

## در ستایش کتاب

«هوش مصنوعی متحول‌کننده‌ترین فناوری روزگار ما است. آگراوال، گانز، و گلدفارب نه تنها درک کاملی از عصاره‌ی هوش مصنوعی دارند، بلکه بینش‌های عمیقی را نیز درباره‌ی نتایج اقتصادی و تعاملات درونی آن به خوانندگان ارائه می‌کنند. اگر می‌خواهید ابهامات خود را درباره‌ی هوش مصنوعی برطرف کنید و چالش‌ها و فرصت‌های هوش مصنوعی را در جامعه به‌روشنی دریابید، نخستین قدم شما باید خواندن این کتاب باشد.»

— اریک برونیولفسون، استاد MIT، نویسنده‌ی

عصر دوم ماشین، و ماشین، پلنفرم، و جمعیت

«ماشین‌های پیش‌بینی کتابی است ضروری برای رهبران بازرگانی، سیاست‌گذاران، اقتصاددانان، متخصصان راهبرد، و تمام کسانی که می‌خواهند تأثیرات هوش مصنوعی را بر طراحی راهبردهای بازرگانی، تصمیم‌گیری، و جامعه‌ی ما بفهمند.»

— روسلان صلاح‌الدین‌اف، استاد دانشگاه کارنگی-ملون،

مدیر پژوهش‌های هوش مصنوعی اپل

«من با افراد زیادی برخورد می‌کنم که درباره‌ی هوش مصنوعی هیجان زده و تا حدودی حیرت‌زده هستند. این کتاب می‌تواند چارچوبی عملی را در اختیار آن‌ها قرار دهد و آن احساسات سردرگمی را از میان بردارد.»

— شیوون زیلیس، مدیر و شریکِ اِپِن‌ای‌آی، بلومبرگ بتا

«انقلاب کنونی هوش مصنوعی احتمالاً منجر به وفور نعمت خواهد شد، ولی فرایند رسیدن به آنجا نیازمند تفکر درباره‌ی موضوعات دشواری، همچون افزایش بیکاری و نابرابری درآمدی است. این کتاب چارچوب‌هایی را ارائه می‌کند تا تصمیم‌گیرندگان بتوانند نیروهایی را که در این زمینه دخالت دارند، به‌خوبی بشناسند.»

— وینود خسلا، خسلا ونچرز؛ مدیرعامل و

از بنیان‌گذاران شرکت سان میکروسیستمز

«هوش مصنوعی برای کسب و کار شما چه معنایی دارد؟ این کتاب را بخوانید تا پاسخ آن را دریابید.»

— هال واریان، اقتصاددان ارشد، گوگل

«هوش مصنوعی ممکن است زندگی شما را متحول کند، و کتاب ماشین‌های پیش‌بینی

درک شما از هوش مصنوعی را متحول خواهد کرد. این بهترین کتاب است در زمینه‌ی چیزی که احتمالاً بهترین فناوری‌ای است که تاکنون ایجاد شده است.»

— لارنس اچ. سامرز، استاد کرسی چارلز دلبیو. الیوت و رئیس سابق دانشگاه هاروارد؛ وزیر سابق خزانه‌داری آمریکا؛ و اقتصاددان ارشد سابق بانک جهانی

«ماشین‌های پیش‌بینی کتابی است سنت‌شکن درباره‌ی چیزهایی که متخصصان راهبرد و مدیران لازم است درباره‌ی انقلاب هوش مصنوعی از آن آگاه باشند. این کتاب با اتخاذ دیدگاهی سهل‌الوصول و واقع‌نگرانه درباره‌ی فناوری، با استفاده از اصول اقتصاد و راهبرد، بیان می‌کند که هوش مصنوعی چگونه باعث تحول بنگاه‌ها، صنایع، و مدیریت خواهد شد.»

— سوزان آئی، استاد اقتصاد فناوری، دانشگاه استنفورد؛ مشاور سابق پژوهشی مایکروسافت در نیوانگلند

«کتاب ماشین‌های پیش‌بینی به موفقیتی درخور و بی‌نظیر دست یافته است. این کتاب به‌گونه‌ای دقیق و خواندنی بیان می‌کند که هوش مصنوعی ما را به کجا می‌برد. این کتاب ضمن جدا کردن شایعات از واقعیت‌ها، بینش‌های تازه‌ای را به‌صورت پیوسته به ما عرضه می‌دارد. کتاب به زبانی بیان شده است که مدیران ارشد و سیاست‌گذاران به‌خوبی آن را درک کنند. هر مدیری باید این کتاب را بخواند.»

— دومینیک بارتون، شریک مدیریت جهانی، شرکت مکینزی

«این کتاب فهمیدن هوش مصنوعی را آسان‌تر می‌کند، و آن را در حکم یک کالای ارزان جدید، یعنی پیش‌بینی، می‌شمارد. این حرکتی است بسیار هوشمندانه. به نظر من، این کتاب فوق‌العاده مفید بود.»

— کوین کلی، سردبیر و بنیان‌گذار واپرد، مؤلف آنچه فناوری می‌خواهد و گریزناپذیر

# ماشین های پیش بینی



اقتصاد ساده‌ی

هوش مصنوعی

اوی	جاشوا	آجای
گلدفارب	گانز	آگراوال

ترجمه‌ی دکتر قاسم کیانی مقدم

زمنیات ماریار

## فهرست مطالب

۱. مقدمه: هوش مصنوعی..... ۹
۲. ارزانی همه چیز را تغییر می‌دهد..... ۱۵
- بخش ۱: پیش‌بینی**
- ۳۱
۳. جادوی ماشین پیش‌بینی..... ۳۳
۴. چرا به آن هوش می‌گویند؟..... ۴۱
۵. داده‌ها نفت جدید است..... ۵۳
۶. تقسیم کار جدید..... ۶۳
- بخش ۲: تصمیم‌گیری**
- ۸۱
۷. از هم گشودن تصمیمات..... ۸۳
۸. ارزش قضاوت..... ۹۳
۹. پیش‌بینی قضاوت..... ۱۰۷
۱۰. رام کردن پیچیدگی..... ۱۱۷
۱۱. تصمیم‌گیری کاملاً خودکار..... ۱۲۷
- بخش ۳: ابزارها**
- ۱۳۷
۱۲. تجزیه‌ی گردش کار..... ۱۳۹
۱۳. تجزیه‌ی تصمیمات..... ۱۴۹
۱۴. طراحی مجدد کار..... ۱۵۷
- بخش ۴: راهبرد**
- ۱۶۹
۱۵. هوش مصنوعی در میان مدیران..... ۱۷۱
۱۶. وقتی که هوش مصنوعی کسب و کار شما را متحول می‌کند..... ۱۸۵
۱۷. راهبرد یادگیری شما..... ۱۹۹
۱۸. مدیریت ریسک هوش مصنوعی..... ۲۱۷
- بخش ۵: جامعه**
- ۲۳۱
۱۹. فراتر از کسب و کار..... ۲۳۳

۲۵۰ یادداشت‌ها [برای صرفه‌جویی در مصرف کاغذ، از سایت دانلود شود]

۲۵۱ نمایه

۲۵۴ درباره نویسندگان

# ۱

## مقدمه

### هوش ماشینی

اگر سناریوی زیر هم‌اکنون برای شما آشنا به نظر نمی‌رسد، در آینده‌ی نزدیک کاملاً آشنا خواهد بود. کودکی از اتاق بغلی سوآلی درباره‌ی تکالیفش می‌پرسد. سوآل این است: «مرکز ایالت دلاویر کجا است؟» شما به‌عنوان پدر یا مادر او، شروع به فکر می‌کنید: بالتیمور... نه، آنجا نیست. ویلمینگتون... نه، آنجا هم مرکز ایالت نیست. ولی قبل از آنکه فکر شما کامل شود، ماشینی به نام آکسا جواب درست را می‌گوید: «مرکز ایالت دلاویر، شهر دوور است.» آکسا هوش مصنوعی آموزون است که زبان طبیعی را تفسیر می‌کند و با سرعت برق، جواب سوآل‌ها را می‌دهد. حالا دیگر در چشم بچه‌ها، آکسا به‌عنوان منبع همگانی اطلاعات، جایگزین پدر و مادر شده است.

هوش مصنوعی همه‌جا هست. در گوشی‌ها، خودروها، تجربه‌ی خرید، همسریابی، بیمارستان‌ها، بانک‌ها، و در سرتاسر رسانه‌های گروهی. جای تعجب نیست که رؤسای شرکت‌ها، مدیرعامل‌ها، معاونان، مدیران، رهبران تیم، کارآفرینان، سرمایه‌گذاران، مربیان، و سیاست‌گذاران با اشتیاق به‌دنبال کسب اطلاعات درباره‌ی هوش مصنوعی هستند. همه‌ی آن‌ها متوجه شده‌اند که هوش مصنوعی به‌زودی کسب و کارشان را از ریشه تغییر خواهد داد.

ما نویسندگان این کتاب از جایگاهی متمایز شاهد پیشرفت‌های هوش مصنوعی بوده‌ایم. ما اقتصاددانانی هستیم که کارمان مطالعه‌ی آخرین انقلاب بزرگ فناوری، یعنی اینترنت، بوده است. در طول سال‌ها پژوهش، یاد گرفته‌ایم که چگونه شایعات را کنار بزنیم، و بر روی این تمرکز کنیم که فناوری برای تصمیم‌گیرندگان چه معنایی دارد. در ضمن، ما آزمایشگاه تخریب خلاقانه (CDL) را تأسیس کرده‌ایم. این آزمایشگاه برنامه‌ای است که احتمال موفقیت را برای شرکت‌های نوپای دانش‌بنیان افزایش می‌دهد. در ابتدا، CDL به روی تمام انواع شرکت‌های نوپا باز بود، ولی در سال ۲۰۱۵، بسیاری از موفق‌ترین شرکت‌های نوپای ما، شرکت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی بودند. در سپتامبر ۲۰۱۷، CDL برای سومین سال پیاپی بالاترین تراکم شرکت‌های

نوپای هوش مصنوعی را در خود داشت.

در نتیجه، بسیاری از رهبران این رشته برای شرکت در برنامه‌های CDL به تورنتو سفر می‌کردند. مثلاً یکی از مخترعان اولیه‌ی موتور هوش مصنوعی که محرک محصول آلکسای آمازون است، یعنی ویلیام تانستال-پِدو، هر هشت هفته یک بار از کمبریج انگلستان به تورنتو می‌آمد، و در تمام مراحل برنامه شرکت می‌کرد. هم‌چنین، بارنی پل، مدیر تیم ۸۵ نفره‌ی سازمان ناسا که نخستین سیستم هوش مصنوعی را به اعماق فضا فرستادند، از سان‌فرانسیسکو در برنامه‌ی ما شرکت کرد.

موفقیت CDL در این عرصه تا حدودی ناشی از موقعیت ما در شهر تورنتو بود، چرا که بسیاری از اختراعات اساسی در رشته‌ای موسوم به «یادگیری ماشینی»، که محرک علاقه‌ی اخیر به هوش مصنوعی بوده است، در آنجا شکل گرفته و پرورش یافته است. کارشناسانی که زمانی در گروه علوم کامپیوتر دانشگاه تورنتو کار می‌کردند، امروزه ریاست چندین تیم پیشروی هوش مصنوعی صنعتی را در نقاط مختلف جهان بر عهده دارند، از جمله در فیس‌بوک، اپل، و در این‌آی‌آی ایلان ماسک.

از آنجا که ما رابطه‌ی نزدیکی با بسیاری از کاربردهای هوش مصنوعی داشتیم، ناگزیر به بررسی این مسئله پرداختیم که این فناوری چه تأثیری بر راهبرد بازرگانی دارد. به‌طوری که توضیح خواهیم داد، هوش مصنوعی یک فناوری پیش‌بینی است، پیش‌بینی‌ها ورودی‌های تصمیم‌گیری هستند، و اقتصاد می‌تواند چارچوب بسیار خوبی برای فهمیدن بده‌بستان‌های دخیل در هر تصمیم باشد. از این‌رو، به مدد شانس و نیز مقداری برنامه‌ریزی، ما در زمان مناسب در مکان مناسب قرار گرفته بودیم، تا بتوانیم پُلی بین کارشناسان فناوری و مدیران بازرگانی برقرار کنیم. نتیجه‌ی آن این کتاب است. اولین بینش کلیدی ما آن است که این موج جدید هوش مصنوعی در حقیقت

هوش را برای ما نمی‌آورد، بلکه یکی از اجزای حیاتی هوش، یعنی پیش‌بینی، را در اختیارمان قرار می‌دهد. کاری که آلکسا در هنگام سؤال پرسیدن کودک انجام می‌دهد، این است که صدایی را که می‌شنود، می‌گیرد، کلماتی را که کودک بر زبان آورده است، پیش‌بینی می‌کند، و سپس پیش‌بینی می‌کند که این کلمات به‌دنبال چه اطلاعاتی می‌گردد. آلکسا واقعاً مرکز ایالت دلاویر را نمی‌داند، ولی قادر است پیش‌بینی کند که زمانی که افراد چنین سوآلی می‌پرسند، به‌دنبال پاسخ خاصی هستند: «شهر دوور».

هر کدام از شرکت‌های نوپا در آزمایشگاه ما بر پایه‌ی بهره‌گیری از فواید پیش‌بینی بهتر شکل گرفته‌اند. شرکت دیپ ژنومیک با پیش‌بینی اینکه در صورت تغییر DNA، چه اتفاقی در سلول می‌افتد، رشته‌ی پزشکی را بهبود می‌بخشد. شرکت چیزل با

پیش‌بینی اینکه چه بخش‌هایی از یک سند باید ویرایش شوند، به کار وکالت حقوقی کمک می‌کند. شرکت والدِر با پیش‌بینی محتوای آب موجود در نفت خام، ورودی بهتری برای انتقال مالکیت نفت خام فراهم می‌کند. این کاربردها نمونه‌ی کوچکی هستند از اینکه اکثر شرکت‌ها و کسب و کارها در آینده‌ی نزدیک چه نوع کارهایی انجام خواهند داد.

اگر درباره‌ی تأثیرات هوش مصنوعی بر کسب و کار خود دچار ابهام هستید، می‌توانیم در این زمینه به شما کمک کنیم تا با پیشرفت‌های صورت گرفته در این فناوری آشنا شوید، ولو آنکه هیچ‌گاه برنامه‌نویسی شبکه‌ی عصبی پیچشی نکرده باشید و یا آمار بیزی نخوانده باشید.

اگر از رهبران بازرگانی هستید، به شما کمک می‌کنیم که تأثیر هوش مصنوعی بر مدیریت و تصمیم‌گیری را بهتر درک کنید. اگر دانشجو یا فارغ‌التحصیل جدید هستید، چارچوبی را برای فکر کردن درباره‌ی پیشرفت مشاغل و حرفه‌های آینده در اختیار شما قرار می‌دهیم. اگر تحلیلگر مالی یا سرمایه‌گذار هستید، ساختاری را به شما ارائه می‌کنیم که بتوانید ایده‌های سرمایه‌گذاری خود را حول آن پرورش دهید. اگر سیاست‌گذار هستید، دستورالعمل‌هایی را برای درک اینکه هوش مصنوعی چه تأثیری بر جامعه خواهد داشت و سیاست‌ها چگونه می‌تواند در بهبود این تغییرات مؤثر باشد، به شما خواهیم داد.

اقتصاد مبنای مستحکمی برای فهمیدن عدم اطمینان و تأثیرات آن بر تصمیم‌گیری است. از آنجا که پیش‌بینی بهتر عدم اطمینان را کاهش می‌دهد، لذا با استفاده از اقتصاد به شما می‌گوییم که هوش مصنوعی چه اهمیتی برای تصمیماتی که در سیر کسب و کار خود می‌گیرید، دارد. این به نوبه‌ی خود مشخص می‌کند که کدام ابزارهای هوش مصنوعی احتمالاً بالاترین بازده سرمایه را برای گردش‌های کاری موجود در کسب و کار شما خواهند داشت. و آنگاه از این بینش‌ها، چارچوبی برای طراحی راهبردهای بازرگانی پدید می‌آید، مثلاً اینکه چگونه می‌توانید مقیاس و قلمرو کسب و کار خود را تغییر دهید تا از واقعیت‌های اقتصادی جدید مبتنی بر پیش‌بینی ارزان بهره‌بگیرید. سرانجام، بدهبستان‌های عمده‌ی مربوط به هوش مصنوعی را در ارتباط با مشاغل، تمرکز قدرت شرکتی، حریم خصوصی، و ژئوپلیتیک شرح خواهیم داد.

چه پیش‌بینی‌هایی برای شرکت شما اهمیت دارد؟ پیشرفت‌های بیشتر در زمینه‌ی هوش مصنوعی چه تأثیری بر پیش‌بینی‌های مهم برای کسب و کار شما خواهد داشت؟ صنعت شما در پاسخ به پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری پیش‌بینی



چه تغییراتی در مشاغل خواهد داد، همان‌گونه که ظهور کامپیوتر شخصی و به‌دنبال آن اینترنت باعث تغییر مشاغل در صنایع مختلف گردید؟ هوش مصنوعی رشته‌ی جدیدی است و هنوز به‌خوبی فهمیده نشده است، ولی جعبه‌ابزار اقتصادی برای ارزیابی تأثیرات سقوط هزینه‌ی پیش‌بینی کاملاً مستحکم است؛ گرچه مثال‌هایی که ارائه می‌کنیم، بدون شک به‌زودی قدیمی خواهند شد، ولی چارچوب ارائه شده در این کتاب قدیمی نمی‌شود. این بینش‌ها در طول پیشرفت فناوری و دقیق‌تر شدن و پیچیده‌تر شدن پیش‌بینی‌ها، اعتبار خود را هم‌چنان حفظ خواهند کرد.

کتاب ماشین‌های پیش‌بینی نسخه‌ای برای موفقیت در اقتصاد هوش مصنوعی نیست. بلکه ما بر بده‌بستان تأکید می‌کنیم. هرچه داده‌ها بیشتر شود، حریم خصوصی کمتر می‌شود. هرچه سرعت بیشتر شود، دقت کمتر می‌شود. هرچه خودگردانی بیشتر شود، کنترل کمتر می‌شود. ما نمی‌توانیم بهترین راهبرد را برای کسب و کار شما تجویز کنیم. این وظیفه‌ی خودتان است. بهترین راهبرد برای شرکت یا شغل یا کشور شما بستگی به این دارد که شما برای هر یک از طرفین بده‌بستان چه وزنی قابل می‌شوید. این کتاب ساختاری را برای شناسایی بده‌بستان‌های کلیدی و چگونگی ارزیابی منافع و مضار به‌منظور رسیدن به بهترین تصمیم در اختیار شما قرار می‌دهد. البته حتی با در دست داشتن این چارچوب، باز هم خواهید دید که تغییرات بسیار سریع اتفاق می‌افتند. شما مجبورید بدون داشتن اطلاعات کامل تصمیم‌گیری کنید، ولی همین کار هم باز بهتر از آن است که هیچ کاری نکنید.

## تکنه‌های کلیدی

- موج کنونی پیشرفت‌ها در زمینه‌ی هوش مصنوعی در حقیقت برای ما هوش نمی‌آورد، بلکه یکی از اجزای حیاتی هوش، یعنی پیش‌بینی، را به ما عرضه می‌دارد.
- پیش‌بینی از ورودی‌های اصلی برای تصمیم‌گیری است. اقتصاد چارچوب مستحکمی برای فهمیدن تصمیم‌گیری به شمار می‌رود. نتایج جدید و فهمیده نشده‌ی پیشرفت‌های فناوری پیش‌بینی را می‌توان با منطق قدیمی و کاملاً فهمیده شده‌ی نظریه‌ی تصمیم‌گیری در اقتصاد ترکیب کرد و به یک رشته بینش‌ها برای کمک به هدایت رویکرد سازمان در قبال هوش مصنوعی دست یافت.
- غالباً جواب درست واحدی برای این سوأل وجود ندارد که بهترین راهبرد هوش مصنوعی و یا بهترین مجموعه‌ی ابزارهای هوش مصنوعی کدام است؟ زیرا هوش

### ۱: مقدمه ۱۳

مصنوعی در ارتباط با بدهستان است: سرعت بیشتر، دقت کمتر؛ خودگردانی بیشتر، کنترل کمتر؛ داده‌های بیشتر، حریم خصوصی کمتر. ما روشی را برای شناسایی بدهستان‌های دخیل در هر کدام از تصمیمات مرتبط با هوش مصنوعی در اختیار شما قرار می‌دهیم، تا بتوانید هر دو سمت هر کدام از بدهستان‌ها را در پرتوی رسالت و اهداف سازمان خود ارزیابی نمایید، و سپس تصمیمی را که برای شما بهتر است، بگیرید.

## ارزانی همه چیز را تغییر می دهد

هرکسی لحظه‌ای درک هوش مصنوعی داشته است یا به‌زودی خواهد داشت. اکنون برای ما عادی شده است که رسانه‌های گروهی مملو از خبرهایی درباره‌ی فناوری‌های جدیدی هستند که زندگی ما را تغییر خواهند داد. برخی از ما فناوری دوست هستیم و از احتمالات آینده استقبال می‌کنیم، و برخی دیگر فناوری‌ها را می‌ترسیم و از سپری شدن روزهای خوب گذشته حسرت می‌خوریم. ولی تقریباً همه‌ی ما چنان به جریان پیوسته‌ی خبرهای فناوری عادت کرده‌ایم که ناخودآگاه می‌گوییم تنها چیزی که مصون از تغییر است، خود تغییر است. تا آنکه به‌ناگاه متوجه هوش مصنوعی می‌شویم. در آن زمان است که می‌فهمیم که این فناوری متفاوت است.

برای برخی از دانشمندان علوم کامپیوتر، لحظه‌ی درک هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۲ بود، زمانی که یک تیم دانشجویی دانشگاه تورنتو چنان پیروزی خیره‌کننده‌ای را در مسابقات بازشناسی بصری اشیای ایمیج‌نت نشان داد که در سال بعد، تمام فینالیست‌ها در مسابقه از رویکرد «یادگیری عمیق» آن‌ها که برای نخستین بار ارائه شده بود، استفاده کردند. بازشناسی اشیا صرفاً یک بازی نیست، بلکه ماشین را قادر می‌سازد که «بیند».

برای برخی از مدیرعامل‌های فناوری، لحظه‌ی درک هوش مصنوعی زمانی بود که در ژانویه‌ی ۲۰۱۴ در سرخط خبرها خواندند که گوگل بیش از ۶۰۰ میلیون دلار برای خرید شرکت انگلیسی دیپ‌مایند پرداخت کرده است، با آنکه این شرکت نوپا در مقایسه با این مبلغ، درآمد چندانی ایجاد نکرده بود، ولی نشان داده بود که هوش مصنوعی این شرکت — به‌تنهایی و بدون هرگونه برنامه‌نویسی — توانسته است بازی کردن برخی از بازی‌های ویدئویی آتاری را با عملکردی بالاتر از انسان یاد بگیرد.

برای برخی از شهروندان عادی، لحظه‌ی درک هوش مصنوعی بعداً در همان سال اتفاق افتاد، زمانی که فیزیکدان مشهور، استیون هاکنینگ، با تأکید توضیح داد: «تمام آنچه تمدن برای ما به ارمغان آورده است، حاصل هوش انسان است... موفقیت در ساختن هوش مصنوعی، بزرگ‌ترین رویداد در تاریخ بشر خواهد بود.»<sup>۱</sup>

برای برخی دیگر از افراد، لحظه‌ی درک هوش مصنوعی زمانی بود که توانستند

سوار بر یک خودروی تسلا با سرعت بالا دست خود را از روی فرمان بردارند و با استفاده از راننده‌ی خودکار هوش مصنوعی در جاده‌ها سفر کند.

برای دولت چین، لحظه‌ی درک هوش مصنوعی زمانی بود که شاهد پیروزی هوش مصنوعی دیپ‌ماینده با نام آلفاگو بر استاد بازی تخته‌ای گو از کره‌ی جنوبی لی سدول بود. بعداً در همان سال، این برنامه توانست بازیکن برتر جهان «که جیه» از چین را نیز شکست دهد. نیویورک تایمز این رویداد را برای چین با عنوان «لحظه‌ی اسپوتنیک»<sup>۲</sup> توصیف کرد: همان‌طور که کشور آمریکا به دنبال پرتاب اسپوتنیک از سوی اتحاد شوروی، سرمایه‌گذاری عظیمی در زمینه‌ی علم انجام داد، چین نیز به دنبال این رویداد، یک استراتژی ملی برای غالب شدن در عرصه‌ی هوش مصنوعی در سطح جهان تا سال ۲۰۳۰ طراحی کرد، و از نظر مالی متعهد شد که این ادعا را به انجام برساند.

برای خود ما، لحظه‌ی درک هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۲ بود که شرکت‌های نوپای هوش مصنوعی که از پیشرفته‌ترین تکنیک‌های یادگیری ماشینی استفاده می‌کردند، به تعداد زیاد در آزمایشگاه ما ثبت نام کردند. این شرکت‌ها صنایع مختلفی را دربر می‌گرفتند: اکتشاف دارو، خدمات مشتریان، تولید و ساخت، اطمینان کیفیت، خرده‌فروشی، و خدمات پزشکی. هوش مصنوعی فناوری قدرتمند و همه‌منظوره‌ای بود و ارزش قابل توجهی را در کاربردهای مختلفی ایجاد می‌کرد. ما با توجه به اینکه معنای این تحول را از نظر اقتصادی درک می‌کردیم، شروع به کار کردیم. می‌دانستیم که هوش مصنوعی هم، مانند هر فناوری دیگری، از اصول اقتصادی یکسانی پیروی می‌کند.

خود این فناوری، به ساده‌ترین سخن، بسیار شگفت‌انگیز است. در همان اوایل کار، یکی از سرمایه‌گذاران کارآفرین مشهور، استیو یوروتسون، به کنایه گفت: «تقریباً هر محصولی که در طول پنج سال آینده تجربه خواهید کرد و اکنون مانند جادو به نظر می‌رسد، به‌جد می‌توان گفت که بر مبنای این الگوریتم‌ها ساخته خواهد شد.»<sup>۳</sup> اشاره‌ی این تحلیلگر به هوش مصنوعی به‌عنوان پدیده‌ای جادویی، با روایت عامه‌پسند هوش مصنوعی در فیلم‌هایی مانند ۲۰۰۱: اُدیسه‌ی فضایی، جنگ ستارگان، بلید رانر (*Blade Runner*)، و جدیدتر از آن‌ها، او (*Her*)، برتری (*Transcendence*)، و فراماشینی (*Ex Machina*) هماهنگ بود. برداشت یوروتسون از کاربردهای هوش مصنوعی به‌عنوان پدیده‌ای جادویی برای ما قابل درک است و با آن احساس همدلی می‌کنیم. به‌عنوان متخصصان علم اقتصاد، کار ما این است که ایده‌هایی را که به‌ظاهر جادویی هستند، به‌صورت چیزهایی ساده، روشن، و عملی تشریح کنیم.

## عبور از شایعات

ما اقتصاددانان، دنیا را به صورتی متفاوت از اکثر مردم می‌بینیم. ما همه چیز را از درون چارچوبی می‌نگریم که نیروهایی از قبیل عرضه و تقاضا، تولید و مصرف، قیمت و هزینه در آن حکم فرما هستند. با آنکه ما اقتصاددانان اغلب با یکدیگر اختلاف نظر داریم، ولی اختلاف نظرهای ما در قالب یک چارچوب کاری مشترک است. درباره‌ی فرضیات و تفسیرها بحث می‌کنیم، ولی بر سر مفاهیم بنیادی، مانند نقش کمیابی و رقابت در تعیین قیمت، بحثی نداریم. این رویکرد برای دیدن جهان، نظرگاه منحصر به فردی را در اختیار ما قرار می‌دهد. با این حال، یک نتیجه‌ی منفی آن این است که دیدگاه ما خشک است، و باعث می‌شود که در مهمانی‌ها خیلی پر طرفدار نباشیم. از جهت مثبت، سبب می‌شود که بتوانیم برای هدایت تصمیمات بازرگانی، نظرات روشن و مفیدی ارائه کنیم.

بگذارید از پایه شروع کنیم — قیمت. وقتی که قیمت چیزی پایین می‌آید، ما از آن چیز بیشتر مصرف می‌کنیم. این یک اصل ساده‌ی اقتصاد است، و همین الان در رابطه با هوش مصنوعی اتفاق افتاده است. هوش مصنوعی در همه جا هست — در داخل اپلیکیشن‌های گوشی شما، در سامانه‌ی بهینه‌سازی شبکه‌ی برق شهر شما، و شاید بتوان گفت که هوش مصنوعی اکنون جایگزین مدیر سبد سهام شما شده است. به زودی، برای رانندگی و یا انتقال هوایی بسته‌ها به خانه نیز از آن استفاده خواهد شد. یک چیز که اقتصاددانان در آن بسیار ماهر هستند، عبور کردن از شایعات است. در جایی که دیگران نوآوری‌های جدید و تحول‌آفرین می‌بینند، ما تنها چیزی که می‌بینیم، کاهش قیمت است. ولی مسئله بالاتر از این است. برای فهمیدن اینکه هوش مصنوعی چه تأثیری بر سازمان شما خواهد داشت، باید دقیقاً بدانید که چه قیمتی تغییر کرده است و آن تغییر قیمت چه تأثیراتی در پهنه‌ی وسیع‌تر اقتصاد خواهد داشت. تنها آن زمان خواهید توانست برنامه‌ای برای اقدام بریزید. تاریخ اقتصاد به ما آموخته است که تأثیر نوآوری‌های عمده غالباً در محل‌های بسیار غیرمنتظره حس می‌شود.

برای نمونه، داستان اینترنت تجاری را در سال ۱۹۹۵ در نظر بگیرید. در حالی که بیشتر ماها مشغول تماشای سریال ساینفلد بودیم، شرکت مایکروسافت ویندوز ۹۵ را عرضه کرد، که نخستین سیستم عامل چندوظیفه‌ای این شرکت بود. در همان سال، دولت آمریکا آخرین محدودیت‌ها را در زمینه‌ی انتقال ترافیک تجاری بر روی اینترنت حذف کرد، و شرکت نت‌اسکیپ — مخترع مرورگر — نخستین پذیرهنویسی

برای اینترنت تجاری را با موفقیت برگزار کرد. این نشانگر نقطه‌ی عطفی بود که در آن اینترنت از یک پدیده‌ی جالب فناوری به یک موج تجاری تبدیل شد که سرتاسر اقتصاد را تحت تأثیر خود قرار داد.

پذیره‌نویسی نت‌اسکیپ ارزش این شرکت را در حدی بالاتر از ۳ میلیارد دلار قرار داد، در صورتی که این شرکت هیچ‌گونه سود قابل توجهی ایجاد نکرده بود. سرمایه‌گذاران خطرپذیر، شرکت‌های نوپا را میلیون‌ها دلار قیمت می‌گذاشتند، با آنکه در مرحله‌ی «قبل از درآمد» بودند (اصطلاحی که تازه وضع شده بود). متخصصانی که به‌تازگی از رشته‌ی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی فارغ‌التحصیل شده بودند، شغل‌های سنتی پردرآمد را رد می‌کردند، و به‌دنبال مشاغل جدیدی در حوزه‌ی اینترنت می‌گشتند. به‌تدریج تأثیرات اینترنت در صنایع مختلف گسترده شد و سطوح بالا و پایین زنجیره‌ی ارزش را در نوردید. حامیان فناوری دیگر اینترنت را یک فناوری جدید نمی‌دانستند و آن را «اقتصاد جدید» می‌نامیدند. این اصطلاح متداول شد. اینترنت از سطح فناوری فراتر رفت و در سطحی بنیادی در تمام فعالیت‌های انسانی نفوذ کرد. سیاست‌مداران، رؤسای شرکت‌ها، سرمایه‌گذاران، کارآفرینان، و سازمان‌های بزرگ خبری شروع به استفاده از این اصطلاح جدید کردند. همه از اقتصاد جدید حرف می‌زدند.

البته همه، به‌جز اقتصاددانان. برای ما، اقتصاد جدیدی در کار نبود. از دیدگاه اقتصاددانان، این همان اقتصاد معمولی قدیمی بود. البته بی‌تردید تغییرات مهمی روی داده بود. کالاها و خدمات را می‌شد به‌صورت دیجیتال توزیع کرد. ارتباطات به‌آسانی میسر بود. و می‌توانستید اطلاعات را تنها با کلیک کردن بر روی دکمه‌ی جستجو به دست آورید. ولی همه‌ی این کارها را قبلاً هم می‌توانستید انجام بدهید. چیزی که تغییر کرده بود، این بود که اکنون می‌توانستید این کارها را ارزان انجام دهید. ظهور اینترنت به‌معنای کاهش هزینه‌ی توزیع، ارتباط، و جستجو بود. وقتی که یک پیشرفت فناوری را به‌صورت جابه‌جایی از گران به ارزان یا از کمیاب به فراوان بیان کنیم، تأثیر ارزشمندی برای تفکر در این زمینه دارد که چه تأثیری بر کسب و کار شما خواهد داشت. مثلاً اگر نخستین‌باری را که از گوگل استفاده کردید به یاد آورید، شاید به‌خاطر آورید که مسحور توانایی جادویی آن برای دسترسی به اطلاعات شده بودید. از دیدگاه اقتصاددانان، گوگل جستجو را ارزان کرده است. وقتی که جستجو ارزان می‌شود، شرکت‌هایی که با فروختن جستجو از طریق وسیله‌های دیگر پول در می‌آوردند (مانند کتاب بانک اطلاعات شهری، نمایندگی‌های مسافرتی، و شرکت‌های

تبلیغاتی)، دچار بحران رقابتی شدند. در عین حال، شرکت‌هایی که مردم باید آن‌ها را پیدا می‌کردند (مانند نویسندگان خودناشر، فروشندگان اقلام کلکسیونی کمتر شناخته شده، و فیلم‌سازان خانگی)، بسیار پیشرفت کردند.

این تغییر در هزینه‌های نسبی برخی از فعالیت‌ها بر مدل بازرگانی برخی از شرکت‌ها تأثیر ریشه‌ای بر جای گذاشت، و حتی برخی از صنایع را متحول کرد. اما قوانین اقتصاد تغییری نکرده است. ما باز هم می‌توانستیم همه چیز را براساس عرضه و تقاضا توضیح دهیم، با استفاده از اصول اقتصادی آماده، راهبردها را تعیین کنیم، سیاست‌ها را هدایت کنیم، و آینده را پیش‌بینی نماییم.

## ارزان یعنی همه‌جا

وقتی که قیمت یک کالای اساسی شدیداً کاهش می‌یابد، ممکن است تمام دنیا تغییر کند. مثلاً روشنایی را در نظر بگیرید. احتمالاً شما این کتاب را زیر نوعی روشنایی مصنوعی می‌خوانید. به علاوه، احتمالاً هیچ‌وقت در این مورد فکر نکرده‌اید که استفاده از نور مصنوعی برای خواندن به هزینه‌اش می‌ارزد یا نه. روشنایی به قدری ارزان است که بدون فکر کردن از آن استفاده می‌کنید. ولی همانگونه که ویلیام نوردهاوس، دانشمند اقتصاد، به‌دقت بررسی کرده است، در اوایل قرن نوزدهم، روشنایی چهارصد برابر حالا قیمت داشت.<sup>۴</sup> با آن قیمت، مسلماً هزینه قابل‌توجه می‌بود و قبل از آنکه از روشنایی مصنوعی برای خواندن این کتاب استفاده کنید، درباره‌ی آن فکر می‌کردید. بعدها سقوط قیمت روشنایی منجر به روشن شدن تمام جهان شد. نه تنها شب را به روز بدل کرد، بلکه به ما امکان داد که در ساختمان‌های بزرگی که نور طبیعی هرگز نمی‌توانست به درون آن نفوذ کند، زندگی و کار کنیم. اگر هزینه‌ی روشنایی مصنوعی به حدود صفر نمی‌رسید، تقریباً هیچ‌کدام از چیزهایی که امروز داریم، امکان‌پذیر نمی‌بود.

تغییر فناوری سبب می‌شود که بعضی از چیزها که زمانی گران بودند، ارزان شوند. هزینه‌ی روشنایی به اندازه‌ای کاهش یافت که رفتار ما را از فکر کردن درباره‌ی استفاده از آن تغییر داد، به طوری که قبل از زدن کلید چراغ، حتی یک ثانیه هم درباره‌ی آن فکر نمی‌کنیم. چنین کاهش قابل‌توجه قیمت فرصت‌هایی را برای انجام کارهایی که در گذشته هرگز انجام ندادیم، فراهم می‌آورد. حتی شاید کارهای غیرممکن را ممکن سازد. از این رو، جای تعجب نیست که اقتصاددانان به‌طور وسواس‌گونه‌ای به بررسی تأثیرات کاهش شدید قیمت ورودی‌های اساسی مانند روشنایی می‌پردازند.

بعضی از تأثیرات تولید روشنایی ارزان‌تر به‌آسانی قابل تصور است، ولی برخی تأثیرات دیگران این‌گونه نیست. وقتی که یک فناوری جدید موجب ارزان‌تر شدن چیزها می‌شود، اینکه چه چیزهایی تحت تأثیر قرار خواهد گرفت، همیشه دقیقاً آشکار نیست، خواه فناوری روشنایی مصنوعی باشد، یا توان بخار، خودرو، و یا رایانه.

تیم برسناهان، از اقتصاددانان دانشگاه استنفورد و یکی از اساتید ما، خاطرنشان کرده است که کامپیوتر تنها کاری که می‌کند، محاسبه است. ظهور کامپیوتر و تجاری شدن آن سبب شد که محاسبه ارزان شود.<sup>۵</sup> وقتی که محاسبه ارزان شد، ما نه فقط برای کاربردهای سنتی محاسبه از آن بیشتر استفاده کردیم، بلکه محاسبات ارزان جدید را برای کاربردهایی نیز که به‌طور سنتی ارتباطی با محاسبه نداشتند، مانند موسیقی، مورد استفاده قرار دادیم.

آدا لاولیس، که او را نخستین برنامه‌نویس کامپیوتر می‌دانند، اولین کسی بود که متوجه این قابلیت شد. او که در اوایل قرن نوزدهم زیر روشنایی بسیار گران‌قیمت کار می‌کرد، نخستین برنامه‌ی ثبت شده را برای محاسبه‌ی یک رشته اعداد (به نام اعداد برنولی) بر روی کامپیوتری که چارلز بیچ طراحی کرده بود و هنوز در مرحله‌ی تئوری قرار داشت، نوشت. بیچ هم اقتصاددان بود و به‌طوری که در این کتاب خواهیم دید، این تنها باری نبود که اقتصاد و علوم کامپیوتر با یکدیگر برخورد داشتند. لاولیس متوجه شد که محاسبه می‌تواند به تعبیر امروزی شرکت‌های نوپا «مقیاس» پذیرد و کارهای بسیار زیادی را امکان‌پذیر سازد. او دریافت که کاربردهای کامپیوتر منحصر به عمل‌های ریاضی نیست: «برای نمونه، به فرض اینکه روابط بنیادی صداهای ارتعاشی در علم هارمونی و تصنیف موسیقی با این‌گونه عبارت‌ها و تطبیق‌ها قابل انطباق باشد، این ماشین می‌تواند قطعات پیشرفته و علمی موسیقی را با هر میزان پیچیدگی تصنیف نماید.»<sup>۶</sup> در آن زمان هنوز کامپیوتر اختراع نشده بود، ولی لاولیس به‌روشنی می‌دید که یک ماشین محاسباتی می‌تواند موسیقی را ذخیره کند و پخش کند — چیزی که می‌تواند تأثیر قاطعی بر هنر و بشریت داشته باشد.

دقیقاً هم همین اتفاق افتاد. وقتی که یک و نیم قرن بعد، هزینه‌ی محاسبات به‌قدر کافی پایین آمد، هزاران کاربرد برای محاسبه ایجاد شد که تا پیش از آن کسی حتی به خواب هم نمی‌دید. محاسبات در بسیاری از کارها یک ورودی مهم به شمار می‌رود، و وقتی که ارزان شد، همانند روشنایی که قبل از آن ارزان شده بود، توانست دنیا را تغییر دهد. معمولاً زمانی که هزینه‌ی چیزی به کمترین حد کاهش می‌یابد، می‌توان از شایعات عبور کرد، ولی این باعث نمی‌شود که جدیدترین و بزرگ‌ترین فناوری‌ها



هیجان‌انگیز به نظر برسد. مثلاً امکان نداشت استیو جابز ساختن یک ماشین جدید برای جمع و تفریق را اعلام کند. درحالی که کاری که انجام داد، واقعاً همین بود. ماشین‌های جمع و تفریق جدید جابز، از طریق کاهش دادن هزینه‌ی یک کار مهم، تحول‌آفرین بودند.

اینجا است که به هوش مصنوعی می‌رسیم. هوش مصنوعی دقیقاً به‌خاطر اینکه یک چیز مهم را بسیار ارزان‌تر می‌کند، از نظر اقتصادی قابل‌توجه خواهد بود. الان شاید شما به فکر هوش، تعقل، و یا حتی خود تفکر بیفتید. چه بسا روایات‌های تمام عیار و یا موجودات غیرجسمانی، مانند کامپیوترهای دوست داشتنی پیش‌تازان فضا، را به تصور درآورید، که نیاز به فکر کردن را برای شما مرتفع می‌کنند. لاولیس هم همین‌طور فکر می‌کرد، ولی خیلی زود این فکرها را کنار گذاشت. دست‌کم تا جایی که به کامپیوتر مربوط می‌شود، او نوشته است که «کامپیوتر به‌هیچ‌وجه تظاهر نمی‌کند که خودش قادر به ایجاد کردن چیزی است. می‌تواند تمام کارهایی را که به آن دستور می‌دهیم، انجام دهد. می‌تواند تحلیل‌ها را بفهمد. ولی هرگز قدرت پیش‌بینی روابط تحلیلی و یا درستی گزاره‌ها را ندارد.»<sup>۷</sup>

علی‌رغم همه‌ی هیاهو و جاروجنجال‌ی که مفهوم هوش مصنوعی به‌دنبال خود دارد، آنچه آن تورینگ بعدها اعتراض بانو لاولیس نامید، هنوز هم معتبر است. کامپیوترها هنوز هم نمی‌توانند فکر کنند، بنابراین، قرار نیست تفکر ارزان‌تر شود. اما آنچه ارزان خواهد شد، چیزی است که مانند محاسبه در همه‌جا یافت می‌شود، به‌طوری که شاید حتی آگاه نباشید که چقدر فراگیر است و سقوط قیمت آن می‌تواند چه تأثیری در زندگی و اقتصاد ما داشته باشد.

فناوری‌های جدید هوش مصنوعی چه چیزی را این‌قدر ارزان خواهد کرد؟ پیش‌بینی را. بنابراین، همان‌گونه که اقتصاد به ما می‌گوید، ما نه‌تنها بیش از گذشته از پیش‌بینی استفاده خواهیم کرد، بلکه شاهد ظاهر شدن آن در محل‌های تعجب‌آور جدیدی نیز خواهیم بود.

## ارزانی ارزش ایجاد می‌کند

---

پیش‌بینی، فرایند پر کردن اطلاعات مفقوده است. پیش‌بینی اطلاعاتی را که دارید، که غالباً به آن «داده‌ها» گفته می‌شود، از شما می‌گیرد، و با استفاده از آن، اطلاعاتی ایجاد می‌کند که ندارید. اغلب در بحث‌های مربوط به هوش مصنوعی از تکنیک‌های پیش‌بینی مختلفی، با نام‌ها و القاب گوناگون و مبهم، استفاده می‌شود: طبقه‌بندی،