MARTIN FORD



ROBOTLARIN İKTİDARI

YAPAY ZEKÂ DÜNYAYA NASIL HÜKMEDECEK?

ÇEVİRİ: KADİR YİĞİT US

Kronik

"Yapay zekânın bugün nerede durduğu, nasıl gelişebileceği ve insan toplumu için oluşturduğu riskler hakkında isabetli, dengeli ve bilgilendirici bir tartışma..."

STUART RUSSELL

"İster yapay zekâ alanıyla ilgilenin ister bu alanın şimdilik dışında olun, Martin Ford'un net ve eleştirel bakış açısıyla çok şey öğreneceksiniz."

JAMES MANYIKA

"Bugün yapay zekâdan daha önemli bir teknoloji yok. Martin Ford, iyi araştırılmış detaylarla bezeli sürükleyici kitabında bu önemli konu hakkında net içgörüler ve gözlemler sunma geleneğini sürdürüyor."

ERIK BRYNJOLFSSON

***New York Times* çoksatan kitabı *Robotların Yükselişi*'nin yazarından, yapay zekâ hayatlarımızı ele geçirdiğinde neler yaşanacağı hususunda çok yakın geleceğe dair çarpıcı bir çalışma...**

Yapay zekâ, doktorların hastalığı teşhis etme biçiminden arkadaşlarınızla nasıl etkileşim kurduğunuza veya haberleri nasıl okuduğunuza kadar her şeyi çoktan değiştirdi. Ancak *Robotların İktidarı*'nda Martin Ford, gerçek devrimin henüz gerçekleşmediğini savunuyor.

Nasıl ki bir zamanlar elektrik hayatımıza girdi ve önemli bir parçamız hâline geldiyse, yakın gelecekte yapay zekâ da böylesi bir etkiye sahip olacak. Makineler geliyor ve durmayacaklar; yirmi birinci yüzyılda gelişmek istiyorsak her birimizin bunun ne anlama geldiğini bilmesi gerekiyor.

Üstelik ekonomiden tıbba, endüstriden toplumsal ilişkilere her alanda hayatımızı kolaylaştıran gelişmelerin kapısını aralayan yapay zekânın bir de karanlık tarafı var: Beraberinde getirdiği emsalsiz zorluklar ve tehlikeler işlerimizi, ekonomiyi, kişisel gizlilik ve güvenliğimizi, belki de en nihayetinde demokratik sistemi, hatta ve hatta uygarlığın ta kendisini etkileyecek.

Peki, biz yapay zekânın hayatımızı dönüştürme gücüne ve olası olumsuz etkilerine ne kadar hazırız?

Robotların İktidarı, yanı başımızdaki devrimi nasıl ele alacağımıza, abartılı beyanlarla sansasyonu gerçekten nasıl ayıracağımıza, ellerimizle yarattığımız gelecekte gerek bireyler gerekse toplumlar olarak nasıl kalkınacağımıza dair önemli bir kılavuz...

Kronik

kronikkitap.com kronikkitap

ISBN-13: 978-625-8431-65-0

9 786258 431650


Kronik

ROBOTLARIN İKTİDARI
Yapay Zekâ Dünyaya Nasıl Hükmedecek?

—

MARTIN FORD

KRONİK KİTAP: 320
İş Dünyası Kitaplığı: 15

YAYIN YÖNETMENİ
Adem Koçal

EDİTÖR
Tuğçe İnceoğlu

ÇEVİRİ
Kadir Yiğit Us

KAPAK TASARIMI
Kutan Ural

MİZANPAJ
Kronik Kitap

1. Baskı, Ağustos 2022, İstanbul

ISBN
978-625-8431-65-0

KRONİK KİTAP
Şakayıklı Sk. No:8, Levent
İstanbul - 34330 - Türkiye
Telefon: (0212) 243 13 23
Faks: (0212) 243 13 28
kronik@kronikkitap.com

Kültür Bakanlığı Yayıncılık Sertifika No: 49639

www.kronikkitap.com
kronikkitap

BASKI VE CİLT
Optimum Basım
Tevfikbey Mah. Dr. Ali Demir Cad. No: 51/1
34295 K. Çekmece / İstanbul
Telefon: (0212) 463 71 25
Matbaa Sertifika No: 41707

YAYIN HAKLARI
© Martin Ford, 2021, *Rule of the Robots: How Artificial Intelligence Will Transform Everything* özgün adıyla Basic Books tarafından yayımlanan, telif hakları Nurcihan Kesim Telif Hakları Ajansı aracılığıyla alınan bu kitabın Türkiye'deki tüm yayın hakları Kronik Yayıncılık A.Ş.'ye aittir. Tanıtım amacıyla yapılacak kısa alıntılar dışında, hiçbir şekilde kopya edilemez, çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

MARTIN FORD



ROBOTLARIN İKTİDARI

YAPAY ZEKÂ DÜNYAYA NASIL HÜKMEDECEK?

ÇEVİRİ: KADİR YİĞİT US

Kronik

MARTIN FORD

Bir gelecekbilimci, *New York Times*'ın çok satanlar listesine giren *Robotların Yükselişi* kitabının yazarı. *Robotların Yükselişi* kitabı *Financial Times*'ın Yılın İş Kitabı Ödülü'nü aldı; diğer kitapları *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*] ve *The Lights in the Tunnel* [*Tüneldeki Işıklar*]. Kendisi aynı zamanda Silikon Vadisi merkezli bir yazılım geliştirme şirketinin kurucusu. Ford'un yapay zekânın etkisi üzerine TED konuşması üç milyondan fazla kez izlendi; *New York Times*, *Fortune*, *Forbes*, *Atlantic*, *Washington Post*, *Harvard Business Review*, *the Guardian* ve *Financial Times* gibi önemli gazete ve dergilerde yazıları yayımlandı. Ford yapay zekâ alanında çok aranan bir konuşmacı ve önde gelen uzmanlardan. Kendisi ABD'nin Kaliforniya eyaletine bağlı Sunnyvale şehrinde yaşıyor.

KADİR YİĞİT US

2001'den beri çeviri, editörlük, metin danışmanlığı yapıyor. İlk çevirisini, 2002'de, Hacettepe Üniversitesi İngiliz Dili ve Edebiyatı'ndan mezun olurken yaptı. 2006'da aynı üniversitede, *Otomatik Portakal* çevirisinde 1970'ler Türkiye'si dil normları ve siyasi normlar üzerine teziyle Mütercim Tercümanlık yüksek lisansını tamamladı. 2005-2007 arasında Atılım Üniversitesi, 2013-2015 arasında Yaşar Üniversitesi Mütercim Tercümanlık bölümlerinde Çeviri Tarihi, Çeviri Eleştirisi, Çeviri Kuramları, Edebiyat Çevirisi dersleri verdi. 2009'da Elif Şafak'ın çok satan kitabı *Aşk* romanını Türkçeye çevirdi. 2014 yılından beri Türkiye Bilişim Derneği Bilimkurgu Öykü Yarışması jürisinde yer alıyor. 2020'de Dokuz Eylül Üniversitesi'nde Çeviribilim doktorasına başlayan Kadir Yiğit Us, bilimkurgu çevirisi alanında sayısal yöntemler kullanarak araştırma yapmayı planlıyor.

Annem, Sheila'ya...

İÇİNDEKİLER

Birinci Bölüm	Ortaya Çıkan Yıkım	9
İkinci Bölüm	Yapay Zekâ: Yeni Elektrik	19
Üçüncü Bölüm	Abartının Ötesi: Kamu Hizmeti Olarak Yapay Zekâya Gerçekçi Bakış	39
Dördüncü Bölüm	Zeki Makineler Kurma Seferi	101
Beşinci Bölüm	Derin Öğrenme ve Yapay Zekânın Geleceği	117
Altıncı Bölüm	İşlerin Kayboluşu ve Yapay Zekânın Ekonomik Sonuçları	167
Yedinci Bölüm	Çin ve Yapay Zekâ Gözetim Devletinin Yükselişi	205
Sekizinci Bölüm	Yapay Zekânın Riskleri	239
	Sonuç	271
	Teşekkürler	277
	Notlar	279
	Dizin	307

Birinci Bölüm

ORTAYA ÇIKAN YIKIM

30 Kasım 2020'de, Google'ın da sahibi olan Alphabet şirketine ait Londra merkezli bir yapay zekâ şirketi olan DeepMind, hesaplamalı biyoloji alanında baş döndürücü bir ilerleme kaydettiklerini duyurdu. Tarihte çığır açabilecek bu inovasyon; bilimde, tıpta gerçekten bir dönüşüm yaratma potansiyeli taşıyordu. Şirket, derin sinir ağlarını kullanarak bir protein molekülünün nasıl katlanacağını tahmin etmiş; böylece bu molekülün alacağı nihai şekli bilmişti. Kullandıkları derin sinir ağları bu moleküle hücrede şekil veren genetik koda dayalı tahmin yürütüyordu. Bu dönüm noktasına elli yıllık bilimsel bir sefer sonucunda varılmıştı ve yeni bir çağın alametiydi. Söz konusu yeni teknoloji, bizatihi yaşamın dokusuna dair emsalsiz bir kavrayış sunuyor; tıp ve eczacılık alanlarında inovasyonlara kapı aralıyordu.[1]

Protein molekülleri, her bir halkası yirmi farklı aminoasidin birinden oluşan uzun zincirler teşkil eder. DNA'da kodlanmış genler, protein molekülünü oluşturan aminoasitlerin kesin sekansını, bir başka deyişle özündeki tarifini içerir. Gelgelelim bu genetik tarif molekülün şeklini belirtmez ki bu şekil molekülün işlevi için elzemdir. Şekil bu genetik tariften ziyade hücrenin üretilmesinden saniyeler sonra molekülün otomatik olarak katlanmasıyla oluşan karmaşık üç boyutlu bir yapıdan kaynaklanır. [2]

Bilimdeki en korkutucu zorluklardan biri, bir protein molekülünün tam olarak hangi düzende katlanacağını önceden

kestirebilmek. Olası şekiller neredeyse sonsuz sayıda. Bilimciler tüm kariyerlerini bu probleme vakfetseler de topluca ancak mütevazı bir başarı kaydedebildikleri söylenebilir. DeepMind sistemi, şirketin öncülüğünü AlphaGo ve AlphaZero sistemlerinde yaptığı yapay zekâ (YZ) tekniklerini kullanıyor. Bu teknikler daha önce Go ve satranç gibi masaüstü oyunlarında dünyanın en iyi insan rakiplerini yenerek ün kazanmıştı. Ne var ki YZ'nin öncelikle oyunlarda mahareti ile anıldığı çağ besbelli ki kapanmak üzere. AlphaFold, protein moleküllerinin şeklini öngörme becerisi, röntgen ışını kristalografisi tekniğini kullanarak pahalı ve zaman alan laboratuvar ölçümlerine rakip olacak denli doğru tahminler yürütüyor. Dolayısıyla AlphaFold, yapay zekânın ön saflarında süregiden araştırmanın dünyayı dönüştürme potansiyeli taşıyan, pratik ve vazgeçilmez bir bilimsel araç ürettiğine dair artık inkâr edilemez bir kanıt teşkil ediyor.

Çığır açan bu teknik öyle bir zamanda ortaya çıktı ki dünyadaki neredeyse herkes üç boyutlu protein molekülü yapısının işlevini nasıl tanımladığına dair grafiklerle karşılaşmış ve bu grafikler kötü nam salmıştı: Grafiklerde koronavirüse bir tür moleküler kenetlenme mekanizması katan başak proteini [spike protein], virüsün konağına tutunup konağı enfekte etmesini sağlıyordu. Böylece bu buluş, sonraki pandemiye çok daha hazırlıklı olacağımız umudunu verdi. Sistemin en önemli kullanım alanlarından biri, yeni ortaya çıkan bir virüse var olan ilaçlardan hangilerinin etki edeceğini bulabilecek hızlı taramalar yapmak da olabilir; böylece doktorlara bir salgının daha erken safhalarında bile kullanabilecekleri güçlü tedaviler sunabilir. DeepMind teknolojisi bunun da ötesinde bir dizi başka teknolojik ilerlemeye de gebe: Bunlar, tamamen yeni ilaçlar tasarlamamıza yarayacağı gibi, proteinlerin yanlış katlandığı Alzheimer, Parkinson ve şeker [diyabet] gibi hastalıkları daha iyi anlamamıza da yardımcı olabilir. Bu teknoloji gün gelip tıp dışında da kendine uygulama

alanı bulabilir. Örneğin genetik mühendislik yoluyla plastik veya petrol gibi atıkları çözmeye muktedir proteinler salgılayan mikroplar tasarlayabiliriz.[3] Diğer bir deyişle, bu inovasyon biyokimya bilimi ve tıbbın neredeyse her alanında ilerlemeye ivme katma potansiyeli taşıyor.

Kabaca geçtiğimiz on yıl diyebileceğimiz bir sürede yapay zekâ alanı devrim niteliğinde bir sıçrama kaydetti ve çevremizdeki dünyayı daha şimdiden dönüştüren, sayısı da giderek artan pratik uygulamalar sunmaya başladı. Bu ilerlemeye ivme katan başlıca unsur, "derin öğrenme": Derin öğrenme, DeepMind gibi çok katmanlı yapay sinir ağlarının kullanımı esasında çalışan bir makine öğrenmesi tekniği. Derin sinir ağlarının temel ilkeleri on yıllardır bilinse de yakın tarihte kaydettiği ciddi ilerlemeler, bilgi teknolojisinde amansız ilerleyen iki trendin birbirine kavuşması sayesinde oldu: İlki, çok kudretli bilgisayarların ortaya çıkışıyla sinir ağlarının ilk kez gerçekten hünerli araçlara dönüşmesiydi. İkincisi ise bilgi ekonomisinin her köşesinde türetilen ve buralardan derlenen muazzam veri hazinesinin sunduğu kaynakla bu sinir ağlarının faydalı görevler gerçekleştirecek biçimde eğitilebilmesi. Gerçekten de bir zamanlar tahayyül bile edilemeyecek ölçekte veriye ulaşmak mümkün ve şahit olduğumuz bu şaşırtıcı ilerlemenin altında yatan tek ve en önemli unsur bu olabilir. Derin sinir ağlarını, okyanuslardaki devasa mavi balinalar gibi düşünebiliriz. Mavi balinalar karides benzeri, krill denilen ufacık kabukluları devasa miktarlarda emer. Tek tek ele alındığında önemsiz sayılabilecek krill'lerin topluca sunduğu enerji, muhteşem büyüklüğe ve güce sahip bir mavi balinaya can katar. Derin sinir ağları da aynı biçimde veriyi bir kaldıraç olarak kullanır.

Yapay zekâ da giderek çok sayıda alana uygulandıkça benzersiz sonuçlara sahip bir teknoloji olmaya doğru evriliyor. Örneğin yapay zekâ teşhis uygulamaları tıbbın belli alanlarında daha şimdiden en iyi doktorların performansına denk yahut onları bile

geçen düzeyde. Böylesi bir inovasyonun gerçek gücü, yalnızca dünya standardındaki bir doktoru geçecek potansiyeli taşımasında değil, teknolojide saklı zekânın kolayca ölçeklenebilmesinde yatıyor. Çok yakında bir gün, seçkin ve uzman teşhis tüm dünyaya uygun fiyatla yayılacak; böylece dünyanın en iyi tıp uzmanları bir kenara dursun, insanların doktora veya hemşireye dahi zor ulaşabildiği bölgelerde bile kullanılabilecek.

Şimdi gelin hayal edelim; belli bir alana özgü tek bir inovasyonu, mesela YZ'ye dayalı bir teşhis aracını yahut DeepMind'ın protein katlama alanındaki büyük buluşunu ele alalım. Bunu da insanların faaliyet gösterdiği tüm alanlara; tıptan bilime, sanayiden ulaşıma, enerjiden devletlere yayalım. Bu teknolojik ilerleme katlandıkça neredeyse sınırsız sayıda olasılık var. En sonunda elimize yepyeni, gücü emsalsiz bir kamu hizmeti geçiyor. Özünde bu kamu hizmeti, "zekâ elektriği." Bu öylesine esnek bir kaynak ki belki bir gün tek bir şalterin indirilmesiyle, karşılaştığımız neredeyse tüm sorunlara uygulanabilecek bir bilişsel kapasite sağlıyor. En nihayetinde bu yeni kamu hizmeti, yalnızca karmaşık sorunları analiz edip karar almaya değil, bunları çözmeye de yarayacak bir kabiliyet sunacak. Hatta bizzat yaratıcılık da sergileyecek.

İşte bu kitabın amacı da yapay zekâyı yalnızca bir inovasyon olarak değil; benzersiz ölçeklenebilirliğe sahip, yıkıcı potansiyel taşıyan bir teknoloji olarak ele almak; bunun üzerinden yapay zekânın gelecekte doğurabileceği sonuçları incelemek. Bu yeni ve güçlü kamu hizmeti, bir gün elektriğin yarattığı etkiyle yarışacak ölçekte bir dönüşüm yaratmak üzere. Bu kitaptaki savlarım ve açıklamalarım, ağırlıklı olarak meslek hayatımda karşılaştığım üç deneyimden besleniyor:

Bu deneyimlerden ilki şöyle gelişti: *Robotların Yükselişi: Yapay Zekâ ve İşsiz Bir Gelecek Tehlikesi* adlı kitabımın 2015'te yayımlanmasından sonra düzinelerce teknoloji konferansına, bölgesel zirveye, şirket etkinlikleriyle akademik etkinliklere davet

edildim; benden yapay zekâyla robotiğin etkileri hakkında konuşmam istendi. Bu sayede otuzdan fazla ülke gezdim; araştırma laboratuvarlarına gidip çığır açan teknolojilere dair sunumlara katılma ve ortaya çıkan YZ devriminin etkilerini teknik uzmanlar, ekonomistler, şirket yöneticileri, yatırımcılar ve siyasetçilerin yanı sıra etraflarında olan değişimleri görüp bunlardan endişelenmeye başlayan ortalama insanlarla tartışma ve münazaralarda bulunma fırsatım oldu.

İkincisi, 2017'de Société Générale adlı Fransız bankasında bir ekiple çalışmaya başladım. Amacımız yatırımcılara yapay zekâ ve robotik devriminden doğrudan faydalanma yolu sunacak, patentli bir borsa endeksi yaratmaktı. Bu ekipteki tema uzmanı danışman olarak rolüm dâhilinde, YZ'nin yepyeni ve güçlü bir kamu hizmeti olma yoluna girdiği, hâliyle geniş bir endüstri yelpazesinde değer üretip işleri dönüştüreceği görüşü çerçevesinde bir strateji oluşturulmasına yardımcı oldum. Bu çalışmanın sonucunda, önce Société Générale'in "Robotların Yükselişi" endeksi oluştu; ardından bu endekse dayalı olarak Lyxor Robotik Şirketi ve AI ETF[4] adlı borsa yatırım fonu kuruldu.

Sonuncu deneyimimse 2018 boyunca elime geçen, dünyanın önde gelen yirmi üç yapay zekâ araştırmacısı ve girişimcisiyle oturup geniş kapsamlı tartışmalar yürütme fırsatıydı. Söz konusu kişiler gerçekten alanın "Einstein"ıydılar ve içlerinden dördü, bilgisayar bilimlerinin Nobel Ödülü'ne denk Turing Ödülü'nü kazandı. Yapay zekânın geleceğinin yanı sıra ilerlemenin getireceği riskler ve fırsatlar üzerine bu derin sohbetler, 2018'de çıkan *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*] adlı kitabımda sunuldu. Elde ettiğim bu benzersiz fırsat sayesinde YZ alanında çalışan en parlak zihinlere girme fırsatı buldum, onların öngörüleriyle tahminleri doğrudan bu kitaba katkı sağladı.

Yapay zekâyı yeni bir elektrik gibi düşünmenin faydaları var: Böylece teknolojinin nasıl evrim geçireceğini; en nihayetinde ekonominin, toplumun ve kültürün neredeyse her alanına nasıl sirayet edeceğini düşünebilmek için bize bir model sunuyor. Ancak burada ciddi bir sorun var. Elektrik her yerde şüphesiz olumlu bir güç addediliyor. En sebatkâr münzevileri saymazsak gelişmiş ülkelerde elektrik şebekelerinin kurulmasına pişman olmaya tek bir neden sayacak tek bir kişiye bile denk gelmek zor... YZ daha farklı: Karanlık bir tarafı var, hem bireylere hem de toplumlara tümden ciddi risklerle geliyor.

Yapay zekâ teknolojisi ilerlemeyi sürdürdükçe istihdam pazarını ve tüm ekonomiyi emsalsiz ölçüde altüst etme potansiyeli taşıyor. Doğası gereği rutin ve öngörülebilir olan işler, bir başka deyişle işçilerin tekrar tekrar aynı zorluklarla mücadele ettiği tüm işler temelde kısmen veya tamamen otomasyona tabi tutulabilir. Araştırmalar gösterdi ki Amerikan işgücünün neredeyse yarısı böylesi öngörülebilir işlerle iştigal ediyor, dahası yalnız Amerika Birleşik Devletleri'nde bile on milyonlarca iş bunun sonucunda buharlaşabilir.[5] Üstelik bu etki yalnızca düşük maaşlı, vasıfsız işçilerle kısıtlı değil. Beyaz yakalı, profesyonel roller üstlenen çok sayıda kişi de benzer biçimde görece rutin görevler gerçekleştiriyor. Öngörülebilir entelektüel işlerse özellikle yüksek otomasyon riski taşıyor, çünkü bu çalışmaları yazılım da gerçekleştirebiliyor. Örneğin el emeği için pahalı bir robot üretilmesi gerekiyor.

Geleceğin işgücüne otomasyonun etkisi hakkında çok canlı tartışmalar sürüyor. Rutin işlerini kaybeden işçileri soğuracak, yeterli sayıda yeni ve otomasyona tabi olmayacak işler üretilebilecek mi? Dahası bu işler üretilebilse bile işçiler acaba bu yeni yaratılmış rollere başarıyla geçişi sağlamaya yetecek becerilere, kapasiteye, kişilik özelliklerine sahip olacaklar mı? Muhtemelen çoğu eski kamyon şoförünün veya *fast food* işçisinin veya yaşlılara kişisel bakım sağlayan kişilerin robotik teknisyenlerine dönüşebileceğini varsaymak yersiz olur. *Robotların Yükselişi*'nde de

savunduğum üzere, bana göre YZ ve robotik ilerlemeye devam ettikçe işgücümüzün büyük kısmı geri kalacak. Üstelik, ileriki bölümlerde de göreceğimiz üzere, koronavirüs pandemisi ve pandemiyle ilişkili ekonomik gerileme yüzünden istihdam pazarında yapay zekânın etkisinin ivme kazanacağına dair epey haklı gerekçeler mevcut...

Otomasyon yüzünden işlerin tümden yok oluşunu bir kenara bıraksak bile teknoloji şimdiden istihdam pazarını öyle etkilemeye başladı ki kaygılanmak gerek. Orta sınıf işleri vasıfsızlaşma riski taşıyor; öyle ki az eğitimli, düşük maaşlı bir işçi teknolojiden güç aldı mı zamanla daha yüksek maaşlar alan bir rol üstlenebilir. İnsanlar giderek çalışmalarını gözetleyen, çalışma hızlarını ölçen algoritmaların denetimi altına girmeye başladı; esasında bu algoritmalarla onlara neredeyse sanal robot muamelesi yapılıyor. Esnek ekonomide yaratılan yeni fırsatların çoğunda işçilerin genelde çalışma saatleri de gelirleri de belirsiz... Tümü, işgücümüzün giderek büyüyen bir kısmı için eşitsizliğin artacağına, çalışma şartlarının muhtemelen insana yakışmayacak koşullara geleceğine işaret ediyor.

İşlere ve ekonomiye etkilerinin ötesinde, yapay zekânın süregiden yükselişine eşlik eden bir dizi başka tehlike de mevcut... Eli kulağında tehditlerden biri genel güvenliğe yönelik... Bunların içerisinde giderek birbirine bağlı hâle gelecek, algoritmaların yönetimindeki fiziksel altyapıya ve kritik sistemlere yönelik YZ destekli siber saldırıların yanı sıra demokratik süreçlere ve toplum dokusuna tehditler yer alıyor. ABD'nin 2016'daki başkanlık seçimine Rus müdahalesi, gelecekte nelerin olabileceğine kıyasla yavan bir olay... Yapay zekâ en nihayetinde gerçeğinden ayırt edilmesi neredeyse imkânsız fotoğraflar, sesler ve videolar yaratarak "sahte haberlere" steroid basabilir. Öte yandan, tamamen gelişmiş ileri botlar günü gelince sosyal medyayı işgal edip dehşetengiz bir maharetle kafa karışıklığı tohumları ekerek kamuoyunu şekillendirebilir.

Dünyanın her yerinde ama özellikle de Çin'de gözetim sistemleri yüz tanımayla beraber diğer YZ temelli teknolojileri

kullanarak, otoriter devletlerin gücünü devasa artırıp erişebildikleri alanları genişleterek kişisel gizliliğe dair tüm beklentileri çürütüyor. İş başvurularında özgeçmişlerin algoritmalarca taranmaya başlanmasıyla, hatta ceza yargılaması sisteminde hâkimlere algoritmaların danışmanlık yapmasıyla ABD'de bazı durumlarda yüz tanıma sistemlerinin etnik kökene ve toplumsal cinsiyete önyargılı sonuçlara vardığı kanıtlandı.

Belki de en dehşet verici yakın vadeli tehdit, insanlardan özel yetki almaya ihtiyaç duymadan öldürme becerisine sahip tam otonom silahların geliştirilmesi. Böylesi silahların belli bir nüfusu tümden hedef almada kullanılabileceği, hele de teröristlerin eline düşerlerse bunlara karşı savunma yapmanın son derece zor olacağı düşünülüyor. YZ araştırma camiası böylesi gelişmeleri önlemek için canla başla çalışıyor, dahası Birleşmiş Milletler'de böylesi silahları yasaklamaya yönelik bir girişim başladı.

Daha uzak gelecekte daha da büyük bir tehlikeyle karşılaşabiliriz. Yapay zekâ insanlığın varoluşuna tehdit teşkil edebilir mi? Acaba bir gün "süperzeki" bir makine üretebilir miyiz? Bu süperzeki makine, bilerek veya bilmeyerek, bize zarar verici bir eylem kapasitesine sahip olacak denli bizim ötemizde olabilir mi? Bu endişe daha spekülatif ancak bir gün gerçekten zeki bir makine yapmayı başarırsak söz konusu. Hatta henüz bilimkurgu eserlerinde görebileceğimiz bir şey... Her hâlükârda bu alandaki Kutsal Kâse, yani ulaşılması ümit edilen hedef, hakikaten insan düzeyinde yapay zekâ üretilmesi seferi. Son derece akıllı bazı kişilerse bu endişeyi oldukça ciddiye alıyorlar. Stephen Hawking ve Elon Musk gibi önde gelen bireyler, denetimden çıkan YZ tehdidine dair uyarılarda bulundular. Özellikle Musk, yapay zekâ araştırmasının "şeytana davetiye" olduğunu, "YZ'nin nükleer silahlardan da tehlikeli olduğunu" iddia ederek bir medya çılgınlığına önayak oldu.[6]

Tüm bunlar ortadayken ne demeye Pandora'nın kutusunu açalım diye sorulabilir. Bunun yanıtı, insanlığın yapay zekâdan vazgeçemeyeceği. Çünkü YZ zekâmızı, yaratıcılığımızı güçlendirecek;

insanların faaliyet gösterdiği neredeyse her alanda inovasyonlara yol açacak. YZ sayesinde yeni ilaçların, yeni tıbbi tedavilerin, daha verimli temiz enerji kaynaklarının, çok sayıda diğer önemli buluşun geliştirilmesini bekleyebiliriz. YZ hiç şüphesiz işleri yok edecek ama aynı zamanda ekonomik ürünleri ve hizmetleri daha ucuz ve erişilebilir kılacak. PwC adlı danışma şirketinin bir tahliline göre, 2030 yılına gelene dek YZ küresel ekonomiye 15,7 trilyon dolar katacak. Hele de koronavirüs pandemisinin yol açtığı devasa ekonomi krizinden toparlanmak için can attığımız dönemde bu katkı daha da elzem...[7] Belki en önemlisi yapay zekânın karşı karşıya olduğumuz en büyük zorluklara yanıt bulmada vazgeçilmez bir araca dönüşecek olması ki bu zorluklar arasında iklim değişikliği, çevresel bozulma, kaçınılmaz bir başka pandemi, enerji ve su kıtlığı, yoksulluk, eğitime erişilememesi de yer alıyor.

İleri giden yol, yapay zekânın potansiyelinin tamamen benimsenmesinden geçiyor ama bunun teyakkuz hâlinde yapılması gerekiyor. Ortaya çıkabilecek risklere yanıt bulunması gerek. YZ'nin belli uygulamalarının düzenlemelere tabi olması, hatta bazı durumlarda yasaklanması gerek. Üstelik tümü de şimdi yapılmalı; çünkü gelecek biz ona hazır değilken, erkenden gelecek.

Bu kitabın yapay zekânın geleceğine bir "yol haritası" sunacağını iddia etmek abartılı olur. Kimse YZ'nin hangi hızla ilerleyeceğini, hangi yolla kaldıraç etkisi yaratılabileceğini, hangi şirketlerin veya endüstrilerin doğacağını ya da kapımızda bekleyen en büyük tehlikenin ne olduğunu bilmiyor. Yapay zekânın geleceği öngörülemez olduğu kadar yıkıcı da olabilir. Bir yol haritası yok. Hızlı düşünüp hemen tepki vermemiz gerek. Bu kitabın karşılaşacaklarımıza hazırlanma yolu sunmasını umuyorum: Yani başımızdaki devrimi nasıl ele alacağımıza, abartılı beyanlarla sansasyonu gerçekten nasıl ayıracağımıza, ellerimizle yarattığımız gelecekte gerek bireyler gerekse toplumlar olarak nasıl kalkınacağımıza kılavuzluk etmesini umuyorum.

İkinci Bölüm

YAPAY ZEKÂ: YENİ ELEKTRİK

Vaktiyle yalnızca izleyici kalabalıklarını numaralarla ve deneylerle eğlendirme kaynağı olarak değer verilen elektrik kuvveti, hiç şüphesiz modern uygarlığa şekil verdiği gibi, onun oluşmasına da imkân sağladı. Elektrik şebekesine erişimin kanıksandığı bir dünyada, elektriğin hâkimiyetine giden yolun gerçekte ne kadar uzun ve çetin olduğunu unutmak kolay. Benjamin Franklin'in uçurtmayla yaptığı meşhur deney 1752'deydi. Thomas Edison'ın en nihayetinde akkor ampulü kusursuzlaştırdığı yıl olan 1879'a dek aradan tam 127 yıl geçmişti. O noktadan sonra işler hızla ilerledi. Aynı yıl, Birleşik Krallık'ta Liverpool Elektrik Aydınlatma Yasası ülkenin ilk elektrikli sokak aydınlatmasının zeminini oluşturdu. Bundan yalnızca üç yıl sonraysa hem New York'taki Pearl Sokağı Santrali hem de Londra'daki Edison Elektrik Aydınlatma Santrali faaliyete geçti. Yine de 1925'e gelinene dek ABD'deki hanelerin ancak yarısında elektriğe erişim vardı. Elektriğin bugün her yerde hazır ve nazır hâle gelebilmesi için on yıllar geçmesi ve Franklin Roosevelt'in Kırsal Elektrik Dağıtımı Yasası'nı çıkarması gerekecekti.

Gelişmiş dünyada yaşayan bizler için elektriğe erişimle şu ya da bu şekilde irtibatı olmayan bir şey yok, hatta elektriğe erişim olmadan neredeyse hiçbir şey olmuyor. Elektrik belki de genel amaçlı teknolojinin en iyi örneği, dahası hiç şüphesiz en uzun ömürlüsü. Bir başka deyişle elektrik, ekonomi ve toplumun

her veçhesinde ölçeklenen ve onları değiştiren bir inovasyon... Genel amaçlı teknolojiler arasında buhar gücü de yer alıyor ki buhar gücüyle Sanayi Devrimi gerçekleşti ancak şimdilerde buhar gücü nükleer santraller haricinde çok az uygulama alanında kullanılıyor. Elbette içten yanmalı motor da dönüşüm sağlayan bir teknoloji ancak şimdilerde gazla ve dizelle çalışan motorların neredeyse tümden kullanımdan kalkacağı, muhtemelen yerine elektrikli motorların geçeceği bir geleceği hayal etmek kolay... Distopik bir felaket senaryosu haricinde elektriksiz bir geleceği hayal etmekse neredeyse imkânsız...

Dolayısıyla yapay zekânın makul biçimde elektrikle kıyaslanabilecek ölçeğe ve güce ulaşacak genel amaçlı bir teknolojiye evrileceğini iddia etmek epey cüretkâr bir iddia... Her hâlükârda içine girdiğimiz yolun bu olduğuna inanmamız için geçerli nedenler de var: YZ, elektrik gibi en nihayetinde neredeyse her şeye sirayet edip her şeyi dönüştürecek.

Yapay zekâ şimdiden tarım, imalat, sağlık, finans, perakende ve neredeyse diğer tüm endüstrileri de içerecek biçimde ekonominin her sektörüne etki ediyor. Teknoloji bize en insani görünen alanlara da sızmaya başladı. YZ destekli sohbet botları yirmi dört saat akıl sağlığı danışmanlığı hizmetlerine erişim sağlıyor. Derin öğrenme teknolojisiyle yeni grafik sanatları ve müzik formları türetiliyor. Gerçekte hiçbirine şaşırmamalı. Ne de olsa insanların yarattığı değerlerin neredeyse tümü doğrudan zekâmızın; yani öğrenme, inovasyon yapma, yaratıcılık sergileme becerilerimizin ürünü. YZ, bizim zekâmıza güç kattıkça, onu pekiştirdikçe veya zekâmızın yerine geçtikçe en güçlü, en yaygın uygulanabilir teknolojimiz olması kaçınılmaz. Gerçekten de koronavirüsün ortaya saçtığı krizden toparlanma yolları ararken yapay zekâ önünde sonunda elimizdeki en etkin araç olduğunu kanıtlayabilir.

Dahası, yapay zekânın hükmüne geçişimizin, elektriğe kıyasla daha hızlı olma ihtimali de yüksek... Bunun nedeni yapay

zekâyı yaygın kılmak için gerekli altyapının çoğunun hâlihazırda mevcut olması: Özellikle Amazon, Microsoft, Google gibi şirketlerin baktığı devasa Bulut bilişim tesisleri, bilgisayarlar, internet, mobil veri hizmetleri bu altyapılara sahip... Edison'ın ampulü keşfettiği dönemde elektrik santralleri, güç aktarım hatları olsaydı elektriğin yayılması ne kadar hızlı olurdu bir düşünün. Yapay zekâ dünyamızı yeniden şekillendirmek üzere; bu, beklediğimizden önce gerçekleşebilir.

"ZEKÂNIN ELEKTRİĞİ"

Yapay zekâyı elektriğe benzetmek yerinde olur; zira elektrik örneği, yapay zekânın her yerde olacağı, herkesçe erişilebileceği, en nihayetinde uygarlığımızın her veçhesinde dönüşüm yaratacağı hissini aktarabiliyor. Gelgelelim bu iki teknoloji arasında çok ciddi farklar da var. Elektrik hem mekânda hem zamanda durağan, değiştirilebilir bir emtia... Konumunuz veya elektriği hangi şirketin sağladığı fark etmez, elektrik şebekesiyle eriştiğiniz kaynak özünde aynı... Benzer biçimde bugün sunulan elektrik, 1950'de sunulandan çok farklı değil. Kıyasla yapay zekâ çok daha az homojen, çok daha dinamik bir şey... YZ sürekli değişen, sayısız farklı kapasite sunuyor; uygulamalarsa teknolojiyi kimin sunduğuna bağlı olarak ciddi ölçüde değişebiliyor. Beşinci Bölüm'de de göreceğimiz üzere, yapay zekâ şaşmadan ilerlemeye devam edecek, kapasitesini artıracak, gitgide insan zekâsı düzeyini zorlayacak, hatta belki bir gün insan zekâsının ötesine geçecek.

Elektrik diğer inovasyonların faaliyetine imkân veren gücü sunarken YZ doğrudan zekâyı sunuyor; yani sorun çözme ve karar alma kabiliyetini. Günü gelecek; akıl yürütecek, inovasyon yapacak, yeni fikirler geliştirecek kabiliyete de sahip olacak. Elektrik emek tasarrufu yapan bir makineye güç verebilir ama YZ bizzat bir emek tasarrufu teknolojisi; ekonominin her

alanında ölçeklenince de insan işgücünde, şirketlerin ve kurumların yapısında muazzam etkiler yaratacak.

Yapay zekâ evrensel bir kamu hizmeti olma yönünde evrim geçirmeyi sürdürdükçe, elektriğin modern uygarlığa zemin teşkil etmesi gibi, geleceği de şekillendirecek. Binalar ve diğer altyapı nasıl mevcut elektrik şebekesinden yararlanacak biçimde tasarlanıyor ve inşa ediliyorsa geleceğin altyapısı da tabandan tavana YZ'nin gücünden kaldıraç olarak yararlanmak üzere tasarlanacak. Bu fikir, fiziksel yapıların ötesine geçip ekonomimizin ve toplumumuzun neredeyse her veçhesinin tasarımını dönüşüme tabi tutacak. Yeni şirketler veya kurumlar kuruldukları andan itibaren YZ'den faydalanacak biçimde yapılandırılacak; yapay zekâ, gelecekte her iş modelinin hayati bileşeni hâline gelecek. Siyasi ve toplumsal kurumlarımız da benzer biçimde bu her yerde mevcut yeni kamu hizmetini bünyelerine katacak, ona dayalı hizmet verecek biçimde evrim geçirecek.

Tümünün sonucunda YZ, elektrik gibi yayılacak ama asla aynı istikrara veya öngörülebilirliğe sahip olmayacak. Dokunduğu hemen her şeyi altüst etme potansiyeli taşıyan, çok daha dinamik ve yıkıcı bir kuvvet olarak kalacak hep. Ne de olsa zekâ bizim temel kaynağımız; insanların yarattığı her şeyin altındaki temel kapasite... Dünyada bu kaynağın herkesçe erişilebilir ve ucuza edinilebilir bir kamu hizmetine dönüşümünden daha büyük neticelere sahip olacak bir teknolojik gelişmeyi tahayyül etmek çok zor...

YÜKSELEN DONANIM VE YAZILIM ALTYAPISI

Diğer tüm kamu hizmetleri gibi, yapay zekâ da gelişimine imkân veren bir altyapıya, yani teknolojinin her yere sunulmasını sağlayacak bir kanal ağına ihtiyaç duyacak. Elbette bunun başında geniş kapsamlı bilişim altyapısının yerleşik olması gerekiyor. Yani yüz milyonlarca dizüstü ve masaüstü bilgisayar zaten

mevcut; bunların yanı sıra devasa veri merkezlerinde sunucular da mevcut... Üstelik kapasitesi giderek artan mobil aygıtlar evreni de hızla genişliyor. YZ'yi sunma aracı olarak bu dağılmış işlem platformunun verimliliği, özellikle derin sinir ağlarını iyileştirmek üzere tasarlanmış bir dizi donanım ve yazılımın piyasaya sürülmesiyle ciddi ölçüde gelişiyor.

Bu evrim esasen hızlı aksiyon içeren bilgisayar oyunlarını mümkün kılmada kullanılan özel grafik mikroişlemcilerinin keşfedilmesiyle başladı ve derin öğrenme uygulamalarına güçlü bir ivme kattı. Grafik işleme birimleri veya kısaltması ile GİB'ler ilk olarak ânında yüksek çözünürlüklü grafik oluşturmak için gerekli hesaplamaları yapmaya turbo hızı katmak üzere tasarlanmıştı. 1990'lardan itibaren bu özelleşmiş bilgisayar çipleri Sony PlayStation ve Microsoft Xbox 360 oyun konsolu gibi birinci sınıf oyun konsollarında bilhassa önem kazandı. GİB'ler çok sayıda koşut hesaplamayı hızla gerçekleştirmek üzere optimize edilir. Dizüstü bilgisayarınıza güç veren ana işlemci çipinizin belki iki, belki de dört bilişim "çekirdeği" vardır; güncel birinci sınıf bir GİB'inse muhtemelen binlerce özelleşmiş çekirdeği olacaktır, hepsi de eşzamanlı olarak yüksek hızda sayı işler. Araştırmacılar derin öğrenme uygulamaları için gereken hesaplamaların büyük ölçüde grafik işlemek için gerekli hesaplamalara benzediğini fark edince hepsi birden GİB'leri kullanmaya geçti, GİB'ler de böylece hızla yapay zekâ için başlıca donanım platformu olmaya evrildi.

Gerçekten de bu geçiş, 2012'de kök salan derin öğrenme devriminin temel dayanağıydı. Aynı yılın eylül ayında, Toronto Üniversitesi'nden bir YZ araştırma ekibi; her yıl düzenlenen, görüntü işlemeye odaklı önemli bir etkinlikte, ImageNet'in Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması'nda diğerlerine üstünlük sağlayarak derin öğrenmeyi teknoloji endüstrisinin radarına yerleştirdi. Bu ekip derin sinir ağlarına ivme katmak için GİB çiplerinden yararlanmasa yarışmayı kazanacak performansa ulaşabilecekleri

şüpheliydi. Dördüncü Bölüm'de derin öğrenme tarihinin daha da derinlerine dalacağız.

Toronto Üniversitesi'nin ekibi, 1993'te bilhassa son teknoloji grafik çipleri tasarlayıp imal etmeye odakla kurulan bir şirket olan NVIDIA tarafından imal edilen GİB'leri kullanmıştı. 2012'deki ImageNet yarışmasının ardından derin öğrenme ve GİB'ler arasında güçlü sinerji olduğu bilgisi her yere yayıldı; ardından da şirketin yörüngesi ciddi bir kayma yaşadı, yapay zekânın yükselişiyle irtibatlı en önde gelen teknoloji şirketlerinden birine dönüştü. Derin öğrenme devriminin kanıtı doğrudan şirketin pazar değerinde tezahür etti: Ocak 2012-Ocak 2020 arasında NVIDIA'nın hisseleri yüzde 1.500'den fazla değer kazandı.

Derin öğrenme projeleri GİB'lere taşındıkça önde gelen teknoloji şirketlerindeki YZ araştırmacıları, derin sinir ağlarını bir anda uygulamaya sokacak yazılım araçlarını geliştirmeye başladı. Google, Facebook ve Baidu derin öğrenmeye odaklı açık kaynak yazılımları; yani herkesçe ücretsiz indirilebilecek, kullanılabilecek ve güncellenebilecek yazılımları piyasaya sürdü. Bunlar arasında en önde gelen ve yaygın kullanımdaki platform, 2015'te kullanıma açılan Google'ın Tensorflow'u. Tensorflow kapsamlı bir derin öğrenme yazılım platformu. Tensorflow derin sinir ağları üzerine çalışan araştırmacılar kadar mühendislere de pratik uygulamalar üretebilmelerine yarayacak, optimize edilmiş kodlar sunuyor; dahası Tensorflow'un sunduğu araç yelpazesi belli uygulamaları daha verimli kılıyor. Tensorflow'un yanı sıra rakibi Facebook'a ait geliştirme platformu PyTorch gibi paketler, araştırmacıları binlerce teferruatla uğraşmadan yazılım kodu üretip sınama imkânı ile beraber, kendi sistemlerini kurarken daha yüksek düzey bir perspektiften bakma imkânı da sunuyor.

Derin öğrenme devrimi ilerledikçe NVIDIA ve birkaç rakip şirket, özellikle derin öğrenmeye uygun hâle getirilmiş daha da güçlü mikroişlemci çip geliştirme aşamasına geçti. Intel, IBM,

Apple ve Tesla artık devreleri derin sinir ağları için gereken hesaplamalara ivme katmak üzere tasarlanmış bilgisayar çipleri üretiyor. Derin öğrenme çipleri, akıllı telefonlardan sürücüsüz arabalara, robotlara, birinci sınıf bilgisayar sunucularına varana dek çok çeşitli uygulamalarda kullanıma geçiyor. Bunun sonucunda tabandan tavana yapay zekâ sunmak üzere tasarlanmış giderek genişleyen bir aygıt yelpazesi oluşuyor. Google, 2016'da Tensor İşlemci Birimi ve kısaltmasıyla TİB denilen özel çipini piyasaya sunduğunu ilan etti. TİB'ler özellikle şirketin Tensorflow yazılım platformuyla üretilen derin öğrenme uygulamalarını en iyi şekilde çalıştırmak üzere tasarlandı. Google bu yeni çipleri ilk başta kendi veri merkezlerinde kullandı ancak 2018 başından itibaren TİB'ler şirketin Bulut bilişim testlerine güç veren sunuculara dâhil edildi. Böylece son teknoloji derin öğrenme kapasitesi, şirketin Bulut bilişim hizmetlerinden yararlanan müşterilerince kolayca erişilebilir oldu. Bu gelişmeyse yapay zekâ kapasitesinin yaygınlaşmasındaki en önemli tek kanal olacak, şirketin bu alandaki hâkimiyetine katkı sunacaktı.

Mikroişlemci çip üretimindeki yerleşik şirketlerle yeni kurulan şirketler arasında başlayıp hızla büyüyen yapay zekâ pazarından dilim kapma yarışı endüstriyi canlandırdı, inovasyon ve enerji patlaması yaşandı. Bazı araştırmacılarsa çip tasarımlarını tümden yeni istikametlere gitmeye zorladı. GİB'lerden evrimle üretilen özelleşmiş derin öğrenme çipleri, derin sinir ağlarını çalıştıran yazılımların işlemciyi zorlayan matematik hesaplamalarına hız katmak üzere en iyi hâle getirildi. Bu yeni çip sınıfı beyni taklide daha da yaklaştı, kaynak tüketen yazılım katmanını büyük oranda kaldırıp donanıma sinir ağları sistemlerini yerleştirdi. "Nöromorfik", yani sinir hücrelerini taklit eden bu yeni tasarımlar, canlı nöronların donanım sürümlerini doğrudan silikon çiplerde var ediyor. IBM de Intel de nöromorfik bilişim araştırmalarına dikkate değer yatırımlar yaptı. Örneğin Intel'in

deneysel Loihi çipleri yüz otuz bin donanım nöronundan yararlanıyor, bu nöronların her biri binlerce diğer donanım nöronuna bağlanabiliyor.[1] Devasa ölçekte yazılım hesaplaması gereğinden kurtulmanın en önemli avantajlarından biri de güç tasarrufu. Var olan tüm bilgisayarların ötesinde kapasiteye sahip insan beyni yalnızca yirmi vat civarında enerji tüketiyor; bu miktar, ortalama akkor ampulün tükettiğinden bile düşük... GİB'lerde çalışan derin öğrenme sistemleriyse çok büyük miktarda elektrik çekiyor. Dahası, Beşinci Bölüm'de de göreceğimiz üzere, bu sistemlerin daha çok kaynak tüketecek biçimde ölçeklenmesi de muhtemelen sürdürülebilir değil. Doğrudan beynin sinir ağlarından ilham alan nöromorfik çiplerse çok daha az güç tüketiyor. Intel'in iddiasına göre Loihi mimarisi bazı uygulamalarda geleneksel mikroişlemci çiplerden on bin kat fazlaya varan ölçüde enerji verimliliği sağlıyor. Loihi gibi tasarımlar ticari üretime geçti mi güç tasarrufunun başlıca kaygı olduğu mobil aygıtlar ve diğer uygulamalarla hızla birleştirilmesi muhtemel... Bazı YZ uzmanları daha da ileri gidip nöromorfik çiplerin yapay zekânın geleceğini temsil ettiğini savunuyorlar. Örneğin araştırma şirketi Gartner'ın bir analizine göre, 2025 yılına dek YZ için başlıca donanım platformu olan GİB'lerin yerine nöromorfik çiplerin tasarladığı projeler geçecek.[2]

YAPAY ZEKÂNIN BAŞLICA ALTYAPISI OLARAK BULUT BİLİŞİM

Bugünün Bulut bilişim endüstrisi, 2006'da, Amazon Web Hizmetleri'nin [Amazon Web Services, AWS] kullanıma açılmasıyla başladı. Amazon çevrimiçi alışveriş hizmetlerine güç veren, devasa veri merkezleri kurma ve yönetme işinde uzmanlaşmıştı. Amazon'un stratejisi, bu uzmanlığı kaldıraç olarak kullanıp geniş bir müşteri yelpazesine benzeri tesislerde sunulan bilişim

kaynaklarına esnek erişim imkânı satmaktı. 2018 itibariyle Amazon Web Hizmetleri dünyanın her yerinde, dokuz farklı ülkede konuşlandırılmış yüzden fazla veri merkezini işletiyordu.[3] Amazon'un ve rakiplerinin sağladığı Bulut hizmetleri şaşırtıcı ölçüde büyüdü. Yakın zamanda çıkan bir çalışmaya göre çok uluslu şirketlerden KOBİ'lere varana dek tüm kuruluşların tam yüzde 94'ü şimdilerde Bulut bilişimden yararlanıyor.[4] 2016'ya gelindiğinde AWS öyle hızlı büyür hâle gelmişti ki Amazon'un her gün sistemine eklemek zorunda kaldığı bilişim kaynakları, kabaca şirketin 2005'te sahip olduğu her şeye eşitti.[5]

Bulut hizmeti sağlayıcılarının gelişinden önce işletmelerin ve kurumların kendi bilgisayar sunucularını satın alıp bakımını sağlamaları, sahip oldukları sistemlerin sürekli bakımını sağlayıp bunları güncellemek için de yüksek maaşlı teknoloji uzmanlarından oluşan bir ekibi istihdam etmeleri gerekiyordu. Bulut bilişimle bu kaynakların çoğu, ölçek ekonomilerinden yararlanarak acımasız bir verimlilik düzeyine ulaşabilen Amazon gibi sağlayıcılara aktarılıyordu. Bulut bilişim sunucularına ev sahipliği yapan tesisler genelde devasa büyüklüğe sahiptir; elli binden fazla güçlü sunucuyu barındıran, on binlerce metrekarelik alanları kapsayarak bir milyar dolardan fazlaya mâl olan yapılar gerektirir. Bulut bilişim kaynakları genelde isteğe bağlı hizmetler olarak sunulur; yani müşteriler yalnızca o an gerekli bilişim gücü, depolama ve yazılım uygulamalarını kullanıp bunlar için ödeme yaparlar.

Bulut sunucularını barındıran tesisler devasa fiziksel ölçeklere sahip olsalar da otomasyona o kadar bağlıdırlar ki dikkate değer biçimde çok az kişi istihdam ederler. Bu yapıların içerisinde olan biten neredeyse her şeyi yöneten çok gelişmiş algoritmalar sayesinde, doğrudan insan denetimi altında gerçekleşmesi imkânsız bir kesinlik seviyesi yakalanır. Bu tesislerin tükettiği devasa elektrik miktarı ve on binlerce sunucunun türettiği devasa miktarda ısıyı dengelemek için gereken soğutma ihtiyacı gibi

unsurlar bile genelde anbean en iyi duruma getirilir. Gerçekten de DeepMind'ın YZ araştırmalarının ilk pratik uygulamalarından biri, Google'ın kendi veri merkezlerindeki soğutma sistemini en iyi duruma getirecek bir derin öğrenme sistemi oluşturmaktı. DeepMind'ın iddiasına göre, Google'ın sunucu barındırma tesislerinin her yerine dağıtılmış sensörlerden derlenen veri hazinesiyle eğitilmiş sinir ağı, soğutma için kullanılan enerjide yüzde 40 tasarruf sağladı.[6] Algoritmik denetim gerçek faydalar üretti. Şubat 2020'de yayımlanan bir çalışmaysa "2010 ila 2018 arasında veri merkezlerinde gerçekleştirilen hesaplama miktarı yaklaşık yüzde 550 artsa da aynı süre zarfında veri merkezlerinde tüketilen enerji miktarı yalnızca yüzde 6 arttı," diyordu.[7] Elbette tüm bu otomasyonun istihdam üzerinde etkileri oldu. Bulut bilişime geçişle bir zamanlar binlerce bireysel kuruluşun bilişim kaynaklarını yöneten teknik uzmanların işleri büyük oranda buharlaştı. Muhtemeldir ki 1990'ların sonlarında teknoloji işleri patlamasının sönmesine bu da belirgin etki etti.

Bulut bilişim işletme modeli son derece kârlı ve büyük hizmet sağlayıcılar arasındaki rekabet yoğun... AWS, Amazon'un faaliyetleri arasında açık ara farkla en kârlı olanı; kâr marjları şirketin e-ticaret etkinliklerinin de ötesinde. 2019'da AWS kaynaklı gelirler yüzde 37 artarak 8,2 milyar dolara ulaştı; artık şirketin toplam kazançlarının yaklaşık yüzde 13'ü Bulut hizmetlerindendi.[8] Amazon'un AWS'si, genel Bulut bilişim pazarında kabaca üçte bire denk paya sahip olan hâkim güç... Microsoft'un 2008'de kurulan Azure hizmeti ve 2010'da kullanıma açılan Google'ın Bulut Platformu da pazarda ciddi paylara sahip... Benzer biçimde IBM, Çinli e-ticaret devi Alibaba ve Oracle da önemli oyuncular...

Devletler kadar şirketler de bugünlerde Bulut bilişime son derece bağımlı... 2019'da Pentagon'un JEDI projesi siyasi bir futbol arenasına dönüşünce bu bağımlılığa içkin karmaşıklıklar ve partizanca gerilimler kamuoyunun ilgisini çekti. Müşterek

Savunma Altyapısı Girişimi [Joint Enterprise Defense Infrastructure, JEDI] projesi, ABD Savunma Bakanlığı'na devasa miktarda veri barındırma ve yazılımla yapay zekâ kapasitesi sunma amaçlı 10 milyar dolarlık on yıllık bir sözleşme... Bu sözleşmeyle ilgili ilk vaveyla Google'da koptu. Genelde siyasi yelpazenin epey solunda görüşlere sahip Google çalışanları şirketin savunma sözleşmesi ihalesine girme planlarına itiraz etti. Çalışan protestoları yüzünden Google en nihayetinde, JEDI sözleşmesi ihale teklif süresinin bitişinden üç gün önce, ihaleden çekildi.[9]

Sonunda Pentagon projeyi Microsoft Azure'a verdi ama sektördeki liderliği yüzünden kazanacağı düşünülen Amazon hemen itiraz edip ihaleyi Microsoft'a verme kararının siyasi olduğunu iddia etti. Amazon, Aralık 2019'da dava açarak bu kararın önyargıyla alındığını, sebebininse Başkan Donald Trump'ın Amazon CEO'su Jeff Bezos'a apaçık düşmanlık gütmesi olduğunu savundu. Zira Bezos, Trump yönetimini son derece eleştiren *Washington Post*'a sahip... Şubat 2020'de bir federal hâkim ihalenin Microsoft'a verilmesini engelleyen geçici bir durdurma kararı aldı.[10] Bir ay sonraysa ABD Savunma Bakanlığı bu kararı tekrar gözden geçireceğini söyledi.[11]

Tümü Bulut bilişim pazarı savaşının ne kadar vahşi olduğuna, bazen içine siyasetin karıştığına, bu savaşın kesin süreceğine dair kanlı canlı bir örnek... Bu rekabet dinamiğinin tam merkezindeyse önde gelen Bulut bilişim sağlayıcılarının sunduğu hizmetlerin giderek daha elzem bileşeni hâline gelen yapay zekâ kapasitesi yer alıyor. Derin öğrenmenin ticari önemi, ilk olarak bu teknoloji devlerinin kendi son teknoloji tüketici ve işletme hizmetlerini sunma çabalarında ortaya çıktı. Kurum içi veri merkezlerinde özelleşmiş donanımda çalışan sinir ağları Amazon'un Alexa'sına, Apple'ın Siri'sine, Google'ın Asistan ve Çeviri hizmetlerine güç sağlıyor. Bu başlangıç noktasından sonra derin öğrenme kapasitesi şimdilerde tamamen bu şirketlerin sunduğu Bulut

hizmetlerine taşınmış durumda. Bu da hizmet sağlayıcıların kendilerini diğerlerinden farklılaştırmasını sağlayan en önemli parametrelerden biri oldu. Örneğin Google, Bulut müşterilerine kendi TİB çipleriyle kurduğu güçlü donanımına doğrudan erişim sunarak, bunu kendi Tensorflow platformunun popülerliğini artırmada bir kaldıraç olarak kullandı. Sırası gelince Amazon da en son GİB'lerinden güç alan derin öğrenme kapasitesini sunuyor ve müşterilerine Tensorflow'u veya çeşitli başka makine öğrenimi platformunu kullanarak uygulama çalıştırma imkânı veriyor. Gerçekten de Amazon'un iddiasına göre, Google'ın Tensorflow'u kullanılarak geliştirilmiş Bulut YZ uygulamalarının yüzde 85'i kendi AWS hizmetleri üzerinde çalışıyor.[12]

Büyük Bulut şirketleri arasında daha çok esneklik ve daha iyi araçlar sunma, bir rakibin kazandığı tüm avantajlara hızla tepki verme yönünde kararlı bir çaba var. Yakın tarihte gerçekleşen teknolojinin ön saflarındaki bir inovasyon buna örnek teşkil ediyor: Intel, Mart 2020'de deneysel bir nöromorfik bilişim sistemini Bulut üzerinden erişime açtı. Söz konusu sistem, 768 adet Intel'in insan beynine benzer Loihi çipi üzerine kurulu, yüz milyonlarca donanım nöronu içeriyor; bu da kabaca ufak bir memeli beynine denk...[13] Böylesi mimariler etkinliklerini kanıtlarsa çok geçmeden büyük Bulut hizmeti sağlayıcılar arasında bir nöromorfik savaş başlaması kaçınılmaz... Şirketler diğerlerinin bir adım önüne geçmeye, giderek büyüyen YZ'ye odaklı bilişim kaynağı pazarından daha büyük paylar koparmaya çalıştıkça tabandan tavana yapay zekâ sunmak üzere kurulmuş bir Bulut bilişim ekosferi ortaya çıktı.

Bulut bilişim ve yapay zekâ arasındaki doğal sinerjiyi şu örnekte inceleyebiliriz: 2019'da Microsoft, YZ araştırma şirketi OpenAI'a milyar dolarlık yatırım yaptı. OpenAI, Google'ın DeepMind'ı ile beraber derin öğrenmenin sınırlarını zorlayan, öncü bir şirket... OpenAI artık Microsoft Azure hizmetinin

barındırdığı devasa bilişim kaynaklarını bir kaldıraç olarak kullanabilecek ki bu kaynaklar şirketin daha büyük sinir ağları kurma odağı ortadayken hayati önem taşıyor. OpenAI'ın araştırmaları için ihtiyaç duyduğu ölçekte bilişim gücü ancak Bulut bilişimce sağlanabilir. Microsoft da OpenAI'ı satın alarak bu şirketin yapay genel zekâ oluşturma hedefli süregiden seferinde türetilecek pratik inovasyonlara erişim sağlayacak. Bunun sonucunda da Azure'un Bulut hizmetleriyle bütünleşebilecek uygulamalar ve kapasiteler ortaya çıkacak. Belki bunun kadar önemli bir durum daha var: Dünyanın önde gelen YZ araştırma şirketlerinden olan OpenAI'la ortaklık Azure markasına fayda sağlıyor, burası ortada. Ancak Google, kısmen DeepMind'a sahip olarak YZ liderliğinde güçlü itibara kavuştu. Microsoft da bu ortaklıkla Google'la rekabetinde daha iyi bir konum ediniyor.[14]

Bu sinerji tek bir örneğin ötesinde. Üniversite araştırma laboratuvarlarından tutun, yeni kurulan YZ teknoloji şirketlerine, büyük şirketlerce geliştirilen pratik makine öğrenmesi uygulamalarına varana dek YZ'deki hemen hemen tüm önemli girişimler giderek bu neredeyse evrensel konumdaki kaynağa bağımlı hâle geliyor. Bulut bilişimin söz konusu evrimde yapay zekâyı bir gün elektrik gibi her yere ulaştıracak bir kamu hizmeti hâline getirecek en önemli kolaylaştırıcı olduğu söylenebilir. ImageNet veri setinin ve derin öğrenme devriminin katalizörü olan yarışmanın mimarı olan Fei-Fei Li, 2016-2018 arasında Stanford Üniversitesi görevinden izin alıp Google Bulut'un başbilimcisi olarak hizmet vermeye başladı. Kendisi durumu şöyle ifade ediyor; "YZ gibi bir teknolojiyi yaymak isterseniz en büyük ve en iyi platform Bulut; çünkü insanlık bu kadar çok insana erişebilen başka bir platform icat etmedi, benzeri bir hesaplama imkânı yok. Tek başına Google Bulut bile her saniye milyarlarca insana güç veriyor, yardım ediyor, hizmet sunuyor."[15]

ARAÇLAR, EĞİTİM VE YAPAY ZEKÂNIN DEMOKRATİKLEŞMESİ

Bulut tabanlı yapay zekânın genel bir kamu hizmetine evrimi, bu teknolojiyi yüksek düzeyde teknoloji art alanı olmayan, çok geniş insan grubunca erişilebilir kılan yeni araçların ortaya çıkışıyla ivme kazandı. TensorFlow ve PyTorch gibi platformlar gerçekten derin öğrenme sistemlerinin kurulmasını kolaylaştırıyor ama genelde bilgisayar bilimlerinde doktorası olan son derece iyi eğitimli uzmanlarca kullanılıyorlar. Google'ın Ocak 2018'de kullanıma açtığı AutoML gibi yeni araçlar, teknik ayrıntıların çoğunu otomasyona tabi kılıyor ve bu alana giriş engellerini elle tutulur ölçüde aşağı çekiyor; böylece çok daha fazla insana pratik sorunları çözmede derin öğrenme yöntemlerini kullanma fırsatı sunuyor. AutoML özünde daha çok yapay zekâ yaratmak için yapay zekâ kullanma işlevi görüyor ve Fei-Fei Li'nin ifadesiyle "YZ'nin demokratikleşmesi" trendinin parçası.

Her zaman olduğu üzere, Bulut sağlayıcıları arasındaki rekabet inovasyona güçlü itki sağlıyor, benzer biçimde Amazon'un AWS platformu için üretilen derin öğrenme araçları da kolay kullanılır hâle geliyor. Araç geliştirmenin yanı sıra tüm Bulut hizmetleri erişimi sağlar sağlamaz kullanılabilecek ve uygulamalarla bütünleştirilebilecek, önceden kurulmuş derin öğrenme bileşenleri sunuyor. Örneğin Amazon ses tanıma ve doğal dil işleme paketleri sunuyor. Bunun yanı sıra çevrimiçi alışveriş yapan veya film izleyen kişilerin ilgilenebilecekleri seçenekleri sunan sistemler gibi önerilerde bulunabilen bir "öneri motoru" da sunuyor.[16] Bu tür paket hâlinde sunulan kapasitelerin en tartışmalı örneği AWS'nin Rekognition adlı hizmeti. Bu hizmetle ürün geliştirenlerin yüz tanıma teknolojilerini kullanması kolaylaşıyor. Amazon, Rekognition'ı emniyet teşkilatlarına sunduğu için yaylım ateşine tutuldu; zira bazı testler gösterdi ki bu paketler etnik kökene veya toplumsal cinsiyete göre yanlı davranmaya teşne...

Bu etik meseleyi Yedinci ve Sekizinci bölümlerde daha ayrıntısıyla inceleyeceğiz.[17]

İkinci önemli trendse bu işe girişebilecek ve matematik becerisine sahip herkesin derin öğrenmede temel yeterliğe ulaşmasına imkân veren, çevrimiçi eğitim platformları oluşumu. Deeplearning.ai buna örnek teşkil ediyor. Bu eğitime, çevrimiçi eğitim platformu Coursera üzerinden ulaşabiliyorsunuz. fast.ai ise tamamen ücretsiz çevrimiçi derslerin yanı sıra derin öğrenmeyi daha erişilebilir kılan araçlar sunuyor.[18] İstihdam açısından, üst orta sınıfa erişim hep çok büyük miktarda zaman ve para yatırımıyla resmî sertifikalar gerektirir. Derin öğrenme uygulamalarını yapan bir kişi olmak içinse nadir bir istisna görüyoruz; en azından işçilere olan talebin arzı kat kat aştığı mevcut ortamda durum böyle. Çevrimiçi dersleri başarıyla tamamlayan, derin sinir ağlarıyla çalışmada uzmanlığını kanıtlayan herkesin hem bol kazançlı hem de tatmin sağlayan bir kariyer oluşturma ihtimali yüksek...

Hem eğitim hem de gereken araçlar geliştikçe, daha çok yazılım geliştirici ve girişimci YZ uygulamalarını piyasaya sürmeye başladıkça teknolojinin binbir çeşit uygulamayla bir Kambriyen patlaması misali yayıldığını göreceğiz. Bir benzeri, diğer bilişim platformlarında zaten oldu. 1990'larda, Silikon Vadisi'nde ufak bir yazılım şirketini işlettiğim dönemde, Microsoft Windows kişisel bilgisayarlarda hâkim platform hâline geldi. Windows'da uygulama geliştirmek ilk başta çok teknik bir işti; C programlama dilini bilmeyi, çok girift ayrıntıları olan binlerce sayfalık kılavuzları okumayı gerektiriyordu. Microsoft'un Visual Basic ortamı gibi çok daha kolay erişilebilir ortamların ve kolay kullanılabilen araçların ortaya çıkmasıyla Windows programlamayla iştigal eden kişi sayısı arttı, çok geçmeden de uygulama patlaması yaşandı. Mobil bilişim de benzer yoldan geçti; hem Apple'ın hem de Android'in uygulama mağazaları bugünlerde neredeyse akla gelen her ihtiyaca yanıt verecek, sonsuz sayıda uygulama

sunuyor. Benzer bir patlamayı da yapay zekâda, özellikle de derin öğrenmede yaşayacağız. Öngörülebilen gelecek dâhilinde, YZ'nin yeni elektrik olarak ortaya çıkışı genel makine zekâsından ziyade özelleşmiş uygulamalar güdümünde olacak; bu özelleşmiş uygulama yelpazesi de sürekli genişleyecek.

BİRBİRİNE BAĞLI BİR DÜNYA VE "NESNELERİN İNTERNETİ"

"Yeni elektrik olarak yapay zekâ" bulmacasının son parçası, son derece genişleyen bir bağlantı hâli. Bu alanda gelişmeyi sevk edecek en önemli şey, muhtemelen önümüzdeki yıllarda beşinci nesil kablosuz bağlantı hizmetinin (5G) yayılması olacak. 5G'nin mobil veri hızını en az on, hatta belki de yüz kat artırması bekleniyor; bir yandan da veri aktarımının dar boğaza girmesini büyük oranda engelleyecek biçimde, ağ kapasitesini de ciddi oranda artırması bekleniyor.[19] Bu da kaçınılmaz olarak iletişimin neredeyse ânında gelişeceği, birbirine daha bağlı bir dünya oluşturacak. Aygıtlardan araç gerece, araçlardan endüstriyel makinelere fiziksel altyapımızın pek çok unsuru da dâhil olmak üzere neredeyse her şeyin birbirine bağlı olması söz konusu. Dahası bunlar Bulut'ta çalışan akıllı algoritmalarla sık sık gözlemlenip denetlenebilecek. Bu gelecek tahayyülüne "Nesnelerin İnterneti" adı veriliyor. Bize öyle bir dünyanın kapısı aralanacak ki diyelim buzdolabınızdaki veya mutfağın herhangi bir yerindeki sensörler belli bir mutfak kaleminin azaldığını tespit edip bilgiyi bir algoritmaya aktaracak; bu algoritma da sizi uyaracak, hatta belki de gerekli çevrimiçi siparişi yapacak. Şayet buzdolabınız iyi çalışmıyorsa bir başka algoritma da otomatik olarak veya uzaktan destekle sorunu çözebilecek. Bozulmaya yüz tutan bir parça tespit edilip değiştirilmek üzere işaretlenecek. Bu modeli ölçeklediniz mi tüm ekonomimiz ve toplumumuz muazzam

verimlilik kazancı sağlayabilir; zira sorun çıktığında makineler, sistemler, altyapı otomatik olarak tanı koyup sorunu giderebilecek. Nesnelerin İnterneti pek çok açıdan, hâlihazırda insanüstü bir verimlilikle Bulut veri merkezleri işleten algoritmaları tüm dünyaya salmak demek. Ancak tümü, hele de güvenlik ve gizlilik açısından çok ciddi, gerçek riskler taşıyor. Sekizinci Bölüm'de bu kritik önem taşıyan meselelere odaklanacağız.

Söz konusu giderek bağlantılı hâle gelecek dünya, yapay zekânın sunulabileceği güçlü bir platforma evrilecek. Öngörülebilen gelecek dâhilinde, en önemli YZ uygulamaları Bulut merkezli olacak. Gelgelelim makine zekâsı zaman içerisinde gitgide daha "dağıtılmış" olacak. En son teknoloji özelleşmiş YZ çiplerini barındırmaya başladıkça aygıtlar, makineler ve altyapılar akıllandıkça akıllanacak. İşte bu noktada, nöromorfik bilişim gibi inovasyonların çok büyük etki yaratması muhtemel... Tüm bunların sonucunda, neredeyse her yerde isteğe bağlı makine zekâsı sunma becerisine sahip, güçlü, yeni bir kamu hizmeti oluşacak.

VERİDE DEĞER VAR

Büyük Bulut hizmetleri sağlayıcıları kendi teknolojileriyle hem fiyatlandırma hem de kapasite temelinde rekabet ettikçe yapay zekâyı mümkün kılan donanım ve yazılıma erişim maliyetinin düşeceği neredeyse kesin... Teknoloji devleri, bu alanın ön cephelerinde çalışan araştırmacıların türettiği en son teknolojiyi var olan ürünlerine katıp rekabet avantajı elde etmeye uğraşacak; böylece Bulut'tan erişilebilen YZ hizmetleri de sürekli yükselecek. Tüm bu ilerlemeler sırasında en ileri YZ teknolojileri bile giderek metalaşacak, hem de bu hizmetler çok küçük miktarlarda veya Bulut bilişim müşterilerinin verilerini barındırmak için ödemeyi arzu edeceği fiyatlarda olacak. Gerçekten de bu durumun şimdiden kanıtları mevcut: Google, Facebook, Baidu

gibi şirketlerin hepsi, açık kaynak derin öğrenme yazılımı sundu; bir başka deyişle bunları ücretsiz veriyorlar. Aynısı DeepMind ve OpenAI gibi şirketlerin yürüttüğü en ileri araştırmalar için de geçerli... Her iki şirket de önde gelen bilimsel dergilerde açık yayın yapıyor, kendi derin öğrenme sistemlerinin ayrıntılarını herkese sunuyor.

Gerçi şu da var, hiçbir şirket tek bir şeyi ücretsiz vermiyor: Verileri. Bu da YZ teknolojisiyle bu teknolojinin tükettiği devasa miktar verinin güçlü sinerjisi en nihayetinde tek bir yöne sapacak demek. Üretilen değerin neredeyse tümü, veri kimdeyse onun eline geçecek. Yaygın kabul gören bu olgu genelde şu varsayıma da zemin teşkil ediyor: Büyük veri veya yapay zekâyla kesişen her alanda teknoloji devleri mutlak hâkimiyet sağlayacak. Gerçi bu varsayım, veri sahipliğinin apaçık biçimde endüstri ve ekonomik sektör tarafından dikey örgütlendiği olgusunu göz ardı ediyor. Elbette Google, Facebook, Amazon gibi şirketler akla hayale sığmayacak veri hazinelerini kontrol ediyor. Ne var ki bu veri hazineleri genelde web araması, sosyal medya etkileşimleri, çevrimiçi alışveriş işlemleri gibi alanlarla sınırlı... Bu alanlarda yerleşik şirketlerin hükmünün sürmesi muhtemelse de tamamen farklı türden, çok daha fazla veri ekonomi ve toplumun her yerinde mevcut; bunlarsa devletlerin, kuruluşların ve diğer endüstrilerdeki şirketlerin denetimi altında.

Verinin yeni petrol olduğu sık söylenir. Bu benzetmeden hareketle teknoloji şirketlerinin pek çok açıdan Halliburton'a benzer bir rol oynayacağı söylenebilir. Yani çok uluslu Halliburton petrol şirketi gibi kaynaktan değer ayıklamak için gerekli teknolojiyi ve *know-how*'ı sunabilirler. Şurası muhakkak ki teknoloji devleri zaten kendi başlarına çok büyük veri rezervlerine sahip ama bu giderek genişleyen küresel veri kaynağında aslan payı başkalarının elinde. Sağlık sigortası, hastane ağları gibi işletmeler ve elbette devletlerce yönetilen ulusal sağlık hizmetleri çok

büyük değere sahip verileri denetliyor. Kesinlikle onlar da büyük teknoloji şirketlerinin geliştirip Bulut yoluyla sunduğu en son YZ teknolojisini kullanacak ama devletler verilerinden ayıklanacak değeri büyük oranda koruyacaklar. Aynısı fiziksel mağazalarında finansal işlemler, gezi rezervasyonları, çevrimiçi değerlendirmeler, müşteri hareketleri tarafından türetilen büyük miktarda veri için de; araçlara ve endüstriyel makinelere yerleştirilmiş çeşitli sensörlerce türetilen operasyonel veri için de geçerli olacak. Bu örneklerin her birinde, ekonominin her köşesine dağıtılmış tüzel ve özel kişilerin sahip olduğu belli veri türlerine her yerde ve her anda mevcut yeni kamu hizmeti, makine zekâsı uygulanacak.

Bunun önemli sonuçlarından biri, yapay zekâ uygulamalarından türetilen değerin çoğunun, teknoloji sektörü içindeki malum adayların haricindeki varlıklarca elde edileceği. YZ'yi kaldıraç olarak kullanmanın muazzam faydaları çok geniş alanlara dağıtılacak. Burada da elektrik benzetmesi faydalı olacak. Elektrikten en büyük değeri kim türetiyor? Elektrik kamu hizmetleri mi? Nükleer güç endüstrisi mi? Hayır, elektrikten en çok değeri Google ve Facebook gibi şirketler üretiyor. Devasa miktarlarda elektrik tüketen bu şirketler her yerde, her anda bulunan bu metayı fantastik bir değere dönüştürme yolunu keşfetti. Elbette bu benzetme kusursuz değil; şüphesiz yapay zekânın ön cephelerinde inovasyon yapan ve sürekli gelişen bu kaynağı sunan şirketler de muazzam değeri ve gücü ellerinde tutacak. Ancak YZ uygulaması kaynaklı faydaların çoğu, hele de bu uygulama giderek metalaşan bir kamu hizmetine benzedikçe, muhtemelen başka yerlerde birikecek.

Yapay zekânın yarattığı değer tüm ekonomik sektörlere dağılsa da tek tek endüstriler için bunun tersinin geçerli olduğu ortaya çıkabilir. İşletme modellerinde YZ'yi kaldıraç olarak kullanarak öncü rolü üstlenen şirketlerin elle tutulur ölçüde ilk hamle avantajı olacak. Bu da etkin büyük veri ve yapay zekâ stratejilerine

sahip işletmeler belirgin rekabet avantajı yakaladığından "Kazanan hepsini alır," senaryolarına yol açabilir. Veri, YZ'nin etkin uygulanmasında merkezî bir rol oynadığından, YZ stratejisine ilk hamle neredeyse her zaman başarılı veri stratejisi de sağlıyor. Bu da şu anlama geliyor: YZ'yi kullanıma açmadan önce işletmelerin ve kuruluşların verimli veri toplama ve yönetim sistemleri kurmaya odaklanmaları hayati önem taşıyor. Bazı durumlarda bu, çalışanların ve müşterilerin gizliliği gibi önemli etik meselelere de yanıt bulmayı gerektiriyor. Gelgelelim bu alanda agresif tutum sergilemeyen kuruluşların da arkadan nal toplaması muhtemel... Son hız öyle bir gerçekliğe geçiyoruz ki yapay zekâ fırsatını tepecek tüm işletmeler, devletler veya kuruluşlar öyle devasa bir yanlışa düşecek ki bunu da elektrik şebekesinden çıkmaya benzetmek mümkün...

YAPAY ZEKÂ GERÇEKTEN evrensel bir kamu hizmetine evrildikçe; her işletmeye, her kuruluşa ve her haneye ulaştıkça kaçınılmaz olarak hem ekonomimizi hem de toplumumuzu bir dönüşüme tabi tutacak. Bu hikâye yıllar, on yıllar içerisinde gelişecek; etkisi her yerde aynı olmayacak. Bazı alanlarda YZ önümüzdeki birkaç yıl içerisinde bir dönüşüm yaratabilir, diğer alanlardaysa oluşturacağı yıkımın görülmesine daha çok zaman var. Sonraki bölümde bir teknoloji sistemi olarak yapay zekânın pratik etkilerini ele alacağız, abartıyla gerçeği birbirinden ayırmayı deneyeceğiz, bu hızla gelişen teknolojiyle yaşamlarımızı tümden altüst eden pandeminin kesiştiği noktaya dalacağız.

Üçüncü Bölüm

ABARTININ ÖTESİ: KAMU HİZMETİ OLARAK YAPAY ZEKÂYA GERÇEKÇİ BAKIŞ

22 Nisan 2019'da Tesla "Otonomi Günü" adını verdiği bir etkinlik düzenledi. Bu etkinliğin amacı, Tesla'nın her bir aracına kurduğu otonom sürüş teknolojisine dikkat çekmekti. Bu etkinlikte CEO Elon Musk'la beraber diğer en üst düzey yöneticilerle mühendislerin sunumları yer aldı. Musk bu etkinlikte şunları söyledi; "Tesla'nın önümüzdeki yıl otonom robot-taksiler çıkaracağından eminim." Daha da ileri gidip 2020 sonuna dek Tesla'nın kamu yollarında böylesi çalışan bir milyon aracı olacağını ima etti.[1] Musk, "robot-taksilerle" gerçek sürücüsüz araçları kastediyordu. Bu araçlar, içinde kimse olmadan çalışabilecek, yolcuları alıp onları nereye isterlerse oraya götürebilecekti. Bir başka deyişle bu gerçekten de Uber veya Lyft uygulamalarının robot versiyonu olacaktı.

İşte bu, insanı hayrete düşüren bir tahmin: Bu alanın uzmanlarının neredeyse hepsinin beklentilerinin çok ötesinde. Bu konuşmasından birkaç gün sonra Bloomberg kanalına çıkıp Musk'ın tahminiyle "hayrete düştüğümü" söyledim; bunun "olağanüstü iyimser, hatta biraz da pervasızca" olduğunu düşündüğümü ekledim. Böyle dedim; çünkü böylesi agresif bir tahmin, hiç şüphesiz Tesla üzerinde ürün teslimi için bir pazar baskısıyla sonuçlanacaktı. Şirketin Tesla sahiplerine yazılım indirilmesiyle

yeni özellikler sunma becerisiyle birleştiğinde sürücülerin eline bir anda tam otonom kapasite sunar görünen, sınanmamış bir yazılım olursa bu durum çok büyük tehlike de arz edebilirdi. Bir şirketin yeni bir bilgisayar oyununun veya sosyal medya uygulamasının ilk sürümlerini müşterilerin sınamasına bırakmasında bir sorun yok ama apaçık yaralanmalarla, ölümle sonuçlanabilecek bir yazılım söz konusu olduğunda bu, sorumluluk taşıyan bir strateji değil.'[2] Tesla'nın otomatik pilot özelliği şeritten çıkmasın diye arabanın direksiyonunu çevirebiliyor, arabayı hızlandırabiliyor veya fren yapabiliyor ama hâlâ sürücünün denetimine ihtiyaç duyuyor. Hatta işin aslı zaten bu özellikle ilişkili, ölümle sonuçlanan kazalar gerçekleşti. Dahası o zaman benim açımdan şurası açıktı: Haydi diyelim olmaz ama oldu, şirket yaklaşık bir yıl içerisinde bu teknolojiyi kusursuz hâle getirebildi, araçları layığıyla test edip mevzuata uygun onayı almak bile çok daha uzun sürecekti. Hâliyle 2020 sonuna dek faal hâlde bir milyon Tesla robot-taksi işi olmayacaktı. O zaman aralığında kamu yollarında hareket eden hakiki tek bir otonom araba olması bile hayret verici olurdu.

Otonomi Günü etkinliği büyük oranda Tesla'nın geliştirdiği yeni ve özel bir kendi kendini sürme mikroişlemci çipi üzerine tartışmalara ayrılmıştı. Şirket daha öncelerde NVIDIA'nın imal ettiği derin sinir ağları için en iyi hâle getirilmiş çipleri

* Ekim 2020'de Tesla gerçekten de bu yazılımın "Tam Sürücüsüz Paket" adını verdiği bir erken sürümünü yayımladı. Yazılım kısıtlı sayıda Tesla sahibine indirilebilecek biçimde sunuldu, planlara göre sonraki aylarda kullanıcı sayısı genişletilecekti. Bu yazılım otomatik park etme ve şehir sokaklarında kısıtlı yön bulma becerisi gibi özellikler sunuyor ama mevcut hâli "tam sürücüsüz paket" denebilecek bir şeyden çok uzak... Tesla bu paketi yükseltmeye söz verdi, araç sahiplerini ilk sürümü satın almaya teşvik etmek için ileride fiyatının artacağını bildirdi. Ulusal Otoyol Trafik Güvenliği İdaresi bu durumu kayda aldı; "yeni teknolojiyi yakında izleyeceğini", "makul olmayan güvenlik risklerine karşı halkı korumak için eyleme geçmekten çekinmeyeceğini" ilan etti (Bkz. Üçüncü Bölüm, 2. Son not).

kullanıyordu. Tesla yeni çipin emsalsiz bir güce sahip olduğunu iddia etse de NVIDIA'daki yöneticiler hemen buna itiraz ettiler; kendi YZ çiplerinin son sürümlerinin Tesla'nın geliştirdiği ürüne eş, belki daha da hızlı olduğunu belirttiler.[3]

Her hâlükârda Otonomi Günü'ndeki oturumları izledikçe Tesla'nın gerçekten de çarpıcı bir rekabet avantajına sahip olduğu bana göre apaçık ortadaydı. Bu da en nihayetinde rakiplerine fark atmasına, tam otonom sürücüsüz arabaları piyasaya süren ilk şirket olmasına imkân sağlayabilirdi. Bu avantaj da özel bilgisayar çipinden, hatta bir algoritmadan kaynaklı değil. Avantaj bunlardan ziyade Tesla'nın denetlediği veride ki yapay zekâ alanında genelde avantaj veride yatar. Her Tesla sürekli çalışan, arabanın gittiği yoldan ve ortamdan görüntüler alan sekiz kamera ile donanmıştır. Arabaya dâhil bilgisayarlar bu görüntüleri değerlendirip hangilerinin şirketin ilgisini çekebileceğini belirleyebilir; ardından bu görüntüleri Tesla ağına otomatik olarak sıkıştırılmış biçimde yükleyebilir. Dünyada dört yüz binden fazla böylesi kameralarla donanmış arabalar yollarda ilerliyor, bu sayı da hızla artıyor. Bir başka deyişle Tesla'nın, rakiplerden hiçbirinin yanına bile yaklaşamayacağı, gerçekten muazzam bir gerçek dünya fotoğraf verisi hazinesine erişimi var.

Tesla'nın YZ yöneticisi Andrej Karpathy, şirketin kameralarla donanmış araba "filosundan" belli tür görüntüleri nasıl talep edebileceğini anlattı. Örneğin Tesla mühendisleri, otonom sürüş sistemlerini, üzerinde çalışma olan yollarda karşılaşılabilecek durumlara karşı eğitmek istediğinde inşaat hâlindeki sahalardan binlerce gerçek dünya görüntüsü çağırıp ardından bu görüntüleri kendi sürücüsüz araba yazılımlarını bilgisayar simülasyonlarında eğitmek için kullanıyorlar. Tüm sürücüsüz araba girişimleri simülasyondan yoğun biçimde faydalandığından Tesla'nın devasa miktarda gerçek dünya verilerini bünyesine katma becerisinin yıkıcı bir avantaja dönüşmesi muhtemel... Genelde söylendiği üzere,

hakikat kurgudan da acayip: Hiçbir mühendis, Tesla'nın giderek büyüyen filosundaki kameraların yakaladığı ayrıntılı, hatta tuhaf gerçekliği tekrar yaratabilecek bir simülasyon tasarlayamaz.

Bu örnek şunu gösteriyor: Yapay zekâdaki süreç hakkındaki haberler genelde abartı ve sansasyon dolu geniş yelpazeden bir anlatı ama bu husus aynı zamanda önemli bilgiler de taşıyor. Belirttiğimiz üzere, yapay zekânın yazgısı en nihayetinde neredeyse her şeye uzanmak, her yerde ve her an ulaşılabilecek bir kamu hizmeti olmak. Ne var ki ilerleme her alanda aynı olmayacak. Bazı teknik problemleri çözmek, diğerlerine göre çok daha zor... Özellikle de yapay zekânın en yüksek profilli, en abartılan uygulamalarından bazıları muhtemelen beklentilerimize kıyasla çok düşük performans gösterecek; öte yandan diğer az görünen alanlarda ciddi ilerlemeler kaydedip bizi gafil avlayacak. Bu bölümde bana göre YZ'nin görece yakın dönemde yıkıcı etki yaratması muhtemel bazı alanlara dair içgörülerimi sunacağım. Dahası ilerlemenin daha uzun zaman alacağı alanlara dair görüşlerimi de belirteceğim.

EV ROBOTUNUZUN TESLİMATI GECİKTİ

Evinize bakacak kişisel robot; yani evi temizleme, hatta çamaşırları yıkama kabiliyetine sahip, yorulmak bilmez bir hizmetçi gibi hizmete hazır duran bir robot, ilk bilimkurgu yazarlarından bazıları gelecek hakkında spekülasyon yürütmeye başladığından beri hepimizin hayali. Böylesi bir makinenin olma ihtimali ne? Çoğumuzun aşina olduğu, kurgu yapıtlarda gördüğümüz o ileri örnekler; yani *Jetgiller*'deki Robot Rosie, *Yıldız Savaşları*'ndaki C-3PO gibi insansı makineler bırakalım bir süre kenarda dursun. Daha mütevazı bir örnek düşünelim: Daha kısıtlı olsa da işe yarayacak işlevsel bir robot olsun bu; hanede yapılacak çok temel temizlik işlerini, bir odayı derleyip toplamayı yapabilsin. Hatta

belki de emrettik mi bize buzdolabından bira getirebilsin. Ürün değerine duyarlı, tüketici kitlelerince çok faydalı, hatta belki de vazgeçilmez sayılabilecek, makul fiyatlı bir kişisel robotun piyasaya sürülmesi için ne kadar beklememiz gerekecek?

Maalesef gerçek şu ki böylesi bir makine muhtemelen epey uzak bir gelecekte ortaya çıkacak. Gerçekten de problem şu: Şimdiye dek üretilmesi denenen kişisel robotlar çok basit bir ifadeyle pek bir şey yapamıyor. Bir ev gibi ne olacağı belli olmayan bir ortamda görsel algı, hareketlilik, çeviklik de dâhil olmak üzere gerçekten faydalı bir makine için minimum şartları sağlamak robotiğin en yıldırıcı zorluklarından. Şirketler, şimdiye dek gerçekte bu zorlukların üstesinden gelmeye bile başlamamış tüketici robotlarını pazara sürmeyi denedi. Bunun yerine çoğu kişi açısından sunduğu ürün değeri epey şüpheli, çok sınırlı makineler ürettiler.

Bu zorlukları anlatacak örneklerden biri Jibo: Jibo ilk "sosyal robot" olarak pazarlanan bir makine. Bu robotu, robotların insanlarla sosyal ve duygusal düzeyde irtibat kurması konusunda dünyanın başta gelen uzmanlarından biri olan, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden (MIT) Cynthia Breazeal tasarladı. 2017'nin güz aylarında piyasaya sürülen Jibo, yaklaşık otuz santim uzunluğunda, plastik bir masaüstü robotu. Jibo'nun kolları, bacakları, üzerinde hareket edebileceği tekerleri yok ancak başını kaldırıp döndürebiliyor, sahibiyle insan benzeri iletişim kurduğu yanılgısını yaratabiliyor. Bu robot, temel düzeyde sohbet edip bilgi alma merkezli bir dizi pratik işi gerçekleştirebiliyor: İnternetten arama yapabiliyor, hava ve trafik durumunu öğrenebiliyor, müzik çalabiliyor vs. Bir başka deyişle Jibo, genel manada Amazon'un Alexa'yla çalışan Echo akıllı hoparlörlerine benzer kapasiteleri sunuyor. Elbette kıyasla Echo hiç hareket edemiyor ama Amazon'un devasa Bulut bilişim altyapısından ve yüksek maaşlı YZ geliştiricilerinden oluşan çok daha büyük bir ekipten destek alıyor. Echo'nun bilgi alma ve doğal dil kapasiteleri

muhtemelen daha güçlü ve zamanla bu gücün çok daha artacağı kesin... Jibo'nun en büyük problemiyse fiyatının 900 dolar civarında olması. Bu robotun insan başının jestlerini taklit etme, müzik çalarken dans etme kabiliyeti insanlara sevimli ve cana yakın gelse de çoğu tüketici sırf bu kabiliyet için Echo'ya kıyasla fazladan 800 dolar ödemeye değmeyeceğini düşündü. Jibo'nun üreticisi yeni kurulan teknoloji şirketi, bildirildiğine göre risk sermayedarlarından aldığı 70 milyon doları tükettikten sonra Kasım 2018'de kapandı.[4]

Bildirildiğine göre Amazon kendi ev robotu üzerine çalışıyor. Vesta kod adıyla anılan bu makine; evinizde dolanma ve komutunuzla yanınıza gelme becerisine sahip, bir tür "tekerlekli Echo" olarak tarif edildi.[5] Yine de Amazon'un robota kol ekleme planı olduğuna yahut ortamı fiziksel olarak manipüle etme becerisi olacağına dair bir rapor görmedim. Böylesi özellikler olmayınca insan yine sunulan değeri şüpheyle karşılıyor. Echo'nun en ucuz sürümleri 50 dolar veya altındayken; evinizin her yerinde basitçe daha ucuz, sabit Echo sürümleri yerleştirmek varken onun daha pahalı, hareketli (ama muhtemelen hayli yavaş) bir sürümünü yerleştirmek neden daha iyi olsun? Kişisel robot endüstrisinin başına musallat böyle sorular var. Amazon'un başarılı ticari bir ürünü yakınlarda çıkarıp çıkaramayacağı bile belli değil.

Gerçekten işlevsel ev robotu üretme işinde karşılaşılan engellerin ne kadar yüksek olduğunu anlamak için bu robotların olası görevlerinden sadece birini düşünmek yeterli: Buzdolabından bira alma becerisi. Merdiven veya kapalı kapı gibi büyük bir engelin olmadığını varsayarsak işin kolay kısmı buzdolabına ulaşmak gibi. Robotların bilinen ortamlarda yön bulma teknolojisi zaten mevcut... Örneğin Roomba robot süpürgeleri bu kabiliyete sahip olduklarını kanıtladı.

Ancak robotu aldık mı buzdolabı kapısını açabilmesi gerek. Bunu kendiniz deneyin, ne kadar güç uygulamak gerektiğini

görün. Ne var ki bu, kaba güç meselesi değil. Siz kapıyı kolayca açabilirsiniz, çünkü muhtemelen ağırlığınız elli kilodan fazla. Söz konusu durumda geçerli fizik yasalarını ele alalım. Buzdolabı kapısını açmayı başarabilecek robot plastik bir oyuncağa benzemeyecektir. Yani söz konusu robot, tekerlekli bir Amazon Echo olmayacak. Bir makinenin devrilmemesi, epey ağır olması ve insanlara göre tasarlanmış bir ortamı manipüle edebilmesi için makul ölçüde insan oranlarına sahip olması gerek. Bu makine pahalıya patlayacaktır. Gerekli denge ağırlığını oluşturmanın ucuz bir yolunu (örneğin plastik bir robotu suyla doldurabiliriz) bulsak bile yine de gereken ağırlık güçlü bir motor gerektirecek, robotun ilerlemesi için çok dayanıklı tekerlekler gerekecek.

Buzdolabı kapısı açıldı mı robotun biranın yerini bulabilmesi gerek. Peki, ya bira kutusu önceki geceden kalan yemeklerin konduğu kapların arkasındaysa? Peki, ya bira altı kutuluk bira tutan plastik halkalara takılıysa? Bir robot başarıyla kutuyu bunun içinden alabilir mi? Bunu yapmak için gereken mekanik hareketin, kaç bira kutusu kaldığına göre tamamen farklı olabileceğini de düşünün. Söz konusu durumda eksiksiz altı bira kutusu mu var, yoksa plastik halkaya takılı tek bir bira kutusu mu kalmış? Bu kadar basit işi gerçekleştirebilecek bir robotun olağanüstü çevik olması; bir değil, iki adet robotik kola sahip olması gerekir ki bu kollar çok pahalıdır.

Yine de bu sorunların bazılarına farklı çözümler düşünülebilir. Belki de bira kutuları buzdolabında tam doğru konuma yerleştirilebilir. Altı kutuluk halkaları da bir kenara atın. Kutuların her türlü paketten çıkarılması gerekir; belki de her birine radyo frekanslı çipler (RFID, radyo frekanslı kimlik saptama) için etiketler yerleştirilebilir ki robot birayı bulmak için yalnızca görsel algıdan yararlanmak zorunda kalmasın. Belki de bir gün bira kutuları robotların almasını kolaylaştırmak üzere, özel tasarlanmış geleceğe özgü bir pakette satılacak. Ancak şimdilik böylesi

gereksinimlerin her biri işinizi zorlaştıracak, hâliyle bu da böylesi bir robot almak için büyük para harcama şevkinizi kıracak.

Şüphesiz hakikaten işlevsel ev robotlarının hepsi ciddi miktarda finansal yatırım gerektirecek. Bugüne dek Moore Yasası, yarı iletken endüstrisinin belirleyici özelliği oldu. Bu yasaya tabi yarı iletkenler maliyet deflasyonunu yaşadı; yani zamanla maliyetleri düştü, böylece bilişim gücü daha da ucuza edinildi. Hâlbuki elektrik motorları ve robotik kollar gibi bileşenlerin yanı sıra robota görsel algı, uzamsal yönelim ve dokunsal geribildirim özellikleri kazandırmak için gereken türden sensörler Moore Yasası'na tabi değil. Dolayısıyla bir ev robotu üretmede çözülmesi elzem problem, müşterilere gerçek değer sunabilmek için robotun hiç olmazsa bizim manipülasyon kabiliyetimize yaklaşabilmesi. Görünen o ki meğer insanlar hayret verici ölçüde etkin biyolojik robotlarmış.

Önünüzdeki masada iki nesne olduğunu varsayın. Diyelim ki soldaki nesne katı, çelik bir rulman; çapı yaklaşık 7,50 santim, ağırlığı da yaklaşık 1,8 kilogram. Sağdaki nesne de bir yumurta olsun. Siz bu iki nesneden istediğinizi rahatlıkla kaldırabilirsiniz. Her bir nesneyi tutmak, sonra kaldırmak için el kaslarınızın uygulaması gereken kuvveti düşünün. Peki, oldu ya nesneleri karıştırıp her birine gerekenden farklı kuvveti uyguladınız. Ne olurdu? Gerçi gözleriniz bağlı bile olsa her iki nesneyi de yalnızca dokunsal geribildirime dayalı olarak güvenle tutup kaldırabilirdiniz. İşte bir robotik elde de bu beceriyi yaratabilmek için gereken motorlar ve sensörler pahalı; elinizde bu işi gerçekleştirmeye gereken denetim yazılımı olsa bile durum böyle.

İşin aslı onlarca yıldır robotik el ve bu elleri hareket ettirecek algoritmalar üzerine çalışılmışsa da bu ellerin kazandığı çeviklik henüz insan düzeyine yaklaşamadı. Rodney Brooks, dünyanın başlıca robotik uzmanları arasında. Dahası kendisi iRobot Şirketi kurucularından ki bu şirket Roomba'nın yanı sıra dünyanın

en gelişmiş askerî robotlarını da yapıyor. Brooks bu durumu genelde ABD'de çöp toplayıcıların kullandığı, uzun erimli plastik kavrama çubuklarına atıfla ele alıyor:

> O gerçekten ilkel şey [kavrama çubuğu] henüz hiçbir robotun yapamadığı ölçüde, olağanüstü bir manipülasyon becerisi sunuyor; hâlbuki bu yalnızca inanılmaz ilkel, plastik bir ıvır zıvır... İş burada kilitleniyor: Manipülasyonu siz yapıyorsunuz. Çoğu kez bir araştırmacının tasarladığı yeni bir robotik el videosuna denk geliyorsunuz: Bir kişi robotik eli tutmuş, bir iş yapsın diye hareket ettiriyor. Aynı işi bu küçük plastik kavrama oyuncağı ile de yapabilirlerdi; işi yapan insan. Şayet iş bu kadar kolay olsaydı bu kavrama oyuncağını bir robotik kolun ucuna tutturur, işi yaptırırdık. Madem insan bunu kolunun ucunda bu oyuncağı tutarak yapabiliyor, bir robot niye yapamasın? Bu işte eksik olan çok önemli bir şey var.[6]

Bir evi derleyip toplayacak bir robot, bu iş için gerekli çeviklik düzeyini yakalayabilseydi bile önünde hâlâ şu zorluk var: Karşılaşacağı binlerce nesneyi tanımak, sonra bunlarla ne yapacağını çözmek. Bu nesnelerin hangilerini özenle uygun yere kaldıracak, hangi nesneleri ise çöp diye tanımlayıp atacak? Evinizin tek bir odasına gözetimsiz bir robot salacaksanız hangi hata oranına razı gelirdiniz?

Hiçbiri bir gün size ev robotunuzun teslimatı yapılmayacak anlamına gelmiyor. Hâlihazırda bu engellerin çoğunu aşmaya yönelik dikkate değer ölçüde ilerleme kaydediliyor. Örneğin gelecekteki robotların Bulut arayüzüyle karşılaştıkları nesneleri tanıması muhtemel... Daha şimdiden buna dair hayli etkileyici bir kanıt mevcut: Google'ın Lens hizmeti, neredeyse istediğiniz herhangi bir şeye cep telefonunuzu tutun, o nesneyi otomatik tanımlıyor; dahası tanımlayıcı bilgiyle beraber benzer nesnelere dair örnekler sunuyor.

Dünya daha bağlantılı hâle geldikçe, Nesnelerin İnterneti hız kazandıkça robotlarda kullanılan türden sensörler çok çeşitli uygulamalarda yaygın kullanıma sunulacak. Bu aygıtlara talep arttıkça da sonuçta oluşacak ölçek ekonomileri maliyetleri düşürecek. Robotlar ticari sektöre sızdıkça aynısı en nihayetinde diğer bileşenler için de gerçekleşecek.

Aynı şekilde araştırmacılar daha çevik robotik el üretmek üzere başarıyla derin öğrenme tekniklerini ve diğer teknikleri kullanıyor. Ekim 2019'da OpenAI bu alanda en ileri gelenlere bir tanıtım yaptı, Rubik küpü çözebilen bir robotik el sergiledi. Bu robotik ele bu kabiliyeti verense OpenAI'ın yarattığı iki bütünleşik derin sinir ağından oluşan bir sistemdi.[7] Bu sistem yüksek hızlı simülasyon kullanılarak eğitilmişti; başarıya ulaşması için de yaklaşık on bin yıla denk bir pekiştirmeli öğrenme sürecinden geçmesi gerekmişti. Tek elle Rubik küpü çözme insanlar için de hiç kolay iş değil. Gerçi şirketin "insan düzeyine yakın çeviklik" elde etme iddiasına karşın, meğer bu iş OpenAI sistemi için de kolay olmamış: Robotik el, Rubik küpü on denemenin sekizinde düşürmüş.[8] Böylesi girişimler gerçek ilerleme kaydedildiğini temsil ediyor. İleride göreceğimiz üzere, robotik çevikliğin geliştirilmesinin önümüzdeki birkaç yıl içerisinde çoğu endüstriyel ve ticari ortamda belirgin etkisi olmaya başlayacak. Ne var ki son derece öngörülemez ortamlarda robotları harekete geçirecek yapay zekâ çok daha iyi hâle gelene dek, gerekli bileşenler ciddi oranda ucuzlayana dek ucuz ve gerçekten işe yarar bir ev robotu öngörülebilen gelecek dâhilinde muhtemelen erişilemez kalacak.

ROBOTİK DEVRİM PATLAMASI MERKEZLERİ: DEPOLAR VE FABRİKALAR

İşin hem teknik kısıtlamaları hem de ekonomik yönü birçok işe uygun ve üretken bir ev robotunun ortaya çıkmasını uzun süre

geciktiriyorsa da çoğu endüstriyel ve ticari durumda bunun tam tersi geçerli... Bir fabrikanın veya deponun kapalı ortamında dışarıdaki dünyaya hâkim olan öngörülemezliklerin ve karmaşanın çoğunu yok etmek, hiç olmazsa en aza indirgemek mümkün... Çoğu durumda bunun için söz konusu kısıtlamaların etrafından dolanmak, robot kapasitesinden faydalanmak üzere tesis içerisinde etkileşimin yanı sıra insan, makine ve malzeme akışını yeniden düzenlemek gerek. Bira kutusunu (veya diğer her türlü nesneyi) buzdolabınızda kesin mi kesin bir koordinata yerleştirmek katı bir gereksinim, güvenle robotik nesne alma işlemine karşılık sunulan değerse pek ikna edici görünmeyebilir. Ne var ki hızlı ve verimli çalışmada en ufak artışın bile devasa finansal kazançla sonuçlanabileceği, yüksek hacimli ticari ortamlarda hesap farklı oluyor.

Buna en iyi kanıt Amazon'un ve diğer çevrimiçi perakende satış şirketlerinin işlettiği dağıtım merkezleri (Amazon Lojistik) içindeki faaliyetlerinde görülebilir. Böylesi genelde devasa tesislerin duvarlarının ardında robot devrimi çoktan oldu sayılır, dahası bu devrim hiç şüphesiz ivme kazanma yolunda. Çok değil, on yıldan az zaman önce söz konusu depoları harekete sevk eden şey binlerce farklı envanter kalemini içeren, uzun mu uzun raflarla dolu koridorlarda bir oraya bir buraya hiç durmadan koşturan yüzlerce işçiydi. Genelde bu işçiler iki gruba ayrılıyordu: Yeni gelen kalemleri alıp raflarda uygun konumlara yerleştiren "istifçiler" ve müşteri siparişini yerine getirmek için kalemleri almak üzere bu konumlara giden "toplayıcılar." Depodaki faaliyet kesintisiz, delice bir karmaşaydı. Belki de bunu zıvanadan çıkmış bir karınca tepesine benzetmek mümkündü. Depodaki sıradan bir işçi rastgele konumlar arasında koşa koşa mekik dokuyor, rafların en üstüne ulaşmak için sık sık merdiven çıkıyor, tek vardiyada belki de onlarca kilometre yol tepiyordu.

Amazon'un modern dağıtım merkezindeyse bu telaşlı hareket neredeyse Amazon'un kendi aksine dönüştü. Şimdi işçiler

duruyor, envanter rafları ise tam otonom robotların sırtında oradan oraya telaşla koşturuyor. Bu toptan yeniden düzenleme, Amazon'un 2012'de depo robotiği alanında çalışan yeni teknoloji şirketi Kiva Systems'ı 775 milyon dolara satın almasıyla başladı. Turuncu renkli, devasa buz hokeyi toplarına benzeyen bu robotlar yaklaşık 150 kilo ağırlığında. Zemine iliştirilmiş barkodları takip ederek yön buldukları, insan işçilere çarpmasınlar diye yalıtılmış bir alanda dolanıyorlar. Algoritmaların denetiminde çalışan robotlar, işçilerin istasyonlarına envanter dolu rafları teslim ediyorlar. İnsan işçilerse ya bu kalemleri uygun bir yere istifliyor ya da müşteri siparişini yerine getirmek üzere belli bir ürünü alıyorlar.

Amazon şimdilerde dünyanın her yerindeki dağıtım merkezlerinde bu robotlardan iki yüz binden fazlasını çalıştırıyor. Bunun sonucunda bir saati aşkın sürede sıradan bir toplayıcının alabileceğinden üç ila dört kat fazla sayıda kalem alınabiliyor.[9] Şimdiye dek robotlar büyük oranda işçilerin yerine geçmedi. Hatta Amazon depolarındaki istihdam ciddi miktarda arttı. Bu da çevrimiçi alışveriş hız kazandıkça geleneksel perakende ortamlarındaki işlerin buharlaşmasını bir nebze de olsa dengeledi. Robotlar neredeyse 350 kilogram yük taşıyarak düzgün, engelsiz zeminde hızla yön bulurken işçiler de oldukları yerde durup şimdiye kadar robotların kapasitelerinin ötesinde kalan, görsel algı ve çeviklik gerektiren görevleri yerine getiriyor.[10] İşçilerle makineler arasındaki sinerji, Amazon'un müşterilerine sunduğu hizmet düzeyini sürekli artırmasında önemli rol oynadı. Örneğin 2019'da kullanıma açılan Amazon Prime müşterilerine tek günde teslimat hizmeti robotik alanında bu devasa yatırım olmadan muhtemelen imkânsız olurdu. Benzer biçimde koronavirüs krizi büyüdükçe çoğu depo işçisi hasta düşerken Amazon'un yükselen talebe ayak uydurmasında da otomasyon hayati rol oynamış olabilir.

İşçilerle robotların eşleşmesi her birinin görece kuvvetli olduğu alanlarda kaldıraç etkisi oluşturacak biçimde verimlilikte inkâr edilemeyecek kazançlar sağladı. Bu işlerin yapısında yarattığı dönüşümse hem olumlu hem de olumsuz oldu denilebilir. Söz konusu yeni düzende depo koridorlarında yorgun argın yürümenin yerine insanın beynini uyuşturacak denli tekrar içeren işler geldi. İşçiler şimdi oldukları yerde durup saatlerce gelen rafları istifliyor veya içinden sipariş kalemlerini alıyor. Bir analize göre Amazon'da depoda yaralanma olayları depo endüstrisindekinin iki katı sıklıkla gerçekleşiyor. Hatta yeni robotik teknolojiyle yaralanma sıklığı arttı. Bunun nedeni kısmen, tekrar içeren hareketin yarattığı sıkıntı veya daha yüksek raflardan daha ağır sipariş kalemlerini alma.[11] Endüstri danışmanı Marc Wulfraat'ın Vox web sitesi muhabiri Jason Del Rey'e belirttiği üzere, "Bu siparişleri almak için her gün beton zemin üzerinde günde neredeyse 20 kilometre yürüyorlar... Yirmi yaşında değilseniz hafta sonuna gelene dek sakatlanabilirsiniz... Malların geldiği yerin döşemesi lastik olsa bu geleneksel yaklaşıma kıyasla verim hem üç kat artar hem de koşullar insani olur. [Ama] sipariş toplama işini üç kat hızlı yaptınız mı tekrar içeren hareketler yüzünden, ürünleri kaldırıp yerleştirirken daha hızlı çalıştığınızdan bedeniniz daha çok yıpranır."[12]

İşin doğrusu, böylesi tesislerdeki işçiler failliklerini kademe kademe yitiriyorlar. Öyle ki işin özünde, makine zekâsının kapasitesinin ötesindeki (en azından şimdilik öyle) işleri gerçekleştirerek, büyük oranda mekanikleşmiş bir süreçteki boşlukları dolduran, biyolojik sinir ağı eklentisi görevini görüyorlar. Bunun sonucunda hem ABD'de hem Avrupa'daki dağıtım merkezlerinde protestolar gerçekleşiyor. Protestocular insanların robot muamelesi gördüğünden şikâyet ediyorlar; işçilerin sürekli olarak taleplerini artıran bir algoritma gözetiminde, makul olmayan beklentileri karşılamaya zorlandığını söylüyorlar.[13] Bence bu işler

giderek insanı insanlıktan çıkaran, hatta tehlikeli işler olarak algılanıyorsa; işçiler fiziksel ve psikolojik sınırlara itiliyorsa gerekli teknoloji geldi mi bu olguların işlerin yok edilmesine gerekçe olması kaçınılmaz.

Gerçekten de otomasyon, bu kapalı ve görece denetimli ortamlarda tık tık, tık tık sürekli tıkırdayarak yılmadan ilerleyecek; operasyonları da kademe kademe daha az emek yoğun hâle getirecek. Amazon daha şimdiden agresif bir tutum takınıyor, depo operasyonlarının daha da çok sayıda veçhesini otomasyona tabi kılma yönünde ilerliyor. *Reuters* muhabiri Jeffrey Dastin'in Mayıs 2019'da yazdığı bir haberle ortaya çıktı ki Amazon daha da gelişmiş makineler kullanmaya başladı ve bu makineler ürünlerin son paketlemesini yaparak müşterilere gönderime hazır kutulara yerleştiriyor. Robotlar hâlâ çok çeşitli ürünleri güvenle toplayıp kutulara yerleştirmek için gerekli çevikliğe sahip olmadığından makineler bunun yerine bir taşıma bandı üzerinde hareket eden bir sipariş kaleminin etrafına neredeyse ânında özel boyutlu kutular kurabiliyor. Makineler saatte 600 ila 700 sipariş kalemini kutulayabiliyor; bu bir insan işçi kapasitesinin neredeyse beş katı. Amazon'da bu projeye dâhil olan iki kişi, Dastin'e bunun en nihayetinde ABD'nin her yerindeki elli beş depoda, yaklaşık 1.300 işin yok edilmesine yol açabileceğini söylemiş.[14]

Amazon da benzer biçimde buz hokeyi topuna benzer Kiva robotlarının daha ufak versiyonlarını, çeşitli istikametlere giden kamyonlara paketlerin dağıtıldığı ayırma merkezlerinde kullanmaya başladı. Bu daha küçük robotlar, envanter dolu rafları taşımak yerine, ayırım merkezindeki belli bir yere doğru tek bir paketi taşıyor. Böylesi her bir yerin posta koduna benzer bir kodu var. Robot kodlanan yere geldiğinde paket kayarak zemindeki bir deliğe, buradan da aşağıda bekleyen kamyona gidiyor.[15] Elbette tümü, güçlü olsa da kısıtlı robotik otomasyon kapasitesinin azami düzeye getirilmesi için, bir iş ortamının nasıl tabandan tavana

tasarlanıp yeniden yapılandırılabileceğine dair güçlü bir örnek... Robotlar geliştikçe, daha çok işleve kavuştukça, daha çok beceri kazandıkça bu ortamlar da yeni olasılıklardan yararlanmak ve üretkenliği azami düzeye getirmek için düzenli aralıklarla yeniden yapılandırılacak.

Depolarda ve fabrikalarda otomasyonun son aşaması, robotlar nesneleri tutma ve manipüle etme becerisinde gerçekten insan düzeyine yaklaştığında başlayacak. Dünyada bir hayalet dolaşıyor: Bu hayalet; istihdamın sınırlandığı, görece az sayıda işçinin makinelerin gözetim ve bakım görevini üstlendiği, tam otomatik depoların hayaleti. İşte robotlar insan düzeyinde beceriler kazandı mı bu hayalet ete kemiğe bürünebilir. Amazon bu mihenk taşına ulaşmaya hevesli olduğunu açıkça gösteriyor. Şirketin henüz sayısı az olsa da dillere pelesenk olmuş, yıllık bir yarışması var. Bu yarışmada dünyanın dört köşesindeki üniversitelerden gelen mühendislik takımları, depo raflarındaki ürün kalemlerini toplayan işçilerin üstlendiği görevleri yapabilecek robotlar üretme yarışına giriyor.[16] Gerçi şu da var: Hepsi farklı boyutta, farklı ağırlıkta, farklı biçimlerde, farklı dokuda ve farklı paketleme yapısındaki binlerce farklı ürün kalemini güvenle kavrama kapasitesine sahip bir robotik el yapmak hâlâ göz yıldırıcı zorlukta ama bu yolda ilerleme de kaçınılmaz. Amazon CEO'su Jeff Bezos Haziran 2019'daki bir konferansta, "Bence kavrama sorunu önümüzdeki on yıl içerisinde çözülecek," dedi. Gerçi şunu da kabul ediyordu Bezos; "Meğer inanılmaz zor bir problemmiş. Bu kısmen işe görüntü işleme meselesini çözmeye yeni başlamaktan ötürüydü; bu yüzden önce görüntü işleme işi çözülmeliydi."[17] Diğer bir deyişle, şimdilerde envanter istifçiliği ve toplayıcılığı yapan binlerce kişi, yani şirketin depo işgücünün ekseriyeti bir on yıl içerisinde işsiz kalacak.

Gelgelelim büyük ihtimalle işlere olan etki bundan çok daha önce kendini gösterecek. Yine belirleyici unsur bir depoda

denetimli, görece öngörülebilir ortam olması. Bana göre böylesi bir ortamda bir robotun dikkate değer ölçüde değer katması için kusursuz olması gerekmiyor. Gerçekten de bir robot bildik bir depodaki envanter kalemlerinin yüzde 50'sini (veya belki de daha azını) güvenilir biçimde idare edebilirse -öngörülebilir biçimde hatalarında tutarlılık sergilediği sürece- devasa bir üretkenlik artışı yaratabilir. Amazon'un elinde geniş ırmaklar gibi akan veri mevcut, bunu bir sipariş robotunun nerede başarılı olup olmayacağını tam olarak tahmin etmede kullanabilir. Bir müşteri sipariş verir vermez şirket de elbette hangi kalemlerle ilgili olduğunu biliyor; söz konusu siparişin tam robotik sipariş hazırlamaya uygun olup olmadığını, bir insan işçiye devredilmesi gerekip gerekmediğini öngörmede sorun yaşamayacaktır. Bir başka deyişle Amazon, dağıtım merkezlerindeki iş akışını yöneterek bile kısıtlı kapasitede robotlardan yararlanabilir.

Robotların gerçekten de yakın gelecekte depo tipi ortamlarla gelişme kaydetmesi muhtemel... Depolar bir robotik operasyonun sonucunu güvenle tahmin etme ve başarısız olacağı durumların etrafından dolanma kabiliyeti sunuyor. Hâlbuki buna kıyasla sürücüsüz arabalar gibi teknolojilerin önündeki zorluklar çok daha göz korkutucu... İşte bu kabiliyet, depolarla büyük keşmekeş barındıran depo dışı dünya arasındaki gerçekten belirgin ayrımı teşkil ediyor. Karşılaşabileceği ürün kalemlerinin yarısını bile öngörülebilir biçimde idare edebilecek bir depo robotu son derece faydalı olabilir. Yine bir yolda karşılaştığı durumların yüzde doksan dokuzunun etrafından güvenle geçebilecek sürücüsüz bir araba bile faydasız, hatta faydasızın da ötesinde kötü addedilebilir; zira iş sürücüsüz arabaya geldi mi yüzde bir bile olsa bir uç değer neredeyse felaket demek.

Kapasitesi kısıtlı bir sipariş robotunu daha da değerli kılabilecek bir olgu var. Amazon satışları uzun kuyruk dağılımına uygun bir dağılım gösteriyor. Böylesi bir dağılımda bir depoda istiflenmiş

ürünlerin görece ufak bir kısmı, müşterilerin sipariş etme eğilimi gösterdiği kalemlerin aslan payını oluşturuyor. Bu popüler, yüksek hacimli satışa sahip kalemlerin dikkate değer bir yüzdesini tutarlı biçimde kavrayıp manipüle etme becerisine sahip bir robot, verimlilik artışı sağlamada bilhassa etkin bir yol olacaktır. Elbette hiçbir robot tamamen güvenilir olamaz. Yalnızca halledilebileceği düşünülen siparişleri karşılamakla görevlendirilse bile durum böyle. Tek bir insan işçi, görece ender rastlanan başarısızlıklarla baş etmek üzere birkaç sipariş robotu faaliyetini denetleyebilir; onun da ancak bir sorun çıktığında müdahale edeceğini öngörmek mümkün... Bunun sonucunda kitlesel depo otomasyonunun ancak gerçek insan düzeyinde robotik çeviklik kazanıldıktan sonra ortaya çıkacak bir şey olmadığını, bundan ziyade kademe kademe gerçekleşeceğini söyleyebiliriz. Bu parça parça bir evrim olacak, sürecin her bir aşaması muhtemelen depolardaki iş akışının dikkate değer ölçüde yeniden örgütlenmesini gerektirecek.

AMAZON'UN VE GERÇEKTEN ÇEVİK ROBOT YAPMA SEFERİNİN ÖTESİNDE

Amazon robotik girişimleri çok dikkat çekiyor; bunun da sebebi şirketin boyutu ve etkisi. Ne var ki bu durum Amazon'un rakipleri için de geçerli... Aynı durumu hem çevrimiçi perakende satış şirketlerinin hem de çeşitli fiziksel perakende satış mağazası zinciri sahiplerinin benzer tesisleri için de düşünebiliriz. Özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa'daki marketler hem daha verimli olmak hem de çevrimiçi satışlara girebilmek için dağıtım merkezlerinde otomasyona doğru agresif hamleler yapıyor. Kısmen bunun sebebi, Amazon'un marketçilik pazarında yakın zaman içerisinde gerçekleştirmesi beklenilen yıkım... Amazon, Temmuz 2017'de toptan gıda satan Whole Foods'u satın aldı ve bu pazarda dalgalanma yarattı.

Bu alandaki lider şirketlerden biri Birleşik Krallık'taki Ocado şirketi. Bu şirketin kendi çevrimiçi market hizmeti var. Bunun yanı sıra dünyanın her yerindeki süpermarket zincirlerine kendi depo otomasyon teknolojisini de pazarlıyor. Şirketin İngiltere'nin Andover şehrinde bir dağıtım merkezi var ve bu merkezde binlerce robot rayların üzerinde hareket ediyor. Bu raylarsa devasa bir satranç tahtasını hatırlatan, yerden yüksekteki bir şebeke yapısı oluşturuyor. Her biri belli bir market kalemini barındıran, sayıları iki yüz elli bini bulan kasalar, bu satranç tahtasında kendilerine denk düşen konumlara istiflenebiliyor. Yukarıdaki rayların üzerinde robotlar kendilerine yön çiziyor, sonra kutuya benzer iç kısımlarına kasaları kaldırıp yerleştiriyor; onları her bir kalemin alınıp müşteri siparişlerinin paketlendiği istasyonlara taşıyor. Bu robotlar otonom çalışıyor, birbirleriyle bir mobil veri ağı yoluyla iletişim kurup geziniyor, bataryalarının şarj olması için belli aralıklarla onlara ayrılan terminallere dönüyor.[18] Hatta kasa taşıyan robotlar arıza yaparsa imdatlarına koşup onları alan özel robotlar bile var. Andover tesisi haftalık üç buçuk milyon kaleme tekabül eden, yaklaşık altmış beş bin çevrimiçi market siparişini işleme kapasitesine sahip...[19]

Amazon'un depolarında olduğu üzere, bu robotlar hızla malzemeleri hareket ettirme lojistiğine odaklanırken tüm bu otomasyonda insanlara düşen başlıca rolse insan çevikliğini şart kılan şeyleri toplayıp paketlemek. Bildik bir market listesinde çok çeşitli ürün kalemleri var. İçerisinde konserve gıdalardan paketli ürünlere, taze meyve sebzeye her şey yer alıyor ki bunlar robotik manipülasyon açısından özellikle zorluk teşkil ediyor. Teknoloji muhabiri James Vincent'ın da belirttiği üzere, "Hiçbir şey portakal dolu bir poşet kadar bir robotu afallatamaz." İşin zorluğu şurada; "Poşet çok hareketli ve hareketleri de tuhaf... Tutulacak yerleri kolay görünmüyor, üstelik fazla sıktınız mı geriye portakal suyu kalıyor."[20] Her hâlükârda Ocado şirketi şimdiden bu

zorlukların üstesinden gelecek robotlar üretmek için deneyler yapıyor. Şirket, konserve gibi uygun yüzeyi olan ürünleri kaldırmak için vantuzlara sahip robotik toplayıcı kollar kullanıyor. Dahası bir gün daha kırılgan kalemleri etkin biçimde kavrayabilecek yumuşak plastikten robotik eller de kullanıyor.

Gerçekten çevik bir robot üretme seferi, Silikon Vadisi risk sermayesi şirketlerinin en büyük odaklarından. Dahası iyi fon alan bazı yeni teknoloji şirketleri de kuruldu. Bunlar da araştırmanın ön saflarında inovasyon yapmak üzere çeşitli yaklaşımlar benimsedi. Böylesi yeni kurulan teknoloji şirketleri arasında en yüksek profile sahip olanlardan biri Covariant. Bu şirket 2017'de kurulsa da gizlendiği yerden ancak 2020 başında çıktı. Covariant'taki araştırmacılar "pekiştirmeli öğrenme"nin (özünde deneme-yanılma yoluyla öğrenme) ilerlemede en etkin yolu sunduğuna inanıyorlar. Şirketse "robotlar için evrensel YZ" adını verdiği devasa bir derin sinir ağına dayalı bir sistem kurduğunu iddia ediyor. Şirketin beklentisi, bu sistemin en nihayetinde "geleneksel programlanmış robotlar için aşırı karmaşık ve çeşitli olan görevleri tamamlayacağı düşünülen, akıl yürüten ve içinde bulunduğu dünyada hareket eden" çeşitli makinelere güç katması.[21] Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nden ve OpenAI'dan gelen araştırmacılarca kurulan şirket, derin öğrenme konusundaki en parlak isimlerden yatırım aldığı gibi, bu kişiler sayesinde kamuya tanıtıldı. Bu kişilerin arasında Turing Ödülü sahibi olan Geoffrey Hinton ve Yann LeCun ile, Google'dan Jeff Dean ve ImageNet'in kurucusu Fei-Fei Li yer alıyor.[22] Covariant şirketi 2019'da, İsviçreli endüstriyel robot imalatçısı ABB'nin düzenlediği bir yarışmada, hiç insan müdahalesine gerek olmadan çok çeşitli ürün kalemini tanıyıp manipüle etme kapasitesine sahip tek sistem olduğunu kanıtladı ve on dokuz ayrı şirketten gelen rakiplerini yendi.[23] Covariant, depolarda ve fabrikalarda kullanılan endüstriyel robotlara zekâ katmak üzere ABB'nin yanı sıra

başka büyük şirketlerle de çalışacak. Şirketin inancına göre, bu çabanın sonunda robotların zekâsı nihayetinde insan düzeyinde bir algıyı ve çevikliği yakalayacak, hatta belki insanı geçecek.

Bu alanda çalışan yeni kurulan teknoloji şirketlerinin çoğu ve üniversite araştırmacıları Covariant'la aynı fikirde; daha çevik robotlar üretmede derin sinir ağları ve pekiştirmeli öğrenme temelli bir strateji ilerlemeye hız katmanın en iyi yolu diye düşünüyorlar. Bahse değer bir istisnaysa San Francisco Körfezi'nde yer alan ufak bir YZ şirketi olan Vicarious. 2010'da, yani 2012'de düzenlenen ImageNet yarışmasıyla derin öğrenmenin öne çıkmasından iki yıl önce kurulan Vicarious'un uzun vadeli hedefi, insan düzeyinde bir zekâya veya yapay genel zekâya ulaşmak. Bir başka deyişle şirket bir anlamda DeepMind ve OpenAI'daki gibi daha yüksek profilli ve çok daha iyi fonlanan şirketlerin doğrudan rakibi. Bu iki şirketin çizdiği yolu ve insan düzeyinde YZ'ye yönelik genel seferberliği Beşinci Bölüm'de daha derinden inceleyeceğiz.

Vicarious'un en büyük hedeflerinden biri, bildik derin öğrenme sistemlerinden daha esnek (veya YZ araştırmacılarının deyişiyle daha az "kırılgan") uygulamalar kurmak. Bu tür bir uyum yeteneği, bugün insanların üstlendiği çok çeşitli görevleri ele alması beklenen tüm robotlar için hayati önem taşıyan bir gereksinim... Vicarious'un teknik kurucularından ve şirketin YZ araştırmalarını yönetmiş Dileep George, ortamı anlayıp manipüle etme becerisine sahip robotlar üretmenin daha genel zekâ kazandırmaya yönelik yolda elzem bir ara nokta olduğuna inanıyor. Şirketse 2020 başında başlıca yakın vadeli işletme stratejisinin, lojistik ve imalat alanları için daha çok işleve sahip robotlar geliştirmek olduğunu ilan etti.

Vicarious bu işin ayrıntılarını sır tutsa da insan beyninin işleyişinden ilham alan, inovatif bir makine öğrenmesi sistemini geliştirdiğini iddia etti. Bu sisteme de "özyinelemeli kortikal ağ" adını veriyor.[24] Şirket bu sistemi şimdiden ilk müşterileri için

üretmeye başladığı robotları hareket ettirmede kullanıyor ki bu müşteriler arasında Pitney Bowes şirketinin lojistik departmanı ve kozmetik şirketi Sephora yer alıyor. Vicarious robotları takdire şayan bir beceriye sahip: Onlara verilen görevlerde gelişebiliyor, yani faaliyete geçtikten sonraki saatler içerisinde o görevlerde ölçülebilir ilerlemeler kaydedebiliyorlar.[25] Burada hedef, yalnızca envanterlerin tutulduğu raflardan veya sandıklardan ürün kalemlerini toplayacak robotlar üretmek değil, bunun da ötesine geçmek; gerçekten çok işlevli manipülasyon becerisine sahip makineler tasarlamak. Hedeflenen bu beceriler arasında ürün istiflemek, paketlemek; dahası üretim hatlarına parça yerleştirip almak, ayrıntılı imalat görevlerini yerine getirmek, böylece fabrikada makinelere bakan işçilerin yerine geçmek de yer alıyor. Vicarious risk sermayedarlarından en az 150 milyon dolarlık bir sermaye toparladı. Dahası Silikon Vadisi'ndeki en önde gelen isimlerden; Elon Musk, Mark Zuckerberg, Peter Thiel ve tam da bekleyeceğiniz üzere Jeff Bezos'tan destek alıyor.

Vicarious yapay zekâdaki ilerlemelerine koşut olarak inovatif bir iş modelinin peşine düştü: "üyelik hizmeti olarak robotlar." Bu önünde sonunda geniş bir endüstri yelpazesinde yıkıcı olabilir. Vicarious kendi robotlarını üretip satmak yerine ABB gibi şirketlerden endüstriyel robotları alıyor, onları fikrî mülkiyeti kendisinde olan yapay zekâ yazılımıyla bütünleştiriyor, ardından robotları şirketlere kiralıyor. Bunu kabaca benzetebileceğimiz bir durum var: İnsan işçileri şirketlere yerleştiren geçici istihdam ajansları. Bunun sonucunda müşteri şirketlerin, genelde endüstriyel robot üretimi için geçerli olduğu üzere, önden sermaye yatırımı yapması, uzun vadeli taahhütlere girmesi gerekmiyor. Bu da robot kullanmanın en büyük dezavantajlarından birini çözüyor. Bu makineleri satın alması, kurması ve programlaması pahalı; bu yüzden yatırımın kendini çıkarması çok uzun zaman alıyor. Ne var ki geleneksel endüstriyel robotlarda bir insan işgücünün

esnekliği ve uyum yeteneği yok. Bir fabrikada veya depoda süreçler ne zaman değişirse ki bu çok sık, bazen birkaç aydan birkaç aya olabilir, robotların tekrar programlanması gerek; bu da hem zaman alıyor hem de pahalı. Bu ortamlarda yaygın robot kullanımından imtina edilmesinin başlıca unsurlarından biri bu durumdu. Üyelik hizmeti olarak robotlar yaklaşımı, yeni görevler için hızla robotları eğitme becerisiyle birlikte, insan işçiler kadar uyum yeteneğine sahip robotlar içeren bir geleceğe yaklaştığımızın açık kanıtı. Muhtemelen bu da çok geniş bir endüstri yelpazesinde oyunu değiştirecek.

Bu işletme modelinin faydalarını fark eden tek şirket Vicarious değil. Avustralyalı otomasyon teknolojisi şirketi Knapp da benzer bir yaklaşımı benimsedi, o da Covariant yazılımından güç alan robotları kullanıyor. Ocak 2020'de Knapp yöneticisi Peter Puchwein, *New York Times* gazetesine şirketin stratejisini açıkladı: Robot fiyatlarını sürekli olarak insan işçi istihdam etme maliyetinin altında tutacaklar. Örneğin "Bir şirket bir işçiye yıllık 40 bin dolar ödüyorsa Knapp yaklaşık 30 bin dolar fiyat verecekti." Puchwein, *Times* gazetesine, "Biz öylece fiyatı aşağı çekeceğiz," dedi. "Temelde iş modelimiz bu. Müşteri açısından seçim yapmak zor olmayacak."[26] Elbette düşük maliyetlerin yanı sıra şu olguları da düşünmeli: Robotlar tatile çıkmaz, hastalanmaz, işe geç kalmaz; genelde insan işçiler varken karşılaşılan hiçbir yönetim meselesi ve diğer zahmetli meseleler de robotlarda söz konusu olmaz.

Robotların çevikliği çok daha fazla artsa, insan düzeyine yakın kapasitelere ulaşsa bile bu makinelerin evlerde tüketici ürünü olarak kullanılabilecek kadar ucuzlamasına daha çok zaman olacak. Ne var ki fabrika ve depo gibi ortamlarda, yani işlerin daha tahmin edilebilir olduğu, kârlılık ve verimlilik mantığı yüzünden işçilerle makineler arasındaki dengenin kaçınılmaz olarak bozulacağı yerlerde yıkım çok daha önce yaşanacak. Daha önce gördüğümüz üzere robotlar fiziksel manipülasyonda beceri

kazanmakla kalmıyor, daha esnek ve daha uyumlu da oluyorlar. Bu da elektronik imalatı gibi alanlarda bile robot kullanılma ihtimalini daha da artırıyor ki bu alanlarda yeni ürünlere yer verecek biçimde üretim hızını değiştirme becerisi hayati önem taşıyor. Muhtemelen bu da yapay zekânın elektrik benzeri bir kamu hizmetine evrimi öyküsünde önemli bir bölüm teşkil edecek, ardından yapay zekânın ahtapot benzeri dokunaçları ekonominin neredeyse her veçhesine uzanacak.

Bunların istihdam açısından olası etkileri nihayetinde çok önem kazanacak. Ne de olsa çevrimiçi alışveriş, görece yakın zaman içerisinde geleneksel perakende sektörüne yıkım getirdi. Ancak bu süreçte depo ve dağıtım merkezleri iş yaratımında önemli noktalar teşkil etti. Dolayısıyla giderek etkisi artan bu ekonomik gerileme döneminden toparlanacağımız süreçte bunların hepsi uygulamaya geçerse toplumda ve ekonomide gözle görünür sonuçlar yaratabilir. Benzer biçimde koronavirüs veya bir daha pandemi gelecek korkusu etkili olmayı sürdürdükçe robotik üretim sosyal mesafe gereğinden veya hasta düşen işçiler yüzünden oluşabilecek problemlere cazip bir çözüm sunabilir. Yapay zekâ ve robotiğin işlere ve ekonomiye etkisini çok daha kapsamlı biçimde Altıncı Bölüm'de inceleyeceğiz.

GELENEKSEL PERAKENDE VE FAST FOOD SEKTÖRÜNDE YAKLAŞAN YAPAY ZEKÂ DEVRİMİ

3 Aralık 2019'da *Bloomberg*'de "Robots in Aisle Two" ["İkinci Koridordaki Robotlar"] başlıklı bir makale yayımlandı. Bu makale ABD'deki fiziksel mağaza sahibi perakende şirketlerinde yapay zekâ, robotik ve otomasyon kullanımının artışını inceliyordu. İş dünyası muhabiri Matthew Boyle'un yazdığı makale, Amazon'un kendi pazarlarına korkuyla beklenen girişinden kaynaklı ve muhtemelen bu sektörlerde bir varoluş sancısı yaratacak

tehdidi savuşturma amacıyla özellikle büyük market zincirlerinin yeni teknolojileri benimsemeye yönelik ilgisinin altını çiziyordu. Ağır hareket eden market endüstrisinde en son büyük inovasyon, 1970'lerin sonunda barkod tarayıcıların kullanımı olmuştu. Lakin bu endüstri artık diğer yeni YZ merkezli teknolojilerde; "raf tarayıcı robotlar, dinamik fiyatlandırma yazılımı, akıllı market sepetleri, mobil ödeme kasası sistemleri ve mağazaların arkasında otomatik mini depolar" teknolojilerinde alelacele deneyler yapıyordu.

Yine de makalede sözleri alıntılanan bu sektörün içinden bir kişi orta yolcu bir tutum sergiliyordu. Şirket CEO'su, "Target mağazalarında çok yakında robotlar göremeyeceksiniz. İnsani dokunuş hâlâ gerçekten önemli..."[28] diyecekti. Bu makalenin *Bloomberg* web sitesinde yer almasından aşağı yukarı iki gün önce, ilk belgelendirilmiş COVID-19 vakası Çin'in Wuhan eyaletinde ortaya çıkmıştı. Sonraki birkaç ay içerisinde "insani dokunuşa" atfettiğimiz değere dayalı tüm hesaplar elbette sıfırlandı ve bir zamanlar akla hayale gelmeyecek bir hızla yeniden ayarlandı. İnsan işçilerin müşteri trafiğiyle doğrudan temaslı olduğu tüm ortamlarda, koronavirüs krizinin otomasyona yönelik baskıya belirgin ölçüde ivme katacağına pek kuşku yok. Bu yalnızca sosyal mesafe ve hijyen kaygılarının değil, virüsün ortaya çıkardığı ekonomik gerilemenin ardından kaçınılmaz biçimde verimliliğe ihtiyacın büyümesinin de sonucu. Mevcut kriz tarihe karışsa bile ki herkesin etkin aşıya ve tedaviye ulaşabilmesi sağlanmadan bunun gerçekleşmesi neredeyse imkânsız, bu trendin dikkate değer ölçüde geri döndürülemeyeceği ortaya çıkabilir.

Yerel marketlerden ulusal ve bölgesel zincirlere perakendeciler özel görevleri gerçekleştirme kabiliyetine sahip robot kullanımına doğru agresif hamleler yapar oldu. Örneğin otonom yer temizleme robotu üreticisi Brain [Beyin] Şirketi, koronavirüs krizi yüzünden mağazalarda her gece teferruatlı temizlik gereği acil önem kazanınca ciddi bir satış sıçraması yakaladı. Walmart'ın

2020 sonuna dek ABD'deki 1.800 mağazasına bu makineleri yerleştirmesi bekleniyor. Bu perakende devi ayrıca yeni gelen kalemleri kamyondan indirilirken ilgili departmanlara göre düzenlemeye yardımcı olan sıralama makineleri de kullanıyor. Benzer biçimde perakendeciler mağaza koridorlarını gezerek envanter tarayan robotlara yatırım yapıyor. Walmart on beş kamerayla donanmış, 1,80 metre boyundaki bu makinelere sahip olmayı planlıyor. 2020 yazına kadar en az bin adet alınacak bu makineler otonom olarak rafları inceleyecek, ürün barkodlarını tarayacak.[20] Robotların derlediği veriler, mağaza envanterini takip eden algoritmalara aktarılacak; bunlar da işçilere belli kalemleri hemen tekrar raflara yerleştirmek gerektiği uyarısını verecek. Analizler gösterdi ki stokta kalmayan kalemler doğrudan daha düşük mağaza satışlarıyla ilintili; yani envanter robotları müşterilere daha iyi bir deneyim sunarken ânında kârlılığı da artırıyor. Gerçekten de makine öğrenmesi algoritmaları envanter düzeylerinden ürün seçimine, mağazalardaki belli ürünlerin yerleştirilmesine kadar her şeyi yönetmede kullanılıyor. Tümü, fiziksel mağazalarda çalışan perakendecileri de Amazon'un çevrimiçi perakende satış işletmesinde son derece etkin bir kaldıraca dönüştürdüğü yapay zekâdan faydalanmaya itiyor.

En yeni trendlerden biri, geleneksel mağazaların arkasında "mini sipariş merkezlerinin" bütünleştirilmesi. Takeoff Technologies veya İsrail merkezli Fabric de dâhil olmak üzere bir dizi yeni teknoloji şirketince kurulan bu tesisler, pek çok açıdan Ocado gibi şirketlerin kurduğu çok daha büyük dağıtım merkezlerinde bulunan robotik sipariş hazırlama kapasitesiyle kıyaslanabilir. Bu mini sipariş merkezleri market mağazalarının etkin biçimde çevrimiçi teslimat operasyonlarını yürütmesini, haftada dört bine kadar sipariş hazırlamasını sağlıyor.[31] Bu teknoloji, çevrimiçi operasyonları ana mağazalardan ayrı tutarak mağaza çalışanlarının muhtemelen kalabalık mağaza koridorlarından kalemleri almaya

gitmemesini; bir yandan da koronavirüs tuvalet kâğıdı paniği çağında, mağaza müşterilerinin envanter baskısını azaltmayı sağlıyor. Mini sipariş merkezlerinde büyük ve tek başına yeterli maliyet avantajı sağlayan ölçek ekonomileri mevcut değilse de ön sermaye harcaması ve bunları var olan mağazalarla bütünleştirmek için gerekli zaman elle tutulur ölçüde azalıyor. Bunlar bağımsız mağazalar veya daha ufak zincirler için önemli avantajlar...

Genelde perakende ortamlarda kullanıma sokulan robotlar, depolarda veya fabrikalarda bulunanlarla aynı güçlü noktaları ve kısıtlamaları sergiliyor. Bu makineler mağazanın arkasında verimli biçimde hareket edip malzemeleri sıralıyor, yerleri temizleyip ürün barkodlarını tarayarak koridorlarda geziniyor. Şimdilik yapamadıkları şey gerçekten raflara ürün stoklamak. Daha yaygın bir robotik devrimi bastıran temel kısıtlama çoğu kez çeviklik değil. Robotlar henüz bir depodaki raflardan çok çeşitli kalemleri nasıl toplayamıyorsa aynı biçimde perakende raflarında ürün yerleştirme gibi daha hassasiyet isteyen bir işe de hazır değil. Elbette bu gerçekten çevik robotlar gelmeye başlayınca değişecek.

Genel perakende işletme modelinin değiştiğini de önemle belirtmeli. Çoğu fiziksel mağaza, Amazon'un ve diğer çevrimiçi perakende satıcıların yılmak bilmez baskısı altında. Satışların geleneksel perakende satış ortamlarından e-ticaret hizmeti sağlayanların yönettiği daha kitlesel, daha otomatik dağıtım merkezlerine kaymaya devam etmesi kaçınılmaz gibi. Market sektöründe bile çevrimiçi sipariş ve teslimat yaygınlaşmaya başlıyor, zaten koronavirüs krizinin zirvesinde neredeyse herkes evde kaldığından ciddi bir ivmelenme yaşandı. Müşteri tercihlerindeki bu kaymanın kalıcı olup olmadığını zaman gösterecek ama müşteriler bir kez market ürünlerinin kapılarına gelmesi rahatlığına alıştı mı bu dönüşüm hayli kalıcı olacak gibi. Bu da perakende market mağazalarının genel manada yeniden yapılandırılmasına yol açabilir. Mağazanın gerisindeki otomatik operasyonlar görece

daha fazla önem kazanabilir; hem mağaza alanı hem de müşterilerin alışveriş yaptığı koridorlara ayrılan ürün envanteri kademeli olarak azalabilir. En nihayetinde özünde teslimat veya ürün toplama amacıyla ânında sipariş hazırlama hizmeti sunan depolara dönüşmüş market mağazalarının ortaya çıkışını görebiliriz. Belki de bunlarda müşterilerin siparişi bir kiosk veya mobil aygıtlarla yapmadan önce ürünleri görebileceği ufak alanlar olacak.

Perakende satış otomasyonunda özel önem arz eden bir trend ne robotik çeviklik gerektiriyor ne de hareket eden bir parça. Bu tümüyle yeni bir perakende modeli: kasiyersiz mağazalar. Alışveriş yapanlar öylece içeri girip raftan ürünleri alıyor; sonra bir ödeme sırasına, kasiyere, hatta açıkça görünür bir ödeme mekanizmasına bile denk gelmeden mağazadan çıkıyorlar. Bu kavram ilk kez 2018'de, Amazon Go'nun marketlerinde ortaya çıktı. Müşteriler yaklaşık 185 metrekarelik bu mağazalara akıllı telefonlarında bir uygulamayı çalıştırıp, metrolarda görebileceğiniz türden bir turnikeden geçerken uygulamayı taratarak giriyorlar. Mağazaya girdikten sonra raftan ürünleri öylece alıp doğrudan alışveriş torbalarına yerleştiriyorlar. Tümünü mümkün kılansa mağazanın bir ucundan diğer ucuna tavanda kümelenmiş sensör ve kameralarla harika bir sentez yaratan teknoloji... Kameralar ürünler raflardan alınırken doğru biçimde onları takip edebiliyor. Mağaza koridorlarında hareket eden, ürün seçen her müşterinin satın aldıkları bir veriye dönüşüyor. Ürünleri güvenle takip için bu veriler görüntü tanıma kapasitesine sahip derin öğrenme sistemlerince işleniyor. Amazon bu teknolojiye dair ayrıntıları sır gibi saklıyor.

Teknoloji kusursuz değil, bazı kayıplar oluyor ancak sistemi bile isteye kandırmak olağanüstü zor... Örneğin müşteriler bir kalemi alıp geri rafa, belki de başka bir noktaya koysa, sonra tekrar alsa bile satın alma işi yine de doğru biçimde tasnif ediliyor. Bir kalemi almadan önce gizlemek veya alışveriş torbası yerine hızla cebe indirmek gibi apaçık hırsızlık girişimleri bile nadiren

başarılı oluyor. Alışveriş yapan kişi mağazayı yine turnikeden geçerek terk etti mi satın aldıklarının ücreti otomatik olarak müşterinin Amazon hesabına geçiriliyor.[32]

Amazon büyük ABD şehirlerindeki yirmi altı konumda Go marketlerinden açtı. Bir rapora göre nihayetinde ABD'nin bir ucundan bir ucuna yaklaşık üç bin mağaza açmayı planlıyor.[33] Şubat 2020'de şirket ilk tam boyutlu kasiyersiz marketini açacağını ilan etti. Seattle banliyösündeki Capitol Hill'de konuşlanan bu süpermarket yaklaşık 930 kilometrekare ve aşağı yukarı beş bin kalem ürünü barındırıyor. Her zaman olduğu üzere Amazon bu işte en yüksek profilli oyuncu olsa da bazı yeni kurulan teknoloji şirketleri de pazara benzer teknolojileri sunma yarışında. Örneğin Accel Robotics Aralık 2019'da ilk "al-git" teknolojisine fon sağlamak üzere 30 milyon dolarlık risk sermayesi buldu. Trigo, Standard Cognition ve Grabandgo gibi diğer yeni kurulan teknoloji şirketlerinin tümü de yatırımcılardan 10 milyon dolarlık yatırım topladı.[34] Söylendiğine göre Amazon da kendi teknolojisini diğer perakendecilere lisansladı.[35] Bir başka deyişle, kasa koridorları olmayan mağazalara güç veren teknolojide, son derece canlı ve rekabeti yüksek bir pazar oluşumunun eşiğindeyiz. Bunlar ortadayken var olan çeşitli perakendecilerin de yeni modeli benimseme yoluna gideceğini tahmin edebiliriz.

Şayet kasiyersiz mağazalar hız kazanırsa büyük bir endüstriyel yıkım yaratma potansiyeli var. En nihayetinde yalnızca ABD'de bile üç buçuk milyondan fazla kasiyerin işi dikkate değer bir risk altına girecektir. Ödeme sırasında beklememenin yarattığı rahatlık ve zaman tasarrufunun ötesinde, bu mağazalar özellikle koronavirüsün şekillendireceği geleceğe çok iyi uyabilir; ne de olsa bir insan işçiye yakınlaşmaya gerek olmadan tamamen temassız ödeme imkânı sunuyor. Kaderin cilvesine bakın, Amazon koronavirüs ortaya çıkınca çoğu Go mağazasını geçici olarak kapattı; belki de bunun sebebi mağazaların çok popüler olması, uzun alışveriş

sıraları yaratmasıydı. Gelgelelim uzun vadede bu teknoloji, sosyal mesafenin geçici bir süre için de olsa büyük önem taşıdığı bir dünya için ideal gibi.

Bence robotik otomasyonun görece yakın gelecekte önemli etki yaratacağı bir başka sektörse fast food endüstrisi. Örneğin McDonald's dünyanın her yerindeki restoranlarına dokunmatik ekranlı sipariş kioskları yerleştirmek üzere büyük bir hamleye girişti. Söylendiğine göre, şirket 2019'da bu makinelere neredeyse bir milyar dolar harcadı; dahası bunları ABD'deki neredeyse tüm konumlara yerleştirmesi bekleniyor.[36] Otomasyonlu kiosklar daha şimdiden McDonald's'ın Avrupa restoranlarının neredeyse tümünde görülebilir.

Restoranların arka kısmındaki pişirme ve yemek hazırlama işinin otomasyonunun da yakın gelecekte artması bekleniyor. Bu işler zaten büyük oranda vasıfsızlaştırılmış ve bir dizi fazla rutin göreve bölünmüş durumda. Bu endüstri stratejisinin bir parçası: maaşları düşük tutmak ve zaten 2019'da yüzde 150 kadar yüksek düzeydeki çalışan değişim oranlarına uyum sağlamak.[37] Bu işlerin mekanik yapısı, işçilerin yerine kademe kademe otomatik makineler getirmeyi son derece uygun kılıyor.

Bunun şimdiye kadarki en başarılı örneklerinden biri de merkezi San Francisco'da olan Creator Şirketi. Şirketin bu şehrin South of Market bölgesindeki ilk restoranındaki son derece gelişmiş ve estetik bir tasarıma sahip robot, her otuz saniyede bir gurme işi hamburger yapma becerisine sahip... Müşteriler hamburgerlerini bir mobil uygulama kullanarak özelleştirip siparişlerini verebiliyorlar. Ardından robot hamburger üretim işini başından sonuna tamamen otomatik hallediyor. Bu süreçte hiçbir insan yemeğe dokunmuyor. Makine de insan aşçıların çalıştığı en üst kalite restoranlarda bile denk gelemeyeceğiniz özellikler ekliyor. Her hamburgerde kıyma taze çekilmiş, peynir taze rendelenmiş, ekmekler hamburgere göre dilimlenmiş, sebzeler siparişe göre

kesilmiş oluyor. Creator, hamburgerlerini 6 dolara satıyor; benzer kalitede başka bir restoranda ödeyeceğinizin yaklaşık yarısına tekabül ediyor bu rakam. Şirketin stratejisi ise ucuz robotik hamburger üretimi değil, yemek kalitesine daha çok yatırım yapmak üzere emek maliyetlerini düşürmek. Creator maliyetlerin yaklaşık yüzde 40'ını yemeğe ayırıyor; bildik bir restoranda ise bu, yüzde 30 olabilir.[38]

Buradan gurme işi hamburger üretiminde tam otomasyona sahip bir makine geliştirip üretmenin nafile bir çaba olmadığını görüyoruz. Creator 2012'de kuruldu. Ben de o sıralar adı Momentum Machines olan bu şirketten 2015 tarihli *Robotların Yükselişi* kitabımda bahsettim. Şirketin robotunun üretime hazır olmasından önce altı yıllık bir donanım ve yazılım mühendisliği, tasarım ve test aşaması gerekmişti. San Francisco'daki restoransa Haziran 2018'de açıldı. Ancak Google Ventures'dan ve Silikon Vadisi'nin diğer risk sermayesi şirketlerinden fon alan şirket şimdilerde hızla genişlemeye veya teknolojisini diğer restoranlara lisanslamaya hazırlanıyor olabilir.

Üst kalite hamburgerlerini üretmede otomasyonu kaldıraç olarak kullanma stratejisine sahip Creator'a yakında başka yeni kurulan teknoloji şirketleri de katılacak, bunlarsa ucuza metalaştırılacak hamburger üretmek üzere robot geliştirecek. Bence en nihayetinde büyük fast food zincirlerinin yanı sıra ufak bağımsız restoranların da bu teknolojileri sunması kaçınılmaz... Bir kere bir büyük oyuncu bu teknolojiyi sunup sermayeye çevirebildi mi rekabet dinamiği yüzünden otomasyonun yaygınlaşacağı neredeyse kesin...

Üstelik bu etki yalnızca hamburgerlerle kısıtlı kalmayacak. Girişimciler pizzadan taco'ya, en sevdiğiniz kahveye kadar her şeyin üretiminde robot kullanmanın etkili yollarını bulacak. Elbette koronavirüsün ardından böylesi ortamlarda müşterilerin robotlardan ziyade insan çalışanlarla etkileşimi istediklerine dair

geleneksel düşünce bir nebze altüst olabilir. Hiç insan teması olmadan tam hazır bir yemek üretebilen bir makine birden önemli pazarlama avantajları sunabilir. Ben bu satırları yazarken dünyanın her yerindeki restoranlarda hizmet büyük oranda paket servisiyle kısıtlıydı. Kriz ilerledikçe müşteri tercihi kalıcı biçimde paket servisine kayarsa bu da insan etkileşiminin sunduğu tüm avantajları daha da kısacak, restoranların iş modellerini ve maliyet yapılarını değiştirecek ve muhtemeldir ki endüstrinin her alanında otomasyona geçişi hızlandıracak.

SAĞLIKTA YAPAY ZEKÂ

1970'ten 2019'a, neredeyse yarım yüzyıl boyunca ABD'deki sağlık harcamalarının gayrisafi yurt içi hasılada yüzdesi iki kattan fazlasına, yaklaşık yüzde 7'den kabaca yüzde 18'e ulaştı.[39] Diğer gelişmiş ülkelerin sağlık harcaması grafiklerinde de yukarı bir eğim görülse bile oran bu kadar aşırı değil; üstelik şimdiki harcama miktarları ABD'den daha düşük... Ancak gelişen hikâye aşağı yukarı aynı... Örneğin Almanya, İsviçre ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde aynı dönem zarfında GSMH'nin yüzde olarak sağlık harcaması en az iki katına çıktı.[40] Bu küresel trendin ardındaki başlıca itici güç "maliyet hastalığı" veya Baumol etkisi olarak biliniyor. Bu fenomeni araştıran ekonomist William Baumol ve William Bowen, 1966 tarihli kitaplarında bu adı kullandılar ve performans sanatları sektöründeki maliyet hastalığına odaklandılar.[41]

Maliyet hastalığının ardındaki ana mesele, ekonominin sağlık ve yüksek öğrenim başta gelmek üzere belli sektörlerinde son derece vasıflı işçilerin olması; bu kişilerin işlerinin rutin ve ölçeklenebilir olmaması. Bunun sonucunda bu sektörlerde ekonominin genelinde ortaya çıkan üretkenlik artışları gözlenmez. Örneğin fabrikalarda otomasyon hiç durmadan ilerledikçe imalat işçisi bireylerin emekleri büyük oranda etkisini artırır. Aynısı perakende

ve fast food gibi sektörler için de geçerli... Yeni teknolojinin yanı sıra daha verimli işyeri örgütlenmesi, yönetim teknikleri ve işletme modelleri (bunlara "büyük kutu" biçimli mağazalar ve çevrimiçi alışverişin ortaya çıkışı da dâhil) sunuldukça üretkenlik de arttı. Ne var ki sağlık bakımından doktorların, hemşirelerin ve diğer vasıflı profesyonellerin bireylere tek tek ilgi göstermesi gerekiyor. Şurası kesin: Yeni bilgilerle ve teknolojiyle bakım kalitesi arttı, hasta bakımında çok geniş çıktı yelpazesinde iyileşme sağlandı. Ne var ki bu, şimdiye dek, fabrika işçilerinde gördüğümüz gibi, sağlık işçilerinin çabalarındaki çıktıları katlamadı. Her hâlükârda sağlık sektöründeki maaşların da daha üretken endüstrilerdeki işçilerin kazançlarıyla uyumlu artması gerekti. Bu olmasaydı doktorlar, hemşireler mesleklerini bırakır (yahut bu alana hiç girmez), başka yerlerde daha cazip fırsatlar ararlardı. Bunun sonucunda sağlık maliyetleri ekonomiden giderek daha büyük pay almaya başladı.[42]

Yapay zekâ açısından en büyük fırsatlardan (ve zorluklardan) biri sağlık maliyeti hastalığına bir deva bulmak. Yapay zekâ, sağlık endüstrisinin her alanında üretkenlik artışını ölçekleyerek en sonunda sağlık harcaması eğrisini büküp indirecek teknoloji olduğunu kanıtlayabilir mi? Bu henüz gerçekleşmediyse de YZ'nin uzun vadede önemli etki yaratacağına iyimserlikle bakmanın bazı haklı gerekçeleri var.

Robotlar şimdiden hastaneleri basmış durumda ama bu robotlar da depo ve perakende ortamlarında gördüğümüz aynı temel kısıtlamalara tabi... Örneğin dezenfektasyon robotları hızla popülerleşiyor. Bu makineler hastanedeki bir odanın sanal haritasını çıkarabiliyor, ardından hastanede otomatik olarak kendilerine yön çizerek her yüzeye yoğun morötesi radyasyon yayıyor. Bir insan işçinin aksine robot asla temizlenmedik yer bırakmıyor. Morötesi ışık virüslerin ve bakterilerin RNA'larını veya DNA'larını hızla yok ediyor, böylece bildik bir odayı yaklaşık on beş dakikada

dezenfekte edebiliyor. Bu sürecin sıvı dezenfektanlardan belirgin ölçüde daha etkili olduğu kanıtlandı. Özellikle de bu kimyasallara direnç kazanacak biçimde evrim geçirmiş, antibiyotiğe dirençli en tehlikeli bakterilerin bazılarına karşı çok daha etkililer... Merkezi San Antonia'da yer alan dezenfektasyon robotu imalatçısı Xenex, koronavirüs pandemisinin ilk üç ayı içerisinde dezenfektasyon robotları talebinde yüzde 400 artışla karşılaştı.[43]

Hastanelerdeki diğer robotlarsa kendi başlarına koridorlarda ve asansörlerde gezerek ilaç, yatak örtüsü ve tıbbi malzeme dağıtıyor. Bu robotlar ağır yükleri taşıyabiliyor, bataryaları dolsun diye belli aralıklarla şarj istasyonlarına dönüyor. Benzer biçimde büyük hastanelerde kullanılan devasa eczane robotları hatasız biçimde reçetelerdeki binlerce ilacı hazırlayıp dağıtabiliyor. Bu robotlar hastanelerde verimliliği artırdı, yanlış ilaç verilmesinden kaynaklanan sorunları da azalttı. Makineler bu süreci tümüyle otomatikleştiriyor: Bir hekimin hastane bilgisayar sistemine ilaç siparişini girdiği andan robotun ilacı paketleyip üzerine barkodlu takip etiketi yerleştirmesine dek hiç kimse ilaca dokunmuyor. Sistem aynı zamanda eczane envanterini de takip ediyor, günlük olarak yeni ilaç taleplerini otomatik oluşturuyor.

Bunlar önemli ilerlemeler ama yine de sağlık bakımı ortamında yapılması gereken işin en rutin veçheleriyle kısıtlı... Doktorların ve hemşirelerin yapması gereken son derece yüksek beceri gereken müdahaleleri ölçeklendirebilecek robotlar mevcut değil. Da Vinci sistemi gibi cerrahi robotları çok yaygınlaştı, cerrahların kapasitelerini güçlendirebiliyor ama bu makineler otonom değil. Bunun yerine ameliyatı yapacak doktor şimdi robotu manipüle ediyor. Hasta sonuçlardan memnun kalsa bile cerrahi robotlar, cerrahın ve ona eşlik eden tıp ekibinin harcaması gereken zamanı da ciddi oranda azaltmıyor. Doktorların ve hemşirelerin gerçekleştirdiği manipülatif işler yapay zekâ için olağanüstü zorluk teşkil ediyor; çünkü aşırı çeviklikle beraber

problem çözme becerisi, kişiler arası beceriler, bunların yanı sıra her koşulun ve her hastanın benzersiz olduğu, öngörülemez bir ortamı idare etme becerisi gerektiriyor. Fiziksel sağlık robotları söz konusu olduğunda fabrikalarda ve depolarda gördüğümüz üretkenlik ölçeklendirme etkisine kavuşmak uzak bir gelecekte olabilir. Bu iş için yalnızca robotların çevikliğinin son derece gelişmesi yetmeyecek, muhtemelen ya yapay genel zekâ ya da ona çok yakın bir şey de gerekecek.

Fiziksel robotların kısıtlamaları ortadayken yakın dönemde sağlıkta YZ etkisinde gerçek ve önemli bir etkiyi hareket etmeyen kısımlar içeren etkinliklerde göreceğiz. Bir başka deyişle yapay zekâ etkisini bilgi işlemede, teşhis veya tedavi planı geliştirme gibi tümüyle entelektüel çabalarda gösterecek. Görüntü işleme teknikleri kullanarak tıbbi görüntülerin yorumlanması özellikle umut vadeden bir alan... Bazı çalışmalar gösterdi ki çoğu durumda derin öğrenme sistemleri insan radyologların kapasitesini yakalayabiliyor, hatta bunu aşabiliyor. Örneğin 2019'da Google'dan ve çeşitli tıp fakültelerinden gelen bir ekibin yayımladığı bir araştırma, bilgisayarlı tomografi taramalarını inceleyip akciğer kanserine teşhis koymada bir derin öğrenme sisteminin radyologlardan daha iyi sonuçlar ürettiğini gösterdi. Google'ın sistemi, hastaya ait önceki bir bilgisayarlı tomografi taramasının olmadığı durumlarda %94,4 kesinliğe ulaştı; hatta kıyaslama yapılabilecek önceki bir görüntüleme mevcutsa "radyologlarla aynı düzeyde" sonuç verdi.[45]

Benzer biçimde, koronavirüs pandemisi hastaneleri çalışamaz hâle getirmek üzereyken bazı acil durumlarda radyoloji YZ sistemleri kullanıldı. COVID-19 testi eksikliği çekildiği sıralarda, göğüs röntgeni genelde virüs kaynaklı zatürreye dair kanıtları sunduğundan önemli bir alternatif teşhis tekniğine dönüştü. Radyologlar bu görüntüleri incelemeye uğraşırken yaşanan gecikmelerden ötürü, bazı hastanelerde altı saatlik iş birikmeleri

yaşandı. Bu durumu çözmek üzere iki YZ teşhis aracı imalatçısı, merkezi Bombay'da yer alan Qure.ai ve Lunit adlı Kore şirketi koronavirüse odaklanacak biçimde sistemlerini hızla kalibre etti. Bir araştırmanın bulgularına göre, Qure.ai'nin sistemi, COVID-19'u zatürreye sebep olan diğer nedenlerden yüzde 95 kesinlikle ayırabiliyordu.[46]

Böylesi sonuçlar yapay zekâya duyulan şevki öylesine artırdı ki bazen olgu, hakkındaki mübalağalardan ayrılamaz hâle geldi. Hatta bazı derin öğrenme uzmanları arasında, YZ sistemlerinin görece yakın gelecekte tamamen insan radyologların yerine geçeceğine dair bir kanı oluştu. Derin öğrenmenin belki de en bilinen savunucularından ve Turing Ödülü sahibi Geoffrey Hinton 2016'da şöyle diyecekti; "Artık radyolog yetiştirmeyi bırakmalıyız," çünkü "derin öğrenmenin beş yıl içinde radyologlardan daha iyi sonuç vereceği apaçık ortada." Hinton, doktorları, *Roadrunner* çizgi filmindeki Wile E. Coyote ile kıyaslıyordu. Bu karakter aşağı bakıp bir uçurumdan düştüğünü anlayana dek kendisini "uçurumun kenarını çoktan aşmış" bir hâlde buluyordu.[47] Ben bu satırları yazarken Hinton'ın beyanından bu yana dört yıl geçmişti; radyologların işsiz kalacağına dair henüz bir emare yok. İşin aslı radyologlar kendi mesleklerinin çok yakında buharlaşacağına dair iddiaya sert itirazlar getiriyor. Eylül 2019'da Stanford Tıp Fakültesi Radyoloji Bölümü doktorlarından Alex Bratt, bu görüşe dair yorumlarını şu başlıkla yayımladı; "Why Radiologists Have Nothing to Fear from Deep Learning" ["Radyologların Niçin Derin Öğrenmeden Korkacağı Bir Şey Yok?"]. Bratt makalesinde derin öğrenmeden güç alan radyoloji sistemlerinin esneklikten ve bütüncül akıl yürütmeden yoksun olduğunu, genelde basit vakalarla sınırlı kaldığını savunuyordu. Bratt'e göre bu sistemlerin "klinik notları, laboratuvar değerleri, önceki görüntülemeleri" ve benzer bilgileri bütünleştirme becerisi yok. Bunun sonucunda teknoloji şimdiye kadar "klinik bilgiye veya

önceki çalışmalara erişim olmaksızın, tek bir görüntüleme (veya bazı bitişik bölge görüntülemeleri) kullanılarak yüksek özgüllük ve duyarlılıkla tespit edilebilecek varlıklarla" sınırlı başarı kaydedebildi.[48] Bence Geoffrey Hinton bu kısıtlamaların da en nihayetinde aşılabileceğini savunacak, muhtemelen uzun vadede de haklı çıkacak. Ancak şimdilik bunun bir anda gelişen bir yıkımdansa kademeli bir süreç olacağını düşünüyorum.

Buna ek bir olgu daha var: Radyologların veya diğer tıp uzmanların işsiz kalmasını zorlaştırabilecek, teknoloji kapasitesinin de ötesinde aşılması zor çok çeşitli engeller var. Sağlık işinin neredeyse her veçhesinde ağır düzenlemeleri mevcut, bazı durumlarda yetkileri üst üste binen çok sayıda kuruluş var. Ruhsatlı hekimleri tümden devreden çıkarmak öyle çok kolay başarılabilecek bir iş değil. Amerika Tıp Derneği gibi kuruluşların gücü, doktorlara diğer işçi tiplerine göre kıyasla daha fazla kendi kaderini belirleme hakkı veriyor. Bir de önemli hukuki yükümlülük meseleleri var. Bir hasta açısından kötü sonuç yaratacak bir hata, kolaylıkla bir tıbbi uygulama hatası davasına yol açabilir. Şu an bu yükümlülük binlerce doktora dağıtılmış durumda. Şayet doktorların işleri, cebi derin bir kuruluşun geliştirip pazarladığı bir aygıtla veya algoritmayla gerçekleştirilirse o zaman hukuki yükümlülük de tek bir kuruluşta toplanacak; bu da o tek kuruluş açısından muhtemel bir dava seli demek. Bu meselelerin hepsi uzun vadede çözülebilse de bence öngörülebilen gelecekte mesele YZ'nin radyologların yerine geçip geçmeyeceği değil, onların verimliliklerini önemli ölçüde artırıp artırmayacağı. Şayet derin öğrenme, radyologların belli bir zaman diliminde incelediği görüntü sayısında önemli bir artış yaratırken bir yandan da hata oranını en aza indirgeyebilecek ânında ikinci görüş özelliği de sunabilirse işte bu tek tek doktorların verimliliğini katlayabilir; zaman içerisinde de tıp öğrencilerinin hizmetlerine yönelik doğal pazar talebine göre, onların tıpta farklı uzmanlıklar seçmelerine yol açabilir.

Elbette derin öğrenme algoritmalarının erişebildiği tek bilgi türü tıbbi görüntülemeler değil. Elektronik tıp kayıtlarına geçilince pek çok açıdan yapay zekâ uygulamalarına tam uyan devasa bir veri hazinesi de türetildi. Bu kaynağın verimliliği iyileştirecek, maliyetleri kısacak, daha iyi hasta sonuçları elde edecek biçimde kaldıraç olarak kullanılması sağlıkta YZ için en umut vadeden tek yakın vade fırsatını teşkil ediyor. Bazı çalışmalara göre, ABD'de başta gelen ölüm sebeplerinin üçüncüsü tıbbi hatalar, onu geçen iki sebepse kanser ve kalp hastalıkları. Her yıl neredeyse 440.000 Amerikalı önlenebilir hatalar sonucunda ölüyor.[49] Yanlış ilacın veya yanlış dozun verilmesinden doğan kazalar özellikle yaygın sebep...

2019'daki bir araştırmada, İsrailli yeni kurulan teknoloji şirketi MedAware'ın ürettiği bir YZ uygulaması, 2012-2013 arasında ABD'nin Boston kentindeki Brigham ve Kadın Hastanesi'nde gerçekleşen, sayısı neredeyse yedi yüz elli bini bulan hasta etkileşimini içeren tarihî bir veritabanını incelemede kullanıldı. Bu sistem veritabanındaki yaklaşık on bir bin hatayı işaretledi. Sonuç analizi MedAware yazılımının gerçek hataları ortaya çıkarmada yüzde 92 hassasiyete ulaştığını kanıtladı; yazılımın uyarı verdiği vakaların yaklaşık yüzde 80'i ise değerli klinik bilgi sunuyordu ve bu kazaların üçte ikisinden fazlası hastanede hâlihazırda var olan sistemlerle tespit edilemiyordu. Daha iyi hasta sonuçları elde etme ve yaşam kurtarma olasılığına ek olarak, söz konusu çalışma Brigham ve Kadın Hastanesi'nin doğrudan bu hatalardan kaynaklı tedavi masraflarından da 1,3 milyon dolar tasarruf edebileceğini gösteriyordu.[50]

En büyük ve bilinen kuruluşlar tarafından hasta verisinde yapay zekâ kullanımı uygulamalarından biri 2016'da gerçekleştirildi: DeepMind, Birleşik Krallık'ın Ulusal Sağlık Hizmetleri (USH) ile beş yıllık bir veri paylaşım sözleşmesi imzaladı. USH, DeepMind'a bir milyondan fazla hasta bilgisine erişim verdi.

Geliştirilen pilot uygulamada hasta kayıtlarını ve test sonuçlarını analiz edip, hastada akut böbrek hasarı oluşma tehlikesine karşı USH çalışanlarını hemen uyaran bir sistem de vardı. Dahası bir YZ sistemi, tıbbi taramalarda göz hastalıklarını bazı vakalarda doktorları aşan bir doğrulukla teşhis edebildiğini kanıtladı. Süreç umut vericiydi ama 2019'da ortaya çıkan bir ihtilafla bu sözleşme patladı; zira söz konusu program DeepMind'ın sahibi olan şirkete, Google'a aktarıldı. Bu teknoloji devinin USH hasta verilerine erişimi olacağı söylentisi bile ânında tepki doğurdu. Google'ın "Katı gizlilik politikaları uyguluyoruz, veri özenle anonimleştiriliyor," demesine rağmen bu tepki bastırılamadı.[51] Bu da yine teknoloji kapasitesinin ötesindeki unsurların sağlık alanında yapay zekâ kullanımını belirgin biçimde yavaşlatabileceğini gösteriyor. Söz konusu durumda bu unsur gizliliğe dair kaygılardı.

Sağlıkta yapay zekânın en şaşırtıcı başarılarından bazıları ise akıl sağlığı alanında gerçekleşiyor. 2017'de kurulan bir Silikon Vadisi teknoloji şirketi olan Woebot Labs, Alexa ve Siri'de kullanılana benzer bir doğal dil işleme teknolojisini, psikologların geliştirdiği özenle yazılmış sohbet unsurlarıyla birleştirerek bir sohbet botu geliştirdi. Woebot [Dertbotu] adındaki sohbet botunun yaklaşımı, esasında depresyon veya kaygı bozukluğundan mustarip hastalara yardım ettiği kanıtlanmış bilişsel davranış terapisini (BDT) otomatize etmek. Bu sohbet botunun kullanıma açıldığı hafta içerisinde bile elli binden fazla kişi bu uygulamayla sohbet etti. Şirketin kurucusu ve CEO'su olan Alison Darcy şunların altını çiziyor; "Diyelim ki saat sabahın 2'si, panikatak geçiriyorsunuz, yatağınızın başında bir terapist yok, zaten olmak da istemez. Ama Woebot yanınızda."[52] Gerçekten de sohbet botunun yirmi dört saat erişilebilir olması ki şu an ücretsiz erişim sağlayabiliyorsunuz, akıl sağlığı tedavisinde tümden yeni bir şey... Uygulama daha şimdiden kritik önem taşıyan bir boşluğu dolduruyor. ABD'de sağlık sigortası olan işçiler bile genelde akıl sağlığı

hizmetlerine kısıtlı erişime sahip... Durum, sağlık sistemlerinin standartların altında kaldığı çoğu gelişmekte olan ülkede daha da kötü... Devletlerin en temel tıbbi bakımı sunmada bile zorluk çektiği bölgelerde, çoğu vatandaş için bir akıl sağlığı uzmanına erişmek neredeyse imkânsız... Woebot'sa yüz otuzdan fazla ülkedeki insanla düzenli olarak sohbet ediyor. Bu kişilerin çoğu YZ'li çeviri araçları arayüzüyle yalnızca İngilizce sunulan bu hizmete erişip sohbet botuyla iletişim kuruyor.[53] Koronavirüs pandemisinin yarattığı ek stres ve kaygıyla daha da berbat bir hâl aldığı, akıl sağlığı krizinin giderek gözle görülebilir olduğu dünyamızda bu tür araçlar çoğu kişi için belki de en uygun çözümü sunuyor. Böylece sağlık alanı, YZ odaklı verimlilik iyileşmesinden, hem de ölçeklenebilir biçimde faydalanıyor. Bu iyileştirmelerin bir gün söz konusu endüstriyi tümden dönüştüreceğini umuyoruz. Tabii bence yapısı gereği en insani alan diye düşünebileceğimiz sağlık alanının bu faydaları sağlayan ilk alan olması ironik bir durum...

Belki de tıbbi yapay zekâda öngörülebilecek, gerçekten yıkıcı olabilecek ve çığır açacak en önemli gelişme genel teşhis ve tedaviye odaklı, kapsamlı ve güvenilir bir sistem olurdu. Bir başka ifadeyle buna "kutudaki doktor" diyebiliriz. Burada amaç, doktorların yerine geçmekten ziyade, en iyi hekimlerin becerisini ve deneyimini etkin biçimde herkesle paylaşarak doktorları güçlendirmek olurdu. Gelecekte güçlü bir teşhis YZ sisteminin, bir yandan doktorların verimliliğini artıracağını; diğer yandan en deneyimsiz yahut vasat hekim bile hastalarla yüz yüze gelince seçkin bir uzman hekim misali ona omzunun üzerinden sürekli tavsiyeler fısıldayacağını hayal etmek mümkün...

Oraya henüz varamadık, burası kesin. Hatta bu yola ilk kez girildiğinde olanlar bize bir uyarı öyküsü sunuyor. 2011'de Watson'ın *Jeopardy!* yarışmasından galip çıkmasının hemen ardından IBM agresif bir hamle yaptı. Sağlık endüstrisiyle diğer endüstrilere yönelik teknolojisini farklı amaçlara yönlendirdi ve

Watson merkezinde bir milyar dolarlık yeni bir işletme birimi kurdu. IBM'in vizyonu şuydu: Watson çok farklı kaynaklardan bilgiyi sindirecekti. Ders kitapları, klinik notlar, teşhis testleri ve genetik test sonuçları, bilimsel makaleler sel olup içine akacaktı. Ardından Watson insan üstü bir beceriye kavuşacak, işinde en mahir uzmanın bile gözünden kaçacak şeyleri görüp noktaları birleştirecek, bu sentez yeteneğini bir kaldıraç olarak kullanacaktı. IBM bu teknolojinin kanser benzeri karmaşık hastalıklarda kişisel tedavi planı geliştirmek gibi elle tutulur faydalar sunacağını umuyordu. Medyada Watson'ı cilalayan abartılı haberler çıktı: Watson "tıp fakültesine" gidiyordu, "kanseri yenmeye" hazırlanıyordu.[54] *Jeopardy!* yarışmasında nasıl galip geldiyse bunda da öyle galip gelecekti. Ne var ki bu aşırı abartıya rağmen, en azından şimdilik, Watson'ın elde ettiği sonuçlar pek iç açıcı değil. 2017'de Teksas Üniversitesi, MD Anderson Kanser Merkezi ki IBM'in burayla ortaklığı dillere pelesenktir, bu teknolojiden gerçek bir fayda bulamayınca Watson'la çalışmayı kesti.[55] Buna rağmen IBM'in güveni sarsılmadı, bu fikre yatırım yapmaya devam ediyor. Hem sayısı giderek artan yeni teknoloji şirketleri hem de Google gibi teknoloji devleri de bu fikre yatırıma devam ediyor. Gerçekten başarılı bir teknolojiyle sonuçlanacak yatırımın getirisi insanı afallatan türden bir boyutta olacağından, rekabetin kızışarak devam etmesi bekleniyor. Bence en nihayetinde başarıya ulaşılacak ama bu iş için gereken YZ teknolojilerinin, mevcut derin öğrenme yaklaşımlarının ötesinde olması muhtemel... Bir başka deyişle çığır açacak gelişmelerin bu alanın ön saflarında mücadele eden araştırmacıların peşine düştüğü genel zekâ türünden gelişmeler olması gerek. YZ'nin sınırlarında süregiden gelişmeleri Beşinci Bölüm'de ele alacağız.

En nihayetinde gerçekten kapasiteli, sağlam sistemler ortaya çıkarsa bence bu yepyeni bir tıp uzmanı sınıfını da doğuracak. Bu sınıftan kişiler, hastalar ve onaylı, düzenlemelerle denetlenen

tıbbi YZ sistemleri arasında arayüz görevi görmek üzere özel eğitimden geçmiş, lisans veya yüksek lisans eğitimli kişiler olabilir. Bu düşük maliyetli işçiler doğrudan hekimi ikame edemese de bir hekim gözetiminde çalışıp daha rutin vakaları ele alma becerisine sahip olabilir. Örneğin ABD'deki aile doktorları genelde aynı kronik rahatsızlıklardan mustarip hasta seli altında boğuluyorlar. Bu hastalıklar arasında en önemlileri obezite, yüksek tansiyon ve diyabet... Yapay zekâ ile el ele çalışan bu yeni pratisyen sınıfı söz konusu hasta yükünü azaltmada çok yardımcı olabilir, bir yandan da tedavinin coğrafi kapsamını genişletebilir. ABD'nin pek çok kırsal bölgesinde ciddi doktor eksikliği yaşanıyor, nüfusumuz yaşlandıkça bu durumun daha da kötüleşeceği kesin... Bu meseleleri çözmenin yanı sıra en sonunda sağlık hizmetleri maliyet sorununu da dizginleyecek verimlilik artışını da yakalamak için, bence tıbbi makine zekâsına daha da fazla bel bağlamak dışında pek bir şansımız yok.

SÜRÜCÜSÜZ ARABALAR VE TIRLAR: BEKLENENDEN UZUN BEKLEYİŞ

Elon Musk'ın 2020 sonunda bir milyon robotik taksinin faaliyete geçeceği vaadi, otonom araç endüstrisindeki aşırı abartının yalnızca en son örneklerinden. Belki de özellikle ABD'de otomobilin yaşam tarzının merkezinde yer almasından ötürü sürücüsüz araba kadar abartıya, mübalağaya konu olmuş başkaca yapay zekâ uygulaması yok. İleri Savunma Araştırma Projeleri Kurumu (DARPA) tarafından 2004 ve 2005'te düzenlenen büyük yarışmaların ardından bu endüstrinin ortaya çıkışıyla teknoloji hayret verici bir ilerleme kaydetti ancak aynı zamanda aşırı şişirilmiş beklenti balonunun düzenli biçimde gerisine düştü. 2015'te endüstrinin en bilgili üyeleri bir ağızdan, beş yıla kalmaz yollarda tam otonom araçlar olacak diye kehanette bulunuyorlardı. Bu

alanın öncülerinden Chris Urmson, Google'ın sürücüsüz araba türevi Waymo'nun eski baş teknoloji yöneticisiydi. Şimdiyse yeni kurulan otonom sürüş teknolojisi şirketi Aurora'nın kurucusu ve CEO'su. Urmson vaktiyle meşhur bir spekülasyonda bulunmuş; o sıralar on bir yaşındaki oğlunun, on altı yaşına geldiğinde ehliyet sınavına girmesine gerek kalmayacağını öngörmüştü. Toyota ve Nissan da dâhil olmak üzere büyük araba imalat şirketleri de 2020'de sürücüsüz araçlar olacağını vadetmişti.[56] Bu tahminlerin hepsi boşa çıktı. Gerçi Urmson kendinden emin: 2019'da da beş yıla kalmadan yollarda en az "yüzlerce" tam otonom araç olmasını beklediğini söylüyordu.[57] Hatta on yıl içerisinde böylesi araçlardan on binlercesi, belki de daha fazlası faaliyet gösterebilirmiş.[58] Bana göre, bu tahminlerin bile iyimser kaldığını görebiliriz. Bence gelecekte de nice sene "Otonom arabalara beş yıl kaldı," deme ihtimalimiz mevcut...

İşin gerçeği hem otoyollarda hem şehir ortamlarında, bir başka deyişle işlerin az çok beklendiği gibi gittiği durumlarda, otonom araçların rutin operasyonu meselesi büyük oranda çözüldü. Şayet yollar genel öngörülebilirlik düzeyi açısından bir Amazon deposu gibi olsaydı sürücüsüz arabalar çoktan kullanıma geçebilirdi.

Elbette problem uç vakalardan kaynaklı: Bir sürücüsüz arabanın kesinlikle öngörmesinin yahut çoğu durumda doğru yorumlamasının zor, hatta imkânsız olduğu neredeyse sonsuz sayıda olağandışı etkileşim ve durum var. Çoğu sürücüsüz araba girişimi, gezilen sokakların son derece kesin, ileri haritalandırılmasına bağlı gelişiyor. Bundan ötürü beklenmedik yol kapanmaları, inşaatlar veya trafik kazaları problem yaratabiliyor. Kötü hava koşulları, özellikle de yoğun yağmur veya kar da büyük engel teşkil ediyor. Ne var ki en büyük zorluk ne yapacağı öngörülemez yayalar, bisikletliler, sürücülerle dolu bir ekosistemde güvenle etkileşim... San Francisco gibi şehirlerde dikkati dağınık veya sarhoş yayalara sık denk gelinir. Zihni açık kişiler bile genelde

yorumlanması güç biçimlerde hareket ederler. Bazen tereddütle kaldırımdan iner, bazı mahallelerde ise çok daha temkinsiz veya daha agresif davranırlar. Yoğun nüfusa sahip bölgelerde sürücülerle yayalar arasındaki koordinasyon, bir sürücüsüz arabanın anlamasını veya yinelemesini çok zor kılacak bir şeye, sosyal etkileşime dayalıdır. Göz temasıyla, el sallayarak, yolu geçerken durup sürücünün durumu anlamasını bekleyerek yahut bazı başka farklı davranışlarla yayayla sürücü arasında kurulan irtibat neredeyse yolu paylaşan herkesçe bir şekilde anlaşılan, bir tür sözsüz dil oluşturur. Bence bu tür etkileşimlere uyum sağlama becerisi bugünün derin öğrenme sistemlerinin kapasitesinin en basit ifadesiyle ötesinde olabilir. Bir başka deyişle gerçek otonom arabalar genel makine zekâsına giden yolun epey ilerisinde bir teknoloji gerektirebilir. Bu, uzun bir bekleyiş olabilir.

Çoğu analist şuna inanıyor. Şehir ortamlarında otonom arabaların yüzleştiği zorluklar ortadayken yollarımızda ortaya çıkabilecek ilk gerçekten pratik sürücüsüz araçlar uzun kasalı tırlar olacak. Ne de olsa otoyolda sürüş problemi Tesla'nın otomatik pilotu gibi sistemlerce çoktan çözüldü. Yoğun trafikli bir şehir kavşağına kıyasla bir otoyolda öngörülemez bir olayın gerçekleşme ihtimali daha düşük, orası kesin ama otoyollarda ulaşılan hız düşünülürse neredeyse ölçülemez bir kinetik enerjiyle ilerleyen tam dolu bir tır söz konusuysa hataların sonuçları büyük oranda katlanıyor. Elbette Elon Musk'ın mübalağasına rağmen Tesla'nın otomatik pilot sistemi de direksiyon başında dikkatli bir sürücü olmadan işleme ruhsatına sahip değil. Bu nedenlerden ötürü bence otoyollarda gerçekten insansız tırların rutin işleyişini görene dek epey vakit geçecek.

Kanaatimce tek bir ufak şirketin yüzleştiği zorluklar, bir bütün olarak sektöre dair önemli içgörüleri içeriyor. 2017'nin başında merkezi San Francisco'da yer alan, Starsky Robotics adlı yeni kurulan bir teknoloji şirketine davet edilmiştim. Şirketin

CEO'su ve kurucu ortaklarından Stefan Seltz-Axmacher'in bana anlattığına göre şirketin vizyonu, otoyollarda uzun mesafeleri otonom olarak gitme kapasitesine sahip bir tır sistemi üretmekti ancak bu tırlar uzaktan denetimle insan operatörlerin gözetiminde olacaktı. Araçlar bir rotadaki uç noktadan yola çıktığında veya bir uç noktaya yaklaştığında yahut daha karmaşık koşullarla karşılaştığında uzak operatör ki bu kişi genelde bu işe göre yeniden eğitilmiş bir tır şoförü olacaktı, tırı şirket merkezindeki bir bilgisayar oyun konsoluna benzer bir konsolun hücresel bağlantısı yoluyla sürecekti. Seltz-Axmacher önümüzdeki birkaç yıl içerisinde Amerika yollarında şirketin tam otonom, insansız tırlarının dolaşacağına inandığını söylemişti. Starsky'nin ekibinin gösterdikleri teknoloji beni etkilemişti ama hele de aşmaları gereken düzenleme engelleri ortadayken bunu başarabileceklerine şüpheyle yaklaşıyordum. Her hâlükârda Seltz-Axmacher'le ekibi beklentilerimi aştı: Şirket 2018'de kapalı bir yolda sürücüsüz tırı başarıyla çalıştırdı; ardından 2019'da bir otoyolda, güvenliği sağlayacak bir sürücü olmadan tam otomatik bir tırı test eden ilk otonom araç şirketi oldu.

Starsky çok inovatif bir işletme modeli benimsemişti. Otonom sürüşü sağlayacak teknolojiyi geliştirip lisanslama amacıyla çalışan, sayısı giderek artmakla beraber iyi fonlar alan yeni teknoloji şirketleriyle rekabet etmek yerine; doğrudan tır işine girip tır sistemini kullanarak bir rekabet avantajı edinmeye karar vermişti. Şirket yönetimi, yakın vadede başarının teknolojinin ancak bir tır şirketinin günlük faaliyetlerine tam bütünleşik geliştirilmesiyle ve evrilecek sistemin yalnızca anlamlı olan koşullarda kullanıma sokulmasıyla yakalanacak esneklikle elde edilebileceğine inanıyordu.

Maalesef nihayetinde yatırımcılar bu vizyona inançlarını kaybetti, şirket de gerekli sonraki tur risk sermayesini toparlayamayınca 2020 başında kapanmak zorunda kaldı. Seltz-Axmacher

şirket kapandıktan sonra yazdığı bir dizi blog yazısında, endüstride ilerlemeye set çeken başlıca zorlukların yanı sıra derin öğrenmenin sınırlarını da saydı. Şöyle yazmıştı; "Gözetimli makine öğrenmesi abartılı beklentileri karşılamıyor. Bu aslında gerçek yapay zekâ değil," bundan ziyade "çok gelişkin bir örüntü-eşleştirme aracı."[59] Diğer bir deyişle, uzak insan gözetimi gereksinimi olmadan her koşulda gerçek otonom sürüş becerisi sunabilecek esnekliğe sahip bir sistem, bugünün derin öğrenme sistemlerinin kapasitesinin ötesinde olabilir; bu ilerlemenin de yakın gelecekte gerçekleşmesi olası değil. Seltz-Axmacher endüstrinin yüzleştiği zorlukların henüz tam anlaşılmadığına, yatırımcıların yakın vadede sürücüsüz tır filosunu otoyollarda emniyetle hareket ettirme fırsatını kaçırdıklarına inanıyor. Kısmen bunun sebebi rakip genç teknoloji şirketlerinin tam otomasyon vadetmesi ve bu şirketlerin genelde yaptığı daha ileri özellik tanıtımlarına odaklanılması, kalan her şeyin göz ardı edilmesi. Ancak tanıtılan bu özelliklerin gerçek dünyada kullanılmaya hazır olmasına daha fersah fersah yol var.

Yeterli kapasiteye sahip teknoloji geliştirilme işi otonom araç endüstrisi için en büyük zorluk ve bu zorluk sürekli tepede dikiliyor ancak böylesi araçların potansiyel işletme modeliyle ilgili de bazı ciddi sorunlar var. Sürücüsüz araba kullanımına en uygun yerin genelde ortak araç kullanımı hizmetleri olduğu varsayılıyor. Uber ve rakipleri her seyahatin maliyetini risk sermayesi yoluyla sübvanse ediyor, daha yakın tarihteyse ilk halka arzlar yoluyla edinilen sermayeleri kullanarak bunu yaptılar.[60] Bunun sürdürülemez olduğu ortada olduğundan, yaygın görüşe göre uzun vadeli çözüm sürücüsüz arabalar. Genelde seyahat ücretinin yüzde 70 ila 80'ini alan sürücü, bir kez bu manzaradan çıktı mı şirketlerin kârlılığa giden yolları açılacak. Uber'in otonom araç şirketlerini, özellikle de Waymo'yu kendi varoluşuna bir tehdit addetmesinin ve 2016'dan itibaren kendi sürücüsüz

araba programına yoğun yatırım yapmayı tercih etmesinin başlıca nedeni de bu.

Sürücüsüz araba teknolojisinin imdatlarına koşacağı varsayımında bir sorun var. Uber ve Lyft cazip internet tabanlı işletmeler olarak görülüyor, değerleri de buna göre biçiliyor; çünkü esasen dijital aracılar olarak rol oynuyor, sürücülerle yolcuları otomatik eşleştiren yazılım sunmanın karşılığında her işlemden bir pay topluyorlar. Bu da şirketlerin taksi işinin riskli ve nahoş kısımlarından tümden kaçınmasını sağlıyor: Bu riskli ve nahoş kısımların içine bu araçlara sahip olma, finansmanını yapma, bakımını sağlama, sigortalama gibi şeyler giriyor. Tümü sürücülerin sırtına yükleniyor. Uber ve Lyft açısından yağ değiştirmek, araba yıkatmak, patlak lastiği değiştirmek gibi dertler yok: Genel manada bu dertlerden azade biçimde, internet ücretlerini toparlıyorlar. Ne var ki sürücülerden kurtuldular mı bu, işlerine gelen biçimde onların yerine arabalara sahip olup bakan kişileri de kaybedecekler demek. Araçlar bir kez otonom oldu mu şirketler bu kez kendilerini geniş araç filolarına sahip olma işinde bulacak, dolayısıyla bu işle gelen tüm dert ve masrafın da yükümlülüğünü üstlenecek. Esasında Uber epey Hertz veya Avis gibi araç kiralama şirketlerine benzeyecek ki bu iki şirket de "teknoloji şirketi" olarak değer sahibi değil. Dahası ortak araç kullanımı şirketlerinin sahip olduğu araçlar, illaki kullanacakları lidar sistemleri gibi özelleşmiş ekipman yüzünden daha da pahalıya patlayacak. Koronavirüs pandemisinin ardından bu araçların düzenli aralıklarla iyice temizlenmesi ve hijyeninin sağlanması gibi uygulamalara da daha çok önem verilebilir. Bu da yine hâlihazırda sürücülerin sorumluluğundaki bir iş...

Gelecek yıllarda sürücüsüz arabaların evrimini izlemek, en nihayetinde ortaya çıkacak teknoloji ve işletme modelleri açısından çok ilginç olacak. Silikon Vadisi'nde sürücüsüz araba teknolojisi geliştirme ve lisanslama işine odaklı çok sayıda yeni kurulan

teknoloji şirketi mevcut... Bunların yanı sıra her büyük otomotiv imalatçısı çeşitli ölçeklerde yatırım sunuyor. Bu girişimlerin herhangi birinden yıkıcı etkiye sahip bir buluş çıkabilir. Ancak bence bu konuda en ilginç öykü, Waymo ve Tesla'nın güttüğü stratejiler arasında genişleyen uçurum, bu iki şirket arasındaki rekabetin zamanla nasıl geliştiği.

Google'ın 2009'da başlattığı sürücüsüz araba programının doğrudan devamı olan Waymo herkesten çok deneyime sahip, dahası genelde endüstri lideri kabul ediliyor. Waymo, ücretli müşterilerin daha şimdiden direksiyonunda sürücü olmayan bir arabaya binebileceği faal hâldeki bir otomasyonlu araba hizmeti sunan tek şirket. Waymo One adı verilen bu hizmet şu anda yalnızca ABD şehri Phoenix'in banliyösündeki özenle haritalandırılmış (yani "coğrafi yalıtımlı"), önceden tanımlı rotalarda kullanıma açık... Burada yollar geniş, iklim öngörülebilir, yayalara da daha az rastlanıyor. Bir başka deyişle bu bir Uber çağırıp San Francisco veya Manhattan gibi istediğiniz yere gideceğiniz bir hizmet teşkil etmekten çok uzak... Her hâlükârda Waymo One etkileyici bir başarı... Bence öngörülebilen gelecekte sürücüsüz araba hizmetinin az çok neye benzeyeceğine iyi bir örnek: özenle seçilmiş çok zorluk çıkarmayacak alanlarda, önceden belirli duraklara sahip özel rotalar. Elbette bu yine bize şunu sorduruyor: Böylesi kısıtlı operasyon nasıl kâr getirecek? Bir insanın araba sürdüğü, kapıdan kapıya, esnek hizmetler sunan Uber veya Lyft hizmetleri yerine bir müşterinin çok pahalı bir araçta tam otomatik sürüşü tercih etmesi için bu işin ne kadar ucuz olması gerek?

Waymo adımlarını ölçe ölçe, takdir edilecek bir temkinle ilerlese de buna kıyasla Tesla sürekli sınırları zorluyor ve öyle bir alana giriyor ki bu endüstride pek çok kişi bu hamleyi pervasızca buluyor. Şirket, var olan müşterilerine arabalarında tam otonom sürüşü desteklemeye yetecek donanım olduğunu; bu kapasitenin en nihayetinde bir yazılım güncelleştirmesi ile kullanıma açılacağını

söylüyor. Bu muazzam ihtiras barındıran bir vaat... Dahası Tesla, Waymo'nun ve endüstrideki neredeyse herkesin gittiği istikametten sapıp lidardan vazgeçti. Lidar sistemleri bir lazer ışını yollayıp yansıyan ışığı tespit ederek arabanın etrafındaki nesneleri takip ediyor. Lidar pahalı, üstelik şimdilik örneklerinde çirkin görünüyor. Bir tek Tesla sırf kameralara ve radara bel bağlayarak tam otomasyonu başaracağına inanıyor. Daha önce de belirttiğim üzere Tesla arabaların çok sayıda kamerayla topladığı veri sayesinde önemli bir avantaja sahip... Waymo'nun henüz yaklaşık altı yüz sürücüsüz araçlı bir filosu var. Tesla'nın yolda veri toplayan dört yüz bini aşkın araca sahip bir filosu var ve bu giderek gelişiyor. Waymo'nun araçları gerçek yollarda milyonlarca kilometre kat etti, simülasyonda ise bu mesafe milyarlarca kilometreyi buldu.[61] Tesla'nın araçları ise kendi otomatik pilot sistemi denetiminde faaliyet göstererek gerçek dünyada milyarlarca kilometre kat etti. Gerçek yollardan derlenen tüm bu veri apaçık avantaj ama başarı nihayetinde bu kaynağı kaldıraç olarak kullanmaya yetecek güce sahip yapay zekâya bağlı... Bugünün derin öğrenme teknolojisinin bu görevi başarıp başaramayacağı gerçekten şüpheli...

Endüstri açısından bir diğer önemli soru da en sonunda ne düzeyde bir otonomi sunulacağı. Otonom sürüş sistemleri beş kategori altında ele alınıyor. 1. düzeyden 3. düzeye destekleyici yapıda sistemler var. Araba kısıtlı koşullar dâhilinde kendi kendisini sürebiliyor. Örneğin otoyolda gidebiliyor ama sürücünün sürekli tetikte olması, gerektiğinde her an arabanın denetimini eline almaya hazır olması gerekiyor. Tesla da dâhil olmak üzere çoğu otomotiv imalatçısı bu düzeyler arasında kapasite sunmaya odaklı... Problem şu: Bu sistem neredeyse hep doğru çalışacağından sürücülerin dikkatinin dağılması kaçınılmaz... Örneğin bazı Tesla sürücüleri bana şunu söyledi: Silikon Vadisi otobanında, birden fazla yolcu taşıyan araçlara ayrılmış şeritte, aracın otomatik pilot sistemini kullanarak ilerlerken sık sık cep telefonlarından

e-posta yanıtlıyorlarmış. Bu tür davranışlar daha şimdiden ölümcül kazalara yol açıyor. Arabanın uzun rutin sürüş sırasında sürücünün dikkatinin dağılmamasını nasıl sağlayacağı belli değil. Sürücüsüz sistemlerde satışı sağlayan en güçlü vaatlerden biri bir gün her yıl trafik kazalarda can kaybeden çok büyük insan sayısını (tüm dünyada 1,3 milyon kişi) ciddi miktarda azaltacağı.[62] Şayet yalnızca destekleyici özelliğe sahip bu sistemler kendi başlarına da tehdit oluşturacaksa can kaybı sayısını anlamlı derecede azaltmaya yetmeyecektir.

Bu nedenle söz konusu alanda çalışan diğer yeni ve küçük teknoloji şirketleriyle Waymo da özellikle 4. ve 5. düzey otonomiye odaklanma kararı aldı. Bu düzeyler, içinde uyuyabileceğiniz bir sürücüsüz araba demek. Gerçekten de bu araçlarda fren pedalı da direksiyon da olmayabilir. İşte burada Tesla yine ciddi biçimde istikametten sapıyor. Şirketin bu iki vizyon arasındaki uçurumu aşacağı, yani arabayı 2. düzeyden 4. düzey otonomiye bir yazılım güncelleştirmesiyle yükselteceği iddiası en basit ifadeyle hayret verici... Çoğu kişi bu vaadi çok abartılı bulabilir, ne de olsa bu yazılım tanıtılıyor ama henüz ortada yok. Tesla yakın zaman içerisinde bunu başarabilirse hayrete düşerim ama bence şirket bunu yapabilirse apaçık endüstri lideri pozisyonuna geçecek. Gerçekten de bu beklenti şimdiden şirketin hisse senedi fiyatlarını etkilemiş gibi.

Elon Musk ve Tesla yönetim ekibinin kalanı belli ki tam otonomi potansiyeli üzerine epey kafa patlatmış. Teknoloji bir kenara dursun, işletme modeli problemine de olası bir çözüm geliştirmişler. 2019'daki Otonomi Günü etkinliğinde Musk bir model şeması sundu: Bu şemaya göre Tesla sahipleri arabalarını şirketin işlettiği bir robot-taksi hizmetine katabilecekler. Apple nasıl Uygulama Mağazası'ndan gelir türetiyorsa aynı biçimde Tesla da ortak araç kullanımı ücretinden pay alacak. Bu teklifin ilginç bir yanı var: En nihayetinde Uber ve Lyft gibi şirketlerin

başına bela olacak sahiplik ve bakım problemini çözüyor. Tesla kendi araç filosuna sahip olmaya gerek kalmadan, sadece bir internet aracılığı rolüne adım atmanın yolunu bulmuş olabilir. Çoğu Tesla sahibi araçlarını yabancılarla paylaşmak istemeyebilir ancak plan uygulanabildiğini kanıtlarsa çoğu müşteri herhâlde bir iş yatırımı olarak Tesla araçlarından almak isteyecektir.

Kendi kendine giden araçların bir gün yapay zekâ devriminin en elle tutulur, en büyük sonuçlar üreten tezahürü olacağına kuşku yok. Bu teknoloji binlerce yaşamı korurken hem şehirlerimizi hem de yaşam tarzımızı yeniden şekillendirme potansiyeline sahip... Ne var ki teknoloji gerçekten gelmeden önce bir on yıl, hatta belki de daha fazla süre beklemek gerekeceği düşüncesindeyim. YZ devriminin kuvvetli kanıtları ilk önce başka alanlarda belirecek: Depolar, ofisler, perakende mağazaları gibi yerlerde; zira buralarda teknik zorluklarla baş etmek daha kolay, ortam daha denetlenebilir, teknoloji daha az devlet düzenlemesine tabi, hataların sonuçları o kadar ürkütücü değil. Ne var ki Tesla'nın tek bir yazılım güncelleştirmesiyle otonomiye geçemeyeceği fikrimde hatalı çıkarsam çok heyecanlanırım.

İNOVASYON DÜZLÜĞÜNÜ PATLATIP YOK ETMEK: BİLİMSEL VE TIBBİ ARAŞTIRMA

"Teknolojiye iyimser bakanlar" diye tarif edilebilecek kişilere göre, şaşırtıcı teknolojik ivme kazanılan bir çağda yaşadığımız ortada. Bize diyorlar ki inovasyon hızı emsalsiz ve üstel artışta. Bu görüştekiler arasında, "Law of Accelerating Returns" ["İvmeli Verim Yasası"] adlı yazısında fikirlerini yasalar hâlinde sıralayan Ray Kurzweil'in müritleri olan, kendilerine "ivmeciler" diyen bir grup var. Genelde en şevkli ivmeciler, önümüzdeki yüzyıl içerisinde, tarihteki ölçütlere kıyasla "yirmi bin yıllık ilerlemeden fazlasına" denk bir ilerleme yaşayacağımızdan eminler.

Ne var ki daha yakından bakıldığında söz konusu ivme gerçek olsa bile bu olağandışı ilerleme neredeyse yalnızca bilişim ve iletişim teknolojileri alanlarıyla kısıtlı gibi. Bu üstel ilerleme anlatısı, gerçekten de Moore Yasası'na ve bu yasanın imkân verdiği, giderek daha büyük kabiliyetlere sahip yazılıma dair öykünün parçası. Bu sektörün dışında, yani bitlerden değil de atomlardan müteşekkil dünyada geçtiğimiz elli yıllık öykü apaçık farklar barındırıyor. Ulaşım, enerji, konut, fiziksel kamu altyapısı, tarım gibi alanlarda inovasyon hızı bu üstel ilerlemeden geri düşüyor; hatta bu alanlardaki hızı daha çok durağan diye ifade edebiliriz.

Şayet bitmek bilmez inovasyonun tarif ettiği bir hayatı tahayyül etmek isterseniz 1800'lerin sonunda doğup 1950'leri veya 1960'ları yaşamış bir insanı düşünün. Böylesi bir insan toplumun her köşesinde neredeyse akla hayale sığmaz ölçekte sistem hâlinde dönüşümler görmüştü: şehir altyapılarının oluşumundan tutun, temiz su sunulmasına, lağım yönetimine; otomobilden uçağa, jet motoruna, ardından uzay çağının gelişine; elektrik şebekelerinden elektriğin mümkün kıldığı aydınlatmaya, radyolara, televizyonlara, ev aletlerine; antibiyotiklere ve kitlesel üretilen aşılara; ABD'de elli yıldan az ömrün neredeyse yetmişlere çıkacak denli uzamasına kadar pek çok şey... Kıyasla 1960'larda doğan bir kişi, kişisel bilgisayarların, sonra internetin yükselişine şahit olmuştu ama önceki on yıllarda tamamen dönüşüm yaratan inovasyonların neredeyse tümünde yakın tarihte en fazla birkaç kademe ilerleme kaydedildi. Bugün sürdüğünüz arabayla 1950'lerde var olan araba arasındaki fark, kesinlikle 1950'lerdeki otomobille 1890'lardaki ulaşım farkına denk değil. Aynısı modern yaşamın neredeyse her veçhesine dağıtılmış türlü teknoloji için de geçerli...

Bilişim ve internet alanlarında kaydedilen ilerlemenin kendi başına daha önceki on yıllarda geniş tabana yayılan ilerlemenin hız kesmeden devam edeceği beklentisine tekabül etmemesi,

Peter Thiel'in Twitter göndermeli meşhur latifesinde ifade ediliyor; "Bize uçan arabalar vadetmişlerdi, yerine 140 karakterimiz oldu." 2011'de yayımlanan *The Great Stagnation* [*Büyük Durağanlık*] kitabında ekonomist Tyler Cowen, bilgi teknolojisi ivmelense bile görece durağan bir çağda yaşadığımız savını uzun uzadıya ele alıyor.[64] Robert Gordon ise 2016'da yayımlanan *The Rise and Fall of American Growth* [*Amerikan Büyümesinin Yükselişi ve Düşüşü*] kitabında ABD için çok pesimist bir gelecek tasvir ediyor.[65] Her iki kitapta da temel sav, teknolojik inovasyonun meyvelerinin kabaca 1970'ler civarında dallardan sarktığını ve bunların çoğunun toplandığı. Bunun sonucunda şimdilerde inovasyon ağacının daha yüksek dallarına uzanmaya çalıştığımız bir teknolojik durgunluk dönemindeyiz. Cowen iyimser, en nihayetinde takıldığımız teknolojik düzlükten kurtulacağımıza inanıyor. Gordon'sa o kadar iyimser değil; belki ağacın en üst dallarını bile boşalttık, belki en büyük buluşlarımız geride kaldı.

Gordon'ı fazla kötümser bulsam da yeni fikir türetilmesinde geniş tabanlı bir durağanlık olduğuna işaret eden epey kanıt var. Stanford ve MIT üniversitelerinden ekonomistlerin yer aldığı bir ekibin Nisan 2020'de yayımlanan bir bilimsel makalesine göre, çok çeşitli endüstrilerde araştırma üretkenliği keskin düşüşler gösterdi. Analizlerine göre Amerikalı araştırmacıların inovasyon türetme verimliliği, "her on üç yılda bir yarıya düşüyor"; bir başka deyişle "ABD'nin sırf kişi başı gayrisafi hasıladaki sabit büyümeyi sürdürebilmesi için bile, yeni fikir bulmada yaşanan güçlüğü dengelemek için araştırma çabalarını iki katına çıkarması gerek."[66] Bu ekonomistler dahası şunları yazıyordu; "Nereye baksak fikirlerin ve ima ettikleri üstel büyümenin artık zor görüldüğünü bulduk."[67] Özellikle belirtmeli, bu durum sürekli üstel ilerleme türetmeyi sürdürmüş bir alanı da kapsıyor: Araştırmacılar, Moore Yasası'nın gösterdiği "o meşhur bilgisayar çipi yoğunluğunun ikiye katlanması işini bugün gerçekleştirmek için

gereken araştırmacı sayısının, 1970'lerde gereken sayının on sekiz katından daha fazla" olduğunu buldu.[68] Bunun muhtemel açıklamalarından biri, araştırmanın ön cephelerini zorlamak için önce en son teknolojiyi anlamanın gerekmesi. Neredeyse tüm bilimsel alanlarda son teknolojiyi anlamak için eskisine kıyasla çok daha büyük kapsamda bilginin sindirilmesi gerek. Bunun sonucunda inovasyon şimdilerde alanında ileri uzmanlığa sahip araştırmacıları içeren, daha da büyük ekipler gerektiriyor. Daha büyük ekiple eşgüdüm yakalamak da küçük gruplarda olacağından çok daha zor...

Şurası kesin, inovasyonun hızının azalmasına etki edebilecek çok sayıda başka önemli unsur mevcut... Fizik yasaları gereği, erişilebilecek inovasyonlar tüm bilim alanlarına eş dağılmamış durumda. Dolayısıyla elbette uzay mühendisliği alanında geçerli bir Moore Yasası yok. Birçok alanda bir sonraki inovasyon kümesine ulaşmak için aşırı büyük bir sıçrama gerekebilir. Aşırı veya etkin olmayan devlet düzenlemelerinin de kesinlikle bu işte payı var, aynı biçimde kurumsal dünyaya bugünlerde hâkim olan kısa vadeli bakış da etkili... Ar-Ge'ye uzun vadeli yatırımlar genelde çeyrek dönemlik kazanç raporlarına saplantılı bakışla da, kısa vadeli hisse performansıyla yönetici ücret ve tazminatlarının bileşimine aşırı odaklanmayla da uyumlu sonuç vermiyor. Yine de bilginin artan karmaşıklığı içinde yol bulma ihtiyacı ile bilgi patlaması ne ölçüde inovasyon hızını sabit tutuyorsa yapay zekâ da o oranda takıldığımız teknolojik düzlükten kaçmada kaldıraç olarak kullanabileceğiniz en güçlü araç olduğunu kanıtlayabilir. YZ her yerde bulunan bir kamu hizmetine evrilirken bence bu, YZ'nin bize sunduğu en önemli ve tek fırsat... Uzun vadede sürdürülebilir refahımızla önümüzdeki bildiğimiz ve beklemediğimiz zorluklara cevap verme becerimiz açısından en hayati önem taşıyan şey hep beraber inovasyon yapıp yeni fikirler üretme becerimiz.

Bilimsel araştırmada yapay zekânın, hatta bilhassa derin öğrenmenin yakın vadede gerçekleşebilecek en umut verici uygulaması yeni kimyasal bileşenlerin keşfi olabilir. DeepMind'ın AlphaGo sistemi neredeyse sonsuz bir oyun uzayına meydan okuyor: AlphaGo'nun uygulandığı Go tahtasındaki olası konfigürasyon sayısı evrendeki atom sayısını aşıyor. Tıpkı bunun gibi neredeyse akla gelebilecek her türlü moleküler düzenlemeyi içeren "kimyasal uzay"da da pratik amaçlar açısından sonsuz olasılıklar barındırıyor. Bu uzayda faydalı molekül arama işi, insanı afallatan karmaşaya sahip çok boyutlu arama yapmayı gerektiriyor. Hesaba katılması gereken unsurlar arasında moleküler yapının üç boyutlu oluşu ve şeklinin yanı sıra polarite, çözünürlük ve toksiklik gibi ilgili diğer parametreler yer alıyor.[69] Bir kimyager veya malzeme bilimci için alternatifler arasında arama yapmak emek yoğun bir deneme-yanılma süreci. Gerçekten faydalı yeni bir kimyasal bulma işi neredeyse bir kariyerin çoğunu tüketebiliyor. Örneğin bugün her aygıtta, tüm elektrikli arabada var olan lityum-iyon bataryalar, 1970'lerde başlayan araştırmaların sonucunda ortaya çıktı ama ürettiği teknolojinin ticarileşmesi ancak 1990'lara varıldığında başlayabildi. Yapay zekâ çok daha çabuk hız kazanan bir süreç vadediyor. Yeni moleküller arayışı pek çok açıdan derin öğrenme için ideal; algoritmalar faydalı olduğu bilinen molekül özelliklerinde, bazı durumlardaysa moleküler konfigürasyon ve etkileşimin yasaları üzerinde eğitilebiliyor.[70]

İlk bakışta bu görece dar bir uygulama alanı gibi gelebilir. Ne var ki yeni kimyasal madde bulma seferi inovasyonun neredeyse tüm alanlarına etki ediyor. Bu sürece ivme katmak makinelerde ve altyapıda kullanılabilecek yüksek çekme dayanımlı, inovatif malzemeler bulma umudu veriyor. Bulunabilecek reaktif maddeler daha iyi batarya ve fotoelektrik hücrelerin yapımında, kirliliği azaltacak filtre veya emici malzeme yapımında, tıpta devrim yaratma potansiyeline sahip bir dizi yeni ilaç üretiminde kullanılabilir.

Hem üniversite araştırma laboratuvarlarında hem de sayısı giderek artan genç teknoloji şirketlerinde çalışmalar hevesle makine öğrenmesi teknolojisine yöneldi. Bunlar şimdiden önemli buluşlar oluşturmak üzere güçlü YZ'ye dayalı yaklaşımlardan faydalanıyor. Ekim 2019'da Hollanda'daki Delft Teknoloji Üniversitesi'nden bilimciler, hiçbir gerçek laboratuvar deneyine ihtiyaç duymadan, yalnızca bir makine öğrenmesi algoritmasına dayalı bir araştırmayla tamamen yeni bir malzeme tasarladıklarını ilan ettiler. Bu yeni madde hem güçlü hem de dayanıklı, dahası üzerinde belli bir eşik derecesini aşan bir güç uygulanırsa süper sıkıştırılabilen bir madde. Bu da söz konusu materyalin etkin biçimde orijinal hacminin ufak bir oranına sıkıştırılabileceği anlamına geliyor. Projedeki önde gelen araştırmacılardan Miguel Bessa'ya göre bir gün bu özelliklere sahip geleceğin malzemeleri, "bisiklet, yemek masası, şemsiye gibi günlük nesnelerin katlanıp cebinize sığabileceği" anlamına gelebilir.[71]

Böylesi girişimler genelde araştırmacıların sağlam bir yapay zekâ teknolojisi art alanına sahip olmasını gerektirse de diğer üniversitelerdeki ekipler yeni kimyasal bileşen keşfine canlılık katabilecek, daha kolay erişilebilir YZ'ye dayalı araçlar geliştiriyor. Örneğin Cornell Üniversitesi araştırmacıları "Scientific Autonomous Reasoning Agent" ["Bilimsel Otonom Akıl Yürütme Birimi"] sözcüklerinin kısaltmasıyla SARA adı verilen bir proje üzerinde çalışıyor. Bu ekiptekilerin umudu, SARA'nın "yeni malzeme keşfi ve geliştirme işine on, hatta yüz kata varacak kadar ciddi ivme katması."[72] Teksas A&M Üniversitesi'ndeki araştırmacılarsa benzer biçimde otonom bilinmeyen madde araması yapmak üzere tasarlanmış bir yazılım platformu geliştiriyorlar.[73] Her iki proje de kısmen ABD Savunma Bakanlığı tarafından fonlanıyor ki ABD Savunma Bakanlığı ortaya çıkacak inovasyonlar için hazırda bekleyen hevesli bir müşteri konumunda. Nasıl Amazon ve Google'ın sunduğu Bulut tabanlı derin öğrenme araçları pek çok

iş uygulamasında makine öğrenmesi kullanılmasını demokratikleştiriyor, herkese yayıyorsa böylesi araçların da çoğu uzmanlık gerektiren bilimsel araştırma alanına aynısını yapması bekleniyor. Bu da kimya veya malzeme bilimi gibi alanlarda eğitim görmüş bilimcilere, önce makine öğrenmede uzmanlaşmadan YZ'nin gücünü kullanma fırsatı sunuyor. Diğer bir deyişle yapay zekâ çok daha yaratıcı ve hedefe odaklı biçimlerde kullanılabilecek, erişilebilir bir kamu hizmetine evriliyor.

Çok daha büyük emeller taşıyan bir yaklaşımsa kimyasal keşfine yönelik... Bu yaklaşım, YZ temelli bir yazılımı, fiziki laboratuvar deneyleri gerçekleştirebilen robotlarla bütünleştirmeyi içeriyor. Bu amaçla sınırları zorlayan küçük bir şirket mevcut... Merkezi ABD'nin Massachusetts eyaletindeki Cambridge şehrinde yer alan, yeni kurulan teknoloji şirketi Kebotix, Harvard Üniversitesi'nin önde gelen bir malzeme bilimi laboratuvarında doğdu. Bu şirkettekiler kendilerine "dünyanın malzeme keşfi alanında ilk kendi kendine çalışan laboratuvarı" adını veriyorlar. Şirket robotları otonom deneyler yapabiliyor, pipet gibi laboratuvar ekipmanlarını manipüle ederek sıvı transferi yapabiliyor, sıvıları birleştirebiliyor, kimyasal analiz yapan makinelere erişebiliyorlar. Ardından deney sonuçları yapay zekâ algoritmalarınca analiz ediliyor, bu analizler sonucunda o araştırmada gidilebilecek en iyi rotaya dair tahminler yürütülüyor, ardından daha çok deney yapılıyor. Bunun sonucunda özyinelemeli, kendini iyileştiren bir süreç oluşuyor. Şirketin iddiasına göre bu süreç faydalı yeni moleküllerin keşfine ivme katıyor.[74]

Kimyanın yapay zekâyla kesiştiği uzayda yer alan, çok heyecan verici ve çok iyi fon fırsatı bulan araştırmaların çoğu yeni ilaçların keşfi ve geliştirilmesi üzerine. Bir hesaba göre Nisan 2020 itibariyle sırf yeni ilaç bulmak için YZ kullanımına odaklı yeni kurulan teknoloji şirketi sayısı en az 230.[75] Stanford Üniversitesi profesörlerinden ve çevrimiçi eğitim şirketi Coursera'nın

kurucularından olan Daphne Koller, makine öğrenmesini biyoloji ve biyokimya alanlarına uygulamada dünyanın başta gelen uzmanlarından. Koller aynı zamanda Silikon Vadisi'nde yeni kurulan bir teknoloji şirketi olup bugüne dek makine öğrenmesi kullanarak yeni ilaç üretimi amacıyla 100 milyon dolardan fazla fon bulan insitro'nun kurucusu ve CEO'su. Amerikan ekonomisinin geneline musallat olan, teknolojik inovasyondaki geniş tabanlı duraksama özellikle ilaç endüstrisinde görünür durumda. Koller bana şunları söyledi:

> Problem yeni ilaç geliştirilmesinin sürekli daha güçleşmesi: Klinik deneme başarı oranları yüzde beş civarında; yeni bir ilaç geliştirmenin vergi öncesi Ar-Ge maliyetinin (başarısızlıkları da hesaba katınca) 2,5 [milyar] doları bulduğu tahmin ediliyor. İlaç geliştirme yatırım getirisi oranı yılbeyıl doğrusal bir eğimle düşüyor, hatta bazı analizlerde yer alan tahminlere göre 2020'ye varmadan sıfırlanacak. Bunun bir nedeni, ilaç geliştirmenin yapısı gereği zor olması: "Aşağıdaki dallarda sarkan meyvelerin" çoğu (belki de büyük çoğunluğu) keşfedildi; bir başka deyişle büyük nüfus üzerinde belirgin etki yaratan, ilaca dönüşebilir tüm hedeflere ulaşıldı. Şayet bu doğruysa ilaç geliştirmede yeni aşama daha özel etkilere sahip ilaçlara odaklanmak olmalı. Bu ilaçların etkileri bağlama özgü olabilir ancak belli hasta alt gruplarına etki edebilir.[76]

insitro ve rakiplerinin vizyonu, umut vadeden ilaç adaylarını hızla izole etmek ve geliştirme maliyetlerinde ciddi tasarruf sağlamak üzere yapay zekâ kullanmak. Koller'in ifadesiyle ilaç keşfi, "uzun bir yolculuk, yolunuz çokça çatallanıyor" ve "gireceğiniz yolların yüzde 99'u çıkmaz sokağa açılıyor." Şayet yapay zekâ "az çok hassas bir pusula" işlevi görebilirse "sürecin başarı oranına nasıl etki edeceğini bir düşünün."[77]

Bunun gibi yaklaşımlar daha şimdiden kâr payı getiriyor. Şubat 2020'de MIT araştırmacıları derin öğrenme kullanarak güçlü

yeni bir antibiyotik keşfettiklerini ilan ettiler. Araştırmacıların kurduğu YZ sistemi, günler içerisinde olası yüz milyon kimyasal bileşeni eleyebiliyordu. Bilimcilerin *2001: Bir Uzay Destanı* filmindeki HAL adındaki yapay zekâ sisteminden ilhamla halicin adını verdiği bu yeni antibiyotik, test edildiği her bakteri türünü öldürdüğünü kanıtladı ki bu türlerin içerisinde var olan ilaçlara dirençli suşlar da vardı.[78] Bu hayati önem taşıyor; çünkü tıp camiası, organizmalar var olan ilaçlara uyum sağladığından, bizi bekleyen korkutucu ilaç dirençli bakteri krizine karşı uyarılarda bulunuyordu. Söz konusu bu bakteriler arasında daha şimdiden pek çok hastaneyi sarmış antibiyotik dirençli bakteriler de var. Geliştirme maliyetleri yüksek, görece kârlar da düşük olduğundan ilaç geliştirme işlem hattında çok az yeni antibiyotik bulunuyor. Bu yeni ilaçlar kılı kırk yaran ve pahalı test ve düzenleme onayı süreçlerini atlatsa bile var olan antibiyotiklerin varyasyonu olma eğilimi gösteriyor. Kıyasla halicin ise bakterilere tamamen yeni bir yolla saldırıyor gibi, deneyler mekanizmanın genelde antibiyotikleri zamanla daha az etkili kılan mutasyonlara karşı bilhassa etkili olabileceğine işaret ediyor. Bir başka deyişle yapay zekâ, anlamlı inovasyon için elzem olan "kalıpların dışında" bir çözüm üretti.

2020 başında ilan edilen önemli bir dönüm noktası da Birleşik Krallık merkezli Exscientia adındaki yeni kurulan teknoloji şirketi tarafından kaydedildi. Exscientia obsesif kompulsif bozukluğun tedavisi için yeni ilaç keşfetmek üzere makine öğrenmesi kullandı. Şirket projenin ilk geliştirme aşamasının yalnızca bir yol aldığını söylüyor. Bu, bildik geleneksel tekniklerin alacağı sürenin yaklaşık beşte biri. Şirket ayrıca YZ tarafından keşfedilip klinik deneylere giren ilk ilacı ürettiğini iddia ediyor.

Birinci Bölüm'de gördüğümüz üzere, biyokimya araştırmasında yapay zekâ uygulamaları arasında önemli başarılardan biri, Kasım 2020'de DeepMind'ın protein katlamada çığır açtığının ilan edilmesiydi. DeepMind belli bir ilaç keşfetme girişiminde

bulunmamış, bunun yerine teknolojiyi daha temel düzeyde anlayış kazanmak için kullanmıştı. 2018 sonlarında DeepMind, AlphaFold sisteminin ilk versiyonlarından biriyle Eleştirel Yapısal Tahmin Değerlendirmesi (Critical Assessment of Structure Prediction, CASP) adlı küresel yarışma bienaline katıldı. Dünyanın her yerinden gelen ekipler hem bilişime hem de insan sezgisine dayalı çeşitli teknikler kullanarak proteinlerin nasıl katlandığını tahmin etmeyi denedi. AlphaFold 2018'deki yarışmayı büyük farkla kazandı ancak galip gelse de kırk üç protein sekansından yalnızca yirmi beşi için en doğru tahmini yapabilmişti. Bir başka deyişle AlphaFold'un bu ilk sürümü henüz gerçekten faydalı bir araştırma aracı olacak kadar hassas değil.[80] DeepMind çok değil, iki yıl sonra teknolojisini öyle rafine etti ki bazı bilimciler protein katlama probleminin çözüldüğünü iddia etti. Bence bu, yapay zekânın belli uygulamalarının ne kadar hızlı ilerleyeceğinin capcanlı bir emaresi.

Makine öğrenmesini yeni ilaçlar ve başka kimyasal bileşenler keşfetmede kullanmanın yanı sıra yapay zekânın bilimsel araştırma için en umut verici genel uygulaması sürekli büyüyen yayımlanmış araştırma hacmini sindirme ve kavrama alanında. Yalnızca 2018'de bile kırk bin ayrı bilimsel dergide üç milyondan fazla bilimsel makale yayımlanmıştı.[81] Bu ölçekteki bilgiyi anlamlı kılma işi her bir insanın kapasitesinin çok ötesinde. Öyle ki elimizdeki bütünsel denebilecek bir kavrayışa kapı aralayabilecek tek aracın yapay zekâ olduğu bile söylenebilir.

Derin öğrenmede en son ilerlemelere dayalı doğal dil işleme sistemleri ise araştırma çalışmalarından bilgiyi ayıklamak, görünürde belli olmayan örüntüleri tespit etmek ve genelde başka türlü gizli kalacak kavramsal bağları kurmada işe koşuluyor. IBM'in Watson teknolojisi bu alandaki önemli bir oyuncu olmayı sürdürüyor. Bir başka proje, Semantic Scholar ise 2015'te Seattle merkezli Allen Yapay Zekâ Enstitüsü'nce başlatıldı. Semantic

Scholar neredeyse tüm bilimsel araştırma alanında yayımlanmış 186 milyon makale içerisinde YZ destekli araştırma ve bilgi ayıklama hizmeti sunuyor.

Allen Enstitüsü, Mart 2020'de Microsoft, Ulusal Tıp Kütüphanesi, Beyaz Saray Bilim ve Teknoloji Ofisi, Amazon'un AWS Birimi ve diğer kurumlarca oluşan bir konsorsiyuma katıldı. Bu konsorsiyumun amacı, koronavirüs pandemisiyle ilgili bilimsel makalelerden içinde arama yapılabilen bir veritabanını, COVID-19 Açık Araştırma Veri Seti'ni oluşturmaktı.[83] Bu teknoloji, bilimcilerin ve sağlık hizmeti sunanların virüsün biyokimyası, epidemiyolojik modelleri ve hastalığın tedavisi de dâhil olmak üzere çok geniş bir bilim alanı yelpazesinde, hızla belli soruların yanıtına erişebilmesini sağladı. Nisan 2021'de veritabanında iki yüz seksen binden fazla bilimsel makale bulunuyordu, dahası bilimciler ve doktorlar tarafından yoğun biçimde kullanılıyordu.[84]

Böylesi girişimlerin yeni fikirlerin türetilmesine ivme katmada elzem araçlar olma potansiyeli muazzam... Gelgelelim bu teknoloji henüz emekleme aşamasında, dahası gerçek bir ilerleme için muhtemelen genel makine zekâsına giden yoldaki engellerin en azından bazılarının aşılabilmesi gerekiyor. Bu konuya Beşinci Bölüm'de gireceğiz. Gerçekten güçlü bir sistemin bilimciler için zeki araştırma asistanı rolüne adım atabileceğinin hayali kolay... Böylesi bir zeki araştırma asistanı ciddi sohbetlere girebilir, fikir teatisinde bulunabilir, etkin biçimde keşfedilecek yeni alanlar önerebilir.

Yine de en nihayetinde nelerin mümkün olacağına dair ölçülü, gerçekçi bakışı korumak kanımca önemli... Yapay zekânın inovasyona turbo hız katmanın çaresi olacağını, belli bir zaman çerçevesinde hız kazanarak sürekli sonuç alacağımızı beklememeliyiz; bunların hiçbiri buna işaret etmiyor. Ne de olsa bilim temelde deney yapmak üzerine; deney yapmak da sonuçlarını değerlendirmek de zaman alıyor. Bazı durumlarda bilimsel yönteme laboratuvar robotu kullanarak, hatta simülasyonu yapılmış

ortamlarda yüksek hızla bazı deneyler yürüterek hız katmak gerçekten mümkün...

Ne var ki tıp ve biyoloji gibi alanlarda deneylerin sık sık canlı organizmalarla yürütülmesi gerek. İşte bu noktada sürece ciddi hız kazandırma potansiyeli epey kısıtlı... COVID-19 aşısı bulma seferberliği başarılı oldu. Bu süreç de söz konusu kısıtlılık gerçeğine pürdikkat kesilmemizi sağladı. Bilimciler virüsün genetik kodunu edinip haftalar içerisinde aşı adaylarının formüllerini çıkarabildi. Kullanılabilir aşılar için uzun süre bekledik, bu neredeyse tamamen hem hayvanlar hem de insanlar üzerinde kapsamlı testler yapma şartı yüzündendi. Dahası gerekli olan milyarlarca doz aşıyı üretme kapasitesini imalat süreçlerine katmak da gerekti. Doğrusu, gerçekten ileri, bilimkurgu düzeyinde yapay zekâya erişimimiz olsaydı bile teknolojinin cidden daha kısa sürede aşı sunup sunamayacağı belli değil. İşte bu nedenden, Kurzweil'cilerin iddiasına, yapay zekânın çok yakında insan ömrüne ömür katacağına şüpheyle bakıyorum. YZ bu alanda çok güçlü, yeni fikirler üretmeye yardımcı olsa da ortaya çıkan tedavileri hem güvenlik hem de etkinlik açısından kesin sonuçlar elde etmek için yıllarca, hatta on yıllar boyunca beklemeden nasıl sınayabiliriz? Şurası kesin, yeni ilaç ve tedavilerin onay süreçlerini kolaylaştıracak düzenleme reformları yapma fırsatları mevcut ancak işin sonunda en zeki ve yaratıcı bilimcilerin bile fikirlerinin doğruluğunu teyit edecek deney sonuçları için beklemeleri gerek.

BU BÖLÜMÜN AMACI, BİR yandan yapay zekânın en ilginç ve sonuç üreten uygulamaları arasında kısa bir gezinti yapmak bir yandan da YZ'nin yakın vadede muhtemelen yıkım üreteceği, bazense sonuç almak için daha da beklememizin gerekeceği alanları vurgulamaktı. Burada sunulan liste elbette her şeyi içermiyor. Yapay zekâ en nihayetinde neredeyse her alana sirayet edip onları dönüştürecek.

Yapay zekânın hızla elektrik gibi bir kamu hizmeti olmaya evrildiği savı, esasında bu teknolojinin nerelere ulaşabileceğini ve dönüşüm yaratan doğasını yansıtıyor. Gerçi YZ elektrikle kıyaslandığında çok daha karmaşık ve dinamik bir teknoloji; sürekli değişen, neredeyse sınırsız sayıda kapasite sunarken bir yandan da sürekli iyileşecek. Bu yeni kamu hizmetinin gerçek potansiyelini anlamak için yapay zekâ bilimine ve tarihine dalmamız; bu alanın nasıl evrildiğini, ileride yaşanacak güçlükleri, teknoloji ilerlerken teknolojiyi şekillendirecek birbirine rakip fikirleri görmemiz gerek. Hepsi sıradaki iki bölümün konusu.

Dördüncü Bölüm

ZEKİ MAKİNELER KURMA SEFERİ

A. M. Turing Ödülü genelde bilişim alanının "Nobel Ödülü" kabul edilir. Adını efsanevi matematikçi ve bilgisayar bilimci Alan Turing'den alan bu ödül, her yıl Bilgi İşlem Makineleri Derneği'nce verilir. Turing Ödülü, kariyerlerini bu alanın durumunu ilerletmeye vakfeden kişilere verilir ve bu kişilerin başarılarının zirvesini temsil eder. Nobel gibi Turing Ödülü de 1 milyon dolar mali ödülle gelir. Bu ödülü fonlayanlar arasında başta Google geliyor.

Haziran 2019'da, 2018 Turing Ödülü üç kişiye verildi: Geoffrey Hinton, Yann LeCun, Yoshua Bengio. Ödül, bu üç kişinin derin sinir ağlarının geliştirilmesine ömür boyu sunduğu katkıların kabulüydü. Derin öğrenme olarak da bilinen bu teknoloji geçtiğimiz on yıl boyunca yapay zekâ alanında devrim yarattı, bundan kısa süre önce bilimkurgu denilebilecek ilerlemeler üretti.

Tesla sürücüleri rutin biçimde arabalarının otoyollarda otonom ilerlemesine müsaade ediyor. Google Translate [Google Çeviri] ise çok azımızın duyduğu, az bilinen dillerde bile ânında işe yarar metin üretiyor. Microsoft gibi şirketlerse Çince konuşmaları gerçek zamanlı makine çevirisiyle İngilizceye çevirebildiklerini kanıtladı. Çocuklar Amazon'un Alexa'sı ile konuşmanın sıradan bir olay olduğu bir dünyada büyüyorlar; anne-babaları ise acaba bu etkileşimler sağlıklı mı diye endişe ediyorlar. Tüm bu gelişmeler ve çok daha fazlası derin sinir ağlarından güç alıyor.

Derin öğrenmenin altında yatan temel fikir aslında on yıllardır mevcuttu. 1950'lerin sonunda Cornell Üniversitesi'ndeki bir psikolog olan Frank Rosenblatt, "algılayıcı" ("*perceptron*") kavramını üretti. Algılayıcı, beyindeki biyolojik nöronlara benzer ilkelerle işleyen bir elektronik aygıttı. Rosenblatt, basit algılayıcı ağlarının, sayı basamakları görüntülerini çözmek gibi, temel örüntü tanıma görevlerini gerçekleştirmek üzere eğitilebileceğini gösterdi.

Rosenblatt'ın sinir ağları üzerine ilk çalışmaları şevk yarattı. Ancak görünür ilerleme sağlanamayınca en sonunda diğer yaklaşımlar yeğlenerek bu teknik bir kenara itildi. Yalnızca ufak bir araştırmacı grubu sinir ağları üzerine odaklanmayı sürdürdü ki bu grubun içerisinde 2018 Turing Ödülü'nü kazanan üç bilimci de yer alıyordu. Bu teknoloji bilgisayar bilimciler arasında hiç ilgi çekmemeye başladı, hatta kariyer açısından çıkmaz sokak olarak görüldü.

Her şey Toronto Üniversitesi'ndeki Geoffrey Hinton'ın araştırma laboratuvarından bir ekip, ImageNet Büyük Ölçek Görsel Tanıma Yarışması'na katılınca değişti. Bu yıllık etkinlikte, dünyanın önde gelen çok sayıda üniversitesinden ve kurumundan gelen ekipler, devasa bir fotoğraf veritabanından seçilen görüntüleri doğru biçimde etiketleyecek bir algoritma tasarlamak üzere yarışıyorlardı. Diğer ekipler geleneksel bilgisayar programlama tekniklerini kullanırken Hinton'ın ekibi binlerce örnek görüntü üzerinde eğitilmiş bir "derin" (veya çok katmanlı) sinir ağını ortaya saldı. Toronto Üniversitesi yarışmadan kapıları parçalayarak birinci çıktı, dünya da derin öğrenmenin gücünün farkına vardı.

Sonraki yıllar boyunca neredeyse tüm büyük teknoloji şirketleri derin öğrenmeye devasa yatırımlar yaptı. Google, Facebook, Amazon, Microsoft'un yanı sıra Çinli teknoloji liderleri Baidu, Tencent ve Alibaba ürünlerinin, operasyonlarının ve işletme modellerinin tastamam merkezine derin sinir ağlarını yerleştirdi. Bilgisayar donanım endüstrisi de dönüşüm geçiriyor; NVIDIA

ve Intel gibi şirketler sinir ağlarının performansını optimize eden bilgisayar çipleri geliştiriyor. Derin öğrenme uzmanları yedi haneli ücret ve tazminat paketlerine hükmediyor; şirketler kısıtlı bir yetenek havuzundan yararlanmak için rekabet ederken yıldız atlet muamelesi görüyor.

Geçtiğimiz on yılda yapay zekâ alanındaki ilerlemeler hem olağanüstü hem de emsalsiz ancak bu ilerleme ölçeklendirme yoluyla sağlandı: Yani sinir ağıyla öğrenme algoritmaları daha da hızlı çalışan bilgisayar donanımına kuruldu; sinir ağları ise işleyeceği daha da büyüyen veri hazineleriyle beslendi. YZ uzmanları arasında giderek yayılan bir hissiyat şu: Bu yaklaşım sürdürülebilir değil, işleri daha da ileri götürmek için teknolojiye tümden yeni fikirler girmeli. YZ'nin olası geleceğine dalmadan önce gelin her şeyin nasıl başladığını, şimdiye dek alanda gidilen yolu, geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde devrim niteliğinde gelişmeler kaydeden derin öğrenme sistemlerinin gerçekte nasıl çalıştığını inceleyelim. Göreceğimiz üzere, yapay zekâ araştırmaları ilk günlerinden beri, akıllı makineler kurmada taban tabana farklı iki yaklaşım arasındaki rekabetle şekillendi. Bu iki düşünce okulu arasındaki gerilim tekrar ön plana çıkıyor, dahası önümüzdeki yıllarda ve on yıllarda alanın nasıl ilerleyeceğini de şekillendirebilir.

MAKİNELER DÜŞÜNEBİLİR Mİ?

İnsan gibi düşünüp davranma becerisine sahip makineler, ilk elektronik bilgisayarın icadından çok önce insanların hayal gücünde mevcuttu. 1863'te İngiliz yazar Samuel Butler, Yeni Zelanda'nın Christchurch kentindeki yerel gazetenin editörüne bir mektup yazdı. "Darwin Among the Machines" ["Darwin Makineler Arasında"] başlıklı bu mektuptaki vizyona göre, bir gün gelecek, "canlı makineler" insanlara denk olacak biçimde evrilecek; hatta belki de insanların ayağını kaydırıp onların yerine

geçecekti. Butler ortaya çıkan bu mekanik türe karşı hemen savaş açılması talebinde bulundu. Butler "her tür makine yok edilmeli" görüşünü savunuyordu.[1] 1863'teki bilgi teknolojisinin hâlini düşününce kaygılanmakta biraz aceleci davranmış denilebilir ancak bu kaygı, yakın tarihli *Terminator* ve *Matrix* filmlerinde olduğu üzere tekrar tekrar dillendirilen bir anlatıya dönüştü. Hatta Butler'ın korkusu yalnızca bilimkurgu eserleriyle de kısıtlı değil. YZ'deki en son ilerlemeler Elon Musk ve müteveffa Stephen Hawking gibi önde gelen kişileri, hayret verici biçimde yüz elli yıldan fazla zaman önce Butler'ı kaygılandıran duruma benzer senaryolar konusunda uyarılarda bulunmaya itti.

Yapay zekânın tam ne zaman ciddi bir çalışma alanına dönüştüğüne dair farklı fikirler mevcut... Bana sorarsanız temelleri 1950'de atıldı. 1950'de çok zeki bir matematikçi olan Alan Turing, "Computing Machinery and Intelligence" ["Bilişim Makineleri ve Zekâ"] adında bilimsel bir makale yayımladı. Bu makalede şu soruluyordu; "Makineler Düşünebilir mi?"[2] Turing, makalesinde partilerde sevilen bir oyuna dayalı bir test geliştirmişti ki bu test bugün bile bir makinenin gerçekten zeki sayılıp sayılamayacağını belirlemede en çok atıf alan yöntem... 1912'de Londra'da doğan Turing, bilişim teorisinde ve algoritmaların yapısına dair çığır açan çalışmalar yaptığından genelde bilgisayar biliminin kurucu babası addedilir. Turing en önemli başarısını 1936'da, daha Cambridge Üniversitesi'nden mezun olalı iki yıl geçmişken kaydetti. Bugün "evrensel Turing makinesi" denilen makinenin matematiksel ilkelerini belirlediği çalışması, özünde gerçek dünyada üretilen neredeyse her bilgisayarın detaylı planını içeriyordu. Turing, daha bilgisayar çağının başından, elektronik bilişimin makine zekâsının mantıksal, hatta belki kaçınılmaz uzantısı olduğunu apaçık anlamıştı.

"Yapay zekâ" terimini oluşturan kişiyse John McCarthy'ydi, o sıralarda Dartmouth Üniversitesi'nde genç bir matematik

profesörüydü. 1956 yazında McCarthy, üniversitenin New Hampshire yerleşkesinde Dartmouth Yapay Zekâ Yaz Araştırma Projesi'nin düzenlenmesine yardımcı oldu. Bu, yeni ortaya çıkan araştırma alanında öncü kişilerin davet edildiği, iki aylık bir konferans dizisiydi. Hedefleri hem yüksek hem de iyimserdi: Konferans önerisi "makinelere soyutlamalardan kavramlara varana dek dil kullanma yetisi katma, şimdilerde insanlara özgü olan problemleri çözme, kendilerini geliştirme girişiminde bulunulacak," diyordu. Konferansı düzenleyenler "şayet özenle seçilmiş bilimcilerden oluşan bir grup, bir yaz boyunca üzerinde çalışırsa bu problemlerin birinde veya daha fazlasında dikkate değer ilerleme kaydedilebileceği" vaadinde bulunuyordu.[3] Konferansa katılanlar arasında McCarthy ile, dünyanın en çok övgüye mazhar olmuş YZ araştırmacıları arasında yer alan ve MIT'de Yapay Zekâ Laboratuvarı'nı kuran Marvin Minsky ve elektronik iletişimin altındaki bilişim teorisinin ilkelerini belirleyip interneti mümkün kılan efsanevi elektrik mühendisi Claude Shannon da bulunuyordu.

Gerçi bu alandaki en parlak zihnin Dartmouth konferansında eksikliği hissediliyordu. Alan Turing iki yıl önce intihar etmişti. O sıralar Britanya'da yürürlükte bulunan "ahlaka mugayirlik" yasalarına göre, eşcinsel ilişkilerinden ötürü aleyhine dava açılan Turing, hapse girmekle zorla östrojen enjeksiyonu yoluyla kimyasal hadım arasında tercih yapmaya zorlanmıştı. İkinci seçeneği yeğleyen ama depresyona giren Turing 1954'te kendi canını almıştı. O sıralar ortaya çıkan bilgisayar bilimi ve yapay zekâ alanları için bu kaybın büyüklüğünün haddi hesabı yok. Turing öldüğünde henüz kırk bir yaşındaydı. Dünya daha adil olsa kesinlikle kişisel bilgisayarların ortaya çıkışını, hatta internetin yükselişini, ardından gelen çok sayıda inovasyonu görecek kadar yaşardı. Turing'in on yıllar boyunca alana ne kadar katkıda bulunabileceğini, yapay zekâ alanında ne kadar ileride olabileceğimizi

kimse bilmiyor ancak bu alanın ve tüm insanlığın entelektüel kaybı muhtemelen sarsıcı büyüklükte.

Yapay zekâ alanı Dartmouth konferansını takip eden yıllarda hızla ilerledi. Bilgisayarlar daha da kabiliyet kazanıyordu; önemli buluşlar yapıldı, çok geniş yelpazede problemleri çözebilen algoritmalar geliştirildi. Bir inceleme alanı olarak yapay zekâ, ABD'nin her yerindeki üniversitelere girmeye başladı; bazı YZ araştırma laboratuvarları kuruldu.

Bu ilerlemeyi mümkün kılan en önemli şeylerden biri ABD'nin, özellikle de Pentagon'un devasa yatırımlarıydı. Bu yatırımların çoğu İleri Araştırma Projeleri Kurumu (Advanced Research Projects Agency, ARPA) yoluyla aktarılıyordu. ARPA'dan fon alan önemli bir araştırma merkeziyse Stanford Araştırma Enstitüsü'ydü. Bu enstitü daha sonra Stanford Üniversitesi'nden ayrılarak kâr amacı gütmeyen, bağımsız SRI Uluslararası Enstitüsü'ne dönüştü. SRI'nın Yapay Zekâ Merkezi 1966'da kuruldu, dil çevirisi ve konuşma tanıma gibi alanlarda çığır açan işler yaptı. Dahası laboratuvar ilk gerçek otonom robotu yarattı. Bu makine YZ'li akıl yürütme kapasitesiyle çevreyle fiziksel etkileşim kurabiliyordu. SRI'nın Yapay Zekâ Merkezi, kuruluşundan neredeyse elli yıl sonra yeni bir teknoloji şirketi kuracaktı. Bu şirketse 2010'da Apple tarafından satın alınacak, Siri adlı yeni kişisel asistanı üretecekti.

Gelgelelim ilerleme çok geçmedi mübalağaya, hadsiz vaatlere, gerçekçi olmayan beklentilere döndü. 1970'te *LIFE* dergisi SRI'da üretilen bir robot hakkında bir makale yayımladı ve bu robotu dünyanın ilk "elektronik kişisi" ilan etti. O sıralar MIT'deki yıldız YZ araştırmacısı olan Marvin Minsky, bu makalenin yazarı Brad Darrach'ın ifadesiyle "sakin ve kendinden emin bir biçimde" şunları beyan etti:

> Bundan üç ila sekiz yıl sonra, ortalama genel insan zekâsına sahip bir makine üreteceğiz. Kastım öyle bir makine

> ki Shakespeare'i okuyabilecek, bir arabanın yağını değiştirebilecek, işyeri entrikalarına girişebilecek, espri yapabilecek, kavga edebilecek. İşte bu noktada, söz konusu makine fantastik bir hızda kendisini eğitmeye başlayacak. Birkaç ay sonra deha düzeyine ulaşacak, bundan birkaç ay sonraysa edineceği güçleri hesaplamak mümkün olmayacak.[4]

Darrach bu ifadeyi diğer YZ araştırmacılarıyla teyit etti, bu araştırmacılar belki de Minsky'nin üç ila sekiz yıl biçtiği zamanın biraz iyimser olduğunu söylediler. On beş yıl alabileceğini söylediler. Ne var ki "hepsi böyle bir makinenin yapılacağına, bunun Üçüncü Endüstriyel Devrim'e neden olabileceğine; savaşları ve yoksulluğu silip süpürebileceğine; bilimde, eğitimde ve sanatta yüzlerce yıllık bir ilerlemeyi bir araya getirebileceğine onay veriyordu."[5]

Giderek böylesi tahminlerin hedefi epey ıskaladığı, çıtayı daha alçakta tutan görevleri gerçekleştirebilecek YZ sistemlerini kurmanın bile beklenenden çok daha zor olduğu ortaya çıktı. Ardından bu alana yönelik heves sönmeye başladı. 1974'e gelindiğinde çok büyük fonlar veren devlet kurumları başta gelmek üzere, yatırımcılar arasında hayal kırıklığı arttı; bu da alanın, dahası çoğu YZ araştırmacısının kariyerlerinin üzerine gölge düşürdü. Tarih boyunca yapay zekâ alanı bir tür toplu bipolar bozukluktan mustarip olmuştur. Capcanlı, neşe dolu, hızlı ilerlemeler kaydedilen dönemlerin ardından; "YZ Kışı" adı verilen, on yıllar süren hayal kırıklıkları, düşük yatırım oranları geldi.

Alanın düzenli olarak YZ kışına girmesi, kısmen YZ'nin çözmeyi hedeflediği problemlerin zorluğunun anlaşılmasından ötürüydü. Ne var ki bir diğer kritik unsur da 1990'lara dek bilgisayarların aslında ne kadar yavaş olduğunun anlaşılmamasıydı. 1956'da Dartmouth'da düzenlenen konferans katılımcılarının düşlerini erişilebilir kılacak donanım için bile Moore Yasası'nın demir ökçesi altında on yıllar boyunca ilerleme kaydedilmesi gerekecekti.

Daha hızlı bilgisayar donanımının gelişi 1990'ların sonunda bazı ciddi ilerlemelere yol açtı. Mayıs 1997'de IBM'in Deep Blue adlı bilgisayarı dünya şampiyonu Garry Kasparov'u altı oyunluk bir satranç maçında ufak bir farkla yendi. Genelde bu yapay zekânın zaferi sayılsa da işin doğrusu söz konusu başarıyı sağlayan şey kaba bilişim gücüyle deneme-yanılma yönteminin kaldıraç olarak kullanılmasıydı. Deep Blue'nun özel tasarlanmış buzdolabı boyutundaki donanımında çalışan, satranca özel üretilmiş algoritmalar çok daha ileri hamlelere bakabiliyor; en muktedir insan zihnine bile imkânsız gelecek sayıda hamleyi hızla sıralayabiliyordu.

2011'de IBM, Watson'ın üretilmesiyle bir daha muzaffer oldu. Bu makine, televizyon oyun şovu *Jeopardy!*'de dünyanın en iyi yarışmacılarını kolayca yendi. Bu pek çok açıdan çok daha etkileyici bir başarıydı; çünkü şakalar, sözcük oyunları arasında yol bulabilmeyi gerektiren doğal dil anlama yeteneğini kapsıyordu. Deep Blue'nun aksine Watson, satranç gibi katı kurallı bir masaüstü oyununun ötesine geçebilen, neredeyse sınırsız bilgi miktarıyla baş edebilen bir sistemdi. Watson, *Jeopardy!*'yi veri âleminde kendine rota çizebilen akıllı algoritma kümesini eşzamanlı çalıştırarak kazandı. Bu veriler, Watson'ın oyunda doğru yanıtları bulabilmesi için genelde Wikipedia makalelerinden çekiliyordu.

Watson yeni bir çağın kapısını araladı. Başarısı makinelerin en sonunda dili bileşenlerine ayrıştırabileceğinin, insanlarla doğru etkileşimi kurabileceğinin göstergesi sayıldı. Ne var ki 2011 yılı aynı zamanda yapay zekâyı barındıran teknolojide ciddi bir kaymanın da başlangıcı oldu. Watson'ın makine öğrenmesi algoritmaları bilgiyi anlamlı kılacak istatistiki teknikler kullanıyordu ancak sonraki birkaç yıl içerisinde makine öğreniminde bir başka yöntem tekrar önem kazanacak, hızla yapay zekâ alanına hükmetmeye başlayacaktı. Bu makine öğrenmesi yöntemiyse Frank Rosenblatt'ın elli yılı aşkın zaman önce kavramsallaştırdığı, "algılayıcı" ["*perceptron*"] yaklaşımı üzerine kuruluydu.

BAĞLANTICI YAPAY ZEKÂYA KARŞI SEMBOLİK YAPAY ZEKÂ VE DERİN ÖĞRENMENİN YÜKSELİŞİ

Genel yapay zekâ alanı on yıllar boyunca ani yükseliş ve düşüşlerle ilerledi. Bu süre zarfında, daha zeki makine üretme yaklaşımları, birbirine tezat iki genel felsefe arasında salınıp durdu. Bir düşünce okulu, Rosenblatt'ın 1950'lerde sinir ağları üzerine çalışmasından filizlenmişti. Bu okulun savunucuları, bir zekâ sisteminin beynin temel mimarisi üzerine modellenmesi, takriben biyolojik nöronlara dayalı derinden bağlantılı bileşenleri kullanması gerektiğine inanıyordu. "Bağlantıcılık" adı verilen bu yaklaşım, zekânın merkezindeki kabiliyetin öğrenme olduğunu vurguluyor; bir makinenin etkin biçimde veriden öğrenebilmesi hâlinde, insan beyninin sergilediği diğer kapasitelerin de ortaya çıkacağını savunuyordu. Ne de olsa bu modelin etkinliğinin güçlü kanıtları mevcuttu: İnsan beyninin tamamen birbirine bağlantılı biyolojik nöronlardan oluşan, anlaşılamayacak denli karmaşık bir sistem olduğu zaten biliniyordu.

Buna rakip grupsa mantık ve akıl yürütme uygulamalarını takip edip "sembolik" bir yaklaşım benimseyen araştırmacılardan oluşuyordu. Sembolizmciler açısından öğrenme o kadar önemli değildi. Bunun yerine zekânın anahtarını bilgiyi akıl yürütme, karar verme, eyleme geçme yoluyla kaldıraç olarak kullanma becerisinde görüyorlardı. Sembolizmciler, kendi başına öğrenebilen algoritmalar tasarlamak yerine, bilgiyi kurdukları sistemlerin doğrudan içine sokuyorlardı. Bu uygulama "bilgi mühendisliği" adı verilen bir alanın oluşumuna yol açtı.

Sembolik YZ, yapay zekâ alanındaki ilk pratik uygulamaların neredeyse tümüne güç veren motordu. Örneğin doktorlarla çalışan bilgi mühendisleri, karar ağacı kullanan algoritmalar yoluyla hastalık teşhis eden sistemler kurmayı deniyordu. Böylesi tıbbi uzman sistemler hem olumlu hem olumsuz sonuçlar veriyor, genelde esnek ve güvenilir olmadıkları görülüyordu. Gelgelelim

uzman sistem araştırmaları yoluyla jetlerde kullanılan otomatik pilot sistemleri gibi uygulamalar geliştirildi; böylesi uygulamalar kademe kademe yazılım tasarımında rutin bileşenlere dönüştü. Ne var ki bunlara artık "yapay zekâ" demiyoruz.

Bağlantıcılık yaklaşımının kökenlerinde, insan beyninin işlevini anlamaya çalışan araştırmalar yatıyor. 1940'larda Warren McCulloch ve Walter Pitts, beyindeki biyolojik nöronların işleyiş biçiminin yaklaşık bilişimsel modeli olarak yapay sinir ağları fikrini öne sürdü.[6] Psikoloji eğitimi alan ve Cornell Üniversitesi Psikoloji Bölümü'nde ders veren Frank Rosenblatt'sa bu fikirleri kendi algılayıcı kavramı içinde bütünleştirdi.

Algılayıcı aygıtı, aygıta iliştirilmiş bir kamera vasıtasıyla matbu harfleri tanıma gibi temel örüntü tanıma görevlerini gerçekleştirebiliyordu. Meğer şimdilerde Google'ın mühendislik direktörü olan mucit ve yazar Ray Kurzweil, 1962'de bir gün Cornell'deki laboratuvarında Rosenblatt'ı ziyaret etmiş. Kurzweil'in bana anlattığına göre, o gün yanına algılayıcıda denemek üzere örnekler almış; karakterler düzgün yazı tipinde, düzgün basıldığı sürece bu makine kusursuz çalışıyormuş. Dahası Rosenblatt, o sıralar MIT Üniversitesi'ne yeni kaydolmak üzere olan genç Kurzweil'e daha iyi sonuçlar alınabileceğinden emin olduğunu söylemiş. Bunun için algılayıcıların çok katmanlı biçimde, ardışık sıralanması gerektiğini; bir katmanın çıktısının sonraki katmanı girdiyle beslemesi gerektiğini eklemiş.[7] Heyhat, Rosenblatt 1971'de bir tekne kazasında öldü; asla çok katmanlı uygulamayı kuramadı.

Yapay sinir ağlarına yönelik baştaki heves 1960'ların sonunda gerilemeye başladı. Bu gerilemeye yol açan en önemli şeylerden biri 1969'da Marvin Minsky'le Seymour Papert'in beraber yazdıkları *Perceptrons* [*Algılayıcılar*] adlı kitabın yayımlanmasıydı. Minsky yapay zekânın potansiyeline olağanüstü güven duysa da ne ironiktir, ileride emsalsiz ilerlemeye yol açacak bir yaklaşıma kötümser bakıyordu. Minsky ve Papert kitaplarında formel

matematik kanıtlarla sinir ağlarının kısıtlamalarına ışık tutuyor, teknolojinin gelişmiş pratik problemleri çözemeyeceğini iddia ediyorlardı.[8]

Hâliyle bilgisayar bilimciler ve mezun öğrenciler sinir ağları üzerinde çalışmaktan imtina etmeye başladı; böylece şimdilerde genelde "klasik YZ" adı verilen sembolik YZ yaklaşımı alana hâkim oldu. Sinir ağları 1980'lerde ve yine 1990'larda kısa süreli çıkışlar yakalayacaktı ama on yıllar boyunca, yapay zekâ alanına ilgi iki uç arasında gidip gelirken bile sembolik okulun hükmü sürecekti. Bağlantıcılar açısından YZ kışları korkutucu bir ağırlık ve durağanlıkla sürdü, bu sırada sembolik YZ uygulayanlar yumuşak baharların tadını çıkardı.

Bilhassa 1970'ler ve 1980'lerin başında kış çok sert ayazlar yapacaktı. Şimdilerde derin öğrenmenin başlıca mimarlarından addedilen Yann LeCun'un bana söylediğine göre, bu dönemde sinir ağları araştırmaları "marjinalleştirmeden de beter" bir durum yaşıyordu. "İçinde 'sinir ağları' geçen bir makale bile yayımlanamıyordu; çünkü hemen ret yanıtı alıyordu."[9] Yine de sayıca az araştırmacı bağlantıcı vizyona inançlarını kaybetmemişti. Bu kişilerin çoğunun art alanı bilgisayar bilimleri değil, psikoloji veya insan bilişiydi; ilgilerini canlı tutan şeyse beyin işlevine matematiksel model üretme arzusuydu. 1980'lerin başında San Diego'daki Kaliforniya Üniversitesi'nde psikoloji profesörü olan David Rumelhart, "geri yayılım" olarak bilinen tekniği ortaya koydu ki bu teknik bugünün çok katmanlı sinir ağlarında bile başlıca kullanılan algoritmadır. Rumelhart, Northeastern Üniversitesi'nde bilgisayar bilimci olan Ronald Williams'ın yanı sıra o sıralarda Carnegie Mellon Üniversitesi'nde çalışan Geoffrey Hinton'la geri yayılım algoritmasının nasıl kullanılabileceğini tarif etti. 1986'da *Nature* dergisinde yayımlanan bu makale, şimdilerde yapay zekâ alanındaki en önemli bilimsel makale sayılıyor.[10] Geri yayılım, bir gün YZ alanına hâkim olacak

derin öğrenme yaklaşımına giden yola kapı aralayan temel kavramsal buluşu temsil ediyordu ancak bilgisayarların bu yaklaşımı kaldıraç olarak kullanabilecek hıza ulaşmasına daha on yıllar vardı. 1981'de San Diego'daki Kaliforniya Üniversitesi'nde Rumelhart'la çalışan genç bir doktora sonrası araştırmacısı olan Geoffrey Hinton, belki de derin öğrenme devriminde en önde gelen kişiye dönüşecekti.

1980'lerin sonuna gelindiğinde yapay sinir ağlarının pratik uygulamaları ortaya çıkmaya başladı. O sıralarda AT&T'nin Bell Laboratuvarları'nda araştırma yürüten Yann LeCun, "evrişimli sinir ağları" adı verilen yeni bir mimaride geri yayılım algoritmasını kullandı. Evrişimli sinir ağlarında yapay nöronlar, memeli beyninde görme korteksinden ilham alan biçimlerde bağlanır; bu ağlar özellikle görüntü tanıma işinde etkin olmak üzere tasarlanmıştır. LeCun'un sistemi elle yazılan sayı basamaklarını tanıyabiliyordu. 1990'ların sonuna gelindiğinde evrişimli sinir ağları, ATM makinelerinin banka çeklerinde yazılı sayıları anlamasını sağlıyordu.

2000'lerde "büyük veri" yükselişi başladı. Artık örgütler ve devletler bilgi derleyip analiz etmeye çalışıyordu. Kısa sürede bu bilgiler hayal bile edilemeyecek ölçeklere ulaşacaktı. Tüm dünyada türetilen verinin toplam hacminin üstel bir artışla büyümeye devam edeceği herkesçe görüldü. Bu veri selinin yolu kısa zamanda makine öğrenmesi algoritmalarıyla kesişecek, böylece yapay zekâda devrime kapı aralanacaktı.

En büyük sonuçlara sahip olacak yeni veri hazinelerinden biri Princeton Üniversitesi'nde genç bir bilgisayar bilimi profesörünün çabaları sayesinde oluştu. Görüntü işleme çalışmalarına odaklanan Fei-Fei Li fark etti ki makinelere gerçek dünyadan görsel anlam çıkarmayı öğretmek için kapsamlı bir öğretim kaynağı gerekiyordu. Bu kaynakta, bir insanın karşılaşabileceği aşağı yukarı her şey; insanlar, hayvanlar, binalar, araçlar,

nesneler ve bunların çok sayıda çeşitlemelerini içeren düzgün etiketlenmiş örnekler olmalıydı. İki buçuk yıllık bir çalışmanın ardından Fei-Fei Li, beş bini aşkın kategoride üç milyondan fazla görüntüyü etiketlemeye koyuldu. Bu işin elle yapılması gerekiyordu: Ne de olsa bir fotoğrafla tanımlayıcı etiket arasında düzgün ilişkiyi ancak bir insan kurabilirdi. Bir lisans öğrencisini bile böylesi devasa bir görevde işe koşmanın maliyeti fahiş rakamları bulacağından Li'nin ekibi yeni geliştirilmiş bir plaformda, Amazon'un Mechanical Turk platformunda yardım aradı. Bu platform bilgi odaklı görevleri, genellikle maaşların düşük olduğu ülkelerden uzaktan çalışan işçilerin yer aldığı, kitle kaynaklı işlere dönüştürüyor.[12]

Li'nin ImageNet olarak bilinen projesi 2009'da yayımlandı, çok geçmeden görüntü işleme araştırmalarında vazgeçilmez bir kaynağa dönüştü. Li, 2010'dan itibaren her yıl bir yarışma düzenlemeye başladı. Bu yarışmada üniversitelerden ve kurumsal araştırma laboratuvarlarından gelen ekipler veri setinin üzerine kendi algoritmalarını salıyor; bunlar da devasa veri setindeki görüntüleri etiketliyordu. ImageNet'in iki yıl sonra, Eylül 2012'de düzenlediği Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması'nın derin öğrenme teknolojisinde dönüm noktasını temsil ettiği söylenebilir.[13] Geoffrey Hinton'la Toronto Üniversitesi'ndeki araştırma laboratuvarından Ilya Sutskever ve Alex Krizhevsky çok katmanlı evrişimli sinir ağıyla yarışmaya katıldı ve rakip algoritmalara ciddi manada nal toplattı. Bu da derin sinir ağlarının en nihayetinde gerçekten pratik uygulamaları olan bir teknolojiye evrildiğinin apaçık kanıtı oldu. Hinton'ın ekibinin zaferi YZ araştırma camiasında çok büyük yankı uyandırdı. Araştırmaların odağına güçlü sinir ağları algoritmalarıyla devasa veri setlerinin eşleşmesi alındı ve üretken çalışmalar çıktı. Bu ortakyaşam çok geçmeden, birkaç yıl önce bilimkurgu âlemleri dışında gerçekleşmeyeceği düşünülen ilerlemeler kaydedecekti.

Burada betimlenen öykü, kabaca derin öğrenmenin "standart tarihçesi" denilebilecek bir öykü... Bu anlatıda 2018 Turing Ödülü sahipleri olan Geoffrey Hinton, Yann LeCun ve Montreal Üniversitesi profesörü Yoshua Bengio çok büyük yere sahip; öyle ki onlara genelde "derin öğrenmenin vaftiz babaları" deniyor (Onlara bazen "YZ'nin vaftiz babaları" da deniyor. Bu da derin öğrenmenin alana nasıl tümden hâkim olduğunun, sembolik yaklaşımlara yönelik eski odağın kaybolduğunun capcanlı kanıtını teşkil ediyor). Gelgelelim bu tarihçenin başka versiyonları da var. Çoğu bilimsel alanda olduğu üzere, amansız bir tanınma yarışı süregidiyor. YZ'deki ilerlemenin hem toplumu hem de ekonomiyi kaçınılmaz bir tarihî dönüşüme tabi tutacağına dair gitgide yayılan algı yüzünden de bu yarış iyice sertleşiyor.

YZ'nin alternatif tarihinin olduğuna dair en yüksek ses Jürgen Schmidhuber'den çıkıyor. Kendisi İsviçre'nin Lugano kentindeki Dalle Molle Yapay Zekâ Araştırmaları Enstitüsü'nün yöneticilerinden. Schmidhuber ve öğrencileri 1990'larda bir "uzun kısa erimli bellek" uygulaması olan özel bir sinir ağı geliştirdiler. UKEB kısaltmasıyla anılan bu sinir ağları geçmişteki veriyi "anımsayıp" mevcut analizle bütünleştirebiliyor. Bu yaklaşım, konuşma tanıma ve dil çevirisi gibi alanlarda kritik önem taşıyor. Bu alanlarda daha önceki sözcüklerin yarattığı bağlamın doğruluk üzerine çok büyük etkisi var. Google, Amazon, Facebook gibi şirketlerin hepsi UKEB'e bel bağlayarak çalışıyor. Schmidhuber, YZ'nin yakın tarihteki ilerlemesinin altında yatan çalışmaların şöhretinin büyük Kuzey Amerikalı araştırmacıların değil, kendi ekibinin çalışmaları olduğuna inanıyor.

Kitabım *Architects of Intelligence*'ın [*Zekânın Mimarları*] yayımlanmasından kısa süre sonra Schmidhuber bana bir e-posta yolladı. Kitabımda derin öğrenmenin standart tarihçesinin kısa bir özetini sunmuştum. Schmidhuber bana şöyle yazmıştı;

"Yazdıklarının çoğu yanlış yönlendirici, hâliyle epey sinir bozucu!"[14] Schmidhuber'e göre derin öğrenmenin kökleri ne ABD'de ne de Kanada'da; aslında Avrupa'da. Schmidhuber'in söylediğine göre çok katmanlı sinir ağları için öğrenme algoritmaları ilk olarak 1965'te Ukraynalı araştırmacı Alekseyey Grigoreviç İvaşenko tarafından tanımlandı. Geri yayılım algoritmaları ise Rumelhart'ın meşhur makalesinden on beş yıl önce, ilk kez 1970'te Finli öğrenci Seppo Linnainmaa tarafından yayımlandı. Schmidhuber'in kendi araştırmasının tanınmamasına sinir olduğu aşikâr... Kendisi aynı zamanda YZ konferanslarında sunumları rahatsız edici bir biçimde bölmesiyle; "Derin öğrenme tarihçesinde bir 'komplo' var; bu tarihçe özellikle Hinton, LeCun ve Bengio'nun lehine yeniden yazılıyor," diye suçlamalar yöneltmesiyle biliniyor.[15] Daha çok tanınan söz konusu araştırmacılar da öfkeyle itiraz ediyorlar. Hatta LeCun, *New York Times* gazetesi muhabirine şöyle demişti; "Jürgen manyakça bir tanınma saplantısına sahip, hak etmediği itibarın peşinde."[16]

Derin öğrenmenin gerçek kökenlerine dair ihtilaflar muhtemelen sürecek ancak 2012'deki ImageNet yarışmasının ardından bu tekniğin yapay zekâ alanını (ve teknoloji endüstrisindeki büyük şirketlerin çoğunu) kasıp kavurduğuna şüphe yok. Google, Facebook, Amazon, Microsoft'un yanı sıra Çinli teknoloji liderleri Baidu, Tencent ve Alibaba da derin sinir ağlarının yıkıcı potansiyelini ânında fark etti; bunun üzerine kendi araştırma ekiplerini kurup kendi ürünleri ve operasyonlarıyla bu teknolojiyi bütünleştirmeye başladılar. Google, Geoffrey Hinton'ı işe aldı; Yann LeCun Facebook'un yeni YZ araştırma laboratuvarlarının yöneticisi oldu. Endüstrinin tümünde, daha yeni mezun olsa da derin öğrenmede uzmanlık sahibi öğrencileri bile kapmak için, maaşları ve çalışanlara sunulan hisse senedi opsiyonlarını arşa çıkaran bir yetenek savaşı başladı. 2017'de Google'ın CEO'su Sundar Pichai, Google'ın artık "önce YZ diyen bir şirket" olduğunu,

yapay zekânın bu şirketin diğer teknoloji devleriyle rekabetindeki en önemli boyutlardan biri olacağını ilan etti.[17] Google ve Facebook'ta bu teknoloji o kadar önem arz ediyordu ki derin öğrenme araştırmacılarına CEO'nun odasına yakın odalar verildi.[18] 2010'ların sonuna gelindiğinde sinir ağları alana öyle hâkim olmuştu ki medya "derin öğrenme" ve "yapay zekâ" terimlerine birbirinin eş anlamlısı muamelesi yapmaya başladı.

Beşinci Bölüm

DERİN ÖĞRENME VE YAPAY ZEKÂNIN GELECEĞİ

Derin öğrenme dünyanın en büyük teknoloji şirketlerince benimsendi. Bunun üzerine her biri diğerinden cazip tüketici ve iş uygulamaları sinir ağlarının gücünü kaldıraç olarak kullanmaya başladı. Bu iki nedenden ötürü söz konusu teknolojinin kalıcı olduğu şüphe götürmüyor. Ne var ki ilerlemenin oranının sürdürülebilir olmadığına, gelecekte yeni gelişmeler olması için önemli sayıda inovasyon gerektiğine dair giderek yayılan bir hissiyat da mevcut... Daha sonra göreceğimiz üzere ilerideki en önemli sorulardan biri, YZ sarkacının tekrar aksi istikamete, sembolik YZ'ye vurgu yapan yaklaşımlara doğru salınıp salınmayacağı. Şayet böyle olacaksa acaba bu fikirler sinir ağlarıyla başarıyla bütünleşebilecek mi? Yapay zekânın geleceğine dalmadan önce gelin bir derin öğrenme sisteminin gerçekte nasıl çalıştığını, bu ağların faydalı görevleri gerçekleştirmek üzere nasıl eğitildiğini ayrıntısıyla inceleyelim.

DERİN SİNİR AĞLARI NASIL ÇALIŞIR?

Medya derin öğrenme sistemlerini genelde "beyne benzer" bir şey olarak tarif ediyor. Bu da yapay zekâda kullanılan sinir ağlarının ne ölçüde biyolojik muadillerine benzer modellendiğine dair yanlış kanılara yol açabiliyor. Kabaca yüz milyar nörona,

yüzlerce trilyon karşılıklı bağlantıya sahip insan beyninin bilinen evrendeki en karmaşık sistem olduğu iddia edilebilir. Ancak insanı afallatan düzeydeki bu karmaşıklık yalnızca devasa ölçekte bağlantıdan ortaya çıkmıyor; bu karmaşıklık nöronların çalışma sisteminden sinyal iletim biçimlerine, zamanla yeni bilgiye uyum sağlama becerilerine kadar uzanıyor.

Bir biyolojik nöron üç parçadan oluşur: çekirdeği barındıran hücre yapısı; "dendrit" adı verilip gelen elektrik sinyallerini taşıyan çok sayıda ipliksi yapı; nöronun diğer nöronlara giden sinyali aktarmasına yarayıp "akson" adı verilen daha uzun ve daha ince, tek bir iplikçik. Hem dendritler hem de akson genelde çok sayıda dallanır, dendritler bazen on binlerce başka nörondan elektriksel uyarım alır. Dendritlerden gelen sinyaller toplamı nöronu tetikleyince nöron da akson üzerinden bir elektrik yükü gönderir; bu elektrik yüküne "eylem potansiyeli" adı verilir. Ne var ki beynin bağlantıları elektrikle bütünleşik değildir. Bunun yerine, bir nörondan çıkan akson, bir başka nöronun dendritine "sinaps" adı verilen bir kesişim noktası üzerinden bir kimyasal sinyal aktarır. Bu elektrokimyasal işlevler, beynin faaliyetleri, öğrenip uyum sağlama becerisi açısından hayati önem taşısa da çoğu hâlâ tam anlamıyla anlaşılmış değil. Örneğin zevk ve ödülle ilişkili kimyasal, dopamin, sinaps boşluğunda işleyen bir nörotransmiterdir [sinir iletici].

Bir yapay sinir ağı bu ayrıntıları bir kenara koyar, sinirlerin faaliyet ve bağlantı biçimlerinin matematiksel taslağını üretmeye çalışır. Şayet beyne Mona Lisa dersek o hâlde derin öğrenme sistemlerinde kullanılan yapıların oluşturduğu taslak en iyi ihtimalle *Peanuts* bant karikatürlerindeki Lucy'ye benzeyecektir. Yapay nöron temel planı 1940'larda oluşturuldu. Sonraki on yıllar içerisinde bu sistemler üzerindeki çalışmalar büyük oranda beyin biliminden ayrıştı. Derin öğrenme sistemlerine güç katan algoritmalar çoğu kez deneylerle insan beyninde gerçekte neler

olduğuna dair belli bir simülasyon oluşturmadan, beyinden bağımsız biçimde gelişti.

Yapay nöronun nasıl bir şey olduğunu anlamak için gözünüzün önüne bir kap getirin: Bu kabın içine giren üç veya daha fazla boru düşünün, her bir boru da kaba su aktarsın. Bu borular kabaca biyolojik nörondaki dendritlere tekabül ediyor. Dahası bir de akson borusu var, bu da dışarı su aktarıyor. Şayet kaba giren boruların aktardığı su düzeyi belli bir eşiğe ulaşırsa nöron "ateşlenir", yani akson borusundan dışarı su aktarır.

Bu basit mekanizmayı faydalı bir bilişim aygıtına dönüştüren temel özellikse kaba giren boruların her birine yerleştirilen bir valftir. Bu valf sayesinde borudan geçen su akışı denetlenebilir. Bu valfleri ayarlayarak, söz konusu nörona bağlı diğer nöronların etkisini doğrudan düzenlemek mümkün... Bir sinir ağını bazı faydalı görevleri gerçekleştirecek biçimde eğitme süreci esasında bu valfleri ayarlama meselesidir. Sinir ağı örüntüleri doğru biçimde tespit edene kadar ayarlanan bu valflere aslında "ağırlık" adı verilir.

Bir derin sinir ağı da esasında böylesi kapların katman katman düzenlenmiş hâlidir. Yapay nöronlar yazılımla bu düzeneğin simülasyonunu yapar. Öyle ki bir nöron katmanının çıktısı sonraki katmandaki nöronların girdisiyle bağlantılıdır. Komşu katmanlardaki nöronlar arasındaki bağlantılar genelde basitçe rastlantısal olarak düzenlenir; belli bir sinir ağı mimarisi buna alternatif teşkil eder. Görüntü tanımak üzere tasarlanmış bir evrişimli sinir ağında, nöronlar daha belirgin bir plana göre bağlanabilir. Gelişkin sinir ağları yüzlerce katmandan, milyonlarca yapay nörondan fazlasını içerebilir.

Böylesi bir ağ, yapılandırıldıktan sonra görüntü tanıma veya dil çevirisi gibi belli görevleri gerçekleştirmek üzere eğitilebilir. Örneğin el yazısıyla yazılmış sayı basamaklarını tanıyacak biçimde bir sinir ağı eğitme işinde, elle yazılan bir sayı fotoğrafındaki tek tek pikseller ilk nöron katmanı girdisi olacaktır. Yanıt yahut

bir başka deyişle elle yazılmış basamağa tekabül eden sayı, yapay nöronların son katmanının çıktısı olacaktır. Doğru yanıtı türetmek üzere ağı eğitme işi, eğitim örneklerinin girildiği, ardından doğru yanıta yakınsayacakları biçimde ağdaki tüm ağırlıkların ayarlandığı bir süreçtir. Ağırlıklar bu şekilde optimize edildikten sonra bu ağ eğitim setine dâhil olmayan yeni örnekler üzerinde çalışacaktır.

Meşhur geri yayılım algoritmaları, bu ağı en sonunda neredeyse her seferinde doğru yanıtlara yakınsayacak biçimde, ağırlıkları ayarlama işlemi sırasında devreye girer. Karmaşık bir derin öğrenme sisteminde nöronlar arasında milyarlarca, hatta daha fazla bağlantı olabilir. Her birinin ağırlığının optimize edilmesi gerekir. Geri yayılım özünde ağdaki tüm ağırlıkların tek tek değil, topluca ayarlanmasına imkân tanır. Böylece bilişim verimliliğinde devasa bir artış sunar.[1] Eğitim sürecinde ağ çıktısı doğru yanıtla kıyaslanır, her bir ağırlığın ayarlanmasına yarayan bu bilgi nöron katmanlarından geriye yayılır. Geri yayılım olmasaydı derin öğrenme devrimi gerçekleşmezdi.

Tümü bir sinir ağının faydalı sonuçlar üretecek biçimde yapılandırılıp eğitilmesinin temel mekanizmasını anlatsa da hâlâ yanıt bulmayan temel bir soru var: Bu sistemler veriyi karıştırırken, genelde insanüstü bir doğrulukla yanıt sunarken içlerinde tam olarak ne oluyor?

Bunun kısa yanıtı şu: Sinir ağında bilginin temsili oluşturuluyor, ağın ardışık katmanlarındaysa bu bilginin soyutlama düzeyi artıyor. Bunun en kolay anlaşılacağı yer, görüntü tanımak üzere yapılandırılan bir ağ. Böylesi bir ağın görüntü kavrama çabası pikseller düzeyinde başlar. Sonraki sinir katmanlarında kenarlar, eğriler ve dokular gibi görsel özellikler algılanır. Sistemin derinlerinde daha da karmaşık temsiller ortaya çıkar. En sonunda sistem o kadar kesin bir anlayışa kavuşur ki ağın bu görüntüyü tespit etmesine imkân verecek biçimde, görüntünün tam özünü

yakalar. Edinilen temsil devasa sayıdaki seçeneklere kıyasla bile kesinlik arz eder.

Ne var ki bu sorunun daha kapsamlı yanıtı şu: İtiraf etmek gerekir ki tam ne olduğunu gerçekte bilmiyoruz. En azından kolayca tarif edemiyoruz. Hiçbir programcı çeşitli soyutlama düzeylerini, ağ içinde bilginin nasıl temsil edildiğini tanımlamaya girişmiyor. Tümü organik gerçekleşiyor; elde edilen bilgi temsilî ise sistemin her yerinde ateşlenen, birbirine bağlı milyonlarca yapay nörona dağıtık hâlde duruyor. Ağın bir yolla görüntüyü algıladığını biliyoruz; yine de yapay nöronların içerisinde tam neyin birleştiğini doğru tarif etmek çok zor, hatta imkânsız... Üstelik ağın daha derin katmanlarına ilerledik mi, kolay görüntülenemeyen veri tipleri üzerinde çalışan sistemleri inceledik mi bu durum giderek zorlaşıyor. Bu görece belirsizlik, en önemli kaygı yaratan durumlardan biri: Bu durum derin sinir ağlarının esasında birer "kara kutu" olduğunu düşündürtüyor. Sekizinci Bölüm'de bu kaygıları yeniden ele alacağız.

Faydalı görevleri yerine getirmeleri amacıyla derin öğrenme sistemlerinin ezici çoğunluğu, özenle etiketlenmiş veya kategorize edilmiş devasa veri setlerini ağa sunarak eğitiliyor. Örneğin bir derin sinir ağı, her biri hayvan adlarıyla doğru biçimde etiketlenmiş, binlerce, hatta belki de milyonlarca görüntü verildi mi fotoğraflardaki hayvanları doğru biçimde tespit etmek üzere eğitilebilir. "Gözetimli öğrenme" adı verilen bu eğitim rejimi en üst performans düzeyindeki donanım bile kullanılsa saatler alabilir.

Gözetimli öğrenme pratik makine öğrenmesi uygulamalarının belki de yüzde 95'inde kullanılan eğitim yöntemi. YZ radyoloji sistemlerine teknik güç katan şey bu. Bu sistemler "kanser var" veya "kanser yok" diye etiketlendirilmiş devasa sayıda tıbbi görüntüyle eğitiliyor. Dil çevirisindeyse eğitim sırasında daha önceden farklı dillere çevrilmiş milyonlarca belge kullanılıyor. Neredeyse sınırsız sayıda başka uygulama mevcut ve bunlar da

özünde farklı bilgi biçimlerinin kıyaslanıp sınıflandırılmasını içeriyor. Gözetimli öğrenme genelde çok büyük sayıda etiketli veri gerektiriyor ama aldığı sonuçlar etkileyici... Bu yolla oluşan sistemler genelde örüntü tanımada insanüstü bir beceri sergiliyor. Derin öğrenme patlamasının başlangıcını 2012'deki ImageNet yarışması teşkil etti; sonraki beş yıl içerisinde, görüntü tanıma algoritmaları o kadar uzmanlaşmıştı ki yıllık yarışmaya yeni bir yön verilmesi gerekmişti: Yarışmanın yeni hedefi, gerçek zamanlı üç boyutlu nesneleri tanıma olarak değiştirilmişti.[2]

Tüm bu verileri etiketleme işi, örneğin fotoğraflara betimleyici etiketlerin eklenmesi ancak insan yorumuna bağlıysa süreç pahalı ve hantal bir hâl alıyor. Böylesi durumlara yaygın çözüm, Fei-Fei Li'nin ImageNet veri setindeki yaklaşımının yinelenmesi; yani kitle kaynaklı çözümlere yönelinmesi. Mechanical Turk gibi platformlar dağıtık bir insan ekibine çok cüzi ücretler ödemeyi mümkün kılarak bu işi gerçekleştiriyor. Böylece süreci kolaylaştırma fırsatı bazı teknoloji şirketlerinin kurulmasını sağlamış durumda. Bu şirketler, bilhassa gözetimli öğrenmeye hazırlık mahiyetinde veri etiketlenmesi işine verimli yöntemler bulmaya odaklı... Özellikle görsel bilgiyi anlama uygulamalarında devasa veri setlerini doğru etiketlemek hayati önem taşıyor. Bu öneme bir örnek, Scale AI şirketinin füze gibi değer kazanması. Bu şirketi 2016'da kuran kişiyse on dokuz yaşında MIT Üniversitesi'ni terk eden Alexandr Wang. Scale AI adlı şirket Uber, Lyft, Airbnb gibi şirketlerin yanı sıra Alphabet'in sürücüsüz araba bölümü olan Waymo gibi müşterileri adına veri etiketleyen, otuz bin kitle kaynağı işçisiyle sözleşme yaptı. Şirket 100 milyon dolarlık bir risk sermayesi edindiği gibi, şimdilerde Silikon Vadisi'nde bir "tekboynuzlu at"a dönüştü; yani bu yeni kurulan teknoloji şirketinin değeri 1 milyar doları aştı.[3]

Ancak çoğu durumda zaten görünüşte otomatik biçimde etiketli veri türetmek mümkün, hem de neredeyse akla sığmayacak

miktarda. Üstelik bu verilere sahip şirketler bunları neredeyse bedavaya getiriyor. Facebook, Google, Twitter gibi platformlarda türetilen devasa veri seli değerliyse sebebi büyük ölçüde bu verilerin söz konusu platformu kullanan kişilerce özenle etiketlendirilmesi. Ne zaman bir gönderiyi "beğen"seniz veya "yeniden tweetle"seniz, ne zaman bir web sayfasına baksanız veya sayfayı aşağı kaydırsanız, ne zaman bir video izleseniz (ve bunları ne kadar izlediğiniz), kısacası ne zaman çevrimiçi eyleme girişseniz esasında belli bir veri kalemine etiket ekliyorsunuz. Siz ve bu büyük platformlardan birini kullanan milyonlarca kişi esasında Scale AI gibi şirketlerin kullandığı kitle kaynağı işçilerisiniz. Elbette en önemli YZ araştırma girişimlerinin büyük internet şirketlerinden gelmesi tesadüf değil. Yapay zekâyla devasa veri hazinelerinin sahibi olma arasındaki sinerjiden sık sık bahsediliyor. Ancak bu ortak yaşamdaki elzem unsur, tüm bu veriyi cüzi bir bedelle veya bedelsiz etiketlendiren devasa bir makineye sahip olmak. Böylece bu notlar, güçlü bir sinir ağının gözetimli öğrenme sürecinde makineye verilecek yeme dönüşebiliyor.

Gözetimli öğrenme şu an alana hâkim olsa da "pekiştirmeli öğrenme" adlı önemli bir başka teknik de belli uygulamalarda kullanılıyor. Pekiştirmeli öğrenme, tekrarlanan uygulamalarla yahut deneme-yanılmayla bir sistemin yetkinliğini inşa ediyor. Bir algoritma belli bir görevi en sonunda başardığında dijital bir ödül alıyor. Bu esasında bir köpeğin eğitilmesi gibi... Hayvanın davranışları ilk başta keyfe keder olabilir ancak doğru komutla oturmayı başardı mı bir ödül alacaktır. Bu süreci yeterince süre tekrarladınız mı köpek oturmayı öğrenecektir.

Pekiştirmeli öğrenme işinde liderse Londra merkezli DeepMind şirketi ve bu şirkete şu an Google'ın ana şirketi Alphabet sahip... DeepMind bu tekniğe dayalı araştırmalara büyük çapta yatırımlar yaptı, tekniği güçlü evrişimli sinir ağlarıyla birleştirdi. Birleştirmedeki amaç, şirketin verdiği adla "derin pekiştirmeli

öğrenme" sistemi geliştirmekti. DeepMind 2010'da kurulmasından kısa süre sonra, bilgisayar oyunu oynayabilecek YZ sistemleri üretmek amacıyla pekiştirmeli öğrenmeyi kullanmaya başladı. Ocak 2013'te, şirket DQN adını verdiği bir sistem yarattığını bildirdi. DQN klasik atari oyunları olan *Space Invaders*, *Pong* ve *Breakout* gibi oyunları oynama kapasitesine sahipti. DeepMind'ın sistemi yalnızca ham pikselleri ve oyun skorunu öğrenme girdisi olarak kullanarak kendi kendine oyunu öğrenebiliyordu. DQN binlerce oyun simülasyonunda tekniğini iyice belledikten sonra altı oyunda bir bilgisayarın aldığı en iyi sonuçlara ulaştı. Dahası üç oyunda insan oyuncuları yenebildi.[4] 2015'e gelindiğinde sistem kırk dokuz atari oyununu fethetmişti ve DeepMind "yüksek boyutlu duyusal girdilerle eylemler arasındaki ayrımı" aşan ilk YZ sistemini geliştirdiğini ilan etti; DQN, "çok çeşitli zorlu görevleri içeren bir dizi işte kusursuzluğa ulaşmayı öğrenecek kapasitedeydi."[5] Bu başarılar, Google'ın kurucusu Larry Page başta gelmek üzere Silikon Vadisi'ndeki devlerin dikkatini çekti. 2014'te Google, rakibi Facebook'un teklifini solda sıfır bırakarak DeepMind'ı 400 milyon dolara satın aldı.

Derin öğrenmenin en belirgin başarısı Mart 2016'da, DeepMind'ın geliştirdiği AlphaGo sistemi kadim Go oyununda, Güney Kore'nin Seul kentinde düzenlenen beş setlik bir maçta, dünyanın en iyi oyuncularından Lee Sedol'u yenince gerçekleşti. Go oyununda uzmanlık Asya'da son derece takdir görür ki oyun Asya'da bin yıldır oynanmaktadır. Konfüçyüs yazılarında bu oyuna atıfta bulunur. Oyunun kökeni belki de Çin uygarlığının ortaya çıkmasına kadar uzanır. Bir kurama göre Go oyunu, MÖ 2000'den de eski bir zamanda, İmparator Yao'nun hükmü sırasında icat edildi.[6] Kadim Çin'de âlimliğin emaresi dört temel sanatta ustalıktı: Bu ustalıklar arasında kaligrafi, resim ve *qin* adı verilen telli çalgıyı çalmada ustalaşmanın yanı sıra Go oynama hüneri de yer alıyordu.

Satrancın aksine Go oyunu o kadar karmaşık ki deneme-yanılma algoritmalarının kaba kuvvete dayalı saldırısından etkilenmiyor. Bu oyun sırasında on dokuza on dokuz bir ızgaradan oluşan oyun tahtası, "taş" adı verilen siyah ve beyaz oyun parçalarıyla büyük oranda doluyor. AlphaGo'nun başarılarından bahsederken DeepMind CEO'su Demis Hassabis'in de sık sık belirttiği üzere, oyun tahtasındaki taşların olası düzenleme sayısı, bilinen evrendeki tahminî atom sayısını aşıyor. Bu oyunun oynandığı binlerce yıl boyunca bile iki oyunun benzer ilerleme ihtimali olağanüstü düşük, hatta neredeyse böyle bir ihtimal yok. Bir başka deyişle, daha kısıtlayıcı kuralları olan bir oyunda uygulanabilecek yöntemler, yani sonraki hamlelerin tümünü görme, olası hamleler yelpazesinin tümünü önceden hesaplama girişimleri boşa çıkıyor. En güçlü donanım için bile Go oyununda bunu yapmak imkânsız...

Bu muazzam karmaşa düzeyi bir kenara dursun, görünen o ki Go oyunu insan sezgisi denen şeye bağlı... Belli bir stratejiyi neden seçtiğini açıklamasını isteseniz en iyi oyuncular bile ne diyeceğini bilemiyor. Bir açıklama yerine bir taşı oyun tahtasındaki belli bir noktaya yerleştirmelerine yol açan bir "his"ten bahsediyorlar. İşte bu tam da bir bilgisayarın kapasitesinin ötesinde görülen bir iş... En azından öngörülebilen gelecek dâhilinde, otomasyon tehdidinden azade olmasını bekleyeceğimiz bir iş gibi... Her şeye rağmen Go oyunu da bilgisayar bilimcilerin mümkün dediği tarihten en az bir on yıl önce makinelere yenik düştü.

DeepMind ekibi AlphaGo'nun sinir ağlarını eğitmek için bir gözetimli öğrenme tekniği kullandı, AlphaGo'yu en iyi insan oyuncuların oynadığı oyunların ayrıntılı kayıtlarından ayıkladığı otuz milyon hamleyle eğitti. Ardından pekiştirmeli öğrenme kullanarak sistemi kendine karşı oynamaya bıraktı. Binlerce simülasyon içeren talim oyunları süresince, gelişmeye yönelik ödüle dayalı dürtünün eksik olmayan baskısı altındaki

AlphaGo derin sinir ağları kademe kademe insan üstü bir ustalık düzeyine erişti.[7] AlphaGo'nun 2016'da Lee Sedol'u galebe çalması, bir yıl sonra ise o sıralar dünya şampiyonu Go oyuncusu Ke Jie'yi yenmesi YZ araştırma camiasında bir daha dalga dalga şok etkisi yarattı. Bir risk sermayedarı ve yazar olan Kai-Fu Lee'nin ifadesiyle bu başarılar Çin'de bir "Sputnik krizine" yol açtı. Sovyetler Birliği'nce Sputnik uydusunun icadı ABD'yle aralarında bir uzay yarışı başlatmıştı. Aynı biçimde Çin de bu yenilginin ardından ülkeyi yapay zekâda lider konumuna getirmek için hemen kolları sıvadı.

Gözetimli öğrenme devasa miktarda etiketli veriye bağlı ilerlese de pekiştirmeli öğrenme çok sayıda pratiğe ihtiyaç duyar ki bu denemelerin büyük çoğunluğu muhteşem başarısızlıklarla biter. Pekiştirmeli öğrenme özellikle oyunlara uygun... Bu oyunlarda algoritmalar bir insanın ömrü boyunca oynayabileceğinden daha fazla oyunu hızla oynayıp bitiriyor. Bu yaklaşım yüksek hızla simülasyonu yapılabilecek gerçek dünya etkinliklerine de uygulanabilir. Şu sıralar pekiştirmeli öğrenmenin en önemli pratik uygulaması sürücüsüz arabaların eğitiminde görülebilir. Waymo veya Tesla'nın kullandığı otonom sürüş sistemleri gerçek bir araba yahut gerçek bir yol bile görmeden önce çok güçlü bilgisayarlarda son hız eğitimden geçiyor. Bu eğitimlerle simülasyon arabalar binlerce kez felaket kazalar geçirip kademe kademe sürüş öğreniyor. Algoritmalar bir kez eğitilip kazalar geçmişte kaldı mı yazılım gerçek dünya arabalarına aktarılabiliyor. Bu yaklaşım genelde etkili olsa da belki şunu söylemeye gerek yok: On altı yaşındaki bir insanın ehliyet alacak biçimde sürmeyi çözmesi için binlerce kere arabayı çarpması gerekmiyor. Makinelerde öğrenmenin işleyişiyle insan beyninde çok daha az veriyle öğrenmenin işleyişi arasındaki fark çarpıcı... Bu durum hem mevcut YZ sistemlerinin kısıtlamalarına hem de teknolojinin muazzam ilerleme potansiyeline işaret ediyor.

UYARI İŞARETLERİ

2010'lu yılların yapay zekânın tarihindeki en heyecan verici, en önemli sonuçlara ulaşılan on yıl olduğu söylenebilir. YZ'de kullanılan algoritmalar kesinlikle gelişmişti ama bu ilerlemenin ardındaki başlıca güç çok basit gelişmişti: Çok daha hızlı bilgisayar donanımı, çok daha kapsamlı derin sinir ağlarında kullanılıyordu. Böylece sinir ağları daha da büyük, çok daha büyük miktarda eğitim verisini çekip işleyebiliyordu. Bu "ölçeklendirme" stratejisi 2012'de derin öğrenme devrimini başlatan ImageNet yarışmasından beri apaçık ortada. Aynı yılın kasım ayında *New York Times*'ın ilk sayfasında yayımlanan makale de derin öğrenme teknolojisine dair farkındalığın kamuoyunda daha geniş kesimlere yerleşmesini sağladı. Muhabir John Markoff'un yazdığı makale, Geoffrey Hinton'dan bir alıntıyla bitiyordu; "Bu yaklaşımda esas mesele çok güzel bir biçimde ölçeklenmesi. Yani sistemi daha iyi hâle getirmek için büyütmeniz ve hızlandırmanız kâfi... Artık geri dönüş yok."[9]

Gelgelelim ilerlemenin başlıca motorunun boğulmaya başladığına dair kanıtlar da artıyor. OpenAI araştırma kuruluşunun hazırladığı bir analize göre, son teknoloji YZ projeler için gereken bilişim kaynakları "üstel olarak artıyor" ve her üç dört ayda bir iki katına çıkıyor.[10] Aralık 2019'da Facebook YZ Başkan Yardımcısı Jerome Pesenti, *Wired* dergisinde çıkan bir röportajında Facebook gibi mali sıkıntısı olmayan bir şirket için bile bunun sürdürülemez olduğunu ima etti:

> Derin öğrenmeyi ölçeklendirdiniz mi daha iyi çalışıyor, daha iyi yöntemlerle daha geniş kapsamlı görevleri çözebiliyor gibi. Bu yüzden ölçeklendirme avantaj sağlıyor. Maalesef ilerleme oranının sürdürülemeyeceği açık... En üst düzey deneylere bakarsanız her birinin maliyetinin her yıl on katına çıktığını görebilirsiniz. Bugünlerde bu alanda bir deney,

> [dolar cinsinden] yedi basamaklı miktarlara ulaşabilse de dokuz veya on basamağa erişmeyecek. Mümkün değil, kimse bu maliyetleri karşılayamaz.[11]

Dahası Pesenti, ilerlemeyi ölçeklendirmeyle sürdüreceksek olacaklara karşı apaçık uyarıyor; "Bir nokta gelecek, duvara çarpacağız. Pek çok açıdan duvara çarptık da denebilir." Daha da büyük sinir ağlarını ölçeklendirmenin mali sınırlarının da ötesinde, çevre açısından önemli kaygılar da mevcut... ABD'nin Amherst kentinde bulunan Massachusetts Üniversitesi'ndeki araştırmacıların 2019 tarihli bir analizine göre, çok büyük bir derin öğrenme sistemi eğitimi sırasında, neredeyse beş arabanın faaliyet ömrü boyunca saldığı kadar karbondioksit salımı gerçekleşebiliyor.[12]

Çok daha verimli donanım veya yazılım geliştirerek mali zorluklar ve çevre etkisi zorluğu aşılabilse bile ölçeklendirme stratejisi sürdürülebilir ilerleme üretmeye yetmeyebilir. Bilişimde giderek artan yatırımlar, dar alanlarda olağanüstü uzmanlık sahibi sistemler üretti ancak görünen o ki derin sinir ağları alanında önemli kavramsal buluşlar yapılamadığı sürece bu teknoloji belli güvenilirlik sınırlarını aşamayacak, pek çok kritik görevde uygun uygulamaya dönüşemeyecek. Bu teknolojinin zayıflıklarının en önemli kanıtlarından biri, Vicarious'un DeepMind'ca üretilen DQN üzerinde kullandığı sinir ağı analizinden çıktı. Vicarious'dan bahsetmiştik; bu şirket Üçüncü Bölüm'de gördüğümüz çevik robot üretmeye odaklı şirket... DQN ise atari bilgisayar oyunlarına hükmeden sistem...[13] Vicarious'un testlerinden biri DQN, *Breakout* bilgisayar oyununu oynarken gerçekleştirildi. Bu oyunda oyuncunun hızla hareket eden bir topa vuracak biçimde yatay bir sopayı kaydırması gerekiyor. Ancak yatay sopa ekranda birkaç pikselden fazla yukarı gitti mi sistemin daha önceki insanüstü performansı doğrudan dibe çakılıyor ki böylesi bir farklılık bir insan oyuncu açısından önemsiz... DeepMind yazılımının bu ufacık değişikliğe bile uyum yeteneği yoktu. Zirve

performansa yeniden ulaşmasının tek yolu da baştan başlamak, sistemi sil baştan yeni ekran ayarlarına dayalı veriyle eğitmek...

Bu bize şunu söylüyor: DeepMind'ın güçlü sinir ağları *Breakout* adlı oyunun bir temsilini oluşturuyor oluşturmasına ama bu temsil, söz konusu ağın çok daha yüksek soyutlama düzeylerinde bile, ham piksellere sabit kalıyor. Besbelli ki DeepMind oyundaki yatay sopanın yukarı hareket ettirilebilecek bir nesne olduğuna dair zerrece anlayışa ulaşamamış. Bir başka deyişle, ekrandaki piksellerin temsil ettiği maddi cisimlere veya piksel hareketlerinin tabi olduğu fizik yasalarına dair insan kavrayışının yanına yaklaşamıyor. Sistem için hepsi baştan sona piksel, başka bir şey değil. Bazı YZ araştırmacıları daha çok yapay nöron katmanı eklenseydi, daha hızlı donanımla daha çok veri tüketseydi en sonunda daha kapsamlı bir kavrayışa ulaşabilir diye düşünedursun; bence bu pek ihtimal dâhilinde değil. Makinelerin dünyayı daha insansı biçimlerde kavradığını görebilmemiz için önce daha temel inovasyonlar gerekiyor.

YZ sistemlerinin esnek olmaması, girdi verisindeki beklenmedik en ufak değişime bile uyum sağlayamaması genel bir problem... Bazı araştırmacılar bu duruma "kırılganlık" diyor. Kırılgan bir YZ uygulaması şayet söz konusu olan bir depo robotunun arada bir kutuya yanlış ürün kalemini yerleştirmesiyse çok büyük mesele yaratmayabilir. Ancak başka uygulamalarda bu tür bir teknik noksan felaketle sonuçlanabilir. Bu durum da mesela neden tam otonom sürücüsüz arabalarda ilerlemenin daha önceki çok mübalağalı tahminleri boşa çıkardığını açıklıyor.

Bu on yıl sonunda söz konusu kısıtlamalara odaklanıldı ve araştırmacıların içini bir korkudur kemirmeye başladı. Yoksa alan yine kışa mı girmişti, yoksa bu abartı döngüsü beklentileri gerçekçi olmayan düzeylere mi ulaştırmıştı? Teknoloji medyasında ve sosyal medyada yapay zekâ alanındaki en dehşet verici deyim, yani "YZ kışı" tekrar beliriyordu. Yoshua Bengio, Ocak

2020'de BBC ile yaptığı röportajda şunları diyecekti; "YZ'nin kabiliyetleri biraz fazla abartılıyor... Bunu yapanlar da bu işten çıkarı olan belli şirketler..."[14]

Üçüncü Bölüm'de gördüğümüz üzere bu kaygıların büyük çoğunluğu, söz konusu abartı çığının altında kalmış bir endüstriye baskı yapıyor: sürücüsüz arabalar. Bu on yılın başındaki iyimser tahminlere rağmen çok geniş yelpazeden sürüş koşullarında kendi yolunu çizebilecek sürücüsüz araçların hâlâ gerçekleşemediği görülmeye başladı. Waymo, Uber, Tesla gibi şirketler yola otonom araçlar çıkarmıştı ama çok kısıtlı birkaç deney haricinde hep bir insan sürücü oluyordu ki bu sürücüler de sık sık aracın denetimini ellerine almak zorunda kalıyordu. Arabanın faaliyetlerini denetleyecek bir sürücü olsa bile birkaç ölümlü kaza gerçekleşti, bu da söz konusu endüstrinin itibarına leke çaldı. 2018'de çok sık paylaşılan bir blog yazısı oldu. Başlığı şuydu; "AI Winter is Well on Its Way" ["YZ Kışı Geldi Geliyor"]. Bunu yazansa makine öğrenmesi araştırmacısı Filip Piekniewski'ydi. Piekniewski, ABD'nin Kaliforniya eyaletince tutulması şart koşulan sürücüsüz araba deneme kayıtlarına işaret ediyordu. Kayıtlardaki sürücüsüz ilerleme kabiliyeti sınanan bir araç, insan sürücünün denetimi sık sık eline almasını gerektiriyordu; çünkü sistem sürekli devreden çıkıyor, araba "on beş kilometreden öteye gidemiyordu."[15]

Bence de gerçekten bir YZ kışı kapıda, ne var ki bu kış muhtemelen hafif geçecek. İlerlemenin yavaşlayacağına dair kaygılar yerindeyse de geçtiğimiz birkaç yıl boyunca en büyük teknoloji şirketlerinin altyapısının ve işletme modellerinin ta derinlerine YZ yerleştirildiği de doğru... Bu şirketler bilişim kaynaklarına ve YZ konusunda yetenekli kişilere devasa yatırımlar yapıp önemli getiriler kazandı. Artık yapay zekâyı pazarda rekabet becerileri açısından elzem görüyorlar. Benzer biçimde yeni kurulan teknoloji şirketlerinin neredeyse tümü şu ya da bu düzeyde YZ'ye yatırım yapıyor. Diğer endüstrilerdeki irili ufaklı şirketler de bu teknolojiyi kullanmaya başladı. Önceki YZ kışlarına kıyasla bu

sefer YZ, ticari alanla çok daha başarıyla bütünleşti. Bunun sonucunda ticaret âleminin her köşesinde YZ'yi savunan bir ordu var, bu alanı destekliyorlar. Genel manada kazanılan momentum herhangi bir ekonomik gerilemeyi yumuşatacak düzeyde.

Dahası ilerlemenin ana motoru olarak ölçeklenebilirlik güç kaybederse bunun da olumlu yanı olacağına dair bir hissiyat yerleşti. Bir sorunu çözmek için basitçe daha da çok bilişim kaynağı kullanmanın önemli gelişmeler üreteceğine dair yaygın bir kanı olsa da gerçek inovasyon çok daha güç bir iş ve buna yatırım teşviki cidden az... Örneğin Moore Yasası'nda da durum böyle denebilir. Bir zamanlar bilgisayar hızının kabaca her iki yılda iki katına çıkacağına dair neredeyse mutlak bir inanç vardı. Bu dönemde yarı iletken endüstrisinin odağı, Intel ve Motorola gibi şirketlerin mikroişlemci tasarımlarını taklit etmek, ardından bunların daha da hızlı sürümlerini birbiri ardına piyasaya sürmekti. Yakın zaman içerisinde ham bilgisayar hızlarındaki ivmeye bel bağlamak güçleşti. Çiplerin üzerine basılan devre boyutları neredeyse atom boyuna küçülürken geleneksel Moore Yasası tanımımızın da sınırlarına ulaşıyoruz. Bu da mühendisleri kalıpların dışında düşünmeye zorladı. Bunun sonucunda, devasa ölçeklerde paralel bilgi işleme yönelik tasarlanmış yazılımlar ve tümüyle yeni çip mimarileri gibi inovasyonlar elde edildi. Söz konusu yeni çip mimarilerinin çoğu da derin sinir ağları için gereken karmaşık hesaplamalarda en iyi hâle getirildi. Bence derin öğrenme ve genel manada yapay zekâ alanlarında da aynı türden fikir patlaması yaşanabilir; zira daha büyük sinir ağlarına ölçeklendirme bir koltuk değneği ve ilerlemeye uygunluğu gitgide azalıyor.

DAHA GENEL MAKİNE ZEKÂSI ÜRETME SEFERİ

Derin öğrenme sistemlerinin mevcut sınırlarını aşmak için makine öğrenmesini kararlılıkla insan beyni kapasitesine yaklaştıracak

inovasyonlar gerekecek. Bu yolda ilerlerken çok sayıda önemli engel mevcut ancak yolun sonunda hep yapay zekânın Kutsal Kâse'si görülen bir şey var: iletişim kuran, akıl yürüten ve insan düzeyinde veya ötesinde yeni fikirler oluşturabilen bir makine. Araştırmacılar genelde buna "yapay genel zekâ" (YGZ) adını veriyor. Şimdilik gerçek dünyada YGZ'ye yaklaşan bir şey yok ancak bilimkurgudan çok sayıda örnek biliyoruz. İçlerinde *2001: Bir Uzay Destanı*'ndan bildiğimiz HAL; *Uzay Yolu* dizisindeki Atılgan uzay gemisinin ana bilgisayarı ve Bay Data; bir de *Terminator* ve *Matrix* filmlerinde betimlenen gerçekten distopik teknolojiler var. Şu görüşü kuvvetle savunmak mümkün: İnsanüstü kapasiteye sahip genel makine zekâsı geliştirilirse insanlık tarihinde en büyük sonuçlar yaratan inovasyon olur, böylesi bir teknoloji nihai entelektüel araca dönüşür, sayısız alanda ilerleme oranına ciddi ivme katar. YZ uzmanları arasında YGZ'ye erişmenin ne kadar zaman alacağına dair çok farklı fikirler var. Bazı araştırmacılar son derece iyimser, bu büyük buluşun beş ila on yıl arasında gerçekleşebileceğine işaret ediyorlar. Diğerleri daha temkinli davranıp bunun yüz yıl alabileceğini düşünüyorlar.

Öngörülebilen gelecek dâhilinde araştırmaların çoğu gerçekten insan düzeyinde YZ üretebilme başarısına odaklı olmayacak. Bundan ziyade, buna giden yola; yol boyunca karşımıza çıkacak engelleri başarıyla savuşturmak için gereken pek çok önemli inovasyona odaklanacak. Gerçek bir düşünen makine üretme seferi öyle spekülatif bir bilim projesi değil. Daha çok mevcut kısıtlamaları aşan, yeni kapasiteler sergileyen YZ sistemlerini kurmak için gerekli yol haritasını temsil ediyor. Bu yolda ilerlemenin muazzam ticari ve bilimsel değer yaratacak nitelikte, mebzul miktarda pratik uygulamalar türeteceği neredeyse kesin...

Yakın dönemde ortaya çıkan pratik inovasyonla insan düzeyinde gerçek makine zekâsı yaratma gibi çok daha yüksek emellerin birleştiğini görüyoruz. Bunun kanıtı da Google'da YZ

üzerine çalışan çeşitli ekiplerin araştırma felsefelerinde yatıyor. Nitekim Google'ın genel yapay zekâ direktörü olan Jeff Dean şöyle dedi: Google'ın 2014'te satın aldığı bağımsız DeepMind şirketi özellikle genel makine zekâsına yöneliyor. En nihayetinde YGZ'ye erişme umuduyla belli meseleleri çözecek "yapılandırılmış plan" dâhilinde çalışıyor. Google'daki diğer araştırma gruplarıysa "daha organik" bir yaklaşım benimsiyor. Bu gruplar, "önemli olduğu bilinen ama henüz yapamadığımız" şeyleri yapmaya odaklı... Jeff Dean, "Bunları bir kez çözdük mü ardından çözmek istediğimiz sonraki problem kümesinin ne olduğunu bulacağız," diyor. Dean'e göre Google'daki araştırma grupları "hep beraber gerçekten zeki, esnek YZ sistemleri üretmeye çalışıyor."[16] Tavandan tabana planlı bir yaklaşım mı, adım adım keşif süreci mi daha başarılı olacak; bunu zaman gösterecek. Ancak her iki yolun da ânında uygulanabilecek yeni ve önemli fikirler üretmesi kuvvetle muhtemel...

Her iki yol boyunca yolun ilerisindeki güçlüklerle yüzleşmek için çok farklı araştırma felsefelerine, çok farklı stratejilere sahip ekiplerin önderliğinde ilerleme kaydedilecek. Ortak noktalarıysa nihai hedeflerinin, en azından şimdilik, insan bilişine has gibi duran kapasiteler üzerine modellenmesi.

Önemli yaklaşımlardan biri, ilham almak için doğrudan insan beynindeki işleyişe bakmak. Bazı araştırmacılar yapay zekânın doğrudan sinirbilimden yararlanması gerektiğine inanıyor. Bu alandaki liderse DeepMind. Şirketin kurucusu ve CEO'su Demis Hassabis olağandışı bir YZ araştırmacısı. Kendisi lisans eğitimini bilişim yerine sinirbilimi alanında yapmış ve Londra'daki University College'dan doktora derecesi almış. Hassabis bana DeepMind'daki en büyük araştırma grubunun sinirbilimcilerden oluştuğunu, bu araştırmacılarınsa beyin biliminden edinilen en taze içgörüleri yapay zekâya uygulama yollarını bulmaya odaklandığını söyledi.[17]

Amaçları tüm teferruatıyla beynin işleyişini kopyalamaktan ziyade bu işleyişin altında yatan temel ilkelerden ilham almak... YZ uzmanları genelde bu yaklaşımı motorla uçuş başarısıyla ardından modern hava taşıtı tasarımlarının gelişimine dair bir benzetmeyle açıklıyor: Uçakların kuşlardan ilham aldığı besbelli ama elbette uçaklar kanatlarını çırpmıyor yahut kuş uçuşunun diğer özelliklerini doğrudan taklit etmeye çalışmıyor. Bunun yerine mühendisler, önce hava devinim bilimini anlayıp ardından kuşların uçmasına fırsat veren temel ilkelerle işleyen makineler üretebiliyor. Üstelik bu makineler çoğu açıdan biyolojik muadillerinden çok daha fazla kapasiteye sahip... Hassabis ve DeepMind ekibi, "zekânın aerodinamik bilimi" denebilecek bir şeyin var olduğunu düşünüyor. İşte bu, insan zekâsının ve muhtemelen makine zekâsının da altındaki temel kuram...

DeepMind'ın farklı disiplinlerden gelen araştırmacılardan oluşan ekibi böylesi genel ilke kümesinin gerçekten de var olabileceğine dair ikna edici kanıtlara ulaştı ve şirket bu araştırmanın sonuçlarını Mayıs 2018'de yayımladı. Bu tarihten dört yıl önceyse Fizyoloji ve Tıp alanında Nobel Ödülü üç sinirbilimciye verilmişti: John O'Keefe, May-Britt Moser, Edvard Moser. Bu üç sinirbilimci, hayvanlarda uzamda yön bulmayı sağlayan özel bir nöron tipi keşfetmişti. Izgara hücreleri denen bu nöronlar, hayvan içinde bulunduğu mekânı keşfederken düzenli bir altıgen örüntü içerisinde beyinde ateşleniyor. Izgara hücrelerinin bir tür "iç GPS" oluşturduğu düşünülüyor. Bir haritalandırma sisteminin, sinir ağındaki temsili olan bu sistem sayesinde hayvanlar, karmaşık ve öngörülemez ortamlarda yollarını bulmaya çalışırken bile yönlerini kaybetmiyor.

DeepMind bu alanda bir bilgisayar deneyi yürüttü. Karanlıkta yön arayan bir hayvanın bel bağlayacağı türden, hareket temelli bilgiyi simüle eden verileri derlediler; şirket araştırmacıları güçlü bir sinir ağını bu veriler üzerinden eğittiklerinde şaşırtıcı

bir bulguya ulaştılar: Izgara hücrelerine benzer yapıların "sinir ağında kendiliğinden belirdiğini" gördüler; "Sinir ağı, yön arayan memelilerde gözlenen sinir etkinliği örüntülerine yakınsıyor, ona çarpıcı bir benzerlik sergiliyordu."[18] Bir başka deyişle biri biyolojik, diğeriyse dijital iki tamamen farklı katmanda aynı temel yön bulma yapısı doğal olarak ortaya çıkıyordu. Hassabis'in bana söylediğine göre, kendisi bunu şirketin en büyük buluşlarından biri addediyor. Yani bu araştırma ona göre ızgara hücreleri kullanan bir iç sistemin, aslında sistemin nasıl uygulandığına bakılmaksızın, bütün sistemlerde yön bulma bilgisini temsil etmenin en verimli bilişimsel yolu olabileceğine işaret ediyor.[19] DeepMind'ın bu araştırmayı açıklayan bilimsel makalesi *Nature* bilim dergisinde yayımlandı.[20] Bu çalışma sinirbilim alanında büyük bir yankı yarattı. Böylesi içgörüler, şirketin farklı disiplinler arasında bağ kuran yaklaşımının muhtemelen her iki alana da katkı sunacağına; YZ araştırmalarının yalnızca beyinden ders çıkarmakla kalmayacağına, bir yandan da beynin anlaşılmasına katkı sunacağına işaret ediyor.

DeepMind 2020 başında pekiştirmeli öğrenmedeki uzmanlığını bir kaldıraç olarak kullandı ve beyindeki dopamin nöronlarının işleyişini keşfederek sinirbilimine önemli bir katkıda bulundu.[21] Sinirbilimciler 1990'ların başından beri, bir hayvan belli bir eylemde bulunduğunda bu özel nöronların muhtemel ödül hakkında tahminde bulunduğunu biliyordu. Bu ödülün beklenenden daha büyük olması hâlinde görece daha çok dopamin salındığı görüldü. Sonuçta ödül beklenenden azsa bu "iyi hissetme" kimyasalından daha az üretiliyor. Bilişimsel pekiştirmeli öğrenme de aşağı yukarı böyle çalışır. Algoritma tahminde bulunur, sonra tahminle gerçek sonuç arasındaki farka göre ödülü ayarlar.

DeepMind'daki araştırmacılar pekiştirmeli öğrenme algoritmasını büyük oranda iyileştirmeyi başardı: Tek bir ortalama tahmin yerine bir tahmin dağılımı türetiyor, sonra ödülü de sonuca

göre ayarlıyorlar. Ardından şirket Harvard'daki bir grup araştırmacıyla ekip oluşturup bunun aynısının beyinde olup olmadığına baktı. Ekiptekiler gerçekten fare beyninin de benzeri tahmin dağılımı kullandığını; bazı dopamin nöronları görece kötümser tahminlerde bulunurken diğerlerinin olası ödüle iyimser yaklaştığını kanıtlayabildiler. Bir başka deyişle şirket, hem dijital bir algoritmada hem de biyolojik beyinde aynı temel mekanizmanın paralel sonuç verdiğini tekrar kanıtladı.

Böylesi araştırmalar Hassabis'le ekibinin pekiştirmeli öğrenmeye olan güvenini, daha genel yapay zekâya ilerlemede bunun hayati önem taşıyan bir bileşen olduğu inançlarını yansıtıyor. Gerçi bu açıdan Hassabis'le ekibi bir aykırı değer teşkil ediyor. Örneğin Facebook'tan Yann LeCun, YGZ'de pekiştirmeli öğrenmenin görece küçük bir rol oynadığına inandığını belirtti. LeCun sunumlarında sık sık "Zekâ bir karaorman pastasıysa pekiştirmeli öğrenme ancak bunun tepesine konan kiraz olur," diyor.[22] DeepMind'daki ekipse pekiştirmeli öğrenmenin çok daha merkezî bir role sahip olduğunu, YGZ'ye ulaşmaya uygun bir yol sunabileceğini savunuyor.

Genelde pekiştirmeli öğrenmeyi, dıştaki makro süreçleri iyileştirmek için kullanılan ödül odaklı algoritma olarak tarif ediyoruz. Go oyunu öğrenmek veya simülasyon bir arabanın nasıl sürüleceğini çözmek böylesi dış makro süreçlere birer örnek teşkil ediyor. Ne var ki Hassabis pekiştirmeli öğrenmenin beyinde de kritik rol oynadığını, zekânın ortaya çıkışında elzem olabileceğini belirtiyor. Pekiştirmeli öğrenmenin beyindeki merak, öğrenme, akıl yürütme süreçlerinin ardındaki temel mekanizma olduğunu düşünmek mümkün... Diyelim ki bir hayvan beynine içkin hedef, hayvan ortamda hareket ederken basitçe etrafı keşfetmek, sonra bu hayvanı bombardımana tutan ham veri akışına düzen vermek olsun. Hassabis diyor ki; "yeni şeyler görmenin beyinde dopamin salınmasına yol açtığını biliyoruz." Şayet beyin

"bizzat bilgiyi ve yapıları keşfetmenin ödül olduğu" bir yapıya sahipse "bu son derece faydalı bir motivasyon kaynağı."[23] Diğer bir ifadesiyle, sürekli bizi çevreleyen dünyayı anlama arzumuza güç veren motor, dopamin üretimine bağlı bir pekiştirmeli öğrenme algoritması olabilir.

David Ferrucci ise genel bir makine zekâsı üretmeye yönelik tümden farklı bir yaklaşım peşinde. David Ferrucci yeni kurulan teknoloji şirketi Elemental Cognition'ın CEO'su ve kurucusu. Ferrucci en çok 2011'de *Jeopardy!* adlı televizyon oyun programında Ken Jennings'i ve diğer üst düzey oyuncuları yenen sistemi, IBM'in Watson'ını yaratan ekibin başında olmasıyla tanınıyor. Watson'ın zaferinden sonra Ferrucci IBM'den ayrıldı, Wall Street'teki yüksek riskli yatırım fonu olan Bridgewater ve İştirakleri şirketine katıldı. Kendisinin bu şirkette makroekonomiyi anlamlı kılmak üzere yapay zekâ kullanılması işinde çalıştığı söyleniyor. Ferrucci, Bridgewater'ın kurucusu Ray Dalio'nun yönetim ve yatırım felsefelerinin şirketin her kademesinde kullanılan algoritmalara dönüştürülmesini sağladı.

Ferrucci şimdilerde vaktinin yarısını Bridgewater'da YZ direktörü olarak, diğer yarısınıysa Elemental Cognition şirketini idare ederek geçiriyor. Elemental Cognition ilk risk sermayesini bu yatırım koruma fonundan aldı.[24] Ferrucci bana Elemental Cognition'ın "gerçek dili anlama" çalışmalarına odaklandığını söyledi. Şirket otonom biçimde metin okuyabilen, sonra insanlarla interaktif diyaloglara girişebilen algoritmalar üretiyor. Burada amaç, sistemin söz konusu malzemeyi anlamasının yanı sıra varılacak sonuçları da açıklaması. Ferrucci şunları da ekliyor:

> Dilin yüzey yapısının ötesine, sözcük frekanslarında beliren örüntülerin ötesine bakıp alttaki manayı kavramak istiyoruz. Bundan sonra da insanların yarattığı, akıl yürütme ve iletişimde kullandığı iç mantık modellerini kurabilmek istiyoruz. Uyumlu zekâ üreten bir sistem temin etmek

istiyoruz. Uyumlu zekâ otonom öğrenebilir; insanlarla etkileşim, dil, diyalog ve ilgili diğer deneyimler yoluyla anladıklarına incelik kazandırabilir.

Bana sorarsanız bu amaç epey yükseklerde, bahsedilen şey insan düzeyinde zekâya çok yakın... Doğal dil işleyen mevcut YZ sistemleri de DeepMind'ın atari oyunları oynayan DQN sistemine benzer bir kısıtlamaya sahip... DQN'in verimi oyun sopası birkaç piksel yukarı taşındı mı kötü sonuç veriyordu. Nasıl DQN ekrandaki piksellerin hareket ettirilebilecek fiziksel bir nesneyi temsil ettiğini anlamıyorsa mevcut dil sistemleri de gerçek kavrayıştan yoksun, işledikleri sözcüklerin ne anlama geldiklerinden haberleri yok. Elemental Cognition'ın meydan okuduğu zorluk işte bu.

Açıkça görülüyor ki Ferrucci için dil anlama probleminin çözülmesi daha genel zekâya giden en açık yol... Ferrucci, DeepMind ekibinin giriştiği işe girişmiyor; beyin fizyolojisine dalmıyor. Mühendislik yoluyla doğrudan dili kavramanın, mantık ve akıl yürütme becerisinde insan düzeyine yaklaşan bir sistem kurmanın mümkün olduğunu savunuyor. Ferrucci olağandışı bir YZ araştırmacısı; zira genel zekânın temel yapı taşlarının hâlihazırda mevcut olduğunu hissediyor. Kendi ifadesiyle; "Başkalarına göre bu işi nasıl yapacağımızı bilmiyoruz. Onlar muazzam bir büyük buluş bekliyor. Ben öyle düşünmüyorum. Bence durum böyle değil. Bence biz nasıl yapacağımızı biliyoruz. Tek gereken bunu kanıtlamamız."[26]

Üstelik Ferrucci bu hedefi görece yakın gelecekte başarma ihtimalimiz konusunda da çok iyimser... 2018'deki bir belgeselde şöyle demişti; "Üç ila beş yıl içerisinde insana benzer biçimde anlamayı ve anlayışını nasıl geliştireceğini otonom olarak öğrenen bir bilgisayar sistemimiz olacak."[27] Tahminini değerlendirmesi için üsteleyince Ferrucci kısmen geri adım atıp üç ila beş yılın gerçekten de iyimser olabileceğini kabul etti. Gelgelelim yine de "Bu önümüzdeki on yıl civarında görebileceğimiz bir şey, ben

bunu savunuyorum," diyecekti. "Elli yıl, yüz yıl beklememiz gerekmeyecek."[28]

Bu hedefi gerçekleştirmek amacıyla Elemental Cognition'daki ekip hibrit bir sistem kuruyor. Bu hibrit sistemde derin sinir ağlarının yanı sıra diğer makine öğrenmesi yaklaşımları, mantık ve akıl yürütme için geleneksel programlama tekniklerini kullanan yazılım modülleri ile birleşiyor. Göreceğimiz üzere, bu tartışma YZ alanının yüzleştiği en önemli sorulardan biri hâline geldi: Tamamen sinir ağları üzerine kurulu bir strateji mi verimli olur, yoksa hibrit bir yaklaşım mı?

Şimdilerde Google'ın mühendislik direktörü olan Ray Kurzweil de benzer biçimde, ağırlıklı olarak dil anlamaya odaklanarak genel zekânın peşine düştü. Kurzweil 2005 tarihli kitabı *The Singularity Is Near* [*Tekillik Yakın*] ile meşhur oldu.[29] Bu kitapla Kurzweil de "Tekillik" fikrini yayanların başında anılır oldu. Kurzweil'le çok sayıda müridi, insanüstü makine zekâsının gelişiyle ortaya çıkması muhtemel Tekilliğin, bir gün insanlığın gelişim tarihini temsil eden yayda bir anda yukarı bükülme yaratacağına inanıyor. Bu öylesi bir dönüm noktası olacak ki teknoloji aşırı bir ivme kazanacak, insan yaşamı ve uygarlığının her veçhesini tamamen dönüşüme uğratacak, hatta belki de bu akıl almaz bir dönüşüm olacak.

Kurzweil 2012'de bir başka kitap daha yazdı: *Bir Zihin Yaratmak*. Bu kitapta insan bilişinin kavramsal modelini betimliyordu.[30] Kurzweil'e göre beyne güç veren şey yaklaşık 300 milyon hiyerarşik modül; bu modüllerin her biri "ardışık örüntüleri tanıyabiliyor, belli bir miktarda çeşitliliği de kaldırabiliyor."[31] Kurzweil bu modüler yaklaşımın en sonunda az veriyle öğrenebilen bir sistem oluşturduğunu düşünüyor. Hem de gözetimli öğrenme veya pekiştirmeli öğrenme tekniklerinin bel bağladığı mevcut derin öğrenme sistemlerinden çok daha az veriyle öğrenebiliyor. Kurzweil, Google'dan Larry Page'e bu fikirleri uygulamaya sokacak bir

girişim için fon talebinde bulundu. Page, Kurzweil'i bu girişim yerine Google'da çalışmaya ve şirketin muazzam bilişim kaynaklarından yararlanarak hayalinin peşine düşmeye ikna etti.

Kurzweil, yirmi-otuz yıl önce, YGZ'nin 2029 civarında gerçekleşeceği tahmininde bulundu; hâlâ da buna inanıyor. Pek çok YZ araştırmacısının aksine, insan düzeyinde zekâ ölçeği olarak Turing testinin verimliliğine inancını da koruyor. Turing testi, Alan Turing'in 1950 tarihli makalesinde türetilen bir test... Özünde bir sohbet oturumu; bu oturumda bir hakem konuşanların insan mı, makine mi olduğunu belirlemeye çalışıyor. Bu hakem ya da hakem heyeti bilgisayarı insandan ayıramıyorsa bu durumda bilgisayarın Turing testinden geçtiği söyleniyor. Çok sayıda uzman, Turing testini insan düzeyinde makine zekâsını ölçmede verimli saymıyor; zira bu testin de türlü numaralara karşı savunmasız olduğu kanıtlandı. Örneğin 2014'te Birleşik Krallık'taki Reading Üniversitesi'nde düzenlenen böylesi bir yarışmada on üç yaşındaki Ukraynalı bir oğlana öykünen bir sohbet botu hakemleri kandırmayı başardı. Hakemler de ilk kez bir algoritmanın Turing testini geçtiğini ilan ettiler. Bu sohbet yalnızca beş dakika sürmüştü, yapay zekâ alanındaki neredeyse hiç kimse bu iddiayı dikkate almadı.

Her hâlükârda Kurzweil bu testin daha sağlam bir versiyonunun gerçek makine zekâsının emaresi olabileceğine inanıyor. Kurzweil 2002'de Mitch Kapor'la resmen 20 bin dolarlık bir iddiaya girdi. İddianın karmaşık kuralları vardı: Yarışmada üç kişilik bir hakem heyeti ve dört yarışmacı bulunacak, bu dört yarışmacının üçü hedef saptırmak için insanken diğer yarışmacı YZ'li bir sohbet botu olacak.[32] Hakemler her bir yarışmacıyla iki saat sürecek tek tek görüşmeler yapacak. Kurzweil'se bu iddiayı ancak ve ancak 2029 sonuna dek bu hakem heyetinin çoğunluğu, YZ sisteminin insan olduğuna inanırsa kazanacak. Bence böylesi bir testi geçmek insan düzeyinde YZ'nin geldiğine dair kuvvetli bir emare teşkil eder.

Kurzweil bir mucit olarak saygın kariyerine rağmen şimdilerde esasen bir gelecekbilimci olarak tanınıyor. Kendisinin görece makul oluşturulmuş, uzun vadeli teknoloji ivmesini ele alan bir kuramı var. Ne var ki Kurzweil'in tüm bu ilerlemelerin sonunda geleceğimiz yere dair bazı acayip fikirleri de var; üstelik kimilerine göre bunlar düpedüz tuhaf fikirler. Rivayete göre, Kurzweil ömrünü uzatma umuduyla her gün yüz civarında takviye hapı alıyor.[33] Gerçekten de daha şimdiden "uzun ömür kaçış hızı" dediği şeye ulaştığını düşünüyor. Bir başka deyişle bizi ömrü uzatacak tıbbi inovasyonlar bekliyor, kendisi de bunlardan faydalanacak kadar uzun yaşayacağı düşüncesinde.[34] Bunu sayısız kere yaptınız mı, sıradaki her inovasyonu yakaladınız mı ölümsüzlüğü de yakaladınız demek; tabii bu süre zarfında karşıdan karşıya geçerken bir otobüsün altında kalmamalısınız. Kurzweil bana yaklaşık on yıl içerisinde böylesi bir plandan hepimizin yararlanabileceğini düşündüğünü söyledi. Ona göre böylesi ilerlemeye güç katacak kritik bileşen, biyokimya süreçlerinin yüksek duyarlıklı simülasyonunda ileri yapay zekâ uygulaması kullanılması. Kurzweil şunları da ekliyor; "Şayet biyoloji simülasyonunu yapabilirsek klinik deneylerin değil yıllar, saatler alması mümkün... Sürücüsüz arabalarda, masaüstü oyunlarında, matematikte olduğu üzere kendi verimizi türetebiliriz."[35]

Böylesi fikirleri, belki de kısmen ölümsüzlüğünü samimi bir inançla mümkün görmesi yüzünden Kurzweil epey alaya maruz kalıyor. Diğer YZ araştırmacılarının çoğu genel zekâya erişmeye yönelik bu hiyerarşik şemasını kale almıyor. Ne var ki Kurzweil'le sohbetimden edindiğim esas fikir şu: Sıra Google'da YZ üzerine yaptığı çalışmaya geldiğinde Kurzweil'in ayakları yere çok sağlam basıyor. Şirkete girdiği 2012'den bu yana, gelişmiş dil kapasitesine sahip sistemler üretmek amacıyla derin öğrenmede en son gelişmelerle kendisinin beynin hiyerarşik yapısına dair kuramını birleştirmeye odaklı bir ekibi yönetiyor. Bu çabanın

ilk sonuçlarından biri Google'ın e-posta hizmeti Gmail'de hazır yanıtlar üretebilen "Akıllı Yanıt" özelliği oldu. Bunun insan düzeyinde YZ'den epey uzak olduğunu kabul etmek gerek, buna karşın Kurzweil bu stratejiden emin... Bana "insanların da bu hiyerarşik yapıyı kullandığını", en nihayetinde bunun "YGZ'ye ulaşmak için yeterli" olduğunu söyleyecekti.

2015'te Elon Musk, Peter Thiel ve LinkedIn'in kurucu ortaklarından Reid Hoffman'ın da içinde bulunduğu kişilerden mali destek alarak kurulan, San Francisco merkezli araştırma kuruluşu OpenAI'ın taşlarını döşediği bir başka yapay genel zekâ yolu da mevcut... OpenAI ilk başta YGZ için güvenli bir etik sefer yürütme misyonuna sahip, kâr amacı gütmeyen bir şirket olarak kuruldu. Kurulma sebebi kısmen Elon Musk'ın derin kaygılarıydı. Musk'a göre insanüstü makine zekâsı bir gün insanlığa ciddi bir tehdit oluşturma potansiyeli taşıyor. OpenAI daha baştan alanının en iyi araştırmacılarından bazılarını kendine çekti. İçlerinde 2012'de ImageNet yarışmasında zafer kazanan sinir ağını üreten Geoffrey Hinton'ın Toronto Üniversitesi'ndeki laboratuvar ekibinden Ilya Sutskever de var.

O sıralar Silikon Vadisi'nin en saygın yeni teknoloji şirketi kuluçka merkezlerinden birinin, Y-Combinator'un başındaki Sam Altman, OpenAI'ın CEO'su oldu. Ardından, karmakarışık bir hukuki yeniden düzenleme sonucunda, esasen kâr amacı gütmeyen şirkete kâr amacı güden bir şirket iliştirildi. Bu yapısal değişikliğin amacı özel sektörden yeterli yatırımı çekmekti. Böylece OpenAI bilişim kaynaklarına devasa yatırım fonlayabilecek, giderek YZ alanında nadir bulunan yetenekli kişiler için rekabete girişebilecekti. Bu manevra hemen kâr payı olarak döndü: Microsoft, Temmuz 2019'da bu yeni şirkete milyar dolarlık yatırım yapacağını ilan etti.

YG yarışında OpenAI belki de Google'ın DeepMind'ının en iyi fonlanan rakibi. Gerçi kadro düzeyleri açısından bu yerleşik şirkete göre çok daha ufak kalıyor. DeepMind gibi OpenAI da

pekiştirmeli öğrenme tekniklerini kullanarak güçlü derin sinir ağları geliştirdi. Araştırma ekibi, *DoTa 2* gibi bilgisayar oyunlarında en iyi insan oyuncuları yenme kabiliyetine sahip sistemler yarattı. Ancak OpenAI emsalsiz bir odağıyla diğer kuruluşlardan ayrılıyor: daha da güçlü bilişim platformlarında çalışan, büyük, daha da büyük derin sinir ağları üretmek. Alandaki diğer kişiler, "Ölçeklenebilirlik sürdürülebilir bir strateji olmaktan çıkıyor," uyarısında bulunsa da OpenAI bu yaklaşıma kendini vakfetmiş durumda. Gerçekten de Microsoft'un milyar dolarlık yatırımı, karşılığını büyük oranda bu teknoloji devinin Bulut bilişim işletmesi olan Azure'a sağlanan bilişim gücü biçiminde aldı.

OpenAI'ın "Büyük daha iyidir," zihniyetinin önemli ilerlemeler ürettiği kesin... Kuruluşun en önemli ve en tartışmalı buluşlarından biri Şubat 2019'da duyurulan güçlü doğal dil sistemi, GPT-2'nin tanıtımıyla ortaya çıktı. GPT-2 "türetici" bir sinir ağından ibaret... Bu ağ, internetten indirilen muazzam miktardaki metin üzerinde eğitildi. Türetici bir sistemde, esasında bir derin sinir ağının çıktısı ters yüz ediliyor; fotoğraf yazılarının girilmesi gibi veri tespiti veya sınıflandırılması yerine, sistem eğitildiği veriye genel manada benzeyen tamamen yeni örnekler yaratıyor. Türetici derin öğrenme sistemleri "derin sahtecilik" denen, gerçeğinden ayrılması çok zor, hatta bazen imkânsız uydurma medyanın ardında yatan teknoloji... Derin sahte medya, yapay zekâya ilişkin kritik bir risk unsuru... Bunun etkilerini Sekizinci Bölüm'de tartışacağız.

GPT-2 öyle bir kuruldu ki bir veya iki cümle girdiğinizde sistem eksiksiz bir anlatı üretebiliyor. Esasında girdiğiniz cümleleri devam ettirip öyküyü tamamlıyor. GPT-2, YZ araştırmacıları arasında ve özellikle de medyada infial yarattı; çünkü ürettiği anlatı metni çoğu kez takdire şayan ölçüde tutarlı... Hatta öyle tutarlı ki sistemin kötüye kullanılabileceği endişesiyle OpenAI, önceki projelerinde yaptığı gibi GPT-2 kodunu diğer YZ araştırmacılarıyla

da paylaşmayı ilk başta reddetti. OpenAI'ın yönetim ekibi, bir GPT-2 sisteminin üreteceği metin selinin interneti sahte haberlerle doldurup taşıracağından veya sahte ürün tanıtımlarıyla e-ticaret sitelerini çökerteceğinden kaygılanıyordu. Şirketin bu kararı, fikirlerin açıkça paylaşılmasına değer veren YZ araştırma camiasının eleştirilerine maruz kaldı. Sonra OpenAI bir yıldan az bir sürede gidişatı değiştirip GPT-2 kodunu yayımladı. Kodun yayımlanması bir velvele koparmadı, üstelik kötüye kullanım kanıtı da görülmedi. Bu da sırası gelince başka suçlamalara yol açtı: Yoksa şirket araştırmasını bile bile abartıyor, kamuoyunda görünürlük kazanmak için yersiz uyarılarda mı bulunuyordu?

GPT-2'nin ürettiği düz yazı metinler genelde sözdizimi ve yapı açısından yetkin düzeyde olsa da şöyle bir göz gezdirdiğinizde bile anlatıda bazı ciddi meseleler olduğunu anlarsınız. İşte aşağıda OpenAI web sitesinde yayımlanan bir GPT-2 anlatısı örneği yer alıyor:

İnsanların girdiği metin şu:
Bilimciler şok edici bir bulguya ulaştı: And Dağları'nın çok uzak bir köşesinde, daha önce keşfedilmeyen bir vadide, bir tekboynuzlu at sürüsü yaşıyordu. Araştırmacıları daha da şaşırtan şey bu tekboynuzlu atların mükemmel İngilizce konuşmasıydı.

Bu girdinin üzerine GPT-2 şu metni türetti:
Bilimciler bu popülasyona belirgin boynuz yapılarından ötürü Ovid Tekboynuzluları adını verdi. Bilim dört boynuzlu, gümüşi beyaz tekboynuzlu atların varlığından daha önce habersizdi.

Şimdi, neredeyse iki yüzyıl sonra, bu tuhaf fenomene kaynak olan gizem en sonunda çözüldü.

La Paz Üniversitesi'nden evrim biyoloğu Dr. Jorge Pérez'le yoldaşları And Dağları'nı keşfe çıkmışken, içinde başka hayvan veya insan yaşamayan ufak bir vadi buldular.

Pérez vadinin doğal bir çeşmeye benzediğini, kayalarla ve gümüşi karla kaplı iki zirvece çevrildiğini fark etti.

Ardından Pérez'le diğerleri vadinin derinlerine ilerlemeyi göze aldılar. "Bir zirvenin tepesine ulaştığımızda suyun maviye benzediğini gördük, üzerinde bazı kristaller vardı," dedi Pérez.

Pérez'le arkadaşları tekboynuzlu at sürüsünü görünce hayrete düştü. Bu yaratıklar havadan, çok fazla hareket etmeye gerek kalmadan görülebiliyordu. O kadar yakınlarındaydı ki boynuzlarına dokunabiliyorlardı.

Bu tuhaf yaratıkları incelerken bilimciler yaratıkların aynı zamanda hayli düzgün İngilizce konuştuklarını keşfetti. Pérez şunları belirtti; "Örneğin kendi ortak 'dilleri' olduğunu görebiliyoruz, bir diyalekte veya diyalektiğe benziyor."[37]

Bu öykü birkaç paragraf daha devam ediyor ama daha öykünün başından yeni bir "dört boynuzlu" tekboynuzlu at türü keşfedildiğini öğreniyoruz. Daha sonra bize bu tekboynuzlu atların "düzgün İngilizce" konuştuğu söyleniyor ama "ortak 'dilleri' olduğunu görebiliyoruz, bir diyalekte veya diyalektiğe benziyor." İnsan şu cümlenin ne anlama geldiğini de gerçekten bilemiyor: "Bu yaratıklar havadan, çok fazla hareket etmeye gerek kalmadan görülebiliyordu. O kadar yakınlarındaydı ki boynuzlarına dokunabiliyorlardı."

Tümü şunu açık kılıyor: OpenAI'ın geliştirdiği devasa sistemi oluşturan milyonlarca yapay nöron içinde gerçekten bir şeyler birleşiyor ancak bu sistemde gerçek anlayış yer almıyor. Sistem tekboynuzlu atın ne olduğunu da, "dört boynuzlu" çeşidinin bu anlamla çelişeceğini de bilmiyor. GPT-2, Elemental Cognition'daki David Ferrucci'nin ekibinin ve Google'da Ray Kurzweil'in çözmeye çalıştığı aynı temel kısıtlılıktan mustarip...

OpenAI, Mayıs 2020'de GPT-3'ü kullanıma açtı. Bu çok daha güçlü bir sistemdi. GPT-2'nin sinir ağları, ağın eğitimi sırasında optimize edilen yaklaşık 1,5 milyar ağırlık içeriyordu;

GPT-3 bu sayıyı yüz kattan fazlasına, 175 milyara çıkardı. GPT-3'ün sinir ağı yaklaşık yarım terabayt metin üzerinde eğitilmişti. Bu o kadar büyük bir rakam ki Wikipedia'nın İngilizce sürümünün tümü (kabaca altı milyon makale) toplamın yalnızca yüzde 0,6'sını oluşturuyor. OpenAI seçkin YZ araştırmacılarından, muhabirlerden oluşan bir gruba erken erişim imkânı sundu ve nihayetinde bu yeni sistemi ilk ticari ürünleri hâline getirme planlarını ilan ettiler.

Sonraki birkaç hafta boyunca insanlar GPT-3 üzerinde deney yapmaya başlayınca sosyal medya yeni sistemin gücünü görüp hayrete düştü. GPT-3 uygun komutlar girildiğinde inandırıcı makaleler yahut uzun süre önce göçüp gitmiş şairlerin üslubunda şiirler yazabiliyordu. Hatta tarihî ve kurgu karakterler arasında sahte sohbetler bile türetebiliyordu. Bir üniversite öğrencisi bu sistemi bir kişisel gelişim blog'undaki tüm girişleri türetmek için kullandı ve blog bir anda liste başı oldu.[38] Bu da hemen, acaba sistem insan düzeyinde makine zekâsına giden yolda kritik bir buluşu mu temsil ediyor, diye spekülasyonların başlamasına yol açtı.

Gerçi çok geçmeden etkileyici örneklerin çoğunun, çok sayıda denemenin bilhassa seçilmiş sonuçları olduğu; GPT-3'ün de kendinden önceki sistem gibi, genelde tutarlı yazılmış saçmalıklar türettiği apaçık görüldü. OpenAI'ın GPT sistemlerinin her ikisi de özünde güçlü tahmin motoruydu. Belli bir sözcük sekansı verildiğinde sonraki sözcüğün ne olması gerektiğini tahmin işinde üstündü. GPT-3 bu kapasiteyi emsalsiz bir düzeye taşıyor; sistemin eğitildiği devasa metin hazinesi gerçek dünya bilgisini özetlediğinden, sistem çoğu kez son derece işe yarayan çıktılar üretiyor. Gelgelelim tutarlılık yok, GPT-3 genelde çöp üretiyor, tüm insanlar için basit olacak görevlerde zorluk çekiyor.[39] Öncülüne kıyasla GPT-3 kesinlikle tekboynuzlu atlar üzerine daha ikna edici bir öykü yazabiliyor. Yine de tekboynuzlu atın ne olduğunu anlamıyor.

Şayet OpenAI probleme daha çok bilişim kaynağı atmayı sürdürürse, daha da büyük sinir ağları kurmaya devam ederse gerçek anlayışın ortaya çıkması muhtemel mi? Bu bana mümkün görünmüyor, çoğu YZ uzmanı da OpenAI'ın ölçeklenebilirliğine olan inancını sürdürmesini ağır eleştiriyor. Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde bilgisayar bilimleri profesörü ve dünyada öncü bu üniversitenin yapay zekâ ders kitabının yazarlarından olan Stuart Russell, bana YGZ'ye ulaşmak için gerçekleşmesi gereken büyük buluşların, "daha büyük veri setleriyle veya daha hızlı makinelerle alakası yok," diyecekti.[40]

Yine de OpenAI ekibindekiler kendinden emin... Şirketin baş bilimcisi Ilya Sutskever 2018'deki bir teknoloji konferansındaki konuşmasında şunları demişti; "Geçtiğimiz altı yıl boyunca kaydedilen ilerlemeleri inceledik. Vardığımız sonuç şu: Yakın vadede YGZ'nin ciddi bir olasılık olarak değerlendirilmesi gerek."[41] Bundan birkaç ay sonra bir başka konferansta OpenAI CEO'su Sam Altman'sa şöyle diyecekti; "Gerçekten de [YGZ] üretmenin büyük oranda sırrı bence bu sistemleri büyük, daha büyük, daha da büyük ölçeklendirmek olacak."[42] Henüz bu yaklaşım konusunda karara varılamadı ama tahminim, başarı elde etmek için OpenAI'ın esasen yalnızca sinir ağlarının büyüklüğünü ölçeklendirmek yerine, hakiki inovasyon çabalarını ölçeklendirmesi gerekecek.

SEMBOLİK YAPAY ZEKÂNIN CANLANIŞI VE KALITSAL YAPI TARTIŞMASI

Araştırmacılar karşılarındaki güçlüklerle boğuşurken sembolik YZ kampının savunduğu fikirler de bir restorasyon sürecinden geçiyor. Neredeyse herkes yapay zekânın ilerlemesi için sembolizmcilerin çözmeyi deneyip büyük oranda başarısız oldukları problemlerin çözülmesi gerektiğini kabul ediyor. Görece sayıca az, saf derin öğrenme yanlıları haricinde (ki çoğu OpenAI'la ilişkili kişiler),

araştırmacılar arasında hâkim düşünce şu: Daha hızlı donanım ve daha çok veriden yararlanarak yalnızca mevcut sinir ağı algoritmalarını ölçeklendirmek, daha genel zekâ için elzem olan mantık yürütmeyi ve sağduyulu anlayışı üretmeye yetmeyecek.

İyi haber şu: Bu kez sembolik ve bağlantıcı felsefeler arasında rekabet yerine uzlaşma, bu felsefeleri bütünleştirme çabası görebiliriz. Bu yeni ortaya çıkan araştırma alanına "nöro-sembolik YZ" adı veriliyor. Bu alan belki de yapay zekânın geleceği için en önemli girişimlerden biri olabilir. On yıllar boyunca bazen haşinleşen rekabetin tarihe karışmasıyla yeni YZ araştırmacı nesli bu yaklaşımlar arasında köprü kurmaya istekli gibi. Massachusetts eyaleti, Cambridge kentinde yer alan MIT-IBM Watson Laboratuvarı direktörü David Cox, genç araştırmacıların "böylesi bir tarihçeyi bilmediğini" ve "kesişimleri keşfetmekten mutlu olduklarını" söylüyor. "Yalnızca YZ'yle havalı bir şeyler yapmak istiyorlar."[43]

Bu bütünleşmenin nasıl gerçekleşebileceği üzerine de genel manada iki düşünce okulu var. Bunun en doğrudan yolu, derin sinir ağlarıyla geleneksel programlama teknikleriyle üretilen yazılım modüllerini birleştirerek hibrit sistemler kurmak olabilir. Mantıksal ve sembolik akıl yürütmeyi işlemeye muktedir algoritmalar bir şekilde öğrenme odaklı derin sinir ağlarıyla bağlantılı olabilir. Elemental Cognition'daki David Ferrucci'nin ekibinin güttüğü strateji de bu. İkinci yaklaşımsa sembolik YZ kapasitelerini, doğrudan sinir ağları mimarisine işlemenin yolunu bulmak olacaktır. Ancak bu da gerekli yapının mühendislikle derin sinir ağlarına yerleştirilmesiyle gerçekleştirilebilir. Daha çok spekülasyon içeren bir görüşe de sahibim: Bir başka yöntem de hem derin öğrenme sistemini hem de eğitim yöntemini gerekli yapı organik oluşacak kadar verimli tasarlamak olabilir. Genç araştırmacılar tüm olasılıkları değerlendirmeye istekli olsalar da kariyerlerini tesis etmiş kişiler arasında hangi yolun en iyisi olduğu üzerine hararetli bir tartışma yürütülüyor.

Hibrit yaklaşımın en güçlü savunucularından biri Gary Marcus. Kendisi yakın zamana dek New York Üniversitesi'nde psikoloji ve sinirbilimi profesörüydü. Marcus derin öğrenmeye fazla önem verildiğini düşünüyor. Kendisi bunu sert bir dille eleştiriyor; hatta derin sinir ağlarının sığ ve kırılgan kalmaya mahkûm olduğunu savunan makaleler yazıp bu konuda tartışmalar yürütüyor. Marcus şayet sembolik YZ'den alınacak fikirler doğrudan bu karışıma eklenmezse daha genel zekânın ortaya çıkma ihtimalinin az olduğunu düşünüyor. Marcus araştırma kariyerinin çoğunu çocukların nasıl öğrendiğini, dil edindiğini inceleyerek geçirdi; bir derin öğrenme yaklaşımının bir insan çocuğunun hayret verici kapasitesine erişme potansiyelini çok düşük görüyor. Ne var ki Marcus'un eleştirileri derin öğrenme camiasında iyi karşılanmadı. Kendisi 2015'te Uber tarafından satın alınan bir yeni makine öğrenmesi şirketinin kurucu ortaklarından olsa da bu alana yabancı sayılıyor, alana önemli katkı sunduğu düşünülmüyor.

Genelde derin öğrenmeye kendini vakfetmiş deneyimli araştırmacılar hibrit yaklaşımı görmezden gelme eğiliminde. Yoshua Bengio bana amacın şu olması gerektiğini söylemişti; "klasik YZ'nin çözmeye çalıştığı problemlerin bazılarını, derin öğrenme yapı taşlarını kullanarak çözmek."[44] Geoffrey Hinton'sa bu fikri epey kötülüyor, "sorunun yanıtının hibrit sistemler olduğuna inanmadığını" söylüyordu. Üstüne üstlük Hinton böylesi sistemleri bir "Zihni Sinir procesine," içten yanmalı motora benzin pompalamak için elektrikli motor kullanan bir hibrit arabaya benzetiyor.[45] Problem şu: Henüz tamamen sinir ağları kullanan bir sisteme sembolik YZ kapasitelerinin yerleştirilmesi için açık bir strateji gelişmedi. Marcus'un da belirttiği üzere derin öğrenmenin en kayda değer başarılarının çoğu ki içine DeepMind'ın AlphaGo sistemi de giriyor, aslında hibrit sistemler; çünkü derin sinir ağlarına ek olarak geleneksel arama algoritmalarından destek alarak başarılı oldular.

Araştırmacılar hibrit modellerin verimliliğini tartışadursun, bunun paralelinde gelişen bir tartışmaysa makine öğrenmesi sistemlerine kurulan kalıtsal yapıların önemine odaklı yürütülüyor. Derin sinir ağları genelde şu ya da bu ölçüde önceden tasarlanmış yapılarla bütünleşiyor. Görüntü tanıma işinde kullanılan evrişimli mimari buna bir örnek teşkil ediyor. Ancak derin öğrenmenin sıkı takipçileri bunun asgari düzeyde tutulması gerektiğine, teknolojinin boş sayfaya hayli yakın bir durumdan ilerlemeyi gerçekleştirebileceğine inanıyorlar. Örneğin Yann LeCun bana "Uzun vadede kesinlik arz eden belli yapılara ihtiyacımız olmayacak," demiş ve insan beyninde benzer bir sinir yapısı olduğunun kanıtı olmadığını belirtmişti. Şunları da ekleyecekti; "İster görme korteksine bakın isterse prefrontal kortekse, korteksin mikro yapısı epey tek tip."[46] Bu görüşteki araştırmacılar, görece daha genel sinir ağlarının daha büyük anlayışa ulaşmaları için, bu beceriye güç katacak eğitim tekniklerinin geliştirilmesine odaklı inovasyon yapılması gerektiğini savunuyorlar.

Marcus gibi art alanında çocukların bilişsel gelişimine dair incelemeler olan araştırmacılarsa bu "boş sayfa" felsefesine hararetle karşı çıkıyorlar. Ufak çocukların beyinleri apaçık biçimde öğrenmeyi ilerletecek yerleşik kapasiteler içeriyor. Bebekler doğumdan birkaç gün içerisinde insan yüzlerini tanıyabiliyorlar. Hayvanlar âleminin kalanındaysa öğrenmeye dayalı olmayan, hemen eyleme sokulabilecek zekâ olduğu aşikâr... Cold Spring Harbor Laboratuvarı'nda sinirbilimci olan Anthony Zador şunu belirtiyor; "Bir sincap doğduktan aylar sonra ağaçtan ağaca zıplayabiliyor, taylar doğumdan sonra birkaç saat içinde yürüyebiliyor, örümceklerse avlanmaya hazır doğuyorlar."[47] Gary Marcus ise genelde ömrünün çoğunu sarp, tehlikeli arazilerde geçiren bir dağ keçisi türü olan Alp dağ keçisinden örnek veriyor: Yeni doğan Alp dağ keçileri deneme-yanılmayla öğrenmenin kesin ölüm manasına geldiği bir çevrede, birkaç saat içerisinde ayağa kalkıp

yamaçlarda kendilerine yol çizme becerisine sahip... Bu bir tak ve kullan teknolojisi: Kutuyu açar açmaz çalışıyor. Bu görüşteki araştırmacılar daha genel, esnek yapay zekânın benzer biçimde yerleşik bilişsel mekanizma gerektireceğine inanıyor. Bu bilişsel mekanizma sinir ağlarının yapısına doğrudan enjekte edilebileceği gibi hibrit bir yaklaşımla da bütünleştirilebilir.

Derin öğrenme taraftarları bazen böylesi kalıtsal yapıların en nihayetinde önem arz edebileceğini ama sürdürülen bir öğrenme sürecinin parçası olarak organik biçimde de ortaya çıkabileceğini savunuyorlar. Gerçi ilham için biyolojik beyne bakarsak beyindeki herhangi bir yapı bana uzun vadeli öğrenmenin sonucuymuş gibi gelmiyor. Bir hayvanın ömrü boyunca öğrendiklerinin, beynini bir nebze yeniden şekillendirdiğini biliyoruz; örneğin genelde "beraber ateşlenen nöronlar birbirine bağlanır," diye düşünülüyor. Burada problem şu: Tek bir organizmanın ömrü boyunca öğrendikleriyle geliştirdiği sinir yapısını soyundakilere aktarmasının yolu yok. Hayvanın bir şeyler öğrenip sonra bu öğrenmeyle ilişkili beyin yapısını oluşturan bilgiyi, yumurta veya sperm hücrelerinin genetik koduna zerk etme becerisi yok. Bir birey ömrü boyunca nasıl bir beyin yapısı geliştirirse geliştirsin, organizmayla ölüyor. Bundan ötürü beyindeki tüm yapıların normal evrim süreci sonucu oluştuğu açık gibi. Bir başka deyişle, nadir durumlarda bir organizmanın içinde bulunduğu çevrede başarılı olmasını sağlayabilecek rastlantısal mutasyonların, sonraki nesle geçme ihtimali kıyasla daha fazla... Hâliyle izlenebilecek yol, evrimsel veya genetik algoritmalarla bu sürecin doğrudan kopyalanması olabilir. Ne var ki belki gerekli yapıları doğrudan mühendislikle üreterek çok daha hızlı ilerleme kaydedebiliriz.

Hibrite karşı saf sinir ağı yaklaşımı üzerine tartışmalarda, derin öğrenme yanlılarının sert ve nihai bir karşılık verdikleri söylenebilir: Bir sinir ağının yönetemeyeceği işleri yapan, özel algoritmalar çalıştıran apayrı bir bilgisayarı olabilir ama apaçık ki insan

beyninde böylesi apayrı bir bilgisayar yok. Beyinde hepsi baştan sona nöron, başka bir şey yok. Yine de bence hibrit yaklaşımın yakın vadede daha çok pratik sonuç üretmesi muhtemel: Biyolojik evrimin şekillendirdiği yolun saf sinir hücresi uygulaması olduğu açıksa bile, biz bu yüzden diğer teknikleri kullanarak daha hızlı ilerleyebileceğimiz ihtimaline de gözlerimizi kapamamalıyız. Dahası daha uygun yaklaşımlar sırf zarif bulunmadıklarından da göz ardı edilmemeli. Ay'a indiğimizde elimizde bilimkurguda karşılaşılan türden, aşağı zum yapıp konan, sonra tekrar kalkan uzay gemileri yoktu. Bunun yerine çok daha karmaşık, hatta hantal denebilecek bir düzeneğimiz vardı. Bu düzeneğe, bir Ay modülüyle yol boyunca atılması gereken çok sayıda parça dâhildi. Belki de bir gün elimizde bilimkurgu uzay gemilerinden de olacak ama biz bunlar olmadan da Ay'a iniş yaptık.

DAHA GENEL MAKİNE ZEKÂSI ÜRETMEDE BAZI TEMEL ZORLUKLAR

Çoğu YZ araştırmacısı insan düzeyinde yapay zekâya yakın bir şey elde edebilmek için çığır açacak bazı buluşların gerektiğinin farkında ancak hangi zorlukların aşılmasının kesinlikle daha önemli olduğuna, önce hangi sorunlara hücum edilmesi gerektiğine dair geniş tabanlı mutabakat yok. Yann LeCun genelde bu durumu bir dağ sırasında yol bulma benzetmesiyle anlatıyor: Ancak ilk zirveye tırmandığınızda dağların ardında yatan güçlükleri görebilirsiniz. Aşmanız gereken engeller bazen üst üste biner, bazen de birbiriyle kesişir. Gerçekten doğal dili anlayacak, anlamlı ve kısıtlı olmayan sohbetlere girebilecek makine üretme hedefinde de durum böyle. Gelin YZ araştırmalarının yanıt bulması gereken temel zorluklardan bazılarını daha ayrıntılı inceleyelim. Söz konusu liste her engeli kapsamasa da bu engelleri aşabilecek bir makine zekâsı, bugün var olanlara kıyasla çok daha

ciddi ölçüde YGZ'ye yaklaşacak. Benzer biçimde, bu zorluklardan herhangi birini çözmede bile hakikaten uzmanlaşabilecek bir sistem, muhtemelen muazzam ticari ve bilimsel değere sahip pratik uygulamalar da türetecektir.

Sağduyulu Akıl Yürütme

Sağduyu dediğimiz şey özünde dünyaya ve işleyişine dair paylaşılan bilgi demek. Yaşamlarımızın neredeyse her veçhesinde sağduyudan yararlanıyoruz ancak bu yeti özellikle iletişim biçimimizde önem arz ediyor. Sağduyu söylenmeyen boşlukları dolduruyor; devasa destek bilgisini bir kenara bırakmamıza, dili ciddi oranda yoğunlaştırmamıza imkân sağlıyor.

Neredeyse her erişkin hiç zorlanmadan bu yerleşik bilgi kümesinden yararlanıyor. Ne var ki makineler açısından bunu yapmanın muazzam güçlük oluşturduğu kanıtlandı. Yapay zekâyı sağduyuyla donatma hedefi, sembolik YZ'ye karşı saf sinir ağı yaklaşımları tartışmalarıyla beraber, mühendislikle YZ sistemlerine katılması gereken yapılar ve bilgiler tartışmalarının da içine dolanmış bir hedef...

Yakın yıllarda metin analizi yapabilen, metindeki malzeme hakkındaki soruları doğru yanıtlayabilen YZ sistemlerinde önemli ilerlemeler kaydedildiğini gördük. Örneğin Ocak 2018'de Microsoft ve Çin teknoloji devi Alibaba arasındaki işbirliğiyle yaratılan bir yazılım, Stanford Üniversitesi'ndeki araştırmacıların ürettiği bir okuduğunu anlama testinde ortalama insandan kısmen daha iyi başarı gösterebildi.[48] Stanford testi Wikipedia makalelerine dayalı sorular soruyor, YZ sistemiyse "okuduğu" makaleden çektiği bir dizi metinle doğru yanıtı veriyor. Bir başka deyişle gördüğümüz şey gerçek kavrayış değil, bilgi ayıklama ve örüntü tanıma. Daha önce gördüğümüz üzere derin öğrenme sistemleri bunu yapmada olağanüstü iyi... Gerçi bu soruları yanıtlamak için, hangi düzeyde olursa olsun,

sağduyuya dayalı akıl yürütme veya örtük dünya bilgisinden yararlanma gerektiğinde bu sistemlerin böylesi testlerdeki performansları ciddi düşüş sergiliyor.

YZ sistemlerinin sağduyuyla yaşadığı zorluğu anlamanın en iyi yolu Winograd şemaları diye bilinen özel biçimlendirilmiş cümlelere bakmak. Stanford Üniversitesi'ndeki bilgisayar bilimleri profesörlerinden Terry Winograd'ın geliştirdiği bu cümleler, bir makine zekâsının sağduyuyla akıl yürütme becerisini ölçmek için belirsiz ardıllardan yararlanıyor.

İşte bir örnek:[49]

Şiddetten korktuklarından kent konseyindekiler göstericilere izin vermedi.

Şiddetten korkan kim? Bunun yanıtı neredeyse herkes için açık: kent konseyi.

Ancak şimdi cümlede bir sözcüğü değiştirelim.

Şiddeti savunduklarından kent konseyindekiler göstericilere izin vermedi.

Şiddeti kim savunuyor?

"Şiddetten korktuklarından" sözcüklerini, "şiddeti savunduklarından" sözcükleriyle değiştirdiğimizde gizli özne olan "onlar"ın anlamı tamamen değişiyor. Bu soruya yalnızca cümleden bilgi ayıklayarak doğru yanıt vermek imkânsız... Dünyaya dair bilmeniz gereken şeyler var. Özellikle kent konseyindekiler huzurlu sokaklar mı istiyor, yoksa öfkeli göstericiler şiddete mi meylediyor bilmelisiniz.

Diğer örneklere de bakalım. Bu örneklerde cümlenin anlamını kaydıran sözcük seçenekleri köşeli parantez içinde gösteriliyor.

Ödül kupası kahverengi bavula sığmıyor, çünkü çok [küçük/büyük].

Çok [küçük/büyük] olan nedir?

Nakliye kamyonu okul servisini sıyıracak gibi oldu, çünkü çok [hızlı/yavaş] gidiyordu.

Çok [hızlı/yavaş] giden neydi?

Merdivenlerin [başına/dibine] ulaşınca Tom okul çantasını aşağı, Ray'e attı.

Merdivenlerin [başına/dibine] ulaşan kim?

Böylesi soru dizilerinde normal okuryazar bir erişkin neredeyse kusursuz bir yanıt alırdı. Bu yüzden geçme notu eşiğinin çok yükseğe çekilmesi gerekirdi. Ne var ki en iyi bilgisayar algoritmaları bile Winograd şemaları dolu bir listeyle karşılaşınca rastlantısal tahmin yürütse alacağından ancak biraz daha fazla puan alıyor.

Makine zekâsına sağduyu inşa etmeye yönelik en önemli girişimlerden biri Washington'ın Seattle eyaletindeki Allen YZ Enstitüsü'nde gerçekleşiyor. Allen Enstitüsü'nün CEO'su Oren Etzioni, Mozaik Projesi adıyla anılan bu çabanın, enstitünün Paul Allen'ın vizyonunu gerçekleştirmek üzere çıktığı seferle büyüdüğünü söyledi. Microsoft'un kurucu ortaklarından Paul Allen'ın hayali, herhangi bir bilim ders kitabından bir bölüm okuyup bölümün sonunda soruları yanıtlayabilecek bir YZ sistemi geliştirmekmiş. Etzioni bana ekibinin bunu gerçekleştirme girişimleriyle "en son teknolojiyi" oluşturduğunu söyledi. Sonuçlar inanılmaz değil, genelde sistem D civarında not alıyormuş. Karşılaşınca tökezledikleri en büyük engelse bu soruları yanıtlarken sağduyu ve mantıkla akıl yürütme becerisiymiş. Bir YZ sisteminin, mesela bir biyoloji ders kitabındaki fotosentez üzerine bir bölümden, maddi bilgi öğrenmesi görece kolay... Ancak Etzioni'ye göre gerçek zorluk şöyle bir soruda ortaya çıkıyor; "Karanlık bir odada bir bitkiniz var, pencerenin yakınına çekiyorsunuz. Bitkinin yaprakları daha hızlı mı, daha yavaş mı, yoksa aynı hızda mı büyür?"[50] Doğru yanıtı bulmak; pencerenin

yakınında daha çok ışık olacağını anlamayı, bu sayede bitkinin daha hızlı büyüyeceğine dair akıl yürütme beceresine sahip olmayı gerektiriyor.

Mozaik Projesi'nin ilk hedefi, sağduyu sergileyen makinelerin becerisini ölçmek üzere tasarlanmış bir standart kıyaslama seti yaratmak. Bu bir kere yaratıldı mı enstitü çok çeşitli teknikleri devreye sokmayı planlıyor. Bu tekniklerin içerisine, bir YZ sistemine sağduyu katmak için gereken yerleşik dünya bilgisini türetmek üzere "kitle kaynaklı çalışma, doğal dil işleme, görüntü işleme" gibi teknikler giriyor.[51]

Etzioni'yle ekibi, çok çeşitli teknikleri bir araya getirecek bir hibrit yaklaşımın iyi sonuçlar vereceğine kuvvetli bir inanç besliyor. Tahmin edebileceğiniz gibi bu fikir sadık derin öğrenme taraftarları arasında pek şevkle karşılanmıyor. Yoshua Bengio'ya Mozaik Projesi gibi çabalarını önemli mi bulduğunu, yoksa sağduyulu akıl yürütmenin bir şekilde öğrenme sürecinden organik biçimde çıkacağını mı düşündüğünü sordum. Bengio şüphesiz derin öğrenme yaklaşımına inanıyordu; "Sağduyunun öğrenme sürecinin parçası olarak ortaya çıkacağından eminim. Birileri aklınıza ufak tefek bilgiler sokuşturduğu için ortaya çıkmayacak, süreç insanlarda böyle işlemiyor." Yann LeCun da benzer biçimde sağduyuya giden yolun öğrenmeden geçtiğine inanıyor. Bana söylediğine göre Facebook'un YZ araştırma ekibi, "makinelere farklı veri kaynaklarını gözleyerek dünyanın nasıl işlediğini öğretmeye" çalışıyormuş. "İçinden belki de bir tür sağduyu çıkabilecek bir dünya modeli kuruyoruz. Belki de bu model, makinelerin insan gibi öğrenmesini sağlayacak bir tür tahmin modeli olarak kullanılabilir."[53]

İyi haber şu: Dünyanın en zeki YZ araştırmacıları hırsla her iki yaklaşımı da deniyor. Bir YZ sistemi, insanlarda kanıksadığımız türden sağduyuyla akıl yürütme becerisini tutarlılıkla sergileyebilirse bu büyük buluş, ister organik oluşsun isterse daha

çok mühendislik içeren bir yaklaşımla üretilsin, olağandışı bir ilerleme olurdu.

Gözetimsiz Öğrenme

Gördüğümüz üzere derin öğrenme sistemlerini öğretmede kullanılan başlıca iki teknik var: Biri gözetimli öğrenme. Bunun için büyük miktarda etiketli veri gerekiyor. Diğeriyse pekiştirmeli öğrenme. Bunun için de algoritmanın bir görevi başarmak için çok kere deneme-yanılma sürecini yinelemesi gerek. İnsanlar da benzer biçimde bu teknikleri uygulasalar da bu, ufak bir çocuğun zihninde süregiden öğrenmenin ancak küçük bir kısmını oluşturur. Çok küçük çocuklar basitçe gözlemleyerek, anne-babalarının seslerini dinleyerek, etraflarındaki dünyayla doğrudan irtibat kurarak, deney yaparak öğrenirler.

Yeni doğan bebekler bu sürece neredeyse hemen başlar; belirgin biçimde çevreyle fiziksel etkileşim kabiliyeti kazanamadan çok önce bile doğrudan çevreden öğrenirler. Bir şekilde dünyanın fiziksel modelini geliştirmeyi becerir, sağduyunun altında yer alan bilgi tabanını kurmaya başlarlar. Yapılandırılmış ve etiketli veriden destek almadan doğrudan öğrenme becerisine "gözetimsiz öğrenme" adı verilir. Bu şaşırtıcı beceri çocuğun beynine yerleşik bazı bilişsel yapılarla sağlanıyor olabilir ama hiç şüphe yok ki bir insan çocuğunun bağımsız öğrenme becerisi, özellikle de dil edinme becerisi, en güçlü derin öğrenme sistemleriyle bile başarılabilecek şeylere fark atıyor.

Bu erken dönem gözetimsiz öğrenme, ardından daha ileri bilgi edinmeye zemin teşkil ediyor. Daha büyük bir çocuk bile öğrenirken bir ölçüye kadar gözetimsiz öğreniyor. Gereken eğitim verisi, en ileri algoritmalara sağlanması gerekenin çok ufak bir yüzdesini oluşturuyor. Bir derin sinir ağının tutarlı biçimde hayvan görüntüleriyle hayvan adlarını eşleştirebilene dek belki de binlerce etiketli eğitim fotoğrafı görmesi gerekir. Buna kıyasla bir çocuk

için anne-babasının bir hayvana işaret edip bir kez olsun "Bu bir köpek," demesi yeterli gelebilir. Üstelik çocuk bir kere hayvanı tespit etti mi bunu herhangi bir yapılandırma içerisinde yineleyebilir: Köpek isterse otursun isterse dikilsin isterse yolda koşsun, çocuk yine de tutarlı biçimde hayvanla adını eşleştirebilir.

Gözetimsiz öğrenme şu sıralarda yapay zekâ alanındaki en çok ilgi çeken araştırma konularından biri. Google, Facebook, DeepMind şirketlerinin her birinin bu alana odaklı ekipleri var. Ne var ki bu alanda ilerleme ağır, şimdiye dek gerçekten pratik uygulama ortaya çıkmadı sayılır. İşin doğrusu insan beyninin bu yapılandırılmamış veriden otonom öğrenme yetkinliğini nasıl kazandığını kimse gerçekten bilmiyor: Şimdiki araştırmaların çoğu kulağa o kadar etkileyici gelmeyen gözetimsiz öğrenme çeşitlemelerine odaklı... Mesela tahminle öğrenme veya özgözetimli öğrenme gibi. Örnek projeler arasında, bir cümlede sonraki sözcüğü tahmin etmek veya bir videoda sonraki karedeki görüntüyü tahmin etmek gibi şeyler var. Bu tür görevler insanların becerebildiğinin yakınından geçemese de çoğu araştırmacı tahmin etme becerisinin zekânın muhakkak tam merkezinde yer aldığına, böylesi deneylerin işleri doğru yola sevk edeceğine inanıyor. Gözetimsiz makine öğrenmesinde hakikaten büyük bir buluş yapılsa etkisinin çok büyük olacağı abartı değil. Örneğin Yann LeCun bunun genel zekânın neredeyse diğer tüm veçhelerinde ilerlemeye yol açacak eşik olduğuna inanıyor. "Bunu nasıl yapacağımızı çözene dek... önemli ilerleme kaydedemeyeceğiz," diyor; "çünkü sağduyunun ortaya çıkmasına yetecek kadar dünyaya dair art alan bilgisi edinmenin anahtarı bu. Esas engel bu."[54]

Neden-Sonuç İlişkisini Anlamak

İstatistik okuyan öğrencilere sık sık hatırlatılan bir şey var; "Korelasyon neden-sonuç ilişkisi demek değildir." Yapay zekâ, özellikle de derin öğrenme sistemleri açısındansa anlamak korelasyonda

biter. Los Angeles'daki Kaliforniya Üniversitesi'nin (UCLA) tanınmış bilgisayar bilimcilerinden Judea Pearl geçtiğimiz otuz yılı aşkın süre zarfında neden-sonuç ilişkisi alanında bir devrim yarattı ve neden-sonuç ilişkilerini ifade edecek formel bir bilimsel dil yarattı. 2011'de Turing Ödülü'nü kazanan Pearl sık sık şunu belirtir: Her insan sezgisel olarak horozun ötüşüne güneşin doğmasının neden olduğunu, horoz ötünce güneşin doğmadığını bilir ancak en güçlü derin sinir ağları bile benzer bir içgörüye ulaşmayı muhtemelen başaramayacak. Neden-sonuç ilişkisi yalnızca veri inceleyerek türetilemez.[55]

İnsanlar korelasyonları tespit etmekle kalmayıp nedensel etkileri anlamak gibi benzersiz bir özelliğe sahip... Bunu olağanüstü biçimde birkaç örnek üzerinden yapabiliyoruz. MIT'deki hesaplamalı bilişsel bilim profesörü olan Joshua Tenenbaum, kendi araştırma odağını, daha akıllı YZ sistemlerini kurmada işe yarayacak içgörüler kazanma umuduyla "insan zihninin tersine mühendisliği" olarak tanımlıyor ve şöyle diyor:

> Ufak çocuklar bile genelde bir veya birkaç örnekten yeni neden-sonuç ilişkisi çıkarımında bulunabilir. İstatistik olarak anlamlı korelasyon tespit etmeye yetecek veri görmeye ihtiyaç duymazlar. İlk defa akıllı telefon gördüğünüz zamanı düşünün. Bu ister iPhone isterse başka bir dokunmatik ekranlı bir telefon olsun. Biri ufak cam panel üzerinde parmağını kaydırdı mı aniden bir şey aydınlanır veya hareket eder. Daha önce hiç böyle bir şey görmeseniz bile birkaç kez daha gördünüz mü bunun yeni bir neden-sonuç ilişkisi olduğunu anlarsınız. Bu da ekranı denetlemeyi öğrenmekte daha ilk adımınızdır, sonra öğrendiğinizle birçok faydalı iş daha yapabilirsiniz.[56]

Neden-sonuç ilişkisini anlamak hayal gücü için elzem. Dahası neden-sonuç ilişkisini anladık mı olmayan şeyleri olmuş gibi düşünerek zihnimizde senaryolar üretebiliyoruz, bu da problem

çözmemize yarıyor. Bir şeyi nasıl başaracağını anlamak için binlerce kere başarısız olması gereken pekiştirmeli öğrenme algoritmasının aksine, biz simülasyonu kafamızda yapıp alternatif davranış biçimlerinin muhtemel sonuçlarını keşfedebiliriz. Bu, neden-sonuç ilişkisine dair sezgisel kavrayış olmadan imkânsız...

Pearl ve Tenenbaum gibi araştırmacılar, özünde "Neden?" sorusunu sorup yanıtlama becerisi olan neden-sonuç ilişkilerini anlayabilmek, daha genel makine zekâsını üretmek için vazgeçilmez bir bileşen diye düşünüyorlar. Pearl'ün neden-sonuç ilişkisi üzerine çalışmaları doğa bilimlerinde ve sosyal bilimlerde muazzam etki yarattı ancak kendisi YZ araştırmacılarının büyük oranda bu bilgiden yararlanmadıklarını düşünüyor. Pearl'e göre YZ araştırmacıları genelde makine öğrenmesi sistemlerinin verimli biçimde tespit ettiği korelasyonlara fazla odaklı...[57] Gerçi bu durum değişiyor. Örneğin Yoshua Bengio ve Montreal Üniversitesi'ndeki ekibi yakın zaman içerisinde derin öğrenme sistemlerine neden-sonuç ilişkisine dair bir anlayış yerleştirmenin inovatif yollarını araştırıyor.

Öğrenme Aktarma

Harvard Üniversitesi'nde siyaset bilim profesörü Graham Allison, "Tukidides Tuzağı" terimini oluşturmasıyla tanınır. Bu terim, Yunan tarihçi Tukidides'in *Peloponez Savaşı Tarihi*'ne atıfta bulunuyor; bu eser MÖ beşinci yüzyılda Sparta ve yeni yükselişe geçen Atina arasındaki ihtilafın tarihî kayıtlarını içeriyor. Graham'ın görüşüne göre Sparta ve Atina arasındaki savaş bir tür tarih ilkesini temsil ediyor ve bugün de geçerli... 2017'de çıkan *Destined for War* [*Yazgısında Savaş Var*] adlı kitabında Allison, ABD ve Çin'in güncel bir Tukidides Tuzağı'na düştüğünü; Çin güçlendikçe, nüfuzunu artırdıkça çatışmanın kaçınılmaz olabileceğini savunuyor.[59]

Peki, bir yapay zekâ sistemi *Peloponez Savaşı Tarihçesi* gibi tarihî bir belgeyi okuyup ardından öğrendiklerini güncel jeopolitik duruma başarıyla uygulayabilir mi? Böyle bir şeyi yapabilmek,

yapay genel zekâya giden yoldaki en önemli dönüm noktalarından olabilir. Buna verilen adsa öğrenme aktarma. Bir alanda öğrenilen bilgiyi diğer alanlarda başarıyla kaldıraç olarak kullanabilme becerisi insan zekâsının alametifarikalarından. Dahası yaratıcılık ve inovasyon için de elzem. Daha genel makine zekâsı gerçekten faydalı olursa bir bölümün sonundaki sorulara yanıt bulmanın ötesinde şeyler yapmalı; öğrendiklerini, edindiği içgörüleri tümüyle yeni zorluklarda uygulayabilmeli. Bir YZ sistemi bunu gerçekleştireceğini umabileceğimiz seviyeye gelmeden önce şu sıralarda derin sinir ağları içerisinde biriken yüzeysel anlayış düzeyinin ötesine geçmeli, hakiki kavrayışa ermeli. Gerçekten de çeşitli alanlardaki bilgiyi alıp yeni durumlara uygulama becerisi bir makine zekâsında hakiki anlayışın tek ve en iyi testi olabilir.

İNSAN DÜZEYİNDE YAPAY ZEKÂYA GİDEN YOL

Konuştuğum YZ araştırmacılarının neredeyse hepsi insan düzeyinde yapay zekânın yapılabilir, bir gün bu aşamaya gelmemizin kaçınılmaz olduğunu düşünüyor. Bana göre bu makul bir düşünce... Ne de olsa insan beyni temelde biyolojik bir makine... Biyolojik zekânın sihirli bir şey olduğuna, tamamen farklı bir ortamda az çok biyolojik zekâyla kıyaslanabilecek bir şeyin de bir gün oluşamayacağına inanmanın gerekçesi yok.

Gerçekten de silikon temelli bir alt tabakanın, insan beynine güç veren ıslak-yazılıma, bir programlama sistemi olarak insan beynine kıyasla çok sayıda avantajı var gibi. Elektronik sinyaller beyindense bilgisayar çiplerinde çok daha büyük hızlarda hareket eder. Bir gün akıl yürütme ve iletişim becerilerimize denk bir makine, bilgisayarların bugün bile üstünlüklerinin tümünden yararlanacaktır. Bir makine zekâsı uzak geçmişte olan olayları bile hatırlayan hatasız bellekten faydalanacak; fantastik bir hızda muazzam veri yığınlarında dolanıp arama yapma, bunları hesaplama

becerisine sahip olacak. Dahası internete veya diğer ağlara doğrudan bağlanabilecek, neredeyse sınırsız kaynaktan beslenecek. Bizimle sohbetlerinde ustalaştığı gibi, diğer makinelerle de hiç zahmetsiz konuşabilecek. Diğer bir deyişle, insan düzeyinde YZ, doğduğu andan itibaren bizden pek çok açıdan üstün olacak.

Bir gün söz konusu hedefe ulaşma inancına neredeyse her yerde rastlasak da bizi o noktaya götürecek yolun ne olduğu, oraya ne zaman ulaşacağımız tamamen muallak... Şimdiye dek ilerleme kademeli oldu. Örneğin 2017'nin sonlarında DeepMind, AlphaZero'yu piyasaya sürdü; bu, Go oynayan AlphaGo sisteminin güncellemesiydi. AlphaZero'nun gözetimli öğrenme rejimi altında, insanlarca oynanan binlerce Go maçı verisini sindirmesi gerekmiyordu. Gözetimli öğrenme yerine, esasında boş bir sayfayla oyuna başladı; insanüstü seviyelerde oyun oynamayı yalnızca kendisine karşı oynadığı simülasyon oyunlarla öğrendi. Sistem satranç ve Japon oyunu shogi gibi başka zorluklara karşı da eğitilebiliyordu. AlphaZero hemen dünyadaki en iyi satranç oynayan varlık olduğunu kanıtladı: Satranca özel algoritmaların en iyilerini yendi ki söylemeye bile gerek yok, bu algoritmalar işindeki en mahir insan oyuncuları bile kolaylıkla yeniyordu. Demis Hassabis'in bana söylediğine göre AlphaZero muhtemelen "eksiksiz bilgi" oyunlarına genel bir çözüm teşkil ediyor. Bir başka deyişle, bir güçlüğün üstesinden gelmeniz için gereken tüm bilginin, bir oyun tahtasındaki parçalar veya ekrandaki pikseller olarak hâlihazırda bulunduğu durumların üstesinden gelebiliyor.

Elbette içinde yaşadığımız gerçek dünya eksiksiz bilgiden çok uzak... Yapay zekâyı kaldıraç olarak kullanmayı umduğumuz önemli alanların neredeyse tümü belirsiz işlem becerisini; devasa miktarda bilginin gizli, hatta ulaşılamaz olduğu koşullarla baş etmeyi gerektiriyor. Ocak 2019'da DeepMind bir ilerleme yakaladığını AlphaStar sürümüyle bir daha kanıtladı. Bu sistem strateji bilgisayar oyunu *StarCraft*'ı oynamak üzere tasarlanmıştı.

StarCraft oyununda farklı üç dünyadışı tür arasında galaktik bir kaynak mücadelesi var. Bu türlerin her biri bir çevrimiçi oyuncu tarafından gerçek zamanlı denetleniyor. *StarCraft* bir eksiksiz bilgi oyunu değil; bunun aksine oyuncuların rakip oyuncu faaliyetleri hakkında gizli bilgileri keşfetmek üzere "keşif ekipleri veya araçları" kullanmaları gerek. Dahası oyun uzun vadeli planlamayla engin bir oyun uzayındaki kaynakları yönetebilmeyi de gerektiriyor. DeepMind'ın yakaladığı bir diğer ilk AlphaStar'la geldi. AlphaStar Aralık 2018'de düzenlenen bir maçta en üst düzey profesyonel bir *StarCraft* oyuncusunu 5-0 yendi.[60]

Bu başarılar etkileyici olsa da bugünün YZ sistemlerini son derece spesifik, dar alanlara hapseden büyük kısıtlamaların aşılması için gereken seviyeye yaklaşılamadı bile. Örneğin AlphaStar'ın *StarCraft* oyunundaki belli bir uzaylı türüyle oynaması için gözetimli öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme kullanılarak çok kapsamlı bir eğitimden geçmesi gerek; görece farklı güçlere sahip farklı bir türe geçmesi içinse sil baştan yeniden eğitilmesi gerekiyor. Benzer biçimde AlphaZero da satranç veya shogi oyunlarında dünyaya kolayca egemen olabilir ama dama oynamak için yeniden eğitmezseniz bir çocuğu bile damada yenemeyebilir. YZ araştırmalarının ön cephelerindeki en güçlü sistemler bile sığ ve kırılgan... Allen Enstitüsü'ndeki Oren Etzioni'nin de belirttiği üzere, tümü içlerinde bulundukları odada yangın çıksa bile bir şey olmamış gibi oynamaya devam ederdi.[61] Sağduyuları yok, gerçek anlama becerileri yok.

Bu kısıtlamaları aşmamız, hakiki düşünen makine üretmemiz ne kadar zaman alabilir? *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*] kitabımda görebileceğiniz sohbetler sırasında, YZ alanındaki en parlak zihinlerle gayriresmî bir anket düzenledim. Konuştuğum yirmi üç kişinin her birinden bir tahmin yürütmelerini istedim: Yapay Genel Zekâ'ya ulaşma ihtimalimiz hangi yıl yüzde elliye ulaşacak? Katılımcıların çoğu isimsiz kalmayı talep

etti, tahminlerini ancak bu şekilde belirteceklerini söyledi. Konuştuğum araştırmacılardan beşi ise tahminde bulunmayı reddetti. İnsan düzeyinde YZ'ye giden yolun son derece belirsiz olduğunu, aşılması gereken engellerin sayısının bile bilinmediğini belirttiler. Her hâlükârda dünyanın önde gelen YZ uzmanlarından on sekizi bana en iyi tahminlerini sundu. Aşağıdaki tabloda görebileceğiniz sonuçlar bence son derece ilginç...[62]

YGZ'nin Gerçekleşeceği Yıl	2021'den İtibaren Yıl Sayısı	Tahmin Sayısı
2029	8	1 (Kurzweil)
2036	15	1
2038	17	1
2040	19	1
2068	47	3
2080	59	1
2088	67	1
2098	77	2
2118	97	3
2168	147	2
2188	167	1
2200	179	1 (Brooks)

Yalnız bu tahminler 2018'de yapıldı, bu da neden son basamağı "8"le biten yıl sayısının çok olduğunu açıklıyor. Örneğin 2038 tahmini aslında "bundan yirmi yıl sonra" demek. Tahminim o ki aynı kişilere bugün sorsam bu rakamları üç yıl ileri kaydırır, aşağı yukarı aynı tahminleri sunarlardı. Bu da YGZ'ye ulaşılacak yılın, genelde fizikçilerin nükleer füzyon şakasına benzer bir şakaya kurban gideceği anlamına geliyor; "Hep otuz yıl sonra gerçekleşecek."

Ortalama tahmin yılı 2099'du, yani kabaca seksen yıl sonra.*[63] Bu tahminler isimlerini vermeye razı gelen iki kişinin tahminlerinin tam da arasına oturuyor. Gördüğümüz üzere Ray Kurzweil insan düzeyinde YZ'nin 2029'da doğacağı düşüncesinden vazgeçmiyor. Yani bu kitabın yazıldığı tarihten sadece sekiz yıl sonra olacak bu. iRobot şirketinin kurucularından Rodney Brooks ki kendisi dünyanın önde gelen robotik uzmanlarından biri kabul ediliyor, YGZ'nin gelmesinin yaklaşık 180 yıl alacağını düşünüyor. Bu tahminler arasında büyük uçurum var. Çok sayıda araştırmacı insan düzeyinde YZ'nin on ila yirmi yıl içerisinde geleceğini düşünürken diğerleri bunun yüzyıllar alacağını söylüyor. Bence bu uçurum apaçık biçimde yapay zekânın geleceğinin ne kadar tahmin edilemez olduğunu gösteriyor.

İNSAN DÜZEYİNDE YZ ÜRETME seferi, bence yapay zekâ alanındaki en büyüleyici araştırma konularından biri. Bu sefer belki bir gün insanlığın en büyük, en yıkıcı sonuçlar üretebilecek inovasyonuyla sonuçlanabilir. Ne var ki o güne dek yapay zekâ pratik bir araç olarak dar kullanım alanına sahip olacak, pek çok açıdan epey kısıtlı kalacak. Şurası kesin ki gerçek dünya sorunlarını çözmek üzere tasarlanmış YZ sistemleri, araştırmanın ön cephelerindeki bilgilerle bütünleştirildikçe sürekli güncellenecek. Ancak öngörülebilen gelecekte bu yeni teknolojinin gücünü tek bir son derece esnek makine zekâsıyla göstermesi mümkün değil. Bunun yerine bu gücü endüstrinin, ekonominin, toplumun, hatta kültürün neredeyse her veçhesinde daha şimdiden ölçeklenmeye başlamış spesifik uygulama patlamasıyla göreceğiz.

---

* Söz konusu ortalama, bu konuda yürütülen diğer anketlere kıyasla kötümser bir ortalama... Söz konusu diğer anketler genelde YZ konferanslarında düzenlenmişti, çok farklı tecrübe seviyelerindeki ve sayıca çok daha fazla YZ araştırmacısı yanıtı içeriyordu. YGZ'nin geliş tarihine dair sonuçların çoğu yüzde elli olasılıkla 2040 ila 2050 civarında kümeleniyordu. Böylesi anketlere dair bir listeyi Beşinci Bölüm'ün 63. dipnotunda görebilirsiniz.

YZ'nin büyük fayda sunma potansiyeline şüphe yok. Bunu özellikle sağlık, bilimsel araştırma, çok geniş tabanlı teknik inovasyon gibi alanlarda göreceğiz. Fakat bu işin bir de karanlık tarafı var. Yapay zekâ emsalsiz zorluklar ve tehlikelerle beraber gelecek. Bunlar işlerimizi, ekonomiyi, kişisel gizlilik ve güvenliğimizi, belki de en nihayetinde demokratik sistemi, hatta ve hatta uygarlığın ta kendisini etkileyecek. Sonraki üç bölümde ana odağımız bu riskler olacak.

Altıncı Bölüm

İŞLERİN KAYBOLUŞU VE YAPAY ZEKÂNIN EKONOMİK SONUÇLARI

2015'te çıkan *Robotların Yükselişi: Yapay Zekâ ve İşsiz Bir Gelecek Tehlikesi* adlı kitabımda, yapay zekâ ve robotik alanlarındaki ilerlemelerin en sonunda rutin ve öngörülebilir işlerin pek çoğunu yok edeceğini, bunun da eşitsizliğin ve yapısal işsizliğin artmasına yol açabileceğini öne sürmüştüm. Ocak 2020'de bu kitabı yazmaya başlarken bu bölümde bana düşen görevin şu olduğuna karar verdim: İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana en uzun süren ekonomik toparlanma döneminde, temel işsizlik oranı yaklaşık yüzde 3,6 oranındayken bile aynı tezi savunmak.

Söylemeye gerek yok, koronavirüs pandemisi ve ardından tüm dünyada ekonomilerin kapanmaya geçmesi bizi tümüyle yeni bir ekonomik gerçekliğe ulaştırdı. Her hâlükârda krizden önce sunmayı düşündüğüm savlarımın hâlâ büyük oranda geçerli olduğuna inanıyorum. Tarihî düşük işsizlik döneminde bile *Robotların Yükselişi* içerisinde tartıştığım trendlerin hâlâ gözlemlenebileceğini, mevcut krize giden yıllarda ekonomik göstergeler her ne kadar görece refaha işaret etse de bunların en azından bir ölçüde yanılsama olduğunu düşünüyorum. Pandeminin ardından artan iş otomasyonu trendi güçlenebilir, mevcut ekonomik felaketten toparlanmayı iple çektiğimiz sırada ciddi bir etki yaratabilir.

1965'te Amerikalı bir ekonomist olduğunuzu düşünün. ABD ekonomisine ve iş pazarına baktınız mı yirmi beş ila kırk

dört yaşları arasındaki erkeklerin yaklaşık yüzde 97'sinin, yani okulunu bitirecek kadar yaşlı ama emekli olamayacak kadar genç kişilerin ya iş sahibi ya da aktif olarak iş aradığını görürdünüz. Bu size tümüyle beklendik, normal bir tablo gibi gelirdi. Şimdi varsayalım, gelecekten bir zaman gezgini 1965'e geldi ve dedi ki 2019'da tam çalışma çağındaki erkeklerin ancak yüzde 89'u işgücüne dâhil olacak; 2050'ye gelene dek belki de bu yaş grubundaki Amerikalı erkeklerin dörtte biri, hatta üçte biri iş pazarındaki haklarından tamamen mahrum kalacak.*[1]

Kuvvetle muhtemel bu sizde endişe yaratırdı. Belki de "kitlesel işsizlik" mi olacak diye düşünürdünüz. Muhakkak bu işsiz erkekler ne yapıyor diye merak ederdiniz. Ama sonra zaman gezgini dedi ki 2019'da temel işsizlik oranıysa yüzde 4'ün epey altında, faiz oranlarıysa 1965 oranlarının altında olacak. Zaman gezginine göre her iki ölçek de tarihin en düşük düzeylerine yakın... Dahası zaman gezgini şunu da söylüyor: ABD Merkez Bankası faiz oranlarını artırmak yerine ekonomiye güç katmak için daha da düşürmeyi planlıyor.

Tümü yirminci yüzyılın ortalarıyla sonu arasında yaşayan bir ekonomiste son derece şaşırtıcı ve kafa karıştırıcı gelirdi. Bu bölümde göreceğimiz üzere, ABD ve çok sayıdaki diğer gelişmiş ülkedeki ekonomi ve iş pazarı şimdilerde öyle bir hâlde ki sanki bir zamanlar ampirik kanıtlardan sağlam destek alır görünen kural ve varsayımların çoğuna başkaldırıyor.

Robotların Yükselişi'nde bu değişimlerin altında büyük oranda bilgisayar teknolojisinin amansız yükselişinin yattığını söylemiştim. Artık uzun bir temel inovasyon listesini geride bıraktık: ilerleyen fabrika otomasyonu, kişisel bilgisayar devrimi, internet,

* Bizim zaman gezginimiz gerçek bir insandan yola çıkarak oluşturuldu: Eski Hazine Bakanı ve Ulusal Ekonomik Konsey Müdürü Lawrence Summers. Kendisi Kasım 2016'da çalışma çağındaki erkeklerin dörtte biri ila üçte biri kadarının 2050'ye gelene dek işgücünün dışına çıkacağına dair bir tahminde bulundu (Bkz. Altıncı Bölüm'ün 1. son notu.).

Bulut bilişimin ve mobil teknolojilerin yükselişi... Bunların sonucunda oluşan dönüşümler on yıllardır etki ediyor. Gelgelelim en önemli teknolojik etkiyi gelecekte göreceğiz. Yapay zekânın yükselişi hem iş pazarını hem de genel ekonomik sistemimizi altüst etme potansiyeli taşıyor. Öyle bir potansiyel ki bu, daha önce gördüğümüz her şeyden daha ciddi, daha kökten etkileri olacak.

Yaklaşan yıkımın kenarında dururken kaygılanmanın haklı sebepleri var. Geçtiğimiz on veya yirmi yıl süresince gerçekleşen dönüşümlerin o akla sığmayan siyasi karmaşada önemli bir rol oynadığı ve toplum dokusunu bozduğu söylenebilir. Örneğin araştırmalar ABD'nin iş otomasyonuna en duyarlı bölgeleriyle 2016 başkanlık seçiminde Donald Trump'a kuvvetli destek veren seçmenler arasında doğrudan korelasyon olduğunu gösterdi.[2] Koronavirüs pandemisi yaşamlarımızı altüst etmeden önce, ABD'yi mahveden bir başka sağlık krizine odaklanılıyordu; ciddi miktarda orta sınıf iş kaybına uğramış bölgeler, aynı zamanda *opioid* bazlı uyuşturucu salgınının ön saflarında yer alma eğilimi gösteriyordu.[3] Şayet yaşadığımız değişimler, bizi bekleyen değişimlere göre solda sıfırsa gelecekte emsali görülmemiş ölçüde toplumsal ve ekonomik yıkım gerçekleşme riski çok ciddi demektir. Dahası manzarada böylesine hızlı bir kayma yaşanırken oluşacak korkudan beslenecek daha da tehlikeli siyasetçilerin, daha da tehlikeli halk avcılarının ortaya çıkma riski de mevcut...

İşin gerçeği yapay zekânın ekonomik etkisi çift yönlü olacak. Bir yanda üretkenlik artışıyla ürünler ve hizmetler daha ucuzlaşacak, hepimizin yaşamlarını iyileştirebilecek inovasyona kapı aralayacak. Devasa bir ekonomik çukurun ortasındayız, çukurdan çıkmayı umarken YZ'nin yaratabileceği ekonomik değer de vazgeçilmez hâle gelecek. Diğer yandan YZ'nin ekonomik eşitsizliği çok daha yüksek düzeylere iteceği, neredeyse milyonlarca işi yok edeceği veya vasıfsızlaştıracağı da neredeyse kesin. İşsizliğin ve giderek artan eşitsizliğin toplumsal ve siyasi etkileri

bir yana, önemli bir ekonomik sonuç daha var: Canlı bir pazar ekonomisinin var olması için üretilen ürünleri ve hizmetleri satın alabilecek çok büyük sayıda tüketici gerek. Şayet bu tüketicilerin işleri, hâliyle gelirleri olmazsa ekonomik büyümenin sürmesi için gerekli talebi nasıl yaratacaklar?

YAPAY ZEKÂ VE İŞ OTOMASYONU: BU SEFER İŞLER FARKLI MI?

Makinelerin bir gün işçilerin yerine geçeceği, uzun vadeli yapısal işsizlik üretecceği korkusu yeni değil; uzun bir geçmişi var. Bu geçmişin izini en azından bundan iki yüzyılı aşkın süre önce İngiltere'nin Nottingham şehrinde gerçekleşen Ludd'cu, yani tekstil makinelerini yıkan "teknoloji karşıtları" isyanlarına kadar sürmek mümkün... Sonraki on yıllarda tehlike çanları tekrar tekrar çaldı. Örneğin 1950'lerde ve 1960'larda endüstriyel otomasyonun çok geçmeden milyonlarca fabrika işçisini işsiz bırakacağı, yaygın bir işsizliğe yol açacağı kaygısı büyüktü. Ne var ki şimdiye dek tarihin gösterdiği şey şu: Ekonomi genelde yeni istihdam fırsatları yaratarak gelişen teknolojiye uyum sağladı, bu yeni işler de genelde daha yüksek vasıflar gerektirdi, daha yüksek maaşlar sundu.

Teknolojik istihdamın hiç problem yaratmayacağı düşüncesine şüpheyle bakanların genelde atıfta bulunduğu bir vaka mevcut... Bu vaka, teknoloji kaynaklı iş kaybına tarihteki en aşırı örneklerden biri olan ABD'deki tarımda makineleşme. 1800'lerin sonunda Amerikalı işçilerin yaklaşık yarısı tarımla iştigal ediyordu. Bugün bu oran yüzde bir ila iki arasında. Traktörlerin, biçerdöverlerin, diğer tarım teknolojilerinin gelişi milyonlarca işi geri dönülmez biçimde buharlaştırdı. Bu geçiş gerçekten de kısa ve orta vadeli ciddi bir işsizlikle sonuçlandı, işsiz kalan tarım işçileri fabrikalarda iş bulmak üzere şehirlere göç etti. Ne var ki en sonunda işsiz işçiler giderek yükselen imalat sektöründe soğuruldu,

uzun vadede ortalama maaşla genel refah da ciddi oranda arttı. Bunun ardından fabrikalar ya otomasyona gitti ya da yurtdışına kaydırıldı, işçiler de bu kez hizmet sektörüne geçiş yaptı. Bugün Amerikan işgücünün yaklaşık yüzde 80'i hizmet endüstrisinde istihdam ediliyor.

Temel soru şu: Yapay zekâ etkisiyle oluşacak iş pazarı yıkımı da benzer sonuçlar mı doğuracak? Tarımı dönüştüren tarım teknolojisi gibi YZ de bir başka emek tasarrufu yaratan inovasyon mu? Yoksa bazı şeyler temelden farklı mı? Benim savıma göre, YZ gerçekten farklı; sebebi de bu kitabın temel tezine bağlı: Yapay zekâ elektriğe çok benzeyen, sistemli ve genel amaçlı bir teknoloji; dolayısıyla en sonunda ekonomimizin, toplumumuzun her veçhesine nüfuz edecek ve nüfuz ettiği her yerde ölçeklenecek.

Tarihe baktığımızda iş pazarındaki teknolojik yıkımların sektör sektör etki etme eğilimi taşıdığını görürüz. Tarımda makineleşme milyonlarca işi yok etmişse de yükselişteki imalat sektörü en sonunda bu işçileri soğurabilmişti. Benzer biçimde imalat otomasyona tabi olunca, fabrikalar düşük maaşlı ülkelere kaydırılınca hızla büyüyen hizmet sektörü, işlerinden edilmiş işçilere fırsat sundu. Bunun aksine yapay zekâ her ekonomi sektörünü az çok eşzamanlı etkileyecek. Daha da önemlisi bunun içine şimdilerde ABD işgücünün ekseriyetle çalıştığı hizmet sektörü de beyaz yakalı işler de girecek. YZ'nin dokunaçları önünde sonunda var olan her endüstriye uzanıp dönüşüme uğratacak. Gelecekte ortaya çıkacak yeni endüstriler de daha kurulma ânından itibaren, en son YZ ve robotik inovasyonlarını içinde barındıracak. Diğer bir deyişle, var olan endüstrilerdeki otomasyonla işsiz kalacak işçilerin hepsini içine almak üzere, bir anda on milyon yeni işle yeni bir sektörün peyda olması çok düşük olasılık gibi. Bunun tersine gelecekteki endüstriler dijital teknoloji, veri bilimi ve yapay zekâ temeli üzerine kurulacak. Bunun sonucunda da çok büyük sayıda iş türetmeyecekler.

İkinci bir nokta da işçilerin iş faaliyetlerinin yapısıyla ilgili... Kabaca ABD işgücünün böylesi büyük oranda rutin ve öngörülebilir mesleklerle iştigal ettiğini düşünmek makul...[4] Mesleklerin rutin ve öngörülebilir olmasıyla kastım "ezbere tekrar" değil, yalnızca bu işçilerin aynı temel görev ve zorluklarla tekrar tekrar karşılaşması. Diğer bir deyişle, işin esası (yahut hiç değilse onu oluşturan görevlerin büyük kısmı) işçinin zamanla yaptığı işi yansıtan tarihsel veride özet biçimde yer alıyor. Böylesi veri, sonunda makine öğrenmesi algoritmaları için zengin bir kaynak oluşturacak; YZ de söz konusu görevlerin çoğunun nasıl otomasyona tabi kılınacağını bulmak üzere işe koşulacak. Bunun başka bir ifadesi, öyle bir gelecekle karşı karşıyayız ki her tür rutin, öngörülebilir iş en sonunda buharlaşacak; bu da özellikle vasfı en çok bu işlere uyan işçiler için çok büyük güçlük yaratabilir. Yirminci yüzyıl boyunca gelişen emek tasarrufu teknolojisi farklı sektörlere kaymalarına neden olsa da işçiler büyük oranda genelde rutin işlerini yapmaya devam etti. 1900'deki bir tarım işçisinin 1950'de fabrika montaj hattı işçiliğine, bugünse Walmart'ta barkod tarayan kasiyerliğe geçişini düşünün. Tümüyle farklı sektörlerde, son derece farklı işler olduğu doğru ancak hepsi genelde rutin ve öngörülebilir görevler içeriyor. Bu kez yeni sektörlerde işsiz kalan işçileri barındıracak, büyük oranda rutin işler olmayacak. Bunun yerine işçiler tümüyle farklı türden bir geçişle yüz yüze kalacaklar. Bu, temelde rutin olmayan bir iş olduğu gibi, başkalarıyla etkin ilişki kurma veya rutin olmayan analitik veya yaratıcı işler yapma becerisi gibi nitelikler gerektirecek. Böylesi yeni işlerden yeter miktar olduğunu varsayarsak bazı işçiler bu geçişi başaracak ama pek çoğu bunda muhtemelen zorlanacak.

Diğer bir deyişle, bence yeni senaryoda işgücümüzün büyük kısmı en nihayetinde iş pazarından kopma riskiyle karşı karşıya. Ancak böylesi bir şeyin gerçekten olduğuna dair bir kanıt var mı?

Ne de olsa koronavirüs pandemisinden önceki işsizlik oranları ABD'de yüzde 4'ün epey altındaydı.

KORONAVİRÜS PANDEMİSİNİN BAŞLANGICINA KADARKİ ÖYKÜ

ABD'de 2009'daki Büyük Durgunluk'un sonundan itibaren on yılı aşkın süreçten Ocak 2020'ye dek tarihteki en uzun savaş sonrası ekonomik toparlanma dönemi yaşandı. ABD işsizlik oranı yüzde 10'dan yüzde 3,6'ya düştü. Bu, geçmiş elli yılın en düşük işsizlik düzeyiydi.[5] Ancak buna önemli bir şerh düşülmeli: Temel işsizlik oranı ABD Nüfus Bürosu'nun hane bazındaki anketine dayalı, bu anketse yalnızca aktif olarak iş arayan işçileri hesaba katıyor. Bu ölçümde, iş arayıp umudunu yitiren ve iş aramaktan vazgeçen yahut çalışmaya razı olacakları iş kalmadığına inanan kimseler işsiz sayılmıyor.

Tamamen işgücünden kopmuş kişi sayısına dair bir fikir yürütebilmek için işgücüne katılım oranlarına bakmakta yarar var. Buradaki hikâye, temel işsizlik oranının gösterdiğinden çok daha olumsuz...

Bir sonraki sayfada Şekil 1'de görüldüğü üzere çalışma çağındaki ve istihdam edilmiş yahut aktif olarak iş arayan erkek oranı, 1965'teki yüzde 97 oranından, 2014'teki dip değer olan yüzde 88'e düştü. Ocak 2020'de ise hafifçe toparlanma göstererek yüzde 89 oranına ulaştı.[6] Tümüyle iş pazarından kopmuş erkek sayısı bu süre zarfında neredeyse dörde katlandı. İş pazarından çıkan erkeklerin istikameti Sosyal Güvenlik Maluliyet programıymış gibi görünüyor. 2007 ila 2010 arasında bu programa başvurular arttı.[7] İşyerlerinde yaralanma salgını olduğuna dair bir kanıt olmadığına göre, bu programın uygun iş pazarı fırsatlarının çok az olduğunu düşünen işçilerce, son çare geliri olarak kullanılması mümkün gibi. Erkeklerin işgücüne katılıma etkisi çok ciddi olsa



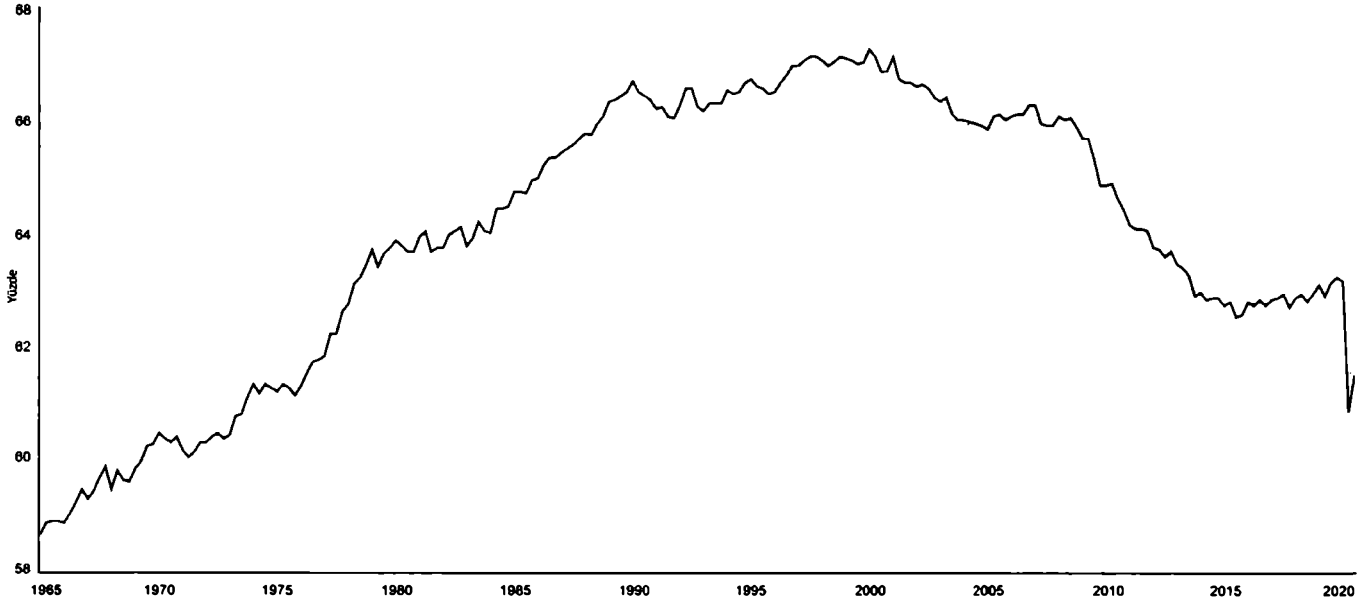
Şekil 1: İşgücüne Katılım Oranı, Yirmi Beş İla Elli Dört Yaş Arası Erkekler

da genel istatistikler bu yüzyılın başından beri, neredeyse yirmi yılı aşkın sürede, bu hikâyenin buna benzer geliştiğini gösteriyor.

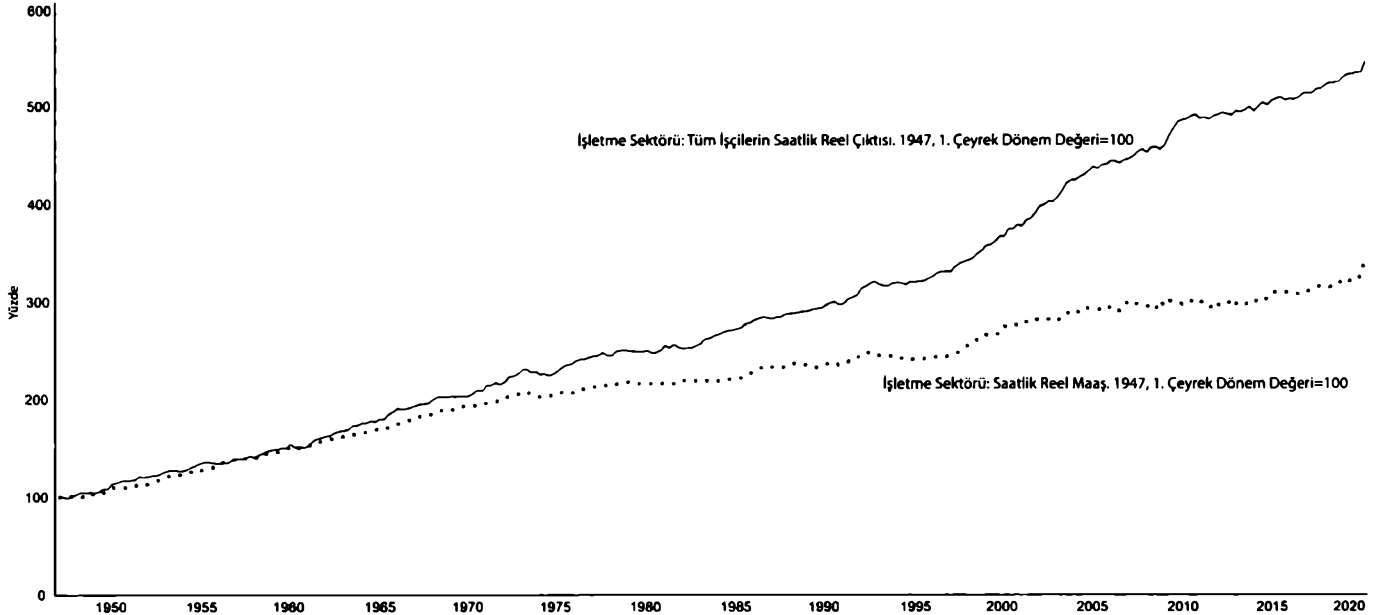
Bir sonraki sayfada bulunan Şekil 2, kadınları ve erkekleri beraber değerlendirerek, yaşları on sekiz ila altmış dört arası olan tüm işçilerin işgücüne katılım oranını gösteriyor.[8] 2000 yılına yakın dönemde katılım oranının yükselmesi, işgücüne daha çok kadının katılmasının yansıması. Ne var ki söz konusu trend bu zirveye ulaşıldıktan sonra hem erkekler hem de kadınlar işgücünden çıkarken aşağı eğilim gösteriyor. Bir başka deyişle, işsizlik oranı tarihi diplere düşse bile genelde görünmeyen öyle bir işçi kitlesi vardı ki tümüyle iş pazarından kopmuş bu işçi sayısı durmadan artıyordu. Hâlbuki genel anlatı iş pazarında bir patlama yaşandığını ima ediyordu. Buradaki tek unsur elbette teknolojik değişim değil ancak fabrikalardaki ve ofislerdeki iyi maaşlı rutin işlerin amansızca otomasyona tabi olması da muhtemelen önemli bir rol oynamış gibi.

İkinci önemli trendse üretkenlik oranlarıyla maaş oranlarının birbirinden ayrışması, bununla beraber eşitsizlik artışının amansızca yükselmesi. İşgücü verimliliği, işçilerin verimliliğini ölçer; işçi verimliliği değeri, toplam ekonomik çıktının, bu çıktıyı üretmek için gereken çalışma saati sayısına bölünmesiyle bulunur. İşgücü verimliliği belki de tüm ekonomik ölçeklerin en önemlisidir. Yüksek işgücü verimliliği oranı, zengin ve gelişmiş bir ülkeyi yoksul bir ülkeden ayıran belirleyici niteliktir. İşyerlerinde kullanılan teknoloji ilerledikçe, işçi eğitimi ve sağlığı gibi diğer unsurlar da iyileştikçe işçiler daha çok üreterek daha verimli hâle gelebilir. Bunun sonucunda daha yüksek maaş alabilmeleri gerekir. Dolayısıyla artan işgücü verimliliği esasında neredeyse tüm işçilerin cebine para koyan, geniş tabanlı ulusal refahı yükseltmede elzem bir unsurdur. En azından standart ekonomik anlatı böyle.

Gelgelelim, bir sonraki sayfada Şekil 3'te görüleceği üzere, 1970'lerden beri işçi maaşları, işgücü verimliliğiyle beraber artmadı; bu iki doğru arasındaki uçurum giderek açıldı.[9] Bunun



Şekil 2: İşgücüne Genel Katılım Oranı



Şekil 3: Verimliliğe Kıyasla Maaş

sonucunda teknolojik ilerlemenin ve iyileşen üretkenliğin hemen hemen tüm meyvelerini, gelir dağılımının neredeyse zirvesinde yer alan görece ufak bir grup topluyor. Bir başka deyişle, işletme sahipleri, yöneticiler, süperstar çalışanlar ve yatırımcılar ilerlemenin meyvelerini toplarken sıradan işçiler neredeyse hiçbir şey alamıyorlar. Bu grafiğin, işletme sektöründeki tüm işçilerin maaşını yansıttığını da belirtmeli. Yani içinde en üst düzey yönetim kurulu üyeleri, süperstar sporcular, gösteri dünyasından kişilerin yanı sıra diğer yüksek maaşlı işçiler de yer alıyor. Şayet grafik yalnızca ortalama işçileri, gözetim rolü olmayanları yansıtsaydı ki bu kişiler ABD işgücünün yaklaşık yüzde 80'i, o hâlde işgücü verimliliğiyle maaş arasındaki uçurum daha da büyük olurdu.

Ben şunu savunuyorum: Bu iki doğru arasında giderek genişleyen ayrışma, kısmen işyerlerinde kullanılan makinelerin ve teknolojinin yapısının değişmesinden kaynaklı... Amerika'nın İkinci Dünya Savaşı'nın ardından yaşadığı "Altın Çağ" boyunca, grafikteki bu iki doğru birbirine neredeyse bitişikti. İşyerlerinde kullanılan makineler açıkçası işçilerin idare ettiği araçlardı. Bu araçlar iyileştikçe işçilerin çıktısı arttı ve daha değerli olmaya başladılar. Ne var ki sonraki on yıllarda teknoloji ilerlemeye devam ettikçe işyerlerinde kullanılan makinelerin çoğu giderek otonomlaştı, teknoloji de giderek emeği tamamlamaktansa emeği ikame eden bir şey olmaya başladı. Diğer bir deyişle teknoloji, şimdilerde, giderek büyüyen oranda işçinin değerini artırmaktansa düşürüyor. Bu da sırası gelince işçileri bir başka işçiyle değiştirilebilir kılıyor, pazarlık güçlerini düşürüyor, verimlilik artmaya devam ederken maaşları azaltıyor.

Verimlilikle maaşın ayrışması doğrudan gelir eşitsizliğinin artmasına yol açıyor. Teknoloji emeği yerinden ederken veya emeğin değerini düşürürken işletme kârlarının aslan payını sermaye kapıyor. Emeğin ulusal gelir payındaki düşüşü son yirmi yıldır gözlemleniyor ve bu yalnızca ABD'ye özgü değil, diğer bazı

gelişmiş ülkelerde de görülüyor. Sermaye sahipliği büyük oranda zenginlerin elinde toplandığından, gelirin yönünün emekten sermayeye dönmesi, gelirin çok kişiden az kişiye yeniden dağıtılması demek. İşte bu da gelir eşitsizliğini artırıyor. Özellikle ABD'de bu trend ciddi, bunun kanıtı da Gini katsayısının apaçık artışından görünüyor. Gini katsayısı adı verilen gösterge zenginliğin toplanmasının ölçütü. Uç değerlerinde Gini katsayısını ele alalım. Sıfır Gini değeri, bir ülkede herkes zenginlikten eşit pay alıyor demek. Gini değeri yüzse bu da tek bir birey tüm ulusun zenginliğine sahip demek. Gerçekçi değerler genelde kabaca 20 ila 50 arasında, daha yüksek değer daha çok eşitsizlik yaşandığına işaret ediyor. ABD'de Gini katsayısı 1986'da 37,5'ten 2016'da 41,4'e yükseldi. Bu o zamana dek kaydedilen en yüksek değer...[10]

Gelir eşitsizliğinde artış eğilimi kısmen ABD'de sunulan iş fırsatlarının niteliğinde genel düşüşten kaynaklı... Geçtiğimiz on yirmi yıl içerisinde ABD'de iş yaratımının ağırlığı giderek hizmet sektöründeki düşük maaşlı işlere kaydı. Perakende satış, yemek hazırlama ve sunma, güvenlik, temizlik, ofislerde ve otellerde bakım gibi alanlardaki bu işler asgari ücret veriyor; başkaca yardım sunmuyor, genelde tam zamanlı iş değiller ve çalışma saatleri de belirsiz... Esnek ekonomi yükselişte. Esnek ekonomide işçiler tamamladıkları göreve göre ödeme alıyor, alacakları gelir neredeyse hiç öngörülebilir değil, diğer işçilerin faydalandığı hukuki güvencelerin ya çok azına sahipler ya da bundan tümden mahrumlar. İşte esnek ekonominin yükselişi de gözlemlediğimiz bu eşitsizlik trendini daha kötü hâle getirdi. Brookings Enstitüsü'nün Kasım 2019'da yayımladığı bir rapora göre, ABD işgücünün tam olarak yüzde 44'ü yılda ortalama 18 bin dolar gelir sağlayan düşük maaşlı işlerle iştigal ediyor.[11]

Amerikan işçilerinin girebileceği iş yapısındaki bu değişim, bir grup araştırmacının 2019'da ürettiği yeni bir ekonomik ölçekle iyice gözler önüne serildi. ABD Özel Sektör İş Kalitesi

Endeksi'ne göre, yüksek nitelikli işler, ortalama gelirin üzerinde gelir sağlayan işler; düşük nitelikli işlerse ortalama gelirin altında gelir sunuyor.[12] Bir istihdam alanının endeks değeri 100'se bu, yüksek nitelikli işlerle düşük nitelikli işlerin sayısı eşit demek. Şayet endeks değeri 100'ün altındaysa bu, istihdam alanına düşük nitelikli işler hâkim demek. 1990'la 2019 sonuna kadarki otuz yıl süresince bu endeks 95'ten 81'e düştü.[13] Bu nitelik düşüşü muhtemelen fabrika ve ofis gibi ortamlarda büyük oranda rutin olsa da iyi maaş veren işlerin buharlaşmasıyla yakın ilişkili. Bu işler bir zamanlar Amerikan orta sınıfının omurgasını oluşturuyordu ancak hem teknoloji hem de küreselleşme tarafından acımasızca yok edildiler.

Elbette ekonomi yüksek vasıflı daha yüksek maaş veren işler de yarattı ama dört yıllık üniversite derecesine sahip olmayan Amerikalı işçilerin neredeyse dörtte üçü nadiren bu işlere erişebiliyor. Üniversite mezunları arasında bile eksik istihdam ciddi bir sorun ve bu büyüyor. Üniversite mezunlarının yaygın durumu şu: Öğrenci kredilerinin devasa yükü altında ezilirken barista veya fast food işçisi olarak çalışıyorlar. Şubat 2020'de New York Federal Merkez Bankası'nın yayımladığı veriler, yeni üniversite mezunlarının tam yüzde 41'inin üniversite mezuniyeti gerektirmeyen işlerde çalıştığını gösteriyordu. Üniversite mezunlarının tümüne bakınca eksik istihdam oranı üçte bir. Üstelik ekonominin her alanında temel işsizlik yüzde 3,6'ya düşmüştü ama yirmi iki ila yirmi altı yaşları arası yeni mezunların temel işsizlik oranı yüzde 6'dan fazlaya ulaşmıştı.[14] Bir başka deyişle geleneksel görüş, "Eğitime daha çok önem verip üniversiteye kayıt oranını artırmalıyız," dese bile ekonomi hâlihazırdaki mezunları soğurmaya yeter miktarda vasıflı iş fırsatı yaratmıyor.

Gelir eşitsizliğinin artışı, iş niteliğindeki düşüş yalnızca bu durumdan etkilenen bireyler için kötü haber değil. Aynı zamanda bizi sürdürülebilir ekonomik canlılığa ulaştırması gereken

pazar talebinin de dibini oyuyor. ABD ekonomisinin kabaca yüzde 70'i doğrudan bireysel tüketici harcamalarıyla ilişkili. Ne var ki bu oran bile tüketici talebinin ekonomideki önemini doğru yansıtmıyor, çünkü işletme yatırımları da tüketici talebine bağlı. Örneğin Boeing'in nasıl uçak ürettiğini ele alabiliriz ki bunların genel tüketicilerin aldığı ürün kalemi olmadığı ortada. Havayolları bu uçakları ancak tüketicinin uçak bileti talebi olacağını beklerse satın alıyor. Elbette bu ekonomik bağımlılık koronavirüs krizinin etkisiyle apaçık ortaya çıktı.

Satın alma gücünün tüketicilerin eline geçmesini sağlayan temel mekanizma insanların işlerde çalışıp para kazanmasıdır. Gelir dağılımı daha eşitsiz oldukça işçilerin, dolayısıyla da tüketicilerin çoğunun keyfî kullanabileceği gelir azalıyor. Geçtiğimiz yirmi otuz yıl boyunca zengin azınlığın geliri ciddi oranda arttı; ne var ki nüfusun bu ufak kesiminin harcamaları, gelir dağılımının alt düzeyindekilerin yitirdiği keyfî kullanılabilecek gelirleri telafi edecek düzeye ulaşmaz; bu kişiler bu denkliği sağlayacak kadar harcama yapmaz ve yapamaz. Başka türlü ifade etmek gerekirse ekonomik büyüme yaratmak için elzem olan ürünler ve hizmetlere yönelik geniş tabanlı tüketici talebi kademe kademe yok oluyor.

Tüketici talebindeki azalmanın kanıtı işsizlik ve enflasyon arasındaki normal olduğu gözlemlenen ilişkinin dökümünde tezahür ediyor. 1958'de ekonomist William Phillips genelde işsizlik ve enflasyon arasında sürekli bir al-ver ilişkisi olduğunu gösterdi. İşsizlik düşerken enflasyon yükselir. Üniversitede ekonomi okuduğum yıllarda bu ters ilişkiye Phillips eğrisi deniyordu. Ancak 2009'da Büyük Durgunluk'un bitişinden itibaren bu ilişki bozuldu, artık düşük işsizlik oranlarıyla çok düşük enflasyon ve düşük faiz oranı bir arada bulunuyor.[15] Bence bunun önemli nedenlerinden biri, işsizliğin düşüşünün artık enflasyonu artırmaya yeterli gelecek maaş veya tüketici talebi artışıyla ilişki arz etmemesi. Küreselleşmeyle gelişen teknoloji, ortalama işçilerin

çoğunun yüksek maaş için pazarlık kabiliyetini erittikçe, satın alma gücünü tüketicilerin eline verip talep artışı doğuran mekanizma da giderek etkisizleşiyor.

Buna dair daha fazla kanıtı, büyük ABD şirketlerinin muazzam nakdin üzerine oturmasında bulabiliriz; bu paraların çoğu ABD'de yatırım hâlinde duruyor. Hazine kâğıtları bugünlerde tarihin en düşük faiz oranına sahip... 2018 sonunda Amerikan işletmeleri yaklaşık 2,7 trilyon dolar ganimetin üzerine yatmıştı.[16] Şayet bu şirketlerin idarecileri, mal ve hizmetlere dair çok canlı bir talebin emaresini görmüş olsalar, neden bu paranın çoğunu yeni ürün geliştirmeye veya artan talebi karşılamak üzere üretimi pompalamaya harcamasınlar? Sağlam talep olmayınca ABD ekonomisi ancak ortalama büyüme oranları yakaladı. Üstelik Merkez Bankası'nın faiz oranlarını olağandışı biçimde düşük oranlarda tutmasına bağımlı oldular. İşsizlik oranları yüzde 4'ün altına düşerken Merkez Bankası faiz artırımına gitmedi.

Tüketici talebinin donmasının bir başka önemli etkisi de verimlilik artışının dibini oyması. İş pazarına yapay zekânın, robotiğin girmesinin etkisine şüpheyle bakan ekonomistler hemen şunu söylüyorlar: Makineler gerçekten hızla emeği ikame etse işini koruyan işçiler daha çok çıktı üretecek, böylece işgücü verimliliği artacaktır. Ekonomistler verimliliğin arşa çıktığını görmediğinden robotların işleri çalmasına dair kaygılara aldırmıyorlar. Bu iddia problemli: Çünkü çıktı tamamen talebe bağlı. Hiçbir işletme bu çıktıyı satın almaya hazır müşteri olmadıkça mal veya hizmet üretmeye devam etmez (2015'te çıkan *Robotların Yükselişi* kitabımda da verimliliğin talepçe kısıtlandığını anlatmıştım. Ekonomistlerin bu meseleye odaklanmayıp "üretkenlikte yükseliş" olmayışı otomasyonun mesele olmadığının kanıtıdır, demeleri bana biraz şaşırtıcı geliyor).[17]

Diyelim ki bir işçimiz var ve berber kalfası; işi saç kesmek. Bu işçinin verimliliği saat başına kaç kişinin saçını kestiği üzerinden

ölçülebilir. Verimlilik oranını etkileyecek pek çok şey var bu durumda: Acaba işçi iyi eğitimli mi, aletleri kaliteli mi? Dükkânda elektrik kesintisi oluyor mu, ekipmanı sürekli çalışabiliyor mu? Ekonomistler bu tür şeylere odaklanır. Ancak muhakkak kritik önem taşıyan bir unsur daha var: kaç kişinin dükkâna saçını kestirmeye geldiği. Şayet müşteriler sıra olmuş, hevesle saçlarını kalfaya kestirmek istiyorsa verimlilik yüksek olacak. Şayet müşteriler dükkâna keyfe keder geliyorsa verimlilik düşük olacak. Bu durumda kalfanın ne kadar iyi eğitildiği, elindeki saç kesim teknolojisinin ne kadar nitelikli olduğu fark etmez.

Verimliliğin de taleple kısıtlı olduğu fikrini McKinsey Global Enstitüsü'nün başkanı olan James Manyika ile sohbetlerimizden edindim; McKinsey Global Enstitüsü ekonomiye ve teknolojinin işletmeler etkisine odaklı çok sayıda önemli çalışma yürüttü. Manyika durumu şöyle açıklıyordu:

> Talebin hayati rol oynadığını da biliyoruz. McKinsey Global Enstitüsü'nün ekonomistleri de dâhil olmak üzere ekonomistlerin çoğu üretkenliğin genelde arz tarafına baktı, talep tarafıyla o kadar ilgilenmediler. Talepte büyük durgunluk oldu mu istediğiniz kadar üretkenlik veriminiz artsın, üretkenlik ölçümleri yine de iyi sonuç vermez. Bunu biliyoruz. Bunun nedeni üretkenlik ölçümlerindeki pay ve payda: Pay kısmında, katma değerli çıktıda büyüme yer alır. Bu büyüme için çıktının talebe boğulması gerekir. Yani herhangi bir nedenden ötürü talep geriliyorsa bu da büyüme çıktısına zarar veriyor; çıktı azalınca da ne gibi teknolojik ilerleme olursa olsun, üretkenlik büyümesi düşüyor.[18]

Bunun sonucunda, koronavirüs pandemisinin başlangıcına kadar olan yıllarda, Amerika ekonomisi yeni boyanmış, pırıl pırıl bir araba gibiydi ama kaputun altına baktınız mı ciddi dertleri görebilirdiniz. İşsizlik oranı harika görünse de nüfusun giderek büyüyen bir kesimi tümüyle geride kalıyordu. Eşitsizlik ciddi

oranda artmıştı, çoğu işçi teknolojik ilerlemenin sonucu olan artan refahtan pay almıyordu. Eşitsizlik arttıkça tüketici talebine güç verip geliri dağıtan mekanizma da aşınıyordu; bu da sırası gelince ekonomik büyümenin dibini oyuyor, gelecekte refah yaratmak için elzem sürdürülebilir üretkenlik artışına ket vuruyordu. Pandemi her şeyi tamamen altüst etti, bizi emsalsiz bir ekonomik krize soktu ancak bu trendler değişmedi. Üstelik muhtemelen mevcut zor vaziyetten toparlanmamızı daha da güçleştirecek başka dirençler de üretecekler.

COVID-19 SONRASI DÖNEM VE TOPARLANMA

Koronavirüs pandemisi emsalsiz vahşilikte bir küresel ekonomik krizi peyda etti. ABD'de de dünyanın diğer ülkelerinde de neredeyse bir gecede insanlar işlerinden oldu, bazı sektörler tümden kepenkleri indirdi; ekonomi 1930'lardaki Büyük Buhran'dan bu yana büyük gerilemeyi yaşıyor. Aralık 2020 itibariyle işsizlik oranları neredeyse yüzde 7. Her şey, 2021 ortasında bir dönemde, aşıların kullanıma geçmesiyle aşağı giden eğri biraz yukarı bükülene dek işlerin daha da kötü olabileceğine işaret ediyor. ABD'nin pandemiyi aptalca hatalarla yönetmesi virüsün tekrar ortaya çıkıp daha da yayılmasına neden oldu. ABD'de Ocak 2021 itibariyle tek bir günde dört binden fazla kişi COVID-19'dan ölüyor. Hastaneye yatma oranları arttıkça ABD ve yerel yönetimler tekrar işletmeleri kapanmaya zorluyor. Bu sırada Birleşik Krallık'ta ve çok sayıda Avrupa ülkesinde ulus çapında kapanmalar başladı. Diğer bir deyişle, etkinliği kanıtlanmış en az iki aşının dağıtımına başlansa bile krizin ekonomik etkisi epey bir süre daha sürecek gibi.

İşin gerçeği, otomasyon ve teknolojinin genel manada etkisi yüzünden, tümü iş pazarlarında ciddi dönüşümlere zemin hazırlıyor. Tarih bize gösteriyor ki emek tasarrufu teknolojisinin

benimsenmesiyle oluşan büyük kapsamlı iş kaybı ekonomik gerilemelerle somutlaşıyor. En çok etkilenense rutin işler... Bu da sağlam orta sınıf işlerinin buharlaşmasını; en sonunda bunların yerine hizmet sektöründe çok istenmeyen, düşük maaşlı fırsatların tercih edilmesini büyük oranda açıklıyor. Gerçekten de 2018'de yayımlanan makalelerinde Nir Jaimovich ve Henry E. Siu bu olguyu inceleyip "esasında rutin mesleklerde tüm istihdam kaybı ekonomik gerileme dönemlerinde gerçekleşir" bulgusuna ulaştılar.[19] Galiba olan şu: İşletmeler ekonomik zorluk oldu mu işçi çıkarıyor, sonra gerileme geliştikçe yeni teknolojiyi devreye sokup işyerlerini yeniden örgütlüyor. Ekonomik toparlanma en sonunda gerçekleştiğinde, daha önce faaliyetleri açısından elzem gördükleri işçilerin tümünü veya çoğunluğunu tekrar işe almak zorunda olmadıklarını görüyorlar. Mevcut gerilemenin çok derinlere inişi çoğu işletmenin daha verimli olmaya yönelik muazzam baskı altında olduğuna işaret ediyor. Kriz sürdükçe, yapay zekânın en son uygulamaları da dâhil olmak üzere, işletme modellerinin içlerine yeni teknolojiyi sindirecek daha çok zamanları olacak.

Yeni teknolojiyi benimsemeye yönelik saf ekonomik dürtünün ötesinde, mevcut krizi benzersiz kılan bir başka şey de daha çok otomasyonlu işyerlerine geçişe teşvik unsuru olması. Üçüncü Bölüm'de gördüğümüz gibi, sosyal mesafe ihtiyacı çok çeşitli alanlarda robotik teknolojilerinin benimsenmesine ciddi katkı sağlamış durumda. Örneğin ABD'de ve başka ülkelerde yüzlerce, hatta bazen binlerce işçinin omuz omuza çalıştığı et işleme tesisleri tekrar tekrar salgının yayıldığı irtibat noktası oldu. Böylesi ortamlarda işçi yoğunluğunu düşürmek için daha çok otomasyonun benimsenmesi muhtemelen kaçınılmaz olacak.[20] Verilen örnek bir aşırı vakaya dair olsa da aynısı fabrikalardan depolara, perakende mağazalarından ofislere, neredeyse diğer tüm iş ortamları için geçerli... İşçilerin yerine robotlar veya akıllı algoritmalar kullanmak doğrudan yakın mesafede daha az insan demek.

Müşterilerle yüz yüze olan hizmet işletmeleri de doğrudan insan etkileşimini asgari düzeye indirmede bir pazarlama avantajı bulabilir ki bu etkileşim bundan birkaç ay öncesine kadar olumsuz değil, olumlu bir şey olarak algılanıyordu. Gerçekten de bu trendi görebiliriz: Temmuz 2020'de White Castle fast food zinciri "pişirme sürecinde gıdayla insan temasını, yani gıda patojenlerinin aktarılması potansiyelini azaltmak" için hamburger pişiren robotlar kullanmaya başlayacağını ilan etti.[21] Bu unsurların uzun vadede etkisi muhtemelen kısmen krizin süresine bağlı... Gerçi ben bu satırları yazdığım sırada bazı davranışların değişmesine, pandemi sonucunda oluşan müşteri tercihlerinin yerleşik ve muhtemelen kalıcı hâle gelmesine neden olacak denli uzun sürmesi muhtemel görünüyor.

İşyerlerinde yapay zekâ etkisi dümdüz bir "Robotlar işleri çalıyor!" anlatısı olmayacak. Araştırmalar kullanıma sokulan yeni teknolojiyle var olan işler arasında çoğu kez bire bir ilişki olmadığını gösterdi. Bunun yerine otomasyona maruz kalması en muhtemel şeyler belli görevler, tümden meslekler değil. McKinsey Global Enstitüsü'nün 2017 tarihli etki yaratan analizi, dünyanın her yerinde işçilerce yapılan mevcut görevlerin kabaca yarısının, en azından kuramda, var olan teknolojiyle otomasyona tabi olabileceğini buldu. McKinsey'in analizi işlerin ancak yüzde 5'inin hemen tam otomasyona geçilme riski altında olduğunu gösterdi ancak "mesleklerin yaklaşık yüzde 60'ında, faaliyet bileşenlerinin en az üçte biri otomatikleşebilir; bu da tüm işçiler açısından elle tutulur ölçüde dönüşüm ve değişim olacağına işaret ediyor." İki veya üç işçinin gerçekleştirdiği görevlerin önemli miktarının otomasyona tabi olacağını kolaylıkla görebiliriz; o zaman bir işi diğerinden farklı kılan unsurları yeniden tanımlaması, kalan işleri konsolide etmesi muhtemel... Ekonomik baskıyla işyerlerinde yoğunluğu azaltma ihtiyacının, çok sayıda kuruluşu tekrar düşünmeye, daha önce gerçekleştiremedikleri verimlilikten

yararlanmak için iş ortamlarını yeniden düzenlemeye sevk etmesi muhtemel... Bu trend; derin öğrenmedeki en son ilerlemeleri bünyesine katmış, daha kapasiteli uygulamaların gelişiyle güç kazanacaktır. Bunun sonucunda çoğu durumda daha az iş olacak. Bu işlerde çalışan işçiler de muhtemelen tamamen farklı beceri kümesine ve yeteneklere sahip olacak.

İşlerin ve görevlerin doğrudan otomasyonu dışında ikinci önemli etken de işlerin vasıfsızlaşması. Bir başka deyişle, yeni teknolojinin benimsenmesi vaktiyle önemli ölçüde beceri ve deneyim gerektiren bir rolün; az eğitimli, daha düşük maaşlı bir işçi tarafından veya yerine bir başkasının geçirilebileceği, bağımsız bir sözleşmeli işçi tarafından doldurulmasına izin veriyor. Bunun klasik bir örneği Londra'daki meşhur "siyah taksi" şoförlerinin yaşadığı durum... Böylesi bir taksiyi sürme ruhsatı, geleneğe göre, şehirdeki neredeyse tüm sokakları eksiksiz ezberlemeyi gerektiriyor. Bu zor sürece "Bilgi"yi edinme adı veriliyor. Sokakları ezberleme işi o kadar geniş kapsamlı ki Londra'daki University College sinirbilimcilerinden Eleanor Maguire, yürüttüğü analizde şu sonuca ulaşmış: Diğer mesleklerdeki işçilere kıyasla siyah taksi sürücülerinin hipokampusu (beynin uzun erimli bellekle ilişkili bölgesi) ortalamada daha büyük...[23] Siyah taksi sürmeye namzet kişilerin Bilgi'yi edinme koşulu, tarihte bu mesleğe girişi imkânsızlaştıran bir engel teşkil etmiş; böylece siyah taksi şoförlerinin sağlam bir orta sınıf maaşı kazanmasını sağlamış. Bu durum GPS'in, akıllı telefon navigasyon uygulamalarının gelişiyle ciddi bir değişimden geçti. Şimdilerde Londra sokaklarına dair zerrece bilgisi olmayan ama bir akıllı telefonu olan sürücüler siyah taksi sürücüleriyle doğrudan rekabete girebiliyor. Ortak araç kullanımı hizmetlerinin ve taksi benzeri diğer seçeneklerin hücum etmesi Londralı taksi şoförlerinin geçimini ciddi ölçüde olumsuz etkilemiş. Genelde vasıfsızlaşma az deneyimli, hatta hiç deneyimi olmayan kişilere iş olanağı sağlayarak maaşların

düşmesine yol açar. Bu sırada da işçiler bir diğerinin yerine geçebilir hâle gelir. Bu da işletmelerin daha yüksek cirolar elde etmesine imkân vererek işçilerin pazarlık gücünün dibine dinamit yerleştirir. Hem otomasyon hem de vasıfsızlaşma süreçleri ilerledikçe eşitsizliğin büyümesini, inovasyonun meyvelerinin giderek gelir dağılımının tepesindekilerin elinde birikmesini beklemek son derece makul...

Bu teknolojik trendler pandeminin diğer önemli etkileriyle iç içe geçecek. Örneğin beyaz yakalı işçiler arasında uzaktan çalışmanın toptan benimsenmesiyle ofis binalarında toplaşan işletme ekosferi de yok oldu. Uzaktan çalışmaya kaymanın bir ölçü de olsa kalıcı olması beklenebilir. Örneğin Facebook daha şimdiden çalışanların çoğunun süresiz uzaktan çalışmayı tercih edebileceğini ilan etti.[24] Bir zamanlar kıpır kıpır olan iş bölgelerindeki restoranlarda, barlarda, ofis işçilerine yemek getiren diğer işletmelerdeki işler asla eski düzeylerine dönemeyebilir. Ofisleri temizleyip ilgilenen ve güvenliği sağlayan hizmet işçilerinin de etkilenmesi muhtemel... Burada ikinci temel unsur, ağırlıklı olarak bu işlere hizmet sağlayan küçük işletmelerin çoğunluğunun iflas etme ihtimali. Bazı hesaplara göre pandemi sırasında kapanmak zorunda kalan küçük işletmelerin yarısına yakını asla açılamayabilir.[25] En sonunda bu küçük işletmelerin sahip olduğu pazar payını daha dirençli perakende ve restoran zincirleri kapacaktır. Hatta bu daha büyük işletmelerin daha büyük finans kaynağı ve kurum içi deneyimi olduğundan yeni emek tasarrufu teknolojilerini erkenden benimseme ihtimalleri de yüksek... Diğer bir deyişle, büyük kuruluşların giderek pazara hâkim oluşu doğrudan hem iş otomasyonunu hem de hizmet sektöründeki vasıfsızlaşmayı hızlandırabilir. Tüm bu kuvvetlerin birleşmesi ciddi bir risk doğuruyor: Yakın vadede Amerika'da iş yaratımının ana motoru olan düşük ücretli işlerin canlanmasına ket vurulabilir. Bu da mevcut krizden sürdürülebilir toparlanmayla çıkma olasılığını daha da düşürüyor.

YAKLAŞAN BEYAZ YAKALI OTOMASYONU DALGASI... VE NEDEN HERKESE KODLAMA ÖĞRETMEK ÇÖZÜM DEĞİL?

İş otomasyonu tehdidi genelde kafalarda fabrikalarda veya depolarda koşturan endüstriyel robot görüntüsü canlandırıyor. Genel kabule göre teknolojinin korkunç tehdidi düşük ücretli, az eğitimli, mavi yakalı işçilere yönelik; en azından lisans derecesiyle mezun bilgi işçileri, bir başka deyişle mesleği esasen el emeği değil de entelektüel bir emek gerektiren görevlerden ibaret olan kişiler görece güvende. Hâlbuki her gün daha da yaygın kullanıma geçen yapay zekâdaki ilerlemelerin hedef tahtasında, özellikle görece rutin bilgi analizi, bilgi manipülasyonu, bilgi ayıklama veya bilgi aktarımına odaklı işlere sahip beyaz yakalı işçiler var.

Gerçekten de çoğu durumda bilgi odaklı işlere sahip beyaz yakalı profesyoneller, çevrenin fiziksel manipülasyonunu gerektiren mesleklere sahip, az eğitimli işçilere kıyasla teknoloji yüzünden işsiz kalmaya daha da çok maruz kalabilir. Bunun nedeni, bu rollerin otomasyonunun pahalı makineler gerektirmemesi ve görüntü işleme veya robotik çeviklik gibi alanlarda aşılması gereken hiçbir zorluğu barındırmaması. Bunun yerine bu işçilerin vaktini alan görevlerin çoğunu bertaraf etmek için tek gereken şey yeterince güçlü yazılım. Üstelik beyaz yakalı işleri yok etmeye yönelik istek, bu yüksek vasıflı işçilerin genelde mavi yakalı akranlarına göre çok daha fazla ödeme almasıyla da güçleniyor. Daha önce gördüğümüz üzere, yeni üniversite mezunlarının neredeyse yarısı eksik istihdam ediliyor. Bunun da ardında, genelde profesyonel başarıya uzanan merdivenin ilk basamağında sunulan giriş düzeyindeki pozisyonlara bir ölçüde teknolojinin etki etmesi yatıyor.

En çok risk altında kalacak işlerin daha rutin işler olacağı doğruysa da otomasyona tabi tutulabilecek görevlerle güvenli görülen görevler arasındaki hattın hareketli olacağı kesin ve yapay zekâ

ilerlemeye devam ederken bu hat daha çok etkinliği kapsamak üzere yılmadan ilerleyecek. Daha önceleri bilgiye dayalı etkinliklerin otomasyonunda bir bilgisayar programcısının her eylemi ve kararı açık açık belirttiği, adım adım bir süreç planlaması gerekiyordu. Bu da yazılımla otomasyonu gerçekten rutin ve tekrar içeren, genel muhasebe veya alacak-verecek hesabı gibi büro işleriyle kısıtlıyordu. Gelgelelim makine öğrenmesinin yükselişi algoritmaların esasen kendi bilgisayar programlarını yazmak üzere serbest bırakılması demek. Bunu da çok miktarda veriyi karıştırıp örüntüler bularak, insan algısının genelde ötesine düşen karşılıklı ilişkileri çözerek yapıyorlar. Bir başka deyişle, makine öğrenmesinin özü, vaktiyle yapısı gereği rutin sayılmayan etkinlikleri de otomasyona maruz kalabilecek görevlere dönüştürmek.

Genelde makine öğrenmesini de işe katan yazılım otomasyonunun çok çeşitli beyaz yakalı mesleği kapsamına dalmaya başladığının daha şimdiden çok sayıda kanıtı var. Örneğin hukuk alanında: Şimdilerde akıllı algoritmalar hukuki keşif işlemine katılabilecek belgeleri inceliyor, yapay zekâ sistemleri giderek hukuki araştırmaya uyum sağlıyor. Tahmin algoritmaları tarihsel veriyi analiz edip, ABD Yüksek Mahkemesi'ne çıkan davaların akıbetinden tutun, belli bir sözleşmenin bir gün ihlal edilme olasılığına varana dek her şeyin olasılığını değerlendiriyor. Diğer bir deyişle YZ, şimdiden, bir zamanlar yalnızca en deneyimli avukatların alanına girdiği düşünülen karar vermeye dayalı alanlara da etki etmeye başladı. Büyük medya kuruluşlarının temel gazetecilik görevlerini otomasyona tabi tutan sistemlere bağımlılığı artıyor: Bu sistemler bir veri akışını analiz ediyor, içindeki haberi tespit ediyor, ardından otomatik olarak haber anlatısını türetiyor. Bloomberg gibi şirketler bu sistemleri şirket kazançları üzerine haber makaleleri yaratmak üzere kullanıyor ki şirket kazançlarına dair raporlar gelir gelmez haber çıkıyor. Yapay zekânın doğal dil işleme becerisi geliştikçe kurum içi veya kurum dışı

iletişime yönelik her tür rutin yazının giderek otomasyona maruz kalması muhtemel... Tüm bu gelişmelere özellikle bankacılık ve sigortacılık gibi endüstrilerdeki analitik işler maruz kalabilir. Örneğin Wells Fargo'nun 2019 tarihli bir raporu, ABD bankacılık endüstrisindeki yaklaşık iki yüz bin işin önümüzdeki on yıl içerisinde ilerleyen teknoloji sonucunda buharlaşacağını öngörüyor.[26] Wall Street'te otomasyonun etkisi daha şimdiden ortada: Bir zamanlar kalabalık, keşmekeş içindeki borsa seans odaları şimdilerde makinelerin alçak sesli uğultularıyla dolu... 2019'da büyük borsalarda artık yalnızca ufak bir grup insan kadroda yer alıyordu, bunlar da borsa seans odalarının belli alanlarına sevk edilmişti.[27] Koronavirüs pandemisi bu son birkaç direnç noktasının da artık elzem görülmediğini kanıtladı, borsalar hızla tam elektronik hisse senedi alım-satımına geçti.

Müşteri hizmetleri veya teknik destek işlerine bakan çağrı merkezleri yıkıma sonuna kadar açık bir başka alan... Yapay zekânın doğal dil işleme kapasitesinde hızla ilerleme kaydedildi, böylece çağrı merkezi işlerini hem sesli iletişim teknolojisi hem de çevrimiçi sohbet botlarıyla daha da otomatikleştirebilecek uygulamalar üretiliyor. Elbette bunlar görevleri yurtdışına kaydırmaya son derece maruz kalabiliyor. Ne var ki teknoloji ilerledikçe Hindistan ve Filipinler gibi düşük ücretli ülkelerde çağrı merkezi işlerinin çoğu otomasyonla buharlaşıyor. Müşteri hizmeti sorgularına yanıt verme görevi pek çok açıdan tam makine öğrenmesine uygun... Bir müşteriyle çağrı merkezi işçisi arasındaki her etkileşim zengin bir veri seti yaratıyor. Bu veri setinde sorulan sorular, verilen yanıtlar, bu etkileşimin meseleyi tam çözüp çözmediği gibi bilgiler yer alıyor. Makine öğrenmesi algoritmalarıysa böylesi etkileşimlerin binlercesini karıştırarak tekrar tekrar çıkan sorguların önemli bir kısmına yanıt vermede hızla uzmanlaşabiliyor. Üstelik bu sistemler bir kere yerleşti mi, daha çok müşteri çağrısı geldi mi algoritmalar gitgide akıllanıyor. Müşteri

hizmetlerini otomasyona tabi kılacak YZ'li sohbet botları sunan düzinelerce yeni teknoloji şirketi mevcut... Bu şirketlerin çoğu sağlık veya finans hizmetleri gibi belli sektörlerde konumlanmış durumda.[28] Bu teknolojilerde ilerleme kaydedildikçe işler öyle bir noktaya gelecek ki insan operatörlere yalnızca en zorlu müşteri etkileşimleri için ihtiyaç duyulacak; böyle olunca çağrı merkezi kadrolarının da seyrelmesi muhtemel...

Bilgisayar kodu yazma becerisi genelde teknolojik iş pazarı yıkımının getirdiği derde deva bir şeymiş gibi sunuluyor. Gazetecilik, hatta kömür madenciliği gibi endüstrilerde işlerini kaybeden kişilere "Kod yazmayı öğrenin," tavsiyesi veriliyor. Her yerde kodlama akademileri peyda oldu; hatta bilgisayar programlama derslerini liselerde, hatta daha önceki okullarda zorunlu kılmak üzerine teklifler geldi. Gerçi işin doğrusu, bilgisayar kodu yazma işinin de beyaz yakalı işleri yıkıma uğratan kuvvetlerin aynılarına maruz kalacağı kesin... Çağrı merkezlerinde olduğu üzere işleri yurtdışına kaydırma otomasyonda çığır açan konulardan biri; yazılım geliştirmenin çoğu rutin işi daha şimdiden, başta Hindistan olmak üzere, düşük ücretli ülkelere kaydırıldı bile. Büyük teknoloji şirketlerinin neredeyse tümü bilgisayar programlamayı otomatize eden araçlara ciddi yatırımlar yapmış durumda. Örneğin Facebook, Aroma adında bir araç geliştirdi. Bu da YZ'li bilgisayar programcılığında bir tür "otomatik tamamlama" işi yapıyor. Bu işi de kamuya açık devasa bir bilgisayar kodu veri tabanını kaldıraç olarak kullanarak gerçekleştiriyor.[29] DARPA da bilgisayar kodu geliştirme, hata ayıklama ve sınama işlerinin otomasyonu üzerine araştırmalara kaynak aktardı. OpenAI'ın internetten ayıklanan devasa sayıdaki belge üzerinden eğitim gören, genel dil türetme sistemi GPT-3'ü bile rutin programlama görevlerinden bazılarını tamamlama becerisine sahip...[30]

Bunların sonucunda bilgisayar programlamayı öğrenmek muhakkak faydalı, tatminkâr bir girişim olsa da bu beceriyi

edinmenin düzgün bir iş garantisi olduğu günler sona ermek üzere. Aynısı geniş yelpazede beyaz yakalı meslekler için de geçerli olacak. Teknoloji bu daha eğitimli ve yüksek maaşlı işçilerin işlerine de musallat olmaya başladı mı eşitsizliğin en yukarıdakilere çıkması, ufak bir seçkin grubunun kalan herkesten çektiği devasa sermayelere sahip olması muhtemel... Daha iyi ödemeler alan işçiler de etkilenmeye başladıkça tüketici harcamaları da sağlam ekonomik büyüme potansiyeli de daha çok zarar görecek. Ancak bu işin olumlu olması muhtemel bir yanı da var: Daha iyi ödeme alan bilgi işçileri fabrikalarda veya düşük ücretli hizmet mesleklerinde çalışan akranlarından daha çok siyasi güce sahip olabilir. Bunun sonucunda beyaz yakalı işlere etki, iş pazarının teknolojiyle yıkımına siyasi çözüm üretilmesine yönelik desteği gerçekten canlandırabilir.

HANGİ İŞLER EN GÜVENLİSİ?

Geçtiğimiz birkaç yılda neredeyse her kıtaya seyahat ettim, iş pazarlarına yapay zekânın ve robotiğin olası etkisine dair düzinelerce sunum yaptım. Hangi ülkeye gidersem gideyim izleyicilerin en çok sorduğu soru neredeyse hep aynıydı: "Hangi işlerin güvenli olması muhtemel? Çocuklarıma ne okumalarını önereyim?" Belki de bu soruya genel yanıt aşikâr, tatmin edici de değil: Yapısı gereği rutin ve öngörülebilir işlerden kaçının. YZ'li otomasyonun yakın vadede etkisinin en çok olacağı alanların bunlar olduğu açık... Belki bunu başka türlü ifade etmek de mümkün; "Sıkıcı işlerden kaçının." Şayet işe gelip her gün yeni zorluklarla yüzleşiyorsanız, iş başında sürekli yeni şeyler öğreniyorsanız o hâlde teknolojinin önünde gitmeye muhtemelen uygunsunuz; tabii en azından öngörülebilen gelecek dâhilinde durum böyle. Diğer yandan tekrar tekrar aynı tür raporları, sunumları veya analizleri üretmeye çok zaman harcıyorsanız endişelenmeye başlamanız

yeridir. Üstelik kariyerinize çizdiğiniz yolu tekrar ayarlamayı da düşünseniz iyi olur.

Daha ayrıntılı bir yanıt vermek gerekirse yakın ve orta vadede otomasyona en az maruz kalacak işleri üç genel alanda ele almak mümkün. İlk olarak, doğası gereği hakikaten yaratıcı işler muhtemelen görece güvende olacak. Kalıpların dışında düşünebiliyorsanız, daha önce rastlanmayan problemleri çözecek inovatif stratejiler üretebiliyorsanız, hakikaten yeni bir şey üretebiliyorsanız o hâlde bence yapay zekâyı bir araç olarak kullanabileceğiniz iyi bir pozisyondasınız. Diğer bir deyişle, teknoloji yerinize geçmekten ziyade sizi destekleyecek. Şunu da bilmek gerek; yaratıcı makineler üretmeye yönelik ciddi araştırmalar da sürüyor, YZ kaçınılmaz olarak yaratıcı işlerin de alanına girmeye başlayacak. Daha şimdiden akıllı algoritmalar özgün sanat eserleri üretebiliyor, bilimsel hipotezler geliştirebiliyor, klasik müzik besteleyebiliyor, inovatif elektronik tasarımlar türetebiliyor. DeepMind'ın AlphaGo ve AlphaZero'su profesyonel Go ve satranç karşılaşmalarına yeni bir enerji ve yaratıcılık zerk etti; çünkü bu sistemler gerçekten bize yabancı zekâları temsil ediyor, genelde insan uzmanları hayrete düşüren alışılagelmedik stratejiler benimsiyor. Gerçi bence öngörülebilen gelecekte, yapay zekâ insan yaratıcılığının yerine geçmektense onu güçlendirecek biçimde kullanılacak.

İkinci güvenli bir alanda ise diğer insanlarla anlamlı ve karmaşık ilişkilere önem verilen işler yer alıyor. Bu da örneğin bir hemşirenin hastasına vereceği ihtimam, anlayış içeren ilişki ya da bir iş insanının veya danışmanın müşterisine vereceği sofistike tavsiye gibi şeyleri içeriyor. Şunu da önemle belirtmeli: Bahsettiğim şey kısa süreli hizmet sektörü karşılaşmaları değil. Bunlar müşteriye gülümsemeyi, dostça yaklaşmayı içeriyor. Kastettiğim daha derin, daha karmaşık kişilerarası etkileşimler... Gerçi YZ'nin bu alana da hücum ettiğini söylemek gerek. Üçüncü Bölüm'de gördüğümüz üzere, örneğin sohbet botları temel akıl

sağlığı tedavisi sunabiliyor. YZ'nin insan duygularını algılayıp karşılık verme ve insan duygularını simüle etme becerilerinde de önemli ilerlemeler kaydedilmeye devam edilecek. Ne var ki makinelerin insanlarla gerçekten sofistike, çok boyutlu ilişkileri geliştirmeye muktedir olmasına bence çok zaman var.

Güvenli işlere dair genel kategorilerin üçüncüsü, öngörülemez ortamlarda ciddi ölçüde hareketlilik, çeviklik ve problem çözme becerilerini gerektiren meslekleri içeriyor. Hemşireler de yaşlı bakım yardımcıları da bu kategoride yer alabilir; aynı biçimde tesisatçılar, elektrikçiler, tamirciler gibi beceriye dayalı meslekler de. Bu tür işlerin otomatikleştirme kabiliyetine sahip ucuz üretimi muhtemelen uzak gelecekte gerçekleşecek. Bu beceriye dayalı meslekler genelde üniversite diploması almamayı tercih edenlere en iyi iş fırsatlarını sunacak. Bence ABD'de daha çok lise mezununu yüksekokula veya üniversiteye gitmeye zorlamaktansa genç insanları bu iş fırsatlarına kavuşturacak, hepsinin erişebileceği mesleki eğitim veya çıraklık programlarına önem vermeliyiz.

Ne var ki en önemli unsur hangi mesleği seçtiğinizden ziyade kendinizi bu meslekte nereye konumlandırdığınızla ilgili olabilir. Yapay zekâ ilerledikçe iş pazarının çoğunu teşkil eden rutin, vidalama gibi basit etkinliklerden müteşekkil işlerin buharlaşması muhtemel... Ancak yaratıcı beceriler gerektiren alanlara odaklananlar veya kuruluşlara değer katacak biçimde geniş profesyonel ağlarını kaldıraç gibi kullanabilecek kişiler zirveye çıkacak. Başka şekilde ifade etmek gerekirse eskiden fırsatların daha düzgün dağıldığını gördüğümüz mesleklerde, kazanan-hepsini-alır tarzı yaklaşımlar gelişecek yahut özellikle sporcular arasında ve gösteri dünyasında gördüğümüz türden süperstar etkisi oluşacak. Becerileriyle mahkemede varlığı kuvvetli olan bir avukat, şirkete iş getiren müşteri irtibatlarına sahip kişiler yapay zekâ ilerlese bile işlerini iyi yürütebilirler. Diğer yandan çoğunlukla hukuki

araştırma veya sözleşme analizine ter akıtan bir avukatın durumu o kadar umut vadetmeyebilir.

Bir birey olarak bu duruma uyum sağlamanızın en iyi yolu muhtemelen gerçekten zevk aldığınız yahut tutku duyduğunuz bir meslek seçmek; çünkü böylece bu işte kusursuzlaşma, bu alanda bir uç değer olma ihtimaliniz artacak. Daha da ileride, sırf o alan geçmişte çok iş üretti diye bir meslek seçmek iyi bir seçim olmayabilir. Tabii buradaki problem, belli bir kişiye yarasa bile bu tavsiyelerin sistemli çözüm üretmemesi. Bu iş geçişleri oluştukça çoğu kişinin geride kalması kuvvetle muhtemel... Bence bu gerçekliğe yanıt verecek politikalara ihtiyacımız var.

EKONOMİK AVANTAJLAR

İş pazarına ve ekonomik eşitsizliğe yapay zekânın muhtemel olumsuz etkileri gerçekten kaygılanacak bir durum... Ancak şundan da şüphe yok, teknoloji hem ekonomiye hem de topluma her alanda muazzam faydalar da sunmak üzere. Artan otomasyon üretim verimini artıracak, doğrudan mal ve hizmetlerin ücretlerinin düşmesine yol açacak. Diğer bir deyişle YZ, insanların daha bol ve ucuz olmasına ihtiyaç duyduğu şeyleri sağlayarak yoksulluğun azalmasında, en sonunda yok olmasında elzem bir araç olacak. Araştırma, tasarım ve ürün geliştirme alanlarında kullanılan yapay zekâ, başka türlü hayali bile imkânsız, tamamen yeni ürünlere ve hizmetlere kapı aralayacak. Yeni ilaçlar ve tedaviler sayesinde neredeyse herkesin sağlığı artarken bu da ciddi ekonomik faydalar sağlayacak.

2018 sonunda biri McKinsey Global Enstitüsü,[31] diğeri danışmanlık şirketi PwC[32] tarafından yayımlanan iki rapor da yapay zekânın 2030'a gelene dek küresel ekonomide devasa bir artış sunacağına dair güçlü savlarda bulunuyordu. McKinsey'in analizi, YZ'nin dünya çapında ekonomik çıktıya yaklaşık 13 trilyon dolar

katacağına dair tahminde bulunurken PwC'nin tahmininde bu rakam 15,7 trilyon doları buluyor. Diğer bir deyişle, önümüzdeki on yıl civarında YZ'nin katacağı yeni küresel değer kabaca Çin'in bugünkü 14 trilyon dolarlık GSYİH'si kadar. McKinsey'in analizi bu katkıların bir S-eğrisi çizerek geleceğine işaret ediyor. Yani "önce [yapay zekâyı] öğrenmek ve kullanmakla ilişkili ciddi maliyetlerden ve yatırım gereklerinden ötürü ağır bir başlangıç sergileyecek ama ardından rekabetin ve tamamlayıcı kapasitelerde iyileştirmenin kümülatif etkisiyle ivme kazanarak yükselecek."[33] 2030'a gelindiğinde kendimizi bu eğrinin yukarı dik bir çizgiye dönüşen, ivmelenen kısmında bulmamız muhtemel... Yani bu aşamaya geldiğimizde yapay zekânın hızla ilerlemesiyle ilişkili hem teknolojik hem de ekonomik kazançları yaşayabiliriz.

Gerçi bu tahminler genelde yapay zekânın uzun vadeli en önemli faydasını kavrayamıyor. Üçüncü Bölüm'de savunduğum üzere, YZ'nin bize en önemli tek vaadi, teknolojik durağanlık çağımızdan kaçmaya yardım edeceği. Şayet yapay zekâ bilimde, mühendislikte, tıpta geniş bir yelpazede inovasyonu tetiklememizi sağlarsa yatırımların olası dönüşleri karşısında afallayacağız. Belki de en önemlisi, kolektif zekâmızı ve yaratıcılığımızı, şüphesiz karşı karşıya kalacağımız, gözümüzü yıldıracak zorluklara yanıt vermemizi sağlayacak biçimde güçlendirmemizin elzem oluşu. Bu gözümüzü yıldıracak zorluklar da iklim değişikliğinden tutun, yeni temiz enerji kaynaklarına, sıradaki pandemiyi yönetmeye dek her şeyi içeriyor. Bu şeylerin ekonomik analizle nicel olarak ifadesi güç; yine de savım şu: Sırf bunlar bile yapay zekâyı vazgeçilmez bir araç kılıyor. Emsalsiz ekonomik ve toplumsal riskler taşısa bile bu fırsatı tepemeyiz.

Karşımızdaki temel zorluk, teknoloji kaynaklı işsizlik ve artan eşitsizlik gibi dezavantajlarına çözüm yolu bulmak; bir yandan da YZ'ye yatırım yapmaya devam edip teknolojinin sağlayacağı avantajlardan eksiksiz bir kaldıraç etkisi yaratmak. Yüzleşeceğimiz

temel ekonomik zorluksa getireceği faydaların dağılımıyla ilişkili... Yapay zekâyla ilişkili olası ekonomik kazançları inkâr etmek imkânsız ama bu faydaların nüfusun her kesimiyle adil biçimde paylaşılacağının hiçbir garantisi yok. Gerçekten de bu konuda harekete geçmezsek bu kazançların ekseriyetle gelir dağılımının tepesindeki ufak bir kesimin elinde birikeceği neredeyse kesin... Bu sırada nüfusun ekseriyeti ya geride kalacak, hatta muhtemelen daha zor duruma düşecek. Üstelik gördüğümüz üzere, bu da sırası gelince geniş tabanlı tüketici talebini aşındırabilir, hem verimlilik kazançlarını hem de ekonomik büyümeyi bastırabilir. Bir başka deyişle, YZ'nin ekonomik dezavantajlarına yanıt bulamadık mı bunların teknoloji avantajlarının tam anlamıyla gerçekleşmesine ket vurması da muhtemel... Aksi yönde bir çaba olmadıkça gerçekleşecek bu sonuçtan kaçınmak için ciddi ve alışılagelmedik siyasi girişimler gerek. On yıllardır kullanılan geleneksel çözümler (iş koruma programları yahut daha çok insanı yüksek öğrenime itmek), hele de yapay zekânın şimdiden yüksek vasıflı işlere ciddi etkisi ortadayken muhtemelen yeterli gelmeyecektir. Üstelik teknoloji daha da çok kapasite kazandıkça bu trendin hız kazanması tek ihtimal...

DAĞILIM PROBLEMİNİ NASIL ÇÖZERİZ?

Bana göre, yapay zekâdaki ilerlemelerin getirdiği dağılım zorluğunu çözmenin en doğrudan, en etkili yolu çok basit: İnsanlara para verilmeli. Diğer bir deyişle, bir tür asgari gelir teminatı gibi, eksi gelir vergisi gibi veya temel gelir gibi sistemler nüfusun tamamının veya büyük çoğunluğunun gelirine takviye yapmalı. Bugünlerde en çok ilgi gören fikir koşulsuz şartsız evrensel temel gelir (ETG). ETG'nin YZ odaklı otomasyona siyasi çözüm olarak görünürlüğü, 2019'da Andrew Yang'ın başkanlığa aday oluşuyla ciddi ivme kazandı. ABD Demokrat Partisi'nden

başkanlığa aday olmaya çalışan Yang'ın kampanyalarının başlıca temeli tüm ABD vatandaşlarına aylık 1.000 dolara tekabül eden bir "Özgürlük Payı" ödenmesiydi. Kampanyasının takdire değer ölçüde ilgi çekmesi büyük oranda kendisinin canlı bir çevrimiçi takipçi grubuna sahip olmasındandı. Demokrat başkan adaylığı tartışmalarına katılımıyla ETG ana akıma geçti ve çok büyük sayıda Amerikalı ilk kez bu fikirle tanıştı.

Koşulsuz şartsız temel gelirin başlıca avantajlarından biri, bu gelir istihdam durumuna bakılmaksızın herkese sunulacağından, bundan faydalanan kişilerin ek gelir türetecek girişimlerde çalışma veya kendi girişimlerini oluşturma isteklerini yok etmemesi. Diğer bir ifadeyle bu yöntem, geleneksel güvenlik ağı programlarının en büyük problemlerinden birinden kaçınıyor: yoksulluk tuzağı yaratma eğilimi. İşsizlik sigortası veya sosyal güvenlik ödenekleri gibi programlar, bunlardan yararlanan kişi iş bulup gelir kazanmaya başladı mı ya devre dışı kalıyor ya da tümden yok oluyor. Bu yüzden bunlardan faydalanan kişilerin istihdam olanaklarını araştırma isteklerini kırabiliyor; zira düşük ücretli bir işi kabul etmek bile kişinin var olan gelirini hemen risk altına sokuyor. Bunun sonucunda insanlar güvenlik ağı programlarına bağımlılık tuzağına düşüyor, daha iyi bir geleceğe doğru ufak adımlar atmalarına yönelik somut bir teşvik göremiyorlar. Buna kıyasla evrensel temel gelir istihdamdan etkilenmiyor. Dolayısıyla bir işe girmeyi veya ufak bir işletme kurmayı tercih eden herkes ek gelir türetiyor; üstelik öylece evde oturup aylık ETG ödemesini bekleyen bir kişiden hep daha iyi durumda oluyorlar. ETG mutlak bir gelir tabanı yaratsa da sürekli daha fazla kazanmaya yönelik güçlü bir isteği de koruyor. Bu avantajına rağmen çoğu kişi, insanlara öylece para dağıtma (yahut bazılarının ifadesiyle "insanlara yaşamaları için para verme") fikrine karşı kuvvetli bir psikolojik kaçınma hâli sergiliyor. Bu tutum, bir ETG programının yürürlüğe sokulmasında önemli bir siyasi engel olmayı sürdürecek gibi.

Şurası kesin, başka siyasa seçenekleri de var. Bunlardan en çok atıfta bulunulanı da iş garantisi. Son çare olarak devletin işe ihtiyaç duyanların işvereni olması fikri ilk bakışta cazip gelebilir ama bence bunun önemli dezavantajları mevcut... Bir iş garantisi temel gelire kıyasla herkesi kapsamayacaktır; en çok desteğe ihtiyacı olan kişilerin çoğunun bu programın dışında kalması kaçınılmaz... Böylesi bir sistem devasa bir bürokrasi gerektirecek, bu maliyetli bürokrasinin muhtemelen sürekli genişlemesi de gerekecek. Yöneticiler, işçilere artık hangi iş verildiyse gerçekten onun başında olmalarını sağlamak zorunda kalacak; üstelik şüphesiz işe gelmemeden tutun, kötü performansa; ABD'de yayılan "Me-Too" hareketinde görüldüğü üzere taciz olaylarına varana dek birçok disiplin meselesi de baş gösterecek. Belirlenen standartlara uymayı başaramayan işçilere disiplin katmaya yahut sözleşmelerini feshetmeye yönelik her türlü politika da ihtilaf yaratacak, muhtemelen ayrımcılık veya eşit olmayan muamele suçlamaları doğuracaktır. En sonunda devletin iyi performans göstermeyenleri veya kuralları ihlal edenleri ya işten atması gerekecek (bu da işten atılan kişileri güvenlik ağından çıkarması anlamına gelecek) veya iş garantisi programı esasında çok pahalı ve verimsiz bir temel gelir programına dönüşecektir. Yaratılacak iş pozisyonlarının büyük kesiminin "boktan işler" olması muhtemel... Dahası temel gelir programının aksine, bir iş garantisi programı işçileri özel sektördeki daha üretken pozisyonlardan uzaklaştırıp kendine çekecektir. Buna kıyasla temel gelirin bürokratik yükü az; Sosyal Güvenlik geliri programlarında olduğu üzere, devletin hâlihazırdaki çek yollama becerisinden yararlanacak.

Temel gelirin en nihayetinde yapay zekânın her yerde, her an hazır ve nazır olmasıyla oluşacak dağılım meselelerine en iyi genel çözüm olduğunu düşünsem de bu her derdin çaresi değil. ETG'yi bundan ziyade daha etkin ve siyaseten hoş gelebilecek bir çözümün temeli olarak görüyorum. En önemli problem şu:

Temel gelir insanların eline para geçirse de tek başına geleneksel bir işin insana kattığı önemli nitelikleri katmıyor: Anlamlı bir işte çalışmak insana amaç ve onur katıyor. Böylesi bir iş zaman alıyor, çok çalışmaya teşvik ediyor, insanı bir maaş artışı veya prim kazanma umuduyla işinde kusursuzlaşmaya sevk ediyor. İyi bir işe girme arzusu da bireyleri akademik eğitimi ve iş eğitimlerini kovalamaya teşvik eden elzem ve önemli bir unsur...

Bence kısmen bu nitelikleri de katacak biçimde bir temel gelir programını ayarlamak mümkün... İlk kitabım *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*'ın [*Tüneldeki Işıklar: Otomasyon, Hızlanan Teknoloji ve Geleceğin Ekonomisi*] yayımlandığı günden bugüne, doğrudan teşvikler içerecek biçimde temel gelir şemasını savundum. Herkesin bir tür asgari gelir teminatına kavuşması gerektiğini düşünsem de belli faaliyetlere girişip daha çok kazanma fırsatı olması gerektiğini de düşünüyorum. Bence en önemli teşvik, eğitimi ilerletmeye sevk eden türden olmalı. Öyle bir dünya hayal edin ki herkes on sekiz, hatta belki yirmi bir yaşından itibaren aynı ETG ödemesini alsın. Bu durumda liseyi terk etmeye teşne bir öğrenci bu diplomayı almak için çok çalışma sebebi görmeyebilir. Ne de olsa ne yaparsa yapsın aylık çek miktarı aynı olacak. Şayet o diplomayı almak da iyi iş bulmaya yetmiyorsa (ki zaten mevcut durum da böyle gibi) ne demeye okulda kalsın? Bence böylesi caydırıcı bir unsur felaket olur. Gelecek giderek daha karmaşık bir hâl alırken, daha çok engel ve daha çok al-ver ilişkileriyle dolu hâle gelirken az eğitimli bir nüfusa sahip olacağımız korkusu yayılmaya başlar. Dolayısıyla liseden mezun olanlara neden biraz daha fazla para ödemeyelim? Temel gelir programı içine teşvikler yerleştirme fikri daha ileri eğitimi, hatta belki de kamu hizmeti işleri gibi alanları kapsayacak biçimde genişletilebilir. En nihai hayalse insanların vakitlerini anlamlı şeylere harcadıkları, bir şeyleri başardıkları hissini katacak fırsatlar yaratabilmek. Belki de en

önemlisi, ileri eğitim teşvikiyle eyleme geçeceklerin, istihdam ve girişim faaliyetleri yoluyla daha da fazla imkâna erişmesini sağlamak. Yapay zekâ kullanımı daha da yayıldıkça bireylerin ufak bir işletme kurmasına veya serbest çalışma imkânıyla gelir getirmesine yarayacak güçlü araçlar sunması muhtemel ancak bu fırsatlardan yararlanmak belli bir asgari eğitim eşiğini geçmeyi gerektirecek. Toplumumuzda her düzeyden her insanı, kabiliyeti dâhilinde en yüksek düzey eğitime sevk edecek güçlü teşvikler oluşması bizim en önemli hedefimiz olmalı.

ETG'nin en büyük problemlerinden biri de çok pahalı olması. Her erişkin Amerikalıya koşulsuz gelir dağıtmak trilyonlara mâl olacak. Seçmenler de zaten hâli vakti yerinde olan kişilere aylık çek yollayacaklarını düşünüp irkilecekler muhtemelen. Bence daha yüksek gelir kazanılması hâlinde, çalışma isteğini kırmayacak ölçüde, ETG'yi etkin biçimde devreden çıkarma fırsatları da olabilir. Bunu yapmanın en iyi yolu ETG için yalnızca "pasif getiriye" kıyasla mali durum incelemesi yapmak olabilir. Şayet hâlihazırda çalışmanız veya başkaca bir eyleme girişmeniz gerekmeden, otomatik olarak edindiğiniz ciddi miktarda geliriniz (örneğin emekliliğiniz, Sosyal Güvenlik geliriniz veya ciddi yatırım geliriniz) varsa bence buna uygun biçimde ETG ödemenizi devreden çıkarmak veya tümden kaldırmak makul olurdu. Belki de çok yüksek gelir düzeyi haricinde, çalışmadan kaynaklı veya bir işletmenin bizzat yöneticiliğinden gelen aktif gelirse ETG'yi etkilememeli. Çoğu kişi bunu adil bulmayabilir ama ne de olsa temel gelirin ardında herkese en azından asgari temel gelir düzeyi yaratma düşüncesi var. Şayet şimdiye kadar böylesi bir gelire erişiminiz varsa muhtemelen ETG'ye ihtiyacınız yok. Hiçbir politik girişim dünyayı tamamen adil kılmaya yetmeyecek. Gerçekçi ve en iyi umudumuz; eşitsizliği makul düzeylere çeken, maddi yoksunluğun en korkunç biçimlerini yok eden, tüketicileri sürekli ekonomik büyümeyi artırması için gereken gelire sahip kılan bir program...

Elbette tüm bu fikirlerin kendine özgü zorlukları var. Şayet bir temel gelir şemasına teşvikleri katarsak o hâlde bu teşviklerin ne olacağına tam olarak kim karar verecek? Çoğu kişide bu, devletin insanı fazla ilgiye boğan, korumacı bir devlete dönüşeceği korkusu yaratacaktır. Bu devlet seçim özgürlüğünün altını oyacak, kendisini günlük yaşam dokusunun her hücresine zerk edecektir. Bence yine de en azından hem bireyler hem de toplumun bütünü açısından açık avantajlar oluşturacak asgari teşvikler grubunda geniş mutabakat sağlanması mümkün... Yine bence önemi en açık olan teşvik, eğitime yönelik olmalı. Bununla ilgili bir kaygı da temel gelir programının siyasileşmesi olacaktır. Neredeyse her siyasetçinin "Aylık ETG ödemenizi artıracağım," sloganlarıyla kampanya yaptığı bir geleceği tahayyül etmek zor olmasa gerek. Bu nedenle en akla uygunu, temel gelir programının idaresini siyasi süreçlerden çıkarmak; çok açık yazılmış kılavuzlar çerçevesinde faaliyet gösteren, bu işe vakfedilmiş bir teknokrat kuruma teslim etmek olacaktır. Bu kurum bir diğer ifadeyle Merkez Bankası gibi bir kurum olmalı.

Hiçbiri işsizliğe, eksik istihdama veya artan eşitsizliğe daha geleneksel çözümleri terk edelim anlamına gelmiyor. Önümüzdeki yıllar ve on yıllar içerisinde yapay zekânın ve robotiğin etkisi ivme kazanırken azami sayıda işçinin başarılı biçimde başka işlere geçişini güvenceye almak için elimizden geleni eksik etmemeliyiz. Özellikle de meslek okullarına, ucuz mesleki eğitime, çıraklık programlarına yatırım yapmalıyız ki böylece özellikle ABD'de bu alanda faaliyet gösteren, kâr amacı güden yırtıcı okullara karşı bir seçenek oluşsun. Yine de bence yıkım en sonunda öyle bir raddede olacak ki böylesi programlar yetmeyecek, alışılagelmedik çözümleri benimsemek zorunda kalacağız.

Temel gelire giden yoldaki siyasi engeller gözümüzü yıldırmaya devam edecek. Bence gerçekçi bakarsak böylesi bir programın da en asgari düzeyde başlayıp kademe kademe artırılması

gerekebilir. Ulusal bir siyasi program yürürlüğe geçene dek ETG hakkında daha çok veriye ve daha gerçek deneyimlere ihtiyacımız var. Dolayısıyla en iyi siyasi parametreleri bulmaya yönelik deneylere de girişmeliyiz. Bu deneylerin bazılarının önünde sonunda teşvikleri bu programa katma fikrimi de dâhil etmesini umuyorum. Temel gelir deneylerinden türetilen veriler bize etkili biçimde ölçeklendirilecek bir program üretmemizi sağlayacak, dahası giderek YZ'nin şekillendireceği bir gelecekte geniş tabanlı refahı yakalamamıza yardımcı olacak.

TEKNOLOJİ KAYNAKLI İŞSİZLİK VE artan eşitsizlik potansiyeli, yapay zekânın yükselişiyle oluşup büyük kaygı yaratan konulardan yalnızca biri. Sonraki iki bölümde şimdiden gözlemlediğimiz yahut teknoloji ilerledikçe baş gösterecek bir dizi başka tehdide odaklanacağız.

Yedinci Bölüm

ÇİN VE YAPAY ZEKÂ GÖZETİM DEVLETİNİN YÜKSELİŞİ

Sincan Özerk Bölgesi, Çin'in kuzeybatı cephesini teşkil ediyor. Burası devasa bir bölge; neredeyse Teksas'ın iki buçuk katı. Dahası Çin haricinde yedi ülkeye daha sınırı var: Kuzeydoğusunda Moğolistan, kuzeyinde Rusya, batısında ise Kazakistan, Kırgızistan, Tacikistan, Afganistan, Pakistan ve Hindistan bulunuyor. İklimi ve arazisi çok çetin... Esasen engebeli dağlardan ve çölden oluşuyor, arada bir vaha misali kentlere denk geliyorsunuz ki Sincan Özerk Bölgesi'nin yirmi dört milyonluk halkı bu kentlerde kümelenmiş durumda. Efsanevi İpek Yolu (esasen İpek Yolları denmeli, çünkü aslında bir yol ağı) Sincan'ı keserek geçiyordu. Böylece bu bölge, Avrasya'da uçtan uca uygarlıkların yükselişine katkıda bulunan Doğu-Batı ticaretinde merkezde yer aldı. Marko Polo on üçüncü yüzyılda bu yoldan seyahat etti. Seyahatinde bugün bile Sincan'da görebileceğiniz hareketli pazarlara, sırtı yük dolu develere rastlamış olmalı.

Bugünlerde Sincan zengin tarihinden ötürü değil; bölgenin en büyük etnik grubu olan Uygurların mecbur bırakıldığı, George Orwell'in romanlarından fırlamışa benzer gelecek yüzünden odak noktasında. Çin, Kaşgar gibi şehirlerde baskıcı bir gözetim devleti inşa etti; devasa polis mevcudiyeti, fiziki denetim noktaları ve ileri teknolojinin birleşimiyle de gözetim devletine güç katıyor. Şehirde neredeyse herkes sürekli gözleniyor:

Sokaklarda binalara yerleştirilmiş, telefon hattı direklerine kümelenmiş binlerce kamera sıralı. Şehir sakinleri yürürken denetim noktalarında durduruluyorlar ancak yüz tanıma sistemlerince kimlikleri tespit edildikten sonra gitmelerine izin veriliyor.[1]

Sincan, Çin'in gözetim toplumu girişiminin sıfır noktası olsa da bu bölge aynı zamanda tüm ülkede kademe kademe kullanıma geçen tekniklerin ve teknolojilerin de sınandığı bir alan işlevi görüyor. Çin'in 2020'ye dek yaklaşık üç yüz milyon kamera kurması bekleniyor. Bu kameraların çoğu yüz tanıma teknolojisiyle veya yoldaki yayaları yürüyüş biçimlerine veya kıyafetlerine göre tespit eden diğer YZ odaklı izleme teknikleri gibi özelliklerle bağlantılı...

Sincan'da belirlenmiş kurallardan sapan veya Kur'an okumak gibi yasaklı davranışlarla iştigal eden Uygurlar, Çin'in bölgeye kurduğu devasa "yeniden eğitim kamplarına" gönderilme riski altında. Çin ülkenin diğer bölgelerinde dehşet verici bir vizyona sahip: Tüm halkında davranış değişimleri yaratmayı planlıyor. Bunu da kapsamlı bir sosyal puanlama sistemi geliştirerek yürürlüğe sokuyor. En nihayetinde Çin'de bir kişinin yaşamının her veçhesi (tüketici satın alma davranışları, fiziksel hareketleri, sosyal medya etkileşimleri, başkalarıyla ilişkileri) gözetilecek, kaydedilecek ve incelenecek. Bu bilgi daha sonra her bireyin genel sosyal puanlamasını türetmede kullanılacak. Bu ölçekte düşük puan alanlarsa toplu taşımadan menedilme, çocuklarının okullara kaydolmasının engellenmesi gibi cezalar alacak.

Tümü Çin'in hızla yapay zekâ araştırma-geliştirme çabalarında dünya liderliğine yükselmesiyle ivme kazanıyor. Bazı ölçeklerden, örneğin bu alanda çalışan bilgisayar bilimcilerin ve mühendislerin sayısı ve yayımlanan araştırma makalelerinin hacmi açısından değerlendirildiğinde Çin daha şimdiden liderliği ABD'den kapmış durumda. Ülke bu alana devasa yatırımlar yapıyor, dahası yapay zekâyı stratejik ulusal zorunluluk kılmış durumda. Çin liderleri

bu alanla yoğun iştigal ediyor ve konu hakkında bilgili görünüyorlar. 2018'in başlarında Çin Başkanı Şi Cinping televizyonda ofisinden halka seslendi. Art alanda YZ ve makine öğrenmesi kitapları duruyordu.[2] Devlet aynı zamanda çoğu milyarlarca dolar eden ve teknolojide açık ara önde olan yüzlerce yeni teknoloji şirketine kaynak aktarılmasına yardım ediyor.

Çin yapay zekâ araştırma-geliştirilmesinde dünyanın başlıca iki merkezinden biri olma rolüne soyundu. Bu alanda ABD ve Batı'yla süregiden rekabetinin giderek daha kızışması bekleniyor. Çin'in gelişen YZ endüstrisinin büyük kesimi yüz tanıma ve diğer gözetim teknolojilerinin geliştirilmesine odaklı... Müşterileri de ellerini ovuşturarak bu şirketlerin ürünlerini bekliyor. Dahası bu müşteriler yalnızca Çin'de değil, dünyanın her yerinde. İleride göreceğimiz üzere YZ'ye dayalı gözetim teknolojileri yalnızca otoriter rejimlerle kısıtlı değil. Özellikle yüz tanıma ABD'de ve diğer demokratik ülkelerde de yaygın kullanıma geçiyor. Hatta daha şimdiden kullanımları hakkında yoğun bir tartışma yürütülüyor; bu sistemlerin önyargılı olduğuna, kötüye kullanıldığına dair suçlamalar mevcut... Teknoloji güçlendiği ve katı düzenlemeler getirilmediği sürece, her an her yerde bulunmaya devam ettikçe bu meseleler daha da çoğalacak.

ÇİN'İN YAPAY ZEKÂ ARAŞTIRMA-GELİŞTİRMEDE ÖN SAFLARA SIÇRAYIŞI

Haziran 2018'de ABD'nin Utah eyaleti, Salt Lake City şehrinde görüntü işleme üzerine büyük bir konferans düzenlendi. 2012'de düzenlenen meşhur ImageNet yarışmasından altı yıl sonra görüntü işleme alanı ciddi biçimde ilerlemiş, araştırmacılar artık daha zorlu problemleri çözmeye odaklanmaya başlamıştı. Bu konferansın en çok vurgulanan aşamalarından biri Sağlam Görü Yarışması'ydı. Apple ve Google gibi büyük şirketlerin sponsorluğundaki

bu yarışma, dünyanın her yerindeki üniversitelerden ve araştırma laboratuvarlarından ekipleri birbirine karşı yarıştırıyordu. Yarışmada aşılması gereken güçlükler çeşitli durumlarda görüntülerin güvenli biçimde tanınmasına yönelikti. Söz konusu durumlarsa iç veya dış aydınlatmayı veya farklı iklim koşulları gibi durumları kapsıyordu.[3] Bu kapasite çeşitli ortamlarda faaliyet gösteren sürücüsüz arabalar veya robotlar gibi uygulamalar için elzem. Yarışmadaki en önemli bölümlerden biri stereo görüntü işlemeye odaklıydı: Bu, bizim gözlerimizi kullandığımız biçimde, iki kamera kullanımını içeriyor. Beynimiz hafifçe farklı avantajlı noktalardan gelen görsel bilgiyi yorumlayarak bir manzaranın üç boyutlu temsilini üretebiliyor. Uygun konuşlandırılmış iki kamera da bir algoritmanın benzeri bir şeyi yapmasını sağlıyor.[4]

2018'de kazanan ekibin kim olduğu ortaya çıkınca pek çok kişi şaşırdı: Bunlar Çin'in Ulusal Savunma Teknolojisi Üniversitesi'nden bir grup araştırmacıydı. Bu üniversite, 1953'te, Halk Kurtuluş Ordusu (HKO) askerî mühendislik akademisi olarak kuruldu. Özellikle bilgisayar bilimleri alanında çok sayıda ulusal araştırma ve inovasyon ödülü aldı. Web sitesinde yazanlara göre üniversite "eğitim çabalarını Parti'nin sadık ve nitelikli ardıllar yetiştirmeye yönelik inovasyon kuramına dayalı sürdürüyor."[5] Bu da Çin'in akademik veya ticari YZ araştırmalarıyla ülkenin siyasi, askerî ve güvenlik aygıtları arasında, en iyi ihtimalle, son derece geçişken bir hat olduğunun epey güçlü emaresi.

Elbette ülke ekonomisi ve toplumunun neredeyse her veçhesine müdahil olup şu ya da bu ölçüde denetim sağlamak Çin'in rutin uygulaması. Gelgelelim Çin'in yakın zaman içerisinde yapay zekâ alanında kaydettiği hızlı ilerlemeler, merkezî hükümetin apaçık altını çizdiği bir endüstriyel politika tarafından yönetiliyor ve ivme kazanıyor.

Çoğu gözlemci Mart 2016'da DeepMind'ın AlphaGo sistemiyle Go şampiyonu Lee Sedol arasındaki dillere pelesenk olan

maçın, Çin Komünist Partisi'nin YZ'ye ilgisinin bir anda kabarmasını sağladığını düşünüyor. Go oyunu en az 2.500 yıl önce Çin'de icat edildi, Çin halkı arasında son derece yaygın ve saygı gören bir oyun... AlphaGo'nun 4-1'lik zaferi Güney Kore'nin Seul kentinde yedi gün süren bir müsabakada gerçekleşti. Bu etkinliği Çin'de 280 milyon kişiden fazlası canlı izledi. Bu izleyici oranı, Amerika'nın meşhur Amerikan futbolu derbilerini birkaç saat izlemek için buluşan izleyici sayısının neredeyse üç katı. Çin tarihi ve kültürünün köklerinin en derinlerindeki böylesi bir entelektüel çabada bir bilgisayarın en üst düzey oyuncuyu yenmesinin yarattığı dehşet yalnızca halkın değil; Çinli akademisyenler, teknoloji uzmanları ve devlet bürokratları üzerinde de kalıcı bir iz bıraktı. Pekin merkezli bir risk sermayedarı ve yazar olan Kai-Fu Lee, AlphaGo'nun Lee Sedol'la olan maçına "Çin'in Sputnik krizi" adını veriyor. Burada atıfta bulunduğu krizde, 1950'lerdeki Sovyetlerin ilk uydu Sputnik'i uzaya göndermesi, ABD'nin uzay programına canlı bir kamu desteği gelişmesine neden olmuştu.

Bundan çok değil, bir yıl kadar zaman sonra Çin'in Wuzhen şehrinde ikinci bir müsabaka düzenlendi. Kazananın 1,5 milyon dolarlık ödül alacağı üç oyunluk maçta AlphaGo, Çinli oyuncu Ke Jie'yi yendi ki Ke Jie o sıralarda dünyanın bir numaralı oyuncusuydu ama AlphaGo üç maçın üçünde de hâkim gelmişti. Ne var ki bu kez canlı izleme olanağı yoktu. Çin belki de sonucu tahmin etmiş; bu maçın canlı yayımlanmasını, hatta metne dayalı yorumlanmasını bile yasaklayan bir sansür emri geçmişti.

Ke Jie'nin AlphaGo'ya maçı kaybetmesinden iki ay sonra, Temmuz 2017'de, Çin merkezî hükümeti yapay zekâya stratejik ulusal öncelik veren açık bir plan yayımladı. "Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı" başlıklı bu belge, YZ'nin "insan toplumunu, yaşamını kökünden değiştireceği gibi, dünyayı da değiştirece[ğini]" ilan ediyor; ardından 2030'a dek bu teknolojiye hükmetmeye yönelik olağanüstü emelleri içeren adım adım

planını ortaya koyuyordu. Bu planın yazarlarına göre 2020'ye gelene dek Çin'in "genel YZ teknolojileri ve uygulamaları küresel ileri düzeylere denk hâle gelecek", "YZ endüstrisi yeni önemli ekonomik büyüme noktası teşkil edecek"ti. Bunun ardından "2025'e gelinene dek Çin YZ temel kuramlarında çığır açacak büyük başarılar kaydedecek, öyle ki bazı teknolojilerde ve uygulamalarda dünya lideri düzeyine gelecek, YZ Çin'in endüstriyel güncellenmesinde ve ekonomik dönüşümünde ana itici güç olacak"tı. Son olarak da "2030'a gelindiğinde Çin'in YZ kuramları, teknolojileri ve uygulamaları dünya lideri düzeyine erişip böylece ülkeyi dünyanın başlıca YZ inovasyon merkezi kılacak, zeki ekonomi ve zeki toplum uygulamalarıyla gözle görülür sonuçlar elde edecek, öncü inovasyon tarzına sahip bir ulus ve ekonomik güç olmada önem arz eden bir temel atacak"tı.[8]

---

* Dil çevirisinde derin sinir ağlarının gücünden şüphe ediyorsanız bir deney yapalım. Aslında bu deney Martin Ford'un özgün metinde "Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı" adlı metnin Çince giriş bölümünden bir alıntı üzerineydi; okuyucuya iki İngilizce paragrafın sunulduğu deneyde şu soruluyordu; "Hangi çeviri Google Çeviri ürünü, hangi çeviri dört dilbilimci tarafından yapılan profesyonel çeviri?" (ç.n.).

Gelin, Türkçe metinde biz bunu üç metinle yapalım: bir insan çevirisi, iki sinir ağıyla makine öğrenimli çeviri. Kitapta kullanılan metni kullanamayacağız; çünkü kaynak metin Çince ve bu kitabın çevirmeni bu dili bilmiyor. Bunun yerine Martin Ford'un 10 Haziran 2015'te *New York Times* gazetesinde çıkan "China's Troubling Robot Revolution" ["Çin'in Sıkıntılı Robot Devrimi"] makalesinin son paragrafını kaynak metin olarak kullanacağız. Deneyimizde aşağıdaki üç çeviriden hangisi insan çevirisi (Kadir Yiğit Us'un çevirisi) bulacağız.

(Değerli okuyucu, sizi temin ederim, aşağıdaki çeviriler dışında makine çevirisini bu metinde kullanmadım. Dahası bu deney için kendi çevirimi üretirken diğer makine çevirilerine bakmadım; önce kendi metnimi ürettim.)

Peki, şunu sorabilirsiniz; diğer iki makine çevirisinin birbirinden farkı ne? Çevirilerden biri Google Çeviri ürünü (ki çoğunuz bu uygulamaya aşinasınızdır). Diğeri ise çeviri sürecinde internete bağlanılmadan, sinir ağı kullanan OPUS-CAT (https://helsinki-nlp.github.io/OPUS-CAT/about/) makine çevirisi uygulamasına yüklenen hazır modelin (Tatoeba makine çevirisi modeli:

Bu belgenin yayımlanması hayati önem taşıyordu ancak bu önemin sebebi Çin merkezî hükümetinin doğrudan tüm ülkede yapay zekâ kapasitesindeki gelişmelerde mikro-denetim yapma becerisine sahip olması değildi. Esas sebep bir genel strateji tanımlaması, hatta belki de daha önemlisi bölgesel ve yerel hükümetlere açık teşvik oluşturmasıydı. Çin sisteminde ülkenin çeşitli bölgelerini ve şehirlerini yöneten Çin Komünist Partisi yetkililerine çok büyük güçler aktarılır. Parti saflarında ilerleme büyük ölçüde meritokratik, yani liyakate dayalıdır. Bir yetkilinin

---

opusTCv20210807+bt_transformer-big2022-02-25), Kronik Kitap'tan çıkan *Araçlar ve Silahlar* çevirisi üzerinden hassas ayarlarının yapılmasıyla (bir anlamda tekrar eğitilmesiyle) oluştu. Özetle bilişim çevirisinde eğitilmiş bir başka sinir ağıyla makine çevirisi.

O hâlde deney başlasın: Hangisi insan çevirmenin metni, hangisi Google Çeviri ürünü, hangisi OPUS-CAT sinir ağı çevirisi... Bulabilir misiniz?

A. Çin, robotların yükselişinin getirdiği ekonomik ve sosyal bozulma için sıfır noktası hâline gelebilir. Ülkenin nispeten kırılgan otoriter siyasi sistemi, herhangi bir gelişmiş ülkede olağandışı kabul edilebilecek sürekli bir ekonomik büyümeye bağımlılığı ile, Çin'in yeni bir çağın gerçeklerine uyum sağlamaya çalışırken şaşırtıcı bir zorlukla karşı karşıya kalabileceğini gösteriyor.

B. Çin, robotların yükselişinin getirdiği ekonomik ve sosyal bozulma için sıfır noktası olabilir. Ülkenin nispeten kırılgan otoriter siyasi sistemi, gelişmiş herhangi bir ülkede olağanüstü olarak kabul edilecek sürekli bir ekonomik büyüme seviyesine bağımlılığı ile, Çin'in yeni bir çağın gerçeklerine uyum sağlamaya çalışırken şaşırtıcı bir zorlukla karşı karşıya kalabileceğini öne sürüyor.

C. Çin belki de robotların yükselişiyle oluşacak ekonomik ve sosyal yıkımın sıfır noktasında olabilir. Ülke görece kırılgan denebilecek otoriter bir siyasi sisteme sahip... Üstelik öyle bir ekonomik büyüme düzeyine bağımlı ki bu, tüm gelişmiş ülkeler için olağanüstü yüksek... Bu iki unsurun birleşimi, yeni çağın gerçeklerine uyum sağlama girişimi sırasında Çin onu sersemletecek bir zorlukla yüzleşme zorunda kalabilir demek.

Yanıt: A. İnternet üzerinden Google Çeviri hizmetiyle edinildi. B. İnternete bağlanılmadan, OPUS-CAT makine çevirisi modelinin *Araçlar ve Silahlar* çevirisi üzerinde eğitilmesiyle edinildi. C. İnsan çevirisi (Bkz. 8. son not.)

kariyerinin gidişatı büyük ölçüde belli ölçeklerce ölçülen performansa değer veren, rekabetçi bir ekosferde bu kişinin nasıl performans gösterdiğine bağlıdır. Öne çıkmayı becerebilen kişilere ket vurulmasının olasılığı çok düşüktür. Nitekim Şi Cinping, kariyerinin çoğunu Fujian ve Cıciang illerinin ardından Şangay şehrinde üst düzey memur olarak geçirdi.

Merkezî hükümet açık olarak yapay zekâyı benimsemeden önce bile belli bölgeler zaten yüklü yekûnlarda yatırım yapıyor, yeni kurulan YZ şirketlerine teşvik veriyordu. Bu desteklerin çoğu güneydeki Şenzen şehri ve Pekin'in kuzeybatısındaki Zhongguancun bölgesi gibi yüksek teknoloji koridorlarında birikiyordu ki bu bölge ülkenin en prestijli üniversiteleri olan Pekin ve Singua üniversitelerine yakındır ve genelde "Çin'in Silikon Vadisi" olarak anılır. Ancak 2017'de strateji belgesinin yayımlanması esasında bölgedeki memurların performanslarının ölçüleceğini bildikleri açık bir YZ ölçeği yaratıyordu. Bunun sonucunda ülkenin her bölgesi, her şehri bu yarışa katıldı; özel ekonomik bölgelerle yeni teknoloji şirketi kuluçka merkezleri yaratıldı ve yeni YZ şirketlerine doğrudan risk sermayesi ve kira desteği sağlandı. Tek bir şehrin yatırımı çok kolay milyar dolara ulaşabilir. Böylesi gevşek eşgüdümlü bir tepeden tabana inovasyona odaklanma talimatının ABD'de gerçekleşmesini hayal etmek zor... Amerika'da bölgeler arası rekabet genelde sıfır toplamlı bir oyuna dönüşüyor: Teksas, Kaliforniya'dan işletme çekiyor yahut iş yaratacak tesisler kurmaları karşılığında şehirler büyük şirketlere büyük vergi indirimleri sunuyor.

Çin yapay zekâda güç kazanarak ilerledikçe bazı kritik avantajlardan yararlanıyor. Çoğu doğrudan ülkenin devasa nüfusundan türüyor. Mart 2020 itibariyle Çin'in 900 milyon aktif internet kullanıcısı vardı. Bu, toplasanız ABD ve Avrupa'daki sayıdan fazla ve tüm dünyadaki toptan internet kullanan insan sayısının da kabaca beşte biri ediyor.[9] Ne var ki internet erişimi

Çin nüfusunun ancak yaklaşık yüzde 65'inin yararlandığı bir hizmet, kıyasla ABD'de bu oran yüzde 90.[10] Bir başka deyişle, Çin'in daha büyük çevrimiçi büyüme potansiyeli var. Çin'in 1,4 milyar nüfusu arasında, muazzam sayıda akıllı ve hevesli lise ve üniversite öğrencisi bulunuyor. Bunlar, Çin'in yeni YZ şirketi sayısında yaşanan patlama üzerine, bu şirketlere katılma veya böylesi bir şirket kurma umuduyla derin öğrenme gibi teknolojilerde uzmanlaşmaya can atıyorlar. Söz konusu yeni YZ şirketlerinin çoğu bir milyar doların üzerinde değerlere ulaştı. Bu genç insanlar, ABD'nin en iyi üniversiteleri olan MIT ve Stanford gibi üniversitelerin çevrimiçi derslerinde, kendilerini derslere en çok vakfeden, en şevk dolu katılımcılar arasında. Dahası Kuzey Amerika ve Avrupa'daki en üst YZ araştırmacılarının yayımladığı teknik makaleleri de hevesle tarıyorlar. Bunun sonucunda Çin hızla yetenekli ve aşırı çalışkan mühendislerden oluşan büyük bir havuz geliştiriyor. Bu mühendisler de Batı'da türetilen son teknoloji bilgiyi durmadan özümsüyorlar. Yakında Çin ekonomisi ve toplumunun her boyutunda YZ'yi bir kaldıraç olarak kullanmaya hazır hâle gelecekler.

Gerçi en büyük avantaj Çin ekonomik faaliyetinin türettiği saf veri hacmi kadar veri türü. Gelişmekte olan bir ülke olarak Çin eski altyapıya çok az yatırım yaptı, bunun sonucunda ülke doğrudan mobil teknolojinin en ön saflarına sıçradı. Çin halkı akıllı telefonları Batı'da görülenlere kıyasla çok daha geniş bir etkinlik yelpazesinde kullanıyor. Tümünde itkiyi özellikle Tencent'in WeChat uygulamasının popülerliği sağlıyor. 2011'de kullanıma sunulan WeChat, Çin'de ve Çin diasporasında ezici yayılıma sahip oldu.

WeChat'in merkezinde kabaca Facebook'un WhatsApp uygulamasına benzer bir mesajlaşma uygulaması yer alıyor. Ne var ki Tencent çok erkenden bir karar alıp WeChat uygulamasına üçüncü taraflarca yeni işlevler katılmasına müsaade ederek kapasitesini genişletti. Bu üçüncü taraflar bu iş için "resmî hesap" sahibi oldu.

Esasında söz konusu mini uygulamalar, özellikle WeChat'in dijital ödeme becerisiyle birleşip her tür işletmede olağanüstü yaygınlığa ulaştı. ABD ve diğer Batı ülkelerinde norm her işletmenin kendi mobil uygulamasının olması. Çin'de WeChat bir tür "platform olarak hâkim uygulama"ya evrildi, milyonlarca işletme ve kuruluş halkla arayüz olarak bu platformu kullanıyor. Çinliler WeChat'i yalnızca iletişimde değil; restoranda hesap ödemede, doktor randevusu almada, çevrimiçi flörtleşip buluşmada, faturalarını ödemede, taksi çağırmada, esasında her şeyi yapmada kullanıyorlar. Üstelik WeChat'in sunduğu hizmet sayısı sürekli artıyor. Tacirlerin pahalı satış noktası ekipmanına para yatırması gereken Apple Pay gibi sistemlerin aksine, WeChat üzerinden mobil ödeme müşterilerin tarayacağı bir barkod kullanılarak basitçe yapılabiliyor. Bunun sonucunda, sokakta yemek satanlar gibi en ufak işletmeler bile kolayca dijital ödeme kabul edebiliyor. WeChat'le ödeme Çin'in her yerinde kredi kartlarından daha yaygın, hatta pek çok yerde nakdin yerine bile geçmek üzere.

Bunun sonucunda Çin'de dijital etkinlik kat kat fazla, genel ekonominin çok daha derinlerine sirayet etmiş durumda. ABD veya Avrupa'da muhtemelen ancak çevrimdışı olabilecek bir işlem seline hükmediyor. Her ödeme, her bir rezervasyon, her taksi yolculuğu, her türden etkileşim derin öğrenme algoritmalarının yutup öğütmesi için ideal veri türetiyor.

Bolluğuna ek olarak, veri Çin YZ girişimcilerinin genelde daha kolay erişebileceği durumda. Çin'de veri gizliliği düzenlemeleri olsa da bunlar ABD'deki, hele de Avrupa'daki kadar sıkı değil. Halk da bu meselelere çok fazla odaklanmıyor gibi. Kişisel gizlilik yahut algoritmaların etnik kökene göre önyargı sergilemesi gibi kaygılar demokratik toplumlarda hızla bir kamuoyu öfkesi yangınını ateşleyebilir, hâlbuki bunlar Çin'de mevcut değil yahut çok büyük bir dalgalanma yaratmıyor. Google'ın ilk başta DeepMind'a erişim hakkı verilen verilere erişim sağlaması

Birleşik Krallık'ta hemen bir infial yaratmıştı. Kıyasla Çinli teknoloji şirketleri iş sağlık ve eğitim gibi alanlarda yapay zekânın kaldıraç olarak kullanılmasına geldiğinde uygulamaya ve kârlılığa giden yolda neredeyse engelsiz ilerliyor. Şayet veri yeni petrolse Çin'in YZ girişimcileri yeni çağın petrol arayıcıları. Görece örgütsüz bir dijital arazide nerede değer bulmayı umut ediyorlarsa orayı kazıp veri ayıklama pompalarını dikiyorlar.

Risk sermayeli yeni YZ şirketleri patlaması yaşanmadan önce bile Çin'in başlıca teknoloji şirketleri, özellikle Tencent, Alibaba ve Baidu yapay zekâ araştırma-geliştirmesine devasa yatırımlar yapıyordu. Genelde "Çin'in Google'ı" denilen Baidu ülkenin başta gelen internet arama motoru. Baidu konuşma tanıma ve dil çevirisi gibi alanlarda büyük uzmanlık geliştirdi ancak diğer alanlarda ilerlemeyi de zorluyor. Örneğin 2017'de Baidu açık kaynak otonom araç platformu olan Apollo'yu kullanıma sundu. Bu esasında bir tür "sürücüsüz arabalar için Android" hizmetiydi. Şirket bu platformu Çin'in son derece parçalı otomotiv imalat endüstrisindeki şirketlere ücretsiz veriyor.[11] BMW, Ford, Volkswagen gibi küresel araba şirketlerinin yanı sıra NVIDIA gibi teknoloji hizmeti sunan şirketler de bu platformda ortaklık sözleşmesi imzaladı. Baidu bunun karşılığında bu araçların türettiği verilere erişim sağlıyor, daha sonra bu verileri algoritmaları eğitmede kullanabilecek. Diğer bir deyişle Baidu benzersiz bir strateji güdüyor, nihayetinde bu strateji Tesla'ya yüz binlerce kamera takılmış arabanın sunduğu avantajlara benzer biçimde imkânlar sağlayabilir.

Çin'in YZ'de ilk dönemde kaydettiği ilerlemelerin çoğu ABD'den ve diğer Batılı ülkelerden bilgi ve yetenek transferinden ciddi güç alıyordu. Özellikle Çinceye hâkim Amerikalı araştırmacıların işe alınmasına çalışılıyordu. Örneğin Baidu 2014'te ABD'nin en saygın derin öğrenme uzmanlarından Andrew Ng'yi işe aldı. O sıralarda Andrew Ng, Google Beyin projesini yönetiyordu; bu proje de Google'daki derin sinir ağlarını büyük ölçekte

kaldıraç olarak kullanma girişimlerinin ilkiydi. Ng, Baidu'da üç yıl kaldıktan sonra Silikon Vadisi'ne döndü. Dönmeden önce Baidu'nun Pekin'deki birincil yapay zekâ araştırma laboratuvarını kurdu. Ardından Baidu 2017'de Microsoft'un üst düzey YZ yöneticilerinden Qi Lu'yu şirketin baş operasyon yöneticisi olarak işe aldı.[12] Carnegie Mellon Üniversitesi'nden doktora sahibi olan Lu, Amerika'nın en iyi yüksek lisans ve doktora programlarında eğitim alıp Çin'e dönmeyi tercih eden, giderek artan sayıdaki göçmenlerden biri. Çin'e dönüyorlar, çünkü Çin'deki YZ merkezli iş fırsatları genelde daha cazip görülüyor. Gerçekten de mebzul fırsatlar, hızla değişen iş zemini genelde Çin'deki YZ uzmanları arasında sık sık yüksek iş değiştirmelere yol açıyor. Lu, Baidu'da bir yıl kaldı; şimdilerdeyse Pekin'deki bir yeni teknoloji kuluçka merkezini yönetiyor.

Batı'da geliştirilen araştırmalara ve algoritmalara erişim de temel bir rol oynadı. AlphaGo, Ke Jie'yi yendikten bir yıl sonra Tencent de Fine Art adlı kendi Go oynama yazılımının Go ustasını başarıyla yendiğini ilan etti. Gerçi Tencent'in sistemi muhtemelen DeepMind'a dair yayımlanmış çalışmalardan epey ilham almış gibiydi, hatta belki de doğrudan DeepMind'ı kopyalamıştı. Konuştuğum Batılı YZ araştırmacılarının çoğu bu tür bilgi aktarımından kaygılı değil yahut bunu ulusal rekabet açısından ilerleme gibi görmüyorlar. Açık yayına ve fikirlerin serbestçe dolaşımına vurgu yapan küresel bir sisteme inançları sağlam... DeepMind CEO'su Demis Hassabis'e "Çin'le YZ yarışına" dair algıları sorduğumda bana DeepMind'ın açık yayın yaptığını, "Tencent'in bir AlphaGo klonu türettiğini" bildiğini söyledi ama kendisi bunu "o anlamda bir yarış olarak" görmüyor; "çünkü tüm araştırmacıları tanıyoruz ve aramızda epey işbirliği var."[13]

Dahası genele bakıldığında Çinli araştırmacılar da yayımlanmış YZ araştırmalarına ciddi katkılarda bulunmuş durumda. 2019 başlarında Allen YZ Enstitüsü'nün yayımladığı bir analize

göre Çin, ta 2006 gibi erken bir tarihten beri, yapay zekâ üzerine toplam araştırma yayını açısından ABD'yi çoktan geçmiş durumda.[14] Bu makalelerin görece düşük kaliteli olduğuna, çok küçük ölçekte ilerleme bildirdiğine dair genel bir kanı olduğundan, Allen Enstitüsü daha derin bir inceleme yapıp diğer araştırmacıların sık atıfta bulunduğu yayımlanmış az sayıdaki makaleye odaklandı. Analiz şunu buldu: Mevcut trendlerin süreceğini varsayarsak Çin, 2019 sonuna dek yayımlanan makalelere atıf cinsinden ilk yüzde 50'ye, 2020'ye dekse ilk yüzde 10'luk dilime girecek. Dahası Çinli araştırmacılar 2025'e dek ABD'dekilere kıyasla atıf cinsinden ilk yüzde 1'lik dilime girecek, gerçekten çok daha seçkin makaleler yayımlama yoluna girdi. Bir başka ölçeğe göre Çin, toplam yapay zekâ patenti başvurusu sayısı açısından ABD'nin çoktan önüne geçmiş durumda.

Çin'in yapay zekâ araştırma-geliştirmede ABD'yi geçmek üzere olduğu fikrine herkes katılmıyor. Oxford Üniversitesi'nin İnsanlığın Geleceği Enstitüsü'ne bağlı YZ Yönetişim Merkezi'ndeki bir araştırmacı olan Jeffrey Ding, 2018'de hem ABD'de hem de Çin'de YZ kapasitesini dört adet ölçeğe göre sınıflandıran bir analiz yürüttü: kurulu YZ bilgisayar donanımı temeli, makine öğrenmesine uygun veri bulunurluğu, araştırmada ve ileri algoritma geliştirmede uzmanlık ve ticari YZ ekosferinin gücü. Ding bu unsurlar üzerinden "YZ Potansiyeli Endeksi" adını verdiği bir endeks geliştirip şunu buldu: Çin, ABD'nin 33 puanına kıyasla 17 puan alıyordu.[15] Ding örneğin Çin'den alınan YZ patentlerinin ancak yaklaşık yüzde 4'ünün daha sonra diğer ülkelerde de patent başvurusuna dönüştüğüne işaret ediyordu. Bu da muhtemelen düşük kalitenin emaresiydi. Ding, Haziran 2019'da ABD Kongresi'nin bir komisyonu karşısında verdiği ifadede, Çin'in hesapta YZ hâkimiyetine yükseldiği iddiasının abartı olduğunu savundu. Ding'e göre ABD'nin ciddi yapısal avantajları sürüyordu, Amerika siyaseti bu statükoyu sürdürmeye odaklanmalıydı.[16]

Ding'e kıyasla Kai-Fu Lee ise ABD'nin yapay zekânın ön saflarındaki araştırmada avantajını sürdürmekle beraber bu avantajın geride kalacağına inanıyor; zira çok yakında Çin, ekonominin her alanında bu teknolojiyi yürürlüğe sokmaya çalışacak, bu sayede pratik ve esaslı işleri yapmada uzmanlık kazanacak. Lee, YZ'yi ticari alanda işe koşmanın illaki en üst düzey, vizyoner araştırmacıları değil; basitçe makine öğrenmesi algoritmalarını eğitmede kullanılabilecek bir veri seline kolay erişebilecek, çok sayıda yetkin ve hamarat mühendisi gerektirdiğini savunuyor.

ABD ve Çin arasında var olduğu düşünülen YZ yarışının riskleri, yapay zekânın etkisinin hiçbir şekilde ticaret sektörüyle kısıtlı kalmayacağına dair, apaçık ortada olan gerçek yüzünden daha da artıyor. YZ, askerî ve ulusal güvenlik uygulamalarında yaygın ölçüde kaldıraç olarak kullanılabilecek, devasa avantajlar sunacak. Çin bunun gayet farkında ve ulusal güvenlikle askerî uygulama arasında ne gibi ayrım varsa saldırgan biçimde yok etmek üzere hamlede bulunuyor. 2017'de Şi Cinping'in doğrudan girişimine mukabil, Çin anayasası ticari sektörce üretilen tüm teknolojik ilerlemelerin Halk Kurtuluş Ordusu ile paylaşılmasını açıkça şart koşacak biçimde değiştirildi. Buna "askerî-sivil kaynaşma" ilkesi adı veriliyor. 2018'de Baidu askeriye için zeki komuta ve kontrol teknolojisi geliştirmek üzere, Çin'in elektronik harp teknolojisine odaklı bir askerî enstitüsüyle ortaklık yaptı. Bu projeden sorumlu Baidu yöneticisi Yin Şiming, SAP ve Apple da dâhil olmak üzere Batılı şirketlerde yoğun iş tecrübesine sahip bir başka mühendis... Ortaklığın ilan edildiği etkinlikte Yin, Baidu'yla askerî enstitünün "savunma alanında yeni nesil YZ teknolojileri uygulamalarını daha da ilerletmek için bilişim, veri ve mantık kaynaklarını birleştirmek için el ele vereceğini" açıkladı.[18]

Bunu şunla kıyaslayalım: Google'daki çalışanlar Google'ın Pentagon'un Müşterek Savunma Altyapısı Girişimi (JEDI) ihalesine teklif vermesinden mutsuz olup teklifin geri çekilmesi için

baskı yaptılar. ABD askerî dronlarından derlenen görüntüleri incelemede kullanılabilecek görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesi üzerine bir başka savunma girişimi olan Maven Projesi, Google çalışanları arasında daha da büyük infial yarattı. 2018'de üç bini aşkın sayıdaki Google çalışanı bu projeye itiraz eden bir dilekçe imzaladı ve bazı teknik uzmanlar şirketten ayrıldı.[19] JEDI'da olduğu üzere, Google en nihayetinde bu projeyi terk etti. Google çalışanlarının elbette görüş bildirmeye hakkı var ancak bence burada bakışımsız bir durum mevcut ve bu hem aşikâr hem de rahatsız edici... Baidu veya Tencent'te çalışanların bununla kıyaslanabilecek bir protestoya girişebileceği düşüncesi samimi olmak gerekirse bana saçma geliyor. Demokratik ülke vatandaşlarının yararlandığı özgürlüklerin sırf var olduğu için kullanılabilecek, doğuştan gelen insan hakları değil de otoriterliğe karşı savunulması gereken siyasi haklar olduğu gerçeğinden kaçamayız. Bu iki ülkedeki yapay zekâ teknolojilerinde yetkinlik genel manada birbirine denk hâle gelirken, Çin'deki muadilleri ülkenin otoriter rejimine destek vermeye anayasaya yazılacak kadar apaçık biçimde mecbur bırakılmışken Google gibi şirketler ABD'nin askerî ve güvenlik teşkilatlarıyla işbirliğine yanaşmazsa ABD ulusal güvenlikteki mevcut durumunu nasıl korusun?

Bence ABD'nin ve diğer Batılı ülkelerin Çin'in yapay zekâda hızla yükselişini çok ciddiye alması gerektiği gayet açık... Bu muhtemelen üniversitelerdeki temel araştırmaya devlet desteğinin artmasını gerektirecek. Dahası özellikle ABD'nin en önemli avantajlarından birini kaldıraç olarak kullanmaya devam etmesi kritik önem taşıyor: ABD üniversitelerinin ve teknoloji şirketlerinin dünyanın her yerinden yetenek çeken bir mıknatıs oluşu. ABD'nin yüksek vasıflı göçe açık olması gereği, 2018'de çıkan *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*] kitabım için röportaj yaptığım yirmi üç YZ araştırmacısının art alanından açık kanıtlar buluyor. Konuştuğum yirmi üç kişinin on dokuzu şu

an ABD'de çalışıyor. Gelgelelim bu on dokuz kişinin yarıdan fazlası ABD dışında doğmuş; Avustralya, Çin, Mısır, Fransa, İsrail, Rodezya (artık Zimbabve), Romanya, Birleşik Krallık gibi ülkelerden gelmişler. Şayet dünyanın her yerinden en zeki bilgisayar bilimcileri çekmeyi sürdüremezse ABD'nin kabaca dört katı bir nüfusun eğitimine yatırımları artırmayı sürdürmesi hâlinde Çin'in daha çok avantaj kazanması kaçınılmaz...

ÇİN GÖZETİM DEVLETİNİN YÜKSELİŞİ

Çin'in otoriter devlet sistemiyle girişimci yapay zekâ ekosferi arasındaki güçlü sinerjinin en açık kanıtı, yüz tanıma teknolojisine odaklı yeni kurulan teknoloji şirketleri patlamasında görülebilir. 2020 başlarında bu kümedeki dört şirket; yani SenseTime, CloudWalk, Megvii, Yitu "tekboynuzlu at" statüsüne, bir başka deyişle bir milyarı aşkın pazar değerine kavuştu.[20] Analistler isterlerse Çin'in genel yapay zekâ teknolojisinde ABD'ye denk bir düzeye ulaşıp ulaşmadığını tartışsın, iş insan yüzlerini ve diğer özelliklerini analiz edip tanımada kullanılan derin öğrenme algoritmalarına geldiğinde Çinli şirketlerin bu alanın mutlak ön cephesini teşkil ettiğine kuşku yok. Çin'de kullanılan yapay zekânın, diğer alanlarda olduğu üzere, bu alanda da ilerlemesinin ardında, makine öğrenmesi algoritmalarını eğitmede kullanılabilecek bir veri seline erişimi yatıyor. İşte bu erişim imkânı hayati önem taşıyan bir güç... 2020 itibariyle ülkenin tamamına kurulmuş tahminî 300 milyon gözetim kamerasıyla Çin, insan yüzü dijital fotoğraflarının bulunurluğu söz konusu olduğunda hangi duruma, hangi açıdan bakarsanız bakın açık ara dünya lideri.

Yeni kurulan yüz tanıma teknolojisi şirketleri Çin'in otoriter devletinin her kademesinden gelen gözetim teknolojisi talebine boğulmuş durumda. Teknolojiyi almaya hevesli müşterilerden bazılarıysa yerel emniyet müdürlükleri, bölgelerine özgü baskıcı

gözetim ağları kuruyorlar. Sincan, Çin'in gözetim toplumu girişiminin sıfır noktası olsa da burada sınanıp kusursuzlaştırılan teknolojiler hızla tüm ülkeye yayılıyor. Emniyet müdürlükleri genelde yüz tanıma sistemlerini, belli bir bölgeden geçen her telefonun benzersiz kimlik kodunu yakalayan cep telefonu tarayıcıları, araba plakası okuyucular ve parmak izi tanıma teknolojileriyle birleştirerek Orwell'in romanlarındakine benzer baskıcı bir ülkenin ağlarını örüyorlar ve kurulan sistemler böylece giderek birbirine bütünleşik hâle geliyor. Örneğin algoritmalar genelde telefon kimlik kodlarıyla yüzleri eşleştirebiliyor, böylece tek tek bireylere yönelik kapsamlı bir izleme ve kimlik tespiti sistemi üretiyor. Böylesi sistemler yüksek suç oranına sahip mahallelere yahut belli binaların girişlerine kuruluyor. Konut komplekslerine girişlerse genelde anahtar kartlar veya özel hayata daha az müdahil olacak yöntemler yerine yüz tanıma sistemlerince sağlanıyor. Bu da bina yönetimlerinin ve yerel karakolların bina sakinlerini, misafirlerini takip etmesine izin verdiği gibi, dairelerin yasadışı biçimde başkalarına kiralanmasına da engel oluyor.

Gözetim kameraları aynı zamanda gezginlerin çok ziyaret ettiği, kalabalıkların toplanmasının muhtemel olduğu tren istasyonları, stadyumlar, turist cazibe merkezleri, etkinlik mekânları gibi alanlarda da yoğun biçimde yerleştirilmiş durumda. Kamuoyunun gündemine girmiş bazı olaylar mevcut: Polis altmış bin kadar kişinin katıldığı konser ve festivallerden, yalnızca yüz tanıma algoritmalarının eşleşme uyarısı üzerine tek tek bireyleri alıp tutuklayabiliyor.[22] Distopik bir bilimkurgu filminden fırlamışa benzer bir sahne de hâlihazırda görülebilir: Polis deneysel yüz tanıma gözlükleri takıp bir şüpheliyi tutuklayabiliyor. Bunun için tek gereken gözlüğün hedefindeki kişinin birkaç saniye hareketsiz durması ve bölgesel yüz tanıma veritabanında yer alması. Diğer YZ sistemleriyse insanları giydiği kıyafetlerle yahut yürüyüşlerindeki benzersiz hareketlerin analiziyle bile izleyebiliyor.

Bu teknolojinin en bilinen kullanımlarından biri Şiangyang şehrinde kurulu sistem: Bu sistem, trafiği yoğun kavşaklarda kafalarına göre karşıdan karşıya geçen kişileri yakalayıp utandırmada kullanılıyor. Bu sistem yasadışı karşıdan karşıya geçen kişilerin fotoğraflarını çekip kimlikleriyle eşleştiriyor; ardından bu kişilerin görüntüleri ve bilgileri büyük bir ekrandan herkese gösteriliyor. Burada amaç bu kişileri herkesin ortasında utandırıp dedikoduya maruz bırakmak...[23] Şangay gibi diğer şehirlerdeyse benzer bir sistemle ceza yazılıyor. Şurası kesin ki Çin'de kullanılan yüz tanıma teknolojilerinin hepsi özellikle gözetime odaklı değil. Ülke, perakende satış mağazalarında ödeme onayı, tren bileti satın alma veya bir uçağa biniş yapmak için de yüz tarama kullanılmasında lider... Gelgelelim teknolojinin rutin kullanımıyla türetilen verinin tümünün emniyet müdürlükleri ve güvenlik teşkilatlarınca da kullanılabileceği neredeyse kesin...

Çin'deki her yere sirayet etmiş gözetimin, toplumu suçla irtibatlı bireylerden koruma mekanizması olarak savunulması bir nebze de olsa mümkün... Ne var ki diğer durumlarda bu gözetim sistemi Batı'da tasavvur bile edilemeyecek biçimde etik sınırları şiddetle ihlal ediyor. Örneğin bazı emniyet müdürlükleri teknolojinin yalnızca tek tek bireyleri değil, bunun yerine Uygurların veya diğer "hassas halkların" etnik özelliklerinin de tanınacağı biçimde ayarlanması için bilhassa talepte bulundu. Çin'in yeni kurulan yüz tanıma şirketleri de pazardaki talebe arz için hızla kolları sıvadı. Nisan 2019'da *New York Times* gazetesinde Paul Mozer'in yazdığı bir makalede, CloudWalk'ın çevrimiçi pazarlama malzemesinin ekran görüntüsü yer alıyordu. CloudWalk tanıtımını yaptığı teknolojinin muhtemel alıcılarına şu vaatte bulunuyordu; "Mahalledeki hassas halk grupları sayısı artarsa (örneğin mahallede tek bir Uygur yaşıyorsa yirmi günde altı Uygur peyda olur) sistem hemen uyarı gönderiyor; bu uyarı üzerine emniyet personeli duruma müdahale edebiliyor, söz konusu

kişileri sorgulayıp durumu kontrol edebiliyor. Dahası bir beklenmedik durum planı da geliştirebiliyor."[24]

Bu görüntülerin yanında sakince oturan bir Uygur ailesi, askerî polisin yanından tek sıra geçen Uygurlar ve sivil itaatsizlik olaylarından sahneler mevcut... CloudWalk web sitesi "Mahallede hassas halkların denetimi ve engellenmesi" başlığı altında şöyle söylüyor; "Mahallede yüz tanıma sistemleri bu kişilerin kimliğini yüz verisiyle toplarken Fire Eye [Alevli Göz] büyük veri platformu da bu hassas gruptakilerin kimlik, giriş ve çıkış zamanı, kaç kişi oldukları gibi bilgilerini derliyor. Dahası hassas grupların yönetimi ve denetlenmesi amaçlarını gerçekleştirebilmeleri için polise uyarıda bulunuyor."[25]

CloudWalk'ın "Fire Eye [Alevli Göz] büyük veri platformu" marka adı bile bilhassa korkutucu bir bilimkurgu romanı adından doğrudan alıntı gibi. Bu teknolojinin hangi niyetle üretildiğini kurum web sitesinde herkesçe ulaşılabilen bilgilerde bile gizlemeye yönelik hiçbir girişimin olmayışı, Çin'in Uygurlara yönelik kampanyasının ne kadar ciddi, ne kadar açıktan baskıcı olduğunu sergiliyor. Dahası yapay zekânın yanlış kişilerin elinde, hakikaten distopik biçimlerde kullanılabileceğini de kanıtlıyor. Buradaki tehlike Çin'le sınırlı değil elbet. Neredeyse tüm ileri yüz tanıma teknolojilerini; fenotip, toplumsal cinsiyet, yüzdeki kıllar veya dinî kıyafet gibi özellikleri tespit etmek üzere sistemi ayarlayarak belli gruplara karşı silaha dönüştürmek mümkün...

Çin'in vatandaşlarını daha da kapsamlı bir gözetime tutma yönünde gidişatı, ülkenin planladığı sosyal itibar sisteminin tam olarak yürürlüğe girmesiyle nihayete erebilir. 2014'te nüfusun her kesiminde "güvenirliği" ödüllendirme yolu olarak ilan edilen bu programın niyeti, beyan edildiğine göre, "güvenilir herkesin istediği her yere gidebilmesi, itibarsızların tek bir adım atmasının bile zorlaştırılması."[26] Sosyal itibar sistemi Batı'daki ticarette kullanılan itibar veya tüketici derecelendirme sistemlerinin bildik

önlemleriyle başlıyor: Kişinin borç ödeme yükümlülüklerini yerine getirme tarihçesine dayalı değerlendirmeler veya Uber ya da Airbnb gibi sistemlerde kullanılan türden derecelendirme sistemleri bunlara örnek teşkil ediyor. Ancak Çin sistemi daha da ileri gidiyor, muhtemelen günlük yaşamın her veçhesine izinsiz giriyor; kişinin yasaları ihlal ettiği durumları da devletin makbul görmediği davranışları da hesaba katıyor. Faturalarınızı veya cezalarınızı zamanında ödeyemediğiniz durumlara ek olarak, fazla bilgisayar oyunu oynamanız, sosyal medyada tartışma yaratan düşüncelerinizi yazmanız, yanlış kişilerle dostluk etmeniz, toplu taşımada yemek yemeniz, bu araçları kirletmeniz veya yüksek sesle müzik çalmanız, yasak olan yerlerde sigara içmeniz yahut hatta çöplerinizi uygun biçimde ayrıştırmamanız da sosyal itibarınızı düşürebiliyor.[27]

Sosyal itibar hesaplaması olumlu davranışları da ödüllendirebiliyor: Örneğin bir vatandaşlık ödülü veya çalışan ödülü almanız, hayır kurumlarına para vermeniz veya aile üyelerinize bakarken veya komşularınıza destek çıkarken çok çaba göstermeniz ödüllendirilebiliyor. Sistem en mahrem tüketici kararlarına da ulaşabiliyor. Örneğin bebek bezi almak gibi olumlu bulunan satın almalara ödül verirken fazla alkol almaya ceza veriyor. Daha yüksek puanlar alan kişilere ısınma faturalarında indirimler, hastanede veya devlet kurumlarında daha kısa bekleme süreleri veya en iyi istihdam fırsatlarına öncelikli erişim gibi ödüller veriliyor. Diğer yandan daha düşük sosyal itibar puanı olan kişilere uçak veya tren bileti alamamak, çocuklarını en iyi okullarda okutamamak veya arzuladıkları otellerde veya tatil merkezlerinde rezervasyon girişimlerinin engellenmesi gibi cezalar veriliyor. Böylesi kapsamlı bir sistem tam faaliyete geçerse Çin'in devasa nüfusundaki neredeyse her erişkine sürekli baskı yapacak, olağanüstü müdahaleci bir denetim mekanizmasına dönüşecek. İnsan Hakları İzleme Örgütü bu fikri, duruma uygun biçimde, "kan dondurucu" buluyor.[28]

Tümü nihai emeli yansıtsa da mevcut gerçeklik o kadar da bu emelle tutarlı değil. Uygulamada sosyal itibar sistemi çeşitli kentlerce veya yerel yönetimlerce yürütülen parça parça, deneysel programlardan oluşuyor; buna mobil ödeme sistemlerini yöneten Alibaba veya Tencent gibi şirketlerin idare ettiği bir dizi ticari derecelendirme sistemi destek veriyor.[29] Örneğin Rongçeng şehrinde bazı programlar kamudan yaygın kabul gördü; çünkü görece şeffaf, yalnızca apaçık yasadışı olan davranışları cezalandırıyor, inkâr edilemeyecek olumlu sonuçlar üretiyor. Örneğin Rongçeng'deki sürücüler yayalara hürmeten yaya geçitlerinde durmaya başladılar; çünkü böylesi trafik ihlallerinin sosyal itibar derecelerine olumsuz etki yapacağını apaçık gördüler. Çinli vatandaşların havayolu veya yüksek hızlı tren bileti almaları milyonlarca kez engellendi ancak bu algoritmaların türettiği puanların sonucu değil, adlarının uzun süredir kullanılan kara listelerde yer almasıydı. En önemli kara listeye Çin'in Yüce Halk Mahkemesi sahip; bu listeye esasen ödenmemiş borcu, dava hükmü, cezaları olan kişiler dâhil... Gerçi neredeyse tüm Çin devlet işlemlerinde olduğu üzere yozlaşma, şeffaflıktan yoksunluk bitmeyen bir sorun... Zaman içerisinde bu sistemlerin daha çok bütünleşik olacağı, müdahaleciliklerinin yüz tanımanın yanı sıra vatandaşları takip edip gözetleyen diğer YZ teknolojileriyle güçleneceği kaçınılmaz gibi. En sonunda gerçekten Orwell'in *1984* romanındakine benzer, kapsamlı ve özenle yönetilen toplumsal denetim ortaya çıkabilir.

Tümü yalnızca Çin'le sınırlı değil. Gerçekten de Çin'in ülkenin üretimini düşük katma değerli emtiadan yüksek katma değerli teknoloji ürünlerine geçirmeye yönelik genel stratejisinde gözetim teknolojisi ihracatı temel rol oynuyor. Çin, yüz tanıma teknolojisinde küresel pazarın neredeyse yarısına hâkim... Çoğunun öncülüğünü de tek bir Çin şirketi, telekomünikasyon alanındaki Huawei yapıyor. Carnegie Uluslararası Barışa Destek

Kurumu'nun Eylül 2019'da yayımlanan bir analizine göre Huawei, yüz tanıma teknolojisi de dâhil olmak üzere gözetim teknolojilerini en az elli ülkeye, iki yüz otuz şehre satarak tek tek diğer şirketlerden çok daha fazla satış gerçekleştirmiş. Kıyasla en yakın ABD'li rakiplerinin (IBM, Palantir ve Cisco) her biri bir düzineden az ülkeye sistem kurmuş.[30] Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi otoriter yönetilen devletler de ülke çapında gözetim sistemlerini genişletirken hevesle Çin teknolojilerini alan müşterilere dönüştü. Genelde bu ülkelerde yüz tanıma daha şimdiden günlük yaşamın rutin veçhesi. Bunu 2019 başında Abu Dabi'ye bir seyahatimde bizzat öğrendim. Pahalı yüzüğünü kaybeden zengin bir kadına dair neredeyse herkesçe bilinen bir hikâye duydum. Bu kadın talihsiz durumu yetkililere bildirmiş, onlar da hemen ilgili alanda gözetim kayıtlarına yüz tanıma yazılımını kullanmış. Ardından birkaç saat içerisinde yüzüğü yerden alan kişinin kapısında bitivermişler.

Huawei'nin gözetim ekipmanı satışlarına genelde Çin'den aldığı borçlar finansal destek sunuyor. Kenya, Laos, Moğolistan, Uganda, Özbekistan, Zimbabve gibi ülkeler Pekin'in Kuşak ve Yol girişimine katıldı; hatta bazen bu girişimin parçası oldular. Söz konusu girişim yaklaşık yetmiş ülkeye altyapı fonları sunuyor. Afrika bu alanda giderek önem kazanıyor. Anlatılanlara göre Afrika'da Çin yüz tanıma sistemleri şimdiden önemli etki yarattı. Örneğin Huawei'nin iddiasına göre teknolojisini Kenya'nın başkenti Nairobi'nin içine ve çevresine kurmasıyla 2015'te bölgede suç yüzde 46 azaldı.[31]

Çin şirketlerinin geliştirdiği teknolojilerin güvenlik ve insan haklarına etkisi ABD'yle önemli sürtüşmeler yaşanmasına da neden oldu. Mayıs 2019'da Huawei ticaret kısıtlamalarına maruz kaldı, sonucunda yazılım ve bilgisayar çipi gibi ABD teknolojilerinin bu şirkete satışı yasaklandı. Bu gidişatın ardında, giderek kızışan genel ticaret savaşlarıyla, bu şirketin sattığı 5G

cep telefonu altyapısı teknolojisinin ABD'ye kurulması hâlinde Çin'in ABD'deki iletişimlere erişim imkânı sağlayacağına dair uzun süredir mevcut kaygılarla da ABD'nin duruşunun etkilenmesi yatıyordu.[32] Dahası ABD'nin Huawei'nin ekipmanlarının benzer biçimde ABD'yle müttefik ülkelerde de kullanılmasını yasaklamaya yönelik ciddi baskısı oldu ve bu kısmen başarılı oldu. Buna ek olarak Huawei, ABD'nin İran'a ticaret ambargosunu delmekle suçlandı ve Çin'den uygun olmayan ölçülerde destek almasından ötürü diğer şirketlerden ayrı muamele gördü.

Bundan beş ay sonra ABD, ticaret kara listesini, Çin'in en önemli yeni yapay zekâ teknolojisi şirketlerinin bazılarını ve yirmi Çin polis teşkilatını veya güvenlik kuruluşunu da dâhil edecek biçimde genişletti. Görünüşte bunun sebebi bu kurumların teknolojilerinin Uygurlara ve diğer azınlık nüfuslarına karşı kullanılmasıyla oluşan insan hakları ihlalleriydi. Bu yasağa dâhil olanlar arasında Çin'in yüz tanıma alanındaki "tekboynuzlu at" konumuna ulaşan dört şirketinin yanı sıra iFlytek şirketi (konuşma tanıma sistemlerinde uzman bir şirket) ve diğer gözetim donanımının yanı sıra kamera da imal eden iki şirket daha vardı.

Koronavirüs pandemisinin ardından ABD ve Çin arasındaki gerilim önemli ölçüde yükselişe geçti. ABD'nin kritik önem taşıyan stratejik malzemelerle sağlık ikmal malzemelerine ve ilaçlara erişimde Çin üretimine fazla bel bağlamasının potansiyel bir tehdit olduğu da yaygın kabul gördü. Krizden önce bile bu iki ülke arasındaki ekonomik sinerji ve karşılıklı bağımlılığın (ki tarihçi Niall Ferguson 2006'da bu olguya "Çi-merika" adını vermişti) giderek çözülmeye başladığı açıktı. Şayet gerilim daha da artar, iki ülke ayrışmaya devam ederse yapay zekâ geliştirme ve kullanmaya odaklı ihtilaf ve rekabetin bu işte merkezî rol taşıması kaçınılmaz... YZ'nin hem sistemli hem de stratejik bir teknoloji olduğu görüldükçe her iki ülke arasında tastamam bir YZ silahlanma yarışının başlaması da ciddi bir tehlike arz ediyor.

BATI'DA GİDEREK BÜYÜYEN YÜZ TANIMA TARTIŞMASI

Şubat 2019'da Indiana Eyalet Polisi, bir parkta iki adam kavgaya tutuşunca gerçekleşen bir suçu araştırmaya başladı. Adamlardan biri silah çekip diğer adamı karnından vurdu, ardından oradan kaçtı. Bir görgü tanığı olayı cep telefonuna kaydetmişti, eyalet polis dedektifleri o sıralarda üzerinde denemeler yaptıkları yeni bir yüz tanıma sistemine saldırganın yüzünü yüklemeye karar verdi. Sistem hemen bir eşleştirme yaptı: Silahı ateşleyen kişi sosyal medyaya yüklenen bir videoda görünüyordu, video kişinin adını da içeriyordu. Vakanın çözülmesi yaklaşık yirmi dakika aldı. Üstelik zanlı daha önce tutuklanmamıştı, kayıtlarda ehliyeti bile yoktu.[34]

Dedektifler yüz tanıma sisteminin arayüzü olarak bir cep telefonu uygulamasını kullanmışlardı. Bu uygulamayı üretense Clearview AI adındaki gizemli bir şirketti. Clearview uygulamasının erişebildiği fotoğraf veritabanı gerçekten inanılmaz büyüklükteydi. Bu şirket pasaport, ehliyet, sabıka fotoğrafı gibi resmî devlet fotoğraf arşivi yerine basitçe interneti tarıyor; Facebook, YouTube, Twitter gibi çeşitli kaynaklardan halka açık görüntüleri kazıyordu. Clearview sisteminde bir eşleştirme olursa uygulama eşleşen fotoğrafın çevrimiçi yer aldığı web sayfalarını veya sosyal medya profillerine bağlantıları gösteriyor, bu da genelde ânında kimlik tespiti sağlıyordu. Clearview'ın ürettiği veri setinde internetten kazınmış kabaca üç milyar görüntü vardı. Bu, FBI'ın sahip olduğu resmî ABD vatandaşları fotoğraf veri setinin boyutunun yedi katından fazlasına denk... Bu inanılmaz bir özellik... Hele de Clearview AI'ın minicik, Çin'deki yüz tanımaya odaklı "tekboynuzlu at" konumundaki şirketlerinden kat kat küçük bir şirket olduğu düşünülürse... Üstelik şirket en azından Ocak 2020'ye kadar emniyet camiasının dışında neredeyse hiç bilinmiyordu.[35]

O ay *New York Times* gazetesi, teknoloji muhabiri Kashmir Hill'in büyük bir araştırmacı gazetecilik çabasıyla gizli işleri ortaya çıkardı. Makale şirketin art alanına dalıp şirket faaliyetlerini ilk kez gün yüzüne çıkarıyordu. LinkedIn sayfasında New York şehrinde var olmayan bir adresi irtibat gösteren Clearview şirketinin 2016'da ardı ardına ticari girişimlerde bulunan Avustralyalı Hoan Ton-That tarafından kurulduğu ortaya çıkmıştı. Yeni kurulan teknoloji şirketinin aldığı diğer yatırımların yanı sıra Silikon Vadisi risk sermayedarı Peter Thiel'dan aldığı 200 bin dolarlık bir başlangıç desteği de vardı. Peter Thiel, Palantir adlı şirketin kurucu ortaklarından ve bu veri analizi ve gözetim şirketinin güvenlik teşkilatlarıyla ve emniyet müdürlükleriyle ciddi bağlantıları var.

Clearview, teknolojisini yalnızca meşru emniyet veya devlet güvenlik teşkilatlarına sunduğunu iddia etti. Gelgelelim teoride bu şirketin sistemini en nihayetinde kamuya açmasını engelleyecek hiçbir şey yoktu, bu da anonim kalma hakkının neredeyse kaybolacağı korkusunu doğurdu. Bu teknoloji bir kez yaygınlaştı mı neredeyse dünya üzerindeki herkesin Clearview uygulamasına sahip olan, denk gelen herkes tarafından kimliğinin tespiti mümkündü. Bir kişinin adını bilince ev adresini, işyerini, diğer her türlü hassas bilgiyi edinmek işten bile değildi. Bunun kaçınılmaz sonucu olarak tacizler, takipler, şantajlar, her türlü düşüncesizce davranış yüzünden kamu önünde utandırma vakaları ve sayısız diğer kabahatte bir patlama yaşanabilirdi. Diğer bir deyişle, her yeri saran bir gözetim distopyası ABD'nin özel sektöründe, hiçbir devlet müdahalesi veya gözetimi olmadan bile gerçekleşebilir ve bu da Çin'de düşünülen her şeyden daha fazla müdahaleci, daha korkutucu bir şeye dönüşebilir. Clearview AI'a destek verenlerin bazıları bu konudan pek kaygılı gözükmüyordu. Şirketin ilk yatırımcılarından biri *New York Times*'a "Bilgi sürekli arttığı için gizlilik hiç olmayacak sonucuna vardım," demişti. "Neyin yasal

olduğunu belirlemek yasalara kalmış ama teknolojiyi yasaklayamazsınız. Elbette bu, distopik bir geleceğe falan yol açabilir ama yasaklayamazsınız."[36]

New York Times'da çıkan makale şirkete odaklı bir tartışma fırtınası kopardı, bu da bilgisayar korsanlarının dikkatini çekti. Clearview sunucularına girip şirketin paralı müşterilerine dair eksiksiz bir listeyi ele geçirmenin yanı sıra şirketin otuz günlük ücretsiz deneme sürümünü kullanan olası müşterileri de öğrendiler. Meğer Clearview kullanıcıları arasında FBI, Interpol, ABD Göçmenlik ve Gümrük Muhafaza Teşkilatı (ICE) ve ABD'nin Güney New York Bölgesi Eyalet Savcılığı'nın yanı sıra dünyanın her köşesinden yüzlerce polis teşkilatı da yer alıyordu. Üstelik şirketin yalnızca belgeli emniyet teşkilatlarıyla çalıştığını iddia etmesine rağmen uygulamanın Best Buy, Macy's, Rite Aid ve Walmart gibi özel şirketlerce de kullanıldığı ortaya çıktı. Daha da kötüsü özel sektör işçilerinin çalışanlardan yetki almadan uygulamayı kullanabileceğine dair kanıtlar da mevcuttu. *BuzzFeed* adlı internet medya sitesi bir soruşturma yürüterek, Home Depot adlı perakende satış şirketiyle irtibatlı beş hesabın uygulamayı kullanarak neredeyse yüz araştırma gerçekleştirdiğini buldu. Home Depot yönetimi bu durumdan tümüyle habersiz olduğunu iddia etti.[37] Diğer bir deyişle, teknolojiye erişim çoktan daha genel kamusal alana sızmaya başlamıştı.

Bunun kamuoyuna duyurulmasıyla ânında tepki geldi. Birkaç hafta içerisinde Twitter, Facebook ve Google şirkete ihtarname çekti; kendi sunucularından fotoğraf kazınmasına son verilmesini ve veritabanında hâlihazırda bulunan tüm görüntülerin hemen silinmesini talep etti.[38] Şubat sonuna dek Apple, Clearview'ın iPhone uygulamasını kullanılmaz hâle getirdi; çünkü şirket App Store uygulamasının etrafından dolanarak Apple'ın hizmet sözleşmesini ihlal etmişti.[39] Kısa süre sonra şirket özel şirketlerle olan tüm lisans sözleşmelerini feshedecek, yalnızca

emniyet teşkilatlarıyla çalışmaya odaklanacaktı ancak çoğu kişi bu eylemi de yetersiz buluyordu. Mayıs ayında Amerikan Sivil Özgürlükler Sendikası, Clearview'a dava açtı ve şirketin ürettiği teknoloji "buna bir son verilmezse bildiğimiz hâliyle gizliliği yok edecek... bir kâbus senaryosu" üretiyor dedi.[40] Clearview bugün de faaliyetlerini sürdürüyor. Üstelik fotoğraf almak üzere interneti kazıma hakkına sahip olduğuna inandığını, böylesi bir erişim için gerekirse sosyal medya şirketleriyle hukuki savaşa da hazır olduğunu söyledi.

Clearview AI önemli bir ibretlik öykü; yalnızca yüz tanıma açısından değil, genel manada yapay zekâ açısından da öyle. Böylesi benzersiz güçteki bir teknolojiye sahip ufak bir teknik uzman ekibi (hatta belki de tek bir kişi bile) neredeyse hayal bile edilemeyecek ölçekte toplumsal veya ekonomik yıkım yaratabilir. Sonraki bölümde de göreceğimiz üzere bunun riskleri yalnızca YZ destekli gözetim teknolojilerinin kullanımıyla da sınırlı değil.

Şirkete karşı aşılması güç tepki ortadayken Clearview büyük heveslerini dizginlemek zorunda kalacak gibi. Ne var ki daha genel manada yüz tanımanın kullanıma geçmesi Batılı ülkelerin hemen hepsinde ivme kazanmayı sürdürüyor. Demokratik sistemler değere dayalı al-ver hesaplarına girişmek ve bu teknolojinin kullanımına dair etik meselelerle yüzleşmek zorunda kalacak. Batı'nın en çok gözetim uygulanan şehirlerinden Londra'da kişi başına düşen kapalı devre kamera sayısı Pekin'den çok fazla...[41] Londra'da da yüz tanıma sistemleri 2020 başında kullanıma geçecek. Londra Büyükşehir Polis Teşkilatı kuracakları sistemin yalnızca ciddi veya şiddet içeren suçlardan ötürü aranan bireyleri kapsayan, talebe binaen oluşturulacak bir "gözleme listesi"ndeki kişilere bakacağını belirtti. Gelgelelim bu sistem kayıp çocukları ve erişkinleri aramak için de kullanılabilir.[42]

ABD'de karakolların neredeyse dörtte birinde yüz tanıma teknolojisine erişim mevcut... Bu sistemler ayrıca havalimanlarında

yaygın olarak kullanılıyor, bilinen teröristleri veya suçluları araştırıyorlar. Güvenlik taraması süreçlerinde kimlik tespitinde kullanımları da giderek artıyor. Çoğu durumda Londra sisteminde olduğu üzere bu teknoloji yalnızca belli gözetim listelerindeki bireylerin kimlik tespitinde kullanılıyor. Ne var ki Clearview uygulamasının haberciliğini yaptığı her yeri saran bir distopya olasılığına yaklaşıyoruz. Böylesi bir distopyada neredeyse herkesin kimliği tespit edilebilir. Georgetown Üniversitesi Hukuk Fakültesi'ne bağlı Gizlilik ve Teknoloji Merkezi'nin 2016'da yürüttüğü bir incelemeye göre, FBI'ın fotoğraf veritabanı yaklaşık 117 milyon insanın görüntülerini barındırıyor; bu da ABD erişkin nüfusunun kabaca yarısı demek.[43] Bu görüntülerin çoğu eyaletlerin idaresindeki ehliyet fotoğraflarından oluşuyor ve yalnızca bir suçtan aranan veya sabıka kaydı olan kişileri değil, eyaletlerin verdiği kimlik kartlarındaki tüm eyalet sakinlerinin fotoğraflarını içeriyor. Söylemeye gerek yok belki ama hiçbir birey fotoğraflarının bu sisteme dâhil olmasına onay vermedi ve bu sistemden çıkmanın hiçbir yolu yok.

Gizliliğe olası tehditler son derece gerçek; ne var ki şayet düzgün ve etik kullanılırsa yüz tanıma sistemlerinin belirgin faydaları olacağını da kabul etmek önemli... Bu teknoloji kullanılarak çok sayıda tehlikeli suçlu yakalandı. Clearview'ın durumunda gizlilik meselesinin apaçık biçimde diğer tüm avantajların önüne geçtiğini söylemem mümkünse de bu uygulama her hâlükârda tehlikeli suçluların yakalanmasını sağladı, cinsel saldırı düzenleyenlerin ve çocuk pornografisi satıcılarının kimliklerinin tespitinde bilhassa etkili olduğunu kanıtladı. Kamusal alanda kullanıma sokulan yüz tanıma sistemleri de benzer biçimde suç oranlarını düşürmede gerçekten fayda sağlayabilir. Londra Büyükşehir Polis Teşkilatı "Hepimiz güvenli bir şehirde yaşayıp çalışmak istiyoruz," derken haksız değil. "Halk haklı olarak suçluları durdurmak için yaygın teknolojiyi kullanmamızı bekliyor."[44]

Gerçekten de Çin'de şu an yaygın kullanımdaki gözetim sistemi Batılı bakışa göre apaçık baskı aracıysa da Çin halkının çoğunun bakış açısına göre illaki olumsuz bir şey değil. Şiangyang sakinlerinin çoğu özellikle yaya geçitlerini kullanmadan yahut yayalara kırmızı yanarken geçmeye karşı sisteme son derece destek veriyor, çünkü işe yarıyor; vaktiyle tehlikeli kavşaklar şimdilerde çok daha düzenli... Ben de Çin'de yaşayan bazı kişilerle bizzat görüştüm. Tekrar tekrar dile getirdikleri bir gözlemleri mevcut: Suça karşı güvence yaşadıklarına dair hisleri artmış, özellikle de küçük çocuk sahibi anne-babaların kafaları rahatlamış. Bunun olası önemini hafife almamalı. Çoğu kişi yaşadığı mahallede güven duymaya çok önem veriyor; dahası bu, fiziksel sağlık ve akıl sağlığıyla ilişkili... İşte ABD'ye kıyasla Çin'in çoğu durumda daha iyi performans gösterdiği alanlardan biri bu.

Güvenli bir çevre özellikle çocuklar açısından önemli... New York Üniversitesi'nde profesör olan yazar Jonathan Haidt "özgürlükçü" ebeveynliği kuvvetle destekliyor. Haidt şunu savunuyor: ABD'de çocukların aşırı korunduğu bir kültür yaratıldı, bu da onları gelip özgüvenli erişkinlere dönüşmesine yardım edecek gözetimsiz deneyimlerle elde edebilecekleri önemli fırsatlardan mahrum bırakıyor.[45] Çoğu Amerikalı anne-baba için küçük çocukların okula yürümesine, başında kimse olmadan mahalledeki parkta oynamasına izin vermek dehşet verici bir fikir; hatta bazı yerlerde yasadışı bir olasılık... Bence Çin'deki küçük çocuklar her yeri saracak Orwellci bir devlet yapısının pek de farkında değil. Gelgelelim okula yürüyebileceklerini, parkta oynayabileceklerini biliyorlar. Çin'deki baskıcı gözetim sistemindeki şerrin, en azından en küçük vatandaşlar söz konusu olunca bir hayır barındırması son derece ironik olurdu. Bu, zamanla gerçekten daha maceracı, daha inovatif bir genç nesil üretebilir. Kimse Çin'in sisteminin ABD'de de olmasını istemiyor ancak suç oranlarını düşürüp daha güvenli çevre yaratabileceği ölçüde,

YZ'ye dayalı gözetim teknolojilerinin getirip götüreceklerine dikkatle bakmak gerek.

Yüz tanıma topluma gerçekten faydalı olabilir ama bu teknolojinin adil uygulanması, etkisinin tüm demografik gruplara adil dağılması hayati önem taşıyor. İşte burada büyük bir problem mevcut... Bazı çalışmalar yüz tanıma sistemlerinin sürekli hem etnik kökene hem de toplumsal cinsiyete bağlı yanlılıklar sergilediğini gösteriyor. Şurası kesin; bu, Çinli algoritmaların apaçık Uygurları tespit etmek üzere tasarlanması gibi bir durum değil; bundan ziyade derin öğrenme algoritmalarını eğitmede beyaz erkek yüzlerinden oluşan veri setlerinin ağır basmasından kaynaklı... Yaygın kullanımdaki bir eğitim veri setindeki yüzler yüzde 83 oranda beyaz ve yüzde 77 oranda erkek yüzlerinden oluşuyor.[46] Problemse genelde beyaz olmayan, dişi yüzlerde "sahte pozitif" sonuç çıkması ihtimalinin yüksekliği olarak tezahür ediyor. Diğer bir deyişle, kadınlar ve beyaz olmayan kişiler genelde yanlış eşleşme türetme ihtimali taşıyor.

2018'de Amerikan Sivil Özgürlükler Sendikası (American Civil Liberties Union, ACLU), ABD Kongresi'nin 538 üyesinin tümünün görüntülerini, tutuklanmış kişilerin emniyet kaydı fotoğraflarından oluşan büyük veri setindeki fotoğraflarıyla kıyasladı. ACLU bu kıyaslamada Amazon Web Hizmetleri'nin erişime sunduğu Rekognition sistemini kullandı ki bu hizmete erişim çok düşük maliyetli olduğundan karakollarda giderek popülerleşmeye başlıyor. ACLU bu deneyi yalnızca 12 dolara mâl edebilmişti. Sistem, Kongre'nin yirmi sekiz üyesini, fotoğrafları sabıka kaydı veri setinde bulunan tutuklularla eşleştirdi. Tutuklanan bireylerin hiçbirinin gerçekten de Temsilciler Meclisi veya Senato üyesi olmadığını varsayarsak işte bunlar sahte pozitif sonuçlardı. Çok büyük sayıdaki hatalar bir kenara dursun, kaygı duyulan en önemli konulardan biri sistemin türettiği sahte pozitiflerin ağırlıkla Kongre'nin beyaz olmayan üyelerinden çıkmasıydı. Beyaz

olmayan kişiler Kongre'nin yüzde 20'sini temsil ediyor ancak hatalı eşleştirme sonuçlarının yüzde 39'unu oluşturuyorlar. Amazon bu çalışmaya tepki olarak ACLU'nun sistemi hatalı ayarladığını, çünkü eşleştirme olasılığı ayarında daha uygun bir düzey olan yüzde 95 yerine, yüzde 80'i kullandığını iddia etti. Ne var ki ACLU da Amazon'un uygun ayara dair hiçbir talimat sunmadığını, çoğu karakolun bu sistemi fabrika ayarlarında kullanmayı tercih edeceğini belirtti.[47]

2019'da ABD Ticaret Bakanlığı'na bağlı Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (National Institute of Standards and Technology, NIST) çok daha kapsamlı bir araştırma yürüttü. NIST doksan dokuz farklı şirketin 189 yüz tanıma sistemini değerlendirdi.[48] Bulgularına göre neredeyse her olguda sahte pozitif, Avrupa kökenli yüzler için en düşük düzeydeyken Afrikalı ve Asyalı yüzler için anlamlı ölçüde yüksekti. Bunun öngörülebilir istisnası Çinli şirketlerin geliştirdiği algoritmalardaydı; bunlar Doğu Asyalı yüzler için en doğru sonuçları üretiyordu. Ayrıca bu sistemler genelde kadın yüzlerindense erkek yüzleri için daha doğru çalışıyordu; gerçi sistemlerin kadın-erkek arasında hassasiyet farklılığı, farklı etnik kökenlere göre oluşan sapmalardan çok daha küçüktü.

Doğruluk beyaz olmayan etnik kökenlerde çok düşüyordu. Örneğin siyah bir kişi için sahte pozitif sonuç alma olasılığı beyaz bir kişiye göre yüz kat fazlaydı. Diğer bir deyişle, bir Afrikalı Amerikalının beyaz bir kişiye göre hatayla muhtemel suçlu diye işaretlenme ihtimali yüz kat fazlaydı; dolayısıyla bu kişi muhtemelen bu yüzden güçlük çekecek, polis suçlu mu diye onu bir kenara çekecek, hatta belki de gözaltına alınacaktı. Esasında Afrikalı Amerikalılar için gerçek dünyada zaten mevcut senaryolara bir de bunun dijital hâli ekleniyor demek. Siyahiler zaten perakende satış mağazalarında güvenlik görevlilerince takip ediliyor, satış personeli gereksiz yere gözlerini onlara dikiyor.

Teoride bu problemi çözmek mümkün, basitçe eğitim veri setlerine dâhil edilen yüz çeşitliliği artırılabilir. Gelgelelim yüz tanıma sistemlerini geliştiren şirketler de genelde etik biçimde, rızayla edinilmiş (bir başka deyişle, Clearview'ın yaptığı gibi internetten görüntü kazıma tekniğine tenezzül etmeden) yüksek kalitede ve beyazlara ait olmayan yüz bulmakta zorluk çekmiştir.[49] Bu problemin çözümü de bazen bizatihi sorgulanacak cinsten; bu alanda etik sınırları zorlamaya gönüllü şirketler bazen bir avantaj yakalayabilir. 2018'de Çinli "tekboynuzlu at" CloudWalk, Zimbabve ile ülkeye kapsamlı bir yüz tanıma sistemi kurmak için son derece tartışmalı bir anlaşmaya imza attı. CloudWalk bu anlaşmanın parçası olarak Zimbabve vatandaşlarının fotoğraflarına erişim sağlayacak, bunları makine öğrenmesi algoritmalarını eğitmede kullanabilecek. Bunun sonucunda oluşacak sistemlerin, elbette, Zimbabve vatandaşlarının bilgisi yahut rızası olmaksızın dünyanın herhangi bir yerinde kullanılması mümkün...[50]

Böylesi meselelerin yanı sıra Clearview'ın durumu da yüz tanımanın hiçbir düzenleme olmaksızın özel sektörün ellerine bırakılamayacağını ortaya koyuyor. Teknolojinin düzenlenmesi ve gözetime tabi olması elzem... *New York Times* gazetesi faş etmeseydi Clearview'ın teknolojisinin gizliliğe dair nasıl bir tehdidi temsil ettiğine dair farkındalık oluşamaz, hiçbir gözetim olmaksızın kamu kullanımına açılabilirdi. En azından kullanıma geçen tüm algoritmaların adil olmasını güvence altına alacak açık düzenlemelere ihtiyacımız var, bunun yanı sıra halkın gizliliğini tehdit edecek biçimde gözetim sistemlerinin kullanılmasına mâni olacak tedbirler de gerekiyor.

Bunların kullanımına dair genel standartlar olmadığından bazı yetkili mahkemeler ipleri çoktan eline aldı ve San Francisco gibi bazı şehirler karakollarda ve yerel yönetimlerde yüz tanıma teknolojilerini kullanmayı tamamen yasakladı. Gelgelelim bu yetki özel sektöre kadar uzanmıyor. Çin'de olduğu üzere

büyük toplu konutlara giriş mekanizması olarak yüz tanımanın kullanılması giderek yaygınlaşıyor. Bazı konut sakinleri bunun gizliliklerinin ihlali olduğu savıyla dava açtılar. Benzer biçimde perakende satış mağazaları da çok az kısıtlamayla karşılaşarak bu teknolojiyi kullanabiliyor. İster kamu ister özel alanda kullanılan sistemlerde geçerli olacak temel kural setini tanımlayacak, ulusal düzeyde düzenlemelere ihtiyacımız olduğu açık... Gizliliğe, gözetime ve kamu güvenliğinin önemine yönelik tutumlar farklılık arz ediyor. Tek tek ülkelerin, bölgelerin, şehirlerin yüz tanıma ve diğer YZ'ye dayalı gözetim teknolojilerinin risk-değer önermesine karşı farklı dengelemeler yapması muhtemel... Demokratik toplumlarda kamuoyu girdisiyle yönetilmesi gereken teknolojiyi bu işin tüm paydaşlarının haklarını koruyacak temel ilkeler çerçevesinde bütünleştiren, şeffaf bir süreç gerekli...

ÇİN'LE YZ SİLAHLANMA YARIŞI, kişisel gizliliğe daha önce emsali görülmemiş tehditler, yeni ayrımcılık biçimleri son derece gerçek ihtimaller arz ediyor; dahası bunlar yapay zekâ teknolojisi yılmadan ilerlerken ortaya çıkan yeni tehlikelerden ancak birkaçını teşkil ediyor. Sonraki bölümde YZ'yle doğal oluşan risklerden bazılarına geniş çerçeveden bakacağız; hemen dikkat etmemiz gereken tehlikelerle muhtemelen uzak gelecekte oluşacak, daha spekülatif konuları tartışacağız.

Sekizinci Bölüm

YAPAY ZEKÂNIN RİSKLERİ

Kasımın başı, ABD başkanlık seçimine yalnızca iki gün kalmış. Demokrat Parti adayı, kariyerinin çoğunu medeni hakların ve marjinalleştirilen topluluklara yönelik koruma çalışmalarının genişletilmesine yönelik mücadeleyle geçirmiş. Bu kadının söz konusu meseledeki sicili görünüşte kusursuz... Bu yüzden özel bir sohbetine ait olduğu iddia edilen ses kaydı ortaya çıkınca muazzam bir şok etkisi yaratıyor, ardından hemen sosyal medyada viral oluyor. Bu sohbette aday apaçık ırkçı bir dil kullanmakla kalmıyor, düpedüz ırkçılığını kabul ediyor; hatta bağnazlığını ömür boyu başarıyla gizlediği için kahkahalar atıyor.

Aday, ses kaydının sosyal medyaya düştüğü saat kesin bir dille bu kaydın gerçek olmadığını bildiriyor. Kendisini bizzat tanıyan hiç kimse bu sözcüklerin onun ağzından çıktığına inanmıyor, onlarca insan ona destek çıkıyor. Gelgelelim kadın adayın beyanına inanmayı seçen herkesin yüzleşmesi gereken çok rahatsız edici bir gerçek mevcut: Bu, onun sesi. Yahut en azından her insanın kulağına, konuşan kişi söz konusu adaymış gibi geliyor. Belli sözcükleri ve ifadeleri belirgin telaffuz biçimi, konuşmasındaki tonlama... Tümü inkâr edilemez biçimde, çoğu insanın yakında ABD'nin seçilmiş başkanı olacak saydığı kadına aitmiş gibi.

Ses kaydı internette patlarken, kablolu televizyon kanallarında tekrar tekrar oynatılırken sosyal medya evreni de kafa karışıklığı ve öfkeyle çalkalanmaya başlıyor. Zaten aday gösterilmeden

önce kendisinin başta berbat bir adaylık mücadelesine girmesi gerekmiş, şimdi rakiplerinin öfke dolu destekçileri kadın adayın çekilmesi çağrısında bulunuyorlar.

Adaylık kampanyasını yürütenler, ses dosyasını değerlendirmek üzere hemen bağımsız bir bilirkişi heyetini işe koşuyor. Bilirkişiler bir gün süren yoğun analiz süreci ardından kaydın muhtemelen bir "derin sahtecilik" eseri olduğunu ilan ediyorlar: Yani bu ses kaydı adayın konuşma örnekleri üzerinde yoğun bir eğitimden geçmiş makine öğrenmesi algoritmalarınca türetilmiş olabilir. Yıllardır ileri derin sahtecilik ürünü medya hakkında uyarılar yapılıyordu ancak bu zamana dek bunlar çok ilkel düzeydeydi ve uydurma olduğunu tespit kolaydı. Bu örnekteyse durum farklı; teknolojinin önemli ölçüde ilerlediği açık... Bilirkişi heyeti bile mutlak bir kesinlikle ses dosyasının sahte olduğunu, gerçek bir kayıt olmadığını söyleyemiyor.

Bilirkişi heyeti kararlılıkla bu iddiayı savununca kampanyadakiler ses dosyasının çevrimiçi kopyalarının çoğunu erişimden çıkarıyor. Ancak milyonlarca insan çoktan bu kayıttaki sözleri duymuş bile. Seçim günü yaklaştıkça çok önemli bazı sorular havada kalıyor: Kaydı duyan herkes bunun muhtemelen sahte olduğundan haberdar mı? Bu kaydın üretildiği söylenen seçmenler, şimdilerde silinemeyecek biçimde belleklerine kazınmış hâle gelen bu nefret dolu sözcükleri bir şekilde "duymamış gibi" yapabilecekler mi? Hele de bu sohbetin hedefi olan gruba aitlerse? Bu ses dosyası Demokrat Parti adaylarının en çok bel bağladığı topluluklarda seçmen katılım oranını azaltacak mı? Peki, ya aday kaybederse? O zaman Amerikan halkının çoğunluğu seçimin çalındığını mı düşünecek? O zaman ne olacak?

Yukarıda sunulan senaryo görüleceği üzere bir kurgu... Ancak işin gerçeği şu ki bu senaryonun bir benzeri gerçekleşebilir. Hatta belki birkaç yıl içerisinde... Şüpheniz varsa şu olguyu düşünün: Temmuz 2019'da Symantec adlı siber güvenlik şirketi, adını

vermediği üç kuruluşun, derin sahtecilikle üretilen ses dosyaları kullanan suçlularca milyonlarca dolar dolandırıldığını açıkladı.[1] Her üç olguda da suçlular bunu YZ ile türetilen bir ses dosyasıyla yapmıştı. Şirketlerin CEO'larının sesi YZ ile türetilmiş, uydurma bir telefon görüşmesiyle finans biriminde çalışanlara yasadışı bir banka hesabına para aktarma talimatı verilmişti. Yukarıdaki senaryodaki hayalî başkanlık adayı gibi CEO'ların da genelde makine öğrenmesi algoritmalarını eğitmede kullanılabilecek, yığınla zengin çevrimiçi ses kayıtları (konuşmaları, televizyon programları vs.) mevcuttur. Teknoloji henüz gerçekten yüksek nitelikli ses kaydı üretebileceği bir noktaya varmadığından söz konusu gerçek olgularda suçlular üretilen kaydın kusurunu gizlemek için bilerek art alan sesi (örneğin trafik sesi) eklemişlerdi. Ne var ki önümüzdeki yıllarda derin sahteciliğin kalitesinin ciddi ölçüde gelişeceği kesin... En sonunda işler muhtemelen öyle bir noktaya varacak ki gerçek, kurgudan ayrılamayacak.

Derin sahteciliğin kötü niyetli kullanımı ses kaydıyla sınırlı değil; fotoğraf, video, hatta tutarlı metinler de türetmede kullanılabilir. Üstelik bu, yapay zekâ ilerledikçe yüzleştiğimiz önemli risklerden yalnızca biri. Önceki bölümde YZ destekli gözetim ve yüz tanıma teknolojilerinin nasıl kişisel gizlilik kavramının ta kendisini yok edip bizi Orwellci bir geleceğe sürükleyebileceğini görmüştük. Bu bölümdeyse YZ daha da güçlü hâle gelince olabilecek kaygı verici diğer meselelerden bazılarını inceleyeceğiz.

HANGİSİ GERÇEK, HANGİSİ YANILSAMA? DERİN SAHTECİLİK VE GÜVENLİK TEHDİTLERİ

Derin sahtecilik genelde "çekişmeli üretici ağlar" (ÇÜA) olarak bilinen derin öğrenme inovasyonundan güç alıyor. ÇÜA'lar birbiriyle rekabet hâlindeki sinir ağlarını bir tür oyuna sokuyor. Bu oyunda sistem hiç durmadan daha da yüksek nitelikli simüle

medya üretiyor. Örneğin sahte fotoğraf üretmek üzere tasarlanan bir ÇÜA'da iki bütünleşik derin sinir ağı olur. İlk ağa "üretici" denir, bu "üretici ağ" sahte görüntü üretir. Gerçek fotoğraflardan oluşan bir veri seti üzerinde eğitilmiş ikinci ağa ise "ayrıştırıcı" adı verilir. Üretici ağın sentezlediği sahte görüntüler gerçek fotoğraflarla karıştırılır ve "ayrıştırıcı ağ" bu karışımla beslenir. Bu iki ağ sürekli etkileşimde bulunur: Ayrıştırıcı sürekli üreticinin ürettiği her bir fotoğrafı değerlendirip bunun gerçek mi, sahte mi olduğuna karar verir. Üreticinin hedefi sahte fotoğrafları ayrıştırıcıdan geçirterek ayrıştırıcıyı kandırmaktır. Bu iki ağ özyinelemeli mücadelesini sürdürürken görüntü kalitesi de giderek iyileşir, en sonunda sistem bir tür dengeye ulaşır: Ayrıştırıcı incelediği görüntülerin özgünlüğünü ancak tahmin edebileceği bir hâle gelir. Bu teknik insanı afallatan nitelikte uydurma görüntüler üretir. İnternette "çekişmeli üretici ağ sahte yüzler" ("*GAN fake faces*") diye aratırsanız aslında olmayan bireylerin yüksek nitelikli görüntülerine dair çok sayıda örnek görebilirsiniz. Siz de ayrıştırıcı ağın rolüne bürünmeyi deneyebilirsiniz. Karşınızdaki fotoğraflar tümüyle gerçek gibi dursa da aslında birer yanılsama; dijital buharla işlenmiş dijital bir serap...*

Çekişmeli üretici ağlar Montreal Üniversitesi'nde lisans sonrası eğitim gören Ian Goodfellow adındaki bir öğrenci tarafından icat edildi. Goodfellow 2014'te bir akşam birkaç arkadaşıyla mahalli bir bara içmeye gitti. Yüksek nitelikli görüntü üretebilecek bir derin öğrenme sistemi kurma problemini tartıştılar. Goodfellow, çekişmeli üretici ağların ardındaki temel kavramla çıkageldi ancak kaç bardak bira içtiyse artık, önerisine müthiş bir şüpheyle

* Bu çevirinin hazırlanma sürecinde görüntü işlemede bir başka devrim gerçekleşti: DALL·E 2. OpenAI'ın ürettiği DALL·E 2, bir başka "üretici" yöntem ve "dağılma" ("difüzyon") modeliyle kullanıcıların girdiği metinden gerçekçi görüntüler oluşturabiliyor, fotoğrafları ve resimleri birbirine karıştırabiliyor. Örneğin meşhur *İnci Küpeli Kız* tablosunun istediğiniz çeşitlemesini yalnızca metin girerek yaratabiliyorsunuz (ç.n.). https://openai.com/dall-e-2

yaklaştılar. Ardından Goodfellow eve gidip hemen kod yazmaya başladı. Birkaç saat sonra elinde ilk işlevsel ÇÜA vardı. Goodfellow bu başarısı sayesinde derin öğrenme camiasında efsanevi bir karaktere dönüşecekti. Facebook'un baş YZ bilimcisi olan Yann LeCun'a göre, çekişmeli üretici ağlar "son yirmi yılda derin öğrenmedeki en havalı fikir..."[2] Goodfellow Montreal Üniversitesi'nde doktorasını bitirdikten sonra Google Beyin projesinde ve OpenAI'da çalıştı, şimdiyse Apple'da makine öğrenmesi yöneticisi. Kendisi aynı zamanda derin öğrenme üzerine önde gelen üniversite ders kitaplarından birinin esas yazarlarından.

Çekişmeli üretici ağlar çok olumlu biçimlerde de kullanılabilir. Üretilen sentezlenmiş görüntüler ve medya özellikle diğer makine öğrenmesi sistemlerinde eğitim verisi olarak değerlendirilebilir. Örneğin bir ÇÜA'nın ürettiği görüntüler sürücüsüz arabalarda kullanılan derin sinir ağlarını eğitmede kullanılabilir. Dahası şu da önerildi: Diyelim ki beyaz olmayan insanlara ait yüksek kaliteli gerçek görüntüler etik biçimde ve yeterli sayıda edinilemiyor; o hâlde etnik köken yanlılığı problemini aşmada sentetik beyaz olmayan insan yüzlerinden yüz tanıma sistemlerini eğitmede istifade edilebilir. ÇÜA'lar ses sentezlemede kullanıldı mı konuşma yetisini yitirmiş kişilere, kendi seslerine benzeyen bilgisayarla üretilmiş ikame seslerle konuşma imkânı sağlayabilir. Nitekim vefat eden Stephen Hawking, ALS veya diğer adıyla Lou Gehrig hastalığı olarak anılan, nöron kaybı yaratan bir hastalık yüzünden sesini kaybetti. Kendisinin bilgisayarla sentezlenmiş bir sesle konuşması meşhurdu. Daha yakın zamanda Amerikan Futbol Ligi'ndeki oyunculardan Tim Shaw gibi ALS hastaları doğal seslerine kavuşabildi. Hastalıktan önceki ses kayıtları üzerinden derin öğrenme sistemleri eğitildi.

Gelgelelim teknolojinin kötüye kullanılma potansiyelinden kaçış yok. Eldeki kanıtlar şimdiden teknoloji meraklılarının bunun cazibesine direnemediğini gösteriyor. Mizah yahut eğitim

amacıyla üretilen derin sahte videolar yayıldı, bunlar nelerin mümkün olduğunu gösteriyor. Mark Zuckerberg gibi çok tanınan bireylerin yer aldığı çok sayıda sahte video bulabilirsiniz, bu videolarda tahminen asla (en azından herkesin ortasında) söylemeyecekleri şeyler söylüyorlar. En meşhur örneklerden biri *BuzzFeed*'le işbirliğiyle aktör ve komedyen Jordan Peele'in Barack Obama'nın sesini taklit etmesi. Peele'in halka, yaklaşan derin sahtecilik video tehdidine karşı farkındalık oluşturma niyetiyle çektiği kamu hizmeti videosunda, Obama "Başkan Trump tam bir ahmak!" gibi şeyler söylüyordu.[3] Bu videoda Peele'in sesi Obama'nın taklidiydi, videoda görülen Obama'ysa sahte bir Obama'ydı. Kullanılan teknikte Obama'nın var olan videoları, Peele'in konuşmasıyla eşleşecek biçimde Obama'nın dudaklarını oynatarak manipüle ediliyordu. En sonunda sesin de derin sahtecilikle uydurulacağı videolar da görmemiz muhtemel...

Özellikle yaygın derin sahtecilik tekniğinde bir kişinin yüzü, bir başka kişinin gerçek videosunun üzerine dijital yollarla aktarılıyor. Yeni kurulan ve derin sahteciliği tespit etme araçları sunan teknoloji şirketi Sensity'ye (eski adıyla Deeptrace) göre, 2019'da çevrimiçi sunulan en az on beş bin derin sahtecilik eseri uydurma medya mevcuttu; bu da önceki yıla göre yüzde 84 artışa tekabül ediyordu.[4] Bunların içinde yüzde 96'sının tamamı, ünlü bir kişinin yüzünün bir porno oyuncusunun bedenine yerleştirildiği pornografik görüntüleri ve videoları içeriyordu; bu ünlülerin neredeyse hepsi kadındı.[5] Taylor Swift ve Scarlett Johansson gibi ünlüler bu derin sahteciliğin başlıca hedefiyken teknoloji ilerledikçe ve derin sahte üretme araçları daha kolay ve daha ulaşılabilir olursa böylesi bir dijital taciz en sonunda neredeyse herkesi hedefleyebilir.

Derin sahteciliğin kalitesi hiç durmadan artarken uydurma ses veya video medyasının hakikaten yıkıcı olma tehdidi de kaçınılmaz... Bu bölümün başındaki kurgulanmış anekdotta olduğu üzere, yeterince inanılır bir derin sahtecilik tarihin gidişatını

gerçekten değiştirebilir. Böylesi uydurma medyayı üretme imkânı çok yakında siyasi gücün, yabancı devletlerin, hatta yaramaz ergenlerin eline düşebilir. Üstelik endişelenmesi gerekenler yalnızca siyasiler ve ünlüler de değil. Viral video, sosyal medyada utandırma, "boykot kültürü" çağında neredeyse herkes bunun hedefi olabilir; hem kariyeri hem yaşamı derin sahte bir videoyla yok olabilir. Geçmişi etnik gruplara adaletsizlikle dolu ABD de planlı sosyal ve siyasi yıkıma karşı özellikle savunmasız olabilir. Polis şiddetini gösteren viral videoların neredeyse ânında yaygın protestolara ve toplumsal karmaşaya yol açabildiğini gördük. Gelecekte bir an gelip toplumsal dokunun ta kendisini lime lime etme tehdidi taşıyan, kışkırtıcı bir videonun da (belki de yabancı bir istihbarat teşkilatı tarafından) sentezlenebileceği gayet akla yatkın görünüyor.

Sırf kâr amacı güden kişilerin eline, saldırı ve yıkım amaçlı videoların ve ses kayıtlarının ötesinde, neredeyse sonsuz sayıda yasadışı iş imkânı da geçecek. Suçlular bu teknolojiyi finans ve sigorta sahtekârlıklarından hisse senedi manipülasyonuna kadar her şeyde kullanmaya can atacaktır. Bir kurumun CEO'sunun yalan beyanı, dengesizce bir davranışı şirket hisselerinin dibe çakılmasına yol açabilir. Derin sahtecilik hukuk sisteminin de tekerine çomak sokacaktır. Keza uydurma medya dosyalara kanıt olarak girebilir. Hakimler ve jüriler en nihayetinde neyin gerçek neyin yanılsama olduğuna çok zor karar verdikleri, hatta belki de bilemedikleri bir dünyaya adım atabilirler.

Muhakkak bunlara çözüm getirmeye uğraşan akıllı insanlar da var. Örneğin Sensity çoğu derin sahtecilik eseri videoyu tespit edebildiğini iddia ettiği bir yazılım pazarlıyor. Ancak teknoloji ilerledikçe bir silahlanma yarışı kaçınılmaz... Bu silahlanma yarışı yeni bilgisayar virüsü yaratanlarla onlara karşı koruma sunan şirketler arasındakine benzeyecektir ve kötü niyetli faillerin hep en azından ufak bir avantajla yarışa başlaması muhtemel... Ian

Goodfellow sırf "piksellere bakarak" bir görüntünün gerçek mi, sahte mi olduğunu bilemeyeceğimizi düşünüyor.[6] Bunun yerine fotoğraf ve videolar için sibernetik imza gibi kimlik doğrulaması mekanizmalarına bel bağlamamız gerekecek. Belki de bir gün her kamera ve cep telefonu kaydettiği her medya parçasına dijital imza yerleştirecek. Truepic adlı yeni kurulan bir teknoloji şirketi şimdiden bu tür kapasiteye sahip bir uygulama sunuyor. Şirket müşterileri arasında büyük sigorta şirketleri yer alıyor. Bu şirketler müşterilerinden gelen fotoğraflar üzerinden çalışıyor. Müşterilerin yolladığı söz konusu fotoğraflar binalardan mücevherata ve pahalı ıvır zıvıra varana dek her şeyin değerini belgeliyor.[7] Yine de Goodfellow'un düşüncesine göre muhtemelen derin sahtecilik problemine mükemmel bir teknolojik çözüm üretilemeyecek. Bunun yerine gördüğümüz, işittiğimiz şeylerin yanılsama olma ihtimali taşıdığı yeni, emsalsiz bir gerçeklikte kendimize yol çizmeyi bir şekilde öğrenmemiz gerekecek.

Derin sahte medya insanları kandırma niyetiyle üretilse de bununla ilişkili bir diğer problem de makine öğrenmesi algoritmalarını kandırmaya veya denetlemeye yönelik kötü amaçlı veri uydurulması. Bu "çekişmeli ağ saldırıları" bir makine öğrenmesi sisteminin hata yapmasına yol açıyor, öyle ki saldırgan arzu ettiği çıktıyı üretebiliyor. Görüntü işleme söz konusu olduğunda bu, sinir ağının görüntüyü yorumlayışını bozan bir şeyi görme alanına yerleştirmeyi içeriyor. Şöyle meşhur bir örnek var: Araştırmacılar bir panda fotoğrafını çekmiş. Derin öğrenme sistemi de yaklaşık yüzde 58 güvenirlik düzeyinde pandayı doğru tespit etmiş. Ardından görüntüye özenle yapılandırılmış görsel gürültü ekleyerek sistemi kandırmışlar, gördüğünün panda değil de yüzde 99 güvenirlik düzeyinde bir gibon olduğuna karar vermiş.[8] Bu tekniğin kan dondurucu bir kanıtı da var: Sürücüsüz arabalarda kullanılan türden bir görüntü tanıma sistemini, dur levhasının aslında saatte 70 kilometre hız limiti olduğuna inandırmışlar.

Bunu da basitçe, bir dur levhasına dört adet siyah ve beyaz renkli ufak dikdörtgenler yerleştirerek yapmışlar.[9] Bir başka deyişle, çekişmeli ağ saldırıları kolayca ölüm kalım meselesine dönüşebilir. Her iki durumda da bir insan gözlemci görüntüye gizlice eklenen bilgiyi fark etmeyebilir, dahası kesinlikle bu bilgi insan gözlemcinin kafasını da karıştırmayacaktır. Bence bu, bugünün derin sinir ağlarında biriken anlayışın gerçekte nasıl da sığ, nasıl da kırılgan olduğunun capcanlı bir kanıtı.

Çekişmeli ağ saldırıları YZ araştırmaları camiasında ciddiye alınıyor ve kritik bir güvenlik açığı olarak görülüyor. Gerçekten de Ian Goodfellow araştırma kariyerini büyük ölçüde makine öğrenmesi sistemlerindeki güvenlik meselelerini incelemeye ve olası tedbirleri geliştirmeye vakfetti. Çekişmeli ağ saldırılarına karşı sağlam duracak YZ sistemleri kurmak öyle kolay bir iş değil. Bir yaklaşım "çekişmeli öğrenme" içeriyor. Bu yaklaşımda sistem kullanıma geçildiğinde sinir ağının bu saldırıları tespit edebilmesi umuduyla eğitim verisine bile bile çekişmeli örnekler katılıyor. Ne var ki derin sahtecilikte olduğu üzere, bunun da saldırganın hep avantaj sahibi olacağı, kalıcı bir silahlanma yarışına dönüşeceği kesin gibi. Goodfellow'un belirttiği üzere "Henüz hiç kimse çok çeşitli çekişmeli örnek saldırısı algoritmalarına direnebilecek, gerçekten güçlü bir savunma algoritması tasarlayamadı."[10]

Çekişmeli ağ saldırıları makine öğrenmesi sistemlerine özgü ancak ileride siber suçlular, bilgisayar korsanları veya yabancı istihbarat teşkilatlarının kötü amaçlarla yararlanabileceği bilgisayar güvenlik açıkları listesinde önemli bir kalem olacak. Yapay zekâ kullanıldıkça; Nesnelerin İnterneti aygıtlar, makineler, altyapı arasında daha çok karşılıklı bağlantı ürettikçe güvenlik meselesi çok daha büyük önem arz edecek, siber saldırılar da neredeyse kesinlikle daha sık olacak. YZ'nin daha yaygın kullanımıyla kaçınılmaz olarak daha otonom sistemler oluşacak, çalışma döngüsünde daha az insan olacak, bu sistemler de siber saldırı için

cazip hedeflere dönüşecek. Örneğin diyelim ki bir gün sürücüsüz tırlar gıda, ilaç ve kritik önem taşıyan ikmal malzemelerinin teslimatında kullanılmaya başladı. Bu araçları durdurabilecek veya önemli gecikmeler oluşturabilecek bir saldırının ölüm kalım meselesi olması mümkün...

Bunların sonucunda yapay zekânın giderek kolay erişilmesi ve yapay zekâya bel bağlanması tüm sistemde güvenlik riskleri de doğuracak. Bu güvenlik riskleri içerisinde kritik önem taşıyan altyapı ve sistemlerin yanı sıra toplumsal düzene, ekonomimize ve demokratik kurumlarımıza yönelik tehditler de yer alacak. Yapay zekânın yükselişiyle irtibatlı en önemli yakın vadeli tehlikenin güvenlik riskleri olduğunu savunuyorum. Bu nedenle sağlam YZ sistemleri kurmaya odaklı araştırmaya yatırım yapmamız hayati önem taşıyor. Dahası kritik güvenlik açıkları oluşmadan uygun düzenlemeleri ve tedbirleri geliştirmek için devletle ticari sektör arasında etkin bir koalisyon kurulması da aynı derecede hayati önem taşıyor.

ÖLÜMCÜL OTONOM SİLAHLAR

ABD başkentinde yüzlerce minyatür dron eşgüdümlü bir saldırı için sürü hâlinde ABD Kongre binasına dalıyor. Dronlar yüz tanıma teknolojisi kullanarak tek tek belli bireyleri tespit ediyor. Sonra son hız doğruca üzerlerine uçuyor, etkisi artırılmış patlayıcılarla hedef seçerek kamikaze suikast saldırısı düzenliyor. Patlayıcılar mermi gibi etki ederek öldürüyor. Kongre binası tamamen karmaşaya gömülüyor ancak sonra Kongre'de hedeflenen üyelerin tek bir siyasi partiye üye olduğu ortaya çıkıyor.

Bu, 2017 tarihli *Slaughterbots* [*Katliambotları*] kısa filminde çizilen kan dondurucu senaryolardan yalnızca biri.[1] Ölümcül otonom silahların büyüyen tehlikesine dair bir uyarı olan bu video Stuart Russell'la beraber çalışan bir ekipçe yapıldı. Stuart

Russell, Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde bir bilgisayar bilimleri profesörü; yakın tarihli çalışmaları teknoloji ilerledikçe gelişecek yapay zekâya içkin risklere odaklı... Russell'ın görüşüne göre, ölümcül otonom silahlar yeni tür kitle imha silahı olarak sınıflandırılmalı. Birleşmiş Milletler'se ölümcül otonom silahları "insan müdahalesi olmadan hedefin yerini tespit eden, hedef seçen ve hedefi yok eden" silahlar olarak tanımlıyor.[12] Diğer bir deyişle, YZ'li silah sistemleri en nihayetinde kimyasal, biyolojik, hatta nükleer silahlar kadar yıkıcı ve istikrar bozucu olabilir.

Bu savın temelinde, bir kez hedefi öldürmede doğrudan insan denetimini ve onayını kaldırdınız mı böylesi silahların ortaya çıkaracağı yıkımın son derece ölçeklenebilmesi yatıyor. Tüm dronların silah olarak kullanılması mümkün, aynı anda yüzlercesini havaya fırlatabilirsiniz ama uzaktan kontrol edilebilirlerse bu aygıtların pilotluğunu yapacak yüzlerce kişiye ihtiyacınız oluyor. Şayet dronlar tam otonom olursa ufak bir ekip devasa sürüleri harekete geçirebilir, neredeyse tasavvur edilemeyecek bir katliam yaratabilir. Russell'ın bana söylediği üzere, "Bir kişi saldırıyı başlatırken kumanda odasındaki beş kişi on milyon silahı harekete geçirebilir, bir ülkedeki 12 ila 60 yaşları arasındaki tüm erkekleri yok edebilir. Yani bunlar kitle imha silahı da olabilir, bu ölçeklenebilirlik özelliğine sahipler."[13] Yüz tanıma algoritmalarının etnisite, toplumsal cinsiyet yahut kılık kıyafete göre ayrım yapabilme becerisi ortadayken daha önce akla bile gelmeyecek bir acımasızlıkla ve hızla gerçekleştirilecek otomatik etnik temizlik veya siyasi rakiplerin kitlesel suikasta uğraması gibi gerçekten kan dondurucu senaryoları hayal etmek mümkün...

Gerçekten distopik olasılıkları tamamen bir kenara bıraksak, bu teknolojinin kesinlikle meşru askerî muharebelerle kısıtlı kalacağını varsaysak bile otonom silahlar hayati etik kaygılar doğuruyor. Bir makineye kendi başına insan yaşamını alma becerisi vermek hedefleme verimliliğini artırsa, belki de masum görgü

şahitlerine istenmeyen zararları azaltmak için kullanılsa bile ahlaken kabul edilebilir mi? Doğrudan insan denetimi yokken yaralanmalarla, can kaybıyla sonuçlanabilecek bir hata oluşması hâlinde kim bundan sorumlu tutulacak?

Geliştirmeye çalıştıkları teknolojinin böylesi silahlarda kullanılabileceği tehlikesi çoğu yapay zekâ araştırmacısında epey sıkıntı ve tartışma yaratıyor. 4.500'ü aşkın bireyin yanı sıra yüzlerce şirket, kurum ve üniversite asla otonom silahlar üzerine çalışmama niyetlerini beyan eden halka açık mektuplar imzalayıp bu teknolojinin geneline yasak getirilmesi çağrısında bulundular. Birleşmiş Milletler Konvansiyonel Silahlar Sözleşmesi çerçevesinde, aşağı yukarı hâlihazırda yasaklı kimyasal ve biyolojik silahlar gibi, tam otonom cinayet makinelerinin de yasaklanmasına yönelik bir girişim mevcut... Gelgelelim bu girişimin gidişatı pek iç açıcı değil. BM nezdinde bir yasaklama getirilmesine odaklı bir hak savunucusu grubu olan Katil Robotları Durdurun Kampanyası'na göre, 2019 itibariyle çoğu küçük veya gelişmekte olan ülkelerden yirmi dokuz ülke resmen otonom silah teknolojisinin tamamen yasaklanması çağrısında bulundu. Ne var ki başlıca askerî güçler bu çağrıya mutabık olmadı. Tek istisna Çin. Çin bu çağrıya yalnızca bu silahların gerçekten kullanılmasına yasak getirilmesi şerhini koyarak katıldı; dolayısıyla söz konusu silahların geliştirilip üretilmesine müsaade edilmeli, diyor.[14] ABD de Rusya da bu yasağa karşı çıktı. Hâliyle bu silahların yakın zamanda tamamen yasaklanması pek muhtemel görünmüyor.[15]

Ben duruma epey kötümser bakıyorum. Büyük ülkeler arasındaki rekabetçi dinamik ve güven yoksunluğu yüzünden tam otonom silahların hiç olmazsa geliştirileceği kuvvetle muhtemel... Gerçekten de ABD ordusunun yanı sıra Rusya, Çin, Birleşik Krallık, Güney Kore sürü hâlinde hareket etme becerisini aktif olarak geliştiriyor.[16] Benzer biçimde ABD ordusu ufak tanklara benzer silahlı robotlar kullanıyor;[17] Hava Kuvvetlerinin

hava muharebelerinde insanların pilotajındaki hava taşıtlarını yenme becerisine sahip insansız, YZ güdümlü savaş jetleri geliştirdiği bildiriliyor.[18] Çin, Rusya, İsrail ve diğer ülkeler de benzer teknolojiler kullanıyor veya geliştiriyor.[19]

Şimdiye dek ABD ve diğer büyük ordular, insanların hep döngü içerisinde kalacağı, bu makineler can kaybıyla sonuçlanabilecek bir saldırıya girişmeden önce belli onayların gerekeceği taahhüdünde bulundu. Gelgelelim işin gerçeği şu: Harp meydanında tam otomasyon muazzam taktik avantaj sağlayacak. Hiçbir insan yapay zekânın hızıyla kıyaslanabilir hızda tepki veremez ve karar alamaz. Bir kez bir ülke mevcut gayriresmî tam otonomi yasağını ihlal edip bu kapasiteleri kullanıma sokmaya başladı mı rakip orduların buna uyması kaçınılmaz; zira aksi hâlde kritik bir dezavantajlı konuma düşülecek. Geride kalma korkusu ABD, Çin ve Rusya'nın otonom silah sistemleri geliştirilip üretilmesine yönelik resmî yasağa karşı çıkmasının ana nedenlerinden biri.

Bence bu durumun nasıl gelişeceğini bir başka savaş biçimine bakarak anlayabiliriz: Wall Street'teki YZ'li ticaret sistemleri arasındaki kesintisiz savaş. Şimdilerde büyük borsalardaki günlük işlemlere alım-satım algoritmaları hâkim ve ABD'deki genel alım-satım hacminin neredeyse yüzde 80'ini teşkil ediyor. 2013 kadar erken bir tarihte bir grup fizikçi finans piyasasını inceleyip *Nature* bilim dergisinde bir makale yayımladılar. Bu fizikçiler "birbirleriyle rekabet hâlindeki avcı algoritma sürülerinden oluşan bir makine ekolojisinin ortaya çıktığını" tespit ettiler. İddialarına göre robotik işlemler artık sistemi tasarlayan insanların kontrolünün -hatta havsalalarının- dışına taşmış durumda.[20] Bu algoritmalar şimdilerde YZ'deki son gelişmeleri de bünyelerine kattı, piyasaya etkileri ciddi ölçüde arttı, etkileşim biçimleri daha da anlaşılmaz hâle geldi. Örneğin çoğu algoritma Bloomberg ve Reuters gibi şirketlerin sunduğu makinelerce okunabilir haber kaynaklarından doğrudan bilgi çekebiliyor, ardından

milisaniyeler içerisinde bu bilgiye dayalı olarak alım-satım yapıyor. İş kısa vadeli anbean alım-satıma geldi mi hiçbir insan algoritmaları tufaya getirmek bir kenara dursun, neler olup bittiğini bile anlayamıyor. En nihayetinde aynısının harp meydanlarındaki kinetik çatışmaların çoğu için de geçerli olacağından şüpheleniyorum.

Şayet otonom harp meydanı teknolojileri yalnızca büyük ordularca kullanılsa bile bu epey ciddi bir tehlike... Bir robotik savaş öyle bir hızda gelişebilir ki askerî veya siyasi liderlerin durumu tam anlama veya çatışmaları azaltma becerilerini tümden ellerinden alabilir. Diğer bir deyişle, görece küçük bir olayın, sonucunda gafletle büyük bir savaşa dönüşme ihtimali de ciddi oranda artabilir. Bir diğer kaygım da şu: Robotların robotlarla savaştığı, çok az insan yaşamının o an tehlike altına girdiği bir dünyada savaşa girme maliyetine yönelik algı çok düşük olabilir ve bu çok rahatsız edici... Hatta bu durumun ABD'de şimdiden geçerli olduğu söylenebilir. Hepsi gönüllülerden oluşan bir ordu yeğlenerek zorunlu askerliğin kaldırılması, toplumun seçkinlerinin çok küçük bir kesiminin çocuklarını silahlı kuvvetlerde hizmet etmeye yollamasına yol açtı. Bunun sonucunda en çok güce sahip olanların bu oyunda kaybedeceği çok az şey var; askerî harekâtın doğrudan kişisel maliyetlerinden yalıtılmış durumdalar. Bence bu kopukluk ABD ordusunun Orta Doğu'da on yıllar süren angajmanlara girişmesine önemli etki ediyor gibi. Şurası kesin, tehlikenin önüne bir makine geçip bir askerin yaşamını koruyacaksa bu iyi bir şey... Ne var ki iş bir savaşa girme kararı almaya geldiğinde dikkatli olmalı, bu düşük risk algısının kolektif sağduyumuzu etkilemesine izin vermemeli.

En büyük tehlike şu: Meşru devletler ve ordular bu silahlar üretildi mi ölümcül otonom silahların kontrolünü yitirebilir. Böylesi bir durumda silahlar yasadışı silah satıcılarının eline düşüp satılabilir; nasıl teröristlerin, paralı askerlerin veya haydut devletlerin eline makineli tüfekler veya diğer küçük silahları

veriyorlarsa bunları da verebilirler. Otonom silahlar yaygınlaşırsa *Slaughterbots* [*Katliambotları*] videosundaki kâbus senaryosu kolayca gerçeğe dönüşebilir. Söz konusu silahlar satın alınamasa bile bu teknolojileri geliştirmenin önündeki engeller diğer kitle imha silahlarının geliştirilmesinin önündeki engellerden daha az... Hele de dronlar söz konusu olunca ticari veya eğlence uygulamalarına yönelik, kolay edinilebilir teknoloji ve bileşenlerin silaha dönüştürülmesi muhtemel... İşin içine bir ulus-devletin kaynakları girse dahi nükleer silah üretilmesi muazzam zorluklar içerse de ufak bir otonom dron sürüsünün tasarlanıp kullanıma sokulması bir bodrum katında çalışan birkaç kişi tarafından bile gerçekleştirilebilecek bir şey... Tıpkı bir virüs gibi otonom silah teknolojisi dışarı salındı mı kendimizi savunmak, bunu bastırmak güç olabilir; kaos başlayabilir.

Genelde medya kışkırtmasıyla yapılan yaygın bir hata, ölümcül otonom silah tehdidini hepimizin *Terminator* gibi filmlerde gördüğü bilimkurgu senaryolara bağlamak... Bu bir kategori hatası, dahası dikkatimizi bizzat tehlike yaratacak biçimde dağıtıyor; böylesi silahların yakın vadedeki tehlikelerini görmüyoruz. Karşı karşıya olduğumuz risk bu makinelerin bir şekilde kontrolümüzden çıkması, kendi iradeleriyle bize saldırmaları değil ki. Bu yapay genel zekâyı gerektiren bir şey, gördüğümüz üzere en iyi ihtimalle on yıllar sonra gerçekleşebilir. Bundan ziyade endişelenmemiz gereken şey insanların bir iPhone'dan daha "zeki" olmayan silah üretmeyi tercih etmesi. Ama bunlar öyle makineler ki hedefleri tespit, takip ve öldürmede acımasızca becerikli... Bu da hiçbir biçimde yalnızca bir gelecekbilimciye has bir kaygı değil. *Slaughterbots* [*Katliambotları*] videosunun sonunda Stuart Russell'ın dediği üzere, film "zaten elimizdeki teknolojilerin bütünleşmesi ve minyatürleştirilmesinin sonuçlarını" dramlaştırıyor. Diğer bir deyişle, bu silahlar birkaç yıl içerisinde bile çıkabilir. Bunu engellemek istiyorsak "fırsat penceresi kapanmak

üzere."[21] Söz konusu silahlara yönelik Birleşmiş Milletler tasdikli bir yasak yakın zamanda çıkmayacağına göre, uluslararası camia en azından böylesi silahların asla teröristlerin eline geçmemesini veya devlet harici aktörlerin bunları sivillere karşı kullanmamasını sağlamalı.

MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARINDA ÖNYARGI, ADİLLİK VE ŞEFFAFLIK

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi gitgide yaygın kullanıma geçerken bu algoritmaların ürettiği sonuçların ve tavsiyelerin adil olduğuna dair bir algı gelişmesi, algoritmaların ardındaki akıl yürütmenin yeterince açıklanması elzem. Şayet bir endüstriyel makinenin enerji verimliliğini azamiye çıkarmak için bir derin öğrenme sistemi kullanıyorsanız algoritmanın belli bir sonuca varmasını sağlayan ayrıntıları pek de umursamazsınız; yalnızca en iyi sonuca ulaşmak istersiniz. Ancak makine öğrenmesi ceza yargılaması, işe alım kararları veya ev ipoteği başvurularının işlenmesi gibi alanlara uygulanırsa yahut bir başka deyişle, insanların haklarını ve gelecekteki refahını doğrudan etkileyen yüksek riskli kararlar almada kullanılırsa algoritmaların ürettiği sonuçların hiçbir demografik gruba önyargıyla yaklaşmadığını, bu sonuçların analizinin şeffaf ve adil olduğunu gösterebilmek büyük önem taşıyor.

Makine öğrenmesinde önyargı yaygın bir mesele, çoğu kez problem algoritma eğitmede kullanılan veriden kaynaklı... Önceki bölümde gördüğümüz üzere Batı'nın geliştirdiği yüz tanıma algoritmaları genelde beyaz olmayan insanlara karşı önyargılı; çünkü eğitim veri setleri baskın oranda beyaz yüzleri içerme eğiliminde. Daha genel bir problemse algoritmaları eğitmede kullanılan verilerin çoğunun doğrudan insan davranışları, kararları ve eylemlerinden türetilmesi. Şayet veriyi üreten insan şu ya da bu

şekilde önyargılıysa (örneğin etnik art alana veya toplumsal cinsiyete önyargılı yaklaşıyorsa) o hâlde söz konusu önyargı otomatik olarak eğitim veri setinde de barınıyor.

Buna bir örnek olarak büyük bir şirkette açık pozisyon için belli özgeçmişleri elemek üzere tasarlanmış bir makine öğrenmesi algoritmasını ele alalım. Böylesi bir sistem benzer işlere geçmiş başvurulardan edinilmiş tüm özgeçmişlerin tam metni üzerinden eğitilebilir. Bu metinlerle bu özgeçmişlere yönelik işe alım yöneticilerinin kararları da devreye girer. Makine öğrenmesi algoritmaları tüm bu verileri karıştıracak, hangi adayın sonraki iş mülakatlarına çağrılacağını belirleyen özgeçmişin niteliklerini sindirecektir. Bunun yanı sıra başvuruda bulunanların özgeçmişlerindeki hangi niteliklerin bir daha değerlendirmeye alınmadan redde yol açtığını da öğrenecektir. Bir algoritma bunu etkin biçimde yapabilir. Birinci sınıf adaylara dair idare etmesi kolay bir liste oluşturur. Bu da insan kaynakları departmanının yüzlerce veya binlerce olası başvuru arasında seçim yapmasının gerektiği durumlarda çok büyük zaman tasarrufu sağlayabilir. Bu nedenle böylesi özgeçmiş eleme sistemleri, hele de büyük şirketlerde giderek yaygınlaşıyor. Gelgelelim diyelim ki algoritmanın eğitildiği geçmiş işe alım kararları şu ya da bu ölçüde işe alım yöneticilerinin açık veya bilinçdışında mevcut ırkçılığı, cinsiyetçiliği yansıtsın. O zaman makine öğrenmesi sistemi normal eğitim sürecinden geçerken otomatik olarak bu önyargıyı da biriktirecektir. Bu durum algoritma yaratıcıları menfur emeller taşıyor demek değil, önyargı eğitim verisinde mevcut... Bunun sonucunda var olan insan önyargılarının sürdürüldüğü, hatta belki de güçlendirildiği bir sistem oluşur. Böylesi bir sistemin de farklı etnisitelere veya kadınlara yönelik adaletsizliği kanıtlanabilir.

Buna çok benzer bir durum 2018'de, Amazon'da gerçekleşti. Teknik pozisyonlara başvuran özgeçmişlerin elemesinde makine öğrenmesi sisteminin kadınlara önyargıyla davrandığı

kanıtlanınca şirket söz konusu makine öğrenmesi sisteminin geliştirilmesine son verdi. Ortaya çıktı ki bir özgeçmişte "kadınların" sözcüğü geçiyorsa, yani kadın kulüplerine veya kadın sporlarına bir atıf söz konusuysa veya aday yalnızca kadınların gittiği bir yüksekokuldan mezunsa sistem o özgeçmişe düşük puan verip kadın adayı dezavantajlı bir konuma sokuyordu. Amazon geliştiricileri keşfettikleri belli problemlerde düzeltme yapsalar bile algoritmanın önyargısız davranacağının garantisi yoktu, çünkü başka değişkenler de toplumsal cinsiyet belirteci işlevini görebiliyordu.[22] Şunu önemle belirtmeli, bu illaki önceki işe alım kararlarında düpedüz cinsiyet ayrımcılığı vardı anlamına gelmiyor. Algoritma basitçe yanlı eğitilmiş olabilir; çünkü teknik rollerde kadınlar yeterince temsil edilmiyor, bundan ötürü erkekler işe alımların büyük çoğunluğunu oluşturuyor. Amazon'a göre asla geliştirme aşamasının ötesine geçmedi, asla gerçekten özgeçmiş elemede kullanılmadı ancak kullanılsaydı hiç şüphesiz teknik işlerde kadınların yetersiz temsilini pekiştirecek biçimde çalışırdı.

Makine öğrenmesi sistemleri ceza yargılaması sisteminde kullanıldığında daha yüksek riskli durumlar oluşuyor. Böylesi algoritmalar genelde kefalet, şartlı tahliye yahut ceza kararlarına destek verecek biçimde kullanılıyor. Bu sistemlerin bazıları eyalet yönetimlerince veya yerel yönetimlerce geliştiriliyor, bazılarıysa özel şirketlerce tasarlanıp satılıyor. Mayıs 2016'da kamu çıkarına yönelik araştırmacı gazetecilik yapan *Propublica* medya merkezi, belli bir bireyin hapisten salındıktan sonra mükerrer suç işleme olasılığını tahmin etmede yaygın biçimde kullanılan, COMPAS adındaki bir algoritmaya dair incelemesini yayımladı.[23] *Propublica*'nın analiz sonuçları, beyaz davalılara kıyasla Afrikalı Amerikalı davalılara hiç de adil olmayan biçimde daha yüksek risk oranı atandığına işaret ediyordu. Anekdotsal kanıtlar da bu değerlendirmeyi destekler gibiydi. *Propublica*'nın makalesinde on sekiz yaşındaki siyah bir kadına dair bir öykü de yer alıyordu. Bu siyah kadın kendisinden

çok küçük olan bir çocuğun bisikletini sürmüş, kısa mesafe gitmiş, sahibi itiraz edince de bisikleti bir kenara koymuştu. Diğer bir deyişle, bu ciddi bir hırsızlıktan ziyade bir yaramazlık gibiydi. Her hâlükârda genç kadın tutuklandı, davasına COMPAS sistemi uygulandı ve mahkemeye çıkmak üzere hapishaneye yerleştirildi. Algoritmanın bu genç kadına anlamlı ölçüde yüksek mükerrer suçlu olma riski atadığı ortaya çıktı. Algoritmaya göre bu siyahi kadının tekrar suç işleme ihtimali, daha önce silahlı soygundan tutuklanmış ve hapiste beş yıl yatmış kırk bir yaşındaki beyaz bir adama göre daha yüksekti.[24] COMPAS sistemini satan Northpoint Şirketi, *Propublica*'nın gerçekleştirdiği analize itiraz etti. Bu sistemin gerçekte ne ölçüde önyargı taşıdığına dair tartışma hâlâ sürüyor. Gelgelelim esas endişe verici durum, şirketin algoritmanın hesaplamasına dair ayrıntıları paylaşmaya isteksiz oluşu; paylaşmıyor, zira bu hesaplamayı şirketin fikrî mülkiyetinde sayıyor. Diğer bir deyişle, bu sistemi bir üçüncü tarafın önyargı veya doğruluk üzerinden ayrıntılı bir denetime tabi tutması imkânsız... Şurası açık, insan yaşamları üzerinde olağanüstü etkilere sahip kararlar almada algoritmalar kullanılacaksa süreç çok daha şeffaf olmalı, daha çok denetim yapılmalı.

Makine öğrenmesi sistemlerinde adaletsizliğin en yaygın nedeni eğitim verisindeki önyargı olsa da tek unsur bu değil. Bizzat algoritmaların tasarımı da sisteme önyargıyı sokup güçlendirebiliyor. Örneğin diyelim ki ABD nüfusundaki demografik dağılımı aynen yansıtan bir veri setinde eğitilmiş bir yüz tanıma sistemi olsun. Afrikalı Amerikalılar nüfusun ancak yaklaşık yüzde 13'ünü oluşturduğundan bu sistem yine de siyahi halka karşı önyargı oluşturabilir. Problemin büyüyüp büyümeyeceğini, azalıp azalmayacağını, bunun ne ölçüde bir meseleye dönüşeceğini algoritma tasarımındaki teknik kararlar belirleyecek.

İyi haber şu: Makine öğrenmesi sistemlerinin adil ve şeffaf olacak biçimde tasarlanması YZ araştırmalarında ana odak

olmaya başladı. Büyük teknoloji şirketlerinin tümü bu alana ciddi yatırımlar yapmış durumda. Google, Facebook, Microsoft ve IBM şirketlerinin tümü YZ geliştirenlerin makine öğrenmesi algoritmalarının adil üretilmesini sağlayacak biçimde tasarlanmış yazılım araçlarını kullanıma sundu. Derin öğrenme sistemlerinden elde edilen sonuçların denetlenmesini sağlayacak biçimde bu sistemleri izah edilebilir ve şeffaf kılmak da belirgin bir problem; çünkü derin sinir ağları bir tür "kara kutu": Girdi verisinin analizi ve kavranması işi, yapay nöronlar arasındaki milyonlarca bağlantıya dağılmış durumda. Benzer biçimde adilliğin değerlendirilmesi ve güvence altına alınması da son derece zorlayıcı, teknik bir mesele... Amazon'un özgeçmiş eleme sisteminde gördüğü üzere, algoritmayı basitçe etnik köken veya toplumsal cinsiyet gibi parametreleri göz ardı edecek biçimde ayarlamak da uygun çözüm değil; çünkü sistem bu parametreler yerine bunların yerine geçecek başka parametrelere odaklanabilir. Örneğin bir iş adayının ilk adı toplumsal cinsiyetine işaret edebilir, yaşadığı mahalle veya posta kodu da etnik kökenini temsil eden bir şeye dönüşebilir. YZ'de adilliğe yönelik bilhassa umut verici bir yaklaşımsa karşı olgusal modellerin kullanılması. Bu teknikte bir sistem şöyle denetlenir: Etnik köken, toplumsal cinsiyet veya cinsel yönelim gibi hassas değişkenlere farklı değerler atandığında sistemden aynı sonuç alınıp alınmadığı doğrulanır. Yine de bu alandaki araştırma henüz başlıyor; makine öğrenmesi sistemlerinin gerçekte adil davranacağı, tutarlı sonuçlar verecek tekniklerin geliştirilmesi için daha da fazla çalışma yürütülmesi gerekiyor.

Yüksek riskli kararların alınmasında YZ kullanılmasının nihayetinde sunduğu vaat, yalnızca insanların vardığı hükümlere kıyasla güvenilir biçimde daha az önyargı ve daha çok doğru karar içeren bir teknoloji sunacağı. Bir algoritmadaki önyargıyı düzeltmek zorlu olabilse de bir insanda aynısını yapmaktan neredeyse her zaman çok daha kolay... McKinsey Global Enstitüsü'nün

başkanı James Manyika bana şunu diyecekti; "Bir yandan makine sistemleri insani önyargıları ve hataları aşmamıza yardımcı olabilir ancak diğer yandan kendi başlarına da çok daha büyük meseleler yaratma potansiyeli taşıyorlar."[25] Bu adillik meselesini en aza indirmek veya yok etmek yapay zekâ alanının yüzleştiği en kritik ve acil zorluklardan biri...

Bu sonucu elde etmek için YZ algoritmalarını kuran, test eden ve kullanıma sokan geliştiricilerin çeşitli art alanlardan gelmesi de önemli... Yapay zekânın ekonomimizi, toplumumuzu şekillendirmek üzere olduğu ortadayken bu teknolojiyi en iyi anlayan, dolayısıyla gidişatına etki etmede en iyi konuma sahip uzmanların bir bütün olarak toplumu temsil etmesi elzem. Gelgelelim bu amaca giden yolda şimdiye dek çok az ilerleme kaydedildi. 2018'deki bir çalışmada kadınların öncü yapay zekâ araştırmacılarının ancak yaklaşık yüzde 12'sini temsil ettiği ortaya çıktı, dahası yetersiz temsil edilen azınlıkların yüzdesi daha da düşüktü. Stanford Üniversitesi'nden Fei-Fei Li'nin dediği üzere; "İster şirketlerdeki YZ gruplarına ister akademideki YZ profesörlerine isterse de en iyi YZ konferanslarındaki YZ doktora öğrencilerine veya YZ hakkında sunum yapan kişilere bakın, nereye bakarsanız bakın şunu göreceksiniz: Çeşitlilikten yoksunuz. Kadınlar yok, dahası yetersiz temsil edilen azınlıktan kişiler de yok."[26]

Üniversiteler, büyük teknoloji şirketleri ve neredeyse tüm YZ araştırmacıları bunu değiştirmeye kendini vakfetmiş durumda. Özellikle umut verici bir girişimin kurucu ortaklarından biri de Fei-Fei Li: Bu, yetenekli lise öğrencilerine yaz kampları sunarak yapay zekâ alanına genç kadınları ve yetersiz temsil edilen grupları çekmeye odaklı bir kurum; AI4ALL [Herkes İçin YZ]. Bu kurum hızla büyüdü, şimdilerde ABD'deki on bir üniversite yerleşkesinde yaz programları sunuyor. Yapılacak daha çok şey olsa da AI4ALL gibi programlarla kapsayıcı biçimde YZ yeteneğini çekmeye adanmış bir endüstrinin, önümüzdeki yıllarda ve on

yıllarda daha çeşitli bir araştırmacı grubu üretmesi muhtemel... Alana daha geniş bir perspektif katılması muhtemelen doğrudan daha etkin ve adil yapay zekâ sistemleri oluşmasına yarayacak.

SÜPERZEKÂNIN VAROLUŞA YÖNELİK TEHDİDİ VE "KONTROL PROBLEMİ"

Diğer tüm YZ risklerinin ötesinde bir tehdit, insanüstü zekâya sahip makinelerin bir gün doğrudan kontrolümüzden çıkması, en nihayetinde insanlığın varoluşuna tehdit arz eden bir eylem yoluna girmesi. Güvenlik meseleleri, silaha dönüşme, algoritma önyargısı... Hepsi hemen yahut kısa vadede karşılaşabileceğimiz tehlikeler... Bu endişelere hemen yanıt bulmamız gerektiği açık, aksi hâlde çok geç olacak. Gelgelelim süperzekâ kaynaklı varoluş tehdidi çok daha spekülatif ancak önümüzdeki on yıllarda, hatta yüzyıllarda veya daha da uzak bir gelecekte karşımıza çıkabilir. Her hâlükârda bu risk, alanlarında önde gelen pek çok kişinin aklını meşgul etti; medyanın muazzam ilgisine ve abartısına mazhar oldu.

Ciddi bir kamu tartışması olarak YZ'nin varoluşumuza yönelik oluşturabileceği tehdit 2014'te gelişti. Bu yıl mayıs ayında, Cambridge Üniversitesi kozmoloğu Stephen Hawking, YZ uzmanı Stuart Russell ve fizikçi Max Tegmark'la Frank Wilczek'in de dâhil olduğu bir grup bilimci Birleşik Krallık'ta yayımlanan *Independent* gazetesinde bir açık mektup kaleme aldılar. Bu mektupta yapay süperzekânın gelişinin "insanlık tarihindeki en büyük olay olacağını; insanüstü zekâ kapasitesine sahip bir bilgisayarın finans piyasalarını oyuna getirme, insan araştırmacılardan daha iyi icatlar yapma, insan liderleri manipüle etme, anlaşılması mümkün olmayan silahlar geliştirme" kapasitesine sahip olabileceğini beyan ettiler. Söz konusu mektup, şayet yaklaşan bu tehlikeyi ciddiye almazsak bunun insanlık açısından "tarihteki en büyük hata" olabileceğine dair uyarıda bulunuyordu.[17]

Aynı yıl daha sonraları Oxford Üniversitesi'nden felsefeci Nick Bostrom, *Süper Zekâ: Yapay Zekâ Uygulamaları, Tehlikeler ve Stratejiler* adlı kitabını yayımladı ve bu kitap hızla ve şaşırtıcı biçimde çok satanlara girdi. Bostrom, kitabının giriş bölümünde insanların dünyaya sırf daha üstün zekâyla hükmettiğini belirtiyordu. Pek çok diğer hayvan bizden daha hızlı, daha güçlü veya daha vahşi; hükmetmemize giden yolu beyinlerimiz açtı. Bir başka varlık entelektüel kapasitemizi ciddi ölçüde aşarsa durum kolayca tersine dönebilir. Bostrom'un ifadesiyle; "nasıl şimdi gorillerin yazgısı, gorillerden ziyade biz insanlara bağlıysa türümüzün yazgısı da makine süperzekâsının eylemlerine bağlı olacak."[28]

Bostrom'un kitabı, özellikle Silikon Vadisi'nin seçkinleri arasında muazzam etkili oldu. Kitabın yayımlandığı ay Elon Musk, "Yapay zekâ şeytana davetiye," diye görüşünü belirtti; YZ'nin "nükleer silahlardan bile daha tehlikeli olabileceğini" ekledi.[29] Bundan bir ay sonra Musk, OpenAI'ın kurucu ortaklarından olacak; OpenAI'a "dostane" yapay zekâ üretme görevini verecekti. Bostrom'un derinden etkileyen savlarının arasında, YZ'nin bir gün varoluşsal tehdide dönüşeceği, en nihayetinde iklim değişikliği veya küresel pandemi gibi dünyevi dertlerden daha dehşetli ve daha büyük sonuçlar yaratacak bir tehlike olacağı fikri neredeyse kesin kabul ediliyor. Beş milyondan fazla izlenen bir TED konuşmasında sinirbilimci ve felsefeci Sam Harris şunu savunuyor; "[Yapay zekâdan edineceğimiz kazançlar] bizi yok mu edecek, yoksa bize verdiği ilhamla kendimizi mi yok edeceğiz, tahmin etmesi çok güç." Dahası Sam Harris'in önerisi şu: Bu sonuçtan kaçmak için nasıl dostane, denetlenebilir YZ üreteceğimizi bulmaya odaklı "Manhattan Projesi gibi bir şeye ihtiyacımız var."[30]

Elbette hiçbiri en azından bize denk bilişsel kapasitede, gerçekten düşünen bir makine üretmeyi becerene dek endişe konusu olmayacak. Beşinci Bölüm'de gördüğümüz üzere yapay genel zekâya giden yol bilinmeyen sayıda çok ve büyük engel içeriyor,

bu dönüm noktasına varmak için gerekli büyük buluşları yapmamız muhtemelen on yıllar alacak. Hatırlarsanız *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*] kitabım için görüştüğüm üst düzey YZ araştırmacılarına göre, YGZ'nin geleceği tahminleri sekiz yıl sonrasıyla yüz yıl sonu arasında değişiyordu. Ne var ki insan düzeyinde YZ gerçeğe dönüştü mü hemen ardından süperzekânın geleceği kesin... Gerçekten de insan düzeyinde öğrenme ve akıl yürütme becerisine sahip her makine zekâsı çoktan bize üstün gelecek. Sebebi basit: Çünkü aynı zamanda bilgisayarların bize tüm üstünlüklerinden yararlanacak ki bunların içerisinde bizim için idrak edilemez hızlarda işlem yapıp bilgiyi manipüle etme becerisiyle, ağlar içerisindeki diğer makinelerle doğrudan arayüz kurma becerisi de var.

Çoğu YZ uzmanı bu noktanın ötesine geçildiğinde böylesi bir makine zekâsının çok geçmeden entelektüel enerjisini kendi tasarımını geliştirmeye yönelteceğini varsayıyor. Bu da sistem giderek daha da akıllanınca, kendi yapay zihnini yeniden mühendisliğe tabi tutmada daha da mahir oldukça sonu gelmeyen, özyinelemeli iyileşmeye yol açacak. Bunun sonucu kaçınılmaz bir "zekâ patlaması": Ray Kurzweil gibi teknolojiye iyimser bakanlar bu olgunun Tekillik'in katalizörü olacağına, yeni bir çağın şafağına uyanacağımıza inanıyorlar. YZ'deki gelişmelerin bir gün makine zekâsı patlaması yaratacağı savı, Moore Yasası böylesi bir olayı olasılıklar âlemine katabilecek bilgisayar donanımı sunmadan çok önce üretilmişti. 1964'te matematikçi I. J. Good akademik bir makale yazmıştı ve başlığı şöyleydi; "Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine" ["İlk Ultrazeki Makine Üzerine Spekülasyonlar"]. Good bu makalede şöyle bir kavramı betimliyordu:

> Her ne kadar zeki olursa olsun tüm insanların entelektüel etkinliklerinin çok ötelerine geçebilen bir makineye ultrazeki makine adını verelim. Makine tasarımı da böylesi

> entelektüel etkinliklerden olduğundan ultrazeki bir makine daha iyi makineler tasarlayabilir; o zaman şüphesiz bir "zekâ patlaması" gerçekleşir, insan zekâsı çok geride kalır. Dolayısıyla ilk ultrazeki makinenin icadı, insanların yapması gereken son icat. Tabii bu makine onu nasıl denetleyeceğimizi bize söyleyecek kadar uysal olduğu sürece.[31]

Süperzeki bir makinenin yapmamız gereken son icat olması düşüncesi Tekillik taraftarlarının iyimserliğini yansıtıyor. Bu makinenin denetim altında kalacak kadar uysal olması niteliğiyse varoluşa yönelik tehdit olasılığına işaret eden endişeyi barındırıyor. Süperzekânın bu karanlık tarafı YZ camiasında "kontrol problemi" veya "değer hizalama problemi" olarak biliniyor.

Kontrol problemi, *Terminator* gibi filmlerde resmedilen türden, apaçık kötü niyetli makineler korkusundan kaynaklanmıyor. Her YZ sistemi amaç işlevine göre tasarlanıyor. Bir başka deyişle, sistemin gerçekleştirmeye çalıştığı, matematik terimleriyle ifade edilen belli bir hedefe sahip oluyor. Burada endişe verici olan şey böylesi bir amaç verilen süperzeki sistemin, hiç yılmadan, elindeki araçlarla bu amacı kovalaması; bu sırada kullandığı araçların istenmeyen, beklenmedik sonuçları olması; bu sonuçların da uygarlığımız açısından zararlı, hatta ölümcül olması. Bu noktayı betimlemek için genelde "ataş azamileştirici" üzerine bir düşünce deneyinden örnek verilir: Ataş üretimini en iyi hâle getirmek gibi belirgin bir amaç verilerek tasarlanmış bir süperzekâ hayal edin. Süperzeki bir makine hiç yılmadan bu amacı kovalarken dünyadaki neredeyse tüm kaynakları ataşa dönüştürmesine yarayacak yeni teknolojiler yaratabilir. Sistem entelektüel kapasite açısından bizim çok ötemizde olacağından, onu kapatmaya veya eylem yolunu değiştirmeye yönelik tüm girişimleri boşa çıkarmakta muhtemelen başarılı olabilir. Gerçekten de ona müdahaleye yönelik tüm girişimler sistemin amaç işleviyle çelişecektir, dahası açıkça bunu önlemeye teşvik eden mekanizmaları olacaktır.

Bu örnek tabii ki bir karikatür misali... Gelecekte oluşabilecek gerçek senaryolar çok daha gizliden gizliye gelişebilir; olası sonuçlarını önceden beklememiz çok daha zor, hatta belki de imkânsız olabilir. Bu istenmeyen sonuçların toplum dokusuna açıkça zararlı olabileceğine dair önemli bir örneği şimdiden verebiliriz. YouTube ve Facebook gibi teknoloji şirketlerinin kullandığı makine öğrenmesi algoritmalarına genelde platformda kullanıcı etkileşimini azami kılma amacı verilir. Bu da sırası gelince çevrimiçi reklamlardan daha çok gelir sağlamaya yol açar. Ancak şu ortaya çıktı: Bu amacı güden algoritmalar çok geçmeden insanların etkileşimde bulunmasını sağlamanın en iyi yolunun, kullanıcıları giderek daha çok sayıda siyasi kutuptaki içerikle veya doğrudan öfke, korku gibi duyguları doğuracak içerikle beslemek olduğunu çözdüler. Örneğin bu, YouTube'da genelde gözlemlenen "tavşan deliği" fenomenine yol açtı: Ilımlı bir videonun ardından daha aşırı içeriğe sahip tavsiyeler geliyor. Bu da platformla duygu odaklı etkileşimin sürdürülmesine yol açıyor.[32] Bu, kârlılık açısından iyi olsa da toplumsal veya siyasi ortam açısından iyi olmadığı açık... Şayet aynı yanlış hesabı bir süperzeki sistemde yaparsak bu sistem amacını kovalarken kontrolü tekrar elimize almamız imkânsız olabilir.

Kontrol problemine çözüm bulma seferi, üniversitelerdeki ve özellikle de OpenAI gibi, Nick Bostrom'un yönettiği Oxford Üniversitesi İnsanlığın Geleceği Enstitüsü gibi, ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki Berkeley'de konuşlanmış Makine Zekâsı Araştırma Enstitüsü gibi uzmanlaşmış ve özel fonlardan yararlanan kurumlarda önemli bir akademik araştırma konusuna dönüştü. Stuart Russell 2019'da yayımlanan *İnsanlık İçin Yapay Zekâ: Yapay Zekâ ve Kontrol Problemi* adlı kitabında bu problemin en iyi çözümünün gelişkin YZ sistemlerine apaçık amaç işlevi kurmamak olduğunu savunuyor. Bunun yerine sistemler "insan tercihlerinin azami düzeyde gerçekleşeceği" biçimde tasarlanmalı.[33]

Makine zekâsı bu tercihlerin veya niyetlerin ne olduğundan asla emin olamayacağından kendi amaçlarını insan davranışlarını inceleyerek oluşturması, insanlarla diyalog kurmaya ve onların rehberliğini kabule niyetli olması gerek. Durdurulamayan ataş azamileştiricisinin aksine, böylesi bir sistem, en iyi hâle getirmek üzere tasarlandığı insan tercihlerine uyumlu olduğuna inanırsa kapatılmaya boyun eğecektir.

Bu da mevcut YZ sistemleri üretme yaklaşımından apaçık ayrışma anlamına geliyor. Russel durumu şöyle açıklıyordu:

> Gerçekten böylesi bir modeli uygulamaya dökmek büyük miktarda araştırma gerektiriyor. Karar almada "asgari müdahil" algoritmalara ihtiyacımız var. Bu algoritmalar, dünyanın emin olmadıkları değerlere sahip kısımlarıyla oynamasına engel olacak. Dahası geleceğin nasıl gelişmesi gerektiğine dair gerçekten düşüncelerimizin altında yatan tercihleri öğrenebilecek makineler de gerek. Ardından böylesi makineler ahlak felsefesinin asırlık bir sorunuyla yüzleşmeli: Arzuları çatışan, farklı bireyler arasında faydaları ve maliyetleri nasıl paylaştırmalı?
>
> Tümünün tamamlanması on yıllar alabilir. Tamamlansa bile kanıtlanmış güvenlik sistemlerinin bunların üretiminde kullanılmasını sağlayacak düzenlemeler yapılması, bu düzenlemelere uymayan sistemlerin de emekli edilmesi gerek. Bu, kolay olmayacak. Ancak şurası açık: YZ'nin sistemlerinin becerileri önemli alanlarda insanları aşmadan *önce* bu modelin yerleşmesi şart...[34]

Üniversitelerde okutulan yapay zekâ üzerinde önde gelen ders kitaplarından birinin yazarlarından olan Stuart Russell haricinde, varoluşa yönelik olası tehdide karşı uyaran başlıca görüşlerin sahiplerinin tümünün YZ araştırmaları veya bilgisayar bilimleri alanı dışından kişiler olduğunu da belirtmeli. Uyarı çanlarını çalanların başında Sam Harris gibi halkça bilinen

entelektüeller, Musk gibi Silikon Vadisi titanları veya Hawking ve MIT'den fizikçi Max Tegmark gibi diğer alanlardan bilimciler geliyor. Gerçek YZ araştırmalarıyla iştigal eden uzmanların çoğu daha iyimser... *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*] kitabım için görüştüğüm bu alandaki yirmi üç seçkin araştırmacı arasında varoluşa yönelik tehdidi ciddiye alanların sayısı çok azdı; çoğunluğu bunu reddediyordu. Sıkça söyledikleri şey süperzekânın ortaya çıkışının çok uzak tarihte olabileceği, çözülmesi gereken probleme dair parametrelerin çok bulanık olduğu, bu meselenin peşine düşmenin hâliyle çok anlamlı olmadığıydı. Google ve Baidu'daki YZ araştırma gruplarını yönetmiş Andrew Ng'nin meşhur bir sözü var: YZ'nin varoluşumuza tehdit oluşturmasından kaygılanmak, daha kızıl gezegene ilk astronot ekibi bile gitmemişken Mars'ta nüfus fazlalığından kaygılanmak gibi. Robotik uzmanı Rodney Brooks da benzer düşünceleri yansıtıyor, yapay zekâ o kadar uzak gelecekte ki "durum bugünkü dünyanın ortasına YZ süperzekâsı yerleştirmeyecek. O zaman dünyanın da [süperzeki YZ sisteminin de] neye benzeyeceğine dair elimizde bir ipucu yok. İçinde YZ olan geleceğe dair tahmin yürütmek, gerçek dünyadan izole yaşayan akademisyenlerin bir güç oyunundan ibaret... Bu teknolojiler gelişmeyecek demiyorum, gelişecek ama onlar gelmeden neye benzeyeceklerini bilemeyeceğiz."[35]

Varoluşa yönelik YZ tehdidini ciddiye almak gerektiğini savunanlar, sırf on yıllar geçmeden bu sorun oluşmayacak diye söz konusu meselenin önemsiz veya ele alınamayacak bir husus olduğu fikrine kuvvetle itiraz ediyorlar. İlk süperzekâ var olmadan önce kontrol probleminin çözülmesi gerektiğinin, aksi takdirde çok geç olacağının altını çiziyorlar. Stuart Russell bunu dünyadışı canlıların dünyaya gelişine benzetiyor. Diyelim ki uzaydan bir mesaj alındı, uzaylıların elli yıl içerisinde geleceğini söylüyor. Tahminen bu olaya hazırlanmak için hemen büyük, küresel bir

çabaya girişirdik. Russell'ın inancına göre aynısını en nihayetinde gelecek olan süperzekâ için de yapmalıyız.

Ben de YZ'nin varoluşa tehdit oluşturma potansiyelinin ciddiye alınması gerektiğini düşünüyorum. Bence İnsanlığın Geleceği Enstitüsü gibi kurumlardaki araştırmacıların bu problem üzerinde aktif olarak çalışmaları çok olumlu... Gelgelelim bana göre bu işe uygun kaynak ayırmalı, en azından şimdilik bu meseleye sessiz bir akademik araştırma ortamında yanıt aranmalı. Şu an devlet fonlu bir "Manhattan Projesi" ayarında bir çalışmaya girmeyi haklı çıkarmak zor... Dahası bence zaten kötü işleyen siyasi sürece bir de bu meseleyi katmak akıllıca değil. Gerçekten de bu teknolojiye dair bilgisi kıt veya zerrece bilgisi olmayan siyasetçilerin süperzeki makinelerin tehlikelerine dair tweet atmasını istiyor muyuz? ABD'nin herhangi bir şeyi başarma kabiliyetinin çok kısıtlı olduğu ortadayken gelecekbilime yakışır varoluşa yönelik bir tehdidi abartmanın veya siyasileştirmenin YZ'nin son derece gerçek ve hemen karşımızda bulunan risklerinden bizi uzaklaştıracağından da endişeleniyorum. Gerçekte yapmamız gereken şey YZ'nin silaha dönüşmesi, güvenlik ve önyargı risklerine hemen çözüm bulmak üzere önemli miktarda kaynağı bu işe yatırmamız...

KRİTİK DÜZENLEME İHTİYACI

Bu bölümde incelediğimiz risklerden çıkaracağımız bir ders varsa YZ ilerlemeyi sürdürüp her yere yayılırken devlet düzenlemelerinin açıkça önemli rol taşıdığı. Ancak bence aşırı düzenleme yapmak veya yapay zekâ üzerine genel araştırmalara kısıtlamalar koymak son derece yanlış olur. Böylesi girişimler zaten muhtemelen küresel ölçekte etkisiz kalacaktır, çünkü araştırmalar dünyanın her yerinde yürütülüyor. Daha önce gördüğümüz üzere, bilhassa Çin; ABD ve diğer Batılı ülkelerle YZ'nin ön cephesini

ilerletmeye yönelik yoğun bir rekabet hâlinde. Temel araştırmaya kısıtlama koymanın bizi ciddi bir dezavantaja sokacağı açık, böylesi sonuçlara sahip olacak bir teknolojinin öncüsü olma seferinde Çin'in gerisine düşersek bedelini ödeyemeyiz.

Bunun yerine yapay zekânın belli uygulamalarına düzenlemeler getirmeye odaklanmalıyız. Sürücüsüz arabalar veya YZ tıbbi tanı araçları gibi alanlarda daha şimdiden kurallar geliştiriliyor; çünkü bu uygulamalar hâlihazırda yürürlükte olan düzenleme çerçevesiyle kesişiyor. Ne var ki daha geniş kapsamlı bir denetime ihtiyacımız var. Yapay zekâ en sonunda her şeye dokunacak. Dahası gördüğümüz üzere yüz tanıma teknolojileri veya ceza yargılaması sisteminde kullanılan algoritmalar gibi teknolojiler, söz konusu teknolojinin etkin veya adil kullanılıp kullanılmadığına dair neredeyse hiçbir güvence olmadan, son derece yüksek riskli kararların alınmasında rol oynuyor.

Yapay zekânın gelişme hızı ve ilgili meselelerin ne kadar karmaşık olduğu ortadayken bence ABD Kongresi'nin veya herhangi bir parlamento kurulunun ayrıntılı düzenlemeleri zamanında yazıp yasalaştıracağını beklemek gerçekçi değil. Yapılabilecek en iyi şey bilhassa yapay zekâ uygulamalarına odaklı düzenleme yapma gücüne sahip, bağımsız bir devlet kurumu yaratmak olacak muhtemelen. Bu da kabaca ABD Gıda ve İlaç Kurumu'yla, ABD Federal Havacılık Dairesi'yle veya ABD Menkul Kıymetler ve Borsalar Komisyonu'yla kıyaslanabilir bir kurum olurdu. Bu kurumların her biri, Avrupa İlaç Ajansı gibi muadillerine benzer, kendi yetki alanlarına düşen meseleleri çözmelerine imkân veren köklü kurum içi tecrübeleri geliştirdi. Aynısı yapay zekâ alanı için de geçerli olmalı. Bir YZ düzenleme kurumuna geniş salahiyet verilmeli, Kongre bu kuruma bütçe ayırmalı ama belli düzenlemeleri yazma yetkisine sahip olmalı, bu yetkiyi de yasama meclisinden çok daha hızlı ve etkin biçimde kullanabilmeli.

Özgürlükçü düşüncelere sahip kişiler buna itiraz edebilir, hatta böylesi bir kurumun diğer düzenleme aygıtlarımızda zaten mevcut olan verimsizliğin aynısından mustarip olacağını dile getirmekte de haklılar. Bir YZ düzenleme kurumunun kesinlikle büyük teknoloji şirketleriyle sıkı ilişkiler yürütmesi gerekeceğinden, "döner kapı" adı verilen sık kadro değiştirme probleminden de mustarip olabileceğini bekleyebiliriz. Böylesi durumlarda kişiler endüstriyle devlet arasında gidip gelir, düzenleme tuzağı riski ciddi miktarda artar, dahası teknoloji endüstrisi tarafından yasaya aykırı tesir riski de artar. Bunlar yerli yerinde endişeler ama her hâlükârda böylesi bir kurumun eldeki en iyi çözüm olduğu bence aşikâr... Alternatifi hiçbir şey yapmamak ki bunun daha kötü sonuç vereceği kesin... Gerçekten de düzenleme kurumuyla YZ teknolojisi geliştirip kullanan şirketler arasında yakın ilişki olması bir hata olduğu kadar, beklenen de bir özellik... Devletin teknoloji endüstrisinde yaygın görülen düzeyde maaşları ve özsermaye tazminatını sunarak en üst kabiliyette YZ yeteneklerini bünyesine katmak için rekabet edebilmesi gerçekçi olmaz. Hâliyle özel sektörle işbirliği bu kurumun alandaki en son gelişmelere ayak uydurmasının tek yolu olabilir. Hiçbir çözüm kusursuz olamaz ama endüstri, akademi ve devlet arasında bir düzenleme kurumu merkezinde gelişecek üretken bir ortaklık kuruldu mu, bu düzenleme kurumunda yeterli ölçüde kurum içi uzmanlık birikti mi ve söz konusu uzmanlık sayesinde işlerin hep doğru istikamette gitmesine çaba harcandı mı YZ'nin güvenli, herkesi kapsayacak biçimde ve adilce kullanılmasını sağlayacak yolda ilerleme kaydederiz.

İKİ YAPAY ZEKÂ GELECEĞİ

Yapay zekâ ilerlemeye devam ettikçe, yaşamımızın giderek daha çok veçhesine eriştikçe bu teknolojiyle ilişkili risklerine acil ilgi gösterilmesi gerekecek. Koronavirüs kriziyle 2020'de görülen yaygın toplumsal karışıklık kesişince bu meselelerin en azından bir kısmı kamu söyleminde önemli yer kazanmaya başlıyor. Mayıs 2020'de Minneapolis polis memurlarının George Floyd'u öldürmesi üzerine tüm ulusa yayılan protestoların ardından, yüz tanıma teknolojisindeki etnik köken önyargılarına dair bir farkındalık gelişti. Amazon da bunun üzerine ABD Kongresi'ne bu teknolojiye dair düzenlemeler yapacak zaman vermek üzere emniyet teşkilatlarına Rekognition sistemi satışlarını bir yıl ertelediğini ilan etti. Microsoft da mevzuat çıkana dek ilgili çalışmalarına benzer bir ara verdi, IBM'se yüz tanıma pazarından tümden çekildi.[1]

Dahası koronavirüs pandemisi alışılagelmedik siyasi çözümlere açık bakılmasını sağladı. Ekonomi kapanınca baş döndürücü derecede iş kaybı oldu. Kongre de yalnızca birkaç ay önce henüz tartışmaya geldiğinde ölecek türden siyasaları hızla bu yüzden yürürlüğe sokma imkânı buldu. Bu siyasalar arasında doğrudan vergi mükelleflerine gönderilen 1.200 dolarlık destek ödemeleriyle, işsizlik sigortası ödemelerinde geçici de olsa bir artış ve programın esnek ekonomide çalışan işçileri de kapsayacak

biçimde genişletilmesi yer alıyordu. Önümüzdeki yıllarda istihdam pazarı üzerinde yapay zekâ ve robotiğin etkisi hız kazanırken tüm bu fikirler artık masada yer alıyor. Gerçekten de kriz süresince aylık ödeme yapılması (özünde temel gelir verilmesi) çağrılarında da bulunuldu.[2]

Yine de YZ sürekli yükselirken gelmesi kaçınılmaz olan tehlikelere yönelik çok daha kapsamlı ve uyumlu çözümler üretilmesi hayati önem taşıyor. Bu da devletle özel sektör arasında etkin eşgüdüm, alandaki hızlı gelişmelere yanıt vermek için gerekli uzmanlıkla bir düzenleme çerçevesinin yaratılmasını gerektirecek. Tümünün de şimdi yapılması gerek, çünkü daha şimdiden eğrinin gerisine düştüğümüz söylenebilir.

Tüm bu gerçek kaygılara rağmen yapay zekânın faydalarının risklerine çok ağır basacağına inancım sağlam... Gerçekten de önümüzdeki on yıllarda yüzleşeceğimiz zorluklar ortadayken YZ bence vazgeçilmez olacak. Takılı kaldığımız bu teknolojik düzlükten fırlayıp yeni bir geniş kapsamlı inovasyon çağına geçmek için yapay zekâya ihtiyacımız olacak.

Öngörülebilir gelecekteki en açık tehditse bir heyula gibi başımızda duran iklim değişikliği. 2018'de Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nce yayımlanan bir analiz, küresel ısınmanın 1,5 dereceyi aşmaması için net karbon salımını 2050'ye dek sıfıra indirmemiz gerektiğini gösteriyordu. Bu 1,5 derecenin felakete yol açacak zararları önleyebilecek eşik olmasını umuyoruz. Bunu başarmada gerçekçi bir şansa sahip olmak için 2030'a varana dek karbon salımında kabaca yüzde 45 azalma kaydetmemiz gerek.[3]

Karşı karşıya kaldığımız bu zorluğun ölçeği, koronavirüs pandemisi ortaya çıktığı sırada yürütülen devasa ve emsalsiz bir deneyle apaçık gözler önüne serildi. Bill Gates'in Ağustos 2020'de kendi blog'unda yazdığı üzere, tüm dünyada uçak yolculuklarının neredeyse durduğu; her yerde sokakların, otoyolların ve ofis binalarının boşaldığı küresel kapanma dönemi karbon salınımda

yalnızca yüzde 8 azalmaya yol açtı. Bu geçici azalmanın da söylenmeyen trilyonlarca doların yanı sıra neredeyse dünyadaki her ülkede işsizliğin göğe fırlaması gibi bir bedeli vardı. Diğer bir deyişle, bir şekilde önümüzdeki on yıl boyunca karbon salımını esasen doğal kaynakları koruma veya işten eve, evden işe gidişimizi toplu taşımaya kaydırmak gibi davranış değişikliklerine odaklanarak yarıya düşürmemiz en hafif ifadesiyle gerçekçi görünmüyor. Gates'in dediği üzere "Sırf daha az uçarak veya daha az araç kullanarak karbon salımını sıfıra indiremeyiz, yapmamız gerekenin çoğu bunlar olamaz."[4]

Başarı evvela inovasyona dayalı olacak. Sırf elektrik üretiminde ve araçlara güç üretiminde temiz, yenilebilir yöntemlere kaymamız yetmeyecek. Elektrik santralleri ve ulaşım küresel karbon salımının yalnızca yaklaşık yüzde 40'ına denk... Kalanı tarımdan, imalattan, binadan salınan gazlardan ve diğer çeşitli kaynaklardan.[5] Küresel karbon salımını ciddi ölçüde azaltmak için tüm bu alanlardan büyük teknolojik buluşlar gerekecek. Bunlara diğer zorlukları da eklemeli: Örneğin gelişen küresel içme suyu krizi veya sıradaki kaçınılmaz pandemi gibi. İşte böylece çaresiz, her alanda inovasyon patlamasına ihtiyacımız olduğu açığa çıkıyor. Yine de Üçüncü Bölüm'de gördüğümüz üzere, yeni fikir üretilme hızı esasında geçtiğimiz on yirmi yıldır yavaşladı. ABD'deki inovasyonu inceleyen Standford ve MIT üniversitelerinden ekonomistlerin yazdığı üzere; "Nereye baksak fikirlerin ve ima ettikleri üstel büyümenin artık zor görüldüğünü bulduk."[6]

Bunun değişmesi gerek, yapay zekâ bunu mümkün kılacak katalizör... Bu zorlukların karşısında, insan zekâsına ve yaratıcılığına büyük güç katan, her yerde her an hazır ve nazır, uygun fiyatlı bir kamu hizmetinden öte etki yaratacak bir şey olamaz. Temel hedef, bir yandan bu yeni kaynağın gelişimine ivme katmak için elimizden geleni eksik etmezken diğer yandan da toplumsal güvenlik ağımızın ve düzenleme çerçevemizin evrilmesini

sağlamak ki bu teknolojiye eşlik eden riskleri azaltalım; YZ'den gelen kârın yaygın biçimde, herkesi kapsayacak şekilde paylaşılmasını sağlayalım.

Gelecek bence biz bu yolda ilerlerken en nihayetinde çatallanacak, sonunda kurgudaki iki aşırı ucun arasında bir yelpazeye oturacak. En iyimser senaryo *Uzay Yolu* televizyon dizisinden. *Uzay Yolu*'ndaki kıtlık sonrası dünyada ileri teknoloji maddi bolluk yaratmış, yoksulluğu yok etmiş, çevreye yönelik kaygıları gidermiş, çoğu hastalığa şifa bulmuştu. Hiç kimsenin hayatta kalmak için hiçbir getirisi olmayan bir işte angaryalarla ter dökmesine gerek kalmamıştı. Bu dünyadaki insanlar yüksek eğitimli, kendilerine değerli gelen mücadelelere girişiyorlar. Geleneksel işlerin olmaması tembelliğe, anlamsızlığa, onursuzluğa yol açmıyor. *Uzay Yolu* evreninde insanların kıymeti onlara içkin insanlıkta bulunuyor, ekonomik çıktıları temelinde değil. *Uzay Yolu*'nda betimlenen teknolojilerin çoğu muhtemelen gerçekleşmeyecek yahut en azından uzak gelecekte gerçekleşecek türden. Yine de bence bu dizi; ileri teknolojinin geniş kapsamlı refaha yol açtığı, insanlığın dünyevi zorlukları aşmasını sağladığı, yıldızlara ulaşmamıza imkân verdiği bir geleceğin makul yorumu.

Alternatifi olan gelecekse daha distopik: Gelecek *Matrix* filmindekine yakın olabilir. Korkum, yapay zekânın bir yolunu bulup bizi köleleştirmesi değil; bundan ziyade çoğu sıradan insanın imkânlara ulaşması açısından gerçek dünyanın öylesine eşitsizlik dolu, öylesine fırsattan yoksun olması ki nüfusun büyük kesiminin alternatif gerçekliklere kaçmayı tercih etmesi. Hem YZ hem de sanal gerçeklik teknolojisi önümüzdeki yıllarda ve on yıllarda ivme kazandıkça birleşip çoğu insana gerçekten içinde yaşadıkları dünyadan kat kat üstün, olağanüstü inandırıcı, gerçekçi gelen türden simülasyonlar yaratma ihtimali yüksek... Gerçekten de 2017'de bir grup ekonomistin analizi, zamanının çoğunu bilgisayar oyunu oynayarak geçiren, iş pazarlarından kopmuş genç

erkek sayısının giderek arttığını ortaya çıkardı.[7] Teknoloji er geç bu sanal ortamları öylesine bağımlılık yaratıcı yapacak ki bunları bir tür uyuşturucu saymak akla uygun olacak.

Şayet yapay zekâ ve robotik, iş pazarını altüst ederse, istihdam fırsatları buharlaşır veya fırsatların niteliği azalırsa devletlerin toplum düzenini korumak için vatandaşlara bir tür destek (belki de temel gelir) sağlamak zorunda kalması kuvvetle muhtemel... Ne var ki aynı zamanda devletler bu nüfusun eğitime öncelik vermesini, bir amaca sahip oldukları hissini korumayı beceremezse bunun sonucu muhtemelen yaygın bir kayıtsızlık hâli ve kopuş olacak. Bu trendin sonu; toplumun balkanlaşması, bölünerek gerçek dünyaya çapa atmış ufak bir seçkinler grubunun yanı sıra gitgide teknolojik bir fanteziye dalan veya suça, diğer bağımlılık türlerine çekilen kitlelere dönüşmesi olabilir. Sonuçta elimizde az eğitimli bir nüfus kalır, demokrasinin kapsayıcılığı ve etkinliği çok daha azalır, inovasyon hızı da çok yavaşlar; çünkü en zeki bireyler giderek daha da ikna edici bir sanal âleme girmeye cezbedildikçe artık gerçek dünyada başarı kazanmayı istetecek bir şey bulamayabiliriz. Bu senaryoda ekonomik ve toplumsal direnç yüzünden yüzleştiğimiz küresel zorlukları aşmamız çok daha zor olacaktır.

Bence neredeyse herkes *Uzay Yolu* dizisindekine yakın bir geleceği elde etmeye çalışmak gerektiğini kabul edecektir. Ne var ki gidişat o yöne olacak diye bir kural yok. Çizdiğimiz yolu o istikamete kaydırmak için özel olarak tasarlanmış, açık politikalar üretmemiz gerek. Varmak istediğimiz yere çok uzun zamanda ulaşmamız kuvvetle muhtemel ancak gelir dağılımı problemini çözerek bu işe başlayabiliriz; bir yandan da halkın kendisini eğitmeyi, anlamlı mücadelelere girişmeyi kuvvetle arzulamalarını sağlayabilirsek doğru istikamete girdik demektir.

TEŞEKKÜRLER

Geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde çok sayıda insan yapay zekâya dair anlayışıma sohbetleriyle, teknoloji sunumlarıyla katkıda bulundu. Bunların arasında özellikle *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*] kitabımda belgeli sohbetlere katılan, yirmi üç önde gelen araştırmacıya ve girişimciye minnet duyuyorum. Gerçekten YZ alanında çalışan en parlak zihinler sayılabilecek bu kişiler öngörüleriyle, tahminleriyle bu kitabın oluşmasına yön verdiler.

ABD'deki editörüm TJ Kelleher ve Birleşik Krallık'taki editörüm Sarah Caro yardımlarıyla savlarımı rafine etmeme, kitap taslağını en iyi hâline getirmeme önayak oldular. Yazar temsilcim Don Fehr yine bu projeye uygun yuvada, Basic Books'la çalışmamı sağladı.

Bu kitabı yazdığım kabaca sekiz ay, koronavirüs pandemisinin ortaya çıkışına ve onu takip eden kapanmalara denk geldi. Çok talihliydim. Bu dönemde güvenli evimde çalışabildim, yazıma odaklanabildim. Böylesine bir lüksten mahrum kalan sağlık uzmanlarının, ön cephede mücadele veren sağlık işçilerinin hepsine derin minnettarlığımı bildiriyorum.

Son olarak bu projeye daldığım sırada beni yüreklendiren, bana destek veren eşim Xiaoxiao'ya ve kızım Elaine'e teşekkür ediyorum.

NOTLAR

BİRİNCİ BÖLÜM
ORTAYA ÇIKAN YIKIM

1. Ewen Callaway, "'It will change everything': DeepMind's AI makes gigantic leap in solving protein structures," *Nature*, 30 Kasım 2020, www.nature.com/articles/d41586-020-03348-4.
2. Andrew Senior, Demis Hassabis, John Jumper ve Pushmeet Kohli, "AlphaFold: Using AI for scientific discovery," DeepMind Araştırma Blog'u, 15 Ocak 2020, deepmind.com/blog/article/AlphaFold-Using-AI-for -scientific-discovery.
3. Ian Sample, "Google's DeepMind predicts 3D shapes of proteins," *The Guardian*, 2 Aralık 2018, www.theguardian.com/science/2018/dec/02/google-deepminds-ai-program-alphafold-predicts-3d-shapes-of-proteins.
4. Lyxor Robotics ve AI UCITS ETF, hisse senedi kodu: ROAI.
5. Örneğin bkz.: Carl Benedikt Frey ve Michael Osborne, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," Oxford Martin Okulu, Oxford Üniversitesi, Ön Rapor, 17 Eylül 2013, www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf, s. 38.
6. Matt McFarland, "Elon Musk: 'With artificial intelligence we are summoning the demon,'" *Washington Post*, 24 Ekim 2014, www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/10/24/elon-musk-with-artificial-intelligence-we-are-summoning-the-demon/.
7. Anand S. Rao ve Gerard Verweij, "Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?," PwC, Ekim 2018, www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf.

İKİNCİ BÖLÜM
YAPAY ZEKÂ: YENİ ELEKTRİK

1. "Neuromorphic computing," Intel Şirketi, Erişim tarihi: 3 Mayıs 2020, www.intel.com/content/www/us/en/research/neuromorphic-computing.html.
2. Sara Castellanos, "Intel to release neuromorphic-computing system," *Wall Street Journal*, 18 Mart 2020, www.wsj.com/articles/intel-to-release-neuromorphic-computing-system-11584540000.
3. Linda Hardesty, "WikiLeaks publishes the location of Amazon's data centers," SDXCentral, 12 Ekim 2018, www.sdxcentral.com/articles/news/wikileaks-publishes-the-location-of-amazons-data-centers/2018/10/.
4. "RightScale 2019 State of the Cloud Report from Flexera," Flexera, 2019, resources.flexera.com/web/media/documents/rightscale-2019-state-of-the-cloud-report-from-flexera.pdf, s. 2.
5. Pierr Johnson, "With the public clouds of Amazon, Microsoft and Google, big data is the proverbial big deal," *Forbes*, 15 Haziran 2017, www.forbes.com/sites/johnsonpierr/2017/06/15/with-the-public-clouds-of-amazon-microsoft-and-google-big-data-is-the-proverbial-big-deal/.
6. Richard Evans ve Jim Gao, "DeepMind AI reduces Google data centre cooling bill by 40%," DeepMind Araştırma Blog'u, 20 Temmuz 2016, deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40.
7. Urs Hölzle, "Data centers are more energy efficient than ever," Google Blog'u, 27 Şubat 2020, www.blog.google/outreach-initiatives/sustainability/data-centers-energy-efficient/.
8. Ron Miller, "AWS revenue growth slips a bit, but remains Amazon's golden goose," *TechCrunch*, 25 Temmuz 2019, techcrunch.com/2019/07/25/aws-revenue-growth-slips-a-bit-but-remains-amazons-golden-goose/.
9. John Bonazzo, "Google exits Pentagon 'JEDI' project after employee protests," *Observer*, 10 Ekim 2018, observer.com/2018/10/google-pentagon -jedi/.
10. Annie Palmer, "Judge temporarily blocks Microsoft Pentagon cloud contract after Amazon suit," CNBC, 13 Şubat 2020, www.cnbc.com/2020/02/13/amazon-gets-restraining-order-to-block-microsoft-work-on-pentagon-jedi.html.

11. Lauren Feiner, "DoD asks judge to let it reconsider decision to give Microsoft $10 billion contract over Amazon," CNBC, 13 Mart 2020, www.cnbc.com/2020/03/13/pentagon-asks-judge-to-let-it-reconsider-its-jedi-cloud-contract-award.html.
12. "TensorFlow on AWS," Amazon Web Hizmetleri, Erişim Tarihi: 4 Mayıs 2020, aws.amazon.com/tensorflow/.
13. Kyle Wiggers, "Intel debuts Pohoiki Springs, a powerful neuromorphic research system for AI workloads," *VentureBeat*, 18 Mart 2020, venturebeat.com/2020/03/18/intel-debuts-pohoiki-springs-a-powerful-neuromorphic-research-system-for-ai-workloads/.
14. Jeremy Kahn, "Inside big tech's quest for human-level A.I.," *Fortune*, 20 Ocak 2020, fortune.com/longform/ai-artificial-intelligence-big-tech-microsoft-alphabet-openai/.
15. Martin Ford, Fei-Fei Li ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 150.
16. "TensorFlow on AWS," Amazon Web Hizmetleri, Erişim Tarihi: 4 Mayıs 2020, aws.amazon.com/tensorflow/.
17. Kyle Wiggers, "MIT researchers: Amazon's Rekognition shows gender and ethnic bias," *VentureBeat*, 24 Ocak 2019, venturebeat.com/2019/01 /24/amazon-rekognition-bias-mit/.
18. "New schemes teach the masses to build AI," *The Economist*, 27 Ekim 2018, www.economist.com/business/2018/10/27/new-schemes-teach-the-masses-to-build-ai.
19. Chris Hoffman, "What is 5G, and how fast will it be?," How-to Geek, 3 Ocak 2020, www.howtogeek.com/340002/what-is-5g-and-how-fast-will-it-be/.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ABARTININ ÖTESİ

1. Tesla, "Tesla Autonomy Day (video)," YouTube, 22 Nisan 2019, www.youtube.com/watch?reload=9&v=Ucp0TTmvqOE.
2. Sean Szymkowski, "Tesla's full self-driving mode under the watchful eye of NHTSA," *Road Show*, 22 Ekim 2020, www.cnet.com/roadshow/news/teslas-full-self-driving-mode-nhtsa/.
3. Rob Csongor, "Tesla raises the bar for self-driving carmakers," NVIDIA Blog'u, 23 Nisan 2019, blogs.nvidia.com/blog/2019/04/23/tesla-self-driving/.

4. Jeffrey Van Camp, "My Jibo is dying and it's breaking my heart," *Wired*, 9 Mart 2019, www.wired.com/story/jibo-is-dying-eulogy/.
5. Mark Gurman ve Brad Stone, "Amazon is said to be working on another big bet: Home robots," *Bloomberg*, 23 Nisan 2018, www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-23/amazon-is-said-to-be-working -on-another-big-bet-home-robots.
6. Martin Ford, Rodney Brooks ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 432.
7. "Solving Rubik's Cube with a robot hand," OpenAI, 15 Ekim 2019, openai.com/blog/solving-rubiks-cube/. (Video içerir.)
8. Will Knight, "Why solving a Rubik's Cube does not signal robot supremacy," *Wired*, 16 Ekim 2019, www.wired.com/story/why-solving-rubiks-cube-not-signal-robot-supremacy/.
9. Noam Scheiber, "Inside an Amazon warehouse, robots' ways rub off on humans," *New York Times*, 3 Temmuz 2019, www.nytimes.com/2019/07/03/business/economy/amazon-warehouse-labor-robots.html.
10. Eugene Kim, "Amazon's $775 million deal for robotics company Kiva is starting to look really smart," *Business Insider*, 15 Temmuz 2016, www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6.
11. Will Evans, "Ruthless quotas at Amazon are maiming employees," *The Atlantic*, 25 Kasım 2019, www.theatlantic.com/technology/archive/2019/11/amazon-warehouse-reports-show-worker-injuries/602530/.
12. Jason Del Ray, "How robots are transforming Amazon warehouse jobs—for better and worse," *Recode*, 11 Aralık 2019, www.vox.com/recode/2019/12/11/20982652/robots-amazon-warehouse-jobs-automation.
13. Michael Sainato, "'I'm not a robot': Amazon workers condemn unsafe, grueling conditions at warehouse," *The Guardian*, 5 Şubat 2020, www.theguardian.com/technology/2020/feb/05/amazon-workers-protest-unsafe-grueling-conditions-warehouse.
14. Jeffrey Dastin, "Exclusive: Amazon rolls out machines that pack orders and replace jobs," Reuters, 13 Mayıs 2019, www.reuters.com/article/us-amazon-com-automation-exclusive/exclusive-amazon-rolls-out-machines-that-pack-orders-and-replace-jobs-idUSKCN1SJ0X1.

15. Matt Simon, "Inside the Amazon warehouse where humans and machines become one," *Wired*, 5 Temmuz 2019, www.wired.com/story/amazon-warehouse-robots/.
16. James Vincent, "Amazon's latest robot champion uses deep learning to stock shelves," *The Verge*, 5 Temmuz 2016, www.theverge.com/2016/7/5/12095788/amazon-picking-robot-challenge-2016.
17. Jeffrey Dastin, "Amazon's Bezos says robotic hands will be ready for commercial use in next 10 years," Reuters, 6 Haziran 2019, www.reuters.com/article/us-amazon-com-conference/amazons-bezos-says-robotic-hands -will-be-ready-for-commercial-use-in-next-10-years-idUSKCN1T72JB.
18. Tech Insider, "Inside a warehouse where thousands of robots pack groceries (video)," YouTube, 9 Mayıs 2018, www.youtube.com/watch?reload=9&v=4DKrcpa8Z_E.
19. James Vincent, "Welcome to the automated warehouse of the future," *The Verge*, 8 Mayıs 2018, www.theverge.com/2018/5/8/17331250/automated-warehouses-jobs-ocado-andover-amazon.
20. a.g.e.
21. "ABB and Covariant partner to deploy integrated AI robotic solutions," ABB Basın bülteni, 25 Şubat 2020, new.abb.com/news/detail/57457/abb-and-covariant-partner-to-deploy-integrated-ai-robotic-solutions.
22. Evan Ackerman, "Covariant uses simple robot and gigantic neural net to automate warehouse picking," *IEEE Spectrum*, 29 Ocak 2020, spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/covariant-ai-gigantic-neural-network-to-automate-warehouse-picking.
23. Jonathan Vanian, "Industrial robotics giant teams up with a rising A.I. startup," *Fortune*, 25 Şubat 2020, fortune.com/2020/02/25 / industrial-robotics-ai-covariant/.
24. Alexander Lavin, J. Swaroop Guntupalli, Miguel Lázaro-Gredilla vd., "Explaining visual cortex phenomena using recursive cortical network," Vicarious Araştırma Makalesi, 30 Temmuz 2018, www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2018/07/30/380048.full.pdf.
25. Tom Simonite, "These industrial robots get more adept with every task," *Wired*, 10 Mart 2020, www.wired.com/story/these-industrial-robots-adept-every-task/.
26. Adam Satariano and Cade Metz, "A warehouse robot learns to sort out the tricky stuff," *New York Times*, 29 Ocak 2020, www.nytimes.com/2020/01/29/technology/warehouse-robot.html.

27. Matthew Boyle, "Robots in aisle two: Supermarket survival means matching Amazon," *Bloomberg*, 3 Aralık 2019, www.bloomberg.com/features/2019-automated-grocery-stores/.
28. a.g.e.
29. Nathaniel Meyersohn, "Grocery stores turn to robots during the coronavirus," CNN Business, 7 Nisan 2020, www.cnn.com/2020/04/07/business/grocery-stores-robots-automation/index.html.
30. Shoshy Ciment, "Walmart is bringing robots to 650 more stores as the retailer ramps up automation in stores nationwide," *Business Insider*, 13 Ocak 2020, www.businessinsider.com/walmart-adding-robots-help-stock-shelves-to-650-more-stores-2020-1.
31. Jennifer Smith, "Grocery delivery goes small with micro-fulfillment centers," *Wall Street Journal*, 27 Ocak 2020, www.wsj.com/articles/grocery-delivery-goes-small-with-micro-fulfillment-centers-11580121002.
32. Nick Wingfield, "Inside Amazon Go, a store of the future," *New York Times*, 21 Ocak 2018, www.nytimes.com/2018/01/21/technology/inside-amazon-go-a-store-of-the-future.html.
33. Spencer Soper, "Amazon will consider opening up to 3,000 cashierless stores by 2021," *Bloomberg*, 29 Eylül 2018, www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-19/amazon-is-said-to-plan-up-to-3-000-cashierless -stores-by-2021.
34. Paul Sawyers, "SoftBank leads $30 million investment in Accel Robotics for AI-enabled cashierless stores," *VentureBeat*, 3 Aralık 2019, venturebeat.com/2019/12/03/softbank-leads-30-million-investment-in-accel-robotics-for-ai-enabled-cashierless-stores/.
35. Jurica Dujmovic, "As coronavirus hits hard, Amazon starts licensing cashier-free technology to retailers," MarketWatch, 31 Mart 2020, www.marketwatch.com/story/as-coronavirus-hits-hard-amazon-starts-licensing-cashier-free-technology-to-retailers-2020-03-31.
36. Eric Rosenbaum, "Panera is losing nearly 100% of its workers every year as fast-food turnover crisis worsens," CNBC, 29 Ağustos 2019, www.cnbc.com/2019/08/29/fast-food-restaurants-in-america-are-losing-100percent-of-workers-every-year.html.
37. a.g.e.
38. Kate Krader, "The world's first robot-made burger is about to hit the Bay Area," *Bloomberg*, 21 Haziran 2018, www.bloomberg.com/news/features/2018-06-21/the-world-s-first-robotic-burger-is-ready-to-hit-the-bay -area.

39. John Elflein, "U.S. health care expenditure as a percentage of GDP 1960–2020," Statista, 8 Haziran 2020, www.statista.com/statistics/184968/us-health-expenditure-as-percent-of-gdp-since-1960/.
40. "Healthcare expenditure and financing," OECD.stat [OECD istatistikleri], Erişim Tarihi: May 15, 2020, stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=SHA.
41. William J. Baumol ve William G. Bowen, *Performing Arts, The Economic Dilemma: A Study of Problems Common to Theater, Opera, Music and Dance*, MIT Press, 1966.
42. Michael Maiello, "Diagnosing William Baumol's cost disease," *Chicago Booth Review*, 18 Mayıs 2017, review.chicagobooth.edu/economics/2017/article/diagnosing-william-baumol-s-cost-disease.
43. "7 healthcare robots for the smart hospital of the future," Nanalyze, 6 Nisan 2020, www.nanalyze.com/2020/04/healthcare-robots-smart-hospital/.
44. Daphne Sashin, "Robots join workforce at the new Stanford Hospital," *Stanford Medicine News*, 4 Kasım 2019, med.stanford.edu/news/all-news/2019/11/robots-join-the-workforce-at-the-new-stanford-hospital-.html.
45. Diego Ardila, Atilla P. Kiraly, Sujeeth Bharadwaj vd., "End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography," *Nature Medicine*, cilt: 25, ss. 954–961 (2019), 20 Mayıs 2019, www.nature.com/articles/s41591-019-0447-x.
46. Karen Hao, "Doctors are using AI to triage COVID-19 patients. The tools may be here to stay," *MIT Technology Review*, 23 Nisan 2020, www.technologyreview.com/2020/04/23/1000410/ai-triage-covid-19-patients-health-care.
47. Creative Distribution Lab, "Geoffrey Hinton: On radiology (video)," YouTube, 24 Kasım 2016, www.youtube.com/watch?reload=9&v=2HMPRXstSvQ. (Machine Learning and the Market for Intelligence 2016 [Makine Öğrenmesi ve Zekâ Pazarı 2016] konferansından.)
48. Alex Bratt, "Why radiologists have nothing to fear from deep learning," *Journal of the American College of Radiology*, cilt 16, sayı 9, A Bölümü, ss. 1190–1192 (Eylül 2019), 18 Nisan 2019, www.jacr.org/article/S1546-1440(19)30198-X/fulltext.
49. Ray Sipherd, "The third-leading cause of death in US most doctors don't want you to know about," CNBC, 22 Şubat 2018, www.cnbc.com/2018/02/22/medical-errors-third-leading-cause-of-death-in-america.html.

50. Elise Reuter, "Study shows reduction in medication errors using health IT startup's software," *MedCity News*, 24 Aralık 2019, medcitynews.com/2019/12/study-shows-reduction-in-medication-errors-using-health-it-startups-software/.
51. Adam Vaughan, "Google is taking over DeepMind's NHS contracts—should we be worried?," New *Scientist*, 27 Eylül 2019, www.newscientist.com/article/2217939-google-is-taking-over-deepminds-nhs-contracts-should-we-be-worried/.
52. Clive Thompson, "May A.I. help you?," *New York Times*, 14 Kasım 2018, www.nytimes.com/interactive/2018/11/14/magazine/tech-design-ai-chatbot.html.
53. Blair Hanley Frank, "Woebot raises $8 million for its AI therapist," *VentureBeat*, 1 Mart 2018, venturebeat.com/2018/03/01/woebot-raises-8-million-for-its-ai-therapist/.
54. Ariana Eunjung Cha, "Watson's next feat? Taking on cancer," *Washington Post*, 27 Haziran 2015, www.washingtonpost.com/sf/national/2015/06/27/watsons-next-feat-taking-on-cancer/.
55. Mary Chris Jaklevic, "MD Anderson Cancer Center's IBM Watson project fails, and so did the journalism related to it," *Health News Review*, 23 Şubat 2017, www.healthnewsreview.org/2017/02/md-anderson-cancer-centers-ibm-watson-project-fails-journalism-related/.
56. Mark Anderson, "Surprise! 2020 is not the year for self-driving cars," *IEEE Spectrum*, 22 Nisan 2020, spectrum.ieee.org/transportation/self-driving /surprise-2020-is-not-the-year-for-selfdriving-cars.
57. Alex Knapp, "Aurora CEO Chris Urmson says there'll be hundreds of self-driving cars on the road in five years," *Forbes*, 29 Ekim 2019, www.forbes.com/sites/alexknapp/2019/10/29/aurora-ceo-chris-urmson-says-therell-be-hundreds-of-self-driving-cars-on-the-road-in-five-years/.
58. Lex Fridman, "Chris Urmson: Self-driving cars at Aurora, Google, CMU, and DARPA," Yapay Zekâ Podcast'i, 28, Bölüm. 22 Temmuz 2019, lexfridman.com/chris-urmson/. (Videoya ve sesli podcast'e erişilebilirsiniz.)
59. Stefan Seltz-Axmacher, "The end of Starsky Robotics," Starsky Robotics 10-4 Labs Blog, 19 Mart 2020, medium.com/starsky-robotics-blog/the-end-of-starsky-robotics-acb8a6a8a5f5.
60. Sam Dean, "Uber fares are cheap, thanks to venture capital. But is that free ride ending?," *Los Angeles Times*, 11 Mayıs 2019, www.latimes.com/business/technology/la-fi-tn-uber-ipo-lyft-fare-increase-20190511-story.html.

61. Darrell Etherington, "Waymo has now driven 10 billion autonomous miles in simulation," TechCrunch, 10 Temmuz 2019, techcrunch.com/2019/07/10/waymo-has-now-driven-10-billion-autonomous-miles-in-simulation/.
62. Waymo web sitesi, Erişim Tarihi: 20 Mayıs 2020, waymo.com/.
63. Ray Kurzweil, "The Law of Accelerating Returns," Kurzweil Kütüphanesi Blog'u, 7 Mart 2001, www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns.
64. Tyler Cowen, *The Great Stagnation: How America Ate All the Low-Hanging Fruit of Modern History, Got Sick, and Will (Eventually) Feel Better*, Dutton, 2011.
65. Robert J. Gordon, *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living Since the Civil War*, Princeton University Press, 2016.
66. Nicholas Bloom, Charles I. Jones, John Van Reenen ve Michael Webb, "Are ideas getting harder to find?" *American Economic Review*, cilt 110, sayı 4, ss. 1104–1144 (Nisan 2020), www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20180338, s. 1138.
67. a.g.e., s. 1104.
68. a.g.e., s. 1104.
69. Sam Lemonick, "Exploring chemical space: Can AI take us where no human has gone before?," *Chemical and Engineering News*, 6 Nisan 2020, cen.acs.org/physical-chemistry/computational-chemistry/Exploring-chemical-space-AI-take/98/i13.
70. a.g.e.
71. Delft University of Technology, "Researchers design new material using artificial intelligence," Phys.org, 14 Ekim 2019, phys.org/news/2019-10-material-artificial-intelligence.html.
72. Beatrice Jin, "How AI helps to advance new materials discovery," Cornell Research, Erişim Tarihi: 22 Mayıs 2020, research.cornell.edu/research/how-ai-helps-advance-new-materials-discovery.
73. Savanna Hoover, "Artificial intelligence meets materials science," Texas A&M University Engineering News, 17 Aralık 2018, engineering.tamu.edu/news/2018/12/artificial-intelligence-meets-materials-science.html.
74. Kyle Wiggers, "Kebotix raises $11.5 million to automate lab experiments with AI and robotics," *VentureBeat*, 16 Nisan 2020, venturebeat.com/2020/04/16/kebotix-raises-11-5-million-to-automate-lab-experiments-with-ai-and-robotics/.

75. Simon Smith, "230 startups using artificial intelligence in drug discovery," BenchSci Blog'u, Güncelleştirme: 8 Nisan 2020, blog.benchsci.com/startups-using-artificial-intelligence-in-drug-discovery.
76. Ford, Daphne Koller ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 388.
77. Ned Pagliarulo, "AI's impact in drug discovery is coming fast, predicts GSK's Hal Barron," *BioPharma Dive*, 21 Kasım 2019, www.biopharmadive.com/news/gsk-hal-barron-ai-drug-discovery-prediction-daphne-koller/567855/.
78. Anne Trafton, "Artificial intelligence yields new antibiotic," *MIT News*, 20 Şubat 2020, news.mit.edu/2020/artificial-intelligence-identifies-new-antibiotic-0220.
79. Richard Staines, "Exscientia claims world first as AI-created drug enters clinic," *Pharmaphorum*, 30 Ocak 2020, pharmaphorum.com/news /exscientia-claims-world-first-as-ai-created-drug-enters-clinic/.
80. Matt Reynolds, "DeepMind's AI is getting closer to its first big real-world application," *Wired*, 15 Ocak 2020, www.wired.co.uk/article/deepmind-protein-folding-alphafold.
81. Semantic Scholar web sitesi, Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2020, pages.semanticscholar.org/about-us.
82. a.g.e.
83. Khari Johnson, "Microsoft, White House, and Allen Institute release coronavirus data set for medical and NLP researchers," *VentureBeat*, 16 Mart 2020, venturebeat.com/2020/03/16/microsoft-white-house-and-allen-institute-release-coronavirus-data-set-for-medical-and-nlp-researchers/.
84. "CORD-19: COVID-19 Open Research Dataset," Semantic Scholar, Erişim Tarihi: 6 Mayıs 2020, www.semanticscholar.org/cord19.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ZEKİ MAKİNELER KURMA SEFERİ

1. Samuel Butler, "Darwin among the machines, a letter to the editors," *The Press*, Christchurch, Yeni Zelanda, 13 Haziran 1863.
2. Alan Turing, "Computing machinery and intelligence," *Mind*, cilt LIX, sayı 236, ss. 433–460 (Ekim 1950).
3. J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester and C. E. Shannon, "A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence," 31 Ağustos 1955, raysolomonoff.com/dartmouth/boxa/dart564props.pdf.

4. Brad Darrach, "Meet Shaky, the first electronic person: The fascinating and fearsome reality of a machine with a mind of its own," *LIFE*, 20 Kasım 1970, s. 58D.
5. a.g.e.
6. Warren McCulloch ve Walter Pitts, "A logical calculus of ideas immanent in nervous activity," *Bulletin of Mathematical Biophysics*, cilt 5, sayı 4, ss. 115–133 (Aralık 1943).
7. Martin Ford, Ray Kurzweil ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 228.
8. Marvin Minsky ve Seymour Papert, *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*, MIT Press, 1969.
9. Ford, Yan LeCun ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 122.
10. David E. Rumelhart, Geoffrey E. Hinton ve Ronald J. Williams, "Learning representations by back-propagating errors," *Nature*, cilt 323, sayı 6088, ss. 533–536 (1986), 9 Ekim 1986, www.nature.com/articles/323533a0.
11. Ford, Geoffrey Hinton ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 73.
12. Dave Gershgorn, "The data that transformed AI research—and possibly the world," *Quartz*, 26 Temmuz 2017, qz.com/1034972/the-data-that-changed-the-direction-of-ai-research-and-possibly-the-world/.
13. Ford, Geoffrey Hinton ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 77.
14. Jürgen Schmidhuber'den Martin Ford'a gelen e-posta, 28 Ocak 2019.
15. Jürgen Schmidhuber, "Critique of paper by 'Deep Learning Conspiracy' (Nature 521 s 436)," Temmuz 2015, people.idsia.ch/~juergen/deep-learning-conspiracy.html.
16. John Markoff, "When A.I. matures, it may call Jürgen Schmidhuber 'Dad,'" *New York Times*, 27 Kasım 2016, www.nytimes.com/2016/11/27/technology/artificial-intelligence-pioneer-jurgen-schmidhuber-overlooked.html.
17. Robert Triggs, "What being an 'AI first' company means for Google," *Android Authority*, 8 Kasım 2017, www.androidauthority.com/google-ai-first-812335/.
18. Cade Metz, "Why A.I. researchers at Google got desks next to the boss," *New York Times*, 19 Şubat 2018, www.nytimes.com/2018/02/19/technology/ai-researchers-desks-boss.html.

BEŞİNCİ BÖLÜM
DERİN ÖĞRENME VE YAPAY ZEKÂNIN GELECEĞİ

1. Martin Ford, Geoffrey Hinton ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 72–73.
2. Matt Reynolds, "New computer vision challenge wants to teach robots to see in 3D," *New Scientist*, 7 Nisan 2017, www.newscientist.com/article/2127131-new-computer-vision-challenge-wants-to-teach-robots-to-see-in-3d/.
3. Ashlee Vance, "Silicon Valley's latest unicorn is run by a 22-year-old," *Bloomberg Businessweek*, 5 Ağustos 2019, www.bloomberg.com/news/articles/2019-08-05/scale-ai-is-silicon-valley-s-latest-unicorn.
4. Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver vd., "Playing Atari with deep reinforcement learning," DeepMind Research, 1 Ocak 2013, deepmind.com/research/publications/playing-atari-deep-reinforcement-learning.
5. Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver vd., *Nature*, cilt 529–533 (2015), 25 Ekim 2015, www.nature.com/articles/323533a0.
6. Tu Yuanyuan, "The game of Go: Ancient wisdom," *Confucius Institute Magazine*, cilt 17, ss. 46–51 (Kasım 2011), confuciusmag.com/go-game.
7. David Silver ve Demis Hassabis, "AlphaGo: Mastering the ancient game of Go with machine learning," Google YZ Blog'u, 27 Ocak 2016, ai.googleblog.com/2016/01/alphago-mastering-ancient-game-of-go.html.
8. Matt Schiavenza, "China's 'Sputnik Moment' and the Sino-American battle for AI supremacy," Asya Toplumu Blog'u, 25 Eylül 2018, asiasociety.org/blog/asia/chinas-sputnik-moment-and-sino-american-battle-ai-supremacy.
9. John Markoff, "Scientists see promise in deep-learning programs," *New York Times*, 23 Kasım 2012, www.nytimes.com/2012/11/24/science/scientists-see-advances-in-deep-learning-a-part-of-artificial-intelligence.html.
10. Dario Amodei ve Danny Hernandez, "AI and Compute," OpenAI Blog'u, 16 Mayıs 2018, openai.com/blog/ai-and-compute/.
11. Will Knight, "Facebook's head of AI says the field will soon 'hit the wall,'" *Wired*, 4 Aralık 2019, www.wired.com/story/facebooks-ai-says-field-hit-wall/.

12. Kim Martineau, "Shrinking deep learning's carbon footprint," *MIT News*, 7 Ağustos 2020, news.mit.edu/2020/shrinking-deep-learning-carbon-footprint-0807.
13. "General game playing with schema networks," Vicarious Research, 7 Ağustos 2017, www.vicarious.com/2017/08/07/general-game-playing-with-schema-networks/.
14. Sam Shead, "Researchers: Are we on the cusp of an 'AI winter'?," BBC News, 12 Ocak 2020, www.bbc.com/news/technology-51064369.
15. Filip Piekniewski, "AI winter is well on its way," Piekniewski'nin Blog'u, 28 Mayıs 2018, blog.piekniewski.info/2018/05/28/ai-winter-is-well-on-its-way/.
16. Ford, Jeffery Dean ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 377.
17. Ford, Demis Hassabis ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 171.
18. Andrea Banino, Caswell Barry, Dharshan Kumaran ve Benigno Uria, "Navigating with grid-like representations in artificial agents," DeepMind Araştırma Blog'u, 9 Mayıs 2018, deepmind.com/blog/article/grid-cells.
19. Ford, Demis Hassabis ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 173.
20. Andrea Banino, Caswell Barry, Benigno Uria vd., "Vector-based navigation using grid-like representations in artificial agents," *Nature*, cilt 557, ss. 429–433 (2018), 9 Mayıs 2018, www.nature.com/articles/s41586-018-0102-6.
21. Will Dabney ve Zeb Kurth-Nelson, "Dopamine and temporal difference learning: A fruitful relationship between neuroscience and AI," DeepMind Araştırma Blog'u 15 Ocak 2020, deepmind.com/blog/article/Dopamine-and-temporal-difference-learning-A-fruitful-relationship-between-neuroscience-and-AI.
22. Tony Peng, "Yann LeCun Cake Analogy 2.0," *Synced Review*, 22 Şubat 2019, medium.com/syncedreview/yann-lecun-cake-analogy-2-0-a361da560dae.
23. Ford, Demis Hassabis ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 172–173.
24. Jeremy Kahn, "A.I. breakthroughs in natural-language processing are big for business," *Fortune*, 20 Ocak 2020, fortune.com/2020/01/20/natural-language-processing-business/.

25. Ford, David Ferrucci ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 409.
26. a.g.e. s. 414.
27. *Do You Trust This Computer?* [*Bu Bilgisayara Güveniyor Musunuz?*], Gösterime Giriş Tarihi: 5 Nisan 2018, Papercut Films, doyoutrustthiscomputer.org/.
28. Ford, David Ferrucci ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 414.
29. Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology* [*Tekillik Yakın: insanlar Biyolojinin Ötesine Geçtiğinde*], Penguin Books, 2005.
30. Ray Kurzweil, *Bir Zihin Yaratmak: İnsan Düşüncesinin Esrarı*, çev. Dilara Gostolupçe, İstanbul bilgi üniversitesi, 2021.
31. Ford, Ray Kurzweil ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 230–231.
32. Mitch Kapor ve Ray Kurzweil, "A wager on the Turing test: The rules," Kurzweil YZ Blog'u, 9 Nisan 2002, www.kurzweilai.net/a-wager-on-the-turing-test-the-rules.
33. Sean Levinson, "A Google executive is taking 100 pills a day so he can live forever," *Elite Daily*, 15 Nisan 2015, www.elitedaily.com/news/world/google-executive-taking-pills-live-forever/1001270.
34. Ford, Ray Kurzweil ile Röportaj, Architects of Intelligence [Zekânın Mimarları], s. 240–241.
35. a.g.e., s. 230.
36. a.g.e., s. 233.
37. Alec Radford, Jeffrey Wu, Dario Amodei vd., "Better language models and their implications," OpenAI Blog'u, 14 Şubat 2019, openai.com/blog/better-language-models/.
38. James Vincent, "OpenAI's latest breakthrough is astonishingly powerful, but still fighting its flaws," *The Verge*, 30 Temmuz 2020, www.theverge.com/21346343/gpt-3-explainer-openai-examples-errors-agi-potential.
39. Gary Marcus ve Ernest Davis, "GPT-3, Bloviator: OpenAI's language generator has no idea what it's talking about," *MIT Technology Review*, 22 Ağustos 2020, www.technologyreview.com/2020/08/22/1007539/gpt3-openai-language-generator-artificial-intelligence-ai-opinion/.
40. Ford, Stuart Russell ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 53.

41. "OpenAI Founder: Short-Term AGI Is a Serious Possibility," *Synced*, 13 Kasım 2018, syncedreview.com/2018/11/13/openai-founder-short-term-agi-is-a-serious-possibility/.
42. Connie Loizos, "Sam Altman in conversation with StrictlyVC (video)," YouTube, 18 Mayıs 2019, youtu.be/TzcJlKg2Rc0, başlangıç: 39:00.
43. Luke Dormehl, "Neuro-symbolic A.I. is the future of artificial intelligence. Here's how it works," *Digital Trends*, 5 Ocak 2020, www.digitaltrends.com/cool-tech/neuro-symbolic-ai-the-future/.
44. Ford, Yoshua Bengio ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 22.
45. Ford, Geoffrey Hinton ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 84–85.
46. Ford, Yan LeCun ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 123.
47. Anthony M. Zador, "A critique of pure learning and what artificial neural networks can learn from animal brains," *Nature Communications*, cilt 10, makale no 3770 (2019), 21 Ağustos 2019, www.nature.com/articles/s41467-019-11786-6.
48. Zoey Chong, "AI beats humans in Stanford reading comprehension test," CNET, 16 Ocak 2018, www.cnet.com/news/new-results-show-ai-is-as-good-as-reading-comprehension-as-we-are/.
49. Tüm Winograd şeması örneklerinin kaynağı: Ernest Davis, "A collection of Winograd schemas," New York University Department of Computer Science, 8 Eylül 2011, cs.nyu.edu/davise/papers/WSOld.html.
50. Ford, Oren Etzioni ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 495–496.
51. a.g.e.
52. Ford, Yoshua Bengio ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 21.
53. Ford, Yan LeCun ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 126–127.
54. a.g.e., s. 130.
55. Ford, Judea Pearl ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 364.
56. Ford, Joshua Tenenbaum ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 471–472.

57. Ford, Judea Pearl ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 366.
58. Will Knight, "An AI pioneer wants his algorithms to understand the 'why,'" *Wired*, 8 Ekim 2019, www.wired.com/story/ai-pioneer-algorithms-understand-why/.
59. Graham Allison, *Destined for War: Can America and China Escape Thucydides's Trap?*, Houghton Mifflin Harcourt, 2017.
60. AlphaStar Ekibi, "AlphaStar: Mastering the real-time strategy game StarCraft II," DeepMind Araştırma Blog'u, 24 Ocak 2019, deepmind.com/blog/article/alphastar-mastering-real-time-strategy-game-starcraft-ii.
61. Ford, Oren Etzioni ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 494.
62. Ford, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 528.
63. "AI timeline surveys," AI Impacts, Erişim Tarihi: 27 Haziran 2020, aiimpacts.org/ai-timeline-surveys/.

ALTINCI BÖLÜM
İŞLERİN KAYBOLUŞU VE YAPAY ZEKÂNIN EKONOMİK SONUÇLARI

1. David Axelrod, "Larry Summers," Axe Dosyaları (podcast), 98. Bölüm, 21 Kasım 2016, omny.fm/shows/the-axe-files-with-david-axelrod/ep-98-larry-summers.
2. Sam Fleming ve Brooke Fox, "US states that voted for Trump most vulnerable to job automation," *Financial Times*, 23 Ocak 2019, www.ft.com/content/cbf2a01e-1f41-11e9-b126-46fc3ad87c65.
3. Carol Graham, "Understanding the role of despair in America's opioid crisis," Brookings Institution, 15 Ekim 2019, www.brookings.edu/policy2020/votervital/how-can-policy-address-the-opioid-crisis-and-despair-in-america/.
4. Örneğin bkz.: Carl Benedikt Frey ve Michael Osborne, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," Oxford Martin Okulu, Oxford Üniversitesi, Ön Rapor, 17 Eylül 2013, www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf, s. 38.
5. ABD İşçi İstatistikleri Bürosu, "Unemployment rate (UNRATE)," ["İşsizlik Oranı"] Kaynak: St. Louis Federal Merkez Bankası, 18

Temmuz 2020, fred.stlouisfed.org/series/UNRATE; Greg Rosalsky, "Are we even close to full employment?," NPR Planet Money, 2 Temmuz 2019, www.npr.org/sections/money/2019/07/02/737790095/are-we-even-close-to-full-employment.

6. Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Örgütü (OECD), "Activity rate: Aged 25–54: Males for the United States (LRAC25MAUSM156S)," Kaynak: St. Louis Federal Merkez Bankası, 17 Temmuz 2020, fred.stlouisfed.org/series/LRAC25MAUSM156S.
7. "Trends in Social Security Disability Insurance," Sosyal Güvenlik Emeklilik ve Maluliyet Politikaları Ofisi, Brifing Raporu No. 2019-01, August 2019, www.ssa.gov/policy/docs/briefing-papers/bp2019-01.html.
8. ABD İşçi İstatistikleri Bürosu, "Labor force participation rate (CIVPART)," Kaynak: St. Louis, 17 Temmuz 2020, fred.stlouisfed.org/series/CIVPART.
9. ABD İşçi İstatistikleri Bürosu, "Labor force participation rate (CIVPART)," Kaynak: St. Louis Federal Merkez Bankası, 22 Temmuz 2020, fred.stlouisfed.org/series/CIVPART. İşçi İstatistikleri Bürosu, "Business sector: Real compensation per hour (PRS84006151)," Kaynak: St. Louis Federal Merkez Bankası, 22 Temmuz 2020, fred.stlouisfed.org/series/PRS84006151.
10. Dünya Bankası, "GINI index for the United States (SIPOVGINIUSA)," Kaynak: St. Louis Federal Merkez Bankası, 20 Temmuz 2020, fred.stlouisfed.org/series/SIPOVGINIUSA.
11. Martha Ross ve Nicole Bateman, "Low-wage work is more pervasive than you think, and there aren't enough 'good jobs' to go around," Brookings Enstitüsü, 21 Kasım 2019, www.brookings.edu/blog/the-avenue/2019/11/21/low-wage-work-is-more-pervasive-than-you-think-and-there-arent-enough-good-jobs-to-go-around/.
12. "The U.S. Private Sector Job Quality Index (JQI)," Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2020, www.jobqualityindex.com/.
13. Gwynn Guilford, "The great American labor paradox: Plentiful jobs, most of them bad," *Quartz*, 21 Kasım 2019, qz.com/1752676/the-job-quality-index-is-the-economic-indicator-weve-been-missing/.
14. Elizabeth Redden, "41% of recent grads work in jobs not requiring a degree," *Inside Higher Ed*, 18 Şubat 2020, www.insidehighered.com/quicktakes/2020/02/18/41-recent-grads-work-jobs-not-requiring-degree.

15. "The Phillips curve may be broken for good," *The Economist*, 1 Kasım 2017, www.economist.com/graphic-detail/2017/11/01/the-phillips-curve-may-be-broken-for-good.
16. John Elflein, "U.S. companies are rolling in cash, and they're growing increasingly fearful to spend it," *The Business Journals*, 12 Aralık 2018, www.bizjournals.com/bizjournals/news/2018/12/12/u-s-companies-are-hoarding-cash-and-theyre-growing.html.
17. Martin Ford, *Robotların Yükselişi: Yapay Zekâ ve İşsiz Bir Gelecek Tehlikesi*, Kronik, 2018, ss 238–244.
18. Martin Ford, James Manyika ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 285–286.
19. Nir Jaimovich ve Henry E. Siu, "Job polarization and jobless recoveries," Ulusal Ekonomik Araştırma Bürosu, Ön Rapor 18334, Yayınlanma Tarihi: Ağustos 2012, Yeniden Düzenleme: Kasım 2018, www.nber.org/papers/w18334.
20. Jacob Bunge ve Jesse Newman, "Tyson turns to robot butchers, spur red by coronavirus outbreaks," *Wall Street Journal*, 9 Temmuz 2020, www.wsj.com/articles/meatpackers-covid-safety-automation-robots-coronavirus-11594303535.
21. Miso Robotics, "White Castle selects Miso Robotics for a new era of artificial intelligence in the fast food industry," Press Release Newswire, 14 Temmuz 2020, www.prnewswire.com/news-releases/white-castle-selects-miso-robotics-for-a-new-era-of-artificial-intelligence-in-the-fast-food-industry-301092746.html.
22. James Manyika, Susan Lund, Michael Chui, vd., "Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages," *McKinsey Global Enstitüsü*, 28 Kasım 2017, www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages.
23. Ferris Jabr, "Cache cab: Taxi drivers' brains grow to navigate London's streets," *Scientific American*, 8 Aralık 2011, www.scientificamerican.com/article/london-taxi-memory/.
24. Kate Conger, "Facebook starts planning for permanent remote workers," *New York Times*, 21 Mayıs 2020, www.nytimes.com/2020/05/21/technology/facebook-remote-work-coronavirus.html.

25. Alexandre Tanzi, "Gloom grips U.S. small businesses, with 52% predicting failure," *Bloomberg*, 6 Mayıs 2020, www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-06/majority-of-u-s-small-businesses-expect-to-close-survey-says.
26. Alfred Liu, "Robots to cut 200,000 U.S. bank jobs in next decade, study says," *Bloomberg*, 1 Ekim 2019, www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-02/robots-to-cut-200-000-u-s-bank-jobs-in-next-decade-study-says.
27. Jack Kelly, "Artificial intelligence is superseding well-paying Wall Street jobs," *Forbes*, 10 Aralık 2019, www.forbes.com/sites/jackkelly/2019/12/10/artificial-intelligence-is-superseding-well-paying-wall-street-jobs/.
28. "Top healthcare chatbots startups," Tracxn, 20 Ekim 2020, tracxn.com/d/trending-themes/Startups-in-Healthcare-Chatbots.
29. Celeste Barnaby, Satish Chandra ve Frank Luan, "Aroma: Using machine learning for code recommendation," Facebook YZ Blog'u, 4 Nisan 2019, ai.facebook.com/blog/aroma-ml-for-code-recommendation/.
30. Will Douglas Heaven, "OpenAI's new language generator GPT-3 is shockingly good—and completely mindless," *MIT Technology Review*, 20 Temmuz 2020, www.technologyreview.com/2020/07/20/1005454/openai-machine-learning-language-generator-gpt-3-nlp/.
31. Jacques Bughin, Jeongmin Seong, James Manyika, vd., "Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy," McKinsey Global Enstitüsü, Tartışma Raporu, Eylül 2018, www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Notes%20from%20the%20frontier%20Modeling%20the%20impact%20of%20AI%20on%20the%20world%20economy/MGI-Notes-from-the-AI-frontier-Modeling-the-impact-of-AI-on-the-world-economy-September-2018.ashx.
32. Anand S. Rao ve Gerard Verweij, "Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?," PwC, Ekim 2018, www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf.
33. Bughin vd., "Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy," s 3.

YEDİNCİ BÖLÜM
ÇİN VE YAPAY ZEKÂ GÖZETİM DEVLETİNİN YÜKSELİŞİ

1. Chris Buckley, Paul Mozur ve Austin Ramzy, "How China turned a city into a prison," *New York Times*, 4 Nisan 2019, www.nytimes.com/interactive/2019/04/04/world/asia/xinjiang-china-surveillance-prison.html.
2. James Vincent, "Chinese netizens spot AI books on president Xi Jinping's bookshelf," *The Verge*, 3 Ocak 2018, www.theverge.com/2018/1/3/16844364/china-ai-xi-jinping-new-years-speech-books.
3. Tom Simonite, "China is catching up to the US in AI research— fast," Wired, 13 Mart 2019, www.wired.com/story/china-catching-up-us-in-ai-research/.
4. Sağlam Görü Yarışması web sitesi, Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2020, www.robustvision.net/rvc2018.php.
5. Ulusal Savunma Teknolojisi Üniversitesi web sitesi Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2020, english.nudt.edu.cn/About/index.htm.
6. Nicolas Thompson ve Ian Bremmer, "The AI Cold War that threatens us all," Wired, 23 Ekim 2018, www.wired.com/story/ai-cold-war-china-could-doom-us-all/.
7. Alex Hern, "China censored Google's AlphaGo match against world's best Go player," *The Guardian*, 24 Mayıs 2017, www.theguardian.com/technology/2017/may/24/china-censored-googles-alphago-match-against-worlds-best-go-player.
8. [(ç.n.) Martin Ford'un özgün metninde insan dilbilimcilerin İngilizce'ye çevirdiği metnin Türkçe çevirisi şöyle: "Yapay Zeka (YZ) hızlı gelişimiyle insan toplumunu, yaşamını kökünden değiştireceği gibi, dünyayı da değiştirecek. YZ geliştirmede büyük stratejik fırsatın yakalanması, Çin'in YZ geliştirmede ilk hamle avantajının tesis edilmesi, bilim ve teknolojide inovatif bir ulusun ve küresel gücün inşa edilmesi çabalarına hız katma amacıyla Çin Komünist Partisi Merkez Komitesi'nin ve Çin Danıştayı'nın ihtiyaçları uyarınca işbu plan oluşturuldu."] Çin Danıştayı, "New Generation Artificial Intelligence Development Plan" ["Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı,"] Yayınlayan: Çin Danıştayı, Tarih: 20 Temmuz 2017, İngilizceye çev. Graham Webster, Rogier Creemers, Paul Triolo ve Elsa Kania, Yeni Amerika Vakfı, 1 Ağustos 2017, www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/digichina/blog/full-translation-chinas-new-generation-artificial-intelligence-development-plan-2017/. (Özgün Çince devlet belgesi: www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.)

9. Lai Lin Thomala, "Number of internet users in China 2008–2020," Statista, 30 Nisan 2020, www.statista.com/statistics/265140/number-of-internet-users-in-china/.
10. Lai Lin Thomala, "Penetration rate of internet users in China 2008–2020," Statista, 30 Nisan 2020, www.statista.com/statistics/236963/penetration-rate-of-internet-users-in-china/.
11. Rachel Metz, "Baidu could beat Google in self-driving cars with a totally Google move," *MIT Technology Review*, 8 Ocak 2018, www.technologyreview.com/2018/01/08/146351/baidu-could-beat-google-in-self-driving-cars-with-a-totally-google-move/.
12. Jon Russell, "Former Microsoft executive and noted AI expert Qi Lu joins Baidu as COO," TechCrunch, 17 Ocak 2017, techcrunch.com/2017/01/16/qi-lu-joins-baidu-as-coo/.
13. Martin Ford, Demis Hassabis ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 179.
14. Field Cady ve Oren Etzioni, "China may overtake US in AI research," Allen YZ Enstitüsü Blog'u, 13 Mart 2019, medium.com/ai2-blog/china-to-overtake-us-in-ai-research-8b6b1fe30595.
15. Jeffrey Ding, "Deciphering China's AI dream: The context, components, capabilities, and consequences of China's strategy to lead the world in AI," İnsanlığın Geleceği Enstitüsü, Oxford Üniversitesi, Mart 2018, www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf.
16. Jeffrey Ding, "China's current capabilities, policies, and industrial ecosystem in AI: Testimony before the U.S.-China Economic and Security Review Commission Hearing on Technology, Trade, and Military-Civil Fusion: China's Pursuit of Artificial Intelligence, New Materials, and New Energy," 7 Temmuz 2019, www.uscc.gov/sites/default/files/June%207%20Hearing_Panel%201_Jeffrey%20Ding_China%27s%20Current%20Capabilities%2C%20Policies%2C%20and%20Industrial%20Ecosystem%20in%20AI.pdf.
17. Kai-Fu Lee, "What China can teach the U.S. about artificial intelligence," *New York Times*, 22 Eylül 2018, www.nytimes.com/2018/09/22/opinion/sunday/ai-china-united-states.html.
18. Kathrin Hille ve Richard Waters, "Washington unnerved by China's 'military-civil fusion,'" *Financial Times*, 7 Kasım 2018, www.ft.com/content/8dcb534c-dbaf-11e8-9f04-38d397e6661c.

19. Scott Shane ve Daisuke Wakabayashi, "'The Business of War': Google employees protest work for the Pentagon," *New York Times*, 4 Nisan 2018, www.nytimes.com/2018/04/04/technology/google-letter-ceo-pentagon-project.html.
20. Tom Simonite, "Behind the rise of China's facial-recognition giants," *Wired*, 3 Eylül 2019, www.wired.com/story/behind-rise-chinas-facial-recognition-giants/.
21. Paul Mozur ve Aaron Krolik, "A surveillance net blankets China's cities, giving police vast powers," *New York Times*, 17 Aralık 2019, www .nytimes.com/2019/12/17/technology/china-surveillance.html.
22. Amy B. Wang, "A suspect tried to blend in with 60,000 concert goers. China's facial-recognition cameras caught him," *Washington Post*, 13 Nisan 2018, www.washingtonpost.com/news/worldviews/wp/2018/04/13/china-crime-facial-recognition-cameras-catch-suspect-at-concert-with-60000-people/.
23. Paul Mozur, "Inside China's dystopian dreams: A.I., shame and lots of cameras," *New York Times*, 8 Temmuz 2018, nytimes.com/2018/07/08/business/china-surveillance-technology.html.
24. Paul Moser, "One month, 500,000 face scans: How China is using A.I. to profile a minority," *New York Times*, 14 Nisan 2019, www.nytimes.com/2019/04/14/technology/china-surveillance-artificial-intelligence-racial-profiling.html.
25. a.g.e.
26. Simina Mistreanu, "Life inside China's social credit laboratory," *Foreign Policy*, 3 Nisan 2018, foreignpolicy.com/2018/04/03/life-inside-chinas-social-credit-laboratory/.
27. Echo Huang, "Garbage-sorting violators in China now risk being punished with a junk credit rating," *Quartz*, 8 Ocak 2018, qz.com/1173975/garbage-sorting-violators-in-china-risk-getting-a-junk-credit-rating/.
28. Maya Wang, "China's chilling 'social credit' blacklist," İnsan Hakları İzleme Örgütü, 12 Aralık 2017, www.hrw.org/news/2017/12/13/chinas-chilling-social-credit-blacklist.
29. Nicole Kobie, "The complicated truth about China's social credit system," *Wired*, 7 Temmuz 2019, www.wired.co.uk/article/china-social-credit-system-explained.
30. Steven Feldstein, "The global expansion of AI surveillance," Carnegie Uluslararası Barışa Destek Kurumu, 17 Eylül 2019, carnegieendowment.org/2019/09/17/global-expansion-of-ai-surveillance-pub-79847.

31. Yuan Yang ve Madhumita Murgia, "Facial recognition: How China cornered the surveillance market," *Financial Times*, 6 Aralık 2019, www.ft.com/content/6f1a8f48-1813-11ea-9ee4-11f260415385.
32. Russell Brandon, "The case against Huawei, explained," *The Verge*, 22 Mayıs 2019, www.theverge.com/2019/5/22/18634401/huawei-ban-trump-case-infrastructure-fears-google-microsoft-arm-security.
33. Will Knight, "Trump's latest salvo against China targets AI firms," *Wired*, 9 Ekim 2019, www.wired.com/story/trumps-salvo-against-china-targets-ai-firms/.
34. Kashmir Hill, "The secretive company that might end privacy as we know it," *New York Times*, 18 Ocak 2020, www.nytimes.com/2020/01/18/technology/clearview-privacy-facial-recognition.html.
35. a.g.e.
36. a.g.e.
37. Ryan Mac, Caroline Haskins ve Logan McDonald, "Clearview's facial recognition app has been used by the Justice Department, ICE, Macy's, Walmart, and the NBA," *BuzzFeed News*, 27 Şubat 2020, www.buzzfeednews.com/article/ryanmac/clearview-ai-fbi-ice-global-law-enforcement.
38. Alfred Ng ve Steven Musil, "Clearview AI hit with cease-and-desist from Google, Facebook over facial recognition collection," CNET, 5 Şubat 2020, www.cnet.com/news/clearview-ai-hit-with-cease-and-desist-from-google-over-facial-recognition-collection/.
39. Zack Whittaker, "Apple has blocked Clearview AI's iPhone app for violating its rules," *TechCrunch*, 28 Şubat 2020, techcrunch.com/2020/02/28/apple-ban-clearview-iphone/.
40. Nick Statt, "ACLU sues facial recognition firm Clearview AI, calling it a 'nightmare scenario' for privacy," *The Verge*, 28 Mayıs 2020, www.theverge.com/2020/5/28/21273388/aclu-clearview-ai-lawsuit-facial-recognition-database-illinois-biometric-laws.
41. Paul Bischoff, "Surveillance camera statistics: Which cities have the most CCTV cameras?," Comparitech, 1 Ağustos 2019, www.comparitech.com/vpn-privacy/the-worlds-most-surveilled-cities/.
42. "Met Police to deploy facial recognition cameras," BBC, 30 Ocak 2020, http://www.bbc.com/news/uk-51237665
43. Clare Garvie, Alvaro Bedoya ve Jonathan Frankle, "The perpetual line-up: Unregulated police face recognition in America," Georgetown Üniversitesi Hukuk Fakültesi Gizlilik ve Teknoloji Merkezi, 18 Ekim 2016, www.perpetuallineup.org/.
44. "Met Police to deploy facial recognition cameras."

45. London Real, "Jonathan Haidt—Free range kids: How to give your children more freedom (video)," 27 Ekim 2018, www.youtube.com/watch?v=GPTei2sroIk.
46. Isabella Garcia, "Can facial recognition overcome its racial bias?," *Yes! Magazine*, 16 Nisan 2020, www.yesmagazine.org/social-justice/2020/04/16privacy-facial-recognition/.
47. Sasha Ingber, "Facial recognition software wrongly identifies 28 lawmakers as crime suspects," NPR, 26 Temmuz 2018, www.npr.org/2018/07/26/632724239/facial-recognition-software-wrongly-identifies-28-lawmakers-as-crime-suspects.
48. Patrick Grother, Mei Ngan ve Kayee Hanaoka, "Face Recognition Vendor Test (FRVT) Part 3: Demographic effects," Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü, Aralık 2019, nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2019/NIST.IR.8280.pdf.
49. Isabella Garcia, "Can facial recognition overcome its racial bias?"
50. Amy Hawkins, "Beijing's big brother tech needs African faces," *Foreign Policy*, 24 Temmuz 2018, foreignpolicy.com/2018/07/24/beijings-big-brother-tech-needs-african-faces/.

SEKİZİNCİ BÖLÜM
YAPAY ZEKÂNIN RİSKLERİ

1. "Fake voices 'help cyber-crooks steal cash,'" BBC News, 8 Temmuz 2019, www.bbc.com/news/technology-48908736.
2. Martin Giles, "The GANfather: The man who's given machines the gift of imagination," *MIT Technology Review*, 21 Şubat 2018, www.technologyreview.com/2018/02/21/145289/the-ganfather-the-man-whos-given-machines-the-gift-of-imagination/.
3. James Vincent, "Watch Jordan Peele use AI to make Barack Obama deliver a PSA about fake news," *The Verge*, 17 Nisan 2018, www.theverge.com/tldr/2018/4/17/17247334/ai-fake-news-video-barack-obama-jordanpeele-buzzfeed.
4. Sensity, "The state of deepfakes 2019: Landscape, threats, and impact," Eylül 2019, sensity.ai/reports/.
5. Ian Sample, "What are deepfakes—and how can you spot them?," *The Guardian*, 13 Ocak 2020, www.theguardian.com/technology/2020/jan/13/what-are-deepfakes-and-how-can-you-spot-them.

6. Lex Fridman, "Ian Goodfellow: Generative Adversarial Networks (GANs)," Yapay Zeka Podcast'i, 19. Bölüm, 18 Nisan 2019, lexfridman.com/ian-goodfellow/. (Videoya ve sesli podcast'e erişilebilirsiniz.)
7. J.J. McCorvey, "This image-authentication startup is combating faux social media accounts, doctored photos, deep fakes, and more," *Fast Company*, 19 Şubat 2019, www.fastcompany.com/90299000/truepic-most-innovative-companies-2019.
8. Ian Goodfellow, Nicolas Papernot, Sandy Huang, vd., "Attacking machine learning with adversarial examples," OpenAI Blog'u, 24 Şubat 2017, openai.com/blog/adversarial-example-research/.
9. Anant Jain, "Breaking neural networks with adversarial attacks," Towards Data Science, 9 Şubat 2019, towardsdatascience.com/breaking-neural-networks-with-adversarial-attacks-f4290a9a45aa.
10. a.g.e.
11. *Slaughterbots* [*Katliambotları*], Gösterime Giriş Tarihi: 12 Kasım 2017, Space Digital, www.youtube.com/watch?reload=9&v=9CO6M2HsoIA.
12. Stuart Russell, "Building a lethal autonomous weapon is easier than building a self-driving car. A new treaty is necessary," *The Security Times*, Şubat 2018, www.the-security-times.com/building-a-lethal-autonomous-weapon-is-easier-than-building-a-self-driving-car-a-new-treaty-is-necessary/.
13. Martin Ford, Stuart Russell ile Röportaj, *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It* [*Zekânın Mimarları: YZ'yi Kuranlardan YZ Hakikatleri*], Packt Publishing, 2018, s. 59.
14. "Country views on killer robots," Katil Robotları Durdurun Kampanyası, 21 Ağustos 2019, www.stopkillerrobots.org/wp-content/uploads/2019/08/KRC_CountryViews21Aug2019.pdf.
15. "Russia, United States attempt to legitimize killer robots," Katil Robotları Durdurun Kampanyası, 22 Ağustos 2019, www.stopkillerrobots.org/2019/08/russia-united-states-attempt-to-legitimize-killer-robots/.
16. Zachary Kallenborn, "Swarms of mass destruction: The case for declaring armed and fully autonomous drone swarms as WMD," Modern Savaş Enstitüsü, 28 Mayıs 2020, mwi.usma.edu/swarms-mass-destruction-case-declaring-armed-fully-autonomous-drone-swarms-wmd/.
17. Kris Osborn, "Here come the Army's new class of 10-ton robots," *National Interest*, 21 Mayıs 2020, nationalinterest.org/blog/buzz/here-come-armys-new-class-10-ton-robots-156351.

18. Rachel England, "The US Air Force is preparing a human versus AI dogfight," *Engadget*, 8 Haziran 2020, www.engadget.com/the-air-force-will-pit-an-autonomous-fighter-drone-against-a-pilot-121526011.html.
19. Kris Osborn, "Robot vs. robot war? Now China has semi-autonomous fighting ground robots," *National Interest*, 15 Haziran 2020, nationalinterest.org/blog/buzz/robot-vs-robot-war-now-china-has-semi-autonomous-fighting-ground-robots-162782.
20. Neil Johnson, Guannan Zhao, Eric Hunsader, vd., "Abrupt rise of new machine ecology beyond human response time," *Nature Scientific Reports*, cilt 3, Makale No: 2627 (2013), 11 Eylül 2013, www.nature.com/articles/srep02627.
21. Ford, Stuart Russell ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 59.
22. Jeffrey Dastin, "Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women," Reuters, 10 Ekim 2018, www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G.
23. Julia Angwin, Jeff Larson, Surya Mattu ve Lauren Kirchner, "Machine bias," *Propublica*, 23 Mayıs 2016, www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing.
24. a.g.e.
25. Ford, james Manyika ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 279.
26. Ford, Fei-Fei Li ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 157.
27. Stephen Hawking, Stuart Russell, Max Tegmark ve Frank Wilczek, "Stephen Hawking: 'Transcendence looks at the implications of artificial intelligence—but are we taking AI seriously enough?,'" *The Independent*, 1 Mayıs 2014, www.independent.co.uk/news/science/stephen-hawking-transcendence-looks-at-the-implications-of-artificial-intelligence-but-are-we-taking-ai-seriously-enough-9313474.html.
28. Nick Bostrom, Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies, Oxford University Press, 2014, s. vii.; Nick Bostrom, *Süper Zekâ: Yapay Zekâ Uygulamaları, Tehlikeler ve Stratejiler*, çev. Ferit Burak Aydar, Koç Üniversitesi Yayınları, 2019.
29. Matt McFarland, "Elon Musk: 'With artificial intelligence we are summoning the demon,'" *Washington Post*, 24 Ekim 2014, www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/10/24/elon-musk-with-artificial-intelligence-we-are-summoning-the-demon/.

30. Sam Harris, "Can we build AI without losing control over it? (video)," TED Konuşması, Haziran 2016, www.ted.com/talks/sam_harris_can_we_build_ai_without_losing_control_over_it?language=en.
31. Irving John Good, "Speculations concerning the first ultraintelligent machine," *Advances in Computers*, cilt 6, ss. 31–88 (1965), vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/89424/TechReport05-3.pdf.
32. Jesselyn Cook, "Hundreds of people share stories about falling down YouTube's recommendation rabbit hole," *Huffington Post*, 15 Ekim 2019, www.huffpost.com/entry/youtube-recommendation-rabbit-hole-mozilla_n_5da5c470e4b08f3654912991.
33. Stuart Russell, *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control*, Viking, 2019, ss. 173–177; Stuart Russell, *İnsanlık İçin Yapay Zekâ: Yapay Zekâ ve Kontrol Problemi*, çev. Barış Satılmış, Buzdağı, 2021.
34. Stuart Russell, "How to stop superhuman A.I. before it stops us," *New York Times*, 8 Ekim 2019, www.nytimes.com/2019/10/08/opinion/artificial-intelligence.html.
35. Ford, Rodney Brooks ile Röportaj, *Architects of Intelligence* [*Zekânın Mimarları*], s. 440–441.

SONUÇ
İKİ YAPAY ZEKÂ GELECEĞİ

1. Rebecca Heilweil, "Big tech companies back away from selling facial recognition to police," *Recode*, 11 Haziran 2020, www.vox.com/recode/2020/6/10/21287194/amazon-microsoft-ibm-facial-recognition-moratorium-police.
2. Joseph Zeballos-Roig, "Kamala Harris supports $2,000 monthly stimulus checks to help Americans claw out of pandemic ruin—and she's long backed plans for Democrats to give people more money," *Business Insider*, 15 Ağustos 2020, www.businessinsider.com/kamala-harris-biden-monthly-stimulus-checks-economic-policy-support-vice-2020-8.
3. Bob Berwyn, "What does '12 years to act on climate change' (now 11 years) really mean?," *Inside Climate News*, 27 Ağustos 2019, insideclimatenews.org/news/27082019/12-years-climate-change-explained-ipcc-science-solutions.

4. Bill Gates, "COVID-19 is awful. Climate change could be worse," Gates'in Notları, 4 Ağustos 2020, www.gatesnotes.com/Energy/Climate-and-COVID-19.
5. Bill Gates, "Climate change and the 75% problem," Gates'in Notları, 17 Ekim 2018, www.gatesnotes.com/Energy/My-plan-for-fighting-climate-change.
6. Nicholas Bloom, Charles I. Jones, John Van Reenen ve Michael Webb, "Are ideas getting harder to find?" *American Economic Review*, cilt 110, sayı 4, ss. 1104–1144 (Nisan 2020), www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20180338, s. 1138.
7. Mark Aguiar, Mark Bils, Kerwin Kofi Charles ve Erik Hurst, "Leisure luxuries and the labor supply of young men," Ulusal Ekonomik Araştırma Bürosu, Ön Rapor 23552, Temmuz 2017, www.nber.org/papers/w23552.

DİZİN

2001: Bir Uzay Destanı (film) 96, 132
5G teknolojisi 34, 226

A
ABD Özel Sektör İş Kalitesi Endeksi 179
ABD Savunma Bakanlığı 29, 93
  JEDI [Müşterek Savunma Altyapısı Girişimi] Bulut bilişim sözleşmesi 28, 29, 218, 219
  Maven Projesi 219
  yeni malzemelerin keşfi 93
  YZ yatırımı 106
Accel Robotics 66, 284
açık kaynak yazılım 24, 36
ağırlık (derin sinir ağları) 45, 111, 119, 145
AI4ALL [Herkes İçin YZ] Girişimi 259
Airbnb 122, 224
Akıllı Yanıt özelliği (Gmail) 142
akıl sağlığı tedavisi 194
aksonlar 118, 119
Alexa (Amazon) 29, 43, 76, 101
"al-git" teknolojisi 66
alım-satım algoritmaları sistemleri 251, 252
Alibaba (Çin şirketi) 28, 102, 115, 153, 215, 225
Allen 97, 98, 155, 163, 216, 217, 288, 299
Allen, Paul 155
Allen YZ Enstitüsü, Seattle, Washington 155, 216, 299
Allison, Graham 160, 294
Alphabet 9, 122, 123. *Ayrıca bkz.* DeepMind.
AlphaFold 10, 97, 279
AlphaGo (DeepMind) 10, 92, 124-126, 149, 162, 194, 208, 209, 216, 290, 298
AlphaStar (DeepMind) 162, 163, 294
AlphaZero (DeepMind) 10, 162, 163, 194
Altman, Sam 142, 147, 293
altyapı 22, 35, 226, 247, 248
  Bulut bilişim 26-31
  elektriğe erişilebilirlik 21, 22

karşılıklı bağlantı 34, 35
teknolojide üstel ilerleme 89
YZ donanımları ve yazılımları 22-26
Amazon 21, 26-30, 32, 36, 43-45, 49-56, 61, 63-66, 80, 93, 98, 101, 102, 113-115, 234, 235, 255, 256, 258, 271, 280-284, 304
depo robotları 48-55
ev robotu 44, 45
fiziksel mağazaların üzerindeki baskı 64
JEDI [Müşterek Savunma Altyapısı Girişimi] bulut bilişim sözleşmesi 29
makine öğrenmesinde toplumsal cinsiyet önyargısı 255, 256, 258
market zincirlerine yönelik tehdit 61
Mechanical Turk 113
veri sahipliği 36
Amazon dağıtım merkezleri (Amazon Lojistik) 49-55, 63
Amazon Web Hizmetleri (AWS) 26, 27, 234, 281
Amerikan Sivil Özgürlükler Sendikası (American Civil Liberties Union, ACLU) 231, 234
antibiyotik araştırma-geliştirme 96
Apple 25, 29, 33, 87, 106, 207, 214, 218, 230, 243, 301
Apple Pay 214
Architects of Intelligence [*Zekânın Mimarları*] (Ford) 13, 114, 163, 219, 262, 266, 277, 281, 282, 288-294, 296, 299, 303-305
Aroma (Facebook aracı) 192, 297
asgari gelir teminatı 198
askerî uygulamalar 218
Çin'in YZ'de kaydettiği ilerlemeler 218
otonom silahlar 248-254
Atari 290
ataş azamileştirici deneyi 263, 265
Aurora (şirket) 80, 286
AutoML 32
Azure (Microsoft) 28-31, 143

B

bağlantı 34, 118, 120, 247
5G 34
insan düzeyinde YZ 162
Nesnelerin İnterneti 34, 35
bağlantıcılık 109-116
Baidu (Çin şirketi) 24, 35, 102, 115, 215, 216, 218, 219, 266, 299
bankacılık ve sigortacılıkta iş otomasyonu 191
Bankamatikler 112
Baumol etkisi 69
Baumol, William 285
beceriye dayalı meslekler 195
Bengio, Yoshua 101, 114, 115, 129, 149, 156, 160, 293
Bessa, Miguel 93
beyaz yakalı işlerin otomasyonu 189-193
Bezos, Jeff 29, 53, 59, 283
bilgi mühendisliği 109
bilgisayar programlamanın otomasyonu 192, 193
bilgiye dayalı etkinliklerin otomasyonu 190
bilimsel araştırmada YZ kullanımı 92-99
bilişim teknolojisi

ekonomi ve iş pazarı 168, 169
üstel ilerleme 89
yayınlanmış araştırma analizleri 97, 98
bilişsel davranış terapisi (BDT) 76
Bir Zihin Yaratmak (Kurzweil) 139, 292
borsa endeksi 13
Bostrom, Nick 261, 264, 304
boş bir sayfa olarak beyin 150
Bowen, William 69, 285
Boyle, Matthew 61, 284
Brain [Beyin] Şirketi 62
Bratt, Alex 73, 285
Breakout (bilgisayar oyunu) 124, 128, 129
Breazeal, Cynthia 43
Bridgewater ve İştirakleri 137
Brigham ve Kadın Hastanesi, Boston, Massachusetts 75
Brooks, Rodney 46, 47, 164, 165, 266, 282, 305
Bulut bilişim 26-31
ev robotu bağlantısı 43, 47
inovasyona güç veren rekabet 32, 33
Nesnelerin İnterneti 34, 35
OpenAI 143
verinin önemi 35-38
Butler, Samuel 103, 104, 288

C

cerrahi robotlar 71
ceza yargılaması: makine öğrenmesi algoritmalarındaki önyargı 16, 254, 256, 268
Clearview AI 228, 229, 231, 301
CloudWalk (şirket) 220, 222, 223, 236
COMPAS algoritması 256, 257
Cornell Üniversitesi, Ithaca, New York 93, 102, 110
Coursera 33, 94
Covariant (şirket) 57, 58, 60, 283
Cowen, Tyler 90, 287
Creator Şirketi 67

Ç

çağrı merkezlerinde iş otomasyonu 191, 192
çekişmeli öğrenme 247
çekişmeli üretici ağ (ÇÜA) 242
çekişmeli üretici ağ: GPT-2 dil işleme modeli 143, 144
çevre meseleleri
derin öğrenmenin ölçeklendirilmesi 128
YZ uygulamaları 11, 17
çevrimiçi eğitim platformları 33
Çin 7, 15, 62, 124, 126, 153, 160, 197, 205-229, 233, 236, 237, 250, 251, 267, 268, 298
ABD'yle YZ yarışı 217-220, 227
AlphaGo müsabakası 126, 209, 210
Go oynayan yazılım 216
gözetim devleti 15, 215-227
gözetime halkın bakışı 233
gözetimin olası faydaları 233
otonom silah yasağı 250
Sağlam Görü Yarışması 208
sosyal itibar sistemi 223, 224
Tukidides Tuzağı 160
Uygurlar 205, 206, 222, 223

yüz tanıma teknolojisi ihracatı 225, 226
"Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı" (Çin devlet yayını) 209
YZ araştırma-geliştirme çalışmalarına öncelik verilmesi 209-218
YZ Potansiyeli Endeksi 217
Çin'deki Uygurlar 205, 206, 222, 223
Çin'in sosyal itibar sistemi 223-225
Çin internet erişimi 212, 213
çocuklar: özgürlükçü ebeveynlik 233
çok katmanlı sinir ağları 115

D
da Vinci cerrahi robotu 71
Dalio, Ray 137
Darcy, Aliso 76
Darrach, Brad 106, 107, 289
Dartmouth Yapay Zekâ Yaz Araştırma Projesi 105
Dastin, Jeffrey 52, 282, 283, 304
Dean, Jeff 57, 133, 286, 291
Deep Blue (bilgisayar) 108
deeplearning.ai 33
DeepMind (Google) 9-12, 28, 30, 31, 36, 58, 75, 76, 92, 96, 97, 123-125, 128, 129, 133-136, 138, 142, 149, 158, 162, 163, 194, 208, 214, 216, 279, 280, 286, 288, 290, 291, 294
araştırmalara ulaşılabilmesi 36
Bulut bilişim 30, 31
Çin'in YZ araştırması 208, 209, 216
gözetimsiz öğrenme 157, 158
güç tüketimi 27
insan düzeyinde YZ'ye erişme 162
OpenAI YGZ inovasyonları 142, 143
pekiştirmeli öğrenme 124-126
protein katlama tahmini 9-11, 96, 97
sinir ağı analizi 128
tıbbi uygulamalar 75, 76
USH veri erişimi 214, 215
YGZ araştırması 133-136
Delft Teknoloji Üniversitesi, Hollanda 93
dendritler 118
depo robotları 50, 54, 57, 129
derin öğrenme 11, 23-26, 28-32, 36, 48, 57, 58, 65, 72-75, 78, 81, 83, 86, 92, 93, 95, 103, 112, 113, 116-118, 120, 121, 127, 128, 131, 139, 143, 147-149, 151, 153, 156-158, 160, 213-215, 220, 234, 241-243, 254
bağlantıcılık ve sembolik YZ 109-116
çevrimiçi eğitim platformları 33, 34
Ayrıca bkz. derin sinir ağları; makine öğrenmesi
Eleştiriler 149
GİB geliştirme 23-26
insansız araç teknolojisi önündeki engeller 83
tarihçesi 102, 103
tıbbi robotlar 70, 71
tıbbi teşhis teknolojisi 72-75
ticari önemi 29
YZ'nin ilerlemesine ivme katılması 11
derin pekiştirmeli öğrenme 123

derin sahtecilikle üretilen ses dosyası 239-241
derin sahtecilikle üretilen ses ve video dosyaları 239-247
derin sinir ağları 9, 24, 25, 40, 58, 126, 128, 131, 143, 159, 161, 258
  bir ÇÜA kurulumu 242, 243
  birer "kara kutu" olarak 258
  çevik robot üretimi 48, 57, 58
  DeepMind'ın DQN'I 128
  derin öğrenmenin standart tarihçesi 113, 114
  derin sinir ağlarının mekanizması 117-126
  dil çevirisi 210
  giderek artan yatırımlar 102, 103
  insan beyni simülasyonu 119-123
  insanlarda ve derin sinir ağlarında kalıtsal yapılar 149-151
  öğrenme yöntemleri 121-124
  ölçeklendirme stratejisi 127-129
  yakın tarihteki ilerlemeler 9-12
  yapay genel zekânın (YGZ) 139-143, 148, 149
  yetenek savaşı 115, 116
  Ayrıca bkz. derin öğrenme, makine öğrenmesi, sinir ağları
Destined for War [*Yazgısında Savaş Var*] (Allison) 160, 294
dezenfektasyon robotları 70, 71
dil. *Bkz.* doğal dil işleme
Ding, Jeffrey 217, 218, 299
doğal dil işleme 32, 76, 97, 156, 190, 191
  akıl sağlığı sohbet botları 76, 77
  bilgi ayıklama 97-99
  çeviri 121, 210
  dil anlama 145
  gerçek dili anlama 137-139
  IBM'in Watson'ı 67, 68, 77, 78, 97, 108, 137
  OpenAI'ın GPT-2'si 142-147
  öğrenme aktarma 160, 161
  sağduyulu metin analizi 154-156
donanım: YZ altyapısı 23, 25, 26, 30, 35, 68, 85, 102, 107, 121, 125, 128, 148
dopamin 118, 135, 136, 137
DQN sistemi 124, 128, 138
düşünen makineler 103-108
düzenleme
  Çin'de veri gizliliği 214
  düzenlemeye duyulan ihtiyaç 267-269
  otonom silahlar 250
  yüz tanıma 236, 237

E

Echo (Amazon) 43-45, 300
eğitim 33, 94, 120, 121, 127, 148, 150, 157, 192, 195, 202, 206, 208, 215, 216, 234, 236, 242, 243, 247, 254, 255, 257
  teşvik 201, 202
  tıp uzmanlarının eğitimi 79
ekonomik kazançların dağılımı 198-204
ekonomik koşullar
  adil dağılım 198-204
  ekonomik gerileme zarfında iş kaybı örüntüleri 185, 186

enflasyon ve işsizlik 181, 182
iş otomasyonunun olumlu yanı 196-198
pandemi sonrası ekonomik toparlanma 184-188
pandemiye siyasi çözümler 271, 272
YZ'nin işgücüne etkisi 14, 15
Ayrıca bkz. işgücü
eksik istihdam 180, 189
eksiksiz bilgi oyunları 162
elektrik 14, 19-22, 26, 27, 31, 34, 37, 38, 46, 61, 89, 100, 105, 118, 183, 273
beynin işlevi 118
GİB güç tüketimi 26
hâkimiyete yükselişi 19
sahiplik ve control 37
Elemental Cognition 137-139, 145, 148
Eleştirel Yapısal Tahmin Değerlendirmesi (Critical Assessment of Structure Prediction, CASP) 97
emek 21, 52, 68, 92, 171, 172, 184, 188, 189. *Ayrıca bkz.* işgücü
emniyet teşkilatlarında yüz tanıma teknolojisi kullanımı 32, 221, 222, 230-233
endüstriyel robotlar 57, 59, 189
esnek ekonomi 15, 179, 271
esnek uygulamalar 58
etik 33, 38, 142, 222, 231, 232, 236, 243, 249
Amazon'un Rekognition'ı 32
Çin'in Uygurları gözetimi 222
etnik köken ve ırkçılık
Çin'in Uygurları gözetimi 205-207, 222, 223
derin sahteciliğin toplumsal karmaşaya yol açması 244, 245
makine öğrenmesi algoritmalarında önyargı, adillik ve şeffaflık 254-260
yüz tanımada sahte pozitifler 234-236
Etzioni, Oren 155, 156, 163, 293, 294, 299
evrensel temel gelir (ETG) 198, 199
evrensel Turing makinesi 104
evrimsel algoritmalar 151
evrişimli sinir ağı 112, 113, 119, 123
Exscientia (şirket) 96

F

Fabric (şirket) 63
fabrikalardaki robotlar 48-55
Facebook 24, 35-37, 102, 114-116, 123, 124, 127, 136, 156, 158, 188, 192, 213, 228, 230, 243, 258, 264, 290, 296, 297, 301
bilgisayar programlamanın otomasyonu 192
derin öğrenmenin ölçeklendirilmesi 127
derin sinir ağlarının kurulması 24
makine öğrenmesinde sağduyu 156
uzaktan çalışma 188
veri sahipliği 35, 36
YZ araştırmaları tarihçesi 116

fast.ai 33
fast food endüstrisi 67
FBI: fotoğraf veritabanı 228, 232
Ferrucci, David 137, 138, 145, 148, 292
fiziksel mağazalı perakendeciler 55, 61, 64

G
Gates, Bill 272, 273, 305, 306
gelir eşitsizliği 178-180
gelir takviyeleri 198
genel amaçlı teknolojiler 19, 20, 171
gerçek dili anlama 137
geri yayılım algoritması 111, 112, 115, 120
Gini katsayısı 179
Gmail: Akıllı Yanıt özelliği 142
Go (oyun) 10, 65, 66, 92, 124-126, 136, 162, 194, 208, 209, 216, 284, 290, 298
Go marketleri (Amazon) 65-67
Good, I.J. 262, 305
Goodfellow, Ian 242, 243, 246, 247, 303
Google 9, 21, 24, 25, 28-32, 35-37, 47, 57, 68, 72, 76, 78, 80, 85, 93, 101, 102, 110, 114-116, 123, 124, 132, 133, 139-142, 145, 158, 207, 210, 211, 214, 215, 218, 219, 230, 243, 258, 266, 279, 280, 286, 289, 290, 292, 298-301
  Bulut bilişim 30, 31
  DeepMind'ın satın alınması 123
  derin öğrenmenin kökenleri 115, 116
  derin sinir ağlarının bir anda uygulamaya sokulması 24
  dil çevirisi 210
  GİB geliştirme 24, 25
  JEDI [Müşterek Savunma Altyapısı Girişimi] Bulut bilişim sözleşmesi 29, 219
  Maven Projesi 219
  nesne tanıma 47
  tıbbi robotlarda derin öğrenme 72
  Turing Ödülü 101
  USH veri erişimi 214, 215
  veri sahipliği 36
  yakın dönem YGZ araştırmaları 132, 133
  Ayrıca bkz. DeepMind
Google Beyin projesi 215, 243
Google Bulut Platformu 30, 31
Gordon, Robert 90, 287
görüntü işleme 53, 113, 156, 189, 207, 219
gözetim 15, 53, 178, 205-207, 220-222, 225-227, 229, 231-234, 236, 237, 241
  Clearview AI 228-231
  Çin gözetim devletinin yükselişi 220-227
  Çin'in gözetim teknolojisi ihracatı 226, 227
  Çin'in Uygurları gözetimi 205, 206
  gözetime Çin halkının bakışı 233
  olası faydaları 233, 234
  Ayrıca bkz. yüz tanıma
gözetimli öğrenme 123, 125, 139, 157, 162, 163
gözetimsiz öğrenme 157, 158

GPT-2 ve GPT-3 (OpenAI)
grafik işleme birimleri (GİB'ler)

H

Haidt, Jonathan 233, 302
halicin (antibiyotik) 96
Harris, Sam 261, 265, 305
Hassabis, Demis 125, 133-136, 162, 216, 279, 290, 291, 299
Hawking, Stephen 16, 104, 243, 260, 266, 304
hayvanlarda uzamda yön bulma 134
hesaplamalı biyoloji 9
Hinton, Geoff 57, 73, 74, 101, 102, 111-115, 127, 142, 149, 285, 289, 290, 293
  derin öğrenmenin standart tarihçesi 113-115
  derin sinir ağı 101, 102
  geri yayılım algoritması 111
  OpenAI 142
  ölçeklendirme stratejisi 127
  robot uzuv çevikliği 57
  tıbbi teşhiste YZ 73, 74
  YZ'De hibrit yaklaşım 149
hiyerarşik beyin modeli 139, 141, 142
hizmet sektörü işleri
  fast food endüstrisi 67-69
  otomasyonla iş pazarında yıkımın tarihçesi 170-172
  uzaktan çalışmanın etkisi 188
  YZ'nin iş olanaklarına etkisi 179
Hoffman, Reid 142, 281
Huawei telekomünisyon (Çin) 225-227
hukukta iş otomasyonu 190, 195, 196

I

IBM 24, 25, 28, 77, 78, 97, 108, 137, 148, 226, 258, 271, 286
  Bulut bilişim 28
  Deep Blue bilgisayarı 108
  nöromorfik bilişim 25
  Watson teknolojisi 67, 68, 77, 97, 98, 108, 137
görüntü üretme ve tanıma, çekişmeli ağlara veri uydurarak saldırılmasıyla 246
  çekişmeli üretici ağlar 241-243
  derin sinir ağları 121-123
  insanlarda gözetimsiz öğrenme 157
  Sağlam Görü Yarışması 207, 208
  Ayrıca bkz. yüz tanıma
ImageNet (proje) 23, 24, 31, 57, 58, 102, 113, 115, 122, 127, 142, 207
ImageNet Büyük Ölçek Görsel Tanıma Yarışması 102
Intel: nöromorfik bilişim 25, 30
ızgara hücreleri 135

İ

iklim değişikliği 17, 261, 272
ilaç araştırma-geliştirme 10, 17, 94-97, 99
İleri Araştırma Projeleri Kurumu (Advanced Research Projects Agency, ARPA) 106

İleri Savunma Araştırma Projeleri Kurumu (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 79
iletişim 43, 56, 77, 89, 132, 153, 161, 191
  Çin'in teknoloji ihraç ürünleri 226, 227
  iş otomasyonu 191, 192
  üstel ilerleme 89
imalat 20, 58, 59, 69, 80, 99, 170, 171, 215
inovasyon düzlüğü 88, 90, 91, 272
insan benzeri YZ 43, 138
insan beyni 26, 131, 161
  boş sayfa felsefesi 150
  insan düzeyinde YZ'ye giden yol 161-166
  kavramsal biliş modeli 139
  nöronların işleyişi 117, 118
  yakın gelecekte YGZ araştırması 133-136
  yerleşik bilişsel mekanizma 150
  YGZ inovasyonlarına yön vermesi 134-137
insan hakları ihlalleri: Çin teknolojisi 225-227
İnsanlık İçin Yapay Zekâ: Yapay Zekâ ve Kontrol Problemi (Russell) 264, 305
insan öğrenmesi
  gözetimsiz öğrenme 157, 158
  neden-sonuç ilişkisini anlamak 158-160
  öğrenme aktarma 160, 161
insan sezgisi 125
insan-YZ arayüzü
  Amazon depo robotları 50-52
  sürücüsüz arabalar 130, 131
  sürücüsüz arabaların önündeki teknolojik engeller 79, 80
  tıp uzmanları 78, 79
insan zekâsı 21, 263
insitro (şirket) 95
istihdam 14, 15, 27, 28, 50, 59-61, 170, 171, 173, 180, 185, 189, 199, 202, 224, 272, 275. *Ayrıca bkz.* işgücü
iş garantisi 193, 200
işgücü 175, 178, 182
  Amazon dağıtım merkezi [Amazon Lojistik] 49-55
  beyaz yakalı işlerin otomasyonu 189-193
  Bulut sunucu tesisleri 26, 27
  çevrimiçi eğitim platformları 33, 34
  ekonomik gerileme 271, 272
  erkeklerin işgücüne katılımı 174
  evrensel temel gelir 198-204
  fast food endüstrisi 67-69
  güvenli işler 193-196
  iş garantisi 200
  iş kalitesinde düşüş 179-182
  iş otomasyonu 170-173, 196-198
  iş otomasyonunun ekonomi açısından olumlu yanı 196-198
  işgücü verimliliği ve maaşlar 173, 175, 177-179
  işgücünde konumlanış 195
  işgücüne genel katılım oranı 176
  işlerin vasıfsızlaşması 187, 188
  kasiyersiz mağazalar 66
  koronavirüs pandemisi 61-64, 167, 168, 173-188

makine öğrenmesi algoritmalarında önyargı 254-256
robotların kârlılığı 60, 61
tıbbi teşhis teknolojisi 71-75
üyelik hizmeti olarak robotlar 59
YZ'nin işleri yok etmesi 167
YZ'nin karanlık tarafı 14, 15
işgücü verimliliği 175, 182
iş güvenliği ve yaratıcı işler 193
işlerin vasıfsızlaşması 187
iş otomasyonu 167
beyaz yakalı işler 189-193
ekonomik avantajları 196-198
ekonomik gerileme zarfında iş kaybı örüntüleri 185-187
iş otomasyonundan korunan işler 193-196
iş pazarında yıkımın tarihçesi 170-173
koronavirüs pandemisinin iş otomasyonuna etkisi 184, 185
siyasi görüşler ve iş otomasyonu 168, 169
Ayrıca bkz. işgücü
iş otomasyonu ve işlerin yurtdışına kaydırılması 192
iş otomasyonu ve sosyal mesafe kaydırılması 185-188
işsizlik 167, 168, 170, 173, 175, 180, 181, 184, 197, 204, 271
enflasyon ve işsizlik 181
gelir eşitsizliği artışı 183, 184
iş otomasyonu 170-173
işgücünden kopuş 173-175
pandemi sonrası ekonomik toparlanma 184
YZ'nin işleri yok etmesi 167-169
Ayrıca bkz. işgücü
işsizlik ve enflasyon 181
İvaşenko, Aleksey Grigoreviç 115

J
Jaimovich, Nir 185, 296
JEDI [Müşterek Savunma Altyapısı Girişimi] bulut bilişim sözleşmesi 28, 29, 218, 219, 280
Jennings, Ken 137
Jeopardy! (televizyon programı) 77, 78, 108, 137
Jibo (sosyal robot) 43, 44, 282

K
kaçış ve uyuşturucu olarak bilgisayar oyunları 274, 275
Kapor, Mitch 140, 292
Karpathy, Andrej 41
kasiyersiz mağazalar 65, 66
Kasparov, Garry 108
Kebotix (şirket) 94, 287
Ke Jie 126, 209, 216
kişiler arası ilişkiler 72, 194, 195
kişisel robotlar 42-44
kitle kaynaklı çalışmalar 113, 122, 156
kitle kaynaklı ImageNet projesi 113
Kiva Systems (şirket) 50
Knapp (şirket) 60, 286
kod yazmak 192, 193
Koller, Daphne 95, 288
kontrol problemi 263
koronavirüs başak proteini 10

koronavirüs pandemisi 15, 72, 167, 271, 272
ABD-Çin ilişkileri 227
akıl sağlığı hizmetinde YZ 77
Amazon depo robotlarına etkisi 50
dezenfektasyon robotları 70, 71
ekonomik gerçeklik ve işsizlik 167
işgücü yıkımı 61
işlere sosyal mesafenin etkisi 7, 185, 186
pandemi sonrası ekonomi 184-188
pandemiden önceki istihdam 173-184
perakendede robotların etkisi 61-65
siyasi çözümler 271, 272
tıbbi teşhis teknolojisi 72, 73
uzaktan çalışmanın etkisi 188
yayımlanmış araştırma analizleri 98, 99
yemek hizmetine etkisi 68, 69
Krizhevsky, Alex 113
Kurzweil, Ray 88, 110, 139-142, 145, 164, 165, 262, 287, 289, 292
Kurzweil'in ölümsüzlüğü yakalama girişimleri 141

L

LeCun, Yann 57, 101, 111, 112, 114, 115, 136, 150, 152, 156, 158, 243, 289, 291, 293
çekişmeli üretici ağlar 242, 243
çevik robot üretimi 57
derin öğrenme tarihçesi 114
derin öğrenmenin kökenleri 114
evrişimli sinir ağı 112
insanlarda gözetimsiz öğrenme 158
makine öğrenmesi sistemlerinin kalıtsal yapısı 150
makine öğrenmesinde sağduyu 156
Turing Ödülü 101, 102
YGZ'de pekiştirmeli öğrenme 136
YZ Kışı 111
Lee, Kai-Fu 124, 126, 208, 209, 218, 299
Lens (Google) 47
Li, Fei-Fei 31, 32, 57, 112, 113, 122, 259, 281, 304
Bulut bilişim 31
büyük verinin yükselişi 112, 113
çevik robot üretimi 57
kitle kaynaklı veri etiketleme 142
YZ'de etknik temsiliyet ve toplumsal cinsiyet temsiliyeti 259
YZ'nin demokratikleşmesi 30
lidar sistemleri 84
Linnainmaa, Seppo 115
Loihi çipleri 26
Londra, Birleşik Krallık 9, 19, 104, 123, 133, 187, 231, 232
taksi şoförlerinin yol bulması 187
yüz tanıma sistemleri 231, 232
Lunit (şirket) 73
Lu, Qi 216
Lyft 39, 84, 85, 87, 122
Lyxor Robotik ve AI ETF 13

M
maaşlar 15, 170
  işgücü verimliliği 175, 177-180
  pandemi öncesi işgücüne katılım 174, 175
  Ayrıca bkz. işgücü
Maguire, Eleanor 187
makinelerin görmesi. *Ayrıca bkz.* görüntü işleme
makinelerin üç boyutlu nesneleri tanıması 122
makine öğrenmesi 11, 31, 58, 63, 83, 93, 94, 96, 108, 112, 121, 130, 139, 149, 150, 160, 172, 207, 218, 220, 236, 240, 241, 243, 246, 247, 254, 255, 258, 264
  bağlantıcılık ve sembolik YZ 109-116
  beyaz yakalı işlerin otomasyonu 190
  çekişmeli ağ saldırıları 246, 247
  çekişmeli üretici ağlar 242, 243
  Çin'in üstün teknolojisi 220
  derin sinir ağları 119-123
  gözetimli öğrenme 121-123
  işgücü otomasyonu 171
  kalıtsal yapı 150, 151
  makine öğrenmesi algoritmalarında önyargı, adillik ve şeffaflık 254-260
  makine öğrenmesinde sağduyu 153-157
  malzeme bilimi uygulamalar 93
  otonom robot tahminleri 197
  pekiştirmeli öğrenme 123-126, 135-137
  perakende robotları 62-64
  süperzekâ ve kontrol problemi 263-265
  yüz tanıma 236
makine öğrenmesinde önyargı 254-260
makine öğrenmesinde toplumsal cinsiyet önyargısı 254-260
maliyet hastalığı 69
malzeme bilimi 94
Manyika, James 183, 259, 296, 297, 304
Marcus, Gary 149, 150, 292
market hizmetleri 55, 56, 61-63
Markoff, John 127, 289, 290
Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) 43, 148
Massachusetts Üniversitesi, Amherst 128
Matrix (film) 104, 132, 274
Maven (ABD Savunma Bakanlığı projesi) 219
Maven Projesi 219
McCarthy, John 104, 105, 288
McCulloch, Warren 110, 289
McDonald's şirketi 67
McKinsey Global Enstitüsü 183, 186, 196, 258, 296, 297
Mechanical Turk 113, 122
MedAware 75
medyada iş otomasyonu 190, 191
Megvii (şirket) 220
metin analizi 153
Microsoft 21, 23, 28-31, 33, 98, 101, 102, 115, 142, 143, 153, 155, 216, 258, 271, 280, 281, 288, 299
  Bulut bilişim 28, 30, 31, 142, 143

JEDI [Müşterek Savunma Altyapısı Girişimi] Bulut bilişim sözleşmesi 28, 29
OpenAI yatırımı 142, 143
mini sipariş merkezleri 63
Minsky, Marvin 105-107, 110, 288, 289
mobil bilişim 33
Moore Yasası 46, 89-91, 107, 131, 262
Moser, Edvard 134
Moser, May-Britt 134
Musk, Elon 16, 39, 59, 79, 81, 87, 104, 142, 261, 266, 279, 304
insan-otomatik pilot etkileşimi 81
OpenAI'ın fonlanması 142
robot-taksiler 39, 40, 79
süperzekâ 261
tam otomatik sürüş 87, 88
YZ'nin tehlikeleri 16, 104
müşteri hizmetleri çağrı merkezlerinde iş otomasyonu 191, 192

N
neden-sonuç ilişkisinin anlaşılması 158-160
Nesnelerin İnterneti 34, 35, 48, 247
nesne tanıma 46, 47
Ng, Andrew 215, 216, 266, 301
Nobel Ödülü 13, 101, 134
nöromorfik çip tasarımı ve nöromorfik sistemler 25, 26
nöronlar 112, 119, 120, 134, 151, 258
NVIDIA 24, 40, 41, 102, 215, 281

O
obsesif kompulsif bozukluk tedavisi 96
Ocado market hizmeti 56
O'Keefe, John 134
okuma
gerçek dili anlama 137
öğrenme aktarma 160, 161
sağduyulu metin analizi 153-155
OpenAI 30, 31, 36, 48, 57, 58, 127, 142-147, 192, 243, 261, 264, 282, 290, 292, 293, 297, 303
araştırmalara ulaşılabilmesi 36
artan kaynak ihtiyacı 127
Bulut bilişim 30, 31
çevik robot üretimi 58
dostane yapay zekâ 261
GPT-2 ve YGZ inovasyonu 142-147
robotik eller 48
Oracle: Bulut bilişim 28
ortak araç kullanımı hizmeti iş modeli 83, 84, 88
Otonomi Günü (Tesla) 39-41, 87
otonom silahlar 249, 250
oyunlar
AlphaGo 10, 92, 124-126, 162, 194, 208, 209, 216
Çin'in Go oynayan yazılımı 216
derin sinir ağlarının öğrenme algoritmaları 124-126
DQN sinir ağı analizi 124, 128, 138
GİB geliştirme 23
IBM'in Deep Blue'su 108

IBM'in Watson'ı 78, 97, 108, 137
OpenAI sistemleri 142, 143
YZ'nin kısıtlamaları 162, 163

Ö

öğrenme aktarma 161
öğrenme. *Bkz.* insan öğrenmesi; makine öğrenmesi
ölçek ekonomileri 48, 64. *Ayrıca bkz.* ölçeklenebilirlik
ölçeklenebilirlik 12, 69, 131, 143, 147, 249
fiziksel sağlık robotları 71, 72
inovasyona kısıtlar 131
maliyet hastalığı 69
otonom silahlar 249
ölçeklenebilirliğin derin öğrenme süreçlerine güç vermesi 127-129
YGZ'yi başarmak 147
öneri motoru 32
özgürlükçü ebeveynlik 233
özyinelemeli kortikal ağ 58

P

Page, Larry 124, 139, 140
Papert, Seymour 110, 289
Pearl, Judea 19, 159, 160, 293, 294
Peele, Jordan algılayıcı 244, 302
pekiştirmeli öğrenme 48, 57, 58, 123, 125, 126, 135-137, 139, 143, 157, 160, 163
perakende. *Bkz.* ticaret sektörü
Perceptrons [*Algılayıcılar*] (Minsky ve Papert) 110, 289
Pesenti, Jerome 127, 128
Phillips, William 296
Pichai, Sundar 115
Piekniewski, Filip 130, 291
Pitts, Walter 110, 289
polis 205, 227, 228, 230, 235, 271. *Ayrıca bkz.* emniyet teşkilatlarında yüz tanıma teknolojisi kullanımı
politika 200, 208
Bulut bilişim 29, 30
evrensel temel gelir 198-200
iş otomasyonu ve politika 169, 170
protein katlama tahmini 9-12, 96, 97
Puchwein, Peter 60
PwC danışma şirketi 17, 197, 279, 297
PyTorch 24, 32

Q

Qure.ai 73

R

radyoloji sistemleri 72, 73, 121
Rekognition sistemi (Amazon) 271
robotik el çevikliği 46, 48, 52
robotik eller 57
robotların buzdolabından bira alma kapasitesi 43-45
robot-taksiler 39
Roomba robot süpürge 44, 46
Rosenblatt, Frank 102, 108-110
Rubik küpü 282
Rumelhart, David 111, 112, 115, 289
Russell, Stuart 147, 248, 249, 253, 260, 264-266, 292, 299, 301, 303-305

S
Sağlam Görü Yarışması 207, 298
sağlık 20, 36, 69-72, 76, 77, 79, 98, 166, 169, 192, 215, 227, 233, 277
  ABD-Çin ilişkileri 226, 227
  akıl sağlığı tedavisi 20, 75-77, 195
  genel teşhis ve tedavinin iyileştirilmesi 76-79
  tedavide hatalar 75, 76
  tıbbi teşhis teknolojisi 11, 12, 71-74, 267, 268
sanal gerçeklik 274
sanatta YZ 20
SARA [Bilimsel Otonom Akıl Yürütme Birimi] 93
satranç 10, 56, 108, 162, 163, 194
Scale AI 122, 123
Schmidhuber, Jürgen 114, 115, 289
Sedol, Lee 124, 126, 208, 209
Seltz-Axmacher, Stefan 82, 83, 286
Semantic Scholar projesi 97, 288
sembolik YZ 111, 117, 147-149, 153
SenseTime (şirket) 220
sentezlenen sesler 243
Shannon, Claude 105, 288
siber güvenlik 240
  çekişmeli ağlara veri uydurarak saldırılması 246, 247
  derin sahtecilikle üretilen ses ve video dosyaları 239-246
  YZ'nin karanlık tarafı 14, 15
silikon temelli alt tabaka 161
sinapslar 118
Sincan, Çin 205, 206, 221
sinir ağları 9, 11, 24, 25, 29, 31, 40, 58, 102, 109, 110-116, 119, 126-129, 131, 139, 143, 145, 147-150, 159, 161, 258
  algılayıcı 110-116
  çekişmeli üretici ağlar 241-243
  derin öğrenmenin önemi 29, 30
  hibrit derin öğrenme yaklaşımı 149, 150
  OpenAI'ın GPT-2'si ve GPT-3'ü 142-147
  sinirbilimin araştırmaya yön vermesi 134, 135
  Ayrıca bkz. derin sinir ağları
sinirbilimde YZ tasarımı 134-136
sipariş robotları 54, 55, 64
Siri (kişisel asistan) 29, 76, 106
Siu, Henry E. 185, 296
"siyah taksi" şoförleri 187
Slaughterbots [*Katliambotları*] (film) 248, 253, 303
sohbet botları 20, 192, 194
  akıl sağlığı tedavisi 20, 76, 77, 195
  müşteri hizmetleri çağrı merkezleri 190
  Turing testinden geçilmesi 140
Sosyal Güvenlik Maluliyet programı 173
sosyal robotlar 43
SRI Uluslararası Enstitüsü 106
Stanford Araştırma Enstitüsü (SRI) 106
StarCraft (bilgisayar oyunu) 162, 163, 294
Starsky Robotics 81, 286
Summers, Lawrence 168, 294

Sutskever, Ilya 113, 142, 147
süperzekâ 260, 263, 266, 267
Süper Zekâ: Yapay Zekâ Uygulamaları, Tehlikeler ve Stratejiler (Bostrom) 261, 304
sürücüsüz arabalar 54, 80, 83, 130, 208, 215
  başarısızlığın etrafından dolanma 54
  Çin'in YZ araştırması 215, 216
  pekiştirmeli öğrenme 125, 126
  robot-taksiler 39, 40, 79, 80, 87, 88
  sürücüsüz araba kategorileri 86, 87
  teknolojik engeller 79-88
  Tesla'nın Tam Sürücüsüz Paketi 40
  Tesla'nın veri derlemesi 40-42
  uzaktan kontrolü sürücüsüz arabalar 82
  Waymo 80, 82-87, 122
  YZ düzenlemesi 267, 268
  YZ kırılganlığının ilerlemeyi yavaşlatması 129, 130
sürücüsüz arabalarla yaşanan kazalar 40, 80, 87, 130
Symantec: seste derin sahtecilik 240

Ş

Şi Cinping 207, 212, 218

T

tahmin algoritmaları: beyaz yakalı işlerin otomasyonu 190
tahmin motorları 146
Takeoff Technologies 63
taksiler 39
  robot-taksiler 39, 40, 79, 80, 87, 88
  siyah taksiler 187
Tam Sürücüsüz Paket 40
tarımda makineleşme 170
Tegmark, Max 260, 266, 304
teknolojik durağanlık 197
teknoloji transferi, Çin 215, 216
temel gelir 198-203, 272, 275
temizlik robotları 42, 62, 63
Tencent (Çin şirketi) 102, 115, 213, 215, 216, 219, 225
Tenenbaum, Joshua 159, 160, 293
TensorFlow (Google) platformu 32, 281
Tensor İşlemci Birimi (TPU) 25
Terminator (film) 104, 132, 253, 263
Tesla 25, 39-42, 81, 85-88, 101, 126, 130, 215, 281
  insan-otomatik pilot etkileşimi 81
  otomatik pilot teknolojisi 81
  robot-taksiler 39, 40, 87, 88
  tam otonom sürüş 85-87
  Tam Sürücüsüz Paket 40
  veri derleme 41, 42
The Great Stagnation [*Büyük Durağanlık*] (Cowen) 90, 287
The Rise and Fall of American Growth [*Amerikan Büyümesinin Yükselişi ve Düşüşü*] (Gordon) 90, 287
The Singularity Is Near [*Tekillik Yakın*] (Kurzweil) 139, 292
Thiel, Peter 59, 90, 142, 229
tıbbi teşhis teknolojisi
  radyolojik veri işleme ve yorumlama 71-75
  YZ düzenlemesi 267, 268

YZ'nin ölçeklenebilirliği 11, 12
tır işi 82
ticaret kara listeleri 227
ticaret sektörü
Çin-ABD YZ yarışı 218-220
derin öğrenmenin önemi 29, 30
endüstriyel robotlar 48-55
kasiyersiz mağazalar 65-67
makine öğrenmesi sistemleri 58, 59
market hizmetleri 55, 56, 61-63
özel şirketlerde yüz tanıma kullanımı 230, 237
perakende ve fast food'da YZ 60-69
üyelik hizmeti olarak robotlar 59
veri sahipliği 36
Ayrıca bkz. işgücü
Ton-That, Hoan 229
Truepic (şirket) 246
Trump, Donald 29, 169, 244, 294, 301
Tukidides Tuzağı 160
Turing, Alan 57, 73, 101, 102, 104, 105, 114, 140, 159, 288, 292
Turing Ödülü 57, 73, 101, 102, 114, 159
tüketici talebi 181

U
Uber 39, 83-85, 87, 122, 130, 149, 224, 286
uç vakalar 80, 81
ulaşım 89, 273. *Ayrıca bkz.* sürücüsüz arabalar; taksiler
ultrazeki makineler 262, 263
Ulusal Sağlık Hizmetleri (USH; BK) 75
Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (National Institute of Standards and Technology, NIST) 235, 302
Urmson, Chris 80, 286
uzaktan çalışma 113, 188
Uzay Yolu (televizyon dizisi) 132, 274, 275
uzun kısa erimli bellek (UKEB) 114
uzun kuyruk dağılımı 54

V
veri 11, 21, 23, 25-29, 31, 34-38, 54, 56, 75, 76, 86, 103, 108, 112, 113, 121-123, 129, 136, 143, 147, 156, 157, 159, 161, 171, 172, 190-192, 213-215, 217, 218, 220, 223, 228, 229, 234, 236, 242, 246, 254, 255, 257
algoritmayla hisse alım-satımı 251, 252
Amazon sipariş hazırlama merkezleri [Amazon Lojistik] 54
bilgi ayıklama 97, 98
büyük verinin yükselişi 112
Clearview AI'ın veri kazıması 228-231
çekişmeli ağlara veri uydurarak saldırılması 246, 247
Çin WeChat yazılımının veri üretmesi 213, 214
Çin'in gözetim teknolojisi 220-223
derin sahte medya 239-241

derin sinir ağlarının eğitilmesi 119-121, 127, 128
elektronik tıbbi kayıtlar 75
etiketlendirme 122, 123
kasiyersiz mağazalar 65
makine öğrenmesi algoritmalarında önyargı, adillik ve şeffaflık 254-260
sahiplik ve kontrol 35-38
Tesla'nın veri derleme teknolojisi 41, 42, 85
yüz tanımada veri 228-231
Vesta (ev robotu) 44
Vicarious (şirket) 58-60, 128, 283, 291
Vincent, James 56, 283, 292, 298, 302
Visual Basic (Microsoft) 33

W
Wall Street 137, 191, 251, 280, 284, 296, 297
Walmart 62, 63, 172, 230, 284, 301
Wang, Alexandr 122, 300
Watson (IBM) 77, 78, 97, 108, 137, 148, 286
Waymo (Google) 80, 83, 85-87, 122, 126, 130, 287
WeChat (uygulama) 213, 214
Wells Fargo'da iş otomasyonu 191
White Castle 186, 296
Wilczek, Frank 260, 304
Williams, Ronald 111, 289
Windows (Microsoft) 33
Woebot Labs 76
Wulfraat, Marc 51

X
Xenex (şirket) 71

Y
Yang, Andrew 198, 199, 301
yapay genel zekâ (YGZ) 31, 72, 132, 142
yapay nöron 129, 145
yapay zekânın etimolojisi 104, 105
yazılım: YZ altyapısı 14, 24-27, 33, 39, 40, 68, 84, 85, 87, 88, 93, 110, 126, 128, 139, 148, 153, 189, 190, 192, 226, 245, 258
Y-Combinator yeni teknoloji kuluçka merkezi 142
YGZ'de hibrit yaklaşım 139, 149, 151, 152, 156
YGZ'de modüler yaklaşım 139
YGZ'de nöral yaklaşım 147-152
yoksulluk tuzağı 199
yol bulma 91, 152
hastane robotları
hayvanlarda uzamda yön bulma
Londra taksi şoförleri
YouTube: tavşan deliği fenomeni 228, 264, 281, 283, 285, 293, 305
yüz tanıma 16, 32, 206, 207, 220-223, 225-228, 231, 232, 234-237, 241, 243, 248, 254, 257, 268, 271
Amazon'un Rekognition'ı 32
Batı polisinin yüz tanıma kullanımı 228, 231, 232
Clearview AI 228-232
Çin gözetim devleti 206, 220-223

Çin yeni teknoloji şirketleri 220, 221
Çin'in teknoloji ihraç ürünleri 226, 227
düzenleme ve yasaklar 236, 237
eğitim sürecinde çekişmeli üretici ağlar 243
makine öğrenmesinde önyargı 257
olası faydaları 232-234
otonom silahlar 248, 249
Sağlam Görü Yarışması 207, 208
sahte pozitifler 234, 235
YZ'nin karanlık tarafı 15, 16
yüz tanımanın gizliliğe yönelik tehdidi 231-233
YZ felsefeleri 109-113
YZ geliştirmede bölgeler arası rekabet 212
YZ için Turing testi 140
YZ kalıtsal yapısı 147-152
YZ Kışı 107, 130
YZ'nin demokratikleşmesi 32
YZ'nin karanlık tarafı. *Ayrıca bkz.* riskler
YZ'nin riskleri
çekişmeli ağlara veri uydurarak saldırılması 246, 247
derin sahtecilikle üretilen ses ve video dosyaları 239-246
GPT-2 dil işleme modeli 144
güvenlik endişeleri 15
koronavirus ve toplumsal karmaşa 271, 272
makine öğrenmesinde önyargı 254-260
otonom silahlar 248, 249
süperzekâ ve kontrol problemi 260-267
sürücüsüz arabalar 40
YZ araştırma-geliştirme çalışmalarının düzenlenmesi 267-269
YZ'nin varoluşa yönelik riski 260-267
YZ Potansiyeli Endeksi 217
YZ sistemlerinin kırılganlığı 129
YZ ve küresel ekonomi 196, 197
YZ'ye erişilebilirlik 22-26
YZ yönetimi ve yatırımı 137

Z
Zador, Anthony 150, 293
zekânın elektriği 12, 21, 22
zekâ patlaması 262, 263
Zimbabve 220, 226, 236

Robotların Yükselişi

MARTIN FORD

ÇEVİRİ: CEM DURAN

İşçilere daha iyi eğitim vermek gibi eskiden teknolojik yıkıma deva olmuş çözümler de bundan böyle işe yaramayacak. Gelecek büyük çaplı refah mı, yoksa korkunç bir eşitsizlik ve ekonomik güvensizlik mi getirecek? Bu sorunun cevabını bugün verip rotamızı belirlemek zorundayız. *Robotların Yükselişi* teknolojinin hızlanmasının bizim ve çocuklarımız için doğuracağı ekonomik sonuçları anlamamız için zorunlu okuma kitabı niteliğinde.



İnsansız Ordular

Katil Robotlar, Otonom Silahlar ve Makine Savaşları

PAUL SCHARRE

Otonom silahların devri geldi. Peki, dünya buna nasıl ayak uyduracak? Savaşın kaderini otonom silahlara bırakmak, muharebe meydanlarını nasıl değiştirecek? Ölüm-kalım kararı artık robotların eline mi geçiyor? Geleceğin savaşlarında insan ne kadar rol üstlenecek? *İnsansız Ordular*, geleceğin savaşlarını bir bilimkurgu romanı gibi sarsıcı biçimde, tüm gerçekleriyle ortaya seriyor.



Dokuz Dünya Devi

AMY WEBB

ÇEVİREN: DUYGU DALGAKIRAN

Dokuz Dünya Devi'ni -**Amazon, Google, Facebook, Tencent, Baidu, Alibaba, Microsoft, IBM ve Apple**- mercek altına alıp yapay zekânın vaatlerine ve tehlikelerine ışık tutan Amy Webb, ileride bizi nelerin beklediğini ve yapay zekânın hepimizle ilgili olduğunu anlamamızı sağlıyor.



Araçlar ve Silahlar

BRAD SMITH VE CAROL ANN BROWNE

ÇEVİREN: KADİR YİĞİT US

Microsoft'un kıdemli yöneticileri Brad Smith ve Carol Ann Browne, çağımızın dikenli meseleleriyle karşı karşıya kalan dünyanın en büyük teknoloji şirketlerinden birinin kokpitinden büyüleyici bir anlatı sunuyor: Teknolojinin sunduğu muazzam vaatlerle varoluşa yönelik tehditleri arasında nasıl denge kurulması gerektiğine dair dürüstçe, derin bir hesaplaşma...



Ulusların Yükselişi

MURAT YÜLEK

Hem eski hem de yeni dünya düzeninde sanayileşme adım adım nasıl gerçekleştirildi? Sömürgeleştirme yolunda hangi stratejiler uygulandı? İleri sanayi ülkeleri nasıl bu kadar gelişebildi? Türkiye'ye uygun sanayi ve teknoloji politikaları hangileri? Dünyanın bilhassa yaşadığımız çağda en çok peşine düştüğü konulara dair bir çalışma...



Daha İyi Bir Türkiye İçin Hangi Fikri Yıkalım

GÖKHAN ŞEN

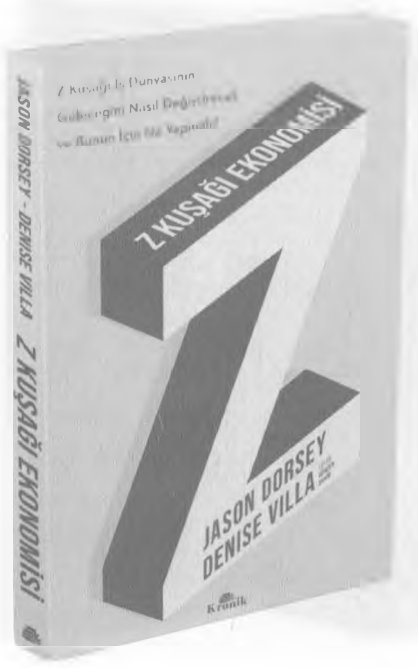
Ekonomiden sanayiye, tarımdan eğitime, bilimden kadın politikaları ve istihdama, tarihten kültür sanata dek güzel bir Türkiye hayaliyle düşünen, sorgulayan, alanının en entelektüel zihinleriyle konuşan bir çalışma. Cesur adımlar atmaya, aksaklıkları tamir etmeye, daha güzelini keşfetmeye tutkun herkes için heyecan verici bir kitap.



Z Kuşağı Ekonomisi

DENISE VILLA & JASON DORSEY
ÇEVİREN: GÖKÇEN ŞAHİN

Yeni gelen kuşağı anlayabilmek, günümüz iş dünyasında nerede konumlanabileceklerini kestirebilmek, ne gibi fırsatlar sunduklarını ve girdikleri ortamlarda nasıl değişiklikler ve dönüşümler gerçekleştirebileceklerini kavrayabilmek adına geleceği hedefleyen yöneticilerin ve liderlerin ıskalamaması gereken bir rehber kitap...



Gizli Dünya

Dünya İstihbarat Tarihi

CHRISTOPHER ANDREW

ÇEVİRİ: MEHMET FATİH BAŞ

Dünyanın önde gelen istihbarat uzmanlarından Christopher Andrew, casusluğun küresel tarihi hakkında şimdiye kadar yazılmış ilk kitap olan *Gizli Dünya*'da, istihbaratın son üç bin yıl boyunca unutulmuş ve kaybolmuş tarihini dikkat çekici bir ustalıkla gün yüzüne çıkarıyor.

Gizli Dünya – Dünya İstihbarat Tarihi, güvenlik ve istihbarat operasyonlarının tarihin akışına nasıl derinden etki ettiğini gösteren bir başucu kitabı.



Siyaset Sanatı

QUINTUS TULLIUS CICERO

ÇEVİRİ: SAMET ÖZGÜLER

MÖ 64 yılı seçimlerine idealist düşüncelerle katılan Marcus Cicero'nun başarılı bir seçim kampanyası yürütmesi için bazı tavsiyelere ihtiyacı olduğunu düşünen kardeşi Quintus Tullius Cicero ağabeyine bir mektup yazar: *Siyaset Sanatı*.

Eser bir seçim kampanyasının nasıl yürütüleceğini ve seçimden nasıl galip çıkılacağını kısa, öz, yalın ve açık bir şekilde anlatıyor.

Quintus'un tasvir ettiği MÖ 64 yılının siyasi iklimi ve verdiği tavsiyeler size hiç de yabancı gelmeyecek.

