

هوش در خودروها

چگونه یادگیری ماشین
دهه آینده را شکل خواهد داد

مت برجس
کمیل علیتقوی



WIRED

بِسْمِ اللَّهِ
الرَّحْمَنِ
الرَّحِيمِ



The mark of
responsible forestry
FSC® C009732

سرشناسه: برجس، مت، Burgess, Matt

عنوان و نام پدیدآور: هوش مصنوعی: چگونه یادگیری ماشین، دهه آینده را شکل خواهد داد

نویسنده: مت برجس

مترجم: کمیل علی تقوی

مشخصات نشر: تهران: راه پرداخت، ۱۴۰۰

مشخصات ظاهری: ۱۲۸ ص

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۷۰۲-۰۴-۰

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: Artificial intelligence (WIRED guides): how machine...

عنوان دیگر: چگونه یادگیری ماشین، دهه آینده را شکل خواهد داد.

شناسه افزوده: علی تقوی، کمیل، ۱۳۶۳-، مترجم

شماره کتابشناسی ملی: ۷۶۶۶۱۰۵



عنوان: هوش مصنوعی: چگونه یادگیری ماشین، دهه آینده را شکل خواهد داد

ناشر: راه پرداخت

نویسنده: مت برجس

مترجمان: کمیل علی تقوی

ویراستار ارشد: مینا والی

ویراستار محتوایی: قاسم سرافرازی

ویراستار فنی: یلدا شایسته فر

بازبینی نهایی متن: رضا قربانی

صفحه آرا: بهناز سعیدی

ناظر چاپ: قادر شهبازی

نوبت چاپ: اول ۱۴۰۰

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۷۰۲-۰۴-۰

تلفن: ۰۲۱-۴۴۴۳۹۶۶

دورنگار: ۸۹۷۸۴۹۰۲

ایمیل: info@way2pay.press

وبسایت: way2pay.shop

لایتوگرافی: هنر اشکان

چاپ و صحافی: واژه

همه حقوق چاپ و نشر این اثر برای «انتشارات راه پرداخت» محفوظ است. هرگونه تکثیر، انتشار و بازنویسی این اثر یا قسمتی از آن به هر شکل و شیوه (چاپی، صوتی، ویدئویی، دیجیتال و ...) بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.

فروشگاه انتشارات راه پرداخت نشانی: تهران، جنت آباد جنوبی، خیابان لاله غربی، روبه روی پاساژ سمرقند، خیابان حدیث، کوچه حدیث دوم، پلاک ۸

۱۱	مقدمه
	بخش اول
۱۵	سال‌های نخست
	بخش دوم
۲۷	شکوفایی هوش مصنوعی
	بخش سوم
۳۷	به‌کارگیری هوش مصنوعی
	بخش چهارم
۵۵	خطرات هوش مصنوعی
	بخش پنجم
۷۵	هوش مصنوعی و دنیای کسب‌وکار
	بخش ششم
۸۷	استفاده تسلیحاتی از هوش مصنوعی
	بخش هفتم
۹۵	پاسخ‌گویی هوش مصنوعی
	بخش هشتم
۱۰۷	آینده هوش مصنوعی
۱۱۳	فهرست واژگان

[یادداشت ناشر]

وایرد نام یک ماهنامه آمریکایی است که از ژانویه ۱۹۹۳ به صورت دیجیتالی و چاپی منتشر می‌شود. موضوع این مجله چگونگی تأثیر فناوری‌های جدید و در حال رشد بر فرهنگ، اقتصاد و سیاست است. دفتر این نشریه هم در سانفرانسیسکو در ایالت کالیفرنیا قرار دارد.

این نشریه توسط خبرنگار آمریکایی لوئیس روستو و شریکش جین متکالف بنیان نهاده شد. در سال ۱۹۹۲ کوین کلی توسط لوئیس روستو استخدام شد تا به عنوان سردبیر اجرایی مجله وایرد خدمت کند.

«چرا آینده به ما نیازی ندارد» نام مقاله‌ایست از بیل جوی که در آوریل سال ۲۰۰۰ در مجله وایرد به چاپ رسید. او در این مقاله می‌گوید که قدرتمندترین فناوری‌های قرن بیست و یکم مانند رباتیک، مهندسی ژنتیک و فناوری نانو، انسان و گونه‌های طبیعی در معرض خطر را تهدید می‌کنند.

آینده‌ای که ۲۲ سال پیش نویسندگان وایرد از آن صحبت می‌کردند هنوز نرسیده است و هنوز هم انسان‌ها نقش مهمی بر روی زمین دارند؛ منتها یکی از آن فناوری‌هایی که در این سال‌ها این گمان درباره‌اش مطرح شده است که جایگزین انسان شود، «هوش مصنوعی» است. هرچند که نه درباره هوش توافق داریم و نه درباره هوش مصنوعی؛ ولی قبول داریم که به یکی از مهم‌ترین روندهای فناوری سال‌های اخیر

تبدیل شده است. در کلام افراد مهم کشور هم بارها بر اهمیت هوش مصنوعی تاکید شده است؛ تا امروز هم کتاب‌های مناسبی برای مدیران در زمینه شناخت هوش مصنوعی منتشر شده است؛ یکی از بهترین کتاب‌هایی که در زمینه هوش مصنوعی پیش از این منتشر شده بود هم کتاب هوش مصنوعی انتشارات هاروارد بیزینس ریویو است که آن را هم سال ۱۳۹۹ در انتشارات راه پرداخت منتشر کردیم. این کتاب متفاوت با کتاب قبلی است و روایتی جذاب از تاریخچه هوش مصنوعی و پیش‌بینی‌هایی برای آینده آن ارائه می‌دهد. این کتاب تلاش می‌کند اتفاق‌های پراکنده در دنیای هوش مصنوعی را کنار هم قرار دهد و به مخاطب دید خوبی نسبت به جایگاه این فناوری ارائه کند.

ما در گروه رسانه‌ای راه پرداخت شیفته ماهنامه وایرد هستیم و محصولات این رسانه را خودمان هم با علاقه دنبال می‌کنیم. از نظر ما وایرد نشریه مهمی است که درباره موضوعات فناوری از زاویه دید متفاوتی صحبت می‌کند و تاثیر فناوری بر حوزه‌های غیرفناوری را خیلی خوب بررسی و تحلیل می‌کند. به همین خاطر کتاب‌هایی که این رسانه منتشر کرده برای ما جذاب بود و بلافاصله بعد از انتشار این کتاب‌ها کار ترجمه و تولید را شروع کردیم که بتوانیم هم‌زمان با دنیا این کتاب‌های خوب را به مخاطب فارسی‌زبان عرضه کنیم.

تصور می‌کنیم مطالعه این کتاب دید خوبی نسبت به آینده هوش مصنوعی در اختیار مخاطبان قرار می‌دهد و افراد حرفه‌ای می‌توانند جایگاه و نسبت خود با این فناوری را دریابند. امیدواریم توانسته باشیم کار قابل قبولی را به مخاطبان خوب خود تقدیم کنیم.

رضا قربانی / انتشارات راه پرداخت

[

مقدمه

]

عصر هوش مصنوعی فرارسیده است. از ابتدای هزاره (سال ۲۰۰۰ میلادی)، فناوری نوظهوری که دهه‌ها در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حال توسعه بود، وارد زندگی روزمره ما شد. شاید مانند داستان‌های علمی-تخیلی درباره هوش مصنوعی که از طریق فرهنگ عامه با آن آشنایی دارید، به نظر نرسد، اما در هر صورت، هوش مصنوعی وارد زندگی ما شده و در حال ایجاد تغییرات بزرگی در جهان است.

زمانی که تصمیم می‌گیرید این کتاب را بخوانید یا به نسخه صوتی آن گوش دهید، بی‌شک چندین بار با هوش مصنوعی تعامل خواهید داشت. شاید هر بار متوجه این تعامل نشوید؛ چراکه اکنون به قدری استفاده روزمره از هوش مصنوعی فراگیر شده که به‌ندرت متوجه آن می‌شوید.

پست‌های فیس‌بوکی که در خبرخوان (News Feed) خود آنها را لایک می‌کنید، به این دلیل به شما نشان داده می‌شوند که هوش مصنوعی این شرکت، فعالیت‌های گذشته شما را رصد کرده و می‌تواند مواردی را که احتمالاً آنها را لایک می‌کنید، پیش‌بینی کند. نتفلیکس، مصرانه فیلم‌هایی را به شما پیشنهاد می‌دهد؛ زیرا از قبل می‌داند چه چیزی را می‌پسندید. وقتی قفل تلفن همراه آیفون خود را از طریق شناسایی چهره باز می‌کنید، به این دلیل است که الگوریتم‌های شرکت اپل، ویژگی‌های چهره شما را ثبت کرده و آنها را با «اثر صورت» ذخیره شده شما، مطابقت می‌دهد.

نتایج به‌دست آمده هر جست‌وجویی که در گوگل انجام می‌دهید، مبتنی بر هوش مصنوعی است که با بررسی کل محتوای وب و دسته‌بندی هر آنچه ممکن است بیشترین ارتباط را با جست‌وجوی شما داشته باشد، به دست آمده‌اند. مسیریابی ماهواره‌ای خودرو شما، سریع‌ترین مسیرها را بر اساس درک آنی داده‌های حرکتی و دانشی که نسبت به جهان وجود دارد، پیشنهاد می‌دهد. هر بار که واژه «الکسا» را به زبان بیاورید. یا این اسپیکرهای هوشمند آمازون فکر کنند که شما کلمه بیداری (wake word) را به کار برده‌اید. هوش مصنوعی، گفته‌های شما را پردازش می‌کند و مناسب‌ترین پاسخ را بر اساس محاسباتش ارائه می‌دهد.

این فقط زندگی روزمره ما نیست که در حال دگرگون شدن است. در حوزه‌های گوناگون؛ از بهداشت و درمان گرفته تا اکتشافات فضایی، هوش مصنوعی در حال

یادگیری از انبوه داده‌هایی است که طی دهه‌ها گردآوری شده و از این داده‌ها برای کمک به کشف داروها و سیارات جدید استفاده می‌کند. در عین حال، سازمان‌ها، از شرکت‌های خصوصی گرفته تا دولت‌ها، به‌طور فزاینده‌ای در حال استفاده از هوش مصنوعی برای بهبود عملکرد خود هستند تا از بار مسئولیت اداری افرادی بکاهند که کارهای تکراری انجام می‌دهند.

ما هنوز در ابتدای راه تحول آفرین هوش مصنوعی هستیم. طی یک دهه آینده یا همین حول و حوش، هوش مصنوعی از توانایی بالایی برخوردار خواهد بود تا بسیاری از فعالیت‌های روزمره ما - مانند اتومبیل‌های خودران و تحویل روباتیک - را بهبود ببخشد و مزایای بیشتری برای جهان به ارمغان آورد. این فناوری، سردمدار مقابله با تقلب در کارت‌های اعتباری، کمک به شناسایی تصاویر بارگذاری شده درباره سوءاستفاده‌های جنسی از کودکان در اینترنت و شناسایی حملات سایبری (پیش از آنکه کسب و کارها را فلج کنند) خواهد بود.

همانند سایر فناوری‌ها، دستاوردهای هوش مصنوعی نیز، تاکنون مزایا و معایبی داشته و ممکن است در آینده نیز داشته باشد. از بُعد مثبتش می‌توان گفت که هوش مصنوعی در حال مردمی و دموکراتیک شدن است. در حالی که هوش مصنوعی در گذشته فقط برای شرکت‌های دارای منابع عظیم، مناسب و مجاز بود، اکنون این اطلاعات برای هر کسی که بخواهد آنلاین باشد و ابزارهای پیاده‌سازی آن را خریداری کند، در دسترس است. در نهایت، هم شرکت‌ها و هم افراد فاقد دانش فنی، قادر خواهند بود به راحتی از هوش مصنوعی استفاده کنند. البته این نکته را هم باید در نظر داشت که هر روز بر پیچیدگی آن افزوده می‌شود.

اما مشکلات بالقوه‌ای نیز وجود دارد. در حال حاضر، اکثر تعاملات ما با سیستم‌های هوش مصنوعی نسبتاً ناچیز و بی‌اهمیت هستند؛ آنها عادی، (گاهی) بی‌وقفه و در نهایت فراموش‌شدنی هستند. یک جست‌وجوی بی‌فایده در وب یا چند بار تلاش مکرر برای باز کردن قفل تلفن، از آن دست لحظاتی هستند که بیش از چند ثانیه در خاطرم نمی‌مانند. با این حال، از این فناوری می‌توان برای جاسوسی و نظارت بر هر فعالیت استفاده کرد که این امر آزادی‌های مدنی و حقوق بشر را تهدید می‌کند و تا

حدی فقط برای همین اهداف استفاده می‌شود. بنابراین جای تعجب ندارد که نیروهای امنیتی مجذوب آن شوند یا اینکه حکومت‌ها برای تسلط بر هوش مصنوعی در حال رقابت باشند. هوش مصنوعی، فناوری‌ای است که تردیدهای زیادی را در زمینه قدرت و کنترل به وجود می‌آورد.

همچنین مواردی در زمینه نژادپرستی و تبعیض جنسیتی وجود دارد. در حال حاضر، هوش مصنوعی توسط گروه کوچکی از افراد توسعه یافته و کنترل می‌شود که اکثر آنها مردان سفیدپوستی هستند که در شرکت‌های فناوری محور فعالیت می‌کنند. چنین عدم تنوعی، برای میلیون‌ها انسانی که زندگی آنها می‌تواند تحت تأثیر سیستم‌های هوش مصنوعی قرار بگیرد، پیامدهای جدی داشته و خواهد داشت. پیاده‌سازی‌های ابتدایی حاکی از آن است که هوش مصنوعی و انواع مختلف ستم‌های اجتماعی، به همکاری با یکدیگر تمایل دارند.

در نهایت، هوش مصنوعی می‌تواند برای همیشه یک نیروی عظیم باشد و در حال حاضر، جهان را به شیوه‌های عمیقی تغییر داده است. اما دهه آینده جهت تعیین اینکه این تغییر تا کجا پیش می‌رود و در نهایت تا چه حد به نفع جامعه خواهد بود، بسیار حیاتی و سرنوشت‌ساز است. این کتاب، نه تنها چگونگی رسیدن به این مرحله را توضیح می‌دهد بلکه به بررسی این موضوع می‌پردازد که احتمالاً به کدام سو خواهیم رفت.



بخش اول
سال‌های نخست



هوش مصنوعی، آن گونه که امروزه آن را می‌شناسیم، در تعطیلات تابستانی سال ۱۹۵۶ در «کالج دارتموث» (Dartmouth) واقع در «نیوهامپشایر»، ساحل شرقی ایالات متحده آمریکا متولد شد.

طی دو ماه، گروهی از دانشمندان علوم رایانه، از جمله «جان مک‌کارتی» (John McCarthy)، «ناتانیل روچستر» (Nathaniel Rochester)، «کلود شانون» (Claude Shannon) و «ماروین مینسکی» (Marvin Minsky) که متقاعد شده بودند رایانه‌ها می‌توانند در اغلب اوقات مانند انسان‌ها رفتار کنند، گرد هم آمدند و در مورد چگونگی بهبود عملکرد ماشین‌های قدیمی بحث کردند. این چهار پژوهشگر، یک سال پیش از ملاقات‌شان در دارتموث، در مقاله‌ای نوشته بودند: «تلاش می‌کنیم بفهمیم چطور می‌توان ماشین‌ها را مجبور به استفاده از اشکال و مفاهیم انتزاعی کرد تا بتوانند مشکلاتی را حل کنند که در حال حاضر توسط انسان‌ها حل و فصل می‌شود و در نهایت خودشان را ارتقا بخشند»؛ البته حدود نیم‌دهه پیش‌تر، «آلن تورینگ» (Alan Turing)، ریاضیدان و دانشمند بریتانیایی، با ایده‌ای مبنی بر اینکه ماشین‌ها در نهایت می‌توانند خودشان به تنهایی یاد بگیرند، این موضوع را مطرح کرده بود. این دانشمندان امیدوار بودند تحقیقات آنها موجب «پیشرفتی چشمگیر» برای ماشین‌ها شود.

البته در نهایت پژوهشگران از تلاش خود ناامید شدند؛ چراکه این پروژه نتوانست همه بودجه مورد نیازشان را تأمین کند. دعوت‌شدگان در این پژوهش نتوانستند در مورد استاندارد مشترکی به توافق برسند و از آنجایی که شرکت‌کنندگان هر کدام درگیر تحقیقات خودشان بودند، پیگیری این کار با مشکل روبه‌رو شد. در هر صورت، با توجه به وضعیت نسبتاً ابتدایی رایانه‌های آن زمان، اهداف پروژه تابستانی دارتموث، غیرواقعی بود. مک‌کارتی، ۵۰ سال بعد در یادداشتی نوشت: «امیدم برای پیشرفتی چشمگیر در زمینه هوش مصنوعی در سطح انسانی، در دارتموث محقق نشد.»

اما با وجود این، پروژه تأثیرات خودش را گذاشت. پیش از انجام آن، تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی نوظهور، اغلب در دسته‌بندی مطالعات «اتوماتا» (Automata) قرار می‌گرفت که می‌توانست به رویکردی نسبتاً ناهماهنگ منجر شود. آن چهار محقق در طرح پیشنهادی اصلی خود برای نخستین بار از عبارت «هوش مصنوعی» استفاده

کردند. مک‌کارتی نیم‌قرن بعد نوشت: «این عبارت انتخاب شد تا نظرات و عقایدمان را واضح و علنی بیان کنیم.» این استراتژی جواب داد. این عبارت جدید اکنون به صنعتی چند میلیارد دلاری تبدیل شده و اعتبار پیدایش آن نصیب خود مک‌کارتی شده است. پیشرفت اولیه کلیدی، شبکه‌های عصبی است؛ اقتباسی از یک ایده قدیمی که برای تعریف عصر مدرن هوش مصنوعی به کار می‌رود. در اوایل دهه ۱۹۴۰، دانشمندان اولین مدل‌های ریاضی سلول‌های عصبی (نورون‌ها). اجزای سازنده مغز را به وجود آوردند (که با استفاده از تکانه‌های الکتریکی (Electrical Impulses) و سیگنال‌های شیمیایی، سیگنال‌ها را در تمام مغز و سراسر سیستم عصبی بدن منتقل می‌کنند) و مدارهای الکتریکی را برای تقلید از آنها تنظیم کردند. در سال ۱۹۵۸، در پی نشست کالج دارتموث و با بودجه‌ای از سوی دفتر تحقیقات دریایی ایالات متحده آمریکا، «فرانک روزنبلات» (Frank Rosenblatt)، روان‌شناس آمریکایی، اولین شبکه عصبی مصنوعی قابل آموزش را با نام «پرسپترون» (Perceptron) ساخت که داخل ماشینی به همین نام و به اندازه یک اتاق کار می‌کرد. این شبکه شامل الگوریتمی بود که می‌توانست الگوها و اشکال ارائه‌شده به آن را تشخیص دهد.

شبکه‌های عصبی امروزی بسیار سریع‌تر و پیشرفته‌تر از پرسپترون هستند و هر کدام برای بر عهده گرفتن یک کار خاص و متفاوت طراحی می‌شوند، اما بسیاری از اصول اساسی و پایه‌ای آنها تقریباً یکسان هستند. اساساً، شبکه‌های عصبی راهی برای انجام آموزش یادگیری ماشین هستند که به موجب آن، یک رایانه با قرار گرفتن در معرض نمونه‌های پیشین یاد می‌گیرد و نهایتاً کلیه اطلاعات مورد نیاز برای تکرار آن کار را دریافت می‌کند. برای نمونه، یک شبکه عصبی را در نظر بگیرید که برای شناسایی دوچرخه در عکس‌ها در حال توسعه است. آموزش به این شبکه عصبی با نشان دادن صدها، حتی هزاران تصویر از دوچرخه انجام می‌شود که به هر یک از این تصاویر، برچسبی تحت عنوان دوچرخه زده شده تا شبکه یاد بگیرد دوچرخه چه شکلی دارد (بدیهی است وقتی دستگاهی، تصویری را «می‌بیند»، شیوه مشاهده‌اش با شیوه ما متفاوت است؛ در واقع دستگاه، عکس و متن همراه آن را به صورت یک رشته اعداد مشاهده می‌کند). اگر روند آموزش، موفقیت‌آمیز باشد، الگوریتم، قادر است دوچرخه را در عکس‌هایی که

پیش از این «ندیده» است، شناسایی کند. به طور کلی، هرچه آموزش، از طریق نمونه‌های بیشتری انجام شود (که البته زمان و هزینه بیشتری را به فرایند می‌افزاید)، نتایج آن دقیق‌تر خواهد بود. طبق همین اصل، سایر شبکه‌های عصبی به منظور ایجاد تصاویر جدید، انجام پیش‌بینی‌ها، ترجمه زبان‌ها، کنترل وسایل نقلیه خودران و کشف داروهای جدید؛ مقادیر زیادی از داده‌های عددی را تجزیه و تحلیل می‌کنند. گفتنی است شبکه‌های عصبی سیاراتی پیدا کرده‌اند، هنر و موسیقی ساخته‌اند و... و همه اینها فقط مُشتی، نمونه خروار هستند.

این سیستم‌ها تقریباً از ساختار مغز الگوبرداری شده‌اند و با اتصال شبکه‌های عصبی که حاوی میلیون‌ها یا هزاران نود پردازش داده هستند، عملکردی مشابه نورون‌ها دارند. ماشین پرسپترون، فقط از یک لایه نود استفاده می‌کرد، اما سیستم‌های مدرن می‌توانند چندین لایه. در بعضی موارد تا ۵۰ لایه. داشته باشند که داده‌ها را از طریق آنها عبور می‌دهند. در شبکه‌های عصبی با چندین لایه، هر یک از این لایه‌ها، قابلیت‌های منحصربه‌فرد خودشان را دارند و می‌توانند برای تشخیص ویژگی‌های مختلف آموزش داده شوند. چنین سیستم‌هایی، «شبکه‌های عصبی عمیق» نامیده می‌شوند و طی دو دهه اخیر کمک‌های زیادی به توسعه هوش مصنوعی در حوزه‌های گوناگون کرده‌اند.

به طور کلی، سه نوع لایه در شبکه‌های عصبی وجود دارد؛ یک لایه ورودی، لایه‌های پنهان و یک لایه خروجی. لایه ورودی جایی است که اطلاعات به شبکه عصبی منتقل می‌شود. لایه‌های پنهان، تمام پردازش‌های رایانه‌ای را انجام می‌دهند (شبکه‌های عصبی پیچیده، تعداد زیادی از این لایه‌های پنهان دارند). لایه خروجی نیز نتیجه نهایی را فراهم می‌کند. نودهای درون هر لایه به یکدیگر متصل هستند (ممکن است میلیاردها اتصال در سیستم یک شبکه عصبی بزرگ وجود داشته باشد) و به همه آنها اعدادی داده می‌شود که به عنوان «وزن» شناخته می‌شوند (وزن‌ها، کنترل می‌کنند که اتصالات بین دو نود، چقدر قوی باشند و بنابراین روی خروجی، تأثیر می‌گذارند). وزن‌ها در تمامی مراحل آموزش تغییر می‌کنند تا با خروجی‌های نهایی سازگار باشند و نتایج را باب میل سازندگان سیستم ایجاد می‌کنند.

شبکه عصبی روزنبلات می‌توانست برخی کارهای اساسی را انجام دهد، ولی از آنجایی

که فقط از یک لایه گره و یک سیستم وزنی نسبتاً ساده استفاده می‌کرد، توانایی‌های آن به شدت محدود بود. البته مردم در آن زمان چنین دیدی نسبت به پرسپترون نداشتند. در پایان جولای ۱۹۵۸، هنگامی که نیویورک تایمز گزارش داد که پرسپترون می‌تواند فقط پس از ۵۰ تلاش آموزشی، بین سمت چپ و راست تفاوت قائل شود، این ادعا مطرح شد که پرسپترون ممکن است روزی «راه برود، صحبت کند، ببیند، بنویسد، تولید مثل کند و از وجود خودش آگاه باشد». همچنین گزارش روزنبلات عنوان کرد که پرسپترون می‌تواند به عنوان بخشی از مأموریت کاوش فضایی در آینده «به سمت سیارات پرتاب شود». روزنبلات، آخرین پژوهشگر هوش مصنوعی نیست که ادعاهای جسورانه‌ای مطرح می‌کند. شایان توجه است که شبکه عصبی اولیه دیگری به نام «مادلین» (Madaline) که در سال ۱۹۵۹ توسعه داده شد، قادر به شناسایی الگوهای موجود در داده بود و کم‌اهمیت‌ترین دلیل استفاده فوری‌تر و عملی‌تر از آن نسبت به پرسپترون این بود که برای از بین بردن انعکاس صدا در خطوط تلفن - که برای تماس‌های تلفنی از راه دور استفاده می‌شد - به کار گرفته شد و آنچنان مؤثر بود که تاددها مورد استفاده قرار گرفت. زمانی که «ماروین مینسکی» (Marvin Minsky)، پیشگام هوش مصنوعی و ریاضیدانی به نام «سیمور پاپرت» (Seymour Papert)، الگوریتم پرسپترون را در کتابی با همین عنوان رد کردند محدودیت‌های فنی اولین شبکه‌های عصبی در سال ۱۹۶۹ نمایان شدند. به گفته آنها این شبکه عصبی ساده، فقط با یک لایه قادر به اجرای یکسری کارهای ابتدایی بود و خبری از توانایی موعود؛ یعنی آگاهی از وجود خودشان نبود.

کتاب مینسکی و پاپرت به دلیل کاهش اشتیاق نسبت به شبکه‌های عصبی، به طور گسترده‌ای اعتبار یافت. البته پس از انتشار آن، تحقیقات در این زمینه رفته رفته کاهش یافت، اما دهه ۱۹۶۰ به طور کلی شاهد شکوفایی تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی و ایجاد بسیاری از ایده‌های اساسی بود که زیربنای هوش مصنوعی کنونی را تشکیل می‌دهند. دانشگاه‌های فناوری ایالات متحده آمریکا، از جمله «مؤسسه فناوری ماساچوست»، «کارنگی ملون» و «استنفورد»، تحقیق در این زمینه را آغاز کردند و شرکت‌های برجسته فناوری نیز به آنها پیوستند. بودجه این تحقیقات توسط «آژانس پروژه‌های تحقیقات پیشرفته دفاعی» (دارپا) متعلق به ارتش ایالات متحده آمریکا تأمین

شد. در همان زمان، انتشار فیلم «۲۰۰۱: ادیسه فضایی» ساخته «استنلی کوبریک» و لحن آرامش بخش شخصیت همه چیزدان و به ظاهر مفید «هال ۹۰۰۰» (Hal 9000)، آگاهی عمومی نسبت به هوش مصنوعی را افزایش داد و بذریه جهانی همزیستی ماشین‌ها با انسان‌ها را کاشت. در سال ۱۹۷۲ به نظر می‌رسید با توسعه روباتی به نام «شیکی» (Shakey) توسط مؤسسه تحقیقاتی استنفورد، یک قدم به چنین آینده‌ای نزدیک شده‌ایم. شیکی، رایانه‌ای مکعب‌شکل و دارای چرخ بود و اساساً قادر بود اشیاء را به تنهایی تشخیص داده و مسیر اطرافش را شناسایی کند و سپس توضیح دهد که چرا این کار را انجام داده است. البته ممکن بود حرکات آن (به خاطر شروع و توقف ناگهانی حرکت)، تند و نامنظم باشد (مانند نامش) و اغلب بی‌معنی بود، اما در آن زمان پیشرفته‌ترین فناوری به حساب می‌آمد.

در اوایل دهه ۱۹۸۰، پژوهشگران در حال ایجاد مجموعه‌هایی به نام «سیستم‌های خبره» بودند که می‌توانستند روند تصمیم‌گیری یک متخصص انسانی را تقلید کنند؛ البته به شرطی که وظایف مربوطه، بسیار محدود و مشخص باشد. برخی از این سیستم‌ها عملیاتی شدند. به عنوان مثال، «آمریکن اکسپرس» از یکی از همین سیستم‌های خبره برای کمک به کارکنان خود استفاده کرد تا تعیین کنند آیا مشتریان از محدودیت‌های اعتباری کارت‌هایشان فراتر رفته‌اند یا خیر. IBM این فناوری را برای کمک به مشاوران به کار گرفت تا دریابند چه میزان خدمات پس از فروش باید فروخته شود. سپس کشورهای دیگر نیز شیفته این فناوری شدند. از جمله ژاپن مبالغه‌ناگفتی در سیستم‌های هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری کرد، اما در نهایت نتوانست نتایج چشمگیری به دست آورد. این امر نشان‌دهنده پیشرفت‌های آتی بود.

در مجموع، دهه ۱۹۷۰ و اواخر دهه ۱۹۸۰، دوران سختی برای یادگیری ماشین بود و به دوران «زمستان هوش مصنوعی» معروف شد (این نام‌گذاری از مفهوم «زمستان هسته‌ای» (Nuclear Winter) اقتباس شده است). فقدان موفقیت‌های چشمگیر در این حوزه و بهره‌گیری از سیستم‌های فنی که توان‌شان از یک حدی بالاتر نبود، باعث شد این فناوری رو به افول برود و بودجه‌های تحقیقاتی کمتری به آن اختصاص یابد. بنابراین یک احساس ناامیدی عمومی به وجود آمد؛ هوش مصنوعی نتوانسته بود وعده‌های بزرگی را

که افراد فعال در این حوزه مطرح کرده بودند، برآورده کند. در سال ۱۹۷۳، در گزارشی درباره تأثیر هوش مصنوعی که به سفارش شورای تحقیقات علوم انگلستان صورت گرفته بود، بیان شد که بیشتر پژوهشگران هوش مصنوعی و حوزه‌های مربوطه، به یک احساس مشهود ناامیدی نسبت به دستاوردهای ۲۵ سال گذشته اعتراف کرده‌اند. کسانی که در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، وارد این حوزه شده بودند «امیدهای زیادی» به این فناوری داشتند، اما این امیدها فاصله زیادی تا محقق شدن داشتند. در این گزارش آمده است: «تاکنون در هیچ بخشی از این حوزه، اکتشافات صورت گرفته، نتوانسته‌اند تأثیر عمده‌ای را که وعده داده شده بود، عملی کنند.» «جیمز لایت‌هیل» (James Lighthill)، نویسنده گزارش، روی «ترجمه ماشینی» انگشت گذاشت تا به‌طور خاص آن را مورد انتقاد قرار دهد. او نوشت: «این مورد، «بدترین ناامیدی‌ها» را به همراه داشته است. مبالغ‌ه‌نگفتی در این حوزه هزینه شد، اما نتایج مفید بسیار کمی به همراه داشت.»

حول و حوش همان زمانی که گزارش لایت‌هیل منتشر شد، آژانس پروژه‌های پژوهشی پیشرفته دفاعی آمریکا. دارپا. که تا آن زمان مشتاقانه از تحقیقات هوش مصنوعی پشتیبانی می‌کرد، تغییر عقیده داد و بودجه برخی تحقیقات در مورد هوش مصنوعی را قطع کرد. برخی پژوهشگران هوش مصنوعی، از این اتفاق ناراحت شدند. به عقیده آنها انتظارات غیرواقعی‌ای نسبت به توانایی‌های هوش مصنوعی وجود دارد که این انتظارات به افراد خارج از صنعت نیز سرایت کرده بود. «نیلز نیلسون» (Nils Nilsson)، پیشگام هوش مصنوعی، در کتابی که سال ۲۰۰۹ منتشر کرد، با توصیف این صنعت طی ۵۰ سال گذشته، می‌نویسد: «در اوایل دهه ۱۹۸۰، بسیاری از حامیان مالی هوش مصنوعی در دولت و صنعت، نسبت به آنچه هوش مصنوعی می‌توانست انجام دهد، انتظارات بسیار زیادی داشتند. بی‌شک می‌توان بخشی از تقصیر را بر گردن خود پژوهشگران حوزه هوش مصنوعی انداخت که انگیزه پیدا کرده بودند وعده‌های اغراق‌آمیز بدهند.» در ادامه او خاطر نشان کرد که عضویت در یک نهاد تجاری هوش مصنوعی کاهش یافت، تبلیغات در «مجله هوش مصنوعی» کم شد، برخی شرکت‌ها در حوزه هوش مصنوعی تعطیل شدند و تحقیقات در برخی از بزرگ‌ترین شرکت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری متوقف شد.

اما در ۱۱ می ۱۹۹۷، خبر قابل توجهی منتشر شد. رایانه «دیپ بلو» (Deep Blue) متعلق به IBM، «گری کاسپاروف»، استاد بزرگ و قهرمان سابق شطرنج جهان را با نتیجه ۳/۵ بر ۲/۵ شکست داد. کاسپاروف قبلاً به خود می‌بالید که هرگز در مقابل یک ماشین شکست نخواهد خورد و حتی یک سال قبل، دیپ بلو را شکست داده بود. اما این بار، از بازی آن مبهور شد. کاسپاروف، پس از اینکه بازی آخر از سری بازی‌ها را باخت، گفت: «من یک انسان هستم. وقتی چیزی را می‌بینم که خیلی فراتر از درک من است، می‌ترسم». روی جلد شماره بعدی مجله «درون دنیای شطرنج» (Inside Chess) که پس از این اتفاق منتشر شد، نوشته شده بود: «Armageddon» (آخرالزمان).

پیروزی دیپ بلو بر کاسپاروف، نقطه عطفی را در توسعه هوش مصنوعی رقم زد و این فناوری و قابلیت‌های آن را دوباره با سرعت و شتاب بیشتری به جریان انداخت. از آن زمان به بعد هوش مصنوعی رشد روزافزونی داشته و شتاب پیشرفت‌ش طی یک دهه گذشته با کمک محاسبات ابری، سخت‌افزارهای بهبودیافته و الگوریتم‌های جدید هوشمند، بیش از پیش شده است؛ شبکه‌های عصبی به شبکه‌های عصبی عمیق تبدیل شده‌اند و یادگیری عمیق شکوفا شده است. به نحوی که امروزه تصور جهانی بدون هوش مصنوعی ممکن نیست.

هوش چیست؟

همواره نیروی محرکه هوش مصنوعی، میل به تقلید و بهبود توانایی‌های انسانی بوده است. از زمانی که این عبارت در دهه ۱۹۵۰ در دارتموث ابداع شد، تلاش‌ها معطوف به تولید دستگاهی بوده که مانند انسان‌ها فکر کند. والاترین هدف، ایجاد سیستم «هوش مصنوعی عمومی» (AGI- Artificial General Intelligence) است (که بیشتر به آن «ای جی آی» (AGI) می‌گویند).

برخی‌ها بر این باورند که هوشمندی هوش مصنوعی عمومی به اندازه انسان است و به عقیده برخی حتی این سیستم می‌تواند با هوش‌تر از انسان باشد و قادر به انجام هر کاری است که از آن خواسته می‌شود. در انجمن‌های تحقیقاتی هوش مصنوعی، بحث‌های مهمی درباره هوش مصنوعی عمومی وجود دارد؛ هم درباره شکل ظاهری آن و هم از آن

مهم‌تر، درباره اینکه آیا این سیستم واقعاً قابل دستیابی است یا خیر. در حال حاضر ما با سیستم همه‌چیزدانی که قادر به پاسخگویی به همه سؤالات باشد، بتواند تمام نیازهای بشر را تأمین کند یا حتی کنترل دنیا را بر عهده بگیرد؛ فاصله بسیار زیادی داریم، مگر اینکه پیشرفت چشمگیری در زمینه هوش مصنوعی اتفاق بیفتد. ما حتی از هوش مصنوعی که دارای هوش پایه‌ای باشد (به گونه‌ای که ما آن را درک کنیم) فاصله بسیار زیادی داریم و این موضوع به مطرح شدن یک سؤال اساسی منجر می‌شود؛ واقعاً هوش چیست؟

پاسخ کوتاه، این است که اتفاق نظر کمی در مورد این موضوع وجود دارد. وقتی نوبت به تعریف هوش می‌رسد، متخصصان حوزه هوش مصنوعی و متخصصان رشته‌های مختلف، از علوم اعصاب و روان‌شناسی گرفته تا فلسفه، اغلب به شدت اختلاف نظر دارند. وقتی نوبت به اندازه‌گیری هوش می‌رسد، هیچ‌یک از سیستم‌های فعلی، به یک اجماع جهانی نمی‌رسند (برای نمونه، آزمون‌های ضریب هوشی، از نظر بسیاری محدود و مشکل‌ساز است) و وقتی نوبت به استفاده از اصول هوش در یادگیری ماشین می‌رسد، تفسیرها متفاوت است. «هنری شولین» (Henry Shevlin)، همکار تحقیقاتی در «مرکز آینده هوش لورهلوم» (Leverhulme Centre for the Future of Intelligence) دانشگاه کمبریج می‌گوید: «فکر نمی‌کنم تعریف معناداری از هوش در هوش مصنوعی وجود داشته باشد.»

مفهوم هوش، با توجه به این واقعیت که در دوره‌های مختلف تاریخ بشر، از آن به عنوان سلاحی برای سرکوب و آسیب‌رساندن به مردم استفاده شده، پیچیده‌تر می‌شود. بین قرون هجدهم و بیستم، برخی دانشمندان ادعا کردند که نابرابری در جهان ناشی از تفاوت‌های بیولوژیکی در هوش، بین نژادهای گوناگون است؛ باهوش بودن مختص سفیدپوستان غربی قلمداد می‌شد که از آن برای پیشبرد استعمار و به عنوان مبنایی برای نژادپرستی استفاده می‌کردند. «علم نژاد»، از جنگ جهانی دوم رو به افول گذاشت، اما همان‌طور که «آنجلا سائینی» (Angela Saini) در کتابش تحت عنوان «بازگشت علم نژاد» اشاره می‌کند، هنوز هم توسط برخی گروه‌های عمدتاً راست‌گرا حمایت و تأیید می‌شود.

به گفته «کانتا دیهال» (Kanta Dihal)، پژوهشگر «مرکز آینده هوش ورهولم» در حوزه هوش مصنوعی، ایده اشتباه باهوش بودن افراد سفیدپوست همچنان پابرجاست. دیهال در حال کار روی دو پروژه مربوط به درک ما از هوش مصنوعی است؛ پروژه اول در مورد روایت‌هایی است که مردم هنگام اشاره به هوش مصنوعی استفاده می‌کنند. مورد دوم (با همکاری مدیر اجرایی مرکز «استیون کیو» (Stephen Cave)) نیز به استعمارزدایی از هوش مصنوعی می‌پردازد. دیهال می‌گوید: «کل مفهوم هوش در عبارت «هوش مصنوعی»، معمولاً امری بدیهی تلقی می‌شود، اما در واقع، معنای واژه «هوش» به شدت سیاسی و بسیار وابسته به موضوع است.» اوج هوشی که به‌طور سنتی در علوم رایانه در نظر گرفته می‌شود، ماشینی است که در بازی شطرنج متبحر باشد. اما همان‌طور که دیهال توضیح می‌دهد: «این تلقی، به اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم بازمی‌گردد؛ زمانی که مقیاس‌های هوش به‌منظور ایجاد و حفظ سلسله‌مراتب میان انسان‌ها در حال پایه‌ریزی بود.»

بنابراین، تعریف دقیق هوش در هوش مصنوعی، با مشکلات و هشدارهایی همراه است. با این حال، تعریف بسیار استفاده‌شده توسط محققان «شین لگ» (Shane Legg) و «مارکوس هاتر» (Marcus Hutter) را می‌توان به‌عنوان یک نقطه شروع مفید در نظر گرفت (اکنون هر دو نفر در شرکت هوش مصنوعی «دیپ مایند» متعلق به گوگل مستقر هستند که «لگ» یکی از بنیان‌گذاران آن است). آنها در سال ۲۰۰۷ این تعریف را مطرح کردند که «هوش، توانایی یک «عامل» برای دستیابی به «اهداف» یا موفقیت در طیف وسیعی از محیط‌هاست» (این دو محقق بعدها کار خود را در یک معادله ریاضی برای هوش ماشین بهبود بخشیدند). «عامل» می‌تواند یک انسان، حیوان یا ماشین باشد و «اهداف» نیز شامل حل مسئله، استدلال و پردازش سریع اطلاعات است. همگی، صفات مشترک انسانی هستند، از این رو، درک ما از هوش اساساً در خود ما استوار است.

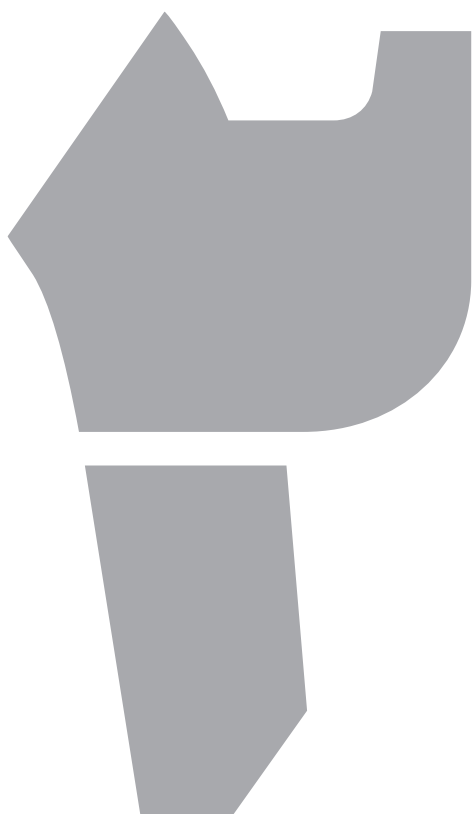
از بُعد ماشینی، اکنون چنین قابلیت‌هایی در «هوش مصنوعی محدود» (Artificial ANI- Narrow Intelligence) به جای «هوش مصنوعی عمومی» خلاصه می‌شوند. انسان‌ها قادرند از مجموعه گسترده‌ای از تجربیات بیاموزند و آنچه را آموخته‌اند، در

سناریوهای جدید به کار گیرند. هوش مصنوعی می‌تواند وظایف را در سطح انسان‌ها یا در بعضی موارد در سطحی بالاتر انجام دهد، البته در صورتی که اطلاعات کافی به آن داده شود. با این حال، خاص و محدود است. سیستم دیپ‌بلو که کاسپاروف را شکست داد یکی از بهترین بازیکنان شطرنج در تمام ادوار بود، اما به جز بازی شطرنج کار دیگری نمی‌توانست انجام دهد. حتی نمی‌توانست در بازی‌های دیگر برنده شود، چه برسد به اینکه کارهای کلی‌تر دیگری انجام دهد. حتی امروزه، هوش مصنوعی ما آن قدر پیچیده و پیشرفته نیست که بتواند بیش از یک کار انجام دهد. حتی می‌توان گفت که کودکان و حیوانات، هوش و قابلیت‌های بیشتری نسبت به بهترین سیستم‌های هوش مصنوعی ما دارند.

به عنوان مثال، کار با اشیاء را در نظر بگیرید. «چلسی فین» (Chelsea Finn)، استادیار دانشگاه استنفورد که در زمینه رباتیک فعالیت می‌کند، می‌گوید: «شما نمی‌توانید از روبات‌ها انتظار داشته باشید به همان نحوی با اشیاء سروکار داشته باشند و با آنها ارتباط برقرار کنند که یک کودک دو یا سه ساله از طریق اشیاء با جهان ارتباط برقرار می‌کند. به نظر می‌رسد که احتمالاً ما در حال از دست دادن چیزهای نسبتاً اساسی درباره هوش هستیم.» کار «فین» تا حدی روی وادار کردن روبات‌ها به تکرار آنچه انسان‌ها می‌توانند انجام دهند، متمرکز می‌شود، بنابراین آنها می‌توانند در دنیای واقعی مفید باشند. هرچه توانایی‌های یک روبات عمومی‌تر باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که برای کارهای مختلف استفاده شود. برای تحقق یافتن این هدف، روبات‌ها باید بفهمند که چگونه اجسام در سه بُعد کار می‌کنند، چگونه می‌توان یک شیء را لمس کرد و عاقبت و پیامد جابه‌جایی یک شیء به اطراف چیست. فین می‌گوید: «فکر می‌کنم اگر ما بتوانیم به روبات‌ها اجازه دهیم مهارت‌های ارتباط با دنیای فیزیکی را داشته باشند، کارهای زیادی وجود خواهد داشت که می‌توانند برای کمک به جامعه انجام دهند. به طور مثال، برای کمک به شرایط امداد رسانی در صورت بروز فاجعه و برای کمک به مواردی که با پیری جمعیت سروکار دارند.» او اضافه می‌کند، این مشکل واقعاً دشوار است.

اگر توانایی‌های عمومی انسان، نشانه هوش باشد، پس هوش مصنوعی، راهی طولانی در پیش دارد و اگر ما از مدل هوش انسانی برای درک و به تصویر کشیدن

هوش در ماشین‌ها استفاده کنیم، این امر می‌تواند دید ما نسبت به فناوری هوش مصنوعی را تغییر دهد. در فرهنگ غرب، دیدگاه‌های ویران‌شهری درباره هوش مصنوعی بر غیرانسانی بودن آن متمرکز بوده است؛ از شخصیت‌های ۹۰۰۰ در فیلم «۲۰۰۱: یک ادیسه فضایی» گرفته تا «آوا» (Ava) در فیلم «اکس ماکینا» (Ex Machina) و همه روبات‌های فیلم «من، روبات هستم» (I Robot). دیهال خاطرنشان می‌کند که روس‌ها عموماً انتظار داشتند چت‌بات‌های ابتدایی مبتنی بر متن، مانند شخصیت آرنولد شوارتزنگر در فیلم «ترمیناتور»، از نظر احساسی دچار اختلال شوند. «توشی تاکاهاشی» (Toshie Takahashi)، استادی که در دانشگاه «واسدا» (Waseda)، در توکیو در حال مطالعه تأثیر هوش مصنوعی است، می‌گوید: «ما در ژاپن، دیدگاه مثبت‌تر و آرمان‌شهری‌تری داریم.» یک روایت محبوب در آنجا «دورائمون» (Doraemon) است؛ روایتی به شکل گربه آبی‌رنگ که چنگال و گوش ندارد و برای کمک به پسری به نام «نوبیتا نوبی» (Nobita Nobi) در زمان به عقب برمی‌گردد. شاید نتایج تحقیقات تاکاهاشی، برای ارتباط‌مان با هوش مصنوعی در آینده راهی را پیشنهاد دهد. وی نشان داده که تقریباً ۷۰ درصد جوانان در کشور، تصویری مثبت از آن دارند («مردم بیشتر در مورد تأثیر خوب اجتماعی یا مزایای اجتماعی صحبت می‌کنند، به‌ویژه برای جامعه سالخورده»)، اما ۶۰ درصد آنها نمی‌خواهند هوش مصنوعی، انسان‌نما باشد. به‌طور کلی، همان‌طور که دیهال اشاره می‌کند، رویکردی تدریجی برای ارائه هوش مصنوعی به‌عنوان چیزی که انسانی نیست و برای جامعه خطر ندارد، به وجود آمده است؛ «روایت‌هایی که هوش مصنوعی را انسان‌نما یا به‌طور کلی مجسم توصیف نمی‌کنند، افزایش یافته است.» به عبارت دیگر، ممکن است در حال حرکت به سوی آینده‌ای باشیم که هوش مصنوعی را از منظر توانایی‌های انسانی قضاوت نکنیم.



بخش دوم

[شکوفایی هوش مصنوعی]

«جف دین» (Jeff Dean) و «اندروان جی» (Andrew Ng) قصد نداشتند به هوش مصنوعی خود یاد بدهند که یک گربه چه شکلی است؛ هوش مصنوعی، خودش یاد گرفت. هنگامی که این تحقیق نوآورانه برای «یادگیری عمیق» منتشر شد، «دین» در سال ۲۰۱۲ به نیویورک تایمز گفت: «این هوش مصنوعی، اساساً خودش مفهوم گربه را ابداع کرد.»

دستآورد دین و ان جی، در آزمایشگاه فناوری «ایکس» گوگل نشان داد که در این ۱۵ سال، از زمانی که دیپ بلو متعلق به شرکت IBM، گری کاسپارف را شکست داد، هوش مصنوعی تا کجا پیش رفته است. این اتفاق، به برانگیختن علاقه و احیای تحقیقات در مورد هوش مصنوعی کمک کرد. چند سال بعد، هوش مصنوعی توانست در تخته‌نرد با انسان رقابت کند. سپس اولین سیستم‌های جراحی رباتیک ساخته شدند. در توانایی ماشین‌ها برای تشخیص گفتار، درک زبان نوشتاری و تشخیص ارقام دست‌نویس نیز پیشرفت‌هایی حاصل شد.

عوامل گوناگونی شاهکار دین و ان جی را ممکن کرد. با شروع هزاره جدید (سال ۲۰۰۰ میلادی)، هزینه سخت‌افزار نسبت به یک دهه پیش تر بسیار کاهش یافته بود و به نسبت سریع‌تر شده بود. به علاوه، پژوهشگران هوش مصنوعی، به این امر واقف شدند که بهترین ترانه‌های رایانه‌ای جهت استفاده، «واحدهای پردازش مرکزی» (CPU) نبودند؛ بلکه «واحدهای پردازش گرافیکی» (GPU) بودند که برای گرافیک بازی‌های رایانه‌ای به کار گرفته می‌شوند (این ترانه‌ها توسط شرکت «انویدیا» در سال ۱۹۹۹ اختراع شدند. در هر کدام از این ترانه‌ها نسبت به نسل‌های قبلی‌شان، حدود ۲۰۰ برابر پردازنده بیشتری وجود دارد که می‌توانند داده‌ها را با سرعت بیشتری پردازش کنند). در سال ۲۰۰۵ و با میلیاردها شدن کاربران اینترنت و گسترش چشمگیر تلفن‌های هوشمند، میزان داده‌های موجود برای «آموزش» شبکه‌های عصبی به‌طور تصاعدی رشد یافت.

با توجه به این پیشرفت‌ها، جای شگفتی نبود که هوش مصنوعی از دپارتمان‌های کوچک و تخصصی علوم کامپیوتر به «سیلیکون ولی» منتقل شد و در آنجا گسترش یافت. غول‌های فناوری (بیگ‌تک‌ها) مشتاقانه مشغول جذب سریع محققان هوش مصنوعی و پرداخت دستمزدهای بسیار بالا به آنها بودند تا توجه‌شان را به مجموعه داده‌های گسترده‌ای جلب کنند که متعلق به کارفرمایان جدیدشان بود. آزمایشگاه ایکس گوگل، یک نمونه برجسته

در این زمینه بود.

تیم دین وان جی به منظور آموزش به هوش مصنوعی شان که «گره چيست» یک شبکه عظیم متشکل از ۱۶ هزار پردازنده رایانه‌ای با یک میلیارد اتصال تولید کردند که روی ۱۰ میلیون تامنیل (thumbnail) ویدئویی یوتیوب به صورت تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. پژوهشگران، از هیچ داده‌ای برای برچسبی برای اشیای نشان داده شده (objects shown) به منظور آموزش به این سیستم استفاده نکردند. اما به تدریج، هنگامی که سیستم در معرض میلیون‌ها تصویر مشابه قرار گرفت، شروع به دسته‌بندی تک تک سلول‌های عصبی طبق ویژگی‌های اشیاء، در تامنیل‌های یوتیوب کردند. تا پایان روز سوم آموزش، سیستم یادگیری عمیق توانست گره‌ها را با دقت $74/8$ درصد، صورت انسان را با دقت $81/7$ درصد و اعضای بدن انسان را با دقت $76/7$ درصد دسته‌بندی کند. به طور کلی سیستم یادگیری عمیق موفق شد اشیاء را در ۲۰ هزار گروه مختلف دسته‌بندی کند که نسبت به سیستم‌های تشخیص تصویر قبلی، بهبود ۷۰ درصدی داشته است. این دستگاه یاد گرفته بود که اشیاء را تشخیص دهد؛ اگرچه هیچ آگاهی‌ای نسبت به اینکه آنها واقعاً چه چیزی هستند، نداشت. این، همان چیزی است که «یادگیری بدون نظارت» به خوبی انجام می‌دهد؛ دسته‌بندی اشیای مشابه در مجموعه داده‌های غیرساخت‌یافته عظیم، به گونه‌ای که به پژوهشگران کمک کند الگوهای را که به هر طریقی از دست داده‌اند، پیدا کنند.

دست‌آورد دیگری - که شاید مهم‌تر باشد - در سال ۲۰۱۲ توسط شبکه عصبی مصنوعی به دست آمد که بعداً «الکس نت» (AlexNet) نام‌گذاری شد. این شبکه توسط سه پژوهشگر در دانشگاه تورنتو به نام‌های «الکس کریژفسکی» (Alex Krizhevsky)، «ایلیا ساتسکور» (Ilya Sutskever) و «جفری هینتون» (Geoffrey Hinton). از پیشگامان دنیای هوش مصنوعی - ایجاد شد. برای نخستین بار، چنین «شبکه عصبی پیچشی» (Convolutional Neural Network) سنتی مجهز به یک GPU، توانست در مسابقه «ایمیج نت» (ImageNet) در آن سال برنده و یک شبه مشهور شود. این مسابقه در سال ۲۰۱۰ راه‌اندازی شد و دانشمندانی را درگیر می‌کرد که برای ساخت سیستمی به رقابت می‌پرداختند که قادر باشد تصاویر موجود در یک پایگاه داده رایگان، شامل میلیون‌ها تصویر دارای برچسب دستی - از خودرو و موز گرفته تا کودک - را به درستی

در هزاران دسته طبقه‌بندی کند. هر تصویر در پایگاه داده، دارای توصیفی است که توسط یک انسان افزوده شده و رقابت بر سر این بود که کدام سیستم هوش مصنوعی می‌تواند با بیشترین دقت، تصاویری را که قبلاً هرگز ندیده، شناسایی کند. عملکرد الکسنت، نسبت به رقبایش بیش از ۱۰ درصد بهتر بود و چون از پردازنده‌های گرافیکی استفاده کرد، قادر به پردازش میلیون‌ها تصویر ایمیج‌نت بود که طی پنج یا شش روز به آن نشان داده شد، در حالی که چنین پردازشی برای سیستم‌های هوش مصنوعی دارای CPU، هفته‌ها یا ماه‌ها زمان می‌برد. چنین سرعت بالایی به تیم کانادایی این امکان را داد که نتایج‌شان را مرتباً اصلاح کنند. تا سال ۲۰۱۵، پیشرفت‌های بیشتری در زمینه سرعت و دقت حاصل شده بود. برندگان ایمیج‌نت در آن سال، به دقت ۹۶ درصدی دست یافتند و برای نخستین بار نسبت به تلاش‌های انسان در شناسایی اشیاء (در تصاویر) بهتر عمل کردند. یک سال قبل‌تر، شبکه عصبی «دیپ‌فیس» (DeepFace) مربوط به تشخیص شخص در فیس‌بوک، برای بعضی از چهره‌ها به سطح دقت ۹۷/۳۵ درصد رسید؛ در حقیقت فقط ۰/۲۵ درصد کمتر از امتیاز انسان در همان آزمایش را به دست آورد. گفتنی است آموزش شبکه عصبی فیس‌بوک، با استفاده از ۴/۴ میلیون تصویر دارای برچسب (متعلق به ۴۰۳۰ کاربر این شبکه اجتماعی) انجام شد. در این زمان بود که یکی دیگر از بازیکنان اصلی در این مسابقه هوش مصنوعی، به سرتیتر اخبار تبدیل شد؛ «دیپ‌مایند»، یک شرکت هوش مصنوعی در لندن است که در سال ۲۰۱۴ توسط گوگل با قیمت ۴۰۰ میلیون دلار خریداری شد و با اینکه استارت‌آپ شناخته‌شده‌ای نبود، اما در دنیای تحقیقات، توفان به پا کرد؛ این شرکت اعلام کرد «شبکه دیپ‌کی‌یو» (Deep Q-Network) آن یک شبکه عصبی عمیق با استفاده از یادگیری تقویتی توانسته در ۴۹ بازی کلاسیک آتاری، از جمله مهاجمان فضایی (Space Invaders) و شیوع (Breakout) پیروز شود، با وجود اینکه فقط اطلاعات محدود و مشخصی در مورد این بازی‌ها به آن داده شده است. «دمیس هاسابیس» (Demis Hassabis)، از بنیان‌گذاران این شرکت، به «وایرد» گفت: «ما در تلاش هستیم که یک مجموعه واحد از الگوریتم‌های عمومی، مانند مغز انسان را بسازیم.»

دیپ‌مایند در مارس ۲۰۱۶، یک جهش کوانتومی روبه‌جلو داشت و با به کارگیری سیستم خود به نام «آلفاگو» توانست قهرمان جهان در بازی «گو» (Go)، با قدمت سه هزار ساله

را شکست دهد. از طرفی، این دستاورد ممکن است هم‌تراز با شکست کاسپارف توسط دیپ‌بلو در چند دهه قبل به نظر برسد، اما کاسپارف توانسته بود پایه‌پای دیپ‌بلو جلو بیاورد و در بیشتر مسابقات، به‌جز سری آخر، بازی‌ها را مساوی کند. بازی‌گو که روی یک صفحه ۱۹×۱۹ مربعی با مهره‌های سفید و سیاه بازی می‌شود، قطعاً بسیار پیچیده‌تر است (بسیاری از پژوهشگران هوش مصنوعی باورشان نمی‌شد که ماشینی بتواند بهترین بازیکنان چندین دهه جهان را شکست دهد). به‌عنوان مثال «لی سدول» (Lee Sedol)، بازیکن شماره یک بازی‌گو در جهان که ۱۸ بار برنده این بازی شده بود، بر خلاف کاسپارف، شکست سختی خورد و چهار بریک باخت.

آلفاگو در ابتدا یاد گرفت چگونه از طریق تماشای بازی انسان‌ها، بازی کند، اما با گذشت زمان، مهارت‌های تصمیم‌گیری خود را توسعه داد. در ساختار آلفاگو، چندین شبکه عصبی وجود داشت که سال‌ها پیشرفت هوش مصنوعی و قدرت مراکز داده جهانی گوگل را در خود جای داده بود. یک شبکه عصبی، حرکت بعدی در بازی را انتخاب می‌کرد، در حالی که شبکه عصبی دیگری بر اساس حرکاتی که تاکنون انجام شده بود برنده بازی را پیش‌بینی می‌کرد. در نتیجه سیستمی به وجود آمد که کارش صرفاً تقلید و تکرار هزاران حرکتی نبود که از انسان‌ها یاد گرفته؛ بلکه حرکات و سبک بازی مختص به خودش را ابداع کرد. آلفاگو در یک بازی حرکت چنان غیرمنتظره‌ای انجام دهد که هیچ انسانی تصور نمی‌کرد این حرکت را انجام دهد. «فن هیووی» (Fan Hui)، قهرمان اروپایی سه دوره بازی‌گو که این بازی را گزارش می‌کرد و با دیپ‌مایند کار کرده بود تا صدها مسابقه تمرینی در برابر آلفاگورا، پیش از پیروزی اش مقابل «لی»، انجام دهد، درباره این حرکت گفت: «این حرکت فراتر از انسان است و من هرگز انسانی را ندیده‌ام که چنین حرکتی انجام دهد. بسیار زیبا و خلاقانه بود.»

سیستم آلفاگو، بعد از مسابقه در مقابل لی، پیشرفت بیشتری کرد و از دانش بشری فراتر رفت. نسخه‌ای از این سیستم با نام «آلفاگو زیرو» (AlphaGo Zero) یاد گرفت که چگونه گوراز صفر و بدون اینکه بازی‌های قبلی انسانی را دیده باشد، بازی کند و در این فرایند آلفاگو را شکست داد. به گفته دیپ‌مایند، این نسخه توانست طی چند روز «هزاران سال دانش بشری را کنار هم جمع کند». نسخه بعدی، «آلفا زیرو» (AlphaZero)، نه تنها قادر بود گورا بازی کند؛ بلکه شطرنج و شوگی (Shogi) را نیز بازی می‌کرد، بدون اینکه برای انجام هر بازی

متفاوت، به سازگاری نیاز داشته باشد.

در ۳۰ نوامبر ۲۰۲۰، دیپ مایند اعلام کرد که سیستم‌های هوش مصنوعی‌اش از بازی‌ها فراتر رفته‌اند تا یکی از سخت‌ترین چالش‌های زیست‌شناسی را برطرف کنند. این سیستم با نام «آلفافولد» (AlphaFold) موفق به تولید مدل‌های سه‌بعدی دقیق پروتئین‌ها شده بود؛ مواد بسیار پیچیده‌ای که در همه موجودات زنده وجود دارند. از آنجایی که پروتئین‌ها، مولکول‌های بزرگی هستند که پیش از شکل‌گیری نهایی می‌توانند سروشکل‌های بسیار متفاوتی به خود بگیرند، مدل‌سازی و پیش‌بینی آنها بسیار دشوار است. بنابراین این پیشرفت چشمگیر، بسیار مهم است. اگرچه این سیستم هنوز در روزهای ابتدایی خود قرار دارد، اما این نوید را می‌دهد که در نهایت، نسبت به فرایندهای بیولوژیکی و ژن‌هایی که سبب بیماری در انسان‌ها می‌شوند، درک و فهم بسیار بیشتری به ما ارائه خواهد داد. دمیس هاسابیس، هنگامی که نتایج آلفافولد اعلام شد، گفت: «به‌طور قطع فکر می‌کنم از نظر تأثیر در دنیای واقعی، این مهم‌ترین کاری است که انجام داده‌ایم.»

چنین پیشرفت فوق‌العاده سریعی نشان‌دهنده برخی توانایی‌های هوش مصنوعی است. در حال حاضر، این فناوری می‌تواند به کارهای منفرد به سرعت و به‌طور کارآمدی مسلط شود. اما پژوهشگران دنیای آینده را این‌گونه تصور می‌کنند که در آن یک سیستم واحد می‌تواند چندین کار را بدون نیاز به سازگاری برای هر مورد انجام دهد. اگر این چشم‌انداز چندمنظوره تحقق یابد، اساساً نحوه تعامل انسان با ماشین تغییر خواهد کرد و به مراتب بسیار بیشتر خواهد شد. همان‌یک امتیازی که لی توانست در بازی‌اش مقابل آلفاگو به دست آورد، تنها باری است که بشر تاکنون توانسته یک سیستم را شکست دهد. اما باخت کلی لی، تأثیر عمیقی روی او گذاشت. از آنجایی که حس می‌کرد دیگر هیچ چیز مانند قبل نخواهد بود، در سال ۲۰۱۹، از سری بازی‌های گو کناره‌گیری کرد و گفت: «حتی اگر من شماره یک این بازی شوم، موجودیتی وجود دارد که نمی‌توان آن را شکست داد.»

ابزار بهتر، قدرت عظیم‌تر

هوش مصنوعی با چنان سرعتی در حال توسعه و گسترش است که بسیاری از نوآوری‌هایی که تا چند سال پیش، مناسب برخی آزمایشگاه‌ها و شرکت‌های ثروتمند سیلیکون‌ولی بودند،

اکنون در دسترس اکثر ما قرار دارند. قیمت رایانه‌ها همچنان کاهش و قدرت آنها افزایش می‌یابد. اکنون می‌توانید لپ‌تاپ یا دسکتاپ پر قدرتی خریداری کنید که می‌تواند برنامه‌های هوش مصنوعی را با استفاده از سرویس‌های ابری گوگل، آمازون یا مایکروسافت اجرا کند و قادرید نحوه استفاده از آنها را به خود آموزش دهید. تمام چیزی که نیاز دارید، یک اتصال اینترنتی مناسب و چند کلیک است.

همزمان، سخت‌افزارهای این حوزه هم‌روز به‌روز پیشرفته‌تر می‌شوند. برای مثال در حالی که GPUها برای پردازش برخی برنامه‌های هوش مصنوعی ترجیح داده می‌شوند، گوگل، اینتل، «گراف‌کور» (Graphcore) و تعداد بسیار زیادی از استارت‌آپ‌ها در حال رقابت برای ساخت تراشه‌های سریع‌تر و قدرتمندتر هوش مصنوعی هستند. گوگل در سال ۲۰۱۶، از تراشه هوش مصنوعی «واحد پردازش تنسور» (TPU - Tensor Processing Unit) خود رونمایی کرد. در همین حال، «گراف‌کور» که توسط «نایجل تون» (Nigel Toon) و «سیمون نولز» (Simon Knowles) تأسیس شده، توانست برای تولید تراشه «واحد پردازش هوش» (IPU - Intelligence Processing Unit) خود بیش از ۴۰۰ میلیون دلار جذب سرمایه انجام دهد. تون، مدیرعامل شرکت گراف‌کور می‌گوید: «هنگامی که گوگل اعلام کرد در حال ساخت TPU است، لحظه بزرگی بود؛ چراکه TPU باعث شد مردم به فکر ساخت یک سخت‌افزار اختصاصی برای هوش مصنوعی بیفتند.»

IPU متعلق به شرکت گراف‌کور، از همان ابتدا نه تنها برای کار با ماشین‌های هوشمندی که امروزه وجود دارند؛ بلکه برای سرعت بخشیدن به مقیاس‌پذیری (توسعه و گسترش) بیشتر هوش مصنوعی، طراحی شده است. نسخه دوم آن - که به گفته تون، نسخه‌ای بود که همیشه قصد ساخت آن را داشت - از ۵۹/۴ میلیارد ترانزیستور (دروازه‌های الکتریکی که برای انجام محاسبات خاموش و روشن می‌شود) استفاده می‌کند که فقط هفت نانومتر از یکدیگر فاصله دارند. به گفته این شرکت، تراشه «مارک ۲» (Mark 2) می‌تواند هشت برابر عملکرد بهتری نسبت به تراشه قبلی داشته باشد. تراشه‌ها به هم متصل می‌شوند تا در دنیایی با یکدیگر ارتباط مؤثر برقرار کنند که بیش از هر زمان دیگری، برای سیستم‌های هوش مصنوعی به شدت پیچیده، داده ارسال خواهد شد. تون می‌گوید: «ما می‌دانیم این مدل‌های دانشی که قصد

داریم بسازیم، نهایتاً به مدل‌های بسیار پیچیده ختم خواهند شد. آنچه ما در تلاش هستیم انجام دهیم، ساخت قطعه‌ای سخت‌افزاری است که عملکردی پیچیده‌تر داشته باشد تا بتوانید از پراکندگی موجود در داده‌ها نهایت استفاده را ببرید. IPU اکنون وارد عملیات تجاری شده است.

بیگ‌دیتا که مایه حیات در تحول هوش مصنوعی به‌شمار می‌رود، از نظر کمیت و کیفیت نیز در حال بهبود است. «مایکل وولدریج» (Michael Wooldridge)، استاد علوم رایانه دانشگاه آکسفورد و یکی از مدیران هوش مصنوعی در مؤسسه آلن تورینگ، می‌گوید: «مردم متوجه شدند که راه پیشرفت صرفاً داشتن الگوریتم‌های هوشمندانه و قدرت محاسباتی زیاد نیست؛ بلکه آنچه شما نیاز دارید داده‌های آموزشی است که با دقت بالایی گردآوری، انتخاب و ارائه شده‌اند.» ماهواره‌ها در سراسر جهان اکنون با وضوح بسیار بالایی از سیارات عکس‌برداری می‌کنند، نسخه‌ای از تاریخ پیدایش جهان به‌صورت رایگان در ویکی‌پدیا موجود است، شهرهایمان به‌طور فزاینده‌ای مملو از حسگرهایی هستند که می‌توانند همه‌چیز را، از صدای پای افراد گرفته تا میزان پُر بودن سطل‌های زباله، ردیابی کنند. در سطح استفاده‌های شخصی نیز باید گفت هر ضربه روی تلفن همراه هوشمند شما، یک نقطه داده ایجاد می‌کند، عادات تماشای برنامه‌ها ذخیره می‌شوند، پرونده‌های پزشکی، دیجیتالی خواهند شد و افراد، در حال بارگذاری تصاویر و فیلم‌های بیشتری در وب (اینترنت) هستند.

البته دسترسی افراد سودجو به چنین داده‌هایی می‌تواند حریم خصوصی را به خطر بیندازد و امکان سوءاستفاده را فراهم کند. اما اگر در اختیار افرادی صالح قرار بگیرد، می‌توان از آن برای آموزش سیستم‌های یادگیری ماشین استفاده کرد تا به پیشرفت‌های فعالانه در جهان پیرامون ما منجر شود. محققان هم‌اکنون در حال استفاده از بیگ‌دیتا برای برنامه‌ریزی پهناده‌ها هستند تا بتوانند مناطق خالی از جنگل و مراتع را به‌دقت بررسی کنند و دوباره بذر بکارند. بیگ‌دیتا به هوش مصنوعی کمک کرده تا از دل صدها میلیون مولکول، آنتی‌بیوتیک‌های جدیدی کشف کند. همچنین داده‌های ناسا برای یافتن سیارات جدید پردازش می‌شوند و اقدامات مشابه دیگری نیز در جریان است.

تنها ابزارهای هوش مصنوعی نیستند که در حال افزایش هستند. خود هوش مصنوعی به‌عنوان یک صنعت، در حال بزرگ‌تر شدن و جذب سرمایه‌های بیشتری است. بر اساس

داده‌های گردآوری شده توسط شاخص هوش مصنوعی (AI Index). پروژه اجرا شده توسط دانشگاه استنفورد برای تجزیه و تحلیل وضعیت جهانی این صنعت و چگونگی تغییر آن. استارت‌آپ‌های حوزه هوش مصنوعی، ۱/۳ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ جذب سرمایه داشته‌اند. در سال ۲۰۱۸، این رقم به ۴۰/۴ میلیارد دلار رسید و گرچه ممکن است همه‌گیری جهانی ویروس کرونا در سال ۲۰۲۰، به یک رکود موقت منجر شده باشد، اما جهت کلی، همچنان رو به بالاست. در سال ۲۰۱۸ بیش از سه هزار شرکت هوش مصنوعی بودجه دریافت کردند. بین سال‌های ۲۰۱۴ تا نوامبر ۲۰۱۹ بیش از ۱۵ هزار سرمایه‌گذاری با ارزشی بالغ بر ۴۰۰ هزار دلار در شرکت‌های هوش مصنوعی انجام شد که متوسط اندازه سرمایه‌گذاری، حدود ۸/۶ میلیون دلار بود. همچنین هزاران کارمند جدید توسط غول‌های فناوری استخدام شدند. بخش‌های تحقیقات هوش مصنوعی نیز افزایش یافته و بازیگران جدیدی، خارج از دایره جادویی غول‌های فناوری، جذب این حوزه شده‌اند؛ از شرکت‌های دارویی گرفته تا بانک‌ها.

هوش مصنوعی هم‌اکنون یک پروژه جهانی است. شاید هنوز بیشترین سرمایه‌گذاری‌ها تا حد زیادی توسط ایالات متحده آمریکا و چین انجام شده باشد که برای تبدیل شدن به ابرقدرت در حوزه هوش مصنوعی در حال رقابت هستند، اما سایر مناطق جهان نیز هزینه‌های کلانی خرج می‌کنند. «ولادیمیر پوتین»، رئیس‌جمهور روسیه، در سال ۲۰۱۷ گفته بود: «هر کسی که در این زمینه رهبری را در دست بگیرد، حاکم جهان خواهد شد.» میزان سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ نشان داد که کشورهای مختلفی؛ از رژیم صهیونیستی گرفته تا سنگاپور و ایسلند، پیشران‌های نوآوری در هوش مصنوعی هستند. در گزارش شاخص هوش مصنوعی سال ۲۰۱۹ آمده است: «یک چیز، قطعی است؛ سیستم‌های هوش مصنوعی، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، نقشی کلیدی در همه کسب‌وکارها بازی می‌کنند و اقتصاد جهانی را برای آینده‌ای قابل پیش‌بینی شکل می‌دهند.» رشد و تحول عظیمی هم در نشریات و همایش‌های مرتبط با هوش مصنوعی ایجاد شده است. گزارش‌های «شاخص هوش مصنوعی» نشان داده که طی ۲۰ سال (بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸)، تعداد مقالات علمی هوش مصنوعی ۳۰۰ درصد رشد داشته است. امروزه چین، سالیانه به اندازه کل قاره اروپا، مجلات علمی و مقالات کنفرانسی در زمینه هوش مصنوعی منتشر می‌کند که از ایالات متحده آمریکا، به‌عنوان بزرگ‌ترین مشارکت‌کننده در حوزه هوش

مصنوعی پیشی گرفته است. همچنین بزرگ‌ترین همایش تحقیقات هوش مصنوعی به نام «سیستم‌های پردازش اطلاعات عصبی» (NeurIPS)، در سال ۲۰۱۹، ۱۳ هزار مشارکت‌کننده داشت که ۸۰۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۱۲ بود.

امروزه، حوزه هوش مصنوعی دارای چندین زیرمجموعه است؛ از تطبیق الگو تا تشخیص صدا از طریق بینایی رایانه گرفته که به ماشین‌ها «دیدن» را می‌آموزد تا «پردازش زبان طبیعی» (NLP) که به ماشین‌ها امکان درک متن را می‌دهد. با وجود این، شاید ما هنوز در ابتدای تجاری‌سازی فناوری‌ای هستیم که در حال حاضر، در برخی مناطق بسیار فراگیر است. حتی اکنون، درک اینکه در کجا و از چه نوع هوش مصنوعی استفاده می‌شود، می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. یک تحلیل در سال ۲۰۱۹ نتیجه‌گیری کرد که ۴۰ درصد از استارت‌آپ‌های هوش مصنوعی در اروپا، در واقع از هوش مصنوعی استفاده نمی‌کنند. اگرچه ما شاهد گسترش سریعی طی یک دهه گذشته بوده‌ایم، اما مدت زمانی طول می‌کشد تا جهان با این گسترش سریع همگام شود. مایکل وولدریج از آکسفورد استدلال می‌کند که استفاده عملی از هوش مصنوعی، هنوز در مرحله تقریباً ابتدایی قرار دارد. وی رشد آن را به رشد وب (اینترنت) تشبیه می‌کند که در سال ۱۹۸۹ اختراع شد، اما تا ۱۵ سال بعد واقعاً وارد فرایندهای کاری مردم نشده بود (و حتی امروزه بسیاری از صنایع هنوز به چاپ و امضاهای کاغذی وابسته هستند). وولدریج توضیح می‌دهد: «در دنیای واقعی، گسترش این نوع سیستم‌ها، بسیار پیچیده‌تر است.»

تا زمانی که بتوانیم از فناوری که امروزه پیرامون ماست، بهترین استفاده ممکن را داشته باشیم، راه طولانی در پیش است. اما در نهایت، هوش مصنوعی، به بخشی نامرئی از زندگی روزمره‌مان تبدیل خواهد شد. وولدریج می‌گوید: «افرادی وجود دارند و شما باید فکر کنید که چگونه آن‌ها را به طور مناسب در ادامه فرآیندهای کسب و کاریتان بگنجانید.»