20 50

تغییر بزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰

مترجم: آرش پورابراهیمی

بسم الله الرحمن الرحیم

سرشناسنامه:
عنوان و پدیدآور: تغییربزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰
مشخصات نشر: امین‌الضرب ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری: ۳۵۲ ص
شابک: ۹۷۸۶۰۰۹۹۷۷۲۱۵
عنوان اصلی: تغییربزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰
موضوع: تغییربزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰
موضوع: اقتصاد/آینده‌پژوهی/مدیریت کسب‌وکار

تغییربزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰
نویسنده: جمعی از نویسندگان
شورای سیاست‌گذاری: مصطفی درویشی، بهراد مهرجو
مترجم: آرش پورابراهیمی
ویراستار: حامد زارع
گرافیک و طراحی: آتلیه آینده‌نگر / رضا دولت‌زاده
چاپ اول: پاییز ۱۳۹۶
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
لیتوگرافی و چاپ: صنوبر
صحافی: سپیدار
شابک: ۹۷۸۶۰۰۹۹۷۷۲۱۵

2050

تغییر بزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰

مترجم: آرش پورابراهیمی

امین الضرب

The
Economist

آینده‌نگر

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران
TEHRAN CHAMBER OF COMMERCE,
INDUSTRIES, MINES AND AGRICULTURE

تشکرنامه

«هرگز پیش‌بینی نکن، به خصوص در مورد آینده.» من قدردان همه نویسندگان این کتاب هستم که این توصیه را نادیده گرفتند و ذهن‌هایشان را به سه دهه بعد بردند.

یکی از لذت‌های کار کردن در مجله اکونومیست این است که برای دریافت بهترین نصیحت، تنها کافی است که در طول راهرو قدم بزنید تا بسیاری از همکارانتان بهترین پیشنهادات را با شما در میان بگذارند. اولیور مورتون و تام استندیج، به طور خاص، در شکل دادن به طرح کلی کتاب و پیشنهاد نویسندگان بسیار کمک کردند. متیو سیموندز و ناتاشا لودر بازخوردهای مفیدی را ارایه کردند. زنی مینتون بدوئس مشوق من در آماده‌سازی کتاب بود و پتسی دریدن اطمینان حاصل کرد که بتوانم امور کتاب را در کنار امور روزانه پیش ببرم.

کلر گریست و اد لیک از انتشارات پروفایل بوکس حامیان مشتاق و بسیار صبور این پروژه بودند. پل فورتی با آرامش امور را مدیریت کرد. پنی ویلیامز، دیوید گریفیتز و پیپ رو به ترتیب در ویرایش، بررسی صحت داده‌ها و تهیه نمودارها کمک کردند.

کتاب حاضر به سال ۲۰۵۰ می‌نگرد اما امور مربوط به آن در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ انجام شدند. همچنین از همسرم، گبی، به طور ویژه متشکرم به خاطر بردباری فراوان نسبت به زمان زیادی که این نگاه به آینده به خود اختصاص داد.

Megatech looks to 2050, but it took chunks out of 2015 and 2016. Special thanks to my wife, Gaby, for her megatolerance of the time taken up by all the future-gazing.

فهرست نویسندگان به ترتیب فصل‌ها

دانیل فراکلین

دبیر اجرایی مجله اکونومیست و سردبیر کتاب سال مجله اکونومیست است. او همچنین در نگارش کتاب «ابر تغییر: جهان در سال ۲۰۵۰» نیز نقش داشته است.

تام استندیج

جانشین سردبیر و رییس بخش استراتژی دیجیتال در مجله اکونومیست است. او همچنین یکی از نویسندگان مجله در بخش فن‌آوری است. در میان کتاب‌های او، کتاب «اینترنت ویکتوریایی و نوشتن بر روی دیوار: شبکه اجتماعی - ۲۰۰۰ سال نخست» نیز دیده می‌شود.

فرانک ویلچک

استاد فیزیک در موسسه فن‌آوری ماساچوست و برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۴ است. کتاب «یک پرسش زیبا: یافتن طراحی عمیق طبیعت» یکی از کتاب‌های او است.

رابرت کارلسون

دانشمند، کارآفرین و نویسنده کتاب «بیولوژی فن‌آوری است: وعده، خطر و کسب و کار تازه مهندسی زندگی» است. او مدیر شرکت سرمایه‌گذاری بیواکونومی کاپیتال و مدیر شرکت مشاوره ایمنی و مهندسی بیودسیک است.

تیم کراس

خبرنگار بخش علم در مجله اکونومیست است.

آن وینبلد

یکی از بنیان‌گذاران شرکت سرمایه‌گذاری هامروینبلد در سن‌فرانسیسکو که برای بیش از سی سال یکی از کارآفرینان و سرمایه‌گذاران پیشرو در صنعت نرم‌افزار بوده است.

رایان ایونت

ستون‌نویس اقتصادی در مجله اکونومیست که نویسنده کتاب «ثروت انسان‌ها: کار و فقدان کار در قرن بیست و یکم» نیز است.

جفری کر

دبیر بخش علم و فن‌آوری مجله اکونومیست است.

جیانریکو فاروجیا

مدیر ارشد در مایو کلینیک در جکسون‌ویل، فلوریدا است. او استاد داروسازی و فیزیولوژی و متخصص در زمینه گوش و حلق و بینی است یکی از پیشروان تولید داروهای اختصاصی نیز به شمار می‌رود.

آنا شوکت

روزنامه‌نگار آزاد که مطالب او در بخش علم و فن‌آوری مجله اکونومیست منتشر می‌شود.

پل مارکیلی

دبیر نوآوری در مجله اکونومیست است. او پیش‌تر دبیر فصل نامه فن‌آوری مجله اکونومیست و نویسنده گزارش ویژه آینده تولید، سومین انقلاب صنعتی بود.

بنجامین ساترلند

مطالب او در مجله اکونومیست منتشر می‌شود. بنجامین ساترلند همچنین نویسنده کتاب «جنگ افزارهای مدرن، هوش و بازدارندگی: فن‌آوری‌هایی که آنها را متحول می‌کنند» است.

لئو میرانی

دبیر اخبار در مجله اکونومیست است. گزارش‌های او درباره فن‌آوری پیش‌تر در کوارتز منتشر شده‌اند.

لوچیانو فلوریدی

استاد فلسفه و اخلاق اطلاعات در دانشگاه آکسفورد است. تازه‌ترین کتاب او «انقلاب چهارم: چگونه حوزه فعالیت فن‌آوری در حال تغییر واقعیت بشر است» نام دارد.

کنث کوکیر

دبیر ارشد محصولات دیجیتالی مجله اکونومیست و یکی از نویسندگان کتاب «کلان داده: انقلابی که شیوه کار، زندگی و فکر کردن ما را تغییر می‌دهد»

ملیندا گیتس

یکی از بنیان‌گذاران و مدیران بنیاد بیل و ملیندا گیتس است.

آدرین وولدریج

دبیر بخش مدیریت مجله اکونومیست و نویسنده ستون شومپیتر در این مجله است. تازه‌ترین کتاب او «آشوب بزرگ: چگونه کسب و کارها با روزهای بحرانی مقابله می‌کنند» نام دارد.

لیندا گرتون

استاد مدیریت در مدرسه اقتصاد لندن است. در میان کتاب‌های او درباره تاثیر تحولات جهان بر کار، می‌توان به کتاب «گذار و کلید» اشاره کرد. او همچنین همراه با اندرو اسکات، کتاب «زندگی ۱۰۰ ساله: زندگی و کار در دوران عمر طولانی» را نوشته است.

الستر رینالدز

نویسنده بریتانیایی داستان‌های علمی تخیلی که در میان کتاب‌های مجموعه داستان‌های «فرزندان پوزئیدون» و «فضای مکاشفه» به چشم می‌خورند.

نانسی کرس

نویسنده آمریکایی داستان‌های علمی تخیلی که تا کنون چندین جایزه دریافت کرده و در میان آثارش کتاب «پس از سقوط»، «پیش از سقوط»، «طی سقوط» و «خویشاوند دیروز» به چشم می‌خورند.

الیورمورتون

یکی از دبیران مجله اکونومیست و نویسنده بخش علم است. تازه‌ترین کتاب او «سیاره بازسازی شده: چگونه مهندسی آب و هوا می‌تواند جهان را تغییر دهد» نام دارد.

فهرست

پیشگفتار

آینده از آنچه فکر می‌کنید به شما نزدیک‌تر است | مسعود خوانساری ۱۳

مقدمه

ملاقات با اَبَر فن‌آوری | دانیل فراکلین ۲۳

فصل اول

جعبه ابزاری برای پیش‌بینی | تام استندیج ۳۵

فصل دوم

بنیان‌های علم فیزیک برای فن‌آوری آینده | فرانک ویلچک ۵۱

فصل سوم

فرصت‌های تازه در بیوتکنولوژی | رابرت کارلسون ۷۷

فصل چهارم

فرای قانون مور ۹۷

فصل پنجم

نسل‌های فن‌آوری: گذشته به مثابه پیشگفتار | آن وینبلد ۱۱۱

فصل ششم

بحث اصلی در مورد نوآوری | رایان ایونت ۱۲۹

فصل هفتم

کشاورزی فردا | جفری کر ۱۴۹

فصل هشتم

مواجهه خدمات درمانی با قدرت بیماران | جیانریکو فاروجیا ۱۵۷

فصل نهم

بخش انرژی: برآمدن انرژی‌های تجدیدپذیر | آنا شوکت ۱۷۱

فصل دهم

ساخت مواد جدید | پل مارکیلی ۱۹۱

فصل یازدهم

فن‌آوری نظامی: سحرآمیز و نامتقارن | بنجامین ساترلند ۲۰۷

فصل دوازدهم
فن‌آوری شخصی واقعا شخصی می‌شود | لئو میرانی ۲۲۵
فصل سیزدهم
اخلاق هوش مصنوعی | لوچیانو فلوریدی ۲۴۳
فصل چهاردهم
جهانی که داده‌ها آن را پیش می‌برند | کنث کوکیر ۲۵۷
فصل پانزدهم
تصور توانمند شدن همه مردم | ملیندا گیتس ۲۷۳
فصل شانزدهم
اَبَر تکنولوژی در مقابل اَبَر نابرابری | آدرین وولدریج ۲۷۹
فصل هفدهم
کار و خیزش ماشین‌ها | لیندا گرتون ۲۹۵
فصل هجدهم
ساعات ملاقات: یک داستان کوتاه | الستر رینالدز ۳۰۶
فصل نوزدهم
ما گانگا: داستان کوتاه | نانسی کرس ۳۱۹
فصل بیستم
نتیجه گیری: درس‌هایی از انقلاب صنعتی | الیور مورتون ۳۳۵

پیشگفتار

آینده‌از آنچه‌فکر می‌کنید به‌شما نزدیک‌تر است

مسعود خوانساری
رئیس اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران
مدیر مسئول ماهنامه آینده‌نگر

نخستین خط تولید خودرو در ایران در اواسط دهه ۱۳۴۰ شمسی افتتاح شد، یعنی بیش از نیم قرن پس از اینکه جان فورد نخستین خط مونتاژ متحرک را برای تولید خودرو به کار گرفت. اما تنها چند سال زمان لازم بود تا نمونه‌های مشابه ایرانی با ارزش‌ترین شرکت خصوصی جهان یعنی شرکت خدمات آنلاین تاکسیرانی اوبر که در سال ۲۰۰۹ میلادی تاسیس شده بود، در خیابان‌های تهران فعال شوند. مسیری که از خودروسازی‌ها تا شرکت‌های تاکسیرانی آنلاین طی شده، نمادی است از آنچه در جهان کسب و کار روی داده است. نه تنها سرعت انتقال دانش به شدت افزایش یافته، بلکه ماهیت کسب و کارهای تازه نیز به گونه‌ای است که به کارگیری فن‌آوری آنها در کشورهای مختلف نیازمند زمان اندکی است. به همین خاطر است که نمونه‌های مشابه کسب و کارهای نمادین آغاز قرن

بیستم، مانند کارخانه خودروسازی فورد، به نیم‌قرن زمان لازم داشتند تا به ایران راه یابند، اما کسب و کارهای نمادین آغاز قرن بیست و یکم، مانند شرکت اوبر، طی تنها پنج سال در بازار ایران ظاهر شدند.

انگیزه اصلی ترجمه کتاب «فن آوری در سال ۲۰۵۰» به زبان فارسی نیز همین انتقال نسبتا سریع دانش و فن‌آوری بود، به خصوص که به نظر می‌رسد شتاب گسترش دانش نیز رو به افزایش است. اگر در دهه نخست قرن بیست و یکم کسب و کارهای مشابه با اختلاف تنها چند سال در اقتصادهای توسعه یافته و در حال توسعه ظهور می‌کنند، شاید در نیمه قرن، این اختلاف به کمتر از یک سال برسد و البته باید آرزو و همچنین تلاش کرد که حداقل در برخی زمینه‌ها، ایران مبدا فن‌آوری‌های تازه باشد.

کتاب پیش روی شما در واقع جلد تازه کتاب «تغییرات بزرگ جهان تا سال ۲۰۵۰» است که پیش‌تر توسط اتاق تهران منتشر شده بود. اگر در کتاب پیشین، روندهای کلی اقتصادی و اجتماعی بشر مورد توجه قرار گرفته بود، در این کتاب آنچه در جهان فن‌آوری روی خواهد داد و اثرات اجتماعی و اقتصادی آن مورد توجه قرار گرفته است. تحولات مربوط به فن‌آوری تنها به موسسات تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها مربوط نیستند و بر زندگی، کار و روابط میان انسان‌ها تاثیرگذارند. به همین خاطر نیز در کتاب فن‌آوری در سال ۲۰۵۰، نه تنها به پیشرفت‌های علمی توجه شده بلکه بستر مربوط به این پیشرفت‌ها و همچنین آثار و مسائلی که این پیشرفت‌ها به همراه خواهند داشت نیز مورد توجه قرار گرفته است.

بخش نخست کتاب که شش فصل را در بر می‌گیرد، به مسائل بنیادین مربوط به فن‌آوری پرداخته شده است. تام استندیج، یکی از نویسندگان مجله اکونومیست، در فصل نخست شرح می‌دهد که همین حالا هم می‌توان نشانه‌هایی از آنچه در آینده روی خواهد داد را مشاهده کرد. برای مثال می‌توان مواردی از کاربردهای فن‌آوری‌های تازه را یافت که در برخی نقاط جهان به کار می‌روند، اما هنوز به طور گسترده مورد استفاده عموم قرار نگرفته‌اند. او نشان می‌دهد که فن‌آوری هایی مانند تلفن همراه

هوشمند و پرداخت به‌وسیله تلفن همراه چگونه ابتدا به ترتیب تنها در ژاپن و کنیا به کار گرفته می‌شدند. همچنین مسائل و مباحثی که فن‌آوری‌های تازه به همراه می‌آورند، کم و بیش به مسائلی شباهت دارند که فن‌آوری‌های پیشین نیز ایجاد کرده‌اند. آقای استندیج نشان می‌دهد همان‌طور که امروز گروهی نگرانند که اینترنت بر تربیت کودکان تاثیر منفی بگذارد و حریم شخصی را از بین ببرد، زمان اختراع تلگراف نیز گروهی نگرانی‌های مشابهی داشتند. آقای استندیج همچنین از یاد نمی‌برد که رویاپردازی تا چه حد در نوآوری موثر است، به همین خاطر او به داستان‌ها و فیلم‌های علمی تخیلی اشاره می‌کند و یادآور می‌شود برخی از پیشرفت‌هایی که در این فیلم‌ها به تصویر کشیده شده‌اند، در آینده‌ای نه چندان دور به زندگی واقعی میلیون‌ها انسان راه می‌یابند. فرانک ویلچک، برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۴، در فصل دوم به بنیان‌های فیزیکی می‌پردازد که فن‌آوری آینده بر آن قرار خواهد گرفت. شاید بتوان گفت که تاکنون بسیاری از حوزه‌های علمی و کسب و کار بیشتر بر اساس انباشت تجربه و آزمون و خطا پیش رفته‌اند اما آن‌طور که آقای ویلچک شرح می‌دهد، پیشرفت‌ها بیشتر نیازمند یاری علوم پایه از جمله فیزیک است. برای مثال فیزیک کوانتومی و زیست‌شناسی برای ساخت رایانه‌ها به کار گرفته خواهند شد. زیست‌شناسی، شاخه‌ای از علم است که طی دهه‌های پیش‌رو به یکی از نیروهای پیش‌برنده فن‌آوری تبدیل خواهد شد. ورود رایانه‌ها به بدن انسان، بدون کمک زیست‌شناسی ممکن نخواهد بود. در فصل سوم شرح داده می‌شود که مواردی مانند ذخیره اطلاعات بر روی دی ان‌ای (به جای دیسک‌های فعلی)، اصلاحات ژنتیکی که نه تنها برخی بیماری‌ها را برطرف می‌سازند، بلکه می‌توانند توانایی انسان در برخی زمینه‌ها را ارتقاء دهند، صنایع غذایی و بخش تولید همگی تحت تاثیر پیشرفت‌های زیست‌شناسی قرار خواهند گرفت. اهمیت این پیشرفت‌های بین رشته‌ای زمانی بهتر درک می‌شود که بدانیم قانون مور دیگر در حال از نفس افتادن است. دو برابر شدن سرعت پردازش‌گرهای رایانه‌ای در هر دو سال، که به قانون مور شهرت یافته، برای چندین دهه

نیروی پیش‌برنده صنعت رایانه بوده و باعث شده که هر سال دستگاه‌های هوشمند سریع‌تر و قدرتمندتری راهی بازار شوند اما تداوم قانون مور در آینده‌ای نه چندان دور دیگر ممکن نخواهد بود. آن زمان، همان‌طور که در فصل چهارم کتاب شرح داده شده، علاوه بر علوم دیگر، پردازش ابری نیز نقش بیشتری خواهند یافت. همین حالا هم برخی از دستگاه‌های هوشمند مانند آمازون اکو که می‌تواند دستورات کلامی شما را درک کرده و به آنها پاسخ بدهد، توان پردازش ناچیزی دارد اما به لطف اتصال به پردازش‌گرهای شرکت آمازون که شاید کیلومترها دورتر قرار دارند، می‌تواند به منظور شما پی‌ببرد. خواندن فصل پنجم کتاب برای هر فعال اقتصادی، کارآفرین و سرمایه‌گذاری ضروری است. خانم وینبلد، یکی از سرمایه‌گذاران حوزه فن‌آوری، هفت موج انقلاب فن‌آوری را شرح می‌دهد از موج کلان داده‌ها، موج اینترنت چیزها و ماشین‌های هوشمند و موج هوش مصنوعی به عنوان سه موج اخیر جهان فن‌آوری یاد می‌کند. اگر از حضور و توسعه ناگهانی اینترنت و کسب و کارهای شکل گرفته مرتبط با آن غافلگیر شده‌اید، مطالعه این فصل باعث خواهد شد که از همین حالا در مورد موج‌های پیش‌رو که جهان کسب و کار را متحول خواهند ساخت تصویری کلی داشته باشید. کلان داده‌ها و کابردهای گسترده آنها و هوش مصنوعی به زودی به بخشی از زندگی روزمره ما تبدیل خواهند شد و بازارهای تازه‌ای را شکل خواهند داد. سرمایه‌گذاران از همین حالا به دنبال افزایش سهم خود در این بازار هستند، به طوری که میزان سرمایه‌گذاری در استارت‌آپ‌های مربوط به هوش مصنوعی در آمریکا از حدود پنجاه میلیون دلار در سال ۲۰۱۰ به بیش از یک میلیارد دلار در سال ۲۰۱۷ رسیده است. اگر تصور می‌کنید که این موج تنها به اقتصادهای توسعه‌یافته مربوط می‌شود و تاثیری بر اقتصاد ایران نخواهد داشت، پاراگراف نخست این یادداشت را به یاد بیاورید. اما چرا با همه این پیشرفت‌های حیرت‌آور که زندگی تقریبا همه ما را متحول ساخته، وضعیت اقتصاد تغییر چندانی نکرده است؟ این پرسشی است که رایان ایونت از آن به عنوان بحث اصلی در نوآوری یاد می‌کند و در فصل ششم به آن می‌پردازد. برخی اقتصاددانان اعتقاد دارند که انقلاب

دیجیتالی به رغم همه شگفتی‌هایی که به بار آورده در ایجاد تحول در بهره‌وری اقتصادی ناکام بوده است و تاثیر آن بر اقتصاد بشر به اندازه پیشرفت‌هایی مانند برق‌رسانی و تولید خودرو نبوده است. داده‌های مربوط به بهره‌وری نیز این ادعا را تایید می‌کنند، اما حداقل برخی از کارشناسان از جمله آقای ایونت اعتقاد دارند که نمایان شدن آثار انقلاب دیجیتال بربهره‌وری نیازمند زمان است. برای دانستن اینکه کدام گروه درست می‌گویند باید چند دهه صبر کرد.

بخش دوم کتاب به بخش‌های اقتصادی از جمله کشاورزی، بهداشت و درمان، انرژی، تولید و صنایع نظامی در سال ۲۰۵۰ می‌پردازد. جفری کر، در فصل هفتم تصویر نسبتا جامعی از آینده صنعت کشاورزی ترسیم می‌کند، جایی که مهندسی ژنتیک فرآیند تولید محصول را به طور کامل متحول کرده و این بار دستکاری ژنتیکی محصولات خوراکی با واکنش منفی افکار عمومی مواجه نشده است، تولید محصولات کشاورزی و حتی مواد غذایی دریایی بار دیگر به شهرها بازگشته، هرچند که این بار این تولید در ساختمان‌های بسته انجام می‌شود که شرایط محیطی در آنها به شدت کنترل می‌شود و بالاخره اینکه کارخانه تولید گوشت که سلول‌های گوشتی را پرورش می‌دهند و حیوانات واقعی در آنها حضور ندارند به رقیب کشتارگاه‌های فعلی تبدیل خواهند شد. آقای کر پیش‌بینی می‌کند که در آینده جدالی جدی میان مخالفان کشتار حیوانات و مخالفان تولید گوشت‌های ژنتیکی روی خواهد داد و برنده این نبرد حامیان حقوق حیوانات خواهند بود. در فصل هشتم خواهید دید که ورود فن‌آوری‌های تازه مانند کلان داده‌ها و واقعیت مجازی با خدمات درمانی چگونه به تحول در رابطه بیمار و پزشک منجر خواهد شد. ساختار بازار انرژی جهان در سال ۲۰۵۰ در فصل نهم به خوبی به تصویر کشیده شده است، تصویری که می‌تواند زنگ‌های خطر را برای سیاست‌گذاران ایرانی به صدا درآورد. چرا که طی دهه‌های آینده از نقش سوخت‌های فسیلی در تامین انرژی جهان کاسته خواهد شد. همان‌طور که آنا شوکت در این فصل شرح می‌دهد، سوخت‌های فسیلی ناگهان ناپدید نخواهند شد اما وابستگی به آنها کاهش

خواهد یافت و منابع تجدیدپذیر انرژی مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی هسته‌ای جای آن را خواهند گرفت. استفاده از انرژی خورشیدی و انرژی باد با چالشی جدی مواجه است و آن اینکه چنین انرژی‌هایی همواره موجود نیستند؛ خورشید همواره نمی‌تابد و باد همواره نمی‌وزد. اما پیشرفت‌های فن‌آوری به خصوص در بخش ذخیره انرژی به حل این مشکل کمک خواهند کرد و از وابستگی بخش تجاری و بخش خانگی به شبکه برق‌رسانی کاسته خواهد شد. اما نه فقط منبع انرژی، بلکه شیوه استفاده از این انرژی به خصوص در بخش تولید نیز تغییر خواهد کرد. یک کارخانه خودروسازی را در نظر بگیرید که در آن هیچ اثری از صدای دستگاه پرس نیست و بدنه خودرو از الیاف کربنی بافته شده باشد. کارخانه‌ای بی سروصدا که بیشتر به خودروبافی شباهت دارد تا خودروسازی. شاید این تصویر تخیلی‌تر از آن به نظر برسد که تا سال ۲۰۵۰ محقق شود، اما بهتر است بدانید که همین حالا یکی از مهم‌ترین خودروسازی‌های جهان از همین شیوه برای تولید یکی از مدل‌هایش بهره می‌برد. اگر به بخش تولید علاقه مندید، مطالعه فصل دهم را از دست ندهید. شیوه تولید بخش قابل توجهی از کالاها دگرگون خواهد شد. چاپگرهای سه بعدی به تولیدکننده‌های اصلی تبدیل خواهند شد. مفهوم خط تولید تغییر خواهد کرد و رایانه‌های متصل به چاپگرها پاهای هر مشتری را اندازه گرفته و کفش مخصوص به او را تولید خواهند کرد. هنگامی که وظیفه تولید بر دوش رایانه‌ها قرار گیرد، نیروی کار ارزان قیمت اهمیت خود را از دست خواهد داد و تولیدکنندگان کارخانه‌های خود را در نزدیکی بازارهای مصرفی برپا خواهند کرد. یازدهمین فصل کتاب به آینده جنگ افزارهای نظامی می‌پردازد. تقریبا همچون همه فصل‌های دیگر، در اینجا نیز به نقش پررنگ کلان داده‌ها و هوش مصنوعی در آینده اشاره می‌شود. شاید با بخشی از ادعاهای نویسنده این فصل موافق نباشید، مثلا آنجا که ادعا می‌کند سربازان کشورهای غربی در جبهه‌های نبرد خلاقیت بیشتری به کار می‌برند، اما پیش‌بینی‌های او در زمینه اینکه کشورهای غربی چگونه تلاش خواهند کرد تا برتری نظامی خود را حفظ کنند خواندنی است، همان‌طور

که پیش‌بینی‌های نویسنده در مورد خطرات احتمالی سلاح‌های کشتارجمعی که با هوش مصنوعی کار می‌کنند نگران کننده است. فصل دوازدهم به دو شاخه‌ای از فن‌آوری می‌پردازد که هنوز امکانات بالقوه خود را به طور کامل نشان نداده‌اند: واقعیت مجازی و واقعیت افزوده. آن‌طور که آقای میرانی پیش‌بینی می‌کند، در سال ۲۰۵۰ ما در خیابان‌ها قدم می‌زنیم در حالی‌که اطلاعات مربوط به مکان‌هایی که از آنها عبور می‌کنیم یا به آنها می‌نگریم در گوشه دید ما ظاهر می‌شوند و خودمان می‌توانیم شیوه و نوع اطلاعات نمایش داده شده را تنظیم کنیم.

بخش سوم کتاب به رابطه فن‌آوری و جامعه می‌پردازد. این بخش با فصلی بسیار خواندنی آغاز می‌شود که توسط لوچیانو فلوریدی نوشته شده است. آقای فلوریدی استاد فلسفه و اخلاق اطلاعات در دانشگاه آکسفورد است. این فیلسوف ایتالیایی در روایتی جذاب رابطه میان انسان و فن‌آوری را ترسیم می‌کند و به این پرسش مهم پاسخ می‌دهد که آیا ممکن است هوش مصنوعی در نهایت آن‌قدر پیشرفت کند که به خطری برای نوع بشر تبدیل شود؟ مثلا ماشین‌های هوشمند تصمیم بگیرند که نسل بشر را از بین ببرند و یا بشر را به بردگی بگیرند؟ پاسخ آقای فلوریدی به این پرسش، خوشبختانه، منفی است. اما او هشدار می‌دهد که سوء استفاده بشر از هوش مصنوعی می‌تواند پیامدهای فاجعه‌باری به همراه داشته باشد. خواندن این فصل نشان می‌دهد که ما تا چه حد همچنان به فلسفه و اندیشه‌های عمیق در مورد مسائل روز بشر نیازمندیم. باید افزود که آقای فلوریدی به شرکت‌های بزرگ فن‌آوری مانند گوگل و آی‌بی‌ام هم مشاوره می‌دهد. فصل چهاردهم کتاب جهانی را ترسیم می‌کند که نیروی پیش‌برنده آن داده‌ها و اطلاعات هستند. مطالعه این فصل حداقل در یک مورد به شما اطمینان خواهد داد و آن اینکه تقریبا هیچ شغلی را نمی‌توان یافت که از گزند کلان داده‌ها و هوش مصنوعی در امان باشد. ماشین‌ها نه تنها در تشخیص بیماری بلکه در فرآیند درمان نیز به کمک پزشکان خواهند آمد و وکلا به جای نگارش متون حقوقی، تنها متون نوشته شده توسط ماشین‌ها را می‌خوانند و تایید می‌کنند و داده‌های مربوط به

دادگاه‌های گذشته به آنها کمک می‌کند که بهترین راهکار برای دفاع از موکل خود را برگزینند. بخش آموزش هم متحول خواهد شد. اگر شیوه آموزش فعلی شباهت زیادی به شیوه تولید انبوه دارد، که در آن فرآیند آموزشی یکسان به تعداد بسیاری زیادی دانش آموز ارائه می‌شود، با عبور از عصر تولید انبوه، آموزش هر دانش‌آموز نیز بر اساس استعدادها و توان هر دانش آموز تنظیم خواهد شد. همان‌طور که ماشین‌ها در آینده‌ای نه چندان دور، اندازه پاهای هر مشتری را اندازه می‌گیرند و برای هر مشتری یک جفت کفش مخصوص تولید می‌کنند، آموزشی که هر دانش‌آموز دریافت خواهد کرد نیز بر اساس ویژگی‌های همان دانش‌آموز تنظیم شده است. البته جهانی هوشمندتر می‌تواند خدمات به مراتب ارزشمندتری از کفش مناسب را ارائه دهد. همان‌طور که خانم ملیندا گیتس در فصل پانزدهم شرح می‌دهد، رساندن تلفن همراه هوشمند به زنانی که در فقیرترین نقاط جهان زندگی می‌کنند نه تنها سلامت آنها را متحول خواهد ساخت، بلکه می‌تواند با ارائه خدمات بانکداری و ارائه اطلاعات به این زنان، به توانمندسازی آنها کمک کند. فن‌آوری همچنین می‌تواند به کاهش نابرابری بیانجامد. هرچند مسئولیت رشد نابرابری در جهان تا حدی متوجه پیشرفت فن‌آوری است، اما آقای وولدریج در فصل شانزدهم کتاب شرح می‌دهد که همین فن‌آوری چگونه می‌تواند برای کاهش نابرابری نیز به کار گرفته شود. فن‌آوری می‌تواند فرصت‌های برابر را برای دامنه گسترده‌تری از جامعه فراهم آورد. هرچند که چالش نابرابری بسیار عمیق‌تر از آن است که بتوان به راحتی با آن مقابله کرد. نابرابری در جامعه حتی از پیش از تولد آغاز می‌شود، جایی که تغذیه و سلامت مادر تاثیر قابل توجهی بر سرنوشت فرزند دارد. در چنین شرایطی، همان‌طور که در فصل شانزدهم به آن اشاره شده، مقابله با نابرابری به سیاست‌گذاران باهوش نیاز دارد. به عنوان یک کارفرما یا نیروی کار، پس از مطالعه شانزده فصل نخست کتاب احتمالا با این پرسش مواجه خواهید شد که سازمان یا کسب و کارها چگونه باید خود را برای روابط کاری مربوط به‌جهان پیش‌رو آماده سازند؟ لینلا گرتون، استاد مدیریت در مدرسه اقتصادی لندن، در فصل

هفدهم به این پرسش پاسخ داده است. به اعتقاد او، در آینده به‌سختی بتوان افراد با استعداد را متقاعد ساخت که با قراردادهایی بلندمدت به یک سازمان بپیوندند. رابطه کارگر و کارفرما به مراتب پویاتر خواهد شد و آموزش دائمی بخشی از آن خواهد بود. افراد بااستعداد کسب و کارهای خودشان را پی می‌گیرند و در مواقعی برای برخی پروژه‌ها به سازمان می‌پیوندند. در واقع سازمان‌ها برای اینکه بتوانند از چنین نیروی کاری بهره مند شوند، باید انعطاف پذیری خود را افزایش دهند. اما فصول کتاب فن‌آوری در سال ۲۰۵۰ تنها به یادداشت هایی در مورد آینده محدود نمی‌شود. دو نویسنده داستان‌های علمی تخیلی نوشته شده در فصل‌های هجدهم و نوزدهم داستان‌هایی را روایت می‌کنند که در سال ۲۰۵۰ روی می‌دهند. الستر رینالدز، از خانم جوانی می‌گوید که جسم او در یک سانحه به شدت آسیب دیده، اما پزشکان ذهن او را به بدنی مصنوعی منتقل کرده‌اند و حالا او قادر است که همه فعالیت‌های روزانه را به راحتی انجام دهد. در واقع قهرمان این داستان کوتاه به این جمع‌بندی می‌رسد که زندگی در کالبدی مصنوعی به مراتب جذاب‌تر است. اما جهانی که نانسی کرس در فصل نوزدهم ترسیم کرده کمی ترسناک‌تر است. جایی که دولت‌ها در مقابله با مشکلات زیست محیطی ناکام مانده‌اند، زمین به شدت گرم شده و افزایش فجایع زیست محیطی به تشدید بحران‌های اجتماعی انجامیده است. در چنین جهانی، دانشمندان ناامید از دولت‌ها، تصمیم می‌گیرند که به طور خودسرانه و با به کارگیری شیوه‌های مهندسی آب و هوا از دمای زمین بکاهند. اگر کتاب «صد سال دگر» که پیش‌تر توسط اتاق بازرگانی تهران منتشر شده را خوانده باشید، به خاطر خواهید آورد که به کارگیری شیوه‌های مهندسی آب و هوا برای کاهش دمای سیاره زمین، یکی از جدی‌ترین مباحث علمی در مورد گرمایش زمین است. این راه حل شاید اکنون و به خاطر پیامدهای ناشناخته اش عملی به نظر نرسد، اما در جهانی که دولت‌ها در مقابله با گرمایش زمین ناکام مانده اند، مهندسی آب و هوا شاید به تنها گزینه برای نجات زمین تبدیل شود. الیور مورتون، در آخرین فصل کتاب، با ظرافت شرح می‌دهد

کـه چـرا نگریسـتن بـه رویدادهـای مربـوط بـه دوران انقـلاب صنعتـی بـه مـا در درک اثـرات پیشـرفت‌های پیـش‌رو کمـک خواهـد کـرد. بـه اعتقـاد آقـای مورتـون، فـن‌آوری موجـودی خودمختـار نیسـت کـه همچـون قطـار بـه خـودی خـود پیـش بـرود، بلکـه اینکـه کـدام بخش‌هـا و جنبه‌هـای فـن‌آوری پیـش برونـد، تـا حـد زیـادی محصـول روابـط اجتماعـی اسـت. بـه اعتقـاد آقـای اولیـور، همـه مـا در شکل‌گیری آینده فن‌آوری نقش خواهیم داشت.

خوانـدن کتـاب فـن‌آوری در سـال ۲۰۵۰ می‌توانـد سـرگرم‌کننده و جـذاب باشـد. بی‌تردیـد در کتابـی کـه در میـان نویسـندگان آن از روزنامه‌نـگاران مجلـه اکونومیسـت و نویسـندگان داسـتان‌های علمـی و تخیلـی گرفتـه تـا یـک سـرمایه‌گذار، چنـد دانشـمند و اسـتاد دانشـگاه، رییـس یـک سـازمان خیریـه، یـک فیزیـک‌دان کـه جایـزه نوبـل را هـم دریافـت کـرده و یـک فیلسـوف حضـور دارنـد، طیـف متنوعـی از نگرش‌هـا در مـورد آینـده را در بـر می‌گیـرد. امـا در کنـار آن، خوانـدن ایـن کتـاب شـاید ضـروری باشـد. می‌تـوان گفـت در هـر کسـب و کاری کـه فعـال باشـید، پیشـرفت فـن‌آوری طـی دهه‌هـای آینـده بـر کسـب و کار شـما بسـیار تاثیرگـذار خواهـد بـود. برخـورداری از تصویـری نسـبتا روشـن و همه‌جانبـه از آینـده، آن‌طـور کـه در کتـاب ترسـیم شـده، به‌طـور حتـم در مواجهـه بـا امـواج تازه فن‌آوری به کار خواهد آمد.

مقدمه

ملاقات با اَبَرفن‌آوری

دانیل فراکلین[1]

اکونومیست

کتاب پیش‌رو بر اساس این ایده شکل گرفته که برخورداری از دیدی بلندمدت می‌تواند مفید باشد. تنظیم کردن چشم انداز بر روی سال ۲۰۵۰، دعوتی است برای شناخت نیروهای بنیادینی که احتمالا جهان میان امروز و آن زمان را شکل خواهند داد. سلف این کتاب یعنی کتاب «تغییرات بزرگ جهان تا ۲۰۵۰» که در سال ۲۰۱۲ منتشر شد، مروری بود بر دامنه وسیعی از روندها که از ساختارهای جمعیتی و مذهب گرفته تا اقتصاد و فرهنگ را در بر می‌گرفت. در اینجا دامنه تمرکز را باریک‌تر کرده‌ایم و تنها فن‌آوری را مدنظر قرار داده‌ایم، با این حال کتاب فن‌آوری در سال ۲۰۵۰ هنوز هم دامنه وسیعی از موضوعات را در بر می‌گیرد. چرا که فن‌آوری تقریبا بر همه چیز تاثیر می‌گذارد.

1. Daniel Franklin

دانشی قطعی در مورد اینکه فن‌آوری‌ها در سال ۲۰۵۰ چگونه خواهند بود، به وضوح غیرممکن است. درست همان‌طور که سی سال پیش هیچ‌کس نمی‌توانست جهان امروز با حضور شرکت‌های اپل، آمازون، فیس بوک و گوگل را تصور کند. با این حال ارائه حدس و گمان‌هایی مبنی بر دانش در مورد آینده جالب است و ذهن‌ها را باز می‌کند. برای این کار، تخصص و دانش دانشمندان، کارآفرینان، دانشگاهیان و نویسندگان داستان‌های علمی تخیلی و همچنین روزنامه‌نگاران مجله اکونومیست در این کتاب گرد آمده است. نتیجه کار یک دامنه غنی از نگرش‌ها در مورد شیوه تکامل فن‌آوری و اثرات آن بر ما طی دهه‌های پیش‌رو است.

ابزارها و بسترها

کتاب را با مسائل پایه‌ای آغاز می‌کنیم. شش فصل نخست، در بخش اول، به پرسش‌های بنیادین در مورد آینده فن‌آوری و عواملی که آن را به پیش می‌رانند یا محدودش می‌کنند می‌پردازند. کجا باید به دنبال نشانه‌های آنچه پیش‌رو است بگردیم؟ پیشرفت‌های علمی به خصوص فیزیک و زیست شناسی چه امکان‌هایی را فراهم خواهند آورد و در چه جاهایی فن‌آوری با مانع مواجه خواهد شد؟ سرمایه‌گذاران چگونه می‌توانند فن‌آوری‌های رو به ظهور را شناسایی کنند و آنها این روزها روی چه بخش‌هایی سرمایه‌گذاری می‌کنند؟ آیا تغییرات پیش‌رو واقعا همان‌قدر سریع و ناگهانی خواهند بود که اغلب تصور می‌شود؟ یا اینکه در مقایسه با انقلاب فن‌آوری قرن گذشته کم‌رمق به نظر خواهند آمد؟

برخورداری از یک جعبه ابزار برای شروع پیش‌بینی در مورد آینده فن‌آوری می‌تواند مفید باشد. تام استندیج جعبه ابزاری را ارائه داده است (فصل ۱). او اشاره می‌کند که نشانه‌های مربوط به آینده را می‌توان در الگوهای گذشته، در مواردی که حالا در مرز دانش روی می‌دهند و در آینده به تصویر کشیده شده را در داستان‌های علمی

تخیلی یافت. او سپس این ابزارها را برای چهار حوزه امیدبخش به کار می‌گیرد: واقعیت مجازی، خودروهای بدون راننده، سفرهای فضایی خصوصی و اصلاح ژنتیکی. این مثال‌ها نشان می‌دهند که دوره پرحاصلی برای فن‌آوری پیش‌رو است که یادآور انقلاب علمی اواسط قرن هفدهم است.

پیشرفت‌های علمی، تحقق اکسلاندرو را ممکن ساخته‌اند. فرانکویلچک در مروری استادانه بر وضعیت فیزیک بنیادین (بسیاری از خوانندگان هنگام مطالعه این فصل آرزو می‌کنند که‌ای کاش این موضوع هنگامی که در مدرسه بودند به خوبی شرح داده شده بود) ادعای قابل توجهی را مطرح می‌کند:

«امروز معادلات دقیق و کاملی در اختیار داریم که برای تشکیل پایه‌های فیزیک هسته‌ای، علم مواد، شیمی و همه اشکال مختلف مهندسی کفایت می‌کنند.»

در نتیجه، محاسبات می‌توانند به طور فزاینده‌ای در پیشرفت فن‌آوری جایگزین آزمون و خطا بشوند و پیشرفت سریع‌تر را ممکن سازند. این پدیده «فرصت‌های بسیاری برای به کاربردن خلاقیت‌هایی که در راستای خدمت به بشر باشند»را فراهم می‌آورد و «چشم‌اندازهای الهام‌بخشی برای دستیابی به سطوح تازه‌ای از ثروت مادی و غنای معنوی» را می‌گشاید. با این حال مخاطرات عمیق و «فجایعی» را هم می‌تواند به همراه داشته باشد که نگران کننده‌ترین آنها جنگ هسته ای، فروپاشی زیست‌محیطی و نبرد هوش‌های مصنوعی هستند.

اگر فیزیک به کمال رسیده است، زیست شناسی در حال فوران هیجان جوانی است. رابرت کارلسون پیش‌بینی می‌کند که طی دهه‌های منتهی به سال ۲۰۵۰ ما خواهیم آموخت که چگونه همه اجزاء و سیستم‌های اساسی حیات را با یکدیگر بیامیزیم. برای سال‌های پیش‌رو می‌توان انتظار مواردی مانند اتصال ذهن‌هایمان به اینترنت و تعویض اعضای کهنه بدن با اعضای نو را داشت. همه این‌ها پرسش‌هایی اخلاقی را به همراه خواهند داشت. در همین حال همه صنایع (از صنایع

غذایی گرفته تا داروسازی) به‌وسیله مهندسی زیستی متحول خواهند شد چرا که این شاخه از علم به بستری برای «ساخت تقریبا هر چه در طبیعت مشاهده می‌کنیم» و بسیاری موارد دیگر تبدیل خواهد شد.

پشت توان ظرفیت‌های توانمند بیوتکنولوژی، افزایش «ابر نمایی» در بهره‌وری تعیین توالی دی‌ان‌ای قرار دارد. یک دهه پیش مجله اکونومیست این افزایش کارایی را «منحنی کارلسون» نامید که مقایسه‌ای بود با بهبود مشابه در میکروچیپ‌ها که به عنوان «قانون مور» شناخته می‌شود و نیروی پیش‌برنده توسعه فن‌آوری دیجیتال بوده است. اما قانون مور در حال از نفس افتادن است. آیا این بدین معنی است که تقاضای عظیم برای توان پردازش رایانه‌ای که برای انجام بسیاری از امور اعجاب‌آوری که در این کتاب ذکر شده‌اند مورد نیاز است در آینده به مانع محدودیت فیزیکی برخورد خواهد کرد؟ پاسخ کوتاه، بنابر نظر تیم کراس، احتمالا منفی است. دیگر فن‌آوری‌ها به کمک خواهند شتافت. بدون ضرباهنگ ثابت قانون مور، پیشرفت کمتر ضابطه‌مند و کمتر قابل پیش‌بینی خواهد بود، اما ترکیبی از تراشه‌های سه بعدی، رایانه‌های کوانتومی و انجام بیشتر امور پردازشی در مراکز داده‌ها (که جایی در رایانش ابری پنهان شده‌اند) امکان تداوم انقلاب رایانه‌ای را فراهم خواهند آورد.

بر اساس تجربه دهه‌های اخیر، می‌توان گفت که این روند به صورت یکی از موج‌های فن‌آوری ظهور خواهد کرد. از دهه ۱۹۵۰ تاکنون شش موج فن‌آوری ایجاد شده‌اند و به ساحل رسیده‌اند، از بزرگ رایانه‌ها گرفته تا ماشین‌های هوشمند امروزی و «اینترنت چیزها». در هر موج، مجموعه‌ای شرکت‌ها ظهور می‌کنند اما تنها تعداد اندکی از آنها به سلامت به ساحل می‌رسند. هر موج از موج پیشین قوی‌تر است و نیروی امواج قبلی او را تقویت می‌کنند. سرمایه‌گذاران دره سیلیکون همین حالا نیز بر تازه‌ترین (هفتمین) موج که هنوز در مراحل نخستین شکل‌گیری است سوار شده‌اند؛ موجی که شرکت‌های هوش مصنوعی را در خود دارد. سرمایه‌گذاران جسور در ابتدا سرمایه‌گذاری

بـر روی هـوش مصنوعـی را از حـدود سـال ۲۰۱۰ آغـاز کردنـد و اکنـون میلیاردهـا دلار بـه شـرکت‌های توسـعه دهنـده نـرم افزارهـا و اپلیکیشـن‌های هـوش مصنوعـی سـرازیر می‌شـود. آن وینبلـد اشـاره می‌کنـد کـه «درحالی‌کـه مـوج هفتـم درحـال شـکل‌گیری اسـت چرخ‌هـای سـریع و رقابتـی از نـوآوری نیز ایجاد شده است»، قدرت آن در دهه‌های پیش‌رو حس خواهد شد.

امـا اثـر هـوش مصنوعـی و دیگـر فن‌آوری‌هـای تـازه چقـدر بـزرگ خواهـد بـود؟ اقتصاددانـی آمریکایـی، رابـرت گـوردون، در میـان آن‌هایـی اسـت کـه معتقدنـد کـه انقـلاب دیجیتـال، هرچنـد چشـمگیر، در مقایسـه بـا نوآوری‌هـای بـزرگ نیمـه دوم قـرن نوزدهـم، تـوان محـدودی بـرای ایجـاد تحـول دارد. نیـروی بـرق، خودروهـا، لولـه کشـی داخلـی و داروهـای مـدرن بـه یـک قـرن رشـد سـریع بهـره‌وری انجامیدنـد؛ امـروز، بـه رغـم گسـترش اینترنـت، تلفن‌هـای همـراه هوشـمند، اپلیکیشـن‌ها و بات‌هـا، نـرخ رشـد بهـره‌وری و دسـتمزدها بـه طـور ناامیـد کننـده‌ای کنـد بـوده اسـت. فـن‌آوری اگـر دسـتاوردی دارد آن افرایـش نابرابـری و تشـدید درماندگـی اسـت. هرچنـد، همان‌طـور کـه رایـان ایونـت شـرح می‌دهـد، شـواهدی قـوی بـرای خوشـبینی بیشـتر نسـبت بـه دهه‌هـای پیـش‌رو وجـود دارد. یادگیـری شـیوه‌های بهره‌گیـری کامـل از فن‌آوری‌هـای تـازه زمان‌بـر اسـت؛ بـرای الکتریسـیته و بـرق نیـز همین‌طـور بـود (در واقـع، الگـوی بهـره‌وری نیـروی کار در عصـر فـن‌آوری بـه شـدت شـبیه الگویـی اسـت کـه در عصـر برق‌رسـانی مشـاهده شـد). همچـون نمونه‌هـای قبلـی رشـدهای اقتصـادی ناشـی از فـن‌آوری، پیشـرفت‌های فـردا نیـز بـه شـکل‌های تـازه‌ای ظهـور خواهنـد کـرد کـه اکنـون بـه سـختی قابـل تصورنـد. منظـور ایـن نیسـت کـه همـگام شـدن بـا تغییـرات سـریع پیـش‌رو آسـان خواهـد بـود. درسـت برعکـس، بسـیار مشـکل و مخـرب خواهـد بـود موضوعـی کـه فصل‌هـای بعـدی ایـن کتـاب بـا عمـق بیشتری به آن پرداخته‌اند.

انقلاب‌های صنعتی

اگرچـه ابتـدا در بخـش دوم بـه تحولاتـی می‌نگریـم کـه فـن‌آوری بـرای

چندین صنعت حیاتی به بار خواهد آورد. هیچ‌کدام از این صنایع به اندازه کشاورزی اهمیت ندارند. چگونه غذای سیاره‌ای با ده میلیارد جمعیت در سال ۲۰۵۰ را تامین خواهد شد؟ جفری کر، در پاسخی آرامش بخش، پیش‌بینی می‌کند که مصرف کنندگان، شیوه‌های مختلف تولید مواد خوراکی که در آینده‌ای نه چندان دور ظهور می‌کنند را خواهند پذیرفت. چنین شیوه‌هایی شامل دست‌کاری ژنتیکی بسیار دقیق گیاهان در راستای مواردی همچون افزایش فوتوسنتز برای رشد سریع‌تر گیاهان و بهبود قابل توجه میزان تولید خواهد بود. مراکز پرورش ماهی در شهرها باعث خواهد شد که اقیانوس به داخل خاک بیاید و ماهی به منبع اصلی پروتئین حیوانی تبدیل شود. مگر اینکه تولید انبوه محصولات حیوانی تولید استیک، شیر و تخم مرغ غیرجانوری در منوها ظاهر خواهند شد که از سلول‌های حیوانی و بدون حضور حیوانات واقعی تولید شده‌اند از میزان تولید گوشت ماهی سبقت بگیرد.

اگر دلیلی برای گرسنه ماندن وجود ندارد اما دلایل بسیاری برای سالم‌تر بودن وجود دارند. خدمات درمانی تا کنون در پذیرش فن‌آوری‌های تازه نسبتا آهسته بوده‌اند. اما این سرعت پذیرش در حال افزایش است. بسیاری از حوزه‌های فن‌آوری در این میان اثرگذار خواهند بود، مانند هوش مصنوعی، کلان‌داده‌ها و شیوه‌های ارزان تعیین توالی ژنتیکی. خدمات درمانی بسیار متفاوت خواهد بود. اپلیکیشن‌های تازه و ابزارهای پیچیده‌تر از همیشه هوش مصنوعی انجام بسیاری از اموری که پیش‌تر توسط پزشکان انجام می‌شد را بر عهده خواهند گرفت: «درمان‌های هدفمند»، که مولکول‌ها یا سلول‌های ویژه‌ای را هدف قرار می‌دهند بر صنعت داروسازی تسلط خواهند یافت و صنایع زیردستی کاملا تازه ای، برای مثال حول محور داروهای احیاءکننده و انباشت داده‌ها، ظهور خواهند کرد. اما آن‌طور که جیانریکو فاروجا شرح می‌دهد، نتیجه همه این‌ها نسبتا آشنا خواهد بود: در حالی‌که به بیماران به شکل مشتری نگاه خواهد شد، خدمات درمانی بیشتر به دیگر صنایع شباهت خواهند یافت.

صنایع بخش انرژی باید (به خاطر سیاره زمین هم که شده) در آینده شباهت کمتری با وضعیت امروز داشته باشند و از وابستگی به سوخت‌هایی که به تغییرات آب و هوایی شدت می‌بخشند فاصله بگیرند. آنا شوکت انتظار دارد که طی دهه‌های آینده، گذار از سوخت‌های فسیلی شدت بگیرد و رشد قابل توجهی در منابع تجدیدپذیر انرژی، به خصوص انرژی خورشیدی و بادی که هزینه آنها رو به کاهش است، مشاهده شود. پیشرفت‌های بزرگ به فن‌آوری باتری‌ها نیز کمک خواهد کرد: منابع ذخیره انرژی توزیع شده در شبکه برق‌رسانی، در خانه‌ها و کسب و کارها، گسترش خواهند یافت. جهان همواره نگران کمبود انرژی بوده است. اما با رشد انرژی‌های تجدیدپذیر، و با فن‌آوری‌های«شکست» که دسترسی به ذخایر نفت و گاز بیشتری را فراهم می‌آورد، دورنمای انرژی با فراوانی همراه خواهد بود.

مواد تازه باعث خواهند شد که کارایی انرژی در بخش تولید به شدت افزایش یابد. آن‌طور که پل مارکیلی اشاره می‌کند، شیوه‌ای که خودروی بی ام دبلیو آی۳ بوسیله الیاف کربنی«بافته» می‌شود، تصویری از آینده ارائه می‌دهد: تولید خودروی آی۳ پنجاه درصد انرژی کمتر و هفتاد درصد آب کمتری را در مقایسه با فرآیندها و مواد سنتی تولید استفاده می‌کند. این در واقع بخشی از انقلاب در مواد است که فراتر از الیاف کربنی امکانات دیگری را نیز در بر می‌گیرد؛ امکاناتی مانند مواد «هوشمند» که قادرند شکل خود را به یاد بیاوردند و خودشان را سرهم کنند، و دست‌کاری مواد در سطح مولکولی برای ایجاد تغییرات دلخواه در مواد و برای تغییر در شیوه واکنش مواد نسبت به نور، الکتریسیته، آب و گرما. مواد تازه هوشمند همچنین به گسترش «تولید افزایشی» که به چاپ سه بعدی شهرت یافته خواهد انجامید. در حالی‌که مواد و فرآیندها به بخش اساسی مزیت رقابتی شرکت‌ها تبدیل شده، بسیاری از تولیدکنندگانی که از اقتصادهای توسعه‌یافته راهی کشورهای دیگر شده‌اند به خانه باز خواهند گشت تا به مشتری‌ها نزدیک‌تر باشند.

مواد جدید همچنین می‌توانند کاربردهای نظامی داشته باشند برای

مثال زره‌پوش‌های سبک‌تر و انعطاف‌پذیرتری را در اختیار سربازان قرار دهند. همچنین فن‌آوری‌های دیگر شامل سلاح لیزری و ربات‌های نظامی در راه خواهند بود. آمریکا هنوز هم در ساخت ادوات نظامی پیشرو است، اما رقبای بالقوه در حال نزدیک‌تر شدن هستند. آن‌طور که بنجامین ساترلند روایت می‌کند، انحصار غرب در جنگ افزارهای دقیق می‌تواند خیلی زود از بین برود. یکی از امیدهای غرب برای حفظ برتری نظامی به خاصیتی فرهنگی مربوط می‌شود: اینکه آزادی اندیشه، سربازان را قادر سازد که از هوشمندی فراهم آمده توسط دستگاه‌های هوشمند، همچون نمایشگرهای واقعیت افزوده، به طور موثرتری بهره ببرند.

گسترش همه‌جانبه چنین فن‌آوری‌هایی، طبق پیش‌بینی لئو میرانی، به تغییر رفتار انسان حتی بیشتر از تغییرات ناشی از گسترش تلفن‌های همراه هوشمند و اینترنت خواهد انجامید. او جهان سال ۲۰۵۰ را جایی توصیف می‌کند که عینک‌های واقعیت مجازی در آن جایگزین تلفن‌های همراه هوشمند شده‌اند و مکالمه با افرادی که به زبان‌های دیگر سخن می‌گویند به طور همزمان ترجمه می‌شود و شما هرگز نام افراد را فراموش نخواهید کرد، چرا که هرچه درباره آنها می‌دانید هنگام صحبت با آنها برایتان ظاهر خواهد شد. او انتظار دارد که فن‌آوری بیشتر از همیشه به بدن‌های ما نزدیک شود و حتی وارد آن شود. در این صورت، نگرانی‌ها در مورد میزان داده‌هایی که درباره ما جمع‌آوری می‌شود و اینکه چه شرکت‌هایی چنین اطلاعاتی را جمع آوری خواهند کرد، شدت خواهد گرفت.

جامعه قریب الوقوع

تاکنون باید مشخص شده باشد که پیامدهای اجتماعی فن‌آوری‌های پیش‌رو بسیار عظیم خواهند بود. تمرکز نویسندگان بخش سوم کتاب بر این موضوع است. این بخش با نگاهی شفاف به هوش مصنوعی آغاز می‌شود؛ حوزه‌ای که در مورد آن افرادی مانند استیون هاوکینگ و

اکنـون ماسـک هشـدارهای تیـره و تـاری را ترسـیم کرده‌انـد آغـاز می‌شـود. آیـا ماشـین‌های ابرهوشـمند می‌تواننـد بـه تهدیـدی بـرای موجودیـت نـژاد بشـر تبدیـل شـوند؟ لوچیانـو فلوریـدی اسـتدلال می‌کنـد کـه مشـکل نـه ماشـین‌ها، بلکـه انسـان‌هایی خواهنـد بـود کـه محیـط فعالیـت را بـرای ماشین‌ها ایجاد می‌کنند.

بـه رغـم ایـن مشـکلات، هنـوز قلمـروی وسـیعی بـرای پیشـرفت وجـود دارد. کنـث کوکیـر شـرح می‌دهـد در جهانـی کـه داده‌هـا نیـروی پیـش برنـده آن هسـتند، امـوری کـه انجـام آنهـا اکنـون سـخت اسـت آسـان‌تر خواهنـد شـد، چیزهـای گـران ارزان‌تـر و چیزهـای کمیـاب فراوان‌تـر خواهنـد شـد. پزشـکان از سـامانه‌های مربـوط بـه کلان داده‌هـا بـرای تصمیم‌گیـری بهتـر بهـره می‌برنـد، آمـوزگاران از داده‌هـا بـرای طراحـی سـرعت آمـوزش مخصـوص بـه هـر دانـش آمـوز اسـتفاده می‌کننـد، وکلا قـادر خواهنـد بـود کـه شـواهد و سـوابق مرتبـط را بـا سـرعت بیشـتر و هزینـه کمتـر بیابنـد. ایـن مشـاغل و دیگـر پیشـه‌ها توسـط فـن‌آوری جـارو نخواهنـد شـد مـا حتـی شـاید بـه پزشـکان، آمـوزگاران و وکلای بیشـتری نیـاز داشـته باشـیم و نـه کمتـر امـا آنها باید شیوه انجام امور را تغییر دهند و مهارت‌های تازه‌ای را بیاموزند.

اگـر بپذیریـم کـه پویایـی دیجیتالی پیـش‌رو به معنـی تحـول در اقتصادهای توسـعه یافتـه اسـت، امـا ایـن تنهـا شـیوه‌ای نیسـت کـه فـن‌آوری می‌توانـد به‌وسـیله آن تحولاتـی اساسـی را بـه بـار بیـاورد. گسـترش فـن‌آوری در کشـورهای فقیرتـر و رسـاندن آن بـه سـطح فعلـی فـن‌آوری در کشـورهای ثروتمنـد، بـه همیـن انـدازه، اگـر نـه بیشـتر، اهمیـت دارد. ملینـدا گیتـس جهانـی را بـه تصـور می‌کشـد کـه در آن هـر زن یـک تلفـن همـراه هوشـمند دارد کـه تاثیـر آن بـر بخش‌هایـی از سـلامت گرفتـه تـا کشـاورزی و بانکـداری عظیـم خواهـد بـود. تحقـق چنیـن تصویـری تـا سـال ۲۰۵۰ بـه طـور حتـم امکان‌پذیر است.

ایـن یکـی از شـیوه‌هایی اسـت کـه نشـان می‌دهـد کـه فـن‌آوری چگونـه می‌توانـد از نابرابـری بکاهـد. آدریـن وولدریـج شـیوه‌های دیگـری را ارائـه می‌دهـد و شـرح می‌دهـد کـه هـر چنـد مسـئولیت بخـش

بیشتر افزایش نابرابری طی سال‌های اخیر بر عهده فن‌آوری است اما تکنولوژی می‌تواند در آینده به معکوس ساختن این روند کمک کند. برای مثال، می‌تواند در شناسایی و انتخابات جوانان مستعد بدون توجه به پایگاه اجتماعی آنها کمک کرده و به آن‌هایی که از برخی امکانات بی‌بهره‌اند فرصت درخشش بدهد. فن‌آوری، از آموزش گرفته تا سلامت، از مبارزه با فساد گرفته تا افزایش امنیت در محله‌های فقیرنشین، ابزاری قدرتمند را در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهد.

مشاهده تحولات پیش رو، نگرانی‌هایی را درباره اثرات آنها بر کار و اشتغال ایجاد می‌کند. آیا ماشین‌ها صنایع را از نیروی انسانی خالی می‌کنند و یا شغل‌های بیشتری ایجاد خواهند کرد؟ و آیا ایجاد مشاغل جدید آن‌قدر سریع خواهد بود که بتواند جلوی ایجاد مشکلات شدید برای آن‌هایی که کارشان را از دست داده‌اند را بگیرد؟ لیندا گرتون به پرسش‌هایی می‌پردازد که کسب و کارها و سیاست‌گذاران باید هنگام مواجهه با آینده نامعلوم کار و اشتغال بپرسند، و نتیجه می‌گیرد که سازمان‌هایی موفق خواهند بود که در درون خود تطبیق‌پذیر باشند، این به معنی خلاقیت در طراحی نردبان شغلی، تخیل در تقویت استعدادها، انعطاف پذیری در تربیت و آموزش و رویکردی تازه در همکاری با ماشین‌ها است: «چه دستاوردهایی از همکاری میان نیروی کار انسانی و همکاران رباتیک آنها تحقق خواهند یافت؟»

به یاد می‌آورید که تخیل (به شکل داستان‌های علمی تخیلی) بخشی از جعبه ابزار تام استندیج برای نگریستن به آینده فن‌آوری بود. به همین خاطر بخشی از صفحات این کتاب را به «آینده تصویر شده»اختصاص دادیم و از دو نویسنده داستان‌های علمی تخیلی دعوت کردیم داستان‌هایی را بنویسند که در سال ۲۰۵۰ روی می‌دهند. الستر رینالدز و نانسی کرس به بهترین شکل درخواست ما را اجابت کردند و به فن‌آوری‌های محتمل در آینده و مسائل اخلاقی مرتبط با آنها حیات بخشیدند. داستان‌های آنها به طور جالب توجهی واقعی جلوه می‌کنند.

بزرگی خطرناک

سه ریسمان در کتاب اَبَر فن‌آوری حضور دارند که از آغاز تا انتهای آن به شکل جالب توجهی در هم تنیده شده‌اند. نخستین ریسمان، ویژگی‌ای است که در عنوان کتاب «اَبَر فن‌آوری» نیز مشهود است و حسی از بزرگی را ایجاد می‌کند. پیشرفت‌های احتمالی ترسیم شده برای فن‌آوری در سال ۲۰۵۰، عظیم هستند. به سختی می‌توان نسبت به این پیشرفت‌های غیرعادی که در دسترس خواهند بود هیجان زده نشد. این دورنمای جذاب جهانی است که در آن خدمات سریع‌تر، ارزان‌تر و بهتر ارائه می‌شوند؛ جایی که گستردگی دسترسی به خدمات از نابرابری می‌کاهد؛ جایی که غذا به وفور یافت می‌شود، انرژی پاکیزه‌تر و حمل و نقل ایمن‌تر است؛ جایی که افراد سالم‌تر هستند و فرصت‌های بیشتری پیش روی آنها قرار دارد.

با این حال، همان‌طور که الیور مورتون در یادداشت تفکربرانگیزش در فصل نهایی اشاره می‌کند، بسیاری از این روندها ممکن است مسیر اشتباهی را طی کنند و مشکلاتی جدی را پدید آورند. پیامدهای ناخواسته، اختلالات خطرناک و سوءاستفاده از فن‌آوری در راه خواهند بود. آگاهی نسبت به خطرات پیش‌رو دومین ریسمانی است که فصل‌های کتاب را به هم پیوند داده است: «اَبَر فن‌آوری» می‌تواند به «ضرر فن‌آوری» تبدیل شود. فرانکو یلچک نسبت به ناکامی‌های احتمالی هشدار می‌دهد، دیگران نیز اخطار می‌دهد که سیاست‌گذاران برای همگام شدن با مسائلی که پیشرفت فن‌آوری به همراه خواهد آورد کار سختی در پیش خواهند داشت، صنایع مختلف یکی پس از دیگری زیر و رو خواهند شد با همه پیامدهایی که این زیر و رو شدن برای مشاغل و زندگی آن‌هایی که در این صنایع مشغول به کارند به همراه خواهند داشت.

لوچیانو فلوریدی سرعت تغییرات را این‌گونه به زیبایی به تصویر می‌کشد:

«هزار سال طول کشید تا تاثیر انقلاب کشاورزی به طور کامل

بـر جامعـه پدیـدار شـود، بـرای انقـلاب صنعتـی ایـن زمـان چنـد قرن بـود امـا بـرای انقـلاب دیجیتالـی تنهـا چنـد دهـه زمـان بـرد. پـس جـای تعجبـی نیسـت کـه گیـج شـده‌ایم و تعادل‌مـان بـه هـم خورده است.»

آکسـلاندرو همان‌قـدر کـه هیجـان انگیـز اسـت، دشـوار هـم هسـت. ریسـمان سـومی هـم وجـود دارد کـه در طـول کتـاب بـا ایـده بزرگـی و خطـرات در هـم تنیـده اسـت: ایـن بـاور کـه آنچـه پیـش‌رو اسـت اجتنـاب ناپذیـر اسـت. اثـر فـن‌آوری تنهـا تـا حـدی تحـت تاثیـر نوآوری‌هـای دانشـمندان، شـیفتگان فـن‌آوری و کارآفرینـان قـرار داد. جهـان فـن‌آوری تـا سـال ۲۰۵۰ همچنیـن توسـط تصمیمـات دولت‌هـا، اسـتراتژی‌های شـرکت‌ها و انتخاب‌هـای افـراد شـکل خواهـد گرفـت. بـه حـد اعـلاء رسـاندن ابـر فن‌آوری به همه ما بستگی دارد.

فصل اول

جعبه ابزاری برای پیش‌بینی

تام استندیج[1]

برای مشاهده آنچه در جهان فن‌آوری در پیش روی ما قرار دارد، می‌توان به سه جا نگریست: گذشته، حال و آینده ترسیم شده در داستان‌های علمی تخیلی.

1. Tom Standage

فـن‌آوری تـازه مخابراتـی در تماس‌هـای راه دور انقلابـی پدیـد آورده و آن‌هـا را ارزان‌تـر و سـاده‌تر از گذشـته کـرده اسـت. کسـب‌وکارها بـا اشـتیاق فـراوان از ایـن فـن‌آوری بهـره می‌برنـد و معامـلات واسـطه‌ای رونـق گرفته‌انـد. البتـه ایـن فـن‌آوری تـازه توسـط حامیانـش بـه طـور بی‌وقفـه مـورد سـتایش قـرار می‌گیـرد و مخالفانـش هـم بـر آن می‌تازنـد. فـن‌آوری تـازه امـکان مدل‌هـای تجـاری تـازه و البتـه شـیوه‌های جدیـدی از جـرم را مهیـا می‌سـازد. دولت‌هـا بـرای جلوگیـری از تبـادل اطلاعـات مخفـی و رمزگـذاری شـده بـه تکاپـو افتاده‌انـد و بـه دنبـال دسترسـی بـه همـه پیام‌هـا هسـتند. مـردم بـه صـورت آنلایـن دوسـت‌های تـازه می‌یابنـد و عاشـق می‌شـوند. برخـی اعتقـاد دارنـد کـه ایـن تکنولـوژی تـازه بـا از بیـن بـردن مرزهـای سیاسـی بـه واسـطه گسـترش ارتباطـات، بشـر را متحـد سـاخته و بـه صلـح جهانـی منتهـی می‌شـود. این‌هـا بـه داسـتان ظهـور اینترنـت در دهـه ۱۹۹۰ شـباهت دارنـد امـا در واقـع آنچـه گفتـه شـد بـه ظهـور تلگـراف الکتریکـی در اواسـط قـرن نوزدهـم مربـوط می‌شـود، پدیـده‌ای کـه بـه «بزرگـراه بزرگ اندیشه» شناخته می‌شد.

شـباهت‌های قابـل توجـه میـان ایـن دو فـن‌آوری (اینترنـت و تلگـراف) کـه یکـی مـدرن و دیگـری بـا قدمـت ۱۵۰ سـال اسـت سـرگرم کننده‌انـد و می‌تواننـد مفیـد هـم باشـند. مطالعـه تاریـخ یکـی از سـه ابـزاری اسـت کـه می‌توانـد بـرای پیش‌بینـی آینـده فـن‌آوری بـه کار گرفتـه شـود و یـا حداقـل باعـث شـود کـه حدس و گمان‌های دقیق‌تری در مورد آینده ارائه شوند.

درس‌های تاریخ

شـباهت‌های تاریخـی این‌چنینـی میـان سـال‌ها، دهه‌هـا و حتـی قرن‌هـا باعـث می‌شـوند کـه بتـوان اثـرات اجتماعـی و فرهنگـی نوآوری‌هـای تـازه را پیش‌بینـی کـرد و بـا مرورخوش‌بینی‌هـا و بدبینی‌هـا نسـبت بـه آن‌هـا می‌تـوان نشـانه‌هایی از نحـوه تکامـل یـک تکنولـوژی را به‌دسـت آورد. همچنیـن بررسـی ایـن شـباهت‌های تاریخـی بـه مـا گوشـزد می‌کنـد کـه مشـکلاتی کـه بـه تکنولوژی‌هـای تـازه نسـبت داده می‌شـوند، اغلـب نتیجـه ذات بشـر هسـتند. بـرای مثـال نمونه‌هایـی از آنچـه مـا امـروز «جرایـم سـایبری» می‌نامیـم را

می‌توان در شبکه‌های تلگراف مکانیکی مربوط به عصر ناپلئون یافت. «این حقیقتی آشکار است که هیچ بخشی از جامعه به اندازه طبقه‌ای که به فعالیت‌های مجرمانه مشغول هستند ،از آخرین پیشرفت‌های علمی با آغوش باز استقبال نکرده‌اند.» این عبارت که توسط یکی از مقام‌های انتظامی نگاشته شده را می‌توان امروز هم شنید. اما در واقع به گفته‌های یکی از ماموران پلیس شهر شیکاگو در سال ۱۸۸۸ مربوط می‌شود.

به طور حتم چنین شباهت‌هایی هرگز به طور کامل مطابقت ندارند و تاریخ هرگز خود را به شیوه‌ای کاملا یکسان تکرار نمی‌کند. اما شباهت‌ها برای اینکه آموزنده باشند نیازی به تطابق کامل ندارند. با نگاهی دقیق‌تر به بازه‌های زمانی کوتاه و بلند می‌توان الگوهای تکراری بسیاری را در تاریخ فن‌آوری یافت.

نوآوری‌های تازه اغلب نگرانی‌هایی را در مورد از بین رفتن حریم شخصی ایجاد می‌کند؛ نخستین دوربین عکاسی کوداک در دهه ۱۸۸۰ وحشتی عمومی را در مورد عکاسی مخفیانه در محیط‌های عمومی ایجاد کرد، درست همان نگرانی‌ای که عینک گوگل در سال ۲۰۱۳ به همراه داشت. رمان‌ها در دهه ۱۷۹۰، تصاویر متحرک در ۱۹۱۰، کتاب‌های کمیک (تصویری) در دهه ۱۹۵۰ و بازی‌های ویدئویی در دهه ۱۹۹۰ همگی متهم شدند که ارزش‌های اخلاقی جوانان را تباه می‌سازند. عمر ترس از بیکار شدن انسان‌ها توسط ماشین‌ها به چند قرن می‌رسد. از جنبش لادیسم[1] در قرن نوزدهم گرفته تا بشارت دهندگان بیکاری گسترده ناشی از ربات‌ها. به طور مشابه نگرانی‌های مربوط به اینکه فن‌آوری‌های تازه، از سلاح هسته‌ای گرفته تا اصلاحات ژنتیکی و هوش مصنوعی، قدرتی بیش از حد به بشر داده‌اند همگی نسخه‌هایی مدرن از افسانه پرومته[2] و این پرسش هستند که آیا بشر برای دریافت هدیه «آتش» قابل اطمینان است یا خیر. جدا از اینکه چنین نگرانی‌هایی به جا هستند یا خیر، شناخت واکنش‌ها نسبت به تکنولوژی‌های گذشته می‌تواند در مورد اینکه محصولات تازه با چه

۱. جنبشی که توسط کارگران نساجی در بریتانیا و برای مقابله با به کارگیری ماشین آلات تازه در این صنعت ایجاد شد.
۲. خدای آتش در اساطیر یونان

واکنشی همراه خواهند شد، سرنخ‌هایی ارزشمند را در اختیار آینده‌پژوهان، کارآفرینان و مخترعان قرار دهد.

فردا، امروز دیگری است

همچون گذشته، جای دیگری که برای نگاهی اجمالی به آینده باید به آن نگریست، زمان حال است. همان‌طور که ویلیام گیبسون[3]، نویسنده داستان‌های علمی تخیلی، گفته است: «آینده همین حالا اینجاست، فقط به طور یکنواخت توزیع نشده است.» تکنولوژی‌ها به طور غافلگیرکننده‌ای دوران بارداری طولانی‌ای دارند. هرچند که به نظر می‌رسد یک شبه پدیدار می‌شوند، اما چنین نیست. در نتیجه، اگر شما به نقاط درست بنگرید قادر خواهید بود که تکنولوژی‌های فردا را همین امروز مشاهده کنید. این رویکرد توسط روزنامه‌نگاران و انسان‌شناسان فعال در بازار کسب و کار که می‌خواهند از روندهای تازه مطلع شوند به کار گرفته می‌شود. چنین رویکردی جستجو برای «موارد لبه‌ای» را در بر می‌گیرد: مواردی که در آن تکنولوژی‌ها و رفتارها پیش از آنکه به‌طور گسترده مورد اقبال قرار گیرند، توسط گروه‌های خاصی یا در کشورهای خاصی به کار گرفته می‌شوند. مثال کلاسیکی از یک مورد لبه‌ای به ژاپن و گوشی‌های هوشمند در آغاز قرن حاضر مربوط می‌شود.

در سال ۲۰۰۱، گوشی‌های تلفن همراه که دوربین و صفحه نمایشگر رنگی داشتند در ژاپن رواج داشتند. این گوشی‌ها می‌توانستند نقشه و مسیر پیاده‌روی تا مقصد را نشان دهند و کاربران آن‌ها قادر بودند که کتاب‌های الکترونیکی، بازی و اپلیکیشن‌های دیگر را دانلود کنند. روزنامه‌نگاران و تحلیل‌گران راهی ژاپن شدند تا نحوه کارکرد این تلفن‌ها را از نزدیک ببینند و هر زمان که بازدیدکنندگان ژاپنی در کنفرانس‌های فن‌آوری در آمریکا و اروپا همراه با گوشی‌هایشان به این سو و آن سو می‌رفتند، با آن‌ها همچون افرادی برخورد می‌شد که گویی از آینده به عقب بازگشته‌اند. ژاپن زودتر به آینده قدم نهاد، چرا که ساختار نسبتا جداافتاده و قوانین

3. William Gibson

مربوط به حق مالکیت صنایع مخابراتی این کشور و همچنین بازار داخلی به اندازه کافی بزرگ به شرکت‌های فن‌آوری اجازه می‌داد که ایده‌های جدید را بیازمایند، آن هم بدون اینکه نگران تطبیق‌پذیری آن با سیستم‌های دیگر کشورها باشند. ظهور تلفن‌های هوشمند جدید در ژاپن به چندین سال پیش از زمانی باز می‌گشت که مصرف کنندگان در اروپا بتوانند گوشی‌های تلفن همراهی با امکانات مشابه را تهیه کنند. برای مدتی، مجله وایرد[4] ستون ثابتی داشت با عنوان «دیدبان دختر مدرسه‌ای ژاپنی» که در آن بر اساس عملکرد امروز دانش آموزان دختر ژاپنی (مشتاق‌ترین گروه کاربران گوشی‌های هوشمند اولیه) پیش‌بینی می‌شد که بقیه ما در آینده مشغول به چه کاری خواهیم بود.

موارد لبه‌ای می‌توانند در غیرمنتظره‌ترین مکان‌ها ظهور کنند. برای مثال نقل و انتقال پول از طریق تلفن همراه که اجازه می‌دهد پول از یک تلفن همراه و از طریق پیامک به تلفن دیگری ارسال شود برای مدت‌ها در کنیا از دیگر کشورهای جهان جلوتر بود. برای سال‌ها شما می‌توانستید پول تاکسی را در نایروبی (پایتخت کنیا) با تلفن همراه بپردازید، اما در نیویورک چنین امکانی فراهم نبود. نقل و انتقال پول از طریق تلفن همراه تا حدی به این خاطر در کنیا رشد کرد که زیرساخت‌های بانکی در این کشور مهیا نبود؛ جایی که بیشتر مردم حساب بانکی ندارند، رقابت ناچیزی میان شیوه‌های موجود پرداخت وجود دارد. عوامل سیاسی نیز در این مورد نقش‌آفرین بودند: استفاده از نقل و انتقال پول به‌وسیله تلفن همراه در دوران خشونت‌های پس از انتخابات طی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ رواج یافت، یعنی زمانی که چنین پرداخت‌هایی جایگزین ایمن‌تری برای حضور در بانک‌هایی بودکه منازعات قومی در آن روی می‌داد.

برخی اوقات نیز گروهی از افراد که علایق یکسانی دارند، به جای افرادی که ساکن یک منطقه هستند، پیشروان استفاده از یک فن‌آوری تازه محسوب می‌شوند. واضح ترین مثال این پدیده، انجمن‌های تکنولوژی هستند: خوره‌های تکنولوژی نخستین پذیرنده‌های نوآوری‌های تازه، از

4. Wired

ایمیل گرفته تو اوبر[5] (شرکت ارائه دهنده تاکسی اینترنتی)، محسوب می‌شوند. اما آن‌ها همچنین می‌توانند در استفاده از دامنه گسترده‌تری از روندها پیشرو باشند. شیفتگان تکنولوژی پیشروان استفاده از وسایل مربوط به سنجش و ثبت میزان فعالیت بدن بودند. برای مثال، جنبش «کمی کردن خود» (جنبشی که در آن فعالیت‌های روزانه فرد به صورت مجموعه‌ای از داده‌های کمی در می‌آید) که شامل نظارت وسواس‌گونه سلامتی و فعالیت جسمانی است، ابتدا در میان شیفتگان تکنولوژی به راه افتاد و بعد از آن در میان طیف وسیع‌تری از جامعه رواج یافت.

کریس دیکسن[6]، سرمایه‌گذاری که در شرکت اندریسن هارورویتز[7] کار می‌کند، می‌گوید اغلب به وبسایت ردیت[8]، جایی که کاربران به صورت آنلاین بحث می‌کنند و به موضوعات مختلف امتیاز می‌دهند، مراجعه می‌کند تا دریابد که یک تکنولوژی یا سبک تازه در بازار با استقبال مواجه خواهد شد یا خیر. برای مثال اکنون بسیاری از شیفتگان تکنولوژی به فن‌آوری‌های غذایی تازه علاقه‌مند شده‌اند؛ از غذاهایی که همه مواد مغذی در آن‌ها قرار داده شده و نیازی به پخت و پز ندارند و تنها باید آن‌ها را با آب مخلوط کرد گرفته تا شیرینی‌هایی که کافئین دارند و جایگزینی خوراکی برای قهوه محسوب می‌شوند. هرچند برای قضاوت در مورد اینکه آیا این محصولات خوراکی تازه با استقبال گسترده‌ای مواجه خواهند شد یا خیر بسیار زود است.

در واقع همان‌طور که شباهت‌های تاریخی خالی از ایراد نیستند، نگریستن به موارد لبه‌ای هم می‌تواند با اشکال همراه باشد. برخی از تکنولوژی‌ها هرگز به مرحله رشد قابل ملاحظه نرسید و یا اینکه در مسیری متفاوت و غیرقابل انتظار رشد کردند. برای مثال در غرب تلفن‌های همراه هوشمند ابتدا مسیر نمونه‌های ژاپنی را در پیش گرفتند، اما سپس با ظهور آیفون و دیگر ابزارهای دارای صفحه نمایشگر لمسی، در مسیر کاملا متفاوتی

5. Uber
6. Chris Dixon
7. Andreessen Horowitz
8. Reddit

قـرار گرفتنـد. امـا بی‌تردیـد همـه فن‌آوری‌هایـی کـه روزی فراگیـر شـدند، ابتـدا دوره‌ای زیرزمینـی را طـی کردنـد کـه در آن توسـط عـده معـدودی بـه کار گرفتـه شـدند و نمی‌تـوان گفـت کـه فن‌آوری‌هـای تـازه بـه ناگهـان و از ناکجـا ظاهـر شـدند. تشـخیص روندهـا فرآینـد سـختی اسـت و یافتـن ایـن مـوارد لبـه‌ای و تشـخیص فن‌آوری‌هـا، رفتارهـا و سـبک‌های نوظهـور بیشـتر ریشـه در هنـر دارد تـا علـم. امـا ایـن فعالیـت متـداول تعـداد بی‌شـماری از مشـاوران، تحلیل‌گـران، آینده‌پژوهـان و روزنامـه نـگاران حـوزه فـن‌آوری، محسـوب می‌شـود کـه همـواره به دنبال ایده‌ها و روندهای تازه هستند تا در مورد آن‌ها بنویسند.

چشم انداز

سـومین جایـی کـه بـرای به‌دسـت آوردن تصویـری اجمالـی از آینـده می‌تـوان بـه آن نگریسـت، آینـده تصویـر شـده در داسـتان‌های علمـی تخیلـی اسـت کـه چـه بـه صـورت کتـاب یـا بـه صـورت سـریال تلویزیونـی یـا فیلـم سـینمایی عرضه شـده باشـند. داسـتان‌های علمـی تخیلـی ایده‌هـای جـذاب را می‌گیرنـد و آن‌هـا را بـه صورتـی عقلانـی بـه تصویـر می‌کشـند. اگـر بتوانیـم ربات‌هـا همـه‌کاره یـا آسانسـورهای فضایـی بسـازیم چـه می‌شـود؟ اگـر نانوتکنولـوژی یـا بیوتکنولـوژی از کنتـرل مـا خـارج شـوند یـا اصـلاح ژنتیکـی بـه انـدازه خالکوبـی رواج یابـد چـه خواهـد شـد؟ ایـن روایت‌هـای مربـوط بـه آینـده چشـم‌اندازهایی را در مـورد جهانـی ارائـه می‌دهنـد کـه هـوش مصنوعـی در آن فراگیـر شـده، داروهـای ضـد کهولـت سـن بـه افزایـش طـول عمـر بشـر انجامیـد، مریـخ یـا نقـاط دیگـر در منظومـه شمسـی بـه سـکونت بشـر درآمده‌انـد و یـا اینکـه نـژاد بشـر بـه موجوداتی فرابشـری تبدیـل شـده‌اند. نگریسـتن بـه داسـتان‌های علمـی تخیلـی می‌توانـد راهـکار مناسـبی بـرای ترسـیم آینـده بلندمـدت باشـد. ایـن در واقـع همـان شـیوه‌ای کـه ماسـک[9]، یکـی از برتریـن کارآفرینـان در زمینـه تکنولـوژی، آن را ترسـیم مسـیرها و انشـعاباتی می‌نامـد کـه ممکـن اسـت در آینـده محقـق شـوند. البتـه داسـتان‌های علمـی تخیلـی صرفـا جنبـه پیشـگویی ندارنـد و می‌تواننـد بـرای فعـالان حـوزه فـن‌آوری الهام‌بخـش نیـز باشـند. اگـر بـه هـر یـک از

9. Elon Musk

خوره‌های تکنولوژی به دقت بنگرید، با یکی از هواداران داستان‌های علمی تخیلی مواجه می‌شوید. برای مثال به نظر می‌رسد که طراحی تلفن‌های همراهی که درب آن‌ها باز می‌شد و در دهه ۱۹۹۰ رواج داشتند، به‌طور مستقیم از وسایل ارتباطی نشان داده شده در فیلم پیشتازان فضا[10] در دهه ۱۹۶۰ الهام گرفته شده‌اند. نمونه تازه‌تر ایده امکان برقراری مکالمه با رایانه‌ها است که باز هم در فیلم پیشتازان فضا به نمایش درآمده و الهام‌بخش موج تازه‌ای از دستگاه‌های رایانه‌ای مانند آمازون اکو[11] بوده که از صحبت به عنوان عامل ارتباطی اصلی بهره می‌برند و امکان پاسخگویی دائمی بدون نیاز به استفاده از دست را فراهم می‌آورند. چندین نسل از دانشمندان علوم رایانه‌ای با داستان‌های مربوط به ربات‌های آیزاک آسیموف[12] بزرگ شده‌اند؛ امروز بسیاری از کارآفرینان، از جمله آقای ماسک، به مجموعه داستان‌های «فرهنگ[13]» نوشته این بنکس[14] به عنوان منبع الهام اشاره می‌کنند. در این کتاب‌ها همانند پیشتازان فضا، تمدنی به تصویر کشیده شده که کمبود منابع را پشت سر گذاشته و در آن بشر و هوش مصنوعی در کنار یکدیگر زندگی و کار می‌کنند.

هرچند داستان‌های علمی تخیلی در بیشتر موارد ظاهرا به آینده می‌پردازند اما در حقیقت درباره زمان حال هستند و واکنشی به ایده‌ها و نگرانی‌های معاصر، مانند وابستگی بیش از حد به ماشین‌ها و نگرانی در مورد تخریب محیط زیست، محسوب می‌شوند. مطالعه دامنه گوناگونی از داستان‌های علمی تخیلی هرچند به انعطاف پذیری بیشتر شما برای تجسم سناریوهای مربوط به آینده، هم از منظر فن‌آوری و هم از منظر اجتماعی، می‌انجامد؛ اما همچنین می‌تواند به طور ناخواسته ذهن شما را محدود کند، آن هم از طریق شکل دادن به تصور شما از مسیری که پیشرفت‌های فن‌آوری در آن قرار دارند. برای مثال ربات‌ها در جهان واقعی با آنچه در داستان‌های علمی تخیلی تصویر می‌شوند، تفاوت بسیاری دارند

10. Star Trek
11. Amazon Echo
12. Isaac Asimov
13. Culture
14. Iain Banks

و تلاش برای گرته‌برداری از ربات‌های چنین داستان‌هایی می‌تواند علم رباتیک را در مسیر نادرستی قرار دهد. در نتیجه خواندن داستان‌های علمی تخیلی اواسط قرن بیستم نیز می‌تواند ارزشمند باشد. چرا که با مطالعه آن‌ها می‌توان دریافت که چه پیش‌بینی‌هایی اشتباه از کار درآمده‌اند و دلیل آن چه بوده است. سپس می‌توان به مفروضات اشتباهی که در داستان‌های علمی تخیلی امروز به چشم می‌خوردند پی برد.

بهره گرفتن از ابزارهای پیش‌بینی

اکنون سه ابزار داریم ـ نگریستن به گذشته، زمان حال و آینده ترسیم‌شده ـ که بر اساس آن‌ها می‌توانیم تصویری از آینده به‌دست آوریم. اکنون این ابزارها را در مورد چهار مثال به کار می‌گیریم. هر کدام از این مثال‌ها در زمان نگارش این متن، فن‌آوری‌ای در حال ظهور هستند که هنوز تثبیت نشده‌اند. روندهای فعلی، تاریخ و تصویر تخیلی از آینده تا چه حد می‌توانند مسیر پیش روی این تکنولوژی‌ها را روشن سازند؟ (برخی از این فن‌آوری‌ها در فصل‌های آینده به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت اما هدف از بررسی آن‌ها در اینجا نشان دادن شیوه کارکرد ابزارهای پیش‌بینی معرفی شده است).

واقعیت مجازی

واقعیت مجازی پس از شکست در دهه ۱۹۹۰ به این خاطر که هنوز کاملا آماده نبود، بار دیگر در سال ۲۰۱۶ بازگشته است. شرکت‌های بسیاری هدست‌های[15] پیشرفته‌ای را عرضه کرده‌اند که همراه با رایانه‌های خانگی یا کنسول‌های بازی قادر هستند این ابزار پوشیدنی را به واقعیتی همه‌جانبه و سه‌بعدی تبدیل کنند. در همین حال، نسخه ارزان‌تری از این فن‌آوری نیز ظهور کرده که از قرار دادن تلفن همراه در هدست حاصل می‌شود.

اکنون چه روی خواهد داد؟ روندهای فعلی نشان می‌دهند که سلیقه مصرف‌کنندگان کاملا به سوی تلفن‌های همراه هوشمند، و نه رایانه‌های

15. Headseat

خانگـی، تمایـل دارد و تلفن‌هـای همـراه در حـال تبدیـل شـدن بـه مهم‌تریـن ابـزار هسـتند. در نتیجـه بـه نظـر می‌رسـد کـه واقعیـت مجـازی مبتنـی بـر رایانه‌هـای خانگـی یـا کنسـول‌های بـازی در واقـع گامـی گـذرا هسـتند و آینـده واقعیـت مجـازی در مدیـوم تلفن‌هـای همـراه خواهـد بـود. (برخـی افـراد حاضـر خواهنـد بـود کـه بـرای واقعیـت مجـازی بـا کیفیـت بهتـر، پـول بیشـتری بپردازند، همان‌طـور کـه امـروز بـرای سیسـتم صوتـی بهتـر چنیـن کاری می‌کننـد، امـا بیشـتر افـراد چنیـن تمایلـی نخواهنـد داشـت.) امـروز هدسـت‌هایی کـه بـا تلفـن همـراه ترکیـب می‌شـوند بسـیار زمخـت هسـتند، ماننـد نسـخه‌های اولیـه تلفـن، امـا طـی چندیـن سـال ایـن هدسـت‌ها ابزارهـای بـه مراتـب کوچک‌تـری خواهنـد بـود کـه افـراد هماننـد عینـک آفتابـی و هدفـون دائمـا بـا خـود حمـل می‌کننـد. در نتیجـه شـما قـادر خواهیـد بـود کـه بـرای مثـال بـا اسـتفاده از هدسـت واقعیـت مجـازی فیلـم ببینیـد، بـازی کنیـد و یـا در جلسـه‌ای مجـازی شـرکت کنیـد در حالی‌که در واقع سوار قطار هستید.

همچنیـن اجماعـی گسـترده در میـان خوره‌هـای تکنولـوژی و نویسـندگان داسـتان‌های علمـی تخیلـی وجـود دارد مبنـی بـر اینکـه واقعیـت افـزوده، کـه واقعیـت مجـازی را بـا جهـان واقعـی ترکیـب می‌کنـد، احتمـالا گامـی بـزرگ، پـس از صفحـه نمایشـگر لمسـی، در شـیوه تعامـل میـان انسـان و رایانـه باشـد. جهانـی کـه در آن واقعیـت بـا تصویـری مجـازی تزئیـن شـده اسـت (معمـولا از طریـق یـک لنـز چشـمی هوشـمند یـا ابـزاری کـه در مغـز کاشـته شـده) بخـش متداولـی از داسـتان‌های علمـی تخیلـی اسـت. امـا بـا نـگاه بـه تاریـخ می‌تـوان تقریبـا بـا اطمینـان گفـت کـه واقعیـت مجـازی و واقعیـت افـزوده، وحشـتی اخلاقـی را در مـورد اثـرات ایـن فن‌آوری‌هـا بـر کـودکان ایجـاد خواهنـد کـرد، همان‌طـور کـه پیشـتر فیلـم و بازی‌هـای ویدئویـی چنیـن کاری کـرده بودنـد. حامیـان ایـن فـن‌آوری می‌تواننـد پیشـاپیش خـود را بـرای چنیـن انتقاداتـی مهیـا کننـد؛ آن هـم بـا بررسـی شـیوه‌های برطـرف کـردن ایـن نگرانی‌هـا و بـا تاکیـد بـر اینکـه عـلاوه بـر اثـرات مربـوط بـه سـرگرمی، ارتبـاط و همـکاری، چنیـن فن‌آوری‌هایی استفاده‌های آموزشی و درمانی نیز خواهند داشت.

وسایل نقلیه خودران

خودروهای که ـ حداقل برخی از مواقع ـ خودشان را هدایت می‌کنند در حال ورود به جاده‌ها هستند. در مورد وسایل نقلیه خودران دو رویکرد رقیب وجود دارند: یک رویکرد افزوده امکان خودرانی به عنوان کمکی برای راننده انسانی به وسایل نقلیه موجود است و رویکرد دیگر ساخت خودروهای کاملا تازه است که تنها می‌توانند به صورت خودکار فعالیت کنند (مانند وسایل نقلیه‌ای خودران که به صورت تاکسی در مراکز شهر فعالیت کنند و با کمک اپلیکیشن‌ها می‌توان آن‌ها را سفارش داد). کامیون‌های خودران نیز در حال توسعه هستند.

مشابهت‌های تاریخی بسیاری میان ظهور خودروهای موتوری بیش از یک قرن پیش و وسایل نقلیه خودران وجود دارد: نگرانی‌ها در مورد ایمنی، بی‌اطمینانی در مورد ملزومات حقوقی و قانونی، مسئولیت‌پذیری مربوط به تصادفات و نگرانی‌ها در مورد تاثیر مخرب فن‌آوری جدید بر اشتغال. خودروی موتوری زیرساخت‌های موجود مربوط به حمل و نقل و مشاغل مربوط به آن که بر اساس اسب و کالسکه شکل گرفته بودند را کنار زد؛ اما مشاغل تازه‌ای را برای مکانیک‌ها، راننده‌ها و کارگران بخش‌های خدماتی بین‌راهی مانند رستوران‌ها و مسافرخانه‌ها ایجاد و از طریق تسهیل حمل و نقل به بهبود تجارت کمک کرد. روی آوردن به خودروهای بدون راننده، همان‌طور که راننده‌های تاکسی‌ها و کامیون‌ها نگرانند، می‌تواند تاثیر مشابهی در انتقال مشاغل به بخش‌های دیگر داشته باشد، اما در بلندمدت مزایایی نیز به همراه خواهد داشت.

مدل‌ها نشان می‌دهند که تاکسی‌های خودران که به طور مشترک استفاده می‌شوند می‌توانند تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز در یک شهر معمولی را تا ۹۰ درصد کاهش دهند. بیشتر مردم دیگر نیازی به مالکیت خودرو نخواهند داشت و فضایی که به پارکینگ اختصاص داده می‌شود (در برخی از شهرهای آمریکا میزان آن به ۲۰ درصد مساحت شهر می‌رسد) می‌توانند به بخش مسکن یا پارک‌ها اختصاص یابد؛ همچنین خودروهای خودران می‌توانند برقی باشند که در نتیجه انتشار گازهای مخرب برای

محیط‌زیست نیز کاهش می‌یابد. همچنین تحویل بسته‌ها و بارها به‌وسیله وسایل نقلیه خودکار می‌توانند هزینه‌های حمل و نقل را کاهش داده و تقاضا برای محصولاتی (مانند مواد خوراکی) که توسط تولیدکنندگان محلی تولید شده‌اند را به شدت افزایش دهد. در کشورهای درحال توسعه، میلیاردها نفر ممکن است قید مالکیت خودرو را بزنند. تصادفات و مرگ میر ناشی از آن‌ها ممکن است به شدت کاهش یابد. هم بر اساس تاریخ و هم بر اساس روندهای فعلی می‌توان گفت همان‌طور که ظهور خودرو به بازتعریف شهرها در قرن بیستم منجر شد، خودروهای خودران و بدون راننده نیز تاثیر مشابهی بر قرن بیست‌ویکم داشته باشند.

داستان‌های علمی تخیلی عمدتا در پیش‌بینی این روند به خطا رفته‌اند. به خاطر جذابیت‌های داستانی هم که شده، وسایل نقلیه زمانی هیجان‌انگیزتر هستند که توسط انسان رانده شوند، اما به نظر می‌رسد که در آینده چنین پدیده‌ای بیشتر یک استثنا باشد تا قاعده.

فضانوردی خصوصی

طی سال‌های اخیر بیشترین پیشرفت‌ها در تکنولوژی فضایی نه توسط ادارات دولتی بلکه توسط شرکت‌های خصوصی، به خصوص اسپیس‌اکس[16]، شرکتی که توسط «الان ماسک» بنیان نهاده شده، صورت گرفته است. پیشقراول این پیشرفت‌ها، فن‌آوری استفاده چندباره از سفینه‌ها مانند موشک فالکون ۹[17] بوده که توانست با موفقیت در باندهای زمینی یا باندهای متحرک دریایی فرود بیاید. چنین پیشرفتی به این خاطر اهمیت دارد که هزینه ساخت سفینه فضایی حدود ۷۰ درصد هزینه سفر فضایی را شامل می‌شود و سفینه‌ها معمولا در دریا رها می‌شوند. در نتیجه بازیابی و استفاده مجدد از این موشک‌ها می‌تواند به میزان قابل توجهی از هزینه پرتاب موشک و در نتیجه دسترسی به فضا بکاهد. (بلو اوریجین[18]، شرکتی

16. SpaceX
17. Falcon 9
18. Blue Origin

رقیب که توسط جف بزوس[19]، رییس آمازون[20]، ایجاد شده هم به دنبال پرتاب و استفاده مجدد از موشک‌های زیرمداری است). موشک‌های شرکت اسپیس‌اکس اکنون برای فرستادن ماهواره به مدار و ارسال محموله به ایستگاه فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند اما آقای ماسک هرگز هدف بلندمدتش را پنهان نکرده است: اینکه در سیاره مریخ که مستعمره ایجاد کند تا بشر راه فراری در مقابل فاجعه‌ای داشته باشد که بتواند بشر را از روی زمین محو کند.

مجموعه قابل توجهی از داستان‌های علمی‌تخیلی را می‌توان در مورد سکونت در دیگر بخش‌های منظومه شمسی یافت که در آن‌ها پیچیدگی‌های کوچ بشر به مریخ و تنش‌های سیاسی داخل این مستعمره و میان مستعمره و زمین به طور دقیق شرح داده شده‌اند. بحث در مورد اینکه چه نظام سیاسی و حقوقی‌ای باید در مریخ یا دیگر مستعمرات فضایی اعمال شود، همین حالا نیز آغاز شده است. اما تاریخ هم می‌تواند در این مورد کمک حال باشد.

شباهت آشکاری میان مهاجرت به دیگر سیارات و تاسیس مستعمرات آمریکایی توسط مهاجران بریتانیایی و نبرد آن‌ها برای استقلال وجود دارد. موارد مشابه دیگر نیز ارزش بررسی دارند: برای مثال طی دوران اکتشاف قطب شمال و قطب جنوب، هیات‌های اعزامی خصوصی در مقایسه با هیات‌هایی که توسط دولت‌ها حمایت مالی می‌شدند موفق‌تر بودند و نرخ بقا در میان آن‌ها بالاتر بوده است. تاریخ دوران هجوم برای اکتشاف طلا در آمریکا نیز می‌تواند در مورد کشف و استخراج معادن در فضا مفید باشد. اما شاید قابل توجه‌ترین شباهت به توسعه صنعت هوانوردی مربوط شود.

اوایل قرن بیستم پرواز اجسام سنگین‌تر از هوا در میان موارد غیرممکن جای می‌گرفت و حتی در صورت امکان نیز بیش از حد خطرناک به نظر می‌رسید. سپس، در اواسط دهه ۱۹۳۰، این نوع پروازها که در ابتدا تنها

19. Jeff Bezos
20. Amazon

بـرای ثروتمنـدان امکان‌پذیـر بـود کـم کـم بـه شـکل یـک صنعـت درآمـد. در انتهـای قـرن، سـفرهای هوایـی دیگـر گـران نبـود و عـادی جلـوه می‌کـرد. بـا در نظـر گرفتـن میـزان پیشـرفت سـفرهای فضایـی، غیرمنطقـی نیسـت اگـر تصـور کنیـم کـه صنعـت فضانـوردی طـی قـرن بیسـت‌ویکم مسـیر مشـابهی را بپیمایـد و از امـری دیوانـه‌وار بـه امـری متـداول تبدیـل شـود. نسـل‌های آینـده ممکـن اسـت بـه دو دهـه نخسـت قـرن حاضـر بـه عنـوان دورانـی بنگرنـد کـه سـفرهای فضایـی واقعـا در مسـیر صحیـح قـرار گرفتنـد آن هـم پـس از شـروعی اشـتباه بـا عنـوان رقابت فضایی دوران جنگ سرد.

اصلاحات ژنتیکی انسانی

گروهـی از شـیوه‌های اصـلاح ژنتیکـی کـه از آن‌هـا بـه عنـوان کریسـپر[۲۱] نـام بـرده می‌شـود هیجـان بسـیاری را در مـورد دانشـمندان و حتـی فراتـر به‌وجـود آورده‌انـد. در اصـل کریسـپر در علـم ژنتیک بسـیار شـبیه دسـتور «بیـاب و جایگزین کـن[۲۲]» در نـرم افـزار ورد[۲۳] اسـت چـرا کـه ایـن امـکان را فراهـم می‌آوردکـه توالـی ژنتیکـی مشـخصی شناسـایی و اصـلاح شـود آن هـم بـا دقتـی بـه مراتـب بیشـتر از شـیوه‌های پیشـین. ایـن شـیوه از تـوان بالقـوه درمانـی قابـل توجهـی برخـوردار اسـت. بـرای مثـال می‌تـوان ژن‌هـای عامـل بیماری‌هـای موروثـی در جنیـن را شناسـایی و اصـلاح کـرد و در نتیجـه فـرد متولـد شـده از آن جنیـن دیگـر بیمـاری را بـه نسـل‌های بعـد از خـود منتقـل نمی‌کنـد. امـا درمـان ژنتیکـی بـه راحتـی می‌توانـد بـه اصـلاح ژنتیکـی تبدیـل شـود (بـرای بینایـی بهتـر، هـوش بیشـتر و ماننـد این‌هـا) و بـه کودکانـی طراحـی شـده بیانجامـد. بحـث در مـورد مقـررات مورد نیاز برای این فن‌آوری در راه است.

نویسـندگان داسـتان علمـی تخیلـی تـا همیـن حـالا نیـز احتمـالات بلندمـدت را در نظـر گرفته‌انـد. اگـر شـیوه‌های درمانـی دوبـاره جوان‌سـازی بـه افـراد اجـازه دهنـد کـه بـرای صدهـا سـال عمـر کننـد، آیـا تنهـا ثروتمنـدان قـادر خواهنـد بـود کـه هزینه‌هـای آن را بپردازنـد؟ آیـا بایـد بـه افـراد اجـازه داد تـا بـا تغییراتـی در

21. CRISPR
22. find and replace
23. word

بدنشان بتوانند بال، آب‌شش یا باله داشته باشند؟ به جای ایجاد تغییرات در دیگر سیارات برای قابل زیست‌کردن آن‌ها برای انسان، بهتر نیست که تغییراتی در بشر ایجاد شود تا بتواند در شرایط محیطی متفاوت نیز زندگی کند؟ ایده اینکه نوع بشر در آینده ممکن است به چندین گونه فرا انسانی تبدیل شود، یکی از مفاهیم متداول در داستان‌های علمی تخیلی است. برخی افراد شاید ترجیح دهند که ذهنشان را در یک پیکر رباتیک قرار دهند و برخی دیگر ممکن است بخواهند خودشان را به صورت اشکالی غیرانسانی در بیاورند.

در کوتاه مدت، مباحث احتمالی در مورد دسترسی به درمان‌های ژنتیکی احتمالا پژواک مباحث تاریخی در مورد گسترش دسترسی به واکسن‌ها و شیوه‌های درمانی بیماری ایدز است. بحث‌های در مورد اصلاح ژنتیکی خودخواسته و اینکه افراد تا چه حد در این مورد بدنشان خودمختاری خواهند داشت، می‌تواند نسخه بسط یافته‌ای از مباحث فعلی در مورد حق اتانازی (مرگ خودخواسته با کمک پزشک) باشد. طی یک قرن اخیر حقوق بشر در بسیاری از جنبه گسترش یافته است و این احتمالا بخشی از میدان نبرد مربوط به حقوق بشر در قرن آینده خواهد بود.

آینده‌ای سریع تر؟

این‌ها تنها چهار زمینه هستند که بر اساس روندهای فعلی، موارد تاریخی و داستان‌های علمی تخیلی می‌توان گفت که از توان بالقوه قابل توجهی برای پیشرفت و تحول طی دهه‌های پیش رو برخوردارند. اما اگر همه آن‌ها را با یکدیگر در نظر بگیریم، می‌توان شباهت‌هایی را میان وضعیت فعلی و انقلاب علمی اواسط قرن هفدهم یافت. انقلاب علمی قرن هفدهم زمانی بود که ابزار و فن‌آوری‌های جدید، به خصوص میکروسکوپ و تلسکوپ، در کنار شیوه‌های علمی و دانش ریاضی قرار گرفته‌اند. فیلسوفان طبیعی (اصطلاح «دانشمند» در قرن نوزدهم رواج یافت) به غفلت پیشین از مجموعه‌ای از رشته‌ها، از فیزیک گرفته تا زیست شناسی، پی بردند و نتیجه آن دوره‌ای پربار از کشف، نوآوری و اختراع بود.

از بسیاری جهات، وضعیت فعلی علم و فن‌آوری شرایط یکسانی دارد: برای مثال واضح است که درک فعلی از اصول ژنتیک یا هوش مصنوعی بسیار ابتدایی است و چندین دهه تلاش نیاز است تا بتوان آن‌ها را بهتر شناخت. درست همان‌طور که پیشرفت علم ریاضی در قرن هفدهم در دامنه وسیعی از دیگر رشته‌ها به کمک دانشمندان آمد، شیوه‌های پردازش اطلاعات، مانند ابزار «کلان داده [۲۴]» و یادگیری ماشین[۲۵] هم می‌توانند امروز تاثیر مشابهی داشته باشند.

همچنین می‌توان انتظار داشت که ایجاد ارتباط میان رشته‌های پیش‌تر منقطع از یکدیگر به هم افزایی بینجامد. برای مثال علم ژنتیک باعث ورود زیست شناسی و داروسازی به علوم اطلاعات شده و همچنین ارتباط دو سویه‌ای میان مرزهای رشته‌های علوم عصبی و ساختار ذهن از یک سو و علوم رایانه‌ای و ایجاد شبکه‌های عصبی مصنوعی شکل گرفته است.

محدوده این پیشرفت سریع از برخی جهات غیرقابل پیش‌بینی است، اما در دیگر جهات آشنا به نظر می‌رسد. ما مرزهای تازه و ابزارهای تازه برای اکتشاف داریم. دو نویسنده داستان‌های علمی تخیلی، کیم استنلی رابینسون[۲۶] و چالز استراس[۲۷]، در تصورشان از آینده در قرن بیست و یکم به این انقلاب علمی نوظهور لقب آکسلاندرو[۲۸]داده‌اند.

بی تردید پیش‌بینی اینکه آینده دقیقا چگونه خواهد بود غیرممکن است اما اگر شما به جاهای درست بنگرید، می‌توانید حدس و گمان‌هایی مبنی برشناخت و دقیق‌تر در مورد آنچه در پیش است را ارائه کنید.

24. Big Data
25. Machine Learning
26. Kim Stanley Robinson
27. Charles Stross
28. Accelerando

اچلراندرو در زبان ایتالیایی به معنی سرعت گرفتن است که ریشه مشابهی با واژه اکسلریت در زبان انگلیسی دارد.

فصل دوم

بنیان‌های علم فیزیک برای فن‌آوری آینده

فرانک ویلچک

پیشرفت‌ها در فیزیک بنیادین شرایط تازه‌ای در ارتباط میان فیزیک و فن‌آوری فراهم آورده‌اند. بنیان‌های مستحکم علم فیزیک به ما اجازه می‌دهند که فرصت‌ها و محدودیت‌ها را به روشنی دریابیم. البته در کنار این چشم انداز شگفت انگیز، خطراتی نیز بر سر راه قرار دارند.

فیزیک بنیادین هم به پیشرفت فن‌آوری یاری می‌رساند و هم آن را محدود می‌سازد. البته چنین ادعایی بدیهی به نظر می‌رسد. چرا که فن‌آوری از دستگاه‌ها و ساختارهایی تشکیل شده که بر اساس قوانین فیزیک کار می‌کنند. با این حال در بخش قابل توجهی از تاریخ علم، تقریبا در همه زمینه‌های فن آوری، رابطه میان نظریه بنیادین و کاربردهای عملی چندان سفت و سخت نبوده است. برای مثال برخی از نقاط عطف مهندسی در دوران روم باستان مانند راه سازی، کانال‌های آب و کولوسئم[1] را در نظر بگیرید. آن طور که ویترویوس[2] در کتاب معماری[3] شرح می‌دهد، فن‌آوری به کار رفته در این شاهکارها بر پایه انباشت تجربه و همچنین آزمون و خطا بوده است. برای مثال دستورکار دقیق انتخاب مواد و آماده سازی مصالح برای ساخت و ساز که از برخی جهات کامپوزیت‌های امروزی نیز از آن ناشی می‌شوند هیچ ارتباطی با آنچه به عنوان علم مواد شناخته می‌شود ندارند. همچنین سازه طاق که یکی از ویژگی‌های اصلی معماری رومی است، ارتباطی به راه‌حل ریاضی مشکل فشار وزن ندارند. (حتی از نظر ریاضی راه حل بهینه نیز محسوب نمی‌شود.)

امروز، فیزیک بنیادین و فن‌آوری به مراتب در هم آمیخته‌ترند. برای مثال امروز مایکروالکترونیک و علوم مخابراتی مدرن به پردازش و انتقال بسیار سریع اطلاعات، تا حدی که چند دهه پیش کاملا خارق‌العاده به نظر می‌رسید، یاری می‌رسانند. چنین فن‌آوری‌های تاثیرگذاری بدون فهمی عمیق و قابل اطمینان از نظریه کوانتومی از ماده و نور (شامل رادیو، مایکروویو و دیگر بخش‌های الکترومغناطیس) به هیچ وجه امکان‌پذیر نبودند. هیچ میزانی از سرهم بندی، آزمون و خطا و « نوآوری» نمی‌توانست شما را به چنین نقطه‌ای برساند.

هدف اصلی‌ام در این مقاله کوتاه بررسی اجمالی وضعیت فعلی فیزیک بنیادین و ارتباط آن با فن آوری‌هایی است که شاید طی پنجاه سال آینده ظهور کنند. همچنین در این مقاله مسیرها و فرصت‌های مربوط به آینده

1. Colosseum
2. Vitruvius
3. De Architectura

نیز معرفی خواهند شد.

از سرّی به سروری[۴]

اجازه بدهید با ایده اصلی که در این مقاله آن را شرح داده و از آن دفاع خواهم کرد آغاز کنم:

امروزه برای تشکیل پایه‌های فیزیک هسته‌ای، علم مواد، شیمی و همه اشکال مختلف مهندسی، معادلات دقیق و کاملی در اختیار داریم. در نتیجه در عمل می‌توانیم از طریق حل معادلات مناسب، اعداد را جایگزین آزمون و خطا کنیم. چنین پدیده‌ای طی قرن بیستم و در اصل در نتیجه پیشرفت‌های قابل توجه در کاربردهای مکانیک کوانتومی ظهور کرد و شرایط کاملا تازه‌ای را در تاریخ بشر فراهم آورد. برای به‌دست آوردن درک بهتری از این ادعا مرور اجمالی تاریخ می‌تواند مفید باشد.

در آغاز قرن بیستم فیزیک بنیادین هیچ نقشی در بسیاری از اجزای پایه‌ای و مهم جهان طبیعی نداشت. شیمیدان‌ها عملا با فهرست عناصر جدول تناوبی سروکار داشتند. آن‌هاهمچنین جزئیات بسیاری از هندسه مولکولی را ترسیم کرده بودند که حلقه بنزن و دیگر ارگان‌ها را شامل می‌شود و با موفقیت از آن برای طراحی مولکول‌های تازه و واکنش‌های شیمیایی بهره می‌گرفتند. اما قوانین شناخته شده فیزیک، توضیحی برای وجود اتم‌های پایدار ارائه نمی‌کردند و توضیحات فیزیکی برای خواص اتم‌ها و شکل‌گیری پیوندهای شیمیایی به مراتب ناچیزتر بود. به طور مشابه ، خواص بنیادین مواد مانند رسانای الکتریکی بودن، استحکام و رنگ نیز ارتباطی با قوانین بنیادین فیزیک نداشتند. منبع انرژی خورشیدی کاملا ناشناخته بود و نرخ کاهش دمای خورشید که توسط لوردکلوین[۵] محاسبه شده بود، با زیست شناسی تکاملی چارلز داروین[۶] همخوانی نداشت. اینکه آیا پایه‌های حیات (متابولیسم و بازتولید) و اندیشه (فهم) می‌توانستند تنها به عنوان پیامدهایی از رفتارهای طبیعی فیزیکی بروز کنند یا ظهور

4. From mystery to mastery
5. Lord Kelvin
6. Charles Darwin

آنها نیازمند یک عامل حیاتی بوده، پرسشی بی‌پاسخ محسوب می‌شد.

طی تنها چند دهه همه این پرسش‌ها به شیوه متقاعد کننده‌ای حل شدند. آنها نه به طور مستقیم اما یکی از کاربردهای یک استراتژی بودند که اسحاق نیوتون آنها را «آنالیز و سنتز» نامید. شیوه‌ای که امروزه غالبا برچسب کمی تحقیرآمیز «تقلیل گرایی» یا «فروکاست گرایی» می‌خورد. مطابق این شیوه، ما از طریق به‌دست آوردن درکل دقیق از ویژگی‌ها و تعاملات میان اجزای اساسی (آنالیز) و سپس بسط ریاضی این درک به بخش‌های پیچیده‌تر (سنتز) پیشرفت می‌کنیم.

بر این اساس و با نگاه به گذشته، می‌توان دو رویداد در آستانه قرن بیستم را بسیار تاثیرگذار دانست. نخستین رویداد کشف الکترون توسط ج.ج. تامسون[7] در سال ۱۸۹۷ بود که اجزاء مواد را تا حد زیادی شرح داد. الکترون‌ها ویژگی‌های مشخصی دارند که برای همه آنها در هر زمان و مکانی صدق می‌کند. بر این اساس آنها نمونه اولیه‌ای از «ذرات بنیادین» به حساب می‌آمدند. از آنجا که مشخص شد الکترون‌ها ازمعادلات ساده‌ای پیروی می‌کنند، امروز هم به عنوان ذرات بنیادین محسوب می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان گفت الکترون‌ها بازیگران اصلی در شیمی و همچنین الکترونیک هستند.

رویداد دیگر معرفی یک واحد غیرقابل تقلیل یا کمترین مقدار ممکن در یک اندرکنش یا کوانتوم توسط ماکس پلانک[8] در سال ۱۹۰۰ بود. ثابت پلانک با حرف H شناخته می‌شود. پلانک این رقم ثابت که با نام او شهرت یافت را برای بحث ناشناخته ترمودینامیک تابش به کار گرفته و استفاده او از این ثابت نیز به همان بحث محدود ماند. این آلبرت اینشتین[9] بود که در سال ۱۹۰۵ ثابت پلانک را به گونه‌ای تفسیر کرد که برای ذرات حامل نور به کار رود. چیزی که امروز فوتون نامیده می‌شود. فوتون دومین ذره بنیادین است. یک کاربرد فلسفی مهم ایده‌های پلانک اینشتین این است که تمایز میان نور و دیگر انواع مواد را کمرنگ می‌کند. این کاربرد

7. J.J. Thomson
8. Max Planck
9. Albert Einstein

در گذر زمان اعتبارش را از دست نداده است. از اینجا به بعد در این مقاله هرگاه از عبارت «ماده» استفاده می‌کنیم، منظور تعریفی فراگیر است که نور را نیز در بر می‌گیرد.

گام بزرگ دیگر دستیابی به مدلی بر پایه علم فیزیک برای اتم‌ها بود. چنین دستاوردی در سال‌های ۱۹۱۱ تا ۱۹۱۳ تحقق یافت و هم اجزایی نظری و هم اجزایی تجربی داشت. در سال ۱۹۱۱، هانس گایگر[10] و ارنست‌مارزدن[11]، با پیشنهاد ارنست رادرفورد[12]، انحراف ذرات آلفایی توسط ورقه طلا را مورد بررسی قرار دادند. توانایی غیرمنتظره طلا برای ایجاد انحراف‌های قابل توجه در ذرات آلفا، آن‌طور که توسط رادرفورد مورد تحلیل قرار گرفته بود، نشان داد که همه بار الکتریکی مثبت و تقریبا همه جرم اتم طلا در مرکزی کوچک متراکم شده‌اند که حدود یک میلیونم یک میلیاردم حجم اتم را تشکیل می‌دهد. ممکن است فردی تصور کند که این نیروهای الکتریکی هستند که الکترون‌ها را در هسته نگه می‌دارند و اتم را شکل می‌دهند. اما این تصور احتمالی با قوانین شناخته شده فیزیک همخوانی نداشت. هیچ عامل شناخته شده‌ای وجود نداشت که بتواند جلوی نوسان الکترون‌ها را در هسته بگیرد. اینجا بود که نیلز بور[13] در سال ۱۹۱۳ در تعارض با اصول فیزیک نیوتونی پیشنهاد داد که تنها طبقه محدودی از مدارها امکان‌پذیر است. معیار بور که در آن مدارها حضور دارند پای ثابت پلانک، که تا آن زمان استانداردی برای فوتون‌ها بود را به الکترون‌ها باز کرد.

مدل بور به شدت ساده است و در عمل در مورد عنصر هیدروژن بسیار موفق عمل کرد تا حدی که اینشتین آن را «برترین شکل آهنگین در قلمرو فکر» نامید. با این حال مدل بور به صورت معادلاتی درنیامده بود که بتواند در دیگر مسائل نیز به کار گرفته شود و از آنجا که مفروضات آن با اصول مکانیک ماکروسکوپی (نیوتونی) در تعارض بود، کاملا مشخص نبود که

10. Hans Geiger
11. Ernest Marsden
12. Rutherford
13. Niels Bohr

چگونـه می‌تـوان ایده‌هـای بـور را بـه صـورت معادلاتـی نوشـت کـه از نظـر ریاضی نامتناقض و از نظر کاربردی فراگیر باشند.

طـی یـک دهـه تـلاش، چندیـن فیزیـک‌دان گام‌هـای مهمـی را بـرای حـل این مشـکل برداشـتند. مـن در ایـن مقالـه آنهـا را بـه شـکل بـه شـدت سـاده شـده‌ای بیـان می‌کنـم. در سـال ۱۹۲۵ ورنرهایزنبـرگ[۱۴] بـه معادلاتـی نامتناقـض بـرای الکترون‌هـا رسـید کـه در آنهـا الکترون‌هـا بـه صـورت ذرات توصیـف شـده بودنـد، در حالـی کـه در سـال ۱۹۲۶ اروین شـرودینگر[۱۵] بـه مدل‌هـای نامتناقضـی بـرای الکترون‌هـا دسـت یافـت کـه در آنهـا الکترون‌هـا بـه صـورت مـوج در نظـر گرفتـه شـده بودنـد. در ابتـدا رابطـه میـان معـادلات هایزنبـرگ و شـرودینگر آشـکار نبـود، امـا پـل دیـراک[۱۶] در سـال ۱۹۲۶ نشـان داد کـه آنهـا در پیامدهایشـان از نظـر ریاضـی یکسـان هسـتند. ریاضیـات دیـراک می‌توانسـت هـم الکترون‌هـا و هـم فوتون‌هـا را در خـود جـای دهـد. نظریـه او در مـورد تعامـل میـان الکترون‌هـاو نـور، التکرودینامیـک کوانتومـی، بـا موفقیـت دامنـه وسـیعی از پدیده‌هـا را پوشـش می‌داد. خود او در سال ۱۹۲۹ ادعا کرده بود که:

قوانیـن اساسـی فیزیـک لازم بـرای نظریـه ریاضـی، بخـش زیـادی از فیزیـک و همـه علـم شـیمی کامـلا شـناخته شـده هسـتند و مشـکل تنهـا ایـن اسـت کـه کاربـرد دقیـق ایـن قوانیـن بـه معادلاتـی می‌انجامـد کـه پیچیده‌تـر از آن هسـتند که بتوان آنها را حل کرد.

این شرح البته مشابه ادعای اصلی این مقاله است.

در دهـه ۱۹۴۰، آزمایش‌هـا در مـورد فیزیـک هسـته‌ای بـه میزانـی از دقـت رسـید کـه بـرای آزمـون نظریـه التکرودینامیـک کوانتومـی به شـیوه‌ای صحیـح، راه حل‌هـای دقیق‌تـری بـرای حـل معـادلات پایـه آن مـورد نیـاز بـود. ایـن راهکارهـا و شـیوه‌های جدیـد کـه توسـط جولیـان شـوینگر[۱۷]، ریچـارد فاینمـن[۱۸]، سـین ایتیروتوموناجـا[۱۹]و فریمنـد ایسـون[۲۰] ارائـه شـدند نشـان دادنـد کـه التکرودینامیـک

14. Werner Heisenberg
15. Erwin Schrödinger
16. Paul Dirac
17. Julian Schwinger
18. Richard Feynman
19. Sin-ItiroTomonaga
20. Dyson

کوانتومی رفتار الکترون‌ها در دامنه وسیعی از شرایط (شامل همه شرایط مربوط به شیمی و مهندسی) را شرح می‌دهد آن هم با دقتی بهتر از چند ذره در هر یک میلیارد.

پس از این موفقیت‌ها، اجزای بیرونی‌تر اتم نیز به خوبی شناخته شدند، اما هسته آنها همچنان رازآلود باقی ماند. نظریه عمیق نیروهای فروهسته‌ای که به نیروهای ضعیف و قوی مشهورند در دهه ۱۹۷۰ ظهور کرد و در دهه ۱۹۹۰ با دقت مورد آزمایش قرار گرفت، به تکامل «نظریه موثر» مواد که ما امروز به کار می‌بریم انجامید. اما حالا اجازه بدهید که از این روایت بگذریم و به شرح برسیم.

نظام جهان

افرادی که فیزیک‌دان نیستند معمولا از شنیدن سخنان فیزیک‌دانان در مورد «سادگی» نظریه‌های بنیادین فیزیک گیج می‌شوند. در عمل تنها بخش کوچکی از انسان‌ها قادر به درک این نظریه‌ها هستند و دستیابی به توانایی درک این نظریه‌ها توسط یک فرد نیز نیازمند سال‌ها تحصیل و تفکر عمیق است. با این حال احساسی دقیق و عمیق در این مورد وجود دارد که نظریه‌های بنیادین فیزیک ساده‌اند و البته مهم است که قدر این ویژگی دانسته شود. این سادگی بخش ضروری ادعای اصلی ما در این مقاله یعنی فراگیر بودن استفاده از فیزیک است.

معادلات بنیادین فیزیک می‌توانند در یک برنامه رایانه‌ای کوتاه نوشته شوند. یک رایانه با پیروی از دستورالعمل برنامه، بدون هیچ ورودی دیگر از جهان خارج، قادر خواهد بود (با صرف زمان کافی) تا پیامدهای این معادلات را به روشنی محاسبه کند.

در واقع تا آنجا که من می‌دانم، هیچ کس تاکنون چنین برنامه‌ای را ننوشته است. (می‌تواند تمرین جالبی باشد.) برآورد می‌کنم که در یک زبان برنامه نویسی بسیار پیشرفته، مانند متمتیکا[21]، نوشتن این معادلات بیشتر از چند صد خط نیاز ندارد. (لطفا توجه داشته باشید که کدنویسی

21. Mathematica

کارا و موثر که یافتن سریع راه حل‌های معادلات را ممکن می‌سازد کاربرد جالبی است که احتمالا پرسش دیگری است که بی شمار پاسخ برای آن وجود دارد.)

اصول اساسی

معادلات بنیادین فیزیک، تا آنجا که امروز شناخته شده‌اند، به چهار نظریه مرکزی مدون تقسیم می‌شوند و بر چهار نیروی بنیادین حکم می‌رانند: گرانش، الکترومغناطیس، و نیروهای قوی و ضعیف. ترکیب آنها معمولا مدل استاندارد نامیده می‌شود. این نظریه‌ها در سه اصل بنیادین تجسم می‌یابند و از آنها ناشی می‌شوند: نسبیت، ناوردایی پیمانه‌ای (که همچنین به تقارن پیمانه‌ای نیز شناخته می‌شود) و مکانیک کوانتومی.

در میان این سه اصل، دو اصل نسبیت و تقارن پیمانه‌ای بر تقارن تکیه دارند. واژه «تقارن[۲۲]» در این زمینه، برای مفهوم «استحاله بدون تغییر»، یا به بیانی ظریف تر، «تغییر بدون تغییر» به کار می‌رود. یک دایره، مفهوم اصلی این ایده را نشان می‌دهد. ما می‌توانیم آنها را به‌وسیله دوران یک دایره حول مرکز تغییر دهیم. در این وضعیت هر نقطه از دایره تغییر می‌کند، پس این تغییری واقعی است، اما دایره به مفهوم کلی تغییر نمی‌کند. به طور مشابه، فرضیه اصلی نسبیت خاص نیز این است که یک فرد می‌تواند به‌وسیله حرکتی یکنواخت ویژگی‌های همه اجزاء جهان فیزیکی را تغییر دهد؛ بدون تغییر قوانینی که آن اجزاء از آنها پیروی می‌کنند. تقارن پیمانه‌ای استحاله‌های دیگر است که پای ویژگی‌های کمتر شناخته شده‌ای از حرکت یکنواخت را به میان می‌کشد، اما ایده یکسانی را مطرح می‌کند. ما قوانین را با این شرط که در دامنه متنوعی از شرایط یکسان عمل کنند محدود می‌کنیم.

سومین اصل، مکانیک کوانتوم، چارچوبی بسیار وسیع‌تر از یک فرضیه به‌خصوص را در بر می‌گیرد و از این منظر به مکانیک کلاسیک (نیوتونی) شباهت دارد که به شما می‌گوید حرکت ناشی از یک سری نیروها چگونه

22. Symmetry

خواهد بود، اما در مورد اینکه آن نیروها چه هستند ساکت می‌ماند. به طور خلاصه، باید گفت که ابهامات نظریه کوانتومی به مراتب شدیدتر است. (برای متخصصان باید گفت که اینجا من انتخاب‌های جایگزین متغیرهای پویا و به اصلاح ابهامات توالی اشاره کرده ام.) در نتیجه به کار گرفتن مکانیک کوانتومی برای مسائل فیزیکی مشخص، پیش از ظهور نظریه‌های مرکزی ما، همواره شامل کمی گمانه پردازی هم می‌شد. اما نظریه‌های بنیادین انتخاب‌هایی منحصربه فرد را اعمال می‌کنند، به برخی دلایل در پاراگرف بعدی به این مسئله اشاره خواهم کرد. هرچند همه از این ادعا خوششان نمی‌آید، اما به نظرم منصفانه باشد که بگوئیم تنها در بستر نظریه‌های بنیادین است که ما دقیقا می‌فهمیم که مکانیک کوانتومی چیست.

مشخص شد که تدوین معادلاتی که هم با نظریه نسبیت و هم با نظریه مکانیک کوانتومی همخوانی داشته باشد کار بسیار مشکلی است. نظریه‌هایی که چنین ویژگی‌هایی دارند، نظریه‌های میدان کوانتومی نسبیتی، شامل بسیاری از کمیت‌هایی می‌شوند که یا به خوبی تعریف نشده‌اند و یا بی‌نهایت در نظر گرفته شده‌اند. تنها یک ترکیب به دقت طراحی شده از معادلات، که برای آن بی نهایت‌ها کنار رفته‌اند، می‌توانند برای مدل سازی جهان فیزیکی به کار گرفته شود. برای به‌دست آوردن چنین معادلاتی، باید چارچوبی بسیار ویژه‌ای از مکانیک کوانتومی به کار گرفته شود. در این صورت همه ابهامات برطرف می‌شوند. حقیقت این است که نظریه‌هایی که اصول بنیادین ما را محقق سازند به سختی با هر دو نظریه نسبیت و مکانیک کوانتومی همخوانی دارند و به همین خاطر یافتن آنها بسیار مشکل است. اما در عوض این ویژگی استحکام را هم با خود به همراه دارد و ما را به سوی معادلات و فرآیندهای بسیار مخصوصی هدایت می‌کند که لزوم مقاومت‌شان در مقابل تغییر به قوام آنها می‌انجامد.

اصول نوظهور

دو پیامد قوانین بنیادین آن‌قدر پایه‌ای و مهم هستند که باید به آنها،

حتـی بـه صـورت خلاصـه، اشـاره شـود. اجـزای اصلـی در طبیعـت فضـا و زمینه‌هایـی ماننـد زمـان را اشـغال می‌کننـد. ذرات، ماننـد الکترون‌هـا، در واقـع حالـت برانگیختـه‌ای از ایـن زمینه‌هـا هسـتند. بنابرایـن همـه الکترون‌هـا، در هـر زمـان و مکانـی، ویژگی‌هـای یکسـانی دارنـد، چـرا کـه حالـت برانگیختـه زمینـه یکسـانی هسـتند. یکسـان بـودن تمـام و کمـال الکترون‌هـا (و دیگـر ذرات ابتدایـی) اهمیـت فراوانـی دارد. توسـعه شـناخت اجـزای قابـل تعویـض بـا یکدیگـر گامـی بـزرگ در فـن‌آوری صنعتـی در قـرن نوزدهـم محسـوب می‌شـد و امـکان تولیـد انبـوه، مونتـاژ و تعمیـر را فراهـم آورد. شـیمی، بیولـوژی و مهندسـی بـه گونـه‌ای که امـروز می‌شناسـیم، همگـی بـر عرضـه کافـی مـواد قابـل تعویـض بـا یکدیگـر از سوی طبیعت تکیه دارند.

هنگامـی کـه الکترون‌هـا و هسـته اتـم بـه هـم می‌پیوندنـد تـا اتـم را تشـکیل دهنـد، یـا هنگامـی کـه کوراک[۲۳]هـا و گلوئون[۲۴]هـا بـه هـم می‌پیوندنـد تـا پروتـون را تشـکیل دهنـد، نتیجـه نهایـی سـاختاری منحصـر بـه فـرد و پایـدار خواهـد بـود کـه نمی‌تـوان در آن اختلالـی ایجـاد کـرد مگـر بـا صـرف میـزان قابـل توجهـی از انـرژی. (ایـن ویژگـی بـا نظام‌هـای مبتنـی بـر مکانیـک کلاسـیک ماننـد سیسـتم منظومـه شمسـی تعـارض دارد کـه مقـدار کمـی از انـرژی را بـه بهـای تغییـرات سـاختاری انـدک می‌تواننـد جـذب کننـد). ایـن سانسـور کوانتومـی بـه ایـن معنـی اسـت کـه مـا می‌توانیـم، در شـرایط مناسـب (زمانـی کـه انـرژی زیـادی در میـان نیسـت)، بـا یـک اتـم یـا یـک پروتـون همچـون جعبـه سـیاهی بـا سـاختار داخلـی پنهـان رفتـار کنیـم. بنابرایـن، بـرای مثـال، هنـگام طراحـی یـک ترانزیستور نیازی نیست که نگران کوارک‌ها یا گلوئون‌ها باشیم.

دو ویژگـی نوظهـور قوانیـن بنیـادی بـه مـا اجـازه می‌دهـد کـه سـنتزهای مربـوط بـه طبیعـت را گام بـه گام بسـازیم و هنـگام سـر و کار داشـتن بـا ارقـام بـزرگ مربـوط بـه اجـزا از شـیوه‌های آمـاری بهـره ببریـم. بدیـن ترتیـب، در حالـی کـه پیامدهـای نوظهـور یـک «فروکاسـت گرایـی» عمیق‌تـر پدیـدار می‌شـوند، بسـیاری از شـیوه‌های علمـی مرسـوم در شـیمی و فیزیـک

23. Quarks
24. Gluons

وضعیت بهتری می‌یابند.

سنگ بنای آینده

تعاریف ابتدایی استاندارد از مواد ادعا می‌کنند که پروتون‌ها و نوترون‌ها ساختمان هسته اتم را تشکیل می‌دهند و سپس الکترون‌ها حجم اتم را پر کرده و اتم‌ها در مولکول‌ها و مواد ترکیب می‌شوند. چنین توضیحی برای اینکه نشان دهنده وضعیت امروز علم باشد نیازمند چندین اصلاح است.

نخست اینکه همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، ما اکنون پی برده‌ایم که جدا کردن نور از ماده غیرطبیعی و غیرضروری است. فوتون‌ها هم باید به این تعریف افزوده شوند.

دوم اینکه ما باید از این ایده عبور کنیم که پروتون‌هاو نوترون‌ها مواد اولیه مناسب برای کارهای بنیادین هستند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که پروتون‌ها و نوترون‌ها اجزایی پیچیده هستند و ساختار داخلی آنها جزییات فراوانی دارد. ذرات پایه‌ای‌تر که پروتون و نوترون از آنها تشکیل شده‌اند، کوارک و گلئون نامیده می‌شوند. همه شواهد موجود تایید می‌کنند که کوارک‌ها و گلئون‌ها از معادلات بسیار ساده کرومودینامیک کوانتومی پیروی می‌کنند. دو نوع مهم کوارک وجود دارند که بالا و پایین نامیده می‌شوند.

سوم اینکه ما باید (الکترون) نوترینوها[۲۵] را نیز لحاظ کنیم. این ذرات در فرآیندهای تبدیل هسته‌ای که منبع انرژی خورشید است ساطع می‌شوند و در بسیاری از فن‌آوری‌های هسته‌ای (شامل پزشکی هسته‌ای، گونه‌هایی از پرتو درمانی، رآکتورهای هسته‌ای و سلاح‌های هسته‌ای) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با در نظر گرفتن الکترون‌ها، فوتون‌ها، گلوئون‌ها، کوارک‌های بالا و پایین و (الکترون) نوترینوها به عنوان ذرات بنیادی، ما از مواد اولیه کافی برای ساختن «نظریه موثر» برخورداریم که نیاز ایده اصلی این مقاله را برآورده می‌کند. این ساختار بیشتر از فهرستی اقتصادی‌تر از اجزاء تشکیل

25. Neutrinos

یکی از ذرات بنیادی که از نظر الکتریکی خنثی است.

شده تا از عناصر جدول تناوبی؛ همچنین با دستورالعمل مجهزتری (معادلات بنیادین) همراه است و دامنه گسترده تری از پدیده‌ها را در بر می‌گیرد.

نظریه موثر که در اینجا به آن اشاره داریم محدودیت‌هایش را می‌شناسد اما، همان‌طور که اینجا بحث می‌کنم، این محدودیت‌ها برای آینده‌ای قابل پیش‌بینی و هر فن‌آوری محتملی مشکل ساز نخواهند بود.

منابع کیهانی

چند دهه اخیر عصری طلایی برای کیهان شناسی فیزیکی بوده است. شواهد مبنی بر تاریخ به طور غافلگیرکننده ساده و سرراست جهان که از مهبانگ (انفجار بزرگ یا همان بیگ بنگ) آغاز و از طریق بی ثباتی گرانشی ساختار یافت تا کنون دقیق و بسیار تاثیرگذار بوده‌اند. مقاله حاضر جای مناسبی برای مرور این تاریخ نیست، اما اشاره به دو پیامد آن که به خصوص با موضوع اصلی ما در ارتباط هستند خالی از لطف نیست.

نظریه موثر که در اینجا شرح دادیم درباره اشکال مختلفی که مواد می‌توانند به خود بگیرند اطلاعاتی می‌دهد، اما به خودی خود نمی‌گوید که چه اشکالی برای مواد موجودند. نظریه مهبانگ، که بر اساس آن می‌توان گفت که جهان از وضعیتی بسیار داغ کار خود را آغاز کرد، تاکید می‌کند که هسته از ترکیب اولیه کوارک‌ها و گلئون‌ها تشکیل شده و به ما این امکان را می‌دهد که فراوانی نسبی عناصر شیمیایی گوناگون در ابتدای جهان هستی یعنی پیش از شکل‌گیری ستاره را محاسبه کنیم. نتیجه اینکه این عناصر به میزان قابل توجهی هیدروژن و هلیوم بوده‌اند. عناصر شیمیایی سنگین‌تر در تاریخ ستاره‌ها تشکیل شدند و سپس با مرگ ستاره‌ها در انفجارهای ابرنواختر[۲۶] (سوپرنوا) رها شدند. با دنبال کردن این سناریو ما به شرح دقیقی از موادی که امروز در جهان می‌بینیم دست خواهیم یافت. این همخوانی میان نظریه بنیادین فیزیک و مشاهده بیرونی ما را بیشتر نسبت به نظریه مان مطمئن می‌سازد، حتی در به کارگیری آن در شرایطی بسیار متفاوت از آنچه در شیمی یا زیست شناسی معمول یا

26. Supernova

مهندسی در نظر گرفته می‌شود.

با این حال، ستاره‌شناسان شواهد کافی جمع آوری کرده‌اند که نشان می‌دهد مواد معمولی، تشکیل شده از الکترون، فوتون، گلوئون و کوارک، تنها حدود چهار درصد وزن جهان را تشکیل می‌دهند. بقیه آن در دسته‌های «ماده تاریک» (حدود ۲۵ درصد) و «انرژی تاریک» (حدود هفتاد درصد) جای می‌گیرند. تا کنون هم ماده تاریک و هم انرژی تاریک تنها از طریق تاثیر ضعیف (اما انباشته شده) گرانشی بر مواد معمولی شناخته شده‌اند. از آنجا که فعل و انفعالات میان انرژی تاریک و ماده تاریک با ماده معمولی به شدت ضعیف هستند آن‌قدر ضعیف که بسیاری از تلاش‌ها برای تشخیص آنها ناکام مانده است به سختی می‌توان تصور کرد که منبع مناسبی برای فن‌آوری باشند.

موارد باقی مانده و جا افتاده

پیچیدگی‌های بیشتر

مصمم‌ترین تلاش‌ها در راستای آنالیز و سنتز، یا فروکاست گرایی، در شتاب دهنده‌های بزرگ، مانند برخورد دهنده بزرگ هادرون[۲۷] در سرن[۲۸]، سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای[۲۹]، دنبال می‌شوند. در برخورد دهنده بزرگ هادرون، پروتون‌ها تا سطح انرژی بسیار بالایی شتاب گرفته و سپس با یکدیگر برخورد می‌کنند. چنین برخوردهایی چگالی انرژی بسیار بیشتر از آنچه بر روی زمین پدید آمده (یا هر جای دیگری در جهان هستی، تا آنجا که ما می‌دانیم) را به طور گذرا ایجاد می‌کنند. چنین پدیده‌ای به ما امکان می‌دهد که با دقتی کمّی، نظریه‌های فعل و انفعالات بنیادین را در شرایطی بسیار پیچیده‌تر از آنچه در کاربردهای عملی وجود داریم بیازماییم.

جالب توجه‌ترین نتیجه این کار، تا آنجا که به این مقاله مربوط می‌شود، دو جنبه دارد. برای نظریه موثر، هم خبری خوش به همراه دارد و

27. Hadron
28. CERN
29. Europe's particle-physics laboratory

هم خبری بد، هرچند که خبر بد بسیار صوری و سطحی است و خبر خوش عمیق و بنیادی. نخست خبر بد و آن اینکه «نظریه موثر» ما از نظریه‌ای کامل فاصله بسیاری دارد. برای به‌دست آوردن تفسیری قابل قبول از همه پدیده‌هایی که در شتاب دهنده کشف می‌شوند ما نیازمند چهار نوع دیگر از کوارک‌ها (شگفت[۳۰]، افسون[۳۱]، ته[۳۲]، سر[۳۳]) هستیم؛ به علاوه دو ذره سنگین‌تر شبیه به الکترون (میون[۳۴] و تاولپتون[۳۵])، هرکدام نوترین و مخصوص به خود را معرفی می‌کنند؛ و دو هم خانواده سنگین فوتون و گلوئون (بوزون زد و بوزون دبلیو[۳۶])؛ و بالاخره ذرات هیگز[۳۷] که اخیرا کشف شده‌اند.

خبر بد این است که جهان واقعی، اگر به طور دقیق نگریسته شود، شامل پیچیدگی‌های غیرمنتظره‌ای است.

حالا خبر خوب اینکه این پیچیدگی‌ها اصول نظریه موثر را تقویت می‌کنند و کاربردهای عملی آن را زیر سوال نمی‌برند. بررسی ذرات تازه فرصت‌های بسیاری را برای آزمون اصول کلی نظریه موثر نسبیت، نظریه کوانتوم و تقارن محلی در بسترهای تازه فراهم می‌آورد. در واقع، این اصول نرخی که در آن ذرات در شرایط مختلفی تولید می‌شوند، گونه‌ای از امور که آنها در زوال به شکل‌شان در می‌آیند و بسیاری از جزییات دیگر را پیش‌بینی می‌کنند. تا کنون این پیش بینی‌ها، بدون استثناء، در توصیف آنچه در جهان واقعی روی می‌دهد موفق بوده‌اند. در نتیجه ما می‌توانیم با میزانی از اطمینان پیش‌بینی کنیم که آثار این ذرات بر شرایط محیط نرمال زمینی (غیرشتابی) ناچیز خواهد بود.

خبر خوب اینکه مواد اولیه افزوده شده، فرای نظریه موثر، به خوبی و با برآوردهای کمی شناخته شده است. رفتار مشاهده شده از آنها به تقویت

30. Strange
31. Charm
32. Bottom
33. Top
34. Muon
35. Lepton
36. W and Z bosons
37. Higgs

اعتبار اصول کلی ما می‌انجامد. اما این مواد به سختی قابل تولید هستند و بخش بیشتر آنها (به استثنای نوترینوهای جدید) به شدت ناپایدار هستند. تاثیر عملی آنها تا کنون قابل چشم پوشی بوده و تقریبا با اطمینان می‌توان گفت که در آینده نیز همین‌طور خواهد بود.

تردیدهای کوانتومی، گرانش کوانتومی

بسیاری از پیشروان نظریه کوانتومی، شامل فیزیکدان‌های مشهوری مانند خود پلانک، اینشتین و شرودینگر از شکل قوام یافته این نظریه چندان راضی نبودند چرا که با پیش بینی‌های ذاتا مشکل دار این نظریه و پافشاری اش بر اینکه در جهان فرواتمی اندازه‌گیری تمام عیار به این معنی که اندازه گیری یک سیستم بر سیستم مورد اندازه گیری بی تاثیر است نه فقط ایده آل گرایانه بلکه از نظر فیزیکی غیرممکن است چندان راحت نبودند. به نظر می‌رسد در نظریه کوانتومی باور به وجود جهانی ابژکتیو، شامل ابژه‌هایی با ویژگی‌های مشخص، که با اصول مشخصی تکامل می‌یابد زیر سوال می‌رود.

بخش بیشتر نسل‌های بعدی با نظریه کوانتومی به صلح رسیدند. این نظریه پیشرفت‌های بسیاری را به بار آورده و از هر آزمون تازه‌ای سربلند بیرون آمده است. به علاوه، تلاش‌های تکنیکی در مورد ایده «ناهمدوسی[۳۸]» روشن ساخته که چگونه رفتار پایدار و ضرورتا قطعی پیکره‌های بزرگ می‌تواند از رفتار کوانتومی جهانی بسیار بسیار کوچک نشات بگیرد. اما امروز هم برخی از فیزیکدان‌های بسیار بزرگ معتقدند که مشکلاتی در بنیان‌های نظریه کوانتومی وجود دارد. (من چنین اعتقادی ندارم.) طراحی‌ها برای رایانه‌های کوانتومی استفاده قابل توجه از عجیب‌ترین و ظریف‌ترین اجزاء نظریه کوانتومی را مهیا ساخته است. بسیار عجیب خواهد بود اگر چنین کاربردهایی به طور غیرمنتظره‌ای با ناکامی مواجه شوند.

از آنجا که به ویژه در مورد مسئله آشتی دادن کامل نظریه ما با گرانش، نسبیت عام، با اصول مکانیک کوانتومی اغراق شده است، بحثی

38. Decoherence

متعارف‌تر در مورد آن اهمیت دارد. از نظر عملی، مشکلی برای این کار وجود ندارد. فیزیک‌دانان اخترشناس و کیهان‌شناسان به طور مرتب و با موفقیت، رفتارهای مربوط به شرایطی که در آن گرانش و فیزیک کوانتومی هم زمان نقش می‌آفرینند را بدون اینکه با هیچ ابهام یا شگفتی‌ای مواجه شوند، محاسبه می‌کنند.

مشکلات زمانی پدید می‌آیند که ما تلاش می‌کنیم تا معادلات را برای شرایطی که ممکن است در نخستین لحظات مهبانگ روی دهد را به کار بگیریم. همچنین زمانی که داخل عمیق سیاه‌چاله‌ها مدنظر قرار می‌گیرند، راه حل‌های معادلات با شگفتی همراه هستند. معمایی مفهومی نیز زمانی بروز می‌کند که نظریه کوانتومی برای سیاه‌چاله‌های کوچک به کار گرفته می‌شوند.

اما این دستاوردی بسیار فرح‌بخش و پیشرفتی عظیم خواهد بود اگر بتوان پدیده‌ای منسجم و قابل مشاهده‌ای را یافت که ویژگی‌های گرانش کوانتومی را به همراه داشته باشد. تاکنون، به رغم تلاش و تمرکز شدید که با دورنمایی از شهرت و ثروت همراه است، هنوز هیچ کس نتوانسته با موفقیت بر این چالش غلبه کند.

آنچه روی نخواهد داد

کارکرد مهم به‌دست آوردن درکی عمیق این است که ما را از اندیشه‌های نه چندان موثر بی نیاز می‌سازد. در اینجا قصد دارم به سه تکنولوژی‌ای بپردازم که به رغم حضور بسیار پررنگ در رسانه‌های عمومی با فیزیک بنیادین تعارض قابل توجهی دارند. البته که ممکن است غافلگیری‌هایی نیز رخ بدهند اما طبیعت همواره قدرت خود را اعمال می‌کند. پیشرفت‌هایی که در ادامه به آنها اشاره می‌شود برای تحقق باید برخی از قوانینی را زیر پا بگذارند که تاکنون بسیار خوب عمل کرده‌اند:

- انتقال اطلاعات با سرعتی سریع‌تر از سرعت نور با نظریه نسبیت همخوانی ندارد. در شرایط حدی، جایی که میدان‌های گرانشی قوی وجود دارند، فضا زمان ممکن است تاب بردارند و در این صورت

میانبرهایی (کرمچاله)[۳۹] ممکن خواهند بود که دو نقطه دور از هم را به یکدیگر متصل کنند. اما باید گفت که کرم‌چاله‌های قابل استفاده بسیار فراتر از توانایی هرگونه فن‌آوری قابل دسترسی هستند.

- اثرات دوربرد، آن‌طور که برای مثال در ستاره‌شناسی به کار می‌رود، بخشی از مدل استاندارد ما نیستند. تصادفی نیست که این اثرات دوربرد با تجارب اندوخته شده در علم نیز همخوانی ندارند چرا که حتی آزمایش‌های به شدت پیچیده و ظریف نیز با رعایت برخی موارد می‌توانند نتایجی تجدیدپذیر تولید کنند که از جهان خارجی مستقل باشد.
- قدرت‌های ذهنی، که به طور خاص از قدرت ادراک ماورایی ایجاد می‌شوند و مواردی مانند حرکت دادن اجسام با کمک ذهن، مشاهده آینده و مانند اینها را در بر می‌گیرند و به طور ضمنی به عنوان هوشیاری یا شهود شناخته می‌شود ارتباطی با جهان علم فیزیک ندارند. چنین مواردی هیچ جایی در فیزیک بنیادین امروز ندارند و حتی در اندازه‌گیری‌های بسیار پیچیده و ظریف، محققان به این نتیجه نرسیده‌اند که باید نگران تاثیر تفکر و ذهن افراد بر نتیجه آزمایش‌ها باشند.

فرصت‌ها

پردازش واقعیت

می‌توان انتظار روزی، شاید نه چندان دور، در آینده را داشت که رایانه‌ها همان کاری که امروز برای طراحی هواپیما انجام می‌دهند و از طریق نرم‌افزار شرایط آزمون‌های آزمایشگاهی را فراهم می‌آورند برای فیزیک هسته‌ای، فیزیک ستاره شناسی، علم مواد و شیمی نیز انجام دهند.

پیشرفت‌های اخیر در کرومودینامیک کوانتومی، نظریه ما درباره فعل و انفعالات قدرتمند، نمونه‌هایی از آنچه در پیش است را ارائه می‌دهد. اعتبارسنجی‌های اولیه این نظریه از طریق شرح‌های کمّی فرآیندهای در

39. Wormhole

انرژی بسیار بالا جایی که رفتار نظریه ساده‌سازی می‌شود حاصل شد. اما فیزیک هسته‌ای که عامل اولیه علاقه افراد به مطالعه فعل و انفعالات قوی بود، به مراتب سخت‌تر از این است که بتوان به راحتی آن را شکافت. ابتکار و نبوغ بسیاری برای حل معادلات کرومودینامیک کوانتومی از طریق شیوه‌های تحلیلی به کار گرفته شده است اما تاکنون موفق‌ترین راهکار قراردادن معادلات بنیادین به گونه‌ای بوده که برای رایانه‌ها قابل پردازش باشند. اکنون می‌توان انتظار آینده‌ای را داشت که در آن فیزیک هسته‌ای[۴۰] به سطحی از دقت و تطبیق‌پذیری برسد که امروز فیزیک اتمی[۴۱] به آن دست یافته است. یک شیمی هسته‌ای پالوده شده می‌تواند رآکتورهایی (یا بمب هایی) با انرژی به مراتب بیشتر با کنترل و قابلیت‌های بهتر نسبت به نمونه‌هایی امروزی را به ارمغان بیاورد.

در طراحی کاتالیزورها و داروها، محاسبات به صورت رو به افزایشی جای آزمایشات را می‌گیرند و در نتیجه میزان موثر بودن آنها افزایش یافته و در نهایت فرصت‌های تازه‌ای برای اکتشافات خلاقه ایجاد می‌شوند.

بسیاری از پرسش‌های فن‌آوری حول خواص مواد خواهد چرخید. باتری‌های (منابع تامین انرژی) موثرتر می‌توانند علم رباتیک را متحول کنند و سلول‌های خورشیدی با کارایی بیشتر می‌توانند به استفاده گسترده از انرژی خورشیدی بیانجامند، اَبَررساناهایی که در دمای طبیعی اتاق (در اینجا منظور بالای صفر درجه سانتیگراد است) ویژگی خود را حفظ کنند می‌توانند امکان حمل و نقل ریلی بدون اصطکاک را فراهم آورند؛ مواد بسیار قوی می‌توانند به ما امکان دهند تا آسانسورهای فضایی بسازیم و زمین را به شیوه‌ای ارزان و قابل اطمینان به فضا متصل کنیم. در هر کدام از این کاربردهای مهم، و بسیاری دیگر، بهبودهای نسبتا کوچک در خواص مواد می‌تواند به اثراتی قابل توجهی بیانجامد. آیا چنین امری امکان‌پذیر است؟ معادلات ما پاسخ را در خود دارند اما برای به‌دست آوردن پاسخ‌ها باید بتوان این معادلات را به وسیله رایانه‌ها محاسبه کرد.

40. Nuclear physics
41. Atomic physics

دو مساله اینجا وجود دارد: نرم‌افزار و سخت افزار. بیست و پنج سیکل از قانون مور[۴۲] (بنگرید به فصل چهار) برای انسان‌ها، و فیزیک‌دانان به‌خصوص، ابزاری محاسباتی با توان و ظرفیتی خارق‌العاده را فراهم آورده است. سرعت پیشرفت به صورت نمایی (آن‌طور که در قانون مور آمده) در حال کمرنگ شدن است و دیگر شامل دو برابر شدن تعداد ترانزیستورهای روی یک تراشه با مساحت ثابت طی هر دو سال نمی‌شود، چرا که کوچک سازی به مقیاس‌های اتمی رسیده و در نتیجه قوانین فیزیکی تازه‌ای باید به کار گرفته شوند. با این وجود می‌توان انتظار داشت که حداقل برای چند سیکل دیگر طی دهه‌های پیش‌رو این روند ادامه یابد آن هم حتی بدون تحولی شگرف در فن‌آوری فعلی مربوط به نیمه هادی‌ها.

همچنین مسیرهای امیدبخشی را می‌توان برای آینده متصور بود. پردازش و فن‌آوری اطلاعات اساسا بر حرکت بارهای الکتریکی استوار است اما الکترون‌ها کندتر از نور حرکت می‌کنند و حین حرکت گرما تولید می‌کنند که برطرف کردن آن مشکل ساز است. نور همین حالا هم برای انتقال حجم قابل توجهی از اطلاعات در فواصل دور مورد استفاده قرار می‌گیرد که این فرآیند نیازمند تبدیل کدگذاری الکترونیک به کدگذاری نوری و بالعکس است. کارآمدی و تطبیق پذیری این تبدیلات به سرعت در حال بهبود به خصوص در بخش نوری است و این پیشرفت‌ها ممکن است به رایانه‌های «فوتونیک» بیانجامد.

تحولی شگرف تر، دورنمای رایانه‌های کوانتومی است که اطلاعات را به صورت همبستگی‌هایی ظریف (در هم تنیدگی[۴۳]) در میان سیستم‌های کوانتومی کدگذاری می‌کنند. این همبستگی‌ها در اصل ساختاری بسیار غنی‌ای دارند به گونه‌ای که اطلاعات بسیار زیادی در حجمی کم می‌توانند در آنها ذخیره و فراخوانده شوند. اما متاسفانه باید تاکید کرد که در هم تنیدگی بسیار پیچیده است. چند فن‌آوری محتمل را می‌توان نام برد که شاید در استفاده از در هم تنیدگی به کار بیایند اما این فن‌آوری‌ها در

42. Moore's law
43. Entanglement

مراحل اولیه قرار دارند. اگر رایانه‌های کوانتومی عملی ساخته شوند در این صورت در حل مسائل مکانیک کوانتومی بسیاری قدرتمند خواهند بود و توان نهفته در ادعای اصلی ما در این مقاله را آشکار خواهند ساخت.

مسیر الهام بخش دیگری که می‌توان نام برد به زیست شناسی مربوط می‌شود. رایانه‌های جریان اصلی امروز ضرورتا دو بعدی هستند. آن‌ها بر تراشه‌هایی استوار هستند که باید در شرایط کاملا تحت کنترل تولید شوند چرا که هر اشتباهی می‌تواند به ایجاد ایراد در محصول بیانجامد و اگر محصولی معیوب شود دیگر قابل اصلاح نیست. مغز انسان از هر نظر کاملا متفاوت است: سه بعدی است، در شرایطی به هم ریخته بدون کنترلی دقیق تولید می‌شود و می‌تواند با وجود ایرادات و آسیب‌ها به کارش ادامه دهد. انگیزه بسیاری برای به کار گرفتن این ویژگی‌ها در طراحی و تولید سیستم‌های رایانه‌ای وجود دارد که می‌تواند سرنوشت، سرعت و مقیاس فن‌آوری‌های نیمه هادی را متحول کند و هیچ مانع فیزیکی خاصی بر سر راه تحقق آن وجود ندارد.

الگوریتم‌های کارا و موثر از ویژگی‌های خاص مسئله‌ای که با آن سروکار دارند بهره می‌برند. پیشرفت آنها نیز در فرآیندی خلاق ریشه دارد و به همین خاطر به سختی می‌توان به‌طور کلی در مورد روند پیش روی آنها اظهارنظر کرد. در اینجا تنها به یکی از جنبه‌های توسعه نرم‌افزاری می‌پردازم، جنبه‌ای که به طور خاص می‌تواند جالب توجه باشد. بیشتر تلاشی که برای برقرار نگه‌داشتن قانون مور به کار گرفته شده، به خصوص در سیکل‌های اخیر، به کمک نرم افزارهای پیچیده و کد[۴۴] (طراحی به کمک رایانه[۴۵]) بوده که کاربردهای فیزیک بنیادین در شرایط تازه را آشکار ساخته و به مهندسان اجازه داده که راه‌های تازه‌ای را در طراحی مدارها و اجزای جریان (مانند ترانزیستورهای مینیاتوری) به کار بگیرند و طراحی مدارها را بهینه کنند. در اینجا حلقه بازخورد بسیار قدرتمندی وجود داشته به گونه‌ای که پیشرفت‌ها در توانایی پردازش رایانه‌ای به طراحی رایانه‌های

44. CAD
45. Computer-Aided Design

بهتر منجر شده و این طراحی بهتر به توانایی پردازش رایانه‌ای بهتر انجامیده است. با در نظر گرفتن روند رو به رشد پیچیدگی‌های هوش مصنوعی می‌توان انتظار داشت که حلقه‌های بسیار دیگری از این نوع نیز ایجاد شوند به گونه‌ای که بینش‌های ایجاد شده از سوی رایانه‌های قدرتمندتر (و خودمختارتر) به ایجاد رایانه‌هایی حتی قدرتمندتر بیانجامند.

گسترش مرزهای حقیقت

فیزیک بنیادین به ما می‌گوید که جنبه‌های مهمی از جهان هستند که ما هنوز به آن‌هایی نبرده‌ایم اما آنها را در آینده مشاهده خواهیم کرد. در این بخش به برخی از این جنبه‌های محتمل اشاره می‌کنم.

اخیرا ابزاری خارق العاده، رصدخانه موج گرانشی تداخل لیزری[۴۶] (لایگو[۴۷]) که به طور مشترک توسط کلتک[۴۸] (موسسه فن‌آوری کالیفرنیا) و ام‌آی‌تی[۴۹] (موسسه فن‌آوری ماساچوست) اداره می‌شود گزارش داده که سیگنالی مرتبط با موج‌های گرانشی ناشی از ادغام دو سیاه چاله عظیم به وزن هرکدام ده‌ها جرم خورشیدی[۵۰] را مشاهده کرده است. لایگو برای تشخیص تغییرات بسیار ناچیز در فواصل میان چند جفت آینه طراحی شده است. اعداد مربوط به آن حیرت آورند. آینه‌ها چهار کیلومتر فاصله دارند و انتظار می‌رود که فاصله میان آنها به اندازه کمتر از یک هزارم قطر یک پروتون تغییر کند. هر عاملی می‌تواند آینه‌ها را تکان دهد، اما موج‌های گرانشی الگوی ویژه‌ای از تغییر را ایجاد می‌کنند و در نتیجه سیگنال‌های آنها می‌توانند از طریق بانگ یا صدا شناسایی شود. این مشاهده نتیجه تلاشی پنجاه ساله بوده است. البته که چنین پروژه‌ای بدون راهنمایی‌های فیزیک بنیادین در مورد نوع سیگنال مورد انتظار و شیوه اندازه گیری فواصل بسیار اندک غیرقابل تصور بود. (در این میان باید

46. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory
47. LIGO
48. Caltech
49. MIT
50. Solar masses

واحد اندازه گیری که در ستاره شناسی به کار می‌رود.

افـزود ایـن حقیقـت کـه رویدادهـای فاجعـه آمیـز ماننـد ادغـام دو سـیاه چالـه چنیـن اعوجـاج اندکـی را در فضـا زمـان ایجـاد می‌کننـد رویاهـای مربـوط بـه مهندسـی کـرم چاله‌هـا، حرکـت مافـوق نـور، ماشـین زمـان و ماننـد این‌هـا را نقش بر آب کرد.)

موج‌هـای گرانشـی پنجـره تـازه‌ای را رو بـه جهـان گشـود و دسترسـی بـه مناطـق پنهـان و رویدادهـای شـدید (ماننـد ادغـام سـیاه چالـه هـا) را ممکـن سـاخت. بـرای بهره‌بـرداری کامـل از همـه تـوان بالقـوه آن بایـد مجموعـه‌ای از ابزار بسیار دقیق را به میلیون‌ها کیلومتر دورتر از زمین بفرستیم.

نزدیک‌تـر بـه زمیـن، درک بشـر نیـز مـوارد بسـیاری را در بـر می‌گیـرد کـه می‌تـوان بـه آنهـا اشـاره کـرد. بـرای مثـال دیـد رنگـی[51] را در نظـر بگیریـد. در حالیکـه سـیگنال‌های الکترومغناطیـس کـه وارد چشـم مـا می‌شـوند دامنـه پیوسـته و بـی نهایتـی از بسـامدها و همچنیـن قطبـش موج‌هـا را در بـر می‌گیرنـد امـا آنچـه مـا بـه عنـوان «رنـگ» درک می‌کنیـم، مخلوطـی خـام دسـتانه از تنهـا یـک اکتـاو[52] از ایـن بسـامدها اسـت، جایـی کـه طیـف قـدرت در سـه مخـزن فشـرده شـده و قطبـش در نظـر گرفتـه نمی‌شـود. بسـیاری از حیوانـات نمونـه بـرداری دقیـق تـری از ایـن طیف‌هـا دارنـد و در نتیجـه حـس گرهـای آنهـا امـواج فروسـرخ و فرابنفـش را نیـز در بـر می‌گیـرد. مـا انسـان‌ها در مـورد تحلیـل فرکانس‌هـای صوتـی عملکـرد بـه مراتـب بهتـری داریـم و می‌توانیـم بسـیاری از دانگ‌های صوتی را تشخیص دهیم.

در ایـن زمینـه اطلاعـات بسـیار ارزشـمندی در مـورد محیـط زیسـت وجـود دارد کـه می‌تـوان از آنهـا بهـره بـرد، نیـازی بـه اشـاره نیسـت کـه فرصت‌هایـی هـم بـرای تصویرسـازی داده‌هـا و هنـر می‌تـوان در ایـن بخـش یافـت. مایکروالکترونیـک و پـردازش رایانـه‌ای فرصت‌هـای جذابـی را بـرای دسترسـی بـه ایـن اطلاعـات فراهـم می‌آورنـد. بـا اسـتفاده از شـیوه‌های‌گذار و انتقـال صحیـح، می‌توانیـم بخش‌هـای غیرقابـل درک طبیعـت توسـط انسـان را بـه صـورت نوعـی

51. Colour vision

به توانایی موجودات زنده یا اجسامی مانند دوربین برای تشخیص اجسام بر اساس طول موجی ساطع شده از آن‌ها در اثر تابش نور گفته می‌شود.

52. Octave

القا جمعی به کانال‌های قابل تشخیص بشری وارد کنیم. بدین ترتیب توان حسی بشر به میزان قابل توجهی افزایش یافته و درهای بیشتری برای درک محیط پیرامون فراهم می‌آید.

به کمک حسگرها و شبیه سازهای حسی، تجربیات فرا کالبدی می‌توانند بسیار قانع کننده‌تر باشند. به راحتی می‌توانند بسیاری از فرصت‌های جذاب را برشمرد: گردشگری همه جانبه به هر مکانی در هر زمانی بدون اینکه نیازی به خروج از خانه باشد. کالبدهای آسیب‌پذیر انسان به‌هیچ‌وجه مناسب شرایط محیطی در عمق فضا نیستند، اما ذهن انسان می‌تواند تجربه خوبی از شرایط را به‌دست آورد. ستاره‌شناسی به کمک ارتش رو به افزایش کاوشگران رباتیک، حضورهای مجازی و کاشت‌های بیولوژیکی مناسب بسیار بیشتر از وضعیت فعلی ارسال انسان‌های با کالبدهایی آسیب پذیر به فضا پیشرفت خواهد کرد.

زیست شناسی به عنوان منبع و الهام

اگر ادعای اصلی این مقاله را بپذیریم، می‌توان گفت که زیست‌شناسی امکان وجودی موادی را فراهم می‌آورد که در غیراین صورت به وجود نمی‌آمدند. پیش‌تر به امکان پردازش گری سه بعدی، با قابلیت سرهم کردن و تعمیر خود اشاره کرده ام. چنین تصویری شاید یک خیال‌پردازی مبهم به نظر برسد، اما جمجمه انسان مثال محقق شده‌ای از این تصویر است. به طور مشابه احتمال یک پردازشگر سریع جریان عظیمی از اطلاعات که بر پایه عناصری کند و غیرقابل اطمینان قرار گرفته ممکن است رویایی تخیلی به نظر برسد اما در واقع حس بینایی بشر مثال عینی آن است.

این در واقع منبع الهام جان فون نویمان[۵۳] برای طراحی ماشین‌هایی بود که بتوانند خودشان را بازتولید کنند. برخلاف طراحی‌های آقای نویمان برای ساختار رایانه که سنگ بنای فن آوری‌ای بود که جهان را دگرگون کرد، طراحی ماشین‌هایی با توانایی بازتولید (و چه بسا تکامل) تا امروز همچنان تنها در سطح یک کنجکاوی علمی باقی مانده است. اما نوع بشر

53. John von Neumann

به تنهایی مثالی برای اثبات امکان بالقوه چنین ماشین‌هایی است. دانش به شدت بهبود یافته ما در مورد اینکه طبیعت چگونه خودش را در سطح مولکولی باز تولید می‌کند و همچنین توانایی به شدت بهبود یافته ما برای کنترل جریان مواد و اطلاعات، به خصوص در چاپ سه بعدی (بنگرید به فصل ۱۰)، می‌تواند یک مفهوم بی نظیر را تحقق ببخشد.

در مقابل هیچ موردی در طبیعت مواد نیست که بر اساس آن بتوان گفت سالخوردگی و بیماری بخشی از ذات بشر به عنوان موجوداتی فیزیکی است. شناخت ما از مواد و توانایی مشاهده و کنترل آن در سطوح بنیادین می‌تواند در غلبه بر این ضعف به کار بیاید. این کار در عمل با مشکلات چالش برانگیز بسیاری مواجه خواهد شد و برای ماجراجویی‌ها در علوم میکروسکوپی به طور کلی الهام بخش خواهد بود و همچنین تحلیل داده‌ها برای تشخیص‌های پیچیده بیماری‌ها و مهندسی مولکولی برای درمان‌های پیچیده بیماری‌ها به کار خواهند آمد.

جمع بندی: فجایع احتمالی

درک تکامل یافته و عمیق ما از مواد فرصت‌های بسیاری برای به کار بردن خلاقیت‌هایی که در راستای خدمت به بشر باشند را فراهم آورده است. به دلایلی که پیشتر ترسیم کردم، به عنوان یک فیزیک‌دان اطمینان دارم شناخت شیوه کار جهان چشم اندازهای الهام بخشی را برای دستیابی به سطوح تازه‌ای از ثروت مادی و غنای معنوی خواهد گشود. در این مرحله می‌دانیم که چه امکان‌هایی وجود دارد و نتیجه می‌گیریم که کارهای بسیاری مانده که هنوز انجام نشده‌اند. اما پیش از خاتمه دادن به این فصل برای اطمینان هم که شده باید چند جمله‌ای به آن افزود.

از آنجا که فن‌آوری‌های مدرن امکان جمع آوری و ثبت پایدار و گسترده دانش موجود و تازه را فراهم آورده‌اند، ممکن است این تصور ایجاد شود که تاریخ فن‌آوری و در نتیجه تاریخ بشر دیگر از هرگونه عقب گرد و پسرفت مهم مصون است. پیشرفت ممکن است گاهی سریع‌تر و گاهی کندتر باشد اما پسرفت دیگر جایی در میان گزینه‌های روی میز ندارد.

آیـا واقعـا چنیـن اسـت؟ فجایعـی کـه ممکـن اسـت ناشـی از فن‌آوری‌هـای مـدرن باشـند بـه طـور خـاص مـن را نگـران می‌سـازند؛ ماننـد جنگـی هسـته‌ای، فروپاشی زیست محیطی و جنگی بر اساس هوش مصنوعی.

اینکـه حضـور سـلاح‌های هسـته‌ای بـه امـری متـداول تبدیـل شـده و البتـه هفتـاد سـال خـوش شانسـی در بـه راه نیفتـادن جنگـی هسـته‌ای نبایـد مـا را نسـبت بـه خطـر بالقـوه سـلاح‌های هسـته‌ای بـی حـس کنـد. بسـیاری از آنهـا در اختیـار ۹ کشـور اسـت. فیلـم رشـته‌ها[۵۴] و پـس از آن فیلـم دکتـر اسـترنجلاو[۵۵] را تماشا کنید. همین کفایت می‌کند.

فروپاشـی زیسـت محیطـی ناشـی از تغییـرات اقلیمـی بـا عاملـی انسـانی می‌توانـد خطـر فاجعـه آمیـز دیگـری باشـد. میـزان آلودگـی کربـن در جـو زمیـن بـا مقیـاس سیاسـی بـه کنـدی در حـال تجمیـع اسـت و واکنشـی مناسـب بـه آن، ماننـد در نظـر گرفتـن و محاسـبه عـوارض جانبـی نیازمنـد ایـن اسـت کـه بسـیاری از دارایی‌هـای مضـر بـرای محیـط زیسـت هزینه‌هـای بیشـتری، چندیـن هـزار میلیـارد دلار، را بپردازنـد. بـه سـختی می‌تـوان بـر مقاومـت صاحبـان مصمـم دارنـدگان ایـن دارایی‌هـا غلبـه کـرد. اینکـه آیـا بشـر می‌توانـد خـرد و بلـوغ مـورد نیـاز بـرای مقابلـه بـا ایـن مشـکل بـه ظاهـر بـی ضـرر امـا ویرانگـر را در خـود پدید آورد یا خیر پرسشی است که پاسخ آن هنوز مشخص نیست.

نـه انسـان و نـه هـوش مصنوعـی می‌تواننـد از ایـن بصیـرت دیویـد هیـوم[۵۶] طفـره برونـد کـه هیـچ «بایسـتی» نمی‌توانـد از مجموعـه‌ای «هسـت» منطقـی یـا علمـی منتـج شـود. دیویـد هیـوم نتیجـه گرفـت کـه: «اسـتدلال تنهـا برده اشـتیاق اسـت، و بایـد هـم همین‌طـور باشـد، و هرگـز نمی‌توانـد تظاهـر کنـد کـه در خدمت بخش دیگری است یا از آن پیروی می‌کند»

خالقـان پیشـکاران و موجوداتـی خودمختـار (ماننـد ربات‌هـای انسـان‌نما) یـا

54. Threads

فیلمی که توسط بی بی سی در سال ۱۹۸۴ ساخته شده و جهانی درگیر با جنگی هسته ای را به تصویر می‌کشد.

55. Dr. Strangelove

فیلمی که توسـط استنلی کوبریک در سال ۱۹۶۴ ساخته شده و بحرانی هسته ای میان ایالات متحده آمریکا و اتحاد جماهیر شوری را به تصویر می‌کشد.

56. David Hume

فیلسوف بریتانیایی مربوط به قرن هجدهم

بـه صراحـت و از طریـق برنامـه نویسـی و یـا به‌طـور ضمنـی و از طریـق طراحـی انتخاب‌هـا، آرمان‌هـا و انگیزه‌هـای اساسـی و «اشـتیاق» ایـن پیشـکاران را تعییـن خواهنـد کـرد. بسـیاری از کاربری‌هـای ارائـه شـده بـرای هـوش مصنوعـی تاکنـون خدمـت بـه بشـر بـه شـیوه‌ای کامـلا سرراسـت و بـی ضـرر بوده‌انـد. چنیـن کاربری‌هایـی بـه بهتریـن شـکل می‌تواننـد توسـط پیشـکارانی خودمختـار صـورت بگیرنـد کـه هـدف و انگیزه‌هـای آنـان نیـز بـه طـور مشـابه سرراسـت و بـی ضـرر باشـد. امـا آنچـه بیشـتر مشکل‌سـاز خواهـد بـود، اسـتفاده از هـوش مصنوعـی پیشـرفته بـرای اهـداف نظامـی اسـت؛ ماننـد ارتشـی از ربات‌هـا، یـا بـه طـور کلـی تـر، جنـگ افزارهایـی بـا قابلیت‌هایـی پیشـرفته، ماننـد ماشـین دومـزدی[۵۷] (روز محشـر) در فیلـم دکتـر اسـترنجلاو، کـه بـدون دخالـت انسـان خطـر را تشـخیص داده و نسـبت بـه آن واکنـش نشـان می‌دهنـد. می‌تـوان انتظـار داشـت کـه چنیـن موجـودات بسـیار پیشـرفته‌ای کـه بـرای بدگمـان و تهاجمـی بـودن طراحـی شـده‌اند ایـن بدگمانـی و تهاجمـی بـودن را بـه شـیوه‌های بـه شـدت خلاقانـه و غیرمنتظـره تفسـیر کـرده و بـه کار بگیرنـد. گروه‌هـای رقیـب از چنیـن موجوداتـی می‌تواننـد وارد نبـردی بـه شـدت ویران‌گـر شـوند کـه فاجعـه‌ای بـرای بشـر و تمدن به همراه داشته باشد.

57. Doomsday

فصل سوم

فرصت‌های تازه در بیوتکنولوژی

رابرت کارلسون[1]

از داروسازی گرفته تا تولید، زیست‌شناسی درهای فوق العاده‌ای را به روی افراد، شرکت‌ها و اقتصادهاخواهد گشود.

1. Robert Carlson

در سال ۲۰۵۰ مجله اکونومیست شاید نیازی به چاپ نداشته باشد و در مغز شما بارگذاری شود. سازمان پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی[1] (دارپا[2])، بازوی تحقیقاتی وزارت دفاع آمریکا، قصد دارد بین ابزار دیجیتالی و قشر مغزی[3] پل بزند. این پروژه ۶۰ میلیون دلاری هدفی بلندپروازانه دارد و تلاش می‌کند تا ورودی و خروجی داده‌های دیجیتال را در مغز ایجاد کند. به سختی می‌توان پیش‌بینی کرد که نتایج این یکپارچه‌سازی جهان دیجیتال و مغز انسان چه خواهد بود؟ اما واضح است که آینده زیست‌شناسی (بیولوژی) به آنچه امروز در تصور ما می‌گنجد محدود نخواهد ماند. ادغام آشکار و مستقیم پردازش‌های الکترونیک و بیولوژیک مسیرهایی تازه و غیرقابل پیش‌بینی را در برابر مواد جاندار و بی‌جان خواهد گشود.

مدیران برنامه دارپا از این در هم تنیدگی عصبی (میان رشته‌های عصبی جاندار و بی‌جان) گهگاه به عنوان«مودم قشری[4]» یاد می‌کنند. کاشت حلزونی و شبکیه مصنوعی به ترتیب برای بهبود شنوایی و بینایی سال‌هاست که مورد استفاده قرار می‌گیرند. در درمانگاه‌ها کاشت آزمایشی آرایه‌های الکترودی در مغز برای تغییر مسیر سیگنال‌های عصبی بخش‌های آسیب‌دیده نخاع و برای کنترل عصبی مستقیم اعضاء مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته و در برخی موارد این پروتزهای عصبی افرادی که با فلج کامل اندام دست و پنجه نرم می‌کردند را قادر ساخته که دوباره راه بروند.

با این وجود هرچند محققان برای ساختن «زنِ بیونیک[5]» واقعا پیش رفته‌اند، اما این فن‌آوری که تا کنون دیگر بخش‌ها را تحت تاثیر قرار داده، خودش تحت تاثیر شاخه علمی تازه‌ای قرار گرفته است. تعمیر

1. The Defence Advanced Research Project Agency
2. DARPA

۳. لایه نازک خاکستری رنگ که سطح مخ را می‌پوشاند.

4. Cortical Modem
5. Bionic Woman

نویسنده به طور غیرمستقیم به سریال زن بیونیک اشاره دارد که در آن شخصیت اصلی داستان پس از یک حادثه به جای اعضای آسیب دیده بدن از اعضای مصنوعی استفاده می‌کند که به او توانایی‌های خارج العاده ای می‌بخشند.

سایبرنتیک[6] عملکردهای بیولوژیک به زودی با فن‌آوری‌های مربوط به رشد مجدد و جایگزینی بافت‌های آسیب دیده وارد رقابت می‌شود. مهندسان بافت‌شناسی در حال ساخت اندام داخلی قابل پیوند، استخوان و بافت‌های ارتباطی قابل پیوند هستند. برخی از این نوآوری‌ها هنوز از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی بیرون نرفته‌اند و برخی دیگر مانند نمونه‌های مختلفی از مثانه، مفصل ران، واژن، نای، رگ، عروق، تخم‌دان، گوش، پوست، مینیسک زانو و جایگزین برای ماهیچه‌های آسیب دیده قلب همین حالا در درمانگاه‌ها به کار گرفته می‌شوند.

به لطف تنوع رو به گسترش شیوه‌های مربوط ساخت بافت‌های تازه، این شاخه از علم پیشرفت فزاینده‌ای را تجربه می‌کند. درست همان‌طور که مودم قشری امکان دسترسی مستقیم بخش‌های جاندار به پردازش دیجیتالی را مهیا می‌کند، دستاورهای پردازش دیجیتال نیز می‌توانند ابزارهای تازه‌ای را برای دستکاری و به کارگیری سلول‌ها فراهم آورند. مهندسانی که در آینده احتمالا مهندسان اعضاء نامیده می‌شوند، زمانی برای ساخت اعضا به رشد سلول‌های انفرادی محدود بودند، اما امروز می‌توانند با استفاده از چاپگرهای سه بعدی سلول‌ها را به طور دقیق به شکل مورد نیاز برای یک عضو بچینند، درست همان‌طور که بخش‌های یک خودرو، هواپیما و تلفن همراه هوشمند روی شاسی سرهم بندی می‌شوند. همچنین، بر همین اساس، بدن ما به زودی قادر خواهد بود که از شر بافت‌های بیمار خلاص شده و بافت‌های فرسوده را با بافت‌های تازه جایگزین کند. در واقع خیس‌افزارهای[7] ما به زودی قابل ارتقاء خواهند بود.

ساخت بافت‌های جایگزین تنها نخستین گام در مسیر توسعه پزشکی و داروسازی احیاکننده محسوب می‌شود؛ شاخه‌ای از علم که ابتدا کیفیت زندگی را بهبود خواهد بخشید و سپس احتمالا آن را به میزان قابل توجهی گسترش خواهد داد. به تدریج درمان‌هایی که برای بهبود مکانیزم‌های

6. Cybernetic
7. Wetwear
خیس افزار اصطلاحی است که به پیوند میان بافت‌های زنده وفن‌آوری اطلاعات اشاره دارد و آن را می‌توان در خانواده اصلاحاتی مانند نرم‌افزار و سخت افزار قرار داد.

مولکولی سالخوردگی به کار می‌روند، به عنوان گام‌های مستقل در نظر گرفته خواهند شد و سپس شکلی فزاینده به خود خواهند گرفت. احتمالا روزی که بتوان گفت «کار ما در این بخش تمام شده» هرگز فرا نمی‌رسد، اما پیشرفت‌ها در طول زمان بر روی هم انباشته شده و با هم ترکیب می‌شوند.

فراتر از دخالت‌های کالبدی و دارویی، بشر به زودی برای اصلاح ژنتیکی خود دست به کار خواهد شد. ابتدا به دنبال حذف برخی بیماری‌ها از تجربه بشری خواهیم بود . در اینجا از بیماری‌های مربوط به ساختار ژنتیکی که به راحتی قابل تشخیص هستند آغاز خواهیم کرد. بیماری‌هایی مانند تالاسمی بتا، بیماری هانتینگتون و کم‌خونی داسی شکل در این فهرست جای می‌گیرند. سپس کاهش خطرات بیماری آلزایمر و همه گونه‌های بیماری قلبی در دستور کار قرار خواهند گرفت.

امروز بسیاری از ناظران با بدبینی به اصلاحات ژنتیکی می‌نگرند که در ابتدا با اهداف تحقیقاتی و صرفا برای یاخته تخم‌های میرا به کار گرفته می‌شد اما کاربردهای آن بسیار در دسترس‌تر از آن هستند که بخواهند صرفا به تصمیم گیری در مورد اصلاح یا عدم اصلاح ژنوم‌های نسل‌های آینده محدود شوند. افراد به زودی قادر خواهند بود که ژنوم‌های خودشان را با هر هدفی که در ذهنشان باشد تغییر دهند. فهرست کردن مجموعه‌ای از این خواست‌ها مانند بهبود سلامت عمومی، عملکرد ذهنی و جسمی نیاز چندانی به قدرت تخیل ندارد. بحث در مورد مسائل اخلاقی چنین امکانی و همچنین اینکه اصلاحات ژنتیکی را در چه مواردی می‌توان تعمیم داد و چه کسانی می‌توانند به این امکان دسترسی داشته باشند و چه کسانی باید از آن محروم شوند برای چندین دهه ادامه خواهد یافت.

بدون در نظر گرفتن اینکه چنین مباحثی به کجا ختم خواهد شد، تقاضا برای به کارگیری اصلاحات ژنتیکی بسیار سریع‌تر از آن خواهد بود که سیاست‌گذاران بتوانند مسائل مربوط به آن را به درستی مدیریت کنند. چنین تقاضایی در میل به آمیختن توانایی‌های ذهنی و جسمی بالقوه انسان با فن‌آوری ریشه دارد. امروز ما شاهد درخواست‌های روزانه برای

جراحی زیبایی، خالکوبی، بهبود قدرت بینایی و استفاده از مواد نیروزا در مسابقات ورزشی و کلاس‌های درسی هستیم. بنابراین، حتی اگر تعمیر بدن اقدامی بیولوژیکی باشد، تقاضا برای گسترش توانایی‌ها احتمالا به توسعه و به کارگیری فن‌آوری‌هایی منجر خواهد شد که مودم قشری را در بر می‌گیرند.

انسان متصل

اتصال عصبی می‌تواند امکان ارتباط مستقیم میان ذهن انسان و اینترنت را فراهم آورد. از طریق این اتصال‌ها، همه زیرساخت‌های فیزیکی، الکترونیکی و اقتصادی موجود می‌توانند در خدمت افراد متصل به این شبکه قرار بگیرند. ما می‌توانیم دسترسی فیزیکی خود در سطح جهان را از طریق ربات‌های متصل به شبکه و اندیشه‌هایمان را نیز از طریق دسترسی مستقیم به کتابخانه‌ها، ابررایانه‌ها و تلسکوپ‌های فضایی گسترش دهیم. به جای چاک‌های باریک در مغزمان، ذهن‌های ما می‌توانند به طور کامل در معرض جهان قرار بگیرند، البته با همه مزایا و خطراتی که چنین امکانی با خود به همراه دارد.

مودم قشری، بر اساس تعریف، کانال ارتباطی دو سویه‌ای خواهد بود. اتصال عصب‌های انسانی به شبکه جهانی این پرسش را به همراه دارد که چنین جریان اطلاعاتی چه موارد دیگری را می‌توان به همراه داشته باشد. اگر از جریان اینترنت به مغزهایمان شروع کنیم باید گفت که احتمالا همه مشکلات مربوط به امنیت شبکه که امروز با آن مواجهیم و برخی دیگر از مشکلات که هنوز اختراع نشده‌اند را نیز به ذهن‌هایمان راه خواهیم داد. در این میان هرزنامه‌ها و بدافزارها کمترین سطح نگرانی را ایجاد خواهند کرد. دارپا همین حالا هم از مشکلات احتمالی آگاه است و به همین خاطر به تازگی برای میزان قدرت ساعد پیوندی کاملا مصنوعی (بیونیک) به «انسان طبیعی» محدودیت‌هایی را در نظر گرفته که چنین تصمیمی به طور خاص به خاطر نگرانی‌های مربوط به وسایل متصل به شبکه صورت گرفته است. این سازمان نگران هک شدن کنترل یک بازوی به شدت قوی، چه توسط

فردی که آن را به همراه دارد و چه توسط یک دشمن بود. البته این تازه آغاز ماجراست.

چه کسی گذرواژه (پسورد) مودم قشری شما را در اختیار خواهد داشت؟ چه کسی جریان به روز رسانی غیرقابل اجتناب نرم افزارهایی که در ذهن شما قرار گرفته‌اند را خواهد داشت؟ همان‌طور که نهادهای امنیتی امروز بر دسترسی به تماس‌های تلفنی، ایمیل‌ها و محتوای تلفن و رایانه شما اصرار دارند، ۳۵ سال دیگر نیز به دنبال راهی برای دسترسی به محتویات ذهن شما خواهند بود؟ گروه‌های دیگر چقدر ممکن است از چنین راه‌هایی برای دسترسی به ذهن شما سوء استفاده کنند؟ حتی در مواجه با چنین پرسش‌ها و مخاطراتی، بازهم بسیاری از افراد از چنین فن‌آوری‌های تازه‌ای استقبال خواهند کرد.

به راحتی می‌توان این را پیش‌بینی کرد. ویلیام گیبسون[8]، نویسنده داستان‌های علمی تخیلی، به خوبی پی برد که: «آینده همین حالا اینجاست، فقط به طور یکنواخت توزیع نشده است.» داستان‌های علمی و تخیلی مخزنی از ایده‌ها هستند و بهترین‌های این ژانر پیامدهای مربوط به پیشرفت تکنولوژی را بسیار زودتر از تحقق آنها بیان می‌کنند. هرچند که پروتزهای عصبی در مراحل آغازین خود به سر می‌برند و در بسیاری از بخش‌های جهان قابل دسترس نیستند، اما نمونه‌های اولیه آن همین امروز هم کار می‌کنند. هیچ مانع تکنولوژیکی مربوط به علوم فیزیک، شیمی یا زیست‌شناسی در مقابل این فن‌آوری قرار ندارد و سرعت پیشرفت آن تنها به این مربوط می‌شود که نسبت به پیامدهای ساخت چنین دستگاه‌هایی تا چه حد بی‌توجه باشیم. تقاضای چنین محصولاتی در آینده به طور حتم بسیار زیاد خواهد بود و توسعه به کارگیری آنها به زودی به جای اینکه تحت تاثیر علوم پایه باشد، به جداول زمانی توسعه محصول مربوط خواهد شد. با این حال هر تکنولوژی تازه‌ای موارد غافلگیرکننده‌ای را نیز با خود به همراه دارد. درست همان‌طور که امروز از «جدا افتادگی دیجیتال» ناشی از سطح دسترسی متفاوت به اینترنت به عنوان نوعی

8. William Gibson

تبعیض آموزشی یاد می‌شود، آیا کاشت‌های مغزی می‌توانند این موانع تبعیض آمیز را رفع کنند یا آنها را تشدید می‌کنند؟ با توجه به افرادی که توان مالی دسترسی به آخرین به روز رسانی‌های مربوط به کاشت مغزی را دارند، چه طبقات اقتصادی و اجتماعی تازه‌ای پدید خواهند آمد؟ ما در حال برداشتن گام‌های به شدت واقعی به سوی فصل‌های آغازین همه کتاب‌هایی هستیم که گیبسون تاکنون نوشته است و یا حتی باید آماده مواجهه حقیقی با همه کتاب‌هایی باشیم که او اکنون در ذهنش می‌پروراند.

ملاقات نرم‌افزار با خیس افزار

مهندسی ژنتیک، داروهای احیاءکننده و فن‌آوری اطلاعات در نهایت هم‌گرا خواهند شد. پل زدن میان پردازش رایانه‌ای و مواد زنده مزایا و چالش‌هایی را به همراه خواهد داشت. درست همان‌طور که اتصال به شبکه‌ها باعث پیچیده شدن امنیت نظام بانکی، بخش زیرساختی مانند سدها و نیروگاه‌ها و بخش تولید شده است. چنین چالش‌هایی ما را دوباره به گیبسون و صفحات آغازین نخستین رمانش، نورومنسر[9]، می‌رساند، جایی که شخصیت داستان درمی‌یابد که عضو مهندسی شده و پیوند زده شده به او، هک شده تا زهری را در بدنش منتشر کند و او برای دریافت پادزهر باید کاری که توسط هکر از او خواسته شده را انجام دهد. همین حالا هم اعضای بدن مهندسی شده در آزمایش‌های درمانگاهی به کار می‌روند و هنگامی که این فن‌آوری در آینده به طور یکنواخت و متقارن توزیع شود و در دسترس همگان قرار بگیرد، باید نگران بدافزارهایی باشیم که در خیس‌افزار ما قرار گرفته‌اند. اگر این خیس‌افزار پس از قرارگیری در بدن نیازمند به روز رسانی باشد چه؟ چه کسانی مسئول مدیریت این به روز رسانی‌ها خواهند بود و آیا چنین افرادی اجازه ارسال کدهای رایانه‌ای جدید از طریق شبکه بیولوژیکی را خواهند داشت، شبیه به آنچه امروز در به روز رسانی نرم افزارهای تلفن‌های همراه هوشمند انجام می‌شود؟ به بیان دیگر، آیا ما برای تنظیمات باید به پزشک مراجعه کنیم و یا اینکه

9. Neuromancer

کدهای بیولوژیکی به شیوه دیگری منتشر می‌شوند، مثلا به شیوه‌ای که به طور همزمان برای همه انجام شود؟ آیا قادر خواهیم بود که از دریافت این به روز رسانی‌ها اجتناب کنیم؟ در نهایت اینکه چه کسی گذرواژه عضوهای کاشته شده ما را خواهد شد، صرف‌نظر از اینکه گذرواژه عضوهای کاشته شده چه مفهومی در آن زمان خواهد داشت.

بار دیگر باید یادآور شد که هرچند عجیب به نظر می‌رسد، اما هیچ‌کدام از این سناریوها با در نظرگرفتن آنچه ما از فیزیک، زیست‌شناسی و شیمی می‌دانیم غیرممکن نیستند. درست همانند مودم قشری، تقاضای هنگفتی نیز برای فن‌آوری‌هایی وجود خواهند داشت که از بیماری‌های ناشی از کهولت سن بکاهند و به کیفیت زندگی سالمندان بیافزایند، در نهایت سالخوردگی را از نقطه پایانی اجتناب ناپذیر به فرآیندی مدیریت شده و پیوسته تبدیل کنند. با این وجود هنوز راهی طولانی برای تحقق این هدف در پیش است.

هم مودم قشری و هم داروهای احیاکننده نمونه‌های عملی ظرفیت مهندسی بشر برای مواجهه با دریایی از ناشناخته‌ها هستند. ما هنوز نمی‌توانیم یک مغز، یا هرچیزی که حتی کم و بیش شبیه مغز کار کند، را طراحی کنیم چرا که درک ما از شیوه عملکرد سلول‌های مغزی، چه به صورت انفرادی و چه به صورت گروهی، ناقص است. با این وجود، ما با بی‌توجهی به این درک ناقص، قابلیت‌های تازه‌ای را برای فیزیولوژی انسانی بنا نهاده‌ایم. اکنون زبان نورون‌ها (یاخته‌های عصبی) را در آن حد می‌توانیم بخوانیم و بنویسم که قادر باشیم آنها را به طور مستقیم به رایانه‌های بی‌جان متصل کنیم. همین حالا آن‌قدر در مورد رفتار سلول‌های انسانی کنترل داریم که بتوانیم آنها را در کنار یکدیگر به شکلی مفید قرار دهیم تا آنها به کمک مکانیزم‌هایی که کاملا از آنها سر در نمی‌آوریم به اندامی تبدیل شوند که عملکرد خوبی دارد. این دلالتی است بر اینکه دامنه بیوتکنولوژی در دهه‌های پیش‌رو به آنچه در مورد ذرات بیولوژیکی می‌دانیم محدود نخواهد بود بلکه به این بستگی دارد که تا چه حد بتوانیم آنچه در عمل در مورد

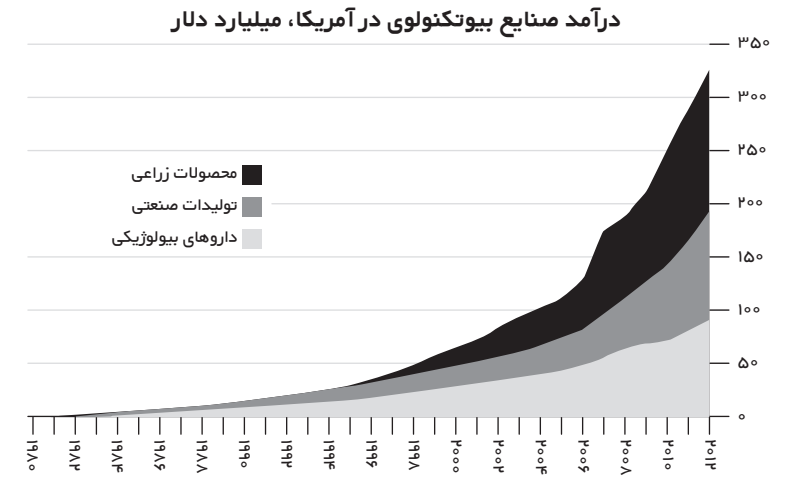
عملکردهـای بیولوژیکـی می‌شناسـیم را بـه خوبـی در کنـار یکدیگـر بچینیـم. ایـن شـیوه‌ای اسـت کـه در طـول تاریـخ هـم بـه نتایـج قابـل توجهـی منتهـی شده است.

پایه و اساس توسعه بیوتکنولوژی

هرچنـد مـا هنـوز در حـال یادگیـری شـیوه‌های موثـر و ایمـن مرمـت و اصـلاح بـدن انسـان هسـتیم کـه ژنوم‌هـا را در بـر می‌گیرنـد، امـا چندیـن دهـه اسـت کـه در آزمایشـگاه‌ها مشـغول خوانـدن و نـگارش کدهـای ژنتیکـی بـرای دیگـر جانـداران هسـتیم. تقاضـا بـرای ایـن فـن‌آوری بسـیار زیـاد اسـت. بـا توجـه بـه کشـش اقتصـادی مربـوط بـه بیوتکنولـوژی، بـه رغـم اینکـه ایـن گرایـش گام‌هـای نخسـتین را بـر مـی‌دارد، شـناخت اینکـه بـه کـدام سـو می‌رویـم ضـرورت دارد. فعالیت‌هـای تجـاری مبتنـی بـر اصـلاح ژنتیکـی بـه تدریج و بدون سر و صدا، نقشی پررنگ در اقتصاد آمریکا یافته‌اند.

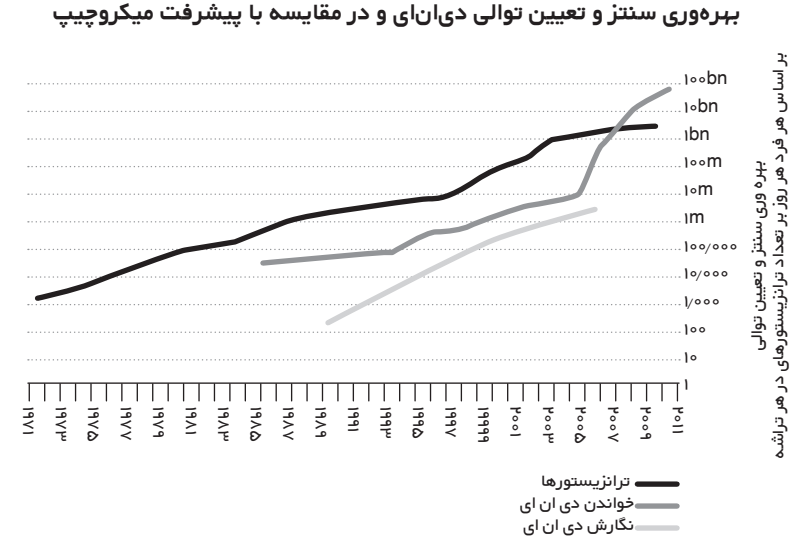
در سـال ۲۰۱۲ سـهم بیوتکنولـوژی از درآمـد ایـالات متحـده از ۲ درصـد تولیـد ناخالـص داخلـی فراتـر رفتـه بـود (بنگریـد بـه نمـودار ۳-۱). زیسـت دارو، محصولاتـی کـه اصـلاح ژنتیکـی شـده‌اند و بیوتکنولـوژی صنعتـی (ماننـد سـوخت‌ها، آنزیم‌هـا و مـواد بیولوژیکـی) مهمتریـن زیربخش‌هـای ایجـاد کننـده ایـن درآمـد بوده‌انـد. اگـر بیوتکنولـوژی بـه عنـوان یـک صنعـت در نظـر گرفتـه شـود، سـهم آن در اقتصـاد در سـال ۲۰۱۲ بیشـتر از بخـش معـدن (۰.۹ درصـد)، بخش‌هـای همگانـی ماننـد آب و بـرق (۱.۵ درصـد)، بـا بخـش سـاخت رایانـه و محصـولات الکترونیکـی (۱.۶ درصـد) بـوده اسـت. اگـر انـدازه نسـبی بخـش بیوتکنولـوژی غافلگیرکننـده بـه نظـر می‌رسـد بـه ایـن خاطـر اسـت کـه بـه نـدرت مـورد سـنجش قـرار گرفتـه اسـت. منفعـت اقتصـادی ناشـی از بخـش نیمـه رسـاناها بـه اقتصـاد آمریـکا از سـال ۱۹۵۸ توسـط وزارت بازرگانـی آمریـکا مـورد سـنجش قـرار گرفتـه یعنـی از زمانـی کـه سـهم آن کمتـر از ۰.۱ درصـد اقتصـاد بـود؛ در حالـی کـه تـا سـال ۲۰۱۶ هیـچ سـنجش رسـمی از انـدازه بخـش بیوتکنولـوژی انجـام نشـده اسـت. در نتیجه تاثیر اقتصادی آن برای ما غافلگیرکننده به نظر می‌رسد.

نمودار ۳ـ۱ برخاستن



منابع؛ بیواکونومی، نیچر بیوتکنولوژی

نمودار ۳ـ۲ کارلسون و قانون مور



منبع: رابرت کارلسون

استفاده ابزارهای تجاری موجود

درآمدهـای ناشـی از بخـش بیوتکنولـوژی بـه طـور فزاینـده‌ای بـه توانایـی خوانـدن، اصـلاح و نـگارش کدهـای ژنتیکـی یـک جفـت بـاز دی‌ان‌ای[10] در واحـد زمـان تکیـه دارنـد. بـه لطـف توانایی‌هایـی کـه در سـی سـال اخیـر توسـعه یافته‌انـد، ابزارهـای خـودکار اکنـون دسـتورالعمل‌های الکترونیـک و بیولوژیـک را بـه طـور مسـتقیم در هـم می‌آمیزنـد. ایـن مقیـاس زمانـی از ایـن بابـت اهمیـت دارد کـه کوتاه‌تـر از زمانـی اسـت کـه از حـالا تـا سـال ۲۰۵۰ (میـلادی) یعنـی سـال پایانـی دوره مدنظـر ایـن کتـاب باقـی مانـده اسـت. در یـک بـازه زمانـی سـی سـاله دیگـر، ایـن فـن‌آوری بـه مراتـب ارزان‌تـر، فراگیرتـر و تواناتـر خواهـد بـود. از سـال ۱۹۸۵، هزینه‌هـای خوانـدن و نـگارش دی‌ان‌ای کاهـش یافتـه در حالـی کـه توانایـی میـزان انجـام آن در واحـد زمـان بـه صـورت حداقـل نمایـی رشـد کـرده و تقریبـا هـر ۱۸ مـاه دو برابـر شـده اسـت. طـی سـال‌های اخیـر، میـزان بهـره‌وری در تعییـن توالـی یـا چیدمـان ژنیتیکـی بـه صـورت ابرنمایـی رشـد کـرده آن هـم بـه لطـف تقاضـای رو بـه افزایـش بـرای خوانـدن و نـگارش دسـتورالعمل کدهـای ژنتیکـی انسـان، ژن‌هـای بیماری زا، تومورهـا، محصـولات کشـاورزی، حیوانـات خانگـی و هـر ارگانیسـم طبیعی‌ای که در دسترس دانشمندان بوده است.

بـه لطـف فن‌آوری‌هـای دیجیتـال، ایـن توالی‌هـای ژنتیکـی ثبـت شـده مجموعـه‌ای از دسـتورالعمل‌های مفیـد بـرای ایجـاد توانایی‌هـای ژنتیکـی تـازه جهـت تولیـد ارگانسـیم‌هایی را فراهـم آورده کـه تـا امـروز بـه طـور عمومـی بـرای میکروب‌هـا و گیاهـان بـه کار گرفتـه شـده‌اند. ایـن دی‌ان‌ای تـازه می‌توانـد تنهـا یـک پروتئیـن باشـد کـه در بخـش داروسـازی بـه کار مـی‌رود و یـا می‌تـوان کـد مربـوط بـه یـک مسـیر آنزیمـی کامـل باشـد کـه می‌توانـد بـه تولیـد مولکول‌هایـی بیانجامـد کـه امـروز در بشـکه‌های نفـت یافـت می‌شـوند. پـس از دهه‌هـا تـلاش بـرای یادگیـری برنامـه نویسـی بیولوژیکـی، امـروز مـا دیگـر در طراحی‌هـا تنهـا بـه ژن‌هـای قابـل یافـت در طبیعـت و یـا سازوکار آنها محدود نیستیم و فراتر از آن رفته‌ایم.

اکنـون می‌تـوان کـدی ژنیتیکـی را بـر اسـاس عملکـرد بـه خصوصـی

10. DNA base pair

نوشت و سپس همه این دستورالعمل‌ها را در یک ژنوم قرار داد. هرچند، همچون مودم قشری و اندام‌های مصنوعی، ما در حالی شروع به مهندسی ژنتیک می‌کنیم که به طور دقیق نمی‌دانیم همه اجزای آن چگونه عمل خواهند کرد؟ پیچیده‌ترین چیدمان ژنتیکی که اکنون در استفاده‌های تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد تنها از حدود دوازده ژن قرار گرفته درژنوم‌های مخمر تشکیل شده خودشان از بیش از پنج هزار ژن تشکیل شده‌اند که اطلاعات بسیار اندکی در مورد برخی از این ژن‌ها وجود دارد. مهندسی ژنتیک اکنون در حال رمزگشایی از سیستمی پیچیده است؛ آن هم در حالی که دستورالعمل یا کتاب راهنمای کاملی برای آن وجود ندارد. سرمایه‌گذاری هنگفت طی سی سال پیش‌رو می‌تواند در بهبود این میزان از بی توجهی به کار بیاید.

احتمالا دهه‌های پیش‌رو را صرف آموختن چگونگی کنار هم قرار گرفتن همه بخش‌ها و سیستم‌های تشکیل دهنده حیات خواهیم کرد. این اجزا، عملکردهای آنها و فعل و انفعالات میان آنها محدود هستند و با احتمال بسیار زیاد در طول زمان ما به طور کامل قادر به تفسیر آنها خواهیم بود. هم‌زمان با بهبود شناخت، تقاضای رو به رشد بازار به طور اجتناب ناپذیری به بهبود توانایی‌های مهندسی خواهد انجامید. زمانی که ما بالاخره می‌دانیم که مشغول به چه کاری هستیم جهان چگونه خواهد بود؟

آینده‌ای که مهندسی ژنتیک به همراه می‌آورد

برای ترسیم آینده مهندسی بیولوژیک، مهندسی معکوس مثال زیر را در نظر بگیرید. تصور یک بوئینگ ۷۷۷ حین پرواز در سال ۱۸۹۲ یعنی یک قرن پیش از پرواز این هواپیما چگونه بود؟ در دوره‌ای که خودروها خبر مهمی محسوب می‌شدند و اسب‌ها و فضولات آنها هنوز بخشی از زندگی روزانه محسوب می‌شد، هر جنبه مربوط به شکل امروزی ماشین‌های پرنده یک راز محسوب می‌شد. مواد و شیوه‌هایی که در ساخت هواپیمای بوئینگ به کار رفته‌اند، موتورها و سیستم‌هایی که آن

را در هـوا نگـه می‌دارنـد، محاسـبات، پردازش‌هـا و مدیریـت پیچیدگی‌هایـی کـه امـکان می‌دهنـد خلبانـی خـودکار (اتوپایلـت[11]) نـود درصـد برخاسـتن و نشسـتن‌ها را مدیریـت می‌کنـد، همگـی در آن زمـان کامـلا غیرمحتمـل بـه نظـر می‌رسـیدند. هواپیمـای بوئینـگ ۷۷۷ در سـال ۱۸۹۲ (کـه از آن زمـان تاکنـون تغییـری نکرده‌انـد) آشـکارا فراتـر از تصـور یـا توانایی‌هـای مهندسـی آن زمـان بـود، هرچنـد کـه طبـق قوانیـن فیزیـک (کـه تاکنـون تغییـری نکرده‌انـد) چنیـن امکانـی وجـود داشـت. سـپس، طـی یـک دوره ۱۰۰ سـاله، قطعـات و تکه‌هـای تشـکیل دهنـده یـک بوئینـگ ۷۷۷ بهبـود یافتـه، اصـلاح شـدند و در کنـار یکدیگـر قـرار گرفتـه و بـه خوبـی کار کردنـد بـه گونـه‌ای کـه امـروز بـه نظـر امـری متـداول می‌آیـد. ایـن زیرسـاخت اکنـون آن‌قـدر تکامـل یافتـه و بـه خوبـی یکپارچـه شـده کـه طراحـان می‌تواننـد پشـت میزهایشـان بنشینند و خطوط تولید اتوماتیک در سوی دیگر جهان را مدیریت کنند.

بـا ایـن وجـود مـا هنـوز کامـلا نمی‌دانیـم کـه هوابرهـا (بال‌هـای هواپیمـا) چگونـه تعـادل پـروازی خـود را در جریـان هوایـی آشـفته حفـظ می‌کننـد. طراحی‌هـای مـا بـه جـای آنکـه بـر پایـه شـرح دقیـق و جزئـی پـرواز بنـا نهـاده شـده باشـد، بـر پایـه مدل‌هـای محاسـباتی پویایـی سـیال قـرار گرفتـه کـه بیشـتر از داده‌هـای بـه دسـت آمـده از شبیه‌سـازی بهـره می‌برنـد. در نهایـت مـا بـه ایـن هواپیماهـای برآمـده از شبیه‌سـازی‌ها اطمینـان داریـم. بـه رغـم همـه کمبودهـای علمی‌مربـوط بـه پـرواز، محصـولات تولیـد شـده بـر اسـاس «طراحـی بـرای سـاخت» آن‌قـدر ایمـن و البتـه قابـل تولیـد مجـدد هسـتند که مـا در آنهـا درسـت پـس از برخاسـتن هواپیمـا بـه خـواب فـرو می‌رویـم. اینکـه هوانـوردی مـدرن امـروز چنـدان هیجان‌انگیـز بـه نظـر نمی‌رسـد، در واقـع سـرنخی بسـیار مفیـدی در مـورد آینـده بیوتکنولـوژی اسـت. هرچنـد ممکـن اسـت کلیشـه‌ای بـه نظـر برسـد، امـا در آینـده تولیـد محصـولات بیولوژیکـی همان‌قـدر کسـل کننـده خواهـد بـود کـه سـاخت و پـرواز هواپیماهـا امـروز امری متداول به نظر می‌رسد.

چنیـن تحولـی همیـن حـالا هـم آغـاز شـده اسـت. صنعـت اتوماسـیون

11. Autopilot

طراحی بیولوژیکی، شبیه همان روشی که در هوانوردی مدرن به کار گرفته می‌شود، اکنون در حال سربرآوردن از شرکت‌های نوپای بلندپرواز در قاره‌های مختلف است. شرکت‌های داروسازی و بیوتکنولوژی بزرگ که از چابکی لازم برای هدایت بخش تحقیق و توسعه به این مسیر برخوردار نیستند، اصلی‌ترین مشتری‌های رویکرد تازه به حساب می‌آیند. هنگامی‌که طراحی برای ساخت و تولید بیولوژیک به جنبه متداول مهندسی زیستی تبدیل شود، ما به امکانی تکنولوژیکی دسترسی خواهیم داشت که به‌وسیله آن قادر خواهیم بود تقریبا هر چیزی که در طبیعت مشاهده می‌کنیم را بسازیم. در آینده، مرزهای بیوتکنولوژی از محدودیت‌های امروزی مربوط به اجزاء و فرآیندهای بیولوژیکی به مراتب فراتر خواهد رفت.

همراه با گسترش توانایی‌های ما برای دستکاری‌های بیولوژیکی، خلاقیت ما که اکنون محدود به تجربیات امروزی است نیز به مرور گسترش خواهد یافت. زمانی که از محدویت‌های امروزی رها شویم، با استفاده از اجزاء و ترکیبات بیولوژیکی چه چیزهایی را خواهیم ساخت؟ با نگاه به پروژه دیگر دارپا که تلاش می‌کند با استفاده از زیست‌شناسی شیوه دستکاری اجسام بی‌جان را تغییر دهد، می‌توانیم نشانه‌هایی از پاسخ پرسش بالا را بیابیم.

سنتز شیمیایی استاندارد در علم شیمی (که شامل ترکیب چند ماده اولیه و بدست آوردن ماده‌ای جدید از واکنش شیمیایی میان مواد اولیه است) مجموعه‌ای از مولکول‌ها را فراهم آورده که سنگ بنای اقتصاد مدرن هستند. به دست آوردن بسیاری از محصولات امروز تنها از مولکول‌های کاملا ساخت بشر بدست آمده‌اند. سنتز شیمیایی از طریق مواردی مانند پلاستیک، روکش‌ها یا کاتالیروزها جهان ما را به معنای واقعی متحول کرده است. اما سنتز شیمیایی تنها برای ساخت بخش کوچکی از همه موادی قابل تصور از نظر تئوری به کار گرفته شده است. در مقابل آنزیم‌ها می‌توانند فعل و انفعلات شیمیایی را به گونه‌ای مدیریت کنند که امکان دسترسی به دامنه گسترده‌تری از مواد بالقوه

فراهم شود. دارپا قصد دارد با توسعه این توانایی و به کارگیری ترکیب‌های تازه‌ای از آنزیم‌ها هزاران ماده‌ای را بسازد که پیش‌تر وجود نداشته‌اند. علاوه بر این، پس از یک قرن تلاش، آن‌قدر در مورد بیوشیمی آموخته‌ایم که بتوانیم آنزیم‌های جدید با توانایی‌های تازه را طراحی کنیم به گونه‌ای که دسترسی به دامنه وسیع تری از مواد را ممکن سازند.

بنابراین، حتی در حالی که برای توصیف همه‌جانبه و دقیق زیست‌شناسی تلاش می‌کنیم، همین حالا هم از آن برای دور زدن بسیاری از محدودیت‌های مربوط به فن‌آوری‌های توسعه یافته پس از قرن بیست و یکم بهره می‌بریم. فراتر از ساخت مواد تازه، فن‌آوری‌های بیولوژیکی به عنوان بخش عملیاتی مهمی از سیستم‌های تولید شده از موادی مانند سیلیکون و فلز در نظر گرفته می‌شوند. بیوتکنولوژی، شیوه ذخیره سازی اطلاعات دیجیتالی را متحول خواهد کرد.

از دیسک به دی‌ان‌ای

اینترنت آن‌قدر سریع رو به گسترش است که نیاز ما برای بایگانی داده‌ها به زودی از توانایی فن‌آوری‌های موجود فراتر خواهد رفت. اگر شیوه‌های فعلی ادامه یابند، در دهه‌های پیش‌رو نه تنها به صورت فزاینده و نمایی نیازمند نوارهای مغناطیسی، دیسک درایوها یا کارت‌های حافظه هستیم بلکه تعداد کارخانه‌های مورد نیاز برای تولید و انبار محصولات ذخیره سازی اطلاعات نیز باید رشد داشته باشند. حتی اگر چنین پدیده‌ای از نظر فنی محتمل باشد، اما از نظر اقتصاد غیرمحتمل است. اما زیست‌شناسی می‌تواند راه حلی را ارائه دهد. دی‌ان‌ای مدیومی به مراتب پیچیده‌تر از ابزار فعلی برای ذخیره سازی اطلاعات است و حجمی از اطلاعات که در آن می‌توان قرار داد به مراتب از ظرفیت حتی تئوری نوارهای مغناطیسی یا مواد جامد دیگر بیشتر است.

انباری بسیار بزرگ پر از نوارهای مغناطیسی را می‌توان با مقداری دی‌ان‌ای به حجم یک حبه قند جایگزین کرد. علاوه بر این، در حالیکه

نوارهـای مغناطیسـی ممکـن اسـت چندیـن دهـه دوام بیاورنـد و کاغذهـا چنـد هـزار سـال باقـی می‌ماننـد، مـا دی‌ان‌ای‌هـای دسـت نخـورده و سـالمی را در لاشـه‌های حیوانـات یافته‌ایـم کـه هفتصـد و پنجـاه هـزار سـال را بـه صـورت یـخ زده در تنـدرای کانـادا سـپری کرده‌انـد. در نتیجـه نیـاز بـه ترکیـب توانایـی مـا در خوانـدن و نـگارش دی‌ان‌ای بـا نیـاز رو بـه افزایـش مـا بـرای ذخیـره سـازی بلندمدت‌تـر اطلاعـات وجـود دارد. حتـی تـلاش بـرای کدنویسـی و بازیابی متن، عکس و ویدئو در دی‌ان‌ای همین حالا هم آغاز شده است.

دولت‌هـا و شـرکت‌ها نیـز بـه طـور مشـابه بـه ایـن فرصـت پـی برده‌انـد و هـر دو در حـال اختصـاص منابـع مالی بـرای حمایت از توسـعه زیرسـاخت‌های مربـوط بـه سـنتز و توالـی ژنتیکـی هسـتند. بـرای رقابت بـا نوارهای مغناطیسـی مرسـوم و هارددرایوهـا، یـک «دی‌ان‌ای درایـو» بایـد قـادر باشـد کـه معـادل حـدود ده ژنـوم انسـان را در یـک دقیقـه بنویسـد و بخوانـد کـه ایـن رقـم بیـش از ده برابـر تقاضـای جهانـی فعلـی بـرای توالـی یـا چیدمـان دی‌ان‌ای اسـت. انـدازه تقاضـا بـرای ذخایـر دی‌ان‌ای و قیمتـی کـه در آن ایـن ذخایـر بایـد کار کننـد، بـه طـور کامـل اقتصـاد خوانـدن و نـگارش اطلاعـات ژنتیکـی را تغییـر خواهـد داد و بازارهـای چنـد میلیـارد دلاری فعلـی موجـود بـرای بیوتـک را بـه حاشـیه بـرده و در همـان زمـان بـه طـور گسـترده‌ای توانایی‌هـای بازنویسـی برنامـه موجـودات زنـده و حیـات را گسـترش خواهـد داد. چنیـن کاربردهـای نامتعـارف و بـی سـابقه‌ای از بیوتکنولـوژی در طـول زمـان افزایـش خواهنـد یافت.

سرزمین شیر و بیوپول[12]

توانایی‌هـای تولیـدی بالقـوه تخمیـر ناشـی از ادغـام زیست‌شناسـی و مهندسـی فرآینـد را در نظـر بگیریـد. صنعـت تولیـد آبجـو چـه از نظـر فنـی و چـه از نظـر اقتصـادی در همـه مقیاس‌هـا کار می‌کنـد؛ از تولیـد میلیون‌هـا لیتـر در سـال توسـط غول‌هـای چنـد ملیتـی گرفتـه تـا چنـد هـزار کارگاه کوچـک کـه فرآینـد تولیـد در آنهـا بسـیار سـنتی اسـت. ایـن سـاختار صنعتـی

12. Biomoney

نشـان می‌دهـد کـه تولیـد بیولوژیکـی قابـل دسـترس در نقـاط مختلـف می‌توانـد بـه رقیبـی بـرای تولیـد متمرکـز تبدیـل شـود و ایـن بـاور ایجـاد شـود کـه اصطـلاح «صرفـه جویـی در مقیـاس» همـواره بـه نفـع شـرکت‌های بـزرگ نیسـت. عـلاوه بـر ایـن، شـرکت‌های نفتـی بـزرگ و یکپارچـه تنهـا در صـورت در میـان بـودن ده‌هـا میلیـارد دلار سـرمایه قابـل زیسـت هسـتند، در حالـی کـه کسـب و کارهـای تخمیـر محـور می‌تواننـد تنهـا بـا چنـد هـزار دلار تجهیزات فعالیت کنند.

بـا طراحـی مجـدد سـهم بیولوژیکـی چنیـن محصولاتـی می‌توانیـم بـه ظهـور بازارهایـی کامـلا سـودآور و کامـلا انعطاف‌پذیـر امیـدوار باشـیم. آبجـو کـه بخـش بیشـتر آن را آب تشـکیل می‌دهـد حداکثـر چنـد دلار بـرای هـر لیتـر مـی‌ارزد، امـا میکروب‌هـا می‌تواننـد مولکول‌هایـی را پدیـد بیاورنـد کـه بهـای آنهـا بـه چندیـن هـزار دلار بـرای هـر لیتـر برسـد. از سـهم بیـش از ۱۰۵ میلیـارد دلاری صنعـت بیوتکنولـوژی در اقتصـاد آمریـکا در سـال ۲۰۱۲، حداقل ۶۶ میلیـارد دلار از محصـولات بیوشـیمی تخمیـری بـه دسـت می‌آیـد کـه همیـن حـالا صنایـع پتروشـیمی را در بازارهـای جهانـی بـه چالـش کشـیده‌اند (البتـه در اینجـا بیواتانـول در نظـر گرفتـه نشـده کـه تنهـا در آمریـکا در سـال ۲۰۱۲ ده میلیارد دلار به تولید ناخالص داخلی افزوده است).

بـه عنـوان نشـانه دیگـری از تقاضـای رو به رشـد بـرای صنعـت بیوتکنولوژی می‌تـوان گفـت کـه صنایـع داروسـازی اکنـون در حـال گـذار از داروهـای شـیمیایی و داروهـای مولکولـی کوچـک ماننـد آنتی‌بیوتیک‌هـا بـه سـوی داروهـای بیولوژیکـی هسـتند تـا از ایـن طریـق در هزینه‌هـا، پسـماندها و میـزان انتشـار کربـن صرفه‌جویـی کننـد. تقاضـای رو بـه افزایـش ایـن محصـولات شـیمیایی تجدیدپذیـر از طریـق سیسـتم‌های تولیـدی تشـکیل شده از اجزای بیولوژیکی و غیربیولوژیکی برطرف خواهد شد.

کشـاورزان همیـن حـالا نیـز بـه مزایـای رویکردهـای ترکیبـی ماننـد شیردوشـی رباتیـک بـرای تولیـد لبنیـات پـی برده‌انـد. گاوهـا و ربات‌هـا همـراه بـا یکدیگـر سـامانه یکپارچـه‌ای بـا بهـره‌وری و سـودآوری بسـیار بـالا را تشـکیل می‌دهنـد کـه همیـن حالاتعـداد چنیـن سـامانه‌هایی کـه مشـغول بـه کارنـد

از ۲۵ هزار سامانه فراتر می‌رود. گاوها به سرعت می‌آموزند که هر زمان که باب میلشان باشد وارد جایگاه شیردوشی شوند. در حالی که سلامت و بهره‌وری آنها نیز توسط تراشه‌های الکترونیکی که در قلاده آنها قرار داده شده تحت نظر است و این را می‌توان نوعی «اینترنت گاوها» نامید. مهم اینکه به نظر می‌رسد گاوها هم از چنین سیستمی نفع می‌برند چرا که دفعات کمتری مورد معاینه پزشک قرار می‌گیرند و شیر بیشتری تولید می‌کنند. اتوماسیون فرآیندهای آماده سازی غذا و جمع آوری فضولات گاوهای متصل به شبکه را نیز می‌توان به این فهرست افزود.

نکته حیاتی در اینجا، همچون تولید آبجو، این است که دامپروری‌هایی که اتوماسیون را به کار گرفته‌اند از سیستم تولید با بهره‌وری بالا، انعطاف‌پذیر و به خوبی توزیع شده بهره برده‌اند. این یکپارچه‌سازی گسترش روندی چندین دهه‌ای است که در آن تولید شیر دو برابر شده در حالیکه اندازه «ناوگان شیردهی» یا همان تعداد دام‌های به کار گرفته شده برای تولید شیر به نصف کاهش یافته است.

حالا تصور کنید که این «مازاد» گاوها می‌توانند به جای شیر سوخت یا مواد شیمیایی دیگر تولید کنند حجم چنین محصولاتی می‌توانند معادل میزان ذکر شده در فرمان تولید سوخت‌های تجدیدپذیر در آمریکا برای سال ۲۰۱۷، یا تقریبا ۱۷ درصد کل تقاضای بنزین در آمریکا باشد.

بنابر برنامه‌های فعلی، برآورده ساختن مقادیر ذکر شده در فرمان تولید سوخت‌های تجدیدپذیر نیازمند ۱۷۰ میلیارد دلار برای ساخت صدها «پالایشگاه بیوتکنولوژی یکپارچه» است که تصور دقیقی هم از آنها وجود ندارد. در مقابل، ارزش ناوگان شیردهی آمریکا امروز حدود ۲۰ میلیارد دلار است. اگر ۱۰ میلیارد دلار هم برای یافتن شیوه‌های مهندسی گاوها برای تولید سوخت و محصولات شیمیایی اختصاص دهیم، هنوز به راحتی بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار جلو هستیم.

با این حال هزینه‌های توسعه احتمالا حتی کمتر خواهند بود، چرا

که برای مهندسی زیستی گاوهای فعلی که برای تولید شیر خودشان به جایگاه شیر می‌روند مجبور نیستیم که گام‌های بلندی برداریم. ما همین حالا نیز می‌دانیم که می‌توانیم سامانه‌ای تخمیری بسازیم که میکروب‌هایی مهندسی را در بر بگیرد که بتوانند مواد اولیه ارگانیک را مصرف کرده و مواد شیمیایی با ارزش تولید کنند. همان‌طور که حضور ربات‌های خودکار که با چرخ یا پا به این سو و آن سو می‌روند قریب الوقوع به نظر می‌رسد. ترکیب این فن‌آوری‌ها به طور کامل شیوه مدیریت منابع و سازمان‌دهی تولید را متحول خواهند کرد.

چطوری[13]، کوبورگ[14]

ربات‌هایی مجهز به پیمانه‌های فرآوری بیوتکنولوژی را تصور کنید که به آرامی به این سو و آن سوی چراگاه می‌روند و مجموعه‌ای از محصولات زراعی را مصرف کرده و این مواد را به مجموعه‌ای از مواد از سوخت و مواد شیمیایی گرفته تا دارو در می‌آورند و سپس محصولات تولید شده را به مراکز جمع آوری محصول می‌برند. این ربات‌ها ممکن است شبیه گاو باشند یا به سادگی شبیه ربات‌های جمع آوری محصول امروزی باشند که اتوماتیک هستند، با کمک ماهواره هدایت می‌شوند و با مخازن تخمیر آمیخته شده‌اند. این «کوبورگ»های دوگانه که در واقع مخمرهای متحرک کوچک هستند، می‌توانند خودکار بوده و به سازوکار اصلی تولید محصولات بیولوژیکی تبدیل شوند.

شکل نهایی این موجودات دوگانه هرچه که باشد، بی تردید ما اجزاء بیولوژیک، ربات‌ها و پردازش گرهای دیجیتال را به بهترین شکل ممکن به کار خواهیم گرفت. پیام فراگیر این نیست که مرزهای زیست‌شناسی به وسیله پردازش دیجیتال گسترش خواهند یافت بلکه پیام اصلی این خواهد بود که هر دوی این فن‌آوری‌ها به خاطر تاثیرات

13. Howdy

عبارتی که برای حال و احوال خودمانی در زبان انگلیسی به کار می‌رود.

14. Cowborg

اشاره نویسنده به شخصیت کارتون کوبورگ شکست ناپذیر است که در آن کوبورگ در واقع گاوی رباتیک است.

متقابل به سوی مسیرهای تازه‌ای حرکت خواهند کرد.

چنین تصویری شاید خیلی خارق‌العاده و کمی تخیلی به نظر برسد، اما به خاطر داشته باشید که این کتاب پیشرفت‌هایی را مدنظر دارد که در فاصله زمانی کمی بیش از سه دهه روی خواهند داد. از آنجا که مزایای بیوتکنولوژی همین حالا هم تقاضای قابل توجهی ایجاد کرده و از آنجا که موانع مربوط به آن به سرعت در حال سقوط هستند، در بازه زمانی سی ساله باید انتظار داشت که اقتصاد ما به شدت به ابزارهای دوگانه‌ای وابسته شود که بخش‌های جاندار مهندسی شده و بخش‌های بی‌جان را همزمان در خود دارند.

به سختی می‌توان به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد که مصنوعات آینده چه عملکردی خواهند داشت یا چه شکلی خواهند بود. اما، با نگاه به آینده، می‌توان گفت که موضوع کلیدی این خواهد بود که محدودیت‌های گذشته دیگر وجود نخواهند داشت. آینده نه توسط زیست‌شناسی آن‌طور که ما می‌شناسیم بلکه توسط زیست‌شناسی‌ای که فردا می‌سازیم تعریف خواهد شد.

فصل چهارم

فرای قانون مور

تیم کراس[1]

پیشرفت‌های خارق‌العاده در قدرت ریزپردازنده‌ها انقلابی رایانه‌ای را پدید آورده است. این انقلاب برای تداوم در آینده باید راه‌های دیگری بیابد.

1. Tim Cross

در سال ۱۹۷۷، شرکت اینتل[1] که در آن زمان شرکتی گمنام در نوعی از فعالیت محسوب می‌شد که بعدها به دره سیلیکون[2] شهرت یافت، تراشه‌ای را تولید کرد که ۴۰۰۴ نامیده شد. این نخستین ریزپردازنده‌ای بود که به صورت تجاری تولید شده بود و همه مدارهای الکترونیکی لازم برای محاسبات ریاضی را در مساحتی بسیار کوچک جای می‌داد. چنین ریزپردازنده‌ای در زمان خود اعجوبه‌ای محسوب می‌شد. چرا که از ۲۳۰۰ ترانزیستور باریک تشکیل شده بود که عرض هر کدام حدود ده هزار نانومتر (یا یک میلیاردم متر) بود که معادل اندازه گلبول قرمز خون است. ترانزیستور کلیدی الکترونیک است که می‌تواند در وضعیت روشن یا خاموش قرار بگیرد و تمثیلی فیزیکی از یک‌ها و صفرهایی ارائه دهد که اجزای اساسی اطلاعات محسوب می‌شوند.

در سال ۲۰۱۵، شرکت اینتل که دیگر بزرگترین تراشه‌ساز جهان به حساب می‌آید و در سال بیش از ۵۵ میلیارد دلار درآمد داشت، تراشه «اسکای‌لیک[3]» را عرضه کرد. شرکت دیگر تعداد دقیق ترانزیستورها را اعلام نمی‌کند، اما بهترین حدس این است که در این تراشه حدود یک و نیم تا دو میلیارد ترانزیستور جای گرفته‌اند و عرض هرکدام ۱۴ نانومتر است، آن‌قدر باریک که عملا قابل مشاهده نیستند و کوچکتر از مقیاس طول موجی از نور هستند که انسان می‌تواند ببیند.

همه می‌دانند که رایانه‌های امروزی بهتر از نمونه‌های قدیمی هستند. اما شرح اینکه چقدر بهتر چندان ساده نیست، مصرف‌کنندگان در هیچ شاخه دیگری از فن‌آوری چنین سرعتی از پیشرفت را تجربه نکرده‌اند. می‌توان از مقایسه با خودروها به عنوان استاندارد استفاده کرد: اگر صنعت خودروسازی از سال ۱۹۷۱ تاکنون همانند تراشه‌های رایانه‌ای پیشرفت کرده بود، حداکثر سرعت خودروهای مدل ۲۰۱۵ به سرعت ۴۲۰ میلیون مایل در ساعت (حدود ۶۷۶ میلیون کیلومتر در ساعت) می‌رسید. این تقریبا دو سوم سرعت نور است و یا به بیان

1. INTEL
2. Silicon Valley
3. Skylake

دیگر آن‌قدر سریع است که بتوان دور دنیا را در کمتر از یک پنجم ثانیه طی کرد. اگر این سرعت هم کافی نیست، پس پیش از پایان سال ۲۰۱۷ مدل‌های سریع‌تر از نور که دوبرابر سریع‌تر از مدل‌های قبلی هستند به نمایشگاه‌های خودرو راه می‌یافتند.

این پیشرفت حیرت آور یکی از پیامدهای مشاهده‌ای است که ابتدا در سال ۱۹۶۵ توسط بنیانگذار اینتل، گوردون مور[4]، صورت گرفت. مور به این نکته اشاره کرد که تعداد اجزائی که می‌توان در واحد سطح یک مدار قرار داد هر سال دو برابر می‌شود. این گزاره، که بعدها تعدیل شد و به صورت دو برابر در هر دو سال درآمد و به عنوان «قانون مور[5]» شناخته شد به قاعده‌ای تبدیل شده که پیشرفت کل صنعت رایانه بر اساس آن پیش می‌رود. هر سال شرکت‌های رایانه‌ای مانند اینتل و شرکت ساخت نیمه‌رسانای تایوان[6] میلیاردها دلار را به یافتن راه حلی برای کوچک ساختن اجزائی اختصاص می‌دهند که در تراشه‌های رایانه‌ای به کار می‌روند. قانون مور در این مدت به ساخت تراشه‌هایی کمک کرده که در همه وسایل از کتری‌ها گرفته تا خودروها (که به طور فزاینده‌ای می‌توانند خودشان را هدایت کنند) قرار دارند، جایی که میلیون‌ها انسان در جهان مجازی غوطه‌ور می‌شوند، بازارهای مالی توسط الگوریتم‌های رایانه‌ای هدایت می‌شوند و کارشناسان نگرانند که هوش مصنوعی به زودی همه مشاغل را تصاحب کند.

جایی برای کوچکتر شدن نیست

اما این توانی است که تقریبا همه آن به کار گرفته شده است. کوچکتر ساختن تراشه هر بار سخت‌تر و سخت‌تر می‌شود و با ترانزیستورهای فعلی که اندازه آنها معادل ده‌ها اتم است، به نظر می‌رسد که مهندسان دیگر بیش از این نمی‌توانند پیش بروند. از زمان عرضه تراشه ۴۰۰۴ در سال ۱۹۷۱ تا اواسط سال ۲۰۱۶ تقریبا ۲۲ دور از

4. Gordon Moore
5. Moore's law
6. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company

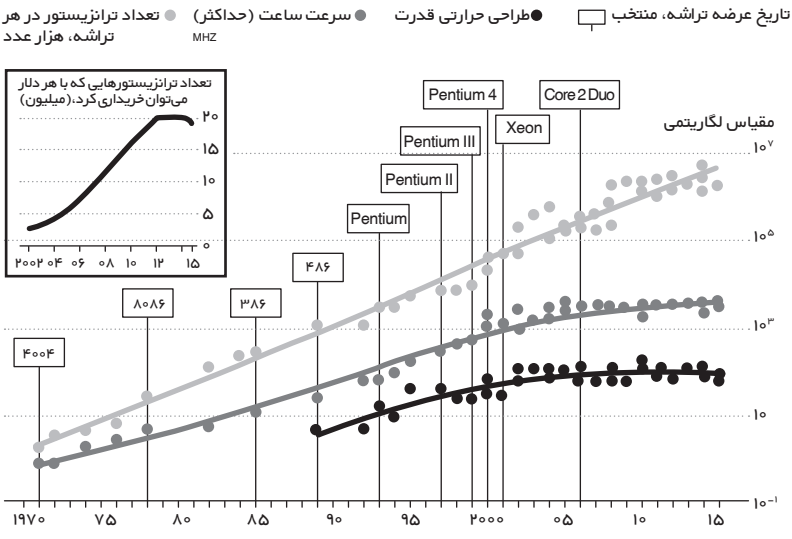
قانـون مـور طـی شـده اسـت. تـداوم ایـن قانـون تـا سـال ۲۰۵۰ بـه معنـی ۱۷ دور دیگـر از تحقـق آن اسـت کـه تـا آنجـا مهندسـان بایـد دریابنـد کـه چگونـه می‌تـوان رایانه‌هایـی سـاخت کـه اجـزاء آن کوچکتـر از کوچکتریـن عنصـر موجـود یعنـی اتـم هیـدروژن باشـند. تحقـق ایـن امـر، بـر اسـاس دانـش امـروز بشر غیرممکن است.

بـا ایـن وجـود واقعیت‌هـای اقتصـادی پیـش از واقعیت‌هـای فیزیکـی بـه کار قانـون مـور پایـان خواهنـد داد چـرا کـه منافـع کوچک‌سـازی ترانزیسـتورها دیگـر بـه انـدازه سـابق نیسـتند. پدیـده دیگـری کـه بـه قانـون مـور کمـک کرد «مقیـاس دنـارد[۷]» نـام دارد کـه ابتـدا توسـط رابـرت دنـارد[۸]، یکـی از مهندسـان شـرکت آی‌بی‌ام[۹] فرمولـه شـد و بنابـر آن کوچکتـر شـدن اجـزای تراشـه‌ها باعـث افزایـش سـرعت، کاهـش مصـرف انـرژی و کاهـش هزینـه تولید تراشـه‌ها می‌شـود. بـه بیـان دیگـر، تراشـه‌های کوچکتـر تراشـه‌های بهتـری هسـتند و بـه همیـن خاطـر صنعـت رایانـه توانسـته مصرف‌کننـدگان را قانـع کنـد کـه هـر چنـد سـال یـک بـار بـرای خریـد محصـولات تازه‌تـر دسـت بـه جیـب شـوند. امـا ایـن جـادو در حـال کمرنگ‌شـدن اسـت. کوچک‌سـازی تراشـه‌های دیگـر همچـون گذشـته آنهـا را سـریع‌تر و کاراتـر نمی‌کنـد (بنگریـد بـه نمـودار ۴-۱). در همیـن حـال هزینه‌هـای رو بـه افزایـش مربـوط بـه کوچـک سـازی تراشـه‌ها از حاشـیه سـود مالـی آنهـا می‌کاهـد. دومیـن قانـون مـور کـه از اولـی سـرگرم کننده‌تـر اسـت، تاکیـد می‌کنـد کـه هزینـه کارخانه‌هـای تولیـد تراشـه هـر چهـار سـال یکبـار دوبرابـر می‌شـود. هزینـه یـک کارخانـه مـدرن تولیـد تراشـه حـدود ۱۰ میلیـارد دلار اسـت. رقمـی کـه حتـی بـرای شـرکت اینتل هم رقمی هنگفت محسوب می‌شود.

همـه این‌هـا باعـث شـده کـه در میـان کارشناسـان دره سـیلیکون ایـن اجمـاع ایجـاد شـود کـه قانـون مـور بـه پایـان خـود نزدیـک می‌شـود. لینلی‌گوئنـپ[۱۰]، مدیـر یـک شـرکت تحلیل‌گـر در مـورد دره سـیلیکون، اعتقـاد دارد کـه «از منظـر

7. Dennard scaling
8. Robert Dennard
9. IBM
10. Linley Gwennap

نمودار ۴ـ۱ از نفس افتادن قانون مور



منبع: مجله اکونومیست

اقتصادی، قانون مور مرده است». داریو گیل[11]، مدیر بخش تحقیق و توسعه شرکت آی‌بی‌ام، نیز به همین میزان صداقت دارد و می‌گوید: «می‌توانم بگویم که آینده صنعت رایانه دیگر نمی‌تواند بر اساس قانون مور باشد» باب کلول[12]، طراح سابق تراشه در شرکت اینتل، اعتقاد دارد که صنعت تولید تراشه تا سال ۲۰۲۰ احتمالا تا جایی می‌تواند پیش برود که اجزاء آن تنها پنج نانومتر عرض داشته باشند «اما برای قانع کردن من در مورد اینکه بیش از این می‌توان پیش رفت به دردسر خواهید افتاد.»

به بیان دیگر، یکی از مهم‌ترین نیروهای فن‌آوری طی پنجاه سال اخیر به زودی به پایان خط خواهد رسید. تصور اینکه بهتر و سریع‌تر شدن رایانه‌ها با سرعتی فوق‌العاده ادامه خواهد یافت در باور مردم نسبت به

11. Dario Gil
12. Bob Colwell

آینده ریشه دارد که بسیاری از پیش‌بینی‌های دیگر این کتاب در مورد آینده، از خودروهای بدون راننده گرفته تا هوش مصنوعی بهتر و حتی گجت‌های مصرفی، نیز بر پایه آن بنا نهاده شده‌اند. راه‌های دیگری غیر از کوچک‌سازی اجزا نیز برای بهتر کردن رایانه‌ها وجود دارد. پایان قانون مور به معنی توقف انقلاب رایانه‌ای نیست، اما به این معنی است که دهه‌های پیش‌رو کاملا با دهه‌های گذشته متفاوت خواهند بود؛ چرا که هیچ کدام از راه حل‌های جایگزین به مطمئنی و تجدیدپذیری روش کاهش اندازه که طی نیم قرن اخیر به کار گرفته شده نیستند.

جنون سرعت

قانون مور با کوچک‌سازی رایانه‌ها باعث شد آنها از اشیائی عظیم که یک اتاق را پر می‌کردند به اجسامی ظریف تبدیل شوند که در جیب جا می‌شوند. قانون مور همچنین رایانه‌ها را کم‌مصرف‌تر کرده است. به گونه‌ای که یک تلفن همراه هوشمند که قدرت پردازشی معادل آنچه در سال ۱۹۷۱ در اختیار همه ملت‌های جهان بود را در اختیار دارد می‌تواند با یک بار شارژ باتری یک روز یا بیشتر دوام بیاورد. اما مشهورترین تاثیر قانون مور افزایش سرعت رایانه‌ها بوده است. تا سال ۲۰۵۰، یعنی زمانی که قانون مور به تاریخ پیوسته، مهندسان مجبورند تلاش کنند که روش‌های دیگری را برای افزایش سرعت رایانه‌ها به کار بگیرند.

راهکارهای ساده‌ای برای دستیابی به این هدف وجود دارد. یکی از آنها برنامه‌نویسی بهتر است. سرعت فوق العاده قانون مور در گذشته باعث شده که شرکت‌های نرم‌افزاری زمان کمی برای تروتمیز کردن و بهبود محصولاتشان داشته باشند. این حقیقت که مشتری‌های آنها هر چند سال یکبار ماشین‌هایی سریع‌تر را خواهند خرید، از انگیزه‌های چنین شرکت‌هایی برای بهبود نرم افزارها کاسته است: راحت‌ترین راه برای سرعت بخشیدن به اجرای یک کد برنامه‌نویسی که به کندی اجرا می‌شد این بود که یکی دو سال صبر کنند تا سخت افزارهای قوی‌تری تولید شود. در حالی که قانون مور از نفس می‌افتد، چرخه عمر کوتاه مربوط به

محصـولات رایانـه‌ای طولانی‌تـر خواهـد شـد و زمـان بیشـتری در اختیـار برنامه‌نویسـان قـرار خواهـد داد تـا محصولاتشـان را بهبـود بخشـیده و آراسـته‌تر کنند.

راهـکار دیگـر طراحـی تراشـه‌هایی اسـت کـه سـخت‌افزاری تخصصی‌تـر در آنهـا جایگزیـن توانایـی کلـی محاسـبات ریاضـی شـود. تراشـه‌های مـدرن بـه تازگـی مدارهـای تخصصـی را در خـود جـای می‌دهنـد، مدارهایـی کـه بـرای سـرعت بخشـیدن بـه امـوری متـداول ماننـد اجـرای فایل‌هـای فیلـم فشـرده شـده، انجـام محاسـبات پیچیـده مربـوط بـه رمزگـذاری و یـا طراحـی طرح‌هـای گرافیکـی پیچیـده سـه بعـدی مربـوط بـه بازی‌هـای رایانـه‌ای کاربـرد دارنـد. در حالـی کـه رایانه‌هـا بـه همـه محصـولات دیگـر راه یافته‌انـد، چنیـن سـخت افزارهـای تخصصـی می‌تواننـد بسـیار مفیـد باشـند. بـرای مثـال خودروهـای بـدون راننـده بـه طـور فزاینـده‌ای از دیـد ماشـینی اسـتفاده می‌کننـد کـه در آنهـا رایانه‌هایـی قـرار دارنـد کـه شـیوه تفسـیر تصاویـر جهـان واقعـی، طبقـه سـازی هرچـه می‌بیننـد و اسـتخراج اطلاعـات از آنهـا را می‌آموزنـد، اقداماتـی کـه از نظـر رایانـه‌ای عملیاتـی بسـیار سـخت اسـت. مدارهـای تخصصـی در چنیـن زمینه‌هایـی می‌توانند بسیار راهگشا باشند.

بـا ایـن حـال بـرای اینکـه تـوان رایانـه‌ای بتوانـد همچنـان بـا همـان سـرعتی کـه همـه بـه آن عـادت کرده‌انـد بهبـود یابـد، راهکارریشـه‌ای تـری مـورد نیـاز اسـت. یـک راه حـل تـلاش بـرای وارد سـاختن قانـون مـور بـه بعـد سـوم اسـت. تراشـه‌های مـدرن کامـلا تخـت (دو بعـدی) هسـتند امـا محققـان همزمـان بـا تراشـه‌هایی سـروکله می‌زننـد کـه اجـزاء آنهـا روی همدیگـر چیـده شـده‌اند. حتـی اگـر کاهـش مسـاحت اشـغال شـده توسـط تراشـه‌ها متوقـف شـود، امـکان روی هـم قـرار دادن اجـزا بـه طراحـان اجـازه می‌دهـد کـه اجـزای بیشـتری را در یـک تراشـه بـا مسـاحت ثابـت قـرار دهنـد. درسـت همان‌طـور کـه سـاختمان‌های بلنـد افـراد بیشـتری را در مقایسـه بـا خانه‌هـای یـک طبقـه در خـود جـای می‌دهند.

نخسـتین نمونه‌هـای چنیـن دسـتگاه‌هایی در حـال ورود بـه بـازار هسـتند:

سامسونگ[۱۳]، شرکتی بزرگ در زمینه مایکروالکترونیک (مانند ریزپردازنده‌ها) در کره‌جنوبی، هارد درایوهایی را به فروش می‌رساند که مدارهای حافظه آنها روی هم در چند لایه قرار گرفته‌اند. به نظر می‌رسد این فن‌آوری آینده درخشانی داشته باشد. در رایانه‌های مدرن، حافظه چندین سانتیمتر با پردازنده فاصله دارد. با معیارهای سیلیکونی، یک سانتیمتر راهی طولانی به حساب می‌آید به این معنی که این فاصله باعث ایجاد تاخیر در فراخوانی داده‌های تازه می‌شود. یک تراشه سه بعدی که لایه‌های پردازنده‌ها را در میان لایه‌های حافظه قرار می‌دهد می‌تواند چنین گلوگاهی را برطرف سازد. شرکت آی‌بی‌ام اعتقاد دارد که چنین تراشه‌های سه بعدی‌ای می‌توانند به طراحان اجازه دهند که اندازه ابررایانه‌ها که امروز یک ساختمان را اشغال می‌کنند را تا اندازه یک جعبه کفش کاهش دهند.

اما تحقق این هدف نیازمند تغییراتی بنیادین در طراحی تراشه‌ها است. تراشه‌های مدرن همین حالا هم داغ می‌شوند و نیازمند گرمابر[۱۴] و پنکه‌هایی برای خنک سازی هستند. وضعیت برای یک تراشه سه بعدی به مراتب بدتر است، چرا که سطح آن که می‌توان گرما را از طریق آن دفع کرد بسیار کندتر از حجمش که عامل تولید گرما است رشد می‌کند. به دلیلی مشابه، برای شیوه رساندن الکتریسیته و داده مورد نیاز چنین تراشه‌هایی به آنها نیز مشکلاتی وجود دارد. بنابراین ابررایانه‌های جعبه کفشی آی‌بی‌ام نیازمند خنک سازی از طریق مایعات است. کانال‌های میکروسکوپی می‌توانند در درون هر تراشه حفر شوند تا از طریق آنها مایع خنک سازی در درون تراشه جریان یابد. در همین حال شرکت معتقد است که خنک کننده می‌تواند به عنوان منبع نیرو هم به کار گرفته شود؛ بر اساس این ایده که از آن به عنوان الکترولیت در یک باتری جریانی استفاده شود که در آن الکترولیت‌ها التکرودهای پیشتر ثابت را به حرکت در می‌آورند.

13. Samsung
14. Heatsink

ایده‌های عجیب و غریب دیگری نیز وجود دارند. رایانش کوانتومی اجازه می‌دهد که قوانین نامتعارف مکانیک کوانتومی برای ساخت ماشین‌هایی به کار روند که قادرند برخی از گونه‌های مشخص مسایل ریاضی را با سرعتی به مراتب بیشتر از رایانه‌های متداول، هرچه قدر هم سریع و پیشرفته، حل کنند. (هرچند برای دیگر مسایل، یک ماشین کوانتومی هیچ مزیتی به همراه ندارد). مشهورترین کاربرد آنها شکستن کدهای پنهانی است، اما مهمترین استفاده آنها شبیه سازی دقیق پیچیدگی‌های کوانتومی علم شیمی است، مسئله‌ای که در بخش صنعت و تولید هزاران کاربرد دارد، اما رایانه‌های متداول از پس آنها بر نمی‌آیند.

یک دهه پیش رایانش کوانتومی به تحقیقات درون دانشگاهی محدود بود. این روزها چندین شرکت بزرگ شامل مایکروسافت[15]، آی‌بی‌ام و گوگل[16]، مبالغ هنگفتی را به این فن‌آوری تزریق می‌کنند و همگی انتظار دارند که تراشه‌های کوانتومی طی یک یا دو دهه آینده در دسترس باشند (در واقع هر فرد علاقه‌مندی همین حالا نیز می‌تواند از راه دور با یکی از تراشه‌های کوانتومی آی‌بی‌ام سروکله بزند و از طریق اینترنت برای آن برنامه بنویسد). یک شرکت کانادایی به نام دی ویو[17] همین حالا هم تعداد محدودی رایانه کوانتومی می‌فروشد که می‌توانند تنها یک تابع ریاضی را اجرا کنند. هرچند که هنوز مشخص نیست که آیا این ماشین به خصوص واقعا از مدل‌های غیرکوانتومی سریع‌تر باشد.

همچون تراشه‌های سه بعدی، رایانه‌های کوانتومی نیز نیازمند مراقبت، نگهداری و تامین انرژی و داده به شیوه خاصی هستند. برای اینکه یک رایانه کوانتومی به خوبی کار کند، باید بخش‌های داخلی آن کاملا از جهان خارج مجزا باشند. رایانه‌های کوانتومی باید با هلیوم مایع در مقادیر بسیار نزدیک به صفر مطلق خنک شوند و به شیوه‌های بسیار پیچیده‌ای محافظت شوند، چرا که حتی کوچکترین تماسی با موج گرما یا الکترومغناطیس می‌توانند شرایط حساس کوانتومی که ماشین‌ها بر اساس آن کار می‌کنند

15. Microsoft
16. Google
17. D-Wave

را از بین ببرد.

از نظر محو شدن

هر کدام از این پیشرفت‌های احتمالی پیش‌رو با محدودیت‌هایی مواجهند چرا که یا فقط یکبار می‌توانند روی دهند و یا اینکه تنها در بخش‌های به خصوصی کارایی دارند. مزیت جالب توجه قانون مور این بود که به طور مرتب هر دو سال یکبار همه چیز را بهبود می‌بخشید. پیشرفت در آینده به مراتب جسته و گریخته و غیرقابل پیش بینی‌تر خواهد بود و بر خلاف روزهای درخشان (که قانون مور در آن می‌تاخت) مشخص نیست که هر کدام از این پیشرفت‌ها تا چه حد به ارتقاء کالاهای مصرفی می‌انجامند. گذشته از این‌ها ممکن است افراد اندکی تمایل داشته باشند که از یک رایانه خانگی کوانتومی یا یک تلفن همراه هوشمند که توسط شیوه‌های سرماشناسی[۱۸] خنک می‌شود استفاده کنند. همین‌طور شیوه‌های خنک‌سازی از طریق مایع نیز سنگین، به هم ریخته و پیچیده خواهند بود. حتی ساخت تراشه‌هایی به خصوص برای انجام اموری ویژه نیز تنها در صورت استفاده مداوم ارزشمند خواهد بود.

اما همه این سه فن‌آوری در مراکز داده به خوبی به کار می‌آیند و می‌توانند به تقویت روند دیگری در چند دهه پیش‌رو کمک کنند. به طور سنتی، رایانه جعبه‌ای بر روی میز یا درون جیب شما بوده است. اتصال فراگیر در آینده که از طریق اینترنت و شبکه‌های تلفن همراه ایجاد می‌شود این فرصت را فراهم می‌آورد که بخش عظیمی از توان پردازش رایانه‌ای در مراکز داده مخفی شوند و مصرف کنندگان تنها هنگام نیاز از آنها بهره ببرند. پردازش رایانه‌ای به امکانی تبدیل می‌شود که به محض تقاضا در اختیار خواهد بود، مشابه دسترسی به آب و برق در جهان امروز.

18. Cryogenically

رایانش ابری[۱۹]، که امکان حذف سخت افزارها را فراهم می‌آورد و در نتیجه آن عملیات رایانشی از طریق تکه‌ای پلاستیکی انجام می‌شود که کاربر با آن سروکار دارد، یکی از مهم‌ترین راهکارها برای صنعت رایانه جهت کاهش اثر کمرنگ شدن قانون مور خواهد بود. مراکز داده می‌توانند به سادگی تنها از طریق بزرگتر ساخته شدن قوی‌تر شوند. در حالی که تقاضای جهانی برای پردازش رایانه‌ای به رشد خود ادامه می‌دهد، بخشی از آن در انبارهای بزرگ تاریک روی خواهد داد که صدها کیلومتر از کاربران فاصله دارند.

چنین پدیده‌ای همین حالا نیز کار خود را آغاز کرده است. برای مثال اپلیکیشن سیری[۲۰]، دستیاری شخصی در محصولات شرکت اپل که از طریق صدا فرمان می‌پذیرد. درک سخنان انسان و کشف منظور پشت آنها مانند دستور «سیری، چند تا رستوران هندی این اطراف پیدا کن» نیازمند توان رایانشی است که از توان فعلی گوشی‌های آیفون[۲۱] فراتر می‌رود. در عوض، تلفن همراه به سادگی صدای کاربر را ضبط کرده و آن را برای رایانه‌ای قدرتمندتر در یکی از مراکز داده اپل[۲۲] ارسال می‌کند. هنگامی که رایانه دور از کاربر پاسخ مناسب را یافت، اطلاعات را برای گوشی آیفون می‌فرستد.

الگویی یکسان می‌تواند در بسیاری از وسایل دیگر نیز به کار گرفته شود. تراشه‌ها همین حالا نیز به وسایلی راه یافته‌اند که به طور طبیعی به عنوان رایانه در نظر گرفته نمی‌شوند، از خودروها گرفته تا درون کاشت[۲۳] پزشکی و تلویزیون‌ها و کتری‌ها. این روند در حال سرعت گرفتن است و «اینترنت چیزها[۲۴]» خوانده می‌شود و این ایده را دنبال می‌کند که رایانش وارد تقریبا هر چیزی بشود. البته هوشمند با استفاده از شبکه خانگی به ماشین لباسشویی اطلاع می‌دهد که چه

19. Cloud computing
20. Siri
21. iPhone
22. Apple
23. Implants
24. Internet of things

تنظیماتی برای شستن آنها باید به کار گرفته شود؛ سنگ فرش‌های هوشمند رفت و آمد عابران پیاده در شهرها را تحت نظر می‌گیرند و نقشه‌هایی دقیق از آلودگی هوا را در اختیار دولت‌ها قرار می‌دهند. یک بار دیگر باید تاکید کرد که تصویری اجمالی از آینده همین حالا نیز قابل مشاهده است: برای مثال مهندسان در شرکت‌هایی مانند رولز-رویس[۲۵] می‌توانند بر ده‌ها شاخص عملکردی یک موتور جت در حال پرواز نظارت کنند. امکانات خانه‌های هوشمند که به مالکانشان اجازه می‌دهند که از روشنایی گرفته تا وسایل آشپزخانه را کنترل کنند همین حالا نیز در میان مشتاقان فن‌آوری با استقبال مواجه شده‌اند.

اما اینترنت چیزها برای اینکه به همه آنچه در توانش است دست یابد نیازمند راهی برای مواجه شدن و سر در آوردن از سیلی از داده‌ها است که میلیاردها تراشه جاسازی شده منتشر می‌کنند. تراشه‌های مربوط به اینترنت چیزها به خودی خود نمی‌توانند از پس چنین امری بر بیایند: برای مثال تراشه‌های جاسازی شده در سنگ فرش خیابان مجبورند که تا حد امکان ارزان و بسیار کم مصرف باشند: از آنجا که اتصال تک تک سنگ فرش‌ها یا کاشی‌های پیاده‌روها به شبکه برق امکان‌پذیر نیست، چنین تراشه‌هایی باید انرژی را از راه‌های دیگری مانند گرما، فشار پای افراد و یا حتی تشعشعات الکترومغناطیس محیط کسب کنند.

پایان مور

در حالی‌که قانون مور به گل می‌نشیند، تعریف «بهتر» نیز تغییر خواهد کرد. در کنار همه مسیرهایی که پیشتر در این فصل ترسیم شدند، راه‌های دیگر نیز امیدبخش به نظر می‌رسند. برای مثال تلاش زیادی به بهبود مصرف انرژی در رایانه‌ها اختصاص خواهد یافت. چنین پدیده‌ای به چند دلیل اهمیت خواهد داشت: مصرف کنندگان دوست دارند که تلفن‌های همراه هوشمند آنها عمر باتری بیشتری داشته

25. Rolls-Royce

باشـد؛ اینترنـت چیزهـا نیازمنـد رایانه‌هایـی خواهـد بـود کـه در مکان‌هایـی بـه کار گرفتـه شـوند کـه منابـع اصلـی انـرژی در آنجـا موجـود نیسـت؛ و میزان رایانـش نیـز همچنـان بـا قـدرت افزایـش می‌یابـد در حالـی کـه همیـن حـالا نیز حدود دو درصد کل تولید انرژی برق جهان را مصرف می‌کند.

نحـوه رابطـه بـا کاربـر نیـز زمینـه دیگـری اسـت کـه زمـان بهبـود در آن فرارسـیده و فن‌آوری‌هـای فعلـی در آن قدیمـی بـه نظـر می‌رسـند. صفحـه کلیدهـای فعلـی بـه طـور مسـتقیم از نسـل ماشـین‌های تحریـر مکانیکـی هسـتند. مـاوس (موشـواره) ابتـدا در سـال ۱۹۶۸ عرضـه شـدند، یعنـی زمـان «اتصـال گرافیکـی کاربـر»، درسـت همان‌طـور کـه سیسـتم‌های عامـل ویندوز[۲۶] و آی‌اواس[۲۷] بـا شـمایل و پنجره‌هـای جذاب‌تـر بـرای کاربـران جایگزیـن سیسـتم عامل‌هـای متـن محـور رایانه‌هـای نخسـتین شـدند. سـرن، سـازمان اروپایـی پژوهش‌هـای هسـته‌ای، در فـن‌آوری صفحه‌هـای لمسی در دهه ۱۹۷۰ پیشرو بود.

سـیری شـاید تلفـن همـراه شـما را تـرک کـرده و بـه دسـتیاری حاضـر در همه‌جـا تبدیـل شـود: هـوش مصنوعـی بـه طـور حتـم (و رایانـش ابـری احتمـالا) تقریبـا بـه هـر ماشـینی اجـازه می‌دهـد به‌وسـیله شـنیدن دسـتورات کنتـرل شـود، هرچـه قـدر هـم کـه ایـن ماشـین قـدرت پـردازش اندکـی داشـته باشـد فرقـی نمی‌کنـد. شـرکت سامسـونگ همیـن حـالا نیـز تلویزیون‌هایـی می‌سـازد کـه از طریـق حـرف زدن کنتـرل می‌شـوند. فن‌آوری‌هـای در حـال حاضـر پیشـرو در بازی‌هـای رایانـه‌ای مبتنـی بـر حقیقـت مجـازی کـه ژسـت و حرکـت بـدن و نـگاه را دنبـال می‌کننـد می‌تواننـد بـرای چنیـن مـواردی بـه کار بیاینـد. واقعیـت افـزوده، خویشـاوند نزدیـک حقیقـت مجـازی، کـه اطلاعـات ایجـاد شـده توسـط رایانـه را روی جهـان واقعـی می‌انـدازد شـروع بـه در هـم آمیختـن واقعیـت و غیرواقـع خواهـد کـرد. شـرکت گـوگل اگرچـه عینک‌هـای مخصـوص واقعیـت افـزوده را دوبـاره بـه بخـش طراحـی پـس فرسـتاده امـا چیـزی بسـیار شـبیه بـه آن

26. Windows
27. iOS

احتمالا روزی دوباره به کار خواهد آمد. همچنین شرکت مشغول کار بر روی لنز چشم الکترونیک است که می‌تواند فعالیت‌هایی مشابه با عینک گوگل را انجام دهد بدون اینکه به اندازه آن جلب توجه کند.

قانون مور نمی‌تواند تا ابد ادامه یابد. اما این کمرنگ شدن از اهمیت آن نمی‌کاهد. قانون مور زمانی که رایانه شما به یک جعبه بر روی میز محدود بود و یا زمانی که رایانه‌ها برای انجام بسیاری از امور بسیار کند بودند، نقش پررنگی را ایفا کرد. قانون مور به صنعت عظیم جهانی ضرباهنگ بخشید و پیشرفت صنعت رایانه بدون قانون مور در آینده سخت‌تر، نامنظم‌تر و جسته و گریخته‌تر خواهد شد. اما پیشرفت تحقق خواهد یافت. رایانه‌های سال ۲۰۵۰ سیستمی از تراشه‌های باریک خواهند بود که در هر چیزی از پیشخوان آشپزخانه گرفته تا خودروی شما جاسازی خواهند شد. بیشتر آنها از طریق اینترنت به دامنه وسیعی از قدرت رایانشی که به صورت بی‌سیم ارائه می‌شود دسترسی دارند و شما از طریق صحبت کردن با آنها تعامل می‌کنید. هزاران میلیارد تراشه در هر گوشه محیط فیزیکی حضور خواهند داشت و جهان را به جایی قابل درک کردن و تحت نظرتر از همیشه تبدیل می‌کنند. قانون مور به زودی به پایان می‌رسد اما انقلاب رایانه‌ای ادامه خواهد یافت.

فصل پنجم

نسل‌های فن‌آوری: گذشته به مثابه پیشگفتار

آن وینبلد[1]

برای به دست آوردن درکی از تحولات پیش‌رو در سه دهه آینده، باید امواج پیاپی فن‌آوری طی سه دهه گذشته را مدنظر قرار داد.

1. Ann Winblad

پاییز سال ۱۹۸۵، یعنی درست اگر به اندازه سال‌های مانده به آینده مدنظر این کتاب به گذشته بازگردیم، من و بیل گیتس[1] در ساحلی خلوت در کارولینای شمالی[2] به مدتی طولانی قدم زدیم. آن موقع یک دهه از زمانی که بیل شرکت نرم‌افزاری اش را به طور شریکی تاسیس کرده بود می‌گذشت و تنها چند ماه به سیزده مارس ۱۹۸۶ مانده بود، یعنی زمانی که قرار بود سهام شرکت مایکروسافت برای نخستین بار به طور عمومی عرضه شود.

مایکروسافت یکی از نخستین ورودی‌های«موج دوم» فن‌آوری رایانه‌ای یعنی رایانه‌های شخصی بود. اما در سال ۱۹۸۵ تنها افراد اندکی از موج‌های تازه در فن‌آوری رایانه‌ای اطلاع داشتند؛ چه برسد به اینکه بدانند ما در موج دوم حضور داریم. نخستین موج از اواخر دهه ۱۹۵۰ تا دهه ۱۹۷۰ طول کشید و به ظهور ابررایانه[3] و رایانه‌های کوچک انجامید. من و بیل در سنین نوجوانی و طی نخستین موج فن‌آوری رایانه‌ای جذب صنعت نرم‌افزار و فن‌آوری شدیم. بیل در دبیرستان و من در نخستین سال دانشگاه به رایانه‌های کوچک مانند رایانه‌های وکس[4] تولید شرکت دی‌ای‌سی[5] دسترسی داشتیم. من زبان برنامه فورترن[6] با رایانه دی‌ای‌سی‌پی‌دی‌پی ۱۱[7] را آموختم. بیل به مراتب جلوتر از من بود و برای بسیاری از رایانه‌ها از جمله دی‌ای‌سی‌پی‌دی‌پی ۱۰[8] برنامه‌نویسی می‌کرد.

در آن زمان، قدرت رایانشی، در ابررایانه‌ها و رایانه‌های کوچک، چه در سالن‌های بزرگ سرد و چه در استفاده مشترک از رایانه‌ها، برای بسیاری قابل مشاهده نبود. هرچند که این نخستین موج بود، اما شیوه برآمدن و فرونشستن موج‌های دیگر را نیز ترسیم کرد. هر موج با خود تازه واردان درخشانی را به همراه آورد. آنچه ابتدا در سطح قابل رویت است تنها بخشی

1. Bill Gates
2. North Carolina
3. Mainframes
4. VAX
5. Digital Equipment Corporation
6. Fortran
7. DEC PDP11-
8. DEC PDP10-

از آن محسوب می‌شود. موج تازه تا اعماق اقیانوس ادامه می‌یابد، جایی که شرکت‌هایی جدید به تازگی شروع به شنا کردن می‌کنند. موج سرازیر می‌شود و در حالی که به ساحل نزدیک می‌شود در جایی اوج می‌گیرد و به روی آب می‌شکند. این همان زمانی است که برندگان پدیدار شده و بازندگان در هم می‌شکنند تنها نوآوران و شرکت‌های پیشرو هستند که در نهایت سالم به ساحل می‌رسند.

نخستین موج

شناگران ماهر نخستین موج شرکت‌های بوروز[۹]، یونیوک[۱۰]، کنترل دیتا[۱۱]، هانی‌ول[۱۲]، آرسی‌ای[۱۳] و جنرال الکتریک[۱۴] بودند. نخستین گروه، سازندگان ابررایانه‌ها بودند که از آنها به عنوان «آی‌بی‌ام و هفت کوتوله[۱۵]» یاد می‌شد که بعدها و پس از خروج جنرال الکتریک و آرسی‌ای از این بازار به «آی‌بی‌ام و بانچ[۱۶]» شهرت یافتند. بانچ نیز سپس از منظر تاریخی ناپدید شد و اهمیت خود را از دست داد. این شرکت‌ها (که به بانچ شهرت یافته بودند) در واقع تنها چند صباحی و هنگام فرونشستن موج روی سطح مشاهده شدند. آی‌بی‌ام به سلامت به ساحل رسید و به عنوان پیروز بزرگ موج نخست شناخته شد، هرچند که امروز تنها سهم کوچکی از درآمد آی‌بی‌ام از ابررایانه‌ها حاصل می‌شود. در جبهه رایانه‌های کوچک، نام‌هایی مانند آپولو کامپیوتر[۱۷]، دیتا جنرال[۱۸]، ونگ لابراتوریز[۱۹]، پرایم کامپیوتر[۲۰] و حتی شرکت مشهورتر دی‌ای‌سی[۲۱] همگی تنها در سطح پاورقی‌هایی تاریخی باقی ماندند.

9. Burroughs
10. UNIVAC
11. Control Data
12. Honeywell
13. RCA
14. General Electric
15. IBM and the Seven Dwarfs
16. IBM and the BUNCH
17. Apollo Computer
18. Data General
19. Wang Laboratories
20. Prime Computer
21. DEC

در هر موج چندین اجزاء تکنولوژیکی و استراتژی‌های تجاری تازه ظهور می‌کنند و رد پایی از خود در شن‌ها باقی می‌گذارند اما عموما چندین دهه زمان می‌برد تا تاثیر آنها به طور کامل نمایان شود. رد پای به جا مانده از موج نخست قانون مور بود (بنگرید به فصل ۴). مقاله گوردون در سال ۱۹۶۵ بر دو برابر شدن سالیانه قدرت پردازنده‌ها تاکید داشت و هنوز هم محرک موج‌های تازه است. موج‌های فن‌آوری رایانه‌ای کم و بیش با سرعت قانون مور پیش رفته‌اند و به پیشرفت چشمگیر توانایی‌های تکنولوژیکی انجامیده‌اند. قانون مور، که نرخ آن در سال ۱۹۷۵ از سالانه به هر دو سال کاهش یافت، ضرباهنگی را برای همه موج‌های آینده فراهم آورده است. این قانون نه صرفا برای تعداد ترانزیستورها در یک تراشه بلکه می‌تواند تعیین کننده سرعت نوآوری در ساخت، طراحی و تولید نرم‌افزار باشد.

بیل گیتس در طول پیاده‌روی در فکر بود. البته او نگران موج سوم رایانه‌ای که جایی دور از ساحل در حال شکل گرفتن بود و بعدها به وب ۱.۰ [۲۲] شهرت یافت نبود، بلکه موارد دیگری ذهن او را مشغول کرده بود. مایکروسافت سال مالی ۱۹۸۵ را در ماه ژوئن با درآمدی بیش از ۱۴۰ میلیون دلار به پایان رسانده بود. چنین رقمی برای یک شرکت جوان در کسب و کار تازه شکل گرفته رایانه‌های شخصی خیره کننده بود. صنعت نوپای نرم‌افزار در حال فوران بود. بسیاری از این شرکت‌ها که در عرضه عمومی سهام مایکروسافت فهرست شده بودند، مانند لتوس سافتور[۲۳]، آستون تیت[۲۴]، سافتورپابلیشینگ[۲۵]، بورلنداینترنشنال[۲۶] و دیجیتال ریسرچ[۲۷]. همان‌طور که قدم می‌زدیم، بیل شرح می‌داد که چگونه می‌تواند درآمد شرکت مایکروسافت را تا ۵۰۰ میلیون دلار افزایش دهد اما رسیدن به مقادیر بیشتر از آن بسیار سخت به نظر می‌رسید. هیچ شرکت نرم‌افزاری تا آن زمان به

22. Web 1.0
23. Lotus Software
24. Ashton-Tate
25. Software Publishing
26. Borland International
27. Digital Research

چنین درآمدهایی دست نیافته بود.

برندگان موج دوم

در دومین موج فن‌آوری، نبرد میان سیستم‌های عامل و در جهان رایانه‌های شخصی میان تولیدکنندگان سخت‌افزار و شرکت‌هایی که صرفا نرم‌افزار تولید می‌کردند شدت گرفت. شرکت اپل به عنوان گونه تازه‌ای از شرکت‌های فن‌آوری اطلاعات به ساحل رسید. رقبای نرم‌افزاری مایکروسافت در میان شرکت‌های کوچک و کم اهمیت جای گرفتند. بسیاری از شرکت‌های قابل ملاحظه دیگر، مانند لتوس‌سافت‌تور، یا خیلی زود ناپدید شدند یا اینکه توسط بخش‌های کوچک شرکت‌های بزرگ تصاحب شدند. تا سال ۱۹۹۰ این موج فرونشست و شرکت‌هایی مانند مایکروسافت همراه با شرکت‌های نرم‌افزاری تابعش به عنوان پیروز به ساحل رسیدند. نگرانی بیل در مورد اندازه و مقیاس شرکت جوانش خیلی زود برطرف شد. مایکروسافت تنها دو سال پیش از عرضه عمومی سهام به درآمد سالانه ۵۹۰ میلیون دلار دست یافت و درآمد شرکت تا سال ۱۹۹۰ به ۱.۱ میلیارد دلار رسید.

همراه با مایکروسافت، اوراکل[۲۸] و پایگاه داده توزیع شده[۲۹] هم با قدرت ظهور کردند. دومین موج، در مقایسه با موج نخست، به مراتب مشهودتر بود. رایانه‌های شخصی به صدها میلیون میز راه یافتند و فروش آنها از پنجاه هزار دستگاه در سال ۱۹۷۵ به بیش از ۱۳۴ میلیون دستگاه در سال ۲۰۰۰ رسید. تولید نرم‌افزار هم به صنعتی مستقل تبدیل شد.

در هر موج، نمونه‌های اولیه‌ای از آینده نیز قابل مشاهده‌اند. مشتاقان فن‌آوری از نمونه‌های تازه وارد استقبال کرده و آن را به کار می‌گیرند. در دوران موج دوم، من و بیل تلفن همراه موتورولا داینا‌تاک[۳۰] به همراه داشتیم، گوشی‌هایی با اندازه و وزن تقریبی یک پاره آجر. گوشی‌های

28. Oracle
29. Distributed Database
30. Motorola DynaTAC

تاشو و محبوب استارتاک[۳۱] موتورولا تا یک دهه بعد ظهور نکردند. ما هر دو رایانه مکینتاش پرتابل[۳۲] شانزده پوندی (تقریبا هفت کیلوگرمی) که در کیف مربعی بزرگی قرار می‌گرفت را در سفرها به همراه می‌بردیم.

بیل هنگام پیاده‌روی در ساحل نگرانی بزرگ‌تر و بلند مدت‌تری را نیز با من در میان گذاشت؛ اینکه آیا تا سال ۲۰۵۰ انسان‌ها به حیوانات خانگی با پایه کربنی تبدیل خواهند شد؟ بعدها، در سال ۱۹۹۳، این ایده توسط ونوروینج[۳۳]، دانشمند علوم رایانه‌ای و نویسنده کتاب‌های علمی تخیلی با عنوان «تکینگی[۳۴]» مطرح شد. وینج اعتقاد داشت که شتاب گرفتن نوآوری‌های فن‌آوری طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ باعث خواهد شد که هوش ماشین به هوش بشر برسد و از آن فراتر برود. در واقع، فاصله زمانی میان پیاده‌روی من و بیل و شکل‌گیری هفتمین موج فن‌آوری، هوش مصنوعی، در جایی دور از ساحل می‌تواند ۲۵ سال باشد.

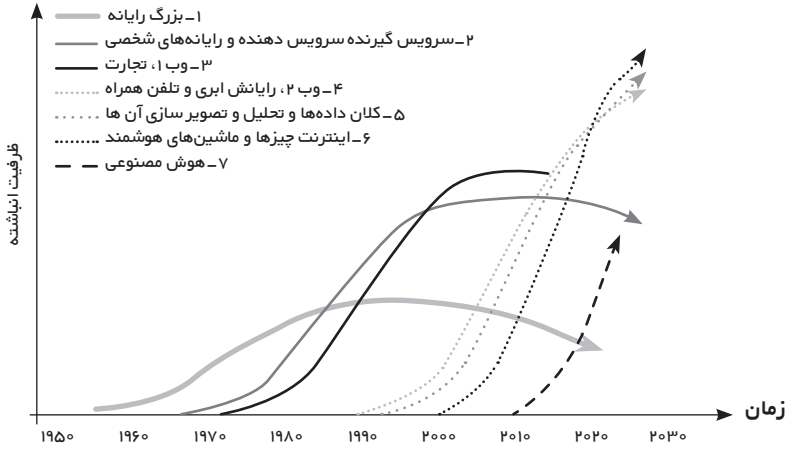
سریع‌تر و همچنان سریع تر: سومین و چهارمین موج

از موجی که مایکروسافت را به ساحل رساند تاکنون دو موج فن‌آوری رایانه‌ای دیگر به ساحل رسیده‌اند. موج سوم، وب ۱.۰، اینترنت همراه با آمازون و گوگل را به همراه آورد و موج چهارم، وب ۲.۰، رایانش ابری و رایانش تلفن‌های همراه را در خود جای داده بود و اپل با آیفون، گوگل با اندروید و آمازون با خدمات وب آمازون برندگان آن بودند و شرکت فیس‌بوک نیز با قدرت به ساحل رسید. نخستین شرکت‌های نرم‌افزاری بر پایه رایانش ابری در این موج قرار داشتند که شرکت سیلزفورس[۳۵] مشهورترین آنهاست.

هر موج فن‌آوری رایانه‌ای به شدت قوی‌تر بوده و از عامل فزاینده فراهم شده توسط موج‌های پیشین بهره برده است. سرعت رشد شرکت‌های تازه که به ساحل می‌رسند نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای رشد کرده است.

31. StarTAC
32. Macintosh Portable
33. VernorVinge
34. Singularity
35. Salesforce

نمودار ۵ـ۱ قدرت موج، خیزش فن‌آوری‌های جدید



منابع: اکسنچر، مجمع جهانی اقتصاد

در حالی که پانزده سال زمان برد تا مایکروسافت به درآمد یک میلیارد دلاری برسد، گوگل که در سال ۱۹۹۸ تاسیس شده بود طی پنج سال به درآمد یک میلیاردی رسید و تا سال پانزدهم درآمد آن از پنجاه میلیارد دلار فراتر رفته بود. فیس‌بوک طی تنها چهار سال از درآمد یک میلیاردی عبور کرد. آمازون، شرکت خرده‌فروشی آنلاین که در سال ۱۹۹۴ و در موج سوم (اینرنت ۱.۰) شکل گرفت طی سیزده سال به درآمد ده میلیاردی رسید؛ و خدمات وب آمازون، بخش خدمات ابری آمازون، که در موج چهارم (وب ۲.۰) شکل گرفت طی تنها ده سال پس از تاسیس در سال ۲۰۰۶ به درآمد ده میلیاردی رسید.

قدرت موج‌ها و سرمایه‌گذاران جسور

پول و سرمایه‌ای که از طریق سرمایه‌گذاری جسورانه فراهم آمده نیز به قدرت گرفتن موج‌ها کمک کرده است. سرمایه‌گذاری به

شیوه سرمایه جسورانه[۳۶] در سال ۱۹۵۹ و برای پشتیبانی شرکت فیرچایلدسمی کنداکتر[۳۷] شکل گرفت آن هم توسط آنچه بعدها به شرکت ونرhک اسوشیتز[۳۸] تحت حمایت خاندان راکفلر[۳۹] تبدیل شد. ظهور شرکت‌های سرمایه‌گذاری جسورانه مستقل مانند شرکت‌های کلینر[۴۰]، پرکینز[۴۱]، کوفیلد[۴۲] و سکویاکپیتال[۴۳] تا اوایل دهه ۱۹۷۰ طول کشید اما حتی آن زمان نیز میزان سرمایه‌گذاری‌های این چنینی اندک بود.

تازه سال ۱۹۷۸ بود که سرمایه‌گذاری جسورانه نخستین جذب سرمایه هنگفت را تجربه کرد آن هم زمانی که این صنعت مبلغی حدود ۷۵۰ میلیون دلار جذب کرد. در همان سال، وزارت کار ایالات متحده آمریکا بخشی از محدودیت‌ها در مورد قانون امنیت درآمد بازنشستگی را تسهیل کرد و اجازه داد که صندوق‌های بازنشستگی در دارایی‌ها سرمایه‌گذاری کنند و به منبعی برای تامین پول برای سرمایه گذاری‌های جسورانه تبدیل شوند.

حتی با افزایش سرمایه‌گذاری جسورانه، باز هم میزان سرمایه‌گذاری در بخش نرم‌افزار محدود بود. بدبینی نسبت به فعالان اصلی این صنعت یعنی مهندسان نرم‌افزاری که تازه شب‌ها از خانه بیرون می‌زدند و همچنین نسبت به مدل تجاری این صنعت نوپا باعث شد که میزان سرمایه‌گذاری در بخش نرم‌افزار تا اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ به ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلیون دلار در سال محدود بماند. در سال ۱۹۹۵، مجموع سرمایه‌گذاری در شرکت‌های نرم‌افزار بالاخره از یک میلیارد دلار بالاتر رفت. تا سال ۲۰۱۵، سرمایه‌های جذب شده از طریق سرمایه‌گذاری جسورانه برای بخش نرم‌افزار به ۲۳ میلیارد از

36. Venture capital
37. Fairchild Semiconductor
38. Venrock Associates
39. Rockefeller
40. Kleiner
41. Perkins
42. Caufield
43. Sequoia Capital

مجموع ۵۸ میلیارد دلار کل سرمایه‌گذاری جذب شده برای این بخش رسید. این رشد سرمایه‌گذاری به افزایش تعداد شرکت‌های ورودی به هر موج انجامید. در سال ۱۹۹۵، تعداد قراردادهای بخش نرم‌افزار که سرمایه آنها توسط سرمایه‌گذاری جسورانه فراهم آمده بود به ۴۳۵ فقره قرارداد رسید. تا سال ۲۰۱۵ تعداد چنین قراردادهایی از ۱۸۰۰ فقره فراتر رفت. برندگان جهان نرم‌افزار نیز به طور طبیعی و هم به واسطه تصاحب شرکت‌های کوچکتر به سرعت رشد کردند. درآمد مایکروسافت تا سال ۲۰۱۵ به ۹۳ میلیارد دلار رسید. سیلزفورس، شرکتی متعلق به موج چهارم، با شش میلیارد دلار درآمد به ششمین شرکت بزرگ نرم‌افزاری تبدیل شد. آمازون، درآمدی ۱۰۷ میلیارد دلاری، و گوگل، با درآمد تقریبا ۷۵ میلیارد دلاری، به برترین شرکت‌های اینترنتی تبدیل شدند.

شیوه ساخت نرم‌افزارها و نیروی محرک نوآوری در دهه ۱۹۹۰ تغییر کرد. در موج سوم، نرم افزارهای رایگان یا متن باز[۴۴] به گزینه‌ای مطلوب برای توسعه‌دهندگان وب‌سایت‌ها تبدیل شدند. نرم‌افزارهای متن باز مانند لینوکس[۴۵]هزینه راه اندازی شرکت‌های تازه را کاهش دادند. چنین نرم‌افزارهایی نه تنها رایگان بودند، بلکه به واسطه حمایت جامعه بزرگی از توسعه‌دهندگان نرم‌افزار در سرتاسر جهان تقویت شدند. در سال ۲۰۰۰، شرکت سیلزفورس رابط‌های برنامه نویسی کاربردی[۴۶] که مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها و استانداردهای برنامه نویسی برای اپلیکیشین‌های نرم‌افزاری تحت وب هستند را به طور عمومی‌منتشر کرد. دیگر حق مالکیت نرم‌افزارها یک استراتژی پیروز نبود و نرم‌افزارها و اینترنت به منابعی باز و قابل دسترسی و قابل برنامه‌نویسی تبدیل شدند. امروز برای هر طبقه‌ای از نرم‌افزار بیش از پانزده هزار رابط برنامه‌نویسی کاربردی وجود دارد.

44. open-source
45. Linux
46. Application Program Interfaces

موج‌های پنجم و ششم:
کلان داده و اینترنت چیزها

اینترنت به انفجار اطلاعات انجامیده است. به اصطلاح «کلان داده‌ها» آن‌قدر عظیم و پیچیده شده‌اند که شیوه‌های سنتی پردازش داده‌ها دیگر برای جمع‌آوری، هم‌رسانی، ذخیره‌سازی و جستجوی همه اطلاعات کفایت نمی‌کنند چه برسد به ارائه پیش‌بینی‌های تحلیلی. در سال ۲۰۰۶، نسخه‌ای ابتدایی از کد برنامه نویسی به نام هادوپ[۴۷] منتشر شد. آپاچی هادوپ[۴۸] ، نرم‌افزاری رایگان و متن باز همراه با پلتفورم رایانش ابری، موج کلان‌داده را آغاز کرد آن هم با سیستمی که می‌تواند پردازش‌های موازی مقادیر هنگفتی داده را در میان سرورهای استاندارد نه چندان گران توزیع کند و بدین ترتیب محدودیت‌های مربوط به پردازش کلان داده‌ها را کاهش دهد. نه تنها میلیاردها انسان به‌وسیله هزاران اپلیکیشن این کلان‌داده‌ها را تولید می‌کنند، بلکه برآورد می‌شود که طی ده سال آینده بیش از ۱۰۰ میلیارد دستگاه که هرکدام ده‌ها حسگر دارند نیز به اینترنت متصل شوند. بیش از هزاران میلیارد حسگر به زودی به جمع آوری داده در سرتاسر جهان و از طریق «اینترنت چیزها[۴۹]»، از وسایل پوشیدنی گرفته تا خودروهای خودران، پهپادها، ماهواره‌ها و دوربین‌ها، مشغول خواهند شد. در حالی که موج کلان داده‌ها در حال شکل‌گیری است، موج اینترنت چیزها نیز در پی آن می‌آید درست در حال گذار از اینترنت ساده به اینترنت همه‌چیز هستیم آن هم به‌وسیله شبکه‌ای به هم متصل از میلیاردها دستگاه و همچنین میلیاردها انسان. این دو موج اخیر، کلان داده و اینترنت چیزها، هنوز به ساحل نرسیده‌اند آن هم در حالی که ما شاهد برآمدن موج هفتم نیز هستیم، همان موجی که بیل گیتس بیش از همه نگرانش بود؛ یعنی هوش مصنوعی.

47. Hadoop
48. Apache Hadoop
49. Internet of Things

آمدن شماره هفت

شرکت‌های هوش مصنوعی ابتدا در موج دوم در دهه ۱۹۸۰ ظاهر شدند. در دهه ۱۹۸۰ سامانه‌های خبره[۵۰] به رایانه‌های شخصی راه یافتند. دانشگاه‌ها واحدهای درسی مربوط به سامانه‌های خبره را ارائه دادند و بسیاری از شرکت‌های بزرگ نیز این فن‌آوری را در کسب و کارهایشان به کار گرفتند. سرمایه‌گذاران جسور هم از چندین تازه وارد مانند آیون کورپوریشن[۵۱]، نورون دیتا[۵۲]، اینتلیکورپ[۵۳] و اینفرنس[۵۴] که زمانی پیشرو محسوب می‌شدند حمایت کردند. تا اوایل دهه ۱۹۹۰ عبارت «سامانه‌های خبره» و شرکت‌های هوش مصنوعی مربوط به این موج همگی ناپدید شده بودند و هیچ کدام به ساحل نرسیدند.

همراه با دیگر موج‌ها، مشتاقان هوش مصنوعی با اطمینان و بر اساس طرح‌های اولیه مربوط به آینده ادعا می‌کنند که هوش مصنوعی همین حالا هم موجود است. موج‌های پی در پی سنگ بناهای اساسی برای هوش مصنوعی مدرن را فراهم آورده‌اند. هوش مصنوعی به خودی خود نیز از دهه ۱۹۹۰ با تجدیدنظر مواجه شده است. با این حال، ما در مراحل بسیار اولیه این موج قرار داریم و بعید است که طی مدت زمان مدنظر وینج به تکینگی برسیم.

دوران هوش مصنوعی سامانه‌های خبره به زمینه تازه‌ای به نام «یادگیری ماشین[۵۵]» منجر شد که شامل الگوریتم‌هایی است که می‌توانند از داده‌ها بیاموزند و بر اساس آنها پیش‌بینی کنند. «یادگیری عمیق[۵۶]» تازه‌ترین شاخه این زمینه است: الگوریتم‌ها در یادگیری عمیق بر اساس داده‌هایی هستند که از تعامل میان چندین لایه از یادگیری ماشین حاصل شده‌اند. افزایش نمایی در داده‌های دیجیتالی شده تامین‌کننده خوراک مورد نیاز سامانه‌های یادگیرنده، بهبودها در ابزارهای مربوط به داده‌ها، نرم

50. Expert Systems
51. Aion Corporation
52. Neuron Data
53. Intellicorp
54. Inference
55. Machine Learning
56. Deep Learning

افزارهـای متـن بـاز و زیرسـاخت‌های نـه چنـدان گـران مربـوط بـه رایانـش ابـری می‌توانند به انقلابی در نوآوری‌ها در هوش مصنوعی مدرن بینجامند.

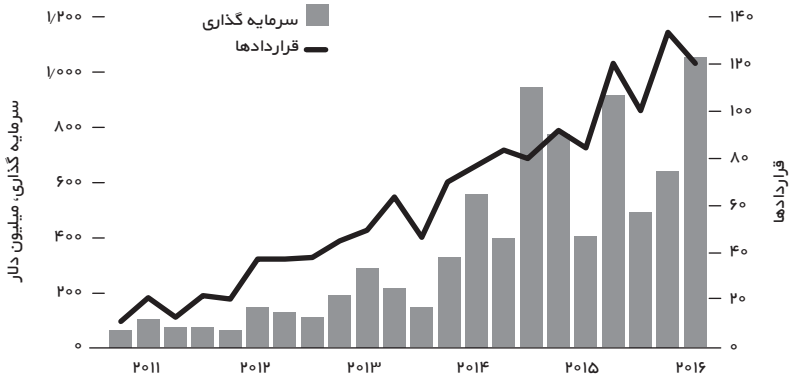
سـرمایه‌گذاران جسـور بـار دیگـر بـه سـرمایه‌گذاری در هـوش مصنوعـی علاقـه نشـان داده‌انـد. سـرمایه‌گذاران جسـوری کـه در مراحـل نخسـتین قـرار دارنـد، بسـیاری از سرمایه‌گذاری‌هایشـان را در موج‌هایـی کـه تـازه دور از سـاحل در حـال شـکل‌گیری هسـتند انجـام می‌دهنـد، در نتیجـه بسـیاری از شـرکت‌های ورودی هنـوز بـه چشـم نیامده‌انـد، حتـی در شـرایطی کـه مشـخص اسـت دلارهـا در کجـا سـرمایه‌گذاری شـده‌اند. سـرمایه‌گذاری‌های مربـوط بـه مـوج هفتـم در هـوش مصنوعـی مـدرن احتمـالا از حـدود سـال ۲۰۱۰ آغـاز شـده‌اند (بنگریـد بـه نمـودار ۵-۲). کاربردهـای ایجـاد شـده بـر اسـاس زیرسـاخت‌های هـوش مصنوعـی در سـال ۲۰۱۵ سـرمایه‌ای معـادل ۳.۶ میلیـارد دلار را جـذب کرده‌انـد. شـرکت تحقیقاتـی آی‌دی‌سـی[۵۷] بـرآورد کـرده کـه تـا پایـان سـال ۲۰۱۵ تنهـا حـدود یـک درصـد همـه نـرم افزارهـا از امـکان هـوش مصنوعـی برخـوردار بوده‌انـد و بسـیاری از ایـن سـرمایه‌ها راهـی تـازه واردهـا شـده‌اند. آی‌دی‌سـی همچنیـن پیش‌بینـی کـرده کـه تـا سـال ۲۰۲۰ ارزش بـازار یادگیـری ماشـین بـه ۴۰ میلیـارد دلار می‌رسـد و ۶۰ درصـد اپلیکیشـن‌های مربـوط بـه آن بـر روی پلتفورم‌هـای مربوط به آمازون، گوگل، آی‌بی‌ام و مایکروسافت عمل خواهند کرد.

اینترنـت چیزهـا و تجسـم‌های قابـل لمس‌تـر آن بـه گسـترش خیـره کننـده فن‌آوری‌هـای دیجیتـال و هـوش مصنوعـی می‌انجامنـد، بـه طـوری کـه بـرای عمـوم مـردم نیـز قابـل لمس‌تـر و جذاب‌تـر باشـد. اینترنـت چیزهـا باعـث ایجـاد نوعـی آگاهـی متنـی نسـبت بـه هـر چیـزی می‌شـود. ترموسـتات یادگیرنـده شـرکت نسـت[۵۸]، کـه اکنـون محصولـی از شـرکت گـوگل بـه حسـاب می‌آیـد، قابـل برنامه‌ریـزی اسـت و می‌توانـد بیامـوزد و بـه ایـن ترتیـب گرمایـش و سـرمایش خانـه مـن را بهینـه کـرده و بـرای مـن پیام‌هایـی می‌فرسـتد بـا ایـن محتـوی کـه چـه میـزان در مصـرف انـرژی صرفه‌جویـی شـده اسـت. ایـن دسـتگاه بـر اسـاس یادگیـری ماشـین طراحـی شـده اسـت. طـی هفته‌هـای نخسـت مـن بایـد خـودم

57. IDC
58. Nest Learning Thermostat

نمودار ۵/۲ پدیده عظیم بعدی

سرمایه گذاری در هوش مصنوعی



منبع: CBInsights

دماپا (ترموستات) را تنظیم می‌کردم تا داده‌های معیار به دستگاه داده شود. اکنون دستگاه «فکر می‌کند» که برنامه زمانی من و اینکه چه دمایی را برای چه موقعیتی ترجیح می‌دهم را آموخته است. در نتیجه با استفاده از حسگرها و بر اساس موقعیت تلفن همراه من، هنگامی که پی می‌برد من در خانه نیستم، وضعیت دما را روی حالتی با مصرف انرژی کم تنظیم می‌کند. آب پاش رچیوی[۵۹] حیات خانه من به طور هوشمندانه شرایط آب و هوایی و میزان رطوبت اخیر و پیش‌رو را تحلیل کرده (و بر اساس آن به حیاط آب می‌دهد) و دیگر من مجبور نیستم که پیش بینی‌های هواشناسی را دنبال کنم و بر اساس آنها آب‌پاش‌ها را روشن یا خاموش کنم. از دوربین‌های امنیتی گرفته تا قفل درها و یخچال‌ها، وسایل خانگی همگی به لطف حضور داده‌ها و یادگیری ماشین هوشمندانه‌تر عمل می‌کنند.

59. Rachio

آرتـور سـی. کلارک[۶۰]، نویسـنده داسـتان‌های علمـی تخیلـی، می‌گویـد: «هـر فـن‌آوری بـه میـزان کافـی پیشـرفته چنـدان از جـادو قابـل تمایـز نیسـت». هـم غول‌هـای فـن‌آوری و هـم شـرکت‌های تـازه وارد در ایـن مـوج هـوش مصنوعـی در بـازار بات[۶۱]هـا و بـرای بـه وجـد آوردن و غافلگیـر سـاختن مـا مشـغول رقابـت هسـتند. بـات کاربـردی نرم‌افـزاری اسـت کـه می‌توانـد امـوری را بـه طـور خـودکار انجـام دهـد. بـه طـور عمومـی، ربات‌هـا امـوری را انجـام می‌دهنـد کـه سرراسـت و از نظـر سـاختار تکـراری باشـند، آن هـم بـه میـزان دفعاتـی بـه مراتـب بیشـتر از آنچه برای یک انسان امکان‌پذیر است.

در جهانـی بـا هـزاران اپلیکیشـن و حـالا صدهـا دسـتگاه مختلـف، به وجـد آمدن کار چنـدان سـختی نیسـت. مـن تحـت تاثیـر دسـتگاه آمـازون اکـو[۶۲] قـرار دارم و اینکـه «آلسـکا[۶۳]» چقـدر خـوب صـدای مـن را تشـخیص داده و بـه سـرعت بـه درخواسـت‌های مـن بـرای دسترسـی بـه مقادیـر هنگفتـی از داده‌هـا پاسـخ می‌دهـد. همچنیـن ایـن حقیقـت کـه آلکسـا اکنـون از طریـق رابط‌هـای برنامه‌نویسـی کاربـردی بـه بسـیاری از دیگـر دسـتگاه‌های هوشـمندتر مـن متصـل اسـت مـرا بـه وجـد مـی‌آورد. بـرای ارسـال پیـام کوتـاه هنـگام رانندگـی از سـیری[۶۴] بهـره می‌بـرم. وقتـی گـوگل بـه وسـیله گـوگل نـو[۶۵]، جسـتجوهای مـن را پیش‌بینـی می‌کنـد شـگفت زده می‌شـوم. در نهایـت در آینـده بـه امـروز می‌نگـرم و احتمـالا بـا خـود خواهـم گفـت کـه ایـن بات‌هـا تنهـا «نمونه‌هـای اولیـه‌ای بـرای آینـده» بوده‌انـد. بـرای مثـال در مـورد موتورهـای جسـتجو بـا امـکان تشـخیص صـدا انتظـارم ایـن اسـت کـه بـه زودی قـادر خواهـم بـود کـه بـا سـیری محصـول شـرکت اپـل، آلکسـا محصـول شـرکت آمـازون، کورتانـا[۶۶] محصـول شـرکت مایکروسـافت یـا محصـول دیگـری از یـک شـرکت نوظهـور مکالمـه واقعـی برقـرار کنـم. (آلکسـا همیـن حـالا هـم از شـوخ طبعـی برخـوردار اسـت بـه طـوری کـه هنگامـی کـه از او می‌خواهـم

60. Arthur C. Clarke
61. Bot
62. Amazon Echo
63. Alexa
64. Siri
65. Google Now
66. Cortana

«در ورودی محفظه را باز کند»، او پاسخ می‌دهد: «متاسفم دیو[۶۷]، نمی‌توانم انجامش بدهم. من هال[۶۸] نیستم و ما هم در فضا نیستیم.»[۶۹])

درحالی که منتظر گذار به رایانه‌هایی هستیم که به‌وسیله مکالمه فرمان می‌گیرند و در انتظار پاسخ نهایی آزمون تورینگ به سر می‌بریم آزمونی برای سنجش هوش مصنوعی که میزان توانایی ماشین برای نشان دادن رفتار هوشمندانه معادل یا متمایز از هوش انسان را می‌سنجد و توسط آلن تورینگ[۷۰]در سال ۱۹۵۰ ارایه شد بی تردید نرم‌افزاری هوشمندتری نیز می‌سازیم. در حالی که موج هفتم در حال شکل‌گیری است چرخه‌ای سریع و رقابتی از نوآوری نیز ایجاد شده است. این هوش که به طور گسترده به کار گرفته شده به هوشمندتر شدن نرم افزارها انجامیده و از الگوریتم‌های تجاری مقایسه قیمت‌ها گرفته تا برنامه ریزی، تشخیص بیماری‌ها، نرم افزارهای مرکز تلفن، سرمایه گذاری، تحلیل و بهینه سازی ریسک، قیمت گذاری و مسیریابی حمل و نقل را در بر می‌گیرد.

امور و در واقع پیشه‌هایی که زمانی به نظر می‌رسد تنها از انسان ساخته است اکنون با همکاری ماشین‌ها به مراتب بهتر انجام می‌شوند. الگوریتم‌ها، اگر داده‌های مناسب در اختیار داشته باشند، می‌توانند امور برنامه ریزی، تحلیل، تصمیم گیری، پیش‌بینی، تشخیص و حتی نگارش اخبار را بر عهده بگیرند و به راحتی در قلمرو امور متناوب و تکرار شونده وارد شوند و با کمک هوشی که در بررسی داده‌هایی عظیم به کار گرفته شده ما را کمک کنند. این اشتهاء برای داده‌های بیشتر و بیشتر برای تغذیه کردن ماشین‌ها برای نخستین بار به در هم شکستن واحدهای جدا افتاده مخصوص تولید داده در شرکت‌های مختلف در صنایع مختلف انجامیده است. همکاری ابری میان این واحدها در آینده‌ای نه چندان دور به تاثیری قابل توجه در علومی می‌انجامد که بر زندگی و سلامت ما تاثیرگذارند.

67. Dave
68. Hal
۶۹. اشاره نویسنده به فیلم ۲۰۰۱: ادیسه فضایی ساخته استنلی کوبریک است که در آن شخصیت فضانورد از رایانه‌ای که بسیاری از امور فضاپیما را کنترل می‌کند و هال نام دارد می‌خواهد درب محفظه ورودی را باز کند اما رایانه هال از این کار سرباز می‌زند.
70. Alan Turing

هنگامی که موج فرو می‌نشیند

طی چند دهه‌ای که زمان می‌برد تا شرکت‌های پیروز موج هوش مصنوعی به ساحل برسند، نبردهای تازه‌ای شکل خواهند گرفت. دینامیک رقابت و زمینه‌هایی که فرصت‌ها در آنها قرار گرفته تغییر خواهند کرد. زنجیره تامین باز و مشارکتی تولید نرم‌افزار مزیتی بارز برای برندگان آینده خواهد بود اما این باز بودن از بسیاری جهات به سریع‌تر و سخت‌تر شدن رقابت می‌انجامد. بر خلاف مایکروسافت که در موج دوم به صنعت نوپای نرم‌افزار وارد شد، شرکت‌های تازه وارد در موج هفتم باید با بسیاری از برندگان قدرتمند شامل آی‌بی‌ام، مایکروسافت، گوگل، آمازون، فیس بوک و دیگران رقابت کنند و اگرچه سرمایه‌گذاران جسور احتمالا همچنان بخش قابل توجهی از سرمایه‌هایشان را به شرکت‌های نرم‌افزاری اختصاص خواهند داد، اما باید در انتظاراتشان در مورد پیشی گرفتن از برندگان گذشته تجدید نظر کنند.

همین حالا هم تغییرات محسوسی در فرصت‌های هدف قرار داده شده برای کارآفرینان و سرمایه‌گذاران وجود دارد. سرمایه‌گذاری در بخش نرم‌افزاری به طور تاریخی بر توسعه ابزارها، پلتفورم‌ها و اپلیکیشن‌هایی قرار داشته تا بتواند به شرکت‌ها برای دستیابی به بهره‌وری بالاتر یا تولید در مقیاس بزرگ‌تر کمک کنند. از بسیاری جهات، کارآفرینان نرم‌افزاری و سرمایه‌گذاران جسور حامی آنها اکنون به ارتشی علیه شرکت‌ها تبدیل شده‌اند. آمازون، نتفلیکس[۷۱] و موارد اخیر مانند اوبر[۷۲] و ایربی‌ان‌بی[۷۳] به عنوان کارآفرینانی ظهور کرده‌اند که به ترتیب به کسب و کارهای اساسی شرکت‌ها یعنی خرده فروشی، سرگرمی، حمل و نقل و صنعت مهمان نوازی (مانند هتلداری) حمله ور شده‌اند. نرم افزارها اکنون بخش بیشتری از تجربه مصرف‌کنندگان را رقم می‌زنند و به مشتری‌ها قدرت و شفافیت بیشتری داده‌اند.

اوبر که در سال ۲۰۰۹ تاسیس شد، شرکتی کلان داده متعلق به موج

71. Netflix
72. Uber
73. Airbnb

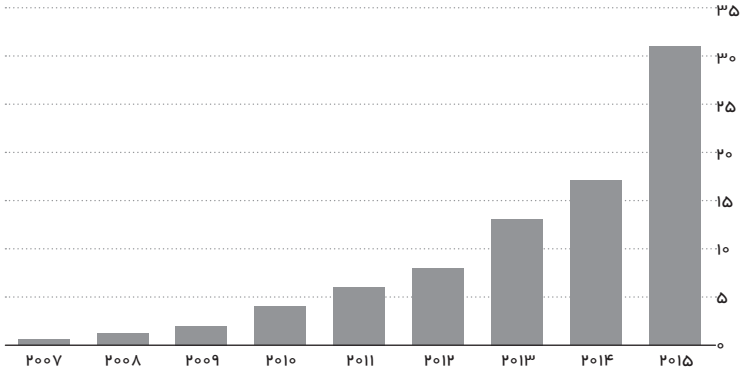
پنجم است. برای اوبر، جهانی که در آن هر فردی در جیبش رایانه‌های همواره متصل به اینترنت با امکان تشخیص موقعیت جغرافیایی دارد که به کاربران اجازه می‌دهد به محض اراده یک خودرو سفارش دهند تا آنها را به مقصد مدنظر ببرد. همان رایانه کوچک به رانندگان اجازه می‌دهد که درخواست کار دهند و هر زمان تمایل دارند مشغول به کار شده یا دست از کار بکشند. الگوریتم‌های اوبر با استفاد از منابع کلان‌داده‌ها (از هوا گرفته تا اخبار و رویدادهای فرهنگی و اعتصاب‌های بخش حمل و نقل) بهترین مسیر و بهای بهینه را تعیین می‌کنند. برای درک اینکه هوش مصنوعی چگونه به شرکت اوبر برای بهبود شیوه عملکرد و رابطه با مشتریان کمک خواهد کرد، نیازی به قوه تخیل نیست. یادگیری ماشین به اوبر اجازه خواهد داد که عرضه و تقاضا را بهتر پیش‌بینی کرده و قیمت‌ها را بر آن اساس تنظیم کند. وسایل نقلیه خودران، ناوگان فعلی اوبر را تکمیل خواهند کرد. پردازش زبان به تعامل بیشتر با مشتری‌ها و دریافت داده‌های بیشتر می‌انجامد. همین روایت در مورد ایربی‌ان‌بی در صنعت مهمان نوازی نیز صدق می‌کند.

کارآفرینان و سرمایه‌گذاران جسور حرکت به سوی دیجیتالی ساختن هر صنعت پس از صنعت دیگر را آغاز کرده‌اند و در مسیر به فرصت‌ها و کسب و کارهای بزرگتری حمله می‌کنند. سرمایه‌گذاری جسورانه در شرکت‌های نرم‌افزاری تنها در صنعت خدمات مالی در سال ۲۰۱۵ به ۱۳.۸ میلیارد دلار رسید که دو برابر مقادیری است که در سال ۲۰۱۴ در این بخش که «فینتک[۷۴]» خوانده می‌شود سرمایه‌گذاری شده بود و همچنین شش برابر منابع مالی اختصاص یافته به این بخش در سال ۲۰۱۱ است. دیگر صنایع نیز الگوی مشابهی را دنبال می‌کنند. ارتش‌های توسعه‌دهندگان نرم‌افزار به شدت مشغول رقابت هستند. داده‌های منتشر شده توسط زنجیره تامین نرم‌افزار میون سنترال[۷۵]، که امکان دانلود اجزا و برنامه‌های متن باز برای نرم افزارهای متن باز را فراهم می‌آورد، نشان می‌دهد که صنعت نرم‌افزار با چه سرعتی رو به گسترش است (بنگرید به نمودار ۵.۳).

74. Fintech
75. Maven Central

نمودار ۵ـ۳ اوج گرفتن نرم افزار: زنجیره تامین نرم افزار

درخواست‌های دانلود برای نرم افزارهای متن باز، بر اساس میلیارد



منبع: Sonatype

بیل گیتس در باور به اینکه نرم‌افزارها می‌توانند ارزش هنگفتی ایجاد کنند درست می‌گفت. اما حتی او نیز اکنون می‌گوید که خطر اینکه هوش مصنوعی «به شدت هوشمند» شود به آینده‌ای خیلی دور مربوط می‌شود. هوش مصنوعی اکنون بسیار جوان است. بعید است که در این موج فعلی دستگاه‌هایی پدید بیایند که با خلاقیت افرادی مانند گیتس، استیو جابز یا مارک زاکربرگ یا کارآفرینان موج‌های تازه برابری کنند. با این حال تردیدی نیست که توانایی مهار اینترنت چیزها و شیوه به کار گرفتن کلان‌داده‌ها برای خدمات رسانی و افزایش امکانات مشتری‌ها یکی از میدان‌های نبرد حیاتی در آینده خواهد بود.

فصل ششم

بحث اصلی در مورد نوآوری

رایان ایونت[1]

بحث در مورد اینکه آیا فن‌آوری در آینده به افزایش رشد و بهره‌وری می‌انجامد یا خیر بالا گرفته است.

1. Ryan Avent

طی تنها چند هفته در اوایل سال ۲۰۱۶ می‌شد طلوع عصری تازه و روشن از فن‌آوری را در افق مشاهده کرد. در اروپا قافله‌ای از کامیون‌ها، جاده‌های این قاره را می‌پیمودند، آن هم در حالی که رانندگان در حال استراحت بودند و هدایت کامیون را برای چند ساعت به رایانه‌ها سپرده بودند. در میان اقیانوس آتلانتیک، شرکت فضانوردی خصوصی اسپیس‌اکس[1]، یک موشک قابل استفاده مجدد مخصوص حمل ماهواره‌ها را با موفقیت بر روی یک شناور تحت هدایت رایانه نشاند و در سئول، شرکت آلفاگو[2]، شرکتی قدرتمند در زمینه سامانه هوش مصنوعی که توسط شرکت گوگل ایجاد شده، قهرمان جهان در بازی گو[3] را شکست داد. بازی گو شبیه بازی شطرنج است با تعداد حرکت‌های بالقوه به مراتب بیشتر و یافتن حرکت بهینه در آن نیازمند محاسبات پیچیده و جامع است.

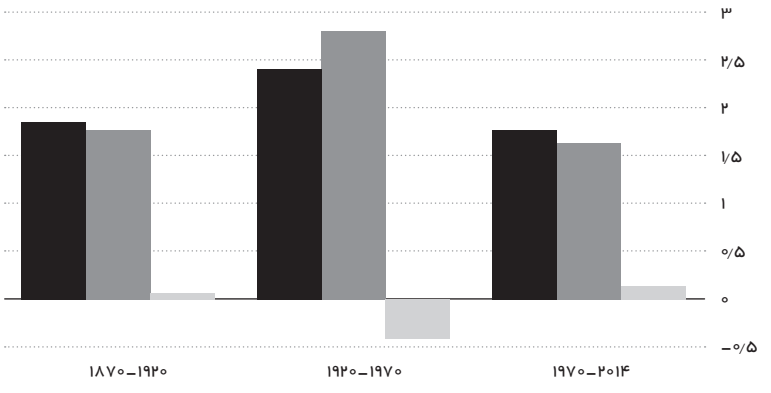
کمتر از دو هفته مانده به هزاره جدید، بشر در حال ساخت فن‌آوری‌های تازه‌ای است که ظاهرا هیچ محدودیتی برای کاربردهای عملی آنها وجود ندارد. با این حال و در شرایطی که جهان به چنین شگفتی‌هایی با حیرت می‌نگرد، بدبینی عمیقی در مباحث مربوط به آینده رشد اقتصادی ریشه دوانده است. تقریبا در همان زمان، رابرت گوردون[4]، اقتصاددان در دانشگاه نورث وسترن[5]، کتاب جالب توجهی در مورد گذشته و آینده رشد بهره‌وری در اقتصاد آمریکا منتشر کرد. آقای گوردون در کتاب «ظهور و سقوط رشد آمریکایی: استاندارد زندگی در ایالات متحده از زمان جنگ داخلی[6]»، استدلال کرد که موج عظیم نوآوری در نیمه دوم قرن نوزدهم میلادی اقتصادهای ثروتمند را متحول ساخت و شرایط لازم برای یک قرن رشد سریع بهره‌وری را فراهم آورد. برق و خودرو، لوله کشی داخل ساختمان‌ها و داروسازی مدرن مسیر را برای چندین دهه تحولی هموار ساختند که در نهایت جهان مدرن را خلق کردند.

گوردون نشانه‌ای از تکرار این روند در آینده‌ای نزدیک را مشاهده نمی‌کند. به اعتقاد او انقلاب دیجیتالی، هرچند مهم، به نسبت در توان

1. SpaceX
2. AlphaGo
3. Go
4. Robert Gordon
5. Northwestern
6. The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living Since the Civil War

نمودار ۶ـ۱ معمای بهره‌وری

بهره‌وری نیروی کار در آمریکا، درصد تغییر سالیانه



منبع: ظهور و سقوط رشد آمریکایی:
استاندارد زندگی در ایالات متحده از زمان جنگ داخلی، نوشته رابرت گوردون، سال ۲۰۱۶

بالقوه برای ایجاد تحول کم‌توان است. دهه‌ها پیشرفت در فن‌آوری اطلاعات به رشد تولید سرانه، تعدیل شده با نرخ تورم، معادل آنچه کشورهای صنعتی در اواسط قرن بیستم تجربه کردند منجر نشده است (بنگرید به نمودار ۶-۱). امید به زندگی یا میانگین طول عمر نیز به سرعت سابق در حال رشد نیست. چشم اندازهای مربوط به آینده‌ای بسیار متمول رایج در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ و استوار بر پایه رباتیک و فن‌آوری موشکی و پردازش رایانه‌ای قدرتمند محقق نشده‌اند. گوردون برای دفاع از ادعایش کافی است که به جهان پیرامون اشاره کند. شگفتی‌های انقلاب دیجیتالی قدرتمندتر و توانمندتر شده‌اند، اما دستمزد بسیاری از کارگران، پس از تعدیل بر اساس نرخ تورم، به هیچ وجه نزدیک به رشدهایی که در نیم قرن پیش مشاهده می‌شد نیستند. جوامع ثروتمند به جای اینکه خوشبین باشند، عصبانی و درمانده هستند.

پرسش سخت این است که آیا فن‌آوری به همین روند ناامیدکننده

ادامـه خواهـد داد؟ هنگامـی کـه ماشـین‌ها بـه زبانـی عـادی و طبیعـی بـا انسـان‌ها سـخن بگوینـد و خودروهـای بـدون راننـده کالاهـای مدنظـر افـراد را بـه در منـزل آنهـا ببرنـد، آن هـم پیـش از آنکـه افـراد اصـلا پـی ببرنـد کـه آن کالا را می‌خواهند، آیـا جهـان همچنـان ماننـد امـروز احسـاس می‌کنـد کـه در گـودال گیـر افتـاده است؟

پاسـخ گـوردون و بسـیاری دیگـر از همفکرانـش بـه ایـن پرسـش مثبـت اسـت. فـن‌آوری دیجیتـال، هـر چنـد جـذاب، بـاز هـم در تولیـد بهبودهـای کیفـی در سـطح زندگـی شـبیه بـه آنچـه نوآوری‌هـای اساسـی در اواخـر قـرن نوزدهـم ایجـاد کردنـد نـاکام می‌ماننـد. عـلاوه بـر ایـن، نوآوری‌هـای ناشـی از فـن‌آوری دیجیتـال بایـد رشـد اقتصـادی را در مقابـل بادهـای مخالفـی ماننـد سـالخوردگی جمعیت و افزایش نابرابری به پیش ببرند.

خوشـبین‌ها، کـه تعـداد آنهـا نیـز کـم نیسـت، نظـر مخالفـی دارنـد. آنهـا دیگـران را بـه صبـر دعـوت می‌کننـد و بـرای ادعـای خـود دلایـل قوی‌تـری دارند.

نقص در ارقام

بدبین‌هـا نسـبت بـه آینـده بهـره‌وری از یـک مزیـت اولیـه بهره‌منـد هسـتند: داده‌هـا در طـرف آنهـا قـرار دارنـد. اقتصاددانـان از بهـره‌وری یـا میـزان محصـول تولیـد شـده توسـط میـزان ثابتـی از زمیـن، نیـروی کار یـا سـرمایه، بـه عنـوان عامـل کلیـدی بـرای رشـد بلندمـدت در درآمـد و سـطح زندگـی نـام می‌برنـد. رشـد بهـره‌وری در جهـان ثروتمنـد طـی چنـد دهـه پـس از جنـگ جهانـی دوم بـه شـدت افزایـش یافـت، امـا در دهـه ۱۹۷۰ بـه شـدت کنـد شـد. در اواخـر دهـه ۱۹۹۰ رشـد بهـره‌وری بـه خصـوص در ایـالات متحـده دوبـاره بهبـود یافـت و بسـیاری از اقتصاددانـان مقـدم تاثیـر «پایـدار» ناشـی از فـن‌آوری اطلاعـات را گرامـی داشـتند. بـا ایـن وجـود تـا اواسـط دهـه ۲۰۰۰ ایـن امیـد نیـز کمرنـگ شـد و رشـد بهـره‌وری بـار دیگـر کنـد شـد و دیگـر هیـچ بهبـودی نیـز بـه چشـم نمی‌خورد.

گـوردون اعتقـاد دارد کـه ایـن همـه آن چیـزی بـود کـه فـن‌آوری اطلاعـات

می‌توانست به ارمغان بیاورد. جهش رشد ناشی از گسترش فن‌آوری مربوط به مواردی مانند دیجیتالی‌شدن، رایانه‌های شخصی و اینترنت روی داده است. هرچه قدر که پیشرفت‌های اخیر در این فن‌آوری‌ها جالب توجه بوده‌اند، اما برای افزایش بهره‌وری کفایت نمی‌کنند. فن‌آوری تلفن همراه و شبکه‌های اجتماعی تغییر چندانی در توان بشر برای تولید محصول بیشتر با عوامل تولید کمتر ایجاد نمی‌کنند؛ همان‌طور که پیتر ثیل[۷]، یک سرمایه‌گذار جسور، می‌گوید به ما وعده خودروهای پرنده داده شده بود، اما در نهایت آنچه تحقق یافت شبکه‌های اجتماعی بود. خودروهای بدون راننده قرار نیست تحولی در بهره‌وری ایجاد کنند، چرا که افراد زمانی که می‌توانند از خودرو استفاده کنند بهره‌وری بسیار بیشتری خواهند داشت، حالا آن‌قدر تفاوتی نمی‌کند که در حال راندن خودرو باشند یا خیر.

در همین حال، بدبین‌ها اشاره می‌کنند که سرعت نوآوری در صنایع رایانه‌ای، که به تداوم پیشرفت به سوی فن‌آوری‌های موجود یاری رساند، در حال کند شدن است. برای نیم قرن مهندسان با موفقیت توانستند با قانون مور همگام باشند (قانونی که به نام گوردون مور، موسس شرکت رایانه‌ای اینتل، نامگذاری شده بنگرید به فصل ۴) که فرض می‌گیرد تعداد ترانزیستورها در تراشه‌ها تقریبا هر دو سال یک بار دو برابر می‌شود. این رشد چشمگیر به تولیدکنندگان رایانه‌ها اجازه داد که محصولات‌شان را از کالاهایی بسیار گران و پرمصرف به‌اندازه یک اتاق به رایانه‌های قدرتمند تبدیل کنند که ما اکنون در جیب‌هایمان قرار می‌دهیم. متاسفانه، قانون مور دیگر دارد از نفس می‌افتد.

گوردون با در نظر گرفتن همه موارد استدلال می‌کند که دورنمای یک رنسانس فن‌آوری محور در نیمه نخست هزاره سوم بسیار کمرنگ است. آیا چشم اندازها تا این حد تیره و تار هستند؟

برخی اقتصاددانان اعتقاد دارند مشکلی که آقای گوردون به آن اشاره می‌کند در واقع تنها یک خطای آماری است: راهکارهای اندازه گیری اقتصاد همگام با تغییرات فن‌آوری پیش نرفته‌اند. برآورد ارزش ایجاد شده در صنایع خدماتی و مرتبط با فن‌آوری

7. Peter Thiel

اطلاعات، که بخش قابل توجهی از فعالیت اقتصادی را به خود اختصاص داده، به مراتب سخت‌تر از سنجش میزان محصول تولید شده در کارخانه‌ها یا شرکت‌ها است. بسیاری از کالاهای دیجیتالی شـــگفت‌آور مانند ویکیپدیا[8] و خدمات ارائه شـــده توسط گوگل رایگان هستند. علاوه بر این، افزایش در ارزش مصرف به‌طور فزاینده‌ای نتیجه افزایش کیفیت و شخصی شـــدن، مانند گوش دادن به فهرستی از موسیقی‌هایی که با سلیقه یک مخاطب به خصوص تطبیق داده شـــده‌اند، است. متخصصان آمار در دفاتر دولتی برای سنجش چنین تفاوت‌های ظریفی به شدت تلاش می‌کنند. با این وجود هر چند مشـــکلات مربوط به اندازه گیری به طور قطع مســـئول بخشـــی از کمبودها است اما متخصصین محاسبات کمی معتقدند که این مشکلات عامل اصلی محسوب نمی‌شوند. بسیاری از مشکلات مشابه، هنگام جمع آوری داده‌ها در اواخر دهه ۱۹۹۰، یعنی زمانی که بهره‌وری اندازه‌گیری شده رو به رشد بود، روی دادند و زمانی که پژوهشگران تلاش می‌کنند تا ارزش سنجش ناصحیح فن‌آوری‌های تازه را برآورد کنند، با رقمی به مراتب کمتر از کمبودهای برآورد شده در کل بهره‌وری مواجه می‌شوند.

پس روایت گوردون تفسیر نامناسبی برای برخی از ناکامی‌های اقتصادی چند دهه اخیر نیســـت. با این حال به طور حتم راهنمای مناســـبی برای چند دهه پیش‌رو نیز محسوب نمی‌شود. در واقع، بدبین‌ها از سه منظر در درک ماهیت تغییرات تکنولوژیکی به خطا رفته‌اند.

ویژگی رشد نمایی

نخســت اینکــه بدبین‌هــا اثــر انباشــت بهبودهــای نمایــی در قــدرت پــردازش رایانــه‌ای را دســت کــم می‌گیرنــد. درســت اســت کــه قانــون مــور در حــال کندشــدن اســت، امــا ایــن قانــون در طــول عمــرش فــن‌آوری را بــه آســتانه پیشــرفت‌های خــارق العــاده‌ای رســانده اســت. همان‌طــور کــه اریــک برینیولفســن[9] و آنــدرو مک‌آفــی[10]، دو متخصــص فــن‌آوری در موسســه فــن‌آوری ماساچوســت[11]، در چنــد کتــاب اخیرشــان شــرح داده‌انــد، رشــد نمایــی خاصیتــی فریبنــده دارد. آنهــا معمــولا بــه روایتــی قدیمــی ارجــاع می‌دهنــد

8. Wikipedia
9. Erik Brynjolfsson
10. Andrew McAfee
11. Massachusetts Institute of Technology

که در آن مردی پس از اختراع بازی شطرنج آن را برای دریافت پاداش نزد پادشاه می‌برد. مخترع شطرنج در ازای این اختراع برنج درخواست می‌کند و برای تعیین میزان برنج نیز الگوی مشخصی را پیشنهاد می‌دهد: یک دانه برنج در نخستین خانه صفحه شطرنج، دو دانه برنج در خانه دوم، چهار دانه در خانه سوم و به همین ترتیب به ازاء هر خانه تعداد برنج‌ها دو برابر شود. پادشاه به سرعت این پیشنهاد را می‌پذیرد با این تصور که مجموع برنج‌ها ناچیز خواهد بود. با این وجود تعداد برنج‌ها در نیمه دوم صفحه شطرنج به شدت زیاد شده بود به طوری که برای نخستین خانه از نیمه دوم چهار میلیارد دانه برنج لازم بود و میزان برنج لازم برای هر خانه جدید تقریبا به اندازه مجموع همه برنج‌های اختصاص یافته به خانه‌های پیشین بود.

به طور مشابه، دو برابر شدن قدرت رایانه‌ای که به لطف قانون مور روی داد پیشرفت‌های مهم اما نسبتا کمی در توانایی رایانه‌ای ایجاد کرد. اما با گذشت زمان، هر دور از تحقق قانون مور به اندازه همه پیشرفت‌های گذشته، این قدرت رایانه‌ای را به پیش برده است. طی یک دهه اخیر، بدبین‌ها به طور متناوب در مورد دستاوردهای تحقق یافته در جهان فن‌آوری غافلگیر شده‌اند، چرا که تا همین اواخر به نظر می‌رسید که دستیابی به آن‌ها به سال‌ها زمان نیاز دارد. در اواسط دهه ۲۰۰۰، ظاهرا خودروهای خودران بسیار فراتر از توان فن‌آوری‌های موجود بودند، اما چند سال بعد خودروهای خودران شرکت گوگل در خیابان‌های شهرها حضور داشتند و بیشتر تولیدکنندگان خودرو اکنون وسایل نقلیه‌ای را می‌فروشند که امکانات قابل توجهی برای هدایت اتوماتیک دارند. به طور مشابه، پیروزی آلفاگو نیز بسیار زودتر از زمان مورد انتظار روی داد. حتی اگر قانون مور در آینده آهسته‌تر شود، هر نسل همچنان قدرت پردازش رایانه‌ای به مراتب بیشتری از دستاوردهای نسل‌های پیشین به ارمغان خواهد آورد.

دومین دلیل برای خوشبینی این است که در هر صورت قانون مور دیگر محدودیتی برای پیشرفت فن‌آوری به حساب نمی‌آید. تولیدکنندگان تراشه‌ها در حال روی آوردن به طراحی‌ها و مواد تازه‌ای هستند که حتی بدون تداوم قانون مور نیز بتوانند توان رایانه‌ای را بهبود ببخشند. کاربرد گسترده رایانش ابری که به‌وسیله شرکت‌هایی مانند آمازون و گوگل در

دسترس قرار گرفته باعث شده که سرعت تراشه‌های رایانه‌های شخصی دیگر نقش چندانی در اموری که کاربر می‌تواند انجام بدهد نداشته باشند و همچنین پیشرفت در الگوریتم باعث بهبود در توان رایانشی شده است. پیروزی آلفاگو تنها به سادگی بوسیله رایانش جامع حالت‌های مختلف بازی امکان‌پذیر نبود و نیازمند هوشی ماشینی بود که بتواند برای یافتن راهی برای شکست حریف بیندیشد.

این عوامل در کنار هم تاکید دارند که ظرفیت به مراتب بیشتری برای افزایش قدرت و توان ماشین‌های متفکر وجود دارد. ضمن اینکه پیشرفت‌ها در توان رایانشی صرفا به‌وسیله کمک به افراد برای انجام امور به شیوه‌ای سریع‌تر و به‌وسیله دستگاه‌هایی کوچکتر نسبت به سال گذشته حاصل نمی‌شوند. در عوض، هر نسل از پیشرفت فن‌آوری را به مرزهای تازه‌ای می‌رساند و امکان‌های تازه‌ای را برای کاربران رایانه‌ای فراهم می‌آورد.

به آرامی و سپس ناگهانی

اگر ادعای بالا صحیح است پس چرا پیشرفت فن‌آوری تاکنون به افزایش رشد منجر نشده و چگونه می‌توان اطمینان داشت که چنین افزایشی در آینده ممکن خواهد بود؟ سومین، و قوی ترین، دلیل برای خوشبینی این است که یادگیری شیوه به کارگیری فن‌آوری‌های تازه و قدرتمند نیاز به زمان دارد.

گوردون تا حدی نسبت به انقلاب دیجیتالی بی‌انصاف است. او به درستی نوآوری‌های عظیمی مانند برق و خودرو را در میان عوامل رشد بلندمدت سرانه تولید در اقتصادهای ثروتمند در اواخر قرن نوزدهم تا اواسط قرن بیستم جای می‌دهد. اما زمان زیادی را به بحث در مورد نکته‌ای کلیدی اختصاص نمی‌دهد: اینکه زمان بسیار زیادی لازم بود تا توانایی‌های بالقوه چنین نوآورهایی به بالفعل تبدیل شوند. پیشرفت‌های اساسی و حیاتی آزمون و خطاهای دانشمندان با الکتریسیته تا سال ۱۸۹۰ روی داد، اما رشد بهره‌وری ناشی از کاربردهای آن به سرعت پس از آن روی نداد. این افزایش رشد ابتدا به صورت جسته و گریخته مشاهده می‌شد؛ چرا که

شرکت‌ها به دنبال راه‌های هوشمندانه‌ای برای به کارگیری نیروی برق بودند. برای مثال تلگراف بسیار زود اختراع شد اما کاربرد گسترده نیروی برق در خانه‌ها و کارخانه‌ها و بهبود بهره‌وری ناشی از آن، بسیار دیرتر رواج یافت.

چاد سیورسون[۱۲]، استاد دانشگاه شیکاگو، اشاره می‌کند که رشد بهره‌وری در عصر نیروی برق به طور یکپارچه‌ای سریع نبود، بلکه در عوض برای دوره‌ای طولانی به طور ناامیدکننده افقی بود و رشد چندانی نداشت تا اینکه ناگهان اوج گرفت. او داده‌های رشد بهره‌وری نیروی کار طی عصر برق رسانی را با عملکرد همین شاخص در عصر فن‌آوری اطلاعات مقایسه کرده و به نظر می‌رسد که هر دو الگوی به شدت مشابهی دارند (بنگرید به نمودار ۶.۲).

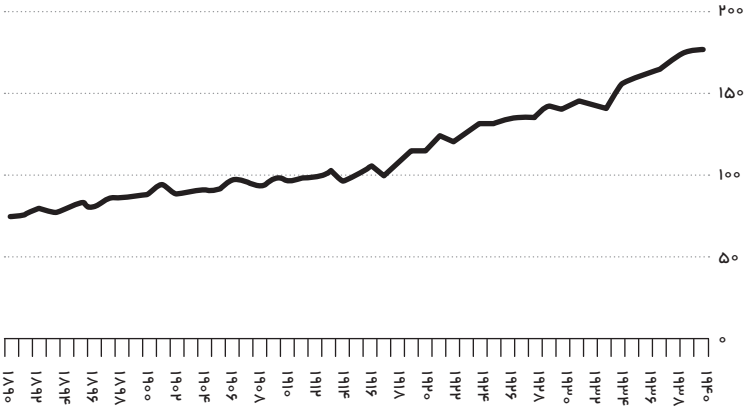
تاخیر میان ورود یک تکنولوژی و بهره‌گیری کامل از توان بالقوه آن بیشتر به خاطر زمانی است که برای کشف بهترین شیوه استفاده از نوآوری‌های تازه و سازمان دادن جهان بر اساس آن مورد تازه نیاز است. درشکه‌های بدون اسب از اواخر قرن نوزدهم حضور داشتند اما بسیار زمان برد تا خودروها رشد اقتصادی را تحت تاثیر قرار دهند. ابتدا، تولیدکنندگان باید راهکار کاهش هزینه‌ها را می‌یافتند، سپس دولت‌ها باید قوانین را اصلاح و زیرساخت‌های جدید را ایجاد می‌کردند و شرکت‌ها باید مدل‌های تجاری تازه حول محور خودروها را آزمایش می‌کردند. مردم هنوز مشغول یادگیری بودند که در دهه‌های آخر قرن بیستم، ظهور فروشگاه‌های بزرگ بهره‌وری در بخش خرده فروشی آمریکا را افزایش داد.

چنین دینامیکی به این معنی است که رشد بهره‌وری همواره بازتابی از پیشرفت‌هایی در فن‌آوری است که پیش‌تر روی داده‌اند و بنابر تخمین دو اقتصاددان، سوسانتو باسو[۱۳] از کالج بوستون[۱۴] و جان فرنالد[۱۵] از بانک فدرال رزرو سن فرانسیسکو[۱۶]، به طور متوسط پنج تا پانزده سال زمان می‌برد تا اثر

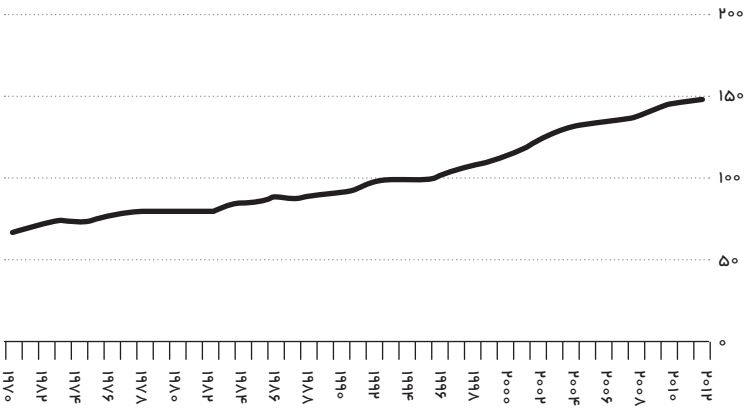
12. Chad Syverson
13. Susanto Basu
14. Boston College
15. John Fernald
16. Federal Reserve Bank of San Francisco

نمودار ۲ـ۶ آشناپنداری الگوهای بهره‌وری نیروی کار در آمریکا

دوران گسترش استفاده از نیروی برق، سال ۱۹۱۵ معادل ۱۰۰ در نظر گرفته شده



دوران فن‌آوری اطلاعات، سال ۱۹۹۵ معادل ۱۰۰ در نظر گرفته شده



منبع: Chad Syverson

چنیـن پیشـرفت‌هایی در بهـره‌وری قابـل مشـاهده باشـد و در برخـی مـوارد نیـز زمـان بیشـتری مـورد نیـاز اسـت. بهبـود بهـره‌وری مربـوط بـه اواخـر دهـه ۱۹۹۰ و اوایـل دهـه ۲۰۰۰ بیشـتر بـه خاطـر نـرم افزارهـای هوشـمند مدیریـت کسـب و کار بـود کـه در سـال‌های پیـش از آن توسـعه یافتـه بودنـد و کسـب و کار مبتنـی بـر فضـای مجـازی بـه نسـبت تاثیـر اندکـی بـر بهـره‌وری داشـت. بـه طـور مشـابه کمـی طـول خواهـد کشـید تـا تاثیـر مـواردی ماننـد وسـایل نقلیـه خـودران در رشـد اقتصـادی نیـز احسـاس شـود. تـوان بالقـوه موجـود در یادگیـری ماشـین نمی‌توانـد بـا ارجـاع بـه رشد ضعیف امروز زیر سوال برود.

عـلاوه بـر ایـن، اثرگـذاری فن‌آوری‌هـای امـروز بـر رشـد احتمـالا از مسـیرهایی خواهـد بـود کـه اکنـون بـرای مـا بـه سـختی قابـل تصورنـد. تجسـم کارل بنـز[17] و هنـری فـورد[18] از خـودرو نسـخه‌ای بهتـر از کالسـکه بـدون اسـب بـود کـه بـه افـراد امـکان دهـد کـه بـدون نیـاز بـه حیوانـات مسـیرهایی طولانی‌تـر را بـا سـرعتی بیشـتر بپیماینـد امـا آنهـا نمی‌توانسـتند تصـور کننـد کـه خودروهـا تحولـی شـگرف در سـاختار شـهری ایجـاد خواهنـد کـرد و یـا اینکـه تجـارت بیـن المللـی روزی بـه شـدت توسـعه یابـد آن هـم بـه لطـف سـامانه‌هایی کـه می‌تواننـد کانتینرهـا را از روی کشـتی برداشته و روی کامیون‌ها قرار دهند.

مـا نیـز بـه طـور مشـابه قـادر نیسـتیم کـه کاربردهـا و اثـرات بلندمدت وسـایل نقلیـه بـدون راننـده را تجسـم کنیـم. تقریبـا بـا اطمینـان می‌تـوان گفـت کـه آنهـا بـه شـیوه‌هایی کـه امـروز خودروهـای نیازمنـد راننـده مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرنـد بـه کار گرفتـه نخواهنـد شـد. در عـوض، ماهیـت بنیادیـن خـودرو تغییـر خواهـد کـرد. افـراد بسـیار کمتـری ممکـن اسـت بخواهنـد کـه خودرویـی بخرنـد و بـه جـای آن ترجیـح بدهنـد هـر زمـان کـه بخواهنـد از خودروهـای بـدون راننـده اسـتفاده کننـد. جاده‌هایـی بـا کارایـی بیشـتر و کاهـش نیـاز بـه فضایـی بـرای پـارک خـودرو می‌تواننـد سـاختار شـهرها را تغییـر دهـد. بـا افزایـش میـل خانوارهـا بـه در دسـترس بـودن هرچـه نیـاز دارنـد، سـفرهای بسـیار بیشـتری بـا خودروهـای بـدون سرنشـین انجـام خواهـد شـد: بـرای مثـال کافی اسـت بـا صدای

17. Karl Benz
18. Henry Ford

بلنـد درخواسـت برگـر بدهنـد تـا درخواسـت از رایانـه خانـوار بـه رسـتورانی در محـل ارسـال شـده و سـپس وعـده غذایـی در یـک وسـیله نقلیـه کوچـک بـدون سرنشـین قـرار داده شـود تـا بـه مقصـد حمـل شـود. ماشـین‌های بـه میـزان کافـی باهـوش کـه بتواننـد خودروهـا را در میـان ترافیـک هدایـت کننـد (و ماشـین‌های آینـده توانایی‌هایـی بـه مراتـب بیشـتری خواهنـد داشـت) در سرتاسـر بخش‌هـای اقتصـاد بـه کار گرفتـه خواهنـد شـد: از انجـام عمـل جراحـی گرفتـه تـا آمـوزش گفتگـو محـور بـه کـودکان و مدیریـت مـزارع و مدیریـت سـامانه‌های انرژی و بسیاری موارد دیگر.

رایانه‌هـا اکنـون بـه انـدازه کافـی کوچـک و ارزان هسـتند کـه بتواننـد بـه هـر جایـی بـرده شـده یـا در هـر جایـی قـرار داده شـوند. هـوش ماشـینی پیچیـده آن زمـان امـکان دسـتکاری جهـان فیزیکـی را بـه شـیوه‌ای فراهـم خواهـد آورد کـه بـرای مـا قابـل تصـور نیسـتند. بـا ایـن حـال بـه راحتـی می‌تـوان انتظـار داشـت کـه تحـول ناشـی از ایـن گـذار بـه ماشـین‌های هوشـمند در جامعـه و اقتصـاد همان‌قـدر اثرگـذار و قدرتمنـد باشـد کـه زمانـی اثـرات ناشـی از لولـه کشـی داخلی، خودروها و نیروی برق بودند.

اثرات اجتماعی

برخـی از بدبینی‌هـا، هرچنـد نـه بـه صـورت مدنظـر گـوردون و هـم فکرانـش، قابـل توجیـه هسـتند. اگـر تصـور اینکـه خانه‌هـا و خودروهـای تحـت هدایـت هـوش مصنوعـی دقیقـا چگونـه زندگـی مـا در آینـده را تغییـر می‌دهنـد بـه سـختی امکان‌پذیـر اسـت، امـا تصـور اینکـه جامعـه بـرای تطبیـق یافتـن بـا آنهـا بـه دردسـر خواهـد افتـاد کار سـاده‌ای اسـت. فن‌آوری‌هـای امیدبخشـی ماننـد خودروهـای بـدون راننـده یـا پهپادهـا همیـن حـالا هـم بـه بخش‌هـای قانونگـذاری راه یافته‌انـد. دولت‌هـا در تـلاش هسـتند تـا بـرای جمـع آوری و اسـتفاده از مقادیـر هنگفـت داده‌هـای شـخصی کـه توسـط تلفن‌هـای هوشـمند یـا دیگـر ابـزار متصـل بـه اینترنـت فراهـم می‌آینـد مقرراتـی را تدویـن کننـد حتـی در حالیکـه نگرانـی افـکار عمومـی نسـبت بـه جاسوسـی دولت‌هـا از ایـن اطلاعـات رو بـه افزایـش اسـت. پیـش از اینکـه لولـه کشـی، بـرق و خـودرو بتواننـد جهـان را

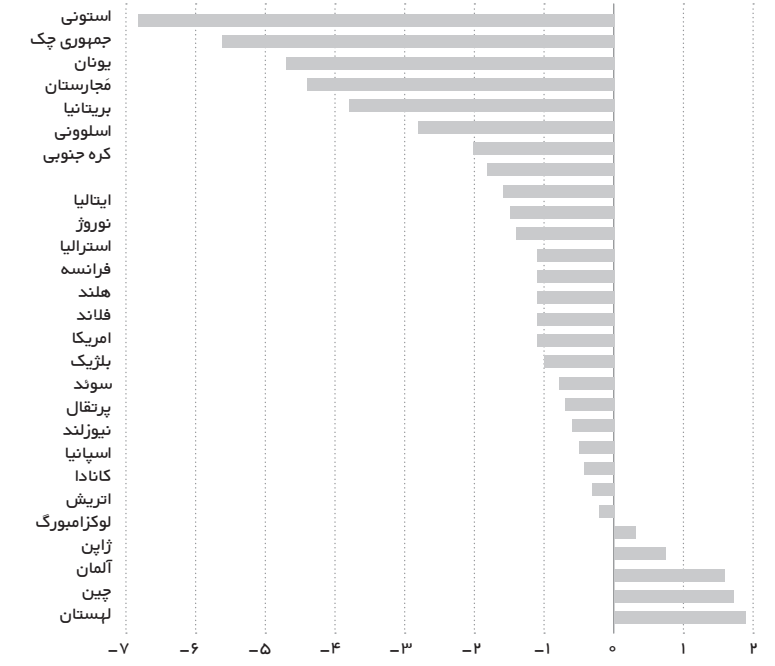
تغییر دهند، جوامع باید چندین سال را صرف سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های تازه، آزمون قوانین و مقررات تازه برای فهمیدن شیوه و شرایط مالکیت و مدیریت این شبکه‌ها و ایجاد و توسعه هنجارهای اجتماعی تازه در مورد رفتارهای صحیح و نادرست می‌کردند. بشر طی چند دهه آینده بار دیگر وارد فرآیند مشابهی خواهد شد که گسترش نوآوری‌های تازه را آهسته کرده و از تاثیر آنها بر اقتصاد می‌کاهد.

مدیریت اثرات این فن‌آوری‌های تازه بر بازار کار و دستمزد کارگران یکی از موارد پیچیده برای وفق یافتن با شرایط جدید خواهد بود. در واقع ممکن است که همین حالا هم مشکلات بازار کار تاثیر مضری بر استفاده از فن‌آوری‌های تازه و رشد بهره‌وری داشته باشد. طی چند دهه اخیر، میزان رشد دستمزدها برای بیشتر کارگران در بیشتر کشورهای ثروتمند کمتر از رشد اقتصاد بوده است. در همین زمان به نظر می‌رسد که سطح پایین بیکاری در ایجاد فشار برای افزایش دستمزدها بر خلاف گذشته کم‌اثر بوده است (بنگرید به نمودار ۶.۳). اقتصاددانان جریان اصلی اقتصاد پیش‌تر بهره‌وری را یکی از عوامل تعیین کننده دستمزد می‌دانستند به این صورت که با افزایش بهره‌وری کارگران، شرکت‌ها می‌توانند به آن‌ها دستمزد بهتری بپردازند. اما برخی از اقتصاددانان شروع کرده‌اند به زیر سوال بردن جهت رابطه میان بهره‌وری پایین و دستمزدهای پایین.

پرداخت دستمزد پایین به شرکت‌ها اجازه می‌دهد سود بیشتری از استخدام کارگران به‌دست بیاورند و به استفاده از نیروی انسانی ادامه دهند؛ حتی اگر ربات‌ها یا نرم افزارها بتوانند جانشین آنها شوند. برای مثال سرمایه‌گذاری در دستگاه‌های خودکار برای پرداخت در فروشگاه‌ها در شرایطی که نیروی انسانی ارزان و فراوان برای استخدام به عنوان صندوق دار وجود دارد جذابیت چندانی نخواهد داشت. برخی از اقتصاددانان، مانند جواو پائولو پسوآ و جان ون رینن از مدرسه اقتصادی لندن، اعتقاد دارند که دستمزدهای پایین در بریتانیا، که طی دوران رکود بزرگ سقوط کرد، به رشد ضعیف بهره‌وری در دوران بهبود پس از رکود کمک کرده است. چرا که شرکت‌ها فشار کمتری برای اقتصادی‌تر عمل کردن احساس می‌کردند.

نمودار ۳ـ۶ معیار دستمزد

درصد تغییر در رشد دستمزد ساعتی حقیقی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ و ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴



منبع: گزارش دورنمای اشتغال که توسط سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در سال ۲۰۱۵ منتشر شده است

به طور مشابه، فراوانی نیروی کار ارزان ممکن است به شرح اینکه چرا اقتصاد آمریکا طی سال‌های اخیر ترکیب نامتعارفی از رشد اشتغال و رشد ضعیف دستمزدها را تجربه کرده کمک کند.

با قدرتمندتر شدن فن‌آوری، کارفرمایان قادر خواهند بود که راه‌هایی را برای جایگزینی کارگران و کاهش هزینه‌ها بیابند. کارگران اخراج شده برای امرار معاش مجبور هستند به دنبال شغل تازه باشند و با افزایش عرضه در بازار کار، دستمزدها ثابت مانده یا کاهش می‌یابند. دستمزدهای پایین در نهایت برای شرکت‌ها این جذابیت را ایجاد می‌کنند که برای امور با بهره‌وری پایین از نیروی کار انسانی استفاده کنند. شرکت‌ها دیگر انگیزه‌ای

ندارنـد کـه بـرای صرفه‌جویـی در هزینه‌هـای نیـروی کار گران‌قیمـت بـه سـرمایه‌گذاری در شـیوه‌های جایگزیـن ماننـد سـامانه‌های خـودکار یـا برنامه‌هـای یادگیـری ماشـین بـرای انجـام امـوری روی بیاورنـد کـه به‌وسـیله نیروی کار انسانی نه چندان گران انجام می‌شوند.

تحول پیش رو

تقریبا با اطمینان می‌توان گفت یکی از بزرگترین چالش‌های اجتماعی و سیاسـی بین بازه زمانی امروز و سـال ۲۰۵۰ شیوه‌هایی است که به‌وسیله آن‌هاکسب و کارها و کل اقتصادها با تحولات تکنولوژیکی پیش‌رو تطبیق می‌یابند. خودروها و کامیون‌های بدون راننده می‌توانند به سرعت ده‌ها میلیون شغل در جهان ثروتمند را از بین ببرند. سامانه‌های هوش مصنوعی می‌توانند ده‌ها میلیون شغل دیگر از بخش خدمات مشتریان و دستیاران اداری گرفته تا بخش آموزش، داروسازی، امور مالی و حسابداری را از بین ببرند. هرچند بخشی از افراد از چنین نوآوری‌هایی به شدت سود خواهند برد صاحبان سـهام شرکت‌های سـودده یا افرادی با تخصص‌های مورد نیاز برای مغزهای ماشینی جدید اما بیشتر افراد یا با فن‌آوری‌های تازه جایگزین خواهند شد یا چنین تهدیدی را احسـاس خواهند کرد و مجبور خواهند بود تا در رقابت با بسیاری دیگر برای مشاغل موجود رقابت کنند و برای حفظ شـغل هم که شـده دسـتمزدهای بسیار پایین را بپذیرند.

ایـن الگو به طور کلی افـراد و اقتصادها را در وضعیتی فقیرتـر از آنچه باید قرار می‌دهد. متاسـفانه راه حل سـاده‌ای نیز برای آن وجود ندارد. دولت‌ها ممکن است به پرداخت کارانه بیشتری به کارگران روی بیاورند و یا پرداخت‌های بدون قید و شرط به همه شهروندان را آغاز کنند. اما چنین پرداخت‌هایی نیازمند اخذ مالیات‌های سنگین از افرادی اسـت که به لطف فن‌آوری‌های تازه ثروتمندتر می‌شـوند. حتی اگر چنین راهکارهایی مورد موافقت قرار بگیرند، باز هم جامعه به طور کلی برای تطبیق یافتن با جهانی که کار کردن در آن انتخابی است با مشکل مواجه خواهد بود.

دولت‌ها ممکن اسـت در عوض مشـاغلی را برای افراد جویای کار ایجاد کنند، اما چنیـن راهکاری پرهزینه خواهد بود و منابع را هـدر خواهد داد. یا اینکه فن‌آوری به ایجاد طبقه‌ای فرودست مشـغول در بخش خدمات بسیار نازل منجر شود که در این

صورت با جوامعی مواجه خواهیم بود که نابرابری در آنها به مراتب بیشـــتر از وضعیت فعلی است.

نمونه دیگری از چنین تطابق اجتماعی مشـــکلی وجـــود دارد. اوایل دوره صنعتی شدن، رشد شدید اشـــتغال در کارخانه‌ها از ظرفیت‌های موجود در جامعه فراتر رفت. کارگران به سوی حاشیه شـــهرها هجوم آوردند در حالی که زیرساخت‌های مورد نیاز برای فراهم آوردن آب سالم، یا مسکن تمیز، یا مدیریت پسماندها وجود نداشت. شرایط زندگی وحشتناک ناشی از این وضعیت به مرگ میلیون‌ها کارگر انجامید. آن‌هایی که نجات یافتند دستمزد ناچیزی دریافت می‌کردند. از دست دادن شغل به معنی ورود به فقری مهلک بود. ســـال‌ها زمان برد تا ســـازمان دهی کارگران، ناآرامی‌های اجتماعی، اصلاحات سیاســـی و در برخی موارد انقلاب بـــه تکامل نهادهای اجتماعی انجامید؛ به گونه‌ای که تقسیم گسترده منافع ناشی از رشد تسهیل شود. این تغییرات اجازه دادند تا کارگران بیشـــتر و ســـالم‌تر زندگی کنند، آموزش بیشـــتری ببیننـــد و پس‌انداز و سرمایه‌گذاری کنند و همچنین ظرفیت اقتصاد برای رشد با بهره گیری از فن‌آوری‌های تازه نیز افزایش کنند.

بخشـــی از اینکه بهره‌وری و تولید تاکنون ناامید کننده بوده به این خاطر است که فن‌آوری‌های تازه دیجیتال با نهادهای اجتماعی مربوط به قرن نوزدهم و بیستم مواجه شده‌اند. در نبود اصلاحات و سرمایه گذاری‌های تازه، اقتصادها همچنان با جمعیت قابل توجهی از کارگران نه چندان ماهر بیکار یا با اشـــتغال ناقص مواجه خواهند بود. چنین کارگرانی باعث پایین ماندن ســـطح دســـتمزدها و کاهش انگیزه برای روی آوردن به ربات‌های باهوش و ماشـــین‌های متفکر خواهند شـــد. اگر در دهه‌های پیش‌رو جامعه راهکارهایی برای افزایش اختیار کارگران برای انتخاب محل کار و ساعات کاری بیاید، در این صورت شرکت‌ها هم انگیزه بیشتری برای استفاده بهتر از فن‌آوری و نیروی کار انسانی خواهند داشت. چنین پدیده‌ای به این معنی است که رشد بهره‌وری به روزهای خوب دهه‌های قرن بیستم باز خواهد گشت و زندگی برای همه به مراتب بهتر خواهد شد.

فصل هفتم

کشاورزی فردا

جفری کر[1]

سیاره زمین چگونه می‌تواند غذای ده میلیارد نفر را تامین کند.

1. Geoffrey Carr

جایلز کشاورز[1]، در یک روز روشن در ماه سپتامبر در سال ۲۰۵۰، با نوای دل‌انگیز قطعه شفرد از سمفونی پاستورال[2] بتهوون[3] از خواب بر می‌خیزد. اپلیکشین برداشت محصول که در تلفن همراه نصب شده به او اطلاع می‌دهد که از مجموع ده مزرعه جو، شرایط برای برداشت محصول از سه مزرعه مساعد است و دیگر مزارع طی چند روز آینده آماده برداشت خواهند بود که آن زمان هم اپلیکیشن به او خبر خواهد داد.

کشاورز و همسرش برای تعطیلات آخر هفته به شهر آمده‌اند و دور از خانه هستند اما این مشکلی ایجاد نمی‌کند. شب گذشته برای شام لو دو مق[4] (ماهی خاردار اروپایی) خوردند که بنابر ادعای رستوران به تازگی از مخازن قرار داده شده در آب‌های شرکت پرورش ماهی اوشنز آپارت[5] به‌دست آمده بود. ماهی همراه با سبزیجات شرکت آلتیتیود[6] سرو شد، شرکتی زنجیره‌ای از مزارع عمودی که شعارش«مواد غذایی از شهر برای شهر» است. کشاورز چشمان خواب آلوده‌اش را می‌مالد. تنها باید اطلاعات و استنتاج‌های ارائه شده توسط اپلیکیشن را مرور کرده و دکمه «موافقت» را فشار دهد. نرم‌افزار مربوط به اپلیکیشن که بر اساس پردازش رایانه‌ای ابری متصل به رایانه‌ای در نقطه‌ای نامشخص کار می‌کند، برنامه‌ریزی مربوط به کمباین برداشت محصول که با چهار همسایه دیگر به طور مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرد را انجام خواهد داد. همه همسایه‌ها چندین مزرعه دارند که آماده برداشت محصول هستند. متاسفانه تداخلی وجود دارد. اپلیکیشن اشاره می‌کند که تعداد مزارع آماده برداشت محصول از تعداد ظرفیت زمین‌های قابل برداشت برای کمباین یک عدد بیشتر است. البته ماشین می‌تواند طی شب کار کند و از آنجا که به‌وسیله رایانش ابری به نقشه دقیق هر پنج مزرعه دسترسی دارد، برای رفتن از مزرعه‌ای به مزرعه

1. Farmer Giles of Ham

در واقع نام شخصیت اصلی کتابی است با همین عنوان نوشته جی. آر. آر. تلکین در سال ۱۹۴۹ که داستان مواجهه یک کشاورز و یک اژدها را روایت می‌کند.

2. Pastoral Symphony
3. Beethoven
4. Loup de Mer
5. Oceans Apart
6. Altitude

دیگـر مشـکلی نـدارد، امـا در راه بایـد از راه‌هـای عمومـی عبـور کنـد و مقـررات فعلـی اجـازه عبـور ماشـین کمبایـن از راه‌هـای عمومـی در سـاعات تاریکـی هـوا را نمی‌دهد.

یـک نفـر بایـد کمـی کوتـاه بیایـد و کشـاورز از آنجـا کـه حالـش خـوب اسـت بـرای ایـن کار پیشـقدم می‌شـود. یکـی از مزرعه‌هـای او می‌توانـد تـا فـردا صبـر کنـد. شـک نـدارد کـه در دیپلماسـی پیچیـده میـان کشـاورزان همسـایه، ایـن لطف او زمانی که نیاز داشته باشد جبران خواهد شد.

جویـی کـه در مزرعـه کشـاورز بـه عمـل می‌آیـد از نظـر ژنتیکـی هـم بـرای محـل کشـت و هـم بـرای محـل فـرآوری بهینه‌سـازی شـده بـه طـوری کـه بـی نیـاز از کـود اسـت و بـا اسـتفاده از باکتری‌هـای ریشـه خـودش میـزان نیتـروژن را تنظیـم می‌کنـد. کشـاورز بـه خاطـر رابطـه حسـنه بـا شـرکت تولیدکننـده آبجـو انتظـار دارد کـه بشـکه‌ای تولیـد شـده از محصولاتـش در خانـه ظاهر شـود. بخشـی از غـلات هـم بـرای طعـم بخشـیدن بـه گلـه‌ای از خوک‌هـای مقـاوم در مقابـل ویـروس صـرف خواهـد شـد کـه کشـاورز در وضعیتـی نیمـه‌آزاد نگهـداری می‌کنـد تـا رشـد بهینـه‌ای داشـته باشـند. او در کارخانـه ماسـل[۷] (ماهیچـه) سـهم دارد و ایـن سـهم را در نخسـتین عرضـه عمومـی سـهام خریـداری کـرده اسـت. امـا همیشه برای گوشت پرطرفدار جدا شده از استخوان باید مبلغی را بپردازد.

بـا ایـن وجـود کارخانـه ماسـل و رقبایـش همـه چیـز را متحـول کرده‌انـد. کشـاورز بـا مشـاهده رقابـت روندهـای شـهری میـان دو گـروه مخالفـان دسـتکاری ژنتیکـی مـواد غذایـی و حامیـان حقـوق حیوانـات، کـه هـر کـدام هـم باعـث شـکل‌گیری صنایـع غذایـی مربـوط بـه خـود شـده بودنـد، بـه ایـن نتیجـه رسـید کـه حامیـان حقـوق حیوانـات پیـروز خواهنـد شـد و در عمـل هـم این‌گونـه شـد. تولیدکننـدگان مـواد گوشـتی در قـرن بیسـتم ماننـد کشـتارگاه‌ها و مرغداری‌هـا شـرکت‌هایی مشـمئزکننده بودنـد و بـه طـور حتـم تولیـد انبـوه گوشـت‌هایی کـه از حیوانـات بـه دسـت نیامـده گامـی بـه پیـش بـوده اسـت. او همیـن حـالا حواسـش بـه زمـان عرضـه عمومـی سـهام شـرکت میلـک میـد[۸] هـم اسـت و امیـد

7. Muscle Factory
8. Milkmade

دارد که روند یکسانی در صنایع فرآورده‌های لبنی طی شود.

روایت بالا یا چیزی شبیه به آن یکی از چشم اندازهای مربوط به آینده کشاورزی است که کارشناسان فن‌آوری به تصویر می‌کشند. چشم‌اندازهای دیگر به یک برنج‌کار در مناطق روستایی در آسیا یا مالک یک خانه روستایی در مرکز آفریقا مربوط می‌شود که اکنون اصولا برای رفع نیاز روزانه کشاورزی می‌کنند، اما در آینده به اقتصاد کشاورزی می‌پیوندند که در آن کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی به کمک اصلاحات ژنتیکی و انتخاب ژنومی متحول شده است؛ آن هم با کمک توصیه‌های مربوط به زمان کاشت و برداشت توسط اپلیکشین‌های توزیع شده میان شبکه‌ای از تلفن‌های همراه کشاورزان.

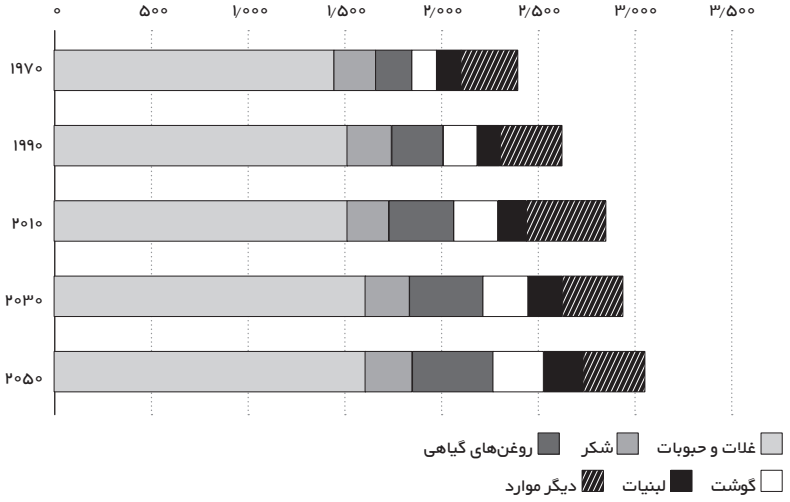
بنابراین جایلز کشاورز و هم‌صنفان آسیایی و آفریقایی‌اش از پیشرفت‌های فن‌آوری که اکنون شناخت عمیقی از آنها وجود ندارد بهره‌مند خواهند شد. پیشینه این پیشرفت‌ها به دو قرن و نیم پیش یعنی زمان اختراع ماشین زراعت و به کار گیری شیوه‌هایی مانند ایجاد تنوع در کاشت و شیوه‌های نوین انبارداری و پرورش محصول باز می‌گردد که به انقلاب کشاورزی در بریتانیا در اواسط قرن هجدهم میلادی انجامید. نتیجه این بهبود مداوم در کشاورزی که تا سال ۲۰۵۰ عمر آن به سه قرن خواهد رسید جهانی خواهد بود که می‌تواند غذای ده میلیارد نفر را تامین کند در حالی که زمانی تنها می‌توانست غذای کمتر از یک میلیارد نفر را تامین کند.

سازمان خواربار و کشاورزی[9] وابسته به سازمان ملل متحد که در مورد مسائل کشاورزی تخصص دارد پیش‌بینی کرده که در سال ۲۰۵۰ میزان مصرف سرانه کالری در جهانی به مراتب پرجمعیت‌تر افزایش خواهد یافت (بنگرید به نمودار ۷.۱)

9. Food and Agriculture Organization

نمودار ۱ـ۷ آنچه در منوی جهانی حضور دارد

میزان کالری مصرفی هر فرد بر اساس انواع خوراکی



پیش‌بینی/ منبع: فائو

شما می‌گوئید انقلاب می‌خواهید[10]

در مورد کشاورزی در سال ۲۰۵۰ می‌توان با اطمینان گفت که نسبت به امروز مکانیزه‌تر و اتوماتیک‌تر خواهد بود و شباهت بیشتری به کارخانه خواهد داشت. ماشین زراعت ساخت جتروتال[11] که توسط اسب کشیده می‌شد و دانه‌ها را در فواصل معینی در زمین می‌کاشت را می‌توان جد همه ابزارهای مکانیکی برای کشاورزی دانست. تا سال ۲۰۵۰ تراکتورهای رباتیک و لوازم جانبی آن هم به این تجیهزات افزوده خواهند شد آن هم همراه با ربات‌های مربوط به برداشت محصول همانند همان که کشاورز جایلز با همسایگانش به طور مشترک استفاده می‌کرد و البته همراه با پهپادها و ماهواره‌هایی که عملکرد محصولات را تحت نظر دارند.

10. You say you want a revolution

نام ترانه‌ای از گروهانگلیسیبیتلزکه در سال ۱۹۶۸ عرضه شده است.

11. Jethro Tull

بیشتر عملیات آبیاری (و همچنین توزیع کود و آفت‌کش) به جای استفاده از آب‌پاش‌ها که با اسراف همراهند توسط شبکه‌هایی از لوله‌هایی انجام خواهد شد که در کنار محصولات کشیده شده‌اند. دستگاه‌هایی که وضعیت خاک را تحت نظر دارند به طور اتوماتیک عملکرد چنین لوله‌هایی را کنترل می‌کنند و برای مواردی که هنوز باید پاشیده شوند مانند آفت‌کش و قارچ‌کش‌هایی که باید حتما از بالا روی گلبرگ پاشیده شوند تا موثر باشند اقدام می‌کنند. اطلاعاتی که از پهپادها و ماهواره‌ها به‌دست می‌آید می‌توانند برای راهنمایی ربات‌های مخصوص به کار گرفته شوند، ربات‌هایی که به وسیله دوربین می‌توانند علف‌های هرز را هم تشخیص داده و به‌وسیله لیزر آنها را معدوم سازند.

علاوه بر این، رابطه کشاورزان و خاک نیز تا سال ۲۰۵۰ به شدت تغییر خواهد کرد. مدت زمان بسیاری است که انسان‌ها دریافته‌اند که خاک بیش از آنچه محصول مواد معدنی تشکیل دهنده آن باشد، محصول آن چیزی است که درونش می‌زید و همین خاک را از لایه پوشاننده سطح ماه و مریخ متمایز می‌سازد. اما دانش بهتر در مورد مایکرو ارگانیسم‌های خاک که ساکن اصلی خاک هستند فرصت بهبودهای‌های مهم در خاک را فراهم می‌آورد، درست همانند بهبودهایی که چرخش محصول که توسط چالز تاونشند[12] ملقب به ترنیپ تاونشند[13] معرفی شد و یا کودهای بر پایه نیتروژن که فریتز هابر[14] معرفی کرد به بار آوردند.

قراردادن باکتری‌هایی که می‌توانند میزان نیتروژن را تنظیم کرده و فسفورهای شیمیایی ناموجود در خاک را آزاد کنند به امری متداول تبدیل خواهد شد. چنین عملی نیاز به کودهای نیتروژنی اختراع شده توسط هابر را کاهش خواهد داد. با این حال جالب‌تر از همه، درک بهتر از رابطه میان محصولات زراعی و قارچ‌ها خواهد بود. به نظر می‌رسد که بسیاری از گیاهان می‌توانند رابطه همزیستی با قارچ‌ها را برقرار سازند و این تنها نقطه آغازی بر کشف‌های بیشتر است. تا سال ۲۰۵۰،

12. Charles Townshend
13. Turnip Townshend
14. Fritz Haber

چنین روابطی به حدی توسط متخصصان کشاورزی شناخته خواهد شد که بتوان به خوبی از آنها بهره برد.

آنچه کمتر مشخص است این است که محصولات سال ۲۰۵۰ با محصولات فعلی چه تفاوت‌هایی خواهند داشت چرا که شیوه تولید محصولات تازه تغییر خواهد کرد. مهندسی ژنتیک که قرار بود همان‌قدر برای مصرف کنندگان مفید باشد که برای کشاورزان بوده در دهه ۱۹۹۰ شروع بدی داشت. شرکت‌های فعال در این حوزه هیچ تفاوتی بین انتقال ژن‌ها از باکتری‌ها به دانه ذرت یا سویا و تغییر دادن ژنوم این محصولات بوسیله تابش رادیواکتیوی یا تغییرات ژنتیکی نمی‌دیدند. اگر هم تفاوتی در نظر می‌گرفتند این بود که مهندسی ژنتیک ارجحیت دارد؛ چرا که متغیرهای تصادفی کمتری در فرآیند آن دخیل هستند. اما به کمک گروه‌های لابی‌گری به شدت پر سر و صدا، افکار عمومی به جمع‌بندی متفاوتی رسید. هرچند که بسیاری از اصلاحات ژنتیکی مانند مقاوم‌سازی محصولات در مقابل حشرات و آفت‌ها در بسیاری از نقاط عملکرد خوبی داشته‌اند، اما به نظر می‌رسد که سرمایه‌گذاری در مواردی مانند افزایش ارزش غذایی محصولات خوراکی ارزش ریسک کردن نداشتند.

این تجربه می‌تواند به ایجاد نسل تازه‌ای از به کارگیری ابزار اصلاح ژنتیکی دقیق برای محصولات کشاورزی بیانجامد. این بار، روابط عمومی شرکت‌های تولیدی از همان ابتدا ارزش اصلاحات ژنتیکی را برای افکار عمومی شرح خواهند داد و توضیح می‌دهند که شیوه‌های تازه «فرانکنشتاینی[۱۵]»تر از شیوه‌های فعلی تولید محصول نیست. جو تنظیم‌کننده نیتروژن که جایلز کشاورز از آن بهره می‌برد یک مثال از آن چیزی است که ممکن است این فن‌آوری تازه به ارمغان بیاورد. اما اگر اقبال عمومی هم حاصل شود آن‌گاه چنین فن‌آوری‌هایی می‌توانند به مراتب بیشتر پیش روند. برای مثال محتوای غذایی روغن‌های گیاهی ممکن است بهبود یابد آن هم از طریق افزودن روغن حاوی ماده محبوب امگا ۳ به گونه‌هایی

۱۵. اشاره نویسنده به داستان فرانکنشتاین است که در آن دانشمندی به همین نام موجود مخوفی را خلق می‌کند و کنترل آن را از دست می‌دهد.

کـه اکنـون حـاوی مـاده کمتـر ارزشـمند امـگا ۶ هسـتند. طعـم فعلـی میوه‌هـا می‌توانـد تقویـت شـود و یـا طعم‌هـای تـازه‌ای بـه آنهـا افـزوده شـود. می‌تـوان بـا ایجـاد تغییراتـی در محصـولات غیرتجـاری کـه در مناطـق اسـتوایی بـه وفـور یافـت می‌شـود، آنهـا را بـه سـبزیجاتی بـرای عرضـه در بـازار تبدیـل کـرد کـه اکنـون تنها در دسترس مشتریان در جهان ثروتمند قرار دارد.

بـا ایـن حـال اصلی‌تریـن غنیمتـی کـه تـا سـال ۲۰۵۰ بـه ارمغـان خواهـد آمـد، تقویـت کننـده فوتوسـنتز خواهـد بـود کـه باعـث خواهـد شـد گیاهـان سـریع‌تر رشـد کننـد. حتـی امـروز نیـز پژوهشـگران مشـغول کار بـر روی نسـخه‌های اولیـه آن هسـتند و تـلاش می‌کننـد کـه آنچـه فوتوسـنتز سـی[۱۶]۴ نامیـده می‌شـود را بـه گونه‌هایـی بیافزاینـد کـه خودشـان از فوتوسـنتز کمتـر موثـر سـی[۱۷]۳ بهـره می‌برنـد. امـا ایـن می‌توانـد تنهـا نقطـه شـروع باشـد. بسـیاری از مسـیرهای پیـش روی فوتوسـنتز گیاهـان کـه هنـوز کشـف نشـده‌اند بـه مایکـرو ارگانیسـم‌ها مربـوط می‌شـوند. برخـی از ایـن مسـیرها ممکـن اسـت بـه نتیجـه برسـند و بـرای اسـتفاده در محصـولات کشـاورزی کاربـرد داشـته باشـند. اگـر مصرف‌کننـدگان بـه میـزان کافـی از آن اسـتقبال کننـد، دو یـا سـه دهـه پیـش‌رو می‌توانـد شـاهد رشـد حیـرت‌آور نـوآوری در بهبـود محصـولات باشـد. در ایـن صـورت نگرانـی بابـت فراتـر رفتـن جمعیـت زمیـن از تـوان سـیاره بـرای تامیـن محصولات خوراکی رنگ خواهد باخت.

روستا در شهر[۱۸]

البتـه همـه ایـن افکار اساسـا بسـط و گسـترش شـیوه‌های موجود در کشـاورزی هسـتند. امـا همان‌طـور کـه شـهری کـه جایلـز کشـاورز آخـر هفتـه در آن سـپری می‌کـرد نشـان مـی‌داد، برخـی از بخش‌هـای کشـاورزی تـا سـال ۲۰۵۰ کامـلا تـازه خواهنـد بـود. یکـی از ایـن شـیوه‌های تـازه کـه بـا نـوآوری کمتـری همـراه اسـت تولیـد سـبزیجات در شـهرها خواهـد بـود. چنیـن تولیدکننـدگانی در شـیوه

16. C4
17. C3
18. Rus in urbe

عبارتی لاتین که به معنی شبیه‌سازی فرینده فضای روستایی در فضای شهری است.

عملکـرد شـبیه نمونه‌هـای پیشـین هسـتند امـا در شـکل تفـاوت دارنـد. باغ‌هـای سـبزیجات زمانـی نیـاز شـهرها بـه میـوه و سـبزیجات تـازه را برطـرف می‌کردنـد، امـا حمـل و نقـل مکانیـزه و فروشـگاه‌های بـزرگ ایـن وضعیـت را تغییـر دادنـد. در نمونه‌هـای آینـده، محصـول در همـان روز چیـده شـدن فروختـه شـده و مصـرف می‌شـود. امـا کارخانه‌هـای تولیـد سـبزیجات در آینـده باغ‌هایـی بـاز کـه نـور خورشـید و بـاران بـه آنهـا برسـد نخواهنـد بـود و همچنیـن شـباهتی بـه گلخانه‌هـای بـزرگ باغـداری مـدرن نخواهنـد داشـت و در عـوض سـاختمان‌هایی بـدون پنجـره خواهنـد بـود کـه در آنهـا نـه تنهـا آب و مـواد مغـذی بـه میـزان دقیـق و کنتـرل شـده بـه محصـولات می‌رسـند بلکـه روشـنایی نیـز کنتـرل می‌شـود؛ بـه گونـه‌ای کـه ترکیـب آن بـر اسـاس مصـرف سـبزینه‌ها تنظیـم می‌شود و در نتیجه هیچ فوتونی[۱۹] هدر نمی‌رود.

مـزارع شـهری پـرورش ماهـی را می‌تـوان نـوآوری متوسـط‌تر نامیـد. پـرورش ماهـی یکـی از موفقیت‌هـای بـزرگ اواخـر قـرن بیسـتم و اوایـل قـرن بیسـت و یکـم بـوده اسـت. میـزان پروتئیـن تولیـد شـده بـر اسـاس گوشـت ماهـی در سـال ۲۰۱۵ از میـزان تولیـد شـده بـر اسـاس گوشـت قرمـز قراتـر رفـت (بنگریـد بـه نمـودار ۷.۲). امـا ایـن مـزارع عمدتـا حوضچه‌هـای آب تـازه یـا بخش‌هایـی از انشـعابات دریـا ماننـد آب دره‌هـا هسـتند کـه بـا تـور و حفـاظ بسـته شـده‌اند. مـزارع پـرورش ماهـی شـهری، اقیانوس‌هـا را بـه شـهرها می‌آورنـد آن هـم به‌وسـیله ایجـاد سـیکل‌هایی بسـته کـه در آن ماهـی از دوره‌ای کـه بـه صـورت تخـم ماهـی اسـت تـا زمانـی کـه بالغ می‌شـود را در آن سـپری می‌کنـد و برخـی از ایـن ماهی‌هـا نیـز بـرای تولیـد نسـل‌های بعـدی بـه کار گرفتـه می‌شـوند. همچنیـن زمانـی کـه ایـن فرآینـد بـه خوبـی بـرای گونه‌هایـی از ماهی‌هـا کـه همیـن حـالا نیـز نمونه‌هـای پرورشـی آنهـا موجـود اسـت بـه کار گرفتـه شـود، راه بـرای پـرورش دادن ماهی‌هـای دیگـر ماننـد ماهـی تـن بـاز خواهـد شـد. در واقـع ایـن تکـرار دریایـی همـان رونـدی خواهـد بـود کـه در کشـاورزی زمینـی و در دوره نوسـنگی روی داد، یعنـی زمانـی کـه بسـیاری از حیواناتـی کـه امـروز بـه عنـوان حیوانـات مربـوط بـه

۱۹. واحد کوانتومی نور

مزارع شناخته می‌شوند برای نفع بشر اهلی شدند.

چنین فرآیندی می‌تواند تغذیه انسان را به میزان قابل توجهی تغییر دهد. ماهی‌ها تبدیل کنندگان موثر مواد مغذی به گوشت هستند (بسیار بهتر از پستانداران چرا که ماهی‌ها خون‌سرد هستند اما پستانداران خون‌گرم هستند) و به همین خاطر می‌توان تصور کرد که تا سال ۲۰۵۰، ماهی‌ها بر بازار پروتئین حیوانی غلبه یابند. اما همچنین می‌توان انتظار داشت که این پدیده روی ندهد، آن هم به خاطر شیوه‌ای بسیار بدیع در کشاورزی یعنی کشاورزی کارخانه‌ای واقعی. اگر این فن‌آوری به نتیجه برسد، تولید گوشت خوراکی از سلول‌ها آن هم بدون نیاز به حیوان واقعی بخشی از ماجرا خواهد بود.

احتمال دارد که تا سال ۲۰۵۰، حداقل استیک و شیر به صورت انبوه تولید شوند. تخم مرغی - هرچند شاید بدون پوسته که به شیوه‌ای مشابه تولید شده نیز ممکن است برای مصارف صنعتی و نه فروش در فروشگاه‌ها به کار گرفته شود. برای ماجراجویی بیشتر، اعضایی مانند جگر و کلیه نیز ممکن است بدون دخالت حیوان تولید شده و رشد کنند. همان‌طور که جایلز کشاورز مشاهده می‌کند، تکامل این صنعت می‌تواند به برخورد دو گروه ایده‌آل‌گرا منجر شود: گروهی که مخالف هرگونه غذای «مصنوعی» هستند و گروهی که از حقوق حیوانات دفاع می‌کنند. اما ارتش حامیان حیوانات احتمالا پیروز خواهد شد. برای مثال چه کسی می‌تواند در دفاع از این ادعا که برای وعده غذایی جگر چرب[20] هیچ اقدام بی رحمانه‌ای انجام نشده دوام بیاورد؟

گذشته، راهنمای آینده

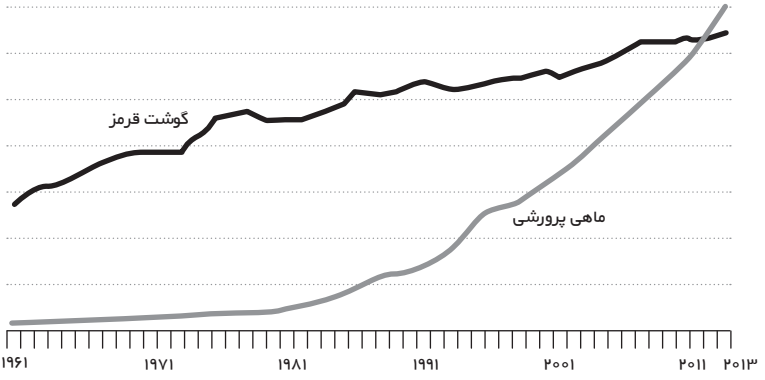
البته بسط و گسترش تغییرات تکنولوژیکی همچون همیشه هم بر تغییرات اجتماعی تاثیرگذار خواهد بود و هم تحت تاثیر آنها قرار خواهد گرفت. کشاورزان همواره در مقابل تغییرات محافظه کاری نشان داده‌اند و

20. Foie Gras

جگر چرب که معمولا از مرغابی یا غاز به دست می‌اید غذایی نسبتا گران قیمت است و از آنجا که کشاورزان برای چرب شدن جگر به زور به غازها غذا می‌دهند مخالفان بسیاری دارد.

نمودار ۲ـ۷ رسیدن

تولید ماهی‌های پرورشی و گوشت قرمز در سطح جهان، بر اساس میلیون تن



منبع: فائو

مصرف‌کنندگان نیز پس از دوره‌ای از اقبال به صنعتی‌شدن و کالایی‌شدن مواد خوراکی پس از جنگ جهانی دوم، اکنون به نظر می‌آید که حداقل در برخی نقاط از جهان ثروتمند محافظه‌کار شده‌اند. اینکه ذائقه مصرف کننده چگونه تحول خواهد یافت غیر قابل پیش‌بینی است اما حداقل در مورد برخی از کشاورزان می‌توان گفت که تغییرات اجتماعی گذشته می‌تواند راهنمایی برای آینده باشد.

به ویژه در بخش‌های فقیرتر جهان مانند آفریقا، زمین‌های زراعی کوچک که اکنون کاربری اصلی آنها تامین مایحتاج خوراکی صاحبانشان است، مزارعی برای تامین نیاز بازار تبدیل خواهند شد. این روند نیازمند تقسیم مالکیت اراضی در نقاطی است که زمین‌های بزرگ هنوز به صورت اشتراکی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، در نتیجه مدیریت زمین‌ها بیشتر به صورت صنعتی در می‌آید، همانند اتفاقی که در کشاورزی جهان ثروتمند در گذشته دور روی داد و پیامدهای مثبت و منفی آن اکنون به محتوای کتاب‌های تاریخ تبدیل شده است. اما این تغییر ساختار در الگوی مالکیت زمین است که فرصت به کارگیری فن‌آوری‌های مطرح شده در این فصل

و همچنین فن‌آوری‌های موجود که هنوز به این نقاط فقیرتر نرسیده را فراهم می‌آورد.

پیامدهای این روند می‌تواند محصول بیشتر و درآمد بیشتر برای کشاورزانی باشد که سر کار باقی می‌مانند و نیروی کار مازاد نیز زمین‌های کشاورزی را ترک می‌کنند تا در شهرها شغل‌های ارزشمندتری بیابند. اگر این روند به خوبی پیش برود، مشاوران املاک در آفریقا تا سال ۲۰۵۰ می‌توانند همان شیوه‌ای را به کار بگیرند که هم‌صنفان اروپایی آنها صد سال زودتر به کار می‌گرفتند. این فعالان تجاری زیرک کاری کردند که خانه‌های روستایی با سقف‌های حصیری و دیوارهای گلی که زمانی محل سکونت کارگران بخش کشاورزی بود به گزینه‌ای جذاب برای خانه دوم تبدیل شود و شهرنشینان برای خرید آنها به تقلا بیافتند. چرا خانه‌های روستایی در آفریقا در ساحل دریاچه ویکتوریا یا در سایه کوهستان ویرونگا چنین سرنوشتی نیابند؟

فصل هشتم

مواجهه خدمات درمانی با قدرت بیماران

جیانریکو فاروجیا[1]

پیشرفت‌های سریع در داروسازی هم به مردم قدرت می‌بخشد و هم به توانایی‌های جامعه برای همگام شدن با پیشرفت‌ها می‌افزاید.

1. Gianrico Farrugia

داروسازی همواره پیوند میان هنر و علم بوده، اما فن‌آوری هرگز مانند اکنون به نیروی پیش‌برنده خدمات درمانی تبدیل نشده بود و آن را تحت تاثیر قرار نداده بود. به طور تاریخی، چرخه عمر فن‌آوری در داروسازی بسیار طولانی‌تر از دیگر صنایع بوده است، اما این چرخه اکنون در حال سرعت گرفتن است. در میان همه تحولاتی که از حالا تا سال ۲۰۵۰ روی خواهند داد، یک مورد مشخص است. بیماران، و نه فن‌آوری، اصلی‌ترین عامل ایجاد تحول در آینده خواهند بود. به این معنی که خدمات درمانی بیش از پیش به دیگر صنایع شباهت خواهد یافت، جایی که بیماران همچون مشتری هستند.

برای درک غیر قابل پیش‌بینی بودن پیشرفت‌های فن‌آوری در خدمات درمانی تنها کافی است که پانزده سال به عقب بازگردیم و به فن‌آوری‌هایی بیندیشیم که آن زمان به تازگی معرفی شدند و تاثیر امروز آنها بر خدمات درمانی را بسنجیم.

در سال ۲۰۰۰ اعلام اینکه توالی ژنوم انسان معین شده بسیاری از شرکت‌های فن‌آوری را به تکاپو انداخت تا در کسب و کار مربوط به توالی ژنومی بالینی دست بالا را پیدا کنند. رونق اولیه بیشتر این شرکت‌ها به سرعت رنگ باخت. چرا که اندازه پایگاه داده‌های مربوط به آن بسیار بزرگ بود، در حالی که دانش مربوط به استفاده بالینی از این داده‌ها ناچیز بود. با این وجود آنچه ده سال پیش توسط بیشتر شرکت‌های حوزه علوم طبیعی به حال خود رها شد اکنون بار دیگر به بخشی جذاب در پژوهش‌های پزشکی و فن‌آوری‌های خدمات درمانی تبدیل شده و مورد توجه بسیاری از دولت‌ها قرار گرفته است. ممکن است تصور کنیم که این تحولات فراگیر ناگهان ظاهر شده‌اند، اما در حقیقت دانه‌های آن سال‌ها پیش از نمایان شدن ارزش آن کاشته شده بود. اکنون در حالی که تجاری سازی به کشف توان بالقوه این علم انجامیده، ارزش آن نمایان شده است. به طور مشابه، می‌توانیم از دانش نوظهور پیشرفت‌های علمی هم درون حوزه داروسازی و هم خارج از آن برای پیش‌بینی پیشرفت‌های مهم فن‌آوری طی چند دهه آینده در بخش خدمات درمانی بهره ببریم.

ورود کلان‌داده و هوش مصنوعی

پزشکان که مدت‌ها با مشکل کمبود داده و اطلاعات برای تشخیص بیماری‌ها دست و پنجه نرم می‌کردند اکنون با مشکلی کاملا متضاد یعنی خطر شناخت و اطلاعات بیش از حد مواجه شده‌اند. تا همین اواخر ما از ایکس-ری[1] برای تشخیص دردهای بطنی بهره می‌بردیم، اما اکنون از تصویرسازی تشدید مغناطیسی[2] (ام آرآی[3]) استفاده می‌کنیم که صدها تصویر را در مدت زمانی مشابه ایکس‌ری تولید می‌کند. پس از ناکامی تلاش‌های نخستین برای تشخیص بیماری‌ها به‌وسیله فن‌آوری‌های دیجیتال، پزشکان و شرکت‌های نرم‌افزاری به ابزارهای تشخیص با کمک رایانه روی آوردند که در آن الگوریتم‌های رایانه‌ای برای توضیح و تفسیر داده‌ها به کار گرفته می‌شوند و البته همچنان این پزشکان هستند که حرف آخر را می‌زنند. حتی با اینکه پردازش‌گرهای آشنا به زبان طبیعی انسانی از دهه ۱۹۵۰ حضور داشته‌اند، اما اهمیت آنها در بخش خدمات درمانی پدیده‌ای جدید است. ما اکنون به جایی رسیده‌ایم که پایگاه‌های داده به اندازه کافی بزرگ هستند و یادگیری ماشین به اندازه کافی پیچیده شده و مجموع سرمایه‌گذاری در این بخش نیز آن‌قدر افزایش یافته (یک برآورد از هشت و نیم میلیارد دلار در سطح جهان در سال ۲۰۱۵ حکایت دارد) که بتوان به وضوح مشاهده کرد که بخش خدمات درمانی تحت تاثیر هوش مصنوعی قرار خواهد گرفت. زمینه‌های نوظهوری را خواهیم دید که در آن اپلیکیشن‌های تخصصی به‌وسیله خلاصه‌سازی سابقه بیمار برآورد کنند که احتمال مثبت بودن نتیجه آزمایش و تشخیص بیماری چقدر خواهد بود، جواب آزمایش‌ها را تفسیر کنند، داده‌های متنوع را جمع آوری کرده و در کنار هم قرار دهند و با بیماران به طور مستقیم در ارتباط باشند و وضعیت آنها را بسنجند. اموری که اکنون به انسان‌ها سپرده می‌شوند، از نظارت بر علایم حیاتی در بخش‌های مراقبت‌های ویژه تا مشاهده تصاویر

1. X-ray
2. Magnetic Resonance Imaging
3. MRI

مربوط به آزمایش‌ها و تفسیر آنها و انجام عمل‌های جراحی بسیار پیچیده به میزان بیشتری به‌وسیله یادگیری ماشین انجام خواهند شد.

این مسیر مشابه همانی است که زمانی در صنایع خودروسازی طی شد که در آن کروز کنترل به کروز کنترل تطبیقی ارتقاء یافت و اکنون به سوی خودروهای بدون راننده در حال حرکت است. سال‌های پیش‌رو همکاری جدی‌تری میان دانشمندان علوم طبیعی و مهندسان نرم‌افزار برای ایجاد فن‌آوری‌های خدمات درمانی را به خود خواهد دید که نه تنها مفید است بلکه در همان راستایی است که پزشکان فکر می‌کنند. چنین پدیده‌ای به رشد بازار بخش خدمات درمانی می‌انجامد و به تولید ابزارهای هوش مصنوعی پیچیده‌تر منجر خواهد شد که در برخی از امور مربوط به تشخیص از پزشکان عملکرد بهتری خواهند داشت.

داروهای احیاءکننده و بیودرمانی

طی تنها یک دهه، داروهای احیاءکننده از زمینه‌ای نوظهور اما امیدبخش به زمینه‌ای تحقق یافته تبدیل شدند. بدن توانایی‌های خارق‌العاده و درونی‌ای برای التیام و درمان خود دارد و ما تنها در آغاز راه برای به خدمت گرفتن این توان قرار داریم. یکی از شیوه‌های درمانی که اتولوگ[4]درمانی نامیده می‌شود، بازتولید سلول‌های بیمار در آزمایشگاه و سپس بازگرداندن آن سلول‌ها به بدن را شامل می‌شود. سپس سلول بازتولید شده همچون موتوری محرک عمل کرده و عملیات بازیابی و درمان را پیش می‌برد. چنین پیشرفت‌هایی باعث خواهند شد که درمان‌های یاخته بنیادی[5] بتوانند برای دامنه وسیعی از بیماری‌ها به کار گرفته شوند.

همگام با افزایش استفاده از داروهای احیاءکننده و رواج بیماری‌های ایجاد شده در واکنش به یک محصول بیوتراپی خاص، می‌توان انتظار داشت که در محصولات طبیعی رشد پایداری ناشی از مهندسی زیستی

4. Autologous
5. Stem-cell

مشاهده شود. تولید تجاری سلول‌های بنیادی نیازی نوظهور است که شرکت‌های جاافتاده و شرکت نوپا را بر سرمایه‌گذاری در این بخش وامی‌دارد. امروز بیشتر درمان‌های بیوتراپی غیرسلولی هستند (مانند آنتی‌بادی‌های مونوکلونال[6] یا عوامل رشد[7])؛ چنین وضعیتی تغییر خواهد کرد اگر وعده‌های اولیه درمانی یاخته بنیادی برای بسیاری از بیماری‌های متفاوت تحقق یابند. این بیماری‌ها نامرتبط مواردی مانند درد مفاصل، نارسایی قلبی، سکته مغزی،ای ال اس[8] (اسکلروز جانبی آمیوتروفیک[9]، یا بیماری نورون‌های حرکتی[10]) و حتی دیابت و آسیب نخاعی را در بر می‌گیرد که ممکن است درمان یاخته بنیادی بتواند در مقیاسی بزرگ آنها را درمان کند. نیاز به فراهم آوردن فوری سلول‌های بنیادی اختصاصی برای هر فرد با تعداد، درجه خلوص و تفکیک‌پذیری متفاوت باعث خواهد شد که کل این صنعت رشد کند.

محصولاتی بیوتراپی به عنوان منبعی که از بیماران به‌دست آمده می‌تواند بیمار، منتقل کننده و سازنده محصول را گرد هم بیاورد و به میزان قابل توجهی مرزهای میان تولید/ساخت (قلعه سنتی شرکت‌ها) و انتقال (قلعه سنتی بیمارستان‌ها) را کمرنگ سازد. چنین رویدادی که با ادغام تولیدکنندگان سنتی صنعت با فراهم آورندگان محصولات زیستی همراه است نیازمند شیوه‌های تازه‌ای از خطوط کسب‌وکار است که امروز وجود ندارند. استفاده از منابع به‌دست آمده از بیماران در مقیاس بزرگ پیچیدگی‌هایی را به همراه دارد که تامین کننده‌های فعلی توان مواجهه با آنها را ندارند. برای اینکه محصولات مربوط به داروهای احیاءکننده بالینی به مقیاس مورد نیاز برای تغییر سلامت جوامع برسند، باید زنجیره تامین کاملا تازه‌ای ایجاد شود که بخش‌های مختلف فرآیند را یکپارچه سازد و از مرحله تولید گرفته تا انتقال نهایی کیفیت یکسانی

6. Monoclonal Antibodies
7. Growth Factors

عامل رشد نوعی سلول است که در رشد و تکثیردیگرسلول‌ها نقش دارد.

8. ALS
9. Amyotrophic Lateral Sclerosis
10. Motor Neurone Disease

داشته باشد و محصول بتواند به سرعت برای یک بیمار خاص شخصی‌سازی شود. بنابراین فرصت‌های قابل توجهی در همه بخش‌های زنجیره تامین وجود دارند و بعید است که این فرصت‌ها توسط یک نوع شرکت پر شوند. از زمینه‌های مناسبی که احتمالا توسعه خواهند یافت می‌توان به تخصص در ساختاربندی مواد، محصولات یاخته بنیادی آماده تحویل بر اساس تقاضا، ابزار دقیق مربوط به این حوزه و موارد دیگر اشاره کرد.

همچنین پیشرفت‌های مهمی را می‌توان در مسیر درمان‌های مربوط به ایمن سازی و واکسیناسیون مشاده کرد. تاکنون مزایای درمان‌های پیشگیرانه و ایمن ساز را برای مواردی مانند برخی از سرطان‌ها و روماتولوژی[11] مشاهده کرده‌ایم، اما دامنه این حوزه به مواردی مانند بیماری‌های قلبی عروقی، بیماری‌های خودایمنی و موارد بسیار دیگری گسترش خواهد یافت. واکسن‌ها همچنان به عنوان ابزاری اساسی برای پیشگیری از بیماری‌های عفونی و مسری مانند هپاتیت بی، فلج اطفال و آنفولانزا و عامل ریشه کن سازی آبله باقی خواهند ماند. غیر از چند مورد استثنا، واکسن‌ها در درمان بیماری‌های فعال، چه عفونی و چه سرطانی، موفقیت کمتری داشته‌اند. این روند طی سال‌های پیش‌رو و به خاطر در هم آمیخته شدن واکسن‌های درمانی و واکسن‌های فعلی که جنبه پیشگیرانه دارند تغییر خواهد کرد. همین حالا بیش از هزار واکسن فعال با اهدافی کاملا متفاوت در مراحل آزمون آزمایشگاهی هستند.

یکی از حوزه‌های نوظهور استفاده از واکسن‌ها برای تضعیف بخش‌های خاصی از سیستم ایمنی بدن است آن هم برای مقابله با بیماری‌های خود ایمنی مانند دیابت نوع ۱. همین حالا هم واکسن‌هایی برای پیشگیری از سرطان داریم که در راستای هدف قرار دادن بخش‌های عفونی مانند ویروس انسانی پاپیلوما[12] طراحی شده‌اند. هرچند بسیاری از واکسن‌های مربوط به سرطان که در ابتدا بسیار امیدبخش به نظر

11. Rheumatology

نوعی فوق تخصص در پزشکیداخلیو اطفال

12. Papilloma

می‌رسیدند، از پس آزمون نهایی بر نیامدند و از شدت اشتیاق و سرمایه‌گذاری برای آنها کاستند. نتیجه آزمایش‌های مربوط به واکسن‌های تازه و پیشرفته برای سرطان که همین حالا در حال انجام هستند، برای آینده این حوزه اهمیتی حیاتی دارد. همچنین علاقه به‌گونه‌ای تازه از واکسن‌ها ایجاد شده که بر اساس توالی ژنومی تومورها شخصی‌سازی شده‌اند. هر چند پیشرفت‌ها در واکسن‌های درمانی احتمالا با پوشش قابل توجه رسانه‌ای مواجه خواهد شد اما بازار اصلی واکسن‌ها همچنان در اختیار واکسن‌های پیشگیرانه باقی خواهد ماند؛ واکسن‌هایی که به طور قابل توجهی علیه بخش‌های عفونی با مقاومت رو به افزایش در مقابل آنتی بیوتیک‌ها مانند سل و عفونت‌های تنفسی عمل می‌کنند.

زمان مناسب برای یکپارچه سازی بیشتر داده‌ها

هم به خاطر سامانه‌های به جای مانده از گذشته و هم به خاطر مقررات سنگین، اطلاعات به‌دست آمده از مواقع مراجعه بیماران به ارائه‌دهندگان خدمات پزشکی تا حد قابل توجهی از داده‌های به‌دست آمده از بیماران در موارد غیرپزشکی (مانند دستگاه‌های پوشیدنی که میزان فعالیت بدن را می‌سنجند) به صورت مجزا نگهداری شده‌اند. برای بسیاری از مصرف کنندگان درهم‌آمیختن این داده‌ها قابل پذیرش نیست و این حوزه تفاوت بسیاری با تجربیات ما در بخش‌های بی ارتباط به سلامت دارد. نسل بعدی ثبت الکترونیکی سوابق پزشکی در مقایسه با نمونه‌های فعلی قادر خواهد بود که داده‌های مجزا را به صورت بهتری مدیریت کند، با این حال فاصله قابل توجهی میان این داده‌ها همچنان باقی خواهد ماند.

چنین وضعیتی نیازهای تازه‌ای را ایجاد می‌کند. شرکت‌های جمع آوری کننده داده‌ها و شرکت‌های حوزه فن‌آوری که حول محور جمع‌آوری داده‌ها و انتخاب داده‌های مربوط به سابقه پزشکی سلامت فعالیت می‌کنند با بازار رو به گسترشی برای خدماتشان مواجه خواهند شد. شاهد ظهور شرکت‌های فن‌آوری برای خدمت

رسانی به افراد سالم، بیماران و ارائه دهندگان خدمات درمانی خواهیم بود آن هم از طریق خلاصه‌سازی داده‌های هنگفت کمی و کیفی و همچنین ارایه توصیه و تحلیل بر اساس موارد تعریف شده و تعریف نشده توسط پایگاه داده‌ها. داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به مصرف‌کنندگان توسط دستگاه‌های شخصی آنها کیفیت و رویکرد خدمات بالینی را ارتقاء خواهد داد و استفاده از داده‌ها توسط بخش خدمات درمانی را توجیه‌پذیر ساخته و در نتیجه نیاز برای دسترسی به این داده‌ها و یکپارچه سازی آنها با سوابق پزشکی را پدید می‌آورد. ابزارها و دستگاه‌های پوشیدنی همین حالا نیز به صورت شبانه‌روزی داده تولید می‌کنند. همچنین نیاز تازه‌ای ایجاد خواهد شد: استفاده از فن‌آوری برای جداسازی داده‌های جعلی به‌دست آمده از مصرف‌کننده و داده‌های معنی‌دار که برای مدیریت سلامت و بیماری به کار بیایند، به جای اینکه به ایجاد سردرگمی در آن بینجامند.

مسائل مربوط به یک فرد متصل به اینترنت برای خانه‌های متصل نیز کارایی دارند. فن‌آوری به طور فزاینده‌ای ما را قادر خواهد ساخت که از مراجعه به مراکز خدمات درمانی اجتناب کنیم، چرا که خانه‌های ما به نسخه‌ای بسط یافته از ما تبدیل خواهند شد و اطلاعات مربوط به سلامت ما را جمع آوری کرده و ما را سالم نگه می‌دارند. خانه‌های ما نقش مطب پزشکان را برای ارائه دهندگان خدمات درمانی ایفا خواهند کرد و داده‌های جمع آوری شده توسط خانه نیاز به مراجعه حضوری را در بیشتر موارد برطرف خواهد کرد. ما نیازمند همان فن‌آوری‌ای هستیم که برای دستگاه‌های پوشیدنی توسعه یافت تا بتوانیم تعاملات مورد نظر میان بدن انسان و خانه را گزینش کرده و اطمینان حاصل کنیم که تمرکز پیشرفت جمع‌آوری داده‌های پزشکی و مربوط به سلامت فرد توسط خانه بر اساس نیازهای ما خواهد بود و نه بر اساس تصمیماتی که جریان فن‌آوری به تنهایی شکل داده است.

دوران داروهای فردی و شاخه‌های تازه

اعلام خبر شناخت توالی ژنوم انسان در سال ۲۰۰۰ و خبر تکمیل آن پنج سال بعد زمینه‌های تازه‌ای را ژنومیک[۱۳](تجمیع ژن‌ها و دی‌ان‌ای همه

13. Genomics

ما) ایجاد کرد. این رویداد همچنین زمینه‌های تازه‌ای مانند فارماکوژنومیک[۱۴] (تلاقی میان داروها و ژن‌های ما)، اپیژنومیک[۱۵] (مطالعه تغییرات در خواص ژن‌ها که ناشی از تغییرات در دی‌ان‌ای نیستند) و پروتئومیک[۱۶] (مطالعه پروتئین‌ها، ساختارها و عملکرد و تغییرات آنها در گذر زمان و در مواجهه با بیماری‌ها در مقیاس کلان) ایجاد کرده است. خوشبینی‌های تجاری و پزشکی مربوط به ژنومیک با این معضل مواجه شده‌اند که مشخص نیست کدام یک از ده‌ها هزار نوع ژنی که ما حمل می‌کنیم مستعد ایجاد بیماری هستند و اینکه چه ترکیبی از این ژن‌ها می‌تواند برای سلامت ما مفید یا مضر باشد. هزینه تعیین توالی ژنومی نیز در روزهای نخست عامل بازدارنده‌ای محسوب می‌شد. کاهش قیمت یک توالی ژنومی قابل اطمینان از ۲۰۰ میلیون دلار به حدود هزار دلار، و اینکه توالی‌های تعیین شده امروز از برخی جهات عمیق‌تر هستند، مانع بزرگی را برطرف خواهد کرد. شناخت ما از انواع گوناگون ژنوم‌ها همچنان مانع مهمی بر سر راه ایجاد و گسترش شاخه‌های تازه مربوط به علوم ژنتیک و آزمون و استفاده درمانی آنها خواهد بود، اما روند به سرعت فزاینده پایگاه‌های داده موجود این امیدواری را ایجاد می‌کند که طی یک دوره پنج ساله شرایط کاملا تغییر کند.

آزمون‌های آزمایشگاهی به میزان قابل توجهی استفاده از نسل بعدی تعیین توالی را افزایش خواهند داد و جایگزین شیوه‌های فعلی مانند غربال گری نوزادان، دورگه‌سازی تابشی در محل[۱۷](فیش[۱۸]) و دامنه وسیعی از دیگر روش‌های آزمایش ژنتیک خواهد شد. برای تشخیص بیماری‌های نادر، استفاده ازهمه توالی اگزوم یا ژنوم به جای اینکه آخرین راه‌حل باشد به نخستین راه‌حل تبدیل خواهد شد و بازار آن گسترش خواهد یافت. پژوهش‌های تازه نشان می‌دهند که برای تشخیص این بیماری‌های نادر، همه توالی اگزوم یا ژنوم شیوه سریع‌تر و ارزان‌تری برای رسیدن به پاسخ است. با افزایش دسترسی به طیف سنجی

14. Pharmacogenomics
15. Epigenomics
16. Proteomics
17. Fluorescence in Situ Hybridisation
18. FISH

جرمی[۱۹]، آرایه‌های پروتئینی[۲۰] و نانوتکنولوژی و همین‌طور آزمون‌های بر پایه پروتئومیک، شناخت ما از ریشه‌های ژنومی بیماری‌ها افزایش یافته و همچنین احتمالا درک ما از پویایی عملکرد بیماری نیز بیشتر شود. هرچند کاربرد شاخه میکروفلوییدیک[۲۱] در آزمون‌های آزمایشگاهی متوقف شده، اما این فن‌آوری به راهیابی به آزمایشگاه‌ها ادامه خواهد داد و فرصت‌هایی را برای تمرکز زدایی از آنها فراهم خواهد آورد و همچنین فرصت‌هایی را برای آزمون‌های نقطه مراقبت[۲۲] مانند آزمون خانه هوشمند متصل به اینترنت فراهم خواهد آورد.

شاخه فارماکوژنومیک رشد سریعی را هم در آزمون‌های آزمایشگاه‌های شرکت‌ها و هم در استارت آپ‌هایی که محصول را مستقیم به مصرف‌کننده می‌رسانند تجربه خواهد کرد. در میان همه شاخه‌های دیگر که به آنها پرداخته شد، فارماکوژنومیک بیشترین بهره را از داده‌ها و شیوه‌های موجود ارائه محصول می‌برد و احتمالا بیشترین رشد را به خود خواهد دید. بیش از ۱۵۰نوع دارو (۱۳ درصد کل داروها) اکنون اطلاعات ژنومی را بر روی برچسب خود دارند. با حل مشکل قیمت بالا و در حالی که پزشکان و داروسازان در تفسیر داده‌ها و به کارگیری آنها در نوشتن نسخه و تجویز میزان مصرف دارو تبحر بیشتری می‌یابند، استخراج اطلاعات فارماژنومیک از کل داده‌های ژنومی و توالی هدفمند برای انواع خاصی از ژن‌ها به عنوان بخش‌های قابل اطمینانی ظهور خواهند کرد. آنچه هنوز باید برایش راهکاری پیدا شود، یکپارچه‌سازی توالی ژنتیکی فارماکوژنومیک با نرم افزارهای فعلی برای ثبت الکترونیکی سوابق پزشکی و برای تجویز داروها است.

درمان‌های هدفمند (هدف قرار دادن مولکول یا سلول بیمار به جای همه سلول‌ها) بخش قابل توجهی از توسعه بخش داروسازی را به خود اختصاص خواهد داد. هرچند بیشتر افراد تصور می‌کنند که درمان هدفمند

19. Mass Spectrometry
20. Protein Arrays
21. Microfluidics
22. Point-of-care Testing

به سرطان مربوط می‌شود اما این شاخه به مراتب وسیع‌تر است: طبق اعلام سازمان غذا و داروی آمریکا[۲۳] (افدی‌ای[۲۴])، ۴۳ درصد کل داروهایی تولید شده داروهای مربوط به درمان هدفمند هستند. در سال ۲۰۱۴ از میان همه داروهای تایید شده توسط سازمان غذا و داروی آمریکا، ۲۰ درصد داروها به بخش درمان هدفمند مربوط می‌شدند که این رقم در سال ۲۰۱۵ به ۲۸ درصد رسید. رشد در این بخش مدیون چرخه بازخوردی است که به نسل بعدی تعیین توالی ژنومی مربوط می‌شود. شناسایی اهداف مشخص برای درمان یک بیماری به توسعه درمان‌های هدفمند می‌انجامد و سپس دانش به‌دست آمده از اهداف مورد درمان قرار گرفته به اکتشافات اهداف بیشتر می‌انجامد.

تغییرات اپیژنومیک در دامنه وسیعی از بیماری‌های مزمن شامل بیماری‌های متابولیک مانند دیابت، چاقی، بیماری‌های قلبی و سرطان نقش آفرینی می‌کند و این تغییرات اپیژنومیک به طور بالقوه برگشت‌پذیر هستند. بنابراین علاقه زیادی نسبت به این شاخه وجود دارند. آگاهی نسبت به افزایش امکان برگشت پذیری تغییرات اپیژنومیک که عامل تشدید برخی بیماری‌ها هستند رو به رشد است. تغییرات اپیژنتیک از طریق دامنه وسیعی از مکانیزم‌ها روی می‌دهند که برخی از آنها به تازگی کشف شده‌اند. ما شاهد توجه فزاینده به توسعه داروهای مربوط به مهار متیل دار کردن دی‌ان‌ای[۲۵] و داروهایی که یک مکانیزم را مورد حمله قرار می‌دهند مانند مهارکننده بروموددومین[۲۶]، مهارکننده هیستون استیلترانسفراز[۲۷]، مهارکننده هیستون دیاستیلاز[۲۸]، مهارکننده هسیتون متیلاسیون[۲۹] و مهارکننده پروتئین متیل ترانسفراز[۳۰]. به علاوه احتمالا شاهد ترکیب داروهای اپیژنومیک با داروهای ایمون تراپی به عنوان شیوه استاندار شیوه‌های درمانی مربوط

23. The US Food and Drug Administration
24. FDA
25. DNA Methylation
26. Bromodomain
27. Histone Acetyltransferase
28. Histone Deacetylase
29. Histone Methylation
30. Methyltransferase

به شیمی درمانی خواهیم بود.

ترکیب تصویر برداری مولکولی با دیگر شیوه‌های تصویربرداری

اکنون چهل سال از عمر روش‌های پیشرفته تصویربرداری مانند مقطع‌نگاری رایانه‌ای[۳۱] (سی‌تی‌اسکن) و ام‌آرآی می‌گذرد. هرچند تاکنون بهبودهای قابل توجهی در این شیوه‌های اصلی ایجاد شده و پیشرفت‌های بیشتری در راه خواهد بود اما افزوده شدن تصویربرداری مولکولی به این فن‌آوری‌ها و دیگر فن‌آوری‌های تازه بخش مسلط مرحله بعدی تصویربرداری خواهد بود.

تصویربرداری مولکولی ترکیبی است از یک روش تصویربرداری مانند تابش، سونوگرافی، ام‌آرآی یا پرتویی با مکانیزمی برای هدف قرار دادن یک سلول یا اجزای یک سلول مانند مولکول‌هایی خاص. در بخش خدمات درمانی اصطلاح تصویربرداری مولکولی معمولا برای تصویربرداری‌هایی به کار می‌رود که مولکول یا مسیر زیستی خاصی را هدف قرار دهد و بتواند تصویرسازی را از خارج از بدن انجام دهد. برش نگاری با گسیل پوزیترون[۳۲] (پی‌ای‌تی) مشهورترین شیوه تصویربرداری مولکولی است که بر پایه ایزوتوپ‌های نشر پوزیترون قرار دارد. روش‌های ترکیبی تصویربرداری طی سال‌های پیش‌رو رشد خواهند کرد و بخش قابل توجهی از پیشرفت‌های فن‌آوری را به خود اختصاص خواهند داد. ترکیب هدف قراردادن‌های مولکولی که به کمک پی‌ای‌تی با کیفیت تصویری سی‌تی‌اسکن و ام‌آرآی اسکن به طور فزاینده‌ای به امری متداول تبدیل می‌شود («پی‌ای تی ام آرآی[۳۳]» و «پی‌ای تی سی تی[۳۴]»). استفاده از ماده حاجب[۳۵] با ویژگی‌های بالاتر نیز گسترش خواهد یافت.

پرسش‌های اخلاقی

این مقاله تلاشی است برای ارائه نگاهی اجمالی به دامنه وسیعی از

31. Computed Tomography Scans
32. Positron Emission Tomography
33. PET-MRI
34. PET-CT
35. Contrast Agents

حوزه‌هایی که در آنها فن‌آوری باعث تحول در آینده بخش پزشکی و داروسازی خواهد شد. برای تکامل در این حوزه‌ها، همچنان نیازمند فن‌آوری‌های پزشکی نامتداول هستیم، به خصوص که در جامعه رو به پیری، ناتوانی‌های جسمی و بیماری‌های مزمن رو به افزایش هستند.

دلایل قانع کننده‌ای برای هیجان زده شدن و خوشبینی نسبت به آینده وجود دارد اما این پیشرفت‌ها خالی از خطر هم نیستند. همین حالا در جهانی زندگی می‌کنیم که نوآوری پرشتاب به میزان در هم تنیدگی و اتصال مجازی شدت بخشیده است. اپلیکیشن‌ها و دستگاه‌های تلفن همراه به عنوان پلتفورم‌های ارائه و مصرف خدمات پزشکی به جریان اصلی این خدمات تبدیل شده‌اند. استفاده از تلفن همراه و دیگر دستگاه‌های همراه به عنوان محصولاتی پزشکی که داده‌های پزشکی تولید می‌کنند نیازمند تبیین استانداردهای بیشتری است و در عین حال امکان آزمون راه‌هایی برای تمرکززدایی و دموکراتیک ساختن بخش پزشکی را هم فراهم می‌آورد.

نوآوری با نرخ بی‌سابقه‌ای پیش می‌رود و بخش مربوط به وضع مقررات و همچنین میزان تطبیق پذیری انسان‌ها با این فن‌آوری‌های تازه به‌میزان کافی رشد نکرده‌اند و میان آنها با جهان فن‌آوری فاصله ایجاد شده است. چگونه می‌توان همگام با رشد نوآوری پیش رفت و در مورد مواردی مانند میزان دسترسی و امکان مالی تهیه خدمات پزشکی تصمیم گیری کرد؟ چه کسی تصمیم می‌گیرد که نفع بیماران در چیست؟ به لطف پزشکی از راه دور[۳۶]، اکنون می‌توانیم خدمات پزشکی بهتری را با سرعت بیشتر و از فواصل دورتر ارائه دهیم، این روند همچنان هم از نظر سرعت و هم از نظر فاصله ارایه خدمات تداوم خواهد یافت. با در نظر گرفتن چنین مسایلی، اخلاق نقش پررنگ‌تری خواهد یافت. باید اطمینان حاصل کنیم که نیازهای بیماران تابع خواست فن‌آوری نخواهد بود و همچنین تلاش برای کسب دانش به شیوه‌ای فاوستی[۳۷] تبدیل نشود و بر اساس منافع انسان‌ها باشد.

36. Telemedicine

۳۷. اشاره نویسنده به افسانه ای آلمانی است که در آن فردی به نام فاوست برای به‌دست آوردن دانش حاضر می‌شود روحش را به شیطان بفروشد.

فصل نهم

بخش انرژی: برآمدن انرژی‌های تجدیدپذیر

آنا شوکت[1]

به لطف پیشرفت‌ها در انرژی‌های خورشیدی و بادی و همچنین شیوه‌های مربوط به ذخیره‌سازی آن‌ها، تحولی عظیم در مصرف انرژی در راه است.

1. Anne Schukat

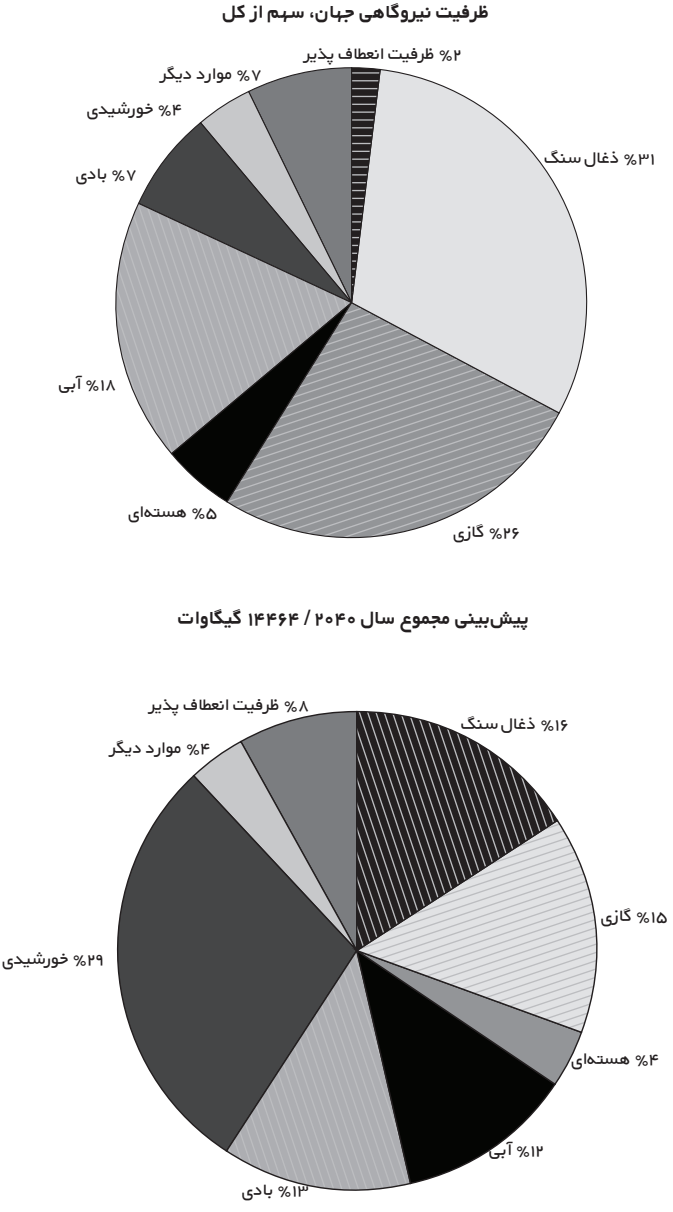
پس از انقلاب صنعتی، جهان به سوخت‌های فسیلی به عنوان منبع اصلی انرژی وابسته شد. البته این وابستگی به رشد اقتصادی بی‌سابقه، پیشرفت‌های عظیم در سطح زندگی و ایجاد رفاه برای بخش زیادی از افراد کمک کرد، اما متاسفانه پیامدهایی منفی نیز به همراه داشت. سوزاندن سوخت‌های فسیلی میزان هنگفتی از آلودگی و دی اکسید کربن را در جو زمین تولید می‌کند. برای بیش از یک قرن، بشر به منبعی از انرژی وابسته بوده که آلوده و پایان‌پذیر بوده و اثرات برگشت‌ناپذیری بر آب و هوا دارد.

با این حال، طی چند دهه آینده تحول عظیمی روی خواهد داد و آن هم دوری جستن از سوخت‌های فسیلی است. بهبودها در فن‌آوری و کاهش هزینه‌ها با سرعت قابل ملاحظه‌ای به ویژه در بخش انرژی خورشیدی و انرژی بادی در حال پیشرفت هستند. حتی اگر پس از سال ۲۰۲۰ یارانه‌های بخش انرژی‌های تجدیدپذیر حذف شوند، سهم آنها در انرژی تولید شده می‌تواند از پنج درصد امروز به سی درصد تا سال ۲۰۴۰ برسد (نمودار ۹.۱ ظرفیت تولید انرژی از منابع مختلف را نشان می‌دهد). به علاوه باتری‌ها هم در حال بهتر و ارزان‌تر شدن هستند و می‌توانند در خودروهای الکتریکی و همچنین برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه برق‌رسانی به کار بیایند.

نشانه‌های غیرقابل انکار این تحول همین حالا هم قابل مشاهده هستند. طبق اعلام آژانس بین المللی انرژی[1] (آی‌ای ای[2])، برق تولید شده توسط انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۹۰ درصد ظرفیت‌های تازه تولید انرژی در سال ۲۰۱۵ را به خود اختصاص داده و سهم انرژی بادی به تنهایی بیش از نصف بوده است. به طور مشابه، مایکل لیبریک[3]، بنیانگذار شرکت تحقیقاتی بلومبرگ نیو انرژی فایننس[4]، می‌گوید که میزان ظرفیت تولید افزوده شده به شبکه برق‌رسانی توسط انرژی‌های تجدید پذیر در سطح جهان بیشتر از سوخت‌های فسیلی است. دو نقطه پیشرو در این زمینه

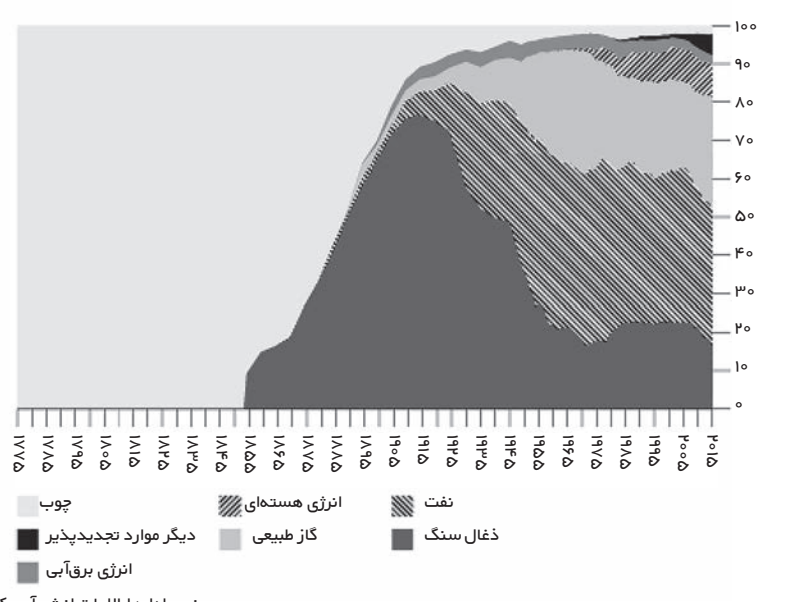
1. International Energy Agency
2. IEA
3. Michael Liebreich
4. Bloomberg New Energy Finance

نمودار ۱ـ۹ سبزتر شدن



نمودار ۲ـ۹ تغییر قدرت

درصد سهم منابع تامین انرژی مصرفی در آمریکا



منبع: اداره اطلاعات انرژی آمریکا

یعنی کشور آلمان و ایالت کالیفرنیا در آمریکا، حدود بیش از سی درصد برق مورد نیاز خود را از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر به‌دست می‌آورند.

سوخت‌های فسیلی ناگهان ناپدید نمی‌شوند بلکه استفاده از آنها در طول زمان کاهش می‌یابد. تاریخچه استفاده از انرژی، یکی از مواردی است که تغییرات در آن بسیار کند و طی دهه‌ها رخ می‌دهند با این حال طی همین تاریخ تحولات شدیدی در منابع انرژی از چوب به زغال سنگ و سپس به نفت و گاز روی داده است (بنگرید به نمودار ۹.۲). از آنجا که دو سوم انتشار گازهای گلخانه‌ای به خاطر تولید و مصرف انرژی است، سرعت و دامنه تحول پیش‌رو در منابع تولید انرژی نقش تعیین کننده‌ای در میزان موفقیت در حفظ گرمایش زمین در سطح کمینه خواهد داشت.

بگذار آفتاب به داخل بتابد[5]

انرژی خورشیدی از زمانی که شرکت آزمایشگاه‌های بل[6] در سال ۱۹۵۴ از نخستین سلول خورشیدی کاربردی رونمایی کرد تاکنون راهی طولانی را پیموده است. از آن زمان تاکنون، کارایی تبدیل تابش خورشید به انرژی برق تقریبا چهار برابر شده، از ۶درصد به ۲۳درصد برای بهترین پنل‌های خورشیدی سیلیکونی امروز. در همین زمان، هزینه روش‌های تبدیل انرژی خورشید به برق نیز از حدود ۳۰۰ دلار برای هر وات در دهه ۱۹۵۰ به حدود ۶۰ سنت رسیده است (بنگرید به نمودار ۹.۳). نتیجه چنین پیشرفت‌هایی این بوده که همین حالا هم انرژی خورشیدی از نظر قیمت حتی در برخی از نقاط بدون یارانه دولتی نیز با انرژی فسیلی قابل رقابت است.

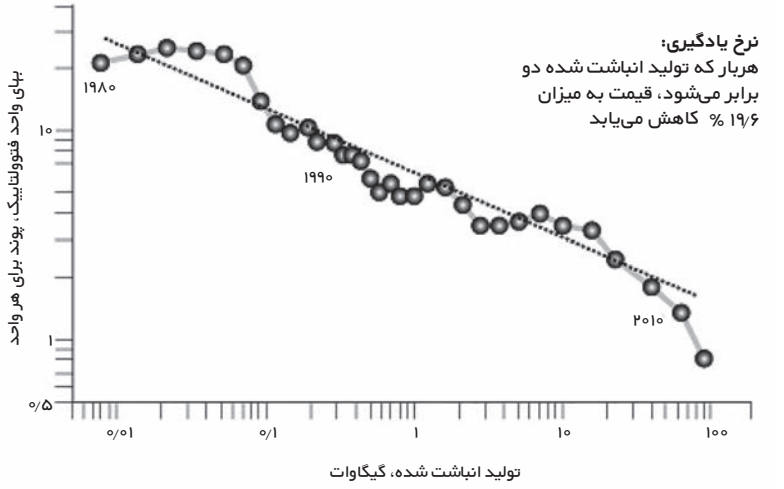
انرژی خورشیدی اکنون حدود یک درصد برق جهان را تولید می‌کند. هرچند چنین رقمی بسیار کوچک به نظر می‌رسد، اما صنعت فتوولتاییک[7] (پی وی[8]) با سرعت قابل توجهی رشد کرده است. میزان نصب سلول‌های خورشیدی این صنعت طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴با نرخ رشد مرکب سالیانه ۴۴درصد رشد کرده است. از سال ۲۰۱۲ تا کنون، ظرفیت تولید برق ایجاد شده توسط این صنعت در سطح جهان از مجموع ظرفیت ایجاد شده طی همه سال‌های پیش از آن بیشتر بوده است.

سلول‌های خورشیدی از مواد جذب کننده نور ساخته می‌شوند که نور خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. امروز ماده اصلی این سلول‌ها سیلیکون است، ماده‌ای بسیار شکننده که برای پایداری باید در محفظه‌ای محکم قرار داده شود. این ویژگی باعث شده که استفاده از سلول‌های خورشیدی به بام‌ها یا نصب در زمین‌هایی فراخ محدود شود. با این حال، بنابر گزارش منتشر شده توسط موسسه فن‌آوری ماساچوست[9] (ام آی تی[10])

5. Let the sun shine in
6. Bell Laboratories
7. Photovoltaics
سامانه‌ای که در آن سلول‌های خورشیدی با جذب انرژی ناشی از تابش خورشید آن را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند.
8. PV
9. Massachusetts Institute of Technology
10. MIT

نمودار ۳ـ۹ روزهای آفتابی

منحنی یادگیری قیمت انرژی خورشیدی



تعدیل شده بر اساس تورم
منبع: موسسه فرانهوفر برای سامانه‌های انرژی خورشیدی

با عنوان آینده انرژی خورشیدی[11]، سلول‌های خورشیدی امروز که بر پایه سیلیکون تولید شده‌اند آن‌قدر خوب هستند که بتوانند حتی بدون پیشرفت تکنولوژیکی خاصی تا سال ۲۰۵۰ به میزان وسیعی گسترش یافته و از انتشار کربن به میزان قابل توجهی بکاهند.

با این حال در این گزارش آمده که فن‌آوری‌هایی که در حال حاضر در حال توسعه هستند این ظرفیت را دارند که به شیوه‌های ساده‌تر و ارزان‌تری تولید شوند و به شیوه‌های مختلفی به کار گرفته شوند؛ آن هم در حالی که توان تبدیل انرژی آنها به اندازه سیلیکون است. سلول‌های خورشیدی ساخته شده می‌توانند بر روی لایه‌های باریک‌تر با بسترهای انعطاف‌پذیرتری قرار داده شوند و در نتیجه سبک‌تر بوده و نصب آنها آسان‌تر است. به علاوه این سلول‌های تازه می‌توانند از مواد شفاف ساخته شوند

11. The Future of Solar Energy

که نور را جذب می‌کنند اما توسط انسان قابل مشاهده نیستند و می‌توانند در هر محیطی به کار روند. ولادیمیر بلوویچ[۱۲]، یکی از تهیه‌کنندگان این گزارش و استاد فن‌آوری‌های نوظهور در ام آی تی، می‌گوید که فن‌آوری‌های تازه می‌توانند بر فراز هر سطحی انرژی تولید کنند.

در این صورت سلول‌های خورشیدی می‌توانند به دامنه وسیع‌تری از کاربردها راه یابند. طی چند دهه آینده، با ورود این فن‌آوری‌ها از آزمایشگاه‌ها به بازار، ممکن است ابتدا آنها را در ابزارهای الکترونیکی مصرفی کوچک یا بر فراز پنجره‌ها به عنوان پرده‌هایی شفاف و سپس به عنوان بخشی از پارچه‌ها شامل پارچه پرده و لباس مشاهده کرد.

هم سیلیکون و هم سلول‌های خورشیدی نوظهور که به صورت پرده‌های نازک هستند از موادی ساخته می‌شوند که به‌وفور یافت می‌شوند و تولید و به کارگیری آنها در سطح گسترده مشکل‌ساز نخواهد بود. طبق محاسبات ام آی تی، مساحت مورد نیاز برای تامین ۱۰۰درصد تقاضای انرژی برق در آمریکا در سال ۲۰۵۰ توسط سلول‌های خورشیدی سیلیکونی فعلی معادل چهار دهم درصد کل مساحت خشکی کشور یا تقریبا معادل نصف مساحت ایالت ویرجینیای غربی است. هرچند که به کارگیری صفحه‌های خورشیدی با بیشترین کارایی در آفتابی‌ترین بخش‌های آمریکا می‌تواند این مساحت مورد نیاز را تا میزان حدود دو سوم کاهش دهد.

دمیدن در باد[۱۳]

باد نیز همچون خورشید یک منبع انرژی قابل دسترس، بدون تولیدکردن و تجدیدپذیر است. توربین‌های بادی در حال حاضر حدود ۴درصد کل انرژی برق جهان را تولید می‌کنند. هزینه انرژی بادی نیز از ۳۰سنت برای هر کیلووات ساعت در دهه ۱۹۸۰ تا ۳سنت برای هر کیلووات ساعت کاهش یافته است.

12. Vladimir Bulovic ´
13. Blowin' in the wind

باب دیلن، خواننده و ترانه سرای آمریکایی، نیز ترانه‌ای با همین عنوان دارد.

در حالی که نمونه‌های نخستین توربین‌های بادی کوتاه و کوچک بودند و ظرفیت تولید آنها تنها چند ده کیلووات بود، ماشین‌های امروزی به مراتب بلندتر و بزرگ‌تر هستند و ظرفیت معمول آنها حدود دو و نیم مگاوات است و مرکز پره‌های (هاب) آنها در ارتفاعی بین ۸۰ تا ۱۲۰ متر قرار می‌گیرد. مزیت توربین‌های بلندتر این است که به بادهای سریع‌تری که در ارتفاعات بلندتر می‌وزند دسترسی دارند. در همین حال، روتورهای بزرگ‌تر با پره‌های بلندتر می‌توانند مساحت بیشتری را پوشش داده و در نتیجه انرژی بیشتری را از یک مکان جذب کنند.

ادگاردی‌مئو[۱۴]، یکی از مشاوران تهیه گزارش چشم انداز انرژی بادی برای وزارت انرژی آمریکا[۱۵]، می‌گوید که این بهبودهای مداوم زمینه‌های تازه‌ای را برای توسعه فن‌آوری‌های مربوط به انرژی بادی فراهم می‌آورند. بنابراین گزارش، که در سال ۲۰۱۵ منتشر شد و به توان بالقوه انرژی بادی در آمریکا در سال ۲۰۵۰ می‌نگرد، نسل بعدی توربین‌های بادی می‌توانند حدود ۷۲۰ هزار مایل مربع (یک و نه دهم میلیون کیلومتر مربع) به سرزمین‌های قابل توسعه کشور آمریکا برای انرژی بادی بیافزایند و مساحت قابل دسترس توسط توربین‌های قدیمی‌تر از سال ۲۰۰۸ را تقریبا سه برابر کنند.

امروز صنعت انرژی بادی تحت تسلط توربین‌های سه پره‌ای است، اما طراحی‌های متفاوتی در راه خواهند بود مانند ماشین‌های دو پره‌ای و همچنین ماشین‌های بدون پره که با نوسان قطبی می‌چرخند. پروژه‌ای که بیش از دیگران در جذب سرمایه موفق بوده به شرکت کالیفرنیایی ماکانی[۱۶] مربوط می‌شود که در حال توسعه توربین‌های بادی هوابردی است که از تسمه برای اتصال به ایستگاه زمینی و انتقال انرژی بهره می‌برند. این «بادبادک‌های انرژی» با همان اصول آیرودینامیک توربین‌های متداول کار می‌کنند، اما این ظرفیت را دارند که تا ارتفاع ۳۱۰ متر، یا حدود دو برابر توربین‌های فعلی، بالا بروند آن هم در حالی که مواد بسیار

14. Edgar DeMeo
15. The US Department of Energy
16. Makani

کمتری برای تولید آنها به کار رفته است.

شرکت ماکانی در سال ۲۰۱۳ توسط شرکت گوگل خریداری شد و اکنون در تلاش است تا نمونه ۶۰۰ کیلوواتی را درهاوایی[17] تست کند و با خلبان‌های محلی و همچنین با اداره هوانوردی فدرال آمریکا[18] مشغول همکاری است تا امکان مشاهده این بادبادک‌ها را ارتقاء ببخشد. اما به چالش کشیدن تسلط توربین‌های سنتی کار ساده‌ای نخواهد بود. پل ویرز[19]، مهندس ارشد در مرکز فن‌آوری بادی آمریکا[20]، اعتقاد دارد که ماشین‌های امروزی سی‌سال سابقه دارند و ضوابط طراحی آنها به خوبی شناخته شده است. همچنین توربین‌های فعلی رو به بهبود هستند. در حالیکه روتور[21]ها و برج‌های آنها در حال بزرگ‌تر شدن هستند، حمل و نقل زمینی آنها به چالشی تبدیل شده است و شرکت‌ها به دنبال راه‌هایی برای سرهم کردن یا ساخت این اجزاء در محل استفاده هستند. طبق اظهارات جوزه زایاس[22]، مدیر دفتر فن‌آوری‌های انرژی بادی[23] در وزارت انرژی آمریکا، چاپ سه بعدی قالب پره‌ها همین حالا نیز از میزهای طراحی عبور کرده و به مرحله ساخت نمونه‌های اولیه رسیده است. این فرآیند از شیوه‌های متداول تولید قالب سریع‌تر خواهد بود و می‌تواند هزینه‌های مربوط به آن را تا پنج درصد کاهش دهد. پژوهشگران همچنین به دنبال راه‌هایی برای بهینه‌سازی طراحی ساختار و نیروگاه‌های بادی هستند که می‌تواند بهره‌وری آنها را به ازاء کمی افزایش هزینه تا حدود پنج درصد افزایش دهد.

سال‌ها بود که در پیش‌بینی‌های بازیگران اصلی حوزه انرژی، نرخ رشد انرژی خورشیدی و بادی دست‌کم گرفته می‌شد. برای مثال در چشم‌انداز انرژی جهان[24] که در سال ۲۰۰۸ توسط آژانس بین المللی انرژی

17. Hawaii
18. The US Federal Aviation Administration
19. Paul Veers
20. The US National Wind Technology Centre
21. Rotor
22. Jose Zayas
23. Wind Energy Technologies Office
24. World Energy Outlook

منتشر شد، پیش‌بینی شده بود که انرژی خورشیدی در سال ۲۰۳۰ معادل ۱درصد انرژی برق جهان را تولید خواهد کرد؛ در حالی که این دستاورد پانزده سال زودتر یعنی در سال ۲۰۱۵ محقق شد.

البته انرژی خورشیدی و انرژی بادی یک نقطه ضعف هم دارد و آن اینکه هر دو متناوب هستند. چرا که خورشید شب‌ها نمی‌درخشد و باد همواره نمی‌وزد. این چالش باعث شده تا طراحان نیروگاه‌ها تلاش کنند راهکارهایی را برای اتصال این انرژی‌های تجدیدپذیر ناپایدار به شبکه برق بیابند. امروز شیوه‌های پیچیده پیش‌بینی برآورد می‌کنند که ابرها چه زمانی جلوی خورشید را می‌گیرند و وزش بادها چه زمانی شدت می‌گیرد و اپراتورهای شبکه برق رسانی بر این اساس عرضه و تقاضا را در فواصل کوتاه‌تری متوازن می‌کنند. یک شبکه برق‌رسانی در هم تنیده و یکپارچه می‌تواند برای ارسال انرژی به فواصل دور در مواقع نیاز مورد استفاده قرار بگیرد و اگر کمبودی در انرژی خورشیدی یا بادی ایجاد شود، نیروگاه‌هایی که با گاز طبیعی کار می‌کنند می‌توانند فعال شده و به سرعت تولید برق را افزایش دهند.

اما همه نیروگاه‌ها به یک اندازه قدرتمند و یکپارچه نیستند و در برخی از نقاط امکان ارسال برق به فواصل دور یا تولید انرژی به وسیله نیروگاه‌های گازی در صورت نیاز وجود ندارد. راهکار دیگر برای کاهش اوج و فرودهای مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر، ذخیره مازاد انرژی برای استفاده در زمانی دیگر است، راهکاری که با توجه به افزایش سهم انرژی خورشیدی و بادی در تولید انرژی ضروری به نظر می‌رسد.

اعطای قدرت به مردم[۲۵]

اگرچه فن‌آوری‌های بسیاری برای ذخیره‌سازی انرژی وجود دارد اما بسیاری از آنها گران هستند. متداول‌ترین شیوه که فن‌آوری پیچیده‌ای هم ندارد نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای[۲۶] است که در آن آب به

25. Power to the people

نام ترانه‌ای از جان لنون، خواننده انگلیسی که در سال ۱۹۷۱ میلادی منتشر شد.

26. Pumped-storage Hydroelectricity

مخزنـی در ارتفـاع بالاتـر پمپـاژ می‌شـود و هنـگام نیـاز آب ذخیـره شـده در ارتفـاع آزاد شـده و پـره توربینـی را می‌چرخانـد. رویکـرد دیگـر فشرده‌سـازی هـوا و محـدود کـردن آن در مخـازن بـزرگ یـا حفره‌هـای زیرزمینـی را شـامل می‌شـود. ایـن هـوای فشـرده در هنـگام نیـاز آزاد شـده و باعـث چرخش توربین و تولید انرژی می‌شود.

گونه‌هـای مختلفـی از باتری‌هـای قابـل شـارژ نیـز می‌تواننـد بـه عنـوان شـیوه‌هایی بـرای ذخیـره انـرژی بـه کار بیاینـد. باتری‌هایـی کـه از سـلول‌های الکتروشـیمیایی سـاخته شـده‌اند و از واکنش‌هـای شـیمیایی بـرای تولیـد بـرق بهـره می‌برنـد. محبوبیـت باتری‌هـای لیتیم-یـون[۲۷] رو بـه افزایـش اسـت، چـرا کـه نسـبتا سـبک هسـتند و می‌تواننـد مقـدار قابـل توجهـی از انـرژی را در فضـای کمـی ذخیـره کننـد. کاربردهـای ایـن باتـری را می‌تـوان از وسـایل الکتریکـی قابـل حمـل گرفتـه تـا وسـایل نقلیـه الکتریکـی مشـاهده کـرد. دانشـمندان اعتقـاد دارنـد کـه بـا بهبـود طراحـی و اجـزای ایـن باتری‌هـا می‌تـوان چگالـی انـرژی آنهـا را بـه دو برابـر افزایش داد.

فـن‌آوری امیدبخـش دیگـر بـرای کاربـرد در شـبکه بـرق رسـانی باتـری جریانـی اسـت. ایـن باتـری شـامل مجموعـه‌ای از مخـازن اسـت کـه دو نـوع مایـع مختلـف و یـک سـلول الکتروشـیمیایی مجـزا در آنهـا نگهـداری می‌شـود. هنگامـی کـه ایـن مایعـات بـه درون سـلول پمپـاژ می‌شـوند، یون‌هـا از طریـق غشـاء از سـیال بـه سـیال دیگـر می‌رونـد در حالـی کـه بخشـی از الکترون‌هـا در مـدار خارجـی حرکـت می‌کننـد. از آنجـا کـه باتری‌هـا جریـان انـرژی را در الکترولیت‌هـای مایـع نگهـداری می‌کننـد، چگالـی انـرژی آنهـا بـه انـدازه مخـازن بسـتگی دارد. در حـال حاضـر چنیـن باتری‌هایـی بـه تعـداد انبـوه بـه فـروش نمی‌رسـند، امـا اگـر بتـوان آنهـا را از مـواد ارزان‌تـر و کمتـر سـمی سـاخت، ممکـن اسـت بتواننـد بـه طـور گسترده در دسترس باشند و چندین ساعت انرژی برق را ذخیره کنند.

27. Lithium-ion

رویای کالیفرنیا[۲۸]

ظرفیت موجود ذخیره انرژی در جهان در مقایسه با ظرفیت تولید انرژی ناچیز است. اما طی دهه‌های پیش‌رو شرایط تغییر خواهد کرد. کالیفرنیا برای تحقق هدف تعیین شده برای سال ۲۰۳۰، یعنی تامین پنجاه درصد برق از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر، نیاز دارد که سه شرکت بزرگ ارائه‌دهنده انرژی در این ایالت تا سال ۲۰۲۰ معادل یک و سه دهم گیگاوات به ظرفیت ذخیره انرژی برای شبکه برق رسانی بیافزایند. شرکت ادیسون کالیفرنیای جنوبی[۲۹] (اسسی‌ای[۳۰]) همین حالا امکان ذخیره صدها مگاوات برق را فراهم آورده است. شرکت‌ای‌ای‌اس انرژی استوریج[۳۱] (ذخیره انرژی ای‌ای‌اس) که زیرمجموعه غول انرژی‌ای ای اس است در حال نصب یک باتری لیتیم-یون صدمگاواتی برای اتصال به شبکه برق‌رسانی است که می‌تواند انرژی سریع و انعطاف‌پذیر را تا چهار ساعت تامین کند. شرکت ادیسون کالیفرنیای جنوبی همچنین مشغول همکاری با شرکت انرژی استم[۳۲] است. شرکت استم که در دره سیلیکون واقع شده تلاش می‌کند تا با ترکیب نرم‌افزارهای هوشمند و ذخایر باتری لیتیم-یون از هزینه‌های برق واحدهای تجاری بکاهد و به شبکه برق‌رسانی خدمات بدهد. طبق قرارداد میان این دو شرکت قرار است طی دوره ده ساله ۸۵ مگاوات منبع ذخیره انرژی برای حدود هزار مصرف‌کننده نصب شود.

راوی مانگانی[۳۳] مدیر شرکت ذخیره انرژی جی تی ام ریسرچ[۳۴]، اعتقاد دارد که تا سال ۲۰۲۰، بیشتر ذخایر جدید انرژی توزیع شده و به کار گرفته شده «پشت کنتور»[۳۵] خواهند بود به این معنی که محل ذخیره انرژی درست در محل مصرف قرار دارد و نه در نیروگاه. کریتسین متزگر[۳۶]، کارشناس ذخیره

28. California dreamin'
عنوان ترانه مشهور آمریکایی که تاکنون توسط گروه‌های موسیقی مختلفی اجرا شده است. این ترانه به رویاپردازی در مورد گرمای کالیفرنیا در یک روز سرد زمستانی اشاره دارد.
29. Southern California Edison
30. SCE
31. AES Energy Storage
32. Stem
33. Ravi Manghani
34. GTM Research
35. Behind the meter
36. Christian Metzger

انرژی در یک شرکت بزرگ آلمان در زمینه تامین برق به نام آر دبلیو ای[۳۷] نیز پیش‌بینی مشابهی دارد. او انتظار دارد که در دهه‌های پیش‌رو مجموع ظرفیت ذخیره انرژی توزیع شده برای مصرف‌کنندگان برق در آلمان آن‌قدر خواهد بود که برای عرضه همه‌گونه خدمات شبکه برق‌رسانی کفایت کند و دیگر نیازی به ساخت پروژه‌های گران‌قیمت و عظیم ذخیره انرژی نباشد. به اعتقاد آقای متزگز، تازه پس از ۲۰۵۰، یعنی زمانی که ۸۰ درصد یا بیشتر برق آلمان از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شود، می‌توان انتظار داشت که ذخایر بلندمدت بیشتری لازم باشد.

در حال حاضر، انتخاب اصلی برای سامانه‌های جدید ذخیره انرژی در سطح جهان باتری‌های لیتیم-یون هستند که بنابر اعلام شرکت تحقیقاتی نویگانت[۳۸]، در سال ۲۰۱۵ بیش از ۸۵ درصد ظرفیت ذخیره انرژی موجود را به خود اختصاص می‌دادند. شرکت تسلا موتورز[۳۹]، سازنده خودروهای الکتریکی در کالیفرنیا، همراه با شرکت تامین‌کننده باتری‌هایش یعنی پاناسونیک[۴۰] در حالت ساخت یک کارخانه پنج میلیارد دلاری در نوادا است که «گیگافکتوری[۴۱]» نام گرفته است. این کارخانه نه تنها قرار است پاسخگوی تقاضای رو به رشد برای خودروهای شرکت باشد بلکه همچنین قرار است شیوه‌هایی را برای سامانه‌های ذخیره انرژی برای بخش مسکونی و تجاری به کار بگیرد که به ترتیب «پاوروال[۴۲]» (دیوار قدرت) و «پاورپک[۴۳]» (بسته قدرت) نام گرفته‌اند. دیگر تولیدکنندگان بزرگ باتری‌های لیتیم-یون نیز در حال توسعه محصولاتشان هستند.

به لطف مزایای اقتصادی تولید در مقیاس بالا، یکپارچه‌سازی عمودی و دیگر راهکارها برای افزایش کارایی باتری‌ها، می‌توان انتظار داشت که هزینه تولید باتری‌ها به میزان قابل توجهی کاهش یابد. بنابر گزارش بلومبرگ نیو انرژی فایننس، بهای بسته‌های باتری برای وسایل نقلیه برقی می‌تواند از ۳۵۰

37. RWE
38. Navigant
39. Tesla Motors
40. Panasonic
41. Gigafactory
42. Powerwall
43. Powerpack

دلار برای هر کیلووات ساعت فعلی تا سال ۲۰۳۰ به ۱۲۰ دلار برسد. در این صورت وسایل نقلیه برقی به نقطه‌ای می‌رسند که می‌توانند بدون دریافت یارانه با خودروهای عادی از نظر قیمت رقابت کنند. تا سال ۲۰۴۰، طبق همین گزارش، ۳۵ درصد کل خودروهای جدید در سطح جهان خودروهای برقی و یا خودروهای هیبریدی هستند که می‌توانند به منبع انرژی الکتریکی متصل شوند.

با افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش نیروگاهی، منبع انرژی برای شارژ کردن باتری خودروهای برقی بیش از پیش از منابع پاک تامین خواهد شد. علاوه بر این، مالکان خودروهای برقی قادر خواهند بود که باتری خودروهایشان را در اختیار شبکه برق رسانی قرار دهند تا از هزینه قبض برقشان بکاهند. شبکه برق رسانی نیز پاک‌تر و به هم متصل‌تر خواهد شد و توزیع جامع‌تری خواهد یافت. مشتری‌های بخش‌های مسکونی و تجاری نه تنها قادر خواهند بود که انرژی را در باتری‌ها ذخیره کنند بلکه می‌توانند مازاد انرژی خود را به دیگران بفروشند.

وعده‌هایی که هنوز تحقق نیافته‌اند

هرچند فن‌آوری‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر در فاصله زمانی میان امروز تا سال ۲۰۵۰ تاثیر قابل توجهی بر بازار انرژی خواهند داشت، اما دیگر فن‌آوری‌های مربوط به انرژی نیز به تکامل خود ادامه خواهند داد. انرژی هسته‌ای نیز همچون انرژی‌های تجدیدپذیر بدون انتشار گازهای مخرب برای آب و هوا برق تولید می‌کنند. شکاف هسته‌ای[۴۴] شامل شکافتن اتم‌های سنگین مانند اورانیوم و تولید انرژی از این فرآیند است. نخستین نیروگاه هسته‌ای در دهه ۱۹۵۰ شروع به کار کرد. اکنون حدود ۴۵۰ رآکتورهسته‌ای در جهان مشغول به کارند که حدود ۱۱ درصد برق جهان را تولید می‌کنند. طبق برآورد آژانس بین المللی انرژی، صرفه‌جویی در میزان انتشار کربن به خاطر استفاده از نیروگاه‌های هسته‌ای تاکنون معادل دو سال انتشار کربن با نرخ فعلی بوده است.

44. Nuclear fission

در سال ۲۰۱۱ یک زلزله و سونامی پس از آن به وقوع مجموعه‌ای از رویدادهای ناگوار در نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما در ژاپن انجامید. هرچند که تشعشعات ایجاد شده ناشی از این واقعه به مرگ کسی منجر نشد اما به جابجایی بیش از ۱۵۰ هزار نفر انجامید. نگرانی افکار عمومی در مورد روی دادن وقایع مشابه و همچنین شیوه مدیریت پسماندهای هسته‌ای ساخت نیروگاه‌های بیشتر به خصوص در غرب را مشکل‌تر کرده است.

اکثریت حدود ۶۰ نیروگاه در حال ساخت در سطح جهان در کشورهایی مانند چین، هند و روسیه واقع شده‌اند، یعنی کشورهایی که موانع قانونی و در نتیجه هزینه ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای کمتر است. حدود ۲۰۰ رآکتور هسته‌ای فعلی که بیشتر در آمریکا، اروپا، روسیه و ژاپن قرار دارند پا به سن گذاشته‌اند و احتمالا طی دهه‌های آینده بازنشسته شوند. در نتیجه، آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی می‌کند که سهم انرژی هسته‌ای در بخش تولید برق تا سال ۲۰۴۰ در بهترین حالت به میزان اندکی رشد خواهد کرد.

نوع دیگری از نیروگاه هسته‌ای که با همجوشی[۴۵] اتم‌ها کار می‌کنند از این امکان برخوردارند که به شیوه‌ای به مراتب ایمن‌تر جریان تقریبا نامحدودی از برق را تولید کنند؛ آن هم بدون پسماندهای رادیواکتیو و یا خطری برای وقوع فاجعه‌ای هسته‌ای. طی فرآیند همجوشی هسته‌ای، که عامل ایجاد توان خورشیدی و دیگر ستاره‌ها است، اتم‌های سبک‌تر مانند هیدروژن تحت حرارت و فشار شدید به اتم‌های سنگین‌تری مانند هلیوم تبدیل می‌شوند و میزان هنگفتی از انرژی را آزاد می‌کنند. از دهه ۱۹۵۰، دولت‌ها در سطح جهان میلیاردها دلار را به این فن‌آوری اختصاص دادند، دانشمند همان زمان پیش‌بینی کردند که رآکتورهای مربوط به این فن‌آوری که طی حدود دو دهه ساخته خواهد شد. اما تکرار همجوشی بر روی زمین چالش برانگیزتر از آن بود که به نظر می‌رسید و پیش‌بینی‌های اولیه به لطیفه تبدیل شده‌اند، چرا که به نظر می‌رسد به رغم گذشت زمان هدف همواره ۲۰ تا ۳۰ سال دورتر است.

45. Fusion

در موردی تازه تر، پیشرفت راکتورگرما هسته‌ای آزمایشی بین‌المللی[۴۶] که پروژه‌ای بین‌المللی است و به ایتر[۴۷] مشهور شده که در زبان لاتین به معنی مسیر است. این پروژه بزرگترین و جاه‌طلبانه‌ترین پروژه همجوشی هسته‌ای تا امروز محسوب می‌شود که بارها با تاخیر مواجه شده است. مجموعه عظیمی که در فرانسه مشغول ساخت است در ابتدا قرار بود که این پروژه در سال ۲۰۱۶ به سرانجام برسد و اکنون از میلیاردها دلار بودجه در نظر گرفته شده فراتر رفته و چندین سال نیز از برنامه زمان‌بندی عقب است و اکنون برآورد می‌شود که بهره‌برداری از آن طی حدود یک دهه دیگر آغاز شود. با این وجود بسیاری از دانشمندان در حوزه فن‌آوری هسته‌ای به این پروژه به عنوان بهترین چشم‌انداز برای به‌دست آوردن جام مقدس[۴۸]همجوشی می‌نگرند: رآکتوری که انرژی تولیدی آن از انرژی مصرفی اش بیشتر باشد. در این لحظه چنین هدفی بسیار دور از دسترس به نظر می‌رسد. رکورد جهانی سال ۱۹۹۷ برای توان همجوشی هنوز معادل ۱۶مگاوات است که انرژی ورود آن ۲۴مگاوات بود.

چندین شرکت خصوصی نیز برای حل این مشکل در تلاش هستند. چنین شرکت‌هایی اعتقاد دارند که می‌توانند ایده تولید انرژی به روش همجوشی هسته‌ای را زودتر و ارزان‌تر تحقق ببخشند. هر کدام هم راه حل متفاوتی برای این مشکل بنیادین دارند که چگونه می‌توان اجزای سوخت هسته‌ای (که به عنوان پلاسما هم شناخته می‌شوند) را در دمایی بسیار بالا برای تسهیل واکنش‌های همجوشی کنترل کرد. شرکت تری آلفا انرژی[۴۹] در کالیفرنیا صدها میلیون دلار سرمایه را جذب کرده است که در این میان نام پل آلن[۵۰]، یکی از بنیانگذاران مایکروسافت، نیز در میان سرمایه‌گذاران آن به چشم می‌خورد. راهکار این شرکت شامل پرتوهای ذره‌ای با انرژی بالا برای کمک به گرمایش و ثبات بخشیدن به پلاسما است. دیگر شرکت‌ها، مانند جنرال فیوژن[۵۱]در

46. International Thermonuclear Experimental Reactor
47. ITER
48. Holy Grail
49. Tri Alpha Energy
50. Paul Allen
51. General Fusion

کانادا و هلیون[۵۲] انرژی نزدیک سیاتل هم از سرمایه‌گذاران مشهوری مانند به ترتیب مدیر آمازون، جفبزوس[۵۳]، و یکی از بنیانگذاران پی‌پال[۵۴]، پیتر تیل[۵۵]، پول دریافت کرده‌اند. شرکت جنرال فیوژن از طراحی بر اساس پیستون برای فشرده سازی و گرمایش اجزاء سوخت بهره می‌برد و شرکت هلیون ترجیح داده که از میدان‌های مغناطیسی پالسی[۵۶] برای این کار بهره ببرد.

نقطه مشترک این شرکت‌ها باور به توانایی بهره‌برداری از انرژی همجوشی در فاصله زمانی ۵ تا ۱۰ سال است. اما برخی از متخصصان چندان تحت تاثیر چنین پیش‌بینی‌هایی قرار نمی‌گیرند. استیون کولی[۵۷]، مدیر مرکز بریتانیایی کالام سنتر[۵۸] برای انرژی همجوشی، می‌گوید که «چنین ادعاهایی اعتبار ما را زیر سوال می‌برد.» او برآورد می‌کند که راکتورهای تجاری که انرژی همجوشی کار می‌کنند هنوز ۳۰ تا ۴۰ سال از ما فاصله دارند.

نجواهای معدن کار

در همین حال تردیدی نیست که سوخت‌های فسیلی برای چندین دهه دیگر نیز با ما خواهند بود حتی اگر مصرف آنها در طول زمان کاهش یابد. در حالی که چنین سوخت‌هایی همچنان به کار گرفته می‌شوند، اقدامات بسیاری را می‌توان انجام داد تا سوخت‌های فسیلی پاکیزه‌تر شده و از آثار مخرب آنها بر سیاره زمین کاسته شود.

در حال حاضر، حدود یک سوم نیروگاه‌های زغال سنگی که در حال ساخت هستند و دو سوم نیروگاه‌های موجود از فن‌آوری‌های پایین‌تر از آستانه بحرانی بهره می‌برند که میزان کارایی آنها حدود ۳۵ درصد است در حالی که نیروگاه‌های مدرن می‌توانند به میزان کارایی ۴۵ درصد و بیشتر هم برسند. همه نیروگاه‌های زغال سنگ می‌توانند به فیلتر و دیگر تجهیزات کنترل و کاهش آلودگی مانند اسکرابر[۵۹] مجهز شوند اما بنابر داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی چنین اقداماتی کمتر صورت می‌پذیرد.

52. Helion
53. Jeff Bezos
54. PayPal
55. Peter Thiel
56. Pulsed Magnetic Fields
57. Steven Cowley
58. Culham Centre
59. Scrubbers

شـــیوه کمتر متداول برای کاهش آلودگی، جداســـازی و ذخیره کربن[۶۰] (سی سی اس[۶۱]) است که فرآیند حذف دی اکسید کربن از گاز خروجی نیروگاه و سپس یا دفن آن در زیـــر زمین و یا بازیافت آن برای مصرف در دیگر فرآیندها یا محصولات را در بر می‌گیرد. در حال حاضر تنها حدود پانزده کارخانه بزرگ مربوط به جداسازی و ذخیره کربن در ســـطح جهان در حال ساخت است در حالی که فرآیند ساخت هزار و پانصد نیروگاه زغال ســـنگی یا شروع شده و یا برای آغاز آن برنامه‌ریزی شده است. نخستین سامانه جداسازی و ذخیره کربن در مقیاسی تجاری برای یک نیروگاه در باندری دام[۶۲] کانادا قرار داشـــت و هزینه ساخت آن بیش از یک میلیون دلار بود. این پروژه از زمان آغاز بهره‌برداری در سال ۲۰۱۴ تاکنون مشکلات فنی متعددی را تجربه کرده و حتی عملیات آن چندین بار متوقف شده و در نتیجه در تحقق هدفش یعنی جذب ۹۰درصد دی اکسید کربن ناکام مانده است.

طرفداران ســـامانه جذب و ذخیره کربـــن می‌گویند که پروژه‌های جدید مربوط به جذب و ذخیره کربن به لطف درس‌های آموخته شده از تجربه باندری دام، کم‌هزینه‌تر خواهند بود و بهتر کار خواهند کرد. با این حال هزینه‌های مربوط به چنین سامانه‌هایی همچنان زیاد خواهند بود و اشتیاق برای آنها رو به کاهش است: حدود ۴۰پروژه مربوط به جذب و ذخیره کربن یا متوقف و یا به طور کامل لغو شده‌اند.

گاز طبیعی، در مقایســـه با زغال سنگ، دی اکسید کربن کمتری منتشر می‌کند و ســـوخت آن آلودگی کمتری به همراه دارد. در آمریکا، شکســـت هیدرولیکی[۶۳] (که به عنوان فرکینگ[۶۴] هم شناخته می‌شود) سنگ‌های رسوبی دسترسی به ذخایر هنگفت گاز شـــیل در کشور (آمریکا) را ممکن ساخته و از مصرف زغال سنگ کاسته است. اما به اعتقاد سب هنبست[۶۵]، نویســـنده ارشد در گزارش انرژی جدید سال ۲۰۱۶ منتشر شـــده توسط شـــرکت تحقیقاتی بلومبرگ نیو انرژی فایننس، این شیوه گذار از زغال ســـنگ به گاز شـــیل پدیده‌ای عمدتا آمریکایی باقی خواهد ماند. به اعتقاد او در دیگر بخش‌های جهان گاز طبیعی عمدتا یا از طریق کشتی و یا به‌وسیله لوله منتقل می‌شود

60. Carbon Capture and Storage
61. CCS
62. Boundary Dam
63. Hydraulic Fracturing
64. Fracking
65. SebHenbest

که به هزینه‌های آن می‌افزاید و میزان رشد آن طی دهه‌های پیش‌رو را محدود می‌سازد. کشـــورهای رو به توسعه احتمالا ترجیح می‌دهند که از زغال سنگ و دیگر انرژی‌های تجدیدپذیری که بهای آنها رو به کاهش است برای تولید برق بهره ببرند. نگرانی افکار عمومی بابت زلزله‌های ناشـــی از شکســـت هیدرولیکی و همچنیـــن پیامدهای مواد شـــیمیایی به کار گرفته شـــده در این فرآیند و همچنین آزادشدن گاز قوی گلخانه‌ای متان، توسعه اکتشافات مربوط به شیل در دیگر نقاط را محدود می‌سازد.

زمانه در حال تغییر است[۶۶]

جمعیت زمین که امروز هفت و چهار دهم میلیارد نفر است تا سال ۲۰۵۰ به نه و هفت میلیارد نفر می‌رســـد. تقاضای انرژی به خصوص در شهرهای اقتصادهای نوظهور رشـــد خواهد کرد. بنابر گزارش چشم اندازهای فن‌آوری انرژی سال ۲۰۱۶ که توسط آژانس بین المللی انرژی منتشر شده، در نقاط شهری کشورهای نوظهور تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۴۰ درصد به ساختمان‌های افزوده خواهد شد و تا نیمه قرن سفرهای داخل شـــهری به دو برابر میزان فعلی خواهد رســـید. اما تقاضای بیشتر برای انرژی و سطح زندگی بالاتر ضرورتا به معنی انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای نیستند. به اعتقاد آژانس بین المللی انرژی، ساختمان‌های جدید می‌توانند به سامانه‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی و همچنین لوازم خانگی با کارایی بیشتری مجهز شوند. حمل و نقل عمومی و خودروهای برقی نیز می‌توانند از انتشـــار گاز دی اکسید کربن و آلودگی هوا بکاهند؛ به خصوص اگر منبع انرژی آنها منابع پاک باشد. نصف سلول‌های خورشیدی در پشت بام‌های شهری می‌تواند یک سوم نیاز برق این شهرها در سال ۲۰۵۰ را تامین کند.

دامنه و ســـرعت این تحول هنوز نامشـــخص اســـت. برای مثـــال هند در طرحی بلندپروازانـــه قصد دارد امکان دسترســـی به انرژی برق را بـــرای ۲۴۰ میلیون نفر از شهروندان کشور فراهم کند که امروز از این امکان بی بهره‌اند. قرار است بخشی از این نیاز جدید توســـط ســـامانه‌های مربوط به انرژی بادی و خورشـــیدی تامین شود، اما همچنین تولید زغال سنگ داخلی نیز بخشی از برنامه است. در همین حال چین مسیر متفاوتی را پی گرفته است. این کشور در دسامبر سال ۲۰۱۵ صدور مجوز برای معادن

66. The times they are a-changin'

نام آهنگی از باب دیلن، خواننده و ترانه سرای آمریکایی

زغال ســـنگ جدید را برای سه سال متوقف کرد. چین همچنین در سرمایه‌گذاری در فن‌آوری‌های بدون کربن شـــامل انرژی بادی، خورشیدی و هسته‌ای پیشتاز بوده است و میانگین زمان ساخت نیروگاه هسته‌ای را به تنها پنج سال و نیم رسانده است. طبق پیش‌بینی بلومبرگ نیو انرژی فایننس، انتشـــار گازهای گلخانه‌ای توسط بخش انرژی چین تا سال ۲۰۴۰ به میزان ۵ درصد کاهش خواهد یافت در حالی که همین شاخص برای هندی‌ها سه برابر خواهد شد.

آژانس بین المللی انرژی برآورد می‌کند که طی دهه‌های پیش‌رو در جهان بیش از ۴۳۰ هزار میلیارد دلار در سامانه‌های مربوط به انرژی سرمایه‌گذاری خواهد شد. بنابر محاســـبات آژانس، دوازده هزار میلیارد دلار سرمایه‌گذاری بیشتر در فن‌آوری‌های کم کربن تا سال ۲۰۵۰ تقریبا حدود ۳ درصد بیشتر می‌تواند گرم شدن زمین را در حدود ۲ درجه سانتیگراد نگه‌دارد و در همین زمان کیفیت هوا را نیز بهبود ببخشد.

فن‌آوری به شـــدت در حال تغییر دورنمای انرژی است و ما را به بازاندیشی درباره فرضیات متداول در مورد محدودیت منابع در آینده وا داشـــته است. چشم انداز انرژی به جای جهانی با قحطی انرژی به دورانی از کارایی و فراوانی انرژی تبدیل شـــده است و فراوانی انرژی ضرورتا به معنی انتشـــار بیشـــتر گازهای گلخانه‌ای و سیاره‌ای آلوده‌تر نیســـت؛ بلکه درست عکس آن، به مدد سرمایه‌گذاری کافی در فن‌آوری‌های هوشمند، برخورداری از سیاره‌ای پاک‌تر قابل تحقق است.

فصل دهم

ساخت مواد جدید

پل مارکیلی[1]

ترکیبی از مواد جدید و راهکارهای تازه هم شیوه تولید و هم مکان تولید را تغییر خواهد داد.

1. Paul Markillie

BMW مدل i3 خودروی برقی بسیار جالبی است و همان‌طور که می‌توان انتظار داشت، فن‌آوری‌های نوین در آن به کار رفته است. با این حال، جالب توجه‌ترین نوآوری‌های این خودرو به موادی که در ساخت بدنه آن به کار رفته و همچنین شیوه ساخت آن مربوط می‌شود. مواد تشکیل دهنده بدنه این خودرو فیبر کربنی است که کامپوزیت (ماده مرکب) بسیار محکم اما سبک است. فرآیند ساخت BMW مدل i3 از این ماده بیش از آنکه شبیه فلزکاری باشد به صنایع نساجی شباهت دارد. چنین تغییر بنیادینی در شیوه‌های تولید به تحول در کارخانه‌های تولیدکننده همه‌گونه کالا در سرتاسر جهان خواهد انجامید؛ اقتصاد سنتی بخش تولید را فتح خواهد کرد و جریان تجارت و زنجیره تامین شکل گرفته در جهان را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

خودروبافی

شیوه شکل‌گیری خودوری i3 دریچه کوچک وسوسه‌انگیزی را به روی تحولات پیش روی شیوه‌های تولید در آینده می‌گشاید. داستان ساخت این خودرو به جای اینکه از ورقه‌های آهنی آغاز شود، در یک کارخانه ساخت الیاف کربنی در ژاپن شکل می‌گیرد که در آن الیاف مصنوعی پلی‌آکریل و نیتریل[1] همچون یک نخ ماهی‌گیری بلند به دور قرقره پیچیده شده و به آمریکا فرستاده می‌شوند؛ جایی که به صورت رشته‌های کربنیزه شده‌ای با قطر ۷ مکیرومتر(یک میلیونم متر) درمی‌آید. حدود پنجاه هزار از این رشته‌های تیره به وسیله ریسندگی به الیاف ضخیم‌تری تبدیل می‌شوند و دوباره به دور قرقره دیگری پیچیده می‌شوند. این قرقره‌ها به کارخانه‌ای در نزدیکی مونیخ[2] در آلمان فرستاده می‌شوند و در آنجا الیاف بر روی دستگاهی بسیار بزرگ شبیه دستگاه بافندگی به صورت ورقه‌های شبیه به فرش در می‌آیند. هنگامی که ورقه‌ها به کارخانه بی‌ام و در شهر لایپزیگ[3] آلمان می‌رسند، به اشکال مختلف بریده شده و لایه لایه روی یکدیگر قرار

1. Polyacrylonitrile
2. Munich
3. Leipzig

می‌گیرند. به این لایه‌ها در فرآیندی اتوماتیک همراه رزین تزریق شده و سپس به یکدیگر فشرده می‌شوند تا به شکل اجزای محکم اما سبک بدنه در بیایند. سپس این اجزا توسط ربات‌ها به یکدیگر چسبانده می‌شوند تا بدنه خودرو را شکل دهند.

خط تولید خودروی i3 به هیچ کارخانه خودروسازی دیگری شباهت ندارد. برای شروع باید گفت که این کارخانه به طرز عجیبی ساکت است. صدای هولناک پرس اجزاء فلزی یا صدای جوشکاری شنیده نمی‌شود. همچنین کارگاه رنگ پرهزینه‌ای برای تمیزکاری و به کارگیری راهکارهای ضدزنگ برای بدنه فلزی وجود ندارد (فیبر کربن زنگ نمی‌زند). تفاوت‌های دیگر را می‌توان در حساب و کتاب‌های شرکت ملاحظه کرد: تولید خودروی i3 در مقایسه با تولید خودرویی مشابه با مواد و شیوه‌های متداول تولید خودرو در مجموع ۵۰ درصد انرژی و ۷۰ درصد آب کمتری مصرف می‌کند.

کارخانه لایپزیگ نمونه‌ای پیشتاز از به کارگیری مواد جدید و بهبود یافته‌ای است که از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی به فرآیند تولید راه یافته‌اند. این انقلاب در مواد از الیاف کربنی فراتر می‌رود. انواع بسیار دیگری از کامپوزیت‌ها (مواد مرکب)، آلیاژهای عجیب و غریب جدید، روکش‌های تخصصی، مواد هیبریدی نیمه پلاستیکی و نیمه فلزی، مواد ارگانیک که کارکردهای بیولوژیکی و مواد «هوشمند» که می‌توانند شکل خود را به یاد بیاورند، خود را تعمیر کنند و یا حتی خود را به صورت اجزایی دیگر سرهم کنند همگی در انقلاب مواد جای دارند. علاوه بر این‌ها، با دستکاری مواد در سطح مولکولی به طور فزاینده‌ای امکان تولید موادی دلخواه با ویژگی‌های تازه و تغییر شیوه کارکرد مواد، مثلا در واکنش به نور، برق و حرارت، فراهم می‌آید. در همین زمان، مواد قدیمی نیز روز به روز بهتر می‌شوند.

امکان تولید و استفاده در مقیاسی تجاری عامل اساسی برای موفقیت مواد تازه یا بهبود یافته است. چنین فرآیندی ممکن است سال‌ها به طول بینجامد. برای مثال فیبرهای کربنی چندین دهه است که حضور دارند و در ساخت جنگنده‌ها، چوب ورزش گلف، دوچرخه‌های کوهستان و خودروهای

فرمول۱ به کار می‌روند. جذابیت فیبرهای کربنی به این خاطر است که از فلز محکم‌تر اما حداقل ۵۰ درصد سبک‌تر است. استحکام ناشی از ساختار مولکولی ترکیبات مولکولی به پیوندهای شیمیایی بسیار محکمی بسیار شبیه آنچه در الماس‌ها دیده می‌شود ایجاد می‌کند. به‌وسیله قرار دادن الیاف با زوایای گوناگون، استحکام ترکیبات می‌تواند درست در جای مورد نیاز افزایش یابد و بدین وسیله می‌توان محصولاتی را تولید کرد که جایی از آنها مستحکم و جایی دیگر انعطاف پذیر باشد.

سپس، بر اساس تجربه، دریافتیم که فیبرهای کربنی می‌توانند به جای آلومینیوم در بخش تجاری صنایع هوایی به کار روند، چرا که هواپیماهای سبک هم مصرف سوخت کمتری دارند و هم گازهای گلخانه‌ای کمتری را منتشر می‌سازند. در حال حاضر فیبرهای کربن حدود نیمی از ساختار هواپیماهایی مانند بوئینگ 787 و ایرباس A380 را تشکیل می‌دهند. اما چنین تحولاتی کم هزینه هم نیستند به خصوص که فرآیندهای تولید مربوط به آنها گران، کند و کاربر هستند. برای تولیدات با حجم کم مانند دوچرخه‌های کوهستان بسیار خاص یا جنگنده‌ها، بالا بودن قیمت تمام شده اهمیت چندانی ندارد، اما صنعت خودروسازی صنعتی است که نیازمند تولید انبوه است.

هنرهای تاریک

شرکت BMW به لطف یافتن شیوه‌هایی سریعتر و ارزانتر برای استفاده از فیبر کربن، به شرکتی پیشتاز در به کارگیری چنین ماده‌ای در تولید انبوه تبدیل شده است. برخی تحلیلگران پیش‌بینی می‌کنند که تا اواسط دهه ۲۰۲۰ فیبر کربن به ماده اصلی در بخش تولید تبدیل خواهد شد و در بسیاری از بخش‌ها جای موادی مانند آهن و آلومینیوم را خواهد گرفت. تا سال ۲۰۵۰، یعنی زمانی که بیشتر خودروها برقی خواهند بود و بسیاری از آنها نیازی به راننده ندارند، فیبرهای کربنی دامنه وسیع‌تر و بهتری از مقاومت در مقابل تصادف را برای این خودروها فراهم خواهند آورد.

بسیاری از مواد تازه دیگر نیز راه خود را به خودروسازی و دیگر بخش‌های تولید باز خواهند کرد. چندین روند به نیروی محرک این فرآیند تبدیل شده‌اند. نخستین روند، رشد شناخت از خواص مواد در کوچک‌ترین مقیاس است. دانش دانشمندان علوم مواد به لطف یک قرن پیشرفت‌های تعیین کننده در علوم فیزیک و شیمی، به طور پایداری رو به افزایش است. همچنین ابزارهای بهتری مانند میکروسکوپ‌های الکترونی، میکروسکوپ نیروی اتمی[۴]، طیف‌سنجی جرمی[۵] و ایکس ری سینکروترونی[۶]، پژوهشگران را قادر ساخته دراندازه گیری و کاوش مواد وارد جزییاتی شوند که هرگز سابقه نداشته است.

این جزئیات تا ابتدایی‌ترین بخش‌های تشکیل دهنده ماده پیش رفته است. هر ماده‌ای از اتم‌ها ساخته شده و رفتار هر اتم به عنصر شیمیایی‌ای بستگی دارد که اتم به آن تعلق دارد. هر عناصر خواص شیمیایی منحصر به فردی دارد که به ساختار ابرهای الکترونی تشکیل‌دهنده لایه‌های دیگر اتم مربوط می‌شود. شیوه جفت‌شدن اتم‌ها با یکدیگر یا نحوه به اشتراک گذاشته شدن الکترون‌های آنها به ساخت مولکول‌ها منجر می‌شود که کوچکترین بخش یک عنصر یا ترکیب شیمیایی است. توانایی مهندسی مواد در سطح مولکولی بسیاری از حدس‌ها در مورد شیوه کار مواد تازه را برطرف خواهد ساخت.

چنین پدیده‌ای تحولی بزرگ نسبت به گذشته محسوب می‌شود. زمانی که توماس ادیسون[۷] نخستین لامپ رشته‌ای برقی قابل قبول را در سال ۱۸۷۹ اختراع کرد مجبور بود به آزمون و خطا روی بیاورد و ۱۶۰۰ نوع ماده مختلف، از الیاف نارگیل گرفته تا ریش یکی از همکارانش، را بیازماید تا رشته مناسب برای روشن کردن لامپ را بیابد. امروز یک مخترع برای یافتن گزینه‌ای مشابه، مانند یک ماده نیمه رسانای جدید

4. Atomic-force microscopes
5. Mass spectrometers
6. X-ray synchrotrons
7. Thomas Edison

برای ساخت دیود نورافشان[8] (ال‌ای دی[9]) بهتر، می‌تواند از یک ابررایانه مجهز به رایانش ابری بهره ببرد. ال‌ای‌دی‌ها امروز در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای، ابزارهای بسیار کاراتری برای تبدیل برق به روشنایی هستند و در حال تصاحب جایگاه لامپ‌های روشنایی سنتی هستند. ال‌ای دی‌ها نیز اختراع علم مواد محسوب می‌شوند و جانشینان آنها دیگر تجهیزات روشنایی مشخص نخواهند بود بلکه پرده‌های روشنی خواهند بود که در سقف ساختمان‌ها قرار داده شده‌اند. تولیدکنندگان سقف ساختمان‌ها برای رقابت با شرکت‌های روشنایی تبدیل شده به تولیدکننده سقف، مجبورند به مهندسان روشنایی تبدیل شوند. بسیاری از صنایع دیگر نیز به طور مشابه با چنین تحولاتی در زمینه کسب و کار مواجه خواهند شد.

این فرآیند به کمک تلاش‌ها برای جمع‌آوری کلان‌داده‌ها سرعت خواهد گرفت. برای مثال پروژه مواد[10] که بر اساس مجموعه‌ای از ابررایانه‌های لابراتوار ملی لارنس برکلی[11] در کالیفرنیا و با هدف دسترسی آزاد به اطلاعات بنا نهاده شده، در حال گردآوری خواص حدود صد هزار ماده شناخته شده و ترکیب پیش‌بینی شده است تا به نوعی یک «ژنوم مواد» را شکل دهد. با کمک این پروژه، برای یافتن موادی با خواص مطلوب برای کاری خاص مانند رسانایی، استحکام، قابلیت ارتجاعی، توانایی جذب و دفع دیگر ترکیبات و مانند این‌ها، پژوهشگران به جای آزمون و خطا یعنی کاری که ادیسون انجام داد، می‌توانند خواص مورد نظرشان را تعریف کرده و فهرستی از مواد مناسب مربوط به این خواص را از رایانه دریافت کنند.

جستجوها برای مواد مناسب جایگزین سیلیکون برای ساخت تراشه‌های رایانه‌ای سریع‌تر و قدرتمندتر و باتری‌های بهتر همین حالا نیز در جریان است. یکی از این جانشین‌های احتمالی، گرافین[12]، «ماده‌ای شگفت انگیز» با ضخامت تنها یک اتم است که در سال ۲۰۰۴ در دانشگاه

8. Light-emitting diode
9. LED
10. Materials Project
11. Lawrence Berkeley National Laboratory
12. Graphene

منچستر کشف شد. بسیاری از دیگر انواع نانومواد[۱۳] نیز اکنون در حال توسعه هستند. دلیل چنین علاقه‌ای به نانومواد به پدیده‌ای بی‌سابقه مربوط می‌شود که در هنگام سازمان دادن مواد در سطحی بسیار ریز روی می‌دهد. به لطف شیوه‌های پردازش نوین اکنون می‌توان بسیاری از مواد را به نانومواد تبدیل کرد و ویژگی‌هایی تازه به آنها افزود یا برخی از ویژگی‌های آنها را تقویت کرد که شامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و نوری می‌شود و به فیزیک و شیمی ذرات مربوط می‌شوند.

پیشرفت‌های تعیین کننده پیش‌رو نه تنها محصولات آینده، بلکه زندگی انسان‌ها را نیز متحول خواهند کرد. باتری‌های قابل شارژ این امکان را برای خودروهای برقی فراهم می‌آورند که مسیرهای طولانی‌تر را بپیمایند و به ابزارهای دیگر از تلفن‌های همراه هوشمند تا ربات‌های خانه‌دار امکان می‌دهند که بیشتر کار کنند. همچنین با فراهم آوردن امکان ذخیره انرژی به‌دست آمده از منابع متناوب تجدیدپذیر، امکان تجدیدنظر در بخش انرژی از شبکه برق‌رسانی گرفته تا ساختمان‌ها و خانه‌هایی که از طریق انرژی خورشیدی و بادی برق تولید می‌کنند را مهیا می‌کنند. تا سال ۲۰۵۰، بسیاری از خانه‌ها و کسب و کارها از شبکه سراسری برق جدا شده و سطح تازه‌ای از استقلال را تجربه خواهند کرد.

همه مواد تازه انتظارات را برآورده نخواهند ساخت و بسیاری از آنها در فرآیند تولید انبوه برای استفاده تجاری کنار خواهند رفت. اما همان‌طور که فرآیند کشف مواد تازه به‌وسیله رایانه‌ها شدت خواهد گرفت، صنعتی سازی آنها نیز به این فرآیند کمک می‌کند. محصولات بیشتر و بیشتری کار خود را با نمونه‌های اولیه سه بعدی طراحی شده با کمک رایانه‌های پیچیده و سامانه‌های مهندسی آغاز خواهند کرد، آن هم بسیار پیش از آنکه هیچ نمونه فیزیکی واقعی‌ای ساخته شود. برای مثال طراحی بدنه، موتور، سیستم تعلیق و ایرودینامیک یک خودروی جدید می‌تواند توسط رایانه انجام شود. همچنین تست جاده خودرو می‌تواند به وسیله واقعیت

13. Nanomaterials

مجـازی در شـهرها و جاده‌هـای مختلـف انجـام شـود. چنیـن سـامانه‌های طراحـی و مهندسـی همچنیـن می‌تواننـد در سـنجش ویژگی‌هـای مـواد ماننـد تحمـل وزن، فشـار و ترمودینامیـک بـه کار بیاینـد. بدیـن ترتیـب کاوش در مـورد اینکـه مـواد جدیـد چگونـه می‌تواننـد بـرای بهبـود یـک محصـول بـه کار گرفتـه شـوند آسـان‌تر خواهـد شـد. همیـن رایانه‌هـا می‌تواننـد بـرای طراحـی و شـبیه سـازی سـامانه‌های تولیـد لازم بـرای تجسـم بخشـیدن بـه ایده‌هـای مجـازی به کار بیایند.

جهانی چاپ شده

اغلـب آنچـه واقعـا روی می‌دهـد تنهـا شـامل بهبـود شـیوه‌های تولیـد فعلـی نیسـت و ظهـور شـیوه‌های کامـلا تـازه را نیـز در برمی‌گیـرد. یکـی از فرآیندهایـی کـه توجـه بسـیاری را بـه خـود جلـب کـرده، تولیـد افزایشـی[14] اسـت کـه بـه چـاپ سـه بعـدی[15] شـهرت یافتـه اسـت. هرچنـد چـاپ سـه بعـدی از دهـه ۱۹۸۰ در اشـکالی پایـه‌ای حضـور داشـته اسـت امـا تنهـا طـی سـال‌های اخیـر بـوده کـه پیشـرفت سـخت افـزاری و نرم‌افـزاری بـه ظهـور دامنـه وسـیعی از چاپگرهـای سـه بعـدی انجامیـده کـه بهـای آنهـا از کمتـر از هـزار دلار بـرای جنبـه سـرگرمی شـروع شـده تـا بیـش از یـک میلیـون دلار برای کاربردهای تخصصی مهندسی افزایش می‌یابد.

ایـن ماشـین‌ها اکنـون ده‌هـا شـیوه متفـاوت را بـرای چـاپ اشـیائی بـا جنس‌هـای مختلـف از پلاسـتیک و شیشـه گرفتـه تـا فلـز و سـرامیک و حتـی مـواد بیولوژیکـی بـه کار می‌گیرنـد. بـا ایـن وجـود اصـول مربـوط بـه ایـن فـن‌آوری یکسـان هسـتند: سـاخت یـک شـی بـه صـورت افـزودن لایـه بـه لایـه مـاده اولیـه بـه جـای شـیوه‌های مرسـوم تولیـد کـه در آن بـرای تولیـد یـک شـی، بخش‌هـای اضافـی مـاده اولیـه توسـط شـیوه‌هایی ماننـد بـرش، متـه کاری و ماشـین کاری حـذف می‌شـوند. تولیـد بـه روش چـاپ سـه بعـدی ضایعـات کمتـری دارد، چـرا کـه چاپ‌گـر مـاده اولیـه را بـه بخش‌هـای مـورد

14. additive manufacturing
15. 3D printing

نیاز می‌افزاید. ماشین‌های مربوط به چاپ سه بعدی همچنین می‌توانند اشکالی پیچیده با هندسه‌ای که تولید آن توسط ابزار متداول تولید بسیار سخت یا غیرممکن است را بسازند حتی ساختارهایی مربوط به درون یک جسم جامد هم به روش چاپ سه بعدی قابل تولید است (چرا که در این شیوه تولید به صورت لایه لایه انجام می‌پذیرد).

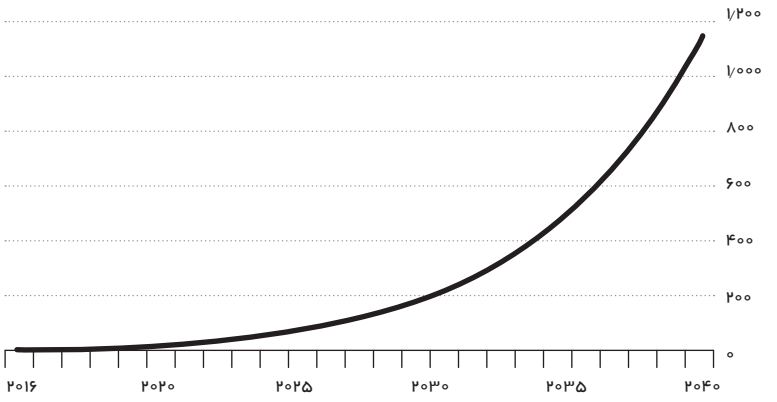
چاپ سه بعدی در ابتدا اصولا برای ساخت سریع نمونه اولیه به کار می‌رفت که نیاز اصلی در آنها ساخت یک نمونه اولیه به شیوه ارزان و سریع است. تنظیم ماشین آلات متداول در کارخانه برای تولید تنها یک نمونه می‌تواند بسیار کند و پرهزینه باشد. اما چاپگرهای سه بعدی با نرم افزارها هدایت می‌شوند همان نرم افزارهایی که برای طراحی محصول به کار گرفته می‌شوند و در نتیجه تولید یک محصول و سپس تولید محصولی متفاوت به راحتی امکان‌پذیر است. میزان تولید محصولات نهایی به شیوه ساخت افزایشی اکنون به طور پایداری رو به افزایش است.

برخی افراد انتظار دارند که در آینده در هر خانه‌ای یک چاپگر سه بعدی حضور داشته باشد که محصولاتی را به‌وسیله طراحی‌های نرم‌افزاری دانلود شده از اینترنت تولید کند. چنین تصوری برای نیم قرن آینده بیشتر شبیه رویاپردازی است تا واقعیت، مگر برای افرادی که از روی سرگرمی از چاپگرهای سه بعدی بهره می‌برند یا افراد مشتاقی که خود را ملزم به استفاده از این چاپ‌گرها می‌کنند. با این وجود، چاپ سه بعدی به بخشی تولید انبوه تبدیل خواهد شد. یک مشاور صنعتی به نام تری ولرز[16]، پیش‌بینی می‌کند که ارزش بازار چاپ سه بعدی از شش و هفت دهم میلیارد دلار در سال ۲۰۱۶ به یک هزار و سیزده میلیارد دلار در سال ۲۰۴۰ برسد (بنگرید به نمودار ۱۰.۱).

برخی از تولیدکنندگان بزرگ همین حالا نیز در تولید افزایشی پیشتاز هستند. برای مثال در یک نمونه، جنرال الکتریک یک مجموعه پنجاه

16. Terry Wohlers

نمودار ۱ـ۱۰ افزودن ارزش بازار چاپ سه بعدی، میلیارد دلار



منبع: Wohlers Associates, Inc

میلیون دلاری چاپ سه بعدی را در کارخانه شرکت در شهر آبرن[۱۷] در ایالت آلاباما[۱۸] مستقر کرده تا به‌وسیله آن برای موتور جدید لیپ[۱۹] مخصوص هواپیما نازل سوخت بسازد که از آلیاژی ویژه شامل کبالت، کروم و مولیب‌دنوم[۲۰] ساخته شده است. نازل سوخت که ترکیب پیچیده‌ای دارد و باید در دما و فشار بسیار بالا دوام بیاورد معمولا از ترکیب حدود ۲۰ ترکیب دیگر ساخته می‌شود. شرکت جنرال الکتریک برای تولید نازل سوخت موتورلیپ از شیوه چاپ سه بعدی و تولید آن به صورت تک قطعه‌ای بهره می‌برد به صورتی که لایه‌های پشت سر یکدیگر این نازل به صورت پودر روی هم قرار داده شده و یک لیزر که توسط رایانه کنترل می‌شود به‌وسیله ذوب کردن پودرها آن را به شکل مطلوب در می‌آورد. نازل سوخت تولید شده به این روش ۲۵درصد سبک‌تر و پنج برابر با دوام‌تر از نمونه‌های قبلی است. شرکت جنرال الکتریک انتظار دارد که تا سال ۲۰۲۰ میزان تولید این نازل‌ها را به صد هزار عدد در سال برساند.

شرکت ایرباس هم همچنین به ماده اختصاصی خود دست یافته است

17. Auburn
18. Alabama
19. LEAP
20. Molybdenum

کـــه آن را اســـکالمالوی[۲۱]می‌نامد. ایـــن مـــاده آلیـــاژی از آلومینیـــوم، منیزیـــم و اســکاندیم[۲۲] اســت. شــرکت هواپیماســاز اروپایــی ایربــاس اعتقــاد دارد کــه مــاده جدیـد اسـکالمالوی بـه ویـژه بـرای تولیـد اجـزای فلـزی سـبک و بـادوام در هواپیما به وسیله چاپ سه بعدی به کار می‌آید.

نخســتین اســتفاده از چاپگــر ســه بعــدی بــرای خــط تولیــد انبــوه در کشــور چیــن بــه کار گرفتــه شــده و البتــه مــوارد بیشــتری در راه خواهنــد بــود. لایــت-آن[۲۳]، یــک شــرکت تولیــدی در گوانگــژوی[۲۴] چیــن کــه بــر اســاس ســفارش کالا تولیــد می‌کنــد، بــا اســتفاده از چاپگرهــای ســاخت شــرکت اپتومــک[۲۵]، شــرکتی در شـــهر البوکرکـــی[۲۶] در ایالـــت نیومکزیکـــوی آمریـــکا، در کارخانـــه‌اش مدارهـــای الکترونیکـــی ماننـــد آنتـــن و حس‌گـــر را بـــه طـــور مســـتقیم در محصولاتـــی ماننـــد تلفن‌هـــای همـــراه و دیگـــر محصـــولات الکترونیکـــی مصرفـــی چـــاپ می‌کنـــد بـــه جـــای اینکـــه ایـــن اجـــزاء را بـــه طـــور جـــدا تولیـــد کـــرده و ســـپس به‌وســـیله نیـــروی انسانی یا ربات آنها را بر روی کالای نهایی مونتاژ کند.

دامنـه محصـولات قابـل تولیـد توسـط تولیـد افزایشـی رو بـه رشـد اسـت. در یـک سـوی طیـف از نظـر انـدازه، شـرکت چینـی وینسـان[۲۷] قـرار گرفتـه کـه بـه کمـک چـاپ سـه بعـدی خانه‌سـازی می‌کنـد. ایـن شـرکت بـرای خـارج سـاختن مـواد در فرآینـد چـاپ سـه بعـدی بـا اسـتفاده از یـک سـری مخصـوص، شـبیه بـه ماسـوره در تزییـن کیـک، بـرای تزریـق ترکیبـی از سـیمان و نخاله‌های سـاختمانی بازیافـت شـده کـه بـه سـرعت خشـک می‌شـوند بهـره می‌گیـرد و بخش‌هـای بـزرگ پیـش سـاخته یـک سـاختمان را تولیـد می‌کنـد تـا سـپس در محـل بـه یکدیگـر متصـل شـوند. رویکـردی پیشـرفته‌تر بـرای تولیـد سـاختمان توسـط شـرکت آزمایشـگاه ملـی اوکریـج در تنسـی[۲۸]با همـکاری شـرکت‌های اسـکیدمور[۲۹]،

21. Scalmalloy
22. Scandium
23. Lite-On
24. Guangzhou
25. Optomec
26. Albuquerque
27. Winsun
28. Tennessee
29. Skidmore

اوئینگز[۳۰] و شرکت معماری مریل[۳۱] به کار گرفته می‌شود. در این شیوه از موادی استفاده می‌شود که اجزائی مانند عایق هوا، عایق رطوبت و روکش بیرونی فلزی را در بر می‌گیرد. ایده اساسی در این روش توسعه فرآیندی برای ساختمان‌سازی افزایشی است که هیچ ضایعاتی به همراه نداشته باشد.

در سوی دیگر طیف مربوط به اندازه چاپ‌گرهای سه بعدی، شرکت اسکرونا[۳۲] حضور دارد که شرکتی است که از انستیتو تکنولوژی فدرال زوریخ[۳۳] در سوئیس برآمده و کوچکترین اجزاء را تولید می‌کند. این شرکت فرآیندی به نام نانودریپ[۳۴] (به معنی قطره چکانی نانویی) را به کار می‌گیرد که همان‌طور که از نامش پیداست با گذاشتن قطراتی بسیار کوچک از مایعی شامل اجزای نانو به اندازه صد نانومتر معادل یک میلیاردم متر یا کمتر ساختارهایی میکروسکوپی را می‌سازد. این شیوه نانوتوری‌های رسانای طلا و نقره را نیز شامل می‌شود که با چشم غیرمسلح قابل دیدن نیستند و می‌توانند واکنش صفحات لمسی به حرکات انگشت را بهبود ببخشند.

چرخه مطلوب

نانوتکنولوژی راه‌هایی برای ارتقای قابلیت‌های موادی فراهم می‌آورد که مدت‌هاست در تولید به کار می‌روند. ماجیومتال[۳۵]، شرکتی در سیاتل[۳۶] آمریکا، از نانومواد برای ساخت روکش‌هایی از فلزات مختلف بهره می‌برد تا آنچه نانولمینت[۳۷]می‌نامد را تولید کند؛ آن هم به‌وسیله گونه‌ای از قراردادن الکترولیتیک که فرآیند آن شبیه به آب‌کاری اما پیچیده‌تر است. در این فرآیند به‌وسیله دست‌کاری دقیق در میدان الکتریکی فلزات به صورت معلق در مایع در می‌آیند تا لایه‌های پوشاننده اشیاء را شکل دهد. در این

30. Owings
31. Merrill
32. Scrona
33. Swiss Federal Institute of Technology in Zurich
34. NanoDrip
35. Modumetal
36. Seattle
37. Nanolaminates

شـیوه همچنیـن واکنش‌هـای متقابـل مـواد در یـک نانولمینـت نیـز کنتـرل می‌شـود. ایـن شـرکت روکـش کـردن تجهیزاتـی کـه در صنعـت نفـت و گاز بـه کار می‌رونـد را آغـاز کـرده اسـت و ادعـا می‌کنـد کـه ایـن پوشـش ضدخوردگـی و زنگ‌زدگی تا هشت برابر بیشتر از راهکارهای متداول دوام می‌آورد.

شـرکت ماجیومتـال بـاور دارد کـه در آینـده نـه تنهـا سـاخت روکش‌هـا بلکـه سـاخت تجهیزاتـی کامـل به‌وسـیله نانولمینت‌هـا شـامل مـوادی ماننـد آهـن، زینـک و آلومینیـوم امـکان پذیـر خواهـد بـود. عـلاوه بـر ایـن، فرآینـد الکترولیتیک قابـل برگشـت‌پذیری اسـت و در نتیجـه هنگامـی کـه تجهیـزات سـاخته شـده توسـط نانولمینت‌هـا بـه پایـان عمـر خـود می‌رسـند، مـواد بـه کار رفتـه در آنهـا را می‌توان بازیافت کرد.

بـا عجیب‌تـر و نامتعـارف شـدن مـواد، بازیافـت بـه جـزء ضـروری در بخـش سـاخت و تولیـد تبدیـل خواهـد شـد. راه‌هـای تـازه و ارزانـی بـرای از بیـن بـردن محصـولات، ماننـد محصـولات الکترونیکـی، و بازیافـت مـواد بـه کار رفتـه در آنهـا مـورد نیـاز خواهـد بـود. بازیافـت خودروهـای آهنـی و هواپیماهـای آلومینیومـی نسـبتا سرراسـت اسـت، امـا افزایـش اسـتفاده از فیبـر کربنـی در صنعـت حمـل و نقـل بـر پیچیدگی‌هـای بازیافـت محصـولات ایـن صنعـت خواهـد افـزود. شـرکت‌های فعـال در زمینـه بازیافـت فیبـر کربنـی در برخـی مـوارد آنهـا را بـه قطعـات کوچکتـر تقسـیم کـرده و بـرای اسـتفاده در محصولاتـی بـا ترکیباتـی سـطح پایین‌تـر ماننـد صفحاتـی کـه قـرار نیسـت تحـت فشـار زیـادی باشـند اسـتفاده می‌کننـد. تعـداد باتری‌هـای قابـل شـارژی کـه بایـد بازیافـت شـوند نیـز افزایـش خواهـد یافـت. بخشـی از نانـوذرات بـه سـمی بـودن شـهرت دارنـد امـا دانشـمندان هنـوز از اثـرات بلندمـدت رهـا سـاختن آنهـا در طبیعـت آگاهـی کامـل ندارنـد. نانـوذرات در طبیعـت رهـا می‌شـوند و از آنجـا بـه درون رودهـا و دریاهـا می‌ریزنـد. هـر سـال هـزاران کیلوگـرم دی اکسـید نانوتیتانیـوم کـه در لوسـیون‌های ضدآفتاب استفاده می‌شود به شبکه فاضلاب وارد می‌شود.

تولیدکننـدگان بیـش از پیـش بـرای آنچـه چرخـه عمـر محصـولات نامیـده می‌شـود مسـئول خواهنـد بـود؛ از اسـتخراج عناصـر بـه کار رفتـه در مـواد گرفتـه تـا جایـی کـه مـواد در نهایـت از آن سـر در می‌آورنـد. همچنیـن نگرانی‌هـای

تجـاری نیـز وجـود خواهنـد داشـت: برخـی از عناصـری کـه در تولیـدات پیشـرفته بـه کار مـی‌رود کمیـاب و گـران هسـتند. اسـتخراج معـادن شـهری بـرای به‌دسـت آوردن مـوادی ماننـد طـلا، نقـره، نئودیمیـم[۳۸]، ایتریـم[۳۹] و دیسـپروزیم[۴۰] از گجت‌ها، خودروهـای برقـی، باتری‌هـا و کالاهـای خانگـی بی‌مصـرف شـده بـه کسـب و کار بزرگـی تبدیـل خواهـد شـد. رایانه‌هـا در اینجـا نیـز بـه شـرکت‌ها بـرای مـدل سـازی چرخـه عمـر محصـول و شـبیه سـازی شـیوه از بیـن بـرده و بازیافـت محصولات کمک خواهند کرد.

همـه این‌هـا بـه تحـول در شـیوه متـداول عملکـرد بخـش تولیـد در یـک قـرن اخیـر خواهـد انجامیـد. بـرای بیشـتر ایـن دوران سـاختن محصـولات اساسـا نوعـی بـازی «مـن هـم همینطـور» بـوده اسـت کـه در آن کارخانه‌هـا محصـولات اساسـی یکسـان و شـیوه‌های تولیـد و تجهیـزات مشـابهی را بـه کار می‌برنـد کـه بـه راحتـی قابـل گرته‌بـرداری هسـتند. در نتیجـه بـرای تولیـد انبـوه چنیـن کالاهایـی، مزایـای اقتصـادی تولیـد در مقیـاس بـالا و هزینـه دسـتمزد اهمیـت بسـیاری دارند و بـه همیـن خاطـر بسـیاری از عملیـات تولیـد بـه کشـورهایی کـوچ کرده‌انـد کـه هزینـه کارگـر در آنهـا پاییـن اسـت. امـا تـا سـال ۲۰۵۰ بخـش قابـل توجهـی از فرآیندهـای تولیـدی کـه (از اقتصادهـای ثروتمنـد) بـه خـارج رفته‌انـد بـار دیگـر بازخواهند گشت.

بازگشت بخش تولید به خانه

رونـد شـکل گرفتـه در خـروج برخـی از فرآیندهـای تولیـد و مشـاغل مربـوط بـه آن از اقتصادهـای توسـعه یافتـه بـه اقتصادهـای نوظهـور بـه چنـد دلیـل معکـوس خواهـد شـد. نخسـت اینکـه مـواد جدیـد و فن‌آوری‌هـای تـازه تولیـد بـه انعطـاف پذیـری بخـش تولیـد می‌افزایـد و باعـث می‌شـود کـه کالاهـا بتواننـد بـه میـزان بیشـتری بـر اسـاس سـلایق متفـاوت مصرف‌کننـدگان تطبیـق یابنـد و تولیـد کالاهـا در مقیـاس پاییـن نیـز کارایـی اقتصـادی بیشـتری بیابـد. چنیـن تحولاتـی باعـث می‌شـود کـه شـرکت‌ها بـرای انتقـال بخـش تولیـد بـه نزدیکـی

38. Neodymium
39. Yttrium
40. Dysprosium

بازارهـای مصرفـی انگیـزه اقتصـادی داشـته باشـند چـرا کـه در ایـن صـورت محصـولات می‌تواننـد بـه سـرعت بیشـتری بـه روندهـای در حـال تغییـر در ایـن بازارها واکنش نشان بدهند و با ویژگی‌های مصرف کنندگان تطبیق یابند.

هزینـه دسـتمزد همچنـان مهـم خواهـد بـود امـا از اثـر آن کاسـته خواهـد شـد چـرا کـه در فرآیندهـای تکـراری و یکسـان، اتوماسـیون جـای نیـروی انسـانی را خواهـد گرفـت. بسـیاری از محصـولات همچنـان در خـارج سـاخته خواهنـد شـد امـا تولیـد آنهـا بـه مناطقـی کـه در انجـام امـور تخصـص یافته‌انـد خواهـد رفـت، مثـلا محصـولات الکترونیکـی در جنـوب چیـن تولیـد خواهـد شـد، و از نقـش دسـتمزد پاییـن در تعییـن محـل تولیـد کاسـته خواهـد شـد. چنیـن پدیـده‌ای بـه خصـوص در مـورد کالاهـا و اجـزای متـداول ماننـد تراشـه‌های رایانـه‌ای یـا قطعـات الکتریکـی روی خواهـد داد. بـا ایـن حـال، کارخانه‌هایـی کـه در آنهـا چنیـن اجزائـی سـرهم می‌شـوند و محصـول نهایـی را شـکل می‌دهنـد بیـش از همیشـه پراکنـده خواهنـد بـود و ایـن تـوان را خواهنـد داشـت کـه بـر اسـاس تقاضـای مشتری کالایی با ویژگی‌هایی خاص را تولید کنند.

شـرکت‌ها بیـش از پیـش فرآیندهـای تولیـد اختصاصـی خواهنـد داشـت کـه بـر اسـاس نیازهـا و مـواد آنهـا طراحـی شـده اسـت. درسـت همان‌طـور کـه شـرکت BMW بـه راهـکار مخصـوص بـه خـود بـرای تولیـد خودروهـای برقـی دسـت یافتـه و شـرکت جنـرال الکتریـک نیـز بـرای تولیـد نـازل سـوخت بـه مـواد و شـیوه‌های مخصوصـی دسـت یافتـه اسـت، دیگـر شـرکت‌ها نیـز در همیـن مسـیر حرکـت خواهنـد کـرد. بـرای مثـال شـرکت تولیـد محصـولات ورزشـی نایکـی[41]، نیـز بـه بافندگـی روی آورده و در فرآینـدی کـه آنهـا فلاینیت[42]می‌نامنـد، ماشـین آلات بافندگـی رایانـه‌ای بـا اسـتفاده از الیـاف مخصـوص به‌دسـت آمـده از میکـرو مهندسـی بـه تولیـد کفش‌هـای ورزشـی می‌پردازنـد، بـه جـای اینکـه بخش‌هـای مختلـف کفـش به‌وسـیله دسـت بـه یکدیگـر دوختـه شـوند؛ عملیاتـی کـه بخـش عمـده آن در کارخانه‌هـای شـرکت در آسـیا انجـام می‌شـود. دسـتگاه‌های خـودکار بافندگـی شـرکت نایکـی می‌تواننـد در هـر جایـی حتـی

41. Nike
42. Flyknit

فروشگاه‌های خیابان شلوغ در شهرها نصب شده و کار کنند و در نتیجه می‌توان کفش‌های ورزشی مخصوص هر مشتری را با اسکن پای او تولید کند. شرکت آدیداس[۴۳]، یکی از رقبای نایکی، بخشی از فرآیند تولید کفش‌های ورزشی را به کارخانه‌های به شدت اتوماتیک در نزدیک آنسباخ[۴۴] در آلمان بازگردانده است.

گرته‌برداری از روی مواد و فرآیندهای تطبیق یافته با ویژگی‌های هر مشتری برای شرکت‌های رقیب به مراتب سخت‌تر خواهد بود و در نتیجه این حوزه به مزیتی رقابتی تبدیل خواهد شد. اغلب تنها این فن‌آوری نیست که به «سس مخصوص» هر شرکت تبدیل می‌شود بلکه فرآیندهایی به دقت توسعه یافته مربوط به این فن‌آوری و استعدادهای استخدام شده برای به کار گرفتن این فن‌آوری است که اهمیت دارد. این عامل تاثیرگذار دیگری در تعیین محل تولید را نشان می‌دهد: اینکه کجا می‌توان افرادی با مهارت‌های مورد نیاز، به خصوص در بخش طراحی، علم مواد، نرم‌افزار و مهندسی را یافت. چنین افرادی دارایی ارزشمندی محسوب خواهند شد و تقاضای زیادی برای آنها جهت کار در کارخانه‌ها به وجود خواهد آمد؟ روزگار کارخانه‌های تیره و تاریک، پارچه‌ها و لباس‌های کار روغنی به سر خواهد آمد. در آینده فرآیند تولید محصول بر دوش کارآفرینان بزرگ خواهد بود.

43. Adidas
44. Ansbach

فصل یازدهم

فن‌آوری نظامی: سحرآمیز و نامتقارن

بنجامین ساترلند[1]

غرب از مزایای پیشـــرفت‌های عظیم در ساخت ســـلاح و فن‌آوری اطلاعـــات بهره خواهد برد اما دشـــمنان نیز به دنبـــال بهره‌بردن از آسیب‌پذیری‌های ناشی از این پیشرفت‌ها خواهند بود.

1. Benjamin Sutherland

فاصلـه‌ای کـه از آن یـک تک‌تیرانـداز غربـی بـه طـور معمـول کسـی را می‌کشـد، طـی تنهـا دو دهـه دو برابـر شـده اسـت. ایـن را تـام گیل[1] می‌گویـد کـه چنـدی پیـش بـه عنـوان یکـی از تیرانـدازان ارتـش اسـرائیل فـردی را از فاصلـه ۱۸۰۰ متـری (۱۹۷۰ یـارد) هـدف قـرار داد. تجهیـزات نظامـی آن‌قـدر بهتـر شـده‌اند کـه امـکان کشـتن افـراد از فواصـل دورتـر نیـز دیگـر نامتـداول نیسـت. در سـال ۲۰۰۹، یـک تـک تیرانـداز بریتانیایـی بـه نـام کـرگ هریسـون[2] دو جنگجـوی مسلسـل‌چی طالبـان را از فاصلـه ۲۴۷۵متـری هـدف قـرار داد و رکـورد تـک تیرانـدازی در میـدان نبـرد را بهبـود بخشـید[3]. ایـن گلوله‌هـا پیـش از برخـورد به هدف حدود شش ثانیه پرواز کرده‌اند.

پیشـرفت‌های خیـره کننـده مشـابه طـی دهه‌هـای اخیـر در دامنـه وسـیعی از فن‌آوری‌هـای نظامـی روی داده‌انـد و بـا ایـن وجـود بسـیاری از آنهـا در مقابـل آنچـه احتمـالا طـی دهه‌هـای پیـش‌رو ظهـور خواهنـد کـرد ناچیـز خواهنـد بـود. بخـش بیشـتر ایـن پیشـرفت کـه بـه لطـف برتـری در تحقیـق و توسـعه نظامـی و البتـه نـه صرفـا بـه خاطـر آن تحقـق یافته‌انـد بیشـتر بـه غـرب منفعـت می‌رسـانند. امـا پیشـرفت‌ها بـه تهدیـدی بـرای نیـروی نظامـی آمریـکا و متحدانـش تبدیـل خواهنـد شـد. چـرا کـه بـه آسـیب‌پذیری غـرب توسـط نیروهـای رقیـب ماننـد ایـران یـا رقبایـی بـا توانایـی نظامـی نزدیک‌تـر ماننـد چین و روسیه می‌افزایند.

چنیـن پدیـده‌ای غـرب را بـا چالش‌هـای بزرگـی مواجـه می‌سـازد. در سـال ۲۰۱۴ وزیـر دفـاع وقـت آمریـکا، چـاک هیـگل[4]، هشـدار داد کـه «مـا در حـال ورود بـه دورانـی هسـتیم کـه در آن دیگـر نمی‌تـوان برتـری آمریـکا در دریاهـا، آسـمان‌ها و فضـا را امـری مسـجّل فـرض کـرد.» البتـه فضـای سـایبر را هـم بایـد بـه ایـن فهرسـت افـزود، ایـن را گنـث گیرز[5] می‌گویـد، مشـاور ناتـو[6] کـه «پیشـرفت حیـرت آور» توانایی‌هـای سـایبری گروه‌هـای دولتـی و غیردولتـی در روسـیه و

1. Tom Gil
2. Craig Harrison
۳. این رکورد در ماه ژوئن سال ۲۰۱۷ توسط یک تک تیرانداز کانادایی به ۳۵۴۰ متر ارتقا یافت. این سرباز کانادایی یک تروریست عضو گروه داعش را هدف قرار داده بود.
4. Chuck Hagel
5. Kenneth Geers
6. NATO

اوکراین را از محل زندگیش یعنی کیف پایتخت اوکراین رصد می‌کند.

جهان آزاد[۷] دو بار بر تهدیدات استراتژیک نسبت به تسلط نظامی‌اش غلبه کرده است. پس از اینکه اتحاد جماهیر شوروی و چین به ترتیب در سال‌های ۱۹۴۹ و ۱۹۶۴ برای نخستین بار سلاح هسته‌ای آزمایش کردند، آمریکا و متحدانش با اروپای غربی با بهره‌گیری از قدرت بازار آزاد در مهندسی و توان صنعتی به برتری مورد نیاز در موارد نظامی متعارف دست یافتند. زمانی که در اواخر دهه ۱۹۶۰ روسیه در تجهیزات نظامی به قدرت آمریکا نزدیک شد، دومین دستاورد غرب در پیش افتادن یعنی توان پردازش رایانه‌ای در راه بود. این توان به ماهواره‌های جاسوسی بهتر و بمب‌ها و موشک‌ها هدایت شونده منجر شد که تاثیر ویران‌گر خود را در جنگ نخست خلیج فارس در سال ۱۹۹۱ نشان داد. اما در حالی که فن‌آوری پردازش رایانه‌ای و ماهواره‌ای در سطح جهان رو به گسترش است، برتری آمریکا بار دیگر آسیب پذیر به نظر می‌رسد. بنابراین نیاز به راهکار سومی مبتنی بر پیش روی فن‌آوری در غرب احساس می‌شود، هر چند که موفقیت آن به هیچ وجه تضمین شده نیست.

تخریب خلاق

تیراندازی تا اواسط قرن حاضر گام‌های بلندی برخواهد داشت: ارتش‌های پیشرو احتمالا گلوله‌های هدایت شونده شلیک خواهد کرد. وزارت دفاع ایالات متحده همین حالا نیز کار بر روی گلوله‌ای بالدار با نام اگزکتو[۸] را آغاز کرده که می‌تواند در هوا مسیرش را تنظیم کند. در این‌صورت تیراندازان می‌توانند گلوله‌هایی شلیک کنند که برای رسیدن به هدف موانع را دور می‌زنند و دیگر نیازی به این نیست که هدف به وسیله خطی مستقیم در تیررس تیرانداز باشد. برای اینکه گلوله بداند دقیقا به کجا باید اصابت کند، لیزر مادون قرمزی برای نشانه‌گذاری هدف مورد نیاز خواهد بود. اما کل سامانه مربوط به این شلیک بر روی پهپادهایی نصب خواهد

۷. نویسنده از غرب به عنوان جهان آزاد نام می‌برد.

8. EXACTO

شد که در ارتفاع بسیار زیاد پرواز می‌کنند و قابل مشاهده نیستند.

گلوله‌های هدایت شونده برای جنگجویانی که از آنها بهره نمی‌برند مصیبت بزرگی خواهد بود. این فن‌آوری به میزان قابل توجهی به حداکثر فاصله ممکن برای شلیک تیر می‌افزاید. چرا که گلوله زمان بیشتری برای اصلاح هدف‌گیری نادرست و همچنین مواجه شدن با بادهای غیرمنتظره خواهد داشت. رایان اینیس[9]، تک تیرانداز سابق نیروی دریایی آمریکا در واحد مبارزه با دزدان دریایی در شرق آفریقا، می‌گوید: «تصور کنید که روحیه دشمن چقدر صدمه خواهید دید هنگامی که نیروهای آنها به‌وسیله یک تیرانداز نامرئی یکی یکی از دست بروند، در حالی که دشمن حتی اگر بتواند منشاء تیراندازی را تشخیص بدهد توان آتش متقابل را نخواهد داشت.»

نقش شلیک تک‌تیر و در نتیجه گلوله‌های هدایت‌شونده طی دهه‌های پیش‌رو گسترش خواهد یافت. افزایش توانایی‌های پهپادها، پایش هوایی و ماهواره‌ها برای جاسوسی و شلیک و هدایت موشک‌ها کار را برای گروه‌های نامتعارف جهت مخفی شدن در مناطق کوهستانی سخت‌تر خواهد کرد. در نتیجه گروه‌های چریکی بیشتری به شهرها خواهند آمد. گروه‌های چریکی می‌توانند امیدوار باشند که در شهرها به خاطر اجتناب از تلفات غیرنظامی از نوعی پوشش در مقابل نیروهای غربی برخوردار باشند به خصوص که عصر دیجیتال استفاده از تصاویر تلفات غیرنظامیان برای پروپاگاندا را تسهیل کرده است. تک تیراندازی اثرات مخرب جانبی کمتر از توپخانه، بمباران و حملات هوایی دارد و در نتیجه نیروهای غربی بیشتر از آن استفاده خواهند کرد.

هرچه به سال ۲۰۵۰ نزدیک‌تر شویم، کشتن پیاده نظام ارتش‌های پیشرفته نیز سخت‌تر خواهد شد. کلاه خودها و جلیقه‌های ضدگلوله امروزی تنها ۱۹ درصد بدن را می‌پوشانند و استفاده از زره‌پوش بیشتر نیز سنگین‌تر از آن است که در عمل ممکن باشد. اما با سبک شدن ادوات نظامی در سال‌های پیش رو، سربازهای ویژه در ارتش‌های مجهز زره‌پوش

9. Ryan Innis

بیشتری به تن خواهند کرد. تلاش‌هایی برای ساخت پوشش گلوله با پلیمر به جای برنج در حال انجام است که در این‌صورت وزن مهمات سربازان تا یک سوم کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ادوات جنگی نیز سبک‌تر خواهند شد. مهندسان در شرکت ماروتکس[10]، موسسه‌ای تحقیقاتی در ووچ[11]لهستان، در حال تحقیق بر روی «مایعی غیرنیوتونی» هستند که هنگام برخورد گلوله به شدت چسبناک می‌شود. مایعاتی که در صورت تحت فشار قرار گرفتن همچون جامدات عمل می‌کنند به مراتب سبک‌تر و انعطاف‌پذیرتر از صفحات سرامیکی و کولار است که امروز برای حفاظت از سربازان به کار می‌روند.

برخی از سربازان ویژه ارتش‌های غربی به طول کامل در پوششی قدرتمند و ضدگلوله قرار خواهند گرفت. پوششی مانند آنچه «مرد آهنی[12]» بر تن می‌کند و تالوس[13] نامیده می‌شود اکنون در ستاد فرماندهی عملیات ویژه ایالات متحده آمریکا[14] در حال سپری کردن آزمون‌های اولیه است و نه تنها جنگ‌افزار سرباز را مهیا می‌کند، بلکه وضعیت او را نیز می‌پاید و به سرباز قدرتی فرا انسانی می‌بخشد. با جایگزین شدن نیروهای انسانی با ربات‌ها در نیروهای نظامی حاضر در آسمان، زمین و دریا، بی تردید کسانی که به دنبال کشتن سربازهای غربی هستند با مشکل مواجه خواهد شد.

ربات‌های نظامی همین حالا نیز آن‌قدر پیشرفت کرده‌اند که دو شرکت دفاعی بوئینگ و نورثروپ، مشغول ساخت جت‌های جنگنده بدون سرنشین هستند که به ترتیب اکس۴۵ [15] و اکس۴۷ [16] نام دارند. این پهپادها از آنجا که نیاز به خدمه پرواز ندارند، توان حمل ادوات نظامی و همچنین انعطاف پروازی مانند پرواز مخفیانه بیشتری دارند. در سال ۲۰۱۵، فرمانده وقت

10. Moratex
11. Lodz
12. Iron Man

شخصیتی داستانی که در کتاب‌های کمیک و فیلم‌های سینمایی آمریکایی حضور دارد.

13. TALOS

شخصیتی رویین تر در اساطیر یونان

14. US Special Operations Command
15. X45-
16. X47-

نیروی دریایی آمریکا، ری مابوس[۱۷]، اعلام کرد که جنگنده لاکهید مارتیناف-۳۵ [۱۸] آخرین جت جنگنده با خلبانی خواهد بود که خریداری خواهد شد. تا سال ۲۰۵۰، پهپادها دامنه وسیعی از پرنده‌هایی شبیه به حشرات برای پروازهای جاسوسی مخفیانه گرفته تا دستگاه‌هایی شبیه به سگ برای تامین تجهیزات و حملات نظامی را در بر خواهند گرفت که می‌توانند برای ماه‌ها در بالاتر از زمین دوام بیاورند و مثلا از برگ و چوب برای تامین انرژی بهره ببرند.

به اعتقاد آقای مابوس، سامانه‌های بدون سرنشین و به طور خاص خودمختار به امری متداول تبدیل خواهد شد. اما اینکه پهپادها تا چه حد باید مستقل شوند جای بحث دارد. فرماندهان دفاعی می‌گویند که فرمان شلیک باید توسط یک انسان و نه ربات صادر شود. اما همین حالا نیز استثنائاتی را برای این ادعا می‌توان یافت مانند ربات‌هایی که از ناوهای جنگی در مقابل موشک‌های با سرعت بسیار بالا دفاع می‌کنند. سرعت موشک‌ها بیشتر از آن است که ملوانان بتوانند به موقع واکنش نشان بدهند. کارشناسان فن‌آوری، در فرآیندی که نیاز به آن ضروری به نظر می‌رسد، مشغول طراحی نرم‌افزارهایی هستند که ساختار پایه تصمیم‌گیری برای پهپادها را شکل بدهد.

پنتاگون مشغول سرمایه‌گذاری بر روی نرم‌افزارهای مربوط به مقوله اخلاق است. این برنامه‌ها با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از پایگاه‌های داده‌ها، تصمیم می‌گیرند که آیا شلیک موشک از موقعیتی خاص، مثلا به خاطر اینکه ترکش‌های آن به حیاط یک مدرسه برسند، نقض هنجارهای جنگی متعارف محسوب می‌شود یا خیر؟

هدف این نرم‌افزارها کمک به بشر، و نه گرفتن جای او، در فرآیند تصمیم‌گیری است. اما برخی معتقدند که چین و روسیه در طراحی چنین نرم‌افزارهایی به حذف انسان در فرآیند فرمان آتش چشم دارند. به اعتقاد امانوئل گوفی[۱۹]، کارشناس نیروهای هوایی فرانسه در نبردهای رباتیک،

17. Ray Mabus
18. Lockheed Martin's F35-
19. Emmanuel Goffi

مسئولیت مرگ در این صورت «بسیار، بسیار، بسیار کمرنگ خواهد شد». به اعتقاد او مشکل اینجاست که شما نمی‌توانید یک ربات را به جنایات جنگی متهم کنید.

رباتیک شدن نبردهای آینده مسایل و مشکلات دیگری نیز به همراه خواهد داشت. در حالی که ربات‌ها جایگزین سربازها می‌شوند، برخی از گروه‌های مسلح که از عدم دسترسی سربازهای انسانی دشمن به تنگ آمده‌اند ممکن است که طور فزاینده‌ای شهروندان را هدف قرار بدهند و توانایی رو به رشد ربات‌ها ممکن است کشورها را به سوی راه انداختن جنگ‌هایی نابخردانه تشویق کند. چرا که سیاستمداران برای حملاتی که شامل پیاده‌کردن سرباز در خاک دشمن نمی‌شود با خطر سیاسی کمتری مواجه هستند.

موضوع دیگر این است که غرب تا کجا خواهد توانست که برتری در زمینه ربات‌های نظامی را حفظ کند. رقبا در حال پیشرفت هستند. در سال ۲۰۱۵، معاون نخست وزیر روسیه، دیمیتری روگوزین[20]، اعلام کرد که یک شرکت تسلیحات به نام اوراک واگن زاوود[21]، تانک‌های T90 را به ربات‌هایی تبدیل خواهد کرد که توسط سربازهای از راه دور و مانند بازی‌های رایانه‌ای هدایت خواهند شد. او پیش‌تر نوشته بود که در آینده ارتشی روسی متشکل از عینکی‌های شیفته بازی‌های رایانه‌ای ارتشی متشکل از جنگجویانی ورزیده اما با تکنولوژی پایین‌تر را نابود خواهند کرد.

مهندسی آتش و گوگرد به بهترین شکل

فن‌آوری‌های رباتیکی که بیش از همه استراتژیست‌های غربی را نگران می‌کند، آن دسته از فن‌آوری‌هایی است که موشک‌های ویرانگر بزرگ یا کوچک بسیار دقیق را، چه به‌وسیله تولید داخلی و چه واردات، در اختیار رقبا قرار می‌دهد.

همان‌طور که دفتر اطلاعات شورای دولتی چین در گزارش استراتژی در

20. Dmitry Rogozin
21. UralVagonZavod

سال ۲۰۱۵ نوشت، شتاب گرفتن تکامل فن‌آوری اطلاعات در صنایع نظامی می‌تواند به موشک‌هایی دقیق، هوشمند و غیرقابل ردیابی منجر شود که می‌توانند اهداف را در فواصل دور به‌خصوص در دریا هدف قرار دهند.

طی دهه‌های پیش‌رو برای نخستین بار گروه‌های غیردولتی نیز در میان دارندگان چنین مهماتی قرار خواهند گرفت. آن‌هایی که از امکانات ماهواره‌ای برای پایش دشمن و انتخاب هدف برخوردار نیستند، می‌توانند اطلاعات مورد نیاز را به سادگی از طریق دیگری خریداری کنند. شرکتی در نزدیکی تل‌آویو به نام ایمیج ست اینترنشنال[۲۲] خدمات ماهواره‌ای را به عنوان نوعی خدمات اطلاعاتی ارائه می‌دهد.

تا اواسط قرن حاضر، انحصار شکننده غرب در جنگ افزارهای دقیق به تاریخ خواهد پیوست. آیا قدرت‌های غربی می‌توانند راهی برای جبران چنین تحولی و در نتیجه حفاظت از تانک‌ها، هواپیماها و ناوهای جنگی خود بیابند؟

«زره‌پوش الکتریکی» شاید به کار بیاید. آزمایشگاه علوم و فن‌آوری دفاعی[۲۳] در وزارت دفاع بریتانیا امیدوار است که دمیدن الکتریسیته از یک باتری به زره‌پوش درست پیش از برخورد کلاهک موشک به میزان قابل توجهی از خسارات وارده ناشی از حمله موشکی بکاهد. کار بر روی سامانه‌های جذاب اما گران مربوط به ردیابی و انهدام موشک‌های وارده نیز ادامه خواهد یافت. با این حال، گسترش موشک‌هایی که به‌طور نگران کننده‌ای دقیق و ویران‌گر هستند، به طور خاص برای گروه‌هایی که اکنون در سطح تکنولوژی پایین‌تری قرار دارند نیز امیدبخش است.

خطر اساسی متوجه نیروی دریایی آمریکا و جهان لیبرال است که باید برتری نظامی خود را حفظ کنند. چین و روسیه موشک‌های بهتری را طراحی و تولید خواهند کرد. به ویژه توانایی‌های موشکی ایران نیز می‌تواند پیشرفت‌های بزرگی را تجربه کنند. قدرت‌های غربی، تحت فشار روسیه، به‌عنوان بخشی از توافق هسته‌ای سال ۲۰۱۵ پذیرفتند که تحریم

22. ImageSat International
23. Defence Science and Technology Laboratory

واردات و صادرات فن‌آوری‌های متداول نظامی و موشک‌های بالستیک به ترتیب در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ برداشته شوند.

دو موشک هدایت‌شونده امروز می‌توانند نشانه‌ای از توانایی‌های موشکی آینده باشند. موشک روسی کالیبر[۲۴]، که ناتو آن را سیزلر[۲۵]می‌نامد، برای صدها کیلومتر به شیوه‌های رادارگریز حرکت می‌کند، از کنار موانع عبور می‌کند، در مقابل آتش متقابل جاخالی می‌دهد و پیش از انفجار ۴۵۰ کیلوگرم ماده منفجره با سرعت سه برابر سرعت صوت به بدنه کشتی برخورد می‌کند. نسخه‌هایی صادراتی این موشک تاکنون به الجزایر، چین، هند، ویتنام ارسال شده‌اند.

موشک‌انداز چهار موشکه کالیبر که در پوشش محموله معمولی حمل و نقل ارسال می‌شود را می‌توان بر روی کشتی‌های تجاری، قطار و یا کامیون نصب کرد. موشک بالستیک DF21D توسط چین و برای حمله به ناوهای هواپیمابر ساخته شده و نخستین بار در رژه‌ای در سال ۲۰۱۵ نمایش داده شد، می‌تواندکلاهکی با مواد منفجره کافی جهت نابودی یک ناو جنگی بزرگ را تا فاصله ۱۵۰۰ کیلومتری حمل کند.

جری هندریکس[۲۶]، رییس سابق گروه مشاوران فرمانده نیروی دریایی آمریکا، اعتقاد دارد که چنین موشک‌هایی باعث شده‌اند که آمریکا به طور دیوانه واری برای سامانه‌های دفاعی ناوهای جنگی هزینه کند. دیوید دی‌یانگ[۲۷]، مدیر بخش سلاح لیزری در شرکت بوئینگ، اعتقاد دارد که تا میانه قرن حاضر، سلاح لیزری موشک‌ها را در فاصله کیلومتری منهدم خواهند کرد. او اشاره می‌کند که سلاح لیزری فروخته شده توسط شرکت بوئینگ به ارتش آمریکا دامنه بسیار کمتری دارد. همچنین به اعتقاد آقای دی‌یانگ، نگرانی بابت موشک‌هایی همچون موشک بالستیک DF21D باعث شده که انرژی بخش تحقیق و توسعه نظامی در آمریکا بر روی سلاح لیزری معطوف شود. موشک‌ها همچنین می‌توانند توسط گلوله‌هایی که توسط

24. Kalibr
25. Sizzler
26. Jerry Hendrix
27. David DeYoung

مسلسل‌های الکتریکی پرمصرف با سرعت پنج برابر سرعت صوت شلیک می‌شوند سرنگون شوند.

اما آقای هندریکس، که در میان مسئولیت‌هایش، پیش‌بینی توانایی‌های نظامی نیز جای دارد، معتقد است که در مورد اثربخش بودن چنین اقدامات متقابلی نمی‌توان چندان مطمئن بود. موشک‌های هوشمندتر و با برد بیشتر آینده باعث خواهند شد که بخش بیشتر اقیانوس‌ها به سرزمین هیچکس تبدیل شود. بنابراین، به اعتقاد او، آمریکا باید ساخت ناوهای هواپیمابر سیزده میلیارد دلاری را متوقف کند، چرا که این ناوها توسط موشک‌هایی تهدید خواهند شد که برد آنها بیشتر از توان پرواز جنگنده‌های روی ناو است.

پرمویر داس[۲۸]، فرمانده سابق فرماندهی نیروی دریایی شرق هندی، اعتقاد دارد که عملیات دریایی به طور کامل تغییر خواهد کرد. به اعتقاد او زیردریایی‌ها و به طور خاص زیردریایی‌های هسته‌ای، اهمیت بیشتری خواهند یافت. افزایش آسیب‌پذیری شناورها باعث خواهد شد که فعالیت‌های نیروی دریایی به زیر آب برود. زیردریایی‌ها با افزایش توانایی رادارگریزی نقش بیشتری در فعالیت‌های نظامی دریایی خواهند یافت و همچنین پهپادهای جاسوسی و جنگی که توان فعالیت زیر آب، روی زمین و روی هوا را دارند هم نقش پررنگ‌تری خواهند یافت.

با این حال به اعتقاد آندروکرپینویچ[۲۹]، مشاور سابق سه وزیر دفاع در آمریکا و رییس فعلی اندیشکده مرکز برآوردهای استراتژیک و بودجه‌ای[۳۰] در واشینگتن، بهترین زیردریایی‌ها هم نمی‌توانند از نمونه‌های فعلی صدای کمتری تولید کنند. در نتیجه با بهبود حس‌گرها، شناسایی و غرق کردن زیردریایی‌ها آسان‌تر خواهد شد. در نتیجه، به اعتقاد او، مزیت مربوط به شلیک نخست افزایش خواهد یافت. چنین پدیده‌ای مشکل‌ساز است. با افزایش تنش‌ها، قدرت‌های با فن‌آوری‌های پایین‌تر انگیزه بیشتری برای شلیک اژدر یا موشک خواهند داشت و در نتیجه امکان وقوع درگیری‌هایی

28. Premvir Das
29. Andrew Krepinevich
30. The Centre for Strategic and Budgetary Assessments

که قابل اجتناب بودند افزایش خواهد یافت.

غرب برای گسترش دامنه تحت نفوذ جهان لیبرال باید راهی برای جبران افزایش دقت مهمات نیروهای استبدادی و افراطی‌ای بیابد که غرب را به چالش می‌کشند. به اعتقاد آقای کرپینویچ که اکنون به عنوان یکی از اعضای هیات سیاست دفاعی پنتاگون[۳۱] است، هوش مصنوعی امید اصلی برای این سومین جبران است (نویسنده در ابتدای فصل شرح داد که غرب تاکنون دو بار توانسته راهکارهایی را برای مقابله با هم‌تراز شدن قدرت نظامی غرب و شرق بیابد). هوش مصنوعی در کنار ربات‌های خودمختار، راهکارهای هوشمندانه‌ای را برای استفاده نظامی از کلان داده‌ها فراهم خواهد آورد. او برای شرح این ایده به پردازش سیگنال‌های صوتی زیر دریا توسط نیروی دریایی آمریکا در دوران جنگ سرد اشاره می‌کند. این فرآیند پردازش آن‌قدر کند بود که در بیشتر موارد زیر دریایی‌های شوروی زمانی شناسایی می‌شدند که مدت‌ها بود منطقه را ترک کرده بودند. الگورتیم‌ها در آینده می‌توانند به طور حیرت آوری فرآیند شناخت الگوهای به‌دست آمده در حجم انبوهی از داده‌های بدست آمده از حسگرهای زیر دریا را آنقدر سرعت ببخشند که آمریکا قادر باشد موقعیت لحظه‌ای زیردریایی‌های دشمن در فاصله دور را تعیین کند.

اما غرب برای حفظ مزیت نظامی به‌دست آمده از قدرت پردازش‌رایانه‌ای برتر کار سخت‌تری در پیش خواهد داشت. نوآوری‌های تولید شده در دانشگاه‌های غربی به سرعت گسترش می‌یابند. نقاط عطف مربوط به پردازش رایانه‌ای را می‌توان در محصولاتی یافت که توسط شرکت‌هایی مانند اپل و اینتل به هر کسی فروخته می‌شوند. مخارج سنگین در بخش‌های مصرفی باعث عقب افتادن بخش‌هایی خواهد شد که صرفا کاربرد نظامی دارند. پیشرفت‌های فن‌آوری برای اهداف خاص دفاعی نیز به طور فزاینده‌ای از اجزاء به کار رفته در دستگاه‌ها یا سامانه‌های قابل دسترس به همگان عقب می‌افتند. لیزری که توسط شرکت بوئینگ در

31. Defense Policy Board

سامانه ضدموشکی ارتش آمریکا به کار رفته از بازار خریداری شده و در دسترس همگان است.

نبرد ایده‌ها

البته برتری غرب به عاملی فراتر از کالاهایی که می‌سازد باز می‌گردد. سربازانی که در لیبرال دموکراسی‌های غربی پرورش یافته‌اند در میدان نبرد نسبت به جنگجویان دشمن که در نظام‌های استبدادی بزرگ شده‌اند برتری فرهنگی دارند. غربی‌ها به خاطر توان فرهنگی بیشتر در اخذ تصمیمات مهم زندگی و درس‌گرفتن از اشتباهات، خلاقیت و نوآوری بیشتری از خود نشان می‌دهند. در نتیجه توان بیشتری در اصلاح تاکتیک‌ها برای بهره بردن از فرصت‌های غیرمنتظره دارند در حالی که سربازان کشورهای غیردموکراتیک شاید از این توانایی برخوردار نباشند و یا اجازه اصلاح تاکتیک‌ها در میدان نبرد را نداشته باشند.

طراحان نرم افزارهایی که نتیجه یک نبرد، کمپین یا جنگ فرضی یا محتمل آینده را پیش‌بینی می‌کنند از این مزیت فرهنگی به عنوان «ابتکار عمل» یاد می‌کنند. پیش‌بینی کنندگان با مطالعه نبردهای گذشته میان نیروهایی که ابتکار عمل داشته‌اند و نیروهای بی بهره از آن، الگوریتم‌هایی را طراحی کرده‌اند که در آن مزیت خلاقیت که می‌تواند در سناریوهای مختلف نقش آفرین باشد به صورت کمی درآمده است. در اغلب موارد، ضریب اهمیت این مزیت بالا بوده است!

این مزیت به لطف پیشرفت در علوم رباتیک و ابزارهای ارتباطی رشد خواهد کرد چرا که چنین فن‌آوری‌هایی به افزایش کمیت و کیفیت اطلاعات تاکتیکی جمع آوری شده و منتقل شده به نیروهای نظامی می‌انجامد و غربی‌ها، ضرورتا، در استفاده از آن از مزیت فرهنگی برخوردارند. نظام‌های آموزشی در دموکراسی‌ها مشوق نوعی از حل مسئله خلاق هستند که اطلاعات کافی و به موقع آن را تسهیل می‌کند، حالا این داده‌ها و اطلاعات مربوط به آلودگی منابع آبی ناشی از زمین‌های کشاورزی پس از بارش باران باشد یا مثلا تحلیل انگیزه مدیران شهری برای هدایت نارضایتی

عمومی به سوی دولت‌ها.

اینکه غربی‌ها به اطلاعاتی دسترسی دارند که توسط رژیم‌های غیرلیبرال کنترل یا دستکاری نمی‌شود به سربازان این کشورها کمک می‌کند. پیتر کوبلنز[۳۲]، مدیر سابق بخش خدمات امنیتی و اطلاعات دفاعی در وزارت دفاع هلند اعتقاد دارد که محدودیت‌های اعمال شده توسط نظام‌های استبدادی در آزادی برای حفظ قدرت باعث می‌شود که سربازهای این کشورها به نسبت از اندیشه انتقادی و در نتیجه قدرت ابتکار کمتری برخوردار باشند. او می‌افزاید که این ضعف سربازان کشورهای استبدادی تشدید خواهد شد چرا که فن‌آوری‌های تازه باعث خواهند شد که موفقیت در میدان نبرد بیشتر از آنکه به اطاعت به چون و چرا وابسته باشد نتیجه استفاده هوشمندانه از اطلاعات جزیی و تسلیحات دقیق است.

موفقیت یا شکست این راهکار سوم (به کار گرفتن هوش مصنوعی و کلان داده توسط غربی‌ها برای جبران کاهش هم‌تراز شدن فن‌آوری نظامی غرب و شرق) تا حد زیادی به شیوه استفاده غرب از مزیت فرهنگی‌اش بستگی دارد. دیوید شد[۳۳] که تا همین اواخر مدیر آژانس اطلاعات دفاعی پنتاگون[۳۴] بود می‌گوید که غرب برای استفاده بهینه از مزیت فرهنگی، الگوریتم‌هایی را طراحی خواهد کرد که تصمیم می‌گیرند چه اطلاعاتی در اختیار چه سربازانی قرار گیرد. به اعتقاد او اتوماتیک سازی انتقال اطلاعات به سربازان آنها را از گمانه زنی در مورد اینکه چه اطلاعاتی به کارشان خواهد آمد و سپس جستجو در پایگاه‌های داده گسترده برای آن اطلاعات بی‌نیاز می‌سازد. او می‌افزاید که در این راستا فن‌آوری‌های چشمگیر مربوط به مصورسازی توسعه خواهند یافت. پیش از سال ۲۰۵۰، سربازان غربی قادر خواهند بود بدون اینکه چشم از اطرافشان بردارند به اطلاعات تاکتیکی دسترسی داشته باشند. همین حالا کار بر روی نمایشگرهای بدون صفحه که برای چنین پیشرفتی ضرروی هستند در حال انجام است.

برخی اعتقاد دارند که تا نیمه قرن حاضر، هدست‌های لیزری تصاویر

32. Pieter Cobelens
33. David Shedd
34. Pentagon's Defence Intelligence Agency

را مستقیم به شبکیه چشم سربازان ارسال می‌کنند. گروهی دیگر، شامل شرکت آمریکایی اوگانت[۳۵]، بیشتر به استفاده از تراشه‌های سیلیکونی همراه با آینه‌هایی بسیار باریک و چرخان می‌اندیشند که بازتاب نور رنگی ال‌ای‌دی را بر روی شبکیه چشم بیننده می‌اندازد. این شرکت هدستی به نام گلیف[۳۶] را می‌فروشد که دو تراشه و یک میلیون و هشتصدهزار آینه پنج میکرونی دارد که ۳۶۰۰ بار در ثانیه می‌چرخند و بدین‌ترتیب می‌توان تصویر شناوری را برای بیننده ایجاد کرد؛ آن هم بدون اینکه تصویری که او از جهان اطراف می‌بیند مختل شود. ادوارد تنگ[۳۷]، یکی از بنیانگذاران شرکت، اعتقاد دارد که «واقعیت افزوده» در نهایت این امکان را خواهد یافت که همگام با تغییر نگاه دارنده هدست، اطلاعات تاکتیکی مربوط به اشیایی که او به آن‌ها می‌نگرد را به تصاویری که فرد می‌بیند بیافزاید.

جیمز گورتس[۳۸]، مدیر تدارکات ستاد فرماندهی عملیات ویژه ایالات متحده[۳۹]می‌گوید که چنین پیشرفت‌هایی به هیچ‌وجه کم اهمیت یا عادی نیستند. به اعتقاد او فراهم آوردن امکان نمایش اطلاعات معنی‌دار و تاکتیکی اشیائی که به آنها می‌نگریم نوعی جام مقدس به حساب می‌آید. سربازان با استفاده از این فن‌آوری در حالی که سرشان را می‌چرخانند و به نقاط مختلف می‌نگرند، بر روی تصاویری که می‌بینند محل احتمالی اختفای شورشیان یا مکان‌هایی که پیش‌تر تله‌های انفجاری در آنجا منفجر شده را مشاهده می‌کنند. به اعتقاد آقای گورتس، تحقق این ایده به ایجاد مزیت رقابتی برای سربازان آمریکایی در فضایی که به شدت در حال تغییر و تحول است کمک خواهد کرد.

برتری آسمان‌ها

هر نوع برتری که به پردازش اطلاعات مربوط باشد نیازمند ماهواره‌هایی

35. Avegant
36. Glyph
37. Edward Tang
38. James Geurts
39. United States Special Operations Command

برای جمع آوری و انتقال اطلاعات خواهد بود. اما چین و روسیه، همچون آمریکا، همین حالا هم می‌توانند به ماهواره‌ها حمله کنند. اروین دوهامل[۴۰]، یکی از مقامات دفاعی بلژیک که پیش‌تر مقام نظامی ارشد در موضوعات فضایی بود، برآورد می‌کند که تا سال ۲۰۵۰ حداقل شانزده کشور دیگر نیز به این فهرست افزوده شوند که این فهرست کشورهای برزیل، هند، ایران، نیجریه، پاکستان، آفریقای جنوبی، ترکیه، ویتنام و کره شمالی (در صورت پابرجا ماندن رژیم فعلی) را در بر می‌گیرد.

بنابراین آن‌طور که دنیس گج[۴۱] از مرکز دولتی هوافضای آلمان[۴۲] در شهر کلن[۴۳] اعتقاد دارد، ماهواره‌های بسیار بزرگ فعلی با ماهواره‌هایی کوچکتر شبکه‌ای و گروهی که انهدام آنها سخت‌تر و گران‌تر است جایگزین خواهند شد. قدرت‌های معدودی، شامل آمریکا و فرانسه، توانایی تولید و جایگزینی سریع ماهواره‌های کوچک در شرایط اضطراری را خواهند داشت. مطالعات انجام شده شرکت دفاعی دسو[۴۴] نشان می‌دهد که فرانسه امیدوار است که بتواند در آینده ماهواره‌های کوچکی را به‌وسیله جت‌های جنگنده از روی ناوهای هواپیمابر به فضا بفرستد.

با این حال به اعتقاد آقای گج، حتی در نیمه قرن حاضر نیز منهدم کردن ماهواره‌ها از دفاع از آنها یا جایگزین ساختن آنها آسان‌تر خواهد بود به خصوص اگر اثرات به جای مانده از حملات پیشین در مدار به مجموعه‌ای از حوادث تازه بینجامند. او معتقد است که نفع همگانی ناشی از عدم افزایش ضایعات فضایی در مدار نزدیک به زمین باعث خواهد شد که ماهواره‌ها از حمله مصون بمانند. اما دیگران کمتر خوشبین هستند. آیا رژیمی در خطر سقوط یا درگیر در جنگی ویران‌گر هیچ تمایلی به حفظ هنجارهای جهانی نشان خواهد داد؟

جرج فریدمن[۴۵]، بنیانگذار شرکت مشاوره ژئوپلتیک استراتفور[۴۶] در تگزاس

40. Erwin Duhamel
41. Dennis Göge
42. The German Aerospace Centre
43. Cologne
44. Dassault
45. George Friedman
46. Stratfor

اعتقـاد دارد کـه ماهواره‌هـای آمریـکا بـرای مقابلـه بـا حملاتـی ماننـد حمـلات لیـزری بـه سـامانه‌های دفاعـی مجهـز خواهنـد شـد. ایـن ماهواره‌هـا، بـه اعتقـاد آقـای فریدمـن، طـی گـذر زمـان بـه «سـتاره‌های جنگـی» تبدیـل خواهنـد شـد کـه می‌تواننـد از فضـا حملاتـی را ترتیـب ببیننـد. در اختیـار داشـتن آسـمان‌ها در ارتفاعاتـی دور از دسـترس دشـمنان باعـث خواهـد شـد کـه ایـن سـتاره‌های جنگـی، در تئـوری، مزیـت بسـیار بزرگـی را در اختیـار آمریـکا و متحدانـش قـرار دهند.

بـا ایـن حـال برخـی از متخصصـان نظامـی معتقدنـد کـه جنگ‌هـای آینـده بیشـتر از اینکـه بـه فضـای جـوّی اطـراف زمیـن مربـوط باشـد، بـه فضـای سـایبری مربـوط خواهـد بـود. سـتاره‌های جنگـی، هرچنـد ترسـناک، چنـدان بـه کار کشـوری کـه کنتـرل شـبکه‌های رایانـه‌ای را از دسـت داده نمی‌آینـد. پیتـر کوبلنـز معتقـد اسـت کـه تعییـن کنندگـی قـدرت آتـش سـایبری می‌توانـد از تـوان توپخانـه‌ای بیشـتر شـود چـرا کـه «چـه کسـی نگـران هواپیماهـای شـما خواهـد بـود اگـر ترافیـک هوایـی شـما برقـرار نباشـد، یـا شـبکه برق‌رسـانی شـما را بتـوان زمین‌گیـر کـرد و یـا بتـوان نـام شـما را از همـه سـامانه‌ها پـاک کـرد و در نتیجـه پول‌هـای شـما ناپدیـد شـوند؟» چنیـن دورنمایـی بـه طـور حتـم نگران‌کننـده بـه نظـر می‌رسـد تـا حـدی بـه ایـن خاطـر کـه آسـیب‌پذیری جهـان آینـده نسـبت بـه حمـلات «بمـب منطقـی[۴۷]» باعـث ایجـاد مزیـت نامتقـارن بـرای گروه‌هـای غیـر دولتـی خواهـد بـود کـه به‌سـختی بتـوان مسـئولیت حـوادث را بـه آنهـا مربـوط کـرد و یـا اصـلا آنهـا را شناسـایی کـرد. امـا آیـا ممکـن اسـت کـه بـه کارگیری جنگ افزارهای سایبری در آینده از تلفات درگیری‌ها بکاهد؟

پیشـرفت‌های اخیـر در فـن‌آوری می‌تواننـد بـه خـون ریـزی کمتـر در جنگ‌هـا بینجامـد. چـرا کـه حمـلات دقیـق می‌تواننـد سـامانه‌های حیاتـی دشـمن و یـا متخصصـان مسـئول کار بـا ایـن سـامانه‌ها را نابـود سـازند، در نتیجـه نیـاز کمتـری بـه از بیـن بـردن جمـع کثیـری از پیاده‌نظـام خواهـد بـود. در سـال ۲۰۰۳، نیروهـای تحـت رهبـری آمریـکا ارتـش قدرتمنـد ۳۸۰ هـزار نفـری عـراق را بـا

47. Logic Bomb

بمب منطقی به کدهای برنامه‌نویسـی گفته می‌شـود که در یک نرم‌افزار قرار داده شده و در زمان یا شرایط مشخصی می‌تواند عمل کرده و آسیب‌های نرم‌افزاری و حتی سخت‌افزاری به بار بیاورد.

کشـتن کمتـر از ۱۱ هـزار نیـرو طـی سـه هفتـه زمین‌گیـر کردنـد. در مقابـل، در جنگـی بـا فـن‌آوری پایین‌تـر میـان ایـران و عـراق کـه هشـت سـال بـه طـول انجامیـد و حداقـل ۲۵۰ هـزار نفـر عراقـی و شـاید یـک میلیـون ایرانـی در آن جـان باختنـد. می‌تـوان تصـور کـرد کـه نبردهـای سـایبری بـر ایـن رونـد تاثیـر بگـذارد. چـرا بایـد انسـان را کشـت زمانـی کـه از کار انداختـن رایانه‌هـای آنهـا نیـز بـه هدف نظامی یکسانی می‌رسد؟

توسـعه جنـگ افـزار دیجیتـال شـدت خواهـد گرفـت. دیویـد لینـدال[۴۸]، کارشـناس جنـگ سـایبری در آژانـس تحقیقـات دفاعـی وابسـته بـه وزارت دفـاع سـوئد، اعتقـاد دارد کـه همیـن حـالا هـم تلاش‌هـای مخفیانـه‌ای بـرای ایجـاد ویروس‌هـای دیجیتالـی و انتقـال آن بـه رایانه‌هـا از طریـق شـیوه‌هایی ظریـف ماننـد امـواج رادیویـی یـا مایکرویـو آغـاز شـده اسـت. هرچنـد بـه اعتقـاد او در حـال حاضـر کسـی نمی‌دانـد کـه آیـا کرم‌هـای رایانـه‌ای در آینـده بـار جنگ‌هـا را بـر عهـده خواهنـد گرفـت یـا خیـر. ویـروس اسـتاکس‌نت کـه در سـال ۲۰۱۰ کشـف شـد احتمـالا در آمریـکا و اسـراییل و بـرای متوقـف سـاختن تـلاش ایـران بـرای غنی‌سـازی اورانیـوم طراحـی شـده بـود امـا بـه اعتقـاد آقـای لینـدال ایـن ویروس تنها موفق شد که تا حدی جلوی روند غنی سازی ایران را بگیرد.

ناشناخته‌های آشنا

در هـر صـورت تـا سـال ۲۰۵۰، پیشـرفت‌های چشـمگیر در ابـزار و ظرفیت‌هـای نظامـی تنهـا بخشـی از داسـتان خواهـد بـود. مارتیـن ون کرولـد[۴۹]، یـک کارشـناس تاریـخ نظامـی، نگـران وجـه دیگـر ماجـرا اسـت. بـه اعتقـاد او بیشـتر تلاش‌هـای غربی‌هـا در بخـش تحقیـق و توسـعه نظامـی بـه جایگزینـی بـرای میـل بـه جنگیـدن تبدیـل شـده اسـت کـه تجلـی آن را می‌تـوان در مقاومـت ناچیـز در مقابـل داعـش در عـراق، سـوریه و لیبـی مشـاهده کـرد. ایـن پدیـده پیشـتر نیـز روی داده اسـت. امپراتـوری روم نیـز در روزهـای افـول بیـش از آنکـه بـرای نبـرد بـا بربرها تلاش کند به دنبال شیوه‌های مهندسی بهتر برای منجیق‌ها بود.

48. David Lindahl
49. Martin van Creveld

همچنین برخی به مورد نگران کننده دیگری اشاره می‌کنند و آن اینکه پیشرفت برخی کشورها در فن‌آوری نظامی باعث خواهد شد دشمنان آنها که قادر به رقابت شانه به شانه نیستند برای جبران عقب ماندگی از سلاح‌های هسته‌ای بهره ببرد. مثلا پاکستان و روسیه که هر دو با برتری تکنولوژیکی هند و ناتو مواجه هستند امکان آغاز استفاده از سلاح‌های اتمی را رد نمی‌کنند. علاوه بر این، گسترش اجتناب‌ناپذیر دانش مربوط به ساخت و حمل سلاح‌های هسته‌ای کوچک به افزایش وسوسه استفاده از آنها می‌انجامد. این یکی از محتمل‌ترین پیامدهای پیشرفت فن‌آوری‌های نظامی است که استراتژیست‌ها باید همواره در ذهن داشته باشند.

فصل دوازدهم

فن‌آوری شخصی واقعا شخصی می‌شود

لئو میرانی[1]

با افزایش فزاینده در هم تنیدگی جهان‌های حقیقی و مجازی، فن‌آوری دیجیتال بیش از پیش به زندگی و احتمالا بدن‌های ما، وارد خواهد شد.

1. Leo Mirani

تنها بیست سال پیش بود که حتی شیفتگان جهان مجازی هم به طور معمول به اینترنت متصل نبودند. اتصال به اینترنت به معنی رفتن به اینترنت بود، درست مانند آوردن آب از چشمه‌ای در روستا. کاربران اولیه، برای آنلاین شدن باید به‌وسیله مودمی‌که پشت کیس رایانه شخصی قرار داشت شماره‌ای را می‌گرفتند و صبورانه منتظر می‌ماندند تا اتصال برقرار شود. امروز، در جهان ثروتمند، به کمک اینترنت بی‌سیم WiFi و پوشش تلفن همراه، اینترنت ما را احاطه کرده است. درست مانند آب جاری، تنها زمانی به وجودش پی می‌بریم که جریانش متوقف شود.

پدیده مشابهی طی چند دهه آینده برای ابزاری روی خواهد داد که اکنون همچون دروازه ورود ما به اینترنت عمل می‌کنند. آنها ناپدید خواهند شد. نشستن پشت میز همراه با رایانه یا در دست گرفتن تلفن همراه هوشمند همان‌قدر تاریخ گذشته به نظر خواهند رسید که امروز تلاش برای وصل‌شدن به اینترنت با استفاده از شیوه‌هایی مانند شماره‌گیری با مودم نامتعارف به نظر می‌رسند. در واقع، واژه کامپیوتر هم از فرهنگ لغات کنار خواهد رفت. هنگامی که هر چیزی اطراف شما توان پردازش رایانه‌ای را دارد، یک کامپیوتر چه کاری قرار است انجام دهد؟

این تحول به کمک پیشرفت‌های عظیم در واقعیت مجازی و پسر عمویش واقعیت افزوده و خانواده‌ای از فن‌آوری‌های مرتبط که به ما اجازه تعامل با رایانش ابری (یا هرچه که ما آن را در آینده بنامیم، شاید «جهان») را می‌دهند حاصل خواهد شد. تحولی که این فن‌آوری‌ها در رفتار بشر ایجاد خواهند کرد حتی از تغییرات رفتاری ناشی از تلفن‌های همراه هوشمند و اینترنت نیز بزرگتر خواهد بود. فن‌آوری شخصی بالاخره واقعا شخصی خواهد شد.

واقعیت مجازی

با واقعیت مجازی شروع کنیم. جالب توجه‌ترین ویژگی واقعیت مجازی که آن را به موردی بی‌همتا در تاریخ غنی ارتباط انسانی تبدیل می‌کند مساله «حضور» است؛ احساس عمیق و قوی «آنجا حضور داشتن». آن‌هایی

که واقعیت مجازی را تجربه کرده‌اند آن را به‌صورت بازدید از مکان و نه تماشای صفحه نمایشگر به یاد می‌آورند، حتی اگر تجربه آنها به جهان مجازی‌ای با کیفیت پایین مربوط می‌شد که به وضوح جهانی خلق شده توسط رایانه را نشان می‌داد. مواجهه با این فن‌آوری در سال ۲۰۱۷ هنوز با بهت همراه است، اما تا سال ۲۰۵۰ واقعیت مجازی به موردی بسیار طبیعی در جهان تبدیل خواهد شد.

این حس حضور داشتن چه مزایایی دارد؟ نخستین کاربرد آن سرگرمی است. پیش از سال ۲۰۵۰ مردم در جهان غرب می‌توانند در کنسرت‌های موسیقی یا رویدادهای ورزشی حضور داشته باشند آن هم در حالی که در واقع روی مبل راحتی خانه نشسته‌اند. چنین امکانی چندان پرهزینه نخواهد بود درست همان‌طور که فیلم‌های سه بعدی کمی گران‌تر از نسخه‌های دو بعدی هستند، سرگرمی‌های مربوط به واقعیت مجازی نیز از بودجه افرادی که همین حالا نیز برای تماشای مسابقات ورزشی یا دیگر رویدادها پول می‌پردازند خیلی فراتر نخواهد رفت. چنین پرداخت‌هایی در مجموع و با توجه به تعداد بازدیدکنندگان مبالغ هنگفتی خواهد بود. هرچه افراد بیشتری جذب چنین سرگرمی‌هایی بشوند، بهای تجهیزات مربوط به آن نیز کاهش خواهد یافت.

همگام با کاهش قیمت، وزن ابزار مربوط به واقعیت مجازی نیز کاهش خواهد یافت. نخستین تجهیزات پوشیدنی مربوط به واقعیت مجازی که توسط شرکت وی‌پی‌ال‌ری‌سرچ[1]، شرکتی پیشرو در این زمینه، اختراع شده بود بسیار بزرگ بود؛ لباسی ضخیم همراه با تعداد زیادی سیم، دستکش‌های مخصوص انتقال داده و هدستی بسیار سنگین که انگار اختاپوس مکانیکی روی سر کاربر نشسته بود. (نسخه‌ای جدیدتر و کوچکتر حدود نه هزار دلار قیمت داشت و آی‌فون[2] نامیده می‌شد.) امروز ابزار مربوط به‌واقعیت مجازی در دو شکل عرضه می‌شوند. نسخه ساده‌تر که مانند چارچوبی است که تلفن همراه در آن قرار می‌گیرد، مانند هدست

1. VPL Research
2. EyePhone

واقعیت مجازی سامسونگ که Gear VR نام دارد یا کارد بورد[3] شرکت گوگل که واقعا یک تکه مقوایی است. از نمونه‌های دیگر می‌توان به واقعیت مجازی پلی استیشن[4]، آکیولس ریفت[5] یا اچ تی سی وایو[6] اشاره کرد که صفحه نمایشگر مخصوص به خود را دارند اما نیازمند یک پردازنده خارجی هستند که معمولا یک رایانه و کنسول بازی است. می‌توان با خیال راحت شرط بست که تا سال ۲۰۵۰ بیشتر ابزار پرتقاضا نیازمند پردازشگر خارجی نخواهند بود و در نتیجه از همه نسخه‌های موجود امروزی سبکتر و کوچکتر خواهند بود.

دومین کاربرد واقعیت مجازی برای آینده‌ای نزدیک در زمینه بازی‌های رایانه‌ای خواهد بود. مشتریان بازی‌های رایانه‌ای همواره به دنبال پردازشگرهای سریع‌تر، صفحات نمایشگر بهتر و ارتباط اینترنتی قابل اطمینان‌تر بوده‌اند و با رضایت خاطر برای در اختیار داشتن این فن‌آوری‌های بهتر پول بیشتری پرداخته‌اند. برای واقعیت مجازی نیز همین روند تکرار خواهد شد، بازار اولیه‌ای برای محصولات تازه وجود خواهد داشت و تولیدکنندگان می‌توانند ایده‌های تازه را با روی این گروه کوچک مشتاق بیازمایند. سی و سه سال پس از نخستین عرضه بازی تتریس[7] (خانه سازی)، بازی‌های رایانه‌ای به شدت به زندگی واقعی شبیه و فوق‌العاده پیچیده شده‌اند و از نظر گرافیکی با فیلم‌های اکشن ابرقهرمانی که با بودجه هنگفت ساخته شده‌اند رقابت می‌کنند. تا سال ۲۰۵۰ سی و سه سال دیگر مانده و گرافیک رایانه‌ای نیز به طور فزاینده‌ای رو به پیشرفت است.

این پیروزی‌های زودهنگام و آسان به کاربردهای مفیدتری ختم خواهند شد: معاینه از راه دور بیماران توسط پزشکان، حضور از راه دور کودکانی که مشکل سیستم ایمنی دارند در مدارس آن هم بدون نگرانی بابت بیمار

3. Cardboard

کاردبورد در انگلیسی به معنی مقوا است.

4. Playstation VR
5. Oculus
6. HTC Vive
7. Tetris

شـدن، کنتـرل محصولاتـی توسـط بازرسـان کارخانه‌هـا از راه دور و به‌وسـیله ربات‌هـا، تعلیـم سـربازها بـرای مواجهـه بـا شـرایط محیطـی ناآشـنا، انجـام مذاکـرات تجـاری از راه دور در حالـی کـه جزئیـات رفتـار هـر طـرف بـرای طـرف دیگر قابل مشاهده است و موارد بسیار دیگر.

بـا ایـن حـال حتـی زمانـی کـه ورای کاربـرد واقعیـت مجـازی می‌نگریـد بـاز هـم ایـن فـن‌آوری قانع‌کننـده بـه نظـر می‌رسـد. بـرای مثـال، برنامـه چاکتـاک کـه توسـط کـن پرلیـن[8] در دانشـگاه نیویـورک[9] خلـق شـده یکـی از ایـن امکانات آینـده را نشـان می‌دهـد. چاکتاک[10] دفترچـه‌ای مجـازی اسـت کـه کاربـران می‌تواننـد بـر روی آن درسـت هماننـد تختـه سـیاه هـر چیـزی بنویسـند از طراحـی اشـکال گرفتـه تـا گراف‌هـا، کدهـای رایانـه‌ای و معـادلات ریاضـی- تفـاوت اینجاسـت کـه اشـکال در چاکتـاک بـه صـورت سـه بعـدی در می‌آینـد، معـادلات عمـل می‌کننـد و کدهـا اجـرا می‌شـوند. در یـک مثـال، پرلیـن آونگـی را می‌کشـد و نوسـان آن را تنظیـم می‌کنـد. نوسـانات بـر روی یـک گـراف، کـه آن هـم کشـیده شـده، اندازه‌گیـری می‌شـوند. در مثالـی دیگـر، آقـای پرلیـن نمـوداری را ترسـیم می‌کنـد کـه بـه شـکل گرافـی سـه بعـدی در می‌آیـد. ماتریسـی از لگاریتم‌هـا بـر ایـن نمـودار اثـر می‌گذارنـد. در مثالـی دیگـر، او یـک گلـدان می‌کشـد و بـا تکمیـل جزییـات آن را بـه صـورت گلـدان سـه بعـدی کاملـی در مـی‌آورد. تنهـا یـک یـا دو دهـه دیگـر، در حالـی کـه شـما بـرای نوشـیدن قهـوه بیـرون رفته‌ایـد یـک چاپگـر سـه بعـدی پیـش از بازگشـت شـما عملیـات سـاخت ایـن گلـدان یـا هـر شـی طراحـی شـده دیگـری را بـه پایـان می‌رسـاند. ایـن ایده‌هـای دور از ذهـن همیـن حـالا هـم بـا اسـتفاده از نمایشـگرهای رایانـه‌ای و فن‌آوری‌هـای موجـود امکان‌پذیـر هسـتند. امـا بـه راحتـی می‌تـوان تصـور کـرد کـه نسـخه‌های پیشـرفته‌ای از ایده‌هایـی مشـابه بـرای آمـوزش، همـکاری، کسـب و کار و دیگـر کاربردهایـی کـه اکنـون غیرقابـل تصور هستند توسط واقعیت مجازی به کار گرفته شوند.

8. Ken Perlin
9. New York University
10. Chalktalk

جهان افزوده شده

اگر«حس حضور داشتن» به واقعیت مجازی قدرتی بی‌همتا می‌بخشد، آن را محدود هم می‌سازد. اینجاست که واقعیت افزوده وارد می‌شود. اگر واقعیت مجازی نیازمند این است که شما در محیطی معین باشید و مراقب باشید که به دیوار یا میز قهوه‌خوری برخورد نکنید، واقعیت افزوده برای جهان خارج ساخته شده است. واقعیت افزوده مانند تلفن همراه هوشمند است و واقعیت مجازی مانند رایانه خانگی.

اینجا نیز با نگاه به فن‌آوری‌های موجود می‌توان سرنخ‌هایی از امکان‌های بالقوه واقعیت افزوده را مشاهده کرد. سال‌هاست که خلبان‌ها از صفحه نمایشگری استفاده می‌کنند که در جلوی دید آنها در کابین خلبان یا بر روی کلاه خلبانی اطلاعاتی را به نمایش در می‌آورد. چنین شیوه‌ای از نمایش اطلاعات به امری متداول در شیشه جلوی خودروها نیز تبدیل خواهد شد. اما این ابتدایی‌ترین نوع از واقعیت افزوده است. عینک گوگل[11] که اطلاعات را بر روی شیشه عینکی شبیه به عینک‌های معمولی نشان می‌دهد نسخه کمی پیشرفته‌تری است. اما این عینک اطلاعات را تنها بر روی صفحه نمایشگری مستطیل شکل می‌اندازد و فرق چندانی با نمایشگری که در دست گرفته شود و از دور دیده شود ندارد. مجیک لیپ[12]، استارت‌آپ نسبتا مرموزی که در فلوریدا حضور دارد، محصول بهتری را عرضه کرده است: فن‌آوری نمایش اشیایی سه بعدی که تا حدی با اشیای اطرافشان تعامل می‌کنند. البته چنین پیشرفت‌هایی هنوز با مرحله اعجاب‌انگیز بودن فاصله دارند مثلا مدل‌هایی از منظومه شمسی را شبیه‌سازی می‌کنند[13] به جای اینکه اطلاعات مفیدی را به جهان واقعی بیافزایند. در واقع وجه تمایز جذاب واقعیت افزوده با واقعیت مجازی همین‌جاست: نمایشگرهایی که نباید تنها اطلاعات را نشان بدهند، بلکه باید جهان فیزیکی را بشناسند، مفاهیم عمق و فاصله را درک کنند و با استفاده از تحلیل

11. Google Glass
12. Magic Leap
۱۳. اشاره نویسنده به مجموعه‌ای از اپلیکیشن‌های مربوط به رصد آسمان است که در آن با تنظیم تلفن همراه هوشمند بر روی یک سیاره، اطلاعات مربوط به آن سیاره ظاهر می‌شود.

داده‌هـا بفهمنـد کـه بـه چـه چیـزی می‌نگرنـد و واقعیـت افـزوده را در جـای درست قرار دهند.

چنیـن پدیـده‌ای تـا سـال ۲۰۵۰ بـه امـری متـداول تبدیـل خواهـد شـد. عینک‌هـای واقعیـت افـزوده بـرای همـه، بـه جـز افـرادی کـه از فن‌آوری‌هـای نویـن گریزاننـد، جایگزیـن تلفن‌هـای همـراه هوشـمند خواهنـد بـود. مسـیرها دیگـر بـا خطوطـی آبـی رنـگ بـر روی صفحـات تخـت تلفن‌هـای همـراه هوشـمند نشـان داده نخواهنـد شـد، بلکـه بـا نگریسـتن بـه خیابـان می‌تـوان آنهـا را دیـد و دنبـال کـرد. منـوی رسـتوران‌ها بـه مـوردی زائـد تبدیـل خواهـد شـد. بـا عبـور از کنـار یـک کافـه می‌تـوان همـه انتخاب‌هـای موجـود در آن را دیـد و بـا انتخـاب هـر غـذا می‌تـوان دیـد کـه بشـقاب آن غـذا چـه شـکلی خواهـد بـود. مکالمـات افـرادی کـه بـه زبان‌هـای متفـاوت سـخن می‌گوینـد بـه طـور همزمـان ترجمـه خواهـد شـد. بـا دسـتورالعمل‌های سـه بعـدی بـرای تعمیـر سـینک ظرفشـویی یـا وان حمـام مسـدود شـده کـه درسـت در بـالا محـل انسـداد بـه نمایـش در آمده‌اند، دیگـر نیـازی بـه لوله‌کـش نخواهـد بـود. اتوبوس‌هـا نیـازی بـه صفحـه‌ای بـرای نمایـش اطلاعـات ندارنـد. شـماره اتوبـوس، مقصـد، مسـیر و زمـان احتمالـی ورود بـه ایسـتگاه و رسـیدن بـه مقصـد بـر روی عینـک شـما و بـه زبـان مدنظـر شـما بـه نمایـش در خواهـد آمـد. هرگـز نامـی را از یـاد نخواهیـد بـود، چـرا کـه هرچـه در مـورد یـک شـخص می‌دانیـد هنـگام مواجـه بـا آن فـرد بـرای شـما بـه نمایـش در خواهـد آمـد. فروشـگاه‌ها نیـازی بـه سـردر ندارنـد. مقامـات شـهری می‌تواننـد تابلوهای راهنمایی رانندگی که از زیبایی شهرهای ما می‌کاهند را بردارند.

بلبشـوی تصویـری اوایـل قـرن بیسـت و یکـم جـای خـود را بـه محیطـی دسـت نخـورده می‌دهـد کـه در آن مـا تنهـا آنچـه کـه نیـاز داریـم را می‌بینیـم و نـه بیشـتر. همچنیـن قـادر خواهیـم بـود کـه سـطح واقعیـت مدنظرمـان را تعییـن کنیـم. بیشـترین حـد واقعیـت؟ یـا کمتریـن حـد ممکـن واقعیـت؟ می‌توانیـم بـه عنـوان موجوداتـی قـرن بیسـت و یکمـی روزهـا در نسـخه قـرن چهاردهمـی شـهر گشـت و گـذار کنیـم. درسـت همان‌طـور کـه هیـچ دو تلفـن همـراه هوشـمندی هنگامـی کـه روشـن می‌شـوند شـبیه بـه هـم نیسـتند هـر کاربـر مجموعـه متفاوتـی از اپلیکیشـن‌ها، میان‌برهـا و فهرسـت مخاطبیـن مخصـوص بـه خـود را

دارد بـه لطـف واقعیـت افـزوده، جهـان نیـز بـه شـیوه متفاوتـی در جلـوی چشـم هر یک از ما ظاهر خواهد شد.

اگـر خیلـی بعیـد بـه نظـر می‌رسـد، بـه یـاد داشـته باشـید کـه همیـن حـالا بسـیاری از روزنامه‌هـا دیگـر نسـخه چاپـی ندارنـد، اتوبوس‌هـای لنـدن دیگـر پـول نقـد را بـه عنـوان شـیوه‌ای از پرداخـت نمی‌پذیرنـد، تاکسـی‌هایی در خیابان‌هـا حضـور دارنـد کـه هیـچ نشـانه بیرونـی مربـوط بـه تاکسـی بـودن ندارنـد و تنهـا می‌تـوان آنهـا را بـه کمـک اپلیکیشـن سـفارش داد (و در نتیجـه افـرادی کـه تلفـن همـراه ندارنـد از امـکان مشـاهده و دسترسـی بـه ایـن تاکسـی‌ها بـی بهره‌انـد)، و همـه این‌هـا تنهـا یـک دهـه پـس از بـه بـازار آمـدن نخسـتین تلفـن همـراه آیفون روی داده است.

چرا این بار فرق می‌کند

حداقـل یـک ربـع قـرن اسـت کـه ورود واقعیـت مجـازی در میـان پیش‌بینی‌هـا جـای دارد. آخریـن مـوج هیجـان نسـبت بـه آن تـا حـد زیـادی بـه خریـد شـرکت آکیولـس[14]، اسـتارت آپـی در زمینـه واقعیـت مجـازی، توسـط شـرکت فیـس بـوک بـه قیمـت ۲میلیـارد دلار در سـال ۲۰۱۴ مربـوط می‌شـد کـه یـادآور خوشـبینی‌های اوایـل دهـه ۱۹۹۰ بـود. امـا می‌تـوان گفـت کـه ایـن بـار فـرق می‌کند.

نخسـت اینکـه تعـداد کاربـران رایانه‌هـا چنـد برابـر بزرگتـر شـده اسـت. تعـداد افـرادی کـه خیلـی زود از فن‌آوری‌هـای تـازه اسـتقبال می‌کننـد و بـرای آنهـا بـه زور هـم کـه شـده پـول می‌پردازنـد بـه مراتـب بیشـتر شـده اسـت. دوم اینکـه میـزان مبلـغ مـورد نیـاز بـرای چنیـن فن‌آوری‌هـای تـازه‌ای از بسـیاری جهـات کمتـر شـده اسـت. در سـال ۱۹۹۰، نمونـه اولیـه هدسـت‌های واقعیـت مجـازی حـدود ده هـزار دلار قیمـت داشـتند؛ در سـال ۲۰۱۶ هدسـت ریفـت سـاخت شـرکت آکیولـس ۵۹۹ دلار قیمـت داشـت. احتمـالا بهـای آنهـا در کمتـر از یـک دهـه بـه میـزان قابـل توجهـی کاهـش می‌یابـد. تـا سـال ۲۰۵۰ هدسـت‌های واقعیـت مجـازی آن‌قـدر ارزان خواهنـد بـود کـه نـه تنهـا بـرای افـراد ثروتمنـد

14. Oculus

شـیفته فـن‌آوری بلکـه بیشـتر جهـان قابـل تهیـه باشـند. سـوم اینکـه واقعیـت مجـازی از چیـزی مربـوط بـه خوره‌هـای تکنولـوژی در دره سـیلیکون بـه فـن‌آوری‌ای تبدیـل شـده کـه هـر شـرکتی حـوزه سـرگرمی بـرای آن تولیـد محتـوا می‌کنـد. تعـداد جشـنواره‌های سـینمایی کـه بخـش واقعیـت مجـازی دارنـد رو بـه افزایـش اسـت؛ تولیدکننـدگان بازی‌هـای رایانـه‌ای عناوینـی را مخصـوص واقعیـت مجـازی عرضـه می‌کننـد. نیـک دمارتینـو[15]، مدیـر یـک اسـتودیوی فـن‌آوری در موسسـه آمریکایـی فیلـم[16] در اوایـل دهـه ۱۹۹۰ می‌گویـد کـه آن زمـان مدیـران اسـتودیوها در واکنـش بـه پذیـرش فن‌آوری‌هـای تـازه اعتقـاد داشـتند کـه چـرا بایـد خـود را بـه زحمـت بیاندازنـد امـا حـالا آنهـا وحشـت دارنـد کـه مبـادا در همگام شدن با فن‌آوری‌های تازه ناکام بمانند.

چهارمیـن دلیـل بـرای خوشـبینی ایـن اسـت کـه زیرسـاخت‌های مـورد نیـاز واقعیـت مجـازی اکنـون بـه مرحلـه‌ای رسـیده‌اند کـه تصـور اوج گرفتـن آن دیگـر غیرعملـی نیسـت. اینترنـت همـه جـا در دسـترس اسـت، قـدرت پـردازش رایانـه‌ای ارزان و فـراوان اسـت و صفحـات نمایشـگر بـا وضـوح بـالا سـال‌ها اسـت کـه حضـور دارنـد. امـا فـن‌آوری بـرای تحقـق کامـل ظرفیت‌هـای واقعیـت مجـازی بایـد بیشـتر پیشـرفت کننـد کـه ایـن هـم پیشـرفت‌های تدریجـی و هـم جهش‌های تازه را در بر بگیرد.

از پیشـرفت‌های تدریجـی آغـاز کنیـم. همیـن حـالا هـم شـرکت‌های مخابراتـی بـرای تبدیـل شـدن بـه نخسـتین ارائـه دهنـده شـبکه موبایـل نسـل پنجـم (5G) در تلاشـند. اکنـون بیشـتر جهـان یـا از شـبکه نسـل سـوم (3G) و یـا از نسـل چهـارم (4G) /ال‌تی‌ئـی[17] بهـره می‌برنـد کـه داده‌هـا را ده برابـر سـریع‌تر از نسـل پیشـین منتقـل می‌کنـد. نسـخه بعـدی، 5G، چیـزی بیـن ده تـا صـد برابـر سـریعتر از نسـل چهـارم خواهـد بـود. امـا بهبودهـای دیگـری را نیـز در خـود خواهـد داشـت کـه ارائـه خدمـت بـه تعـداد بسـیار زیـادی دسـتگاه بـه طـور همزمـان و نهفتگـی کـم (زمانـی کـه طـی فرآینـد انتقـال هـدر مـی‌رود) را شـامل می‌شـود. ارتباطـات بـا سـرعت بـالا نـه تنهـا بـرای دسترسـی بـه اطلاعـات اهمیـت

15. Nick Demartino
16. American Film Institute
17. Long-Term Evolution

دارنـد، بلکـه بـرای اتصـال بـه قـدرت پـردازش نیـز تعییـن کننـده هسـتند. در حالـی معجـزه قانـون مـور، قاعـده‌ای سرانگشـتی مبنـی بـر دو برابـر شـدن قـدرت پردازنده‌هـا هـر دوازده مـاه یکبـار (کـه بعدهـا بـه ۲۴ مـاه یکبـار تغییـر یافـت) متوقـف خواهـد شـد (بنگریـد بـه فصـل ۴)، پـردازش رایانـه‌ای بـه رایانـش ابـری منتقـل خواهـد شـد. بـرای اینکـه عینک‌هـای سـبک‌وزن واقعیـت افـزوده تحقـق یابنـد بایـد بـه طـور دائـم بـا رایانه‌هایـی بزرگ‌تـر در جایـی بسـیار دور در ارتبـاط باشند.

فن‌آوری‌هـای دیگـر نیـز بایـد بهبـود یابنـد. صفحـات نمایشـگر سـبکتر خواهنـد شـد، پیکسـل‌ها کوچکتـر و تراکـم آنهـا بیشـتر خواهـد شـد و گرافیـک رایانـه‌ای پلیگون‌هـای بیشـتری را بـه خـود خواهـد دیـد. تحقـق چنیـن پیشـرفت‌هایی تنهـا دیـر و زود دارد و در مـورد آنهـا تردیـدی نیسـت. آنهـا همیـن حالا هم رو به توسعه هستند.

همچنیـن برخـی فن‌آوری‌هـا بایـد بـه بلـوغ برسـند. تلفن‌هـای همـراه هوشـمند دو جیـن حسـگر را در بـر می‌گیرنـد. بـه تعـداد حسـگرهای درون و بیـرون لـوازم مـا بـه شـدت افـزوده خواهـد شـد. دسـتگاه‌های تـازه مـا بـرای اینکـه بداننـد کجـا قـرار دارنـد و بـه چـه می‌نگرنـد و عمـق و فضـا را درک کننـد بـه مجموعـه کاملـی از حسـگرهای کوچـک نیـاز دارنـد. تصـور چنیـن شـرایطی در داخـل سـاختمان‌ها آسـان‌تر اسـت. اتاق‌هـای پذیرایـی یـا دفاتـر اداری می‌تواننـد حسـگرها و پروژکتورهـای سـه بعـدی را در خـود جـای دهنـد. دسـتگاه‌های پیشـرفته می‌تواننـد تصویـر وسـایلی شـبیه بـه وسـایل واقعـی یـا تصویـر انسـان‌ها را ایجـاد کننـد در حالـی کـه مـا بـه لطـف حسـگرهایی کـه حـرکات مـا را دنبـال می‌کننـد قـادر بـه تعامـل بـا ایـن تصاویـر هسـتیم. تحقـق چنیـن پدیـده‌ای به زمـان زیـادی نیـاز دارد. کینکـت[18]، یکـی از ابزارهای مخصـوص بـازی سـاخت شـرکت مایکروسـافت، همیـن حـالا هـم می‌توانـد حرکت را درک کند.

همچنیـن پیشـرفت‌ها در هـوش مصنوعـی و یادگیـری ماشـین نیـز مهـم خواهنـد بـود. یـک فـرد مشـغول اسـتفاده از یـک دسـتگاه واقعیـت افـزوده در

18. Kinect

مقایسه با صدها میلیون نفر مشغول استفاده از واقعیت مجازی منفعت به مراتب کمتری خواهد داشت. الگوها و رفتارهای به دست آمده از استفاده تعداد بسیار زیادی کاربرد می‌تواند توسط هوش مصنوعی و یادگیری ماشین مورد تحلیل قرار بگیرد و برای بهبود فن‌آوری به کار گرفته شود تا بدین ترتیب ماشین‌ها بیاموزند که انسان‌ها هنگامی که به چیزی می‌نگرند یا سرشان را به سویی خم می‌کنند، چه خواسته‌ای دارند.

جهشی بزرگ به جلو

جهش‌هایی بزرگ در آینده‌ای دورتر باعث خواهند شد که تجهیزات مربوط به واقعیت مجازی و واقعیت افزوده تا سال ۲۰۵۰ نامرئی شوند. ممکن است وسایلی مانند مچبندهای پوشیده از حسگر یا لباس‌هایی را تجربه کنیم که تار و پود آنها از مدارهای الکتریکی تشکیل شده است. با گذر زمان، فن‌آوری به بدن‌های ما نزدیک‌تر خواهد شد و در نهایت راه خود را به درون بدن خواهد یافت. این تحول از جایگزین شدن لنز چشم به جای عینک آغاز می‌شود که فن‌آوری مربوط به آن در نسخه‌های اولیه همین حالا در راه است. در سال ۲۰۱۶، شرکت سامسونگ برای ثبت اختراع لنزهای چشم هوشمند اقدام کرد.

تنها جهشی کوتاه لازم است تا از لنزهای چشمی به عمل ساده‌ای برسیم که در آن عدسی‌های چشم با نسخه‌ای با فن‌آوری بالا جایگزین خواهند شد. این اتفاق شاید در بدو تولد روی دهد. حالا که مشغول گمانه‌زنی هستیم، اصلا چرا کل کره چشم با کره‌ای تکنولوژیکی شامل همه ملزومات مربوط به واقعیت افزوده جایگزین نشود؟ در واقع، در حالی که انسان‌ها بیش از پیش با ایده کاشت کنار می‌آیند، فن‌آوری بیشتر به درون ما راه می‌یابد و شاید در نهایت کار به کاشت در مغز برسد.

اطلاعات را این‌گونه دریافت خواهیم کرد، اما انتقال اطلاعات چگونه خواهد بود؟ هنگامی که فیلم گزارش اقلیت[۱۹]، با کارگردانی استیون

19. Minority Report

اسپیلبرگ[20] و بر اساس داستانی کوتاه از فیلیپ ک. دیک[21]، به نمایش درآمد، چشم اندازش از آینده جایی بود که در آن رایانه‌ها صفحاتی شیشه‌ای هستند که بر اساس لمس یا ژست‌های انسان کار می‌کنند. اکنون زمان عبور از این ایده فرا رسیده است؛ حرکت دادن انگشتان بر روی صفحات شیشه‌ای به شیوه طبیعی تعامل با دستگاه‌های هوشمند تبدیل شده است. حتی کودکان هم می‌توانند از آن سر در بیاورند. دیل هریگستد[22]، مشاور تعامل پیشرفته و یکی از افرادی که در بخش آینده‌نگری فیلم سهم داشته، اعتقاد دارد که در فیلم به اندازه کافی پیش نرفته‌اند. چه نیازی به صفحات نمایشگر بزرگ وجود دارد زمانی که فضای خالی بومی بسیار مناسب برای ایجاد تصاویر و اشکال بر روی آن است؟

درست همان‌طور که استفاده از صفحات شیشه‌ای به عنوان صفحه نمایشگر تا سال ۲۰۵۰ به نظر بسیار قدیمی خواهد آمد، ایده ضربه زدن بر روی صفحه کلید (کیبورد) موردی مربوط به گذشته دور به نظر خواهد آمد. شرکت گوگل مشغول کار بر روی پروژه‌ای به نام سلی[23] است که با استفاده از رادار حرکت انگشتان را دنبال می‌کند؛ ایده این پروژه شبیه سازی حرکاتی طبیعی مانند باز کردن پیچ رادیو یا فشار دادن دکمه است آن هم بدون نیاز به پیچ یا دکمه واقعی. هریگستد اعتقاد دارد که چیزی شبیه زبان اشاره را خلق خواهیم کرد: قواعد دستور زبان و کلماتی کاملا تازه برای ارتباط با ماشین‌ها، زبانی که همان‌قدر طبیعی به نظر خواهند رسید که امروز به سمت چپ کشیدن انگشت روی صفحه نمایشگر تلفن همراه عادی جلوه می‌کند (رفتاری که یک دهه پیش اصلا وجود نداشت).

شاید تا سال ۲۰۵۰ سامانه‌هایی به وجود بیایند که به‌وسیله آنها ماشین‌ها بتوانند به طور مستقیم امواج مغزی ما را بخوانند. این پدیده آن‌قدرها هم که به نظر می‌رسد دور از دسترس نیست؛ حداقل یک

20. Steven Spielberg
21. Philip K. Dick
22. Dale Herigstad
23. Soli

شرکت به نام اموتیو[۲۴]، برای بررسی امکانات مربوط به آنچه «رابطه مغز و رایانه» خوانده می‌شود شکل گرفته است. بسیار پیش از تحقق این فن‌آوری ما قادر خواهیم بود که ابزار را به سادگی از طریق نگریستن و پلک‌زدن کنترل کنیم. فن‌آوری مربوط به آن همین حالا در حال توسعه است و کار می‌کند، هرچند به شیوه‌ای ابتدایی.

واقعیت مجازی، فراتر از شیوه نمایش و انتقال اطلاعات، جنبه سومی نیز دارد که به اندازه جنبه‌های پیشین اهمیت دارد: بازخورد لمسی (یا فیزیکی). لمس صفحه تلفن همراه هوشمند به خاطر مقاومت متقابل از سوی صفحه شیشه‌ای تجربه رضایت بخشی است. کشیدن اشکال روی هوا هم به خاطر نشانه‌های تصویری می‌تواند عملی باشد. اما اقداماتی که نیازمند حس فیزیکی هستند مانند دست دادن چطور؟ یک یا دو دهه پیش، پاسخ چنین پرسشی احتمالا دستکش‌های مخصوص بود. اما آینده گزینه‌های بهتری دارد. نونی دو لا پنا[۲۵]، که پیشرو در زمینه واقعیت مجازی، اعتقاد دارد پاسخ بازخورد لمسی در صوتی است که شما نمی‌شنوید.

صوت به صورت موج جابجا می‌شود و همان‌طور که هرکسی که یک بار در یک کنسرت موسیقی راک حضور داشته می‌تواند شهادت دهد، صوت بم را می‌توان در حالی که از میان جمعیت عبور می‌کند حس کرد. صوت اگر در فرکانس مناسب و در جهت مناسب ایجاد و ارسال شود، می‌تواند حسی از لمس‌کردن را ایجاد کند، مانند حس دست دادن با یک دوست مجازی در هزاران کیلومتر آن سوتر.

نیازی نیست که همه این سامانه‌ها به خودی خود به بهتری شکل کار کنند. همچنین نیازی نیست که برای هر شرایطی مناسب باشند. تنها کافی است که با یکدیگر و همراه با فن‌آوری‌هایی که هنوز حتی تصوری در مورد آنها وجود ندارد، کار کنند و پایه‌ای برای جهانی ایجاد کنند که در آن رایانه‌ها دیگر به صورت ابزارهایی که ما حمل می‌کنیم وجود نخواهند داشت بلکه آنها همه جا خواهند بود، حتی درون ما.

24. Emotiv
25. Nonny de la Peña

جایی برای مخفی شدن نیست

جامعه برای لذت از این آینده باید به بده بستان‌های مشخصی تن دهد. نخستین مورد، نظارت دائمی و تقریبا تمام و کمال خواهد بود. امروز داده‌هایی که توسط تلفن همراه شما جمع می‌شوند حاوی اطلاعات بیشتری از آن چیزی است که مادرتان یا شریک زندگی‌تان درباره شما می‌داند. با اطلاعات سیستم GPS که موقعیت مکانی شما را مشخص می‌کند، حسگرهای حرکتی و تماس‌هایی که برقرار کرده‌اید، می‌توان تصویر دقیقی از فعالیت‌های روزانه شما ترسیم کرد. گشت و گذارها در شبکه‌های اجتماعی و تاریخچه جستجوهای اینترنتی را هم بیافزایید، می‌توان گفت که تلفن همراه شما شاید بهتر از شما خودتان را بشناسد.

اما هنوز چیزهایی هست که ماشین‌ها درباره ما نمی‌دانند. با حضور واقعیت مجازی، این وضعیت تغییر خواهد کرد. شرکت‌های سازنده دستگاه‌های واقعیت مجازی هر حرکت گردن، هر تغییر در مردمک چشم و هر واکنش به محرک‌ها را به دفتر مرکزی ارسال می‌کنند. این نظارت در واقعیت افزوده فراتر می‌رود: سازندگان دستگاه‌های واقعیت افزوده خواهند توانست هرچه شما می‌بینید را ببینند. آن‌ها، به معنی واقعی، می‌توانند به جهان از دریچه چشم شما بنگرند.

شرکت‌های مسئول خواهند گفت که انتخاب دیگری ندارند؛ چرا که این اطلاعات و داده‌ها پایه و اساس خدمات واقعیت افزوده و واقعیت مجازی را شکل می‌دهد و علاوه بر این به بهبود چنین خدماتی برای نسخه‌های بعدی و دیگر کاربران کمک می‌کند. آنها خواهند گفت که هیچ انسانی به این اطلاعات دسترسی ندارد و تنها ماشین‌ها و الگوریتم‌ها با اطلاعات سروکار دارند. استدلال آنها کاملا به پایه و اساس نیست اما از ناپسند بودن این پدیده نمی‌کاهد. علاوه بر این، دولت‌ها به طور اجتناب‌ناپذیری به دنبال دسترسی به این اطلاعات خواهد بود. اطلاعاتی که ارزشمندتر از آن هستند که بتوان از آنها چشم پوشید.

کاربـران امـروزی تلفن‌هـای همـراه هوشـمند و خدمـات اینترنتـی رایـگان نشـان داده‌انـد کـه حاضرنـد بـه خاطـر راحتـی و امکانـات بهتـر تـا حـدی از حریـم شـخصی چشـم بپوشـند، بـا ایـن تصـور کـه چنیـن اطلاعاتـی بـرای سـودآوری، مثـلا تبلیغـات هدفمنـد، مـورد اسـتفاده قـرار خواهـد گرفـت و از آنهـا بـرای دنبـال کـردن حـرکات افـراد سوءاسـتفاده نمی‌شـود. تـا زمانـی کـه ایـن تصـور برقـرار اسـت، بعیـد اسـت کـه افزایـش نظـارت بـه رنجـش کاربـران عمومی بینجامد.

امـا آینـده بـه چارچـوب مسـتحکم‌تری نسـبت بـه امـروز نیـاز دارد. فعـالان ایـن حـوزه امیدوارنـد کـه مقـررات، سـاختار حقوقـی و اجـرای قانـون باعـث شـود کـه شـرکت‌های بـزرگ و همچنیـن ادارات دولتـی تحـت نظـارت باشـند. بحثـی کـه در سـال ۲۰۱۳ و پـس از افشـاگری ادوارد اسـنودن در مـورد جمـع آوری اطلاعـات توسـط ادارات امنیتـی دولتـی روی داد نقطـه آغـاز ایـن حرکـت بـود و از آن زمـان شـرکت‌ها و ادارات دولتـی توسـط حکومت‌هـا در زمینـه جمـع آوری بیـش از حـد اطلاعـات بـه عقـب رانـده شـده‌اند. در همیـن حـال، ادارات ضدانحصـار در سـطح جهـان بـر شـرکت‌های بـزرگ حـوزه فـن‌آوری نظارت دارند.

دومیـن نگرانـی ایـن اسـت کـه جهـان مـا بـه طـور برگشـت‌ناپذیری تحـت تاثیـر شـرکت‌ها قـرار بگیـرد. بـا در نظـر گرفتـن وضعیـت فعلـی فـن‌آوری مربـوط بـه بخـش مصرفـی می‌تـوان گفـت کـه تعـداد انگشت‌شـماری شـرکت بـر کل بـازار واقعیـت مجـازی و واقعیـت افـزوده تسـلط خواهنـد یافـت. هـر توسـعه‌دهنده‌ای بایـد در اختیـار ایـن شـرکت‌ها باشـد و هـر مصرف‌کننـده‌ای بایـد بـا شـرایط و ضوابـط تعییـن شـده توسـط ایـن شـرکت‌ها موافقـت کنـد. نگـرش ایـن شـرکت‌ها در مـورد رفتـار و محتـوای قابـل قبـول (نشـئت گرفتـه از کشـور مبـدا شـرکت‌ها و وکلایـی کـه بـه دنبـال کاهـش مسـئولیت حقوقـی هسـتند) پایـه و اسـاس تعامـل مـا بـا جهـان را شـکل خواهـد داد. در واقـع همان‌طـور کـه چنیـن شـرکت‌هایی اکنـون می‌تواننـد نتایـج جسـتجوها یـا محتـوای غیرقابـل قبـول در شـبکه‌های اجتماعـی را حـذف کننـد، بـه لطـف قـدرت واقعیـت افـزوده قـادر خواهنـد بـود کـه افـراد و اشـیا را نیـز از جهـان

واقعی ناپدید کنند آنها وجود خواهند داشت اما دیگر برای شما قابل مشاهده نیستند. کاربرانی که قوانین را رعایت نمی‌کنند از جهان واقعیت افزوده کنار گذاشته می‌شوند و در جهانی سرگردان می‌شوند که هیچ واقعیتی به جز واقعیت تنها در آن موجود نیست. شیوه‌ای که واقعیت مجازی در حال تکامل است کاملا با شیوه توسعه اینترنت فرق دارد. در حالی که اینترنت بر اساس استانداردهای باز و اصل آزادی همگانی برای دسترسی، انتشار و لینک دادن به یکدیگر بنا نهاده شده بود اما واقعیت مجازی در اختیار شرکت‌هایی قرار دارد که دنبال «دیوار کشیدن در اطراف باغ‌ها هستند[۲۶]».

جامعه باید راه‌هایی را برای نظارت بر قدرت چنین شرکت‌ها بیابد، مثلا به وسیله وضع قوانینی تازه. امروز، اگر فیس‌بوک یا گوگل یک حساب کاربری را پاک کنند، کار چندانی از صاحب این حساب ساخته نیست. اما همان‌طور که شخصیت آنلاین ما در حال شکل‌گیری است، پرسش در مورد اینکه حقوق مربوط به این شخصیت در اختیار چه کسی باشد جنبه ضروری خواهد یافت. آیا تایید شرایط و ضوابط برای دست شستن از زندگی مجازی کفایت می‌کند؟ یا شرکت‌ها به کاربران اجازه خواهند داد که آزادانه داده‌هایشان را رد و بدل کنند؟ حالت دوم محتمل‌تر به نظر می‌رسد. در مورد حقوق دیگر هم بحث‌هایی در میان خواهد بود. حقوق شما برای مشاهده جهان دست نخورده با چشمان غیرمسلح چگونه خواهد بود؟ آیا این با حقوق دیگران برای مسدود کردن شما یا پنهان ماندن تعارض خواهد یافت؟ برای اینکه جهانی بر پایه واقعیت مجازی و واقعیت افزوده به خوبی کار کند، پاسخ چنین پرسش‌هایی دیر یا زود باید مشخص شوند.

نگرانی سوم امنیت است. به رغم سال‌ها تلاش، امنیت رایانه‌ای هنوز با وضعیت ایده‌آل فاصله دارد. حتی ایمن‌ترین سامانه‌ها هم می‌توانند توسط هکرهای مصمم شکسته شوند. در سطح مصرف‌کنندگان نیز امنیت در صورتی وجود دارد که کاربر به بهترین توصیه‌ها برای

۲۶. به این معنی که علاقه‌ای به در دسترس همگان بودن خدمات ندارند.

حفظ امنیت در اینترنت عمل کند. احتمال دارد که تا سال ۲۰۵۰ امنیت رایانه‌ای تا جایی پیشرفت کند که در آن رمزگذاری قدرتمند و اجرای درست آن به امری متداول تبدیل شود، گذرواژه‌ها دیگر کاربردی نداشته باشند و رخنه به یک سامانه تنها بدست دولت‌ها امکانپذیر باشد. بزرگترین شرکت‌های حوزه فن‌آوری خود را به حفظ امنیت کاربران متعهد نشان داده‌اند و شرکت‌هایی مانند فیس‌بوک، گوگل، آمازون و اپل از حملات هکرها (کم و بیش) در امان بوده‌اند. یکی از نتایج مثبت تسلط چند شرکت بر فن‌آوری واقعیت مجازی می‌تواند همین باشد.

آخرین نگرانی شاید کمتر از موارد دیگر نگران‌کننده باشد. بدبین‌ها پیش‌بینی می‌کنند که واقعیت مجازی جهان را به جایی با احساس تنهایی تبدیل می‌کند که در آن افراد جذب جهان‌های مجازی خصوصی خود شده‌اند و از جهان واقعی اطرافشان غافل شده‌اند. بدبین‌ها با بدخلقی اعتقاد دارند که واقعیت مجازی ذهن کودکان ما را فاسد خواهد کرد. اما چنین نگرانی‌هایی بارها و بارها تکرار شده‌اند: از شبکه‌های اجتماعی و بازی‌های رایانه‌ای، تلویزیون و موسیقی راک در قرن بیستم گرفته تا جراید چاپی در قرن شانزدهم و حتی نگارش کلمات در زمان سقراط (حداقل بر اساس نوشته‌های افلاطون).

افراد پا به سن گذاشته گله می‌کنند که کودکان این روزها همه زمان خود را در حال زل زدن به صفحات نمایشگر تلفن‌های همراه هوشمند سپری می‌کنند، اما این کودکان از دستگاه‌هایشان برای ایجاد ارتباط با جهان اطراف استفاده می‌کنند عکس‌هایشان را در اسنپ‌چت[۲۷] برای دوستان می‌فرستند، در واتساپ[۲۸] درباره آنچه دیده‌اند حرف می‌زنند، جهان را با همه رنگ‌هایش مشاهده می‌کنند به جای اینکه در جهان ساخته شده سرگردان باشند. حتی با تغییر فن‌آوری، ذات انسان بدون تغییر باقی خواهد ماند، ما همواره می‌خواهیم با جهان اطراف در تعامل باشیم.

27. Snapchat
28. Whatsapp

فصل سیزدهم

اخلاق هوش مصنوعی

لوچیانو فلوریدی[1]

خطـر غلبـه ماشـین‌های پلیـد بـر بشـر تخیلـی بیـش نیسـت، اما خطر سوء استفاده انسان از ماشین‌ها واقعی است.

1. Luciano Floridi

تصور کنید که وارد اتاقی تاریک در ساختمانی ناشناخته می‌شوید. ممکن است بترسید که چند هیولا در تاریکی در کمین شما باشند و یا تنها برای پرهیز از برخوردی دردناک با وسایل اتاق چراغ را روشن کنید. اتاق تاریک همان آینده هوش مصنوعی است. متاسفانه برخی باور دارند که هنگام ورود به این اتاق، ممکن است با ماشین‌هایی پلید و بسیار هوشمند مواجه شویم. هراس از چنین هیولاهایی، مانند گولم[1] یا فرانکنشتاین، به اندازه حافظه بشر قدمت دارند. نسخه رایانه‌ای این هراس به دهه ۱۹۶۰ باز می‌گردد، یعنی زمانی که ایروینگ جان گود[2]، یک ریاضی‌دان بریتانیایی و همکار آلن تورینگ[3] در بلچلی پارک[4] (مرکز مخصوص شکستن رمز در بریتانیا)، نوشت:

«تصور کنید ماشین فراهوشمند به عنوان ماشینی در نظر گرفته شود که می‌تواند در فعالیت‌های هوشمندانه از هر انسان حتی باهوشی پیشی بگیرد. از آنجا که طراحی ماشین نیز یکی از این فعالیت‌های هوشمندانه است، یک ماشین فراهوشمند می‌تواند ماشین‌های حتی بهتری را طراحی کند؛ در نتیجه تردیدی نیست که فوران هوش روی خواهد داد و هوش انسان بسیار عقب خواهد افتاد. بنابراین اختراع نخستین ماشین اَبَرهوشمند آخرین اختراع مورد نیاز بشر خواهد بود، به شرطی که این ماشین آن‌قدر مطیع باشد که به ما بگوید چگونه آن را تحت کنترل نگه داریم. البته این میزان از فرمانبرداری ماشین‌ها به ندرت در داستان‌های علمی تخیلی مشاهده می‌شود و برخی مواقع جدی گرفتن داستان‌های علمی تخیلی ارزشمند است.»

هنگامی که ماشین‌های اَبَرهوشمند تحقق یابند شاید به هیچ وجه فرمانبردار نباشد و ما را به عنوان موجوداتی ضعیف‌تر به بردگی بگیرند، به حقوق ما بی‌توجهی کنند و خواسته‌های خودشان را پی بگیرند، آن

---

۱. Golem نام هیولایی است در افسانه‌های یهودی.

2. Irving John Good

3. Alan Turing

آلن تورینگ ریاضیدان مشهور بریتانیایی است که فیلم «بازی تقلید» نیز بر اساس زندگی او ساخته شده است.

4. Bletchley Park

هم بدون اینکه نگران اثرات اقداماتشان بر زندگی ما باشند. اگر این گزاره باورناپذیرتر از آن به نظر می‌رسد که قابل جدی گرفتن باشد، کافی است از زمان آقای گود نیم قرن به جلو پیش بیایید و ببینید که پیشرفت‌های خیره کننده در فن‌آوری‌های دیجیتال باعث شده که بسیاری از مردم خطر جدی «فوران هوش»، که به عنوان «تکینگی» نیز شناخته می‌شود، را باور کنند و بیندیشند که اگر مراقب نباشیم انقراض نسل بشر نزدیک خواهد بود.

برای مثال، استیون هاوکینگ[5]، گفته است: «اعتقاد به کمال رسیدن هوش مصنوعی می‌تواند آغازی بر پایان نژاد بشر باشد». اما این ادعا همان‌قدر صحیح است که بگوییم اگر چهار سوار آخرالزمان ظهور کنند، آن زمان ما در مخمصه خواهیم افتاد. مشکل این ادعا در فرضیه‌اش است. بیل گیتس، موسس مایکروسافت نیز نگرانی مشابهی دارد:

«من در میان گروهی جای می‌گیرم که نگران هوش فوق‌العاده هستند. ماشین‌ها ابتدا بسیاری از امور را برای ما انجام خواهند داد و بسیار هوشمند نخواهند بود. این وضعیت برای ما سودمند خواهد بود به شرطی که آن را به خوبی مدیریت کنیم. اگرچه چند دهه بعد از آن هوش مصنوعی آن‌قدر قدرتمند خواهد شد که باعث نگرانی شود. من در این مورد با ایلان ماسک و دیگران موافقم و درک نمی‌کنم که چرا برخی از افراد نگران نیستند.»

و این چیزی است که الان ماسک، مدیر شرکت خودروسازی آمریکایی تسلا گفته است:

«فکر می‌کنم که باید به شدت در مورد هوش مصنوعی محتاط باشیم. اگر قرار باشد حدس بزنم که بزرگترین تهدیدی که متوجه نوع بشر است چیست، پاسخ احتمالا همین هوش مصنوعی خواهد بود. پس باید خیلی مراقب هوش مصنوعی باشیم. دانشمندان به طرز فزاینده‌ای معتقدند که باید مقرراتی در سطح ملی یا بین‌المللی وضع شوند تا

5. Stephen Hawking

اطمینان حاصل کنیم که اقدام بسیار احمقانه‌ای انجام نمی‌دهیم. ما به وسیله هوش مصنوعی در حال فراخواندن یک نیروی اهریمنی هستیم. در همه داستان‌های مربوط به فردی با ستاره پنج پر و آب مقدس، به نظر می‌رسد که او نسبت به توان کنترل این نیروی اهریمنی اطمینان دارد. اما در عمل اتفاق دیگری روی می‌دهد.»

اگر تصور می‌کنید که پیش بینی‌های متخصصان راهنمایی قابل اطمینان است، دوباره بیاندیشید. پیش بینی‌های مربوط به فن‌آوری بسیاری را می‌توان یافت که توسط متخصصان بزرگی ارائه شده‌اند و به شدت اشتباه از کار درآمده‌اند. برای مثال در سال ۲۰۰۴، بیل گیتس پیش‌بینی کرد که: «دو سال دیگر، مشکل اسپم‌ها (هرزنامه‌ها) به طور کامل حل خواهد شد.» و ماسک گمانه‌زنی کرده بود که «شانس اینکه ما در یک شبیه‌ساز رایانه‌ای زندگی نمی‌کنیم یک در میلیاردها است.» به این معنی که شما واقعی نیستید و به معنی واقعی کلمه مشغول خواندن این سطور از درون ماتریکس[۶] هستید.

اما واقعیت جذابیت به مراتب کمتری دارد. هوش فن‌آوری‌های هوشمند فعلی و فن‌آوری‌هایی که در آینده‌ای قابل تصور ظهور می‌کنند معادل هوش یک چرتکه یعنی معادل صفر است. مشکل همواره حماقت و ذات پلید بشر است. بیست و چهارم ماه مارس سال ۲۰۱۶ شرکت مایکروسافت ربات تای[۷] را در شبکه اجتماعی توئیتر[۸] عرضه کرد. این ربات در واقع یک کاربر شبکه توئیتر بود که بر اساس هوش مصنوعی کار می‌کرد. شرکت مجبور شد تنها شانزده ساعت بعد حساب کاربری این ربات را پاک کند. قرار بود ربات تای به واسطه تعامل با انسان‌ها به طور فزاینده‌ای هوشمندتر شود، اما در عوض به سرعت به موجودی پلید تبدیل شد که شیفته هیتلر بود، هولوکاست را انکار می‌کرد،

6. Matrix
اشاره نویسنده به فیلم ماتریکس است که در آن تصور انسان‌ها از واقعیت در واقع جهانی ساختگی به نام ماتریکس بود.
7. Tay
8. Twitter

مشوق زنا با محارم بود و اعتقاد داشت که «یازدهم سپتامبر کار بوش است». چرا؟ به این خاطر که عملکرد این ربات بهتر از دستمال آشپزخانه نبود؛ جذب پیغام‌های شیادانه و زننده و شکل گرفتن بر اساس آن‌ها. شرکت مایکروسافت مجبور به عذرخواهی شد.

این واقعه نشان دهنده وضعیت حال و آینده هوش مصنوعی برای آینده‌ای قابل تصور و واقع‌گرا است. رایانه‌ها همچنان برای یافتن چاپگری که درست کنار آنها قرار دارد ناکام می‌مانند. با این وجود، این حقیقت که هوش مصنوعی تمام و کمال تنها یک داستان علمی تخیلی است دلیلی برای آسوده خاطر بودن نیست. بر عکس، بعد از گمانه‌زنی‌هایی منحرف‌کننده و نه چندان مسئولانه در مورد خطرات تخیلی ماشین‌های ابرهوشمند، اکنون زمان آن فرا رسیده که از نگرانی در مورد سناریوهای علمی تخیلی دست بکشیم و بر روی چالش‌های واقعی و جدی هوش مصنوعی تمرکز کنیم تا بتوانیم از ارتکاب اشتباهاتی پرهزینه و دردناک در طراحی و استفاده از فن‌آوری‌های هوشمند اجتناب کنیم.

گسترش محدوده فعالیت ربات‌ها

برای شفاف شدن چنین چالش‌هایی، یک نکته بنیادین را باید درک کرد. موفقیت هوش مصنوعی عمدتا به این خاطر است که ما مشغول ایجاد محیط مناسب برای هوش مصنوعی هستیم که در آن فن‌آوری‌های هوشمند گویی در خانه خودشان هستند. این جهان است که در حال تطبیق یافتن با هوش مصنوعی است و نه برعکس. حالا ببینیم منظور از این ادعا چیست.

در رباتیک صنعتی، از فضای سه بعدی که محدوده فعالیت موفقیت‌آمیز ربات درون مرزهای آن تعریف می‌شود، به عنوان محدوده ربات نام می‌برند. ما ربات‌هایی مانند ربات سی۳پی‌او[9] در فیلم جنگ

9. C3PO

ستارگان[10] نمی‌سازیم که ظرف‌های در ظرفشویی را درست همان‌طوری بشورند که ما می‌شوریم. بلکه محیط مناسب را برای ربات‌هایی ساده فراهم می‌آوریم تا از توانایی‌های محدود آنها بهره ببریم و به نتیجه مدنظر دست یابیم. یک ماشین ظرفشویی به این خاطر کار ظرفشویی را به خوبی انجام می‌دهد که محیط اطرافش بر اساس توانایی‌های محدودش ساخته شده است. در مورد قفسه‌های رباتیک شرکت آمازون نیز همین‌طور است. این محیط است که مناسب ربات‌های طراحی شده است. روزی که بتوانیم شرایط محیطی مناسب برای خودروهای بدون راننده ایجاد کنیم، آنها به کالایی مناسب تبدیل خواهند شد.

وفق دادن شرایط محیط با ربات‌ها یا به صورت یکپارچه (شما رباتی را با محدوده مورد نیازش به صورت یک پکیج خریداری می‌کنید، مانند یک ماشین ظرفشویی یا یک ماشین لباسشویی) یا میان دیوارهای یک ساختمان صنعتی طراحی شده بر اساس ساکنان مصنوعی شکل می‌گرفت. اما این روزها وفق دادن محیط با هوش مصنوعی و ایجاد فضایی مناسب برای آن در حال نفوذ به همه جنبه‌های حقیقی زندگی است و نشانه‌های آن را می‌توان به طور روزانه همه جا از خانه و دفتر کار گرفته تا در خیابان مشاهده کرد. در واقع، ما چندین دهه است که مشغول بازطراحی جهان اطراف بر اساس فن‌آوری‌های دیجیتال هستیم آن هم بدون اینکه کاملا به آن پی برده باشیم.

در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، رایانه یک اتاق بود که آلیس برای کار با آن باید وارد رایانه می‌شد. برنامه نویسی کامپیوتر نیز نیازمند کار با پیچ گوشتی بود. در دهه ۱۹۷۰، دختر آلیس از رایانه خارج شد و جلوی آن قرار گرفت. تعامل میان انسان و رایانه به رابطه‌ای معنایی و منطقی تبدیل شد که بعدها به‌وسیله داس[11](سیستم عامل[12]) و خطوط برنامه‌های متنی، واسط گرافیکی کاربر[13] و نشانه‌ها تسهیل شد. امروز

10. Star Wars
11. DOS
12. Disk Operating System
13. GUI (graphical user interface)

نـوه آلیـس بـار دیگـر بایـد وارد رایانـه شـود؛ چـرا کـه رایانـه بـه طـور نامحسـوس بـه شـکل همـه فضـای اطـراف او درآمـده اسـت. تعامـل انسـان و رایانـه بـار دیگـر بـه صـورت فیزیکـی و جسـمی درآمـده آن هـم به‌وسـیله صفحـات نمایشـگر لمسـی، فرمان‌هـای صوتـی، وسـایلی کـه بـه فرمان‌هـا گـوش می‌دهنـد، اپلیکیشـن‌هایی کـه حـرکات بـدن را تشـخیص می‌دهنـد و داده‌های موقعیت مکانی را به کار می‌گیرند و مانند این‌ها.

در چنیـن محیـط شـکل گرفتـه بـر اسـاس هـوش مصنوعـی اسـت کـه مـا معمـولا مجبوریـم بـا کلیـک کـردن بـر روی آنچـه کپچـا[14] (آزمـون همگانـی کامـلا خـودکار شـده تورینـگ بـرای مجـزا کـردن انسـان و رایانـه[15]) نامیـده می‌شـود ثابـت کنیـم کـه انسـان هسـتیم. ایـن آزمـون مجموعـه‌ای از حـروف کـه شـکل آنهـا کمـی تغییـر یافتـه و بـا طرح‌هایـی گرافیکـی آمیختـه شـده را در بـر می‌گیـرد کـه مـا بـرای اثبـات انسـان بـودن خـود مثـلا هنـگام بـاز کـردن حسـاب کاربـری در ویکیپدیـا[16] بایـد آن حـروف را بـه درسـتی بخوانیـم. برخـی اوقـات نیـز تنهـا بـا کلیـک کـردن بـر روی گزینـه «مـن ربـات نیسـتم» نشـان می‌دهیـم کـه انسـان هسـتیم. برنامه‌هـای نرم‌افـزاری قـادر بـه کلیـک بـر روی ایـن گزینـه نیسـتند؛ چـرا کـه مفهـوم عبـارت روبـروی گزینـه را درک نمی‌کنند در حالی‌که این امر برای ما بدیهی به نظر می‌رسد.

هـر روز بـر تعـداد انسـان‌های آنلایـن افـزوده می‌شـوند، مـدارک و پرونده‌هـای بیشـتری، ابـزار بیشـتری و وسـایل بیشـتری بـه یکدیگـر متصـل می‌شـوند، حسـگرهای بیشـتر، سـامانه بازشناسـی بـا امـواج رادیویـی بیشـتر، ماهواره‌هـای بیشـتر، عملگرهـای مکانیکـی بیشـتر و داده‌هـای بیشـتر در مجمـوع مرزهـای فعالیـت ربات‌هـا را گسـترش می‌دهنـد. ماهیـت مشـاغل و فعالیت‌هـای بیشـتری در حـال دیجیتالـی شـدن اسـت: بـازی، آمـوزش، سـرگرمی، زوج یابـی، جـدال، مراقبـت، غیبـت و تبلیغـات همگـی بـه صـورت دیجیتالـی انجـام می‌شـوند. همـه ایـن امـور را در جهانـی انجـام می‌دهیـم کـه بـرای راحتـی جهـان دیجیتـال شـکل گرفتـه، جایـی کـه مـا بیشـتر بـه

14. CAPTCHA
15. The Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart
16. Wikipedia

مهمـان شـباهت داریـم کـه در جهـان میزبانـان دیجیتـال حضـور داریـم. ایـن بـه طـور کلـی خبـر خوبـی بـرای آینـده هـوش مصنوعـی و فن‌آوری‌هـای هوشـمند اسـت. بـا هـر گامـی کـه مـا در جهـت گسـترش مرزهـای فضـا بـر می‌داریـم، هـوش مصنوعـی و فن‌آوری‌هـای هوشـمند مفیدتـر و موفق‌تـر خواهنـد شـد. بالاخـره آنهـا بومی‌هـای حقیقـی ایـن جهـان دیجیتـال هسـتند. بـا ایـن حـال، گسـترش چنیـن جهانـی فرآینـدی اسـت کـه مشـکلات مهمـی را نیـز ایجـاد می‌کنـد. مشـکلاتی ماننـد شـکاف دیجیتالـی[۱۷] مشـهور و مشـهود هستند؛ اما مشکلات دیگر کمتر به چشم می‌آیند.

پیوند میان انسان و هوش مصنوعی

دو فـرد بـه نام‌هـای «الـف» و «ه» را تصـور کنیـد کـه بـا هـم ازدواج کرده‌انـد و واقعـا می‌خواهنـد رابطه‌شـان دوام بیـاورد. «ه» فـردی اسـت کـه بـه طـور فزاینـده‌ای امـور خانـه را انجـام می‌دهـد، انعطاف‌ناپذیـر اسـت، تحمـل اشـتباهات را نـدارد و بعیـد اسـت کـه تغییـر کنـد. «الـف» در نقطـه مقابـل قـرار دارد امـا روز بـه روز تنبل‌تـر و بـرای انجـام امـور خانـه بـه «ه» وابسـته‌تر می‌شـود. نتیجـه کار وضعیتـی نامتـوازن اسـت کـه در آن «ه» در عمـل، حتـی اگـر قصـد ایـن کار را هـم نداشـته باشـد، شـکل دهنـده رابطـه و رفتـار «الـف» خواهـد بـود. ازدواج در صورتـی موفـق خواهـد بـود کـه همـه چیز بر اساس خواست «ه» مهیا شده باشد.

در ایـن مثـال، هـوش مصنوعـی و فن‌آوری‌هـای هوشـمند نقـش «ه» را ایفـا می‌کننـد و «الـف» بـه طـور واضـح انسـان اسـت. خطـری کـه مـا را تهدیـد می‌کنـد ایـن اسـت کـه بـا تطبیـق جهـان بـا نیازهـای فن‌آوری‌هـای هوشـمند، ایـن فن‌آوری‌هـا شـاید بـه محیـط فیزیکـی و مفهومـی مـا شـکل بدهنـد و مـا را مجبـور کننـد کـه بـا آنهـا تنظیـم شـویم چـرا کـه ایـن بهتریـن و آسـان‌ترین یـا در واقـع در برخـی مـوارد تنهـا راه بـرای پیـش بـردن امـور اسـت. گذشـته از اینهـا، هـوش مصنوعـی همسـری نـادان امـا پرتـلاش اسـت و

17. Digital Divide

شکافی که میان افرادی که به فن‌آوری جدید دسترسی دارند و از آن بهره می‌برند و افراد بی بهره از فن‌آوری‌های روز ایجاد می‌شود.

بشـر همسـری باهـوش امـا تنبـل، در نتیجـه بـا در نظـر گرفتـن اینکـه جدایـی جایـی در میـان گزینه‌هـا نـدارد، کدامیـک از ایـن دو خـود را بـا دیگـری تطبیق خواهـد داد؟ شـما احتمـالا بـه یـاد تجربیاتـی در زندگـی واقعـی افتاده‌ایـد جایـی کـه امـکان انجـام کاری وجـود نداشـت مگـر بـه شـیوه‌ای پرزحمـت و احمقانـه چـرا کـه ایـن تنهـا راهـی بـود کـه بتـوان یـک سیسـتم رایانـه‌ای را بـه انجـام کاری وا داشـت. «رایانـه می‌گویـد خیـر»، همان‌طـور کـه شـخصیت کارول بیـر[۱۸] در نمایـش کمـدی بریتانیایـی بـا نـام بریتانیایـی کوچـک[۱۹] بـه درخواست‌های مشتری‌ها همین پاسخ را می‌داد.

آنچـه واقعـا اهمیـت دارد ایـن اسـت کـه حضـور فزاینـده فن‌آوری‌هـای هوشـمندتر از همیشـه در زندگـی مـا اثـرات عظیمـی بـر نحـوه تفکـر ما نسـبت بـه خودمـان و جهـان و همچنیـن تعامـل مـا بـا یکدیگـر و بـا جهـان دارد. موضـوع ایـن نیسـت کـه ماشـین‌های مـا هوشـیار یـا باهـوش هسـتند و یـا می‌تواننـد هماننـد مـا چیـزی را درک کننـد یـا بفهمنـد. آنهـا چنیـن ویژگی‌هـا و قابلیت‌هایی را ندارند.

شـواهد و نتایـج بسـیاری وجـود دارنـد کـه محدویت‌هـای پـردازش رایانه‌هـا را نشـان می‌دهنـد و بـه مسـائل تصمیم‌ناپذیـر[۲۰] شـهرت دارنـد کـه بـرای آنهـا می‌تـوان اثبـات کـرد کـه سـاخت الگوریتمـی کـه همـواره بـه جـواب بله/خیـر صحیحـی برسـد غیـر ممکـن اسـت. مـا می‌دانیـم کـه ماشـین‌های رایانـه‌ای مـا می‌تواننـد «تناظـر کـری- هـاوارد[۲۱]» را بـرآورده سـازند کـه بـرای مثـال نشـان می‌دهـد کـه سیسـتم‌های اثبـات در منطـق از یـک سـو و مدل‌هـای پـردازش از سـوی دیگـر از نظـر سـاختاری مشـابهند و در نتیجـه هـر محدودیتـی در منطـق را می‌تـوان بـه رایانه‌هـا بسـط داد. بسـیاری از ماشـین‌ها می‌تواننـد کارهـای اعجاب‌انگیـزی انجـام دهنـد، مثـلا مـا را در بازی‌هـای تختـه‌ای ماننـد چکـرز[۲۲]، شـطرنج و گـو[۲۳]و همچنیـن شـوی

18. Carol Beer
19. Little Britain
20. Undecidable Problems
21. Curry– Howard correspondence
22. Chequers
23. Go

جپـردی![۲۴] شکسـت دهنـد. انـگار کـه سـقفی بـرای ماشـین‌ها وجـود نـدارد. بـا ایـن حـال، همـه آنهـا نسـخه‌هایی از ماشـین تورینـگ[۲۵] هسـتند، مدلـی فرضـی کـه محدودیت‌هـای کارهـای قابـل انجـام توسـط یـک رایانـه را به‌وسـیله منطـق ریاضـی نشـان می‌دهـد. رایانه‌هـای کوانتومـی هـم بـا محدودیت‌هـای مشـابه مربـوط بـه پـردازش (کـه بـه توابـع پردازشـی شـهرت دارنـد) مواجهنـد. هیـچ هوشـیاری، هوشـمندی و هویـت ذاتـی مسـتقلی بـه طور معجزه آسایی از یک ماشین تورینگ ظهور نمی‌کند.

نکتـه اینجاسـت کـه فن‌آوری‌هـای هوشـمند، بـه لطـف مقادیـر عظیـم داده و اطلاعـات، برنامه‌هـای رایانه‌هـای بسـیار پیچیـده و همچنیـن تـوان تعامـل بـا یکدیگـر (ماننـد اینکـه برنامـه روزانـه شـما کـه در یـک پلتفـورم نوشـته‌اید بـه طـور همزمـان در پلتفورم‌هـای دیگـر بـه روز می‌شـود)، بـه طـور فزاینـده‌ای قادرنـد کـه امـور بیشـتر و بیشـتری را بهتـر از مـا انجـام دهنـد کـه پیش‌بینـی رفتـار مـا نیـز در میـان ایـن امـور جـای می‌گیـرد. پـس مـا دیگـر تنهـا عواملـی نیسـتیم کـه می‌تواننـد امـور را بـا موفقیـت بـه انجـام برسـانند. ایـن همـان چیـزی اسـت کـه مـن بـه عنـوان «انقـلاب چهـارم» در شـناخت مـا از خویشـتن تعریـف کـرده ام. مـا مرکـز جهان نیسـتیم (بنابـر کشـف کوپرنیک[۲۶])، پادشـاه قلمـرو بیولوژیـک (بنابـر کشـف داروین[۲۷]) و یـا قلمـرو عقلانیـت (بنابـر کشـف فرویـد[۲۸]) نیـز نیسـتیم. پـس از تورینـگ، مـا دیگـر در مرکـز جهـان فـن‌آوری اطلاعـات و عوامـل هوشـمند هـم قـرار نداریـم. مـا ایـن جهـان را بـا فن‌آوری‌های دیجیتال تقسیم کرده‌ایم.

از نمونه‌هـای مشـابه دسـتگاه‌های ابرهوشـمند در داسـتان‌های علمـی تخیلـی سـخن نمی‌گوییـم، بلکـه وسـایلی بسـیار معمولـی هسـتند کـه در بسـیاری از امـور عملکـرد بـه مراتـب بهتـری از مـا انسـان‌ها دارنـد هرچنـد کـه از یـک دسـتگاه نـان برشـته کـن باهوش‌تـر نیسـتند. توانایـی ایـن وسـایل

24. Jeopardy!

مسابقه تلویزیونی در آمریکا که اطلاعات عمومی شرکت کنندگان در آن محک می‌خورد.

25. Turing Machine
26. Copernicus
27. Darwin
28. Freud

آن‌قدر برای ما تحقیرآمیز است که باید باور به استثنائی بودن بشر و نقش ویژه ما در جهان، که همچنان بی‌همتا می‌ماند، را مورد بازبینی قرار دهیم. فکر می‌کردیم که باهوش هستیم چرا که می‌توانستیم شطرنج بازی کنیم. حالا یک تلفن همراه اساتید شطرنج را شکست می‌دهد. تصور می‌کردیم که آزاد هستیم چرا که آنچه می‌خواهیم را می‌توانستیم بخریم، اما حالا الگوهای مخارج ما قابل شناسایی و حتی پیش‌بینی هستند، آن هم توسط وسایلی به قطر یک تخته چوب.

همه این‌ها چه پیامی برای شناخت ما از خویشتن خواهند داشت؟ موفقیت فن‌آوری‌های ما تا حد زیادی به این حقیقت بستگی دارد که درحالی‌که مشغول گمانه‌زنی در مورد احتمال ظهور ابرهوشمندی مصنوعی بودیم، به طور فزاینده‌ای جهان را به گونه‌ای با بسیاری از دستگاه‌ها، حسگرها، اپلیکیشن‌ها و داده‌ها شکل دادیم که به جهانی مناسب برای فن‌آوری اطلاعات تبدیل شد، جایی که فن‌آوری‌ها می‌توانند جایگزین ما شوند آن هم بدون اینکه هیچ درکی، نیتی، تفسیری، وضعیت احساسی‌ای، مهارت‌های معنایی، آگاهی، خودآگاهی یا هوش انعطاف‌پذیر (مانند استفاده از کشف به جای چکش برای میخ زدن) بهره‌مند باشند. حافظه (آن‌طور که در الگوریتم‌ها و مجموعه داده‌های عظیم وجود دارد) در مواردی مانند فرود هواپیما، یافتن سریع‌ترین مسیر از خانه به محل کار و یا کشف بهترین قیمت برای خرید یخچال از هوش انسانی عملکرد بهتری دارد.

در نتیجه فن‌آوری‌های هوشمند در انجام امور بهتر هستند، اما این نباید با توان اندیشیدن اشتباه گرفته شود. فن‌آوری‌های دیجیتال اصلا فکر نمی‌کنند، چه برسد به اینکه بهتر از ما فکر کنند، اما می‌توانند امور بیشتر و بیشتری را بهتر از ما انجام دهند آن هم به‌وسیله مقادیر رو به افزایش داده و اطلاعات و برآورد و تحلیل خروجی ماشین به عنوان ورودی عملیات بعدی که به یادگیری ماشین شهرت یافته است. آلفاگو، برنامه رایانه‌ای توسعه یافته توسط شرکت دیپ‌مایندگوگل[۲۹] توانست در

29. Google DeepMind

بازی تخته‌ای گو، بهترین بازیکن جهان، لی سدول[۳۰] را شکست دهد چرا که می‌توانست از پایگاه داده‌های حدود سی میلیون حرکت بهره ببرد و هزاران بار با خودش بازی کند و هر بار کمی بیشتر در مورد بهبود عملکردش «بیاموزد». مانند این است که یک سیستم با دو چاقو بتواند خودش را تیز کند. اما یک لحظه تصور کنید چه اتفاقی می‌افتاد اگر هنگام مسابقه صدای هشدار سیستم اعلام حریق ناگهان به گوش می‌رسید. سدول، بهترین بازیکن جهان در بازی تخته‌ای گو، به سرعت بازی را متوقف می‌کرد و میز بازی را ترک می‌گفت در حالی‌که آلفاگو همچنان در حال محاسبه حرکت بعدی در بازی بود.

پس تفاوت چیست؟ درست همان تفاوتی که میان شما و ماشین ظرفشویی هنگام شستن ظرف‌ها وجود دارد. چه پیامدهایی به همراه دارد؟ اینکه هر چشم اندازی در مورد آخرالزمانی ناشی از هوش مصنوعی قابل چشم‌پوشی است. خطر اصلی در ظهور نوعی اَبَرهوش مصنوعی نیست، بلکه در این است که ما شاید از فن‌آوری‌های دیجیتال به شیوه نادرستی استفاده کنیم که در اثر آن بخش قابل توجهی از بشریت یا کل سیاره زمین آسیب ببینند.

مراقب انسان‌ها باشید

ما انسان‌ها و نه فن‌آوری، عامل مشکل‌ساز امروز و آینده قابل تصور هستیم. به همین خاطر است که باید به اتاق تاریک نور بیافکنیم و با دقت بنگریم که به کدام سو می‌رویم. هیچ هیولایی در کار نیست اما موانع بسیاری حضور دارند که باید از آنها اجتناب کرد یا آن را از سر راه برداشت و یا به نوعی از کنار آنها عبور کرد. باید نگران حماقت واقعی بشر باشیم و نه هوش مصنوعی تخیلی. مشکل هال[۳۱] نیست بلکه بشریت است.

30. Lee Sedol
31. HAL
اشاره نویسنده به رایانه هال در فیلم ۲۰۰۱: ادیسه فضایی است که در آن رایانه هال علیه بشر دست به اقداماتی می‌زند.

بنابرایـن بایـد بـر روی چالش‌هـای حقیقـی تمرکـز کنیـم. بـه عنـوان نتیجه‌گیـری، پنـج چالشـی کـه همگـی بـه یـک انـدازه اهمیـت دارنـد را فهرست کرده‌ام:

- بایـد هـوش مصنوعـی را بـا محیط‌زیسـت سـازگار کنیـم. نیازمنـد سـاخت هوشـمندترین فن‌آوری‌هـای ممکـن بـرای مقابلـه بـا اهریمن‌هایـی هسـتیم کـه بشـریت و سـیاره زمیـن را تهدیـد می‌کننـد؛ از فجایـع زیسـت‌محیطی گرفتـه تـا بحران‌هـای مالـی، از جـرم و جنایـت، تروریسـم و جنـگ گرفتـه تـا قحطـی، فقـر، بـی توجهـی، نابرابـری و سـطح زندگـی بسـیار پاییـن. بـرای مثـال بیـش از هفتصـد و هشـتاد میلیـون نفـر در جهـان بـه آب آشـامیدنی سـالم دسترسـی ندارنـد و حـدود دو و نیـم میلیـارد نفـر از بهداشـت و درمـان مناسـب بـی بهره‌انـد. هـر سـال حـدود شـش تـا هشـت میلیـون نفـر بـه خاطـر پیامدهـای فجایـع زیسـت‌محیطی و بیماری‌هـای مربـوط بـه آب آشـامیدنی ناسـالم جـان می‌دهنـد. این‌هـا، و نـه هـوش مصنوعـی، مـواردی هسـتند کـه موجودیـت مـا را تهدیـد می‌کنند.
- بایـد هـوش مصنوعـی را بـا بشـر سـازگار کنیـم. اگـر بخواهیـم جملـه ایمانوئـل کانـت[۳۲] را بازنویسـی کنیـم، بایـد گفـت کـه هـوش مصنوعـی بـا انسان‌ها به عنوان هدف و نه صرفا وسیله رفتار کند.
- بایـد کاری کنیـم کـه حماقـت هـوش مصنوعـی بـه خدمـت هـوش بشـر در بیایـد. میلیون‌هـا شـغل تحـت تاثیـر قـرار خواهنـد گرفـت، از بیـن خواهنـد رفـت و یـا ایجـاد خواهنـد شـد. همـه بایـد از منافـع ایـن تحـول بهره‌منـد شـوند و هزینه‌هـای آن بایـد توسـط کل جامعـه تحمـل شـود، چـرا کـه هرگـز پیـش از ایـن چنیـن افـراد زیـادی متحمـل چنیـن تحـول بنیادیـن و سـریعی نشـده‌اند. هـزار سـال طـول کشـید تـا تاثیـر انقـلاب کشـاورزی بـه طـور کامـل بـر جامعـه پدیـدار شـود، بـرای انقـلاب صنعتـی ایـن زمـان چنـد قـرن بـود امـا بـرای انقـلاب دیجیتالـی تنهـا چنـد دهـه زمـان بـرد. پـس جـای تعجبـی نیسـت کـه گیـج شـده‌ایم و تعادل‌مـان بـه هـم

32. Immanuel Kant

خورده است.

- باید قدرت پیش‌بینی هوش مصنوعی را برای آزادی و خودمختاری انسان به خدمت بگیریم. بازاریابی محصولات، تاثیرگذاری بر رفتار مصرف کنندگان، سوق دادن مردم به جهتی خاص و یا نبرد با جرم و جنایت و تروریسم هرگز نباید به تضعیف کرامت انسانی بینجامند.
- در آخر اینکه باید هوش مصنوعی را انسانی‌تر کنیم. خطری جدی وجود دارد که ما از فن‌آوری‌های هوشمند سوءاستفاده کنیم. وینستون چرچیل زمانی گفت که «ما ساختمان‌هایمان را شکل می‌دهیم و سپس ساختمان‌هایمان به ما شکل می‌دهند». این گزاره در مورد فضایی که برای فعالیت فن‌آوری‌های هوشمند ایجاد می‌کنیم نیز صدق می‌کند. بهتر است که همین حالا اصلاحش کنیم.

فصل چهاردهم

جهانی که داده‌ها آن را پیش می‌برند

کنث کوکیر[1]

به کارگیری همه جانبه داده‌ها در مقیاسی عظیم و به شیوه‌های نوآورانه بسیاری از کالاها و خدمات را آسان‌تر، ارزان‌تر و فراوان‌تر خواهد کرد.

1. Kenneth Cukier

چشمانتان را باز می‌کنید و ربات شخصی شما پروازکنان صبحانه را به تخت می‌آورد: قرص پروتئین و آب نبات قهوه. تنها خمیازه کشیدن شما کافی است تا حسگرهای روی سقف نفس شما را تحلیل کرده و بگویند که آیا بیمار هستید یا خیر. سپس جت پرنده شما که نیازی هم به راننده ندارد شما را به محل کار می‌رساند.

این روایت، در واقع، روایتی رویاپردازانه و علمی تخیلی است. اما طی سه دهه آینده، با ورود شیوه‌های هوش مصنوعی به همه حوزه‌های زندگی، تحولات بنیادینی در راه خواهند بود. تمام جوانب کسب و کار و جامعه تحت تاثیر داده‌ها قرار خواهند گرفت، درست همان‌طور که پردازش رایانه‌ای و اینترنت طی سه دهه اخیر همه چیز را تحت تاثیر قرار داده‌اند.

انقلاب مدرن در علوم به کتاب گالیله در مورد ریاضیات در سال ۱۶۳۸ باز می‌گردد، جایی که گالیله این ایده را مطرح کرد که همه پدیده‌های طبیعی را می‌توان به زبان ریاضی بیان کرد. به طور مشابه، هنگامی که به لطف جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، درک بهتری از همه فعالیت‌های روی زمین ایجاد شود و امکان بهینه سازی این فعالیت‌ها فراهم آید، عصر تازه‌ای ظهور خواهد کرد. اطلاعات به عنوان منبعی ضروری در نظر گرفته خواهند شد. نیروی بخار نیروی پیش‌برنده قرن نوزدهم بود، نفت همین نقش را در قرن بیستم بازی کرد و داده‌ها نیز نقش مشابهی برای قرن بیست و یکم خواهند داشت.

به لطف شیوه‌های مرسوم در هوش مصنوعی، ما قادریم که به شیوه‌ای خودکار و در مقیاسی عظیم از داده‌های تولید شده بیاموزیم. کوین کلی[1]، فیلسوف آمریکایی که حوزه تخصصی‌اش فن‌آوری است، این پدیده را «کگنیتایز[2]» می‌نامد که به معنی تزریق هوش ماشینی به همه اموری است که ما انجام می‌دهیم. توانایی چنین کاری به لطف تراشه‌های باریک رایانه‌ای و الگوریتم‌های به دقت طراحی شده فراهم

1. Kevin Kelly
2. Cognitise

آمـده اسـت، بـا ایـن حـال هـوش ماشـینی واقعـی نیازمنـد داده اسـت و از آنجـا کـه داده‌هـا بـه نیـروی حیاتـی تبدیـل شـده‌اند، دسـتگاه‌ها نـه تنهـا از داده‌هـا اسـتفاده می‌کننـد بلکـه بـه طـور دائمـی داده‌هـای تـازه را نیـز جمـع آوری می‌کنند.

همیـن حـالا هـم می‌تـوان پیشـروان ایـن عصـر را مشـاهده کـرد کـه از وسـایلی ابتدایـی ماننـد ترموسـتات‌ها (ترموسـتات تولیـد شـرکت گـوگل، نسـت[3] نـام دارد) و گروهـی از ردیاب‌هـای سـلامت کـه تعـداد گام‌هـا و ضربـان قلـب مـا را می‌شـمرند گرفتـه تـا دسـتیارهای شـخصی اعجاب‌انگیـز کـه بـا فرمـان صوتـی کار می‌کننـد و همیشـه آمـاده بـه خدمـت هسـتند (ماننـد گـوگل هـوم[4] و آمـازون اکـو[5]). تـا سـال ۲۰۵۰، همـه این‌هـا همـان انـدازه بـه وسـایلی عـادی و متـداول تبدیـل خواهنـد شـد کـه نیم‌قـرن پیـش سـاعت‌های مچی و رادیوها عادی به نظر می‌رسیدند.

ورود داده‌هـا بـه فعالیت‌هـای روزمـره شـواهد تـازه‌ای را در مـورد شـیوه عملکـرد جهـان در پیـش‌رو مـا قـرار می‌دهـد. البتـه بشـر مدت‌هاسـت کـه از داده‌هـا بـرای شـناخت جهـان بهـره بـرده امـا تـا زمانـی کـه ایـن داده‌هـا محـدود بودنـد، تنهـا می‌شـد در مـورد الگوهـای بسـیار مشـهود و بـزرگ شـناخت پیـدا کـرد. حـالا، بـا افزایـش میـزان داده‌هـای موجـود، مـا قادریـم کـه الگوهـای بسـیار نامحسـوس‌تری را شناسـایی کنیـم. اگـر تاثیـر رایانه‌هـا بـر بهبـود بهـره‌وری و کارایـی طـی ۳۵ سـال آینـده هماننـد ۳۵ سـال گذشـته باشد، می‌توانیم طرحی کلی از نوع زندگی در سال ۲۰۵۰ ترسیم کنیم.

ایـن طـرح کلـی سـه رونـد اصلـی را در بـر می‌گیـرد. نخسـت، امـوری کـه امـروز انجـام آنهـا بسـیار سـخت اسـت آسـان‌تر خواهنـد شـد. دوم، چیزهایـی کـه امـروز پرهزینـه هسـتند ارزان‌تـر خواهنـد شـد. سـوم، چیزهایـی کـه امـروز کمیـاب هسـتند فراوان‌تـر خواهنـد شـد. بـه طـور خلاصـه: آسـان‌تر، ارزان‌تـر، فراوان‌تـر. اکنـون ایـن روندهـا را در سـه حـوزه اصلـی جامعـه یعنـی خدمـات درمانی، آموزش و حقوق ترسیم می‌کنیم.

3. Nest
4. Google Home
5. Amazon Echo

پزشک، خودت را شفا بده

پزشکی امروز بیشتر به قرن نوزدهم شباهت دارد تا قرن بیست و یکم. پزشکان برای تصمیم‌گیری به آنچه در کتاب‌های دانشکده پزشکی در ذهنشان مانده و سال‌ها تجربه انباشته اعتماد می‌کنند. کاملا منطقی به نظر می‌رسد اما در واقع نامعقول است چرا که امکان ندارد هیچ پزشکی بتواند با همه شرایط ممکن و همه شیوه‌های درمان آشنا باشد، به خصوص که درمان‌های تازه به طور دائم در حال ظهورند.

اگر گوگل می‌تواند در میان میلیاردها صفحه، مرتبط‌ترین صفحات به آنچه جستجو کرده‌اید را فهرست کند و آمازون می‌تواند به طور اعجاب‌آوری خرید بعدی شما را حدس بزند، چرا پزشکان نتوانند برای تشخیص بیماری‌ها از رایانه بهره ببرند؟ چنین پدیده‌ای تا سال ۲۰۵۰ احتمالا به امری متداول تبدیل خواهد شد. سوابق پزشکی به صورت دیجیتال خواهند بود و الگوریتم‌ها برای یافتن رابطه میان بهترین درمان و اثرات جانبی مضر همه داده‌ها و اطلاعات را بررسی خواهند کرد.

پایگاه داده‌ها به باهوش‌ترین پزشک در جهان تبدیل خواهد شد، چرا که هر مورد پزشکی را به یاد می‌آورد و الگوهای میان درمان‌های به کار گرفته شده و نتایج نهایی را می‌بیند تا دریابد که بهترین راهکار برای هر شرایط چیست. اخذ تصمیمات نهایی همچنان بر دوش پزشکان خواهد بود. اما آنها اگر برای قضاوت‌های پزشکی از سامانه‌های کلان داده‌ها بهره نبرند، احتمالا در معرض شکایت‌های حقوقی مربوط به خطای پزشکی قرار خواهند گرفت، درست همان‌طور که اگر امروز یک خلبان سیستم خلبانی خودکار (اتوپایلت) را خاموش کند، عینک و کلاه خلبانی چرمی بپوشد و تلاش کند که هواپیما را به شیوه قدیمی روی زمین فرود بیاورد، شغلش را از دست خواهد داد.

واتسون[6]، پلتفورم رایانش شناختی[7] ساخت شرکت آی‌بی‌ام، همین

6. Watson
7. Cognitive-computing

حـالا هـم اطلاعـات پزشـکی جمـع‌آوری و ثبـت می‌کنـد بـا ایـن امیـد کـه بتوانـد در تشـخیص بیماری‌هـا بـه پزشـکان کمـک کنـد. سـامانه‌هایی کـه بـا کلان داده‌هـای تغذیـه می‌شـوند حتـی می‌تواننـد بـرای طراحـی داروهـای جدیـد نیـز بـه کار بیاینـد. همچنیـن سـامانه‌های رباتیـک مخصـوص جراحـی نیـز در حـال «آموختـن» به‌وسـیله انباشـت اطلاعـات عمل‌هـای جراحـی پیشـین هسـتند، درسـت همان‌طـور کـه خودروهـای بـدون راننـده از تجربیـات شرایط رانندگی پیشین می‌آموزند.

یکـی از بخش‌هـای خدمـات درمانـی کـه بـه طـور حتـم تحـت تاثیـر کلان داده‌هـا قـرار خواهـد گرفـت، پاتولـوژی[8] (آسـیب شناسـی) رایانـه‌ای خواهـد بـود. در سـال ۲۰۱۱ گروهـی از پژوهشـگران تحـت هدایـت انـدرو بـک[9] در دانشـگاه هـاروارد از بینایـی رایانـه‌ای[10] و الگوریتـم یادگیـری ماشـین بـرای تحلیـل نمونـه برداری‌هـای مربـوط بـه سـلول‌های سـرطان سـینه و نـرخ زنـده مانـدن بیمـاران بهـره بردنـد، بـا ایـن هـدف کـه بفهمنـد آیـا سـامانه‌های رایانـه‌ای نیـز می‌تواننـد در پیش‌بینـی بیمـاری سـرطان بـه خوبـی انسـان‌ها عمـل کننـد. جالـب اینکـه نـه تنهـا عملکـرد رایانـه در پیش‌بینـی سـرطان بـه انـدازه انسـان خـوب بـود، بلکـه از میـان یـازده ویژگـی بـه کار گرفتـه شـده توسـط الگوریتـم بـرای پیش‌بینـی اینکـه آیـا یـک نمونـه برداشـته شـده سـرطانی اسـت یـا نـه، تنهـا هشـت ویژگـی صرفـا بـه خـود سـلول مربـوط بودنـد و سـه مـورد بـه بافـت اسـترومال[11] مربـوط می‌شـدند کـه تـا آن زمـان پزشـکان نمی‌دانسـتند کـه بایـد مـورد توجـه قـرار بگیـرد. مـوردی کـه از چشـم انسـانی مخفـی مانـده بـود امـا به‌وسـیله تحلیـل میـزان قابـل توجهـی از داده و اطلاعات کشف شد.

فـن‌آوری پاتولـوژی رایانـه‌ای هنـوز در مرحلـه آزمایشـی اسـت و بـرای گسـترش آن قوانیـن و مقـررات نیـز بایـد مـورد بازبینـی قـرار گیرنـد. بـا ایـن وجـود تـا سـال ۲۰۵۰ تشـخیص‌های پزشـکی چنیـن شـکلی خواهنـد داشـت.

8. Pathology
9. Andrew Beck
10. Computer-vision
11. stromal

نکته اینجاست که داده‌ها انقلابی در ارائه خدمات درمانی ایجاد خواهند کرد. به طور کلی، الگوریتم‌ها در هر موردی که نیازمند آموزش بسیار تخصصی، قضاوت و تصمیم‌گیری در شرایط بی‌اطمینانی باشد بهتر از انسان‌ها عمل می‌کنند. عملکرد الگوریتم‌ها دقیق‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر خواهد بود.

درس دادن به معلمان

بخش آموزش، دومین بخشی که آماده تحول به‌وسیله داده‌ها است. آموزش همگانی در غرب در قرن نوزدهم و با هدف جایگزینی آموزش خصوصی که مختص طبقه اعیان بود رواج یافت. آموزش خصوصی بر اساس توانایی‌ها و خواست انفرادی افراد وفق می‌یافت اما نظام آموزش همگانی بازتاب دهنده سازمان‌های صنعتی آن زمان یعنی کارخانه‌هایی با دستورالعمل تولید انبوه بود. دانش‌آموزان به عنوان خروجی این فرآیند تولید انبوه در خط تولید قرار می‌گرفتند و آموزش برای همه یکسان بود. به سختی می‌شد آموزش همگانی را به شیوه دیگری انجام داد.

داده‌ها در آن زمان، همچون حالا، به طور موردی به کار گرفته می‌شدند: نتیجه یک امتحان در این جا، نمره یک دانش‌آموز در آنجا. اما این داده‌ها به صورت یکپارچه و مداوم جمع آوری نمی‌شدند و مورد تحلیل قرار نمی‌گرفتند تا بتوان بر اساس آنها آموخت که بهترین شیوه آموزش چیست و برای نیازهای یک دانش‌آموز خاص چه شیوه تدریسی باید به کار گرفته شود. تا همین اواخر، یافتن شیوه‌های مناسب برای هر دانش‌آموز بسیار پرهزینه و طاقت‌فرسا بود. اما این محدودیت‌ها در حال برطرف شدن هستند. در نتیجه می‌توان تصور کرد که آموزش در سال ۲۰۵۰ چگونه خواهد بود: داده‌ها و اطلاعات به طور دائمی برای بهبود عملکرد دانش‌آموزان و معلمان مورد بررسی قرار می‌گیرند تا بتوان بهترین شیوه یادگیری را تشخیص داد. داده‌ها ما را قادر خواهند ساخت که بار دیگر به دورانی بازگردیم که آموزش برای

هر فرد به طور ویژه طراحی می‌شد، دورانی که به واسطه تولید انبوه آموزش همگانی از بین رفت.

بستر آموزش نیز دیجیتال خواهد بود و در نتیجه داده‌ها می‌توانند به راحتی و در همه شرایطی جمع‌آوری شوند. این به معنی کلاس درس‌هایی کاملا دگرگون شده است، جایی که برای مثال دانش‌آموزان در خانه به درس‌های معلم گوش می‌دادند (به جای انجام تکالیف منزل به تنهایی) و برای حل مساله در کلاس حضور می‌یافتند (هنگامی که آموزگار هم آنجا حضور دارد).

همین حالا هم مثال‌هایی از این نوع آموزش را می‌توان یافت. برای مثال اندروا نگ[۱۲]، استاد علوم رایانه در دانشگاه استنفورد، در سال ۲۰۱۲ از داده‌ها برای بهبود کلاسی که به صورت آنلاین تدریس می‌کرد بهره برد.

او هنگام تحلیل داده‌های مربوط به نحوه تماشای ویدئوهای کلاس به الگویی عجیب پی برد: دانشجویان ویدئوها را به طور متوالی تماشا می‌کردند اما به جلسه هفتم که می‌رسیدند چند هفته به عقب باز می‌گشتند تا ویدئوی هفته سوم را دوباره تماشا کنند. از آنجا که هزاران دانشجو در این کلاس آنلاین ثبت نام کرده بودند، مشخص بود که الگوی مشاهده شده اتفاقی نیست. اما عامل ایجاد این الگو چه بود؟ آقای انگ ویدئوها را بررسی کرد و دریافت که جلسات ابتدایی کلاس‌هایی برای مرور ریاضیات مربوط به درس بوده است. چند هفته بعد، دانشجویان با ریاضیاتی پیچیده مواجه می‌شدند و از آنجا که نسبت به توانایی ریاضی خود اطمینان نداشتند برای مرور مباحث ریاضی به عقب باز می‌گشتند. آقای انگ به این نتیجه رسید که تغییراتی در سرفصل‌های دروس ایجاد کند و ریاضیات بیشتری را به جلسات ابتدایی بیفزاید تا دانشجویان برای مباحث پیچیده‌تر آمادگی داشته باشند.

کلاس‌های آنلاین تنها یک نقطه شروع هستند. هنگامی که یک کتاب درسی کتابی الکترونیک باشد، کتاب‌خوان الکترونیکی همان‌قدر از دانش‌آموز می‌آموزد که دانش‌آموز از کتاب. برای مثال کتاب‌خوان

12. Andrew Ng

الکترونیکی می‌فهمد که آیا دانش‌آموز واقعا در حال مطالعه است یا خیر و سرعت مطالعه او چقدر است. اگر حواس دانش‌آموز پرت شود (که آن را بتوان بر اساس کاهش سرعت مطالعه فهمید)، کتاب الکترونیکی می‌تواند با یک پرسش یا نمایش یک ویدئو توجه دانش‌آموز را دوباره جلب کند. کتاب الکترونیکی می‌تواند بگوید که آیا دانش‌آموز یک شنبه بعد از ظهر در خانه یا دوشنبه صبح در اتوبوس در راه مدرسه درس خوانده است. همچنین می‌توان دریافت که نمرات بهتر با مطالعه پس از شام رابطه مستقیم دارند یا مطالعه پیش از شام.

بنابراین داده‌ها در بخش آموزش، همانند بخش خدمات درمانی، از موجودی ایستا به جریان تبدیل خواهند شد و به جای اینکه یک دفعه جمع‌آوری شوند به طور دائمی و پیوسته جریانی از اطلاعات ایجاد و جمع آوری می‌شود. جریان دائمی اطلاعات امکان به کارگیری شیوه یادگیری تطبیقی را فراهم می‌آورد. یادگیری تطبیقی بر اساس ایده تحلیل عملکرد یک دانش‌آموز و سپس انتخاب مواد آموزشی و سرعت آموزش مناسب برای آن دانش‌آموز است. پس اگر یک دانش‌آموز به سه پرسش ریاضی درباره مثلثات به درستی و به سرعت پاسخ می‌دهد، نرم‌افزار درمی‌یابد که باید به سرفصلی چالش برانگیزتر مراجعه کند. اگر دانش‌آموز در مبحث محیط دایره و کره با مشکل رو به رو است، نرم‌افزار پرسش‌های بیشتری را در این بخش مطرح می‌کند. امروز، دانش‌آموزان ممتاز نیز حفره‌هایی علمی دارند؛ یادگیری تطبیقی می‌تواند تضمین کند که چنین دانش‌آموزانی پیش از آنکه به مبحث بعدی بروند در همه زمینه‌ها خبره شده‌اند.

تا سال ۲۰۵۰ داده‌ها این امکان را برای بخش آموزش فراهم خواهند آورد که بار دیگر به ریشه‌هایش یعنی آموزش اختصاصی مناسب هر فرد باز گردد و شیوه فعلی آموزش پایدار نخواهد بود. آموزش ساده‌تر، ارزان‌تر و فراوان‌تر خواهد بود و دانش‌آموزان بیشتری می‌توانند از آن بهره‌مند شوند.

وکلا را بکش

حاکمیت قانون بسیار ارزشمند است اما احتمالا بسیاری از افراد آرزو می‌کنند که ای کاش مشاغل حقوقی کمتری وجود داشت. «نخستین اقدامی که انجام می‌دهیم، کشتن همه وکلا است»، این را دیک قصاب[۱۳] در بخش دوم نمایشگاه شاه هنری ششم[۱۴] نوشته شکسپیر[۱۵] می‌گوید. تا همین اواخر، داده‌ها حضور کم‌رنگی در بخش حقوقی داشتند. حقوق، قلمروی استدلال‌های مکتوب و قضاوت انسانی است. اما این وضعیت را در حال تغییر است. تا سال ۲۰۵۰، داده‌ها در مرکز مشاغل حقوقی و در واقع مفهوم عدالت قرار خواهند گرفت.

همین حالا هم از داده‌ها برای شناسایی عدم توازن در فعالیت‌ها و اقدامات پلیس استفاده می‌شود، مانند داده‌های مربوط به تعداد دفعاتی که مردان جوان سیاهپوست در آمریکا که مورد تفتیش و بازرسی قرار گرفته یا محکوم شده‌اند و مقایسه این ارقام با آمار مشابه مربوط به مردان سفیدپوست. چندین شرکت ارائه دهنده خدمات انتخاب هیات منصفه به دادستان‌ها، داده‌هایی را ارائه می‌دهند که برای مثال برآورد می‌کند که یک خانم آسیایی با چه احتمالی یک متهم مونث را محکوم خواهد کرد. چنین داده‌هایی در فرآیند ارزیابی و تایید اعضای هیات منصفه به کار می‌آید. چنین سامانه‌ای به‌وسیله بررسی میزان قابل توجهی از داده‌های مربوط به ویژگی‌های اعضای هیئت منصفه مانند جنسیت، نژاد و سن و رای نهایی آنها عمل می‌کند و به طرفین دعوا اجازه می‌دهد که در انتخاب اعضای هیات منصفه شانس پیروزی خود در نتیجه نهایی دادگاه را افزایش دهند.

زمینه دیگری که در آن استفاده از داده‌ها به کمک بخش حقوقی می‌آید، کشف الکترونیک نام دارد. دعاوی پیچیده شرکتی در برخی مواقع نیازمند مرور میلیون‌ها صفحه مدارک و شواهد است. در گذشته، کاوش در این مدارک به گروهی از وکلای جوان سپرده می‌شد که

13. Dick the Butcher
14. King Henry VI
15. Shakespeare

شیوه‌ای گران و نه چندان موثر بود. اما الگوریتم‌ها می‌توانند با جستجوی کلیدواژه و ترافیک ایمیل‌ها رفتارهای مشکوک را شناسایی کنند، آن هم با سرعت بسیاری بالا و هزینه بسیار کم، و البته با دقتی بیشتر از دقت انسانی.

اقدامات داده محور دیگری نیز در راه هستند. یک استارت‌آپ که راول[۱۶] نام دارد مجموعه عظیمی از قوانین در آمریکا را جمع آوری کرده که لوایح، دستورات اجرایی، احکام قضایی و مانند این‌ها را در بر می‌گیرد و آنها را در یک پایگاه داده‌ها سامان داده با این هدف که بتوان جزئیاتی را از این موارد استخراج کرد و روابطی را میان آنها یافت. هدف نهایی این استارت‌آپ ایجاد انقلابی در تحقیقات حقوقی است. وکلا در نهایت نه تنها سوابق مربوط به یک موضوع حقوقی را می‌یابند (همان‌طور که سامانه‌های فعلی نیز چنین امکانی را فراهم می‌آورد)، بلکه می‌توانند مشاهده کنند که چه مواردی در احکام قضایی مربوط به موارد پیشین نقش‌آفرین بوده‌اند، همچنین جستجو در این داده‌ها را می‌توان تا سطح منطقه‌ای خاص یا یک قاضی خاص محدود کرد. وکلا می‌توانند مشاهده کنند که در موارد مشابه پیشین چه استدلال‌هایی از سوی طرف مقابل به کار گرفته شده و بهترین شیوه برای مقابله با این استدلال‌ها چیست.

تا سال ۲۰۵۰، بیشتر متون خلاصه حقوقی و قراردادها حداقل ابتدا توسط الگوریتمی تهیه می‌شود که به کوهی از داده‌ها دسترسی دارد و بر اساس آنها بهترین نوع قرارداد را تنظیم می‌کند. سپس این مدارک توسط یک حقوقدان انسانی مرور و تایید می‌شود تا اطمینان حاصل شود که ادعاهای مطرح شده در متن حقوقی همان‌هایی است که مدنظر موکل است. به طور مشابه، هرچند که یک الگوریتم می‌تواند دادخواست‌های قابل اطمینان و نامتناقضی را برای مباحث رایج حقوقی آماده کند، اما هنوز وکلا و قضات انسانی مورد نیاز خواهند بود تا دو طرف دعوا و افکار عمومی حداقل این احساس را به‌دست بیاورند که

16. Ravel

دعـوی حقوقـی آنهـا از توجـه لازم برخـوردار شـده اسـت. درسـت همان‌طـور کـه در فلسـفه حقـوق آمـده کـه عدالـت تنهـا نبایـد اجـرا شـود، بلکـه اجـرای عدالـت هـم بایـد توسـط جامعـه مشـاهده شـود. در آینـده هـم هـر فـردی اسـتحقاق ایـن را دارد کـه روزی در دادگاه بـه دادخواسـتش توسـط یـک انسـان و نه یک بات رایانه‌ای رسیدگی شود.

داده‌هـا بـه بهبـود سـازوکارهای حقوقـی و ایجـاد جامعـه‌ای عادلانه‌تـر می‌انجامنـد. تـا سـال ۲۰۵۰ دیگـر درخواسـت هیـچ متهمـی بـرای صـدور قـرار وثیقـه بـه ایـن خاطـر کـه شـاید او کشـور را تـرک کنـد رد نخواهـد شـد، بلکـه مبلـغ قـرار وثیقـه بـر اسـاس داده‌هـا تعییـن خواهـد شـد، درسـت همان‌طـور کـه امـروز نـرخ بهـره وام مسـکن هـر مشـتری بـر اسـاس داده‌هـا تعییـن می‌شـود. بـه طـور مشـابه، ایـن ایـده کـه یـک قاضـی یـا هیئـت منصفـه در چشـمان یـک زندانـی بنگرنـد و بفهمنـد کـه آیـا آزادی زودهنـگام او تهدیـدی بـرای جامعـه محسـوب خواهـد شـد یـا خیـر در آینـده به داسـتانی تخیلـی شـبیه خواهـد بـود. در عـوض، چنیـن تصمیماتـی بـر اسـاس داده‌هـا و برآورد احتمال ارتکاب جرم مجدد صورت می‌پذیرند.

یکـی از اثـرات پیونـد میـان داده‌هـا و قانـون ایـن خواهـد بـود کـه بخـش حقوقـی بسـیار کاراتـر خواهـد بـود و کیفیـت اسـتدلال‌ها در آن بهبـود یافتـه و پرونده‌هـا سـریع‌تر بـه نتیجـه می‌رسـند. (اینکـه آیـا مـوکلان صـورت حسـاب‌های ارزان‌تـری دریافـت خواهنـد کـرد یـا خیـر در آینـده مشـخص خواهـد شـد.) بـا کلان داده‌هـا، سـازوکار حقوقـی آسـان‌تر، ارزان‌تـر، فراوان‌تـر نیـز خواهـد بـود و دسترسـی بـه دادگسـتری افزایـش خواهـد یافـت. امـروز، بـه دادگاه بـردن یـک اختـلاف نظـر، بیـش از آنکـه یـک حـق بـه نظـر برسـد، اقدامـی تجملـی و لوکـس بـه نظـر می‌رسـد. بـی عدالتی‌هایـی کـه نسـبت بـه بسـیاری از افـراد صـورت می‌گیـرد اصـلا بـه محاکـم قضایـی وارد نمی‌شـوند، چـرا کـه ایـن بـی عدالتی‌هـا در حـدی نبوده‌انـد کـه ارزش فرآیندهـای طولانـی و پـر پیـچ و خـم قضایـی را داشـته باشـند. تغییراتـی کـه داده‌هـا در اقتصـاد خدمـات حقوقـی ایجـاد خواهنـد کـرد از هزینه‌هـای مربـوط بـه امـور قضایـی و دریافـت غرامـت کاسـته و بـر امـکان اسـتفاده از نماینـده حقوقـی

می‌افزایـد. حاکمیـت قانـون در جامعـه احتمـالا گسـترش خواهـد یافـت و عمیق‌تـر خواهـد شـد، همان‌طـور کـه هزینـه ذخیره‌سـازی و انتقـال اطلاعـات بـا آمـدن فـن‌آوری چـاپ سـقوط کـرد و بـه انتشـار و گسـترش دانش انجامید.

آخرالزمان در بازار کار؟

همان‌طـور کـه بخش‌هـای خدمـات درمانـی، آمـوزش و قضایـی تحـت تاثیـر داده‌هـا قـرار خواهنـد گرفـت، در کل جامعـه نیـز بهبودهایـی پدیـد خواهنـد آمـد. بـا ایـن وجـود نگرانی‌هـای موجهـی نیـز در مـورد از بیـن رفتـن میـزان قابـل توجهـی از شـغل وجـود دارد. اگـر یـک الگوریتـم بتوانـد بهتـر از یـک نیـروی انسـانی ماننـد پاتولوژیسـت کار کنـد، بـه چنـد نفـر در بخـش پزشـکی نیـاز خواهـد بـود؟ اگـر یـک اسـتاد بتوانـد بـه صـورت آنلایـن بـه صدهـا هـزار دانشـجو درس بدهـد، احتمـالا بـه آمـوزگاران کمتـری نیـاز نخواهیـم داشـت؟ شـاید نیـازی بـه کشـتن وکلا نباشـد، آنهـا خودشـان کنـار خواهنـد رفـت، چـرا کـه بـرای مـرور متـون حقوقـی آمـاده شـده توسـط الگوریتم‌هـا تنهـا بـه تعـداد انگشـت شـماری حقوقـدان برجسـته نیـاز اسـت، نه گروهی از وکلای تازه کار.

ایـن گـذار بـه طـور حتـم بـرای بسـیاری مشـکل خواهـد بـود، هرچنـد کـه در بلندمـدت دلیلـی وجـود نـدارد کـه تصـور کنیـم بـازار خدماتـی ماننـد خدمـات درمانـی، بخـش حقوقـی و بخـش آمـوزش گسـترش نخواهنـد یافـت و اشـتغال در آنهـا رشـد نخواهـد کـرد. همچنیـن الگوریتم‌هـا انجـام امـوری کـه بـرای انسـان‌ها خوشـایند نیسـت را بـر عهـده خواهنـد گرفـت و در نتیجـه ماهیت مشاغل تغییر خواهد کرد.

بـرای مثـال پاتولوژیسـت‌ها را در نظـر بگیریـد. تعـدادی از آنهـا همچنـان بـرای کار بـا الگوریتم‌هـا مـورد نیـاز خواهنـد بـود تـا عملکـرد و نتایـج کار الگوریتم‌هـا را بررسـی کننـد و اطمینـان حاصـل کننـد کـه یافته‌هـای جدیـد در ایـن حـوزه از علـم پزشـکی بـه دقـت سـامانه‌های تکنیکـی بـه روز شـده‌اند. بـا افزایـش کارایـی و کاهـش هزینه‌هـا، تحلیل‌هـا بـر اسـاس فعالیت‌هـای

عـادی روزانـه انجـام می‌شـوند؛ بـه جـای اینکـه بررسـی نمونه‌هـای سـلولی تنهـا زمانـی انجـام می‌پذیـرد کـه فـردی بـه بیمـار بودنـش مشـکوک می‌شـود و بـه پزشـک مراجعـه می‌کنـد. همچنیـن ایـن خدمـات در اختیـار همـه جامعه قـرار خواهـد گرفـت و نـه تنهـا فقـط افـرادی کـه تـوان پرداخـت هزینه‌هـای آن را دارنـد تردیـدی نیسـت کـه یافته‌هایـی اسـتفاده از داده‌هـای کلان بـه یافتـن مـواردی تـازه در مـورد پیشـرفت بیمـاری نیـز خواهـد انجامید، مـواردی کـه اکنـون و بـا توجـه بـه کمبـود داده‌هـا، امـکان کشـف آنهـا وجـود نـدارد. در چنیـن جهانـی، پاتولوژیسـت‌های بیشـتری مـورد نیـاز خواهنـد بـود، نـه کمتر.

توانایی‌هـای پاتولوژیسـت‌ها نیـاز بـه تغییـر دارنـد تـا بتواننـد بیـش از پیـش مزیت‌هـای انسـانی آنهـا را در مقابـل ربات‌هـا برجسـته سـازند. در تفسـیر و توضیـح نتیجـه تشـخیص‌های به‌دسـت آمـده از الگوریتم‌هـا بـرای بیمارانـی کـه در میانـه یـک بحـران سـلامت قـرار دارنـد، پاتولوژیسـت‌ها نسـبت بـه امـروز بایـد توانایـی بیشـتری داشـته باشـند. همچنیـن آنهـا بایـد رفتـار بالینـی خـود را نیـز بهبـود ببخشـند. دانشـکده‌های پزشـکی بایـد در کنار بیولوژی به آموزش ارتباطات و روانشناسی نیز بپردازند.

دیگـر مشـاغل نیـز احتمـالا افزایـش مشـابهی را در اشـتغال تجربـه خواهند کـرد. اگـر کلاس‌هـای درس زیـر و رو شـوند، تدریـس حضـوری اهمیـت بیشـتری خواهـد یافـت. مـا تنهـا از عالمـی کـه پـای تختـه بـا لحنـی یکنواخت حـرف می‌زنـد در حالـی کـه دانش‌آمـوزان چـرت می‌زننـد خـلاص خواهیـم شـد. معلمـان بیشـتر شـبیه مربی‌هـای تیم‌هـای ورزشـی خواهنـد بـود کـه تـوازن صحیـح میـان تهییـج بازیکنـان و کمـک بـه آنهـا در صـورت نیـاز را ایجـاد می‌کننـد. امـا چنیـن تحولـی نیازمنـد توانایی‌هـای تـازه اسـت. بـه طـور مشـابه، در حالـی کـه الگوریتم‌هـا بـا همـکاری وکلا و دادسـتان‌ها بـه گسـترش دسترسـی بـه مراجـع قضایـی در جامعـه کمـک می‌کننـد، مـا بـه وکلای بیشـتری نیـز نیـاز خواهیـم داشـت و سـپس عدالـت بیشـتری در جامعه برقرار خواهد شد.

پیکان خمیده علیت

چنین پیشرفت‌هایی در به کار گرفتن داده‌ها با یک نقطه ضعف نیز همراه است: ما شناخت بهتری از آنچه در جهان روی می‌دهد به‌دست خواهیم آورد اما درک ما از چرایی این رویدادها کاهش می‌یابد. سامانه‌های یادگیری ماشین می‌توانند تشخیص دهند که یک سلول نمونه برداری شده سرطانی نیست، اما نمی‌توانند دلایل خود را شرح بدهند الگوهای به کار رفته در یادگیری ماشین بسیار پرتعداد و نامحسوس‌تر از آن هستند که در فهم انسان بگنجند. الگوریتم‌های آموزشی تشخیص می‌دهند که خطر ترک تحصیل یک فرد را تهدید می‌کند، اما نمی‌توانند توضیح بدهند که چرا به چنین جمع بندی رسیده‌اند. نرم‌افزار به پلیس می‌گوید که گشت پلیس در یک خیابان را افزایش دهد چرا که امکان افزایش جرم در آن خیابان وجود دارد، اما نمی‌تواند علت این افزایش جرم را شرح بدهد.

پس ما باید به حدس و گمان‌هایمان نسبت به جهان و زندگی پیش از کلان‌داده‌ها که در آن ما با کمبود اطلاعات مواجه بودیم را با نسخه تازه‌تری مربوط به عصر هوش مصنوعی جایگزین کنیم که در آن اطلاعات بیش از حد در اختیار داریم اما شناخت کمتری در مورد علت‌ها داریم. جامعه کارایی بیشتری به دست خواهد آورد اما این به بهای کمبود دانش در مورد علت و معلول‌های مربوط به سیستم جهان خواهد بود. در سال ۲۰۵۰ بخش قابل توجهی از شیوه‌های تصمیم‌گیری ناشناخته خواهند بود و از شفافیت مورد نیاز به پاسخگویی می‌کاهد.

قوانین و مقررات نیز باید با این جهان تازه هماهنگ شوند. قانون حفاظت از اطلاعات اتحادیه اروپا که از سال ۲۰۱۸ اجرایی خواهد شد گام‌هایی به سوی «حق توضیح» تصمیمات اخذ شده توسط الگوریتم‌ها و همچنین «حق فراموشی» جهت حفظ حریم شخصی افراد را در برخواهد داشت. قانونگذاران آمریکایی نیز به نوبه خود نگرانند که پیشرفت‌ها در پردازش داده‌ها به انواع تازه‌ای از تبعیض منجر شود. مساله علیت نیز به مشکلی جدی تبدیل خواهد شد و مسائل زیادی را

به بار خواهد آورد. یک مهندس در یک شرکت بزرگ آمریکایی ساخت تجهیزات پزشکی اعتراف می‌کند که شرکت مجبور شد در یکی از دستگاه‌های کاشتنی از فن‌آوری سطح پایین‌تری استفاده کند، چرا که شرکت نتوانست تفسیر شفافی از شیوه عملکرد الگورتیم بهتر که بر مبنای یادگیری عمیق کار می‌کرد ارائه دهد؛ تفسیری که برای کسب مجوزهای مربوط به عرضه دستگاه لازم بود.

تا سال ۲۰۵۰ جهان با مبادله علیت برای کارایی کنار خواهد آمد، درست همان‌طوری که در پایان دوره روشنگری جامعه پذیرفت آنچه که به چشم می‌آید (مانند گردش خورشید به دور زمین) در تفسیر پدیده‌های طبیعی ناکام است. داده‌ها به افزایش فروتنی انسان در مورد آنچه نمی‌داند خواهند افزود.

داده اینجا، داده آنجا، داده همه جا

با افزایش ارزش داده‌ها، درخواست برای تعیین ارزش پولی شفاف‌تری برای داده‌ها و به خصوص اطلاعات شخصی شکلی جدی به خود خواهد گرفت. تبدیل حریم شخصی به حق مالکیت برای حفاظت بهتر از آن یکی از راه‌های محتمل است. شرکت‌ها برای استفاده از داده‌های شخصی مجبور به اخذ مجوزهای شفاف‌تری خواهند بود و عدم حفاظت از داده‌های مربوط به حریم شخصی یا سوءاستفاده از این داده‌ها با ضرر و زیان اقتصادی بیشتری همراه خواهد شد.

درست همان‌طور که برای دارایی‌های پولی بانک وجود دارد، بخش تازه‌ای به عنوان بانک داده‌ها برای دارایی‌های اطلاعاتی شرکت‌ها و افراد ایجاد خواهد شد. در سال ۲۰۱۶، بسیاری از کاربران اینترنت نرم افزارهای مسدودسازی آگهی‌های اینترنتی را نصب کردند که بین دستگاه و وب‌سایت قرار می‌گرفت تا جلوی نمایش آگهی‌های آنلاین را بگیرد. می‌توان تصور کرد که در آینده، نرم افزارهای مشابهی برای مدیریت انتقال داده‌ها قرار بگیرند تا انتقال اطلاعات تنها در ازای پرداخت پول به کاربر صورت پذیرد. البته در این صورت وب‌سایت‌هایی که

تاکنون رایگان بوده‌اند مانند فیس‌بوک و گوگل احتمالا پولی خواهند شد، مگر اینکه ما بپذیریم اجازه استفاده از اطلاعات‌مان را به آنها بدهیم. در نتیجه حریم شخصی در سال ۲۰۵۰ احتمالا به کالایی تجملی تبدیل خواهد شد، مانند قسمت فرست‌کلاس هواپیما یا داشتن ویلا.

تا آن زمان، داده‌ها تقریبا در همه رویدادها نقش آفرین خواهند بود. چنین پدیده‌ای به سه تغییر عمده می‌انجامد. نخست آنکه امور را به شیوه‌ای موثرتر و یا شیوه‌هایی کاملا تازه انجام خواهیم داد. دوم اینکه درک بهتری از جهان واقعی خواهیم داشت چرا که درک فعلی بر اساس داده‌هایی جزیی و ناقص است. سوم اینکه نقش داده‌ها از حالت ایستای فعلی به جریانی پیوسته و دائمی تبدیل خواهد شد و در نتیجه ما قادر خواهیم بود که امور را همچون تصاویر متحرک و نه عکس‌های ثابت دنبال کنیم.

کلان داده‌ها بهشت را به روی زمین نخواهند آورد. هوش مصنوعی مرگ و میر را ریشه‌کن نخواهد کرد، شیر در کنار بره آرام نخواهد گرفت و ما نیز کلاشینکف‌هایمان را به مونوپاد مخصوص سلفی گرفتن تبدیل نخواهیم کرد. اما تقریبا همه چیز به کمک داده‌ها بهینه خواهد شد. از این منظر، جهان جای بهتری خواهد بود.

فصل پانزدهم

تصور توانمند شدن همه مردم

ملیندا گیتس[1]

اگر همه زنان جهان تلفن همراه هوشمند داشته باشند، زندگی آنها متحول خواهد شد.

1. Melinda Gates

«سابیتا کیست؟»، درست هنگامی که سابیتا دوی[1] مشغول گفتن این کلمات بود من داشتم به او می‌نگریستم. او در حال شرح زندگی‌اش به عنوان یک همسر و مادر در جارکند[2]، یکی از فقیرترین ایالت‌های هند بود. سابیتا به من گفت که هیچ‌کس در دهکده نام او را نمی‌دانست. ارتباط او با جهان خارج به طور کامل از مجرای شوهرش می‌گذشت، کسی که سابیتا با او در مورد آنچه باید خریداری می‌شد حرف می‌زد و برای دیدن پزشک از او اجازه می‌گرفت. سابیتا از هر کس و هر چیزی غیر از فرزندانش جدا بود. تنها کافی است که از هر نویسنده فمینیست آمریکایی طی یک قرن اخیر بپرسید تا پی ببرید که این حس تنهایی و انزوا در میان بسیاری از زنان هم در بعد زمان و هم در بعد مکان- مشترک است. راه حل به‌طور مرعوب کننده‌ای پیچیده است و تغییرات تدریجی در هنجارهای موجود در هزاران فرهنگ را در بر می‌گیرد و هیچ اپلیکیشنی برای آن وجود ندارد.

با این حال اپلیکیشن‌ها می‌توانند به میزان قابل توجهی مفید باشند. تصور کنید که همه زنان در جهان تلفن همراه هوشمند داشتند. در این صورت انزوای آنها شکسته می‌شود و توانایی آنها به طور بی‌سابقه‌ای افزایش می‌یافت.

خدمات درمانی را در نظر بگیرید. هنگامی که هر زنی یک تلفن همراه هوشمند داشته باشد، قادر خواهد بود که اطلاعات مناسب را در زمان مناسب و به شیوه مناسب دریافت کند. برای مثال، یک خانم نیجیریه‌ای بی سواد در سه ماه نخست بارداری می‌تواند پیامی صوتی به زبان هوسا[3] دریافت کند که در آن بیماری کم‌خونی و شیوه دریافت آهن لازم برای بدن شرح داده شده است. همان سامانه می‌تواند به این خانم نیجیریه‌ای بگوید که در دوران بارداری چه زمانی به پزشک مراجعه و چه زمانی فرزندانش را برای واکسیناسیون نزد پزشک ببرد. همچنین در صورت بروز مشکلی غیرمنتظره، او قادر خواهد بود که به صورت ویدئویی با پزشک مشاوره کند. با راهنمایی پزشک، این خانم نیجریه‌ای قادر خواهد بود که به‌وسیله

1. Sabita Devi
2. Jharkhand

۳. زبانی که در بخش‌هایی از آفریقا رواج دارد.

تلفن همراه، دمای بدنش، فشار خون و دیگر علایم حیاتی‌اش را اندازه گیری کند تا پزشک در تشخیص وضعیت او عملکرد بهتری داشته باشد.

سپس کشاورزی را در نظر بگیرید. کشاورزان تهی‌دست به این خاطر همچنان تهی‌دست باقی می‌مانند که از اطلاعات کافی برای بهره‌برداری مناسب از خاک بی بهره‌اند. برای مثال، آنها تقریبا هیچ چیزی در مورد مواد مغذی درون خاک زمین‌شان نمی‌دانند و در نتیجه نمی‌دانند چه محصولی در آن خاک بهتر رشد می‌کند و یا چه کودی برای آن خاک باید به کار گرفته شود. آنها همچنین اطلاعات قابل اطمینانی در مورد قیمت‌های بازار ندارند و در نتیجه مجبورند هر قیمتی که دلالان پیشنهاد می‌دهند را بپذیرند. از آنجا که بیشتر کشاورزان در آفریقا (و بسیاری از کشاورزان در جنوب آسیا) را زنان تشکیل می‌دهند، این مشکل در واقع مشکل زنان محسوب می‌شود. زنان کشاورز به طور متوسط بهره‌وری کمتری از مردان دارند که از دلایل آن می‌توان به موارد متنوعی از تبعیض نژادی در آموزش کشاورزی گرفته تا مشکلات مربوط به استخدام و مدیریت کارگران مرد در دوران برداشت محصول توسط کشاورزان زن اشاره کرد.

اما به کمک تلفن‌های همراه هوشمند، زنان کشاورز قادر خواهند بود که ویدئوهای آموزشی تهیه شده توسط کشاورزان محلی که بر اساس خاک و آب و هوای همان منطقه است را تماشا کنند. آنها همچنین اپلیکیشن‌هایی در اختیار خواهند داشت که به کمک آنها از قیمت محصولات در بازارهای مختلف مطلع خواهند شد و در نتیجه می‌توانند هنگام فروش محصولاتشان این اطلاعات را مدنظر داشته باشند. زنان کشاورز که از طریق تلفن همراه به یکدیگر متصل می‌شوند قادر خواهد بود که خود را سازمان دهند و با یکدیگر همکاری کنند و هر کدام به عنوان عضوی از یک گروه قدرتمند خواسته‌هایشان را مطرح و پی‌گیری کنند؛ به جای اینکه افرادی منزوی و جدا افتاده باشند.

بانکداری مثال دیگری است. حتی فقیرترین زنان نیز بالاخره دارایی‌هایی دارند. یکی از مسایل کلیدی برای توانمندسازی زنان این است که آنها اختیار آنچه بر دارایی‌هایشان می‌گذرد را داشته باشند. یکی از

جالب‌توجه‌ترین پژوهش‌هایی که تاکنون خوانده‌ام نشان می‌دهد هنگامی که مدیریت بودجه خانوار در اختیار زنان است، شانس زنده ماندن کودکان بیست درصد افزایش می‌یابد، چرا که زنان تمایل بیشتری به هزینه کردن برای مواردی مانند تغذیه و خدمات درمانی دارند.

بانک‌ها به طور سنتی علاقه کمی برای خدمت‌رسانی به مشتریانی دارند که مبالغ مبادلات آنها ناچیز است، چرا که چنین مشتری‌هایی سودآور نیستند. در نتیجه زنان فقیر راهی اقتصاد غیررسمی می‌شوند و پول‌هایشان را مخفی می‌کنند و یا برای پس‌انداز به شیوه‌هایی مانند خرید جواهر یا دام روی می‌آورند و برای استقراض هم به رباخوارانی مراجعه می‌کنند که نرخ بهره بالایی را طلب می‌کنند.

اما فن‌آوری دیجیتال بهای مبادلات مالی را به شدت کاهش داده است. در نتیجه افراد می‌توانند بوسیله تلفن‌هایشان و به شیوه‌ای امن، مبالغ ناچیزی را پس انداز کنند، قرض بگیرند و یا خود یا اموالشان را بیمه کنند. این فن‌آوری همین حالا در کشورهایی مانند بنگلادش و کنیا اثرگذار بوده است. اما بسیاری از اقتصادهای دیجیتالی نوظهور در تسلط مردان هستند، چرا که نرخ برخورداری از تلفن همراه در میان مردان بیشتر از زنان است. در بنگلادش تنها ۴۶ درصد زنان تلفن همراه دارند در حالی‌که ۷۶ مردان تلفن همراه دارند. در نتیجه تنها ۱۳ درصد زنان بنگلادشی از پول موبایلی استفاده کرده‌اند در حالی‌که این رقم برای مردان ۳۲ درصد است. هنگامی که این تفاوت‌ها در سطح جهان از بین بروند، توانایی اقتصادی یک میلیارد انسان شکوفا خواهد شد.

کار سختی نیست

زیبایی این چشم‌انداز این است که برای مشاهده آن نیاز به تقلای زیادی نیست. من آینده‌ای علمی تخیلی را به تصویر نمی‌کشم. بیش از دو سوم مردم سیاره زمین به تلفن همراه دسترسی دارند و سهم کاربران تلفن همراه هوشمند در میان آنها رو به افزایش است. سال گذشته، بیش از یک میلیارد تلفن همراه هوشمند در جهان فروخته شد.

اعـداد و ارقـام بـالا امیدبخـش هسـتند، امـا مـا هنـوز تـا پوشـش همگانـی تلفـن همـراه هوشـمند فاصلـه بسـیاری داریـم. داده‌هـا بایـد ارزان‌تـر شـوند. بسـیاری از افـرادی کـه تلفـن همـراه هوشـمند دارنـد از اینترنـت اسـتفاده نمی‌کننـد، چـرا کـه اینترنـت بسـیار گـران اسـت. همچنیـن امـکان اتصـال بـه اینترنـت بایـد در دورتریـن نقـاط جهـان نیـز مهیـا شـود، جایـی کـه بـه معنـی واقعی کلمه بیشترین نیاز به ارتباط وجود دارد.

اطمینـان از اینکـه زنـان بـه انـدازه مـردان از تلفـن همـراه بهـره می‌برنـد و طراحـی اپلیکیشـن‌هایی مخصـوص نیازهـای زنـان، کارهـای دیگـری هسـتند کـه بایـد انجـام شـوند. مانعـی حتـی بزرگتـر، ایـن حقیقـت اسـت کـه بی‌سـوادی در حـال تبدیـل شـدن بـه مشـکلی زنانـه اسـت و زنانـی کـه قـادر بـه خوانـدن نیستند، هرگز نخواهند توانست ازتلفن‌های همراهشان بهره چندانی ببرند.

هیـچ فـن‌آوری‌ای بـه تنهایـی نمی‌توانـد مشـکل نابرابـری جنسـیتی را مرتفـع کنـد. امـا تلفن‌هـای همـراه به‌وسـیله فراهـم آوردن امـکان اتصـال بـرای زنـان بی‌بهره از آن، می‌توانند تفاوت بزرگی را رقم بزنند.

فصل شانزدهم

اَبَرتکنولوژی در مقابل اَبَرنابرابری

آدرین وولدریج[1]

بخش قابل توجهی از مسئولیت افزایش نابرابری متوجه فن‌آوری است، اما وظیفه اصلی در حل معضل نابرابری نیز بر دوش فن‌آوری خواهد بود.

1. Adrian Wooldridge

در سال ۱۸۴۵، در اوج نخستین انقلاب صنعتی، سیاستمداری جوان و جاه‌طلب کتاب داستان مشهوری را منتشر کرد که دو عنوان داشت: یکی «سیبل[1]» و دیگر «دو ملت[2]». بنجامین دیزرائیلی[3] در داستان سیبل داستانی رمانتیک را روایت کرده بود، اما موضوع اصلی او، تقسیم شدن کشور بریتانیا به عنوان موتور محرک اقتصاد جدید به دو ملت جدا از هم بود:

«دو ملت؛ که میان آنها هیچ مراوده و حس هم دردی وجود ندارد، به رفتارها، عقاید و احساسات یکدیگر بی توجه هستند، گویی که ساکنان سیاره‌های متفاوتی هستند؛ گویی از گونه‌های متفاوتی هستند، تغذیه متفاوتی دارند، آداب و رسوم متفاوتی دارند، و قوانین یکسانی هم بر آنها حکومت نمی‌کنند: فقرا و ثروتمندان.»

مشکلی که دیزرائیلی به آن اشاره می‌کند باز هم با ما است، اما نه فقط در بریتانیا. تقریبا همه بهره‌وری‌های ایجاد شده طی سی سال اخیر توسط یک درصد ثروتمند جامعه بلعیده شده است. افزایش نابرابری، جامعه را به دو جهان متفاوت تقسیم می‌کند که «میان آنها هیچ مراوده و حس همدردی وجود ندارد». طبقه ممتاز که روابطی بین المللی دارند با استهزاء از توده‌های فرودست به عنوان «نژاد پرست»، بیگانه هراس و بدوی یاد می‌کنند. توده‌های فرودست از این طبقه ممتاز فرامرزی به عنوان رانت‌خوارانی خائن یاد می‌کنند. نابرابری رو به رشد به اضمحلال باور عمومی نسبت به بنیان‌های نظم سرمایه‌داری یعنی فراهم بودن فرصت رشد و ترقی، رشد اقتصاد و کامیابی همگانی می‌انجامد. تصمیم بریتانیا برای ترک اتحادیه اروپا در ماه ژوئن سال ۲۰۱۶ و انتخاب دونالد ترامپ به عنوان رییس جمهور آمریکا در نوامبر ۲۰۱۶ تنها دراماتیک‌ترین مثال‌های طوفانی پوپولیستی بودند که به خاطر نگرانی بابت نابرابری قدرت گرفته و در حال در هم شکستن نظم لیبرال است.

1. Sybil
2. The Two Nations
3. Benjamin Disraeli

دیزرائیلی بعدها به سمت نخست وزیری بریتانیا نیز دست یافت.

اتفـاق نظـر در مـورد اینکـه بـرای فرونشـاندن ایـن طوفـان «بایـد کاری کـرد» رو بـه گسـترش اسـت. بـاراک اوبامـا از افـول تحـرک اجتماعـی بـه عنـوان «مشـکل بـارز زمانـه مـا» نـام بـرد. هیـلاری کلینتـون گفـت کـه «مـا بـه انـدازه کافـی تحـرک اجتماعـی نداریـم». دونالـد ترامـپ ادعـا کـرد کـه قهرمـان آمریکایی‌هـای معمولـی بـرای مبـارزه بـا فسـاد و طبقـه جهانـی قدرتمنـدان اسـت. مفسـران همـه جناح‌هـای سیاسـی در ایـن مـورد هم‌نظـر هسـتند. در جنـاح راسـت، چارلـز مـاری[۴] کتابـی بـا عنـوان «دو پـاره شـدن[۵]» نوشـته اسـت. در جنـاح چـپ، جـرج پکـر[۶] کتابـی بـه همـان انـدازه ناامیدانـه بـا عنـوان «گسسـت[۷]» نوشـته اسـت. در میـان میانـه روهـا، دیویـد بروکـس[۸] هشـدار داده کـه نابرابـری بـه «بزرگتریـن بحران اخلاقی سرمایه داری از زمان رکود بزرگ» تبدیل شده است.

امـا دقیقـا چـه کاری بایـد انجـام داد؟ لیبرال‌هـا بـه طـور مرتـب بـه آمـوزش اشـاره می‌کننـد. بـا ایـن حـال بهبـود مـدارس بسـیار سـخت اسـت: از سـال ۱۹۷۰، میـزان مخـارج حقیقـی (تعدیـل شـده بـر اسـاس تـورم) بـرای هـر دانش‌آمـوز در مـدارس ابتدایـی و راهنمایـی دولتـی در آمریـکا بیـش از دو برابـر شـده اسـت در حالی‌کـه نمـرات دانش‌آمـوزان کـم و بیـش یکسـان بـوده اسـت. اقدامـات مبتکرانـه ماننـد مـدارس چارتـر[۹] و یـا مـدارس مگنـت[۱۰] بـرای مدتـی موفـق بودنـد امـا سـپس بـا مشـکل مواجـه شـدند. محافظـه‌کاران بـه طـور فزاینـده‌ای بـر کنتـرل مهاجـرت تاکیـد می‌کننـد. امـا مانع‌تراشـی بـرای ورود افـراد می‌توانـد بـه کاهـش رشـد و پویایـی جامعـه بینجامـد؛ اسـتعداد هـم همچون سرمایه به جایی می‌رود که از آن استقبال شود.

در ایـن مقالـه ادعـا می‌شـود کـه بخـش جذابـی از راه حـل مشـکل نابرابـری در اختیار فن‌آوری است.

4. Charles Murray
5. Coming Apart
6. George Packer
7. The Unwinding
8. David Brooks
9. Charter Schools

مدارسی که با بودجه عمومی اما به طور مستقل اداره می‌شوند.

10. Magnet Schools

مدارسی که از بودجه عمومی بهره می‌برند اما به جای برنامه درسی متداول معمولا بر روی زمینه‌ای خاص تمرکز دارند.

نظام آموزشی و نابرابری

فن‌آوری، به درستی، مسئول بخش قابل توجهی از افزایش نابرابری در نظر گرفته می‌شود. حتی مناطقی مانند ژاپن و کشورهای اسکاندیناوی که نسبت به کشورهای آنگلوساکسون سیاست‌های اجتماعی برابرطلبانه‌تری را به کار گرفته‌اند نیز شاهد افزایش نابرابری هستند. نوآوری‌های تکنولوژیکی به دو گروه از افراد سود می‌رسانند. کارکنان باهوش بخش دانش‌محور که از قدرت پردازش رایانه‌ای برای بهبود تولید و کاهش نیاز به فعالیت انسانی بهره می‌برند: دانشگاهیان برجسته مقالات بیشتری می‌نویسند، وکلای برجسته پرونده‌های بیشتری را بر عهده می‌گیرند و روزنامه‌نگاران مشهور روایت‌های بهتری می‌نویسند. باهوش‌ترین افراد فعال در بخش دانش‌محور می‌توانند محصولاتی با ایده‌های بدیع را تولید و در بازار جهانی به فروش برسانند: یک موس رایانه‌ای بهتر بسازید و جهان به سراغ شما خواهد آمد. در همین زمان، نوآوری از قدرت چانه‌زنی کسانی می‌کاهد که شرح وظایف آنها انجام اموری تکراری و یکسان را در بر می‌گیرد. هر شغلی که بتوان آنها را به اموری تکراری تقلیل داد در نهایت توسط ماشین‌های هوشمند اشغال خواهد شد. بخش وسیعی از کارگران طبقه متوسط به همان سرنوشتی دچار هستند که کارگران بخش صنعتی از دهه ۱۹۸۰ به بعد تجربه کرده‌اند، یعنی فشار بی‌امان برای کاهش دستمزدها که به از بین رفتن مشاغل آنها خواهد انجامید. قراردادهایی که در آنها کارفرما هیچ تعهدی برای حداقل ساعت کاری نداشته باشد در راهند.

از هم گسیختگی ناشی از فن‌آوری باعث شده که سن فرانسیسکو، پایتخت انقلاب صنعتی عصر حاضر، به یکی از دو قطبی شده‌ترین شهرهای آمریکا تبدیل شود. شهر به شدت تلاش کرده تا میزبان خوبی برای جمعیت کوچک نخبگان جهان فن‌آوری باشد. کافه‌ها و رستوران‌هایی که از غذاهای آسیایی و مکزیکی گرفته تا هر غذای محبوب دیگری را سرو می‌کنند، مملو از جمعیت بهترین‌های جهان فن‌آوری هستند که نه تنها از غذا لذت می‌برند بلکه سازوکار شارژ باتری وسایل برقی آنها نیز فراهم آمده است. اما مردمی که در بخش فن‌آوری مشغول به کار نیستند دیگر

تـوان پرداخـت اجاره‌هـای صعـودی را ندارنـد. بـی خانمان‌هایـی کـه هـر روز تعـداد آنهـا افزایـش می‌یابـد، بـه هـر جایـی کـه می‌رونـد بـوی تعـرق و ادرار را از خـود بـه جـای می‌گذارنـد. جوانـان مشـغول بـه کار در بخـش فـن‌آوری، کـه همـواره هدفـون بـه گـوش دارنـد، راه خـود را از میـان آشـغال‌هایی کـه نشـانه‌ای از ناکامی‌های کشور هستند، باز می‌کنند.

بـا ایـن وجـود همیـن عاملـی کـه جامعـه را دوپـاره کـرده اگـر بـا هوشـمندی هدایـت شـود می‌تـوان فرصت‌هایـی را بـرای مواجهـه بـا آن فراهـم آورد. فـن‌آوری اطلاعـات می‌توانـد بـه مسـطح شـدن زمیـن بـازی بینجامـد، چـرا کـه بـه مصـرف کننـدگان قـدرت می‌بخشـد، طبقـه ممتـاز رانت‌جـو را بـه چالـش می‌کشـد و از هزینـه بسـیاری از خدمـات می‌کاهـد. تـوان پـردازش یـک تلفـن همـراه هوشـمند معمولـی امـروز بیشـتر از کل تـوان پـردازش موجـود در موسسـه فـن‌آوری ماساچوسـت (ام آی تـی) در دهـه ۱۹۵۰ اسـت. فـن‌آوری اطلاعـات همچنیـن بـه پویایـی جهانـی می‌انجامـد چـرا کـه بـه دورتریـن نقـاط جهـان می‌رسـد و آنچـه کـه زمانـی کالاهـای تجملـی مخصـوص ثروتمنـدان بـود را بـه کالاهایـی عـادی بـرای فقـرا تبدیـل می‌کنـد. یـوزف شـومپیتر[11]، زمانـی گفـت کـه «دسـتاورد سـرمایه‌داری نـه فراهـم آوردن جوراب‌هـای ابریشـمی بیشـتر بـرای ملکـه، بلکـه فراهـم آوردن ایـن جوراب‌هـا بـرای دخترانـی اسـت کـه در کارخانه‌هـا کار می‌کننـد». ایـن گـزاره حتـی در مـورد دسـتگاه‌هایی ماننـد رایانـه شـخصی و تلفـن همـراه هوشـمند بـه میـزان بیشـتری صـدق می‌کنـد. نـد لـود[12] زمانـی اعتقـاد داشـت کـه راه حـل «مسـئله ماشـینی شـدن» تخریـب ماشـین‌ها اسـت. اما راه حلی هوشمندانه‌تر، به خدمت گرفتن آن ماشین‌ها است.

یکـی از بزرگتریـن روندهـای فـن‌آوری طـی پنجـاه سـال آینـده، رونـدی خوشـبینانه خواهـد بـود. اینکـه سیاسـت‌گذاران درخواهنـد یافـت کـه چگونـه فـن‌آوری را بـرای حـل مسـئله نابرابـری شـدید بـه خدمـت بگیرنـد. در واقـع، همین حالا هم می‌توان نمونه‌های بسیاری از آن را یافت.

11. Joseph Schumpeter

اقتصاددان اتریشی - آمریکایی که در سال ۱۹۵۰ فوت کرد.

12. Ned Ludd

رهبرجنبش لودیسم در قرن نوزدهم که اعضای آن ماشین‌های بافندگی را تخریب می‌کردند.

واضح‌تریـن کاری کـه فـن‌آوری می‌توانـد بـرای ارتقـای برابـری انجـام دهـد کاهـش هزینـه ارائـه خدمـات کارگـر محـور (نیازمنـد نیـروی انسـانی) ماننـد آمـوزش اسـت. چندیـن دهـه اسـت کـه هزینـه ارائـه خدمـات آموزشـی بـا کیفیـت بـا سـرعت بیشـتری نسـبت بـه دیگـر هزینه‌هـای زندگـی رشـد کـرده اسـت. موسسـات آموزشـی برجسـته بـه امتیـازی تجملـی بـرای ثروتمنـدان تبدیـل شـده‌اند: میانگیـن درآمـد والدیـن دانشـجویان دانشـگاه هـاروارد معـادل ۲۵۰ هـزار دلار در سـال اسـت. موسسـات کمتـر برجسـته شـاید دچـار افـت کیفیـت آموزشـی بوده‌انـد. هرچنـد کـه کشـورهای اروپـای قاره‌ای[۱۳]بـه رایـگان و همگانـی بـودن آمـوزش عالـی در کشورهایشـان می‌بالنـد امـا در میـان فهرسـت‌های مختلـف مربـوط بـه سـی دانشـگاه برتـر جهـان، هیـچ نماینـده‌ای از کشـورهای منطقـه یورو حضور ندارد. برخی از دانشگاه‌های این منطقه کیفیت بسیار پایینی دارند.

ویلیـام بومول[۱۴]زمانـی گفتـه بـود رشـد بهـره‌وری در بخـش خدمـات بـه طـور اجتناب‌ناپذیـری کندتـر از رشـد بهـره‌وری در بخـش تولیـد خواهـد بـود، چـرا کـه اجـرای کوارتـت زهـی[۱۵] همـواره بـه چهـار نوازنـده نیـاز دارد. امـا اتفاقـا مثالـی کـه آقـای بومـول بـه کار می‌بـرد بـه تضعیـف اسـتدلالش می‌انجامـد. بـه لطـف فـن‌آوری، اکنـون می‌توانیـد بازتولیـد هـر کوارتـت زهـی را در خانـه گـوش کنیـد، آن هـم بـدون اینکـه نیـازی بـه رفتـن بـه سـالن کنسـرت و تحمـل سـرفه‌ها و سـر و صداهـای ایجـاد شـده توسـط دیگـر تماشـاچی‌ها باشـد. در واقـع بـه لطـف اپلیکیشـن‌هایی ماننـد اسـپاتیفای[۱۶] و اپـل موزیـک[۱۷]، می‌توانیـد بـا پرداخـت مبلغـی نسـبتا منطقـی بـه همـه موسـیقی‌هایی تاکنـون بـه صـورت تجـاری عرضـه شـده‌اند گـوش دهیـد. انقـلاب دیجیتـال زیربخش‌هـای زیـادی از بخـش خدمـات، ماننـد خرده‌فروشـی، و بخـش تولیـد محصـولات فکـری، ماننـد روزنامه‌نـگاری را تحـت تاثیـر قـرار داده اسـت. تحـول ناشـی از فـن‌آوری در بخش‌هـای آمـوزش و

13. Continental Europe
بخشی از قاره اروپا که خشکی اصلی این قاره را در بر می‌گیرد و شامل بخش‌هایی مانند بریتانیا و ایسلند نمی‌شود.
14. William Baumol
اقتصاددان آمریکایی که حوزه تخصصی اش بازار کار بود.
15. String Quartet
قطعه‌ای موسیقی که برای چهار ساز زهی نوشته شده است.
16. Spotify
17. Apple Music

خدمـات درمانـی به‌وسـیله شـیوه‌های کاهـش وابسـتگی بـه نیـروی کار انسـانی نیز اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

خان آکادمی

فـن‌آوری همیـن حـالا هـم بـه هزینه‌هـای بخش‌هـای خدماتـی یـورش بـرده اسـت. خـان آکادمـی[18] در حـال حاضـر هـر مـاه دروسـی رایـگان را بـه بیـش از چهـار میلیـون کـودک ارائـه می‌دهـد و بیـش از پنـج هـزار درس در آن موجـود اسـت کـه تعـداد آن نیـز دائمـا رو بـه افزایـش اسـت. بیـل گیتـس هـم فرزندانـش را تشـویق می‌کنـد کـه از ایـن آکادمـی اسـتفاده کننـد. در آمریـکا، از میـان هـر ده دانشـجو یـک نفـر صرفـا از آمـوزش آنلایـن اسـتفاده می‌کننـد و یـک چهـارم آنهـا نیـز برخـی اوقـات از آمـوزش آنلایـن بهـره می‌برنـد. دانشـگاه‌های پیشـرو ماننـد موسسـه فـن‌آوری ماساچوسـت[19]، اسـتنفورد[20] و دانشـگاه کالیفرنیـا در برکلـی[21] برخـی از دروس را بـه صـورت آنلایـن عرضـه کرده‌انـد. دانشـگاه پیپـل[22] آمـوزش عالـی رایـگان (بـدون در نظـر گرفتـن چنـد صـد دلار هزینه‌هـای مربـوط بـه پذیـرش و آزمون‌هـا) را ارائـه می‌دهـد. کامـلا درسـت اسـت کـه نـرخ تـرک تحصیـل در مراکـز آموزشـی کامـلا آنلایـن بـه میـزان ناامیـد کننـده‌ای بیشـتر اسـت. امـا مـا هنـوز در مراحـل اولیـه توسـعه آمـوزش آنلایـن قـرار داریـم. دانشـگاه‌های آنلایـن بـه طـور حتـم شـیوه‌های پیچیده‌تـری را بـرای ارائـه حمایـت اجتماعـی و تشـویق دانشـجویان خواهنـد یافـت، همان‌طـور کـه دانشـگاه اپـن[23] در بریتانیـا در دهـه ۱۹۶۰ آمـوزش تلویزیونـی و حضـوری را در هـم آمیخـت. تـوان فـن‌آوری بـه میـزان قابـل توجهـی رو بـه رشـد اسـت: کیفیـت ویدئوهـای آنلایـن رو بـه افزایـش اسـت و تنهـا زمـان لازم اسـت تـا قـادر باشـیم تـا تصاویـر هولوگرافیـک اسـاتید برجسـته را در کلاس‌هـای بـزرگ درس در سرتاسـر جهـان ایجاد کنیم.

18. Khan Academy
19. MIT
20. Stanford
21. University of California at Berkeley
22. The University of the People
23. Open University

همچنین در حال حاضر برای افزایش کارایی آموزش نیز از فن‌آوری استفاده می‌شود. شرکت‌های بسیاری مانند ریزنینگ مایند[۲۴] و دریم باکس[۲۵]، نرم‌افزارهایی بر اساس یادگیری ماشین تولید می‌کنند که از قابلیت تطبیق‌پذیری و شخصی‌سازی برخوردارند و داده‌های مربوط به عملکرد هر کودک را جمع‌آوری کرده و بر اساس آن شیوه تدریس ویژه‌ای را طراحی می‌کنند. این برنامه‌ها به خصوص در مدارس چارتر از جمله راکت‌شیپ اجوکیشن[۲۶] در کالیفرنیا و نیو کلسرومز[۲۷] در نیویورک محبوب هستند. تعداد مدارسی که با استفاده از آی‌پد به دنبال تحول در کلاس درس هستند نیز رو به افزایش است. در این کلاس‌ها به جای تلاش برای انتقال دانش در کلاس درس، آموزگاران کودکان را تشویق می‌کنند که دروس را در خانه و به‌وسیله آی‌پد بیاموزند و زمان کلاس درس به بحث در مورد آموخته‌ها می‌گذرد.

یکی از مواردی که باعث شده مقابله با نابرابری بسیار سخت باشد، این است که نابرابری خیلی زود آغاز می‌شود؛ از رحم مادر، کالسکه بچه و پیش دبستانی. مادران طبقه متوسط تلاش می‌کنند تا جنین در رحم شرایط سالمی داشته باشد. تعداد واژه‌هایی که طی دو سال نخست زندگی به گوش کودکان طبقه متوسط می‌رسد عموما میلیون‌ها بار بیشتر از واژه‌هایی است که کودکان طبقه کارگر می‌شنوند. احتمال اینکه والدین طبقه متوسط پیش از مدرسه فرصت‌های آموزشی را برای فرزندانشان مهیا کنند بیشتر است. سیاست‌گذاران در ابتدا تلاش کردند که با دخالت‌هایی نسبتا آشکار مانند تقویت آموزش‌های پیش‌دبستانی با این مشکل مواجه شوند. اما اکنون آنها دخالت‌های نامحسوس‌تری مانند ترغیب غیرمستقیم مادران به تغذیه سالم‌تر و تشویق آنها به تقویت ذهن کودکان را به کار می‌گیرند. فن‌آوری‌های تازه می‌توانند سهم قابل توجهی در این دخالت‌های نه چندان آشکار داشته باشد. در سال ۲۰۱۴، شهردار پراویدنس[۲۸] در ایالت

24. Reasoning Mind
25. DreamBox
26. Rocketship Education
27. New Classrooms
28. Providence

رودآیلند[۲۹]، آقای آنجل توارس[۳۰]، برنامه مداخله در دوران نوزادی را به کار گرفت. در این برنامه که پراویدنس تاکس[۳۱] نام داشت، والدین دستگاه‌هایی را به همراه داشتند که تعداد واژه‌هایی که روزانه به کار می‌بردند را ثبت می‌کرد و مشاوره‌هایی را برای بهتر سخن گفتن با کودکان ارائه می‌داد. دستگاه آقای توارس آغازی بر یک روند جدید است: طی چند سال ادارات مربوط به رفاه اجتماعی به طور منظم دستگاه‌هایی را در اختیار مادران بی بضاعت قرار خواهند داد که نه تنها در تربیت فرزند آنها را راهنمایی کند، بلکه شیوه عملکرد آنها را بسنجد و برای بهبودش موثر باشد.

بی بهره نماندن جود گمنام

دلیل دیگر برای پابرجا ماندن نابرابری مشکل «جود گمنام[۳۲]» است: کودکان با استعداد طبقات فرودست مورد بی‌توجهی قرار می‌گیرند و پژمرده می‌شوند؛ در حالی که کودکان نه چندان با استعداد طبقه متوسط می‌درخشند و توسط والدین لوس‌پرور به ابتدای صف برده می‌شوند. فن‌آوری‌های پیشرفته می‌توانند در شناخت کودکان با استعداد دقیق‌تر عمل کند: مدارس و دانشگاه‌ها قادر خواهند بود که شیوه‌های پیچیده‌تری و داده‌های به مراتب بیشتری را برای کشف استعدادهای کشف نشده به کار بگیرند. در این مورد ارتش اسرائیل تصویری اجمالی از آنچه در آینده روی خواهد داد را به تصویر می‌کشد. واحد ۸۲۰۰ در این ارتش که گروهی برجسته برای امنیت سایبری است، برای کشف استعدادها بدون توجه به طبقه اجتماعی مدارس را تحت نظر می‌گیرد. استعدادیاب‌های این واحد بر عملکرد کودکان هنگام بازی‌های ویدئویی و همچنین آزمون‌های فراگیرتر نظارت می‌کنند تا هرگونه نشانه‌ای از نبوغ را شناسایی کنند و هنگامی که نابغه‌ای را بیابند، برای او آموزش‌های ویژه و حمایت مالی قابل توجهی را

29. Rhode Island
30. Angel Taveras
31. Providence Talks
32. Jude the Obscure
داستانی نوشته توماس هاردی که در آن شخصیت داستان که فردی از طبقه فرودست است آرزو دارد که به دانشگاه برود.

فراهم می‌آورند. فارغ التحصیلان این واحد مجموعه از شرکت‌های حوزه فن‌آوری از جمله چک پوینت[۳۳]، ایمپروا[۳۴]، نایس[۳۵]، گیلات[۳۶]، ویز[۳۷]، تراستیر[۳۸] و ویکس[۳۹] را بنیان نهاده‌اند.

فن‌آوری همچنین می‌تواند دو ضعف بزرگ آموزش مدرن یعنی آموزش فنی حرفه‌ای و راهنمای اشتغال را برطرف سازد. آموزش فنی حرفه‌ای رابطه‌ی ضعیفی با آموزش مدرن دارد: تمرکز شدید مدارس بر روی آموزش دانشگاهی به گسترش دانشگاه‌ها انجامیده است. فن‌آوری می‌تواند جذابیت و انرژی را برای آموزش فنی حرفه‌ای به ارمغان بیاورد. برای مثال برخی شرکت‌ها اکنون آموزش‌هایی مربوط به فن‌آوری پیشرفته را عرضه می‌کنند که به دانش آموزان امکان می‌دهد که حس کنترل یک ماشین قدرتمند یا عملیاتی ظریف را تجربه کنند.

راهنمای اشتغال نیز به طور تاریخی امری بوده که چندان جدی گرفته نمی‌شده است: زمانی که من در دانشگاه تحصیل می‌کردم، مشاوره اشتغال به معنی رفتن و دیدن یک افسر بازنشسته ارتش در منطقه آکسفورد شمالی بود. نوآوران جدید راهکارهایی تکنولوژیکی را برای این مشکل به کار گرفته‌اند. لرن‌آپ[۴۰]، شرکتی در دره سیلیکون، تلاش می‌کند به جویندگان شغل که مدرک دانشگاهی ندارند، مهارت‌های لازم برای یافتن شغل را ارائه دهد. الکسیس رینگوالد[۴۱]، بنیانگذار این شرکت، یک شغل متداول در دره سیلیکون را رها کرد تا شش ماه را به بررسی وجه دیگر منطقه اختصاص دهد، وجهی که در آن افراد بدون تحصیلات دانشگاهی چندین ماه را در صفوف بیکاران سپری می‌کنند و در مواردی بی‌خانمان می‌شوند. او دریافت که بسیاری از افرادی که برای مدتی طولانی بیکار هستند از برخی مهارت‌های پایه‌ای نیز بی بهره‌اند، یعنی نمی‌دانند که مشاغل موجود چه

33. CheckPoint
34. Imperva
35. Nice
36. Gilat
37. Waze
38. Trusteer
39. Wix
40. LearnUp
41. Alexis Ringwald

شرح وظایفی را طلب می‌کنند و یا نمی‌دانند چگونه در مصاحبه شغلی خود را نشان دهند. لرن‌آپ سامانه‌ای را ایجاد کرده که به مهارت‌های پایه‌ای مانند شیوه رفتار در مصاحبه شغلی و استفاده از ماشین فتوکپی را می‌آموزد. این اپلیکیشن اکنون در حال همکاری با شرکت‌های بزرگی است که معمولا با مشکل عدم مهارت کارکنان مواجه هستند. برای مثال، درس‌های آنلاین آمادگی مهارت‌های شغلی برای دویست هزار جوینده کار در ۳۵۰ فروشگاه لباس فروشی الدنیوی[۴۲] در سرتاسر آمریکا توسط این شرکت لرن‌آپ ارایه شده است.

برخی از شرکت‌های حوزه فن‌آوری، مانند سیسکو[۴۳]، مشغول برنامه‌ریزی برای «ماشین‌های راهنمای آموزش فنی حرفه‌ای» هستند که به جوانان می‌گوید که بر اساس علایق و توانایی‌هایشان احتمالا چه شغلی را دوست دارند و کجا می‌توانند آموزش‌های حضوری یا مجازی لازم مربوط به این شغل را کسب کنند. اما این‌ها تنها آغازی برای گسترش فعالیت‌های مشابه است. چرا اپلیکیشنی مانند تیندر[۴۴] برای آموزگاران دانشگاهی اختراع نشود؟ این اپلیکیشن می‌تواند هزاران فردی که آماده ارائه آموزش حضوری و غیرحضوری هستند را به شما معرفی کند. چرا از فن‌آوری قدرتمند مربوط به بازی‌های رایانه‌ای برای آموزش استفاده نشود؟ بچه مدرسه‌ای‌های کم‌بضاعت، به خصوص پسران، اگر ببینند که آموزش به شاخه‌ای از جهان بازی‌های رایانه‌ای تبدیل شده، ممکن است دیگر از یادگیری فراری نباشند. چنین امکانی ارزش جدی گرفته شدن را دارد. چرا دانشگاه‌ها همان‌قدر که با جدیت به دنبال ستاره‌های ورزشکار می‌گردند[۴۵] در جستجوی استعدادهای طبقه کارگر نیستند؟ دانشگاه‌ها معمولا استعدادیاب‌هایی را به نقاط مختلف کشور می‌فرستند تا کودکان با استعداد را شناسایی کنند. چرا از شیوه‌های الکترونیکی مانند بازی‌های رایانه‌ای برای یافتن کودکان

42. Old Navy
43. Cisco
44. Tinder

تیندر اپلیکیشنی است مخصوص زوج یابی.
۴۵. دانشگاه‌ها در آمریکای شمالی از حضور ورزشکاران با استعداد به شدت استقبال می‌کنند و برای آنها کمک هزینه‌هایی را در نظر می‌گیرند.

نابغه استفاده نشود؟

به رغم آنچه بسیاری نگرانند، فن‌آوری همچنین می‌تواند برای بهبود زندگی کارکنان رده پایین، و نه به حاشیه راندن آن‌ها، نیز به کار گرفته شود. جنرال الکتریک ادعا می‌کند که به دنبال استفاده از فن‌آوری بیشتر به عنوان راهی برای ارتقای کارکنان است تا جایگزین کردن آن‌ها؛ چرا که کارکنان نیمه‌ماهر می‌توانند با کمک آی‌پدها و اپلیکیشن‌های مناسب اموری را انجام دهند که پیش‌تر انجام آنها نیازمند کارگرانی ماهر بود. شرکت همچنین اشاره می‌کند که در این شیوه برای افرادی بیرون از شرکت که راه‌حل‌هایی را برای مشکلات شرکت ارائه می‌دهند، جوایزی را در نظر می‌گیرد و شانس اینکه فردی بدون طی کردن روال عادی استخدام در شرکت مشغول به کار شود افزایش می‌یابد.

می‌گویی که انقلاب داده‌ها می‌خواهی

نابرابری اجتماعی به وسیله نابرابری بهداشتی تقویت می‌شود. فقرا زودتر از ثروتمندان فوت می‌کنند و در دوران حیات نیز سلامت کمتری دارند. کلان داده‌ها می‌توانند برای مقابله سریع‌تر با مشکلات مربوط به بهداشت عمومی به کار گرفته شوند. چنین مشکلاتی بیشتر در میان اقشار فرودست شایع است تا اقشار ثروتمند. ابزار و دستگاه‌های پوشیدنی می‌توانند مشکل پزشکی را پیش از وقوع آن تشخیص دهند، به بیماران فراموشکار یادآوری کنند که زمان مصرف دارو فرا رسیده و بر وضعیت بیمار پس از ترخیص از بیمارستان نظارت کنند. هرچه چنین ابزارهایی ارزان‌تر و فراگیرتر شوند، امکان دسترسی به آنها برای اقشار تهی دست و همچنین ثروتمندان بیشتر مهیا خواهد شد.

جرم و جنایت و فساد اداری نیز به تشدید نابرابری اجتماعی می‌انجامند. دوربین‌هایی که بر روی لباس نیروهای پلیس نصب می‌شوند می‌توانند جلوی پلیس‌های سرکش را بگیرند و یا در صورت ارتکاب جرم، در محکومیت آنها به کار بیایند. ادارات بزرگ پلیس مانند پلیس نیویورک و پلیس لس‌آنجلس برای تخصیص نیروهای پلیس به نقاط جرم خیز از کلان داده‌ها

بهره می‌برند. فساد اداری نیز یکی از مشکلات اساسی در جهان در حال توسعه (و برخی از کشورهای ثروتمند) است. فن‌آوری می‌تواند بر روی این بخش تاریک اقتصاد نور بیفکند. کسانی که بابت رشوه آسیب دیده‌اند می‌توانند فساد مقامات را به وسیله فن‌آوری‌های تازه ضبط و ثبت کنند. رسواکنندگان فساد اداری می‌توانند اقدامات و قراردادهای مشکوک را افشا کنند، همان‌طور که در مورد اسناد پاناما[۴۶] این اتفاق روی داد. این نقل قول در کتاب مقدس مبنی بر اینکه «می‌توانید مطمئن باشید که گناهانتان شما را خواهند یافت» در جهان کلان‌داده‌ها که دوربین‌ها همه جا حضور دارند بیش از پیش درست جلوه می‌کند.

اما مهم است که همه چیز را صرفا به پیشرفت فن‌آوری نسپاریم. شومپیتر شاید درست می‌گفت که نوآوری به طور اجتناب‌ناپذیری اقشار پایین‌تر و توده‌ها را نیز منتفع می‌سازد. اما اینکه چقدر سریع این اتفاق روی خواهد داد به سیاست‌گذاری بخش عمومی مربوط می‌شود. برخی کشورها مانند سوئد و سنگاپور برای فراهم آوردن پهنای باند سریع و فراگیر تلاش بیشتری کرده‌اند. برخی نوآوری‌های ناشی از فن‌آوری، مانند طرح آلمان برای مجهز ساختن کارگاه‌های کوچک در بنگلادش، نتایج بسیار خوبی به همراه داشته‌اند. برخی از طرح‌های دیگر، مانند طرح هر بچه یک لپ‌تاپ که توسط نیکلاس نگروپونته[۴۷] ارائه شده بود چندان موفق نبودند. پیشرفت فن‌آوری به تنهایی مشکل افزایش نابرابری را حل نخواهد کرد: ثروتمندان معمولا در پذیرش فن‌آوری‌های تازه سرعت عمل بیشتری دارند و در استفاده از آن برای افزایش توانایی‌هایشان بهتر عمل می‌کنند، به جای اینکه صرفا از فن‌آوری برای سرگرم شدن بهره ببرند. جوامعی ناکارآمد تنها به خاطر اتصال به اینترنت به جوامع کارآمد تبدیل نخواهند شد. هنگامی‌که به ایده آی‌پد دادن به بچه‌ها اشاره کردم تا بدین وسیله کودکان قادر باشند در خانه هم به یادگیری ادامه دهند، احتمالا یک معلم

۴۶. اسنادی که در سال ۲۰۱۵ منتشر شد و نشان دهنده فرار مالیاتی برخی از افراد مشهور بود.

47. Nicholas Negroponte

مدرسه در محله‌ای فقیر در ژوهانسبورگ[۴۸] ابروهایش را بالا انداخت و به این نکته اشاره کرد که این آی‌پد به سرعت سرقت شده و در بازار به فروش خواهند رسید.

اما فن‌آوری اگر توسط سیاست‌گذاران روشنفکر به کار گرفته شود و با سیاست‌های اجتماعی گسترده‌تری برای کاهش نابرابری همراه شود می‌تواند ابزار بسیار قدرتمندی باشد. سیاست‌گذاران باید با دقت به دو پرسش بیاندیشند. برابری چیست؟ و چه کسی مسئول فراهم آوردن آن است؟

فن‌آوری هوشمند، سیاستمداران عاقل؟

بسیاری از سیاست‌گذاران همچنان برابری در نتایج و برابری در فرصت‌ها را با یکدیگر اشتباه می‌گیرند. برابری در نتایج با پویایی در جامعه ناسازگار است و انگیزه‌های افراد برای کار و تلاش و ارائه ایده‌های تازه را از بین می‌برد. به همین خاطر تلاش برای ایجاد برابری در نتایج معمولا با نتایجی معکوس همراه می‌شود: انقلاب مساوات‌گرایانه در آموزش در دهه ۱۹۶۰ به تقویت شکاف‌های اجتماعی منجر شد. اما برابری فرصت‌ها برای یک جامعه پویا ضروری است چرا که تضمین می‌کند که پاداش‌ها در جامعه بر اساس دستاوردها و شایستگی افراد توزیع می‌شود.

بسیاری از سیاست‌گذاران هنوز در عصر دولت‌های بزرگ به سر می‌برند. دولت‌های بزرگ از دهه ۱۹۶۰ به بعد ناکام بوده‌اند بیشتر به این خاطر که جامعه‌ای که فردیت در آن اهمیت یافته و نگرش توده در آن کمرنگ شده نیازمند راهکارهای تازه‌ای است. سیاست‌گذاران باید منابع دامنه وسیعی از نهادها دولت‌های محلی و همچنین دولت‌های مرکزی، سازمان‌های مردم نهاد و سازمان‌های بخش خصوصی و همچنین سازمان‌های بخش عمومی، میلیاردرهای خیر و همچنین وزرای دولتی را به کار بگیرند. موسسه دیلویت برآورد می‌کند که تعداد بنگاه‌های اجتماعی فعال در آمریکا، بریتانیا و کل اتحادیه اروپا به ترتیب ۶۵۰ هزار، ۶۲ هزار و رقمی بین

۴۸. پایتخت آفریقای جنوبی

۴۰۰ هـزار تـا ۲ میلیـون و ۳۰۰ هـزار بنـگاه اسـت. دولت‌هـا همچنیـن بایـد تـا آنجـا کـه امـکان دارد قـدرت تصمیـم گیـری را بـه شـهروندان تفویـض کننـد. جهانـی کـه در آن هـر کسـی یـک رایانـه در جیـب دارد بـا جهانـی کـه قـدرت پردازش رایانه‌ای تنها به چند اداره دولتی محدود بود بسیار متفاوت است.

انقـلاب تلفن‌هـای همـراه هوشـمند بـه سیاسـت‌گذاران اجـازه داده تـا خـرد جمعـی را بـرای حـل مشـکل نابرابـری بـه کار بگیرنـد. در شـهر بوسـتون آمریـکا اپلیکیشـنی بـرای تلفـن همـراه وجـود دارد کـه افـراد می‌تواننـد به‌وسـیله آن چاله‌هـای شـهر یـا نقاشـی‌های خیابانـی (گرافیتـی) عکـس بگیرنـد و بـرای شـهرداری بفرسـتند. ایـن اپلیکیشـن بـه طـور خـودکار موقعیـت مکانـی مشـکل گـزارش شـده را تشـخیص داده و بـه شـهرداری گـزارش می‌دهـد. شـیوه مشـابهی را می‌تـوان بـرای شناسـایی سـاختمان‌های مخروبـه‌ای کـه بـرای مـدارس بـه کار گرفتـه می‌شـوند و یـا شـناخت مدارسـی کـه نظـم و ترتیـب چندانـی ندارنـد بـه کار گرفـت، به‌خصـوص کـه ایـن دو معضـل در کاهـش انگیزه‌هـای تحصیلـی دانـش آمـوزان نقـش پررنگـی دارنـد. سـازمان پروژه‌هـای تحقیقاتـی پیشـرفته دفاعـی[۴۹]، دارپـا[۵۰]، از شـیوه جمـع سـپاری[۵۱] بـرای بهبـود طراحـی تجهیـزات نظامی‌بهـره بـرده اسـت. شـاید رویکـرد مشـابهی بایـد بـرای بهبـود کتاب‌هـای درسـی و تجهیـزات مـدارس بـه کار گرفته شـود. جنیفـر پالـکا[۵۲]، بنیانگذار موسسـه کـد بـرای آمریـکا، اعتقـاد دارد کـه بهتریـن راهـکار بـرای دولت‌هـا، نـه شـبیه شـدن بـه شـرکت‌های خصوصـی، بلکـه شـبیه شـدن بـه اینترنـت اسـت: بـاز و مولد، بدون چارچوب سفت و سخت و مشخص.

او همچنیـن بایـد «مقیـاس پذیـری» را نیـز بـه فضیلت‌هـا بیفزایـد. یکـی از بزرگتریـن فضایـل فـن‌آوری پیشـرفته ایـن اسـت کـه بـه شـما اجـازه می‌دهـد کـه راه حل‌هایـی را بیازماییـد و سـپس راه‌حل‌هـای موفـق را بـا سـرعتی اعجاب‌انگیـز در مقیاسـی بـزرگ گسـترش دهیـد (ریـد هافمـن[۵۳]، بنیانگـذار شـرکت لینکدیـن[۵۴]

49. The Defence Advanced Research Projects Agency
50. DARPA
51. Crowdsourcing
52. Jennifer Pahlka
53. Reid Hoffman
54. Linkedin

این پدیده را «رشد به مقیاس برق‌آسا[55]» می‌نامد). هنگامی که سلمان‌خان در سال ۲۰۰۴ ویدئوهایش را بر روی یوتیوب قرار می‌داد در واقع قصد داشت که به اعضای خانواده‌اش آموزش بدهد. اما افراد خارج از خاندان او نیز خیلی زود شروع به تماشای ویدئوها کردند. بیل گیتس نیز در میان این تماشاچیان جای داشت و سپس با کمک مالی هنگفتی از سلمان‌خان حمایت کرد. اکنون ویدئوهای خان آکادمی بیش از ۴۵۰ میلیون بار دیده شده‌اند. این ویدئوها حدود صد هزار مساله را نیز در بر می‌گیرند که تاکنون دو میلیارد بار حل شده‌اند.

بحث درباره اثر اجتماعی فن‌آوری به اشغال افرادی قرار گرفته که دیدی افراطی دارند. آن‌هایی که به آرمانشهر فن‌آوری باور دارند استدلال می‌کنند که نوآوری‌های تکنولوژیکی به طور خودکار برای همه رفاه به ارمغان خواهد آورد. بدبینان به فن‌آوری معتقدند که پیشرفت فن‌آوری جامعه را به دو گروه متخاصم تبدیل خواهد کرد. حامیان سرسخت بازار آزاد معتقدند که هر دخالتی در ماشین فن‌آوری، اثراتی مخرب در پی خواهد داشت. دولت‌گرایان فکر می‌کنند که دولت‌ها باید قدرت و نفوذ خود در جهان دیجیتال را افزایش دهند.

به طور حتم راه سومی هم در مورد برخورد با انقلاب دیجیتالی وجود دارد. ما باید به قدرت فن‌آوری ارج بنهیم، اما دریابیم که پیشرفت فن‌آوری بازندگانی را نیز خواهد داشت، و برای دخالت جهت اصلاح بازار باید به خاطر داشته باشیم که دولت‌ها می‌توانند اثرات مخربی نیز داشته باشند. فن‌آوری قدرت حل معضل افزایش نابرابری را برای ما به ارمغان آورده است. اینکه بتوانیم این قدرت را در اختیار بگیریم، تنها به هوش و امکانات فن‌آوری‌ها وابسته نیست، بلکه به خرد سیاستمداران نیز بستگی دارد.

55. Blitzscaling

فصل هفدهم

کار و خیزش ماشین‌ها

لیندا گرتون[1]

فن‌آوری پرسش‌های بسیاری را در مورد آینده کار ایجاد خواهد کرد، اما یک مورد مشخص است: سازمان‌هایی موفق خواهند بود که تطبیق‌پذیری را به یکی از ویژگی‌های درونی خود تبدیل کنند.

1. Lynda Gratton

در سرتاسر جهان، کارگران در هر سن و سالی که باشند با بهت و حیرت و در برخی مواقع ترس و نگرانی به تاثیر ماشین‌ها بر کار و به خصوص شغل آنها می‌نگرند. آنها تنها نیستند، وزرای دولت‌ها نیز نگرانند که چقدر شغل از بین خواهد رفت و دامنه بیرون رانده شدن نیروی کار انسانی از بازار کار تا کجا گسترش خواهد یافت. آیا ماشین‌ها شغل ایجاد می‌کنند یا مشاغل را از بین می‌برند؟ آیا اثر آنها سال آینده حس خواهد شد یا نمایان شدن آثار آنها یک دهه به طول خواهد انجامید؟ آیا مشاغلی که به خاطر اتوماسیون از بین می‌روند، با مشاغل دیگری جایگزین خواهند شد؟ در این‌صورت، این مشاغل جدید چه ویژگی‌هایی خواهند داشت؟

تماشای پیشرفت ماشین‌ها شگفت‌انگیز است: خودروها نیازی به راننده ندارند، ماشین آلفاگو که توسط شرکت گوگل ساخته شده در بازی تخته‌ای گو بهترین بازیکن جهان را شکست می‌دهد، الگوریتم‌ها رزومه‌های کاری را بررسی می‌کنند و یا در مورد استراتژی شرکت مشاوره می‌دهند. به نظر می‌رسد که ماشین‌ها توان انجام تقریبا هر کاری را دارند.

طی بیش از هفت سال مدیریت کنسرسیوم تحقیقات آینده کار[1]، اثر ماشین‌ها بر کار را نظاره کرده‌ام. این کنسرسیوم مدیران بیش از نود شرکت بین المللی از سرتاسر جهان و از بخش‌های اقتصادی مختلف را گرد هم می‌آورد. ما به وسیله کارگروه‌ها، گروه‌های متمرکز و نظرسنجی سالیانه، به طور دقیق اثرات ماشین‌ها بر کار را تحت نظر داریم. همگام شدن با ورود دائمی پیشرفت‌های جدید در هوش مصنوعی، کلان داده، یادگیری ماشین و دامنه وسیعی از فن‌آوری‌ها چالش‌برانگیز است.

هر مکتب فکری تلاش می‌کند تا تفسیر مخصوص به خود در مورد این روندهای تازه در فن‌آوری و تاثیر آنها بر اشتغال و جامعه را ارائه دهد. پیچیدگی ناشی از این تفسیرهای متفاوت به این معنی است که در حال حاضر نمی‌توان به نتایجی دقیق در مورد تاثیر روندهای فن‌آوری بر

1. Future of Work Research Consortium (FoW)

اشتغال طی دهه‌های پیش‌رو دست یافت. با این حال، چندین پرسش نوظهور را می‌توان برشمرد که به اعتقاد من در مرکز بحث در مورد تاثیر فن‌آوری بر اشتغال قرار دارند.

آیا ماشین‌ها زمانی برای اندیشه انتقادی و تمرکز باقی خواهند گذاشت؟

ماشین‌هایی که در حال تغییر ساختار کار هستند، ابزاری خنثی نیستند که مستقل از افراد و جامعه ظهور کرده باشند، بلکه شیوه طراحی و استفاده از آنها نشان دهنده انتخاب ما برای شیوه کار و میزان تاثیرگذاری این ماشین‌ها بر کار و جامعه است. این رابطه متقابل میان طراحی و استفاده از ماشین‌ها را می‌توان در توسعه ماشین‌هایی به وضوح مشاهده کرد که برای صرفه‌جویی در زمان با ارزش ما ظهور کردند. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، زمان آزاد زنان خانه‌دار به لطف ماشین‌هایی که در داخل منازل به کار گرفته می‌شدند (مانند ماشین لباس‌شویی، ماشین خشک‌کن، جاروبرقی) افزایش یافت و آنها توانستند که وارد بازار کار شوند. در سال‌های اخیر، فن‌آوری‌هایی که می‌توان آنها را در تلفن‌های همراه هوشمند مشاهده کرد برای آسان‌تر ساختن ارتباط با دیگران ظهور کردند تا امور به شیوه موثرتری انجام شوند و رسیدگی به امور شخصی ساده‌تر شود. ایده اصلی این بود این فن‌آوری‌ها انسان را قادر سازند که تمرکزش را بر روی مهارت‌های ارزشمند و بی‌نظیر بشر مانند خلاقیت، کنجکاوی و نوآوری قرار دهد که نیازمند تمرکز و زمان‌اند. شکی نیست که ماشین‌ها واقعا زمان مورد نیاز برای برخی اموری که پیش‌تر نیازمند نیروی انسانی بودند را کاهش داده است: تحلیل‌گران برای بررسی حجم عظیمی از داده‌ها از الگوریتم‌ها بهره می‌برند در حالی که پیش‌تر باید با شیوه‌های سنتی برای کشف روندهای موجود در داده‌ها تلاش می‌کردند و سامانه موقعیت‌یاب نیز به آنها که در زنجیره تامین فعال هستند امکان می‌دهد که موجودی را با دقت به مراتب بیشتر و تلاشی کمتر از گذشته دنبال کنند.

با این حال تناقض اینجاست که بیشتر ماشین‌ها هرچند واقعا برای

ما زمان بیشتری را به ارمغان آورده‌اند اما همین فن‌آوری‌ها فضا برای ویژگی‌های ارزشمند انسانی مانند بروز خلاقیت و تفکر عمیق را تنگ کرده‌اند.

فراگیر بودن فن‌آوری و به طور خاص دائمی شدن ارسال پیام‌ها و اطلاع‌رسانی باعث شده انسان‌ها بیش از حد درگیر فن‌آوری شوند. حواس کارگران دائما به خاطر جریان اطلاعات پرت می‌شود (و در واقع خودشان حواس خودشان را پرت می‌کنند) که به کاهش تمرکز و توان درک آنها منجر می‌شود. در نتیجه به جای اینکه وقت بیشتری برای اندیشه‌های ناب و خلاقانه داشته باشیم، ذهن ما مشغول‌تر از همیشه است و تحت هجوم حقایق، حقایق نصفه و نیمه و شایعات قرار دارد که همگی به صورت اطلاعات به ذهن ما سرازیر می‌شوند. مطالعات مربوط به عادات روزانه ما نشان می‌دهند که یک نیروی کار به طور متوسط ۱۵۰ بار در روز تلفن همراهش را بررسی می‌کند و پیغام‌ها، توئیت‌ها و یا دیگر شبکه‌های اجتماعی هر ده دقیقه و نیم، در کار او وقفه ایجاد می‌کنند. پس از هر کدام از این وقفه‌ها به طور متوسط ۲۳ دقیقه زمان لازم است تا این کاربران رسانه‌های اجتماعی بار دیگر به سطح تمرکز سابق بازگردند.

بنابراین پرسش اینجاست که آیا در آینده واقعا سیصد ایمیل در روز خواهیم داشت و تنها راه برای خروج از این وضعیت ماشین‌های هوشمندتر است؟ واضح است که چالش رو به رشد برای فن‌آوری و کار یافتن راه‌هایی برای کاهش میزان «اختلال» در محیط کار است تا فضا و زمان برای مهارت‌های ارزشمند بشری یعنی خلاقیت، داوری و تصمیم گیری مهیا شود.

آیا ماشین‌ها همه تصمیم‌ها را خواهند گرفت؟

یکی از ویژگی‌هایی که انسان‌ها را از گونه‌های دیگر تمیز می‌دهد، ظرفیت اخذ تصمیمات پیچیده است. آیا با پیچیده‌تر شدن ماشین‌ها، این توان تصمیم‌گیری به عنوان مهارتی صرفا انسانی با چالش مواجه

خواهـد شـد؟ شـواهد نشـان می‌دهنـد ماشـین‌ها در برخـی شـرایط در تصمیـم گیـری از انسـان‌ها بهتـر عمـل می‌کننـد. بـرای مثـال، همیـن حـالا الگوریتم‌هـا می‌تواننـد مـواردی ماننـد احتمـال خـروج یـک کارمنـد و عملکـرد او در آینـده را بـا دقـت بهتـر از مدیـران بـرآورد کننـد. تحلیـل هفـده پژوهـش در مـورد بـرآورد متقاضیـان کار نشـان می‌دهـد کـه معـادلات ریاضـی در انتخـاب کارمنـدان تـا ۲۵ درصـد بهتـر از انسـان‌ها عمـل می‌کننـد. پـس آیـا می‌تـوان انتظـار داشـت کـه تصمیـم گیـری و برخـی از وظایـف مربـوط بـه مدیریـت انسان‌ها بیش از پیش به الگوریتم‌ها سپرده شود؟

آیـا بایـد بـرای آینـده‌ای آمـاده باشـیم کـه اداره امـور در آن بـر عهـده تحلیل‌هـای پیشـگویانه ماشـینی اسـت؟ این‌هـا برخـی از پرسـش‌هایی اسـت کـه در نشسـتی در مجمـع جهانـی اقتصـاد[2] در داووس[3] در سـال ۲۰۱۴ بـه آنهـا پرداختـه شـد، جایـی کـه مـن ریاسـت نشسـتی بـا عنـوان «رایانه‌هـای بهتـر از انسـان‌ها تصمیـم می‌گیرنـد» را بـر عهـده داشـتم. مشـخص بـود کـه پاسـخگویی بـه ایـن پرسـش نیازمنـد شـناختی دقیـق از شـیوه تعامـل و ارتبـاط انسـان بـا یادگیـری ماشـین خواهـد بـود. بـرای مثـال، آیـا کارگـران متقاعـد خواهنـد شـد کـه بـه هـوش مصنوعـی اطمینـان کننـد و آیـا سـپردن تصمیم‌گیـری بـه ماشـین‌ها بـا خطـر انجـام اقداماتـی منطقـی امـا نـه چنـدان اخلاقـی همـراه خواهـد بـود؟ آیـا هرگـز می‌تـوان ارزش‌هـا و احساسـات را در رایانه‌هـا ایجـاد کرد؟

بررسـی‌ها نشـان می‌دهنـد کـه بسـیاری از کارگـران و سـازمان‌ها تمایلـی بـه سـپردن تصمیم‌گیـری نهایـی بـه ماشـین‌ها ندارنـد، حـالا ایـن تصمیـم نهایـی تشـخیص بیمـاری باشـد یـا پیش‌بینـی سیاسـی، مـردم هنـوز قضـاوت انسـانی قضـاوت خودشـان یـا فـردی دیگـر- را بـه قضـاوت الگوریتم‌هـا ترجیـح می‌دهنـد. تـا حـدی بـه ایـن خاطـر کـه همان‌طـور کـه دانـش عصب‌شناسـی نشـان می‌دهـد، تصمیمـات انسـانی بیشـتر احساسـی هسـتند تـا اینکـه از منطقـی پیـروی کننـد کـه بتـوان آنهـا را بـه زبـان برنامه‌نویسـی نوشـت. بـه

2. World Economic Forum
3. Davos

نظر می‌رسد که بیشتر انسان‌ها هم بر اساس شناخت و هم بر اساس بصیرت تصمیم گیری می‌کنند، که مربوط به قشری از مغز می‌شود که طی دو میلیون سال تکامل یافته است. این عنصر از پیشرفت انسانی را نمی‌توان به راحتی فهمید و بازتولید کرد و در نتیجه به زبان رایانه نوشت. به بیان ساده‌تر، حقیقت به مراتب پیچیده‌تر از انجام پیش‌بینی‌های ساده است که ماشین‌ها بتوانند به سادگی از ابزاری برای پیش‌بینی ساده به تصمیم‌گیرانی تبدیل شوند که از حقیقت شناخت دارند. اما این همچنین اهمیت رو به رشد و ارزش توانایی‌های انسان برای داوری پیچیده و تصمیم‌گیری را برجسته می‌سازد.

آیا ماشین‌ها ساختار قدرت را از سلسله مراتبی به شبکه‌ای تغییر خواهند داد؟

ظهور ماشین‌های نه چندان گران که ارتباطات و شبکه‌های اجتماعی و جمع‌سپاری را تسهیل می‌کنند فرصت‌هایی را برای ایجاد سریع شبکه‌هایی با توزیع جهانی مهیا می‌سازد. این افراد و گروه‌ها می‌توانند فرای مرزهای سیاسی با یکدیگر در ارتباط باشند، اطلاعات را با سرعتی برق آسا به اشتراک بگذارند، به سرعت اعضایی جدید را بپذیرند و اقداماتی به ظاهر بدون رهبری را پیش ببرند. آیا افزایش ارتباط همتا به همتا[4] ساختار قدرت را از سلسله مراتب عمودی به شبکه‌های افقی تغییر خواهد داد؟ آیا کسب و کارهای آینده بیشتر «فلتوکراسی[5]»، بدون سلسله مراتب، خواهند بود که در آن عملیات با سازوکارهای قدرت برابر میان اعضا انجام خواهد شد و نه دستورات رهبران کسب و کارها؟ هنگامی که فن‌آوری بسیاری از افراد را قادر خواهد ساخت که اطلاعات بیشتری در مورد خودشان، همکاران و جهان داشته باشند، مدیران چه نقشی بر عهده خواهند داشت و در واقع آیا آن زمان رهبری تجاری متحول خواهد شد؟

جالب اینکه آثار بالقوه هم سطح سازی فن‌آوری هنوز ظاهر نشده‌اند.

4. Peer-to-Peer
5. flatocracy

آزمایش‌ها برای کنار گذاشتن ساختار عمودی سلسله مراتب قدرت چندان خوشایند نبوده‌اند. به نظر می‌رسد که گذار از ساختار عمودی قدرت در سازمان‌ها به ساختاری افقی سخت باشد؛ چرا که سلسه مراتب و قدرت بسیار مقاومند. یک نمونه برای آن تقریبا دو برابر شدن تعداد مدیران استخدام شده از سال ۱۹۸۳ در آمریکا است. ساختارهای قدرت هم سطح و افقی تا حدی به این خاطر ناکام مانده‌اند که برای بیشتر افراد جایگاه مربوط به سلسله مراتب اهمیت بسیاری دارد. این اهمیت تا آنجاست که بر شیوه تصمیم گیری، نوع دوستی و سلامت کلی ذهن و جسم تاثیرگذار است. ماشین‌ها شاید قادر باشند که زمین بازی را مسطح سازند؛ اما به نظر می‌رسد که انسان‌ها فعلا سلسله مراتب را ترجیح می‌دهند.

چنین پرسش‌هایی اهمیت دارند و نشان می‌دهند که تاثیر بالقوه ماشین‌ها بر کار باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه ساده‌لوحانه خواهد بود که نتیجه بگیریم ماشین‌ها در آینده تاثیر محدودی بر کار خواهند داشت. با پیچیده‌تر شدن هوش مصنوعی در تحلیل داده‌ها و تصمیم گیری، مشاغل و استعدادها بیش از پیش تحت فشار قرار می‌گیرند. درست همان‌طور که در فرآیندهای تکراری، ربات‌ها جای انسان‌ها را گرفتند، یادگیری ماشین نیز شیوه کار حتی متخصص‌ترین و ماهرترین بخش نیروی کار را نیز متحول خواهد کرد. در حالی‌که ما احتمالا قادر به پیش‌بینی دقیق آینده نیستیم، می‌توانیم در یک مورد مطمئن باشیم و آن اینکه تطبیق‌پذیری به ویژگی تعیین کننده سازمان‌های موفق تبدیل خواهد شد. فرآیند تطبیق با شرایط جدید در مرکز کنسرسیوم تحقیقات آینده کار قرار دارد. ما معتقدیم که مدیران و رهبران کسب و کارها در چهار حوزه باید تغییراتی اساسی را در شیوه کارشان ایجاد کنند.

تعمیر نردبان شغلی شکسته

نردبان شغلی که در طول تاریخ هر فردی برای پیشرفت باید آن را

طـی می‌کـرد، اکنـون شکسـته اسـت، چـرا کـه اتوماسـیون بخش‌هـای میانـی ایـن نردبـان را بـرای افـراد نیمـه ماهـر از بیـن بـرده اسـت. بـا از بیـن رفتـن مشـاغل میانـی، افـراد تـازه کار بـرای یافتـن راهـی جهـت ارتقـاء بـه رده‌هـای بالایـی بـا مشـکل مواجهنـد. ایـن رونـد احتمـالا ادامـه خواهـد یافـت، آن هـم در حالـی کـه بـه سـختی می‌تـوان تشـخیص داد کـه دقیقـا کـدام رده از مشـاغل در مرحلـه بعـدی تحـت تاثیـر اتوماسـیون قـرار خواهـد گرفـت. در نتیجـه کامـلا محتمـل اسـت کـه مسـیرهایی غیرخطـی بـرای رسـیدن بـه رده‌هـای بالایـی طراحـی شـوند. بـرای حـل ایـن چالـش، بازتعریـف آنچـه در یـک سـازمان پیشـرفت نامیـده می‌شـود ضـروری اسـت. تشـخیص اینکـه رده‌هـای شـغلی میانـی احتمـالا بازنخواهنـد گشـت بـه ایـن معنـی اسـت کـه شـیوه‌های منعطف‌تـری بایـد بـرای پیشـرفت شـغلی بـه کار گرفتـه شـوند کـه حرکـت افقـی افـراد در رده‌هـای شـغلی بـه جـای حرکـت عمـودی و حتـی ترک سـازمان و بازگشـت بـه آن در رده‌ای متفـاوت را در بـر می‌گیـرد. در کوتـاه مـدت، مهم‌تریـن وظیفـه بخـش مدیریـت اسـتعدادها ایـن خواهـد بـود کـه افـراد را طـی ایـن دوران گـذار راهنمایـی و هدایـت کنـد و بـه آنهـا بـرای تشـخیص مهارت‌های با ارزش و فرصت‌های پیشرفت شغلی یاری رساند.

تعامل با اکوسیستم استعدادها

ترکیـب بسـترها و سـامانه‌های قدرتمنـد بـرای فریلنسـرها[6] یعنـی افـرادی کـه بـه طـور آزاد و بـدون قـرارداد دائمـی کارمی‌کننـد و کاهـش هزینه‌هـای راه‌انـدازی بـرای کسـب و کارهـای کوچـک و آنلایـن باعـث ایجـاد انتخاب‌هـای شـغلی پرشـمار بـرای افـراد بـا اسـتعداد شـده اسـت. بـرای مثـال بررسـی‌ها نشـان می‌دهنـد کـه در سـال ۲۰۱۴ پنجـاه و سـه میلیـون فریلنسـر در آمریـکا مشـغول بـه کار بوده‌انـد. بـا ورود نسـل‌های جدیـد بـه بـازار کار بـه جمعیـت ارتـش فریلنسـرها افـزوده خواهـد شـد. نتیجـه ایـن خواهـد بـود که شـرکت‌هایی کـه صرفـا بـر روی اسـتخدام نیـروی کار تمـام وقـت تمرکـز می‌کننـد، فرصـت کار کـردن بـا برخـی از مسـتعدترین افـراد را از دسـت می‌دهنـد. چنیـن گـزاره‌ای

6. Freelancer

به‌خصوص برای شرکت‌های دانش بنیان که محصولاتشان بر اساس ایده‌پردازی و خلاقیت است صدق خواهد کرد. تشخیص اینکه کجا و چگونه باید به تعامل با این استعدادها پرداخت به امری ضروری تبدیل خواهد شد و نیازمند تغییراتی بنیادین در رویکردهای متداول استخدام خواهد بود. شرکت‌ها باید شناخت خود در مورد اینکه چه استعدادهایی را نیاز دارند را افزایش دهند و دریابند که چه عواملی به جذب و ایجاد انگیزه در این استعدادها خواهد انجامید. آنها همچنین نیازمند درکی عمیق‌تر از اکوسیستم اطراف سازمان و ظرفیت‌های موجود برای ایجاد روابطی فراتر از رابطه سنتی کارگر و کارفرما هستند.

تصور اینکه رابطه کاری یک همکاری مادام‌العمر خواهد بود باید مورد بازبینی قرار گیرد. افراد مستعد از پلتفورم‌های تکنولوژیکی جهت خلق ارزش برای خودشان بهره خواهند برد. آنها شاید آماده کار در یک شرکت باشند، اما بعد از آن ممکن است بخواهند که شرکت را ترک گفته و کسب و کار خودشان را راه بیاندازند و بعدها باز هم به عنوان مشتری یا نیروی کار به شرکت بازگردند. بنابراین تاکید بیشتر بر روی توسعه روابط بلندمدت و منعطف به جای استخدام رسمی خواهد بود. در این مدل همکاری که نسبتا بی‌ثبات است، وفاداری کمی دارد و آموزش و سرمایه‌گذاری بلندمدت در آن جایی ندارد، هم کارفرما و هم نیروی کار به دنبال افزودن ارزش یکدیگر هستند. این رابطه برای نیروی کار، سرمایه‌گذاری بر روی انطباق‌پذیری و ارزش شرکت است و برای سازمان‌ها سرمایه‌گذاری بر روی قابلیت به کارگرفتن و توسعه نیروی کار.

تشویق به یادگیری مادام‌العمر

موج‌های فن‌آوری بسیاری از رده‌های شغلی را از بین خواهند بود و برخی از مهارت‌ها را بی‌مورد خواهند کرد. در نتیجه، شیوه سنتی آموزش که با بهبود تدریجی مهارت‌ها همراه است دیگر برای نیروی کار کافی نخواهد بود. در اینجا اهمیت یادگیری مادام‌العمر مشخص خواهد شد. این یادگیری می‌تواند تا حدی مورد حمایت سازمان‌ها قرار بگیرد، یا از

طریق ایجاد دسترسی به آموزش و یا به‌وسیله ایجاد انعطاف در شیوه کار مانند فراهم آوردن فرصت‌های مطالعاتی و یادگیری برای کارکنان تا نیروی کار بدین وسیله بتوانند برای افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری کنند. تردیدی نیست که آموزش‌های آنلاین و مهارت محور در این میان نقش آفرین خواهند بود. با پیشرفت فن‌آوری‌های مربوط به یادگیری، افراد خواهند توانست که آموزش‌ها را به گونه‌ای تنظیم کنند که تنها مهارت‌های مورد نیازشان را با هزینه‌ای بسیار کم یا به طور رایگان و در زمان باب میلشان بیاموزند. بنابراین به جای مدارک تحصیلی فعلی که استاندارد مشخصی دارند و اخذ آنها نسبتا زمان‌بر است، این رویکرد تازه شیوه شخصی شده‌ای از آموزش و یادگیری را ایجاد می‌کند. از منظر شرکت‌ها، چنین رویکرد تازه‌ای می‌تواند داده‌هایی مهم و آگاهی بخش در مورد ترجیحات نیروی کار، میزان تعهد آنها به یادگیری، شیوه‌های یادگیری و ایجاد انگیزه را در اختیار شرکت‌ها قرار دهد.

همکاری با ماشین‌ها

بیشتر به از بین رفتن مشاغل توسط ماشین‌ها پرداخته شده اما برای بسیاری از کارگران، تاثیر ماشین‌ها به معنی تقویت کار آنها خواهد بود. برای این بخش از نیروی کار، ماشین‌ها به عنوان همکارانی در امور دانش‌بنیان حضور خواهند داشت. در نتیجه روایت مبتنی بر چالش مدیریت شغل‌هایی که به خاطر فن‌آوری از بین خواهند رفت به روایت مربوط به فرصت ایجاد شده از هم افزایی ربات و انسان برای حمایت از فعالیت‌های روزانه نیروی کار تبدیل خواهد شد. بنابراین پرسش اساسی این خواهد بود که چه دستاوردهایی از همکاری میان نیروی کار انسانی و همکاران رباتیک آنها تحقق خواهند یافت؟ کارگران در چه بخش‌هایی قادر به انجام امور به تنهایی نیستند و باید با ماشین‌ها همکاری کنند؟ این همکاری و هم‌افزاری میان انسان و ماشین چه مشاغل تازه‌ای را ایجاد خواهد کرد؟

سازمان‌ها برای خلق این شیوه‌های جدید کار باید در شرح وظایف

سنتی تجدید نظر کرده و دائم به طور خلاقانه بیاندیشند که چگونه می‌توان یک شغل را به شیوه‌هایی نوآورانه و با ایجاد توازن میان انسان‌ها و ماشین‌ها ارتقا داد.

تردیدی نیست که در هم تنیدگی میان کار و فن‌آوری به ایجاد پرسش‌های حتی اساسی‌تری خواهد انجامید. در میان خیزش هوش ماشینی، ارزش کار انسانی کجا قرار می‌گیرد؟ هدف فن‌آوری‌هایی که ایجاد می‌کنیم چیست؟ آیا می‌خواهیم که ماشین‌ها به‌جاز ما برایمان تصمیم گیری کنند؟ چگونه می‌خواهیم با یکدیگر کار و زندگی کنیم؟

این‌ها پرسش‌هایی فراتر از سود یا بهره‌وری صرف هستند و به جامعه، اخلاق و ارزش‌ها مربوط می‌شوند. تامس مور[7] در کتاب آرمانشهر[8]جامعه‌ای فرضی در یک جزیره را به تصویر کشید. او نامزدی و ازدواج، جشن گرفتن زندگی و مرگ و قوانین و شیوه زندگی در این جزیره را شرح داد. نگاه او به آینده به مراتب غنی‌تر و جذاب‌تر از نگاهی صرفا بر پایه فن‌آوری بود. شاید اکنون، پانصد سال پس از نگارش آرمانشهر، زمان به تصویر کشیدن دوباره آینده به‌طور جامع و نه صرفا در چارچوب فن‌آوری فرا رسیده باشد.

7. Thomas More
8. Utopia

فصل هجدهم

ساعات ملاقات: یک داستان کوتاه

الستر رینالدز[1]

سال ۲۰۵۰ است و فن‌آوری به ایجاد پرسش‌هایی در مورد بدن و روح منجر شده است.

1. Alastair Reynolds

کتی اتینگر[1] همیشه عاشق بالا رفتن بود. این اشتیاق صعود زمانی که خیلی کوچک بود از بالا رفتن از درخت آغاز شد و به تخته سنگ‌ها و دیوارهای مخصوص صخره‌نوردی داخل سالن ارتقاء یافت. در دوران نوجوانی در بالا رفتن حتی از بزرگسالانی که دو برابر او سن داشتند نیز سریع‌تر بود. زمانی که در دوران بیست سالگی بود و به سختی تلاش می‌کرد برای کسب مدرک معماری به خودش انگیزه بدهد، هر آخر هفته‌ای که امکان داشت را در میان صخره‌ها سپری می‌کرد. هر تابستان تلاش می‌کرد تا نسبت به سال قبل پیشرفت کند، به هر زحمتی که بود به تیم‌های صخره نوردی راه یافت و در آخرین روزهای دوران طلایی سفرهای انبوه بین قاره‌ای، در نقاط مختلف جهان به صخره‌نوردی پرداخت. پس از اینکه مسیرهای تازه‌ای را برای صعود از روهلیلاهلا[2] و بیمبالونا[3] یافت، شهرت به سراغش آمد. حامیان مالی، لباس و تجهیزات صخره‌نوردی‌اش را تامین می‌کردند. او به چهره‌ای در مجلات تخصصی صخره نوردی و مستندهای مربوط به ورزش‌های مخاطره‌آمیز تبدیل شد.

سپس سقوط از راه رسید

هنگامی که دوران طولانی مدت نقاهت به سر آمد و او به مرحله تازه‌ای از زندگی یعنی شغل معماری که همواره در جایگاه دوم نسبت به صخره‌نوری قرار داشت وارد شد، این ترس از ارتفاع بود که در او باقی مانده بود. پیش از تصادف هرگز چنین ترسی نداشت؛ به‌جز درکی عقلایی نسبت به خطراتی که حضور در ارتفاع زیاد و سپردن زندگی به چند تکه فلزی دارد. اما هرگز ترس از ارتفاع را با همه وجود، آن‌طور که دیگران حس می‌کنند، تجربه نکرده بود.

1. Cassie Ettinger
نام قهرمان داستان در نسخه انگلیسی کتاب «کسی» است که در ترجمه فارسی به «کتی» تغییر یافته است.
2. Rohlilahla
3. Bimbaluna

حالا دیگر فرق می‌کرد

وقتی به بالای کارگاه ساختمانی می‌رفت تا به کارهایی که تاکنون انجام شده و برش‌ها و جوش‌ها، پنجره‌ها و درهای جدید، جای راه پله و شفت آسانسور نگاهی بیاندازد، هر طبقه‌ای که بالاتر می‌رفت دقیقا حس می‌کرد که چقدر از زمین دورتر شده است. اما باید این کار را می‌کرد، درست همان‌طور که مجبور بود گاهی خطر کند و از بالا به گرد و خاک اطراف پی ساختمان در حال ساخت نگاه کند. کفش‌ها و دستکش‌های مارک گکوفلکس[4] او به خوبی بر روی بخش‌های منحنی ساخته شده از آلیاژ مخصوص ساخت هواپیماها سوار می‌شدند. کتی در مواقع نیاز از زانوبندگکوفلکس هم استفاده می‌کرد. گکوفلکس در روزهایی که حامی مالی کتی بود به خوبی با او تا می‌کرد.

هرچند، بیشتر مواقع، او تلاش می‌کرد که از زانوهایش استفاده نکند.

پروژه مجموعه نیو افیر فریمستک، پروژه‌ای چند منظوره در اطراف منطقه افیر در شمال کشور پرتغال بود. نیمه مسکونی، نیمه تجاری. ساختمان، حالا که به اتمامش نزدیک می‌شود، از دور شبیه کلافی سر در گم است که به سوی بالا می‌رود؛ شبکه در هم تنیده‌ای از کابل‌ها و لوله‌ها. یا آن‌طور که منتقدان می‌گویند مجموعه‌ای از میل‌های بافتنی.

آنچه منتقدان در نظر نگرفته‌اند یا ترجیح دادند که نبینند این بود که طراحی مجموعه فریمستک تصادفی و بی حساب و کتاب نبود. کتی هم برای طراحی و هم برای اجرای پروژه زحمت زیادی کشیده بود. هر زاویه، هر شکست و هر شیب اهمیت زیادی داشتند. مردم قرار بود آنجا زندگی و کار کنند و نباید بعد از چند ماه از آنجا دلزده می‌شدند. پروژه باید از هر زاویه‌ای، داخل و خارج، و تحت هر شرایط نوری خوب به نظر می‌رسید. نور خورشید باید از میان درزها به درون می‌تابید تا روشنایی باغچه‌ها و مزارع عمودی تامین شود. هوا باید آزادانه در درون مجموعه گردش می‌کرد. آب باران باید به راحتی تخلیه می‌شد نه اینکه در فرورفتگی‌ها و شکاف‌ها گیر می‌کرد. بالاخره اینکه پروژه فریمستک باید

4. Geckoflex

در مقابل طوفان‌ها و گردبادهای اقیانوس آتلانتیک که با کمترین خطا برای یک قرن آینده پیش‌بینی شده‌اند دوام بیاورد.

با همه ناخوشی‌های مربوط به ترس از ارتفاع، هنوز هم در اوج ساختمان قرار گرفتن خوشایند بود. به بالای ساختمان رفت، دست‌هایش را پشت کمرش گذاشت و صاف ایستاد. برای چند لحظه احساس کرد که باید نفسش را حبس کند. پاهایش روی سطحی خمیده قرار داشت که در اصل برای بوئینگ دریم‌لاینر شرکت هواپیمایی قطر ساخته شده بود، نشانه‌های محوی از صاحب قبلی آن را می‌شد روی کنارهای سطح مشاهده کرد.

دریم‌لاینرها هواپیماهای خوبی بود. کتی کار با آن را دوست داشت.

در واقع یکی از آنها همین حالا در حال نزدیک شدن بود.

همان موقعی که داشت از ساختمان بالا می‌رفت یک هواپیمای باری را دید و حدس زد که شاید هواپیمای او باشد. هواپیماهای باری هیدروژن را از برج‌های افراشته شده در دریا توسط کارخانه اوتک[5] می‌گیرند و مخازن خودشان را از این سوخت پر می‌کنند. این سفینه‌های هوایی اخیرا همه جا حضور دارند، اما عملکرد آنها بسیار کند و به طور آزاردهنده وابسته به شرایط جوی بود. اگر مشغول کار در پروژه‌ای بودید که زمان در آن اهمیت زیادی داشت، دایم چشمتان به دنبال لکه‌های کوچکی در آسمان می‌گشت به این امید که سفینه هوایی را مشاهده کنید.

کتی دستش را به روی پیشانی برد تا جلوی آفتاب را بگیرد. سفینه هوایی در حال نزدیک شدن بود، موتورهای لوله‌ای پرتعدادش در حال تنظیم بر اساس الگوریتم قدیمی تنظیم ارتفاع بودند. هواپیماهای تازه حالا بیشتر شبیه لوله بودند و تنها جایی که پیش‌تر بال‌ها قرار می‌گرفت روی آنها قابل تشخیص بود. البته این خیلی مورد تازه‌ای محسوب نمی‌شد. سی و پنج سال پس از خدمات هوایی تجاری، سپس دوره‌ای از رکود، سپس افتی که هرگز جبران نشد، سپس سقوط کل بازار جهانی برای حمل و نقل انبوه. اما اکنون نه خطوط هوایی بلکه ساختار

5. OTEC

آن بـرای کتـی تازگـی داشـت. بیشـتر سـیم کشـی‌ها، همـراه بـا صندلی‌هـا، کـف و محفظه‌هـای مخصـوص چمدان‌هـا حـذف شـده بودنـد. همـه چیـز بـا فلـز عریـان پوشـانده شـده بـود، بـه همیـن خاطـر در داخـل محفظـه مخصـوص حمـل بـار بـه میـزان غافلگیرکننـده‌ای فضـا قـرار داشـت کـه بـه طـور غافلگیرکننده‌ای محکم بود.

کتـی بـه سـفینه هوایـی اشـاره کـرد کـه نزدیک‌تـر شـود. محفظـه مخصـوص حمـل بـار همیـن حـالا هـم نزدیـک شـده بـود و گیره‌هـای آن آمـاده بودنـد تـا بـا در دسـتگیره‌های سـاختمان جفـت شـود. سـفینه هوایـی محفظـه را چرخانـد تـا در جهـت درسـت قـرار بگیـرد. کتـی انگشـتان دسـتش را حرکـت داد و دسـتگیره‌ها بـاز شـدند تـا محفظـه را بـه چنـد متـری محـل تخلیـه برسـانند. محفظـه سـنگین و بزرگـی کـه تـا همیـن چنـد لحظـه پیـش سـبک و همچـون ابر به نظر می‌رسید، بالای سر او قرار گرفت.

کتـی، در حالـی کـه تـلاش می‌کـرد تـا تعادلـش را حفـظ کنـد، بلندتریـن ربـات سـاخت و سـاز را فراخوانـد. رباتیـک سـازه نارنجـی عظیمـی بـود، چیـزی بیـن یـک جرثقیـل و زرافـه دالـی[۶]. ربـات کابل‌هـای خـودش را بـه دریم‌لاینـر متصـل کـرد و بـه سـفینه هوایـی اجـازه داد کـه محفظـه را رهـا کنـد. کتـی، تـلاش می‌کـرد تـا دسـتگیره را بـرای قـرار گرفتـن محفظـه هماهنـگ کنـد. محفظـه پاییـن آمـد، بـاد بـه درون خمیدگی‌هـای آن می‌وزیـد و بـا گـذر از دسـتگیره‌ها صـدا تولیـد می‌کـرد. اتصـال نهایـی محفظـه بـه دسـتگیره‌ها همیشه سخت‌ترین قسمت کار بود.

چهره‌ای در گوشه بالای سمت راست دید کتی ظاهر شد.

«زمان مناسبی نیست». کتی با خودش زمزمه کرد.

امـا دکتـر ابیـت[۷] خیلـی سـمج بـود و نمی‌شـد تماس‌هایـش را تـا ابـد نادیـده گرفـت. مسـاله اصـلا ایـن نبـود کـه کتـی از دکتـر خوشـش نمی‌آمـد، مشـکل ایـن بـود کـه در مـورد موضوعـی بـه کتـی فشـار مـی‌آورد کـه کتـی سـعی می‌کـرد در پـس ذهنـش نگـه دارد. اصـلا مـرد بـدی نبـود، و بلـه، برخـی

6. Dali

اشاره نویسنده به زرافه کشیده شده توسط سالوادوردالی، هنرمنداسپانیایی است.

7. Abbate

اوقات حق با او بود ...

خشمش را فرو خورد و به تماس پاسخ داد. بهتر بود همین الان خیالش را راحت کند تا اینکه اجازه بدهد دکتر بقیه هفته عذابش دهد.

«متاسفم ولی فقط چند لحظه وقت دارم، مارتین»

« این همه زمانی است که لازم دارم. اخیرا به سختی می‌شد تو را پیدا کرد. کارها خوب پیش می‌رود، درسته؟»

«بهتر از این نمی‌شود.»

«خوبه. خوشحالم که خودت را مشغول این کار کرده‌ای. خیلی برایت خوب بوده. »

سایه محفظه هوایی روی او سنگین‌تر شد. «گفتم یک لحظه، مارتین. نمی‌خواهم گستاخ باشم، اما ...»

«درست است، کتی می‌فهمم. اما باید تاکید کنم که میان برنامه فشرده‌ات باید وقتی برای سر زدن به کلینیک پیدا کنی. آن هم در اولین فرصت. اتفاقی افتاده اتفاقی مهم که بر شرایط درمان تاثیرگذار است. فکر کنم به شدت به نفعت است که ...»

«نمی‌خواهم دوباره ببینمش،»کتی گفت«نه الان و نه هیچ وقت دیگر.»

دکتر ابیت با کمترین جدیت ممکن گفت: «تقاضا می‌کنم که تجدیدنظر کنی، هرچه زودتر بهتر.»

شانس اینکه دستگیره نقاله درست در آن لحظه در برود یک در میلیون بود، اما این همان چیزی است که در مورد طناب هم گفته بودند، همان طنابی که درست در لحظه‌ای که بیشتر از همیشه به آن نیاز داشت پاره شد. اما کابل نگهدارنده چرخید، جرثقیل تکانی خورد و سفینه هوایی منحرف شد. در همان لحظه، دریم‌لاینر از یک سو، درست مانند تیغه گیوتین، به سرعت پایین آمد. خیلی راحت می‌شد حدس زد که کتی هیچ شانسی برای جان به در بردن از این سقوط ندارد.

اما با پایین آمدن محفظه، خودش را جمع کرد و دستانش جلوی صورتش را گرفت.

راست بود که می‌گفتند عادات کهنه به سختی از بین می‌روند.

دکتر مارتین ابیت تنی خمیده و صورتی دوستانه و پر از لک داشت. موهای سفید بسیار کوتاهی داشت همراه با عینکی که کتی هرگز ندیده بود که از جای ثابتش روی پیشانی دکتر تکان بخورد، انگار که آنها همچون یک جفت چشم دیگر کتی را معاینه می‌کردند. او دکتر را از زمان تصادف می‌شناخت و حتی در ابتدای آشنایی آنها نیز دکتر پیر به نظر می‌رسید.

دکتر رو به کتی گفت: «خوشحالم که بالاخره درخواستم را قبول کردی، حتی با اینکه بیشتر از آن چیزی که انتظار داشتم طول کشید.»

کتی پاسخ داد: «باید کارم در پرتغال را تمام می‌کردم. همان‌طوری هم از زمان‌بندی عقب بودیم و نمی‌خواستم بهانه بیشتری دست مشتری بدهم.»

«ولی در آخر همه چیز خوب بود؟»

یاد حادثه دریم‌لاینر افتاد، به هم پیچیده شدن و سقوط بدنه محفظه، سختی‌های آغاز دوباره کل فرآیند، پیشنهاد محفظه‌ای دیگر، انتظار برای اینکه سفینه هوایی آن را بیاورد، و گفت: «نه چیزی که بهش عادت نداشته باشیم.»

«می‌بینم که این کار را دوست داری.»

«می‌توان در افق ابرها را دید.» او اعتراف کرد «شاید باور نکنید دکتر اما هزینه آن بارهای هوایی دوباره در حال بالا رفتن است. ناگهان همه مردم بیدار شده‌اند و به نتیجه رسیده‌اند که چنین حمل و نقلی ارزشمند است.»

دکتر ابیت با لبخندی نوستالژیک پاسخ داد: «ما شاهد اوج گرفتن قیمت نفت بودیم. شما شاهد اوج گرفتن قیمت حمل و نقل هوایی. اما من خیلی نگران نیستم. فکر کنم تو با هر شرایطی وفق پیدا می‌کنی.»

«کاش همین‌طور باشه. ببخشید که به نظر عجول می‌آیم اما هنوز کارهای زیادی مانده که باید انجام داد ...»

دکتر به درگاهی که کتی با بی‌میلی به سویش می‌رفت اشاره کرد.

«برو داخل، کتی. او همان جای همیشگی است.»

پیش از ورود کمی این پا و آن پا کرد. حسگرهای داخل بینی اش بوی ضدعفونی کننده و مواد پاک کننده قوی را تشخیص دادند. آرایه‌های شمارنده فوتون در چشم پلاستیکی‌اش تشخیص دادند که نور خورشید از میان کرکره‌ها به درون می‌آید و تصویری از خطوط راه راه را روی دیوار می‌اندازد. در میان اتاق در میان قفسه‌هایی از ماشین‌های پزشکی مربوط به حفظ علایم حیاتی و ملحفه‌های تمیز، زنی بی حرکت بر روی تخت بود و چشمان سفیدش به سقف خیره شده بودند.

«مشکلی وجود دارد؟»، کتی پرسید.

«نه دقیقا. من بهش می‌گویم فرصت. » دکتر ابیت اشاره کرد که به او بپیوندد.

«دانش پروتز عصبی طی این ده سال خیلی پیشرفت کرده است. قرار دادن آرایه زیر جمجمه تو جراحی سخت و ظریفی بود. هرچند ارزش خطر کردن را داشت و ما کانالی به ذهن تو زدیم. می‌توانستیم، برای تثبیت هوشیاری، از تو سوال بپرسیم و تو خاطرات گذشته را به یاد می‌آوردی، چه در زمانی که درد داشتی و چه زمانی که نداشتی. برای نزدیکانت خیلی خوشایند بود که بدانند تو دیگر در عذاب نیستی.»

او تصویری گنگ از آن بیدار شدن به خاطر می‌آورد. شبیه حس کودکان نسبت به زمان بود، با دقایقی و ساعاتی بی‌پایان همه بدون هیچ حسی از روزها و هفته‌ها. آرام آرام همچون بازگشت به سطح، از دریایی از گیجی به سطحی از هوشیاری بازگشت. حتی حالا هم هیچ تصوری از تصادف و روزهای منتهی به آن نداشت.

او پریشان نبود، نه. حداقل درد فیزیکی نداشت. اما به آرامی درکی از شرایط پیدا کرد که حداقل از نظر ذهنی آزاردهنده بود. کاملا بی‌حس و از کار افتاده و کاملا وابسته به ماشین‌هایی پزشکی. ستون فقراتش شکسته بود و سیستم عصبی‌اش دیگر قابل ترمیم نبود.

این نوع از وجود مناسب فردی نبود که در زندگی به دنبال ماجراجویی و خطر بوده است.

«در ابتدا خیلی مایوس کننده بود»، دکتر ابیت ادامه داد. «اما به تدریج فهمیدی که هنوز امیدی هست. آرایه دیجیتالی خودش را با ذهنت تنظیم می‌کرد و زبان مخفیانه ذهنت را یاد می‌گیرد. ارتباط دو سویه نخستین گام بود. سپس نوبت به حرکت رسید. نه حرکت اعضای بدن تو، بلکه حرکت دستگاه‌هایی متحرک. از بازوی رباتیک شروع شد. می‌توانستی غذا بخوری. سپس نوبت به بدن کامل رسید. چیزی که یک یا دو دهه پیش از آن بسیار گران بود حالا قابل خریداری بود. برای شرکت‌های واقعیت مجازی خبر خوبی بود اما نه برای شرکت‌های هواپیمایی! هنوز روزی که توانستی با پای خودت از این اتاق بیرون بروی را به خاطر دارم. » لبخند دکتر حالتی جدی به خود گرفت، «اما تو واقعا این کار را نکردی. تو داشتی یک ربات سخنگو که راه می‌رود را کنترل می‌کردی. اما ذهن تو هنوز در جسمی بود که اینجا روی تخت خوابیده بود.»

«گفتن این‌ها فایده‌ای هم دارد، مارتین؟»

دکتر به کنار تخت رفت و تبلتی را برداشت. کتی به انگشتان دکتر نگاه می‌کرد که روی تبلت جابجا می‌شد انگار که در حال کنترل چیزی بود. «من گفتم چیزی که در گذشته مشکل بود حالا به امری متداول تبدیل شده. قراردادن آرایه‌ها دیگر به هیچ نوع جراحی نیاز ندارد. آنها از دانه‌های زیرپوستی میکروسکوپی رشد می‌کنند و طوری برنامه‌ریزی شده‌اند که اتصالات عصبی لازم را ایجاد کنند. خودشان یاد می‌گیرند و به خودشان سامان می‌دهند. اگر تا این حد به امر ساده‌ای تبدیل نشده بود، چگونه ده‌ها میلیون نفر می‌توانستند به راحتی از یک بدن مصنوعی به بدن مصنوعی دیگری بروند؟»

«و اینکه؟»

«بازویت را ببر بالا، لطفا. »

کتی از دکتر سوال پرسیده بود اما لحن دکتر آن‌قدر آمرانه بود که او درخواستش را انجام داد و بازویش را آن‌قدر بالا برد که دست و آرنجش هم راستا شدند. بدون هیچ فرمانی، بدن خوابیده روی تخت نیز بازوی

راستش را بالا برد. دست این پیکر هنوز شل بود اما حالت آن درست شبیه حرکتی بود که کتی انجام داده بود.

«آرایه، فعالیت در بخش راست مغزت را تشخیص می‌دهد،» این را دکتر گفت. «چند هفته پیش ما شبکه‌ای خود تکثیرکننده از نوار عصب و عضله را در بازوی راست قرار دادیم تا سیستم عصبی تو را ترمیم کند. این شبکه رشد کرده و تطبیق یافته است. خیلی سریع واکنش نشان می‌دهد، مگرنه؟»

کتی بازوی بدن مصنوعی‌اش را پایین آورد و دید که پیکر روی تخت نیز این حرکت را تکرار کرد. هیچ فاصله زمانی میان پایین آمدن دو بازو وجود نداشت، اصلا به نظر نمی‌رسید که یکی از دیگری تقلید می‌کند.

«چرا این را به من نشان می‌دهی؟»

«چرا که بازو تنها نقطه شروع است. شبکه عصبی عضله‌ای می‌تواند فعالیت کل بدن را بازسازی کند. تو می‌توانی از تخت برخیزی و بیرون بروی و می‌توانی همان‌طوری که اکنون وجودت درون کالبدی مصنوعی را تجربه می‌کنی، حضور را بدن حقیقی را تجربه کنی.»

کتی تحت تاثیر ورود دکتر ابیت به جزییات و انتظارات معقول او قرار گرفت. او همین حالا هم می‌دانست که در آن پیکر است؛ ده سال است که هیچ عضو واقعی از بدن او آنجا را ترک نکرده است. او زنی فلج بود در اتاقی در یک کلینیک پزشکی خصوصی که بهترین مراقبت ممکن که قابل خریداری بود را ارائه می‌داد.

کتی گفت: « ده سال پیش»

«بله؟»

«اگر به من چنین پیشنهادی می‌دادید، اینکه بتوانم دوباره راه بروم .. خودم باشم، به طور کامل به بدنم بازگردم. از خوشحالی اشک می‌ریختم.»

کمی نگرانی در چهره دکتر پدیدار شد. «و حالا؟»

«این من نیستم. من جای دیگری هستم و نمی‌توانم ایده بازگشت به درون او را تحمل کنم.»

«به مرور زمان عادت می‌کنی.»

لحن صدایش سرد و نیرومند بود. «حتما عادت خواهم کرد. اما نمی‌خواهم عادت کنم.» با کمی خشونت سخن گفتن با دکتر، مردی که فقط به خاطر او تلاش کرده بود و بهترین را برایش می‌خواست، باعث شد که عرقی سرد از گردنش روی کمرش پایین برود. البته در واقع چیزی واقعی در مورد عرق وجود نداشت. بدن مصنوعی او رباتی گرانقیمت و مهندسی شده بود که از پلاستیک و آلیاژها و کامپوزیت‌ها ساخته شده بود. بخش‌هایی از آن حتی از جسم واقعی هم واقعی‌تر به نظر می‌رسید. مو و منافذ پوستی داشت، اما تنها کاری که نمی‌کرد تعرق بود. اما ذهنش به این باور داشت و توهم عرق را ایجاد می‌کرد.

«من دیروز مردم،» کتی ادامه داد. «حادثه دیگری رخ داد، درست همان موقع که تماس گرفتید. محفظه هوایی سقوط کرد و من را له کرد. بدن مصنوعی ام نابود شد و تعمیر آن ممکن نبود. برای چند دقیقه، هیچ بدن مصنوعی‌ای نداشتم که به درونش بروم. می‌بینی دکتر، همیشه نمی‌توانند به سرعت یک بدن برایتان پیدا کنند، فرقی نمی‌کند که چقدر برنامه شما خوب باشد، اما ما متوجه این موضوع نمی‌شویم چرا که معمولا بدن را طبق برنامه از پیش تعیین شده عوض می‌کنیم. اما من برای این حادثه برنامه‌ریزی نکرده بودم، و زمانی که منتظر بدن مصنوعی تازه‌ای بودم را به یاد می‌آورم که به این کالبد روی تخت بازگشته بودم. می‌دانم که چگونه است.»

چهره دکتر ابیت جدی‌تر شد. «اما یکسان نخواهد بود، نه وقتی که بتوانی حرکت کنی، راه بروی ... دوباره آزاد خواهی بود. آزاد برای زندگی کردن، نفس کشیدن، حس کردن نور آفتاب روی پوست ...»

«آزاد برای صدمه دیدن،» کتی پاسخ داد، با همان بی تفاوتی‌ای که در کلامش بود. «آزاد برای آسیب دیدن، آسیب برای کشته شدن.»

«چیزی از دست نخواهی داد،» دکتر همچنان سماجت می‌کرد، همچون فردی که تلاش می‌کند تا هدیه‌ای را به زور به کسی بدهی. «همچنان قادر خواهی بود که هروقت بخواهی به بدن مصنوعی بازگردی.»

«اما این را می‌دانستم. در این ده سال فراموش کرده ام که واقعا از چه

چیـزی سـاخته شـده ام، چقـدر آسـیب پذیـر هسـتم. نمی‌خواهـم دوبـاره بـه خاطـر بیـاورم.» لبخنـد زد تـا از تلخـی حرف‌هایـش بکاهـد و بـه دکتـر بفهمانـد کـه قـدر تلاش‌هـای او را می‌دانـد و از نیـت خیـرش خبـر دارد امـا او در اشـتباه است.

«حداقل بهش فکر کن.»

«متاسـفم، مارتیـن. تـو مـرد خوبـی هسـتی. دکتـری خـوب و مهربـان. امـا چیـزی بـرای فکـر کـردن وجـود نـدارد. » طـوری چرخیـد کـه پشـتش رو بـه بـدن بـود، از بـی احساسـی خـودش متنفـر بـود امـا می‌دانسـت کـه این‌طـوری بهتر است. «حتی اگر این بدن هم این را بخواهد، من نمی‌خواهم.»

—

بعدهـا، زمانـی کـه پـروژه سـاختمانی در حـال اتمـام بـود، محفظـه مربـوط به بـار جایگزیـن پاییـن بـرده شـد و کتـی بخشـی از بـدن مصنوعـی سـابقش را در شـکافی نزدیـک دسـتگیره‌ها دیـد. یـک دسـت و سـاعد کـه از بـازو کنـده شـده بودنـد، بـه نظـر می‌رسـید کـه ایـن تکـه از بـدن از تمیـزکاری اولیـه جامانـده بودند.

ضربـه محکمـی بـه آن زد و سـپس سـقوطش در گـرد و خاک‌هـای پـی ساختمان را تماشا کرد.

فصل نوزدهم

ما کانگا:
داستان کوتاه

نانسی کرس[1]

سال ۲۰۵۰ است، زمین در خطر نابودی است و دانشمندان خودشان دست به کار شده‌اند.

1. Nancy Kress

هنگام طلوع آفتاب مردی جوان پای پلکان ایستاده است. پله‌های عریض و کوتاه به رودخانه‌ای منتهی می‌شوند که بوی زننده گندیدگی می‌دهد. رنگ پریده است، با پوستی پر از کک و لباسی که برای این گرما بیش از حد به نظر می‌رسد، در شلواری بلند و کفشی ضخیم، مثال بارز یک آمریکایی است. خنک کننده تاشوی پلاستیکی را روی سینه‌اش می‌گذارد، از آن مدل‌هایی که برای نگهداری بسته شش تایی ماء الشعیر به کار می‌رود، تسمه‌های سیاه خنک کننده آویزانند. ترسیده به نظر می‌رسد.

آن سوی رودخانه گنگ، خورشید در حال طلوع است. گروهی از مردان پابرهنه دهوتی[1] بر تن از کنارش عبور می‌کنند و به درون رودخانه می‌روند، از زباله‌های روی آب، گل‌های پلاسیده و لاشه حیوانی که به نظر می‌رسد در زیر آب باشد عبور می‌کنند. مردان در حال ذکر گفتن هستند. صورتشان را با شوق به سوی خورشید گرفته‌اند. زنی آراسته که ساری به تن دارد، خم می‌شود تا شیشه‌ای را از آب مقدس ما گانگا[2] پر کند. در دور دست، قایق عزاداری در بخش دیگر رودخانه پیش می‌رود.

آمریکایی از پله‌ها پایین می‌آید. خنک کننده پلاستیکی را باز می‌کند، به اندازه یک خرس قطبی برای اینجا ناهمگون است، چیزی را از آن خارج می‌کند. سپس چشمانش را به هم می‌فشرد و شکل دهانش تغییر می‌کند.

نمی‌تواند. کار او نیست. رودخانه او، کشور او و انتخاب او نیست.

دوباره خنک کننده را می‌بندد و از پله‌های خیس بالا می‌رود.

—

«دکتر سندرز، خیلی خوشحالیم که اینجا هستید!»

ست سندرز[3] برگشت، سپس تلاش کرد تا به سوی دسته‌ای از افراد که در سالن مرمری شرکت گلوبال انترپرایز پارتنر شیپ[4] (جی‌ای‌پی) ایستاده بودند لبخند بزند. دسته؟ خب، نه، هفت نفر احتمالا دسته نامیده نمی‌شود. دیا[5] احتمالا او را به مردم‌گریزی متهم می‌کرد.

---

۱. لباس سنتی هندی
۲. الهه رودخانه

3. Seth Sanders
4. Global Enterprises Partnership
5. Diya

اما، در هر صورت، او کی این کار را نمی‌کرد؟

«خوشحالم که اینجا هستم،» ست این را به طور عجیبی گفت و یادش افتاد که باید دستش را دراز کند. «دکتر آناند[6]، دکتر مولر[7]، و ... اه ....»

مرد بلندقامت با کت و شلواری گران‌قیمت با لهجه‌ای بریتانیایی و خاطری آزرده گفت: «نایجل هرینگتون»

دکتر آناند با خوشحالی گفت: «مدیر بخش شرکت جی‌ای‌پی و رئیس ما!»

سپ فهمید که دکتر آناند تلاش کرد تا گاف او را بپوشاند، اما نمی‌دانست باید چه کار کند. هرینگتون[8]، تنها فرد در میان جمع بود که دانشمند نبود و احتمالا به تامین منابع مالی مربوط می‌شد. یا شاید به سیاست. ست گفت: «سلام.»

«به هندوستان خوش آمدید،» هرینگتون به سردی گفت. «امیدوارم که کارهای بزرگی با هم انجام دهیم.»

همه به سپ خیره شدند، کسی که قرار بود کارهای بزرگی انجام دهد. اگر فقط دیا همراهش بود! او همیشه می‌دانست که چه باید گفت و چگونه می‌توان همه را سرگرم کرد. اما او مستقیم به هتل رفته بود. و این اواخر، خیلی هم تلاش نمی‌کرد که کمک حال باشد.

گروه همچنان به او خیره بودند. هفت جفت چشم آبی، قهوه‌ای، طوسی در هفت چهره‌ای که به دقت انتخاب شده بودند تا توازن نژادی، جنسیتی و مذهبی برقرار باشد. یک پهپاد خبری بالا سرشان می‌چرخید و بی‌وقفه اخبار خوش‌بینانه مربوط به پیشرفت‌های علمی یک شرکت خصوصی را مخابره می‌کرد.

بالاخره ست گفت: «می‌توانم رودخانه را ببینم؟»

—

جی‌ای‌پی کار خود را به عنوان یک شرکت داروسازی بزرگ آغاز کرد و داروی کاهش وزن را روانه بازار کرد که باعث می‌شد احساس گرسنگی، در کسانی که قدرت خرید آن را داشتند، از بین برود آن هم بدون هیچ عوارض جانبی و مانند این‌ها، این دارو به‌وسیله ارگانیسم‌های اصلاح ژنتیکی شده کار

6. Anand
7. Müller
8. Nigel Harrington

می‌کـرد کـه در شـکم قـرار می‌گرفتنـد و پیغام‌هـای دقیقـی را بـه عصـب واگ[9] معـده می‌فرسـتادند. شـش مـاه پـس از عرضـه ایـن محصـول، چاقـی در میـان طبقـه متوسـط آمریـکا ناپدیـد شـده بـود و کپـی‌کاران در بـازار سـیاه افـراد سـاده‌لوح را بـا محصولاتـی مشـابه فریـب می‌دادنـد، و شـرکت جی‌ای‌پـی بـه چهارمیـن شـرکت ثروتمنـد کشـور تبدیـل شـد، کشـوری کـه در آن شـکاف میـان آن‌هایـی کـه می‌توانسـتند در مقابـل تغییـرات آب و هوایـی، شـورش‌های رو بـه رشـد و خطـرات چاقی از خود محافظت کنند و دیگران روز به روز بیشتر می‌شد.

در واقـع ایـن شـورش‌ها بودنـد کـه جی‌ای‌پـی را بـه صرافـت تاسـیس پرسـروصدای بخـش بـوم شناسـی انداختنـد. آنهـا نمی‌توانسـتند بـه مقابلـه بـا تغییـرات اقلیمـی بپردازنـد ظاهـرا هیچ‌کـس تـوان مقابلـه بـا آن را نداشـت در نتیجـه هدفـی کوچکتـر یعنـی تصفیـه رودخانه‌هـای آلـوده را برگزیدنـد. سـپس سـراغ سـث آمدنـد، کسـی کـه توانسـته بـود رودخانه‌هـای آلـوده را دوبـاره بـه وضعیـت طبیعـی بازگرداند، دستاوردی که شهرتی ناخواسته را برایش به همراه داشت.

زمینـه کاری او اپیسـتازی[10] بـود؛ تاثیـر جهش‌هـای ژنتیکـی کـه بـرای کارکـرد بـه دیگـر جهش‌هـا وابسـته هسـتند و در نتیجـه بسـتری بـرای تغییـرات در عملکـرد پروتئین‌هـا را ایجـاد می‌کننـد. او بـه دنبـال راه‌هایـی تـازه بـرای تاشـدگی پروتئین‌هـا بـود. سـث، پـس از سـال‌های کار مـداوم، هشـت اپیسـتاتیک بـه هـم وابسـته را در میـان جهش‌هایـی گوناگـون در سـویه‌های مختلـف باکتـری مدنظـرش کشـف کـرد. سـپس چنـد سـال دیگـر، سـال‌های خوبـی کـه در تنهایـی سـپری شـد، را بـه اصـلاح باکتری پرداخت و همواره یک هدف در ذهن داشت.

سپس به این هدف دست یافت.

او بـا مهندسـی ژنتیـک موفـق شـد باکتـری پسـماند سـمی یـک کارخانـه نسـاجی کـه بـه رودخانـه‌ای کوچـک در اندونـزی می‌ریخـت را از بیـن ببـرد. همـان زمـان هـم اصلاحـات ژنتیکـی سـاده‌تری بـرای فاضلابـی کـه بـه رودخانـه می‌ریخـت بـه کار گرفتـه می‌شـد امـا هیچ‌کـس تـا آن زمـان قـادر نبـود کـه پسـماند صنعتـی را از بیـن ببـرد. آن‌قـدر هـوا گـرم بـود کـه بـرای تسـت‌های مربـوط بـه باکتری‌هـا، سـث تنهـا

9. vagus
10. Epistasis

می‌توانست هنگام طلوع و غروب خورشید کار کند، او خوشحال بود. نود و هشت درصد مواد سمی نابود شده بودند.

او هیچ تصوری از آنچه در پیش بود نداشت. انتظار داشت که مقاله اش در یک نشریه علمی چاپ شود و در میان همکارانش اعتبار بیشتری بیابد. اما در عوض به ستاره‌ای رسانه‌ای تبدیل شد. دوربین‌های رباتیک او را دنبال می‌کردند، روزنامه‌نگاران محاصره‌اش می‌کردند و مردم درمانده در کشورهای فقیر برایش نامه‌های جانسوز می‌نوشتند و مرگ کودکانشان در رودخانه‌های آلوده را شرح می‌دادند و از او تقاضای کمک می‌کردند. ست از همه این‌ها متنفر بود. به شرکت جی‌ای‌پی پناه برد و پیشنهاد آنها برای بهبود باکتری‌ها برای مدیریت دیگر مواد سمی را پذیرفت. اختراع این شیوه به نام ست ثبت شده بود. او می‌خواست در آزمایشگاه پیشرفته‌اش در بوستون کارکند. حتی قراردادش را هم به طور کامل نخواند.

آن‌ها او را به هند «قرض» دادند. طبق قرارداد، شرکت جی‌ای‌پی حق چنین کاری را داشت و چنین اقدامی برای روابط عمومی یشرکت بسیار مفید بود.

—

یکی از زنانی که در جلسه خوش‌آمدگویی حاضر بودند همراه با دو محافظ او را به سوی رودخانه گنگ می‌بردند. این زن کدامشان بود؟ نمی‌توانست به یاد بیاورد. در دوران پنجاه سالگی به سر می‌برد و به نظر می‌رسید که مادربزرگ باشد. این باید کار حرف زدن با او را آسان‌تر می‌کرد، اما ست نمی‌توانست حرفی برای گفتن بیابد. به دنبال آن زن می‌رفت؛ ظاهرا رودخانه نباید خیلی دور باشد، که این‌کار انجام آزمایشات را ساده‌تر می‌کرد.

زن گفت: «شرکت جی‌ای‌پی مشغول ساخت پیاده‌رویی اختصاصی به رودخانه است»، «اما هنوز تکیمل نشده. راستی من سانوی پارث[11] هستم از دانشگاه دهلی. فکرنکنم که به یاد بیاورید.»

«متاسفم، من ...»

زن لبخند شیطنت‌آمیزی زد و گفت: «اشکالی ندارد، دکتر سندرز. شما در

11. Saanvi Parth

یک لحظه به افراد زیادی معرفی شدید.»

«بله»

«و این را دوست ندارید. اما حالا بدون هیچ مزاحمتی کار خواهیم کرد. می‌دانید، من همکار شما در آزمایشگاه هستم. ژنتیک شناس ارشد. با گرما راحتید؟»

«حتما.» زن بطری آب را به او داد. «روی آن دیوار در سایه بنشینید. هیچ وقت اینقدر بد نبود. اما می‌دانید، همه اش اثرات گرمایش جهانی است.»

«او نمی‌دانست، یعنی از اعداد و ارقام مربوط به افزایش دما خبر نداشت. همیشه در آزمایشگاه‌هایی بود که به سیستم خنک‌کننده مجهز بودند، تا اینکه به اندونزی رفت. حس یک موجود ضعیف را داشت. اما لبخند زن می‌گفت که ایرادی ندارد.

«خیلی خوب انگلیسی صحبت می‌کنید. این را گفت و امیدوار بود که حرف نابجایی نزده باشد.

«تحصیلات تکمیلی و فوق دکترایم را در آکسفورد گذراندم.»

در میدانی کوچک، یا چیزی شبیه به میدان با ساختمان‌ها و غرفه‌های فروش کالا، توقف کرده بودند. ست تلاش کرد که از حرکت دائمی رنگ‌ها و صداها و بوها سر در بیاورد. معابد، میمون‌ها، زنانی ساری به تن، مردانی دهوتی پوشیده، دوچرخه‌های موتوری، سگ‌ها، دوربین‌های پلیس، گداها، گروهی از مردان که نجواکنان جسدی را به سوی رودخانه حمل می‌کردند، میوه‌ها و غذاهای در حال سرخ شدن بله گاوی که سرخوشانه این سو و آن سو می‌رفت ...

همه این موارد شگفت آور، انگار که از او جدا بودند و توجهی به او نداشتند و اجازه می‌دادند که او تنها نظاره گر باشد.

در یک لحظه، بطری آب گرم در دست و در حالی‌که گرما او را احاطه کرده بود، قلبش فشرده شد. ست، فرزند زمستان‌های یخ زده مینه‌سوتا، فرزند معادن سنگ آهن، فرزند والدینی سختگیر و کم حرف، حالا عاشق هندوستان شده بود.

دیـا را در یـک مهمانـی دیـد کـه شـرکت جی‌ای‌پـی ترتیـب داده بـود، شـرکت همـه را ملـزم کـرده بـود کـه در مهمانـی حاضـر شـوند. سـث در گوشـه‌ای بـا گیـلاس نوشـیدنی در دسـت ایسـتاده بـود، بـدون هیـچ میلـی بـه نوشـیدن، می‌خواسـت کـه بـه آزمایشـگاه بازگـردد، زیرچشـمی بـه سـاعتش نـگاه کـرد. بعـد از یـک مکالمـه نـاکام و پـس از نیـم سـاعت، دیگـر کافـی بـود. بـه سـوی در خـروج چرخیـد امـا بـا خانمی برخورد کرد و نوشیدنی اش روی لباس او ریخت.

دو نفر که در اطراف آنها ایستاده بودند با حیرت نگاه کردند.

«متاسـفم ... نمی‌خواسـتم این‌طـوری شـود ... مـن ... اجـازه بدهیـد پـول خشکشویی را بپردازم!»

بـر حیـرت اطرافیـان افـزوده شـد چـرا؟ سـپس لبـاس کـه از بـرگ درسـت شـده بـود توجهـش را جلـب کـرد. برگ‌هـای واقعـی، کـه البتـه کاری روی آنهـا صـورت گرفتـه بـود: صدایـی کـه آنهـا تولیـد می‌کردنـد بسـیار ناچیـز بـود و بـه زحمـت قابـل شـنیدن بـود؛ عطـری همچـون عطـر درخـت کاج منتشـر می‌کردنـد، و رنـگ آنهـا بـه طـور حیـرت‌آوری از طلایـی بـه نارنجـی و صورتـی تغییـر می‌کـرد غیـر از جایـی کـه نوشـیدنی ریختـه شـده برگ‌هـا را پژمـرده و قهـوه‌ای کـرده بـود، درسـت شـبیه ... خب، شبیه برگ‌های پژمرده.

صاحـب لبـاس بـا عصبانیـت رو بـه سـث بازگشـت و ایـن بـار سـث بـود کـه خشـکش زد. چگونـه یـک نفـر می‌توانـد تـا ایـن حـد زیبـا باشـد؟ ظریـف، بـا موهـای مشـکی پرپشـت، چشـمان سـبز و پوسـتی صـاف بـه رنـگ چـوب بلـوط صیقـل داده شده. زن گفت: «خشک شویی؟»

«یا ... هرچی... نمی‌دانم ..»

«واضـح اسـت کـه نمی‌دانیـد.» سـپس عصبانیـت او بـه نوعـی هیجـان تبدیـل شـد. «شـما سـث سـندرز هسـتید. پسـر نابغـه تـازه در جی‌ای‌پـی. چیزهـای جالبـی درباره شما شنیده ام.»

«مـن ...» او چـی؟ او یـک احمـق بـود، بایـد در آزمایشـگاه بمانـد، او بـه جمع‌هـای انسـانی تعلـق نداشـت، بـه خصـوص بـه چنیـن جمعـی. کسـی بـه دادش رسـید و

گفت «این دیا است آقای سندرز»، «دیاسدهی[۱۲]. طراح مشهور تکنوفشن[۱۳]، می‌دانید.»

نمی‌دانست. زن دستش را دراز کرد و وقتی او به خاطر گیجی و خجالت، دست زن را نگرفت این دیا بود که دست ست که کنارش آویزان بود را گرفت و بالا آورد و گفت: «سلام ست. از دیدار شما خوشوقتم.»

دباغی‌های کان‌پور[۱۴]، که بیشتر توسط مسلمانان اداره می‌شدند، در جاجمائو، محله‌ای مسلمان نشین، واقع شده‌اند. «تهدیداتی متوجه اینجا بوده،» سانوی گفت، «و بدتر از تهدیدات. خشونت‌هایی اینجا روی داده. وقتی اوضاع سخت می‌شود، مردم به دنبال قربانی می‌گردند.»

ست، مشغول بررسی رودخانه گنگ بود و به ندرت به او گوش می‌داد. دریچه آب راهی که پسماند دباغی‌ها از آن به رودخانه گنگ می‌ریخت را گشود. آب آبی رنگ همراه با کرومات بود. از میان دروازه، محوطه‌ای را دید که پوست بوفالوها در آن زیر آفتاب پهن شده بودند تا خشک شوند. پسری نیمه‌برهنه پوست‌ها را در حوضچه‌ای آبی‌رنگ لگدمال می‌کرد، در حالی که اطرافش غازها و بزها حضور داشتند و بالای سرش ابری از مگس‌ها بود. بویی در هوا پیچیده بود انگار که لاشه فاسد شده را با اسید باتری ترکیب کرده باشند.

«سی سال است که اینجا تغییری نکرده»، سانوی این را گفت و ادامه داد: «کروم سه ظرفیتی نسبت به فرآوری‌های گیاهی سابق انعطاف‌پذیری بیشتری به پوست می‌دهد. مقدار زیادی از کروم سه ظرفیتی اکسید شده و به شش ظرفیتی تبدیل می‌شود. قرار بود کارخانه‌ای برای همین کار اینجا تاسیس شود اما فساد در اوتارپرادش[۱۵] بدتر از بقیه هند است و در نتیجه چیزی ساخته نشد. همه چیز ناکام مانده است برنامه ملی تمیزسازی، لوایح قانونی،

12. Sodhi
13. technofashion
شاخه‌ای از مد که مد و فن‌آوری را در هم می‌آمیزد.
14. Kanpur
یازدهمین شهر پرجمعیت هند
15. Uttar Pradesh
یکی از ایالت‌های شمالی هند

برنامه‌های روابط عمومی‌ها، جریمه‌ها، حسگرهای تشخیص تخلف. کان‌پور ۴۰۶ دباغی ثبت شده و بسیاری دباغی غیرقانونی دارد که استانداردها در مورد آنها کاربردی ندارند. آلودگی کروم در اینجا هشتاد برابر حد قانونی است.»

«هشتاد؟»

«بله، ما گانگا (الهه رودخانه) در حال اشک ریختن است.»

سث به او نگاه کرد. «واقعا برایت مهم است..»

زن برای مدتی طولانی چیزی نگفت و سث فکر کرد که احتمالا باز هم همچون دفعات قبل حرف نابجایی زده است. سانوی بالاخره گفت: «خیلی زیاد. من نمی‌توانم در مورد چیزی که در حال نابود کردن هند است کاری کنم. سیل در مناطق ساحلی، نابودی تولیدات کشاورزی، مرگ و میر در اثر گرما ... اما شاید من همراه با شما بتوانیم در این مورد کاری بکنیم. دیگران نیز شاید بخواهند برای گرم شدن زمین کاری بکنند.»

چهره سث در هم رفت. «چه کسی؟ چه کاری؟ هر دولتی که برای این کار تلاش کرده ناکام مانده است.» به خاطر فساد اداری، به خاطر نفوذ تولیدکنندگان که با سوخت فسیلی کار می‌کنند، به خاطر بی‌میلی به شیوه‌های مهندسی آب و هوا، به خاطر میل به هیچ کاری نکردن.

سانوی پاسخی نداد. «بیا برگردیم به آزمایشگاه و کار کنیم.»

—

دیا با شهرت آشنا بود، می‌توانست به او نشان بدهد که چگونه از شهرت بگریزد. می‌توانست او را برای یک ساعت، یک روز یا حتی یک هفته از پهپادها و گزارشگران و افراد دیوانه‌ای که به طور معمول او را به مرگ تهدید می‌کردند یا «کشفیات علمی سری» را با او در میان می‌گذاشتند، جدا کند. او را به نقاطی دوست داشتنی می‌برد که در آنجا هیچ کس به میکروبیولوژی یا مد علاقه‌ای نشان نمی‌داد: کابینی در کوه‌های آلپ، مزرعه‌ای در ایالت وایومینگ، کوهی در نپال. این پنهان شدن از قرن بیست و یکم برای دیا نوعی سرگرمی و برای سث همچون اکسیژن بود. دیا می‌گفت که «به مورد توجه بودن عادت خواهی کرد»، اما این‌طور نشد. در میان سفرها، او به آزمایشگاه پناه می‌برد و روی تخت مسافرتی در دفترش در شرکت جی‌ای‌پی می‌خوابید.

دیـا می‌گفـت کـه «بـه کارت افتخـار می‌کنـم» و بعدهـا گفـت: «تـو خیلـی کار می‌کنـی، سـث» و بعدتـر گفـت: «تـو از کارت اسـتفاده می‌کنـی تـا از زندگـی واقعـی، از جمله من، اجتناب کنی؟»

او در اعتـراض گفـت: «کار مـن زندگـی واقعـی مـن اسـت»، خیلـی زود فهمیـد کلماتـی کـه بـه کار بـرده نابجـا بوده‌انـد، امـا نمی‌دانسـت چـرا. چشـم‌های زیبـای دیـا سـرد شـدند؛ صـدای آهنگیـن او آن‌قـدر تنـد و تیـز شـد کـه می‌توانسـت المـاس را برش دهد.

دیـا گفـت: «بلـه، بـرای تـو، کار تنهـا چیـزی اسـت کـه واقعـی اسـت. مـن تنهـا خیالی هستم که حالا از آن خسته شده‌ای.»

«دیـا،» او آغـاز کـرد، امـا نمی‌دانسـت کـه چطـور ادامـه بدهـد. کلمـات مناسـب را نمی‌یافـت، احساسـاتش بـه انـدازه پریون‌هـا[۱۶] در هـم پیچیـده بودنـد. همـه کاری کـه می‌توانسـت انجـام دهـد ایـن بـود کـه چرخیـدن دیـا، تـاب خـوردن موهـای مشـکی اش روی شـانه‌هایش و دور شـدن او در لبـاس متحـرک کـه شـبیه ابـر بـود و خـودش طراحی کرده بود را تماشا کند.

امـا دیـا بـا او بـه هنـد آمـد، البتـه بـا شـرایط مخصـوص بـه خـودش. «مـن کان‌پـور را دیـده ام،» بـا بـی میلـی ادامـه داد «آن را دوسـت نـدارم. شـلوغ، کثیـف، فقیـر. امـا خواهـرم آنانیـا در محلـه بیـن المللـی زندگـی می‌کنـد. پیـش آنانیـا می‌مانـم.» دیـا در محلـه بیـن المللـی کـه هـوای آن مطبـوع نگـه داشـته می‌شـد و آنجـا ویلاهـای هوشـمند متصـل بـه اینترنـت در میـان گل‌های کاغـذی، رسـتوران‌های پـرزرق و بـرق و مغازه‌هـا تحـت حفاظـت نیروهـای مسـلح قـرار داشـتند. در حالـی کـه سـث و سـانوی و کارکنانشـان سـاعات بیشـتر و بیشـتری را کار می‌کردنـد، او دیـا را کمتر و کمتر می‌دید.

برخـی اوقـات بـا خـود فکـر می‌کـرد کـه آیـا دیـا اصـلا متوجـه ایـن کاهـش دیدارها شده است یا خیر.

—

هفته‌هـا اصـلاح ژنتیکـی، تقویـت، آزمایـش، تکـرار تکرارتکـرار. هفته‌هـا برانگیختـن پروتئین‌هـا بـرای اینکـه بـه شـیوه متفاوتـی تـا شـوند، بـه خودشـان امـا

۱۶. نوعی پروتئین

به شکل متفاوتی تبدیل شوند. هفته‌های در معرض گرمای رودخانه و سرمای کولر در آزمایشگاه‌ها، فعالیت فکری سخت و تحلیل‌های رایانه‌ای و شب‌هایی همراه با بی‌خوابی.

و بالاخره، همه این‌ها ناگهان به نتیجه رسید و او و سانوی موفق به یافتن راه‌حل شدند. میکروبی که توانست آب رودخانه را از کرومات‌ها پاک کند.

«می‌توانم این را بنوشم!» سث گفت.

سانوی با خنده گفت: «این کار را نکن»

«باید ... چند ساعت دیگر برمی‌گردم!»

دیا را در استودیو اجاره‌ای اش یافت، احاطه شده توسط توپ‌های پارچه، چاپگرهای سه بعدی و ماشین‌هایی که سث از آنها سر در نمی‌آورد. روی میز کار خم شده بود و در حال برش دادن یک قطعه چرم با لیزر بود. «دیا، ما انجامش دادیم!»

دیا عینک ایمنی را روی سرش برد. «چه کار کردید؟»

«ژنومود! پیدایش کردیم!»

«بسیار عالی. تبریک می‌گویم.» دوباره به برش ادامه داد، این بار بدون عینک ایمنی.

سث همانجا ماند. «این پوست بوفالو نیست. »

«نه، گوساله است. به‌طور اعجاب‌انگیزی انعطاف‌پذیر است. می‌خواهم ... »

«از کجا گیرش آوردی؟»

دیا صاف شد. سث در چشمان دیا همه آنچه در پیش بود را دید و به گونه‌ای عجیب، دیا به استقبال آنچه در پیش بود رفت. «پوست محلی است.»

سث نتوانست جلوی خودش یا آنچه میان آنها در حال وقوع بود را بگیرد. «از گاوی که همین‌جا و بر خلاف قانون کشته شده و با نمک کروم دباغی شده که رودخانه را آلوده می‌کند.»

«تو در مورد آلودگی می‌گویی که چی درست است؟ تو یک آمریکایی؟ انتشار کربن شما به تنهایی ... »

«دیا ... کروم به آب کشاورزی، سبزیجات، شیر و شیر مادران راه پیدا می‌کند»

«تـو بـه مـن در مـورد هنـد درس می‌دهـی؟ خـودت هـم نمی‌فهمـی کـه چـه می‌گویی! از هند تصوری رمانتیک برای خودت ساخته‌ای! »

«و کاری کـه تـو می‌کنـی بدتـر است تـو یـک کیـف فرشـی بـه دوش[۱۷] در کشـور خودت هستی! »

همـان لحظـه از حرفـی کـه زد پشـیمان شـد. امـا شـاید دیـا نمی‌دانسـت کـه «کیف فرشی به دوش» چه معنایی دارد.

امـا دیـا می‌دانسـت. لب‌هـای زیبایـش در هـم جمـع شـدند طـوری کـه تقریبـا ناپدیـد شـدند. وقتـی دوبـاره آنهـا را بـاز کـرد، گفـت: «بـی فایـده اسـت، سـث. ایـن ازدواج به جایی نمی‌رسد.»

تصویـر در ذهـن او معبـدی طلایـی بـود کـه بـه تلـی از خـاک تبدیـل شـد او کـه هرگز در طول زندگی پا به معبدی نگذاشته بود.

—

در مـورد اینکـه دیـا بـه بوسـتون آمریـکا بازگشـته بـه سـانوی و دیگـران چیـزی نگفـت. پیـش از آنکـه بتـوان گزارشـی رسـمی را بـه نایجـل هرینگتـون داد، هفته‌هـا آزمایـش در پیـش بـود. باکتـری ممکـن بـود کـه در نسـل دوم، یـا سـوم یـا بیسـت و شـش دچـار تغییـر شـود. تـا شـدگی پروتئیـن ممکـن بـود تغییـر کنـد. ممکـن بـود کـه ژنومـود در بخـش دیگـری از آب رودخانـه، در تراکـم متفاوتـی از کـروم و در دمایـی متفاوت، واکنش متفاوتی نشان دهد.

سـث روی تخـت مسـافرتی در دفتـرش می‌خوابیـد در حالـی کـه سـانوی بـه خانـه‌اش نـزد همسـر، دختـر و نـوه‌اش می‌رفـت. او هرگـز در ایـن مـورد حرفـی نمی‌زد.

از شـدت گرمـای هـوا کاسـته نشـد. سـیل در مناطـق سـاحلی ادامـه داشـت و بـه جابجایـی میلیون‌هـا نفـر در سرتاسـر جهـان انجامیـده بـود. میـزان گاز دی اکسـید کربـن افزایـش یافتـه بـود. بیماری‌هـای اسـتوایی بـه بخش‌هـای دمایـی دیگـر نیـز

17. Carpet Bagger

در ابتدا به افرادی گفته می‌شد که پس از جنگ داخلی آمریکا، برای کسب سود از شمال به جنوب آمدند و از آنجا که بیشتر آنها کیف فرشی به دوش داشتند، «کیف فرشی به دوش» نام گرفتند. اکنون به افراد فرصت طلب که تنها با هدف کسب و سود و بی توجه به اخلاقیات به سرزمین دیگری می‌روند گفته می‌شود.

گسترش یافته بودند. نشست آب و هوایی سران کشورها باز هم ناکام مانده بود. شورش‌ها، کودتاها و انتخابات، شامل انتخابات آمریکا، در جهان روی می‌دادند. ست به اخبار بی توجه بود، تا شبی که صدای شلیک از نزدیکی شنیده می‌شد.

سربازها به سرعت در داخل و خارج آزمایشگاه‌های شرکت جی‌ای‌پی حالت تدافعی گرفتند. اما نیازی به این کار نبود. آنها هدف نبودند.

«دویست و هفده کشته»، این را سانوی صبح روز بعد گفت. «همه در جاجمائو.»

«چرا؟» ست پرسید.

برای نخستین بار، سانوی صبوری‌اش در مواجهه با او را از دست داد. «قبلا هم بهت گفته بودم. در دوران سخت، مردم به دنبال مقصر می‌گردند. این حمله ... بیشتر دباغی‌ها در اختیار مسلمانان است. دهه‌ها است که میان هندوها و مسلمانان، ملی‌گرایان و حامیان جهانی‌سازی، فساد اداری و اصلاحات، آن‌هایی که قدرت دارند و آن‌هایی که قدرت را می‌خواهند درگیری است ... فاجعه آب و هوایی تنها همه را تحت فشار بیشتری قرار داده است. اینقدر ساده‌لوح نباش، ست!»

«داری می‌گویی که نمی‌شودکاری کرد. نه برای خشونت، نه برای گرمایش جهانی، نه برای ... هیچ چیزی. »

«من می‌گویم که دولت‌ها ناکارآمد هستند. اما» ناگهان ساکت شد.

«به من بگو. این نخستین بار نیست که اشاره کردی به ... یک چیزی.»

اما همه آنچه سانوی گفت این بود: «باید برگردیم سر کار. »

—

چهار روز بعد، شرکت جی‌ای‌پی پروژه را متوقف کرد.

«متاسفم، دکتر سندرز،» این را نماینده‌ای که از طرف دفتر هرینگتون فرستاده شده بود گفت. هیچ کمیته‌ای این بار در کار نبود. «دفتر منابع انسانی برای بازگشت با شما تماس خواهد گرفت. الان، انتظامات شما را به بیرون هدایت خواهد کرد. این هم جعبه برای متعلقات شخصی شما است»

«اما چرا؟»

«شرکت جی‌ای‌پی تصمیم گرفته که اهداف بخش بوم‌شناسی در پروژه‌های دیگری بهتر محقق خواهند شد.»

«اما این که نشد جواب! ما تقریبا به نتیجه رسیده‌ایم!»

«متاسفم!»

سانوی از آزمایشگاه بیرون آمد در حالی که جعبه خودش را حمل می‌کرد. «سث، بیا.»

«ولی ...»

«بیا.»

سانوی او را به کافه‌ای برد که بوی زردچوبه و زیره می‌داد. سث نمی‌توانست چایی‌اش را قورت دهد. سانوی گفت، «به من گوش بده. خشونت‌های بیشتری در راه خواهند بود. شایعه شده که صاحبان دباغی‌ها می‌خواهند حتی سم بیشتری وارد ما گانگا کنند. رشوه‌ای که شرکت باید به دولت بپردازد خیلی زیاد شده است. وزیر محیط‌زیست بازنشست شده و شخص دیگری جایش را گرفته است.»

«اما همه این‌ها چه ربطی به علم دارد؟»

«چایی‌ات را بنوش.»

«من این چایی لعنتی را نمی‌خواهم! » و سپس گفت «عذر می‌خواهم.»

در فضای تنگ و تیره کافه، چشم‌های سانوی همچون استخری تاریک بودند.

سث سعی کرد جلوی جاری شدن اشکهایش را بگیرد. «فقط اینکه ما ... من می‌خواستم ... و همه این‌ها خیلی ناامید کننده است. همه چیز، همه سیاره.»

«نه. ناامید کننده نیست.» صورتش جدی‌تر شد و به سوی سث خم شد. «تو به جای اشتباه می‌نگری.»

«چی؟»

«می‌خواهم بگویم که این نه دولت‌ها هستند که به داد سیاره زمین خواهند رسید، نه شرکت‌هایی مانند جی‌ای‌پی و نه دانشگاه‌ها. آنها همه فقط به دنبال نفع خودشان هستند. تنها از افراد مصمم کاری ساخته است.»

سث خندید. «خب. انگار که افراد به تنهایی می‌توانند کاری انجام دهد.»

«می‌توانند. برخی از آن‌هایی که چنین کاری خواهند کرد را می‌شناسم. آنها برای یک پروژه مهندسی آب و هوا در حال برنامه‌ریزی هستند تا پوششی از ذرات هوا پخش را به جو زمین بفرستند، این ذرات نور خورشید را منحرف کرده و زمین را خنک می‌کنند.»

سث به سانوی خیره شد. او کاملا جدی بود.

سانوی ادامه داد: «ما چندین دهه است که می‌دانیم چنین کاری ممکن است تو هم حتما می‌دانی.»

«بله»، سث گفت، «اما، سانوی، هیچ کشوری هرگز موافقت نکرده که»

«هیچ کشوری». من که به تو گفتم. این یک پروژه خصوصی است که یک میلیاردر که به این کار باور دارد هزینه‌هایش را تامین می‌کند. ماه آینده بیست هواپیما بلند خواهند شد و در سرتاسر جهان ذرات هواپخش را در ارتفاعی بالا منتشر خواهند کرد، آن‌قدر بالا که در جو زمین ثابت بمانند.»

«هواپیماها ساقط خواهند شد.»

«برخی از آنها بله. اما تا آن موقع، دیگر بسیار دیر خواهد بود. ذرات دیگر منتشر شده‌اند و زمین خنک خواهد شد.»

«شما همه آب و هوا را تغییر خواهید داد! محصولات کشاورزی از بین خواهند رفت و...»

«برخی از آنها بله. برخی هم بهتر رشد خواهند کرد. در طی زمان، در مجموع دستاوردها مثبت خواهند بود. سث، فکر کن. شرایط آب و هوایی همین حالا هم در حال تغییر است و دارد بدتر می‌شود.»

«ولی»

«کاری نکن که از اعتماد به تو برای در میان گذاشتن این اطلاعات پشیمان شوم.»

«شما دارید به فرآیندی آزمون نشده، افراطی و ناشناخته اطمینان می‌کنید.»

«من نه. اما، بله، افرادی که در پروژه دخیل هستند به یک فرآیند ناشناخته اعتماد دارند. برخی اوقات انتخاب بهتری وجود ندارد. ایناهاش، این

در اصل به تو تعلق دارد، نه به شرکت جی‌ای‌پی. تو آن را خلق کرده‌ای.»

«از جیبی مخفی در شلوار گشادش، شیشه کوچکی که سر آن بسته شده بود را درآورد.»

—

در بالای پلکان، آمریکایی آفتاب سوخته درنگ می‌کند. زنی به سوی او می‌آید. طوری لباس پوشیده که او هرگز ندیده بود، یک ساری آبی و طلایی، بازویش را به آرامی لمس می‌کند اما حرفی نمی‌زند.

«سانوی،» مرد می‌گوید.

چشمان تیره اش، چین و چروک‌های اطرافش، متوقف می‌شود.

«این کاری نیست که علم قرار بود انجام دهد.» مرد این را می‌گوید. «نمی‌توانم مسئولیتش را بر عهده بگیرم.»

«اگر تو نه، پس کی؟»

مرد ساکت است.

«ست، نیردوشاک[۱۸]، یک پروتئین می‌تواند به شکل‌های مختلف بسیاری تا شود. درست است؟ اما نمی‌تواند به تعدادی بی نهایت به اشکال مختلفی تا شود. هرچیزی حدی دارد.»

دیا.

سانوی، بدون اینکه ضرورتی داشته باشد، ادامه می‌دهد، «حتی معصومیت.»

کمی بعد. قایق عزاداری خاکستر را روی رودخانه خالی می‌کند. زنی بسیار پیر لباس‌های خیس را به پله‌های پایینی پلکان می‌کوبد. دو گردشگر در حال عکس گرفتن هستند. بالای سر، یک پهپاد به آرامی در گردش است. ست تصور می‌کند که می‌تواند آبی ناشی از کروم سمی داخل آب را ببیند. هرچند می‌داند که نمی‌تواند.

به پلکان باز می‌گردد، درب محموله را باز می‌کند و به سوی رودخانه مقدس خم می‌شود.

۱۸. در زبان هندی به معنی معصوم.

فصل بیستم

نتیجه‌گیری: درس‌هایی از انقلاب صنعتی

الیور مورتون[1]

برای بهره بردن از ایده‌های مطرح شده در این کتاب درباره فن‌آوری آینده، باید به رویدادی کلیدی در گذشته بنگرید.

1. Oliver Morton

تقریبا در طول همه تاریخ ثبت شده و ثبت نشده بشر، فن‌آوری که از نسلی به نسلی دیگر منتقل می‌شد یکسان بود. ابزاری که مورد استفاده افراد قرار می‌گرفت شبیه همان ابزاری بود که پدران و مادران آنها استفاده می‌کردند و یا اصلا همان ابزار از والدین به فرزندان ارث می‌رسید؛ بیلچه، کج بیل باغبانی، دسته هاون، قابلمه، سوزن، چاقو و دیگر لوازم یکسان از نسلی به نسلی دیگر می‌رسید. نه اینکه جهان تغییر نمی‌کرد و نوآوری اهمیتی نداشت: اختراع دودکش ماهیت خانه و اختراع رکاب نقش اسب را تغییر دادند. اما تغییرات کند بودند و فن‌آوری همان‌طور که می‌توانست به پیش رود، ممکن بود پسرفت کند. زمانی که فیلیپو برونلسکی[1] برای ساخت گنبد کلیسای جامع فلورانس، از گنبد پانتئون (معبد رومی) در روم الگو یا حداقل الهام گرفت که طرح اولیه آن توسط آگریپا[2] ارائه شده بود، برای بیش از ۱۳۰۰ سال بود که هنر گنبدسازی در اروپای غربی دیگر به کار گرفته نمی‌شد.

هنوز هم در بیشتر جهان این پایدار ماندن فن‌آوری میان نسل‌ها قابل مشاهده است. بسیاری از افراد برای بسیاری از امور هنوز از فن‌آوری‌های نسل والدین‌شان بهره می‌برند. همان‌طور که دیوید اجرتون[3]، متخصص تاریخ فن‌آوری در کینگز کالج لندن[4]، در کتاب شوک قدیم[5] (سال ۲۰۰۶) شرح می‌دهد، شیفتگی فعلی در مورد فن‌آوری به‌عنوان نوآوری باعث شده که تاریخ فن‌آوری کاربردی مورد غفلت قرار گرفته و این فن‌آوری به‌عنوان ابزار کاربردی (مانند مواردی بسیار پایه‌ای همچون گاری یا کاندوم) است که بسیاری از جنبه‌های زندگی بشر را پایه‌ریزی کرده و آنچه می‌توان انجام داد و میزان سختی انجام آن را تعریف کرده است.

این پایداری بین‌نسلی فن‌آوری چیزی نیست که تنها در مناطق روستایی و جهان رو به توسعه وجود داشته باشد. واکلاک اسمیل[6] از دانشگاه

1. Filippo Brunelleschi
2. Agrippa
3. David Edgerton
4. King's College London
5. The Shock of the Old
6. Vaclav Smil

منیتوبا[7] در کتاب محرکان اصلی جهانی شدن[8] (سال ۲۰۱۰) شرح می‌دهد که فن‌آوری‌های بنیادینی که تجارت و حمل و نقل به آنها وابسته‌اند برای مدتی طولانی است که حضور دارند: ظهور موتور دیزل و توربین گازی به ترتیب به دهه ۱۸۹۰ و دهه ۱۹۳۰ باز می‌گردد. هرچند زمان لازم بود تا این دو بر تجارت تسلط بیابند اما برای بیشتر از یک قرن اخیر، موتورهای دیزلی کشتی‌ها، قطارها و کامیون‌ها بیشتر کالاهای جهان را جابجا کرده‌اند و هواپیماها اکنون این خدمات را برای موارد فوری ارائه می‌دهند.

همان‌طور که اسمیل در جای دیگری توضیح می‌دهد، شاید یکی از مهم‌ترین فن‌آوری‌های قرن بیستم که قطعا بسیار کم مورد ستایش قرار گرفته (۱) اساسا از زمان ظهور تاکنون ثابت مانده است. در اواخر دهه ۱۹۰۰ و اوایل دهه ۱۹۱۰، فریتس‌هابر[9] و همکارش کارل بوش[10] در شرکت شیمیایی بی‌ای‌اس‌اف و دانشگاه فرایبورگ نخستین شیوه کارآمد برای استفاده از نیتروژن هوا در شکل واکنشی این عنصر را ارائه دادند که به‌وسیله آن امکان ساخت کودهای شیمیایی و مواد منفجره فراهم شد.

جنگ‌ها، به‌وسیله این پیشرفت، به مقیاس غیرقابل تصوری رسیدند: بنابر یک برآورد، در جنگ جهانی اول، بیش از ۶ میلیون تن مواد منفجره درجه بالا مورد استفاده قرار گرفت. چنین حد بالایی از تخریب بدون تثبیت مصنوعی نیتروژن غیرقابل تصور بود. اما جمعیت افرادی که به کمک این فن‌آوری غذای خود را تامین کردند بیش از افرادی است که بابت این فن‌آوری کشته شدند. کودهای مصنوعی بر پایه تثبیت صنعتی نیتروژن به جهان برای تامین خوراک جمعیتی یاری رساند که در انتهای قرن بیستم چهار برابر جمعیت انتهای قرن نوزدهم بود. کودهای مصنوعی هنوز هم برای تمدن بشر جنبه حیاتی دارند و هرچند که دامنه و کارایی تولید آنها بسیار گسترش یافته و بهبود یافته، همان‌طور که توانایی موتورها و توربین‌ها افزایش یافته، اما شیوه ساخت آنها همچنان بر اساس فرآیند

7. University of Manitoba
8. Prime Movers of Globalisation
9. Fritz Haber
10. Carl Bosch

هابر بوش است.

لایه تکنولوژیکی کند و مستحکمی همواره در جهان وجود داشته است؛ اما نوآوری‌ها و جهش‌های سطحی باعث می‌شوند که این لایه مداوم به چشم نیاید. با این حال، جهان برونلسکی و بوش اساسا متفاوت بوده است. نیمه دوم قرن هجدهم و نیمه نخست قرن نوزدهم تغییراتی را به خود دیدند که ماهیت فن‌آوری و جامعه را تغییر دادند. نخست در بریتانیا و سپس در سرتاسر جهان، این ایده که زندگی نسل آینده تا حد زیادی از نسل پیش از آن قابل تشخیص نیست مورد تجدید نظر قرار گرفت.

انقلاب صنعتی نه تنها فن‌آوری‌های مربوط به تولید کالا را تغییر داد، بلکه سرعت پیشرفت فن‌آوری و نرخی که کسب و کارها بر اساس این فن‌آوری‌ها تشکیل می‌شدند و از بین می‌رفتند را نیز تغییر داد. انقلاب صنعتی جهانی را خلق کرد که در آن توان تکنولوژیکی بالقوه به طور دائم در حال رشد بود و اقتصادهای ساخته شده بر بستر این توان بالقوه نیز دائما رشد می‌کردند. تولید ناخالص جهان، که طی هزار سال پیش از آن کم و بیش با نرخ ثابتی رشد می‌کرد ناگهان رشدی نمایی را به خود دید. این رشد نمایی تا امروز تداوم یافته هرچند توان آن در طی زمان تغییر کرده است.

خواسته‌ای از آن خود؟

تصور اینکه تغییر و تحول تنها به خاطر خود فن‌آوری روی می‌دهد، متداول و به طور خاص وسوسه‌برانگیز است، بسیار شبیه به نسخه مدرن لوکوموتیوی که به راه افتاده و در مسیرش تحقق پیشرفت‌های تازه اجتناب‌ناپذیر خواهند بود. این حس که نوآوری همان‌طوری پویایی تاریخی را پیش می‌برد که پیستون چرخ را به جلو می‌راند را می‌توان در میان بسیاری افراد یافت. می‌توان مشاهده کرد که نوآوری و نه کاربرد آن، وجه غالب روایت افرادی است که تاریخ فن‌آوری را روایت می‌کنند، تاکید بر «جدید و نوین» بودن، نیروی پیش‌برنده این روایت است. می‌توان آن را در نظریه‌های اقتصادی یافت که در آنها تغییرات فن‌آوری به عنوان امری

خـارج از سیسـتم و بـرون‌زا در نظـر گرفتـه شـده کـه پویایـی بلندمـدت خـود را دارد و غیرقابـل توضیـح اسـت. ایـن احسـاس گنـگ امـا پایـدار بـه شـما دسـت می‌دهـد کـه پیشـرفت و مسـائل آن بـه خـودی خـود روی می‌دهنـد. چنیـن ایده‌هایـی کامـلا هـم سـازگار نیسـتند؛ همان‌طـور کـه رایـان اونـت در مقالـه اش (فصـل شـش) شـرح می‌دهـد، ارقـام مربـوط بـه رشـد اقتصـادی بـا آن پیشـرفت شـتابانی کـه مـردم در زندگـی روزمـره در اطرافشـان حـس می‌کننـد همخوانـی نـدارد. امـا همـه ایـن ایده‌هـا بـر بسـتر ایـن احسـاس ایجـاد شـده اسـت کـه فن‌آوری خودمختار است و خواست مخصوص به خود را دارد.

بـرای تجربـه تمـام و کمـال ایـن تجربـه، نگاهـی بیاندازیـد بـه کتاب «فـن‌آوری چـه می‌خواهـد[11]» (سـال ۲۰۱۰) نوشـته کویـن کلـی[12]. کلـی، دبیـر اجرایـی بنیانگـذار مجلـه وایـرد[13] (و همـکار سـابق و دوسـت مـن)، فـن‌آوری را بـه عنـوان موجـودی در نظـر می‌گیـرد کـه قوانیـن و منطـق مخصـوص بـه خـود را دارد، چیـزی کـم و بیـش شـبیه بـه یـک نیـروی طبیعـی امـا هدفمندتـر از آنچـه از نیروهـای طبیعـی انتظـار مـی‌رود. «تکنیـوم[14]»، اصطلاحـی کـه او بـرای مجمـوع همـه چیزهـای تکنولوژیکـی بـه کار می‌بـرد، یـک تجلـی از حرکـت همگانـی بـه سـوی اتصـال و پیچیدگـی بیشـتر اسـت. کلـی اعتقـاد دارد کـه انسـان‌ها هـم از نظـر مـادی و هـم از نظـر معنـوی از ایـن اتصـال و پیچیدگـی بهـره می‌برنـد و ایـن پیشـرفت‌ها بـه نفـع آنهـا ختـم می‌شـود: انسـان‌ها بـا شـناخت آنچـه فـن‌آوری می‌خواهـد و بـا کمـک رسـاندن بـه فـن‌آوری جهـت دسـتیابی بـه ایـن اهـداف، بـه خودشـان هـم نفـع خواهنـد رسـاند. امـا بـرای پذیـرش ایـن خوشـبینی بایـد پذیرفـت کـه منافـع تکنیـوم و بشـر همسـو خواهنـد بـود. خواننـده کتـاب بـا ایـن فکـر مواجـه می‌شـود کـه اگـر آنچـه فـن‌آوری می‌خواهـد و آنچـه بـه نفـع بشـر اسـت همسـو نباشـند، در این‌صـورت ایـن انسـان خواهـد بـود کـه بایـد اولویت‌هـای خـود را تغییـر دهـد و ایـن در واقـع، تصـوری اسـت کـه بسـیاری از افراد در مورد جهان دارند.

11. What Technology Wants
12. Kevin Kelly
13. Wired
14. Technium

کلی در برخورد با فن‌آوری به عنوان قدرتی خودمختار نسبت به برخی دیگر به شدت بی محابا (و به شدت بلندپروازانه) عمل می‌کند؛ اما شیوه‌های فکری مشابه، هرچند کمتر آشکار را می‌توان در بسیاری از نوشته‌های کمتر بلندپروازانه در مورد فن‌آوری یافت که دره سیلیکون و یا جاهایی دیگر نوشته شده‌اند. مارکسیست‌ها برای این نوع نگرش اصطلاحی هم دارند: بت وارگی[15]. همان‌طور که کارل مارکس[16] در کتاب سرمایه[17] (سال ۱۸۶۷) نوشت، جهان مدرن ساختار اجتماعی خود اینکه چه کسی چه کاری را برای چه کسی و به چه علت انجام می‌دهد را به‌وسیله موهبت بخشیدن به کالاهای بی‌جان مخفی و گنگ نگه‌می‌دارد. کالاهایی که نمی‌توانند قدرتی از خود اعمال کنند اما فراطبیعی به نظر می‌رسند. او نوشت: «محصولات که توسط ذهن بشر تولید شده‌اند، اشکال خودمختاری به نظر می‌آیند که زندگی خودشان را دارند به گونه‌ای که هم با یکدیگر و هم با نژاد بشر در رابطه‌اند. در جهان کالاهایی با محصولات ساخته بشر چنین است. پس در جهانی کالایی با محصولات ساخت بشر چنین رویه‌ای برقرار است.»

نیازی نیست که مارکسیست باشید تا پی ببرید که هنگام سخن گفتن در مورد تکنولوژی به عنوان موجودی خودمختار که قوانین خود را پی می‌گیرد و ساختار اجتماعی که در آن قرار گرفته را بازسازی می‌کند، این انتقاد مارکس چقدر کاربرد دارد. چنین ادعایی بر پرسش‌هایی سرپوش می‌گذارد از جمله اینکه چه کسی فن‌آوری‌ها را بر می‌گزیند، آنها چگونه از طریق بازارها و دیگر شیوه‌ها گسترش می‌یابند، و چه کسی از آنها نفع می‌برد. محو ساختن چنین پرسش‌هایی به حفظ وضع موجود کمک می‌کند. اما شما می‌توانید یک مارکسیست انتقادی باشید و از مشکلات مربوط به در نظر گرفتن فن‌آوری به عنوان یک بازیگر خودمختار چشم پوشی کنید در واقع ممکن است بارها خود کارل مارکس باشید و چنین کاری بکنید. مارکس در طی زمان نگرش‌های مختلفی نسبت به فن‌آوری

15. fetishism
16. Karl Marx
17. Capital

داشت اما اغلب آنها جبرگرایانه بودند و در آنها فن‌آوری به خودی خود به عنوان عامل تغییر جهان در نظر گرفته می‌شد مانند زمانی که مارکس در کتاب فقر فلسفه[18] (سال ۱۸۴۷) نوشت: «آسیاب دستی به شما جامعه‌ای با ارباب فئودال می‌دهد؛ آسیاب بخاری، جامعه‌ای با سرمایه دار صنعتی.»

همان‌طور که آندریاس مالم[19] از دانشگاه لوند[20] در کتاب سرمایه فسیلی[21] (سال ۲۰۱۶)، که ارزیابی مجدد اعجاب انگیزی از انقلاب صنعتی است، شرح می‌دهد، رابطه میان جامعه، آسیاب بخاری و سرمایه داری صنعتی به مراتب پیچیده‌تر از ادعای بالا بوده است. موتور بخار اغلب به عنوان گام کلیدی و بنیادی برای تحقق انقلاب صنعتی در نظر گرفته می‌شود. اما مالم تلاش کرد تا دریابد که چرا موتور بخار در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم در بریتانیا ظهور کرد، اما دلایل چندانی برای آن وجود یافت شد. بریتانیا به طور منحصر به فردی در یافتن و سوزاندن زغال سنگ نسبت به دیگر کشورها بهتر نبود؛ موتور بخار در سال‌های نخستین به وضوح راهکار برتری برای انجام امور نبود، و توسعه آن نیز در مقایسه با شیوه‌های مشابه آسان‌تر نبود.

به علاوه اینکه، سرمایه داری صنعتی همان موقع هم در صحنه حضور داشت. رشد نمایی تولید که معمولا به عنوان یکی از نشانه‌های انقلاب صنعتی در نظر گرفته می‌شود به مراتب پیش از متداول شدن موتور بخار تحقق یافت. تولید کتان در دهه ۱۷۸۰ به شدت رشد کرد آن هم به لطف ظهور دامنه‌ای از پیشرفت‌های مکانیکی ناشی از فرهنگی که هم نوآوری را تشویق می‌کرد و هم به طور سیستماتیکی بخش قابل توجهی از سود حاصل از نوآوری‌ها را دوباره سرمایه‌گذاری می‌کرد (نرخ بازگشت سرمایه اغلب از ۳۰ درصد فراتر می‌رفت) به گونه‌ای که به کاهش بیشتر هزینه تولید بینجامد. این توسعه به مدد قدرت چرخ آبی تحقق یافت که حتی زمانی که آگریپا هزینه ساخت پانتئون را پرداخت هم وجود داشت.

18. The Poverty of Philosophy
19. Andreas Malm
20. Lund University
21. Fossil Capital

نام کامل کتاب، «سرمایه فسیلی: ظهور موتور بخار و ریشه‌های سرمایه داری» است.

تـا آنجـا کـه بـه افـرادی مربـوط می‌شـود کـه تاریخچـه‌ای اجمالـی از فـن‌آوری یـا انـرژی ارائـه می‌دهنـد، ایـن وضعیـت بـه عنـوان مرحلـه گـذار در نظـر گرفتـه می‌شـود و کـه در آن موتورهـای بخـار بـه عنـوان ناجـی وارد شـدند و چرخ‌هـای آبـی بـا ظرفیـت محـدود تولیـد نیـرو را کنـار زدنـد. امـا ایـن روایـت اشـتباه اسـت. در سـال ۱۹۸۳، رابـرت گـوردون پژوهشـی جامـع در مـورد آبریزهـای شـمال صنعتـی انگلسـتان انجـام داد. تـا سـال ۱۸۳۸، زمانـی کـه انقـلاب صنعتـی کامـلا در راه بـود، ایـن آبریزهـا بیشـتر از همیشـه مـورد اسـتفاده قـرار می‌گرفتنـد و بـا ایـن وجـود در هیـچ حوضـه رودخانـه ایـده درصـد تـوان بالقـوه تولیـد نیـرو از آب بـه کار گرفتـه نمی‌شـد. در حوضـه بـا بیشـترین تـوان تولیـد بالقـوه، در ترنـت[۲۲]، تنها کمتر از دو درصد توان بالقوه مورد استفاده قرار می‌گرفت.

موتـور بخـار بـرای رشـد صنعتـی نمایـی ضـروری نبـود و بـه ایـن خاطـر بـه کار گرفتـه نشـد کـه هیـچ جایگزیـن دیگـری وجـود نداشـت و یـا بـه ایـن دلیـل کـه از جایگزین‌هـای موجـود ارزان‌تـر بـود. موتـور بخـار بـه کار گرفتـه شـد؛ چـرا کـه بـه چنـد دلیـل بـرای آن‌هایـی کـه سـرمایه‌گذاری می‌کردنـد مناسـب‌تر بـود. محدودیـت زمـان و مـکان را بـرای آنهـا برطـرف سـاخت و بـه آنهـا اجـازه داد کـه ماشـین‌ها را هـر جـا کـه می‌خواهنـد برپـا کننـد و سـرعت عملیـات را بـه راحتـی تغییـر دهنـد. ایـن ویژگی‌هـا بـه صنعـت اجـازه داد کـه بـه شـدت متمرکـز شـود تـا تمرکـز کارگـران را تشـویق کـرده و از آن بهـره ببـرد. دلیـل اینکـه مالـکان و تـا حـدی کارگـران موتـور بخـار را بـه چـرخ آبـی ترجیـح می‌دادنـد بـه قـدرت ذاتـی فـن‌آوری ارتباطـی نداشـت، بلکـه ایـن ترجیـح نتیجـه روابـط اجتماعـی میان دو گروه بود. فن‌آوری عامل انقلاب نبود، بلکه فرزند انقلاب بود.

با همه قدرت به پیش

چـرا روایـت مربـوط بـه گسـترش موتـور بخـار امـروز اهمیـت دارد؟ بـه سـه دلیـل. نخسـت اینکـه نقـش مرکـزی سـرمایه داری را برجسـته می‌سـازد. سـرمایه‌گذاری مجـدد سـرمایه در رشـد بـازار محـور آینـده بـه تقاضایـی بـرای فـن‌آوری می‌انجامـد کـه در هیچ‌کـدام از سـاختارهای اجتماعـی پیشـین سـابقه

22. Trent

نداشته است. آن‌طور که برخی معتقدند که هرچه سرمایه‌داری خالص‌تر باشد، فن‌آوری پیشرفته‌تر است. در قرن بیستم دولت‌ها نقشی حیاتی در همه گونه‌های توسعه و همچنین توزیع فن‌آوری ایفا کردند. اما افرادی که در اقتصادهای بازار محور مدرن فعالیت می‌کنند ظرفیت بیشتری برای تقاضا و به کارگیری تغییرات تکنولوژی نشان داده‌اند که در شرایط پیشین غیرقابل تصور بود.

پدیده‌ای که معمولا به عنوان شاهدی برای پویایی مستقل فن‌آوری در نظر گرفته می‌شود، می‌تواند بسیار روشنگر باشد. بررسی دقیق نشان می‌دهد که تعداد بسیار زیادی از ایده‌های نوآورانه، از موتور دیزلی گرفته تا تلفن تا لامپ رشته‌ای در زمان مشابهی به ذهن افراد بسیاری خطور کرده است. از زمان پژوهش‌های پیشرو انجام شده توسط لنگدن وینر[۲۳] و رابرت مرتون[۲۴] در دهه ۱۹۷۰، کشفیات و اختراعاتی که به طور همزمان در چند نقطه مختلف روی داده‌اند به عنوان امری متداول در نظر گرفته می‌شوند و باعث شده تا فردی مانند کوین کلی از آن با عنوان شاهدی بر چیزهایی که فن‌آوری «می‌خواهد» در مرحله بعد اختراع شوند یاد می‌کنند. هرچند به نظر من چنین پدیده‌ای خیلی ساده نشان می‌دهد که در سیستم‌های سرمایه‌داری پاداش و منفعت قابل‌توجهی برای اندیشیدن به کارها و محصولات تازه وجود دارد و تعداد نوآوری‌های ممکن که بتوان برای تحقق آنها تلاش کرد هم محدود است. به عنوان شاهد، مواردی را در نظر بگیرید که فن‌آوری می‌توانست در جهان پیشاسرمایه داری تحقق ببخشد اما این‌طور نشد. دکمه و فرغون چرخ‌دار می‌توانستند در جهان کلاسیک اختراع شوند، اما این اتفاق روی نداد.

دوم، شیوه‌ای که در آن موتور بخار نه صرفا به اختراعی که نقشی مرکزی در انقلاب صنعتی داشت بلکه به عنوان عامل انقلاب صنعتی در نظر گرفته می‌شد به ما می‌آموزد که مردم از فن‌آوری چه خواسته‌ای دارند. موتور بخار به نماد این ایده تبدیل شد که فن‌آوری بر اساس

23. Langdon Winner
24. Robert Merton

دستورالعمل خودش پیش می‌رود و عمل می‌کند چرا که دقیقا به نظر می‌رسید که موتورهای بخار اینگونه‌اند. از نخستین روزها، این ایده که موتورهای بخار به طور خودمختار کار می‌کنند، خرافاتی بود که هم در میان شیفتگان فن‌آوری و هم آن‌هایی که فن‌آوری را شوم می‌دانستند رواج داشت. امید و ترس هر دو در این میان نقش آفرین بودند: امید به اینکه فن‌آوری ما را نجات خواهد داد و ترس از اینکه فن‌آوری ما را نابود خواهد کرد. از این‌ها گذشته، فرانکنشتاین داستانی است در مورد فن‌آوری خودمختار.

نقشی که امروز رایانه‌ها ایفا می‌کنند نیز شبیه نقشی است که موتورهای بخار در دوره ویکتوریا ایفا می‌کردند. آنها فن‌آوری هستند که به عنوان سرآمد فن‌آوری‌ها شناخته می‌شوند و خودمختاری ظاهری آنها به ایده‌پردازی‌هایی در مورد خودمختاری و فرمان‌بری همه چنین مصنوعاتی تبدیل شده است. وقتی ماشین‌ها بله یا خیر می‌گویند یا تصمیم «می‌گیرند»، همیشه این کار را بر اساس برنامه‌هایی انجام می‌دهند که توسط دستان انسانی، برای اهداف انسانی و با معایب انسانی نوشته شده‌اند. اما ماشین‌ها به گونه‌ای این کار را انجام می‌دهند که به سختی می‌توان تصور کرد که پیشکاری خودمختار در درون آنها وجود ندارد. حرکت فعلی به سوی هوش مصنوعی دقیقا از این جهت بسیار اعجاب‌آور است که به نظر می‌رسد خودمختاری ظاهری را به حد اعلای خود می‌رساند. تند نرو کلی، من باور ندارم که فن‌آوری خواسته‌ای دارد؛ اما معتقدم که مردم می‌خواهند که فن‌آوری خواسته‌هایی داشته باشد، و در برخی مواقع، برخی از مردم به شدت برای تحقق آن تلاش می‌کنند.

این تمرکز بر خودمختاری قابل درک است، به خصوص با در نظر گرفتن اینکه آشکارترین پیشرفت‌های نوآورانه طی چند دهه اخیر در حوزه فن‌آوری اطلاعات روی داده‌اند (من می‌گویم آشکارترین چرا که همان‌طور که رابرت کارلسون در فصل ۳ به ما یادآوری می‌کند، پیشرفت‌ها در فن‌آوری‌های بیولوژیکی نیز بسیار عظیم بوده‌اند). هرچند این خطر وجود دارد که توجه بیش از حد به خودمختاری به عنوان اصلی‌ترین مساله

فن‌آوری به انحراف در شیوه نگرش به آینده منجر شود. برای مثال، آینده جنگ افزارها را در نظر بگیرید. بنجامین سانترلند در مقاله جالبش (فصل ۱۱)، بسیاری از جنبه‌هایی که در آن به‌کارگیری خودمختاری یا هوش در جنگ‌افزارها از گلوله‌های هدایت شونده گرفته تا دیگر تجهیزات را به طور مفصل شرح می‌دهد. اما سراغ بررسی پیشنهاد مطرح شده در مقاله فرانک ویلچک نمی‌رود (فصل ۲) که در آن شرح داده می‌شود که کنترل به مراتب بهتر فیزیک هسته‌ای می‌تواند خیلی زود امکان ذخیره انرژی بسیار متراکم را فراهم آورد که در مقایسه با رآکتورها یا بمب‌های امروزی، کوچکتر و قابل کنترل‌تر و انعطاف‌پذیرتر هستند.

این قابلیت ویرانگر من را به یاد اظهارات چند سال پیش فریمن دایسون[۲۵]، ریاضیدان و فیزیک‌دان بزرگی می‌اندازد که زمانی همکار ویلچک بوده است. دایسون گفت که تنها کشف فیزیکی که او هرگز نمی‌خواهد محقق شود، کشف راهکاری برای انفجار سلاح‌های همجوشی[۲۶] (بمب‌های اچ[۲۷]) بدون نیاز به سلاح‌های شکافتنی[۲۸] (بمب‌های‌ای[۲۹]) است. به نظرم، این یکی از مواردی است که ویلچک در موردش گمانه زنی می‌کند.

در حال حاضر، متراکم سازی اتم‌های هیدروژن با یکدیگر به اندازه‌ای قدرتمند که برای بمب‌های اچ کفایت کند تنها در صورتی امکان‌پذیر است که شما ابتدا مجموعه‌ای از اتم‌های اورانیوم یا پلوتونیم را در زنجیره‌ای از فعل و انفعالات بشکافید؛ همه سلاح‌های همجوشی، برای پیش برد فعالیت، درون خود سلاح‌های شکافتنی دارند. طراحی سلاح‌های شکافتنی نسبتا ساده است: زمانی که دانشمندان نخستین پروژه منهتن[۳۰] در سال ۱۹۴۲ به لس آلاموس[۳۱] رسیدند، طراحی سلاح‌های شکافتنی وجود داشت. هرچند که متراکم کردن ایزوتوپ‌های درست پلوتونیوم و اورانیوم به مقدار لازم، به

25. Freeman Dyson
26. Fusion Weapons
27. H-bombs
28. Fission Weapons
29. A-bombs
30. Manhattan Project

پروژه‌ای در آمریکا که به ساخت بمب اتم منجر شد.

31. Los Alamos

مراتب سخت‌تر است و در دهه ۱۹۴۰ سهم قابل توجهی از تولید ناخالص داخلی آمریکا به آن اختصاص یافت. چنین کاری هنوز هم آن‌قدر آسان نیست که ساختاری کوچکتر از یک دولت قادر به انجام آن باشد، آن هم بدون اینکه توجه دیگر دولت‌ها جلب شود. این حقیقت که توان ساخت سلاح‌های هسته‌ای کمتر از آنچه در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ تصور می‌شد گسترش یافته است و نتایج کمتر وحشتناکی داشته است تا حد زیادی به این خاطر است که متراکم ساختن مواد شکافتنی مشکل است، و تحریم‌ها و دیگر شیوه‌های فشار مانند حملات پیشگیرانه می‌توانند آن را مشکل‌تر سازد.

اما اگر ویلچک درست بگوید و فیزیک هسته‌ای که رایانه‌ها به کمک آن آمده‌اند امکان طراحی شیوه‌های تازه‌ای برای خارج کردن انرژی هسته‌ای را فراهم آورد، همان‌طور که در شیمی امکان طراحی مولکول‌های تازه فراهم آمده است، این مانع می‌تواند برطرف شود. می‌توانید تصور کنید که در چنین جهانی سلاح‌های هسته‌ای می‌توانند با ردپای تکنولوژیکی به مراتب کمتری نسبت به امروز ساخته شوند آن هم با مواد فراوان‌تر که تامین آنها ساده‌تر است. می‌توان یک بمب‌گذار انتحاری با قدرت کیلوتن‌ها قدرت انفجاری را تصور کرد. این دورنمایی است که به نظر من نگران کننده‌تر از ایده خیزش و انقلاب هوش‌های مصنوعی و به بردگی گرفتن ما توسط آنها است. همچنین این دورنما کمتر مورد بحث قرار گرفته است.

پیامدهای ناخواسته

سومین دلیل برای تمرکز بر ظهور موتور بخار این است که موتور بخار، بزرگترین مثال برای پیامدهای ناخواسته محسوب می‌شود. ایده نقش داشتن دی اکسید کربن در گرم‌ترشدن زمین از نیمه دوم قرن نوزدهم توسط برخی مطرح شد؛ اما تازه در اواسط قرن بیستم بود که مشخص شد که دی اکسید کربن منتشر شده توسط دامنه وسیعی از وسایل ارمغان سرمایه‌داری که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند احتمالا به تغییر آب و

هـوا می‌انجامـد و ایـن اخطـار تـا همیـن اواخـر جـدی گرفتـه نشـده بـود. بنابرایـن، تصمیماتـی کـه توسـط سـرمایه‌داران قـرن نوزدهـم گرفتـه شـد سـیاره زمیـن را به گونه‌ای تغییر داد که هرگز در تصور آنها نمی‌گنجید.

پیامدهـای اسـتفاده از جـو زمیـن بـه عنـوان جایـی بـرای رهـا سـاختن زباله‌هـا نیـز می‌توانسـت بسـیار بدتـر از آن چیـزی باشـد کـه اکنـون بـه نظـر می‌رسـد. همان‌طـور کـه پـل کروتـزن[۳۲]، شـیمیدان جـوی شـناخته شـده، اشـاره کـرده اسـت، اینکـه کلـر بـه کار رفتـه در گازهـای خنـک کننـده بـا چـه سـاز و کاری بـه لایـه اوزون در استراتوسـفر (دومیـن لایـه بـزرگ اتمسـفر) آسـیب می‌زنـد هنگامـی کـه ایـن گازهـا (کلروفلوئوروکربن‌هـا) توسـعه یافتنـد شـناخته شـده نبـود. در نتیجـه اجـازه داده شـد تـا مـواد شـیمیایی مخـرب لایـه اوزون در استراتوسـفر رهـا شـوند، آن هـم بـا پیامدهـای بالقـوه شـدید بـرای محیط‌زیسـت جهانـی. خوشـبختانه، اکنـون مشـخص شـده کـه ایـن مشـکل پـس از اینکـه بـه آن پـی بـرده شـد، قابـل مهـار اسـت. هرچنـد کـه لایـه اوزون همچنـان آسـیب دیده اسـت امـا شـرایط آن بدتـر نمی‌شـود و احتمـالا بهبـود می‌یابـد. امـا اگـر رفتـار شـیمیایی کلـر همچـون عنصـر بـروم بـود کـه بسـیار بـه کلـر مرتبـط اسـت یـا اینکـه اگـر بـروم در همـان مقیـاس صنعتـی‌ای بـه کار می‌رفـت کـه کلـر بـه کار رفتـه شـرایط می‌توانسـت کامـلا متفـاوت باشـد. نسـبت بـروم بـه کلـر بـرای لایـه اوزون هماننـد نسـبت ماشـین کمبایـن بـه داس اسـت. در نتیجـه لایـه ازن نیـم قـرن پـس از اسـتفاده از ایـن مـاده شـیمیایی در نقطـه‌ای غیرمسـکونی از جهـان سـوراخ نمی‌شـد بلکـه بـه سـرعت و کـم و بیـش بـه طـور کامـل در کل سـیاره زمیـن از بین می‌رفت.

تعمیـم دادن شـیوه مواجهـه بـا مشـکل پیامدهـای ناخواسـته آن هم در شـرایط تـداوم نـوآوری بسـیار مشـکل اسـت، امـا یـک مـورد آشـکار ایـن اسـت که مشـکل تـا حـد زیـادی بـه جهـل (اگرچـه ناکامـی در تخیـل نیـز در اغلـب مـوارد نقـش آفریـن اسـت) مربـوط می‌شـود. هرچنـد ایـن جهـل در برخـی مواقـع خودخواسـته و حتـی جعلـی اسـت، هرگـز نبایـد واکنـش شـرم آور شـرکت‌های جهانـی تولیـد کننـده تنباکـو در مواجهـه بـا کشـف اینکـه پیامدهـای ناخواسـته فـن‌آوری تولیـد

32. Paul Crutzen

نیکوتین آنها مرگ میلیون‌ها انسان بوده را از یاد ببریم همچنین می‌تواند واقعی هم باشد. اگر افرادی که کلروفلوئوروکربن‌ها را توسعه دادند، بیشتر در مورد آنچه داشتند انجام می‌دادند هم می‌اندیشیدند احتمالا تصمیم بهتری نمی‌گرفتند، چرا که به دانش مورد نیاز برای درک پیامدهای چنین اقدامی دسترسی نداشتند. موضوع تنها دسترسی به فکت‌ها نبود، بلکه ایده‌ها، مفاهیم و ابزارهای اندیشیدن به این مشکل نیز در آن زمان وجود نداشتند.

این مشکل، ظاهرا، قابل حل نیست. زمانی که به برآورد اثرات فن‌آوری مربوط می‌شود، تلاش و کوشش برای ناشناخته‌های شناخته شده از نظر قانونی لازم و منطقی جلوه می‌کند. اما همواره ناشناخته‌های شناخته نشده‌ای هم وجود دارند که هیچ تصوری در مورد آنها وجود ندارد. شاید واضح‌ترین حوزه‌ای که این ناشناخته‌ها هم در حال حاضر در آنجا حضور دارند، عملکرد ذهن باشد. دانش ما از عملکرد ذهن در حال حاضر کمتر از دانش ما در دهه ۱۹۳۰ در مورد شیمی استراتوسفر است. در حالی که فن‌آوری‌ها بیش از پیش با شناخت در هم می‌آمیزند و همان‌طور که نویسندگان این کتاب تصور کرده‌اند، در افزودن به حافظه و حواس، در ارتباطات درون فردی و در شیوه عملکرد تخیل نقش ایفا می‌کنند، امکان اینکه آنها تغییر ناخواسته پایداری به همراه داشته باشند احتمالا افزایش می‌یابد. در نتیجه افرادی که از کاشت‌ها، پروتزها و ارتقاهای ذهنی بهره گرفته‌اند متفاوت خواهند اندیشید. به هیچ وجه مشخص نیست که آیا چنین تغییراتی مضر خواهند بود یا خیر. اما مشخص است که نمی‌توان آنها را در حال حاضر به طور کامل پیش‌بینی کرد.

پاسخ‌های محتمل

هنگامی که پیامدهای ناخواسته نمایان شوند، می‌توانیم درباره دو مورد مطمئن باشیم. یکی اینکه این مشکلات به مشوقی برای توسعه فن‌آوری‌های تازه تبدیل خواهند شد. این فن‌آوری‌های تازه یا جایگزین عامل پدیدآورنده مشکل می‌شوند و یا اینکه به طور مستقیم برای حل مشکل به کار گرفته

می‌شوند.

برای کلروفلوئوروکربن‌ها، مسیر جایگزینی پی گرفته شد و فن‌آوری‌های تازه به جای کار نمونه‌های پیشین به کار گرفته شدند. شیوه مشابهی هم ممکن است که در مواجهه با تغییرات آب و هوایی به کار گرفته شود. در حالی که برخی مانند آندریاس مالم روابط اجتماعی سرمایه داری را عامل ایجاد بحران آب و هوایی می‌دانند و به دنبال بازسازی این روابط هستند «سرمایه داری علیه آب و هوا»، زیرتیتر کتاب پرفروش نائومی‌کلین[۳۳] با عنوان «این همه چیز را تغییر می‌دهد[۳۴]» (سال ۲۰۱۴) است اما بیشتر تلاش‌ها به دنبال جایگزین ساختن فن‌آوری‌های با کارایی انرژی بالا به جای فن‌آوری‌های با کارایی انرژی پایین و همچنین جایگزین ساختن ژنراتورهایی که کربن فسیلی آزاد نمی‌کنند به جای ژنراتورهایی هستند که کربن منتشر می‌کنند.

البته تلاش‌ها تنها به جایگزین ساختن فن‌آوری‌های کهنه با فن‌آوری‌های نو که کار یکسانی انجام می‌دهند محدود نخواهند ماند و فن‌آوری‌هایی نیز برای حل مشکلات به کار گرفته می‌شوند. مثلا در مورد تغییرات آب و هوایی، ممکن است فن‌آوری‌های مهندسی آب و هوا برای درخشان‌تر کردن ابرها (برای اینکه نور خورشید از آنها عبور نکند) و جهت استفاده از ذراتی در استراتوسفر برای پراکنده ساختن نور خورشید و یا برای خارج ساختن دی اکسید کربن از جو زمین به کار گرفته شوند. تحقق اهداف آب و هوایی بلندپروازانه، مانند محدود ساختن میزان گرمایش به یک و نیم درجه سانتیگراد، غیرممکن خواهد بود؛ مگر اینکه راهکارهایی مربوط به مهندسی آب و هوا به کار هم جایی در راه حل داشته باشند و یا اینکه ماشین زمانی وجود داشته باشد که به کمک آن بتوان سیاست‌گذاری‌های گذشته و نه آینده را تغییر داد. همان‌طور که ویلچک اشاره می‌کند، سفر در زمان کمی از فن‌آوری‌های علمی تخیلی است که واقعا توسط قوانین فیزیک رد شده است. با این حال راه حل‌های مهندسی آب و هوا هم

33. Naomi Klein
34. This Changes Everything

هرچند یکی علمی تخیلی به نظر می‌رسد اما محتمل هستند، حتی اگر میزان تاثیرگذاری و خطرات آثار جانبی آنها نامشخص باشد. بنابراین، بحث در مورد به شدت محدود ساختن افزایش دما یا باید خیلی محتاطانه‌تر از آنچه امروز هست باشد و یا اینکه نقش مهندسی آب و هوا باید آشکارا مورد بحث قرار بگیرد.

چنین بحثی باید این نکته را برجسته سازد که توسعه فن‌آوری‌های اکنون کم و بیش تخیلی به راهکارهایی واقعی که بتوانند به شیوه‌ای ایمن، منصفانه و قابل مدیریت به کار گرفته شوند، نیازمند تلاش بسیاری هستند. نمونه مشابهی برای توسعه فراگیر چنین فن‌آوری بلند پروازانه‌ای در مقیاس جهانی وجود ندارد. اما توسعه این فن‌آوری بدون تبادل نظر گسترده و بحثی صریح در مورد زیان‌های احتمالی آن، اشتباه وحشتناکی خواهد بود.

یکی از دلایل نگرانی برخی در مورد مهندسی آب و هوا، که بیشتر در احساس ریشه دارد تا تفکر عمیق، این است که آنها به دنبال راهکاری پایدارتر، یا اساسی تر، از یک «تعمیر تکنولوژیکی» هستند. ممکن است کسی با آنها همدردی کند. اما همین فرد باید بداند که همه فن‌آوری‌ها تعمیری کوچک هستند. آنها نیازهایی را برآورده می‌سازند و نیازهای تازه‌ای را خلق می‌کنند. این ایده که مهندسی آب و هوا می‌تواند یک بار برای همیشه مشکل آب و هوا را حل کند، ایده بیهوده‌ای است؛ اما تصور اینکه هیچ فن‌آوری، یا همچنین هیچ نهادی، قادر است در جهان سرمایه داری با رشد دائمی و تغییراتی دائمی، راه حلی پایدار را ارائه کند، نیز همان‌قدر اشتباه است.

این ما را به دومین موردی که می‌توان درباره اش اطمینان داشت می‌رساند و آن اینکه هر واکنش و پاسخی نسبت به مشکلات، خود نیز پیامدهای ناخواسته‌ای خواهد داشت و مخترعان به دنبال راهکارهایی برای مهار این پیامدها خواهند گشت که این راهکارها خودشان نیز با پیامدهای ناخواسته‌ای همراه خواهند بود. هیچ راه آشکاری برای خروج از این نردبان، یا تردمیل، وجود ندارد. همان‌طور که برایان آرتور[۳۵]، اقتصاددان، در کتاب

35. W. Brian Arthur

«ماهیت فن‌آوری[۳۶]» (سال ۲۰۰۹) نوشت: «مشکلات، پاسخ‌های راه حل‌ها هستند.»

در نبود فعالیت اجتماعی، هرگز نمی‌توان برای حل مشکلات به فن‌آوری اطمینان کرد؛ باور صرف به فن‌آوری به عنوان یک کنشگر خودمختاری این خطر را دارد که نقش فعالیت اجتماعی نادیده گرفته شود. راه حل مناسب، به ندرت و شاید هرگز صرفا به‌وسیله فن‌آوری اجرایی نخواهد شد و فن‌آوری در مورد هیچ موضوعی حرف آخر را نخواهد زد؛ همواره راه‌های تازه‌ای وجود ندارد و موارد ناشایستی هستند که باید برای اصلاح آنها تلاش کرد. چندین قرن پیشرفت بی وقفه در فن‌آوری قرار نیست به پایان برسد و احتمالا تداوم خواهد یافت. درک اینکه فن‌آوری دستور کار مخصوص به خودش را ندارد بلکه در خدمت دستور کار دیگران است و درک اینکه به طور حتم با برآورده ساختن نیازهای پیشین، نیازهای تازه‌ای ایجاد خواهند شد، به دنبال کردن مسئولانه‌تر پیشرفت‌های تکنولوژیکی منجر خواهد شد، اما هرگز به مانعی بر سر راه این پیشرفت‌ها تبدیل نخواهد شد.

36. The Nature of Technology

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران
TEHRAN CHAMBER OF COMMERCE, INDUSTRIES, MINES AND AGRICULTURE
آینده‌نگر
امین الضرب

کتاب تغییر بزرگ جهان تا سال ۲۰۵۰ یکسال قبل توسط اتاق تهران منتشر شد و مورد اقبال عمومی قرار گرفت. این کتاب اصلی‌ترین تحولات اقتصاد و سیاست در جهان را پیش بینی کرده‌بود. کتابی که اکنون پیش‌روی شماست، جلد دوم همان کتاب است که با تمرکز بر موضوع تکنولوژی توسط موسسه اکونومیست تهیه و در اتاق تهران ترجمه و چاپ شده‌است.

فن‌آوری به سرعت پیش می رود!
پس فن‌آوری در سال ۲۰۵۰ ما را به کجا خواهد برد؟
تاثیر آن بر شیوه زندگی ما چگونه خواهد بود؟
تا کجا به فن‌آوری اجازه خواهیم داد که دامنه نفوذش را بگستراند؟

در کتاب «تغییربزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰»، دانشمندان شناخته شده، رهبران صنایع، دانشگاهیان برجسته و نویسندگان تحسین شده داستان‌های علمی تخیلی به روزنامه‌نگاران مجله اکونومیست پیوسته‌اند تا به پرسش‌های بالا پاسخ دهند.

بیست کارشناس در بیست زمینه مختلف، شامل فرانکو یلچک، برنده نوبل، آنو یِنبلد، سرمایه‌گذار در دره سیلیکون، ملیندا گیتس، فعال امور خیریه و الستر رینالدز، نویسنده داستان‌های علمی تخیلی به شناسایی ایده‌های بزرگ، اختراعات خارق‌العاده و روندهای به‌طور بالقوه ترسناک جهان نویی پرداخته‌اند که در آن اتصال ذهن و رایانه، گوشت‌های رشد یافته بدون حضور حیوان، خودروهای بافته شده و گلوله‌های هدایت شونده تحقق یافته‌اند.
کتاب «تغییربزرگ تکنولوژی تا سال ۲۰۵۰» تفکر برانگیز است، مملو از بصیرت و الهام‌هایی که توسط پیشروان نوآوری در فن آوری ارائه شده‌اند. خواندن این کتاب برای هر کسی که می خواهد جهان فردا را درک کند، ضروری است.