönüştürülebilirlik fırsatları katma olanağı elde ederler.

Dikkat edilmesi gereken başka bir konu da yeni teknolojilerin kârlılığıdır. Malzemelerin üretiminde daha yüksek bir performans ve daha düşük bir maliyet için gerekenler kâr-zarar hanesini etkiliyor. Örneğin, insanlık şimdiye dek kentsel şebekeler için ihtiyaç duyulan ölçekte enerji depolamadı. Yenilenebilir enerjiye geçiş için bu enerji kaynaklarının doğasında olan aralıklı, kesintili üretim olanağı

Şekil 18: Önemli Teknolojilerde Kullanılan Kimyasal ve Gelişmiş Malzeme Ürünlerinden Örnekler

		Önemli inovasyonların büyüme oranları	Kimyasal ve gelişmiş malzemelerden uygun ürün örnekleri
MOBİLİTE	 Elektrikli araçlar	Elektrikli araçların yıllık satışı 2020: 4,9 milyon	Plastik, bileşikler ve batarya teknolojileri
	 Dronlar	Dronlar için pazar hacmi* 2015: 10,1 milyar dolar 2020: 14,9 milyar dolar	Plastik, bileşikler ve batarya teknolojileri
MOBİL VE AKILLI CİHAZLAR	 Akıllı telefonlar ve tabletler	Kullanımdaki mobil aygıtlar 2015: 8,6 milyar 2020: 12,1 milyar	Alt malzeme, arka düzlem, şeffaf iletkenler, baryer folyeler ve fotorezistler
	 Esnek ekranlar (örn. giyilebilir aygıtlar, VR, TV'ler)	AMOLED** ekran pazarı 2016: 2 milyar dolar 2020: 12,1 milyar dolar	Alt malzeme, arka düzlem, şeffaf iletkenler, baryer folyeler ve fotorezistler
BAĞLANIRLIK VE BİLİŞİM	 Yüksek hızlı internet	Sabit geniş bant hızı 2015: 24,7 Mbps 2020: 47,7 Mbps	Ultra saf cam klorosilan
	 Daha etkili ve daha küçük entegre devreler	İşlemci mantık geçidi uzunluğu 2015: 14 nm 2019: 7 nm	Yalıtkanlar, koloidal silika, fotorezistler, verim artırıcılar ve köşe düzelticiler

*Savunma, ticaret ve iç güvenlik sektörleri

**Aktif matrisli organik LED

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu (2017)

nedeniyle binlerce teravatlık enerji depolaması yapmak gerekiyor. Büyük miktarlarda enerji depolamanın maliyetlerini düşürmek için yapılan bir inovasyon var: Akış bataryası (*flow battery*). Bu bataryalar enerji depolamak için umut vaat ediyor ama enerji pazarlarında rekabet edebilmeleri için bu bataryalardaki yüksek performanslı zar ve elektrolitlerin maliyetinin yarı yarıya düşürülmesi gerekiyor. Bununla birlikte, bazı akış bataryaları vanadyum gibi geçiş metalleri içeriyor ve bunlar yaygın bir temiz enerji senaryosu için gereken enerjiyi depolamaya yetecek kadar bol bulunan metaller değil.

Malzemelerin keşfi, geliştirilmesi ve uygulamaya geçirilmesi her zaman yoğun sermaye gerektirir. Bunlar ayrıca uzun zaman alır; yeni malzemelerin kullanıldığı teknoloji genellikle 10 ila 20 yıllık temel ve uygulamalı araştırmanın ardından pazara ulaşmaktadır. İşte bu noktada da Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojileri yararlı olabilir. Yapay zekâ ve robot teknolojisiyle bağlantılı büyük malzeme veritabanları malzemelerin keşfedilmesi konusunda bütünsel, hızlandırılmış bir süreç vaat ediyor. Malzeme keşfinin ilerlemesinde diğer bir zorluk —ve aynı zamanda bir fırsat da—endüstri dikeyleri arasında bilgi aktarımıdır. Malzeme keşfiyle ilgili mevcut iletişim hatlarının bütünleşik platformlara dönüştürülmesi hükümet, endüstri ve start-up paydaşlarının desteğini gerektirir. Endüstriyi ilerletmek için sürekli araştırma ve uzun dönemli yatırımlar kadar çoklu paydaşlar arasında iletişim de gerekecektir.

İleri Malzemelerin Yaygınlaşan Uygulamaları

Hazırlayan: Bernard Meyerson, İnovasyon Bölümü Başkanı,
IBM Corporation, ABD

İleri malzemelerin yaşam maddeleri olduğunu ileri sürmek muhtemelen gerçekliği yansıtmaz. Tarihsel açıdan bakıldığında Taş Devri, Bronz Çağı ve Demir Çağı gibi toplum

tasvirleri terminolojisinin de gösterdiği gibi malzemelerdeki ilerlemelerin dönüşümsel gelişmeler olduğu açık. Bu devirlerin her birinde aletlerde sağlanan evrim dünyadaki yaşamı devrimcileştirdi, ama son zamanlarda bu evrimin hızı korkunç derecede arttı.

Bir karşılaştırma yapmak gerekirse, sadece tek bir sistemdeki malzemelerde, yani yarıiletkenlerde sağlanan ilerleme modern toplumu devrimcileştirdi. Bilgi işlem ve iletişim teknolojilerinin kullanımının her tarafa yayılması, yarıiletken teknolojisinde son kırk yıl içinde milyon katı geçen ilerlemenin bir sonucu. Kabaca kırk yıl içinde, ~4,000 baytlık bilgisayar belleği kullanarak aya insan gönderme aşamasından rutin olarak 64 milyar baytlık veriye erişim sağlayan akıllı telefonlara ulaştık ve bu gelişmenin temelinde malzeme bilimindeki olağanüstü ilerlemeler yatıyor. Bu noktada bir sıkıntı, böyle bir trendin sonsuza dek devam etmeyecek olmasıdır ve uzun süredir yerleşik hale gelmiş olan trendlerde yaşanabilecek süreksizlikler son derece yıkıcı olabilir.

İstikrarlı ilerlemeler transistör katmanlarındaki yarıiletken malzemelerin boyutlarını kalınlık bakımından atom boyutlarına indirdi. Bu boyutlarda, kuantum mekaniğine özgü davranışlar ortaya çıkar ve malzemeyi bir sonraki nesle ait uygulamalar için yetersiz hale getirir. Böyle olunca da ilerleme için alternatif yollar arayan yeni malzeme araştırmaları, bundan etkilenen sektörlerin en önemli odak noktalarından biri haline gelir. Bu zorluğun muazzam büyüklüğü fark edilince, bilişim teknolojisindeki yeni ilerlemelerin hangi konuda olacağı ve bu amaç için gereken beceriler hakkındaki büyük değişimi görmek şimdiden mümkün olur.

İleri malzemeler geliştirmekle ilgili çabaların neredeyse hepsinin toplumsal bir etkisi vardır. Aslında bu çabaların toplumsal etkileri ve karşılıklı bağımlılıkları oldukça büyüktür. Önümüzdeki yirmi yıl içinde birkaç milyar kişi daha eklenecek

olan küresel topluma içme suyu sağlama sorununu bir düşünün. Mevcut yeraltı su tabakaları ve rezervler tükenmiş durumda olduğu için enerji yoğun su kaynakları, örneğin tuzsuzlaştırma uygulaması, mevcut kaynakların takviyesi bakımından son derece önemli bir araç haline geliyor. Eğer bu seçenek yeterince ölçeklendirilecekse bu sürecin altında yatan ters geçişim (ozmoz) yoluyla arıtma uygulaması şimdiye kadar olduğundan daha etkili zar (membran) malzemeleri talep edecektir.

Bununla birlikte, zarlardaki önemli iyileştirmelerle bile söz konusu çaba çok büyük enerji kaynakları gerektirecektir. Yine, bu zorlu sorunu çözmek için ileri malzemelere ihtiyaç olacaktır.

Küresel ısınmaya ek yük getirmeden enerji üretebilmek enerji üretiminde kullanılan malzemelerde önemli ilerlemeler gerektirir. Fotovoltaik piller, ısı güneş enerjisi, rüzgâr gücü vb. sistemlerle yenilenebilir enerji üretmenin farklı biçimleri kendi malzeme sistemlerindeki gelişmelerden yarar görebilir. Belki daha da önemlisi, pil teknolojilerini çok geliştiren malzemeler aracılığıyla bu tür enerjilerin etkili bir şekilde depolanma ve kullanıma sunulma olanaklarının geliştirilmesi bu tür yenilenebilir kaynakları daha pratik hale getirerek geleneksel üretim kapasitesinin yerini almasını kolaylaştırır. Paralel bir damarda, nükleer yakıtın kapsüllenmesine olanak veren gelişmeler, potansiyel olarak, bir arıza durumundaki pasif havalı soğutma ve yakıt kısıtlaması düşünüldüğünde doğası gereği güvenli olan gazlı soğutmayı kullanan ekonomik nükleer reaktörlere zemin hazırlayabilir.

Toplum azalan doğal kaynaklarımız üzerinde sürekli artan taleplerle uğraşırken karşımızda duran küresel zorluklar, sayısız teknik ve toplumsal alanda ortaya çıkan sorunları azaltma potansiyeli sunan inovasyonlar yapmaya devam etmemizi gerektiriyor. En baskı yapan sorunlarımıza çözümler geliştirmede büyük umutlar vaat eden seçeneklerden biri malzemelerdeki gelişmeler olacaktır.

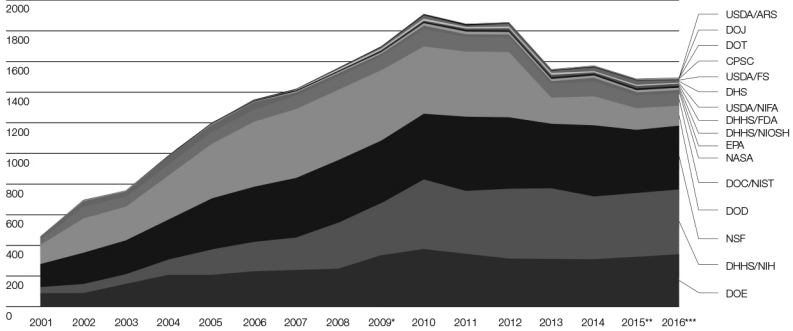
Esinlenme, işbirliği ve sermaye yatırımı

Malzeme bilimi ve nanoteknolojinin sağladığı ortak yararlar işbirliğine dayalı çabalar gerektiriyor. Keşif için çokdisiplinli bir işgücünün oluşturulması, ileri malzemelerin imalatı ve bütünleştirilmesi akademi, hükümet ve endüstri çevrelerinden destek gerektirecektir. Bu konular çevresinde kurulacak uluslararası koalisyonlar ileri malzemeler gündemini ileriye taşımak için çok önemlidir. Neyse ki bu alanda işbirliğine dayalı çabalar zaten var: Örneğin, Malzeme Genomu İnisiyatifi gibi araştırma projeleri ve ileri enerji malzemeleri keşfetmek için bir platform kuran 23 ülkeden oluşan Mission Innovation koalisyonu gibi uluslararası koalisyonlar.

Yeni malzemelerin keşfedilmesini ve kullanıma sokulmasını hızlandırmak için zaten kimya sektörü de diğer inovasyon modellerinden yararlanıyor. Örneğin, yazılım sektöründe, deneyimli risk sermayesi ve start-up ekosistemleri olan büyük sektör oyuncularının birleşimi verimli bir gelişme ve büyüme döngüsü başlatmıştır. Yeni malzemeler alanındaki start-up sahnesi çok enerjik değil –ama uygun bir altyapı ve teşvikler sunan malzeme “kuluçka” merkezleri bunu değiştirebilir. Bu bilim ve teknoloji alanının uzun dönemli doğasının farkında olan yatırımcıların bu potansiyeli fark etmeleri gerekir. Doğru bir destekle genç şirketler, uygun etkileşim kültürleri ve mekanizmalarına bağlı kalarak büyük çokuluslu konsorsiyumlarla bir arada var olabilir.

Gelişmeyle ilgili böyle bir havuz, yeni teknolojiler ve sektörler için temel işlevi gören malzemeler yaratarak karşılıklı olarak yararlı ama aynı zamanda altüst edici inovasyon sonuçları elde edilmesini sağlayabilir. Yüksek düzeyde radyasyona dayanıklılık gibi daha önce benzeri görülmemiş özelliklerdeki malzemeler, uzun mesafeli insanlı uzay yolculuğu ve nükleer füzyon gibi teknolojilerin sıradanlaştığı uzak gelecekte bu tür uygulamaları destekleyecektir. Örneğin, uzay kolonilerinde hammadde kaynaklarıyla yerinde imalat için minyatür modüler fabrikalar geliştirilmesi ve faaliyete geçirilmesi

Şekil 19: ABD Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifi Fonu On Yıldan Uzun Bir Süredir 1 Milyar Doların Üzerinde



* 2009 rakamları Amerikan Toparlanma ve Yeniden Yatırım Yasası fonlarını kapsamıyor

(DOE: 293 milyon dolar, NSF: 101 milyon dolar, NIST: 43 milyon dolar ve NIH: 73 milyon dolar).

** 2015 yılı karar verilmiş düzeylere göre hesaplanmıştır ve uygulama planları kesinleşince değişebilir.

*** 2016 Bütçesi.

Kısaltmalar: USDA/ARS: Tarım Bakanlığı/Tarımsal Araştırma Servisi / DOJ: Adalet Bakanlığı / DOT: Ulaştırma Bakanlığı / CPSC: Tüketici Ürünleri Güvenliği Komisyonu / USDA/FS: Tarım Bakanlığı/Orman Servisi / DHS: İç Güvenlik Bakanlığı / USDA/NIFA: Tarım Bakanlığı/Ulusal Gıda ve Tarım Enstitüsü / DHHS/FDA: Sağlık ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı/Gıda ve İlaç Dairesi / DHHS/NIOSH: Sağlık ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı/Ulusal İş Güvenliği ve Sağlık Enstitüsü / EPA: Çevre Koruma Ofisi / NASA: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi / DOC/NIST: Ticaret Bakanlığı/Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü / DOD: Savunma Bakanlığı / NSF: Ulusal Bilim Vakfı / DHHS/NIH: Sağlık ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı/Ulusal Sağlık Enstitüsü / DOE: Enerji Bakanlığı

Kaynak: Amerikan Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifi (2017)

o dönemde insanlık için dönüşüm niteliğinde bir gelişme olacaktır, tıpkı bugün üç boyutlu yazıcıların gerçekleştirdiği dönüşüm gibi.

Dördüncü Sanayi Devrimi ilerledikçe dünyamız malzeme sorunlarının çözülmesine ihtiyaç duyacaktır. Malzeme sorunlarının çözümü ise uzun dönemli bakış açılarına ve yaratıcı düşüncelere sahip liderlere, riskin azaltılması önceliğine odaklanabilen bireylere ihtiyaç duyacaktır.

2000'lerin başında nanoteknolojiler çok dikkat çekti; nano parçacıkların potansiyel riskleri, nano kirleticiler ve ünlü “gri yapışkan” (*grey goo*) üzerinde duruldu. O zamandan bu yana, farklı hükümet kurumlarına ayrılan hükümet fonları arttı (Şekil 19). Nanoteknolojiye duyulan ilgi ve paydaş kaygıları, Uluslararası Risk Yönetim Konseyinin kozmetik ve gıda sektörlerindeki politika briefingleri gibi uluslararası tavsiyelere yol açtı. Bununla birlikte, şu anda yapılan daha kapsamlı tartışmalarda güvenli alanlara sızabilecek

nano robotlardan ve nano sensörlerden kaynaklanan gizliliği ihlal risklerinin yanı sıra patlayıcılar ve kimyasal silahlar üretmek için kullanılan nano malzemelerden kaynaklanan güvenlik riski ele alınıyor. Tasarımlanmış malzemelerin insan sağlığı ve çevreye vereceği geri döndürülemez zararları da eklerseniz birçok konuyla ilgilenmemiz gerekiyor.

Bununla birlikte, gelişmiş malzemelerin ve nanoteknolojilerin uygulanabileceği alanların çeşitliliği her alana uygun standart bir politika çerçevesi yaratmayı zorlaştırıyor. Endüstrinin malzemelere bağımlılığı, uygun sorunları ele almaktan başka bir alternatif bırakmıyor. Riskleri yönetmek ve malzemelerin geliştirilmesinde inovasyona yönelik esin vermek için paydaş koalisyonlarının göz önünde bulundurulması gereken kaygılar arasında şunları sayabiliriz:

- Teknoloji uygulaması yoluyla ya da teşvik yapıları ve davranış değişikliği yoluyla çözülebilecek sorunlar üzerinde görüş birliği sağlanamaması. Gelişim eğrisinin farklı aşamalarında olan ülkelerin, ekonomik avantaj elde etmek için risklere farklı düzeylerde göz yumabileceği düşünülürse önceliklerin uluslararası düzeyde bir düzene sokulması son derece önemli. Paydaşların uluslararası iletişim ve küresel yönetim oluşturmak için işbirliği yapmaları gerekiyor.
- Yeni malzemelerin ve nanoteknolojilerin ekolojik etkileri ya da sağlıkla ilgili konular üzerindeki etkisi hakkında fazla bilgi olmaması standart politikalar oluşturmada sorunlar çıkarır. İnsanlar ve çevre için sağlık ve güvenliği önceleyen araştırmaların, uzun süreli çalışmaların ve kurumsal ilkelerin artması, nanoteknolojilerin potansiyel olarak zararlı uygulamalarıyla ilgili korkuları yatıştırabilir.
- Fikri mülkiyet sorunları, alanda neler olup bittiğini daha iyi anlamayı sağlayabilecek bilgi paylaşımını teşvik etmeyi engeller. Nelerin başarılı olduğu konusunda net bilgiler olmayınca riskin azaltılması ve güvenlik konularında etkili politikalar yaratmak

da güçleşir. Paylaşımın önündeki yasal engelleri azaltmak inovasyonu teşvik etmeye yönelik ek bir yarar getirebilir.

- Gelişmiş malzemelerin ve nanoteknolojilerin üretimini ölçeklendirmenin ekonomik fizibilitesi zorlu bir sorun haline geldikçe sınır aşırı ilişkileri etkileyecek çevresel ya da sağlıkla ilgili yaygın dışsalıklar oluşma potansiyeli artar. Bu dönüştürücü teknolojilerin uygulamasını yönetmek için iş ve eylem birliğine dayalı bir uluslararası liderliğe ihtiyaç duyulacaktır.

Beş kilit fikir

1. Malzeme bilimindeki gelişmeler dünyayı düzene sokan ve yaşamlarımızı etkileyen teknolojilerin olanaklarını artırıyor. Gelişmiş malzemelerin bileşenleri her sektördeki teknolojilerin birer parçası olacak ve ekolojik olarak sorumlu bir şekilde temin edilmeleri gerekecektir. Üreticiler de çevreyle ilgili sorumluluğu değer zincirindeki alt katmanların üzerine atmak yerine kendileri üstlenmek zorunda kalacaktır.
2. Yatırımdan pazara malzemelerin geliştirilme süreleri genellikle çok uzun (on yıllar alıyor) ve büyük sermaye istiyor. Veritabanları geliştirmeye ve makine öğrenmesini bütünleştirmeye yatırım yapmak bu sürelerin kısalmasına yardımcı olabilir ama yatırımda uzun dönemli bir yaklaşımın olmaması inovasyon döngüsünü tehdit eder.
3. Teknolojilerin yakınsaması ve bunun sonucunda ortaya çıkan inovasyon fırsatları, yeni malzemelerle ilgili gündemi ileriye taşımak için uzmanların, hükümet ve endüstri çevrelerinin işbirliği içinde çaba harcamalarını gerektirecektir. Örneğin, fon sağlamak ve diğer teknolojileri, örneğin dağıtık hesap defterleri gibi teknolojileri devreye sokmak, güvenilir malzemeler tedarik etmek için

veritabanları yaratıp sürdürmeye yardımcı olabilir ve malzemelerin menşeiyle ilgili kayıtları iyileştirebilir.

4. Gelişmiş malzemeler ve nanoteknolojiyle ilgili riskler ve çok paydaşlı işbirliğine duyulan ihtiyaç, konuyla ilgili sorunların çeşitliliğine vurgu yapıyor ve standart bir çerçevenin muhtemelen en iyi strateji olmadığı anlamına geliyor. Nanoteknolojilere tepki –yatırım, gözetim, politika tavsiyeleri– toplumun, uzmanların ve düzenleyicilerin benzer sorunlara nasıl yaklaştığı konusunda düşünmek için iyi bir örnek olay çalışmasıdır.
5. Sorunlarla ilgili görüş birliği olmaması, ekolojik etkiler hakkında bilginin az olması, fikri mülkiyet engelleri, sınır aşırı uygulamalarla ilgili riskler ve ölçeklendirmenin önündeki bilgi paylaşımı engelleri ileri malzemelerin önündeki önemli sorunlar arasındadır.

Eklemleri İmalat ve Çok Boyutlu Yazıcılar

Günümüzün en zengin toplumlarında insanlar eşyalarını ve yiyeceklerini fiziksel tedarik zincirleri aracılığıyla dünyanın herhangi bir yerinden temin edebiliyor. 3D yazıcılar bunu tamamen değiştirebilir. Gelecekte, giyim, elektronik ve alet gibi kişisel tüketim ürünleri kadar endüstriyel ürünlerin ve yedek parçaların da yerel üretimini yeniden canlandırabiliriz. Ürünler için coğrafya ve kültüre özgü pek çok tasarım dijital olarak hâlâ dünyanın her yerinden edinilebilir ama ürünlerin kendisi kendi şehir ya da bölgelerimizde üretilebilir. Ürünlerin tedarik zinciri ve fiziksel hareketi bundan zarar görebilir. Ayrıca lojistik şirketleri ve son yüzyıllarda küresel ticarete aracılık etmiş olan merkez bölgeler de bundan olumsuz etkilenebilir. Önceki sanayi devrimlerindeki teknolojilerin aksine, bu teknoloji imalat olanaklarımızı artırırken fiziksel malların değiş tokuşunu da azaltma potansiyeline sahip.

3D yazıcılar hızla ana akım olmaya doğru ilerliyor olsa da bu günlerde hâlâ çok yaygın değil. Bant genişliği arttıkça, verilerle ilgili düzenlemeler çağı yakaladıkça ve büyük boyutlu dosya aktarım konuları daha az sorunlu hale geldikçe 3D yazıcılar moda ürünlerinden tıbbi implantlara kadar ürünlerin tasarım ve kişiselleştirilmesi için yeni fırsatlar sunacaktır. Ürünler, aynı ürünlerin rakip versiyonlarını sunan çeşitli tedarikçileri

Katkı: Phill Dickens, Üretim Teknolojisi Profesörü,
Nottingham Üniversitesi, İngiltere.

olan dijital çözümler haline gelebilir. Ama üretimin kökten demokratikleşmesi anlamına gelen bu senaryo aynı zamanda riskler de yaratıyor. En azından, mevcut düzenleme çerçevesine meydan okuyabilir ve ekonomik kalkınma için düşük maliyetli işgücüne bel bağlayan düşük gelirli ülkelerdeki sanayileşme modelinin altını oyabilir. Azami etki olarak ise tedarik zincirlerini ortadan kaldırabilir ve internet hizmet sağlayıcılarını nakliyat şirketleriyle doğrudan rakip haline getirebilir. Her iki durumda da 3D yazıcı kullanımı ciddi, zorlu görevler getirecek ve sektörlerle hükümetlerin tüm dikkatini bu konuya vermelerini gerektirecektir.¹⁴¹

Üretimi merkezlesltirmek ve yeniden düzenlemek

“3D baskı” ve “eklemeli imalat” terimleri, malzeme katmanlarına sürekli eklemeye fiziksel bir nesne yaratma süreçlerini ifade ediyor. Eklemeli imalat talaşlı imalatla olduğu gibi malzeme eksilterek fiziksel şekillerin ortaya çıktığı ya da plastiklerin enjeksiyon kalıplamasında veya metallerin dökümünde olduğu gibi bir miktar malzemenin şeklinin değiştirildiğı geleneksel imalat süreçlerinden farklıdır. Bununla birlikte, bu terimler, nesnelerin üretim sonrasında zamanla değıştiğı organik doku biyobasımı ya da 4D baskı gibi teknolojinin en ileri olanaklarını tam olarak ifade etmiyor.

3D baskı süreçleri 25 yılı aşkın bir süredir var. Bununla birlikte, son zamanlarda daha küçük, daha ucuz, daha iyi ve daha çok-yönlü hale geldikleri için daha fazla ilgi çekiyorlar. Artık ürünlerin çok karmaşık malzeme özellikleri, ayrıntılı yüzey tesviyeleri ve işleme hassasiyetleri var. Çoğu kişinin 3D baskıyı hâlâ küçük plastik nesnelerle ilişkilendirmesine karşın şu anda metal, seramik ve beton gibi baskı malzemelerinin yanı sıra grafen (ince, güçlü ve esnek), semente karbür (öğütücülerde ya da delicilerde olağanüstü dayanıklı) ve ekolojik, biyolojik tabanlı malzemeler (yani plastiğın alternatifleri ve makarna gibi gıda malzemeleri) kullanılabilir.¹⁴² Çok malzemeli 3D baskı zaten mevcut ve yaygınlaşacak gibi görünüyor.

3D baskı çok daha düşük hacimlerde ekonomik olarak üretim yapmayı kolaylaştırır ve teslim sürelerinin kısılmasını ve nakliye giderlerinin düşmesini sağlar. Bu durum buhar gücünün malları nakletme maliyetini düşürdüğü ilk Sanayi Devrimiyle başlayan üretimin tüketimden ayrılması eğilimini tersine çevirebilir. Bu eğilim konteynır taşımacılığı ve teknolojik koordinasyondaki son gelişmelerle de devam etti ve işgücü bakımından zengin ülkelerdeki imalatın bugünün gelişmekte olan ülkelere aktarılmasına olanak verdi. 3D baskı şu andaki büyüme eğilimiyle tüm imalat sistemini –üretim, deniz taşımacılığı, lojistik, nakliyat, altyapı, inşaat, perakende satış ve uzay-havacılık şirketlerini– altüst edebilir ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki hükümetler, ekonomiler ve iş pazarları üzerinde çok büyük etkiler yaratabilir.¹⁴³

3D baskının ilerlemesi Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerindeki diğer ilerlemelerle uyumlu olacaktır. Veri üretme ve toplama amaçlı sensörler, devindiriciler ve güç kaynakları aracılığıyla 3D yazıcılara kazandırılacak zekâ sayesinde gitgide siber-fiziksel sistemler için ısmarlama akıllı parçalar üretme olanağı da elde edecektir. Bu arada, yeni bilişim teknolojileri, nanoteknoloji, gelişmiş malzemeler ve biyoteknoloji, geleceğin üretim tesislerinde nasıl kullanılacağını belirleme konusunda vizyon sahibi bireyler için fırsatlar yaratarak 3D baskı teknolojisinin gelişimine katkıda bulunacaktır.

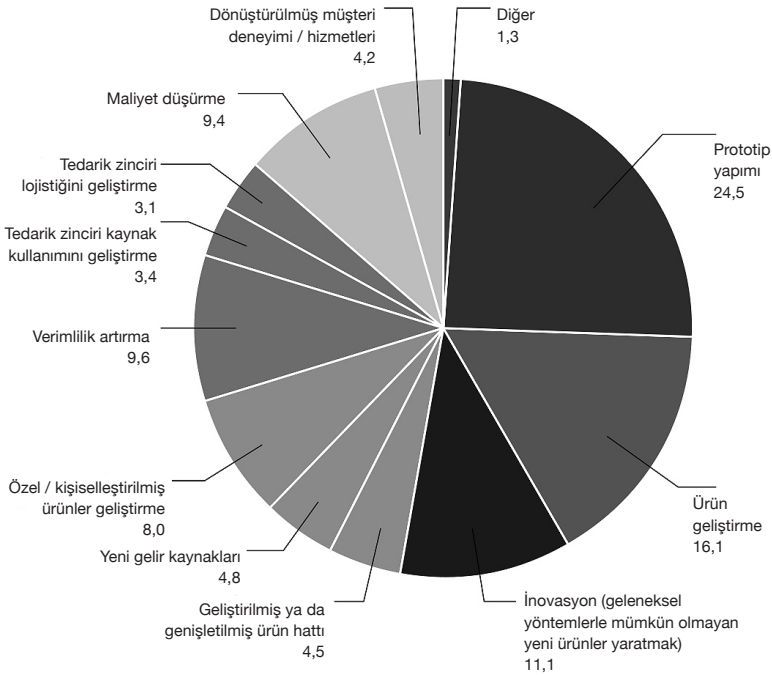
3D baskı henüz ana akım haline gelmedi. Şu anda küresel üretimin sadece yüzde 0,04 kadarını ve ABD’de üretilen tüm ürünlerin yüzde 1’inden azını temsil ediyor.¹⁴⁴ Bununla birlikte, sektör hızla büyüyor. Gartner’a göre, 2016’da küresel olarak yarım milyon 3D yazıcı sevkıyatı yapıldı –bu rakam 2015’tekinin iki katı– ve 2020’ye dek rakamın 6,7 milyona çıkması bekleniyor.¹⁴⁵ Wohlers’a göre, eklemeli imalatın yıllık büyüme oranı yüzde 25’in üzerinde.¹⁴⁶ PricewaterhouseCoopers firmasının 2016’da yaptığı bir saptamaya göre ise ABD’deki üreticilerin yüzde 52’si 3D baskının önümüzdeki üç ila beş yıl içinde yüksek hacimli üretim için kullanılacağını tahmin ediyor ve yüzde 22’si aynı zaman dilimi içinde tedarik

zincirlerinde yıkıcı bir etki bekliyor.¹⁴⁷ Bu demektir ki 3D yazıcıların büyüme eğrisi tipik hokey sopası büyüme modelini yansıtacak, yani büyüme hızla yataydan dikeye dönecek.¹⁴⁸

Kitlesel kişiselleştirme: Moda ürünlerinden yazıcıyla yapılan organlara

3D baskı benzeri görülmemiş bir tasarım özgürlüğü sunuyor ama değer zincirinin neredeyse her noktasında kullanılabilir (Şekil 20). Boeing ve GE gibi şirketler montaj gereksinimini azaltan yeni

Şekil 20: Eklemeli İmalatın Kullanıldığı Yerler



Kaynak: Gartner (2014)

parçalar üretiyor. Parçalar daha hafif üretilebiliyor, dışarıdan gelen malzemeler azalıyor, ağırlığı azaltmak ve ısı aktarımını artırmak için kafesler kullanılıyor. Kalite kontrolü de değişiyor. Büyük miktardaki üretim partilerinden örneklem almak yerine, her bir katman yerleştirildikçe parçanın içi online kontrol sistemleri tarafından biçim, tolerans ve malzeme özellikleri açısından denetleniyor. Dağıtık üretim için kullanılan dijital şablonların doğruluk ve güvenliğini sürdürmek son derece önemli hale geliyor.

Düşük hacimler ve tasarım özgürlüğü bir araya gelerek talebe uyarlanmış üretimi daha uygulanabilir hale getiriyor. Kişiselleştirilmiş moda ürünleri yaygınlaşıyor. Bir yandan da talebe uyarlanmış 3D baskının tıbbi alandaki kullanımında kişiselleştirilmiş diş hekimliği uygulamaları, kulak içi işitme cihazları ve ortopedik implantlar üretiliyor. Aslında 3D baskı muhtemelen bütün sağlık sektöründe devrim yaratabilir. Nüfus yaşlandıkça ve teknoloji yaygınlaştıkça tıbbi ürünlerin evde basıldığını görebiliriz. Daha şimdiden kontrollü bir sırayla ve kontrollü bir oranda sunulabilen çoklu etkin maddeleri olan haplar basabiliyoruz. Hükümetler ve ilaç şirketlerinin yeni düzenlemeler ve iş modelleri üzerinde düşünmeleri gerekecek.

Biyobaskı, yani canlı doku basımı da istikrarlı bir şekilde gelişiyor. Muhtemelen gelecekte talep üzerine organlar bir bütün olarak basılabilecek. Bu teknoloji ilk başta muhtemelen sadece varlıklı bir azınlık tarafından kullanılabileceği için sağlık ve uzun ömürlülük konularında eşitsizlikleri artırarak etik ve toplumsal sorunlara yol açacaktır. Özellikle tüketicilerin ya da suçluların insan genomunu hack'leme potansiyeli kapsamlı bir araştırma ve düzenleme yapılmasını gerektirecektir. Bazıları insan bedenini bir sanat eserine veya bir üretim makinesine, hatta bir silaha dönüştürmek için dijital olarak kontrol edilen analog araçları kullandığında toplumun, maddi nesneler olarak biyolojimizle ilgili önemli sorunlarla yüzleşmesi gerekir.

21. yüzyılda sanayileşme

3D baskı küresel değer zincirleri kadar üretim ve tüketim sistemlerini de dönüştürmeye başlıyor. Bu teknoloji, öncülüğü merkezleri Küresel Kuzey'de bulunan şirketler tarafından yapılan teknolojidir ve 3D baskının çoğu ülke içinde tutulmaktadır. Örneğin, 2012'de 3D baskı sistemlerinin yüzde 40'ı Kuzey Amerika'da, yüzde 30'u Avrupa'da, yüzde 26'sı Asya'da ve sadece yüzde 4'ü diğer bölgelerde kuruluydu.¹⁴⁹ Bazı durumlarda 3D baskılı ürünlerin etkileri görece az olabiliyor ve teknolojiyi üretimin çeşitli aşamalarında uygulayarak mevcut değer zincirlerini tamamlayabiliyor. Bazı durumlarda ise çok daha yıkıcı etkiler yapabiliyor; 3D baskılı ürünler düşük beceri isteyen, emek yoğun ve düşük katma değerli işlevlerin yerini tamamen alabiliyor.¹⁵⁰ Eğer bunun sonucunda üretim büyük ölçekli olarak gelişmiş ülkelere geri dönerse gelişmekte olan ülkeler, emek yoğun, düşük maliyetli üretime dayalı sanayileşme stratejilerinin modasının geçtiğini ve işsiz genç nüfuslarının arttığını görebilirler.

Ürün ve hizmetlerin üretim, dağıtım ve kullanımını destekleyen mevcut yasal ve düzenleyici çerçevelerin de yeniden değerlendirilmesi gerekiyor. Örneğin, eğer ürünler yerel olarak bir 3D basım atölyesinde basılıyorsa ürün defolarının sorumluluğunu kim üstlenecek? Ürünün dijital şablonunu sağlayan mı, 3D yazıcının imalatçısı mı yoksa 3D baskıyı yapan mı?¹⁵¹ Bir ürünün 3D baskısını yapmak için gereken verilerin sahiplik haklarını ve sınır aşırı iletimini hangi fikri mülkiyet rejimlerinin yönetmesi gerekiyor? Katma değer vergisi ve gümrük tarife sistemleri buna nasıl uyum sağlayacak?

Çok paydaşlı bir işbirliği ve politika değerlendirmesi gerektiren son bir konu da güvenlik. Silahların 3D baskıyla üretilmesi kontrolden çok yayılmayı teşvik eder çünkü bireyler ve devlet dışı aktörler silahların dağıtımını yerine silahları basmak için gereken dijital şablonların dağıtımını kolayca yapabilirler. Konunun meraklıları daha şimdiden 3D yazıcılarla silah basabiliyor ve teknoloji daha da geliştikçe biyolojik dokular, hücreler ve kimyasallar dahil 3D basılı silahlara karmaşık malzemeler ekleyebilecekler.

Eklemeli İmalat Endüstrisini Olgunlaştırmak İçin Politikalar

Hazırlayan: Phill Dickens, İmalat Teknolojisi Profesörü, Nottingham Üniversitesi, İngiltere

Eklemeli imalat teknolojilerinden yararlanmanın önünde çok engel var. Dünyanın her tarafında bu engeller karşımıza çıkıyor ve çözüme kavuşturulmaları için uluslararası strateji ve politikalar gerekiyor. Bu yönde bir çalışma İngiltere’de şimdiden başlamış durumda.

İngiltere’de geliştirilmekte olan Eklemeli İmalat Stratejisi dünya çapında yaygın olarak görülen yedi engel saptamış bulunuyor:

Sorun	Algılanan yaygın engellerin özeti
Malzemeler	Farklı süreç, makine ve uygulamaların özelliklerini, kalite güvencesini, maliyetleri, kullanılabilirliği (fikri mülkiyet sınırlarını, bağımsız tedarikçileri), karma malzemelerin kullanımını, geri dönüştürülebilirliği, biyoyuumluluğu anlamak
Tasarım	Eklemeli imalat için tasarım konusunda ilkeler ve eğitim programları gereksinimi – eklemeli imalatın tasarım kısıtlamalarının daha iyi anlaşılması, eklemeli imalat becerisi olan tasarımcıların bulunabilirliği, tasarım verilerinin güvenliği
Beceriler ve eğitim	Uygun becerilerin (tasarım, üretim, malzemeler, test) olmamasının benimsenmeyi önlemesi, mevcut işgücünün becerilerinin geliştirilmesi mi yoksa bir sonraki kuşağın eğitilmesi mi, tüketicilerin eğitimi, okullarda farkındalık kazandırma

Maliyet, yatırım ve finansman	Farkındalığı artırmak ve benimsenme konusundaki riski azaltmak için fon sağlanması (test, ölçek büyütme, makine alımı) –özellikle KOBİ’ler için tam maliyetleri (işleme sonrası ve testler dahil), malzemelerin maliyetini anlamak
Standartlar ve düzenlemeler	Standartların (algılanan ya da gerçek) olmaması –tüm sektörler/sektöre özgü (özellikle havacılık, sağlık, motor sporları), süreçler, malzemeler, yazılım ve ürünler için
Ölçme, denetleme ve sınama	Veri kütüphaneleri, test standartları (genel ve sektöre özgü), malzemeler, süreç içi, nihai parça, yüksek hacimler için testler, tahribatsız testler, kalite güvencesinin verilere açık erişimle mi kapalı erişimle mi sağlanacağı
Fikri mülkiyet/koruma/gizlilik	Bilgi paylaşımına açıklığa duyulan gereksinim ile yatırımlardan değer elde etmek için ticari koruma sağlama gereksinimi arasında denge sağlamak, fikri mülkiyet haklarının uygulanması

Beceri ve eğitim sorunu muhtemelen en ivedi ve belki de en büyük sorundur, çünkü çözülmemesi halinde diğer engellerin aşılmasından hiçbir yarar elde edilemeyecektir. Yararları hemen elde etmeye başlayabilmemiz için mevcut işgücüne beceri kazandırılması acil bir ihtiyaçtır. Bununla birlikte, üst yönetimin bu teknolojiye yararlanmaya dönük bir şirket stratejisi geliştirebilmesi için önce kendisinin bir farkındalık ve anlayış kazanma programından geçmesi gerekir.

Çok karmaşık parçaların tasarımı için mevcut bilgisayar destekli çizim sistemlerini kullanmaya çalışmak çoğu zaman dosya boyutlarının çok büyük olmasına yol açar. Bu da yazılımın çökmesine ya da çok yavaş çalışmasına neden olur. Tasarım tamamlanmış olsa bile bu büyük dosyalar veri

aktarımında sorunlar çıkarır. 3D baskıdan tam olarak yararlanmak için tasarımcıların birazcık değiştirilmiş yeni bir ürün üretmekten çok, ürünün fiziğini anlamaları gerekecektir. Bu da çok farklı tasarım araçları ister ve yazılımla yeni etkileşim yolları gerektirir.

Beş kilit fikir

1. 3D baskı ve eklemeli imalat teknolojileri, geleneksel üretim teknolojilerinin başaramayacağı, benzersiz parça ve ürünlerin üretilmesine olanak veriyor. Son 25 yıldır gelişmekte olan eklemeli imalatla artık çok malzemeli ürünler üretilebiliyor. Entegre devreli ve organik dokulu malzemeler kullanılabiliyor.
2. 3D baskı, gıda ve sağlıktan havacılık ve uzaya kadar hemen her sektörü etkiliyor, sipariş üzerine ürün ve hizmetler sunulabiliyor. Eklemeli imalat teknolojileri, ekonomik olarak uygulanabilir düşük hacimli imalata, hızlı prototip üretimine ve üretimde merkezsizleşme ve dağıtıma olanak veriyor. Bu teknolojilerin büyüme eğrisi önümüzdeki on yıl içinde sert bir şekilde yukarıya yönelecektir.
3. Eklemeli imalat teknolojilerinin daha yaygın hale gelmesinin ekonomik sonuçlarından biri üretimin gelişmiş ülkelere geri dönmesi olabilir, çünkü bu teknolojiler düşük maliyetli işgücünün yerini alacaktır. Bu etki, gelişmekte olan ülkeleri, işgücü stratejileri ve istihdam oranlarıyla ilgili kaygılarla baş başa bırakabilir.
4. Bu teknolojiler, ürünlerin tasarım ve üretiminin dağıtık doğası nedeniyle ürün sorumluluğu ya da sahipliği gibi konular üzerinde daha fazla düşünülmesini gerektiriyor. Kaynak bulma ve nesneleri basmanın dağıtık doğası

üzerinde de düşünülmesi gerekiyor, çünkü üretim dosyaları verilere dayanıyor ve bu da veri düzenleme politikalarını da denkleme sokuyor.

5. Dördüncü Sanayi Devriminin diğer teknolojilerinde olduğu gibi, 3D baskının da diğer teknolojilerle, örneğin gelişmiş malzemeler, IoT, blok zinciri ya da biyoteknoloji gibi teknolojilerle birleşimi inovasyon fırsatlarını artırıyor ama aynı zamanda çok paydaşlı işbirliğini temel alan tartışmalar aracılığıyla güvenlik, emniyet ve politika konularında tavsiyeler elde edilmesi ihtiyacını da artırıyor.

Dronların İyi ve Kötü Yanları

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri arasında dronların benzersiz bir yeri var. Blok zinciri, kuantum bilgi işlem ve jeomühendislik teknolojilerinin aksine, dron teknolojisi gelişim aşamalarının çok ötesinde. Dronlar askeri amaçlı olarak kullanımda ve ticari olarak da halka açık bir şekilde kullanılıyor. Ayrıca dronlar havacılık ve uzay, yeni malzeme bilimi, robotbilim ve otomasyon teknolojilerinin yakınsamasını temsil ediyor. Dronlar güvenlik kameraları taşıyabildiği gibi ilaç da taşıyabiliyor; bunların her ikisi de arama kurtarma operasyonlarına destek sağlar. Dronlar bomba da taşıyabiliyor. Elle kontrol edilebildiği gibi buluttan otomatik olarak da kontrol edilebiliyorlar. Böyle çok yönlü bir olanak, dronların ortak yarar amaçlı inovasyondan aşırı uçtaki gündemlere uzanma konusundaki esnekliğini gösteriyor. Dronlar 21. yüzyılın çok amaçlı aletleri olarak görünüyor ve nötr bir teknoloji olduğu izlenimi veriyor, çünkü başkalarına zarar verecek şekilde kullanılıp kullanılmamaları insanların seçimlerine bağlı. Bununla birlikte, diğer teknolojiler gibi dronlar da tasarım, yapı ve amaçları bakımından toplumsal tutumlar ve tercihler içeriyor ve bunlar dronların kullanımını etkiliyor.

Katkı sağlayanlar: David Shim, Doçent, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, Kore Gelişmiş Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KAIST), Kore Cumhuriyeti; Andreas Raptopoulos, CEO, Matternet, ABD; Dapo Akande, Uluslararası Kamu Hukuku Profesörü, Hukuk Fakültesi, Oxford Üniversitesi, İngiltere.

Dronların varlığı neyi değerli bulduğumuza, neyi geliştirmek istediğimize, bu tür aygıtların neler yapması gerektiğine ve bunların vaat ettiği şeyleri başarması için neleri altüst etmeye istekli olduğumuza ilişkin kararlarımızın somut bir göstergesidir.

Dronların geliştirilmesindeki temel motivasyon ekonomik değerdir. Bu, iş uygulamaları için olduğu kadar asker, polis ve belediyeler tarafından kullanımları için de geçerlidir. Dronlar 10 ila 50 kat daha pahalı olan insanlı hava araçlarının yerini alarak askeri keşif faaliyetlerinin maliyetlerini düşürdü.¹⁵² Uçuş eğitimi süresini azalttı ve gözden çıkarılabilir insansız araçlarla milyonlarca dolarlık hava aracını kaybetme olasılığını ortadan kaldırdı. Ticari havacılıkta ise otomatik pilotlar uzun süredir kullanımda; ancak KAIST’de havacılık ve uzay doçenti olarak görev yapan David Shim’e göre, önce helikopter pilotları işlerini kaybedecek gibi görünüyor, çünkü birçok helikopter hizmeti yolcu taşımayla ilgili olmadığı için sorumluluk ve zarar tazminatı daha düşük.¹⁵³ Fabrikalardaki robotların yaptığı gibi, dronların da otomasyon teknolojilerinden kaynaklanan iş kayıplarına katkı sağlama potansiyeli var ya da en azından pilotların yerini sayıları gittikçe artan yer operatörleri alacak. Bu durum, gelecekte yerel hava sahasının çok daha kalabalık olmasıyla sonuçlanabilir. Orta boyutlu dronların döner vardiyalarla çalışan uçuş gözlemcileri tarafından yönetilmesi gerekecek ama küçük dronların sayısı çok artabilir ve izlenmeleri zorlaşabilir.

Dronlar, aramızda çalışan ve bir zamanlar gerçek insanlar tarafından yapılan işleri yapan yeni bir maliyet düşürücü çalışan tipini temsil ediyor. Bize, Dördüncü Sanayi Devriminde toplumun karşısına çıkan daha kapsamlı istihdam sorunlarını anımsatıyor ve işlerinden olanlar için ortaya çıkabilecek iş fırsatlarının türleri konusundaki belirsizliğin altını çiziyor. Matternet CEO’su Andreas Raptopoulos gibi dron teknolojisinin öncüleri, dronların büyük bir değişim yaratacağını, adım adım ilerleyecek bir protokol geliştirme ihtiyacı olduğunu ve tüm bunların çok paydaşlı girdiler gerektireceğini kabul ve ifade ediyor. Raptopoulos’a göre, ticari dronlar söz

konusu olduğunda, bu dronların kamu güvenliği riski oluşturma-
ması temel koşuldur.¹⁵⁴ Bu koşulu yerine getirmek ve kaza, yaralan-
ma ve çarpışmaları önlemek için belediyelerin hava trafiği gözleme,
izleme ve acil durum müdahalesi yapma konularına el atmaları ge-
rekecektir. Daha geniş bir açıdan bakıldığında, savunma bakanlık-
ları insansız hava araçlarının izlenmesi kadar, dron ekosistemini ve
bununla ilgili düzenlemeleri geliştirme konusunda da çalışma yap-
malıdır. Siber güvenlik ve dronların etkisiz hale getirilmesi gerçek
risklerdir. Kaçırılan dronlar tehlike yaratabilir ya da çok kötü amaç-
larla kullanılabilir. Bu tür bir suç etkinliği, operasyonları güvenli
hale getirmek için güvenilir bir şifreleme teknolojisi gerektiriyor.
Ayrıca küçük ve orta büyüklükteki dronların karşıtları, bir mil ka-
dar bir mesafeden bu dronların uçuş sistemlerini etkisiz hale getir-
mek için arazide sinyal bozma yöntemleri geliştirmiştir.¹⁵⁵ Bu tür bir
ekipman bir havalimanındaki kırılgan hava sahasını yönetmeye ça-
lışan güvenlik ekiplerine iyi bir katkı olarak hoş karşılanır ama aynı
zamanda lojistik şirketleri için bir kâbus haline de gelebilir, çünkü
teslimatlar bireysel protestocular tarafından aksatılabilir.

Trafiğin izlenmesi ve yönetilmesi, altyapı görüntüleme ve hava
videografisi için belediyelerin duyduğu gereksinim kadar, artan
şehirleşme, e-ticaret ve sipariş üzerine verilen hizmetler de dron-
ların gelişimindeki etkenler arasındadır. Dronlar çeşitli boyutlar-
da üretiliyor –büyük ulaştırma türleri Uluslararası Sivil Havacılık
Örgütünün kuralları tarafından yönetiliyor– daha küçük dronlar ise
bireysel operatörler tarafından uçuruluyor. Askeri alandaki büyük
uzun menzilli dronlar eğitimli pilotlar tarafından kullanılırken bazı
ticari dronlar sadece birkaç kg ağırlığında olabiliyor ve menzille-
ri kısa ile orta menzil arasında değişebiliyor. Dronların yararlarını
hayata geçirmek için bazı zorlukların üstesinden gelmek gerekiyor.
Bunların en önemlilerinden biri, kontrollü ve kontrolsüz hava sa-
halarında hava trafiği yönetimini yaygınlaştırmaktır. NASA birkaç
yıldır bir insansız hava aracı trafiği yönetim sistemi üzerinde ça-
lışıyor.¹⁵⁶ Google ve Amazon gibi büyük şirketler de konuyla ilgili

olarak kendi konumlarını ortaya koyuyor.¹⁵⁷ İnsanlarla aynı hava sahasını paylaşacak olan ve hatta potansiyel yolcu dronları söz konusu olduğunda insan taşıyacak olan teknolojiler için bu tür düzenlemeler zorunludur. Gizlilik, fotoğraf çekme izinleri, güvenlik, gürültü, ışık kullanımı vb. konularda izlenecek politikalar hakkında da sorular ortaya çıkıyor. Bu tür tehlikeler üzerinde de durulması gerekiyor. Derinlikli bir şekilde düşünülmezse ticari geliştiriciler kritik genel kabulü kaybetme riskiyle karşı karşıya kalırlar.

Teknolojinin pazara ulaşımının son evresindeki çözümler, şimdiye dek çeşitli dron hizmeti olasılıkları açısından en karmaşık kısımlar olmuştur. Bu teknoloji konusunda insanların algısını ve düzenleyicilerin tepkisini yöneten dron üreticileri, toplumsal paydaşların insansız hava araçlarının değerini görmesine olanak verecek bir ölçekte iniş noktaları arıyor. Bazı stratejiler dronları sadece belediyelerin ve acil durum müdahale ekiplerinin kullanımıyla sınırlandırmayı öneriyor ya da dronların ayrıcalıklı bir hizmet olarak sunulmasını ve böylece şirketlere, yerel yönetimlere ve yerel halka dron nüfusunu aşırı artırmadan daha fazla dron deneyimi sunmayı tasarlıyor. Bununla birlikte, Raptopoulos'a göre, uzun dönemli vizyon; makine görüşü, sensörler ve iletişim teknolojilerinin olanakları arttıkça dronların bizim sembiyotik benzerlerimiz haline gelmesi olabilir. 2040'a kadar, bulut tabanlı robotbilim ve yapay zekâ, dron sürülerinin koordinasyon içinde çalışabilmelerini sağlayabilir. Bu dronlar birbirleriyle iletişim kurabilir, birbirlerinden bir şeyler öğrenebilir ve tıpkı otonom ulaşım araçları gibi hareket ederek yeni bölgelerin haritasını çıkarabilir. Aslında, dronlarla dolu bir dünya olasılıklarla dolu bir dünya sunuyor. Açıkçası dronların hükümetler, iş dünyası ve tüketiciler için pek çok iyi yanı var ama bu teknolojinin maliyetinin ve idealler ve tutumlar üzerindeki etkisinin incelenmesi gerekiyor.

Örneğin, dronlar sadece kargoları teslim etme biçimimizi değiştirmiyor; insan hakları hakkında ve silahlı çatışmaların düzenlenmesi üzerinde düşünme biçimimizi de değiştiriyor. Oxford Üniversitesi

uluslararası kamu hukuku profesörü Dapo Akande'ye göre, dronlar devletlerin yerli ve yabancı bireyleri infaz etmesine izin verilip verilemeyeceği hakkındaki ahlaki tartışmayı etkiliyor. Bir teknolojinin bir savaş bölgesinde ya da sivil bir ortamda çatışmaya girme etiğinin sınırlarını belirsiz hale getirebilmesi, bize teknolojinin karar alma konusundaki etkinliği hakkında bir fikir veriyor. Dronlar, özellikle savunma amaçlı öldürmenin maliyetini düşürerek istisnai devlet destekli öldürme eylemini normalleştirebilir. Bu eylemin örnekleri savaştan polis müdahalesine kadar uzanabilir. Bu durum yerleşik angajman kurallarını ve yapılan eylemin sorumluluğunun kime ait olduğu konusunu sorunlu hale getirir. Şu anda bu zor sorunlarla ilgilenen dronları operatörler kullanıyor. Dronlar, insan girdisi olmadan hedeflere saldırma kararı vermelerini sağlayacak görüntü tanıma algoritmalarının yardımıyla çalışan otonom silahlar haline gelirse etik tartışma daha da karmaşık olacaktır. Bununla birlikte, sadece teknolojinin incelenmesi bu zor etik soruları yanıtlamaz. Ne zaman kabul edilebilir davranışlara normatif önlemlerin uygulanacağına ve ne zaman dron kullanılacağına karar vermek toplum ve değerleri açısından ele alınacak bir konudur. Dron etiği sorunu, açık bir alanın altını çiziyor, toplumun yapıcı sınırlamalar getirebileceği ve kendi rolünü ortaya koyabileceği bir alanın.

Yararlar ve bozulmalar çeşitli paydaşlar arasında gerektiği gibi dağılıyor mu ve şirketler kâr zarar denkleminin ötesinde düşünebiliyor mu diye sormamız gerekiyor. Halkın kabulü, küçük ve orta boy ticari dronlar için kritik bir etken. Dronlar toplumsal alanla daha fazla bütünleştikçe şirketlerin halkı bu teknoloji hakkında eğitmesi gerekecek. Başarılı olabilmeleri için dronların tasarım ve yönetiminde halkı ilk sıraya yerleştiren bir yönelim görünür olmalı ve kurumsal düzeyde benimsenmiş bakış açılarını yansıtmalı. Raptopoulos'a göre, "Yaratıcının ahlaki bir sorumluluğu var". Şirketlerin dronların kötü yanlarından kaçınabilmelerinin ve toplumsal paydaşlara onları dinlediklerini göstermenin yollarından biri, önce dronların etkisinden kaynaklanan bu yararlar ya da zararlar üzerinde düşünülmesidir.

İnsanı Değiştirmek

Biyoteknolojiler

Biyoteknolojiler geleceği değiştirecek, bizi de değiştirecek. şirketler şimdiden reçineden kişisel bakım ürünlerine dek her şeyi üretmek için bakterilerden yararlanıyor; Çinli bilim insanları ise kanserle savaşmak için CRISPR kullandı.¹⁵⁸  ebeveynli tüpte döllenme olarak da bilinen mitokondriyal replasman tedavisi bazı ülkelerde düzenleme kararları verilme sürecinde ve bilim insanları Afrika’daki sivrisinekleri hedef alarak sıtmaya karşı gen güdümü için hazırlık yapıyor.¹⁵⁹ Bunlar sadece şimdi var olan bilimsel gelişmeler. Gelecek ise insan olmanın hem biyolojik hem de toplumsal açıdan ne anlama geldiği konusundaki anlayışımıza meydan okuyacak. Yükselen biyoteknoloji gündemleri insan ömrünü iyileştirip uzatmayı ve fiziksel ve zihinsel sağlığı güçlendirmeyi vaat ediyor. Dijital teknolojileri biyolojik dokularla bütünleştirme fırsatı da büyüyor ve önümüzdeki on yılların neler göstereceği konusu umut ve meraktan korkuya dek uzanan birçok duyguyu uyandırıyor. İyimserler bugün savaştığımız hastalıklardan uzak, daha sürdürülebilir bir dünya tasvir ediyor. Ktmserler ise tasarım bebeklerden ve biyoteknolojinin meyvelerine eşitsiz erişimden oluşan felaket senaryoları konusunda uyarılar yapıyor. Bu karşıt görüşler, yeni biyoteknoloji olanaklarının nasıl kullanılacağı konusundaki tartışmalara dikkat çekiyor ve bilimsel gelişmelerin her birinin ortaya çıkardığı karmaşık soruların altını çiziyor.

Dünya Ekonomik Forumu Biyoteknolojilerin Geleceği zerine
Küresel Gelecek Konseyinin işbirliğiyle yazılmıştır.

Biyoteknolojinin Prometheusvari gücü

Biyoteknoloji sağlık ve tarımda doğayla ilişkimizi yeniden tanımlayabilecek araç ve stratejiler sağlıyor. Dijital teknolojilerde ve yeni malzemelerde son yirmi yılda gerçekleşen gelişmeler genomlar, genetik mühendisliği, tıbbi ürünler ve tanılama gibi alanlarda ileri sıçramalar yapılmasını sağladı. Eski Yunan mitolojisinde Prometheus'un tanrılardan çalıp insanlara verdiği ateş gibi, biyoteknolojinin temsil ettiği güç de bazen insanlık için bir uygarlık sıçraması olarak betimleniyor. Bazıları, biyoteknolojinin liberal demokrasinin temeli olan insanların eşitliği varsayımını ortadan kaldıracıcağı kaygısı taşıyor.

Biyoteknoloji üç önemli açıdan Dördüncü Sanayi Devriminin büyük fırsatlar veren diğer teknolojilerinden ayrılıyor. Birincisi, dijital teknolojilerin yol açtığı değişimlerden daha fazla duygusal tepki uyandırıyor. Özellikle biyolojik sistemleri değiştiren teknoloji DNA'yla oynamayı tehlike ile dans etmek olarak gören birçok insanda huzursuzluk yaratıyor. Bu tepki farklı kültürlerde farklı biçimlerde kendini gösteriyor. Örneğin, ABD'de yaygın bir şekilde kullanılması-na karşın Avrupalılar genetiği değiştirilmiş tarım ürünleri üretmeye istekli değiller ve kök hücre araştırmaları ABD ve Avrupa'da tartışmalı bir konu olduğu halde Çin'de o kadar da tartışmalı değil. İkincisi, biyoteknoloji çok karmaşık metabolik, gen düzenleyici ve sinyal gönderici ağlarla gelişmiş olan canlı organizmalarla ilgilendiği için dijital teknolojilerden daha az öngörülebilirliği var. Bir organizmanın herhangi bir özelliğinde yapılacak bir değişikliğin modellenmesi zordur ve bu özelliklerle oynamak öngörülemeyen sonuçlara yol açabilir. Üçüncüsü, biyoteknolojik gelişme sermaye yoğunudur, pazara sunulması genellikle daha uzun zaman alır ve yüksek risk taşır. Umut veren bir fikir için milyonlarca dolar harlandıktan sonra konuyla ilgili tüm çalışmaların başarısızlıkla sonuçlanabildiği bir alandır.¹⁶⁰

Bununla birlikte, para yatırılıyor. 2015'te, biyoteknoloji için riskli yatırım finansmanı neredeyse 12 milyar dolara ulaştı, borç finansmanı ve takip eden halka arzlar ise 50 milyar doları aştı.¹⁶¹ Bu

paranın çoğu, tanılama ve tedaviye ve farmakogenomik çalışmalarına, yani genlerin ilaçlara tepkiyi nasıl etkilediği üzerinde yapılan çalışmalara gidiyor. Bunlar dijital teknolojinin ilerleyen olanaklarına dayanıyor. Yatırılan milyarlara oranla, sağlık bakımı pazarına giren ürünlerin sayısı çok az. Bunun bir nedeni, biyoteknolojideki araştırmaların çoğunun bölük pörçük olmasıdır. Şimdi bazı araştırmacılar yeni keşiflerin geçerliliğinin onaylanmasını hızlandırmak için işbirliği ve şeffaflığı artırmayı amaçlıyor.

İnsan sağlığında ve doğada biyoteknoloji uygulamaları

Sağlık bakımı konusunda biyoteknolojinin devrim yapması beklenen önemli alanlardan biri, tedavinin genel bir hastaya göre ayarlanmasından çok bireylere göre ayarlandığı kişiselleştirilmiş tıptır (Şekil 21). Kişiselleştirilmiş tıp (KT) kişinin genomik, transkriptomik, proteomik, metabolomik ve mikrobiyomik profili dahil, moleküler yapısıyla ilgili kapsamlı veri gruplarının elde edilebilirliğinin artmasından güç alıyor. Makine öğrenmesindeki gelişmeler, büyük veriyle birleşince tedavi tercihlerinde yol göstermeye ek olarak pratik uygulamalar da geliştirmelidir: Tanısal testler kolaylıkla yüzlerce gigabaytlık veri üretebilir ve makine öğrenmesi de bunlardan yola çıkarak sorunları belirlemek ve hastaların olası tedavilere nasıl tepki verebileceğini öngörmek için gerekli verileri seçip çıkarma konusunda uzmanlaşmalıdır. KT en yaygın olarak kanser tedavisinde kullanılıyor ama kistik fibrozis, astım, monogenik diyabet türleri, otoimmün ve kardiyovasküler hastalıklar ve sinir dejenerasyonunda da başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Bununla birlikte, KT büyük oranda gerek maliyet yüksekliği gerekse de çoklu veri gruplarının hasta sağlığının bütünsel bir resmini çıkarmak için kullanılamaması nedeniyle kısıtlanan veya özlem duyulan bir uygulama olarak kalmaya devam ediyor. Maliyetler düştükçe muhtemelen bu büyük biyolojik

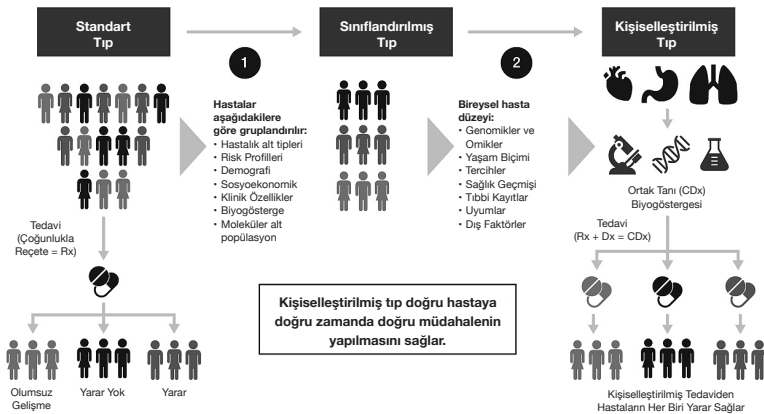
veri gruplarından elde edilen bilginin kat kat arttığını ve sonra da klinik uygulamalara yansıdığını göreceğiz.

Biyoteknolojinin muazzam bir potansiyele sahip olduğu ikinci büyük alan tarımdır. Önümüzdeki 50 yıl boyunca dünyayı beslemek için son 10.000 yılda üretildiği kadar gıda üretmemiz gerekecek. Klasik örneklerden biri altın pirinçtir. Bu zenginleştirilmiş pirinç türü çocukluk körlüğünü önleyebilir ve A vitamini eksikliği nedeniyle her yıl 2 milyon kadar çocuğun ölümüne yol açan gelişme bozukluklarını ortadan kaldırabilir. Tarım, ürünlerin üretimini izleme ve üretim tahminleri yapmak için geliştirilen toprak ve hava sensörleri, dronlar ve görüntüleme sistemleri gibi özel donanımlardan da etkilenebilir. Bu tür verilerin mahsulün genetik özellikleriyle bağlantılandırılması besinlerin nitelik, nicelik ve işlevselliğiyle ilgili küresel talepleri karşılayabilecek bir ürün yönetimi ve çeşitlilik seçme planı yapılmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, böyle bir küresel gıda güvenliği sağlamak için genetiği değiştirilmiş gıdalarla

Şekil 21: Tedavide Yeni Paradigma Değişikliği

Tedavide Yeni Paradigma Değişikliği

“Ortak yaklaşım”dan çok katmanlı hasta sınıflandırması olan “kişiselleştirilmiş tıp”a geçiş



Kaynak: Das (2010)

ilgili düzenlemelerin mutlaka gen düzenleme uygulamasının tarım ürünlerini geliştirmede kesin, etkili ve güvenli bir yöntem olduğu gerçeğini yansıtacak şekilde ayarlanması gerekiyor.

Biyoteknolojideki ilerlemelerin insan sağlığını etkilediği diğer bir alan da yaşlanmakta olan nüfusta bugün görülen tarihi artış düşünüldüğünde elverişli bir alan olan biyomalzemelerdir. Biyoteknoloji yeni biyomalzemeleri ileri mühendislikle birleştirerek yaşlılığın getirdiği tipik zorlukların üstesinden gelmesine yardımcı olabilir. Örnek olarak en yaygın kemik hastalığı olan osteoporozu ele alalım. Çığır açan biyoteknolojik gelişmeler hastaların 3D yazıcıyla basılmış kök hücrelerinden laboratuvarda geliştirilmiş kemiklerle deformasyon kemikleri değiştirme olanağı sağlayabilir. Bu, görüldüğünden daha yakın bir zamanda gerçekleşebilir; bilim insanları etkin bir şekilde bu alanı araştırıyor ve girişimciler bunu uygulanabilir bir işe dönüştürebilmenin yollarını arıyor.

Yeni biyoteknoloji dalgası da birçok sektörün sürdürülebilirliğini artırarak ekolojik ayak izimizi azaltmamıza yardımcı olabilir. Büyük ölçekli petrol rafinerilerine mikroorganizmaların katalitik özelliklerinden yararlanan yenilenebilir hammaddeler kullanan biyorafineriler eklenebilir. Metabolik mühendislik, sentetik biyoloji ve sistem biyolojisi, yenilenebilir gıda dışı biyokütlelerden çeşitli kimyasallar ve malzemeler üretebilen mikrobiyal hücre fabrikaları geliştirmek için sorunsuz bir şekilde birleştiriliyor.¹⁶² Çevre dostu biyoendüstri için doğal olarak meydana gelen çeşitlilikten yararlanmanın yaratıcı yollarını geliştirmeye devam edeceğiz. Örneğin, yüksek osmotik basınç altında gelişen bir bakteri olan *Halomonas*'ın kullanılması, içme suyu çok kıtlaştığında deniz suyu kullanılan mikrobiyal fermentasyon için uygun olabilir. Farklı tiplerde akıllı hücre fabrikaları geliştirmek de artış gösteren bulaşıcı hastalıklar konusunda bize yardımcı olabilir. Örneğin, aşılar ve tedavi edici antikorlar ve hatta biyolojik terör tehditleri için antidotlar hızlı bir şekilde üretilebilir. Sıradan vatandaşlar da kendi arka bahçelerinde biyolojik ürünler üretme olanağı elde edebilir. Biyoplastik gibi malzemeler bu şekilde

üretilebilir ve böylece ürünlere erişim demokratikleşir. Son olarak, çağdaş biyolojik bilimler sera gazlarının salımının azalmasına yardımcı olmaktan daha fazlasını yapacaktır; CO₂ de biyoteknoloji sektörü için bir hammadde olarak yeniden kullanılacaktır.¹⁶³

Böyle gelişmeler geleneksel laboratuvar araştırmalarının ötesinde, öngörücü nicel modelleme gibi teknikler gerektirecektir. Biyolojik sistemler diğer teknolojilerde nadiren görülen düzeyde bir karmaşıklık sergiler ve bu da biyoteknolojik sistemlerin en uygun hale getirilmesinin önünde büyük zorluklar yaratır. Bir bileşende meydana gelen değişiklikler diğerlerinde öngörülemeyen yinelemeli etkilere neden olabilir. Biyomoleküler ağları ve hücre fizyolojisini taklit etme konusunda nicel modellerin artan gücü, biyoteknisyenlere sistem performansını hücre içi mekanizmaların bileşenlerine bağlama olanağı verebilir. Artan bilişim gücü ve büyük veri devrimiyle desteklenen öngörücü platformlar, değiştirilmiş biyolojik sistemler konusunda fikir üretimi, prototip yapımı ve uygulamaya geçirme arasında dinamik bir temel işlevi görebilir. Sonuç olarak, biyoteknoloji ile nicel modelleme arasındaki bu yakınsama, diğer tüm mühendislik disiplinlerinde olduğu gibi, bir tasarım-yapım-test döngüsü içinde sağlıklı ve güvenilir biyoteknolojik çözümler üretilmesine zemin oluşturabilir.

Moleküler biyoloji, malzeme mühendisliği, bilgi işlemsel yaklaşımlar ve öngörücü matematiksel modellemenin yakınsaması toplumumuzu, endüstriyel manzarayı ve küresel çevreyi etkilemeye hazır. Bununla birlikte, parmaklarımızın ucunda böyle bir potansiyel gücün olması, biyoteknolojik açıdan gelişmiş bir geleceğe doğru ilerlerken eylemlerimizin sonuçları üzerinde dikkatle düşünmemizi gerektiriyor.

Biyoteknoloji Alanında Düzenlemeler Yapılması

Biyoteknolojinin gücü düşünüldüğünde, özellikle de insanlığın biyolojik alana müdahale etme ve kontrol etme iddiasında bulunma kapasitesini artırdıkça, birçok insan, beklenmedik toplumsal ve

çevresel sorunların altından bu alandaki uygulamaların çıkacağından kaygı duyuyor. Etik normlara uygun bir şekilde geliştirilmiş etkili ve meşru bir yönetim anlayışı, bir yandan ilgili riskleri azaltmaya çalışırken bir yandan da toplumun biyoteknolojik gelişmenin meyvelerini toplamasına olanak sağlar.

Biyoteknolojinin yönetimi evrensel insani değerlere sıkı sıkıya bağlı olmalıdır. Biyoteknolojinin gelecekteki sonuçları, karmaşık yaşamın içine yerleşecek ve böyle olunca da ulusal sınırlardan bağımsız olacaktır. Biyoteknolojinin yönetimindeki bölgesel farklılıklar ticari yıkımlara yol açabilir ve toplumsal eşitsizlik ve adaletsizliği kalıcı hale getirebilir. Bu nedenle, ülkelerin farklı tarihsel, ekonomik, toplumsal ve kültürel sistemlerine, etik norm ve değerlerine saygı duyarken kapsayıcı küresel yönetim ilkeleri geliştirmeliyiz. Bunun için ortak, yaygın bir şekilde kabul edilen değerleri bulmamız ve İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi ve BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları gibi mevcut yönetim yaklaşımlarının üzerine bir şeyler eklememiz gerekiyor. Ayrıca bu yaklaşım, orantılılık, dayanışma ve adalet ilkeleri aracılığıyla, bölgesel ya da yerel tercihleri de kapsayan bu ortak değer ve ilkeleri birbiriyle uzlaştırmalıdır.

Yönetişim anlayışları sağlam bilimsel kanıtlara dayalı olarak kalmalı, şeffaf ve sorumlu bir şekilde işlemelidir. Bu, belirli bir teknolojiden çok uyarılmış biyolojik değişimin yarattığı etkiye dayalı biyoteknolojik düzenlemeler gerektirebilir. Düzenlemelerin etkili olabilmesi için biyoteknolojilerin hem araçlarını hem de sonuçlarını dikkate alması gerekecektir.

Ayrıca yönetim mekanizmalarının tüm paydaşlar arasında diyalogu teşvik ederek kamuoyunun güvenini de kazanması gerekir. Son yirmi yıl içinde, yüksek gelirli ülkelerde bile bilime güven baskı altında. Biyoteknolojik inovasyonlardaki gelişmelerin toplum yararına olumlu bir şekilde ilerlemesi için paydaşların ve halkın güven ve desteğinin kazanılması gerekiyor. Dolayısıyla düzenleyiciler, sivil toplum kuruluşları, uzmanlar ve bilim insanları arasında güven kültürü yaratacak bir karşılıklı anlayış oluşturmak için tüm paydaşlar

arasında yeniden bir diyalog ortamı oluşturmamızdır. Halk da dikkate alınmalı çünkü toplumu, bireyleri ve kültürleri etkileyecek biyoteknolojik gelişmelerin şekillendirilmesine onlar da katılmalı. Böyle bir tartışma, somut gerçekleri, duyguları ve bağlı olunan değerleri göz önünde bulundururken yarar ve riskleri de doğru bir şekilde saptamalıdır. Adil, önyargısız, şeffaf ve istikrarlı olma hedefine, sadece bu tür tartışmaların sonucuna uygun bir politika ulaşacaktır. Bu da gelişmekte olan bireyleri teşvik edecek ve ait oldukları topluluklara yarar sağlayacaktır.

Çok paydaşlı diyalog ve kolektif yönetim gerektiren sorun ve kaygılar:

- Biyoteknoloji geliştirirken ve uygularken halk dahil tüm paydaşlar arasında güven oluşturmak; bu, şirket ve düzenleyici kurumlara, doğru ve etkili bir şekilde iletişim kurma sorumluluğu yükler.
- Biyoteknolojik araştırmalara ve bu teknolojilerin kullanımına rehberlik edecek etik bir çerçeve belirlemek; bu, demokrasi, bireylere sunulan fırsatlar, toplumsal eşitlik ve dağıtımsal adalet gibi konular üzerinde biyoteknolojinin potansiyel etkisi ve uygulanacak kısıtlamalar hakkında geniş tabanlı tartışmalar yapılmasını gerektirir.
- Yükselen biyoteknolojilere dönük, teknolojilerin olgunlaşıp kullanıma hazır hale gelmesinin ardından onaylanmasını sağlayacak çevik, esnek ve yumuşak bir düzenleme oluşturmak.
- İnovasyon ve ticarileştirmenin tüm insanlara yarar getirmesini sağlamak için uzun dönemli bir finans yönetimi uygulamak.
- Toplulukların, biyoteknolojik sorunları ve elde edilebilecek fırsatları inceleyebileceği ve bu teknolojilerin ne zaman ve nasıl hayata geçirilmesi, faydaların nasıl dağıtılması ve yan etkilerle nasıl ilgilendirilmesi gerektiğine karar verebileceği yollar sağlamak.

Biyolojik Tasarım

Hazırlayan: Dünya Ekonomik Forumu Biyoteknolojilerin Geleceği
Üzerine Küresel Gelecek Konseyi.

Biyoteknoloji son birkaç on yıl içinde karmaşıklık ve etki bakımından dikkate değer bir şekilde gelişti. Özellikle hücre ve organizmalarda bir değil birkaç katmanlı genetik değişiklikler (mutasyonlar ya da varyantlar), DNA dizileme, DNA sentezi ve genom düzenlemedeki gelişmeler nedeniyle hızla ilerleme gösterdi. Kısaca ifade etmek gerekirse, biyoloji mühendisliğinin ölçeği ve bu tasarlanmış sistemlerle başarılmak istenen zorlu görevlerin kapsamı daha önce benzeri görülmemiş şeyler olduğu gibi sürekli de genişliyor. Bu mühendislik tarımda ve insan dışı hayvanlarda daha şimdiden uygulanıyor. İnsan genomunu değiştirme çalışmaları, deneysel olarak embriyolarda ve bazı hastalar üzerinde sınırlı sayıdaki gen tedavisi denemeleriyle yürütülüyor. Uygulamanın kapsamı inanılmaz ölçüde geniş; çevre, tarım ve insan sağlığını kapsıyor.

Bilgisayarlı yaklaşımların kolaylaştırdığı hedeflenmiş genetik mutasyonlar yaratma, yani biyolojiyi amaca yönelik tasarımıyla değiştirebilme kapasitesi, tasarımlanmış karmaşık biyolojik sistemler üretme becerimizi inanılmaz artırıyor. İstedığımız bir kimyasal bileşiği üretmek için bir mikrobiyal hücre üzerinde yapılan bir çalışma örneğini ele alalım. Organik asit ve antibiyotik üretmek için uygulanan mikrobiyal fermentasyonun ve içecekler için uygulanan maya fermentasyonunun ötesinde, onları arzuladığımız bileşikleri üretecek kimya fabrikaları olarak davranacak şekilde eğitme becerisi kazanıyoruz. Şu anda diyabet hastalarına yardımcı olmak için bakterilerde ya da mayalarda sınırsız miktarlarda insan insülini üretebiliyoruz. Yeni metabolik yollar tasarımıyla ve çalışmalarımızın sonuçları hakkında öngörülerde bulunmak için kullanılan bilgisayarlı yaklaşımların yardımıyla,

daha önce benzeri görülmemiş bir metabolizma mühendisliği ve sentetik biyoloji çağına giriyoruz. Sadece sentezler için yeni devreler başlatmakla kalmıyoruz, bunların sonuçlarını da kontrol edebiliyoruz.

İyi mühendislik ilkelerini doğal biyolojik olanaklarla birleştiren bilgisayarlı yaklaşımlar tasarım ürünü organizmalar üretme becerimizde bir dönüşüm yaratacaktır. Yukarıdaki örnek, kimyasal üretim için mikrobiyal hücreler üzerindeki mühendislik çalışmalarını tasvir ediyor ama tarım ürünlerinden kök hücrelere kadar çeşitli biyolojik sistemler için de analog yaklaşımlar uygulanabilir. Modern tarım, istenen fenotiplerin yetiştirilmesi ve seçilmesi sonucu gelişme gösterdi. Bitkilerle ilgili genom mühendisliği yöntemlerindeki gelişmeler ve modüler bir şekilde bitki sistemleri oluşturmak için genetik parçaların elde edilebilir hale gelmesi, hem besin değerleri daha yüksek hem de kuraklık, sıcaklık, hastalık ve diğer zararlı çevresel etkenlere dayanıklı yeni ekin türleri geliştirmeyi kolaylaştıran genotip-fenotip ilişkilerinin anlaşılmasına dayalı olarak, daha hedefe yönelik manipülasyonlara olanak veriyor. Aynı şekilde kök hücreler de tam bir kesinlikle tasarlanabilir ve bu da onarıcı tıp için ideal bir platform sağlayan organoid başkalaşımına olanak verebilir. Pluripotent kök hücreler transdiferansiyon işlemine tabi tutularak bedenin üç germ katmanını temsil eden hücrelerden herhangi birine uygulanabilir ve bu nedenle doku rejenerasyonu, ilaç taraması ve hastalık tedavisinde en çok umut veren onarıcı tedavi kaynağıdır.

Biyolojik tasarım inanılmaz derecede umut veriyor. Ama aynı zamanda etik sorunlara da yol açıyor. En önemli etik sorunlardan biri son derece ciddi bir şekilde biyolojik tasarımın kendisini, gerekçelerini, nedenlerini sorguluyor. Bu tür süreçlerle çalışma yapmaya başlamadan önce biraz durup bunların neden önerildiğini ya da uygulandığını ve aynı amaçlara başka yollarla ulaşıp ulaşılamayacağını düşünmek önemli. Biyolojik tasarımdaki yararlar genellikle iki bakımdan

savunuluyor: Öncelikle yukarıda ele alınan uygulama tipleri bakımından; ikinci olarak da bu tür araştırmaların biyoloji bilgisinin kendisine sağlayacağı yararlar bakımından. Ama hem etiği hem de bu gibi, kapsam olarak (sınırlılıktan neredeyse sınırsızlığa doğru) değişim geçiren teknolojilerin yönetimini düşünürken bu teknolojilerin uygulamalarına yönelik olası gelecek senaryoları hakkında kapsamlı ve yaratıcı bir şekilde düşünmek ve hem olumlu hem de olumsuz değerlere ilişkin etik kavramları dikkate almak önemli.

Biyolojik tasarım için temel gerekçeleri dikkate almak ve gelecekteki uygulamalar hakkında yaratıcı ve eleştirel bir şekilde düşünmek kadar konuyla ilgili bir şey de kolayca sapta-nabilen etik sorunlardır. Örneğin, biyogüvenlik ve biyoemni-yet konularının etik önemi; bir teknolojinin hem yarar sağla-mak hem de zarar vermek için kullanılma potansiyeli (“ikili kullanım” sorunu); biyolojik tasarımın sonuçlarının adil ya da eşitlikçi dağıtımı (yarar paylaşımı dahil); son olarak insan-lar gibi karmaşık organizmaların germ çizgisinin değiştiril-mesinden kaynaklanan sorunlar.

Yönetişimin hem bilime hem de etiğe duyarlı olması ve ayrıca “yönetilebilir olduğu için yönetmek” anlayışına karşı dikkatli olması gerekiyor –yani, yeni bir teknoloji yönetim boşluklarını maskeler mi ya da mevcut yönetim anlayışı yeni teknolojileri de yönetebilir mi? Biyolojik tasarım alanındaki yönetim yaklaşımları şimdiye dek böyle bir “boşluk doldur-ma” yaklaşımını benimsemiş gibi görünüyor. Ama en uygun yönetim mekanizmalarının neler olabileceği ve bu meka-nizmaların gittikçe küreselleşen bir araştırma ve ticaret ala-nında nasıl uygulanabileceğine yönelik önemli sorular yanıt bekliyor. Hiçbir yönetim yaklaşımı tek başına öne çıkmış değil. Yönetişimin kapsam olarak önleyici mi olması gerek-tiği, yani bir teknolojinin ilerlemesine sadece güvenli oldu-ğu anlaşıldıktan sonra mı izin vermesi gerektiği gibi konular hakkında tartışmalar devam ediyor.

Beş kilit fikir

1. Biyoteknolojiler üç önemli açıdan Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinden ayrılıyor: İnsanlarda daha duygusal tepkiler yaratıyorlar, organik oldukları için kestirilebilirlikleri daha az; sermaye ve düzenleme yoğunlukları daha fazla olduğu gibi daha uzun süreli yatırım gerektiriyorlar. Ayrıca çeşitli biyoteknolojilerin kabul edilebilirlik ve kullanımını etkileyen derin kültürel bakış açıları var ve bunlar bilimsel çalışmalara izin verilip verilmemesini etkileyecek.
2. Biyoteknolojiler kişiselleştirilmiş tıp, tarım ve biyomalzeme üretimindeki uygulamaları aracılığıyla toplum üzerinde bir etki yaratmaya hazırlanıyor. Bunlardan sonuncusu sağlık ve gıda gibi sektörler için biyoürünler yaratılmasını etkileyebilir ama aynı zamanda kimyasallar ve özel malzemeler üretmek için mikropların işleminden geçirildiği tüm sektörleri etkileyebilir.
3. Birçok yeni biyoteknoloji, yoğun bir bilişim gücü gerektiriyor ve makine öğrenmesinin artan olanaklarından, hacimleri artan verilerden ve elde edilecek sonuçları modellemeye yardımcı olan platformlardan yararlanıyor. Biyoteknolojilerin dijital teknolojilerle yakınsaması hem insani gelişme potansiyeline hem de biyolojik ve dijital olanakların birlikte kullanılmasına ilişkin birçok umut ve kaygı veriyor.
4. Moleküler biyoloji, malzeme mühendisliği, bilişim yaklaşımları ve öngörücü matematiksel modellemenin yakınsaması toplum, endüstri ve çevre üzerinde etkili olacak. Düzenleyici kurumların bilimsel özgürlüklerden insan haklarına kadar uzanan birçok konuyu dikkate alması gerekecek. Biyoteknolojinin yönetiminin evrensel, insani

değerlere sıkı sıkıya bağlı kalması daha yararlı olabilir. Ayrıca bunun sağlam bilimsel kanıtları temel alarak şeffaf ve hesap verebilir bir şekilde işlemesi gerekiyor.

5. Biyoteknolojilere ilişkin yönetim kaygıları kültürel normlara saygı duymayı, etik standartları sürdürmeyi, potansiyel biyolojik riskleri azaltmayı, paydaşlar arasında güven ve diyalog ortamı oluşturmayı, eşitlik ve adalet konuları üzerindeki etkiyi yönetmeyi ve esnek ve yumuşak düzenleme yaklaşımları oluşturmayı kapsıyor.

Nöroteknolojiler

Yıl 2030 ve bir ekranın önünde otururken birden açılan bir ileti penceresi dikkatinizi çekiyor. İletide, “Konsantrasyon düzeyiniz düşük” yazıyor. Son birkaç dakikadır ekrana boş boş baktığınızı fark ediyorsunuz. Esnemenizi bastırıp bir linke tıklıyorsunuz ve beyin dalgalarınızı denetleyerek gerçek zamanlı zihinsel durumunuzu değerlendiren bir sistemin son verilerini analiz ediyorsunuz. Sistem size uyumanızı öneriyor ama hâlâ tamamlamanız gereken birkaç saatlik iş var. Belki sizi saat 03:00’e kadar götürecek bir nootropik hap daha? Arkadaşlarınız, kimyasal güçlendiricilere fazla yüklenmek zararlı, demeye başlıyor ama siz Alzheimer ve Parkinson belirtileri konusunda sürekli gözlem altındasınız. Henüz hiçbir sorun yok.

“Nöroteknolojiler” kategorisi, insan beyninin yaptığı işler hakkında önemli bilgiler sağlayarak bilgileri ayıklamamıza, duyularımızı güçlendirmemize, davranışlarımızı değiştirmemize ve dünyayla etkileşim kurmamıza olanak veren yaklaşımlardan oluşan büyük bir kategoriye tarif ediyor. Bu size bilimkurgu gibi gelebilir ama değil. Nörobilim, tıp ve bilim laboratuvarlarından çıkıp yavaş yavaş günlük yaşamımıza giriyor. Nöroteknoloji alanı hızla olgunlaşıyor. Bu durum, Dördüncü Sanayi Devriminde tamamen yeni bir değer sistemi yaratma fırsatını temsil ederken bir yandan da önemli riskler ve yönetim kaygıları ortaya çıkarıyor.

Katkı sağlayanlar: Olivier Oullier, Başkan, Emotiv, ABD; Dünya Ekonomik Forumu Nöroteknolojilerin ve Beyin Bilimin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi.

Nöroteknolojiler hangileridir ve neden önemlidir?

Nöroteknolojiler bilinç ve düşüncemizi daha iyi etkilememize ve beynin birçok etkinliğini daha iyi anlamamıza olanak sağlar. Bu teknolojiler, hataları düzeltme ya da işlevselliği artırma yönünde beyinlerimizi etkileyebilen kimyasallar ya da müdahaleler aracılığıyla ne düşündüğümüzü ince ayrıntılarıyla çözebilmeyi amaçlar. Ayrıca dünyayla iletişim ve etkileşim kurmamız için yeni yollar bulmamıza yardımcı olduğu gibi duyularımızı önemli ölçüde güçlendirmemize de yardımcı olurlar.

Karmaşık insan beyni büyüleyici bir alandır. Beynimizde 1,4 kg ağırlığında hücre, 100 trilyondan fazla yolla birbirine bağlı 80 milyarı aşkın nöron vardır. Eğer yeryüzünde yaşayan 7,4 milyar insanın her biri herkesi tanıyor olsaydı onların toplumsal ilişkilerini anlamak, insan beyninin kalıp yapma potansiyelini anlamaya oranla basit bir iş olurdu.

İnsanlar, binlerce yıldır, beynin insan biliş ve deneyimlerinin temel motoru olduğuna ilişkin kanıt elde edilmesinin çok daha öncesinden bu yana beyin kimyasını değiştirerek davranışlarını etkiliyorlar.¹⁶⁴ Alkol almak, koka yaprağı çiğnemek, tütün içmek ve halüsinojen mantarlar yemek, insanların dini ya da keyfi nedenlerle kendi düşünme süreçlerini ve davranışlarını etkileme yollarına örnek olarak gösterilebilir.

Bu tür yöntemler genellikle tartışmalıdır. Kahve gibi yumuşak maddeler bile ilk ortaya çıktığı dönemlerde birkaç kez yasaklandı.¹⁶⁵ Aslında insanlar tarih boyunca beynin nasıl çalıştığını anlamak için diseksiyondan felsefeye ve psikolojiden beyin taramalarına kadar birçok teknik denedi. Ama artık yeni teknolojiler beyinde var olan kimyasal ve elektriksel sinyalleri ölçme, analiz ve tercüme etme ve görselleştirme konusunda büyük sıçramalar yapılmasına olanak sağlıyor. Bu sadece bir dizi ekonomik fırsatın ortaya çıkmasına ve

çığır açıcı tıbbi gelişmelere zemin hazırlamayacak aynı zamanda çok büyük etik ve toplumsal kaygılara da yol açacak.

Nöroteknolojiler üç nedenle önemli. Birincisi, beyni “okuma ve ona bir şeyler yazma” becerisi değer yaratmaya dönük yeni endüstriler ve sistemler müjdeliyor ki bunun toplumsal, politik ve ekonomik etkileri büyük olacaktır. Kusurları düzeltme ya da geliştirmeler yapma becerisi, (11. Bölüm’de ele alınan) biyoteknolojilerde olduğu gibi, nöroteknolojileri ve bağlantılı hizmetleri alacak ya da satacak kadar zengin olanlar için çok büyük bir kazanç olacaktır. Aynı zamanda, bir insanın en içteki duygu ve düşüncelerini okuma ve etkileme becerisi, günümüzde algoritmalarla ve her yerde bulunan veri toplama olanaklarıyla dönen bir dünyada büyük bir endişe kaynağıdır. Yeni, yükselen iş modeli, bir sosyal medya gönderisini sadece düşünce yoluyla yazan ve zaman kazanma seçeneği için kendi düşüncelerine erişim hakkı veren insanlarla ilgili olabilir mi?¹⁶⁶

İkincisi, nöroteknolojiler yeni bilişsel bilişim türlerine olanak sağlayarak ve makine öğrenmesi algoritmalarının tasarımı iyileştirerek Dördüncü Sanayi Devriminin diğer alanlarında da gelişmeleri tetikliyor. Nöroteknolojiler beynin nasıl çalıştığı konusunda bize ne kadar fazla bilgi verirse beynin işlevselliğiyle etkileşime giren ve/veya onu taklit eden teknolojileri şekillendiren geribildirim döngüsü de o kadar yararlı olur.

Üçüncüsü ve en esaslısı, beyinlerimiz bizi insan yapan şeyin merkezindedir –dünyayı algılamamızı ve anlamlandırmamızı, öğrenmemizi, hayal etmemizi, düş görmemizi ve başkalarıyla etkileşime girmemizi sağlar. Beyni daha hassas yollarla etkilemek benlik algımızı değiştirebilir, deneyimler yaşamanın anlamını yeniden tanımlayabilir ve gerçekliği oluşturan şeyi kökten değiştirebilir. Beyin bilimi, kendimizi yönetme şeklimizi, insan varlığının sistem yönetimini etkileyerek insanlar için doğal evrimin ötesinde devasa bir adım atılmasını teşvik eder.

Nöroteknolojiler nasıl çalışır?

Bu kitapta ele alınan bütün bilimler gibi, beyin bilimindeki ilerlemelerin arkasında da bilişim gücündeki hızlı artışlar, daha küçük, daha ucuz ve daha gelişmiş sensörler ve çok büyük miktarlardaki yapılandırılmamış verilerden modeller seçebilen makine öğrenmesi yaklaşımları var. Beyin kimyasal etkileşimlerin başlattığı elektrik sinyalleriyle çalışır; bunlar ölçülebilir, istenen sinyaller taklit edilebilir, istenmeyenlerin beyne yayılması engellenebilir ve tüm bunlar beyin kimyasını ya da elektrik sinyallerini etkileyerek gerçekleştirilir. Modern mikro elektrotlar gibi özel teknolojiler tek bir nöronun aktivitesini kaydedebilir ya da gerektiğinde tetikleyebilir. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG) beynin farklı bölgelerinin farklı durumlarda nasıl etkin olduğunu gösterebilir.

İşte bu olanaklar sayesinde araştırmacılar son on yıl içinde çarpıcı gelişmelere imza attı. 2014'ten 2016'ya kadar ABD Savunma Bakanlığı İleri Araştırma Projeleri Ajansı Biyolojik Teknolojiler Ofisinin müdürlüğünü yapan Geoffrey Ling'e göre, "Birkaç yıl içinde 2008'de bir maymunun bir robot kolu sadece beyin sinyalleriyle kontrol etmeyi başardığı deneyleri insanlık tarihinde büyük bir atılım olarak göreceğiz."¹⁶⁷

Londra Imperial College'deki Aldo Faisal Lab gibi laboratuvarlar beyin dalgaları yerine geçmesi için makine öğrenmesiyle birleştirilmiş göz izleme tekniğini kullanıyor. Bu, hareket niyetlerini saptamada inanılmaz hassaslıkta bir teknik. Böyle yaklaşımlar beyin-makine arayüzlerinin maliyetini düşürerek her iki ayağı ve kolu felçli olan hastalara tekerlekli sandalyeleri ya da robot kol ve bacakları düşünceleriyle kontrol etme olanağı veriyor.¹⁶⁸ Başka yöntemler ise şizofreni, duygudurum bozuklukları ve Alzheimer gibi nörolojik hastalık ve akıl sağlığı durumlarının kaynaklarıyla ilgili bilgilerimizi artırıyor.

Elektroensefalogram aygıtları beyin dalgalarını saptıyor ve bazı durumlarda, beyni etkileyen sinyaller gönderebiliyor. Bunlar

laboratuvarından çıkıp giyilebilir tüketici ürünleri haline geldi.¹⁶⁹ Ses ve ışık terapisiyle beyni dolaylı olarak etkileyen umut verici başka ürünler de var. Dokuları görüntülemek ve müdahalesiz bir şekilde tedavi etmek için odaklanmış ultrason kullanımı ve beyindeki genetiği değiştirilmiş hücreleri tetiklemek için ışığın kullanıldığı optogenetik bu yöndeki cesaret verici teknikler arasında yer alıyor.

Kimyasal yaklaşımlar ise çeşitli yollarla beyin fonksiyonunu güçlendirmek için geliştirilen bir dizi madde ve nootropik hapların kullanıldığı teknikler içeriyor. Modafinil ve Adderall gibi ilaçlar, geliştirilme amaçlarının çok ötesinde amaçlarla yaygın bir şekilde kullanılıyor; örneğin, uyanık kalmayı sağlamak ve (umutlu bir şekilde) kavrayışı artırmak için. Bu tür ilaçlar uyanıklığı artırmak ve görsel dikkati desteklemek için genel kafein kullanımının birer uzantısıdır.

Beyin aktivitesini ölçme becerisinin artması hastalık tedavisi ya da beyin aktivitesinin güçlendirilmesi için tasarımılanan ilaçların test edilmesine büyük katkılar sağlayabilir. Şu anda, beyin bozukluklarını tedavi etmek için geliştirilen ilaçların yüzde 65'i klinik deneylerin üçüncü aşamasında başarısızlığa uğruyor. Beyin bozuklukları için ilaç reçete eden psikiyatristlerin, bu ilaçların etkililiğini test edip hastaların kendisindeki ve hastalar arasındaki etkilerini karşılaştırma olasılığı hiç yok.

Singapur'daki Ulusal Üniversitede bulunan Singapur Nöroteknoloji Enstitüsünün müdürü Nitish Thakor, bazı nöroteknolojilerde beynin ötesinde uygulamalar olduğunu ve bu uygulamaların omurilik ve sinir uçlarındaki hasarların etkilerini tersine çevirmeye yardımcı olduğunu ifade ediyor. Nöral modülasyon (sinir uyarımı), sadece kol ve bacakların değil aynı zamanda akciğer, idrar kesesi ve kalp gibi önemli organların işlevselliğinin iyileştirilmesine de yardımcı olabilir.¹⁷⁰

Nöroteknolojiler insanların duyularını bile milyonlarca yıllık doğal evrim tarafından geliştirilenin ötesinde bir düzeyde güçlendirebilir. Ling'e göre, insanlar birkaç yıl içinde kızılötesi ışığı görebilecek, anıları ve rüyaları kaydedip yeniden yaşayabilecek, farklı

aygıtlardan gelen çoklu görsel bilgi akışlarını yorumlayabilecek ve çoklu kol ve bacakları ve otonom nesneleri aynı anda kontrol edebilecek. Bu becerilerin gerçek haline gelmesi düşündüğümüzden daha yakın olabilir. Kısa bir süre önce beyin-bilgisayar arayüzü geliştirmeye odaklanan bir şirkete yatırım yaptığını açıklayan mühendis ve mucit Elon Musk'ın öngörüsüne göre, "biyolojik zekâ ile dijital zekâ yakında birleşecek."¹⁷¹

Nöroteknolojilerin etkisi ne olabilir?

Nöroteknolojiler hem bir dizi nörolojik durumu ve fiziksel engelliliği iyileştirip geliştirmek için hem de insanı geliştirmeye yönelik bir endüstriyi desteklemek için fırsatlar yaratıyor. Beyin bozuklukları on milyonlarca insana sıkıntı veriyor ve bunun yıllık ekonomik maliyetinin 2,5 trilyon doların üzerinde olduğu tahmin ediliyor.¹⁷² Bu, zihinsel sağlık bozukluğunun hesaplanamaz insani ve sosyal maliyetini dikkate almıyor. Beynin daha iyi anlaşılması, bu bozuklukları saptama, tedavi etme ve önleme süreçlerinde devrim yapma umudu vaat ediyor. Nöroteknoloji alanındaki 10.000'i aşkın fikri mülkiyet başvurusu üzerinde SharpBrain tarafından yapılan bir analizin gösterdiğine göre, olması yakın gelişmeler arasında şunlar var: İşitsel fonksiyonları iyileştirmeyi amaçlayan koklear implant, engelli insanların yeniden yürüyebilmesini sağlayacak dış iskelet ve uyuma modellerini izleme olanaklarında gelişme. Neurotech Reports, nöroteknolojiyle ilgili işlerin mevcut toplam hacminin 150 milyar dolar olduğunu ve büyüme oranının yüzde 10'a yaklaştığını bildiriyor.¹⁷³

Odaklanmış Ultrason Vakfı kurucu başkanı Neal Kassell'e göre, ufuktaki ya da ufkun az ötesindeki teknolojiler arasında, beyin yapısı ve fonksiyonunu gerçek zamanlı olarak görüntüleyen giyilebilir tarrayıcılar ve nöronları yenileme ya da beyin fonksiyonunu müdahalesiz olarak düzenleme yöntemleri var.¹⁷⁴ Bu tür çığır açıcı atılımlar,

Alzheimer ve Parkinson hastalıklarından depresyona ve epilepsiden sinir sistemi kaynaklı ağrılara dek birçok nörolojik bozukluk yaşayan insanların teşhis, tedavi ve rehabilitasyonuna yardımcı olabilir.

Nöroteknolojiler insanların beyinlerini güçlendirip çalışan verimliliğini artırarak çok daha büyük bir ekonomik etki yaratabilir. Beyinle ilgili daha derinlikli bilgilerin kişiselleştirilmiş öğrenmeyle birleştirilmesiyle, eğitim ve öğretim sistemlerinde de büyük ilerlemeler görebiliriz. Ayrıca nüfusları hızla yaşlanan gelişmiş ülkeler açısından, nöroteknolojiler yaşlıların üretken aktivitelerle ilgilenme sürelerini uzatarak onların yaşam kalitesini artırabilir.

Hükümetler bu alandaki potansiyel rekabet avantajının farkında ve bu yüzden bilimsel ve tıbbi araştırmalardaki önemli çalışmalara fon sağlıyorlar. Örneğin, 2013'te Amerikan hükümeti BRAIN adlı tutkulu bir proje başlattı; Avrupa Komisyonu da İnsan Beyni Projesi adıyla kendi projesini başlattı. 2014'te ise Japonya, Brain/MINDS adlı projeye başladı ve 2017'de Çin hükümeti Çin Beyin Projesi adlı projeye bu kervana katıldı.¹⁷⁵ Nöroteknolojilerle ilgili fonların ve önemli araştırmaların çoğu askeri kurumlardan geliyor. Bu kurumlar bu teknolojileri, savunma ve travma sonrası stres bozukluğu (PTSD) gibi sorunlarla yurda dönen askerlere destek olma bağlamına oturtuyor. Beyin, savaş ve güvenlik hattının ortasına yerleştirilmiş durumda.

Bununla birlikte, uzay teknolojileri gibi Dördüncü Sanayi Devriminin diğer alanlarıyla karşılaştırıldığında, nöroteknolojiler laboratuvarlardan kitlesel pazara doğru daha yavaş yol alıyor. Ekim 2016'da, Dünya Ekonomik Forumu Beyin Araştırmaları Üzerine Küresel Gündem Konseyi beyin sağlığının dijital geleceği üzerine bir makale yayımladı. Bu makalede, sağlık bakımının "tüketiciye uyarlanması" eğiliminin hastaların kendi sağlık ve iyiliğinin kontrolünü kendi ellerine almasını amaçladığı ileri sürüldü. Bu dinamik, pazarda ve nöroteknolojilerin etkisiyle gitgide daha fazla gelişecek ama aynı zamanda hangi insanların ve nasıl yararlanacağı hakkında ciddi sorular ortaya çıkaracak.¹⁷⁶

Bu etkileri elde etmek için daha yüksek düzeylerde disiplinler arası işbirliği gerekiyor. Nöroteknolojinin beyin bilimcilere olduğu kadar matematikçilere, mühendislere, sosyal bilimcilere, tasarımcılara ve fizikçilere de ihtiyacı var. Hong Kong Fen ve Teknoloji Üniversitesi Fen Fakültesi Dekanı yaşam bilimleri profesörü ve sinirbilimci Nancy Ip'e göre, "Bu alandaki en büyük zorluk siloları ortadan kaldırmaktır. Daha fazla sabır ve hoşgörüyü ihtiyacımız var ve verimli bir işbirliği için diğer disiplinlerden de bir şeyler öğrenmeye istekli olmamız gerekiyor."¹⁷⁷

Nöroteknolojilerin yönetim ve etiği

Beynin nasıl çalıştığının daha iyi anlaşılması, bir dizi zorlu etik soru ortaya çıkaracaktır.¹⁷⁸ Beyin izleme aygıtlarının kullanımı ne kadar yaygınlaşırsa beyin fonksiyonlarının anlaşılmasına yardımcı olacak veriler toplamak da o kadar mümkün hale gelecektir. Ama bu gelişme, veri gizliliği ve fikri mülkiyet hakları konusunda önemli sorunlar ortaya çıkarıyor. Beyin taramalarının görüntüleri şu anda nörobilim dergilerindeki makalelerde gösterilecek birer sanat eseri gibi kullanılıyor ama bu tür veriler yakında tıbbi test sonuçları ya da bir hastanın DNA'sı gibi hassas bilgiler olarak kabul edilecektir.

Adalet sektörü, beyin durumları ile davranış arasındaki bağlantı daha iyi anlaşıldıkça kişisel sorumluluk hakkındaki temel fikirleri yeniden düşünmeye zorlanıyor. Birçok ülkedeki mahkemeler, insanların düşüncelerini okuduğu iddia edilen yalan makinesi gibi aygıtlara güvenme konusuna temkinli yaklaşıyor. Bununla birlikte, bu alandaki olanaklar geliştikçe kolluk kuvvetleri ve mahkemelerin, suç faaliyeti olasılığını belirlemeye, suçla ilgili değerlendirme yapmaya ve hatta muhtemelen doğrudan insanların beyninden anıları geri getirmeye dönük teknikleri kullanma isteği artacaktır.¹⁷⁹ Hatta bir gün başka bir ülkeye girişte bile bireyin güvenlik riskini değerlendirmek için ayrıntılı bir beyin taraması yapılabilir.

Bu arada, perakende sektörü, tüketicilerin karar verme modellerini anlamak için yapılan odak grubu çalışmalarında fiziksel ve online mağazalardaki tüketici deneyimini uygun hale getirmek için beyin izleme aygıtları kullanıyor. Bu, mevcut eğilimi, kestirim yapmak için daha derinlikli veri toplama eğilimine kadar götürür. Çünkü bir bireyin aklının nasıl çalıştığını bilmek, şirketlerin o bireyi belirli şekillerde davranma yönünde etkileyecek stratejiler tasarılma becerisini artırır. Davranışları etkileyen tüm teknolojik sistemler gibi, bu da büyük kaygı uyandıran bir alan. Bunun nedeni sadece gizlilik ve güvenlik konuları değil ama aynı zamanda bu olanakların, bu verileri toplayıp kullananlara asimetrik bir güç verirken hesap verebilirliği ve etkilenenlerin rolünü azaltmasıdır.

İşverenler, iş başvurusu yapan adayları değerlendirme ve eğitime ya da çalışanları izleme yöntemlerinin nöroteknolojiler tarafından geliştirilip geliştirilemeyeceği üzerinde durmaya başladı. İşyerinde radyo frekansıyla tanımlama (RFID) izlemesi ve biyometrik sistemlerin kullanımı hakkındaki tartışmaların ardından, işverenlerin doğrudan ya da dolaylı olarak çalışanların beyinlerini izlemesi yeni bir kaygı kaynağı olabilir. Son olarak, nöroteknolojilerin sağlıklı beyinlerin fonksiyonunu geliştirmek için kullanılması hakkında da etik ikilemler var. Bazıları doğaya müdahale kaygıları taşıırken bazıları da toplumsal ve ekonomik eşitsizlik konusunu ortaya atıyor; eğer beyin fonksiyonlarını geliştiren nöroteknolojiler uygun fiyatlı olmazsa o zaman kendilerini geliştirenlerle geride kalanlar arasında bir uçurum oluşacaktır.

Diğer birçok alanda olduğu gibi, bu alanda da inovasyonlar şu anda düzenlemelerin, hatta potansiyel sorunlar hakkındaki tartışmaların çok önünde gidiyor. Nöroteknolojiler Dördüncü Sanayi Devriminin en geleceğe ait teknolojileri arasında görünebilir ama bu teknolojiler barındırdıkları geleceğe ait yararlarının yanı sıra son derece yıkıcı olma vaadiyle daha şimdiden hızla ortaya çıkıyor. Bu teknolojilerin kapsayıcı bir geleceği desteklemesi için çeşitli bağlamlarda ve farklı amaçlarla kullanımları hakkında acilen halka açık tartışmalar yapılması gerekiyor.

Nöroteknolojilerin Sistemik Etkisi

Hazırlayan: Olivier Oullier, Başkan, Emotiv, ABD

2017 başlarında, elleri ve ayakları felçli olan Rodrigo Hübner Mendes, bir Formula 1 otomobilini düşünce gücüyle süren ilk insan oldu.

Nöroteknoloji sektöründeki insanlar açısından beyin-bilgisayar arayüzleri kullanarak nesneleri kontrol etmek gayet sıradan bir şey haline geldi. Hübner Mendes'in performansında ilginç olan, yarış arabasını kontrol etmek için kullandığı aygıtın –yani EMOTIV Epoc adlı nöro-başlığın– internetten sipariş edilebilmesi, fiyatının binlerce dolar yerine birkaç yüz dolar olması ve günlük yaşamda on binlerce insan tarafından bilgisayar oyunu oynarken yaşadıkları deneyimi zenginleştirmek ya da uykularını izlemek için kullanılıyor olmasıdır. Kısa bir süre önce sadece bilimkurgu olan bir şey, artık insanların günlük yaşamının bir parçası olmak için yalnızca birkaç tık ötede. Ve bu daha başlangıç.

Elektriğin daha iyi bir mum yaratmak için icat edilmediği sık söylenen bir sözdür. Aynı şekilde, nöroteknolojiler de mevcut teknolojinin kademeli bir şekilde ilerlemesi değildir. Bu teknolojiler sadece beynin fiziksel ve sosyal çevreyle nasıl etkileşime girdiği konusunda değil aynı zamanda hayatı yaşamının yeni yolları hakkında da beklenmedik içgörüler sağlıyor. Bu nedenle, nöroteknolojiler Dördüncü Sanayi Devriminin özünü diğer herhangi bir sektörden daha fazla temsil ediyor.

Nöroteknolojilerin yaşamlarımıza nüfuz etmesi kaygıları da beraberinde getirdi ve kamu kuruluşlarının dikkatini çekerek yükselen teknolojilerin yönetimiyle ilgili girişimlerimiz konusunda ilginç dersler çıkarmamızı sağladı. 2011'de, Fransa nöroteknolojilerin herkesin yaşamını etkileme

gücünü resmi olarak kabul ederek, özel olarak nöroteknolojilerin yönetimiyle ilgili yasalar çıkaran ilk ülke oldu. Hükümet, nörolojik görüntüleme teknolojisinin ticari kullanımını sınırlarken mahkemelerde kullanımına da olanak vermeyi amaçlıyordu. İlginç bir şekilde, hükümetin yasayı gözden geçirmek için danıştığı bilim uzmanları, nöroteknolojilerin mahkemelerde kullanılmasına oybirliğiyle karşıydı ama beyin tarama teknolojisinin ticari kullanımı konusunda fazla kaygılı değildi. Bununla birlikte, hükümet uzmanların görüşünün aleyhinde bir karar verdi –bu ilginç örnek, ülkelerin Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileriyle ilgili düzenleme yapma konusunda karşı karşıya olduğu zorlukları gösteriyor.

İnovasyonların hızı ile düzenlemelerin hızı her zaman farklı olmuştur –ama Dördüncü Sanayi Devriminin etkisinin kapsamı ve değişimin hızı, bu farklılığı o kadar belirgin bir şekilde ortaya çıkarıyor ki tamamen yeni yönetim modelleri oluşturmak zorunlu hale geliyor.

Yönetişim sorunlarına ek olarak, nöroteknolojileri güvenli ve güvenilir bir tüketici ürünü olarak laboratuvarlardan üretim hattına taşımaya yardımcı olacak süreç nöroteknolojilerin yararlarının paylaşılmasını önleyebilecek önemli bir engel oluşturuyor. ABD’deki Inscopix şirketinin CEO’su ve Dünya Ekonomik Forumu Teknoloji Öncüsü olan Kunal Ghosh’a göre, üniversite merkezli inovasyon çalışmaları yapanlara, fikirleri tekrar tekrar rafine edip geliştirmeleri için teşviklerin olmaması, “bozucu nöroteknolojilerin birçoğunun, icat edildikleri laboratuvarlarda heba olacağı” anlamına gelir.¹⁸⁰ Bu noktada, nöroteknoloji endüstrisi, özel sektörün biyoteknoloji, uzay araştırmaları ve mobil telefon sektöründeki ticarileştirme yaklaşımlarındaki ve hizmet odaklı iş modellerindeki olağanüstü başarılarına bakabilir.

Beş kilit fikir

1. Nöroteknolojiler beyni ve beynin nasıl çalıştığını ve ayrıca bilinç, ruh hali ve davranışı nasıl etkilediğini daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Bu olanakların geliştirilmesiyle beyni etkileyen yaralanma ve hastalıklar iyileştirilebilir ve beynin işlevselliği artırılabilir. Onarım ile güçlendirme arasındaki çizgi tartışmalı olabilir. Bu yüzden teknolojilerin kullanılma biçimlerinin etkileri hakkında düşünülmesi gerekecek.
2. Dördüncü Sanayi Devrimindeki nöroteknolojiler çeşitli sektörler için yeni değer alanları yaratacak ve bunların önemli toplumsal sonuçları olacaktır. Ayrıca geribildirim döngüleri aracılığıyla yeni bilişim mimarileri ve yazılımlar için esin sağlayacağı gibi, insan olmak hakkında bildiğimizi sandığımız şeye tümenden meydan okuyacaktır.
3. Beyin aktivitesini daha iyi ölçebilmek ilaç testlerini iyileştirebilir ve tüketicilerin karar verme süreçlerini anlamaya yardımcı olabilir. Ayrıca dijital ve biyolojik sinyaller arasındaki elektrokimyasal etkileşimdeki ilerlemeler, organlara, kol ve bacaklara his ve işlevsellik verip protezlerin kullanımına yardımcı olarak omurilik yaralanmalarının etkilerinden kurtulma gibi çığır açıcı gelişmelere yol açabilir.
4. Beyin ve bilgisayar etkileşimi derinin kesilmesini gerektirmek zorunda değildir. Bozuklukları teşhis etmeye ve davranışları geliştirmeye yardımcı olacak nesneler giyilebilir özellikte olabilir. Kişiselleştirilmiş öğrenme, aday eleme, verimlilik artırma ya da depresyonu önleme gibi alanlardaki fırsatlar, sektör oyuncularına nöroteknolojileri çekici gösterecektir.
5. Nöroteknolojilerin karmaşıklığı, ürünlerin geliştirilmesi ve pazara sunulması için disiplinler arası işbirliğini

zorunlu hale getiriyor. Nöroteknolojilerle ilgili çeşitli etik ve yasal sorunlar –gizlilik, fikri mülkiyet hakları, erişilebilirlik, yasal uygulamalar– bu teknolojilerin gerçek bir devrim niteliğindeki olanaklarının potansiyel etkisi hakkında çok paydaşlı tartışmalar başlatılması için bir neden oluşturuyor.

Sanal ve Artırılmış Gerçeklikler

Bilimkurgu alanında, geçmişe ya da geleceğe yolculuk hayali uzun zamandır insanları büyülüyor. Zaman yolculuğu henüz mümkün değil ve asla olmayabilir de. Ama sanal gerçeklik (VR) şimdiden var ve yakında uygun bir alternatif olabilir. Napolyon'un yaptığı savaşların muharebe meydanlarını ziyaret etmek, Kristof Kolomb'un adımlarını izlemek ya da Jura Çağı'nda brachiosaurus ile tyrannosaurus rex'in arasında dolaşmak gibi, kullanıcıyı içine çeken kuşatıcı deneyimler yaratabilir. VR'dan daha az kuşatıcı olan artırılmış gerçeklik (AR) ve karma gerçeklik (MR), gerçek ortamlara veri katmanları, bilgi ve sanal objeler ekliyor. Bu teknolojiler yeni beceriler edinmek, deneyimleri başkalarıyla paylaşmak ve yeni sanat ve eğlence türleri yaratmak için inanılmaz fırsatlar sunuyor.

VR, AR ve MR, dünyayı deneyimleme, anlama ve çevremizdeki dünyayla etkileşime girme biçimlerimizde devrim yaparken sadece hayal gücümüzün sınırladığı sonsuz sayıda dünyayı deneyimleme fırsatı da veriyor. Bunun sonucunda daha fazla topluluk, daha fazla işbirliği ve empati oluşabilir. Bu olanaklar birlikte çalışmak, beceri geliştirmek ve fikirleri sınamak için daha hızlı yollar sunuyor. Ancak bu teknoloji dünyaya bakış açılarımızı manipüle etmek ve davranışlarımızı etkilemek için de kullanılabilir. Eleştirel olmayan kullanım da bizi gerçek dünyadan ya da en azından uğraşmak istemediğimiz kısımlarından kaçmaya, yani iyi yönde değiştirmeye çalışmak yerine kaçmaya teşvik edebilir.

Katkı sağlayanlar: Anne Marie Engtoft Larsen, Dünya Ekonomik Forumu.

Gerçek dünyayı değiştirmek

VR tamamen içine dalıp etkileşime girebileceğimiz zengin, birden fazla duyuya hitap eden, üç boyutlu, 360 derece, bilgisayar simülasyonlu bir ortamdır. Kafayı saran bir VR başlığı kullanan kişi, bilinen bir ortamı taklit eden ya da tamamen hayali bir ortam yaratan gerçekçi görüntü ve seslerle ve diğer duyuusal uyaranlarla baş başa kalır.

AR ve MR ise kullanıcının fiziksel ortamına dijital olarak üretilmiş ses, görüntü ya da grafikler ekleyen “geçirgen” VR biçimleridir. VR gerçek dünyanın yerine simüle bir dünya getirirken hem AR hem de MR kullanıcının gerçeklik algısını artırıp zenginleştirir. AR, Google Glass ya da Microsoft HoloLens örneklerinde olduğu gibi, fiziksel alan ya da nesnelerin etkileşimliliğini artırarak gerçek dünyayla ilgili gözle görülebilir enformasyon sağlar. MR da benzer bir şekilde dünyaya gerçekçi sanal nesneler ve karakterler ekler ve bunlar Pokemon Go vb. oyunlarda olduğu gibi kusursuz bir şekilde harmanlanabilecek kadar gelişmiştir.

VR ve AR yeni fikirler değildir. Stereoskopik fotoğraflar ve panoramik tablolar insanları kurgusal bir dünyanın içine sokma yönündeki ilk girişimlerdi. Bunları yirminci yüzyılda filmler, televizyon ve bilgisayar oyunları takip etti. Bilgisayar bilimci Ivan Sutherland 1968’de kafaya takılan ekran için ilk kez “sanal gerçeklik” terimini kullanan kişi oldu. Bununla birlikte, Toshiba Head Dome Projector gibi ilk simülasyon aygıtları çok hantal ve kullanışsızdı. Kullanıcının hareketi ile görsellerin değişimi arasındaki gecikme kullanıcılarda mide bulantısına yol açabiliyordu. Donanımın yeterince güçlü ve aygıtların pazarlamaya uygun olacak kadar kullanışlı ve erişilebilir olması için dijital devrimin 45 yılı gerekti.

VR’daki en son gelişmeler, kitle kaynaklı çalışmaların gücü kadar, akıllı telefonlar için üretilen düşük maliyetli, yüksek çözünürlüklü LCD ekranlara da çok şey borçlu. 1 Eylül 2012’de, yirmi yaşındaki Palmer Luckey, Oculus adlı kafaya takılan bir ekran için bir kitlesel fon sağlama kampanyası başlattı. Kickstarter platformunda

başlattığı bu kampanya kısa bir süre içinde başlangıçtaki hedefini yüzde bin oranında aşarak 2,4 milyon dolar toplamasını sağladı. İki yıl sonra sosyal medyadaki etkileşim deneyimimizi değiştirmek amacıyla şirketi 2 milyar dolara Facebook satın aldı.¹⁸¹

Sutherland'ın ilk VR aygıtından Luckey'nin başarısına dek neden 50 yıl geçti? Tedarik bakımından, VR ve AR üçüncü Sanayi Devriminin dijital olanakları üzerinde yükseliyor. VR, gerçek dünyayı çizip analiz etmek için bilgi işlem gücündeki büyük ilerlemelere ihtiyaç duymanın yanı sıra cep telefonlarındaki gelişmelerin sağladığı yüksek çözünürlüklü mobil görüntüleme olanaklarından da yararlanıyor.

Belki en az o kadar önemli bir şey daha var: Bu talebi dijital devrim yarattı. En az iki kuşak, bilimkurguda hayal edilenlerin mümkün olabileceği fikriyle büyüdü. Bilgisayarla yaratılmış dünyalarda kendilerini rahat hissettiler. Nintendo 1985'te ilk oyun sistemini piyasaya sürdüğünde birçok anne baba bu oyunun çocuklarının akıllarına neler yaptığı konusunda kaygılandı; ama o çocukların çoğu Dördüncü Sanayi Devriminin belkemiği haline gelecek olan uygulamalar, donanımlar ve ağ sistemleri tasarımıyla ve programlamaya başladı. Bilgisayar oyunları ve simülasyonlar ana akım haline geldi: bir örnek verecek olursak, ordular bunları dünyanın en uzak noktalarındaki savaş bölgelerinde savaşacak dron pilotları yetiştirmek için kullanıyor.

VR, AR ve MR teknolojileri sadece dijital ortamları deneyimlemenin yeni yolları değil. Bu teknolojiler değer yaratılabildiği, değiş tokuş edilebildiği ve dağıtılabildiği platform ve sistemleri temsil ediyor. Dünyayı algılamak ve onunla etkileşime girmek için tamamen yeni bir kanal sunmak bunları Dördüncü Sanayi Devriminin en dönüştürücü teknolojileri yapıyor. Bununla birlikte, bu teknolojilerin kuşatıcı özelliği, yapay teknoloji ile dış dünya ve insanların sezgi ve rolleri arasındaki çizgiyi diğer dijital kanallardan daha fazla belirsizleştirme anlamına geliyor. VR ve AR, internetle ve dijital ortamlarla etkileşime girme biçimimizi değiştirerek insanların dünyayı deneyimleme biçiminin anlamı hakkında derinlikli sorular ortaya çıkarıyor.¹⁸²

VR ve AR teknolojisi heyecan verici deneyimler de yaratabiliyor. Kullanıcılara başka odalardaki ve hatta başka kıtalardaki insanlarla etkileşime girme olanağı veriyor. Kullanıcı, gerçekçi bir şekilde başka bir ülkede, hatta uzayda olma simülasyonunu deneyimleyebiliyor. Ayrıca görüntü ve ses dışında başka duyuları uyaran simülasyonlar da mümkün. Duyusal geribildirim aygıtları çok sayıda hissin aynısını yaratabiliyor; çeşitli direnç türleri kullanıcıya fiziksel etki duygusu verebiliyor. Bu teknik, VR ve AR kullanılırken duygusal tepkileri daha da artıracaktır. Nöroteknoloji, nanoteknoloji ve yapay zekâdaki ilerlemeler VR'ın beyinlerimizin içinden kontrol edilebilmesini sağlayabilir. Beyinlerimizi kortikal modemlere, implantlara ve nano robotlara bağlama olasılığı hâlâ uzun yıllar ötede görünüyor ama beyin-bilgisayar arayüzleri gerçekliğe dönüşmeye daha yakın. VR, AR ve MR deneyimleri yaşatan harici aygıtlar, gelecek yıllarda kaçınılmaz olarak büyük bir evrim geçirecek ve en sonunda gündemden düşüp yerini dahili, gömülü “ıslak” aygıtlara bırakacak.

Arayüz Her Şeydir

Hazırlayan: Yobie Benjamin, Eş Kurucu, Avegant, ABD

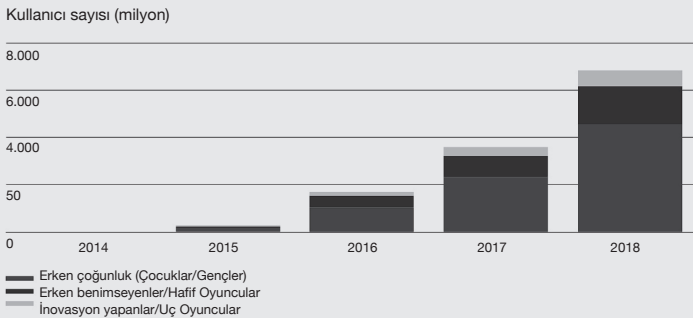
Onlarca yıldır bilgisayarları kullanmak ve onlarla etkileşime girmek için kullandığımız araçlar –fare ve klavye– yeni nesil teknolojiyle birlikte hızla ortadan kalkacak. Arayüz, gerçek dünyanın güvenilirliğine, yani sesiniz ya da göz kırpmanız kadar basit şeylere doğru kayıyor.

AR, VR, sanal retina ekranları (VRD), ışık alanı ekranı ve holografik bilişim (HC), tüm bunlar insanlarla bilgisayarlar arasındaki etkileşim ve deneyimin bir sonraki neslini temsil ediyor. Dünyanın göreceği bir sonraki sıçrama olan bu teknolojiler Q klavye, fare ve mobil telefonlardaki kaydırma

gibi sınırlı ve yorgun arayüzlerden uzağa, ileriye taşıyacak. Gelecekte, deneyimlerle arayüzler sesinizle, el kol hareketleriyle fiziksel hareketle ve hatta gözlerinizin hareketleriyle birleştirilecek. Oculus, Avegant Glyph, HTC Vive ve Microsoft HoloLens gibi aygıtlar ve Vntana'nın holografik teknolojisi heyecan verici, göze yakın, kuşatıcı ve kuşatıcı olmayan son kullanıcı deneyimlerini temsil ediyor. Bu teknolojiler insanları gerçek ya da sanal ortamlara götürüp önceden sadece hayal olan bir interaktif perspektif sunabilir. Ne yazık ki şimdiki aygıtların hiçbirisi hacimleri, ağırlıkları, elektrik gereksinimleri ve kurulumlarının karmaşıklığı nedeniyle elverişli değil.

Ama bu dündü. Bu teknolojiler aslında gittikçe daha erişilebilir hale geliyor. Goldman Sachs, AR/VR/VRD pazarının 2025'e kadar 85 milyar dolara büyüyeceğini öngörüyor.¹⁸³ 2016 yılı sonunda dağıtılmış olan VR/VRD başlıklarının sayısı 12 milyondur (bunların 7 milyonu en yüksek kalitede, 5 milyonu ise alt sınıf tüketiciye dönük mobil başlıklardır). Bu sayı 2017 ve 2018'de iki katından daha fazla artacaktır (Şekil 22).

Şekil 22: Dünya çapında aktif sanal gerçeklik kullanıcılarının sayısı, 2014-2018 (milyon olarak)



Kaynak: Sebti (2016)

İlk başta çocuklar –ve en son olarak yetişkinler– bu VR, AR ve MR ortamlarında gitgide daha büyük miktarlarda zaman ve para harcayacaklar. Dördüncü Sanayi Devrimi, teknoloji, şirket, hükümet ve toplum açısından tarihte hiç görülmemiş bir hızla, çok büyük ve yıkıcı değişimler getiriyor. En fazla yirmi yıl öncesine ait Hollywood filmlerinde geleceğin teknolojileri olarak sunulan teknolojiler şimdiden gerçek haline gelmiş durumda. Örneğin, 2002 yapımı *Azınlık Raporu* filmindeki holografik arayüzler şimdi gerçek. *Uzay Yolu*’ndaki dümen subayı Geordi La Forge’un kafasına takarak kendi insani zekâsını yapay zekâyla ve evrenin tüm bilgi tabanıyla bağladığı başlık şeklindeki ekran şimdiki interneti ve giyilebilir teknolojik ürün uygulamalarını andırıyor.

Taşınarak kullanılabilen ilk nesil ürünler erken benimseyenler grubu için şu anda mevcut. Ve daha da heyecan verici olanı teknolojik gelişmeler hızla daha az enerji harcayan, daha hızlı ve daha ucuz donanımlar yaratıyor. Bu işlemci ve donanımlar daha küçük, daha hafif ve daha kullanışlı bilgisayar-insan arayüz sistemleri üretilmesine olanak sağlıyor. Bu da kafaya takılan daha hafif ekranlar ve güzel bir kullaklık ya da gözlüğü andıran şık ve toplumsal olarak kabul edilebilecek giyilebilir bilgisayarlar anlamına geliyor. Bu aygıtlara bir de doğal dil işleme ve yapay zekâ özelliklerini ekleyin; işte yeni gelecek karşınızda. Mobil ve ev aygıtlarında Siri, Watson ve Alexa’yla ve onların yapay zekâlarıyla zaten tanıştık ama önümüzdeki 12 ay içinde doğal ses tetikleyicileri olan VR, AR, VRD ve muhtemelen HC etkileşimlerini göreceğiz.

VR ve AR için temeller atıldı. Dünyaya artırılmış gerçekliği 2D olarak tattıran Pokemon Go harikasını hepimiz gördük. Eğitim bu teknolojilerden yararlanmaya başlayıp onları deneyimsel “gerçek dünya” eğitimine dönüştürünce

bu harikanın etkisi katlanacaktır. Tarih öğretmenleri öğrencilerini Roma senatosunun canlı tartışmalarına taşıyacak, biyoloji öğretmenleri sentetik biyoloji deneyleri yapmak için öğrencilerini bir kromozomun merkezine götürecektir. Bu soyut alanları gerçekliğe dönüştürmek eğitimi daha güçlü ve duyulara daha yakın hale getirecektir. Son otuz yıldır bilgisayar olarak bildiğimiz şey kökten değişecektir.

Alışkın hale geleceğimiz yeni bilgisayar ve onun arayüzleri klavyeyle çalışan IBM marka 640K bilgisayardan ya da ilk Apple iPhone'dan çok farklı olacaktır. Yeni bilgisayar ve onun VR, AR paradigması daha küçük, daha hafif biçimlere doğru evrimleşecek ve daha çekici tasarımlara kavuşacaktır. Hatta elde tutulan mobil telefonların sonunu bile görebiliriz. Yeni arayüz teknolojileriyle, hepimiz birer Geordi La Forge'a dönüşebilir ve kendi bağlantılı dünyalarımızın dümencisi olabiliriz. Ok yaydan çıktı. Pokemon Go karşımızda. Akıllı telefon bindirmeleri kullanımda. AR/VR/VRD satışları artıyor ve ses ve yapay zekâ işlevselliği mobil aygıtların tümüne yerleştiriyor. En sonunda, AR ve VR arasındaki ayrımlar da ortadan kalkabilir; aygıtlar birleşip çok fonksiyonlu hale gelecektir. Bu aygıtların doğal ve yapay görmeyi harmanlama konusundaki geniş olanakları insan etkileşimlerinin toplumsal normlarından özel ve halka açık alanların nasıl tasarımlanacağına ve nasıl gezileceğine kadar her şeyi yeniden düşünmemize neden olacak.

Tıpkı at arabalarının kullanımının Model T tarafından ortadan kaldırılması gibi eski arayüzler de düşündüğümüzden çok daha yakın bir zamanda ortadan kalkacak.

Yakın gelecekte, sayısız olasılıkla karşılaşabiliriz. Örneğin, eğitim-öğretimde ve iş başında eğitimde AR insanların beceri öğrenmesine yardımcı olabilir: Uzmanlar, AR aygıtları kullanan yerel teknisyenlerin tek başlarına yapamayacakları işleri yapmalarına uzaktan yardım edebilir. MOOC olarak bilinen kitlesel açık çevrimiçi derslerde dünyanın her yerinden insanların sanal sınıflarda yan yana oturabilmelerini sağlamak için VR kullanılabilir. VR tarih derslerini hayata geçirebilir. Örneğin, öğrencilerin 1955'te Rosa Parks'ın Alabama Montgomery'de yaptığı otobüs yolculuğuna eşlik etmesini sağlayabilir.

Aynı şekilde, VR da şimdiki işleri daha çekici hale getirebilir. *New York Times*, 2016'da, izleyiciye Irak'ın Felluce kentini IŞİD'den geri alma savaşını Irak güçlerinin gözüyle deneyimleme olanağı veren *The Fight for Falluja (Felluce Savaşı)* adlı bir VR videosu yayımladı. Scopio Virtual Reality Studio'nun ödül kazanan filmi *Refugees (Sığınmacılar)* ise izleyiciyi savaşın harap ettiği Suriye'den kaçıp Avrupa'da meçhul bir geleceğe doğru giden bir sığınmacının yaşamının ortasına yerleştiriyor. VR'nin de spor konusunda canlı uygulamaları var; kullanıcılara stadyumdaki seyirciler arasında olma deneyimini yaşama olanağı veriyor ve müzelerde, şirketlerde ve sanal alışverişte benzer deneyimler yaşıyor.

VR ve AR sağlık alanında da büyük bir gelişme potansiyeli sunuyor. Örneğin, AR, bir ameliyat sırasında, çıkarılacak bir tümörün 3D taramasını görüntüleyerek cerrahlara yardımcı olabilir. VR ise zaten hastanelerde ameliyat sırasında ağrı kesiciyi azaltmak için kullanılıyor. Zamanla, yapay zekâyla birleştirilen AR, nesneleri tanımak için insanların duyularını taklit edecek. Bu görme engellilerin sanal dünya kadar gerçek dünyada da gezebilmelerini ve deneyim yaşayabilmelerini sağlayacak. Ayrıca travma sonrası stres bozukluğunun tedavisinde VR kullanma deneyleri, hastaya geçirdiği travmayı daha güvenli bir çevrede yeniden deneyimleme olanağı vererek iyileşmesine yardımcı olma konusunda umut veriyor.

Gelecek Sanal ve Heyecan Verici: Bir Sanatçının Bakış Açısı

Hazırlayan: Drue Kataoka, Sanatçı ve Teknolog, Drue Kataoka Stüdyoları, ABD

İnsan ruhunun en şaşırtıcı yapıtlarından biri olan Sistine Şapeline bir bakın, atalarımızın insan olmanın ne anlama geldiği konusundaki anlayışlarını tek başına değiştirmiştir. Yaratıcının gökyüzünde uçan ruhu, etkileyici pozlar veren güçlü, atletik figürler ve tabii ki sert Kıyamet Günü uyarıları. Michelangelo'nun hayal gücü, bugün hâlâ hissedebildiğimiz duygular, görseller ve mesajlar içeren bir evren yarattı.

Ancak hiç de uzak olmayan bir gelecekte, Sistine Şapeli yarının Leonardo'larına ve Michelangelo'larına, tıpkı Lascaux mağaralarındaki resimlerin bir Rönesans ressamına görünmüş olduğu gibi görünecek: şaşırtıcı, güçlü ve fakat bir parça iki boyutlu.

Bu VR'ın gelişi nedeniyle olacak –VR yeni bir yaratım aracı, toplumsal etkileşimler için ve hayatı yaşamak için yeni bir araç; yaptığımız her şeyi, henüz tam olarak kavrayamayacağımız şekillerde değiştirmek için yeni bir araç. Ama şimdi önümüzdeki on yıllara şöyle bir bakmak için geleceği gizleyen perdeyi kaldırmayı ve zayıf, kısa görüşlü ve evet çok insani olan gözlerimizi ve duyularımızı kullanmayı deneyelim.

VR, sanatçıların tarihin başından beri gördüğü rüyanın somutlaştırılmasıdır: Tanrıyı oynamak –atomu atomuna, pikseli pikseline her şeyiyle tam dünyalar, tam evrenler yaratmak. İçinde yaşanabilecek, sosyalleşilebilecek, oyun oynanabilecek ve evet bir şeyler yaratılabilecek dünyalar inşa etmeyi hayal ediyorlardı. Yeni bir insan yaratıcılığı dalgasının dizginlerini salıverecekleri ve daha yüksek düzeylerde bir insan performansını keşfetmemize olanak verecek kadar şaşırtıcı ve o kadar esin verici dünyalar. Herkesin, yaşayan ya da ölmüş

olan diğer herkesten sadece bir göz kırpması –ya da bir düşünme– kadar uzak olduğu dünyalar (tabii ki bağlantı kurma arzusu karşılıklıysa). Sadece görsel değil ama aynı zamanda dokunulabilir, koklanabilir, işitilebilir dünyalar –neredeyse doğaüstü şekillerde kuşatıcı deneyimler yaşatan dünyalar.

Peki, yalnız mı olacağız?

Bazıları, bu Cesur Yeni VR Dünyasında tek başına bodrum katına kapanmış bir bilgisayar oyuncusu gibi yalnız ve üzgün mü olacağız diye soruyor. Hiç değil. VR'ın en önemli liderlerinden biri Facebook. Şirket, VR'ı iletişim ve sosyal etkileşimin geleceği olarak görüyor. İnsanların bir araya geleceği ve daha önce hiç olmadığı kadar birlikte kalacağı, mesafenin ve sınırların ortadan kalkacağı bir dünya görüyor. Bir arkadaş ya da bir akrabayı görmemek için mesafe ya da zaman bulamamanın yetersiz bir mazeret olduğu bir dünya görüyor. Bu dünya doğrudan demokrasiye çok daha yatkın olacak. İnsanların iradesi hiç olmadığı kadar doğru bir şekilde yansıtılacak, vatandaşlar ve seçmenler çok daha bilgili ve ilgili olacak. VR'ın geleceği, sosyal, inanılmaz derecede sosyal. Her şeyden önce, sanal gelecekte, aile ya da okul arkadaşlarıyla yeniden bir araya gelme etkinlikleri, belediye toplantıları ve randevu akşamları sona ermek zorunda değil.

Yeni bir şefkatli iletişim yolu

Belki daha da önemlisi, VR daha önce hayal bile edilmeyen yeni iletişim yolları açıyor. Kendimizi nasıl hissettiğimizi söylemek yerine, sevdiğimiz birine ya da bir iş arkadaşımıza kendimizi nasıl hissettiğimizi tam olarak iletebiliriz –kuşatıcı 3D görselleri ve ses aracılığıyla ve her duyuyu devreye sokarak. Bu olanak açık bir kalbi ve açık bir düşüncesi olan herkes için tamamen yeni bir empati dünyası açıyor. Bu daha iyi ve daha şefkatli bir toplum yaratabilir.

Ayrıca kendimizi kolayca başkasının yerine koyabileceği-miz gibi, başkasının bedeninin ve yaşadığı deneyimin içine de koyabiliriz. Afrika ya da Latin kökenli Amerikalı, eşcinsel ya da transseksüel, eli ayağı felçli biri, Hasidik Yahudi ya da Sünni Müslüman haline gelebiliriz. Ondan sonra daha bilgilenmiş ve dönüştürülmüş bir şekilde yeniden özgün kimliklerimize dönebiliriz. Birkaç yıl içinde, bir yüz ifadesi ikonu göndermek yerine kuşatıcı bir VR deneyimi içeren ve alıcının bizim kendimizi nasıl hissettiğimizi kendi duyularıyla hissedebileceği bir dosya gönderebileceğiz.

Pixar'ın WALL-E dünyası gibi bir dünya mı?

Birileri şöyle sorabilir: Tüm bunlar yaratıcılığı boğmayacak mı? Her görüntü, tanımlı; her ses, belirli ve her dokunma hissi tam olarak ayarlanmış olduğunda beyinlerimize ne olacak? Burada hayal gücüne yer kalıyor mu? Hepimiz Pixar'ın WALL-E filmindeki pasif, halinden memnun tüketiciler haline gelmez miyiz? Aslında VR, önceki tüm deneyimlerin aksine yaratıcılığı özgür bırakıyor. Yaratıcılık çeşitlilikten doğar. Yaratıcılığın en büyük düşmanı rutindir. Ve VR'daki çeşitlilik, deneyim yelpazesi, tarihteki hiçbir şeye benzemiyor –hatta miktarı bile ölçülemez. Tarihteki en yaratıcı insanların çağdaşlarından çok daha fazla seyahat edip uzak diyarları gezmiş olmaları kesinlikle bir rastlantı değil. VR'la herkes bir dünya gezgini olacak, evrenin ve insanın hayal gücünün en derin köşelerine ulaşacak. Ayrıca VR pasif bir deneyim de değil. Yaratıcı araçlar aracılığıyla, “gerçek dünyada” uygulanabilir ya da hesaplı olan her şeyden daha çok şekillendirebileceğimiz çevremizi. Herkes kelimenin tam anlamıyla birer sanatçı olacak ve yeteneklerini ve hayal güçlerini sonuna kadar zorlamaya teşvik edilecek. Tabii herkes bir Michelangelo olmayacak ama insanlığın yaratıcı havuzu şimdiye dek hiç olmadığı kadar geniş olacak.

Teknoloji buna hazır mı?

Bugün HTC Vive ve Oculus Rift'e ya da Microsoft HoloLens'e bakarak bunun gelmekte olduğunu görmek zor olabilir. Bununla birlikte, bu teknolojiler, gelmekte olan VR devriminin Apple II'leri gibi. Yani bunlara bakıp VR'ın geleceğini öngörmek Apple II'ye bakıp bugünün olağanüstü güçlü masaüstü oyun teknolojilerini hayal etmeye benziyor. Bu kesinlikle bir sıçrama.

Evet doğru. Bununla birlikte, Vive, Rift ve HoloLens'in ilk defa kitlesel benimsemeyi de getirmeye başlamış olan uygun kitlesel ürünleri temsil ediyor olması önemli. Evet, hâlâ pahalılar, biraz aksak ve biraz da hantallar. Ama önceki VR aygıtlarının aksine çalışması için bir laboratuvar dolusu teknisyen gerektirmiyor ve en önemlisi işe yarıyorlar. Bu iki özellik bir devrimin başlangıcına işaret ediyor. Yavaş yavaş ama kesin olarak insanlık ağ etkilerini yoğunlaştıran VR dalgasını yakalıyor –oyun stüdyoları içerik yaratmaya başlıyor, Google Tilt Brush ve Oculus Medium yaratıcı olasılıklar sunuyor ve kişisel bilgisayarların ilk günlerindeki gibi Amerika, Avrupa ve Asya'daki ve diğer tüm kıtalardaki meraklılar, denemek isteyenler, garajlarında ve bodrum katlarında çalışmalar yapıyor. Ağ etkilerinde olduğu gibi her teknolog, her sanatçı ve her kullanıcı VR platformunu daha güçlü ve herkes için daha kullanışlı hale getiriyor. Katlanarak büyümenin ilk aşamalarına giriyoruz. Silikon Vadisindeki prototiplere bakarak yeni kitlesel pazar VR aygıtlarının nasıl daha küçük, daha güçlü, daha hızlı ve daha sezgisel olacağını değerlendirmek kolay olacaktır. Daha fazla duyuyu –dokunma, koklama ve tatma– ekleyecek yeni nesil yüksek kaliteli aygıtlar da hiç uzak değil. Bunlar çok geçmeden kitlesel pazar aygıtlarına eklenecek ve bir süre sonra da beyin-bilgisayar arayüzleri yeni olasılıklara yelken açacak. VR'ın geleceği parlak olmanın da ötesinde –göz kamaştırıyor. Bir devrim başlıyor, eli kulağında bir devrim.

Belirsizleşen çizgiler

VR, AR ve MR teknolojilerinin belirli zorlukları var. 2013'te Google Glass çıktığında, başkalarının gizliliğini ihlal eden bir uygulama olarak algılandı. Öne bakan kamerası, başka birinin fotoğrafını ya da videosunu çekmeden önce, açıkça ya da dolaylı olarak ondan izin almamız gerektiği yönündeki yazılı olmayan toplumsal sözleşmeye meydan okuyordu. Ayrıca tuhaf bir durum yaratıyordu çünkü birinden kameralı telefonunu indirmesini istemek, toplumsal olarak, gözlüklerini çıkarmasını istemekten daha kabul edilebilir bir taleptir. VR ve AR aygıtlarının başarısı bu sosyal kabul normlarını uzlaştırmaya bağlı olacaktır. Bununla birlikte, kuşatıcı VR'da bu konu o kadar önemli olmaz. Aslında kısa bir süre önce çıkan Snapchat AR gözlükleri ses getiren bir başarı yakalarken bu sorunların bazılarının üstesinden geldi.

Uygulamaya dönük sorunlar da var; örneğin, rahatlık, batarya ömrü ve maliyet önemli konular arasında. Şimdiki fiyatlar gelişmiş ülkelerdeki kitlesel pazar için bile önemli bir engel ve dünyanın birçok yerindeki insanların erişemeyeceği bir düzeyde. Her yerdeki insanlar yeterince güçlü ve güvenilir internet erişimine sahip olsa bile –ki dünya nüfusunun yarısı kadarı için böyle bir durum söz konusu değil– böyle bir teknolojinin tam olarak benimsenmesi yıllar alabilir. Bu teknoloji şu anda küresel olarak güçlendirici ve kapsayıcı değil.

VR da gizlilik kaygılarına yol açıyor. VR aygıtları kullanıcıların göz hareketlerini ve başlarının duruşlarını izleyerek ve hatta duygusal durumlarını gözleyerek farklı uyarılara nasıl tepki verdikleri konusunda çok şey öğrenebilirler. Bu tür bilgiler davranışları etkilemek için ve hatta suçlu çıkarmak ya da utandırmak için kullanılabilir. VR sosyal bir sorun haline gelebilir: Kullanıcıları, fiziksel insanlar yerine dijital avatarlarla etkileşime girdikleri, tamamen kuşatılmış dünyalara hapsederek yalnızlaşmayı artırabilir. Aşırı VR kullanımı insanları sevdiklerinden uzaklaştırabilir ve toplumsal yapıları erozyona uğratabilir.

Bu kaygılara hitap etmek için bir politika çerçevesi geliştirmek gerekiyor. Bu çerçevenin vatandaşları güçlendirmesi, demokratikleşmeyi artırması ve teknolojilerin birer yönlendirme aracı haline dönüşmesini engellemesi gerekiyor. Ve paydaşların, VR, AR ve MR'ın gelişim ve kullanımının güven, empati ve işbirliğinin altını oymak yerine bunları güçlendirmek üzere nasıl şekillendirilebileceğini sorması gerekiyor.

Beş kilit fikir

1. Sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve karma gerçeklik (MR), insanların ya kendilerini sanal ortamlara yerleştirdikleri ya da gerçek ortamlara sanal öğeler ekledikleri kuşatıcı görsel-işitsel teknoloji türleridir. Gerçekliği değiştiren bu dijital teknolojiler, 50 yılı aşkın bir süredir gelişim halinde ama bilişim gücü, mobilite ve interaktif olanakların yakınsaması artık gelişmelere güç katıyor.
2. VR, AR ve MR'ın hem sanal hem de hayali dünyalardan duyuşal geribildirim sağlayan diğerk teknoloji türleriyle bağlantılandırılması olağanüstü yeni deneyimlere olanak verebilir ama bunların etik açıdan izin verilebilirliğı zorluk çıkarabilir, özellikle de cerrahi arayüzler gerektiriyorlarsa. Bu teknolojiler önceki eğlence platformlarının karşılaştığı kaygıların aynısıyla karşılaşacaktır; örneğın, insan psikolojisi ile sosyalleşme üzerindeki etkileri ve rolümüz ile sorumluluk gibi konulardaki anlayışımız üzerindeki etkileri.
3. VR, AR ve MR, delikli kartlarla başlayıp klavye ve fareye dönüşen, daha sonra dokunmatik ekran ve sesle birleşen ve şimdi de el kol hareketleri ve doğal hareketlere doğru gitmekte olan arayüz evriminde yeni bir adım olarak kabul edilebilir.

4. VR, AR ve MR, empati ve esenliği artırma ve duysal gereksinimleri olan insanlara yardımcı olma olanaklarını şimdiden göstermiş durumda. Bu teknolojiler eğitsel medyaya yeni yöntemler kazandırabilir ve dünyanın her yerindeki insanlara başka yerleri ve başka insanların gündelik ortamlarını deneyimleme olanağı verebilir. Ama istikrarlı bir gerçeklik algısı üzerindeki potansiyel etkileri hakkında kaygılar var çünkü duysal yoksunluk, kullanıcılar için çok zorlayıcı ortamlar yaratır.
5. VR, AR ve MR, gizlilik, sosyal kabul ve maliyet bakımından erişilebilirlikle ilgili farklı zorluklar yaratıyor. Uyarıların, duysal yoksunluğun ve uzun süre teknolojiye maruz kalmanın etkileri henüz bilinmiyor. Bu teknolojileri mevcut medya sunumunun alternatifleri olarak görmek fazla basite indirgemek olur çünkü bu teknolojilerin farklı biyolojik sonuçları olabilir.

Sanat, Kültür ve Dördüncü Sanayi Devrimi Üzerine Bir Bakış Açısı

Lynette Wallworth'un Emmy Ödülü adayı sanal gerçeklik filmi *Collisions*'da, Batı Avustralyalı yaşlı bir yerli olan Nyarri Morgan oturup bir video izler. Video, ilk atom bombasının yapımına öncülük etmiş olan Amerikalı kuramsal fizikçi J. Robert Oppenheimer'la ilgilidir. Nyarri'nin yaşamı o ana kadar birden fazla şekilde gelişmiştir. Bunlardan biri 1950'lerde mantar bulutunun gözlerinin önünde şekillenmesine tanıklık ettiği andır. O zamanlar bunun tanrılardan bir mesaj olduğunu düşünmüştür. Ama sonradan İngiliz hükümetinin kendi ülkesinde bir atom bombası denemesi yaptığını öğrenir ve onlarca yıl bunun getirdiği yıkımın içinde yaşamak zorunda kalır.

Nyarri, yaşamını değiştiren bu karşılaşmadan altmış yıl sonra yeniden çölde, gökyüzünün altındadır; kamyonuna takılı bir ekran ve bir projektör, Oppenheimer'ın konuşmasını izliyor. Oppenheimer dünya-daki ilk nükleer denemenin yapıldığı andan söz ediyor; suratı asık, fark ettiği hakikati paylaşıyor ve Lord Vishnu'dan bir alıntı yapıyor: “Şimdi ben ölüm oldum, dünyaların yok edicisi.” Nyarri yavaşça ayağa kalkıp ekrana yaklaşır. İki adamı aynı karede görürüz ve o an onların birbirinden dünyalar kadar uzak yaşamlarının nasıl iç içe geçtiğini anlarız.

Dünya Ekonomik Forumunun başyapımcısı olduğu ve dünya prömiyeri Davos-Klosters'teki 2016 Yıllık Toplantısında yapılan

Collisions filmi, hem içerik hem de biçim olarak, teknoloji ile ve son yüzyılda aldığı mesafe ile ilişkimizi anlamada sanat ve kültürün ne kadar önemli olduğu üzerinde düşünme fırsatı veriyor. En gelişkin sanal gerçeklik teknolojisini kullanan film, eylemlerimizin –ve bizim konumuza uygun olarak teknolojik ilerleme özlemimizin– istenmeyen sonuçları hakkında bir tartışma başlatmayı amaçlayan bir deneyim yaratıyor. İnsanların her şifreyi kırabileceği, evrendeki her şeyin, filozof Heidegger’in sözüyle, “hazırda bekleyen bir rezerv” –yani insanların kullanması için bekleyen atıl bir kaynak kümesi– olduğu inancı ya da arzusu üzerinde düşünmeye teşvik etmeyi amaçlıyor.

Film teknolojik kibiri araştırıyor, çoğu zaman bunun nasıl görmezden geldiğini ve belki de hiçbir zaman kapsamı bakımından değerlendirmeye alınmadığı üzerinde duruyor. Antik tiyatro oyunlarının sanatı gibi, sanal gerçeklik deneyimi de dünyayı nasıl kendi kısıtlı bakış açılarımızla sınırladığımızı açığa vurma işlevi görüyor. Antik Yunan tiyatrosu bize doğayla savaşmanın beyhude olduğunu ve kaderin kısmen önceden belirlenmiş kısmen de kendi yaptıklarımız olduğunu anlatıyordu. Bu modern çağdan önceki toplumların kendi algı ve deneyimleriyle dolu, teknolojik analizler gibi zengin, yoğun ve değerli, kendilerine özgü dünya anlayışları vardı. Bununla birlikte, modern çağdaki teknoloji dünyayı düzenlemeye odaklanan bir düşünce yapısının şekillenmesine yardımcı oldu ve insanların doğanın üstesinden gelme ve kaderi kontrol etme projesine destek verdi.

Sanat, yani orijinal *techné*¹⁸⁴ bize başka bir şey sağlıyor. Bize, projelerimizin temsil ettiği değer ve yönelimler teknolojiye yerleştirilmeden önce o projelerimizi ifade etme ve eleştirme kanalları veriyor. Bu anlamda, sanatın rolü geleceği öngörmekten çok geleceği hayal etmek ve yaratıcı atılımlar yapmak için bilişsel ve duygusal araçlar sağlamaktır. Duygusal zekâ; Dördüncü Sanayi Devriminde, bilinmeyenler karşısında rahatsız olmamak; sırada ne olduğu konusunda hem umutlu hem de tetikte kalmak; çevremizdeki sistemlerin karmaşıklığına nasıl karşılık vereceğimiz konusunda yaratıcı olmak

ve her şeyi anlayamayacağımızı bilecek kadar alçakgönüllü olmak için yeni yetkinlik ve kıvraklık kazanmak için özellikle gerekli.

Örneğin, Heather Dewey-Hagborg'un Dünya Ekonomik Forumunun 2016 Yıllık Toplantısında düzenlenen "Stranger Visions" sergisindeki gerçek boyutlu portreleri bir düşünün. Sanatçı, bu yapıtını yaratmak için sokaklardan toplanan sigara izmaritlerinde ve sakızlarda kalan DNA'ları aldı, genom taramaları yaptı ve o DNA'nın sahibi olan kişinin yüzünü yeniden yapmaya çalıştı. Böyle bir çalışma, kimliğimiz ve genetik taramanın yaygın uygulanabilirliği konusunda sonsuz tartışmalara yol açar. Bu teknoloji hâlâ birkaç yıl ileride olabilir ama uygulaması bu sanat yapımında somut hale geldi.

Peki, bu sadece spekülatif bir sanat yapımı olmasa; bu süreç gerçek olsa ne olur? Şu anda büyük kentlerde başlatılan bir girişim, sokaklarda bulunan DNA'lardan yararlanarak etrafa çöp atanları saptamak ve portrelerini halka ifşa edip onları utandırmak için bu teknolojiyi kullanılıyor. Bu, yapım halindeki teknolojinin "Alacakaranlık Kuşağı"dır, değerler ve teknoloji iki ayrı yolda koşuyor ve henüz senkronize edilmiş değil. Sanat, daha biz gerçekliğe dönüşmüş teknolojinin sonuçlarıyla karşı karşıya gelmeden önce, teknolojiye göstereceğimiz duygusal tepkiyi açığa çıkarma olanağı sağlıyor.

Sanat ve kültür aracılığıyla, bizden farklı olana ulaşma ve onu değerlendirme kapasitesi inşa ediyoruz. Düşünce yapımıza meydan okuyor ve onu değiştiriyoruz ve ilk başta bizi rahatsız eden şey karşısında rahat olabiliyoruz. Sanat aracılığıyla, farklılıkları birer tehdit olarak değil insani bağlantıların yeni sınırları olarak görüyoruz ki bu da empati kurmamıza –başkalarının duygularını anlayıp paylaşabilmemize– yardımcı oluyor. Ayrıca kendimizi olası geleceklere hazırlayarak daha dayanıklı hale geliyoruz ve olanaksız olanın vereceği şokları karşılamayı öğreniyor ve onu gerçekmiş gibi düşünüyoruz. Kendi dünya görüşlerimizin temellerini sorgulamayı öğreniyoruz.

Collisions filminde bize teknolojinin dünyayı kontrol etmek için var olduğunu kabul eden yönelime keskin bir meydan okuma gösteriliyor. Film bize baskın bir dünya görüşü normalmiş gibi

kabul edilirken o görüşün tek değerli görüş olmadığını anımsatıyor. Lynette Wallworth'un *Collisions* filmini Avustralya parlamentosunda göstermesinden birkaç hafta sonra, parlamento İngiliz hükümetinin 1950'lerdeki atom bombası testlerinden etkilenen insanların sağlık giderleri için federal bütçede ilk kez pay ayırdı, üstelik bu konuyla ilgili 50 yılı aşkın bir süredir talepler olmasına karşın ilk kez. Peki, Oppenheimer ve Nyarri nükleer denemeden yıllar önce karşılaşmış olsaydı ne olurdu? Bu karşılaşma tarihin akışını değiştirebilir miydi?

İnsanların yerli halkların duygusal alanının derinliklerine ulaşması için sanatsal bir sanal gerçeklik deneyimi etkili oldu. Burada, sanat teknolojiyi kullanıyor ve düşünmeden teknolojik güç peşinde koşmaya ve teknolojik bir düşünce yapısına teslim olmaya karşı uyarıda bulunuyor. Teknolojiyle bu girift ilişki, teknolojiyi nasıl kullanacağımız konusunda dikkatli bir tartışma yapmayı gerektiriyor. Teknoloji kesinlikle hem fiziksel dünyamızı hem de onun hakkındaki kavramsal bilgimizi yok etmek için kullanılabilir. Ama esinlenmiş, yaratıcı ve umursayan insanların ellerinde sanat ve teknoloji empatiyi yaymak ve çeşitli dünya görüşleri arasında köprüler kurmak için bir araç halinde de gelebilir. Oppenheimer ile Nyarri'nin hikâyesinde iki kültür çarpışıyordu –biri dünyaya kontrol edilmesi gereken bir nesne olarak değer veriyordu, diğeri ise kutsal bir yer olarak. Varsayım ve beklentilerimizin nerede çarpıştığını teşhir etmek, kesinlikle sanatın sayısız anlam dünyalarını ortaya çıkardığı noktadır.

Çevreyi Bütünleştirmek

Enerji Üretim, Depolama ve İletimi

Birinci ve ikinci Sanayi Devrimleri enerji sektöründeki geçişlere dayanmıştı –önce buhara sonra da elektriğe. Şimdi Dördüncü Sanayi Devrimi'nin başında, enerji sektörü yeni bir geçişin eşiğinde, fosil yakıtlar yerini yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakıyor. Temiz enerji teknolojileri ve gelişmiş depolama olanakları laboratuvarlardan çıkıp fabrikalara ve pazarlara doğru ilerliyor; öte yandan birçok ülkenin nükleer füzyon gibi tarihi değiştirme potansiyeli olan atılımlara yatırım yapmakta olması yeni bir enerji geleceği hazırlayabilir.

Temiz, uygun maliyetli enerjinin küresel olarak ulaşılabilirliği çevreye ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde elektrik tedarik kaynakları güvenilir olmayan ya da hiç olmayan insanlara yarar sağlayacaktır. Ayrıca sürdürülebilir enerji teknolojileri şirketler ve tüketiciler açısından maliyetleri düşürebilir ve geçen yüzyılın endüstriyel salımlarının çevresel etkisini tersine çevirebilir. Bununla birlikte, bu geçiş başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için gerekli teknoloji ve altyapı yatırımlarını sağlamaya dönük uluslararası işbirliği, uzun dönemli vizyon ve çok paydaşlı görüşmeler gerekecektir. Bunu ıskalamak potansiyel olarak devrim niteliği taşıyan bir başarıya doğru kolektif bir şekilde ilerlemeyi engelleyebilir.

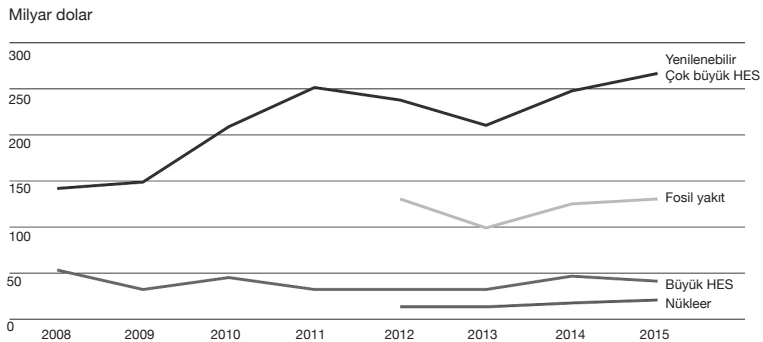
Dünya Ekonomik Forumu Enerjinin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyinin işbirliğiyle yazılmıştır.

Temiz enerji, etkili dağıtım ve büyük ölçekli depolama

Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin birçok farklı sonucu olacak gibi görünüyor. Umut verici başarı şanslarının yanı sıra potansiyel olarak eşitsizlik, işsizlik, sosyal parçalanma ve çevresel zarar da yaratabilirler. Bununla birlikte, enerji sektöründe manzara daha iyimser. Doğru yatırımla, yeni enerji teknolojileri fiyatları düşürebilir, birinci Sanayi Devriminin yarattığı fosil yakıtlara bağımlılığı tersine çevirebilir ve zengin, yoksul, kentli, köylü tüm toplumlar için sürdürülebilir bir gelecek yaratılmasına yardımcı olabilir.

Üretim ve dağıtımda birinci Sanayi Devriminden bu yana gerçekleştirilen ilerlemeler insanlara büyük enerji depolarına erişim olanağı verdi. İnsan vücudu kabaca 100 vatlık elektrik üretebilir ki bu da eski tip bir elektrik ampulünü yakmaya yeter. Sporcular bunun üç ya da dört katına çıkabilirler. Ama sıradan bir küresel vatandaşın şu anda 8000 vattan daha fazla enerjiye erişimi var ve bu, bazı gelişmiş ülkelerde kişi başına 35.000 vata kadar ulaşıyor.¹⁸⁵ Sorun bu

Şekil 23: Elektrik Kapasitesine Yatırım, 2008-2016



Kaynak: Frankfurt Finans ve İşletme Okulu (2017), Şekil 25'i temel alıyor.

gücü üretmek için yakılan fosil yakıtların gezegen üzerindeki etkisi. ABD Enerji Enformasyon İdaresi, küresel elektrik talebinin 2040'a kadar neredeyse ikiye katlanarak 39 trilyon kilovata çıkacağını ve bu artışın büyük oranda altyapısı yetersiz olan gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanacağını tahmin ediyor.¹⁸⁶

BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine yansıyan iklim değişikliği kaygısı, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılmasına şimdiden büyük hız kazandırdı. Yatırımlar 2016'da 226 milyar dolara düşse de 2015'te 265 milyar dolarlık rekor seviyeye çıkmıştı (Şekil 23).¹⁸⁷ Yatırımların artmasını sağlayan bir etken de rüzgâr ve güneş enerjisinde fiyatların düşmesiydi. 2016'da, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim ilk kez yeni enerji yatırımlarına dayalı üretimin yüzde 50'sinin üzerine çıktı ama yine de dünyanın toplam elektrik üretiminin ancak yüzde 10'una denk geliyor. Artan enerji ihtiyacımızı karşılamak, geleneksel yakıt tüketimini azaltmak ve iklim değişikliğini yavaşlatmak için enerji sektörü daha fazla inovasyon yapma baskısı altında.

İyimser tahminçiler enerji depolama olanaklarındaki atılımların üretim hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olabileceğine inanıyor. Bununla birlikte, bu teknolojilerin çok daha fazla yatırıma ihtiyacı var; dolayısıyla akaryakıt fiyatlarındaki sürekli düşüşle aynı doğrultuda bir fiyat noktasını yakalamak son derece önemli. Yenilenebilir enerji alanındaki 8-9 milyar dolarlık mevcut Ar-Ge yatırımı 2017'deki diğer yatırımlara göre yaklaşık 1:27'lik bir orana karşılık geliyor.¹⁸⁸ Oxford Martin School'daki Yeni Ekonomik Düşünce Enstitüsü Müdürü Cameron Hepburn'e göre, ideal rakamın 1:1'e yakın olması gerekiyor.¹⁸⁹ Doğru yatırım, biyobatarya, enerji etkili nano malzemeler, modüler şebeke depolama, sentetik biyolojik atık dönüştürme ve dalga enerjisi gibi yeni teknolojiler daha da gelişebilir.

Diğer Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri de enerji alanındaki gelişmeleri şekillendirecektir. Yapay zekâ, şebekelerin akıllı hale getirilmesi, verimliliğin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesi

yönünde umut vaat ediyor.¹⁹⁰ Karbon nanotüp ve nano gözenekli köpük ya da jel gibi nanoteknolojiler kaynaktan kullanıma uzanan döngüdeki enerji kayıplarını ve verimliliği artıracaktır. Araçlardaki otomasyon araçların en uygun güzergâhta seyretmesini ve enerji kullanımını koordine ederek kaynak etkinliğini artırabilir; biyoteknoloji ise biyoyakıt hücreleri yaratılması için fotosentezden yararlanma yolları ve bakteriyel mühendislik olanağı sunabilir.¹⁹¹

Belki de en son olasılık nükleer füzyondur –eğer beklendiği yönde çalışırsa– temiz, bol, sürdürülebilir ve görece pahalı olmayan bir enerji kaynağı olacaktır. 2035 yılı 35 ülkenin umut bağladığı bir yıl; Fransa’da, şimdiye dek yapılmış en ileri nükleer füzyon projesi olarak nitelenen Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktörünün (ITER) teknolojide önemli bir işletim başarısına ulaşması bekleniyor.¹⁹² Sektörler, ekonomiler ve jeopolitik üzerindeki etkisinin çok büyük olacağı tahmin ediliyor. Bununla birlikte, füzyon üzerinde oynanan bu 18 milyar dolarlık kumarın başarıya ulaşma garantisi olmasa da enerji kaynağı geliştirme konusundaki çeşitlendirme sağduyulu bir yaklaşım gibi görünüyor. İvme kazanan diğer yaklaşımlar arasında dalga enerjisinin yanı sıra yörüngeye yerleştirilecek güneş enerjisi panellerinden mikrodalga iletimini sayabiliriz.¹⁹³

Geleceğin enerji kaynakları ne olursa olsun etkili bir depolama bir öncelik olmak zorunda. Özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi çiftlikleri sürekli olarak enerji üretemedikleri için enerji depolama olanaklarında yapılacak atılımlar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını çok daha büyük ölçekli hale getirebilir. Batarya teknolojileri en azından laboratuvarı hızla geliştiriyor ve önümüzdeki 15-20 yıl içinde nanoteknolojilere dayalı yeni inovasyonlar görebiliriz.¹⁹⁴ Hacim ve ağırlığa oranla elde edilecek batarya gücündeki bir artış aralıklı üretim yapan bu enerji kaynaklarının değer ve kullanımını önemli ölçüde artıracak ve şu anda elektrik kullanma olanağı olmayan 1,2 milyar insana elektrik sağlanmasında atılım yaratacaktır.

Potansiyeli açığa çıkarmak için işbirliği gerekiyor

Petrol ve gaz gibi sektörler üzerinde yükselen mevcut jeopolitik ve ekonomik yapılarla rekabet edebilmesi için temiz enerjiye dönük yeni işbirliği teşvikleri düşünülmesi gerekir. Söz konusu yapılar o kadar kökleşmiştir ki fosil yakıt bağımlılığının sınırlarını yeniden çizmek çok büyük sistemik riskler yaratabilir. Düşen petrol fiyatları şimdiden Venezüella, Rusya Federasyonu ve Nijerya gibi petrol üreticisi ülkelerde derin ekonomik ve toplumsal etkilere yol açtı. Örneğin, batarya teknolojisinde çığır açacak bir gelişmenin, mali sistemler ve istihdam üzerindeki etkileri nedeniyle bölgesel güvenlik için ciddi jeopolitik sonuçları olabilir.

Bununla birlikte, iklim değişikliği tehdidi düşünüldüğünde bu risklerin göze alınması gerekiyor. Çin, karbon ayak izini azaltmaya yoğun bir şekilde yatırım yapıyor ama bu çalışmalar zaman alacak. Ama yine de ülkelerin hep birlikte çaba göstermesi halinde çeşitli teknolojilerin “sıfır karbon” ekonomisine geçişi hızlandıracağı yönünde küresel olarak iyimserlik artıyor.

Aslında temiz enerjiye geçişle ilgili en büyük risk bu geçişin fazla yavaş olmasıdır. Önceki enerji sistemi geçişleri bilimi, altyapıyı, düzenleme ve ürün ekosistemlerini bir araya getirmişti; malzeme yoğun teknolojilerin devreye sokulması için gereken uzun hazırlık süreleri nedeniyle bu sistemlerin ortaya çıkması kuşaklar boyu devam etti. Pazarın kısa vadeli hedeflerine bırakıldığında temiz enerjiye geçiş, hükümetlerin desteği olmadan daha yavaş ilerleyecektir. Son yirmi yılda önemli bir ekonomik itici kuvvet işlevi gören Silikon Vadisi örneğinden ders alınabilir: Silikon Vadisi, 1960’lar ve 1970’lerde en başta devletin yatırımları sayesinde ortaya çıkmıştı.

Sürdürülebilir bir gelecek için yatırıma ek olarak çeşitlendirme de gerekiyor. Fransa’daki ITER azami kapasitesine ulaştığında yenilenebilir enerji Avrupa’daki elektrik üretiminin yüzde 50’sini oluşturabilir.¹⁹⁵ ITER projesine yatırılan milyarlar yitip gitse bile enerji depolama alanındaki istikrarlı ilerlemeler ve yaklaşık yirmi yıllık

altyapı yatırımıyla birlikte, sürdürülebilirliğe doğru giden belirgin bir yol ortaya çıkarmış olacağız. Enerji üretimi alanında başka yeni yaklaşımlar da var: Pazarları bütünleştirip daha etkili bir enerji dağıtımı aracılığıyla enerji maliyetlerini düşürmeyi amaçlayan akıllı şebekeler ve uluslararası işbirliği potansiyeli gibi.

Karşımızda hâlâ zorluklar var; yenilenebilir enerji teknolojilerine geçişle ilgili, emisyonları azaltmakla ilgili ve gelişmekte olan ülkelerdeki toplumlara enerjiye daha fazla erişim olanağı sağlamakla ilgili zorluklar. Küresel nüfusun 11 milyar gibi sarsıcı bir rakamı göreceği bir yüzyılda, temiz enerji üretimi ve dağıtımı yaşamsal önemde olacaktır.¹⁹⁶

Geleceğin Enerji Şebekesi

Hazırlayan: David Victor, Profesör, California Üniversitesi, San Diego (UCSD), ABD

Aslında ekonomi modernleştikçe daha “elektrikli” hale geldi. Genellikle en gelişmiş ekonomilerde, bu ekonomilere güç veren temel enerjinin neredeyse yarısı, elektrona dönüştürüldükten sonra enerji hatlarıyla temiz bir şekilde son kullanıcılara gönderiliyor. Enerji sistemini temizleme baskısı arttıkça elektrik enerjisine daha da büyük geçişler olması bekleniyor.

Toplum gitgide elektriğe daha bağımlı hale geldikçe geleceğin enerji sistemi son yüz yıldır ortaya çıkmış olan sisteme benzemeye devam mı edecek? Bugünün şebekesinde, büyük merkezi elektrik santralleri ve rüzgâr çiftlikleri gibi yenilenebilir enerji tesisleri, elektrik idaresi ve diğer operatörlerin merkezi olarak yönettiği uzun mesafeli elektrik hatları ve karmaşık dağıtım ağları aracılığıyla kullanıcılara bağlanıyor. Bu şebekeler yeryüzündeki en büyük makinelerdir. Geleceğin şebekesi merkezilikten çok daha uzak mı olacak –yani insanlar elektriğin hem üreticisi hem de tüketicisi mi olacak?

Dördüncü Sanayi Devriminin simgesi olan hızlı teknolojik değişimler, geleceğin elektrik şebekesiyle ilgili bu iki rakip vizyonun ikisini de daha uygulanabilir hale getirmeye hazırlanıyor. Bir yandan, uzun mesafeli elektrik hatlarıyla birlikte merkezi elektrik istasyonlarının performansında çok büyük gelişmeler merkezileştirilmiş şebekeleri daha güvenilir ve daha maliyet etkin hale getiriyor (örneğin, Çin bir milyon voltluk elektrik hatlarıyla dünyanın en büyük ağını işletiyor). Üretici-tüketiciler (*prosumer*) için ideal bir şekilde uygun, merkezsizleştirilmiş bir dizi teknoloji ise daha da ilginç: Örneğin, endüstriyel binalar ve kampüsler için uygun bir şekilde boyutlandırılmış küçük türbinler ve mikro şebekeler; son derece yüksek verimlilikte ısıtma ve soğutma sağlayabilen daha da küçük ısı pompaları gibi.

Yüksek güçlü bilişim ve büyük veri analitiğinin yanı sıra düşük maliyetli sensörler bu merkezsizleştirilmiş sistemlerin pek çoğunun özerk bir şekilde çalışmasını sağlıyor ve tüketicilere tam olarak ne tür bir enerji hizmeti satın alacakları konusunda daha fazla kontrol sağlıyor. Elektrikçi yerel olarak depolamak için gereken batarya sistemlerinin maliyeti sert bir şekilde düşüyor.

Bu büyük rekabetin kazananları hâlâ belli değil ama merkezsizleşme teknolojilerinin bir avantajı olduğu ve geleceğin şebekesinin bugünün sisteminden çok daha merkezsizleşmiş olacağı akla yatkın görünüyor. Merkezi elektrik santrallerinin oynayacağı bir rol hâlâ varsa da elektrik idareleri sistem güvenilirliğinin artacağı umuduyla artık daha otomatik ve daha yakından yerel kontrol olanağı veren teknolojiler kullanıyor –böylece buz fırtınaları ve diğer olayların ardından sık sık olduğu gibi şebekenin bir kısmında bir arıza olması halinde yerel sistem kendisini otomatik olarak yeniden şekillendirebiliyor ve lambaların yanmaya devam etmesini sağlıyor. Mikro şebekelere yapılan yatırımlar, üretici-tüketici devriminin

diğer pek çok ögesine yapılan yatırımlar gibi hızla artıyor. Bazı düzenleyici kurumlar da yatırımı merkezi kaynaklardan daha yerel kaynaklara ve yerel kontrol sistemlerine aktarmak için özel olarak tasarlanmış yeni kurallar benimsemeye başladı –örneğin, New York Enerji Vizyonu Reformu.

Bu merkezlesizleşmenin şebeke için iyi olup olmayacağı sorusu hâlâ yanıtlanması zor bir soru. Kuramsal olarak, daha gelişmiş bir yerel kontrol ve merkezlesizleşme, kullanıcılara şebekelerin güvenilirliğinin artmasından yararlanma olanağı verecektir. Kullanıcıların daha fazla kontrol elde etmesi, pek çok bakımdan bir tekel olarak kalan ve çoğu zaman kamu teşebbüsleri ya da düzenlemelere tabi kurumlar tarafından yönetilen mevcut elektrik enerjisi sisteminde şu an için olmayan ya da zayıf kalan piyasa kuvvetlerini hareketlendirecektir. Enerji kaynakları için mikro yönetim olanağı, sübvansiyon ve diğer destekleri tam olarak en çok ihtiyaç duyan kullanıcılara vermek isteyen politika belirleyiciler için de yararlı –eğer enerji hizmetlerini kabul edilebilir bir maliyetle dünyadaki herkese ulaştırmak mümkün olacaksa, yolu bu olacaktır.

Pek çok farklı durumda bu yararların elde edilebileceği kanıtlandı ama dünyadaki şebekelerin tamamına bakıldığında bunların hâlâ büyük oranda deneme varsayımı olduğunu görürüz. Çok şey ters gidebilir. Merkezlesizleştirilmiş kontrol kötü yönetildiğinde enerji şebekelerini gerçekten daha istikrarsız hale getirebilir. Şimdiye dek, merkezi şebeke genel olarak siber saldırılara karşı gayet sağlam olduğunu kanıtlandı –2015 sonlarında Ukrayna şebekesinde yaşanan kısmi hack’lenme gibi bazı durumlar hariç. Ama daha fazla merkezlesizleştirilmiş bir kontrol sistemi kötü niyetli müdahalelere daha fazla kapı açabilir. Ayrıca gerçekten merkezlesizleştirilmiş bir şebeke hâlâ yoğun bir yatırım gerektirecektir –hatta belki de merkezi sistemlerden bile daha fazla yatırım ve yatırımların geri dönüşü için güvenilir iş modelleri ve iyi bir yönetişim

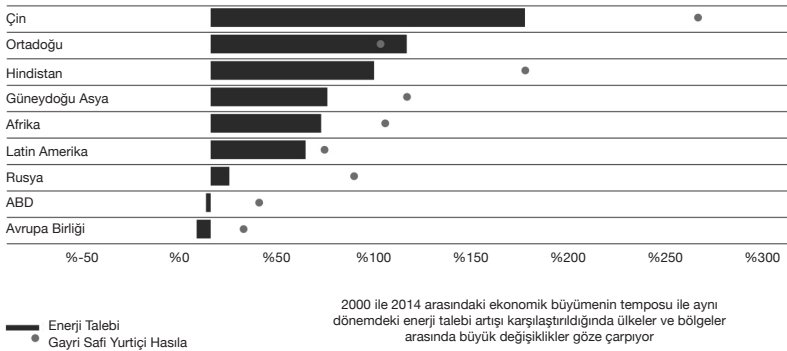
gerektirecektir. Ayrıca merkezsizleşme daha temiz teknolojileri desteklerken en maliyet-etkin yaklaşımların bazıları emisyonlu değildir.

Örneğin, mikro şebekelerin çoğu, etkili bir kaynak olan doğal gazı dayanır –doğal gaz temiz bir yakıt olsa da küresel sıfır sera gazı salımı hedefine ulaşmak için keskin bir şekilde azaltılması (ya da karbonsuzlaştırılması) gerekecektir.

Müşterilerin, elektrik kurumlarının ve politika belirleyicilerin, merkezsizleşmenin yararlarının gerçekleşmekte olup olmadığı konusuna odaklanmaları son derece önemli. Teknolojiler hızla değiştiği için politikayı uyarlayabilmek ve hem merkezi hem de merkezsizleşmiş enerji sistemlerinin doğru dengesini tutturmak gerekecektir.

Bu sorun özellikle küresel enerji talebinin büyük bir kısmı yüksek büyüme oranlarına sahip bölgelerden geldiğinde geçerli (Şekil 24). İletişim, kontrol sistemleri, ölçümler ve bakımın yanı sıra tümleşik uluslararası enerji pazarları yaratılması gibi zorlu görevler içeren fiziksel altyapı inşasıyla ilgili kararların bilgiye dayalı olması için

Şekil 24: Seçili Ülke ve Bölgelerdeki GSYİH ve Enerji Talebindeki Değişimler, 2000-2014



Kaynak: IEA (2016), Şekil 1.2

çok paydaşlı, uzun dönemli bir bakış açısı gerekiyor. Örneğin, uzun dönemli düşünmek, önümüzdeki 20-30 yıl için düşük karbonlu altyapıyı teşvik etmekten çok tamamen karbonsuz bir teknoloji geliştirmeye yatırım yapılmasını gerektirebilir.

Diğer baskı yapan küresel sorunlarda olduğu gibi, çok paydaşlı anlaşmalara da istikrarlı devlet desteği gerekiyor. Araştırmaların çoğu, emisyonları önemli miktarlarda azaltmayı başarmak için sermaye-yoğun elektrik ağları kurmak gerektiğini gösteriyor. Ve tarih gösteriyor ki şirketler ve hükümetler, enerji ağlarına büyük yatırımlar yapmaya, sadece politika ve düzenleme çerçevelerinin öngörülebilirliğinden emin oldukları durumlarda istekli oluyorlar. Bu beklentinin karşılanması için sınır aşırı riskleri azaltmak amacıyla ulusal enerji politikalarının uluslararası standartlar çerçevesinde koordine edilmesi, yatırım sözleşmeleri yapılması ve tahkim mekanizmaları oluşturulması gibi konularda anlaşmalar yapılması gerekir.

Dünya Ekonomik Forumunun *2017 Küresel Risk Raporu*'nda yükselen enerji teknolojileri en az olumsuz sonuç olasılığı taşıyan teknoloji alanı olarak kabul ediliyor ve aynı zamanda en büyük potansiyel yararlarla sahip olan ikinci alan olarak görülüyor. Bu potansiyeli heba etmek ortak sorumluluğumuzda felaket niteliğinde bir kusur olur.

Beş kilit fikir

1. Dördüncü Sanayi Devrimi dünyayı önceki sanayi devrimlerinin bir ürünü olan fosil yakıtlara ve sera gazı salımına yol açan enerji üretim yöntemlerine bağımlı olmaktan kurtarabilir. Bu, şimdiye dek hiç olmadığı kadar ivedilik taşıyan bir konu çünkü dünya nüfusu artıyor, ekonomiler sanayileşiyor, iklim değişikliğinin etkileri ağırlaşıyor ve küresel enerji talebinin 2040'a kadar iki katına çıkması bekleniyor.

2. Yenilenebilir enerjiye geçişin hız kazanmaya devam etmesi ve daha fazla sektörü daha hızlı bir şekilde kapsaması gerekiyor. Özellikle yüksek büyüme hızı olan bölgelerde, meyvelerini önümüzdeki on yıllarda toplamak üzere uzun dönemli yatırımlar hemen şimdi yapılmalı. Yenilenebilir enerjiyle ilgili Ar-Ge yatırımlarında uygulama harcamalarına uygun bir artış gerçekleştirilmesi gerekiyor. Enerji depolama teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte ele alındığında, talebi karşılamak için enerji üretimi hedeflerine ulaşmak mümkün olabilir.
3. Dalga enerjisinden nükleer füzyona ve gelişmiş malzemelerden nanoteknolojilere dek birçok yeni enerji teknolojisi araştırılıyor. Bunlar etkinlik ve verimliliği artırmaya ve enerji kayıplarını azaltmaya yardımcı olabilir. Yapay zekâ ile birleştğinde, akıllı şebekeler ve dinamik enerji yönlendirmesiyle ya da batarya odaklı iletimle sistem çapında büyük ölçekli verimlilik artışları sağlanabilir.
4. Yenilenebilir enerjiye doğru büyük bir sistem değişikliği, fosil yakıt endüstrisini ve süregelen jeopolitik yapılarının güvenliğini riske atar. Bir sistem değişikliğinin toplumsal ve siyasi sonuçlarıyla ilgilenmek için işbirliği son derece önemli.
5. Eğer hükümetlerin uzun dönemli büyük yatırımlar yapma konusunda kendinden emin ve istekli davranmalarını istiyorsak çok paydaşlı işbirliği ve küresel istikrar gerekiyor. Öngörülebilir politikalar ve düzenleyici çerçeveler, işbirliği için güven vermeye yardımcı olabilir.

Jeomühendislik

Jeomühendislik insanların yeryüzünün son derece karmaşık biyosferinin davranışını bilinçli olarak ve başarılı bir şekilde kontrol edebileceği fikridir. Bununla birlikte, birçok bilim insanı bu alana müdahale etme iddiasında bulunan teknolojileri, en iyimser ifadeyle olgunlaşmamış ve güvensiz, en kötümser ifadeyle hem öngörülemez hem de yönetilemez varoluşsal tehditler içeren teknolojiler olarak görüyor.

Bu bölüm, jeomühendisliği bir uygulama olarak meşrulaştırma olarak görülmemelidir. Gerek bilinçli olarak yeni türler sunmak şeklinde olsun gerekse geniş toprak parçalarının ormansızlaştırılması şeklinde, doğal dünyanın karmaşık sistemlerine büyük ölçekli bir müdahalede bulunma girişimleri çoğu zaman felaketle sonuçlanmıştır. Yazarlar besin basamakları denilen olgunun sonuçlarının öngörülmesi ya da kontrol edilmesinin mümkün olmadığının son derece farkındadır.

Yine de, hava kirliliğinden kuraklıklara ve küresel ısınmaya kadar uzanan sorunları azaltmak için teknolojik müdahalelerin önerilmekte olması bu konuya ayrılmış bir bölüm olması gerektiği hissini uyandırıyor. Söz konusu öneriler arasında şunları sayabiliriz: Güneş ışınlarını başka yöne çevirmek için stratosfere dev aynalar yerleştirmek,

Katkı sağlayanlar: Anne Marie Engtoft Larsen, Dünya Ekonomik Forumu; Janos Pasztor, Kıdemli Üye ve Yönetici Müdür, Carnegie İklim Jeomühendisliği Yönetişim Girişimi (C2G2), ABD; Jack Stilgoe, Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Bölümü Öğretim Üyesi, Londra University College, İngiltere.

yağış artışı için atmosfere kimyasal tohumlama yapmak ve büyük makineler kullanarak karbondioksidi havadan ayırmak.

Teknoloji bu sistemlere müdahale edebilir ama bunların sonuçları hakkındaki sınırlı bilgilerimizle, bu tür eylemler dünyamıza kolaylıkla onarılmaz zararlar verebilir. Dolayısıyla jeomühendislik yeni yönetim çerçeveleri gerektiren tartışmalı bir alandır ve dünyanın atmosferinin ortak kaynağını etkileyebilecek her eylemin ihtiyatlılığı üzerine düşünceli bir inceleme yapılmasını gerektirir.

Teknolojik müdahale küresel ısınmayı doğrudan önleyebilir mi?

Jeomühendislik yeryüzünün doğal sistemlerine büyük ölçekli bilinçli müdahaleler olarak tanımlanıyor. Vaat ettiği uygulamalardan bazıları, yağış modellerini değiştirmek, yapay güneş ışığı kaynakları yaratmak ve biyoteknolojiler kullanarak biyosferi değiştirmektir. Bununla birlikte, jeomühendislikle ilgili tartışmaların çoğu iklim değişikliğine karşı koyma konusunda yoğunlaşıyor. Jeomühendislik diğer gezegenlerde insan kolonisi kurma gibi dünya dışı etkinliklerle bağlantılı olarak da dikkate alınabilir. Örneğin, uzun dönemli insan yerleşimini desteklemek için Mars'ın atmosferinin birleşimini değiştirmeye dönük bilimkurgumsu tartışmalarda jeomühendislik sık sık gündeme geliyor.

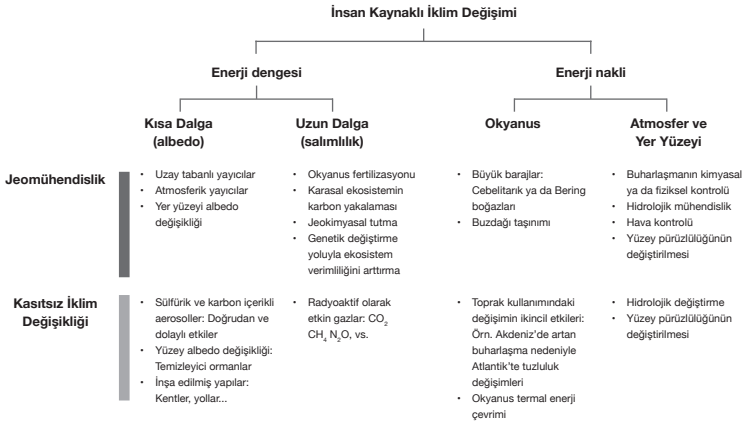
Şu anda büyük oranda kuramsal olsa da, iklim jeomühendisliği teknikleri biyosfere salınan sera gazlarını azaltmak için ihtiyaç duyulan tepkisel önlemler önerilerinden oluşuyor (Şekil 25). Bu öneriler; karbon tutma, okyanus fertilizasyonu, yapay adalar oluşturma ve büyük ölçekli ağaçlandırma yoluyla doğal karbon yutakları yaratma gibi önlemler içeriyor (Şekil 26). Kısa bir süre önce gezegeni serinletmek için bazı teknikler önerildi. Bu teknikler iki gruba ayrılıyor: Atmosferden karbondioksidi ayırmak ve böylece iklim değişiminin temel bir nedeni üzerine eğilmek için kullanılacak teknikler

Şekil 25: İklim Sistemine Doğrudan Müdahale Olarak Jeomühendislik



Kaynak: Keith (2002)

Şekil 26: İklim Jeomühendisliğine Yaklaşım Kategorileri



Kaynak: Keith (2002)

ve ikincisi, artan sıcaklıklara geçici bir çözüm olarak güneşten gelen radyasyonun bir kısmını uzaya geri yansıtmak için güneş radyasyonu yönetim teknikleri. Bunun için gereken teknolojilerden bazıları geçen yüzyıllarda geliştirilen teknolojiler; örneğin, devasa aynalar ve asıltılar (*aerosoller*). Ama şu anda Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin birleşimiyle, nano parçacıklar ve diğer ileri malzemeler gibi bazı yeni yaklaşımlar üzerinde de düşünüyor.

Jeomühendislik savunucuları, birinci Sanayi Devriminin getirdiği sosyoekonomik ilerlemenin istenmeyen yan etkilerinin neden olduğu, yüzlerce yıllık kirlilik ve çevresel bozulmayı jeomühendisliğin düzeltebileceğini ileri sürüyor. Tarihin tekerrür etmesinden kaygı duymayarak, iklimle ilgili riskleri azaltmanın ve karbon salımına el atmak için fazladan zaman kazanmanın getireceği potansiyel yararların yeni yan etkilere yol açma riskini göze almaya değer olduğunu savunuyorlar. Daha ihtiyatlı uzmanlar ise şu anki bilimsel bilginin sınırlılığı nedeniyle potansiyel olumsuz yan etkilerin risk alınamayacak kadar öngörülemez ve belirsiz olduğunu söyleyerek buna karşı çıkıyor. Yeryüzünün radyasyon dengesindeki doğal değişimlerin ardından meydana gelen ürkütücü domino etkilerine işaret ediyorlar. Örneğin, 1815'te Endonezya'daki Tambora Dağında gerçekleşen volkanik patlama 1816'da Avrupa'nın "yazsız bir yıl" yaşamasına yol açmış ve bu yüzden tarımsal ürünler zarar görmüş, kıtlık ve salgınlar yaşanmıştı.

Her iki durumda da jeomühendisliğin her derde deva bir ilaç olarak görülmesi gerçekçi olmaz. İstikrarlı bir iklim elde etmek için Dördüncü Sanayi Devriminin ekonomik ve sosyal sistemleri, net sıfır karbon salımlarını başarmak zorundadır; bu, salımları önemli ölçüde azaltmak ve geri kalan salımları karbondioksit ayırma tekniğiyle önlemek gerektiği anlamına geliyor. Bu hedeflere ulaşmak için yeni teknolojilere ve politikalara ihtiyaç duyulacak olmakla birlikte "teknik çözümücü" bir bakış açısıyla bunu başarmak mümkün değil. Bu nedenle, bazı jeomühendislik savunucuları, iklim değişikliğinin en kötü etkilerinden sakınmak için politika belirleyicilerin bu iki stratejinin bir birleşimini dikkate almasını öneriyor.

Küresel bir yönetim çerçevesi

Jeomühendislik kuramsal olarak bazı bölgelere yarar sağlayabilir ama başka bölgelerde de zarar, kuraklık ya da sellere yol açabilir.¹⁹⁷ Böyle bir senaryo, nasıl ilerleneceği, maliyetlerle yararların nasıl dengeleneceği ve etkilenen toplumların zararlarının nasıl telafi

edileceğine ilişkin önemli sorunlar ortaya çıkarır. Jeomühendislik taraftarları bu yöndeki herhangi bir potansiyel uygulamaya dönük araştırma ve karar alma süreçlerine rehberlik etmek için tutarlı bir hükümetler arası yönetim çerçevesi gerektiğine dikkat çekiyor. Muazzam bir küresel işbirliği vizyonuna karşın şu anda böyle bir çerçevenin sadece kısıtlı birkaç ögesi var; ama tam bir çerçeve oluşturulması ve bu çerçevenin iyi işleyen bir hükümetler arası işbirliği olmadan küresel müşterek varlıklara potansiyel riskler oluşturacak olan teknolojilere paralel olarak geliştirilmesi gerekecektir.

Carnegie İklim Jeomühendisliği Yönetişim İnisiyatifi direktörü Janos Pasztor'a göre, çok taraflı anlaşmalar yokken sadece birkaç ülkenin, tek bir ülkenin, büyük bir şirketin ya da hatta varlıklı tek bir bireyin bile tek taraflı bir iklim jeomühendisliği eylemine girişme riski vardır.¹⁹⁸ Ve bu eylemlerden ve sonuçlarından hoşlanmayanlar karşı bir iklim jeomühendisliği girişimi başlatabilir ve bu da jeoteknolojik bir silahlanma yarışı yaratabilir.¹⁹⁹ Gelişmekte olan ülkelerin, iklimi değiştirmek için daha az kaynağa sahip olması da şöyle bir talihsiz olasılık ortaya çıkarır: İklim değişikliğinden ağır şekilde etkilenen devletlerin halkları daha ileri ekolojik yıkımlara karşı kendilerini fazla savunamaz.

İklim jeomühendisliği için ne gibi potansiyeller olduğu konusunda bilim çevrelerinde uzun süredir devam eden bir tartışma var ama siyasi çevrelerde bu oldukça yeni bir konu. 2013'te, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) beşinci raporunun politika belirleyiciler için hazırlanan özetinde bundan söz ediliyor.²⁰⁰ Daha yakın bir zamanda ise ABD Küresel Değişim Araştırması Programından bilim danışmanları federal jeomühendislik araştırmalarına fon sağlaması için Kongreye baskı yapıyordu.²⁰¹ Nisan 2017'de, Harvard Üniversitesi, jeomühendislikle ilgili bugüne kadar yapılan en büyük ve en kapsamlı araştırma programını başlattı. Yirmi milyon dolarlık bu proje, teknolojinin volkanik patlamalarda oluşan atmosferik serinleme etkisinin aynısını yaratıp yaratamayacağına belirlemeyi amaçlıyor.²⁰²

Önerilen jeomühendislik tekniklerinden kaynaklanan yönetim sorunları ise kontrol ve karar alma sorunlarından başlayıp, konudan etkilenen toplumların etkin katılımını sağlamaya kadar uzanıyor. Mevcut küresel yönetim mimarisinde, uygun bir uluslararası profesyonel otorite tarafından bir yönetim çerçevesinin geliştirilmesini şart koşma hakkına sadece BM Genel Kurulu sahiptir.²⁰³ Bu gerekli rolü barışı koruma ya da nükleer silahların yayılmasına benzetebiliriz. Bununla birlikte, ilgili tüm paydaşları kapsayan başka ve muhtemelen daha iyi yaklaşımlar geliştirilmesini gerektirecek faaliyet alanları var.

Tüm çok paydaşlı yönetim mekanizmalarının aşağıdaki soruları ele alması gerekecektir:

- Jeomühendislik çevresindeki belirsizlikler söz konusu uygulamanın onaylanmamasını gerektirecek kadar büyük mü?
- Diğer iklim değişikliği azaltma yöntemleri karşısında jeomühendisliğin riskleri ve fırsatları nasıl dengelenebilir?
- Jeomühendislik araştırmalarının laboratuvarlardaki bilgisayarlı modelleme ve senaryo oluşturma çalışmalarından atmosferde deneysel denemeler yapmaya geçebilmesi için ne tür uluslararası işbirliği, yetkiler, sınırlar ve politika rehberliği istenmeli?
- Sınırları ve kuşakları aşan etik sorunlar ortaya çıkaracak ve hem adaleti hem de insan haklarını etkileyecek farklı bölgesel ve yerel etkiler ile küresel sıcaklıkları düşürme ihtiyacı arasındaki denge nasıl bulunacak?
- Jeomühendisliğin uzun vadeli hedeflerle uygulamaya geçirilmesi gerektiği düşünülürse, demokratik gözetim ihtiyacı ile on yıllar boyunca ortaya çıkacak jeopolitik değişikliklerin üstesinden gelme ihtiyacı nasıl dengelenecek? Jeomühendisliği uygulamaya geçirme yönündeki herhangi bir kararın gelecekte o uygulamayı değiştirme ya da durdurma kararlarının nasıl yönetileceğini de belirlemesi gerekecektir (örneğin, güneş radyasyonunu yönetme teknikleri bir kez başlatıldı mı bu uygulamaları durdurmak sıcaklıklarda hızlı bir artışa neden olabilir).

Doğaya Hükmetmenin Etik İkilemleri

Hazırlayan: Wendell Wallach, Bilim İnsanı, Disiplinlerarası Biyoetik Merkezi, Yale Üniversitesi, ABD

Çeşitli iklim mühendisliği yaklaşımları etik, çevresel, politik ve ekonomik bir ikilemler ağı yaratır. Ödünleşimler ve riskler vardır. Küresel iklim değişikliği enerji gereksinimlerinin temiz, verimli ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak karşılanması ölçüsünde yavaşlatılabilir. Enerji gereksinimleri, enerji kaynakları, küresel iklim değişikliği ve iklim üzerinde jeomühendislik uygulama baskıları karmakarışık konulardır.

İklimi yönetmek için kullanılan –geri dönüşüm, atmosferden karbon soğurmak için ormanlaştırma çalışmaları ya da güneş ışığını atmosfere geri yansıtmak için çatıların beyaza boyanması gibi– daha az tartışmalı araçlar, küresel ısınmadaki yıllık artışın küçük bir kısmını bile azaltmak için çok büyük bir ölçekte devreye sokulmalıdır. Yukarı atmosferde sülfat ya da nano parçacıklarla tohumlama yapmak gibi teknolojik yaklaşımlardan bazıları, muhtemelen, görünüşte çözmeyi amaçladıkları sorundan daha tehlikelidir. Üstelik çevre dostu temiz enerji savunucuları, küresel iklim değişikliğine herhangi bir teknolojik çözüm yanılsamasının, davranışlarda yapılması gereken zor ayarlamaları benimseme iradesine ya da temiz enerji kaynaklarının benimsenmesine yönelik siyasi istekliliğe darbe vurabileceğinden kaygı duyuyor.

Küresel iklim değişikliğiyle ilgili tüm stratejiler kısa dönemli yerel etkilerin ötesine geçen bir sonuç elde etmek için büyük ölçekli müdahaleler gerektirir. Çok yoğun bir yeniden ormanlaştırma bile Amazon'da ve diğer yerlerde süregiden yıllık orman kayıplarını dengelemeyebilir. Atmosferden karbon emip onu tutacak yüksek endüstriyel kuleler inşa edilebilir ama hızlı ve çok büyük bir etkisi olmayacaktır. Bu tür

bir karbondioksit giderme işlemini büyük çaplı olarak uygulamak, atmosfere salınan sera gazlarını azaltmak için sert önlemler almanın ekonomik maliyetinden bile pahalı olabilir.

Yukarı atmosferi yıllarca sülfat parçacıklarıyla ya da özel olarak tasarımlanmış nano parçacıklarla tohumlamak yeryüzüne ulaşan güneş ışığı miktarını azaltmak için görece daha az pahalı bir yol olarak görünüyor. Bilgisayar modelleri, bu tür bir güneş radyasyonu yönetiminin küresel ısınmadaki yıllık artışı yüzde 50'ye varan bir oranda azaltabileceğine işaret ediyor. Bu uygulama artış oranını yavaşlatacak olmasına karşın küresel ısınma sorununu çözmiyor. Ama stratosferi sürekli tohumlamak iklim modellerini, azaltmak için tasarlandığı küresel ısınmadan daha fazla altüst edebilir mi? Bunu bilmiyoruz. Uygun ve titiz araştırmalar olmadan stratosferi tohumlamanın istenmeyen sonuçları olup olmayacağını belirlemek olanaksız. Ve hatta küçük ölçekli deneyler bile atmosferin çeşitli tabakaları arasındaki karmaşık geribesleme döngülerini tam olarak açığa çıkarmaya yetmeyebilir. Karmaşık sistemler öngörülemez ve bazen de tahrip edici şekillerde davranabilir.

Jeomühendislik deneylerinin politik açıdan hassas olduğu düşünüldüğünde, bilim insanları haklı olarak uluslararası bir anlaşma sağlanmadan daha ileri gitmekten sakınıyorlar. Ama atmosferde hangi denemelerin yapılabileceğine karar verecek uluslararası bir yönetim çerçevesi üzerinde anlaşma sağlamak çok zor. Etkili bir uluslararası gözetim olmazsa, haydut devletler ve aktörler yakın dönemli gereksinimlerini karşılamak için eylemlerinin uzun dönemli sonuçlarına dikkat etmeden kendi jeomühendislik projelerini başlatmaya karar verebilirler. Örneğin, atmosferi tohumlamanın kolaylığı, bir ülkenin yerel iklimi düzenlemek için bu yaklaşımı uygulamaya karar verip bunun komşu bölgelerin havası üzerindeki etkisini göz ardı edebileceğini akla getiriyor. Aslında iklim

gittikçe sorunlu hale geldikçe bir ülke kendi vatandaşlarının gereksinimlerini karşılamak için bağımsız bir şekilde davranma zorunluluğu hissedebilir.

Bazı jeofizikçiler ve çevreciler jeomühendislik stratejilerinin test edilmesine bile karşı çıktılar ve çıkıyorlar. Jeomühendislik araştırmalarına izin verilmesiyle ilgili üç temel soruna işaret ediyorlar. Birincisi, jeomühendisliğe yatırım yapmak, koruma önlemleri ve temiz enerji kaynakları geliştirme gibi çevresel olarak sağlıklı yaklaşımlara ayrılacak kaynakları azaltacaktır. İkincisi, araştırma grupları geliştirdikleri herhangi bir teknolojinin uygulanmasını savunan çıkar gruplarına dönüşebilirler. Üçüncüsü, jeomühendislik “doğanın sonunu” getirebilir. Ülkeler ve bölgeler hava modellerini doğrudan kurcalamaya başlayınca havayı hem küresel hem de yerel gereksinimlere göre yönetme ihtiyacı ve bu yön-deki baskılar süreklilik kazanacaktır.

İklim bilimi hakkındaki sınırlı bilgilerimiz düşünüldüğünde jeomühendislik girişimleri, yanlış düşünülmüş ve felakete yol açma potansiyeline sahip bir dizi deneme yapılmasına yol açabilir. Doğaya hükmetmek bilimsel bir rüya olsa da şimdiye dek hep safça bir ihtirasa dönüşmüştür. Havayı yönetmenin erişilebilir bir hedef olduğu varsayılsa bile çeşitli bölge ve ülkelerden gelecek birbiriyle çelişen talepleri müzakere etmek göz korkutucu bir şey olacaktır.

Beş kilit fikir

1. Jeomühendislik dünyanın doğal sistemlerine büyük ölçekli müdahaledir. Bununla birlikte çoğu tartışmada iklim değişikliğiyle mücadele etmek için sera gazlarını azaltmayı ya da atmosferik süreçleri değiştirmeyi hedefleyen ve henüz kuramsal düzeyde olan teknolojik müdahaleleri ifade eder.
2. Birçok bilim insanı şimdiki bilimsel bilgi düzeyimizle atmosferik sistemlere müdahale etmenin hem tehlikeli hem de sorumsuz bir eylem olduğunu savunuyor. Jeomühendislik savunucuları ise bunu çevre ve atmosfer üzerindeki yüzlerce yıllık insan etkisini düzeltmenin bir yolu olarak görüyor.
3. İstikrarlı bir iklim, yani net sıfır emisyon elde etmeyi başarmak için hem emisyonu azaltmak hem de açığa çıkan karbondioksit'e karşı mücadele etmek gerekiyor. Hedef hızlı bir teknolojik çözümle başarılabilir ama teknolojinin bunu başarmada bir rol oynaması gerekecektir.
4. Jeomühendislikle sorumlu bir şekilde ilerlemek küresel bir hükümetler arası işbirliği çerçevesi gerektirecektir. Şu anda böyle bir çerçevenin sadece sınırlı öğeleri vardır ve bu olmadan küresel müşterek varlıklar alanındaki riskler son derece yüksektir.
5. Siyasi çevrelerde yeni bir konu olan jeomühendislik çok az fon sağlanmış ve çok az etkin denemeler yapılmış bir alandır. Bu tür teknolojiler için kullanılacak yönetim, bu teknolojileri daha az riskli alternatiflere uygulama yetkilerinden başlayıp sınır aşırı etkilere kadar uzanan yelpaze-deki birçok konuyu ele almak zorundadır.

Uzay Teknolojileri

2030'a kadar uzayla ilişkili teknolojilerde muhtemelen bir patlamaya tanık olacağız. Havacılık ve uzay teknolojileri, astronomik gözlem olanakları, mikro uydu geliştirme, nano malzemeler, 3D baskı robotbilim ve makine görmesi alanlarındaki büyük sıçramalar, bilimsel ve ekonomik geri dönüşler kadar, daha önce benzeri görülmemiş bir keşif çağı vaat ediyor. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler atmosferin ötesinde olup bitenlerden yarar sağlayacak gibi görünüyor. Araştırmacılar ve şirketler, değer yaratımı ve değiş tokuşuyla ilgili tamamen yeni süreçlere destek olabilecek büyük miktarda veri elde edecek. Yeni bilimsel bilgiler inovasyon ve ekolojik duyarlılığı artıracak. Uzay tabanlı kârlı kaynak kullanımı ve üretim potansiyeli geleceğin ticaret yollarını yeniden tanımlamaya hazırlanıyor. Bununla birlikte, uzay trafiği yönetimi, yörünge enkazlarının azaltılması, uzay madenciliği ve dış uzayda temel davranış ilkelerinin yürürlüğe konması gibi alanlarda uluslararası anlaşmalar olmazsa tüm bu vaatler riske girebilir.

Uzay Teknolojileri Üzerine Küresel Gelecek Konseyinin katkılarıyla ve ABD'deki Güvenli Dünya Vakfında teknik danışman olarak görev yapan Brian Weeden'ın işbirliğiyle yazılmıştır.

Dördüncü Sanayi Devrimi ve son sınır

Dördüncü Sanayi Devrimi evreni eve daha yakın hale getirecektir. SpaceX ve Blue Origin gibi ticari kuruluşlar yörüngeye erişimi öne çıkararak uzay yolculuğu maliyetlerini önemli ölçüde düşürmeyi hedefliyorlar. Bu arada, havacılık ve uzay şirketi BAE Systems, Reaction Engines Limited şirketinin SABRE (Sinerjik Hava Beslemeli Roket Motoru) tahrik teknolojisine 20 milyon sterlinlik yatırım yaptı; bu teknoloji, hava taşıtlarının özel iniş pistlerine ve iniş tesislerine gerek duymadan alçak yer yörüngesine doğrudan gidiş-dönüş uçuşları yapabilmesini sağlayacak.²⁰⁴ NASA, derin uza-ya ve en sonunda aya ve/veya Mars'a insan göndermeyi hedefliyor. SpaceX de bu vizyonu savunuyor. Yeni bir öncüler sınıfı, uzay turizmini ve asteroit madencilliğini destekliyor ve küresel ekonominin uzay sektörünü genişletmesinin yollarını arıyor. Buna bir de hem yeryüzündeki hem de uzaydaki teleskop ve uydu olanaklarındaki gelişmeleri eklersek insanların inovasyondan dünya görüşüne kadar her şeyi bir bağlama oturtmada uzayın oynayacağı rol hakkında yeni bir bakış açısına sahip olacağını söyleyebiliriz.

Önümüzdeki birkaç on yıl içinde, üretim için uzay tabanlı kaynaklar gerçekliğe dönüşüp uzayın ticarileştirilmesi alanındaki ilk yatırımcıları haklı çıkarabilir. Ayrıca uzayın erişilebilirliğinin artmasıyla birlikte, uzay trolcülüğü, yörünge sanitasyon ve bakımı ve güneş sistemindeki diğer öğeleri ziyaret etmek için VR platformları dahil yeni sektörler hayal edebiliriz. Bu senaryoların tümü yeryüzündeki kaynakların çıkarılıp tüketilmesi üzerindeki baskıyı azaltma potansiyeli taşıyor. Bu alandaki potansiyel başarı, yatırım firmalarının sadece 2015'te yeni ticari uzay şirketlerine niye 1,8 milyar dolar harcadığını açıklayabilir.²⁰⁵ Bu yatırımlar, sadece insanları uza-ya uçurmanın ötesine geçiyor, ama eğer uygun fiyatlı hale getirilebilirse uzay turizminin de büyük bir çekiciliği olabilir. Dahası, yeni ve gelişmiş malzemeler uzay giysilerinin tasarım ve üretiminin bir parçası,²⁰⁶ nano malzemeler güneş radyasyonuna karşı korunmak için

öneriliyor²⁰⁷ ve yeni uzay teknolojilerinin çoğu, elde edilen verileri yeryüzündeki yaşamımızı dönüştürmek için kullanmayı hedefliyor.

En gelişmiş, ısmarlama uzay teknolojileri hariç hepsinin maliyetleri düşüyor. Uydu teknolojisi bile konuşlandırma için daha küçük ve daha ucuz yüklerin üretimine yöneliyor. Daha kolay elde edilebilen uydu verileri tarım ürünlerinin, vahşi yaşamın, insan nüfuslarının, tedarik zincirlerinin ve kentsel gelişimin izlenmesini destekleyecektir. Uydular, hâlâ internet erişimi olmayan 4 milyarı aşkın insanı birbirine bağlamaya yardımcı olabilecek iletişim yollarıyla dünyayı kaplayacaktır. Kendimizi ve çevremizi nasıl yöneteceğimiz hakkında yeni bakış açıları gerekiyor; örneğin, yapay zekâ ve yeni bilişim teknolojilerinin, üretilen ve şimdiki bilgisayarların iyi yönetemediği eksabaytlarca veriye uygulanması gibi. İnsanlığın bu teknolojilerin yararlarını en uygun hale getirmesi için uluslararası paydaşlardan ortak bir çaba ve iyi niyet gerekecektir.

Örneğin, enerji ve nakil verimliliklerinin artırılması için küresel araştırma verilerini kullanma fırsatı, emisyonları düşürmek ve en uygun enerji dağıtım ve iletiminin önündeki zorlukları aşmak gibi sistem düzeyindeki sorunları çözebilir. Şu anda bazı inovasyon odaklı genç şirketler ticaret, tarım, altyapı ve daha birçok alanla ilgili analizler yapmak ve eyleme geçirilebilir enformasyon üretmek amacıyla uydu görüntüleri verilerinden enformasyon çıkarmak için makine görüşü algoritmaları kullanıyor. Bu tür analitik olanaklar toplumsal ve ekolojik içgörü ve uygulamalara ihtiyacı olan paydaşlar için satışa doğru gidebilir. Buna bir de insansız uzay araçları, teleskoplar, derin uzay misyonları ve potansiyel uzay yolculukları aracılığıyla yapılacak araştırmalara yapılan yatırımlardan gelecek bilimsel bilgileri eklersek insanların küresel ve kozmik ortama nasıl uyacağı konusunda yeni bir anlayış çağının bizi beklediğini söyleyebiliriz.

Böyle bir potansiyele karşın, Dünya Ekonomik Forumunun 2017 *Küresel Riskler Raporu* uzay teknolojilerinin algılanışının bunların iyi ama diğer teknolojik alanlara oranla daha az yarar getirdiği yönünde olduğunu gösterdi. Bu şaşırtıcı bir sonuç olarak görülebilir,

özellikle de uydular, uzay araştırmaları, havacılık, yer bilimi ve iklim modelleme için gereken en ileri uygulamalar ve donanım düşünüldüğünde. Ayrıca sınırları zorlayan bu projelere güç veren araştırma gündemlerini söylemeye bile gerek yok. Bununla birlikte, bu sonucu şöyle de yorumlayabiliriz: Gezegenimizin yörüngesine yerleştirilen teknolojileri geliştirmek ve çoğu insanın anlayışının ötesinde başarılar elde etmek için yıllarca yapılan çok paydaşlı işbirliği oldukça güvenli kabul ediliyor, tabii eğer bu konular üzerinde düşünülüyorsa.

Teknolojilerin uzayda kullanılmasına duyulan güven hak edilmiş bir güvendir. Ayrıca uzay teknolojileri bilişim, ileri malzemeler ve enerji teknolojilerinin bir birleşimidir ki bu alanların hepsi geçen yılın *Küresel Riskler Raporu* yararlar ölçeğinde üst sıralardaydı. Araştırma ve bir sonraki rekabet avantajını elde etme arzusu küresel ekonomi için olduğu kadar toplum için de yeni olasılıklar getirecektir. Bununla birlikte, 2030 yılı çoğumuz açısından uzayı deneyimlemeye dönük planlar yapmaya başlamak için çok erken olabilir. Ama yine de VR ekipmanı kullanarak bir uzay keşif aracı sürmek ya da çeşitli aylar arasından seçtiğimiz bir ayın üzerinde bir dron uçurmak için bir abonelik satın alma olanağına kavuşabiliriz. Uzay teknolojileri şimdiden gezegenimizdeki insanların yarısını birbirine bağlıyor ve yakında herkesi her yerde birbirine bağlayabilir.

Uluslararası Uzay İstasyonundan İnovasyonu Teşvik Etmek

Hazırlayan: Ellen Stofan, Başmühendis, NASA (2013-2016); Fahri Profesör, Risk Araştırma Merkezi, Londra University College (UCL), İngiltere

Uluslararası Uzay İstasyonunun (ISS) başlangıcından bu yana, insan sağlığı araştırmaları dahil çeşitli disiplinlerden 1900'ün üzerinde araştırma yapıldı ya da yapılmaya devam ediyor. ISS, yerçekimsiz ortam araştırmalarının yapılabilirdiği,

benzersiz ekipman ve araçların olduğu çok amaçlı çeşitli laboratuvarlara sahip. Yerçekimsiz ortamın insanlar üzerinde benzersiz birçok biyolojik etkisi var, bedenimizin çalışma şeklini etkiliyor. Örneğin, bozulmuş bağışıklık sistemi ve kardiyovasküler sistem, kemik yoğunluğu, kas kaybı ve gözle ilgili kusurlar üzerinde etkileri var. Bu durum NASA ve uluslararası ortaklarını bu riskleri azaltmanın yollarını araştırmaya zorladı; ayrıca yeryüzünde karşılaştığımız pek çok sağlık sorunu hakkındaki bilgilerimizi de artırdı.

ISS’de yapılmakta olan araştırmalar sağlığın birçok farklı alanındaki ilaç ve teknoloji manzarasını değiştirmeye devam ediyor. Örneğin, sürmekte olan araştırmalara göre, bifosfonatlar olarak bilinen bir ilaç sınıfı, sağlıklı beslenme ve düzenli egzersizle birlikte kemik kaybını azaltabilir. Yerçekimsiz ortamda kolayca araştırılabilen plazma, tümörün etkisizleştirilmesini destekleyerek kanserle savaşmaya ve yaraları iyileştirmeye yardımcı oluyor. Yerçekimsiz ortamda yüksek kaliteli protein kristalleri yetiştirme konusunda şu anda yürütülen araştırmalar Duchenne Kas Distrofisi hastaları için daha iyi tıbbi tedaviler bulunmasına yol açabilir. Bunlar yeryüzünden 320 km yükseklikte yapılmakta olan çalışmalardan sadece birkaç örnek.

Uluslararası ortaklıklar yoluyla ISS’de yürütülen insan sağlığı araştırmalarının pek çoğu önemli sonuçlar üretti ve yeni teknolojilerin geliştirilmesini getirdi. Bu hayat kurtaran aygıtlar dünya çapında olağanüstü sonuçlar alınmasını sağladı. Sadece birkaç örnek verelim: Yararlı ya da hasta bireyler üzerinde hızlı ve doğru tıbbi tanılama için şu anda ISS’de ve dünyanın uzak bölgelerinde kullanılmakta olan ultrason 2; astımı izlemek ve gelecekteki atakları önlemek için kullanılan ve taşınabilir aygıt olarak üretilen NIOX MINO; bağışıklık değişiklikleri ve osteoporozu erken evrelerinde saptamak için gelişmiş teknoloji ve son olarak, ilk başta insan

sağlığı için tasarımılanmış olmayan neuroArm gibi teknolojiler. Doktorlar artık beyin ameliyatlarını neuroArm kullanarak hastalar manyetik rezonans görüntüleme makinesinin içindeyken yapabiliyorlar. Bu neuroArm robotu, ISS’de ağır yük kaldırma ve bakım işleri için kullanılan Canadarm robotuyla aynı malzeme ve teknikler kullanılarak tasarımılandı.

NASA, Mars’a yolculuğa hazırlık için günlük olarak yapılan çalışmalara ek olarak kansere bir tedavi bulmak için diğer hükümet kurumları ve özel şirketlerle de işbirliği yaparak ABD’deki Cancer Moonshot girişimine katkı sağlıyor.

Ekipler, önleme teknikleriyle ilgili bilgilerimizi artırmak, teşhis ve tedavi aşamalarını hızlandırmak için bağışıklık sistemi üzerinde nasıl bir mühendislik uygulanabileceğini tartışıyor. NASA, insanları uzayda radyasyona maruz kalmaktan korumanın yollarını araştırırken kanser için alternatif tedavilere yönelik araştırmalara olanak veren bir teknoloji geliştirdi: Tümörlü hücrelere çevresindeki sağlıklı hücrelere en az zarar verecek şekilde uygun dozda radyasyon verilmesini sağlayabilecek “parçacık ışın radyoterapisi”. Bu alan kurum için yeni bir alan değil –NASA’nın ISS’de mikro kapsül geliştirmek için yaptığı araştırmalar kanser tedavisi sürecini geliştirdi ve mikro balon üretme teknolojisiyle sonuçlandı. Bu mikro balonların içine 12 ila 14 günlük arayla salıverilecek ilaçlar konuluyor.

Yeryüzündeki ve yerçekimsiz ortamdaki insan bedenini anlama konusunda önemli gelişmeler kaydettik ve bunların tümü alçak yer yörüngesindeki deneyimlerimizle gerçekleşti. Bununla birlikte, hâlâ daha yapılacak çok iş var. İnsanlar daha uzun ve daha uzak uzay yolculuklarında daha fazla sağlık sorunuyla karşılaşır. Biz de bu sorunlarla savaşılan güçlere katılmaya devam etmeliyiz. Sınırları zorladıkça yeni fikirler ve ortaklıklar geliştirebiliriz ve tüm insanlığa yararlı uzay teknolojilerinin araştırılması ve üretilmesi için daha fazla olanak bulabiliriz.

Girişin önündeki engelleri azaltmak ve başarı çıtasını yükseltmek

İnsan toplumları uzay teknolojilerinden olağanüstü düzeyde yarar gördü ve görmeye de devam ediyor. Uydular, doğal afetlerle ilgili erken uyarılar göndermek için olduğu kadar küresel finansal ağları senkronize etmek, yeryüzünün iklimini izlemek, doğal kaynakları sürdürülebilir bir şekilde yönetmek, ücra bölgelerdeki topluluklara eğitim ve diğer önemli hizmetleri sunmak için her gün kullanılan hizmetler sağlıyor. Ama yine de diğer pek çok sektör gibi, uzay sektörü de teknolojik gelişmelerden kaynaklanan büyük bir değişimin eşiğinde. Bu değişimle daha da fazla toplumsal yarar olasılığı ortaya çıkıyor ama eğer sektörün karşısındaki potansiyel zorlukların üstesinden gelinebilirse.

Uzay çoğu zaman teknolojik gelişmenin en ileri düzeyinde bir alan olarak görülür ama gerçek biraz daha karmaşıktır. Uzay çağının erken evreleri olan 1950’ler ve 60’larda yapılan büyük miktarlardaki devlet yatırımları gerçekten de çok sayıda yeni bilim ve inovasyon üretti. Yan ürün olarak ortaya çıkan yeni teknolojiler, mikroçip ve yazılım mühendisliği gibi geleceğin sektörlerinin tohumlarını ekti. Bununla birlikte, uzaya yapılan fırlatmaların yüksek maliyeti ve uzay ortamının zorlu koşulları güvenilirlik ve kabiliyet üzerine yapılan vurguları gittikçe daha da artırdı ve bu da inovasyonu sınırlayıp girişin önündeki çitayı yüksek tuttu.

Bugün uzay sektörü yüksek derecede bir inovasyon deneyimi yaşıyor ama bu büyük ölçüde diğer sektörlerden “geri gelen” yararların yönlendirdiği bir deneyim. Örneğin, uzay çağının da yardımıyla ortaya çıkan mikroçip ve yazılım sektörleri olgunlaştı ve şimdi iki önemli yolla uzay sektörüne geribildirim yapıyor. Bu geri gelen yararlardan birincisi teknoloji. Yani akıllı telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve diğer bilgi işlem aygıtlarını destekleyen üretim altyapısı, uzayla ilgili daha akıllı, daha hızlı ve daha ucuz yeni nesil bileşenler ve uydular geliştirilmesine yardımcı oluyor. Bulut bilgi işlem, çoğu

uydunun temel ürünü olan enformasyonun işlenmesini ve depolanmasını ticarileştiriyor. 3D yazıcılar, gelişmiş robotbilim ve yapay zekâ gibi daha yeni teknolojiler de uydu üretiminin ve uydu olanaklarının sınırı olarak düşündüğümüz engelleri ortadan kaldırıyor. Örneğin, Made In Space adlı şirket ISS’de 3D yazıcıyla alet üretme becerisini kanıtladı ve NovaWurks yörüngedeyken kendi kendine monte olabilen ya da kendini yeniden düzenleyen modüler uydu bileşenleri geliştiriyor.

Diğer geri gelen yarar ise finans ve işgücü aracılığıyla gerçekleşiyor. Teknoloji dünyası bir sonraki büyük yatırım fırsatını dört gözle bekleyen risk sermayedarlarıyla ve yeni zorlu görevler arayan becerikli genç mühendislerle dolu. Pek çok yatırımcı ve mühendis uzay hakkında hayaller kurarak büyüdü; gerçek yaşamdaki astronotları izleyerek ya da bilimkurgunun içine gömülerek kurdukları hayallerle. Bu amaç-odaklı profesyoneller, uzaya katkı yapma konusunda yeni bulunmuş bir coşkuyu keşfediyorlar. Örneğin, Planet şirketi eski NASA mühendisleri tarafından Silikon Vadisinde kurulan yeni uzay şirketlerinden biri ve IT dünyasının genelinden yazılım ve donanımda başarılı mühendisleri bulup yetiştiriyor.

Bu teknoloji, sermaye ve insan kaynağı akınının sonucu olarak uzay sektöründe büyük bir değişim ve inovasyon patlaması gerçekleşti. Geleneksel uzay uygulamaları daha da verimli hale geliyor, örneğin uzaktan algılama, iletişim ve son olarak hassas navigasyon ve zamanlama. Uyduların tasarım, üretim, fırlatma ve işletilme maliyeti düştüğü gibi, bu uyduların ürettiği verileri depolama, işleme ve düzenleme olanakları da ucuzluyor. Aynı zamanda yeni uzay etkinlikleri ortaya çıkıyor; örneğin, uyduları fırlatmanın daha ucuz yolları, uzayda uydu ve başka mallar üretme planları, uzay tabanlı varlıkların hizmet sürelerini ve olanaklarını artırmak için bakımlarının ve yakıt ikmallerinin sağlanması ve hatta su ve değerli mineraller için asteroitlerde madencilik araştırmalarının yapılması. Tüm bunlar artık olasılık dahilinde (Şekil 27).

Şekil 27: Yeni Uzay Uçuşu Şirketleri ve Hedefleri

	Şirket	Araç(lar) ya da Uzay Aracı	Hizmetler
Uzay Erişimi	Blue Origin	New Shepard, Biconic Spacecraft	İnsanlı uzay uçuşları dahil alt yörüngesel ya da yörüngesel fırlatma hizmetleri
	Masten Space Systems	Xaero, Xogdor	Küçük yükler taşıyan alt yörüngesel fırlatmalar
	Virgin Galactic	SpaceShipTwo, LauncherOne	Küçük yüklü alt yörüngesel fırlatmalar, alt yörüngesel insanlı uzay uçuşları ve havadan fırlatılan nano uydu fırlatmaları
	XCOR Aerospace	Lynx	Küçük yüklü alt yörüngesel fırlatmalar, alt yörüngesel insanlı uzay uçuşları ve nano uydu fırlatmaları
	Orbital Sciences Corporation	Pegasus, Taurus, Antares, Cygnus	Yörüngesel uydu fırlatmaları ve ISS kargoları
	SpaceX	Falcon 9, Falcon Heavy, Dragon	Yörüngesel uydu fırlatmaları ve ISS kargoları, 2017'ye kadar planlı yörüngesel insanlı uzay uçuşları
	Stratolaunch Systems	Stratolauncher	Havadan yörüngesel fırlatma hizmetleri
	United Launch Alliance	Atlas V, Delta IV	Yörüngesel fırlatma hizmetleri
Uzaktan Algılama	Planet Labs	Dove, Flock 1	Yeryüzünün sık sık görüntülenmesi ve elde edilen verilere internet sitesi aracılığıyla açık erişim
	Skybox Imaging	SkySat	Yeryüzünün sık sık görüntülenmesi ve HD video çekimi, veri analizi ve elde edilen verilere internet sitesi aracılığıyla açık erişim
LEO* İnsanlı Uzay Uçuşu	Bigelow Aerospace	BA 330	Yörüngede ya da Ay'da kullanım için şişme yaşam alanları
	Boeing	CST-100	Mürettebatlı LEO sevkıyatı
	Sierra Nevada Corporation	Dream Chaser	Mürettebatlı LEO sevkıyatı
	Space Adventures	Soyuz	Mürettebatlı LEO ve ay seferleri
LEO ötesi	B612 Foundation	Sentinel	Tehlike potansiyeli olan asteroitlerin saptanması ve özelliklerin belirlenmesi
	Inspiration Mars Foundation	Inspiration Mars	Mürettebatlı Mars yakınından uçuş seferi
	Moon Express	Moon Express	Ay'da kaynak arama ve madencilik
	Planetary Resources	Arkyd 100, Arkyd 200, Arkyd 300	Asteroitlerde kaynak arama ve madencilik

Kaynak: NASA (2014)

*LEO: Low-Earth Orbit (Alçak Yer Yörüngesi)

Ama uzay sektöründeki değişiklikler mevcut zorlukları karmaşılaştırıyor ve yenilerini ekliyor. Giriş yapmanın önündeki engelin önemli ölçüde azalması ülkeleri ve şirketleri uzay etkinlikleriyle ilgilenmeye teşvik ediyor ve teknolojik birikim fırlatılan uyduların sayısında büyük artışlar yaşanmasını getiriyor. Bugün 70'ten fazla ülke yörüngede uydu

sahibi ya da işletiyor. Bu ülkelere en son Irak, Uruguay, Türkmenistan ve Laos eklendi. Önümüzdeki on yıl içinde geniş bant internet ve başka hizmetler sağlamak için kabaca 12.000 yeni ticari uydunun fırlatılması için planlar var. Sonuçta dünya yörüngesinin en fazla kullanılan bölümlerinde oluşan sıkışıklık artıyor ve uzay trafiğini izleme ve yönetme ve yörüngede potansiyel çarpışmaları önleme konusunda zorluklar ortaya çıkıyor. Hem uzaydaki hem de dünyadaki hizmetler daha fazla bant genişliği konusunda bitmek bilmeyen taleplerle karşılaştıkça elektromanyetik spektrumun radyo frekans aralığında da daha fazla sıkışıklık meydana geliyor. Askeri ve ulusal güvenlikle ilgili uygulamalar için uzaya gitgide daha fazla bel bağlanması da yeryüzündeki çatışmaların uzaya kadar uzanma olasılığını artırıyor ve bu da potansiyel olarak gelecekte uzayın kullanılabilmesini riske atıyor.

Bunlar başa çıkılmaz sorunlar değil ve çözüm çabaları şimdiden başlamış durumda. Devletler ivedilik taşıyan bazı güvenlik sorunlarıyla ilgili olarak ve güvensizliği azaltmak için şeffaflığın artırılması ve güven artırıcı önlemler konusunda ikili ve çok taraflı görüşmeler yapıyorlar. Ayrıca uzayın uzun dönemli sürdürülebilirliğini sağlamak için en iyi uygulamaları geliştirmek amacıyla özel sektörle de işbirliği yapıyorlar. Uzayda çöp yaratılmasını sınırlamak, uzayla ilgili durumsal farkındalığı artırmak ve yörüngede çarpışmaları önlemek bu işbirliği konuları arasında yer alıyor. Ama uzay sektörünün öngörülebilir bir gelecekte insanlığa sunabileceği potansiyel yararları gerçekliğe dönüştürebilmesi için küresel toplumun daha fazla çaba harcaması gerekiyor.

Uzayda teknolojilerin geliştirilmesi aşağıdaki alanlarda liderlik ve inovasyon odaklı bir yönetim gerektirir:

- *Uluslararası düzenleyici çerçeveye özel şirketlerden girdi sağlanması için daha fazla mekanizma yaratılması.* Uzay çalışmalarıyla ilgili tüm yasal çerçeveleri yönetmek için 1959'da kurulan Uzayın Barışçı Amaçlarla Kullanılması Komitesinin süreçlerinde şu anda özel şirketlerden resmi olarak fikirler almak için

herhangi bir mekanizma bulunmuyor. Uzak alanına giren tüm yeni iş aktörlerinin bir araya gelebilmesi için G20 ülkelerinin iş çevrelerini temsil eden şirket liderlerinin toplandığı B20'ye benzer bir yapı gerekiyor. Bilgi paylaşmak, yeni fırsatlar yaratmak ve zorunluluklar karşısında işbirliği yapmak böyle bir girdinin temel hedefleri olabilir.

- *Uzak madencilik ve özel sektör tarafından fon sağlanan diğer çalışmalarla ilgili olarak ulusal ve uluslararası düzenlemeler arasında uyumluluğa dikkat edilmesi.* Özel sektörden daha fazla yatırım yapılmasıyla birlikte, hükümetlerin, şirketlerin uluslararası düzenlemeyle uyumlu olan ulusal yasalara uygun davranmalarını sağlaması gerekir. Düzenlemeyle ilgili konuların bir an önce ele alınması yeni pazar girişlerinden iyi niyetli eylemler gelmesine yol açacaktır.
- *Yeni bir uzak trafiği yönetim sistemi.* Uzak alanındaki aktörlerin sayısının artmasıyla birlikte, dünya yörüngesindeki işlevsel olan ya da olmayan tüm nesneleri yönetmek için daha sağlam bir sistem gerekiyor. Ticari uyduların çoğalmasıyla birlikte yörüngeyle ilgili protokol ve ilkelere ortak bir yaklaşım sektörün başarısı için son derece önemlidir.
- *Uzak çöpi'nin azaltılmasını sağlamak.* Genel ilkeler, kullanılan ve kullanımdan kalkan uyduların ve kullanılmış roket gövdelerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerektiğini öngörüyor olmasına karşın tüm aktörlerin yer yörüngelerini korumasını ve güvenli bir şekilde kullanmasını sağlayan herhangi bir resmi yürütme mekanizması bulunmuyor. Hem yatırımları hem de insanların hayatını güven altına almak için yörüngedeki malzemelerin hız oranları konusunda da bu protokollere ihtiyaç duyuluyor.
- *Küçük ülkelerde kendi bölgelerinde gerçekleştirilen uzayla ilişkili çalışmaları kontrol etmek için gerekli mekanizmaların olmama olasılığı.* Yeni devlet ve devlet dışı aktörler uzak alanına girdikçe bu konu öngörülemeyen çatışmalara yol açabilir. Tüm ülkelerin uzaydaki davranışlar konusunda yerleşik ilkeleri izlemesi için açık ve net mekanizmalar gerekiyor.

Beş kilit fikir

1. Uzay tabanlı ve uzayla ilişkili teknolojiler bir dönüm noktasında. Özel şirketlerin yol açtığı gelişmeler ve yenilenen devlet yatırımlarının etkisi uzay araştırmaları ve ticarileşmeye ivme kazandırdığı için uzay sektörünün yayılmasında bir artışa tanık oluyoruz. Zorlu görev arayışında olan mühendisler ve yatırımcılar uzayı büyük bir fırsat olarak görüyorlar ve yaratılmasına yardımcı olacakları bir gelecekle bağlantılı coşku uyandırıcı bir fırsat olduğunu düşünüyorlar.
2. Mühendisler, düzenleyiciler ve yatırımcılar arasında yıllardır süren çok paydaşlı işbirliği, uzayda teknolojileri kullanmanın görece güvenli olduğuna yönelik bir güven oluşturuyor. Çoğalan uzay çöpleri, koordine edilmeyen uzay trafiği ve uzaydaki davranışlara yönelik evrensel ilkelerin olmaması gibi yavaş yavaş belirmeye başlayan engelleri aşmak için sürekli bir işbirliği gerekiyor.
3. Uzay alanı, mikroçip ve yazılım mühendisliği gibi türev sektörler de üretti. Ayrıca uzay, önemli bir geribildirim döngüsüyle geri gelen yararlar sağladı, yani ortaya çıkan türev sektörlerin geliştirdiği teknolojilerden yarar gördü. Mobil bilişim, bataryalar, 3D yazıcılar ve yapay zekâ gibi gelişmelerin hepsi verimliliği artırdı ve yeni uzay teknolojilerinin gelişmesine yardımcı oldu.
4. Son sınırdaki yeni zorluklar arasında şunları sayabiliriz: Sektörde ve yörüngede sayıları artan yeni oyuncuların yönetilmesi, daha fazla uydu ve şirket uzaya kaynak yerleştirdikçe artan sıkışıklığın azaltılması, radyo frekans spektrumunun ve bant genişliğinin paylaşılması ve uzaydaki kaynakların potansiyel kullanımı için kurallar ve prosedürler belirlenmesi.

5. Kamu-özel ortaklıklarında güveni artırmak için, uzayın jeopolitik çatışmaları artırmak yerine ortak yarar sağlayacak şekilde kullanılması için, küçük devletler dahil tüm küresel toplum açısından erişilebilir yollar oluşturulmasına yardımcı olmak için çok paydaşlı işbirliği ve anlaşma gerekiyor.

Sonuç

Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek İçin Ne Yapabilirsiniz?

Dördüncü Sanayi Devriminin bu kitapta sunulan çerçevesi –dönüşmekte olan bir dünyanın dinamiklerini, değerlerini, paydaşlarını ve teknolojilerini araştırmak– liderlerin ve vatandaşların büyük bir kesiminin, kolektif eylemlerimizin (ve eylemsizliklerimizin) geleceği yaratma yollarını anlayarak teknoloji ile toplum arasındaki ilişki hakkında daha derinlemesine düşünmesi için bir fırsat yaratıyor.

Bununla birlikte, her ne kadar Dördüncü Sanayi Devrimi düşünce yapılarında bir değişim gerektiriyor olsa da sadece değişimin hızını, bozulmanın ölçeğini ve yükselen teknolojilerin gelişimi ve benimsenmesiyle gelen yeni tür sorumlulukları anlamak yeterli olmaz. Teknoloji, yönetim ve değerlere gösterilecek yeni yaklaşımlarla ilgili olarak tüm organizasyonlardan, tüm sektörlerden ve bireylerden “sistem liderliği” şeklinde bir liderlik ve eylem gerekiyor.

Hükümetler açısından en ivedi eylem, topluluklara güç veren, iş ve sivil toplum çevrelerini derinlemesine olayın içine katan daha çevik yönetim yaklaşım ve stratejilerine yatırım yapmayı gerektiriyor. Şirketlerin önceliği, Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin fırsatlarını anlamak ve bu teknolojilerin çalışanlar, müşteriler ve topluluklar üzerindeki etkilerine duyarlı yeni çalışma yolları geliştirmek ya da benimsemek için denemelere başlamak olmalı. Bireyler içinse öncelik, bu kitapta ortaya konulan konular hakkındaki yerel, ulusal ve küresel tartışmaların bir parçası olmak kadar, söz konusu teknolojiler hakkında doğrudan bilgi edinmek ve onları deneyimlemek olmalı.

Çok büyük bir teknolojik değişimin gerçekleştiği bir zamanda yaşıyor olmak eyleme geçme sorumluluğu getirir. Teknolojiler ve teknik mimari ne kadar olgunlaşır ve kullanım ve alışkanlıklar ne kadar yerleşik hale gelirse, sistemleri toplumların, ulusların ve sektörlerin mümkün olan en büyük kesimine gerçekten hizmet edecek türden bir dengeye getirmek o kadar zor olur. Dördüncü Sanayi Devriminin hız ve ölçeği dünyanın gecikme lüksüne sahip olmadığı anlamına geliyor –yapay zekâ, genetik mühendislik ve otonom araçların olgunlaşmış olanaklarıyla dolu bir gelecekte ve her parçası ustalaşmak için gerçek dünya kadar zor olan bir sanal dünyada tüm insanlara hizmet edecek normlar, standartlar, düzenlemeler ve iş uygulamaları belirleyip yerleştirmek için çok ve birlikte çalışmamız gerekiyor.

Ekonomilerin ve toplumların karşılaştığı ve her gün medyada sözü edilen sayısız risk ve baskı –yükselen eşitsizlik, artan siyasi kutuplaşma, güven düzeylerinin düşmesi ve kritik çevresel kırılganlıklar– bu kararları almak için gereken çok paydaşlı işbirliğine ve liderliğe hem destek veriyor hem de engel oluşturuyor. Bu kitapta da ele alındığı gibi, böyle geniş bir yelpazedeki zorlukların üstesinden gelmek, bir şirketin, sektörün, ülkenin, hatta kıtanın tek başına yapabileceği bir şey değildir. Bunları çözmek, kolektif bir liderlik –işbirliğine dayalı, motive bir liderlik– gerektirecektir, sistemik değişimleri ele alacak ve gezegenimiz için ve üzerinde yaşayan toplumlar için daha iyi bir gelecek sunmayı başaracak bir liderlik gerektirecektir.

Dördüncü Sanayi Devriminin karmaşık, dönüştürücü ve dağıtık doğası yeni bir liderlik türü –“sistem liderliği” adını verdiğimiz bir yaklaşım– gerektiriyor.

Sistem liderliği, değişim için –küresel toplumun tüm paydaşlarıyla birlikte çalışarak– ortak bir vizyon oluşturmak ve sonra da bu vizyon doğrultusunda eyleme geçip sistemin yarar getirme biçimini ve kimlere yarar getirdiğini değiştirmekle ilgilidir. Sistem liderliği ne yukarıdan aşağıya doğru bir kontrol ne de güçlü gruplara nüfuzlarını ustaca kullanma çağrısıdır. Daha çok, tüm vatandaşlara güç veren bir paradigmadır; inovasyon yapmak için, yatırım yapmak

için ve karşılıklı hesap verebilirlik ve işbirliği bağlamında değer sunmak için örgütlenmektir. Son olarak, önceki sanayi devrimlerinin başarısız olduğu bir alanda –gelecek kuşaklar dahil tüm vatandaşlara sürdürülebilir yararlar sağlama konusunda– başarılı olmak için sosyal ve ekonomik sistemlerimizin yapılarını değiştirmeyi hedefleyen, birbiriyle bağlantılı bir etkinlikler dizisidir.

Dördüncü Sanayi Devrimi bağlamında, sistem liderliği üç ayrı odaklanma alanına bölünebilir: Teknoloji liderliği, yönetim liderliği ve değerler liderliği. Sistem liderliği bireyler, iş yöneticileri, toplum üzerinde etkisi olan kişiler ve politika belirleyiciler dahil tüm paydaşlardan eylem gerektirir.

İşbirliğine dayalı sorun çözmenin son derece önemli olduğu bir bağlamda, hepimiz sistem liderleri haline gelme sorumluluğunu paylaşıyoruz. Bununla birlikte, bu bölümün sonunda tasvir edildiği gibi, hükümetlerin, şirket ve bireylerin de oynamaları gereken belirli roller var.

Teknoloji liderliği

Herhangi bir sektörde teknoloji lideri olmak, hatta hızlı bir takipçi olmak bile, teknoloji yatırımlarına ayrılan sermayenin oranı hakkında kararlar almayı, teknolojinin kullandığı yol ve platform seçeneklerini incelemeyi ve değer zinciri boyunca kurumsal yapıları, beceri gereksinimlerini ve ilişkileri uyarlamayı –ve bunların hepsini paydaşlar için daha büyük değer üretmek adına yapmayı– gerektirir. Dünyanın önceki üç sanayi devriminde deneyimlediği gibi, bu yararların büyük çoğunluğu, yüksek kaliteli ve düşük maliyetli ürün ve hizmetler biçiminde değer yaratmak için yeni teknolojileri benimseyen ve kullanan şirketlerden gelecektir.

Dünyanın en inovasyon odaklı şirketleri, devletleri ve sivil toplum örgütleri, yeni teknolojileri, mevcut değer sunma yollarını yeniden şekillendirmekte olan yeni ürün, hizmet ve süreçlerde bir araya

getiriyor –örneğin, Singapur’da ani kalp durması vakalarında 400 metrelik bir alandaki gönüllüleri uyararak sağlık yardımı sağlamak ve hayat kurtarmak için konum belirleme teknolojisini kullanan myResponder adlı uygulamada olduğu gibi ya da Adidas’ın, spor ayakkabılara toplu olarak hafif ve dayanıklı orta taban üretmek için hızlı 3D baskı tekniklerini kullanan Carbon adlı şirketle yaptığı ortaklıkta olduğu gibi.²⁰⁸ Peki, henüz inovasyon cephesinde olmayan organizasyonlar yükselen teknolojilerin sunduğu fırsatları nasıl elde edebilir?

Öncelikle, tüm Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin dijital sistemleri temel alması ve onlara dayanması, organizasyonların dijital iletişim ve işbirliği araçlarına, veri yönetimine ve siber güvenliğe olabildiğince fazla yatırım yapmasını sağlamak gerektiği anlamına gelir. Bugün “veri yeni petroldür” sözünü sık sık duyuyoruz.²⁰⁹ Bu kötü bir benzetme değil –veri gerçekten de önemli ve çoğu zaman yararlanılmayan bir varlık. Ayrıca çoğu durumda yararlı olması için işlenmesi de gerekiyor. Bununla birlikte, veri kullanımı, hem stratejik karar alma mekanizmalarına hem de çok çeşitli (ve bazen olağanüstü miktarlardaki) veri akışlarının kategorize edilmesine, depolanmasına, dağıtılmasına ve analiz edilmesine yardımcı olabilecek teknik altyapıya önemli miktarda yatırım yapılmasını gerektiriyor.

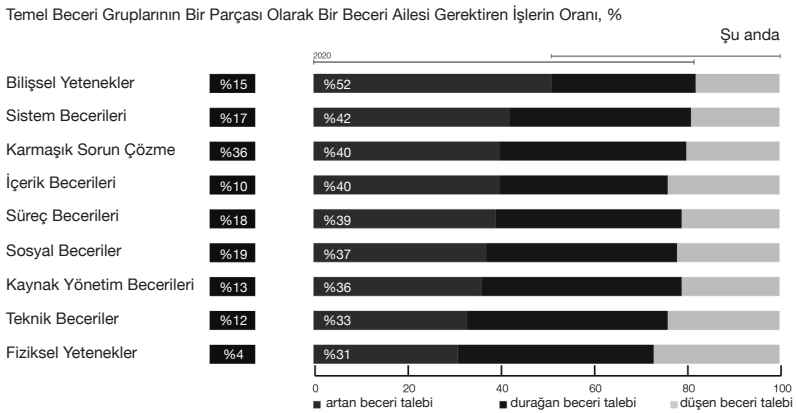
Ve tıpkı petrolde olduğu gibi, veri sızıntısı da felakete yol açabilir. Aslında, kullanım alanları artan kişisel veriler, yapay zekâ ve yeni bilgi işlem yaklaşımlarının birleşimi siber riskleri endişe verici boyutlarda artırıyor. Petrol gibi, verileri korumak için de önemli nedenler var ama bu kaynaklardan en iyi şekilde yararlanma verileri sadece birkaç güçlü organizasyona aktarıp onlar tarafından kullanılacak özelleştirilmiş bir kaynak olarak görmekten çok, ortak yarar için kullanılacak kolektif bir varlık olarak ele almanın yollarını bulmamız gerekiyor.

İkinci olarak, Singapur ve Adidas’la ilgili örneklerin gösterdiği gibi, teknoloji lideri olmak, işbirliğine dayalı inovasyon stratejileri

benimsemek demektir. Organizasyon içi öğrenme, rafine etme ve uzmanlaşma süreci ise mevcut müşteriler için belirli bir ürün kategorisinde tedrici inovasyon yapma konusunda kurum içi Ar-Ge modellerinin son derece iyi olduğu anlamına gelir. Bununla birlikte, Clayton Christensen ve diğerleri tarafından yapılan bir araştırmaya göre, bu modeller tamamen yeni olan pazarlarda bozucu ürünler yaratma ve bu ürünlere uyum sağlama konusunda çok daha az etkilidir –yani tam olarak Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin işaretlerini verdiği endüstri manzarasında pek etkili değildir. Devrim, dışarıdan ortaklarla çalışmayı gerektirecektir. Bu ortaklar genç, dinamik ve girişimci firmalardan başlayıp akademik kurumlara ya da tamamen farklı sektörlerden organizasyonlara kadar uzanabilir; öyle ki bu organizasyonlar son derece farklı bakış açıları, yaklaşımlar ya da farklı pazarlara erişim olanakları sunacaktır.

Üçüncü olarak, yeni teknolojilerden en iyi şekilde yararlanmak, yöneticilerden çalışanlara kadar herkesin yeni becerilere ve yeni

Şekil 28: İşle İlgili Temel Becerilere İlişkin Talepteki Değişim, 2015 - 2020, Tüm Sektörler



Kaynak: İşlerin Geleceği Araştırması, Dünya Ekonomik Forumu

düşünce yapılarına sahip olmasını gerektirir. Dünya Ekonomik Forumu'nun 2016'da yayımladığı *Mesleklerin Geleceği* raporu, yeni teknolojiler, yeni iş modelleri ve yeni pazarlar geliştikçe tüm sektörlerdeki becerilerin yüzde 35'inin değişeceğine işaret ediyor. McKinsey Global Institute tarafından yapılan bir araştırmaya göre ise mevcut teknolojilere dayalı olarak çalışma yerlerinin sadece yüzde 5'i tam olarak otomatikleştirilebilirken mevcut çalışma yerlerinin yüzde 60'ının içeriğindeki görevlerin en az yüzde 30'u bugün bilgisayarlar tarafından yapılabilir.²¹⁰

Ekonomi danışmanlık şirketi AlphaBeta tarafından yapılan yeni bir araştırmanın gösterdiğine göre, teknolojinin beceriler üzerinde bugüne kadarki etkisi yaygın bir işsizlik şeklinde gerçekleşmedi; daha çok, çalışanların yaratıcı ve kişilerarası görevlerde ve bilgi sentezlemede harcadığı zaman miktarında artışa yol açtı. Yaptıkları hesaplamalara göre, örneğin Avustralya'da normal bir çalışma haftasının iki saatten fazlası, fiziksel ve idari görevleri yapmak yerine daha zevkli ve firmalar için daha büyük değer yaratan etkinliklere harcanmaya başladı.²¹¹

Bu değişimlerin bir sonucu olarak en fazla talep edilmesi beklenen beceriler Şekil 28'de gösteriliyor. Şekilde, yaratıcı ve kişilerarası becerilerin öneminin arttığı görülüyor –yani organizasyonların Dördüncü Sanayi Devriminde başarılı olmaları için sorun çözme, yönetim ve yaratıcılık becerilerini dikkate alan işe alım ve eğitim programlarına yatırım yapmaları gerekiyor. Ancak çalışma ortamındaki değişikliklere karşı en savunmasız olanların sesi, muhtemelen iktidar tarafından en az duyulandır. Bu, gelişmekte olan ülkelerde politika belirleyiciler ve kurumsal liderlerin platformlara yatırım yapması ve güvencesiz pozisyonda olanların sesini duyurabilmesine olanak sunan sosyal sorumluluk çalışmalarını desteklemesi için özellikle önemlidir. Hükümetler, iç gücü piyasasında teknoloji kaynaklı değişikliklere maruz kalan vatandaşları koruma ve destekleme konusunda hem imkâna sahiptir hem de bu konuda sorumluluk altındadır.

Yönetişim liderliği

Yeni teknolojilerin yararları temel olarak özel sektör kanalıyla aktarılmasına karşın bu yararların kalitesi ve dağıtımı teknolojilerin nasıl yönetildiğiyle yakından bağlantılıdır. Bununla birlikte, yönetim sadece hükümet, yani, yasalar çıkarmak ve düzenlemeler yapmak için sahip olduğumuz resmi yapılar değildir. Yönetişim, standartlar oluşturup onları kullanmayı, kullanımı kısıtlayan ya da destekleyen toplumsal normların ortaya çıkmasını, özel teşvik tedbirlerini, meslek kuruluşları tarafından sertifikalandırma ve denetim yapılmasını, endüstri anlaşmaları yapılmasını ve organizasyonların, rakipleriyle, tedarikçilerle, ortaklarla ve müşterilerle ilişkilerinde gönüllü olarak ya da sözleşme gereği izleyeceği politikaları içerir.

Dördüncü Sanayi Devriminin ve belki de bir bütün olarak 21. yüzyılın özelliklerinden biri, değişim hızının pek çok ulusal kurumun rahatını bozacak ölçüde artıyor olmasıdır. Teknolojik değişimin artan hızı özellikle politika belirleyicileri ve hükümetleri zorluyor.

Dördüncü Sanayi Devriminin yapmakta olduğu ve yapabileceği potansiyel bozulmalar, iki açıdan yönetim liderliği gerektirmektedir.

Birincisi, liderlerin “neyi ve neden yönetecekleri” üzerinde yeniden düşünceleri gerekiyor. Teknoloji yönetimiyle ilgili önceki sanayi devrimlerinde yapılan tartışmalar, kamu sektörünün inovasyonların insan sağlığı ya da çevre için güvenli olmasını sağlama rolü üzerinde yoğunlaşma eğilimindeydi. Bu, Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri için de önemli bir öncelik olarak devam ediyor –ama önceki bölümlerde ana hatlarıyla ele alındığı üzere, yükselen teknolojiler, işgücü-piyasa etkilerinden insan haklarının korunmasına kadar uzanan yeni bir dizi kaygı ortaya çıkarıyor.

Dördüncü Sanayi Devriminin yararlarının ve risklerinin iyi yönetilmesini sağlamak için her alanı kapsayan sekiz yönetim sorunu özellikle önemli:

- Dördüncü Sanayi Devriminin ülkeler arasındaki gelir ve servet eşitsizliğini daha da artırmak yerine azaltmasını hangi mekanizmalar sağlayabilir?
- Yükselen ve gelişmekte olan ekonomiler insani ve ekonomik gelişimlerini hızla büyütmek ve ülkelerindeki eşitsizliği azaltmak için yeni teknoloji ve sistemleri nasıl uygulamaya geçirebilirler?
- Dördüncü Sanayi Devriminin işgücü pazarları için haber verdiği bozulmayı yönetmek, hangi yeni politikalar, yaklaşımlar ve sosyal koruma sistemleri gerektiriyor?
- İnsanlardan oluşan işgücünün ve insan yaratıcılığının kullanılmasından vazgeçilmesi yerine güçlendirilmesini sağlamak için beceri geliştirme, istihdam modelleri ve teknolojik sistemler ne şekil(ler)de (yeniden) tasarlanmalıdır?
- Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin bireylere ve gruplara kazandırdığı güç düşünüldüğünde, toplumlar bireysel özgürlük ile ortak refah arasında tercihler yapma zorunluluğu yaratmaktan nasıl kaçınmalıdır?
- Yükselen teknolojilerin öngörücü ve etki altına alıcı gücü düşünüldüğünde demokratik katılım ve vatandaş rolünün korunmasını sağlamak için ne gibi normlar, standartlar ya da düzenlemeler gerekebilir?
- Dördüncü Sanayi Devriminin dinamikleri ve yol açacağı bozulmalar, sesleri daha az çıkan farklı cinsiyet, kültür ve toplulukları nasıl etkiler ve ne gibi yeni roller ve fırsatlar gerekebilir?
- Toplumlar, bir ortak amaç duygusunun, yani maneviyat ve insani bağlanmanın, temel değer kaynakları olarak kalmasını nasıl sağlayabilir?

İkinci açı ise yönetişimin “ne”sinin ötesine geçip “nasıl”ını yeniden düşünmektir. Hem sektörel hem de sektörler arası düzeyde, standartlar özellikle güçlü yönetim mekanizmalarıdır. İkinci ve üçüncü Sanayi Devrimlerinde de son derece önemli olmuşlardır. Dördüncü Sanayi Devrimi için teknik standartlar geliştirilmesi zaten şu anda

yürüten bir süreç –Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) 2016’da, ortak çalışmaya dayalı endüstriyel robot sistemleri için güvenlik gerekliliklerine odaklanan 15066:2016 standardını çıkardı.²¹² ISO şu anda insansız hava aracı sistemleri ve sivillerin dron kullanmasıyla ilgili dört standart geliştiriyor.²¹³ Aslında 1946’dan bu yana, 160’ın üzerinde ulusal standart belirleme kurumu ISO çatısı altında bir araya gelerek yaklaşık 22.000 küresel standart yayımlamış bulunuyor. Bu standartlar, teknoloji ve imalatın ve birçok hizmet etkinliğinin tüm özelliklerini kapsıyor.

Doğru standartlar –özellikle de değerler ile paydaş öncelikleri arasında bir uzlaşma yaratan standartlar– belirlemek için meslek örgütlerinin önemi büyük. Örneğin, Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü IEEE, örgütler arasında bir uzlaşma sağlamak ve bir dizi elektrikli ve dijital sistemde güvenlik, güvenilirlik ve birlikte çalışabilirliği sağlamak için 423.000 üyesinden yararlanıyor. Örgütün yapay zekâ hakkındaki ilkeleri, sadece teknik gereklilikler ya da uyumluluk üzerine odaklanmadıklarını, aynı zamanda teknolojilerin genel etkileri üzerinde de düşündüklerini gösteriyor. Bu bağlam duyarlılığı IEEE’nin tarihinden geliyor olabilir. Örgütün geçmişi, ikinci Sanayi Devriminin en başına, telgraf, telefon ve elektrik enerjisi aracılığıyla elektriğin toplum içinde büyük bir etki haline geldiği 1884’e kadar uzanıyor.

Standartlar oluşturmak teknoloji yönetişiminin temel bir parçası. Ama Dördüncü Sanayi Devriminin kapsam, etki ve hızı, teknik standartlar ya da resmi düzenlemeler oluşturma konusundaki mevcut yaklaşımlardan çok daha fazlasını gerektiriyor. Dördüncü Sanayi Devriminde yönetim liderliği yeni, daha çevik, uyarlanabilir ve ileriye de kapsayan yönetim yaklaşımları anlamına geliyor.

Mart 2017’de San Francisco’da açılan Dünya Ekonomik Forumu Dördüncü Sanayi Devrimi Merkezinin odağında işte bu hedef var. Küresel işbirliği için yeni bir yer olarak tasarılan Merkez, bilim ve teknolojinin küresel kamu yararına uygulanmasını hızlandıracak ilke ve çerçeveler geliştirmeye adanmış. Bu çerçeveler kamu, özel ve sivil toplum ortaklarıyla işbirliği içinde pilot uygulamalar ve hızlı

tekrarlamalarla test edilecek ve ilk olarak Şekil 29'da görüldüğü gibi dokuz önemli yönetim alanını kapsayacak. Merkezin nihai amacı ise yeni teknolojilerin getirdiği sorunların ulusal, çok paydaşlı, ortaklaşa bir şekilde sahiplenilmesini sağlamak için dünyanın her tarafında tüm bölgelerde benzer kurum ve etkinliklerden oluşan bir ağın kurulmasını kolaylaştırmak. Ayrıca Merkez, küresel gelecek konseyleri aracılığıyla, özellikle de Teknoloji, Değerler ve Politika Üzerine Konsey aracılığıyla çevik yönetime yönelik çeşitli inovasyon odaklı yaklaşımlar arıyor.

Şekil 29: Dördüncü Sanayi Devrimi Projeleri Merkezi

Merkezin Projesi	Dünya Ekonomik Forumunun İlgili Sistem Girişimi
KOBİ'lerdeki üretimde inovasyonu hızlandırmak	Üretimin Geleceği
Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi	Merkez Çapında Proje
Blok Zinciri–Dağıtık Hesap Defteri Teknolojisi	Merkez Çapında Proje
Otonom Araçlar	Mobilitenin Geleceği
Sivil Dron Kullanımı	Mobilitenin Geleceği
Dijital Ticaret ve Sınır Aşırı Veri Akışları	Uluslararası Ticaret ve Yatırımın Geleceği ve Dijital Ekonomi ve Toplumun Geleceği
Okyanuslar için Yeni Vizyon	Çevrenin ve Doğal Kaynak Güvenliğinin Geleceği
Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Bağlı Aygıtlar	Dijital Ekonomi ve Toplumun Geleceği
Kişiselleştirilmiş Tıp	Sağlık ve Sağlık Bakımının Geleceği

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu

Hükümetler, toplum için daha çevik yönetim yapılarının belirlenmesinde doğal olarak son derece önemli bir rol oynayacaktır, ancak Dördüncü Sanayi Devriminde teknoloji yönetişimini yürütmek sadece hükümetlerin alanı olamaz ya da olmamalı –bu daha çok her sektörü, her endüstriyi ve her organizasyonu ilgilendiren çok paydaşlı bir görevdir. Dolayısıyla teknoloji yönetişimine yönelik daha etkili ve daha sürdürülebilir yaklaşımlar yaratılmasına katkı sağlayan organizasyonlar, geleceği şekillendirmede çok büyük ve önemli ölçüde olumlu bir etkiye sahip olabilirler.

Değerler liderliği

Sistem liderliği daha iyi teknoloji liderliğine ve yeni yönetim modellerine yatırım yapmaktan daha fazlasıdır. Liderlerin, ivmeyi yaratmak ve birlikte çalışmanın önemine ışık tutmak için Dördüncü Sanayi Devrimine değerlere dayalı bir bakış açısıyla da bakmaları gerekiyor. Teknolojiler üzerinde çalışmak ve tekil paydaşlar için getirileri en üst düzeye çıkarmak yerine yararları optimize etmek için gerekli motivasyon ve dayanma gücünü toplumsal değerler sağlar.

Değerler tartışması karmaşık olabilir ama farklı bakış açıları, farklı özendiriciler ve farklı kültürel bağlamların olması ortak bir zemin olmadığı anlamına gelmez. Gündemlerimiz ne olursa olsun gezegenimizi gelecek kuşaklar için korumanın önemi, insan yaşamının değeri, uluslararası insan hakları ilkeleri ve küresel müştereklerle ilgili sorunlar hakkında içten bir kaygı, teknolojik kalkınmanın gerçek amaçlarının en nihayetinde ve her zaman gezegenimiz ve onun halkı olduğunu kabul etmek için başlangıç noktaları olarak hizmet edebilir. Daha basit bir şekilde ifade edecek olursak, Dördüncü Sanayi Devriminde ilerlemenin yolu insan merkezli bir rönesanstır.

1. Bölüm’de, insan merkezliliği, bireyleri ve toplulukları güçlendirmek, onlara anlam ve dünyayı şekillendirme rolü kazandırmak olarak tanımlamıştık. Uygulamada bunun anlamı teknolojinin genel

çevresel ve toplumsal sistemlerimiz üzerindeki etkisine dikkat etmek ve yükselen teknolojilerin, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kadar maddi refahı adil bir şekilde dağıtan ekonomik kurum ve mekanizmaları da desteklemesini sağlamaktır. İnsan merkezli olmak aynı zamanda ulusal ve uluslararası düzlemde tüm vatandaşların, özellikle de gücü ve statüsü en düşük düzeyde olanların korunmasını ve güçlendirilmesini gerektirir. Son olarak, dijital teknolojiler gitgide bizim davranışlarımızı belirliyor ve deneyimlerimizi şekillendiriyor olsa da insan merkezli bir gündemi desteklemek demek, bireylerin yaşamına günlük bazda anlam kazandırmak için onların becerilerini artırmak demektir. Yükselen teknolojilerin insan merkezli olması için bireyler arasında daha uyumlu ve daha anlamlı bir etkileşim olmasına etkin bir şekilde katkıda bulunması gerekiyor.

Bu nedenle, değerler liderliği tepkisel olmaktan çok etkin bir liderliktir –değerler bir “arıza” ya da sadece sonradan akla gelen düşünce olarak değil teknolojik sistemlerin olumlu bir özelliği olarak ele alınmalıdır.

Toplumların teknolojik olanaklardaki değişimlere tepkisel yaklaşması için herhangi bir neden yok. Toplumların ne tür bir gelecek istediklerine ve hangi teknolojilerin amaçlarına hizmet edeceğine karar verme gücü var. Teknolojiye değerlere dayalı bir yaklaşım oluşturmak demek, teknolojilerin politik doğasını kabul etmek, toplumsal değerleri birer öncelik olarak öne geçirmek ve bir organizasyonun, ürettiğimiz ve toplumsal ve ekonomik alışverişte aracı olarak kullandığımız teknolojilerin bir parçası haline gelen değerlere nasıl katkıda bulunacağı konusunda derinlikli bir şekilde düşünmek demektir. Bu, bireyler olarak kendi değer ve bakış açılarımızın nasıl şekillendiğini ve teknolojiyle ilgili önemli kararlar alırken teknolojilerin onları nasıl etkilediğini dikkate almayı gerektirir. Ve son olarak, değerlere dayalı bir yaklaşım başkalarının girdilerine dayalı olur. Başkaları derken, buna genellikle seslerini duyuramayan ama teknolojilerden etkilenen insanlar da dahildir. Teknolojik gelişmeyi nasıl etkilemek istediğimizi buna göre belirlemeliyiz.

Liderler şirketlerin ve toplulukların teknolojilerle nasıl bir ilişki içinde olduğunu değiştirme konusunda en büyük fırsata sahip olan kişilerdir. Teknolojik gelişmelerin büyük bir kısmını teşvik eden ekonomik baskılar karşısında bir an durup düşünerek teknolojilerin sistemik etkisini ve ne tür bir geleceğe işaret ettiklerini dikkate alma becerisi uzun vadede önemlidir. Start-up kültürü ve aslında daha büyük şirketlerin kültürleri, zor kararlar söz konusu olduğunda özellikle de değerlere dayalı kararlar söz konusuysa nasıl davranacakları konusunda liderlerine bakmayı gerektirir. Toplumsal değerlere güçlü bir bağlılık bir organizasyonun her tarafına yayılır, çalışmalarıyla topluma olumlu bir katkı yapmak isteyen çalışanlara bir amaç kazandırır ve hem içeride hem dışarıda organizasyonun saygınlığı üzerinde de bir etkisi olur.

Paydaşlar için stratejiler: Hükümetler ne yapmalı?

Herkesin sistem liderliğine katkıda bulunma sorumluluğu vardır. Ama paydaşların farklı rolleri, hükümetlerin, şirketlerin ve bireylerin belirli stratejilere yatırım yapmaları için farklı fırsatlar yaratır.

Strateji 1: Çevik yönetim yaklaşımları benimsemek

Hükümetlerin karşısındaki en ivedi görev teknoloji yönetişimine ilişkin yeni yaklaşımlara yer açmaktır. Dünya Ekonomik Forumunun yayımladığı “Çevik Yönetişim: Dördüncü Sanayi Devriminde Politika Belirlemeyi Yeniden Hayal Etmek”²¹⁴ adlı Beyaz Bültende ifade edildiği gibi, teknolojik gelişmenin temposu ve teknolojilerin bazı özellikleri, politika belirleyiciliğin önceki döngü ve süreçlerini yetersiz hale getiriyor. Teknolojilerin hızla yayılmaları, yargı, düzenleme ve disiplinle ilgili sınırları nasıl aştıkları ve insani değer ve önyargıları nasıl kapsayıp sergiledikleri bağlamında gittikçe artan politik doğaları da

bu yetersizliğe yol açan etkenler arasında bulunuyor. Yeni teknolojilerle başa çıkmak için yönetim modellerini yeniden şekillendirme fikri yeni değil ama bugünün yükselen teknolojilerinin gücü düşünüldüğünde bunu yapmanın aciliyeti çok daha fazla.

Çevik yönetim; politikalar oluşturma, üzerinde düşünme, yasalaştırma ve uygulatma biçimlerini Dördüncü Sanayi Devriminde daha iyi yönetim sonuçları elde etmeye uygun hale getirmek için temel bir stratejidir. Çevik Manifesto²¹⁵ ve Dünya Ekonomik Forumu Yazılım ve Toplumun Geleceği Üzerine Küresel Gündem Konseyi tarafından hazırlanan bir rapordan²¹⁶ esinlenen çevik yönetim kavramı hem teknolojilerin hem de bu teknolojileri benimseyen özel sektör aktörlerinin atiklik, akıcılık, esneklik ve uyarlanırlığına uyum sağlamayı amaçlıyor.

Hükümetler daha çevik olmaya çalışmanın getireceği bazı risklerin hatta çelişkilerin üstesinden gelmek için çok çalışmak zorunda. Her şeyden önce, kamu sektöründeki politika belirleme süreçleri çoğu zaman kasıtlı olarak ihtiyatlı ve kapsayıcıdır ki bu iki özellik bile daha hızlı süreçler ve sonuçlar elde etme arzusuna karşıt özellikler gibi görünür. Gerçekten de en uygun eylemin, en iyi sonucu elde etmek için durup etraflıca düşünmek olduğu pek çok durum vardır. Beyaz Bültende ifade edildiği gibi, hükümetlerin üstüne özel sorumluluklar düşüyor olması, çevik yönetişimin sadece hız için titizlikten, etkililikten ve temsil edebilirlikten ödün vermesi gerektiği anlamına gelmez.²¹⁷

Bununla birlikte, hükümetlerin yönetim konusunda ivedilikle çevik yaklaşımlar benimsemesi için son derece önemli bir neden var: Çevikliğin *daha* kapsayıcı ve insan merkezli yeni süreçler yaratmaya olanak vermesi. Bu süreçler daha fazla sayı ve çeşitlilikle paydaşı dahil eder ve yönetilenlerin gereksinimlerini daha etkili bir şekilde karşılamak için hızlı yinelemelere olanak verir.

Çevik yönetim, politikaların sürekli olarak izlenip denetlenmesini ve politikalarda daha sıklıkla “kalite yükseltme” yapılmasını sağlayarak, ayrıca politikaların yürütme aşamasını destekleyerek ve ilgili denetim ve dengelemeleri sürdürmeye dönük iş yükünü özel

sektör ve sivil toplumla paylaşarak uzun vadede daha sürdürülebilir politikaları da destekleyebilir.

Peki, çevik yönetim gerçekte neye benzer? Hükümetlerin incelemesi, ivme kazandırması ya da pilot uygulama başlatması gereken Dördüncü Sanayi Devrimine uyarlanmış yönetim modelleri aşağıdakileri içermektedir:²¹⁸

- Politika laboratuvarları kurmak –hükümette çevik yönetim ilkelerini kullanarak politika geliştirmeye ilgili yeni yöntemler denemek için açıkça yetkilendirilmiş korumalı alanlar; örneğin, İngiltere’deki Kabine İşleri Ofisinin Politika Laboratuvarı gibi²¹⁹
- Yinelemeli, sektörler arası, esnek yaklaşımlar kullanarak düzenlemeler hazırlamak için “geliştirici kum havuzları” ve “deneysel sına ortamları” yaratmak amacıyla hükümetler ve şirketler arasında işbirliklerini teşvik etmek; bu konu Geoff Mulgan tarafından ele alınmıştır²²⁰
- Daha kapsayıcı ve daha katılımcı kural koyma süreçleri yaratmak için politika ve düzenleme içeriklerinin dış kaynaktan sağlanmasını desteklemek; örneğin, halkın yasa önerisinde bulunması, kanun taslağı hazırlama uygulamaları izlemesi ve yeni yasaları destekleyen ya da mevcut yasaları değiştirmeye yönelik veriler sağlamak amacıyla tasarlanmış CrowdLaw platformu gibi²²¹
- Tüm toplumsal hedefleri kapsayan ve onlarla uyumlu kaliteli yönetim sunmak için pazarlarda rekabet eden özel sektörlerin düzenleyici ekosistemlerini oluşturmasını teşvik etmek; örneğin, Gillian Hadfield’in *Rules for a Flat World* adlı kitabında önerildiği gibi²²²
- Kamu kaynakları kullanan ticari kuruluşlara, girişimcilere ve araştırmacılara rehberlik etmesi için inovasyon ilkeleri geliştirmek, yaygınlaştırmak ve uygulanmasını istemek; Richard Owen ve diğerleri tarafından geliştirilen Sorumlu İnovasyon²²³ fikrinden başlayıp Hilary Sutcliffe tarafından önerilen

Sürdürülebilir İnovasyon İlkelerine²²⁴ kadar çeşitli kaynaklardan da yararlanılabilir

- David H. Guston'ın Beklentsel Yönetişim modeli²²⁵ tarafından önerildiği gibi, halk katılımının, senaryoya dayalı öngörü yaklaşımlarının ve sosyal ve beşeri bilimlerin bilim ve araştırma çalışmalarına entegre edilmesini teşvik etmek
- Gary Marchant ve Wendell Wallach tarafından Yönetişim Koordinasyon Kurulları²²⁶ şeklinde ya da Jim Thomas tarafından olası bir Uluslararası Yeni Teknolojilerin Değerlendirilmesi Konvansiyonu²²⁷ şeklinde önerildiği gibi, küresel koordinasyon kurullarının gözetim sağlama, kamuoyunda tartışmalar başlatma ve yükselen teknolojilerin etik, yasal, toplumsal ve ekonomik etkilerini değerlendirme rolünü desteklemek
- Rodemeyer, Sarewitz ve Wilsdon²²⁸ tarafından önerildiği gibi, teknoloji değerlendirmesine dönük yeni yaklaşımlar geliştirmek. Bu yaklaşımlar halkın katılım ve değerlendirmelerini çok daha etkin hale getiren ve hem araştırmalarda hem de ticarileştirme aşamasında alınacak kararları etkileyen politika, teşvik edici etmenler ve değerleri kabul eden ve yansıtan yaklaşımlar olmalıdır
- Dünya Ekonomik Forumu Yazılım ve Toplumun Geleceği Üzerine Küresel Gündem Konseyi (2014-2016) tarafından desteklenen ilkeleri, “verimliliği, kamu hizmetlerini ve kamu refahını iyileştirmeyi ve devlet kurumlarını değişime yanıt verecek şekilde daha iyi donatmayı”²²⁹ hedefleyen “Çevik Yönetişim İlkeleri İçin Bir Çağrı” ile birleştirmek

Strateji 2: Sınır aşırı çalışmalar yapmak

Hükümetlerin ivedilikle izlemesi gereken ikinci strateji –geleneksel sektörel, kurumsal ve coğrafi sınırların ötesinde yeni yöntemlerle çalışmaya yatırım yapmak– çevik yönetim arayışının önemli bir parçasıdır.

İkinci Kısımda tasvir edilen teknolojilerin ne uygulanması ne de etkisi sadece herhangi bir alanla ya da yetki alanıyla sınırlı değildir.

Bu durum, *Dördüncü Sanayi Devrimi* kitabında ele alındığı gibi, şu anlama gelir: Disiplinsel ya da kurumsal sınırların varlığı –gerek araştırma alanları ve bakanlıklar gerekse şirketlerdeki departmanlar arasında olsun– hükümetlerin müdahalesinin verimlilik ve etkinliğini artırmak yerine düşürebilir.

Silolar ortadan kaldırılabılır. Örneğin, Singapur’daki Kamu Hizmetleri Okulu örneğini ele alalım; devlet kurumlarını ve kamu çalışanlarına kamu hizmeti boyunca öğrenme ve işbirliği fırsatları sunarak onları donanımlı hale getirmeyi amaçlıyor ve dört farklı bakanlıktan, başbakanlıktan ve yerel akademi çevrelerinden gelen daimi sekreterlerden oluşan bir kurul tarafından yönetiliyor.²³⁰

Siloları ortadan kaldırmak, özellikle veri paylaşımı söz konusuysa herkese açık bir ortam yaratmak anlamına gelmiyor. Veri kaynaklarını korumak ve özellikle insan haklarının zarar görme olasılığının olduğu durumlarda uygun düzeyde bir bağlanabilirliği dikkatlice düşünmek için haklı nedenler var. Dolayısıyla, önümüzdeki fırsat yeni modeller bulma fırsatı; yani yeni teknolojinin yetkisiz ve etik olmayan şekillerde kullanımı ile çok paydaşlı işbirliği olmadan gerçeğe dönüştürülemeyecek olan yararlar arasında bir denge oluşturacak yeni modeller. Bu noktada tıbbi veriler iyi bir örnek sunuyor –büyük miktarlardaki genom verilerinin farklı sağlık hizmeti sağlayıcıları ve araştırma kurumlarıyla paylaşılması yoluyla önemli, hayat kurtaran fırsatlar ortaya çıkıyor. Ama yine de genetik enformasyonun kötüye kullanılma potansiyeli de yüksek, yani yönetmeliklerin çoğunda, hasta rızası ve tıbbi veri paylaşımı bağlamında sıkı kontroller devam ediyor.

Sektörler arası işbirliği için yeni bir model söz konusu. Bu model, “acil durumda camı kırmak” için kamu sektörü ve özel sektörler arasında veri paylaşım anlaşmaları yapılmasını önererek insani alanda bu sınırların üstesinden gelmeye çalışıyor. Bu uygulama sadece önceden üzerinde uzlaşılan acil durumlarda (örneğin, bir salgın hastalık durumunda) devreye girip gecikmelerin azalmasına yardımcı olabilecek ve normal koşullarda yasadışı olan veri paylaşımına geçici

olarak izin vererek ilk harekete geçen kesimlerin koordinasyonunu elverişli hale getirebilecek.²³¹

Paydaşlar için stratejiler: Şirketler ne yapmalı?

Strateji 1: Yaparak öğrenmek ve insana yatırım yapmak

İş liderleri için en önemli strateji deneme yapmaktır. Dördüncü Sanayi Devrimi hâlâ erken evrelerinde bulunuyor ve yeni teknolojilerin potansiyeli hâlâ tam olarak anlaşılmış değil. Bununla birlikte, 2. Bölüm'de ele alındığı gibi, bozulmanın gittikçe daha sık sektör ve organizasyonların çevresinde gerçekleşiyor olması dahil, bu devrimin dinamiklerinden bazılarını tahmin edebiliriz. Şirketlerin, büyük resmi ve kendi çevrelerinde yatan fırsatları görmeleri için yeni teknolojilerin asgari uygunlukta bir değerlendirmesini yapmaları gerekiyor. Farklı alanlardaki ilerlemelere eğilip merak etmeleri, konuyla ilgili bilgi edinmeye zaman ayırmaları ve yeni teknolojileri denemeye istekli olmaları gerekiyor. Organizasyonlar sadece teknolojileri doğrudan denemek suretiyle kendilerinin neler yapabileceğini görebilirler.

Şirketler, yapay zekâ, yeni malzemeler, biyoteknolojiler ve IoT uygulamaları gibi teknolojilerden ürkmemeli: Denemeler yapmak küçük ya da yeni kurulmuş bir şirket için bile görüldüğünden daha kolay olabilir. Yeni teknolojilerin alışılmadık bir duruma yaratıcı bir şekilde uyarlandığı bir örnekte, Japon çiftçi Makoto Koike, aile işinde salatalıkların seçilip ayrılmasına yardımcı olmak için TensorFlow adlı makine öğrenmesi uygulamasını kullandı.²³²

Denemeler yapmak sadece teknolojilerin neler yapabileceğini değil aynı zamanda neler yapamayacağını da göstererek bir bakış açısı kazandırır: Bazı teknolojik çözümler her yerde göklere çıkarılır ama büyük bir yatırım yapmaya değmeyebilirler. Denemeler yapmak, bir teknolojinin ne zaman ve ne ölçüde uygun olacağı konusunda bir fikir verebilir.

Şirketlerin yeni teknolojilerle yapılan denemelerden en büyük yararı elde edebilmesi için kurumsal bilgiye sahip olan ve bu bilgiyi yeni girişimler için kullanabilecek kişilere değer vermeleri ve mevcut çalışanlarının becerilerini artırmaya yatırım yapmaları gerekir. Bu sadece teknolojik becerileri kapsamaz, aynı zamanda şirketin işbirliğine dayalı, risk almaya istekli ve hatalara karşı hoşgörülü bir kültüre sahip olmasını sağlamayı da içerir. Girişimci bir düşünce yapısına kucak açan şirketler, çalışanlar inovasyon alanının eşğine ulaşan bir alan bilgisi oluşturup büyümeyi desteklemek için yan şirketler kurma fırsatları bulunca değerli varlıklar üretebilirler.

Strateji 2: Yeni yönetim yaklaşımları benimsemek ve uygulamak

Şirketler, iç yönetimlerinin ve dışarıyla yaptıkları işbirliğinin yeni teknolojilerin kullanımıyla bağlantılı olma yollarını yakından incelemeli ve bunları düşünüp bulma, kaynak sağlama, geliştirme, uygulamaya geçirme, bütünleştirme ve sürdürme yollarını şekillendirmelidir. Yeni kurumsal yapılar yaratmaktan başlayıp yeni politikalar ya da alışılmadık iş uygulamaları benimsemeye varana dek firmaların tek başlarına benimsediği tüm yönetim yaklaşımları, tüm sektörlerde, değer zincirinin alt kısımlarından üst kısımlarına kadar her yerinde uyulabilecek normları şekillendirebilir ve kurumsal kültür ve davranışları etkileyebilir.

Şirketler, yukarıda ele alınan türden çok paydaşlı yönetim çabaları gibi, teknolojilerin yönetim ve geliştirilmesiyle ilgili yeni normlar oluşturulması için kendi kurumsal yapılarının da ötesinde, bilinçli ortak çalışmalara katılmaya istekli olmalıdır. Güçlü bir amaç duygusu ve etik davranış kuralları geliştirmek ve teknolojilerin etkisini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için bir organizasyon içinde çalışmalar yapmak etkili ve dönüştürücü olabilir. Dahili yapıları değiştirmek, diğer paydaşlarla işbirliği yapmak ve düşünce yapılarını ve davranışları şekillendirmek; bunlar, motivasyon ve teşvik edici etmenleri daha kapsamlı amaçlarla aynı hizaya getirmenin etkili yolları arasındadır.

Bu sürecin bir parçası olarak, şirketler yeni risklere karşılık vermek için uygun stratejiler benimsemeli ve bu stratejileri kendi yönetim repertuarlarına yerleştirmeli. Yapay zekâ, IoT, blok zinciri ve diğer yeni bilişimsel ve dijital teknolojilerin hızlı gelişiminden kaynaklanan siber risklerle ilgilenme konusunda pek çok şirket iyi bir şekilde donanımlı değil. Veri ihlalleri, bitcoin hırsızlıkları ve IoT kırılganlıkları hakkında tekrar tekrar duyduğumuz olaylar, birbirine bağlanmış dijital teknolojiler yaygınlaştıkça bunları istismar etme yollarının da artacağını gösteriyor. Varlıkları korumak, yetkinlikler geliştirmek ve paydaşlarla müşteriler arasında güven oluşturmak için şirketlerin sağlam siber risk stratejileri ortaya koymaları gerekiyor.

Strateji 3: Fırsatları göz önünde bulundurarak teknolojiler geliştirmek ve uygulamaya geçirmek

Son ve önemli bir konu olarak da şirketlerin teknolojik gelişme hakkında nasıl düşündüklerini yeniden yapılandırmaları gerekir. Ar-Ge ve ürün geliştirme çalışmalarının ötesine geçerek kaynak ya da ürün olarak bu teknolojilerin bir rol oynadığı geleceği hayal etmeye çalışmalı –ve bu teknolojilerin geliştirilme, satın alınma ya da uygulamaya geçirilme süreçleri boyunca kendi kurumsal kültürlerinin diğerlerini nasıl etkileyeceği konusu üzerinde eleştirel bir şekilde düşünmeliler.

Bu kitapta tekrar tekrar gösterildiği üzere, Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinin pek çoğunun çok kapsamlı etkileri olacaktır ve bunlar hâlâ şekillendirilmeye açıktır. Örneğin, otomasyonun etkisi büyük oranda robotik sistemlerin nasıl ve hangi amaçla geliştirileceğine bağlı olacak. Birçok teknolojinin çevresel etkisi ise bu teknolojilerin tasarımında hangi paydaşların yer aldığına, malzemelerin nasıl elde edildiğine ve atıkların korunma, geri dönüştürülme ve bertaraf edilme yöntemleri hakkında ne tür gönüllü uzlaşmalara varıldığına bağlı olacaktır.

Şirketler bu doğrusal olmayan kapsamlı etkiler üzerinde düşünme süreçleri oluşturmalı; kurumsal süreç ve teşvik edici etmenlerin

belirli fırsatlara nasıl diğerlerinden daha fazla değer verdiğini anlamaya çaba harcamalı. Bu, şirketlerin kendi kadrolarını, müşterilerini ve yerel toplulukları güçlendirmesine ve zenginleştirmesine yardımcı olan bakış açıları kazandırabilir. Bunu başarmak için potansiyel çatışmaları ve olumsuz sonuçları görmek amacıyla biraz geri çekilip uzaktan bakmak ve yeni teknolojilerin şirketi, tüketicileri ve toplumun genelini etkileme olasılığı hakkında gerçekçi olmak gerekiyor. Örneğin, bir IoT firması, bir kentin içinde sensör verilerinin olmasının çeşitli toplulukları nasıl olumsuz etkileyebileceği üzerinde düşünebilir.

Bu stratejiyi benimsemek şirketlerin tüketicilere ve düzenleyicilere güven verme konusunda bir hayli yol almalarını sağlayacaktır. Aslında yükselen teknolojilerin mevcut durumu nasıl altüst edebileceğini etraflıca anladıktan sonra düzenleyicilerle erken aşamada ilişkiler kurmak düzenleyici çevreleri şekillendirmeye de yardımcı olabilir. Olumsuz sonuçlar saptandığında çözüm oluşturma konusunda tüm paydaş gruplara ulaşmak hepimizin arzu ettiği kapsayıcı ve sürdürülebilir geleceğin yaratılmasına yardımcı olabilir.

Paydaşlar için stratejiler: Bireyler ne yapmalı?

Strateji 1: Araştırmak, denemek ve zihninde canlandırmak

Şirketler gibi, bireylerin de kendilerini yeni teknolojilere alıştırmaya istekli olması gerekiyor. Bu bazen kendilerine ya da başkalarına olumsuz sonuçların yansımaları önlemek için gereklidir: Örneğin, güçlü şifreler ya da iki kademeli kimlik doğrulama gibi güvenlik önlemlerini kullanma seçeneğini uygulamayan bireyler birçok siber riskle karşı karşıya kalır. Diğer durumlarda ise –2. Bölüm’de ele aldığımız– yükselen teknolojilerin “demokratikleştirilmesi” konusu bireylere yönetici ya da mühendis olmasalar bile bu teknolojilerin şekillendirilmesinde bir rol oynama fırsatı verir. Bugün bireylerin

doğrudan deneyimle yeni teknolojileri öğrenmesi için fablab²³³ (fabrikasyon laboratuvarı) adı verilen küçük ölçekli atölyelerin yerel şubelerinden birinde zaman geçirmekten ve kendi ürettiği tasarımı 3D yazıcılarla basmaktan başlayıp topluluklara hitap eden bir bio-hacking atölyesine²³⁴ katılmaya kadar birçok fırsat var.

Dijital teknolojilerin arayüz ve hizmet sunma özelliklerinin arkasında neler olup bittiğinin öğrenilmesini sağlamak bireylerin toplum paydaşının bakış açılarını, arzularını ve değerlerini temsil ederek şirketlere ve politika belirleyicilere geribildirim olarak sunabileceği deneyimler yaşaması ve paylaşması için son derece önemlidir. İkinci Kısımda ele alınan yükselen teknolojilerin birçoğunu kullanmak için gereken becerileri kazanmak pek çok insanın düşündüğünden daha kolaydır. Örneğin, kâr amacı gütmeyen bir kuruluş olan fast.ai yedi haftalık bir derin öğrenme kursu veriyor. Temel programlama deneyimi olan herkesin katılabileceği bu derslerde seçtikleri uygulamaların uzmanları olmayan bireyler en son makine öğrenmesi araçlarını kullanmayı öğrenebiliyor.

Ayrıca teknolojileri araştırmak ve deneyimlemek yaratmak istediğimiz gelecek hakkında düşünmek anlamına da gelir ve hiçbirimiz unutmamalıyız ki gelecek, gelecek kuşaklara aittir. Gelecekte teknolojilerin ve toplulukların nasıl bir uyum içinde olacağını zihinde canlandırmak son derece önemli. Ve yeni teknolojilerin potansiyel amaçlarını ve kullanımlarını anlamamanın bir yolu gençleri dinlemek ve onlardan fikir almaktır. Yaratılmaya değer olan herhangi bir gelecek türü, en sonunda o gelecekte en çok etkilenecek ve bugün çıkan yeni teknolojilerle iç içe yaşayacak olanların görüşlerini içermeli.

Strateji 2: Politik olmak

Bireyler en nihayetinde teknolojilerin yaratmamıza yardımcı olduğu gelecekte yaşayacak olan insanlardır. Bireyler kendi özlem duydukları gelecek vizyonunu geliştirdiklerinde –bir konum belirleyip duygularını seslendirmeye karar vererek– teknolojilerin nasıl geliştirildiği ve

benimsendiği konusuna politik olarak tepki verebilirler. Teknolojilerin bireysel yaşamı ve toplulukları nasıl etkilediğine ilişkin bakış açılarını paylaşmak önemli çünkü teknolojiler, ilgili tüm toplumsal bakış açılarına aşına olmayabilen ya da belki de herhangi bir teknolojinin kapsamlı etkilerinin farkında olmayan bir grup seçme insanın çıkarlarının bir ürünüdür. Böyle bir geribildirim, toplumun Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojilerinden hep birlikte en arzulanabilir şekilde yararlanması yönünde bir baskı yapması için kritik önemdedir. Bu, şirketlerin ve düzenleyicilerin ilgilenilen ya da kaygılanılan en önemli konuların neler olduğunu öğrenmelerine de olanak verir.

Bireyler seslerini sadece tüketici ya da seçmen olarak değil aynı zamanda sivil toplum örgütleri ve toplumsal hareketler aracılığıyla da duyurabilir ki Dördüncü Sanayi Devriminde bunlar da dönüşüm geçiriyor. Bunlar toplumsal arzu ve özelemleri ifade etmek için önemli yollar, bireylerin haklarını koruyor, iş planlarının yardımcı olmadığı ve toplumsal çıkarlar ile hükümetlerin çıkarlarının arasının bulunması gerektiği yerlerde destek sağlıyor. Sivil toplum örgütleri, sesleri duymazdan gelinebilecek ya da dışlanabilecek insanların doğrudan karar alma gücüne sahip kişiler tarafından dikkate alınmasını sağlamaya yardımcı olur ve bu da girişimci, şirket, yatırımcı ve mühendislerin, geliştirdikleri teknolojilerin bir bütün olarak toplumu nasıl etkileyeceğini daha iyi anlamalarına yardımcı olur.

Sonuç

Son elli yıl boyunca toplumlarımız ile toplumlarımızın geliştirdiği teknolojiler arasındaki dönüştürücü karşılıklı ilişkinin gitgide daha fazla farkına vardık. İlk iki sanayi devrimi ve iki dünya savaşı bize teknolojilerin sadece üretim ve tüketimle bağlantılı bir dizi makine, alet ya da sistemden ibaret olmadığını gösterdi. Teknolojiler toplumsal bakış açılarını ve değerlerimizi şekillendiren güçlü aktörlerdir. Bizden kesinlikle kendilerine çok dikkat etmemizi isterler

çünkü ekonomilerimizi, toplumlarımızı ve dünya görüşlerimizi onlar aracılığıyla inşa ederiz. Dünyayı yorumlama biçimimizi, çevremizdekilere nasıl baktığımızı ve gelecek için gördüğümüz olasılıkları onlar şekillendirir.

Dördüncü Sanayi Devriminin başında karşı karşıya olduğumuz, otomasyonun etkisi, yapay zekânın etik sonuçları ve genetik mühendisliğin toplumsal sonuçları gibi konular en az nükleer, genetik ve uzay teknolojilerinin bebeklik dönemlerinden çıktığı ve bilgisayarların yavaş yavaş insanların yerini almaya başladığı 1960'lardan bu yana toplumsal bilincimizin bir parçası haline geldi. Kısa vadeli beklentiler zamanın olanaklarının ötesindeydi ama üçüncü Sanayi Devriminin dijital olanaklarının olgunlaşması sayesinde o beklentiler kısa bir süre önce küresel nüfusun gittikçe artan bir kısmı için hızla günlük yaşamın bir parçası haline gelen gerçeklikler olarak ortaya çıktı.

Neyse ki akademik araştırmalar ve sağduyulu uygulamalar, teknolojilerin ve toplumların birbirlerini nasıl şekillendirdiğini daha iyi anlamak için son elli yıl içinde yararlı sosyolojik bakış açıları ve analitik araçlar geliştirdi. Aslında teknolojilerin nasıl büyük bir toplumsal dönüşümü körüklediği ve değerlerin kendi yarattığımız teknolojilerin içine nasıl yerleştirileceği konusundaki duyarlılık, yaklaşmakta olan bozulmanın sinyallerini fark etmemize yardımcı oldu ve bu kitaptaki bilgilerin çoğu için esin kaynağı oldu.

Bu karmaşık alanda uygun bir şekilde hareket etmek teknolojiye yeni bir açıdan, teknolojik değişimin birçok yüzünü dikkate alan ve bu şekilde elde edilen bilgileri kişisel ve kurumsal düzeylerde uygulamaya geçirmeye çalışan bir açıdan bakmayı gerektirir.

Eğer ortaya çıkmakta olan teknolojileri, “sadece araç” olarak, yani insanın kullanımına sunulmuş, sonuçları öngörülebilir ve kontrol edilebilir birer araç olarak görmeye devam edersek bunu başarmak mümkün olmaz. Ama eğer bu karmaşıklığa teslim olur ve teknolojilere, kontrol edemeyeceğimiz, kaderimizi belirleyen dış güçler olarak davranırsak ne kendimize ne de başkalarına tam olarak güç kazandırmamız da mümkün olmaz.

Bunun yerine, teknolojik ilerlemenin, geliştirme ve uygulamaya geçirme aşamalarının her birinde –gerek bireysel bir vatandaş gerekse bir iş yöneticisi, toplumsal aktivist, büyük bir yatırımcı ya da güçlü bir politika belirleyici olarak– kendi tercihlerimize bağlı olduğu gerçeğini tüm paydaşların içselleştirmesi gerekiyor. Tıpkı birer tüketici olarak yaptığımız tercihlerin şirketlerin geleceğini ve pazarda ürünlerin bulunabilmesini etkilemesi gibi, hepimizin teknolojiyle ilgili ortak tercihleri de ekonomi ve toplumun yapısını etkiler.

Teknolojiler, kaçınılmaz olarak, bugün karşımızda duran sorunların çoğuna çözümler bulma konusunda bir rol oynayacak ama bu sorunlara katkıda bulunan ve yenilerini çıkaran da yine onlar. Nasıl ki paydaş grupların hiçbiri tek başına bu sorunları çözemezse sadece teknolojilerin kullanılması yoluyla da bu sorunlar çözülemez. Bunun yerine, ortak önceliklerimize daha geniş bir açıdan bakmamız ve ortak bir zemin bulabileceğimiz, güven oluşturup iyi niyet göstererek işbirliği yoluyla olumlu değişimler yaratabileceğimiz alanları güçlendirme konusu üzerinde çalışmamız gerekir. Dördüncü Sanayi Devriminin getirdiği zorluklar sadece işbirliği ve şeffaflık yoluyla aşılabılır.

Eğer cesaretimizi toplayabilir ve ortak yarara hizmet edecek şekilde eyleme geçebilirsek insani refah ve gelişimin yukarı yöndeki eğrisi üzerinden yolumuza devam edebileceğimize dair önemli bir umut var. Önceki sanayi devrimleri önemli birer gelişme ve zenginleşme kaynağı oldu ama tabii çevreye zarar vermek ve eşitsizliği artırmak gibi olumsuz dışsallıkları çözüme kavuşturmak bize bağlı. İlgili tüm paydaş grupları işin içine katmak önümüzdeki temel zorlu görevlerin –yani, teknolojik bozulmaların yararlarını dağıtmak, kaçınılmaz dışsallıkları kontrol altına almak ve yükselen teknolojilerin kaderimizi belirlemekten çok insanlar olarak hepimize güç vermesini sağlamak gibi görevlerin– üstesinden gelmemize yardımcı olacaktır.

Dördüncü Sanayi Devriminin yönetim sorunlarına çözümler bulmak ise hükümetlerin, şirketlerin ve bireylerin yeni teknolojilerin

nasıl geliştirileceği ve nasıl kullanıma sunulacağı konusunda stratejik kararlar almasını gerektirecektir. Ama bunun için ayrıca toplumsal değerler konusunda bir tutum takınmak ve işbirliğine dayalı eylem için mekanizmalar yaratmak da gerekecektir. Birey ve organizasyonların çoklu paydaşlarla bağlantı kurmaları ve onların bakış açılarını dikkate almaları gerekecektir ve çokuluslu şirketler ve ulus devletler resmi ve gayri resmi uluslararası anlaşmalar yapmada daha etkili hale gelmek zorundadır. Bunlar yapılması kolay görevler değil ve aksilikler olması beklenebilir. Ama sorumluluktan kaçamayız.

Bugün dünyanın karşı karşıya olduğu sorunların ölçek, karmaşıklık ve ivediliği hem duyarlı hem de sorumlu bir liderlik ve eylem gerektiriyor. Tüm sektörlerde, değerleri dikkate alan bireyler tarafından sistem liderliği ruhuyla yapılacak doğru denemelerle, en güçlü teknolojilerin daha kapsayıcı, adil ve müreffeh topluluklar olmamıza katkı sağlayacağı bir geleceği şekillendirme şansımız var.

Teşekkür

Bu kitap çok paydaşlı bir uğraş ve işbirliğinin ürünüdür. On sekiz aylık bir araştırma, röportaj, atölye çalışması, brifing ve binlerce uzman, kıdemli yönetici ve politika belirleyicinin katıldığı zirvelerin yanı sıra 240 önde gelen düşünürle yapılan derinlikli röportaj ve yazışmalardan yararlanılmıştır.

Dünya Ekonomik Forumunun küresel gelecek konseyleri ve uzmanlar ağı, hem son derece karmaşık hem de sürekli değişmekte olan teknolojilerle ilgili birçok taslak ve bir yığın yararlı, ayrıntılı yorum teslim ederek İkinci Kısımda yer alan bölümlere büyük katkıda bulundular.

Bu nedenle, bu kitabın içeriğini önemli ölçüde etkilemiş olan herkesin adını tek tek vermek mümkün değil. Bununla birlikte, Forumun küresel gelecek konseylerinin tüm üyelerine, özellikle de Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileriyle ilgili konseylerin üyelerine büyük minnet borçluyuz. Metin içinde ve dipnotlarda doğrudan adı verilen uzmanların önemli bir bölümü küresel gelecek konseylerinin üyeleridir. Tüm bölümlere katkı yapanlar aşağıdaki listede yer alıyor. Konsey ve üyelerinin tam listesini şu adresten bulabilirsiniz: <https://www.weforum.org/communities/global-future-councils>

Bu kitabın hazırlanma aşamasında röportajlara, resmi olmayan tartışmalara katılmaya cömertçe zaman ayıran ya da e-posta ve telefon aracılığıyla veya şahsen katkı yapan tüm uzmanlara özellikle teşekkür etmek istiyoruz. Bunlar aşağıda listelenmiştir:

Asmaa Abu Mezied, Small Enterprise Center
Asheesh Advani, JA Worldwide
Dapo Akande, Oxford Üniversitesi
Anne-Marie Allgrove, Ortak, Baker & McKenzie
Dmitri Alperovitch, Crowdstrike
Michael Altendorf, Adtelligence
Kees Arts, Protix

Alán Aspuru-Guzik, Harvard Üniversitesi
Navdeep Singh Bains, Kanada İnovasyon, Bilim ve Ekonomik Kalkınma Bakanı
Banny Banerjee, Stanford Üniversitesi
Brian Behlendorf, Hyperledger
Emily Bell, Columbia Üniversitesi
Marc R. Benioff, Salesforce.com
Yobie Benjamin, Avegant
Niklas Bergman, Intergalactic
Sangeeta Bhatia, MIT
Burkhard Blechschmidt, Cognizant
Adam Bly, Spotify
Iris Bohnet, Harvard Üniversitesi
Danah Boyd, Microsoft Research
Edward Boyden, MIT
Kirk Bresnicker, Hewlett Packard Enterprise
Winnie Byanyima, Oxfam
John Carrington, Stem
Cong Cao, Nottingham Üniversitesi
Alvin Carpio, The Fourth Group
Justine Cassell, Carnegie Mellon Üniversitesi
Sang Kyun Cha, Seoul National University
Derrick Cham, Strateji Grubu, Singapur Hükümeti
Joshua Chan, Akıllı Ulus ve Dijital Hükümet Ofisi, Singapur Hükümeti
Andrew Charlton, AlphaBeta
Fadi Chehadé, Chehadé Inc.
Devan Chenoy, Hindistan Sanayi Konfederasyonu (CII)
Hannah Chia, Strateji Grubu, Singapur Hükümeti
Carol Chong, Singapur Ekonomik Kalkınma Kurulu
Jae-Yong Choung, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
Ernesto Ciorra, Enel
Alan Cohn, Georgetown Üniversitesi
Stephen Cotton, Uluslararası Taşımacılık Çalışanları Federasyonu
Aron Cramer, Business for Social Responsibility (BSR)
James Crawford, Orbital Insight
Molly Crockett, Oxford Üniversitesi
Pang Tee Kin Damien, Singapur Parasal Otoritesi
Paul Daugherty, Accenture
Eric David, Organovo
Charlie Day, Avustralya İnovasyon ve Bilim Ofisi
Angus Deaton, Princeton Üniversitesi
Phill Dickens, Nottingham Üniversitesi

Zhang Dongxiao, Pekin Üniversitesi
P.Murali Doraiswamy, Duke Üniversitesi
David Eaves, Harvard Kennedy Okulu
Imad Elhajj, Beyrut Amerikan Üniversitesi
Sherif Elsayed-Ali, Uluslararası Af Örgütü
Helmy Eltoukhy, Guardant Health
Ezekiel Emanuel, Pensilvanya Üniversitesi
Victoria A. Espinel, BSA – İş Yazılımları Birliği
Aldo Faisal, Londra Imperial College
Al Falcione, Salesforce.com
Nita Farahany, Duke Üniversitesi
Dan Farber, Salesforce.com
Christopher Field, Stanford Üniversitesi
Brian Forde, MIT
Primavera De Filippi, Harvard Üniversitesi Berkman İnternet & Toplum Merkezi
Luciano Floridi, Oxford Üniversitesi
Tracy Fullerton, Güney Kaliforniya Üniversitesi
Pascale Fung, Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Andrew Fursman, IQBit
Mary Galet, Shiplake Partners
Brian Gallagher, United Way
Dileep George, Vicarious
Kunal Ghosh, Inscopix
Bob Goodson, Quid
Christoph Graber, Zürih Üniversitesi
Henry T. Greeley, Stanford Üniversitesi
Wang Guoyu, Fudan Üniversitesi
Sanjay Gupta, LinkedCap
Seth Gurgel, PILnet
Gillian Hadfield, Güney Kaliforniya Üniversitesi
John Hagel, Deloitte
Wang Haoyi, Çin Bilimler Akademisi (CAS) Zooloji Enstitüsü
Demis Hassabis, Google DeepMind
Ricardo Hausmann, Harvard Üniversitesi
John Havens, Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE)
Yan He, Zhejiang Üniversitesi
Imogen Heap, Girişimci ve kayıt stüdyo sanatçısı
Cameron Hepburn, Oxford Üniversitesi
Angie Hobbs, Sheffield Üniversitesi
Timothy Hwang, FiscalNote
Jane Hynes, Salesforce.com

Nancy Ip, Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
David Ireland, ThinkPlace
Paul Jacobs, Qualcomm
Amy Myers Jaffe, Kaliforniya Üniversitesi
Davis Ratika Jain, Hindistan Sanayi Konfederasyonu (CII)
Sheila Jasanoff, Harvard Kennedy School
Ajay Jasra, Indigo
Chi Hyung Jeon, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
Feng Jianfeng, Fudan Üniversitesi
Yan Jianhua, Zhejiang Üniversitesi
Sunjoy Joshi, Observer Araştırma Vakfı (ORF)
Calestous Juma, Harvard Kennedy Okulu
Anja Kaspersen, Uluslararası Kızılhaç Komitesi (ICRC)
Stephane Kasriel, Upwork
Neal Kassell, Odaklanmış Ultrason Vakfı
Drue Kataoka, Drue Kataoka Stüdyoları
Leanne Kemp, Everledger
So-Young Kim, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KAIST)
Erica Kochi, Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF)
David Krakauer, Santa Fe Enstitüsü
Ramayya Krishnan, Carnegie Mellon
Jennifer Kuzma, Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi
Jeanette Kwek, Strateji Grubu, Singapur Hükümeti
Dong-Soo Kwon, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
Peter Lacy, Accenture
Corinna E. Lathan, AnthroTronix
Jim Leape, Stanford Üniversitesi
Jong-Kwan Lee, Sung Kyun Kwan Üniversitesi
Jae Kyu Lee, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
Sang Yup Lee, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
Steve Leonard, SG Innovate
Geoffrey Ling, Üniformalı Hizmetler Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Xu LiPing, Zhejiang Üniversitesi
Simon Longstaff, Etik Merkezi
Stuart McClure, Cylance
William McDonough, McDonough Innovation
Cheri McGuire, Standard Chartered Bank
Chris McKenna, Oxford Üniversitesi
Katherine Mach, Stanford Üniversitesi
Raffi Mardirosan, Ouster
Hugh Martin, Verizon

Bernard Meyersen, IBM Corporation
Cristian Mendoza, Kutsal Haç Papalık Üniversitesi
Florence Mok, Singapur Para Otoritesi
Ben Moore, Zürih Üniversitesi
Simon Mulcahey, Salesforce.com
Geoff Mulgan, NESTA
Sam Muller, HiiL
Venkatesh Narayanamurti, Harvard Kennedy School
Patrick Nee, Universal Bio Mining
Timothy J. Noonan, Uluslararası Sendikalar Konfederasyonu (ITUC)
Beth Simone Noveck, New York Üniversitesi
Jeremy O'Brien, Bristol Üniversitesi
Tim O'Reilly, O'Reilly Media
Ruth Okediji, Harvard Hukuk Okulu
Ian Oppermann, Avustralya Yeni Güney Galler Hükümeti,
Michael Osborne, Oxford Üniversitesi
Olivier Oullier, Emotiv
Tony Pan, Modern Electron
Janos Pasztor, Carnegie İklim Jeomühendisliği Yönetişim Girişimi (C2G2)
Şafak Pavey, Türkiye Büyük Millet Meclisi
Lee Chor Pharn, Strateji Grubu, Singapur Hükümeti
Christopher Pissarides, Londra Ekonomi Okulu
Michael Platt, Yale Üniversitesi
Jared Poon, Strateji Grubu, Singapur Hükümeti
Michael Posner, New York Üniversitesi
Jia Qing, SG Innovate
Limin Qiu, Zhejiang Üniversitesi
Huang Qunxing, Zhejiang Üniversitesi
Iayd Rahwan, MIT Media Lab
Mandeep Rai, Creative Visions Global
Rafael Ramirez, Oxford Üniversitesi
Andreas Raptopoulos, Matternet
Matthieu Ricard, Karuna-Shechen
Dani Rodrik, Harvard Kennedy Okulu
Jennifer Rupp, İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü (ETH)
Wong Ruqin, Akıllı Ulus ve Dijital Hükümet Ofisi, Singapur Hükümeti
Stuart Russell, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley
Heerad Sabeti, Fourth Sector Networks
Daniel Sachs, Proventus
Eric Salobir, Vatikan Medya Kurulu
Samir Saran, Observer Araştırma Vakfı (ORF)

Marc Saxer, Friedrich Ebert Vakfı
Chay Pui San, Akıllı Ulus ve Dijital Hükümet Ofisi, Singapur Hükümeti
Satyen Sangani, Alation
Owen Schaeffer, Singapur Ulusal Üniversitesi
Nico Sell, Wikr
Anand Shah, Accenture
Lam Wee Shann, Kara Taşımacılığı İdaresi, Singapur
Huang Shaofei, Kara Taşımacılığı İdaresi, Singapur
Pranjal Sharma, Ekonomik Analist ve Yazar
David Shim, Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
Wang Shouyan, Fudan Üniversitesi
Karanvir Singh, Visionum
Peter Smith, Blockchain
David Sng, SG Innovate
Dennis J. Snower, Kiel Dünya Ekonomisi Enstitüsü
Richard Soley, Object Management Group
Mildred Z. Solomon, The Hastings Center
Jack Stilgoe, Londra University College
Natalie Stingelin, Londra Imperial College
Carsten Stöcker, RWE
Ellen Stofan, Londra University College
Mustafa Suleyman, Google DeepMind
Arun Sundararajan, New York Üniversitesi
Hilary Sutcliffe, SocietyInside
Mariarosaria Taddeo, Oxford Üniversitesi
Nina Tandon, Epibone
Don Tapscott, The Tapscott Group
Omar Tayeb, Blippr
Nitish Thakor, Singapur Ulusal Üniversitesi
Andrew Thompson, Proteus Digital Health
Charis Thompson, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley
Peter Tufano, Oxford Üniversitesi
Onur Türk, Türk Hava Yolları
Richard Tyson, frog design inc
Christian Umbach, XapiX.io
Effy Vayena, Zürih Üniversitesi
Rama Vedashree, Hindistan Veri Güvenliği Konseyi (DSCI)
Marc Ventresca, Oxford Üniversitesi
Kirill Veselkov, Londra Imperial College
David Victor, Kaliforniya Üniversitesi, San Diego
Farida Vis, Sheffield Üniversitesi

Melanie Walker, Dünya Bankası
 Wendell Wallach, Yale Üniversitesi
 Stewart Wallis, Bağımsız düşünür, konuşmacı ve yeni bir ekonomik sistem savunucusu
 Poon King Wang, Lee Kuan Yew İnovasyona Dayalı Kentler Merkezi
 Ankur Warikoo, nearbuy.com
 Brian Weeden, Güvenli Dünya Vakfı
 Li Wei, Çin Bilimler Akademisi (CAS) Zooloji Enstitüsü
 Li Weidong, Şanghay Jiao Tong Üniversitesi
 Andrew White, Oxford Üniversitesi
 Topher White, Rainforest Connection
 Will.i.am, Girişimci ve stüdyo sanatçısı
 Jeffrey Wong, EY
 Lauren Woodman, Nethope
 Ngaire Woods, Oxford Üniversitesi
 Junli Wu, Singapur Ekonomik Kalkınma Kurulu
 Alex Wyatt, August Robotics
 Lin Xu, Şanghay Jiao Tong Üniversitesi
 Xue Lan, Tsinghua Üniversitesi
 Brian Yeoh, Singapur Para İdaresi
 Jane Zavalishina, Yandex Money
 Chenghang Zheng, Zhejiang Üniversitesi
 Giuseppe Zocco, Index Ventures

Cenevre, New York, San Francisco, Pekin ve Tokyo'daki Dünya Ekonomik Forumu ofislerinden 100 kadar meslektaşımız da bu kitaba önemli miktarda zaman ayırdı, uzmanlık ve deneyimlerini sundu.

Stratejik tavsiye ve teknik yardım bağlamında cömertçe katkıda bulunan ya da tas-lakları gözden geçirmeye, materyal geliştirmeye zaman ayıran ve kitabı güçlendirmek için kendi ağırlarını devreye sokan kişilere de özel olarak teşekkür ediyoruz. Thomas Philbeck kitabın yapılandırılmasına yardımcı oldu, katkıda bulunanlarla yakın çalışmalar yaptı ve teknolojilerin toplumu ve sistemik değişimi nasıl etkilediği konusunda incelikli bakış açıları sağladı. Anne Marie Engtoft Larsen fikirleri araştırmaya, katkıda bulunanlarla birlikte çalışmaya, inovasyon ve ekonomik kal-kınma konularında kendi uzmanlığını sunmaya uzun saatler ayırdı ve onun tüm bu katkıları nihai eserin bütünüleyici ve paha biçilmez parçaları oldu. Mel Rogers derin içgörüler, yapısal tavsiyeler ve manevi destek sundu ki bunlar olmadan bu kitap ortaya çıkmazdı. Katrin Eggenberger kitabın “dahili yayımcısı” olarak çalıştı ve kitabın gelişimi boyunca olağanüstü, sebatlı ve yorulmak bilmeyen bir destekçi oldu. Katkıda bulunan, destek olan ve özel teşekkürü hak eden diğer başlıca isim-leri şöyle sıralayabiliriz: Kimberley Botwright, Aengus Collins, Scott David, David

Gleicher, Berit Gleixner, Rigas Hadzilacos, Audrey Helstroffer, Jeremy Jurgens, Cheryl Martin, Stephan Mergenthaler, Fulvia Montresor, Derek O'Halloran, Richard Samans, Sha Song, Murat Sönmez, Jahda Swanborough ve Mandy Ying.

Kendi topluluk ve ağlarında ilgili tartışmaları yapmak için toplantılar düzenleyen Dördüncü Sanayi Devrimi Küresel Gelecek Konseylerinin yöneticilerinin çabalarını da takdir etmek istiyoruz: Nanayaa Appenteng, Vanessa Candeias, Daniel Dobrygowski, Daniel Gomez Gaviria, Manju George, Fernando Gomez, Amira Gouaibi, Rigas Hadzilacos, Nikolai Khlystov, Marina Krommenacker, Jiaojiao Li, Jesse McWaters, Lisa Ventura ve Karen Wong.

Online tartışmalara, bilgi paylaşımı ve desteğine anlamlı katkılar sağlayan diğer Forum personelini de unutmamalıyız: David Aikman, Wadia Ait Hamza, Chidiogo Akunyili, Silja Baller, Paul Beecher, Andrey Berdichevskiy, Arnaud Bernaert, Stefano Bertolo, Katherine Brown, Sebastian Backup, Oliver Cann, Gemma Corrigan, Sandrine Rahe, Shimer Dao, Lisa Dreier, Margareta Drzeniek, John Dutton, Jaci Eisenberg, Nima Elmi, Emily Farnworth, Susanne Grassmeier, Mehran Gul, Michael Hanley, William Hoffman, Marie Sophie Müller, Jenny Soffel, Kiriko Honda, Ravi Kaneriya, Mihoko Kashiwakura, Danil Kerimi, Akanksha Khatri, Andrej Kirn, Zvika Krieger, Wolfgang Lehmacher, Till Leopold, Helena Leurent, Mariah Levin, Elyse Lipman, Peter Lyons, Silvia Magnoni, Katherine Milligan, John Moavenzadeh, Adrian Monck, Valerie Peyre, Goy Phumtim, Katherine Randel, Vesselina Stefanova Ratcheva, Philip Shetler-Jones, Mark Spelman, Tanah Sullivan, Kai Keller, Christoph von Toggenburg, Terri Toyota, Peter Vanham, Jean-Luc Vez, Silvia Von Gunten, Dominic Waughray, Bruce Weinelt, Barbara Wetsig-Lynam, Alex Wong, Andrea Wong, Kira Youdina ve Saadia Zahidi.

Katkıda Bulunanlar

3. Bölüm: Değerleri Teknolojilere Yerleştirmek

Stewart Wallis, Bağımsız düşünür, konuşmacı ve yeni bir ekonomik sistem savunucusu, İngiltere

Dünya Ekonomik Forumu Değerler Üzerine Küresel Gündem Konseyi (2012-2014)

Dünya Ekonomik Forumu Genç Bilim İnsanları Topluluğu

Thomas Philbeck, Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Başkanı, Dünya Ekonomik Forumu

Özel Ek: İnsan Haklarına Dayalı Bir Çerçeve

Hilary Sutcliffe, Direktör, SocietyInside, İngiltere

Anne-Marie Allgrove, Ortak, Baker & McKenzie, Avustralya

4. Bölüm: Tüm Paydaşları Güçlendirmek

Anne Marie Engtoft Larsen, Bilgi Rehberi, Dördüncü Sanayi Devrimi, Dünya Ekonomik Forumu

5. Bölüm: Yeni Bilgi İşlem Teknolojileri

Justine Cassell, Dekan Yardımcısı, Teknoloji Stratejisi ve Etkisi, Carnegie Mellon Üniversitesi, ABD

Jeremy O'Brien, Direktör, Kuantum Fotonik Merkezi (CQP), Bristol Üniversitesi, İngiltere

Jennifer Rupp, Doçent, İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü (ETH), İsviçre

Kirk Bresniker, Baş mimar, Hewlett Packard Labs, Hewlett Packard Enterprise, ABD

Dünya Ekonomik Forumu Bilişimin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi

6. Bölüm: Blok Zinciri ve Dağıtık Hesap Defteri Teknolojileri

Jesse McWaters, Proje Rehberi, Finansal Hizmetlerde Yıkıcı İnovasyon, Dünya Ekonomik Forumu

Carsten Stöcker, Makine Ekonomisi İnovasyon Savunucusu, innogy SE, Almanya

Burkhard Blechschmidt, Başkan, CIO Advisory, Cognizant, Almanya

7. Bölüm: Nesnelerin İnterneti

Derek O'Halloran, Eş Başkan, Dijital Ekonomi ve Toplum, Dünya Ekonomik Forumu

Richard Soley, Başkan ve CEO, Object Management Group, ABD

Özel Ek: Veri Etiği Üzerine Vurgu

Luciano Floridi, Felsefe ve Bilişim Etiği Profesörü, Oxford Üniversitesi, İngiltere

Mariarosaria Taddeo, Araştırmacı, Oxford Üniversitesi, İngiltere

Özel Ek: Siber Riskler

Jean-Luc Vez, Başkan, Küresel Siber Merkezi, Dünya Ekonomik Forumu

Ushang Damachi, Proje Rehberi, Küresel Suç ve Kamu Güvenliği, Dünya Ekonomik Forumu

Nicholas Davis, Toplum ve İnovasyon Başkanı, Dünya Ekonomik Forumu

8. Bölüm: Yapay Zekâ ve Robotbilim

Stuart Russell, Bilgisayar Bilimleri Profesörü, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley, ABD

Dünya Ekonomik Forumu Yapay Zekâ ve Robotbilimin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi

9. Bölüm: İleri Malzemeler

Alán Aspuru-Guzik, Profesör, Kimya ve Kimyasal Biyoloji Bölümü, Harvard Üniversitesi, ABD

Bernard Meyerson, İnovasyon Başkanı (CIO), IBM Corporation, ABD

10. Bölüm: Eklemeli İmalat ve Çok Boyutlu Yazıcılar

Phill Dickens, Üretim Teknolojisi Profesörü, Nottingham Üniversitesi, İngiltere

Özel Ek: Dronların İyi ve Kötü Yanları

David Shim, Doçent, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, (KAIST), Kore Cumhuriyeti

Andreas Raptopoulos, CEO, Matternet, ABD

Dapo Akande, Uluslararası Kamu Hukuku Profesörü, Hukuk Fakültesi, Oxford Üniversitesi, İngiltere

Thomas Philbeck, Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Başkanı, Dünya Ekonomik Forumu

11. Bölüm: Biyoteknolojiler

Dünya Ekonomik Forumu Biyoteknolojilerin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi

12. Bölüm: Nöroteknolojiler

Olivier Oullier, Başkan, Emotiv, ABD

Dünya Ekonomik Forumu Nöroteknolojilerin ve Beyin Bilimin Geleceği Üzerine
Küresel Gelecek Konseyi

13. Bölüm: Sanat ve Artırılmış Gerçeklikler

Anne Marie Engtoft Larsen, Bilgi Rehberi, Dördüncü Sanayi Devrimi, Dünya
Ekonomik Forumu

Yobie Benjamin, Eş kurucu, Avegant, ABD

Drue Kataoka, Sanatçı ve Teknolog, Drue Kataoka Stüdyoları, ABD

Özel Ek: Sanat, Kültür ve Dördüncü Sanayi Devrimi Üzerine Bir Bakış Açısı

Nico Daswani, Sanat ve Kültür Başkanı, Dünya Ekonomik Forumu

Andrea Bandelli, Yönetici Müdür, Uluslararası Bilim Galerisi, İrlanda

14. Bölüm: Enerji Üretim, Depolama ve İletimi

Dünya Ekonomik Forumu Enerjinin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi

David Victor, Profesör, Kaliforniya Üniversitesi, San Diego (UCSD), ABD

15. Bölüm: Jeomühendislik

Anne Marie Engtoft Larsen, Bilgi Rehberi, Dördüncü Sanayi Devrimi, Dünya
Ekonomik Forumu

Wendell Wallach, Bilim İnsanı, Disiplinlerarası Biyoetik Merkezi, Yale Üniversitesi, ABD

Janos Pasztor, Kıdemli Üye ve Yönetici Müdür, Carnegie İklim Jeomühendisliği
Yönetişim Girişimi (C2G2), ABD

Jack Stilgoe, Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Bölümü Öğretim Üyesi, Londra
University College, İngiltere

16. Bölüm: Uzay Teknolojileri

Brian Weeden, Teknik Danışman, Güvenli Dünya Vakfı, ABD

Ellen Stofan, Başmühendis, NASA (2013-2016); Fahri Profesör, Risk Araştırma
Merkezi, Londra University College (UCL), İngiltere

Dünya Ekonomik Forumu Uzay Teknolojilerinin Geleceği Üzerine Küresel Gelecek
Konseyi

Editörler

Fabienne Stassen, Editör Proof, Cenevre, İsviçre

Curtis Carbonell

Andrew Wright

Tasarım ve Düzen

Kamal Kimaoui, Üretim ve Tasarım Başkanı, Dünya Ekonomik Forumu

Kaynakça

Giriş

Schwab, K. 2016. Dördüncü Sanayi Devrimi. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu

1. Bölüm: Dördüncü Sanayi Devrimini Bir Çerçeveye Oturtmak

ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri. 2016. "Mortality in the United States, 2015".

Amerikan Ulusal Sağlık İstatistik Merkezi Veri Evrak No. 267.

Crafts, N. F. R. 1987. "Long-term unemployment in Britain in the 1930s". *The Economic History Review*, 40: 418-432.

Gordon, R. 2016. *The Rise and Fall of American Growth*. Princeton: Princeton University Press.

McCloskey, D. 2016. *Bourgeois Equality*. Chicago: University of Chicago Press.

Smil, V. 2005. *Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867-1914 and Their Lasting Impact*. New York: Oxford University Press.

UNDP. 2017. About Human Development. İnternet adresi: <http://hdr.undp.org/en/humandev>. [Erişim: 1 Mayıs 2017].

Dünya Bankası Veri Bankası. 2017. "Poverty headcount ratio at \$1.90 a day (2011 PPP) (% of population)". İnternet adresi: <http://data.worldbank.org/indicator/SL.POV.DDAY>. [Erişim: 1 Haziran 2017].

2. Bölüm: Noktaları Birleştirmek

Autor, D., F. Levy ve R. Murnane. 2003. "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration". *The Quarterly Journal of Economics* 118(4): 1279-1334.

- Berger, T. ve C. B. Frey. 2015. "Industrial Renewal in the 21st Century: Evidence from US Cities", Regional Studies. İnternet adresi: http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/regional_studies_industrial_renewal.pdf.
- BlackRock Investment Institute. 2014. "Interpreting Innovation: Impact on Productivity, Inflation & Investing". İnternet adresi: <https://www.blackrock.com/corporate/en-us/literature/whitepaper/bii-interpreting-innovation-us-version.pdf>.
- CB Insights. 2017. "The Race For AI: Google, Twitter, Intel, Apple In A Rush To Grab Artificial Intelligence Startups", Research Briefs. İnternet adresi: <https://www.cbinsights.com/blog/top-acquirers-ai-startups-ma-timeline/>.
- Katz, L. ve A. Krueger. 2016. "The Rise and Nature of Alternative Work Arrangements in the United States, 1995-2015". Princeton University and NBER Working Paper 603. Princeton University. İnternet adresi: <http://dataspace.princeton.edu/jspui/bitstream/88435/dsp01zs25xb933/3/603.pdf>.
- New Atlas. 2015. "Amazon to begin testing new delivery drones in the US". N. Lavars, New Atlas, 13 Nisan 2015. İnternet adresi: <http://newatlas.com/amazon-new-delivery-drones-us-faa-approval/36957/>.
- The New York Times*. 2017. "Is it time to break up Google?" J. Taplin, *The New York Times*, 22 Nisan 2017. İnternet adresi: <https://www.nytimes.com/2017/04/22/opinion/sunday/is-it-time-to-break-up-google.html?mcubz=1&r=0>.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı). 2016. "Big Data: Bringing Competition Policy to the Digital Era", Background note, 29-30 Kasım 2016. İnternet adresi: [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2016\)14/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2016)14/en/pdf).
- San Francisco Examiner. 2017. "San Francisco talks robot tax". J. Sabatini, San Francisco Examiner, 14 Mart 2017. İnternet adresi: <http://www.sfxaminer.com/san-francisco-talks-robot-tax/>.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2017a. *The Inclusive Growth and Development Report 2017*. Insight Report. Geneva: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Forum_IncGrwth_2017.pdf.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2017b. "Realizing Human Potential in the Fourth Industrial Revolution: An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work", White Paper. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/WEF_EGW_Whitepaper.pdf.

3. Bölüm: Değerleri Teknolojilere Yerleştirmek

- The Boston Globe. 2016. "The gig economy is coming. You probably won't like it." B. Ambrosino, *The Boston Globe*, 20 Nisan 2016. İnternet adresi: <https://www.bostonglobe.com/magazine/2016/04/20/the-gig-economy-coming-you-probably-won-like/i2F6Yicao9OQVL4dbX6QGI/story.html>.

- Brynjolfsson, E. ve A. McAfee. 2014. *The Second Machine Age*. New York ve Londra: W.W. Norton & Company.
- Cath, C. ve L. Floridi. 2017. "The Design of the Internet's Architecture by the Internet Engineering Task Force (IETF) and Human Rights". *Science and Engineering, Ethics*, 23(2): 449-468.
- Devaraj, S. ve M. J. Hicks. 2017. "The Myth and the Reality of Manufacturing in America", Haziran 2015 ve Nisan 2017, Ball State University. İnternet adresi: <http://conexus.cberdata.org/files/MfgReality.pdf>.
- EPSRC (Mühendislik ve Fen Bilimleri Araştırma Konseyi). 2017. "Principles of robotics". The Engineering and Physical Sciences Research Council. İnternet adresi: <https://www.epsrc.ac.uk/research/ourportfolio/themes/engineering/activities/principlesofrobotics/>. [Erişim: 1 Mayıs 2017].
- AB Genel Veri Koruma Düzenlemesi. 2017. "An overview of the main changes under GDPR and how they differ from the previous directive". İnternet adresi: <http://www.eugdpr.org/key-changes.html>. [Erişim: 1 Haziran 2017].
- Florida Ice and Farm Company (FIFCO). 2015. *Living Our Purpose*. 2015 Integrated Report. İnternet adresi: <https://www.fifco.com/files/documents/1715515fb6ab1e74f29d3da4efa30c7b36a05.pdf>.
- IEEE (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü). 2017. The IEEE Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems "Executive Summary". İnternet adresi: https://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/ead_executive_summary.pdf.
- Keeley, B. 2015. *Income Inequality: The Gap between Rich and Poor*. OECD Publishing. Paris: OECD Publishing.
- Latour, B. ve S. Woolgar. 1979. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.
- Mitcham, C. 1994. "Engineering design research and social responsibility". Bulunduğu kitap: K. S. Shrader-Frechette (Ed.) *Ethics of Scientific Research*. Lanham: Rowman & Littlefield. Nuffield Council on Bioethics. 2014. "Emerging biotechnologies, Introduction: A guide for the reader". İnternet adresi: http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/2014/07/Emerging_biotechnologies_Introduction.pdf.
- Oppenheimer, J. R. 2017. "Speech to the Association of Los Alamos Scientists". Los Alamos, New Mexico, 2 Kasım 1945. İnternet adresi: <http://www.atomicarchive.com/Docs/ManhattanProject/OppeyFarewell.shtml>. [Erişim: 1 Haziran 2017].
- Pretz, K. 2017. "What's Being Done to Improve Ethics Education at Engineering Schools". The Institute, 18 Mayıs 2017. İnternet adresi: <http://theinstitute.ieee.org/members/students/whats-being-done-to-improve-ethics-education-at-engineering-schools>.

- Rankin, J. 2015. "Germany's planned nuclear switch-off drives energy innovation". *The Guardian*, 2 Kasım 2015. İnternet adresi: <https://www.theguardian.com/environment/2015/nov/02/germanys-planned-nuclear-switch-off-drives-energy-innovation>.
- Schwab, K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2013. "A New Social Covenant", Global Agenda Council on Values, White Paper. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC_Values_2013.pdf.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2017. *The Global Risks Report 2017*. Insight Report. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.

Özel Ek: İnsan Haklarına Dayalı Bir Çerçeve

4. Bölüm: Tüm Paydaşları Güçlendirmek

- Bloomberg. 2016. "Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels". T. Randall, Bloomberg, 6 Nisan 2016. İnternet adresi: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels>.
- The Boston Consulting Group. 2016. Self-Driving Vehicles, Robo-Taxis, and the Urban Mobility Revolution. Boston: BCG. İnternet adresi: http://www.automotivebusiness.com.br/abinteligencia/pdf/BCG_SelfDriving.pdf.
- Catalyst. 2016. "Women In Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM)". Catalyst, 9 Aralık 2016. İnternet adresi: <http://www.catalyst.org/knowledge/women-science-technology-engineering-and-mathematics-stem>.
- Ceballos, G. ve diğerleri. 2015. "Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction". *Science Advances* 1(5), e1400253. İnternet adresi: <http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253>.
- Deloitte. 2016. "Women in IT jobs: it is about education, but also about more than just education". Technology, Media & Telecommunications Predictions. Deloitte. İnternet adresi: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/tmt-pred16-tech-women-in-it-jobs.html>.
- Dietz, S. Ve diğerleri. 2016. "'Climate value at risk' of global financial assets". *Nature Climate Change* 6: 676-679. İnternet adresi: <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2972.html>.
- Enbakom, H.W., D.H Feyssa ve S. Takele. 2017. "Impacts of deforestation on the livelihood of smallholder farmers in Arba Minch Zuria Woreda, Southern Ethiopia", *African Journal of Agricultural Research* 12(15): 1293-1305, 13 Nisan 2017.

- Fortune. 2017. "Robots Are Replacing Humans at All These Wall Street Firms". L. Shen, *Fortune*, 30 Mart 2017. İnternet adresi: <http://fortune.com/2017/03/30/blackrock-robots-layoffs-artificial-intelligence-ai-hedge-fund/>.
- Global Challenges Foundation. 2017. "Earthstatement: The result of the Global Challenges Foundation and Earth League joining forces". Global Challenges Foundation. İnternet adresi: <https://www.globalchallenges.org/en/our-work/earth-statement-2015>.
- Hausmann, R., C. Hidalgo ve diğerleri. 2011. *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*, birinci baskı. İnternet adresi: http://atlas.cid.harvard.edu/media/atlas/pdf/HarvardMIT_AtlasOfEconomicComplexity_Part_I.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Ana Yazım Ekibi, R.K. Pachauri ve L.A. Meyer (eds.)]. Cenevre: IPCC.
- Juma, C. 2017. "Leapfrogging Progress: The Misplaced Promise of Africa's Mobile Revolution". *The Breakthrough* 7. Yaz 2017. İnternet adresi: <https://thebreakthrough.org/index.php/journal/issue-7/leapfrogging-progress>.
- Milanovic, B. 2016. *Global Inequality: A New Approach for the Age of Globalization*. Cambridge: Harvard University Press.
- MIT Technology Review. 2017. "As Goldman Embraces Automation, Even the Masters of the Universe Are Threatened". N. Byrnes, *MIT Technology Review*, 7 Şubat 2017. İnternet adresi: <https://www.technologyreview.com/s/603431/as-goldman-embraces-automation-even-the-masters-of-the-universe-are-threatened/>.
- Newshub. 2016. "How drones are helping combat deforestation". S. Howe, News-hub, 22 Eylül 2016. İnternet adresi: <http://www.newshub.co.nz/home/world/2016/09/how-drones-are-helping-combat-deforestation.html>.
- Oxford Internet Institute. 2011. "The Distribution of all Wikipedia Articles". Alındığı yer: Graham, M., S. A. Hale ve M. Stephens (2011), *Geographies of the World's Knowledge*. London: Convoco! Edition. İnternet adresi: <http://geography.oii.ox.ac.uk/?page=the-distribution-of-all-wikipedia-articles>.
- Oxford Internet Institute. 2017. "The Location of Academic Knowledge". Alındığı yer: Graham, M., S. A. Hale ve M. Stephens (2011), *Geographies of the World's Knowledge*. London: Convoco! Edition. İnternet adresi: <http://geography.oii.ox.ac.uk/?page=the-location-of-academic-knowledge>.
- Philbeck, Imme. 2017. "Connecting the Unconnected: Working together to achieve Connect 2020 Agenda Targets". International Telecommunication Union (ITU). Dünya Ekonomik Forumu Davos 2017 Yıllık Toplantısı ve Geniş Bant Komisyonunun yaptığı özel oturumun arkaplan raporu. İnternet adresi: http://broadbandcommission.org/Documents/ITU_discussion-paper_Davos2017.pdf.

- Population Reference Bureau. 2017. "Human Population: Urbanization: Largest Urban Agglomerations, 1975, 2000, 2025". İnternet adresi: <http://www.prb.org/Publications/Lesson-Plans/HumanPopulation/Urbanization.aspx>.
- Rockström, J. Ve diğerleri. 2009. "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity". *Ecology and Society* 14(2) art. 32. İnternet adresi: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.
- Schwab, K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.
- Steffen ve diğerleri. 2015. "Sustainability. Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet". *Science* 347(6223), 1259855. İnternet adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25592418>.
- Tay, B.T.C. ve diğerleri. 2013. "When Stereotypes Meet Robots: The Effect of Gender Stereotypes on People's Acceptance of a Security Robot". Bulunduğu kitap: *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Understanding Human Cognition*, D. Harris, ed., EPCE 2013.
- Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8019. Springer, Berlin, Heidelberg. University of Sussex. 2008. *Technology Leapfrogging: A Review of the Evidence, A report for DFID*. Sussex Energy Group. İnternet adresi: <https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=dfid-leapfrogging-reportweb.pdf&site=264>.
- UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü). 2015. "Women in Science: The gender gap in science". Fact Sheet No. 34. UNESCO İstatistik Enstitüsü. İnternet adresi: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs34-women-in-science-2015-en.pdf>.
- UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü). 2016. "Leaving no one behind: How far on the way to universal primary and secondary education?" Policy paper 27/Fact Sheet No. 37. UNESCO İstatistik Enstitüsü. İnternet adresi: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002452/245238E.pdf>.
- UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü). 2017. "Global Investments in R&D". Fact Sheet No. 42, FS/2017/SCI/42. UNESCO İstatistik Enstitüsü. İnternet adresi: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002477/247772e.pdf>.
- Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Nüfus Bölümü. 2015. "World Population Prospects: The 2015 Revision, Key findings & advance tables". Working Paper No. ESA/P/WP.241. İnternet adresi: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf.
- WIPO (Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü). 2017. WIPO IP İstatistikleri Veri Merkezi. İnternet adresi: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm>. [Erişim: 1 Haziran 2017].
- Dünya Bankası Veri Bankası. 2017. "Poverty headcount ratio at \$1.90 a day (2011 PPP) (% of population)". İnternet adresi: <http://data.worldbank.org/indicator/SL.POV.DDAY>. [Erişim: 1 Haziran 2017].

- Dünya Bankası ve Sağlık Ölçütleri ve Değerlendirme Enstitüsü. 2016. *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Washington, DC: Dünya Bankası. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. İnternet adresi: <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2016. *The Global Gender Gap Report 2016*. Insight Report. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2016a. *The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics. Industry Agenda*. Venevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf.
- Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI). 2014. "The History of Carbon Dioxide Emissions". J. Friedrich ve T. Damassa, WRI, 21 Mayıs 2014. İnternet adresi: <http://www.wri.org/blog/2014/05/history-carbon-dioxide-emissions#fn:1>.
- Yale Environment 360. 2016. "How Satellites and Big Data Can Help to Save the Oceans". Yale School of Forestry & Environmental Studies. İnternet adresi: http://e360.yale.edu/features/how_satellites_and_big_data_can_help_to_save_the_oceans.

5. Bölüm: Yeni Bilgi İşlem Teknolojileri

- Cameron, D. ve T. Mowatt. 2012. "Writing the Book in DNA". Wyss Institute, 16 Ağustos 2012. İnternet adresi: <https://wyss.harvard.edu/writing-the-book-in-dna/>.
- Cockshott, P., L. Mackenzie ve G. Michaelson. 2010. "Non-classical computing: feasible versus infeasible". ACM-BCS Bilgisayar Bilimi Vizyonları 2010: Uluslararası Akademik Araştırmalar Konferansında sunulan araştırma, Edinburgh Üniversitesi, 14-16 Nisan 2010.
- Cortada, J. W. 1993. *The Computer in the United States: From laboratory to market, 1930-1960*. M.E. Sharpe.
- Denning, P. J. ve T. G. Lewis. 2016. "Exponential Laws of Computing Growth". *Communications of the ACM* 60(1): 54-65. İnternet adresi: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3028256.2976758>.
- Ezrachi, A. ve M. Stucke. 2017. "Law Profs to Antitrust Enforcers: To Rein in Super-Platforms, Look Upstream". The Authors Guild. 12 Nisan 2017. İnternet adresi: <https://www.authorsguild.org/industry-advocacy/law-profs-antitrust-enforcers-rein-super-platforms-look-upstream/>.
- Frost Gorder, P. 2016. "Computers in your clothes? A milestone for wearable electronics", Ohio Eyalet Üniversitesi, 13 Nisan 2016. İnternet adresi: <https://news.osu.edu/news/2016/04/13/computers-in-your-clothes-a-milestone-for-wearable-electronics/>.

- IEEE (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü). 2016. "International Roadmap for Devices and Systems". 2016 Edition. White Paper. IEEE. İnternet adresi: http://irds.ieee.org/images/files/pdf/2016_MM.pdf.
- ITRS (Yarıiletkenler için Uluslararası Teknoloji Yol Haritası) 2.0. 2015. *International Technology Roadmap for Semiconductors 2.0*. 2015 Edition, Executive Report. ITRS. İnternet adresi: [https://www.semiconductors.org/clientuploads/Research_Technology/ITRS/2015/0_2015%20ITRS%202.0%20Executive%20Report%20\(1\).pdf](https://www.semiconductors.org/clientuploads/Research_Technology/ITRS/2015/0_2015%20ITRS%202.0%20Executive%20Report%20(1).pdf).
- Knight, H. 2015. "Researchers develop basic computing elements for bacteria". MIT News, 9 Temmuz 2015. İnternet adresi: <http://news.mit.edu/2015/basic-computing-for-bacteria-0709>.
- Lapedus, M. 2016. "10nm Versus 7nm". Semiconductor Engineering, 25 Nisan 2016. İnternet adresi: <http://semiengineering.com/10nm-versus-7nm/>.
- Poushter, J. 2016. "2. Smartphone ownership rates skyrocket in many emerging economies, but digital divide remains". Pew Research Center. Global Attitudes & Trends. 22 Şubat 2016. İnternet adresi: <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-rates-skyrocket-in-many-emerging-economies-but-digital-divide-remains/>.
- Raspberry Pi Vakfı. 2016. *Annual Review 2016*. İnternet adresi: <https://www.raspberrypi.org/files/about/RaspberryPiFoundationReview2016.pdf>.
- Schwab, K. 2016. Dördüncü Sanayi Devrimi. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.
- Solon, O. 2017. "Facebook has 60 people working on how to read your mind." *The Guardian*, 19 Nisan 2017. İnternet adresi: <https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/19/facebook-mind-reading-technology-f8>.
- Weiser, M. 1991. "The Computer for the 21st Century". *Scientific American* 265(3): 94-104. İnternet adresi: <https://www.ics.uci.edu/~corps/phaseii/Weiser-Computer21stCentury-SciAm.pdf>.
- Dünya Ekonomik Forumu ve INSEAD. 2015. *The Global Information Technology Report 2015: ICTs for Inclusive Growth*. Insight Report. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_IT_Report_2015.pdf.
- Yang, S. 2016. "Smallest. Transistor. Ever". Berkeley Lab, 6 Ekim 2016; Güncelleme: 17 Ekim 2016. İnternet adresi: <http://newscenter.lbl.gov/2016/10/06/smallest-transistor-1-nm-gate/>.

6. Bölüm: Blok Zinciri ve Dağıtık Hesap Defteri Teknolojileri

- Bitcoin Ücretleri. 2017. "Predicting Bitcoin Fees For Transactions". İnternet adresi: <https://bitcoinfees.21.co/>. [Erişim: 2 Kasım 2017].

- Greenberg, A. 2016. "Silk Road Prosecutors Argue Ross Ulbricht Doesn't Deserve A New Trial". Wired, 18 Haziran 2016. İnternet adresi: <https://www.wired.com/2016/06/silk-road-prosecutors-argue-ross-ulbricht-doesnt-deserve-new-trial/>.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı) ve EUIPO (Avrupa Birliği Fikri Mülkiyet Ofisi). 2016. *Trade in Counterfeit and Pirated Goods: Mapping the Economic Impact*. OECD Publishing. Paris: OECD Publishing. İnternet adresi: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264252653-en>.
- Ruppert, A. 2016. "Mapping the decentralized world of tomorrow", Medium. com, 1 Haziran 2016. İnternet adresi: <https://medium.com/birds-view/mapping-the-decentralized-world-of-tomorrow-5bf36b973203>.
- Tapscott, D. ve A. Tapscott. 2016. *Blok zinciri Revolution*. New York: Portfolio Penguin
- Dünya Ekonomik Forumu. 2016. "The Internet of Things and connected devices: making the world smarter". Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/the-internet-of-things-and-connected-devices-making-the-world-smarter/>.

7. Bölüm: Nesnelerin İnterneti

- Brown, J. 2016. "The 5 biggest hacks of 2016 and the organizations they crippled", Industry Dive, 8 Aralık 2016. İnternet adresi: <http://www.ciodive.com/news/the-5-biggest-hacks-of-2016-and-the-organizations-they-crippled/431916/>.
- Columbus, L. 2016. "Roundup Of Internet Of Things Forecasts And Market Estimates, 2016". *Forbes*, 27 Kasım 2016. İnternet adresi: <https://www.forbes.com/sites/louis columbus/2016/11/27/roundup-of-internet-of-things-forecasts-and-market-estimates-2016/#290b6abb292d>.
- McKinsey Global Institute. 2015. "The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype". McKinsey & Company. İnternet adresi: <file:///C:/Users/admin/Downloads/The-Internet-of-things-Mapping-the-value-beyond-the-hype.pdf>.
- McKinsey Global Institute. 2015a. "Unlocking the potential of the Internet of Things". McKinsey & Company. İnternet adresi: <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>.
- Perrow. C. 1984. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Basic Books.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2015. *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*. Industry Agenda. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.
- Dünya Ekonomik Forumu ve Accenture. 2016. "The Internet of Things and connected devices: making the world smarter". Cenevre: Dünya Ekonomik

Forumu. İnternet adresi: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/the-internet-of-things-and-connected-devices-making-the-world-smarter/>.

Özel Ek: Siber Riskler

- eMarketer. 2017. "Internet Users and Penetration Worldwide", İnternet adresi: <http://www.emarketer.com/Chart/Internet-Users-Penetration-Worldwide-2016-2021-billions-of-population-change/206259>
- Greenberg, Andy. 2015. "Hackers Remotely Kill a Jeep on the Highway – With Me in It", Wired, Temmuz 2015. İnternet adresi: <https://www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway/>
- KrebsOnSecurity. 2014. "Target Hackers Broke in Via HVAC Company". İnternet adresi: <https://krebsonsecurity.com/2014/02/target-hackers-broke-in-via-hvac-company/>
- Miniwatts Marketing. 2017. "Internet World Stats", İnternet adresi: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- Nuix (2017), "Most Hackers Can Access Systems and Steal Valuable Data Within 24 Hours: Nuix Black Report", İnternet Sitesine Erişim: 23 Kasım 2017 <https://www.nuix.com/media-releases/most-hackers-can-access-systems-and-steal-valuable-data-within-24-hours-nuix-black>
- NYSE Governance Services. 2015. Cybersecurity in the Boardroom. New York: NYSE. İnternet adresi: https://www.nyse.com/publicdocs/VERACODE_Survey_Report.pdf
- OECD. 2012. Cybersecurity Policy Making at a Turning Point, Paris: OECD. İnternet adresi: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/cybersecurity%20policy%20making.pdf>
- Reinsel, D, Gantz, J ve Rydning, J. 2017. Data Age 2025, IDC. İnternet adresi: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf>
- Westby, J R ve Power, R. 2008. Governance of Enterprise Security Survey: CyLab 2008 Report, Pttisburgh: Carnegie Mellon CyLab. İnternet adresi: <https://portal.cylab.cmu.edu/portal/files/pdfs/governance-survey2008.pdf>
- Dünya Ekonomik Forumu. 2012. Partnering for Cyber Resilience. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/WEF_IT_PartneringCyberResilience_Guidelines_2012.pdf
- Dünya Ekonomik Forumu. 2017. Advancing Cyber Resilience: Principles and Tools for Boards. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/IP/2017/Adv_Cyber_Resilience_Principles-Tools.pdf

8. Bölüm: Yapay Zekâ ve Robotbilim

Agence France-Presse. 2016. "Convoy of self-driving trucks completes first European cross-border trip". *The Guardian*, 7 Nisan 2016. İnternet adresi: <https://>

- www.theguardian.com/technology/2016/apr/07/convoy-self-driving-trucks-completes-first-european-cross-border-trip.
- AI International. 2017. "Universities with AI Programs". İnternet adresi: <http://www.aiinternational.org/universities.html>
- Baraniuk, C., "The cyborg chess players that can't be beaten". BBC, 4 Aralık 2015. İnternet adresi: <http://www.bbc.com/future/story/20151201-the-cyborg-chess-players-that-cant-be-beaten>.
- CB Insights. 2017. "The Race For AI: Google, Twitter, Intel, Apple In A Rush To Grab Artificial Intelligence Startups". CB Insights, 21 Temmuz 2017. İnternet adresi: <https://www.cbinsights.com/blog/top-acquirers-ai-startups-ma-timeline/>.
- Cohen, M. ve diğerleri. 2016. *Off-, On- or Reshoring: Benchmarking of Current Manufacturing Location Decisions: Insights from the Global Supply Chain Benchmark Study 2015*. The Global Supply Chain Benchmark Consortium 2016. İnternet adresi: <http://pulsar.wharton.upenn.edu/fd/resources/20160321GSCBSFinalReport.pdf>.
- Conner-Simons, A. 2016. "Robot helps nurses schedule tasks on labor floor". MIT News, 13 Temmuz 2016. İnternet adresi: <http://news.mit.edu/2016/robot-helps-nurses-schedule-tasks-on-labor-floor-0713>.
- DeepMind Ethics & Society anasayfası. 2017. İnternet adresi: <https://deepmind.com/applied/deepmind-ethics-society/>.
- EPSRC (Mühendislik ve Fen Bilimleri Araştırma Konseyi). 2017. "Principles of Robotics: Regulating robots in the real world". İnternet adresi: <https://www.epsrc.ac.uk/research/ourportfolio/themes/engineering/activities/principlesofrobotics/>.
- Frey, C. ve M. Osborne. 2013. "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?" Oxford Martin School Working Paper, 17 Eylül 2013. İnternet adresi: http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.
- Hadfield-Menell, D., A. Dragan, P. Abbeel ve S. Russell. 2017. "Cooperative Inverse Reinforcement Learning". *Advances in Neural Information Processing Systems* 25. MIT Press.
- Hardesty, L. 2013. "Surprisingly simple scheme for self-assembling robots". MIT News, 4 Ekim 2013. İnternet adresi: <http://news.mit.edu/2013/simple-scheme-for-self-assembling-robots-1004>.
- LaGrandeur, K. ve J. Hughes (Eds). 2017. *Surviving the Machine Age: Intelligent Technology and the Transformation of Human Work*. Palgrave Macmillan. İnternet adresi: <http://www.springer.com/la/book/9783319511641>.
- McKinsey & Company. 2017. *A future that works: Automation, employment, and productivity*. McKinsey Global Institute. İnternet adresi: [file:///C:/Users/admin/Downloads/MGI-A-future-that-works-Full-report%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/MGI-A-future-that-works-Full-report%20(1).pdf).

- Metz, C. 2016. "The Rise of the Artificially Intelligent Hedge Fund". Wired, 25 Ocak 2016. İnternet adresi: <https://www.wired.com/2016/01/the-rise-of-the-artificially-intelligent-hedge-fund/>.
- Murphy, M. 2016. "Prepping a robot for its journey to Mars". MIT News, 18 Ekim 2016. İnternet adresi: <http://news.mit.edu/2016/sarah-hensley-valkyrie-humanoid-robot-1018>.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı). 2016. "Automation and Independent Work in a Digital Economy". Policy Brief on the Future of Work. İnternet adresi: <http://www.oecd.org/employment/Policy%20brief%20-%20Automation%20and%20Independent%20Work%20in%20a%20Digital%20Economy.pdf>.
- Partnership on AI. 2017. "Partnership on AI to benefit people and society". İnternet adresi: <https://www.partnershiponai.org/#s-partners>.
- Petersen, R. 2016. "The driverless truck is coming, and it's going to automate millions of jobs". TechCrunch, 25 Nisan 2016. İnternet adresi: <https://techcrunch.com/2016/04/25/the-driverless-truck-is-coming-and-its-going-to-automate-millions-of-jobs/>.
- Pittman, K. 2016. "The Automotive Sector Buys Half of All Industrial Robots". Engineering.com, 24 Mart 2016. İnternet adresi: <http://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/11761/The-Automotive-Sector-Buys-Half-of-All-Industrial-Robots.aspx>.
- Sample, I. ve A. Hern. 2014. "Scientists dispute whether computer 'Eugene Goostman' passed Turing test". *The Guardian*, 9 Haziran 2014. İnternet adresi: <https://www.theguardian.com/technology/2014/jun/09/scientists-disagree-over-whether-turing-test-has-been-passed>.
- Thielman, S. 2016. "Use of police robot to kill Dallas shooting suspect believed to be first in US history", *The Guardian*, 8 Temmuz 2016. İnternet adresi: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jul/08/police-bomb-robot-explosive-killed-suspect-dallas>.
- Turing, A. M. 1951. "Can Digital Computers Think?" BBC Third Programme'da yapılan konferans yayını, 15 Mayıs 1951; Yazılı metin için: turingarchive.org.
- Vanian, J. 2016. "The Multi-Billion Dollar Robotics Market Is About to Boom". *Fortune*, 24 Şubat 2016. İnternet adresi: <http://fortune.com/2016/02/24/robotics-market-multi-billion-boom/>.
- Wakefield, J. 2016. "Self-drive delivery van can be 'built in four hours". BBC, 4 Kasım 2016. İnternet adresi: <http://www.bbc.com/news/technology-37871391>.
- Wakefield, J. 2016b. "Foxconn replaces '60,000 factory workers with robots". BBC, 25 Mayıs 2016. İnternet adresi: <http://www.bbc.com/news/technology-36376966>.

Dünya Ekonomik Forumu. 2016. *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.

9. Bölüm: İleri Malzemeler

ABD Ulusal Nanoteknoloji Girişimi. 2017. “NNI Supplement to the President’s 2016 Budget”. Nano.gov. resmi internet sitesi. İnternet adresi: <http://www.nano.gov/node/1326>.

Dünya Ekonomik Forumu. 2017. “Chemistry and Advanced Materials: at the heart of the Fourth Industrial Revolution”. Dünya Ekonomik Forumu, Gündem.

Dünya Ekonomik Forumu. 2017a. “Digital Transformation Initiative: Chemistry and Advanced Materials Industry”. White Paper. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu ve Accenture işbirliğiyle. İnternet adresi: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-chemistry-and-advanced-materials-industry-white-paper.pdf>.

10. Bölüm: Eklemeli İmalat ve Çok Boyutlu Yazıcı Kullanımı

Dickens, P. ve T. Minshall. 2016. *UK National Strategy for Additive Manufacturing: Comparison of international approaches to public support for additive manufacturing/3D printing*. Teknik Rapor.

Gartner. 2014. “Gartner Survey Reveals That High Acquisition and Start-Up Costs Are Delaying Investment in 3D Printers”. Gartner Basın Duyurusu, 9 Aralık 2014. İnternet adresi: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2940117>.

Gartner. 2016. “Gartner Says Worldwide Shipments of 3D Printers to Grow 108 Percent in 2016”. Gartner Basın Duyurusu, 13 Ekim 2016. İnternet adresi: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3476317>.

Parker, C. 2013. “3-D printing creates murky product liability issues, Stanford scholars says”. Stanford Üniversitesi. Stanford Raporu, 12 Aralık 2013. İnternet adresi: <http://news.stanford.edu/news/2013/december/3d-legal-issues-121213.html>.

PwC. 2016. *3D Printing comes of age in US industrial manufacturing*. İnternet adresi: <https://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/assets/pwc-next-manufacturing-3d-printing-comes-of-age.pdf>.

Rehnberg, M. ve S. Ponte. 2016. “3D Printing and Global Value Chains: How a new technology may restructure global production”, Global Production Networks Centre Faculty of Arts & Social Sciences. GPN Working Paper Series, GPN2016-010. İnternet adresi: http://gpn.nus.edu.sg/file/Stefano%20Ponte_GPN2016_010.pdf.

- de Wargny, M. 2016. "Top 10 Future 3D Printing Materials (that exist in the present!)", Sculpteo, 28 Eylül 2016. İnternet adresi: <https://www.sculpteo.com/blog/2016/09/28/top-10-future-3d-printing-materials-that-exist-in-the-present/>.
- Wohlers Associates. 2014. *Wohlers Report 2014. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Worldwide Progress Report. Wohlers Associates.
- Wohlers Associates. 2016. *Wohlers Report 2016. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates.

Özel Ek: Dronların İyi ve Kötü Yanları

- Amazon Prime Air. 2015. "Determining Safe Access with a Best-Equipped, Best-Served Model for Small Unmanned Aircraft Systems". NASA İnsansız Hava Aracı Sistemi Trafik Yönetimi (UTM). İnternet adresi: [https://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Determining%20Safe%20Access%20with%20a%20Best-Equipped,%20Best-Served%20Model%20for%20sUAS\[2\].pdf](https://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Determining%20Safe%20Access%20with%20a%20Best-Equipped,%20Best-Served%20Model%20for%20sUAS[2].pdf).
- Kopardekar, P. Ve diğerleri. 2016. "Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations". On Altıncı AIAA Havacılık Teknolojisi, Entegrasyon ve Operasyonlar Konferansı'nda sunuldu, 13-17 Haziran 2016, Washington DC. İnternet adresi: https://utm.arc.nasa.gov/docs/Kopardekar_2016-3292_ATIO.pdf.
- NASA Traffic Unmanned Management. 2015. "Google UAS Airspace System Overview". NASA Traffic Unmanned Management. İnternet adresi: [https://utm.arc.nasa.gov/docs/GoogleUASAirspaceSystemOverview5pager\[1\].pdf](https://utm.arc.nasa.gov/docs/GoogleUASAirspaceSystemOverview5pager[1].pdf).
- Overly, S. 2016. "Watch this 'gun' take down a flying drone". *The Washington Post*, 29 Kasım 2016. İnternet adresi: https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2016/11/29/watch-this-gun-can-take-down-a-flying-drone/?utm_term=.c27bfe46b456.
- Thompson, M. 2013. "Costly Flight Hours" *Time* Dergisi. 2 Nisan 2013. İnternet adresi: <http://nation.time.com/2013/04/02/costly-flight-hours/>.

11. Bölüm: Biyoteknolojiler

- Cyranoski, D. 2016. "CRISPR gene-editing tested in a person for the first time". *Nature*, 15 Kasım 2016. İnternet adresi: <http://www.nature.com/news/crispr-gene-editing-tested-in-a-person-for-the-first-time-1.20988>.
- Das, R. 2010. "Drug Industry Bets Big On Precision Medicine: Five Trends Shaping Care Delivery". *Forbes*, 8 Mart 2017. İnternet adresi: <https://www.forbes.com/sites/reenitadas/2017/03/08/drug-development-in->

dustry-bets-big-on-precision-medicine-5-top-trends-shaping-future-care-delivery/2/#62c2746a7b33.

- EY. 2016. *Beyond borders 2016: Biotech financing*. İnternet adresi: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-beyond-borders-2016-biotech-financing/\\$FILE/ey-beyond-borders-2016-biotech-financing.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-beyond-borders-2016-biotech-financing/$FILE/ey-beyond-borders-2016-biotech-financing.pdf).
- Lee, S. Y. ve H. U. Kim. 2015. "Systems strategies for developing industrial microbial strains". *Nature Biotechnology* 33(10): 1061-1072.
- Peplow, M. 2015. "Industrial biotechs turn greenhouse gas into feedstock opportunity". *Nature Biotechnology* 33: 1123-1125.
- Reilly, M. 2017. "In Africa, Scientists Are Preparing to Use Gene Drives to End Malaria." *MIT Technology Review*, 14 Mart 2017. İnternet adresi: <https://www.technologyreview.com/s/603858/in-africa-scientists-are-preparing-to-use-gene-drives-to-end-malaria/>.

12. Bölüm: Nöroteknolojiler

- Constine, J. 2017. "Facebook is building brain-computer interfaces for typing and skin-hearing". TechCrunch, 19 Nisan 2017. İnternet adresi: <https://techcrunch.com/2017/04/19/facebook-brain-interface/>.
- Emmerich, N. 2015. "The ethical implications of neuroscience". Dünya Ekonomik Forumu, Gündem, 20 Mayıs 2015. İnternet adresi: <https://www.weforum.org/agenda/2015/05/the-ethical-implications-of-neuroscience/>.
- Avrupa Komisyonu. 2016. "Understanding the human brain, a global challenge ahead"; 1 Aralık 2016. İnternet adresi: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/understanding-human-brain-global-challenge-ahead>.
- Ghosh, K. 2015. "SpaceX for the Brain: Neuroscience Needs Business to Lead (Op-Ed)". Live Science, 9 Eylül 2015. İnternet adresi: <http://www.livescience.com/52129-neuroscience-needs-business-to-take-the-lead.html>.
- Grillner, S. ve diğerleri. 2016. "Worldwide initiatives to advance brain research". *Nature Neuroscience* 19(9): 1118-1122. İnternet adresi: <https://www.nature.com/neuro/journal/v19/n9/full/n.4371.html>.
- Londra Imperial College. 2017. "Brain & Behaviour Lab". İnternet adresi: <http://www.faisallab.com/>.
- Jones, R. 2016. "The future of brain and machine is intertwined, and it's already here". The Conversation, 3 Ekim 2016. İnternet adresi: <https://theconversation.com/the-future-of-brain-and-machine-is-intertwined-and-its-already-here-65280>.
- Juma, C. 2016. *Innovation and Its Enemies: Why People Resist New Technologies*. New York: Oxford University Press.

Neurotech. 2016. *The Market for Neurotechnology: 2016-2020. A Market Research Report from Neurotech Reports*. İnternet adresi: <http://www.neurotechreports.com/pages/execsum.html>.

Oullier, O. 2012. "Clear up this fuzzy thinking on brain scans". *Nature* 483(7387) 29 Şubat 2012. İnternet adresi: <http://www.nature.com/news/clear-up-this-fuzzy-thinking-on-brain-scans-1.10127>.

Statt, N. 2017. "Elon Musk launches Neuralink, a venture to merge the human brain with AI". *The Verge*, 27 Mart 2017. İnternet adresi: <http://www.theverge.com/2017/3/27/15077864/elon-musk-neuralink-brain-computer-interface-ai-cyborgs>.

Dünya Ekonomik Forumu. 2016. "The Digital Future of Brain Health". Global Agenda White Paper: Global Agenda Council on Brain Research. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: <https://www.weforum.org/white-papers/the-digital-future-of-brain-health>.

13. Bölüm: Sanal ve Artırılmış Gerçeklikler

Chafkin, M. 2015. "Why Facebook's \$2 Billion Bet on Oculus Rift Might One Day Connect Everyone on Earth", *Vanity Fair*, Ekim 2015. İnternet adresi: <https://www.vanityfair.com/news/2015/09/oculus-rift-mark-zuckerberg-cover-story-palmer-luckey>.

Goldman Sachs. 2016. *Profiles in Innovation: Virtual & Augmented Reality*. The Goldman Sachs Group, 13 Ocak 2016. İnternet adresi: <http://www.goldman-sachs.com/our-thinking/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>.

Sebti, B. 2016. "Virtual reality can 'transport' audiences to poor countries. But can it persuade them to give more aid?" Dünya Ekonomik Forumu, Gündem. 31 Ağustos 2016. İnternet adresi: <https://www.weforum.org/agenda/2016/08/virtual-reality-can-transport-audiences-to-poor-countries-but-can-it-persuade-them-to-give-more-aid>

Zuckerberg, M. 2015. "Mark Zuckerberg and Oculus's Michael Abrash on Why Virtual Reality Is the Next Big Thing", Zuckerberg *Vanity Fair* röportajı, YouTube, 8 Ekim 2015. İnternet adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=VQaCv52DSnY>.

14. Bölüm: Enerji Üretim, Depolama ve İletimi

Bloomberg. 2016. "Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels". T. Randall, Bloomberg. 6 Nisan 2016. İnternet adresi: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels>.

- Avrupa Komisyonu. 2017. "Renewables: Europe on track to reach its 20% target by 2020". Fact Sheet, 1 Şubat 2017. İnternet adresi: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-17-163_en.htm.
- Frankfurt Finans ve İşletme Okulu. 2017. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2017*. Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre/Bloomberg New Energy Finance. İnternet adresi: <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsinrenewableenergyinvestment2017.pdf>.
- IEA (Uluslararası Enerji Ajansı). 2016. *World Energy Outlook 2016*. Chapter 1: Introduction and scope. Paris: OECD/IEA. İnternet adresi: <https://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016Chapter1.pdf>.
- Kanellos, M. 2013. "Energy's Next Big Market: Transmission Technology". *Forbes*, 30 Ağustos 2013. İnternet adresi: <https://www.forbes.com/sites/michaelkanellos/2013/08/30/energys-next-big-market-transmission-technology/#71d13b9e31c4>.
- Parry, D. 2016. "NRL Space-Based Solar Power Concept Wins Secretary of Defense Innovative Challenge," U.S. Naval Research Laboratory, 11 Mart 2016. İnternet adresi: <https://www.nrl.navy.mil/news/releases/nrl-space-based-solar-power-concept-wins-secretary-defense-innovative-challenge>
- Tucker, E. 2014. "Researchers Developing Supercomputer to Tackle Grid Challenges". *Renewable Energy World*, 7 Temmuz 2014. İnternet adresi: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/07/researchers-developing-super-computer-to-tackle-grid-challenges.html>.
- Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Nüfus Bölümü. 2015. "World Population Prospects: The 2015 Revision, Key findings & advance tables". Working Paper No. ESA/P/WP.241. İnternet adresi: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf.
- Tektaş Üniversitesi, Austin. 2017. "Lithium-Ion Battery Inventor Introduces New Technology for Fast-Charging, Noncombustible Batteries". Tektaş Üniversitesi Basın Duyurusu, 28 Şubat 2017. İnternet adresi: <https://news.utexas.edu/2017/02/28/goodenough-introduces-new-battery-technology>.
- Woolford, J. 2015. "Artificial Photosynthesis for Energy Takes a Step Forward". *Scientific American*, ChemistryWorld, 6 Şubat 2015. İnternet adresi: <https://www.scientificamerican.com/article/artificial-photosynthesis-for-energy-takes-a-step-forward/>
- Dünya Bankası. 2017. "Electric power consumption (kWh per capita), 1960-2014". İnternet adresi: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>.

15. Bölüm: Jeomühendislik

- Condliffe, J. 2017. "Geoengineering Gets Green Light from Federal Scientists". *MIT Technology Review*, Sustainable Energy, 11 Ocak 2017. İnternet adresi: <https://www.technologyreview.com/s/603349/geoengineering-gets-green-light-from-federal-scientists/>
- IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli). 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex ve P.M. Midgley (eds)]. Cambridge, İngiltere ve New York, ABD: Cambridge University Press.
- Keith, D. 2002. "Geoengineering the Climate: History and Prospect". R. G. Watts (ed.) *Innovative Energy Strategies for CO₂ Stabilization*. Cambridge: Cambridge University Press. İnternet adresi: <https://www.yumpu.com/en/document/view/50122050/geoengineering-the-climate-history-and-prospectpdf-david-keith>.
- Neslen, A. 2017. "US scientists launch world's biggest solar geoengineering study". *The Guardian*, 24 Mart 2017. İnternet adresi: <https://www.theguardian.com/environment/2017/mar/24/us-scientists-launch-worlds-biggest-solar-geoengineering-study>.
- Pasztor, J. 2017. "Toward governance frameworks for climate geoengineering." Global Challenges Foundation. İnternet adresi: <https://globalchallenges.org/en/our-work/quarterly-reports/global-cooperation-in-dangerous-times/toward-governance-frameworks-for-climate-geoengineering>.
- Stilgoe, J. 2016. "Geoengineering as Collective Experimentation". *Science and Engineering Ethics* 22(3): 851-869. İnternet adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11948-015-9646-0>.

16. Bölüm: Uzay Teknolojileri

- BAE Systems. 2015. "BAE Systems and Reaction Engines to develop a ground breaking new aerospace engine". BAE Newsroom, 2 Kasım 2015. İnternet adresi: <http://www.baesystems.com/en/bae-systems-and-reaction-engines-to-develop-a-ground-breaking-new-aerospace-engine>.
- de Selding, P. B. 2015. "BAE Takes Stake in British Air-breathing Rocket Venture". *SpaceNews*, 2 Kasım 2015. İnternet adresi: <http://spacenews.com/bae-takes-stake-in-british-air-breathing-rocket-venture/>.

Dillow, C. 2016. "VCs Invested More in Space Startups Last Year Than in the Previous 15 Years Combined". *Fortune*, 22 Şubat 2016. İnternet adresi: <http://fortune.com/2016/02/22/vcs-invested-more-in-space-startups-last-year/>.

NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi). 2014. *Emerging Space: The Evolving Landscape of 21st Century American Spaceflight*. NASA Baş Teknoloji Ofisi. İnternet adresi: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Emerging_Space_Report.pdf.

Siceloff, S. 2017. "New Spacesuit Unveiled for Starliner Astronauts". NASA, 25 Ocak 2017. İnternet adresi: <https://www.nasa.gov/feature/new-spacesuit-unveiled-for-starliner-astronauts>.

Thibeault, S. ve diğerleri. 2015. "Nanomaterials for radiation shielding". *MRS Bulletin* 40(10): 836-841.

Sonuç: Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek İçin Ne Yapabilirsiniz?

AlphaBeta. 2017. *The Automation Advantage*. AlphaBeta news. 8 Ağustos 2017. İnternet adresi: <http://www.alphabeta.com/the-automation-advantage/>.

Carbon 3D. 2017. "The Perfect Fit: Carbon + adidas Collaborate to Upend Athletic Footwear". 7 Nisan 2017. İnternet adresi: <http://www.carbon3d.com/stories/adidas/>. [Erişim: 1 Haziran 2017].

Guston, D. 2008. "Innovation policy: not just a jumbo shrimp". *Nature* 454(7207): 940-941.

Hadfield, G. 2016. *Rules for a Flat World*. New York: Oxford University Press.

Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO). 2017. "ISO/TS 15066:2016, Robots and robotic devices – Collaborative robots". İnternet adresi: <https://www.iso.org/standard/62996.html>. [Erişim: 3 Kasım 2017].

Uluslararası Standartlar Örgütü. 2017a. "ISO/TC 20/SC 16, Unmanned aircraft systems". İnternet adresi: <https://www.iso.org/committee/5336224/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0>. [Erişim: 3 Kasım 2017].

Marchant, G. ve W. Wallach. 2015. "Coordinating Technology Governance". *Issues in Science and Technology* XXXI(4).

Maynard, A. 2016. "A further reading list on the Fourth Industrial Revolution". Dünya Ekonomik Forumu, Gündem. 22 Ocak 2016. İnternet adresi: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/mastering-the-social-side-of-the-fourth-industrial-revolution-an-essential-reading-list/>.

McKinsey Global Institute. 2017. *Harnessing Automation for a Future that Works*. İnternet adresi: <http://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>.

- Mulgan, G. 2017. "Anticipatory Regulation: 10 ways governments can better keep up with fast-changing industries". 11 Eylül 2017 <https://www.nesta.org.uk/blog/anticipatory-regulation-10-ways-governments-can-better-keep-up-with-fast-changing-industries/>
- Owen, R., P. Macnaghten ve J. Stilgoe. 2012. "Responsible Research and Innovation: From Science in Society to Science for Society, with Society". *Science and Public Policy* 39(6): 751-760.
- Rodemeyer, M., D. Sarewitz ve J. Wilsdon. 2005. *The Future of Technology Assessment*. Woodrow Wilson International Center for Scholars, Science and Technology Innovation Program. İnternet adresi: <https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/techassessment.pdf>.
- Sutcliffe, H. 2015. "Why I've ditched the 'Responsible Innovation' moniker to form 'Principles for Sustainable Innovation'". Matterforall blog, 13 Şubat 2015. İnternet adresi: <http://societyinside.com/why-ive-ditched-responsible-innovation-moniker-form-principles-sustainable-innovation>.
- Thomas, J. 2009. "21st Century Tech Governance? What would Ned Ludd do?" 2020 Science, 18 Aralık 2009. İnternet adresi: <https://2020science.org/category/technology-innovation-in-the-21st-century/>.
- Vanian, J. 2016. "Why Data Is The New Oil". *Fortune*, 11 Temmuz 2016. İnternet adresi: <http://fortune.com/2016/07/11/data-oil--brainstorm-tech/>.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2016. *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.
- Dünya Ekonomik Forumu Yazılım ve Toplumun Geleceği Üzerine Küresel Gelecek Konseyi. 2016. "A Call for Agile Governance Principles". Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu. İnternet adresi: http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/ICT/Agile_Governance_Summary.pdf.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2018. "Agile Governance: Reimagining Policy-making in the Fourth Industrial Revolution". Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu
- World Economic Forum. 2017. "How the Fourth Industrial Revolution can help us prepare for the next natural disaster". Dünya Ekonomik Forumu, Gündem
- The New Yorker. 2017. "D.I.Y. Artificial Intelligence Comes to a Japanese Family Farm" A. Zeeberg, The New Yorker, 10 Ağustos 2017. İnternet adresi: <https://www.newyorker.com/tech/elements/diy-artificial-intelligence-comes-to-a-japanese-family-farm>

Notlar

- ¹ Bazı sektörler bu dönemde dikkat çekici bir şekilde büyüdü; Crafts'a göre, pamuklu tekstil ürünlerinin üretimi 1780-1801 arasında yüzde 9,7 oranında bir yıllık büyüme gösterdi ve ardından yavaşlayarak 1801'den 1831'e kadar yılda yüzde 5,6 oranında büyüdü. Demir üretimi aynı dönemlerde yıllık yüzde 5,1 ve yüzde 4,6 oranlarında büyüdü (Crafts 1987).
- ² Vaclav Smil buna muhtemelen tarihin en etkili icadı diyor (Smil 2005).
- ³ McCloskey 2016
- ⁴ Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) "insani gelişme"yi "insanlara değer verdikleri bir hayatı yaşamaları için daha fazla özgürlük ve fırsat vermek" şeklinde tanımlıyor ve şöyle devam ediyor: "Uygulamada bu, insanların yeteneklerini geliştirmek ve onlara bu yeteneklerini kullanma şansı vermek anlamına gelir. İnsani gelişmenin üç temeli, sağlıklı ve yaratıcı bir yaşam sürmek, bilgili olmak ve uygun bir yaşam standardı için gereken kaynaklara ulaşabilmektir. Özellikle insani gelişme için doğru koşulları yaratmaya yardımcı olma konusunda çevresel sürdürülebilirlik ya da erkekler ve kadınlar arasında eşitlik gibi diğer pek çok konu da önemlidir." (UNDP 2017)
- ⁵ Gordon 2016
- ⁶ McCloskey 2016
- ⁷ Centers for Disease Control and Prevention 2016
- ⁸ Dünya Bankası 2017
- ⁹ *The New York Times* 2017
- ¹⁰ OECD 2016
- ¹¹ Berger ve Frey 2015
- ¹² Katz ve Krueger 2016
- ¹³ Dünya Ekonomik Forumu 2017b
- ¹⁴ *The San Francisco Examiner* 2017
- ¹⁵ Dünya Ekonomik Forumu 2017a
- ¹⁶ New Atlas 2015
- ¹⁷ Schwab 2016

- 18 Devaraj ve Hicks 2017
- 19 Dünya Ekonomik Forumu 2017
- 20 Brynjolfsson ve McAfee 2014
- 21 *The Boston Globe* 2016
- 22 Keeley 2015
- 23 Rankin 2015
- 24 IEEE 2017
- 25 Nuffield Council on Bioethics 2014
- 26 IEEE 2017
- 27 Dünya Ekonomik Forumu 2013
- 28 EU GDPR 2017
- 29 Bu strateji birçok şekilde önerildi ama buradaki durumda göz önünde bulundurulacak kavramsal model Mitcham (1994) tarafından özetlendiği gibi teknik özelliklerin dışındaki konuların da göz önünde bulundurulmasıyla ilgilidir.
- 30 Oppenheimer [2 Kasım 1945] 2017
- 31 Vagon ikilemi etik derslerinde ahlaki karar almayı etkileyen değişkenlerin karmaşıklığını anlatmak için kullanılan bir tercih yapma problemidir. Bu problemde, tren yolunda bir makas ve önünde iki ray vardır ve bu raylardan birinde sadece bir insan diğerinde ise bir grup insan bulunmaktadır. Öğrenci makası kullanarak vagonu bu iki hattan birine ya da diğerine yönlendirmeyi seçerek ölüm kalım tercihleri yapmalı veya yapmaktan kaçınmalıdır. Her iki hatta da durum birisi ya da birileri için kötü olacaktır. İşte öğrenci de yaptığı tercihin “neden”iyle boğuşmalı ve aldığı karar için gerekçe bulmaya çalışmalıdır.
- 32 Pretz 2017
- 33 Florida Ice and Farm Company 2015
- 34 Örn, Latour ve Woolgar 1979
- 35 EPSRC 2017
- 36 Cath ve Floridi 2017
- 37 Schwab 2016, sf.107
- 38 The Boston Consulting Group 2016
- 39 Philbeck 2017
- 40 agy.
- 41 Amerikalı yazar ve siyasi aktivist Susan Sontag
- 42 Milanovic 2016
- 43 Hausmann, Hidalgo ve diğerleri 2011
- 44 Sussex Üniversitesi 2008
- 45 Calestous Juma ile yapılan röportaj 2017
- 46 UNESCO 2016
- 47 Kafkaslar, Orta Asya, Kuzey Afrika, Güney Asya, Sahraaltı Afrika ve Batı Asya’da eğitimsiz genç kadınlar eğitimsiz genç erkeklerden daha fazla cinsiyet ayrımcılığına uğruyor. (UNESCO 2016)

- 48 Oxford Internet Institute, "The Location of Academic Knowledge" 2017
 49 UNESCO 2017
 50 Ceballos ve diğerleri. 2015
 51 Population Reference Bureau 2017
 52 Dünya Bankası ve Sağlık Ölçütleri ve Değerlendirme Enstitüsü 2016
 53 Dünya Ekonomik Forumu 2016a
 54 Dünya Kaynakları Enstitüsü 2014
 55 Global Challenges Foundation 2017
 56 Steffen ve diğerleri 2015
 57 Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Nüfus Bölümü 2015
 58 Orman kayıpları ormancılıkla yaşamını sürdüren toplulukları ve küçük toprak sahibi çiftçileri de tehdit ediyor ve biyoçeşitliliği yok ediyor (Enbakom, Feyssa ve Takele 2017)
 59 Newshub 2016
 60 Yale Environment 360 2016
 61 Bloomberg 2016
 62 *MIT Technology Review* 2017
 63 *Fortune* 2017
 64 Dünya Ekonomik Forumu 2016
 65 Catalyst 2016; UNESCO 2015
 66 Deloitte 2016
 67 Philbeck 2017
 68 Tay ve diğerleri 2013
 69 Poushter 2016 "2. Smartphone ownership rates skyrocket in many emerging economies, but digital divide remains" İnternet adresi: <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-rates-skyrocket-in-many-emerging-economies-but-digital-divide-remains/>
 70 Bugün gelişmiş bir ülkedeki ortalama bir evde 1950'de tüm dünyada olduğundan daha fazla bilgisayar var. James Cortada'ya göre, Kenneth Flam 1950'de dünyadaki dijital bilgisayarları saydı ve ikisi ABD'de, üçü İngiltere'de, beş tane buldu. Pazar araştırma şirketi NPD Group'un yaptığı ihtiyatlı bir tahmine göre, 2013'te ortalama bir Amerikalı hane halkında mobil aygıtlar dahil 5,7 dijital bilgisayar vardı. Bugün, 2017'de, akıllı telefonların hızla benimsenmesi ve televizyonlardan çamaşır makinelerine kadar birçok ev aletine mikroişlemcilerin yerleştirilmesiyle birlikte bu rakam muhtemelen iki kattan fazla artmıştır. *bak.* Cortada (1993); Cockshott, Mackenzie ve Michaelson (2010)
 71 Dünya Ekonomik Forumu ve INSEAD 2015
 72 ITRS 2.0 2015
 73 Yang 2016
 74 Denning ve Lewis 2016
 75 Lapedus 2016

⁷⁶ IEEE 2016

⁷⁷ En dikkat çeken, 1970'te Intel 4004'ün ve ardından da 1974'te 8008'in çıkması.

⁷⁸ Özellikle ReRam bellek derin öğrenme algoritması olarak kullanılabilir; bu durum, üzerine yazılıp [a][b] bellekten geri çağırılacak büyük nöral ağlara ihtiyacı ortadan kaldırıyor ve ikili bilişimin ötesine geçen ilerlemeler vaat ediyor.

⁷⁹ Büyük rakamlı problemlerde ya da bir avuç değişkenden daha fazlasına sahip olan problemlerde bugünün en iyi klasik bilgisayarları, yanıtı bulmak için evrenin bugüne dek var olduğu süreden daha fazla süreye ihtiyaç duyar. Kuantum bilgisayarlar ise üstdüşümün (süperpozisyon) olasılığa dayalı doğasından yararlanarak aynı anda çoklu durum simülasyonu yapabilir ve böylece şu anda dijital bilgisayarlar tarafından çözülemeyen bir problem için en iyi ya da en iyiye yakın çözüme kestirme bir yol sunabilir.

⁸⁰ Mutlak sıfır, kuramsal olarak, mümkün olabilecek en düşük ısıdır ve -273,15°C'ye eşittir.

⁸¹ MIT'de matematik profesörü olan Peter Shor –şu anda klasik bilgisayarda çalışan, bilinen en iyi algoritmadan daha hızlı bir şekilde üssel çarpanlara ayırma işlemi için bir kuantum algoritması olan– Shor algoritmasını geliştirdi.

⁸² Weiser 1991

⁸³ *bak.* örneğin, Frost Gorder 2016

⁸⁴ Solon 2017

⁸⁵ Knight 2015

⁸⁶ Church tek bir kitabın 70 milyar kopyasını ticari DNA mikroçiplerine kaydetti; bu, milimetreküp başına 5,5 petabitlik bir yoğunluk anlamına geliyor. *bak.* Cameron ve Mowatt (2012)

⁸⁷ Daha önce ele alındığı gibi: Schwab (2016)

⁸⁸ Spin-Transfer-Tork Manyetik Rasgele Erişimli Bellek inovasyona dayalı bir bellek teknolojisidir. Bilgi depolamak için yükleme yapılan transistörler yerine elektron spinini kullanır. Yüksek radyasyona direnç gösterebilir, aşırı ısı koşullarında çalışabilir ve kurcalamaya karşı korumalıdır. Tüm bunlar bu teknolojiyi uzayda endüstri kontrolünde ve sert koşullara sahip olan diğer uygulamalarda kullanılmak için uygun hale getirir. Hem Airbus hem de BMW bunu kullanmıştır.

⁸⁹ Raspberry Pi Foundation 2016

⁹⁰ Ezrachi ve Stucke 2017

⁹¹ Blok zinciri terimi, daha da merkezileştirilmiş ve şifrelenmiş internet teknolojileri kadar şifreleme (kriptografi) tarafından korunan dağıtık hesap defteri teknolojilerine ve akıllı sözleşmelere işaret eder.

⁹² Tapscott 2016, sf. 24

⁹³ Dağıtık hesap defterinde işlem maliyetlerinin sıfıra yakın olduğu düşünülebilir çünkü merkezi bir aracıya ihtiyaç yoktur. Gerçekte, işlem maliyetleri blok zincirinin doğrulanma şekline bağlıdır ve merkezi bir kurumdakinden çok daha

fazla olabilir. 11 Haziran 2017’de bitcoin üzerinde en hızlı ve en ucuz işlem maliyeti sadece 226 baytlık orta düzeyde bir işlem için 2,61 doları buldu. Bu düzeyde bir işlem maliyeti bitcoin’in mikro işlemler için uygun olmadığını gösteriyor. (Bitcoin Fees 2017)

- ⁹⁴ Dünya Ekonomik Forumu tarafından Brian Behlendorf’la telefonla yapılan röportaj, 26 Mayıs 2017
- ⁹⁵ Alternatif bir model de “açık kanıt” (*proof-of-stake*) adlı modeldir. Bu, Ethereum blok zincirinin gelecekte uygulamayı umduğu bir model. “Açık kanıt” modeli, zincire güvenli bir şekilde bilgi eklemek için madencilerin büyük miktarlarda enerji harcamasını gerektirmiyor. Bunun yerine, bir bloğun yaratımını olasılığa dayalı olarak “doğrulamacılar” arasında dağıtıyor ve bir yandan da hile yapmaya ve bloğun sahtesini üretmeye kalkışanlar için cezalar oluşturuyor.
- ⁹⁶ Şunu belirtmekte de yarar var: Dağıtık hesap defterlerinin değişmezliği bunların suç eylemleri için kullanılması halinde yasa dışı faaliyetleri izleme ve adli kovuşturma için delil toplama bağlamında yetkililere gerçekten ek olanaklar sağlayabilir. FBI tarafından Ross Ulbricht’e karşı açılan davada dizüstü bilgisayarına dek izi sürülen 18 milyon dolarlık bitcoin işlemlerinin halka açık blok zinciri kayıtları büyük rol oynadı ve Ulbricht yasadışı ürün ve hizmetlerin satıcı ve alıcılarının kullandığı Silk Road sitesini çalıştırdığı için ömür boyu hapis cezası aldı (Greenberg 2016)
- ⁹⁷ Dünya Ekonomik Forumu tarafından Catherine Mulligan’la telefonla yapılan röportaj, 9 Haziran 2017
- ⁹⁸ OECD ve EUIPO 2016
- ⁹⁹ Ruppert 2016
- ¹⁰⁰ Dünya Ekonomik Forumu tarafından Peter Smith’le Londra’da yapılan röportaj, 27 Eylül 2016
- ¹⁰¹ Tombul parmak hatası bir parmağın yanlış tuşa ya da aynı anda iki tuşa birden basmasıyla ortaya çıkan yanlış yazımdan kaynaklanan klavye girişi hatasıdır. Bu giriş hatası, finansal pazar emirleriyle ilgili olarak yanlış hisseyi almak ya da satmak veya yanlış fiyata almak ya da satmak şeklinde de yapılabilir.
- ¹⁰² Columbus 2016
- ¹⁰³ McKinsey Global Institute 2015
- ¹⁰⁴ Dünya Ekonomik Forumu ve Accenture 2016
- ¹⁰⁵ Dünya Ekonomik Forumu 2015, sf. 8
- ¹⁰⁶ McKinsey Global Institute 2015a
- ¹⁰⁷ Perrow (1984)
- ¹⁰⁸ Dünya Ekonomik Forumu 2015
- ¹⁰⁹ Brown 2016
- ¹¹⁰ Westby ve Richard 2008
- ¹¹¹ NYSE Governance Services 2015
- ¹¹² OECD 2012

- 113 Dünya Ekonomik Forumu 2017
114 Miniwatts Marketing 2017
115 eMarketer 2017
116 Reinsel, Gantz ve Rydning 2017
117 Dünya Ekonomik Forumu 2012
118 Greenberg 2015
119 KrebsSecurity 2014
120 Nuix 2017
121 Agy.
122 Thielman 2016
123 Sample ve Hern 2014
124 Petersen 2016
125 AI International 2017
126 Metz 2016
127 Partnership on AI 2017
128 DeepMind Ethics & Society 2017
129 CB Insights 2017
130 Turing 1951
131 Murphy 2016; Conner-Simons 2016; Hardesty 2013
132 Vanian 2016
133 Pittman 2016
134 Petersen 2016; Wakefield 2016; Agence France-Presse 2016
135 McKinsey & Company 2017
136 Frey ve Osborne 2013
137 Wakefield 2016b
138 Cohen ve diğerleri 2016
139 LaGrandeur ve Hughes (Eds) 2017; Dünya Ekonomik Forumu 2016; OECD 2016
140 EPSRC 2017
141 Baraniuk 2015
142 de Wargny 2016
143 Rehnberg ve Ponte 2016
144 Wohlers Associates 2016
145 Gartner 2016
146 Wohlers Associates 2016
147 PwC 2016
148 Wohlers Associates 2016
149 Wohlers Associates 2014, sf. 26
150 Rehnberg ve Ponte 2016
151 Parker 2013
152 Yazarın F-22 Raptor ile Amerikan ordusunun kullandığı Reaper ve Predator dronlarının maliyetleriyle ilgili yaptığı hesaplamalara dayanıyor. İnsanlı hava

araçlarının maliyetinin küçük bir kısmına karşılık gelen maliyetlerle çalışan dronlar için uçuş süresi maliyetleri de ayrı bir konu. *bak.* Thompson (2013)

¹⁵³ Yazarın David Shim’le yaptığı röportaj, Ekim 2016

¹⁵⁴ Yazarın Andreas Raptopoulos’la yaptığı röportaj, Ekim 2016

¹⁵⁵ Overly 2016

¹⁵⁶ Kopardekar ve diğerleri 2016

¹⁵⁷ NASA Traffic Unmanned Management 2015; Amazon Prime Air 2015

¹⁵⁸ CRISPR, Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat (Düzenli Aralıklarla Bölünmüş Kısa Palindromik Tekrar Kümeleri) ifadesinin kısaltmasıdır. *Bak.* Cyranoski (2016)

¹⁵⁹ Reilly 2017

¹⁶⁰ Henry Greely ile röportaj

¹⁶¹ EY 2016

¹⁶² Lee ve Kim 2015

¹⁶³ Peplow 2015

¹⁶⁴ Örnekler arasında şunları sıralayabiliriz: Beyine takılmış çipler ya da kafatasına sokulmuş elektrotlar; kafatasının dışından beyin dalgalarını ve elektrik sinyallerini izleyen noninvazif elektroensefalogram cihazları ya da elektrik veya manyetik sinyaller sayesinde beyin aktivitelerini bozabilen veya tetikleyebilen diğer noninvazif cihazlar; göz hareketleri, kalp hızı, deri iletkenliği ve kan basıncı gibi fiziksel işaretler ve bedensel hareketler yoluyla düşünceleri ve niyetleri yorumlayan cihazlar; beyin kimyasını etkileyen kimyasallar; beyin aktivitesini kasıtlı olarak etkileyen ses veya görüntüler yayan cihazlar.

¹⁶⁵ 15. ve 16. yüzyıllarda Yemen ve Etiyopya’dan İslam dünyasına yayıldıktan sonra hem bir içecek olarak kahve hem de kahve satılan kahvehaneler 1511 yılında ilk kez Mekke Valisi Kha’ir tarafından yasaklandı. Kahveyi çok seven Papa VIII. Clemens 1600’de kahveyi “vaftiz etti” ama kahvenin 1637’de İngiltere’ye girişi çay tüketimini teşvik etme çabalarını tehdit etti ki çayın teşvik edilmesi de alkolizme karşı bir çabaydı. Bu durum yerel yetkililerin paket servis olarak sunulan kahveleri yasaklamasına ve Kral II. Charles’ın 1675’te Kahvehanelerin Kapatılması Bildirgesini yayımlamasına yol açtı. Prusyalı Büyük Friedrich ülkenin ulusal içeceği olan bira satışlarını sıkıntıya sokan kahve konusunda o kadar endişeliydi ki kahve kokanları yakalayıp cezalandıran “sokak koklayıcıları” görevlendirdi. İsveç ise 1756 ve 1817 yılları arasında beş farklı kararnameyle kahve ithalatını yasakladı. Bugün, Nespresso sadece bir uygulama üzerinden kahve siparişi verilmesine olanak sağlamakla kalmıyor aynı zamanda Prodigio kahve makinesi uzaktan kahve yapmaya programlanmak için internete bağlanabiliyor. *bak.* Juma (2016)

¹⁶⁶ Constine 2017

¹⁶⁷ Dünya Ekonomik Forumu tarafından Geoffrey Ling’le yapılan röportaj, 28 Eylül 2016

- 168 Jones 2016
 169 *bak. örneğin, EMOTIV: <https://www.emotiv.com/>*
 170 Dünya Ekonomik Forumu tarafından Nitish Thakor’la yapılan röportaj, 28
 Eylül 2016
 171 Statt 2017
 172 Nager ve Atkinson 2016
 173 Neurotech 2016
 174 Dünya Ekonomik Forumu ile Neal Kassell arasındaki yazışma, 18 Mayıs 2017
 175 Grillner ve diğerleri 2016; Avrupa Komisyonu 2016
 176 Dünya Ekonomik Forumu 2016
 177 Dünya Ekonomik Forumu tarafından Nancy Ip’le yapılan röportaj, 10 Kasım 2016
 178 Emmerich 2015
 179 Oullier 2012
 180 Ghosh 2015
 181 Chafkin 2015
 182 Zuckerberg 2015
 183 Goldman Sachs 2016
 184 Eski Yunanca techné (τέχνη) sözcüğü “teknoloji” sözcüğünün köklerinden bi-
 ridir ama eski metinlerden yapılan çevirilerde çoğu zaman resim yapma, hey-
 keltçilik ya da marangozluk gibi geleneksel sanatlar bağlamında “sanat” ya da
 “zanaat” olarak çevrilir.
 185 Dünya Bankası 2017
 186 Kanellos 2013
 187 Frankfurt Finans ve İşletme Okulu 2017, Şekil 25
 188 agy., Şekil 54, Şekil 1
 189 Dünya Ekonomik Forumu tarafından Cameron Hepburn’le yapılan röportaj,
 28 Eylül 2016
 190 Tucker 2014
 191 Woolford 2015
 192 ITER (Latince “yol” anlamına gelir), dünyanın en büyük manyetik füzyon
 aygıtını yapmak için 35 ülkenin işbirliği yaptığı bir enerji projesidir.
 193 Parry 2016
 194 Texas Üniversitesi, Austin, 2017
 195 Avrupa Komisyonu 2017
 196 Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Nüfus Bölümü 2015
 197 Stilgoe 2016
 198 Pasztor 2017
 199 agy.
 200 IPCC 2013
 201 Condliffe 2017
 202 Neslen 2017

- 203 Pasztor 2017
- 204 de Selding 2015
- 205 Dillow 2016
- 206 Siceloff 2017
- 207 Thibeault ve diğerleri 2015
- 208 Carbon 3D 2017
- 209 *bak.* örneğin, Vanian (2016)
- 210 McKinsey Global Institute 2017
- 211 AlphaBeta 2017
- 212 Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) 2017
- 213 Uluslararası Standartlar Örgütü 2017a
- 214 Dünya Ekonomik Forumu 2018
- 215 Şubat 2001, “Manifesto for Agile Software Development”, <http://agilemanifesto.org/>
- 216 Dünya Ekonomik Forumu Yazılım ve Toplumun Geleceği Üzerine Küresel Gündem Konseyi, Çevik Manifesto’da yazılan ilkeleri ayrıntılı olarak ele alan “Çevik Yönetişim İlkeleri için Bir Çağrı” (A Call for Agile Governance Principles) başlıklı bir bildiri yayımlayıp bu ilkelerin politika belirleme alanındaki uygulamalarını yeniden yapılandırdı. *bak.* http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/ICT/Agile_Governance_Summary.pdf
- 217 Dünya Ekonomik Forumu 2018
- 218 Bu liste için yararlandığımız Maynard’a (2016) minnettarız.
- 219 İngiliz hükümetinin politika laboratuvarı için *bak.* <https://openpolicy.blog.gov.uk/category/policy-lab/>
- 220 Mulgan 2017
- 221 CrowdLaw için *bak.* <http://www.thegovlab.org/project-crowdlaw.html>
- 222 Hadfield 2016
- 223 Owen, Macnaghten ve Stilgoe 2012
- 224 Sutcliffe 2015
- 225 Guston 2008
- 226 Marchant ve Wallach 2015
- 227 Thomas 2009
- 228 Rodemeyer, Sarewitz ve Wilsdon 2005
- 229 Dünya Ekonomik Forumu Yazılım ve Toplumun Geleceği Üzerine Küresel Gündem Konseyi 2016
- 230 Civil Service College için *bak.* <https://www.cscollege.gov.sg>
- 231 Dünya Ekonomik Forumu 2017
- 232 *The New Yorker* 2017
- 233 Fab Vakfı için *bak.* <http://www.fabfoundation.org/>
- 234 Genspace için *bak.* <https://www.genspace.org/classes-alt/>

"Hem Dünya Ekonomik Forumu hem de kurucusu Klaus Schwab, içgörülü toplantı ve yayınlar aracılığıyla, Dördüncü Sanayi Devrimiyle gelen fırsat ve meydan okumalara ışık tutmaya devam ediyor. Her ikisi de gelmekte olan yeni teknolojiler dalgası hakkında, bunların gelişiminin tamamen bizim elimizde olduğuna işaret ederek sıfır toplamlı düşünme biçimiyle yüzleşme konusunda haklı."

Satya Nadella, Microsoft CEO'su

"Teknolojinin dünya ekonomisini ve toplumları şekillendirdiği bir sır değil. Riskleri yönetmek ve fırsatlardan faydalanmak için şimdi harekete geçmeliyiz."

Andrew McAfee, MIT Dijital Ekonomi Girişimi Kurucusu

"Dördüncü Sanayi Devriminin getirdiği teknolojiler olağanüstü. Bu sistemik değişimi yönetmek için aynı derecede olağanüstü bir liderlik de gerekiyor."

Eric Schmidt, Alphabet, Teknik Danışman

"Dünya hızla veri ve teknoloji güdümlü bir çağa girdi. Yeni fırsatların yanında yeni zorluklar da çıkıyor. Klaus Schwab ve Dünya Ekonomik Forumu bu kitapta çağımızın en önemli meselelerinden birine katkıda bulunuyor: Dördüncü Sanayi Devrimini nasıl karşılayacağız?"

Jack Ma, Alibaba Group Başkanı

"Teknolojiyle refaha ulaşmak, değişimin ön cephesinde kadınların haklarını savunmak, tüm çalışanların saygınlığını savunmak ve tüm dünyada çalışma koşullarını iyileştirmek anlamına geliyor. Bunu yapabilen Dördüncü Sanayi Devrimi, hepimize fayda sağlar."

Sharan Burrow, Uluslararası Sendikalar Konfederasyonu Genel Sekreteri

