هوش مصنوعی و قانونگذاری (۳)

(طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی)

این اثر ترجمه‌ای از طرح ارائه شده توسط کمیته فرعی تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه شورای ملی علوم و فناوری آمریکا در اکتبر ۲۰۱۶ است.

«The National Artificial Intelligence Research and Developmenf Strategic Plan».

The National Science and Technology Council (NSTC)

کد موضوعی: ۳۳۰

شماره مسلسل: ۱۵۸۳۶

اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷

دفتر: مطالعات بنیادین حکومتی

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۳
مقدمه ۵
راهبرد اول ـ سرمایه‌گذاری بلندمدت در تحقیق هوش مصنوعی ۲۴
راهبرد دوم ـ توسعه روش‌های مؤثر برای همکاری انسان و هوش مصنوعی ۳۱
راهبرد سوم ـ فهم پیامدهای اخلاقی، حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی و رسیدگی به آنها ۳۶
راهبرد چهارم ـ اطمینان از ایمنی و امنیت سیستم‌های هوش مصنوعی ۳۸
راهبرد پنجم ـ ایجاد مخازن داده عمومی مشترک و محیطی برای آموزش و آزمایش هوش مصنوعی ۴۱
راهبرد ششم ـ اندازه‌گیری و ارزیابی فناوری‌های هوش مصنوعی از طریق استانداردها و معیاردهی‌ها ۴۵
راهبرد هفتم ـ درک بهتر نیازهای نیروی کار تحقیق و توسعه ملی هوش مصنوعی ۴۹
پیشنهادها ۵۰
منبع و مأخذ ۵۱

هوش مصنوعی و قانونگذاری (۳)
(طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی)[۱]

درباره دفتر مطالعات بنیادین حکومتی

دفتر مطالعات بنیادین حکومتی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی برای مواجهه با پیچیدگی‌های رو به فزونی جهان کنونی و الزامات آن برای کشور در یک سیر مطالعاتی در چارچوب سه اصل «مفهوم‌ستانی، مفهوم‌پژوهی و مفهوم‌سازی» کشف و فهم مهمترین پدیده‌های مرتبط با حکمرانی را در دستور کار پژوهش‌های بنیادین خود قرار داده است. این روند پژوهشی در نهایت به‌ترتیب به انتشار ۱۲ گزارش درباره «کانون‌های تفکر جهان»، ۳۰ گزارش درباره آینده‌پژوهی و «آینده‌پژوهی جهان» و در نهایت بررسی «مدل‌های حکمرانی جهان» منجر شد. در این پژوهش‌ها با محوریت حکمرانی، پدیده «فن حکمرانی» و نیز «منطق قانونگذاری و قانون» اولویت یافته است که طی گزارش‌هایی به نقش آن در چهار حوزه اساسی پرداخته شد. در این مرحله مرور تحولات کنونی جهان با اتکا به این سیر مطالعاتی نشان داده که کاربرد «هوش مصنوعی» در تغییر شکل حکمرانی در جهان آینده بسیار بارز است. بررسی‌های انجام شده برای شناخت تجارب و سطح انتظار دیگر کشورها و سازمان‌های بین‌المللی درباره هوش مصنوعی نشان می‌دهد که این موضوع بنیادین به بالاترین سطح تصمیم‌سازی در جهان کنونی راه یافته است به‌نحوی که دهه آتی را می‌توان دهه هوش مصنوعی نامگذاری کرد. دفتر مطالعات بنیادین حکومتی تاکنون دو گزارش بنیادین و کاربردی در چارچوب پاسخ به پرسش فلسفی«آیا هوش مصنوعی می‌تواند به‌جای هوش طبیعی قانون وضع کند؟» منتشر کرده است و برای نخستین بار زمینه‌ساز طرح موضوع «قانونگذاری و هوش مصنوعی» در کشور شده است. مطابق با روش‌شناسی مذکور در مطالعات بنیادین حکومتی مرور تجارب کشورهای پیش‌رو در زمینه هوش مصنوعی در دستور کار قرار گرفته است.

موضوعات اساسی مانند«حکمرانی بنیادین»، «کانون‌های تفکر جهان»، «آینده‌پژوهی جهان»، «منطق قانون و قانونگذاری» و «هوش مصنوعی» طی دوره اخیر از مهمترین اولویت‌های پژوهشی و کارنامه فکری و علمی دفتر مطالعات بنیادین حکومتی محسوب می‌شوند.

---

۱. این گزارش براي آشنايي نمايندگان با مكانيسم‌هاي سياستگذاري، قانونگذاري و بودجه‌ريزي كلان در حوزه هوش مصنوعي و ضرورت‌ها و پيامدهاي آن به‌عنوان سومين گزارش از مجموعه «هوش مصنوعي و قانونگذاري» منتشر مي‌شود.

درباره شورای ملی علوم و فناوری

شورای ملی علوم و فناوری[1] ابزار اصلی زیرشاخه اجرایی سازمان تحقیق و توسعه فدرال است که سیاست‌های علم و فناوری را از طریق نهادهای مختلف هماهنگ می‌کند. یکی از موضوعات پایه مورد نظر این شورا تعیین اهداف ملی شفاف برای سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری فدرال در زمینه علم و فناوری است. شورای ملی علم و فناوری بسته‌های هدفمند سیاستی برای تحقق اهداف ملی متعدد تنظیم می‌کند. این شورا از پنج کمیته اصلی محیط زیست، منابع طبیعی و پایداری؛ امنیت ملی و میهنی؛ آموزش علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی؛ علوم؛ فناوری تشکیل یافته است.

هریک از این کمیته‌ها متشکل از زیرمجموعه‌ها و گروه‌های کاری است که بر جنبه‌های مختلف علوم و فناوری تمرکز دارند. اطلاعات بیشتر در آدرس ذیل در دسترس قرار می‌گیرد.[2]

درباره دفتر سیاستگذاری علوم و فناوری

دفتر سیاستگذاری علوم و فناوری[3] طی قانون «سیاستگذاری ملی علوم و فناوری، سازماندهی و اولویت‌ها » در سال ۱۹۷۶ تأسیس شد. مأموریت این دفتر در سه حوزه تعریف شده است.

اول، ارائه توصیه‌های علمی و فنی بهنگام، دقیق و مرتبط به رئیس‌جمهور و کارکنان ارشد وی در همه مسائلی که تعیین شده است.

دوم، اطمینان از صحت و دقت علومی که سیاست‌های شاخه اجرایی براساس آن تعیین می‌شوند.

سوم، اطمینان از هماهنگی فعالیت‌های علمی و تکنیکی شاخه اجرایی است به‌نحوی که بیشترین مزایا را برای جامعه به ارمغان آورد. همچنین مدیر این دفتر معاونت علوم و فناوری ریاست‌جمهوری را برعهده دارد و شورای ملی و فناوری را نیز مدیریت می‌کند. اطلاعات بیشتر در آدرس ذیل قرار دارد.[4]

درباره کمیته فرعی تحقیق و توسعه شبکه و فناوری اطلاعات

کمیته فرعی تحقیقات و توسعه شبکه و فناوری اطلاعات[5] زیرمجموعه کمیته فناوری[6] شورای ملی علوم و فناوری است. این کمیته فرعی هماهنگ‌کننده برنامه‌های چندگانه پژوهش و توسعه برای تضمین استمرار راهبری ایالات متحده در حوزه شبکه و فناوری اطلاعات و همچنین پاسخگویی به نیازهای دولت فدرال برای توسعه شبکه‌های پیشرفته و فناوری اطلاعات و نیز تسریع توسعه و پیاده‌سازی شبکه‌های پیشرفته و فناوری اطلاعات را به‌عهده دارد. این کمیته فرعی همچنین متولی اعمال احکام مرتبط با قانون رایانش کارآیی بالا مصوب ۱۹۹۱ را با عنایت به اصلاحات آن در قانون پژوهشی نسل آینده اینترنت مصوب ۱۹۹۸ و قانون ایجاد فرصت‌های قابل اعتنا در ارتقای برتری فناوری، آموزش و علوم در آمریکا[7] مصوب ۲۰۰۷ است.

1. The National Science and Technology Council (NSTC)
2. www.whitehouse.gov/ostp/nstc.
3. The Office of Science and Technology Policy (OSTP)
4. www.whitehouse.gov/ostp..
5. The Subcommittee on Networking and Information Technology Research and Development (NITRD)
6. Committee on Technology (CoT)
7. Competes

در این گزارش، ترجمه کامل «طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی ایالات متحده آمریکا» ارائه شده است. طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، مجموعه‌ای از اهداف را برای پژوهش‌های وابسته به بودجه فدرال تعیین می‌کند. پژوهش‌هایی که توسط دولت یا پژوهش‌هایی که خارج از دولت با بودجه فدرال انجام می‌شوند، مانند پژوهش‌های دانشگاهی که ملزم به رعایت اولویت‌های این برنامه هستند. هدف اصلی این پژوهش تولید فناوری و دانش هوش مصنوعی جدید به‌منظور فراهم کردن بازه‌ای از مزایای مطلوب و کمینه کردن تأثیرات نامطلوب آن بر جامعه است. برای رسیدن به هدف مذکور، این برنامه هفت اولویت راهبردی برای تحقیقات هوش مصنوعی وابسته به بودجه فدرال تعیین کرده و در انتها توصیه‌هایی ارائه می‌کند.

چکیده

هوش مصنوعی یک فناوری درحال تحول است که مزایای اقتصادی و اجتماعی بسیار بزرگی برای آینده ترسیم کرده است. این فناوری ظرفیت آن را دارد که در نحوه زندگی، کار، یادگیری و اکتشاف و تعامل ما انقلابی ایجاد کند. پژوهش‌های هوش مصنوعی می‌تواند اولویت‌های ملی شامل افزایش رفاه اقتصادی، بهبود فرصت‌های آموزشی، کیفیت زندگی و همچنین افزایش امنیت ملی و داخلی را تحکیم بخشد. به‌دلیل این مزایای بالقوه، دولت ایالات متحده سال‌های زیادی است که بر پژوهش‌های هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری کرده است. با وجود این، مانند هر فناوری مهم دیگری که دولت فدرال به آن توجه دارد، در کنار فرصت‌های بسیار بزرگ موجود، ملاحظاتی وجود دارند که ضروری است برای جهت‌دهی کلی تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی وابسته به بودجه فدرال به آنها توجه جدی شود.

در سوم ماه می۲۰۱۶ کمیته‌ای فرعی با عنوان «یادگیری ماشین و هوش مصنوعی» در شورای ملی علوم و فناوری برای هماهنگی فعالیت‌های فدرال در زمینه هوش مصنوعی تشکیل شد.[1] این کمیته فرعی در تاریخ ۱۵ ژوئن ۲۰۱۶ از کمیته فرعی تحقیقات و توسعه شبکه و فناوری اطلاعات درخواست کرد که طرح راهبردی ملی تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی را تدوین کند. کارگروه هوش مصنوعی در کمیته فرعی تحقیقات و توسعه شبکه و فناوری اطلاعات برای تعیین اولویت‌های راهبردی فدرال در پژوهش‌های هوش مصنوعی با عنایت و توجه ویژه به محدوده‌ها و زمینه‌های دور از توجه و تمایل صنعت شکل گرفت.

طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، مجموعه‌ای از اهداف را برای پژوهش‌های وابسته به بودجه فدرال تعیین می‌کند. پژوهش‌هایی که دولت و خارج از دولت آن را با بودجه فدرال انجام می‌دهد، مانند پژوهش‌های دانشگاهی که ملزم به رعایت اولویت‌های این برنامه هستند. هدف اصلی این پژوهش تولید فناوری و دانش هوش مصنوعی جدید برای فراهم کردن بازه‌ای از مزایای

1. E. Felten, “Preparing for the Future of Artificial Intelligence,” White House Office of Science and Technology Policy blog, May 5, 2016, https://www.whitehouse.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence.

مطلوب و کاستن تأثیرات نامطلوب آن بر جامعه است.

برای رسیدن به هدف مذکور، این برنامه اولویت‌های ذیل را برای تحقیقات هوش مصنوعی وابسته به بودجه فدرال تعیین می‌کند:

راهبرد ۱: زمینه‌سازی برای سرمایه‌گذاری بلندمدت در تحقیقات هوش مصنوعی. اولویت‌دهی سرمایه‌گذاری در نسل بعدی هوش مصنوعی، کشف و بینشی که سبب خواهد شد ایالات متحده همچنان رهبر هوش مصنوعی در جهان باقی بماند.

راهبرد ۲: توسعه روش‌های اثربخش برای همکاری انسان و هوش مصنوعی. بیش از آنکه سیستم‌های هوش مصنوعی جایگزین انسان شوند به‌منظور دستیابی به کارآیی بهتر به کمک انسان خواهند آمد، پس پژوهش‌هایی لازم است که تعامل اثربخش بین انسان و سیستم‌های هوش مصنوعی را تعیین کند.

راهبرد ۳: درک و تبیین تأثیرات اخلاقی، قانونی و اجتماعی هوش مصنوعی. انتظار می‌رود که سیستم‌های هوش مصنوعی مطابق هنجارهای رسمی و غیررسمی رفتار کنند که همکاران انسانی ما به آن پایبند هستند. تحقیقاتی برای فهم تأثیرات اخلاقی، قانونی و اجتماعی هوش مصنوعی با هدف توسعه روش‌های طراحی سیستم‌های هوش مصنوعی که با اهداف اخلاقی، قانونی و اجتماعی ما تراز باشند، لازم است.

راهبرد ۴: اطمینان از ایمنی و امنیت سیستم‌های هوش مصنوعی. پیش از بهره‌برداری گسترده از سیستم‌های هوش مصنوعی، تضمین‌هایی در مورد عملکرد امن، ایمن، تحت کنترل، تعریف شده و شناخته شده آنها ضروری است. پیشرفت بیشتری در تحقیقات هوش مصنوعی برای توجه به چالش ایجاد سیستم‌های هوش مصنوعی قابل اعتماد و قابل اتکا و اطمینان لازم است.

راهبرد ۵: توسعه مخازن داده عمومی مشترک و فضاهای آموزشی و آزمایشی هوش مصنوعی. عمق، کیفیت و دقت مجموعه داده‌ها و منابع آموزشی به‌طور قابل توجهی بر کارآیی هوش مصنوعی تأثیر می‌گذارد. پژوهشگران باید مخازن داده و فضاهایی با کیفیت بالا ایجاد کنند و دسترسی مسئولانه به این مخازن و منابع آموزشی و آزمایشی را فراهم کنند.

راهبرد ۶: ارزیابی و اندازه‌گیری فناوری‌های هوش مصنوعی از طریق وضع استانداردها و معیاردهی‌ها. اساس پیشرفت در زمینه هوش مصنوعی عبارت است از استانداردها، معیاردهی‌ها، آزمایشگاه‌ها و جلب مشارکت مجتمع‌هایی که پیشرفت هوش مصنوعی را راهبری و ارزیابی می‌کنند. تحقیقات بیشتری برای توسعه طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های ارزیابی ضروری به‌نظر می‌رسد.

راهبرد ۷ : درک بهتر نیازهای کارکنان (فعالان). تحقیق و توسعه هوش مصنوعی و پیشرفت در این زمینه نیازمند شکل‌گیری یک جامعه قوی از پژوهشگران و محققان هوش مصنوعی است. درک ارتقایافته از درخواست‌های کنونی و آینده کارکنان بخش تحقیق و توسعه هوش مصنوعی الزامی است به‌نحوی که تضمین کند تعداد کافی از متخصصان هوش مصنوعی برای تمرکز بر حوزه‌های تحقیق و

توسعه راهبردی مشخص شده در برنامه در اختیار خواهند بود.

در انتهای برنامه ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی دو پیشنهاد نیز طرح شده است.

پیشنهاد اول: توسعه چارچوب پیاده‌سازی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی برای تعریف فرصت‌های گسترش علوم و فناوری و حمایت از هماهنگی مؤثر در سرمایه‌گذاری تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی طبق راهبردهای ۱ تا ۶ این برنامه.

پیشنهاد دوم: بررسی چشم‌انداز ملی برای تربیت و حفظ نیروی کار پایدار در زمینه تحقیق و توسعه هوش مصنوعی طبق راهبرد هفت این برنامه.

مقدمه

هدف طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی

در سال ۱۹۵۶، محققان علوم کامپیوتری از سراسر ایالات متحده در کالج دراتموث[1] در همپشایر نو[2] گردهم آمدند تا درباره شاخه جدیدی از دانش کامپیوتر که هوش مصنوعی نامیده می‌شد بحث و گفتگو کنند. آنها جهانی را به تصویر کشیدند که در آن ماشین‌ها «زبان گفتگو دارند، انتزاع‌ها و مفاهیم را شکل می‌دهند، مشکلاتی که بشر دچار آن است را رفع می‌کنند و خود را بهبود می‌بخشند».[3] این همایش تاریخی برای دهه‌های آتی زمینه‌ساز پژوهش دولت و صنعت درباره هوش مصنوعی و حوزه‌های مرتبط با آن مانند پیشرفت در ادراک، استدلال و برنامه‌ریزی خودکار، سیستم‌های‌شناختی، یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و روباتیک بوده است. امروزه این پیشرفت‌های تحقیقاتی بخش‌های جدید در اقتصاد ایجاد کرده که زندگی روزمره ما را تحت تأثیر قرار داده است. برای مثال می‌توان از فناوری‌های نقشه‌برداری، دستیار صوتی تلفن‌های هوشمند، تشخیص دست‌خط برای تحویل پست الکترونیک، تجارت مالی، تدارکات هوشمند، فیلترینگ هرزنامه، ترجمه‌های خودکار و ... نام برد. پیشرفت‌های هوش مصنوعی همچنین مزایای زیادی برای سلامت اجتماعی ما در زمینه‌هایی مانند پزشکی دقیق، محیط زیست پایدار، آموزش و پرورش و رفاه عمومی فراهم آورده است.[4]

طی ۲۵ سال گذشته رویکردهای هوش مصنوعی با اتکا به به‌کارگیری روش‌های آمار و احتمالات، دسترسی به حجم زیادی از داده‌ها و افزایش قدرت پردازش رایانه‌ها، بسیار تقویت شده است. در دهه

1. Dartmouth College
2. New Hampshire
3. J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, C. E. Shannon, "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence," August 31, 1955, http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html.
4. See Presentations from Subject Matter Experts at Artificial Intelligence for Social Good workshop, June 7, 2016, http://cra.org/ccc/events/ai-social-good/.

گذشته، شاخه یادگیری ماشین از رشته هوش مصنوعی که رایانه‌ها را قادر به یادگیری از تجربه‌ها و نمونه‌ها می‌کند نتایج بسیار دقیقی را به‌دست داده که سبب هیجان بیشتر درباره انتظارات کوتاه‌مدت از هوش مصنوعی شده است. همزمان با توجه به اهمیت رویکردهای آماری مانند یادگیری عمیق[1] که اخیراً شکل گرفته است، پیشرفت‌های تأثیرگذاری در بازه متنوعی از دیگر زمینه‌های هوش مصنوعی مانند ادراک، پردازش زبان طبیعی، منطق رسمی، بازنمایی دانش، روباتیک نظریه کنترل، معماری سیستم‌های‌شناختی، تکنیک‌های جستجو و بهینه‌سازی و بسیاری روش‌های دیگر رخ داده است.

دستاوردهای اخیر هوش مصنوعی، پرسش‌های مهمی درباره سرنوشت نهایی و پیامدهای این فناوری‌ها ایجاد کرده است: شکاف‌های فناورانه و علمی مهم در فناوری‌های هوش مصنوعی کنونی کدامند؟ کدام پیشرفت‌های نوین هوش مصنوعی موجب تأثیرات مثبت و مطلوب اقتصادی و اجتماعی خواهند شد؟ چگونه می‌توان بهره‌برداری از فناوری‌های هوش مصنوعی را به‌طور ایمن و سودمند استمرار بخشید؟ سیستم‌های هوش مصنوعی چگونه باید طراحی شوند تا با مبادی اخلاقی، قانونی و اجتماعی انطباق داشته باشند؟ تأثیرات این پیشرفت‌ها بر نیروی کار تحقیق و توسعه هوش مصنوعی چه خواهد بود؟

چشم‌انداز تحقیق و توسعه هوش مصنوعی به‌صورت فزاینده پیچیده شده است. درحالی که سرمایه‌گذاری‌های کنونی و گذشته دولت ایالات متحده به سوی روش‌های پیشگامانه در هوش مصنوعی سوق داده شده است بخش‌های دیگری نیز مانند بازه گسترده‌ای از صنایع و سازمان‌های غیرانتفاعی به مشارکت‌کنندگان مهمی در حوزه هوش مصنوعی تبدیل شده‌اند. این چشم‌انداز سرمایه‌گذاری، پرسش‌های عمده‌ای درباره نقش مناسب سرمایه‌گذاری‌های فدرال در توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی ایجاد کرده است. اولویت‌های مناسب برای سرمایه‌گذاری‌های فدرال در زمینه هوش مصنوعی به‌ویژه در مواردی که صنعت مذکور وابسته به چارچوب‌های زمانی و منطقه‌ای، تمایلی به سرمایه‌گذاری ندارد کدام است؟ آیا فرصت‌هایی در زمینه همکاری‌های تحقیق و توسعه بین‌المللی و صنعتی می‌توان یافت که برتری‌های ایالات متحده را ارتقا دهد؟

در سال ۲۰۱۵، حجم سرمایه‌گذاری دولت ایالات متحده برای تحقیق و توسعه طبقه‌بندی نشده در فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی معادل ۱/۱ میلیارد دلار بوده است. اگرچه این سرمایه‌گذاری به سوی علوم و فناوری‌های جدید رهنمون شده است، اما دولت فدرال مجال گسترده‌تری از طریق هماهنگی‌های بیشتر برای حصول تمامی ظرفیت این سرمایه‌گذاری، در اختیار دارد.[2]

در پاسخ به تأثیرات دگرگون‌کننده هوش مصنوعی، در ماه می سال ۲۰۱۶، دفتر سیاستگذاری

---

۱. یادگیري عمیق، به يك مجموعه كلي از روش‌هايي كه از شبكه‌هاي عصبي چندلايه بهره‌برداري مي‌كنند اشاره مي‌كند. اين روش‌ها موجب پيشرفت در كارهايي شدند كه خودكارسازي آنان غيرممكن به‌نظر مي‌رسيد.

۲. درحالي كه NITRD متشكل از چندين گروه كاري فعال در مورد جنبه‌هاي مختلف هوش مصنوعي است، در ساختار كنوني اين سازمان هيچ گروه متمركزي بر هماهنگي درون سازماني فعاليت‌ها و سرمايه‌گذاري‌هاي تحقيقات و توسعه هوش مصنوعي وجود ندارد.

علوم و فناوری ریاست‌جمهوری (اُستپ) [1] تشکیل یک گروه کاری بین سازمانی به‌منظور کاوش مزایا و تهدیدات هوش مصنوعی را اعلام کرد.[2] همچنین این دفتر طی بازه زمانی ماه می تا ماه جولای سال ۲۰۱۶ مجموعه‌ای از چهار کارگاه را برای ترغیب گفتمان عمومی در زمینه هوش مصنوعی و تعیین چالش‌ها و فرصت‌های متأثر از ترویج آن برگزار کرد. نتایج این کارگاه‌ها در بخشی از کار مشترکی که با عنوان «آماده‌سازی برای آینده هوش مصنوعی» در ارتباط با این برنامه انتشار یافته، درج شده است.

در ژوئن سال ۲۰۱۶، کمیته فرعی تازه تأسیس یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در شورای ملی علوم و فناوری - که به‌منظور اطلاع از آخرین پیشرفت‌ها در دولت فدرال، بخش خصوصی و سطح بین‌المللی در حوزه هوش مصنوعی و هماهنگی فعالیت‌های فدرال در این زمینه تأسیس شد – دفتر هماهنگی‌های ملی[3] کمیته فرعی تحقیقات و توسعه شبکه و فناوری اطلاعات را مکلف به تدوین طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی کرد. کمیته فرعی تصریح کرد این برنامه باید شامل مجموعه‌ای روشن از اولویت‌های تحقیق و توسعه باشد که اهداف پژوهش‌های راهبردی را دربرگرفته و بر سرمایه‌گذاری فدرال بر مناطقی که صنعت تمایلی به سرمایه‌گذاری ندارد متمرکز شده و همچنین به حفظ و گسترش روند پرورش استعدادهای تحقیق و توسعه هوش مصنوعی توجه داشته باشد.

ورودی‌های این طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی طیف گسترده‌ای از منابع مانند آژانس‌های فدرال، گفتگوهای عمومی در نشست‌های مرتبط با هوش مصنوعی، فراخوان‌های داده دفتر مدیریت و بودجه ریاست‌جمهوری از تمامی آژانس‌های فدرالی که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری اطلاعات داشته‌اند، نظرخواهی دفتر سیاستگذاری علم و فناوری ریاست‌جمهوری که طی آن از عموم مردم درخواست شده است درباره اینکه چگونه آمریکا می‌تواند برای آینده هوش مصنوعی بهترین آمادگی را داشته باشد افکار و نظرات خود را ارسال کنند[4]و نیز اطلاعات برگرفته از همه مطالب انتشاریافته درباره هوش مصنوعی را شامل می‌شود.

این برنامه حاوی فرضیات متعددی درباره آینده هوش مصنوعی است.[5]

اول، فرض شده است که روند پیشرفت و فراگیری فناوری‌های هوش مصنوعی با اتکا به افزایش سرمایه‌گذاری‌های دولت و صنعت بر تحقیقات و توسعه در این زمینه استمرار خواهند یافت.

دوم، این برنامه فرض می‌کند که روند تأثیرپذیری جامعه از هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف مانند

1. Office of Science and Technology Policy
2. E. Felten, "Preparing for the Future of Artificial Intelligence," White House Office of Science and Technology Policy blog, May 5, 2016, https://www.whitehouse.gov/blog/ 2016/05/03/ preparing-future-artificial-intelligence.
3. National Coordination Office
4. WH/OSTP RFI Blog Post: https://www.whitehouse.gov/blog/2016/06/27/how-prepare-future-artificial-intelligence.
5. J. Furman, Is This Time Different? The Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence, Council of Economic Advisors remarks, New York University: AI Now Symposium, July 7, 2016.

اشتغال، آموزش، ایمنی عمومی و امنیت ملی و نیز رشد اقتصادی ایالات متحده همچنان رو به افزایش خواهد بود.

سوم، فرض گرفته شده است که سرمایه‌گذاری صنعتی روی هوش مصنوعی همچنان رشد خواهند کرد به این علت که موفقیت‌های تجاری اخیر، انتظار بازده بیشتری از سرمایه‌گذاری روی تحقیقات و توسعه ایجاد کرده است. همزمان، این برنامه فرض گرفته است که برخی از حوزه‌های مهم پژوهشی به این علت که در معرض دشواری معمول سرمایه‌گذاری در عدم تمایل به سرمایه‌گذاری در حوزه‌های عمومی قرار دارند بعید است بتوانند سرمایه‌گذاری کافی از طریق صنعت دریافت کنند.

در نهایت این برنامه فرض می‌کند که درخواست برای نیروی کار متخصص هوش مصنوعی از طریق صنایع، دانشگاه‌ها و دولت‌ها افزایش خواهد یافت و به فشارهای نیروی کار بخش عمومی و خصوصی منجر می‌شود.

برخی برنامه‌های راهبردی تحقیق و توسعه و ابتکارهای مرتبط با طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی عبارتند از: طرح راهبردی فدرال تحقیقات و توسعه کلان داده،[1] طرح راهبردی فدرال تحقیقات و توسعه امنیت سایبری،[2] راهبرد ملی پژوهش‌های حریم خصوصی،[3] طرح راهبردی ابتکار ملی نانوفناوری،[4] طرح ابتکاری راهبردی ملی رایانش،[5] پژوهش‌های مغز از طریق پیشبرد ابتکارات نوآورانه فناوری‌های عصبی[6]، ابتکار ملی روباتیک.[7] برخی دیگر از طرح‌های تحقیق و توسعه و چارچوب‌های راهبردی در دست اجرا وجود دارند که زیرشاخه‌های اختصاصی هوش مصنوعی مانند پردازش‌های تصویر و ویدئو، فناوری اطلاعات سلامت، روباتیک و سیستم‌های هوشمند را مورد توجه قرار داده‌اند. در این برنامه‌ها و چارچوب‌ها پیشنهادهای هم‌افزایی با طرح راهبردی ملی تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی ارائه شده است که از این طریق توسعه خواهند یافت.

نتایج مورد نظر برنامه

طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی فراتر از قابلیت‌های کوتاه‌مدت هوش مصنوعی به تأثیرات دگرگون‌کننده بلندمدت هوش مصنوعی در جامعه و جهان پرداخته است. پیشرفت‌های اخیر

1. Federal Big Data Research and Development Strategic Plan, May 2016, https://www.nitrd.gov/PUBS/bigdatardstrategicplan.pdf.
2. Federal Cybersecurity Research and Development Strategic Plan, February 2016, https://www.nitrd.gov/cybersecurity/publications/2016_Federal_Cybersecurity_Research_and_Development_Strategic_Plan.pdf.
3. National Privacy Research Strategy, June 2016, https://www.nitrd.gov/PUBS/NationalPrivacyResearchStrategy.pdf.
4. National Nanotechnology Initiative Strategic Plan, February 2014, http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2014_nni_strategic_plan.pdf.
5. National Strategic Computing Initiative Strategic Plan, July 2016, https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/NSCI%20Strategic%20Plan.pdf
6. Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN), April 2013, https://www.whitehouse.gov/BRAIN.
7. National Robotics Initiative, June 2011, https://www.whitehouse.gov/blog/2011/06/24/developing-next-generation-robots.

در زمینه هوش مصنوعی، خوش‌بینی قابل توجهی درباره ظرفیت آن ایجاد کرده و به رشد تأثیرگذار صنعت و تجاری‌سازی رویکردهای هوش مصنوعی منجر شده است. در همین حال که دولت فدرال می‌تواند از سرمایه‌گذاری صنعتی در هوش مصنوعی بهره‌برداری کند، زمینه‌های متعدد کاربردی و چالش‌های تحقیقاتی بلندمدتی وجود دارند که از پیشران‌های سود کوتاه‌مدت بهره‌مند نیستند و به همین دلیل چنان‌که شایسته است مورد توجه صنایع قرار نمی‌گیرند. دولت فدرال منبع اصلی تأمین بودجه ابتکار عمل‌های تحقیقاتی بلندمدت و پرریسک و همچنین تحقیقات توسعه‌ای کوتاه‌مدت برای دستیابی به نیازمندی‌های یک آژانس یا یک اداره خاص و نیز تعامل با یک موضوع مهم اجتماعی است که صنایع خصوصی به‌دنبال آن نیستند. بنابراین دولت فدرال باید بر سرمایه‌گذاری‌های هوش مصنوعی در حوزه‌هایی که اهمیت ویژه اجتماعی دارند و از اهداف بازار نیستند تأکید کند. حوزه‌هایی نظیر هوش مصنوعی برای سلامت عمومی، سامانه‌های شهری و جوامع هوشمند، رفاه عمومی، عدالت کیفری، محیط زیست پایدار، امنیت ملی و همچنین پژوهش‌های بلندمدت که تولید دانش و فناوری‌های هوش مصنوعی را شتاب می‌بخشند.

تحقیق و توسعه هماهنگ در زمینه هوش مصنوعی از طریق دولت فدرال، آثار مثبت این فناوری‌ها را افزایش خواهد داد و برای سیاستگذاران دانش لازم برای مواجهه با چالش‌های سیاستگذاری مرتبط با بهره‌برداری از هوش مصنوعی را فراهم خواهد کرد. علاوه‌بر این، یک رویکرد هماهنگ، ایالات متحده را قادر خواهد ساخت تا به‌طور کامل از ظرفیت‌های فناوری‌های هوش مصنوعی برای بهبود جامعه بهره‌مند شود.

طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی چارچوبی سطح بالا را تعریف می‌کند که می‌تواند شکاف‌های علمی و فناورانه هوش مصنوعی را شناسایی و سرمایه‌گذاری‌های تحقیقات و توسعه فدرال برای پر کردن این شکاف‌ها دنبال کند. طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، اولویت‌های راهبردی برای پشتیبانی بلندمدت و کوتاه‌مدت از فناوری‌های هوش مصنوعی را تعیین می‌کند که چالش‌های مهم فنی و اجتماعی را شامل می‌شود. با وجود این، طرح کنونی دستور کار پژوهشی مستقلی برای هریک از آژانس‌های فدرال تعریف نمی‌کند. در عوض اهدافی برای شاخه اجرایی تعیین شده است و آژانس‌ها می‌توانند اولویت‌ها را طبق با مأموریت‌ها، قابلیت‌ها، اختیارات و بودجه‌های خود دنبال کنند به‌نحوی که طرح کلی تحقیقاتی آنها با طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی سازگار باشد.

همچنین طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی خط‌مشی تحقیق و یا استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی را تعیین نمی‌کند و نیز به کشف نگرانی‌های گسترده درباره تأثیر بالقوه هوش مصنوعی در مشاغل و اقتصاد نمی‌پردازد. درحالی که همان‌طور که می‌دانیم این مباحث برای مردم بسیار اهمیت دارند. این نوع نگرانی‌ها و خط‌مشی‌ها در گزارش شورای مشاوران اقتصادی با عنوان «آیا این بار متفاوت است؟

فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی» بررسی شده است.[1] طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی بر سرمایه‌گذاری‌های تحقیقات و توسعه مورد نیاز برای تعریف و گسترش سیاست‌هایی متمرکز است که بهره‌برداری مسئولانه، ایمن و سودمند از هوش مصنوعی را تضمین کند.

چشم‌انداز گسترش اولویت‌های ملی توسط هوش مصنوعی

راهبری طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی به سوی چشم‌انداز امیدبخش آینده است که بهره‌برداری ایمن از هوش مصنوعی برای به‌دست آوردن مزایای بزرگ برای یکایک افراد جامعه در آن مهیا شده است. پیشرفت بیشتر در زمینه هوش مصنوعی تقریباً می‌تواند در تمامی بخش‌های جامعه موجب سامان و رفاه بیشتر باشد[2] و ظرفیت پیشرفت در اولویت‌های ملی، ازجمله افزایش رفاه اقتصادی، بهبود کیفیت زندگی و تقویت امنیت ملی را فراهم کند. نمونه‌هایی از این مزایای بالقوه عبارتند از:

رشد رفاه اقتصادی: محصولات و خدمات جدید می‌توانند بازارهای جدیدی را به وجود آورند و کیفیت و کارآیی محصولات و خدمات موجود را در صنایع مختلف بهبود بخشند. تدارکات و زنجیره‌های تأمین کارآمدتر از طریق سیستم‌های تصمیم‌گیری خبره ایجاد می‌شود.[3] نقل و انتقال محصولات با کمک سیستم‌های خودکار و روباتیک مانند سیستم‌های پشتیبانی از راننده مبتنی‌بر بینایی (ماشینی) به‌طور موثرتری انجام می‌گیرد.[4] همچنین تولید را می‌توان از طریق روش‌های جدید برای کنترل فرآیندهای ساخت و زمانبندی جریان کار بهبود بخشید.[5]

چگونه این رونق اقتصادی رقم می‌خورد؟

-**ساخت:** پیشرفت‌های فناورانه می‌تواند به تحولی صنعتی جدید در ساخت شامل تمام چرخه عمر محصول منجر شود. افزایش بهره‌برداری از روباتیک سوددهی صنایع را تسهیل می‌کند.[6] هوش مصنوعی می‌تواند قابلیت‌های تولید را از طریق پیش‌بینی تقاضا با اطمینان بیشتر، افزایش انعطاف‌پذیری در عملیات و زنجیره تأمین و پیش‌بینی دقیق‌تر تأثیرات تغییر در عملیات تولید، شتاب بخشد. همچنین هوش مصنوعی می‌تواند فرآیندهای تولید هوشمندتر، سریع‌تر، ارزان‌تر و سازگارتر با

1. J. Furman, Is This Time Different? The Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence, Council of Economic Advisors Remarks, New York University: AI Now Symposium, July 7, 2016.
2. See the "2016 Report of the One Hundred Year Study on Artificial Intelligence", Which Focuses on the Anticipated Uses and Impacts of AI in the Year 2030, https://ai100.stanford.edu/2016-report.
3. E. W. T. Ngai, S. Peng, P. Alexander, and K. K. L. Moon, "Decision Support and Intelligent Systems in the Textile and Apparel Supply Chain: An Academic Review of Research Articles," Expert Systems with Applications, 41(2014) pp.81-91.
4. J. Fishelson, D. Freckleton, and K. Heaslip,"Evaluation Of Automated Electric Transportation Deployment Strategies: Integrated Against Isolated," IET Intelligent Transport Systems, 7 (2013), pp.337-344.
5. C. H. Dagli, ed., Artificial Neural Networks for Intelligent Manufacturing, Springer Science & Business Media, 2012.
6. D. W. Brin, "Robotics on the Rise", MHI Solutions, Q3, 2013, https://dinahwbrin.files.wordpress.com/2013/07/mhi-solutions-robotics.pdf.

محیط زیست را ایجاد کند که باعث افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت محصول، کاهش هزینه‌ها و ارتقای سلامتی و ایمنی کارگران خواهد شد.[۱] الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند زمانبندی فرآیندهای تولید را بهبود و نیازهای موجود را کاهش دهند.[۲] مصرف‌کنندگان نیز می‌توانند از دسترسی به تراز تجاری چاپ سه‌بعدی بهره‌مند شوند.[۳]

- **تدارکات:** سازندگان و فعالان حمل‌ونقل بخش خصوصی می‌توانند از هوش مصنوعی برای بهبود مدیریت زنجیره تأمین از طریق تطبیق زمانبندی و مسیریابی بهره‌مند شوند.[۴] زنجیره‌های تأمین می‌توانند از طریق تنظیم خودکار با آثار پیش‌بینی شده آب و هوا، ترافیک و وقایع پیش‌بینی نشده در برابر شکست بسیار مستحکم‌تر شوند.[۵]

- **سرمایه‌گذاری:** صنایع و دولت‌ها می‌توانند با بهره‌برداری از هوش مصنوعی، ریسک‌های غیرمعمول مالی در اندازه‌های مختلف را سریع تشخیص دهند.[۶] کنترل‌های ایمنی می‌توانند اطمینان یابند که خودکارسازی در سیستم‌های مالی فرصت‌های رفتارهای مخرب مانند دستکاری بازار، تقلب و تجارت غیرمعمول را کاهش می‌دهد.[۷] این کنترل‌های امنیتی می‌توانند علاوه‌بر افزایش بهره‌وری و کاهش نوسانات و هزینه‌های معاملاتی، همزمان مانع شکست‌های سیستمی مانند حباب‌های قیمتگذاری و کم‌توجهی به ریسک اعتباری شوند.[۸]

- **حمل‌ونقل:** هوش مصنوعی می‌تواند برای انواع روش‌های حمل‌ونقل در سفرهای متنوع، ایمنی‌افزا باشد.[۹] این رویکرد می‌تواند در پایش سلامت سازه‌ای و مدیریت دارایی زیربنایی برای افزایش اعتماد عمومی و کاهش هزینه‌های تعمیر و بازسازی به‌کار گرفته شود.[۱۰] هوش مصنوعی ایمنی وسایل نقلیه مسافری و باری

1. "Robotics Challenge Aims to Enhance Worker Safety, Improve EM Cleanup", DOE Office of Environmental Management, August 31, 2016, http://energy.gov/em/articles/robotics-challenge-aims-enhance-worker-
2. M. J. Shaw, S. Park, and N. Raman, "Intelligent Scheduling With Machine Learning Capabilities: the Induction of Scheduling Knowledge," IIE Transactions, 24.2 (1992), pp.156-168.
3. H. Lipson and M. Kurman, Fabricated: The New World of 3D Printing, John Wiley & Sons, 2013.
4. M. S. Fox, M. Barbuceanu, and R. Teigen, "Agent-oriented Supply-Chain Management," International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 12 (2000), pp.165-188.
5. S. K. Kumar, M. K. Tiwari, and R. F. Babiceanu, "Minimisation of Supply Chain Cost With Embedded Risk Using Computational Intelligence Approaches," International Journal of Production Research, 48 (2010), pp. 3717-3739.
6. A. S. Koyuncugil and N. Ozgulbas, "Financial Early Warning System Model and Data Mining Application for Risk Detection," Expert Systems with Applications, 39 (2012): 6238-6253.
7. K. Golmohammadi and O. R. Zaiane, "Time Series Contextual Anomaly Detection for Detecting Market Manipulation In Stock Market," IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA), 2015.
8. T. Mizuta, K. Izumi and S. Yoshimura, "Price Variation Limits and Financial Market Bubbles: Artificial Market Simulations With Agents' Learning Process," IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics (CIFEr), 2013.
9. J. H. Gillulay and C. J. Tomlin, "Guaranteed Safe Online Learning of a Bounded System," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2011.
10. J. M. W. Brownjohn, "Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure," Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 365 (2007), pp.589-622.

را به‌وسیله افزایش اطلاعات موقعیتی و ارائه اطلاعات مسیریابی بی‌درنگ به رانندگان و مسافران ارتقا می‌دهد.[۱] همچنین برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی جابجایی در سطح شبکه را تسهیل خواهند کرد. انرژی مصرفی و انتشار گازهای ناشی از حمل‌ونقل نیز کاهش خواهد یافت.[۲]

- **کشاورزی:** سامانه‌های هوش مصنوعی در تولید، پردازش، ذخیره‌سازی، توزیع و مصرف محصولات کشاورزی هوشمندتر عمل می‌کنند و روش‌هایی برای کشاورزی پایدار به‌وجود می‌آورند. هوش مصنوعی و روباتیک داده‌های مختص موقعیت و زمانبندی شده محصولات زراعی و ملزومات مورد نیاز آنها مانند (آب، مواد شیمیایی و کود) دقیقاً در مکان و زمانی که نیاز است را جمع‌آوری می‌کنند و همچنین شکاف‌های اضطراری نیروی کار کشاورزی را شناسایی و تأمین می‌کنند.[۳]

- **بازاریابی:** رویکردهای مبتنی‌بر هوش مصنوعی نهادهای تجاری را قادر می‌سازد که عرضه را با تقاضا به نحو بهتری مطابقت دهند و درآمد صندوق‌های توسعه بخش خصوصی را بالا برند.[۴] این‌گونه می‌توان نیازهای مصرف‌کنندگان را پیش‌بینی و تعیین کرد و آنان را قادر ساخت تا محصولات خدماتی که نیاز دارند را با هزینه کمتری تهیه کنند.[۵]

- **ارتباطات**: فناوری‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری کارآمد از پهنای باند و اتوماسیون ذخیره و بازیابی اطلاعات را به بیشترین میزان ممکن می‌رسانند.[۶] هوش مصنوعی می‌تواند گزینش، جستجو، ترجمه و خلاصه‌سازی ارتباطات دیجیتال را بهبود بخشد و بر تجارت و روش‌های زندگی ما تأثیر مثبت داشته باشد.[۷]

- **علم و فناوری:** سامانه‌های هوشمند دانشمندان و مهندسان در خوانش انتشارات و ثبت اختراع‌ها، پالایش نظریه‌ها به‌منظور سازگاری با مشاهدات گذشته، تولید فرضیه‌های قابل آزمون انجام آزمایش با استفاده از سیستم‌های روباتیک و شبیه‌سازی و مهندسی دستگاه‌ها و نرم‌افزارهای جدید یاری می‌رسانند.[۸]

---

1. Dia, Hussein, "An Agent-Based Approach to Modelling Driver Route Choice Behaviour Under the influence of Real Time Information," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 10 (2002), pp.331-349.
2. H. Kargupta, J. Gama, and W. Fan, "The Next Generation of Transportation Systems, Greenhouse Emissions, and Data Mining," Proceedings of the 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2010.
3. H. Hagras, M. Colley, V. Callaghan, and M. Carr-West, "Online Learning and Adaptation of Autonomous Mobile Robots for Sustainable Agriculture," Autonomous Robots, 13 (2002), pp.37-52.
4. T. Di Noia, E. Di Sciascio, F. M. Donini, and M. Mongiello, "A System for Principled Matchmaking in an Electronic Marketplace," International Journal of Electronic Commerce, 8 (2004), pp.9-37.
5. R. H. Guttman, A. G. Moukas, and P. Maes, "Agent-Mediated Electronic Commerce: a Survey," The Knowledge Engineering Review, 13 (1998), pp.147-159.
6. I. Kushchu, "Web-based Evolutionary and Adaptive Information Retrieval," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 9 (2005), pp.117-125.
7. J. Jin, P. Ji, Y. Liu, and S. C. J. Lim, "Translating Online Customer Opinions into Engineering Characteristics in QFD: A Probabilistic Language Analysis Approach," Engineering Applications of Artificial Intelligence, 41 (2015), pp.115-127.
8. R. D. Kiny, J.Rowland,s. G.Oliver,M. young, W.Aubvey, E. Byrne, M. Liakta, M. Marknam,p.pir L.N. Soldatova, A. Sparkes,K.E whelun, and A. Clore,«The Automation of Science», Science, 24 (2009) , pp. 85-89.

بهبود فرصت‌های آموزشی و کیفیت زندگی:

یادگیری در طول عمر از طریق معلمان مجازی فراهم می‌شود که برنامه‌های یادگیری سفارشی را برای تعامل و چالش با هر فرد براساس علاقمندی‌ها، توانایی‌ها و نیازهای آموزشی وی فراهم می‌کنند. افراد با استفاده از اطلاعات سلامت شخصی که متناسب و مطابق با نیازهای فردی‌شان باشد، زندگی سالم‌تر و فعال‌تری خواهند داشت. خانه‌های هوشمند و دستیاران مجازی شخصی در صرفه‌جویی زمان و کاهش زمان از دست رفته در کارهای روزمره نقش مهمی ایفا می‌کنند.

چگونه هوش مصنوعی فرصت‌های آموزشی و رفاه اجتماعی را بهبود می‌بخشد؟

- **تعلیم و تربیت:** مدارس یادگیری تجهیز شده به روش‌های هوش مصنوعی از طریق آموزگارهای خودکار که پیشرفت دانش‌آموز را ارزیابی می‌کنند، می‌تواند در سراسر جهان گسترش یابد. آموزگاران هوش مصنوعی مکمل معلمان شخصی هستند و متناسب با هر دانش‌آموز روی یادگیری پیشرفته یا جبرانی متمرکز می‌شوند. ابزارهای هوش مصنوعی امکان یادگیری در طول عمر و کسب مهارت‌های جدید برای تمامی اعضای جامعه را فراهم می‌کنند.[۱]

- **پزشکی**: هوش مصنوعی از سیستم‌های بیوانفورماتیکی پشتیبانی می‌کند که خطرات ژنتیکی مطالعات ژنومیک در مقیاس بزرگ (برای مثال مطالعات ارتباطی در سطح ژنوم، مطالعات تسلسل) را تعیین کرده و ایمنی و کارآیی داروهای جدید را پیش‌بینی می‌کند.[۲] تکنیک‌های هوش مصنوعی توانایی ارزیابی داده‌های چندبعدی را برای مطالعه مسائل سلامت و بهداشت عمومی و نیز بهره‌برداری از سیستم‌های پشتیبانی تصمیم برای تشخیص‌های پزشکی و ارائه نسخه‌های درمانی فراهم می‌آورند.[۳] فناوری‌های هوش مصنوعی برای سفارش‌سازی داروهای برای افراد مورد نیاز است. نتایج می‌توانند اثربخشی درمان و آسایش بیمار را افزایش و ضایعات را کاهش دهند.[۴]

- **قانون:** تاریخ تحلیل قانون توسط ماشین‌ها می‌تواند بسیار گسترده باشد.[۵] تطور فنی و

---

1. See the "2016 Report of the One Hundred Year Study on Artificial Intelligence", Which Focuses on the Anticipated Uses and Impacts of AI in the Year 2030, https://ai100.stanford.edu/2016-report.

2. B. Aksu, A. Paradkhar, M. de Matas, O. Ozer, T. Guneri, and P. York, "A Quality by Design Approach Using Artificial Intelligence Techniques to Control The Critical Quality Attributes of Ramipril Tablets Manufactured by Wet Granulation," Pharmaceutical Development and Technology, 18 (2013), pp.236-245.

3. P. Szolovits, R. S. Patil, and W. B. Schwartz, "Artificial intelligence in medical diagnosis," Annals of internal medicine, 108 (1988), pp.80-87.

4. J. Awwalu, Jamilu, A. G. Garba, A. Ghazvini, and R. Atuah,"Artificial Intelligence in Personalized Medicine Application of AI Algorithms in Solving Personalized Medicine Problems," International Journal of Computer Theory and Engineering, 7 (2015): 439.

5. T. Bench-Capon, M. Araszkiewicz, K. Ashley, K. Atkinson, F. Bex, F. Borges, D. Bourcier, P. Bourgine, J. Conrad, E. Francesconi, T. Gordon, G. Governatori, J. Leidner, D. Lewis, R. Loui, L. McCarty, H. Prakken, F. Schilder, E. Schweighofer, P. Thompson, A. Tyrrell, B. Verheij, D. Walton, and A. Wyner, "A history of AI and Law in 50 papers: 25 Years of the International conference on AI and Law," Artificial Intelligence and Law, 20 (2012), pp. 215-319.

تکنیکی درحال افزایش این فرآیند می‌تواند در سطحی بالاتر از تحلیل به اکتشاف قانون بینجامد.[۱] ابزارهای کشف قانون می‌توانند به تعیین و تلخیص شواهد مرتبط مبادرت ورزند و حتی در صورت افزایش تطور تکنیکی و فنی قابلیت به قاعده در آوردن استدلال قانونی را خواهند یافت.[۲]

- **خدمات فردی:** نرم‌افزارهای هوش مصنوعی قابلیت استخراج دانش از منابع چندگانه برای ارائه اطلاعات دقیق‌تر در کاربردهای گوناگون دارند.[۳] سیستم‌های پردازش زبان طبیعی می‌توانند برای سیستم‌های فناورانه رابط‌های بصری در محیط‌های پر سر و صدای واقعی فراهم کنند.[۴] ابزارهای شخصی هوش مصنوعی می‌توانند به‌صورت خودکار در زمانبندی فردی و گروهی ایفای نقش کنند. [۵] خلاصه‌سازی خودکار متن به‌دست آمده از نتایج جستجوهای متعدد در رسانه‌های ارتباطی مختلف نیز توسط هوش مصنوعی میسر می‌شود.[۶] هوش مصنوعی می‌تواند امکان ترجمه چندزبانه و همزمان را نیز فراهم آورد.[۷]

امنیت ملی و میهنی ارتقایافته

کارگزاران یادگیری ماشین می‌توانند حجم زیادی از داده‌های هوشمند را پردازش کنند و الگوی حیات مرتبط با خصومت‌هایی که تاکتیک‌های خود را به سرعت تغییر می‌دهند تعیین کنند.[۸] آنها می‌توانند برای حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و بخش‌های مهم اقتصادی به‌کار گرفته شوند که در برابر حمله آسیب‌پذیر هستند.[۹] سامانه‌های دفاعی دیجیتال سبب کاهش فراوان خطرات و تلفات در میدان جنگ می‌شوند.[۱۰]

امنیت ملی و میهنی ارتقایافته چگونه به‌دست می‌آید؟

-**امنیت و اجرای قانون:** مقامات مسئول اجرای قانون و برقراری امنیت می‌توانند از طریق کشف

---

1. **Ibid.**
2. **Ibid.**
3. K. Wei, J. Huang and S. Fu, "A Survey of E-Commerce Recommender Systems," International Conference on Service Systems and Service Management, 2007.
4. M. Fleischman and D. Roy, "Intentional Context in Situated Natural Language Learning," Proceedings of the Ninth Conference on Computational Natural Language Learning, Association for Computational Linguistics, 2005.
5. P. Berry, K. Conley, M. Gervasio, B. Peintner, T. Uribe, and N. Yorke-Smith, "Deploying a Personalized Time Management Agent," Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2006.
6. U. Hahn and I. Mani, "The challenges of Automatic Summarization," Computer, 33 (2000), pp.29-36.
7. M. Paul, H. Okuma, H. Yamamoto, E. Sumita, S. Matsuda, T. Shimizu, and S. Nakamura,"Multilingual Mobile-Phone Translation Services for World Travelers," 22nd International Conference on Computational Linguistics: Demonstration Papers, Association for Computational Linguistics, 2008.
8. G. Gross, E. Little, B. Park, J. Llinas, and R. Nagi, "Application of Multi-Level Fusion for Pattern of Life Analysis," 18th International Conference on Information Fusion, 2015.
9. S. L. P. Yasakethu, J. Jiang, and A. Graziano, "Intelligent Risk Detection and Analysis Tools for Critical Infrastructure Protection," IEEE International Conference on Computer as a Tool (EUROCON), 2013.
10. N. G. Siegel and A. M. Madni, "The Digital Battlefield: A Behind-the-Scenes Look from a Systems Perspective," Procedia Computer Science, 28 (2014), pp799-808.

الگوهای رفتار غیرعادی در کنشگران فردی یا پیش‌بینی رفتار جمعی خطرناک در ایجاد جامعه ایمن‌تر نقش ایفا کنند.[۱] بهره‌برداری از سیستم‌های ادراک هوشمند به حفاظت مؤثرتر از زیرساخت‌های حیاتی مانند فرودگاه‌ها و نیروگاه‌ها منجر خواهد شد.[۲]

-**ایمنی و پیش‌بینی:** سیستم حسگرهای توزیع شده در کنار درک الگوی شرایط طبیعی می‌توانند افزایش احتمال وقوع اختلال عمده در زیرساخت‌های اصلی فارغ از آنکه منشأ انسانی یا طبیعی داشته باشند را پیش‌بینی کنند.[۳] این قابلیت پیش‌بینی کمک می‌کند تا مکان اختلال را به‌منظور برنامه‌ریزی برای رفع یا ممانعت از وقوع اختلال معین می‌کند.[۴]

این چشم‌انداز برای بهره‌برداری مثبت از هوش مصنوعی مستلزم پیشرفت‌های قابل توجهی در تحقیق و توسعه است. بسیاری از چالش‌های فنی و مهم در تمامی زمینه‌های هوش مصنوعی – هم در علوم پایه و هم در علوم کاربردی- باقی مانده است. فناوری‌های هوش مصنوعی همچنین باعث خطراتی مانند اختلال بالقوه در بازار کار می‌شوند به‌صورتی که نیروی کار با سیستم‌های خودکار تجمیع یا جایگزین خواهند شد. همچنین درباره ایمنی و قابلیت اطمینان هوش مصنوعی تردیدهای وجود دارد. در بخش‌های بعدی طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی حوزه‌های راهبردی برخوردار از اولویت بالای سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی بررسی و تحلیل می‌شود که ضمن حمایت از این چشم‌انداز، خطرات و اختلال‌های محتمل کاهش می‌یابد.

وضعیت کنونی هوش مصنوعی

تحقیقات هوش مصنوعی از ابتدا در سه موج فناوری تحول یافته است:

موج اول بر بستر دانش دست‌یافته از طریق تمرکز شدید بر سیستم‌های خبره قاعده‌مند در دهه ۱۹۸۰ در حوزه‌های معین شکل گرفت. در این مرحله دانش از یک فرد خبره در قالب قاعده‌های «اگر- آن‌گاه» گردآوری و سپس به سخت‌افزار مورد نظر اعمال می‌شد. چنین استدلال‌های مبتنی‌بر سیستم به‌صورت موفقیت‌آمیزی برای برخی مسائل معین به‌کار گرفته شد، اما در این روش قابلیت یادگیری و مواجهه با عدم قطعیت وجود نداشت. با وجود این، این روش‌ها به حل مسائل مهم و توسعه تکنیک‌هایی که تاکنون به‌صورت فعالانه مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، منجر شده است.

موج دوم پژوهش‌های هوش مصنوعی از سال‌های دهه ۲۰۰۰ تاکنون با رواج یادگیری ماشین

1. G. Gross, E. Little, B. Park, J. Llinas, and R. Nagi, "Application of Multi-Level Fusion for Pattern of Life Analysis," 18th International Conference on Information Fusion, 2015.
2. S. L. P. Yasakethu, J. Jiang, and A. Graziano, "Intelligent Risk Detection and Analysis Tools for Critical Infrastructure Protection," IEEE International Conference on Computer as a Tool (EUROCON), 2013.
3. B. Genge, C. Siaterlis, and G. Karopoulos, "Data Fusion-Based Anomaly Detection In Networked Critical Infrastructures," 43rd Annual IEEE/IFIP Conference on Dependable Systems and Networks Workshop (DSN-W), 2013.
4 .**Ibid.**

گسترش یافت. در دسترس بودن مقادیر زیادی از داده‌های دیجیتال، قابلیت‌های پردازش موازی با تراکم فراوان و نسبتاً ارزان و تکنیک‌های یادگیری بهبود یافته وقتی که در زمینه‌هایی مانند تشخیص تصویر و نوشتار، درک گفتار و ترجمه زبان‌های بشری به‌کار گرفته شد، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه هوش مصنوعی به وجود آمد.

حاصل این پیشرفت را در همه زوایای زندگی کنونی بشر می‌توان یافت: گوشی‌های همراه هوشمند گفتار را تشخیص می‌دهند. دستگاه‌های خود پرداز دستخط نوشته شده روی چک را ادراک می‌کنند. برنامه‌های کاربردی پست الکترونیک هرزنامه‌ها را فیلتر می‌کنند و ترجمه ماشینی رایگان به‌صورت آنلاین در دسترس است. کلید این از دستاوردها توسعه یادگیری عمیق بوده است.

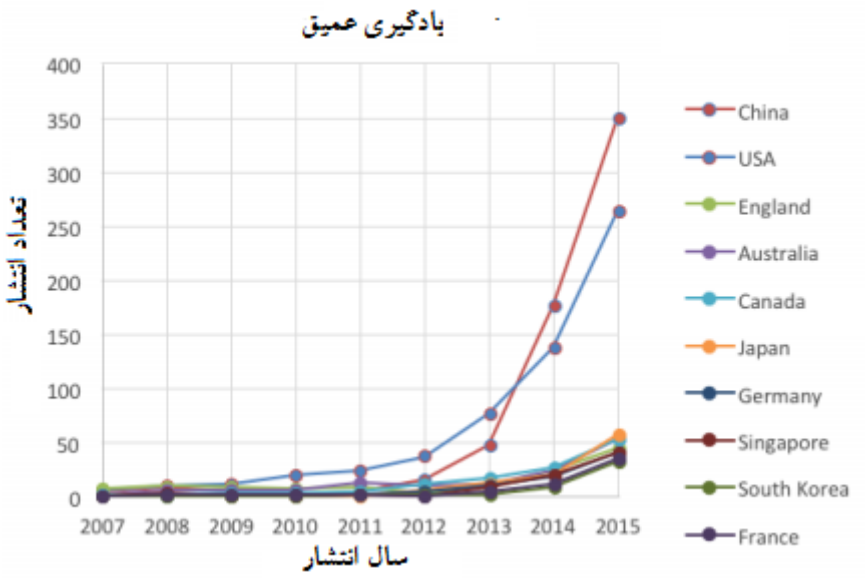
سیستم‌های هوش مصنوعی در انجام وظایف تخصصی الگودار بهتر از انسان عمل می‌کنند. عمده‌ترین رخدادهایی که در آنها برای اولین بار هوش مصنوعی توانست بر کارآیی انسان غلبه کند عبارتند از: شطرنج[۱] (۱۹۹۷)، تریویا[۲](۲۰۱۱)، بازی‌های آتاری[۳] (۲۰۱۳)، بازشناسی تصویر[۴] (۲۰۱۵)، بازشناسی گفتار[۵] (۲۰۱۵) و بازی گو[۶] (۲۰۱۶).

به‌نظر می‌رسد شتاب گام‌هایی از این نوع، به همان نسبت افزایش خواهد یافت که سیستم‌های پیش‌رو از روش‌های یادگیری ماشین به‌جای مجموعه‌ای از قاعده‌های کد شده به‌صورت دستی استفاده می‌کنند.

چنین دستاوردهایی در زمینه هوش مصنوعی بر بستری از تحقیقات بنیادین برانگیخته شده است. این تحقیقات همچنان درحال گسترش است و انتظار می‌رود پیشرفت‌های آینده را رقم بزنند. برای مثال، بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵، تعداد مقالاتی که در نمایه استنادی وب او ساینس[۷] درج شده و اشاره به یادگیری عمیق داشته است، ۶ برابر افزایش یافته است. (تصویر ۱)[۸]

1. M. Campbell, A. J. Hoane Jr., F-H. Hsu, "Deep Blue," Artificial Intelligence, 134 (2002): 57-83.
2. "IBM's "Watson" Computing System to Challenge All Time Jeopardy! Champions," News Release by Sony Pictures Television, December 14, 2010.
3. "Asynchronous Methods for Deep Reinforcement Learning," http://arxiv.org/pdf/1602.01783v2.pdf.
4. "Deep Residual Learning for Image Recognition," http://arxiv.org/abs/1512.03385v1; for Human Performance, See http://karpathy.github.io/2014/09/02/what-i-learned-from-competing-against-a-convnet-on-imagenet/.
5. "Deep Speech 2: End-to-End Speech Recognition in English and Mandarin," http://arxiv.org/abs/1512.02595v1.
6. S. Byford, "Google's AlphaGo AI Beats Lee Se-Dol Again to Win Go Series 4-1," The Verge, March 15, 2016.
7. Web of Science
8. Data for this Figure was Obtained from a Search of the Web of Science Core Collection for "Deep Learning" or "deep Neural Net*", for any Publication, Retrieved 30 August 2016.

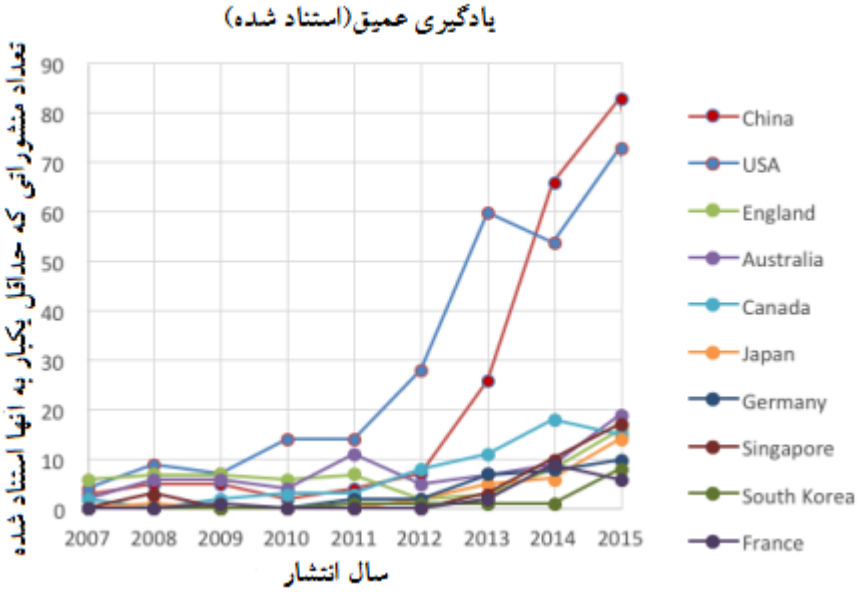
شکل ۱. مقالات مجلات علمی به تفکیک کشورها که در آنها عبارت‌های «شبکه عصبی » یا «یادگیری عمیق» ذکر شده



روند نمایه‌سازی‌ها نشان می‌دهند این‌گونه تحقیقات در سطح جهانی نیز رو به افزایش است درحالی که دیگر ایالات متحده آمریکا نه‌تنها در زمینه تعداد انتشارات در این موضوع پیشتاز نیست، بلکه حتی در زمینه تعداد ارجاع به مقالات نیز در رتبه نخست قرار ندارد.[1]

1. Data for this Figure Was Obtained from a Search of the Web of Science Core Collection for "Deep Learning" or "Deep Neural Net*", Limited To Publications Receiving one or more Citations, Retrieved 30 August 2016.

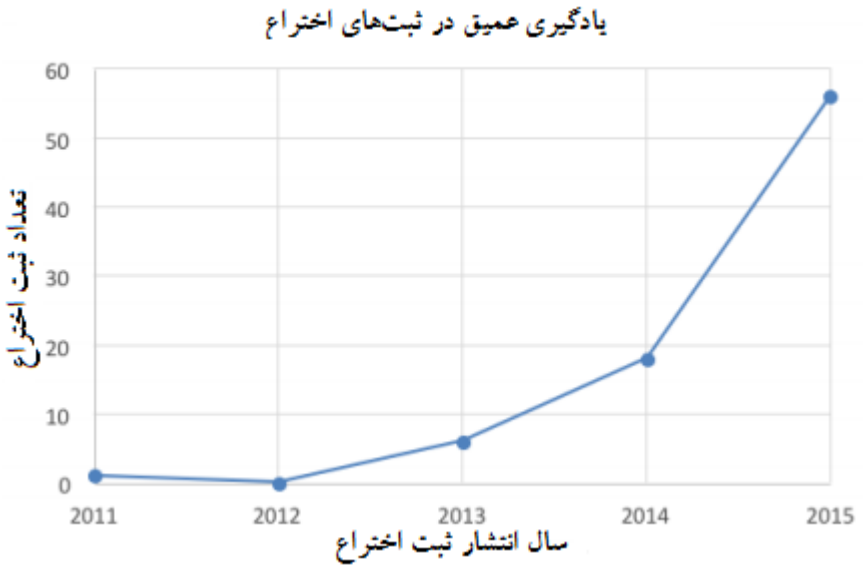
شکل ۲. مقالات مجلات علمی حداقل یک‌بار ارجاع داده شده
با عبارت «یادگیری عمیق» یا «شبکه عصبی عمیق» به تفکیک کشورها



دولت ایالات متحده نقش کلیدی در تحقیقات هوش مصنوعی ایفا کرده است، اگرچه بخش تجاری نیز در این حوزه تحقیقات و توسعه مرتبط با هوش مصنوعی فعال بوده است.[۱] تعداد اختراع‌های ثبت شده که به‌عبارت «یادگیری عمیق» یا «شبکه عصبی عمیق» اشاره دارند افزایش چشمگیری داشته است[۲] (تصویر ۳). بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ سرمایه‌گذاری در استارت‌آپ‌های هوش مصنوعی چهار برابر شده است.[۳] درحال حاضر، کاربردهای هوش مصنوعی درآمد قابل توجهی برای کسب‌وکارهای بزرگ ایجاد کرده است.[۴] تأثیر هوش مصنوعی بر سیستم‌های مالی حتی بیشتر است. نیمی از تبادلات تجاری مالی جهان از طریق تجارت خودکار (الگوریتمی) انجام می‌گیرد که گردش تریلیون‌ها دلار در معاملات را شامل می‌شود.[۵]

1. “Microsoft, Google, Facebook and More are Investing in Artificial Intelligence: What is their Plan and who are the other key Players?”, TechWorld, 29September, 2106, http://www.techworld.com/picture-gallery/big-data/9-tech-giants-investing-in-artificial-intelligence-3629737/.
2. Data for this Figure was Obtained from a Search of the Derwent World Patents Index for "deep learning" or "deep neural net*", Retrieved 30 August, 2016.
3. “Artificial Intelligence Startups See 302% Funding Jump in 2014,” CB Insights, February 10, 2015.
4. “The Business of Google,” Investopedia, 2016, http://www.investopedia.com/articles/investing/020515/business-google.asp, retrieved October 5, 2016.
5. B. M. Weller, “Efficient Prices at Any Cost: Does Algorithmic Trading Deter Information Acquisition?”, May 21, 2016, http://ssrn.com/abstract=2662254 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2662254.

شکل۳. تحلیل تعداد ثبت‌های اختراع با عبارت‌های «یادگیری عمیق» یا «شبکه عصبی عمیق»



علی‌رغم این دستاوردها، سیستم‌های هوش مصنوعی هنوز محدودیت‌هایی دارند. تقریباً تمامی پیشرفت‌های مذکور در حوزه هوش مصنوعی در محیط محدود[1] انجام شده‌اند که برای حل مسائل معین تعریف می‌شوند. پیشرفت اندکی در زمینه هوش مصنوعی عمومی[2] که به‌خوبی از انجام وظایف خود در حوزه‌های مختلف شناختی برآید حاصل شده است. حتی در چارچوب هوش مصنوعی در محیط‌های محدود پیشرفت‌ها یکدست و یکسان نبوده است. سیستم‌های هوش مصنوعی برای بازشناسی تصویر مبتنی‌بر یک تلاش قابل توجه انسانی برای برچسب‌گذاری برای پاسخ‌ها به هزاران نمونه است.[3] در مقابل، اکثر انسان‌ها فقط با چند نمونه قادر به یادگیری «یک شات» هستند. درحالی که اکثر سیستم‌های بینایی ماشین در مواجهه با صحنه‌های پیچیده حاوی اشیایی که همپوشانی داشته باشند دچار اشتباه می‌شوند، کودکان به‌راحتی می‌توانند همان صحنه را تجزیه کنند. درک صحنه‌ای که برای یک انسان آسان است، هنوز هم ممکن است برای یک ماشین دشوار باشد.

هوش مصنوعی اکنون در مراحل اولیه موج محتمل سوم قرار دارد که با تمرکز بر فناوری‌های هوش مصنوعی عمومی و تفسیری شکل خواهد گرفت. هدف این رویکردها بهبود مدل‌های یادگیری از طریق رابط تصحیح و تفسیر برای شرح نتایج و قابلیت اطمینان آنها، کسب درجه بالایی از شفافیت و فراتر رفتن از هوش مصنوعی محدود برای کسب توانایی‌هایی است که می‌تواند به دامنه‌های کاری گسترده‌تر تعمیم یابد. مهندسان می‌توانند در صورت موفقیت این تحقیقات سیستم‌هایی را طراحی کنند که مدل‌های تفسیری برای دسته‌بندی پدیده‌های دنیای واقعی ارائه و ارتباطات طبیعی با مردم برقرار می‌کنند و وقتی با موقعیت

1. Narrow AI
2. General AI
3. Supervised Learning.

و وظایف جدید مواجه می‌شوند آموزش می‌بینند و استدلال می‌کنند و مسائل جدید را از طریق تعمیم تجربه‌های گذشته رفع می‌کنند. مدل‌های تفسیری این سیستم‌های هوش مصنوعی ممکن است به‌طور خودکار از طریق روش‌های پیشرفته ایجاد شوند. این مدل‌ها می‌توانند قابلیت یادگیری سریع را در هوش مصنوعی فراهم کنند. آنها ممکن است «معنی» یا «فهم» را برای سیستم‌های هوش مصنوعی تعریف کنند که هوش مصنوعی را قادر می‌کند تا به قابلیت‌های عمومی‌تری دست یابد.

راهبردهای تحقیقات و توسعه

اولویت‌های پژوهشی اشاره شده در این طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی بر حوزه‌هایی تمرکز دارند که صنایع تمایلی به ورود و سرمایه‌گذاری در آنها ندارند. بنابراین بیشتر نیازمند بهره‌برداری از بودجه فدرالی هستند. این اولویت‌ها در تمام زمینه‌های هوش مصنوعی شامل نیازهای مشترک تا زیرزمینه‌های هوش مصنوعی ادراک، برنامه‌ریزی و استدلال خودکار، سیستم‌های‌شناختی، یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی، روباتیک و زمینه‌های مرتبط تداخل دارند. با توجه به گستردگی هوش مصنوعی، این اولویت‌ها به‌جای تمرکز بر چالش‌های پژوهش‌های فردی مختص به هر زیردامنه، کل حوزه را دربرمی‌گیرند. برای پیاده‌سازی این برنامه نقشه راه‌های حاوی جزئیاتی لازم است که شکاف‌های احتمالی در قابلیت سازگاری با برنامه را مد نظر قرار داده باشد.

یکی از مهمترین اولویت‌های پژوهشی مهم فدرال که در راهبرد اول تبیین شده است، حمایت از تحقیقات بلندمدت هوش مصنوعی برای پیشبرد اکتشاف و بینایی [ماشین] است. بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های دولت فدرال ایالات متحده در تحقیقات بنیادین با ریسک و هزینه بالا به پیشرفت‌های فناورانه انقلابی منجر شده است که امروزه به آن وابسته هستیم. اینترنت، سامانه موقعیت‌یاب جهانی، تشخیص گفتار تلفن‌های هوشمند، نمایشگر وضعیت قلب، پنل‌های خورشیدی، باطری‌های پیشرفته، روش‌های درمان سرطان و سایر زمینه‌های دیگر نمونه‌هایی از این نوع تحقیقات هستند. هوش مصنوعی تقریباً به تمامی جنبه‌های مختلف جامعه نویدهایی داده است و دارای مزایای مثبت قابل توجه اجتماعی و اقتصادی است. بنابراین ایالات متحده برای حفظ موقعیت رهبری جهان در این زمینه، باید سرمایه‌گذاری‌های خود را بر تحقیقات بلندمدت و بنیادین و دارای اولویت هوش مصنوعی متمرکز کند.

بسیاری از فناوری‌های هوش مصنوعی همراه و در کنار انسان کار خواهند کرد بنابراین چالش‌های مهمی در کیفیت ایجاد بهترین سیستم‌های هوش مصنوعی که بتوانند با روش‌های مفید و حسی با انسان همکاری کنند به‌وجود خواهد آمد.[1] موانع و دیوارها بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی با رشد هوش مصنوعی و بهبود قابلیت‌های انسان، آرام آرام درحال ساییده شدن است. تحقیقات بنیادینی برای توسعه روش‌های مؤثر

1. See the "2016 Report of the One Hundred Year Study on Artificial Intelligence", which Focuses on the Anticipated Uses and Impacts of AI in the Year 2030, https://ai100.stanford.edu/2016-report.

تعامل و همکاری هوش مصنوعی و انسان لازم است که در راهبرد دوم تبیین شده است.

پیشرفت‌های هوش مصنوعی مزایای مثبت بسیاری برای جامعه دارد و قابلیت رقابت ملی را افزایش می‌دهد.[1] با این حال، مانند بیشتر فناوری‌های درحال تحول، هوش مصنوعی نیز خطراتی در زمینه‌هایی از مشاغل و اقتصاد تا مسائل ایمنی، اخلاقی و حقوقی دارد. بنابراین، همگام با توسعه فناوری و علم هوش مصنوعی، دولت فدرال نیز باید بر پژوهش برای درک بهتر پیامدهای هوش مصنوعی در تمامی زمینه‌ها سرمایه‌گذاری کند و تطبیق پیامدهای هوش مصنوعی را با اهداف اخلاقی، قانونی و اجتماعی مد نظر قرار دهد. چنان‌که در راهبرد سوم تبیین شده است.

شکاف بحرانی در فناوری کنونی هوش مصنوعی، فقدان روش‌شناسی‌های اطمینان از ایمنی و کارآیی قابل پیش‌بینی سیستم‌های هوش مصنوعی است. چالش اطمینان از ایمنی سیستم‌های هوش مصنوعی به‌دلیل پیچیدگی غیرمعمول و ماهیت درحال تحول این سیستم‌هاست. چند اولویت پژوهشی به این چالش ایمنی توجه کرده‌اند.

راهبرد چهارم، بر نیاز به سیستم‌های قابل توصیف و شفاف و قابل اطمینان برای بهره‌برداران و انجام کار به روشی که مورد پذیرش کاربران است و تضمین تحقق مقصود کاربر، تأکید می‌کند. قابلیت‌های بالقوه و پیچیدگی سیستم‌های هوش مصنوعی، در کنار فرصت تعامل محتمل با کاربران و محیط انسانی، سرمایه‌گذاری در پژوهش‌هایی که امنیت و کنترل فناوری‌های هوش مصنوعی را افزایش می‌دهند را حیاتی می‌کند.

راهبرد پنجم از دولت فدرال می‌خواهد که در مخازن داده عمومی مشترک برای آموزش و آزمایش هوش مصنوعی برای پیشبرد پیشرفت تحقیقات هوش مصنوعی و امکان مقایسه مؤثرتر روش‌های جایگزین، سرمایه‌گذاری کند.

راهبرد ششم بررسی می‌کند که چگونه استانداردها و معیاردهی‌های فنی می‌توانند تحقیقات و توسعه را بر تعریف پیشرفت، پرکردن شکاف‌ها، پیشبرد راه‌حل‌های نوآورانه برای حل مسائل و چالش‌های خاص متمرکز کنند. استانداردها و معیاردهی‌های فنی برای اندازه‌گیری و ارزیابی سیستم‌های هوش مصنوعی نقش اساسی دارند و دستیابی فناوری‌های هوش مصنوعی به اهداف حیاتی تعاملی و تعامل‌پذیری را تضمین می‌کنند.

سرانجام، انتشار رو به رشد فناوری‌های هوش مصنوعی در تمامی بخش‌های جامعه، تقاضای جدیدی برای متخصصین تحقیق و توسعه هوش مصنوعی ایجاد می‌کند.[2] فرصت‌های فراوان برای مهندسین و دانشمندان هوش مصنوعی پایه فراهم است که درک عمیقی از فناوری داشته باشند و بتوانند ایده‌های

1. J. Furman, Is This Time Different? The Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence, Council of Economic.
2. "AI Talent Grab Sparks Excitement and Concern", Nature, April 26, 2016

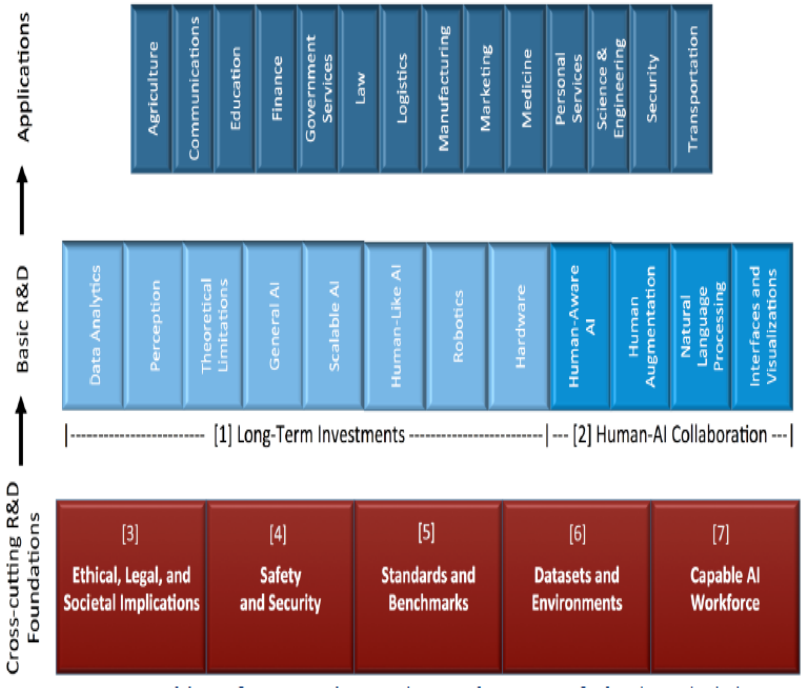
نوینی برای پیشبرد مرزهای دانش در این زمینه تعریف کنند. کشور باید اقدامات لازم را برای تأمین و رشد استعدادهایی قابل اتکا در زمینه هوش مصنوعی انجام دهد. راهبرد هفتم به این چالش پرداخته است.

در شکل ۴ نمایی گرافیکی از سازماندهی کلی طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی ارائه شده است. لایه زیرین که به رنگ قرمز مشخص شده است دربرگیرنده مبانی است که در توسعه همه سیستم‌های هوش مصنوعی تأثیرگذار است. این مبانی در راهبردهای سوم تا هفتم شرح داده شده‌اند. لایه بعدی که به رنگ آبی کم‌رنگ و متوسط مشخص شده است شامل زمینه‌های متعدد پژوهشی مورد نیاز برای پیشرفت هوش مصنوعی است. این زمینه‌های پژوهشی پایه (و ازجمله پژوهش‌های پایه الهام گرفته از بهره‌برداری هوش مصنوعی) در راهبردهای اول و دوم بررسی شده‌اند.[۱] در سطر بالا از نمای گرافیکی که به رنگ آبی پررنگ مشخص شده است نمونه‌هایی از کاربردهایی که می‌تواند از مزایای پیشرفت هوش مصنوعی بهره‌مند شود آورده شده است که در بخش چشم‌انداز این طرح‌ها بررسی خواهند شد.

در مجموع این اجزا از طرح راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی یک چارچوب کلان برای سرمایه‌گذاری دولت فدرال تعریف می‌کند که به پیشرفت‌های قابل توجه و مؤثر در این زمینه و مزایای مطلوب اجتماعی منجر خواهد شد.

۱. در این طرح، منظور از پژوهش‌هاي پایه شامل هر دو نوع تحقیقات پایه محض و تحقیقات ملهم از کاربرد عملي آن است. تحقیقاتي که توسط دونالد استاکس ربع پاستور نامگذاري شده است و در کتابي که به همان نام در سال ۱۹۹۷ منتشر کرد. وي در این کتاب به تحقیقاتي پایه‌اي اشاره مي‌کند که در جامعه کاربرد دارند. براي مثال سرمایه‌گذاري زیربنایي مؤسسه ملي سلامت در حوزه فناوري اطلاعات، غالباً تحقیقات پایه ملهم از کاربرد خوانده مي‌شود.

شکل ۴. سازماندهی طرح راهبری تحقیق و توسعه هوش مصنوعی



توضیح: ترکیبی از مبانی تحقیقات و توسعه که در همه زمینه‌های هوش مصنوعی اهمیت دارند (سطر زیرین قرمز رنگ). بسیاری از زمینه‌های پایه تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی (سطری که به رنگ آبی کم‌رنگ و متوسط رنگبندی شده است) می‌توانند براساس این مبانی فراگیر به‌منظور تأثیرگذاری روی مجموعه‌ای گسترده از کاربردهای اجتماعی (سطر بالا که به رنگ آبی پررنگ مشخص شده است) استوار گردند، (اعداد کوچک درج شده در براکت نشان‌دهنده شماره راهبردی است که در این طرح برای توسعه بیشتر هر موضوع اختصاص داده شده است. ترتیب شماره‌گذاری راهبردها نشان‌دهنده اولویت اهمیت آنها نیست).

راهبرد اول ـ سرمایه‌گذاری بلندمدت در تحقیق هوش مصنوعی

سرمایه‌گذاری‌های تحقیقاتی هوش مصنوعی در زمینه‌هایی ضروری است که در بلندمدت ظرفیت بازگشت سرمایه دارند. از آنجا که یکی از عناصر مهم تحقیقات بلندمدت، مطالعه بیشتر برای پیش‌بینی نتایج آن است، سرمایه‌گذاری پایدار بلندمدت در تحقیقات با ریسک بالا می‌تواند مزایایی با عواید بالا ایجاد کند. این دستاوردها طی پنج سال، ده سال یا بیشتر قابل مشاهده خواهند بود. گزارش اخیر شورای ملی تحقیقات بر نقش حیاتی سرمایه‌گذاری‌های فدرال در تحقیقات بلندمدت تأکید می‌کند و می‌نویسد «دوره حضانت طولانی و غیر قابل پیش‌بینی نیازمند کار پایدار و تأمین مالی بین اکتشاف اولیه و پیاده‌سازی تجاری است».[1] همچنین این گزارش می‌افزاید: «زمان از اولین مدل مفهومی تا بازار موفق غالباً با معیار دهه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. وب جهان گستر[2] و یادگیری عمیق نمونه‌های مستند شده از تحقیقات بنیادین پایداری هستند که به مزایایی با عواید بالا منجر شدند. پایه‌های نخستین هر دو فناوری در دهه ۱۹۶۰ بنا نهاده شد و بیش از سی سال تلاش‌های پژوهشی استمرار یافت تا این ایده‌ها به‌صورت فناوری‌های درحال تغییری محقق شوند که در رده‌های مختلف هوش مصنوعی قابل مشاهده است.

در بخش‌های زیر برخی از این رده‌ها روشن و برجسته خواهند شد. در راهبردهای دوم تا ششم رده‌های بیشتری در تحقیقات مهم هوش مصنوعی بررسی شده‌اند.

پیشرفت روش‌های متمرکز بر داده‌ها برای کشف دانش

همان‌طور که در طرح راهبردی تحقیق و توسعه کلان داده دولت فدرال بررسی شده است، تقاضای زیادی برای ابزار و فناوری‌های نوین بنیادی برای دستیابی به درک داده‌های هوشمند و کشف دانش وجود دارد. ترقی بیشتری در توسعه الگوریتم‌های یادگیری ماشین پیشرفته‌تر لازم است که توانایی تشخیص تمامی اطلاعات مفید مخفی شده در کلان داده‌ها را داشته باشند. پرسش‌های پژوهشی بسیاری درباره ایجاد و بهره‌برداری از داده‌ها مانند صحت و تناسب آن برای آموزش سیستم‌های هوش مصنوعی وجود دارند. ارزیابی صحت داده‌ها به‌طور خاص هنگام مواجهه با حجم وسیعی از داده‌های چالش‌برانگیز خواهد بود و دسترسی و استخراج دانش را برای انسان مشکل خواهد ساخت. بسیاری از تحقیقات و پژوهش‌ها با درستی و صحت داده‌ها از طریق روش‌های تضمین کیفیت داده‌ها تا پاکسازی داده و اکتشاف دانش سروکار دارند. مطالعات بیشتری برای بهبود کارآیی تکنیک‌های پاکسازی داده مورد نیاز است تا روش‌های برای کشف ناسازگاری و ناهنجاری در داده‌ها ایجاد شوند و رویکردهایی

1. Continuing Innovation in Information Technology (Washington D.C.: The National Academies Press, 2012), page 11.
2. World Wide Web

برای ترکیب بازخورد انسانی توسعه داده شوند. محققان باید روش‌های جدیدی برای استخراج همزمان داده‌ها و فراداده‌ها کشف کنند.

بسیاری از کاربردهای هوش مصنوعی در طبیعت کارکرد بین رشته‌ای دارند و داده‌های ناهمگن و غیرمتجانس ایجاد می‌کنند. تحقیقات بیشتری در زمینه یادگیری ماشین چندمنظوره مورد نیاز است تا اکتشاف دانش از تنوع گسترده انواع مختلف داده‌ها (برای مثال گسسته، پیوسته، متن، فضایی، زمانی، فضایی زمانی و گرافها) را فراهم کند. پژوهشگران هوش مصنوعی باید مقادیر داده‌های مورد نیاز داده‌ها برای آموزش هوش مصنوعی را معین کنند و تقاضا برای داده‌های دم طولانی را به سوی کلان داده‌ها هدایت کنند. آنان باید چگونگی شناسایی و پردازش رخدادهای نادر را فراتر از رویکردهای دقیق آماری تعیین کنند. پژوهشگران باید با منابع دانش (یعنی هرگونه اطلاعاتی که جهان را توصیف کند، از قبیل آگاهی از قانون گرانش تا هنجارهای اجتماعی) به خوبی منابع داده‌ها کار کنند و مدل‌ها و هستی‌شناسی‌ها را در فرآیند یادگیری ادغام کنند و به عملکرد یادگیری مؤثر از داده‌های محدود دست یابند زمانی که کلان داده‌ها در دسترس نباشند.

افزایش قابلیت‌های ادراکی سیستم‌های هوش مصنوعی

ادراک، پنجره‌ای به سوی سیستم هوشمند در جهان است. ادراک با داده‌های حسگرها (احتمالاً توزیع شده) آغاز می‌شود که از روش‌ها و شکل‌های متنوع، مانند وضعیت خود سیستم یا اطلاعاتی درباره محیط جمع‌آوری می‌شود. داده‌های حسگرها اغلب همراه یک دانش یا مدل پیشین برای استخراج اطلاعات مربوط به فعالیت سیستم‌های هوش مصنوعی مانند ویژگی‌های هندسی، خصوصیات، مکان و سرعت پردازش می‌شوند. داده‌های یکپارچه حاصل از ادراک، آگاهی محدود به موقعیتی را شکل می‌دهد که برای سیستم‌های هوش مصنوعی، دانش جامع و وضعیت محیط را فراهم می‌کند. گردآوری این دانش برای طرح‌ریزی و انجام وظایف به‌صورت مؤثر و ایمن ضروری است. سیستم‌های هوش مصنوعی از پیشرفت سخت‌افزار و الگوریتم‌ها برای ادراک استوارتر با قابلیت اطمینان بیشتر بسیار بهره‌مند خواهند شد. حسگرها باید بتوانند داده‌ها را از مسافت بیشتر، با وضوح بالاتر و بلادرنگ أخذ کنند. سیستم‌های ادراک باید قادر به ادغام داده‌ها از انواع حسگرها و سایر منابع ازجمله ابررایانه‌ها باشند تا آنچه سیستم هوش مصنوعی درحال حاضر درک می‌کند را تشخیص دهند و وضعیت آینده‌ها را پیش‌بینی کنند. ردیابی، طبقه‌بندی، شناسایی و تشخیص اشیا به‌ویژه در شرایط به هم ریخته و دینامیک مسئله‌ای چالش‌برانگیز خواهد ماند. افزون بر این، با استفاده از ترکیبی مناسب شامل سنسورها و الگوریتم‌ها، ادراک انسان باید بسیار بهبود یابد تا سیستم‌های هوش مصنوعی به‌صورت مؤثرتری با انسان کار کنند.[1] تعریف چارچوبی برای در نظر گرفتن

1. National Nanotechnology Initiative Strategic Plan, February 2014, http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2014_nni_strategic_plan.pdf.

عدم قطعیت و توزیع آن در تمام مراحل ادراک برای تعیین سطح اطمینان سیستم هوش مصنوعی در آگاهی از موقعیت و ارتقای دقت الزامی است.

فهم قابلیت‌ها و محدودیت‌های نظری هوش مصنوعی

هدف غایی بسیاری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مواجهه با چالش‌های پیش‌رو از طریق روش‌هایی مشابه روش انسان است، درک مناسبی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های نظری هوش مصنوعی و مرز استفاده از روش‌های شبیه انسان در این الگوریتم‌ها کسب نکرده‌ایم. تحقیقات نظری برای فهم بهتر چرایی کارکرد مطلوب تکنیک‌های هوش مصنوعی در عمل به‌خصوص یادگیری ماشین الزامی است. درحالی که رشته‌های مختلف (ازجمله ریاضیات، علوم کنترل و علوم رایانه) درحال بررسی این موضوع هستند، درحال حاضر مدل‌های نظری یکپارچه یا چارچوبی برای درک عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی وجود ندارد. نیازمند تحقیقات بیشتری درباره قابلیت حل رایانشی هستیم که نتیجه آن درک طبقه‌بندی مسائلی است که الگوریتم‌های هوش مصنوعی توانایی حل آن را دارند و همچنین تشخیص مسائلی که الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادر به حل آن نیستند نیز ضروری است. این بینش باید در متن تجهیزات موجود توسعه یابد. به‌عبارت دیگر باید بررسی کرد چگونه سخت‌افزار بر عملکرد این الگوریتم‌ها تأثیر می‌گذارد. فهم غیر قابل حل بودن مسئله به‌صورت نظری می‌تواند محققان را به سوی راه‌حل‌های تقریبی هدایت کند یا حتی سیر جدیدی در پژوهش در سخت‌افزار جدید برای سیستم‌های هوش مصنوعی تعریف کند. برای مثال وقتی شبکه‌های عصبی مصنوعی[1] در دهه ۱۹۶۰ ابداع شدند می‌توانستند مسائل بسیار ساده را حل کنند. حل مسائل پیچیده توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی پس از ارتقای سخت‌افزاری مانند پردازش موازی رقم خورد و الگوریتم‌ها برای بهره‌برداری از سخت‌افزارهای جدید تطبیق داده شدند. چنین تحولاتی عامل کلیدی در ایجاد پیشرفت‌های مهم امروزی در زمینه یادگیری ماشین هستند.

پیگیری تحقیقات درباره هوش مصنوعی همه منظوره

رویکردهای هوش مصنوعی را می‌توان به دو نوع هوش مصنوعی محدود یا ضعیف[2] و هوش مصنوعی عمومی یا قوی[3] تفکیک کرد. هوش مصنوعی محدود کارهای مستقل در محیط‌های اختصاص‌یافته و کاملاً تعریف شده مانند تشخیص گفتار، تشخیص تصویر و ترجمه را انجام می‌دهد. چندین سیستم هوش مصنوعی محدود

1. Artificial Neural Networks
2. Narrow AI
3. General AI

مانند هوش مصنوعی واتسون[1] شرکت آی بی ام و آلفاگو[2] شرکت دیپ‌مایند[3] اخیراً بسیار شهرت یافته‌اند و کارهای مهمی انجام داده‌اند[4] [5]. درواقع این سیستم‌های خاص، «ابرانسان» نامگذاری شده‌اند به این دلیل که در برخی رقابت‌ها مانند بازی گو و مسابقات اطلاعات عمومی تلویزیونی عملکرد بهتری نسبت به انسان داشته‌اند. اما این سیستم‌ها نمونه‌ای از هوش مصنوعی محدود هستند، زیرا آنها فقط می‌توانند برای وظایف خاصی که طراحی شده‌اند به‌کار گرفته شوند. بهره‌برداری از این سیستم‌ها در حل بازه وسیع‌تری از مسائل نیازمند تلاش قابل توجه باز مهندسی است. در مقابل، هدف بلندمدت هوش مصنوعی عمومی (نامحدود)، ایجاد سیستم‌هایی است که انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری هوش انسانی را در گستره وسیعی از حوزه‌های شناختی مانند یادگیری، زبان، ادراک، استدلال، خلاقیت و برنامه‌ریزی از خود بروز دهد. توانایی‌های گسترده یادگیری، سیستم‌های هوش مصنوعی عمومی را قادر می‌کند که دانش را از حوزه‌ای به حوزه دیگری انتقال دهند و با تعامل با تجارب خود و انسان بر دانش خود بیفزایند. از زمان پدید آمدن هوش مصنوعی، ایجاد هوش مصنوعی عمومی از آرزوهای محققان بوده است، اما دستیابی به این هدف هنوز برای سیستم‌های کنونی دور از دسترس است. رابطه بین هوش مصنوعی محدود و نامحدود درحال حاضر تحت بررسی است. ممکن است آموزه‌های أخذ شده از یکی برای دیگری و بالعکس قابل بهره‌برداری باشند. درحالی که هیچ اجماع عمومی وجود ندارد، بیشتر محققان هوش مصنوعی معتقدند هوش مصنوعی عمومی برای دهه‌ها دور از دسترس خواهد ماند و یک تلاش پایدار و بلندمدت برای دستیابی به آن مورد نیاز است.

توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی قابل ارزیابی

مجموعه‌ها و شبکه‌هایی از سیستم‌های هوش مصنوعی به‌صورت هماهنگ یا مستقل می‌توانند برای انجام کاری همکاری کنند که هوش مصنوعی نمی‌تواند آن را به‌صورت منفرد انجام دهد. همچنین ممکن است انسان‌ها نیز به‌عنوان بخشی از مجموعه یا در جایگاه رهبری آن قرار گیرند. توسعه و به‌کارگیری چنین سیستم‌های هوش مصنوعی چندگانه چالش‌های تحقیقی قابل توجهی در برنامه‌ریزی، هماهنگی، کنترل و ارزیابی چنین سیستم‌هایی ایجاد می‌کند. تکنیک‌های برنامه‌ریزی برای سیستم‌های چندگانه هوش مصنوعی باید به اندازه کافی سریع باشند تا به‌صورت بلادرنگ با تغییرات محیط تعامل و سازگاری کنند. آنها باید به شیوه‌ای سیال با تغییرات در پهنای باند ارتباطات در دسترس و تنزل سیستم و خطاها سازگار باشند. بسیاری از تلاش‌های گذشته بر برنامه‌ریزی

1. Watson
2. AlphaGo
3. DeepMind
4. In 2011, IBM Watson Defeated two Players that are Considered Among the Best Human Players in the Jeopardy! Game.
5. In 2016, AlphaGo Defeated the Reigning world Champion of Go, Lee Se-dol. Notably, AlphaGo Combines Deep Learning and Monte Carlo Search—a Method Developed in the 1980s—Which Itself Builds on a Probabilistic Method Discovered in the 1940s

متمرکز و تکنیک‌های هماهنگ تمرکز داشتند. با این حال، این رویکردها در معرض نقاط یکتای شکست[۱] مانند از دست دادن برنامه‌ریزان یا قطع ارتباط با آنها هستند. دستیابی تکنیک‌های کنترل و برنامه‌ریزی توزیع شده از لحاظ الگوریتمی مشکل‌تر است. اغلب آنها کامل نیستند و کارآیی کمتری دارند، اما به‌صورت بالقوه در برابر نقاط یکتای شکست استوارترند. پژوهش‌های آینده باید تکنیک‌های کارآمدتر و استوارتر و قابل ارزیابی برای برنامه ریزی، کنترل و همکاری گروهی سیستم‌های هوش مصنوعی چندگانه و انسان‌ها را کشف کنند.

تقویت پژوهش درباره هوش مصنوعی مشابه انسان

دستیابی به هوش مصنوعی شبیه به انسان نیازمند سیستم‌هایی است که به روشی که انسان‌ها درک می‌کنند خود را تبیین کنند. این امر به نسل جدیدی از سیستم‌های هوشمند مانند سیستم‌های آموزشی هوشمند و دستیاران هوشمند منتج می‌شود که به انسان‌ها در انجام وظایفشان کمک مؤثر می‌کنند. با این حال، شکاف قابل ملاحظه‌ای بین روش‌های کنونی الگوریتم‌های هوش مصنوعی و نحوه یادگیری و انجام کارها توسط انسان وجود دارد. انسان‌ها می‌توانند صرفاً با چند نمونه ساده یا از طریق دریافت دستورالعمل و یا نکاتی کارها را انجام دهند یا با مشاهده چگونگی انجام کار توسط دیگران آن را فراگیرند. برای مثال آموزشکده‌های پزشکی چنین رویکردی را اتخاذ می‌کنند وقتی که دانشجویان پزشکی یک رویه پزشکی پیچیده را با مشاهده آنچه یک دکتر متخصص انجام می‌دهد فرا می‌گیرند. حتی در کارهایی در بالاترین سطح کارآیی مانند بازی‌های قهرمانی بازی «گو»، یک بازیکن در سطح اساتید این رشته تنها چند هزار بازی برای آموزش و آماده‌سازی خود انجام داده است. در مقابل، برای یک انسان صدها سال طول می‌کشد تا تعداد بازی‌هایی که هوش مصنوعی آلفاگو برای فراگیری بازی گو نیاز دارد را بازی کند. پژوهش‌های بنیادین بیشتری درباره رویکردهای جدید برای دستیابی به هوش مصنوعی شبیه‌تر به انسان، این سیستم‌ها را به این هدف نزدیک‌تر می‌کند.

توسعه روبات‌های تواناتر و قابل اعتمادتر

پیشرفت‌های قابل توجه در فناوری‌های روباتیک در دهه گذشته به تأثیرات بالقوه در بسیاری از کاربردها مانند تولید، تدارکات، پزشکی، سلامت، دفاع و امنیت ملی، کشاورزی و محصولات مصرفی منجر می‌شود. روبات‌ها از ابتدا برای محیط‌های صنعتی ثابت تدارک دیده شده بودند، پیشرفت‌های اخیر همکاری‌هایی بین انسان‌ها و روبات‌ها ایجاد کرده‌اند. اکنون فناوری‌های روباتیک چشم‌اندازهایی از

---

۱. نقطه یکتای شکست (انگلیسی: Single Point of Failure) قسمتی از سامانه است که در صورت شکست، کل سامانه را از کار کردن باز می‌دارد که در هر سامانه‌ای که با هدف قابلیت اطمینان طراحی شود، چه در یک تجارت و چه در نرم‌افزار کاربردی یا سایر سامانه‌های صنعتی نامطلوب هستند.

توانایی خود برای تکمیل، تقویت، افزایش، بهبود یا تقلید از قابلیت‌های فیزیکی انسان یا هوش انسانی ارائه می‌دهند. با این حال ضروری است دانشمندان سیستم‌های روباتیک را تواناتر، قابل اعتمادتر و برای استفاده آسان‌تر طراحی کنند.

پژوهشگران به درک بهتری از ادراک روبات‌ها برای استخراج اطلاعات از انواع حسگرها نیاز دارند تا روبات‌ها بلادرنگ از موقعیت هر لحظه آگاهی داشته باشند. پیشرفت در شناخت و استدلال برای فهم بهتر روبات از پیرامون خود و تعامل با جهان فیزیکی ضروری است. توانایی بهبودیافته برای انطباق و یادگیری، روبات‌ها را قادر می‌کند تا مهارت‌هایشان را تعمیم دهند و از عملکرد کنونی خود ارزیابی داشته باشند و همچنین از مربی خود مجموعه‌ای از حرکات را فراگیرند. جابجایی و دست‌کاری دو زمینه برای تحقیقات بیشتر هستند که امکان حرکت روبات‌ها در زمینه‌های ناهموار و نامشخص و مواجهه با انواع اشیا را به‌صورت ماهرانه برای آنها فراهم می‌کنند. روبات‌ها باید کار گروهی یکپارچه با یکدیگر و تعامل با انسان به روشی قابل اعتماد و پیش‌بینی‌پذیر را بیاموزند.

پیشرفت سخت‌افزاری برای بهبود هوش مصنوعی

با اینکه پژوهش‌های هوش مصنوعی اغلب با پیشرفت‌های نرم‌افزاری گره خورده است، اما عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی وابسته به سخت‌افزاری است که هوش مصنوعی روی آن اجرا می‌شود. رنسانس کنونی در یادگیری عمیق ماشین به‌طور مستقیم به پیشرفت در فناوری سخت‌افزارهای مبتنی‌بر GPU و بهبود حافظه، ورودی - خروجی، سرعت ساعت، پردازش موازی و بهره‌وری انرژی آنها وابسته است.[۱] توسعه سخت‌افزارهای بهینه شده برای الگوریتم‌های هوش مصنوعی سطوح عملکرد سخت‌افزار را حتی بالاتر از GPUها فعال می‌کند. برای مثال، پردازنده‌های نورومورفیک[۲] که در طراحی به‌وضوح از سازمان مغز الهام گرفته‌اند و در برخی موارد برای به‌کارگیری شبکه‌های عصبی بهینه شده‌اند.

همچنین پیشرفت‌های سخت‌افزاری می‌تواند عملکرد روش‌های هوش مصنوعی را بهبود بخشند که وابستگی بسیاری به داده‌ها دارند. مطالعه بیشتر روش‌هایی برای روشن و خاموش کردن خطوط انتقال داده به روش‌های کنترل شده در یک سیستم توزیع شده درخواست شده است. همچنین پژوهش‌های مستمری لازم است تا الگوریتم‌های یادگیری ماشین به‌طور مؤثر از داده‌های دارای سرعت بالا بیاموزند. مانند الگوریتم‌های یادگیری ماشین توزیع شده که به‌طور همزمان از خطوط داده چندگانه فرامی‌گیرند. روش‌های بازخوردی مبتنی‌بر یادگیری ماشین پیشرفته‌تر، سیستم‌های هوش مصنوعی را قادر می‌کند تا داده‌های به‌دست آمده از شبیه‌سازی‌های وسیع، ابزارهای تجربی و

---

۱. GPU مخفف واحد پردازش گرافیکي است. يك پردازنده قدرتمند و ارزانقیمت که ترکیبي از صدها هسته پردازشي است. این طراحي به‌طور ویژه این پردازنده را براي کاربردهاي پردازش موازي مانند بسیاري از سیستم‌هاي هوش مصنوعي متناسب مي‌سازد.
۲. رایانش Neuromorphic اشاره به قابلیت سخت‌افزار براي یادگیري، تطبیق، تنظیم مجدد فیزیکي و الهام گرفتن از زیست‌شناسي و علوم اعصاب دارد.

سامانه‌های حسگرهای توزیع شده مانند ساختمان‌های هوشمند و اینترنت اشیا را مدل‌سازی و اولویت‌بندی کنند. چنین روش‌هایی ممکن است نیاز به تصمیم‌گیری پویای ورود- خروج داشته باشد که انتخاب‌ها برای ذخیره داده‌ها براساس اهمیت و مفاد آنها به‌صورت بی‌درنگ اتخاذ شوند به‌جای آنکه یک جریان داده به‌صورت ساده ذخیره شود.

ایجاد هوش مصنوعی برای سخت‌افزارهای پیشرفته

درحالی که سخت‌افزار ارتقایافته می‌تواند به سیستم‌های هوش مصنوعی توانمندتر منجر شود، سیستم‌های هوش مصنوعی نیز می‌توانند عملکرد سخت‌افزار را ارتقا دهند.[۱] این عمل متقابل به ارتقای عملکرد سخت‌افزار منجر خواهد شد، زیرا محدودیت‌های فیزیکی[۲] در رایانش نیازمند رویکردهای جدید جدید در طراحی سخت‌افزار است. روش‌های مبتنی‌بر هوش مصنوعی می‌توانند به‌خصوص برای بهبود عملکرد سیستم‌های محاسباتی با کارآیی بالا[۳] اهمیت داشته باشند چنین سیستم‌هایی مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کنند. هوش مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد و میزان بهره‌برداری از منابع و تصمیم‌گیری‌های بهینه‌سازی برخط که باعث بهره‌وری است در این سیستم‌ها به‌کار گرفته می‌شود. تکنیک‌های پیشرفته‌تر هوش مصنوعی می‌تواند عملکرد سیستم را افزایش دهد. همچنین هوش مصنوعی می‌تواند برای ایجاد سیستم‌های HPC خود تنظیم که می‌توانند هنگام بروز خطا، بدون دخالت انسانی با آن مواجه شوند، بهره‌برداری شوند.[۴]

الگوریتم‌های بهبودیافته هوش مصنوعی، عملکرد سیستم‌های چندهسته‌ای را با کاهش جابجایی داده‌ها بین پردازنده‌ها و حافظه افزایش می‌دهند. مانع اولیه برای سیستم‌های رایانش «اگزا»[۵] که ده برابر سوپرکامپیوترهای امروزی محاسبات را سریع‌تر انجام می‌دهند. در عمل، پیکربندی اجرا در سیستم‌های HPC هرگز یکسان نیست و برنامه‌های مختلف به‌صورت همزمان اجرا می‌شوند. تمامی کدها در نرم‌افزارهای مختلف به‌صورت مستقل و در زمان مناسب تغییر می‌کنند. طراحی الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای اعمال برخط و در اندازه سیستم‌های HPC ضروری است.

---

1. M. Milano and L. Benini, "Predictive Modeling for Job Power Consumption in HPC Systems," Proceedings of High Performance Computing: 31st International Conference, ISC High Performance, Vol. 9697, Springer, 2016.

۲. این محدودیت‌هاي فیزیکي در رایانش، پیمایش یا مقیاس ندارد (Robert H. Dennard) خوانده مي‌شود.

۳. HPC براي مثال سوپررایانه‌ها.

4. A. Cocaña-Fernández, J. Ranilla, and L. Sánchez, "Energy-Efficient Allocation of Computing Node Slots in HPC Clusters Through Parameter Learning and Hybrid Genetic Fuzzy System Modeling," Journal of Supercomputing, 71 (2015), pp.1163-1174.

۵. رایانش اگزا (Exascale Computing) به سیستم‌هاي محاسباتي اطلاق مي‌شود که مي‌توانند حداقل میلیارد در میلیارد محاسبه در ثانیه انجام دهند.

راهبرد دوم ـ توسعه روش‌های مؤثر برای همکاری انسان و هوش مصنوعی

درحالی که سیستم‌های هوش مصنوعی کاملاً مستقل در برخی حوزه‌های کاربردی (مانند اکتشافات زیر آب یا اکتشافات فضایی عمیق) اهمیت دارند، بسیاری دیگر از زمینه‌های کاربردی (برای نمونه بازیابی فاجعه و تشخیص‌های پزشکی) به‌طور مؤثر توسط ترکیبی از سیستم‌های هوش مصنوعی که برای دسترسی به اهداف کاربرد مورد نظر با یکدیگر کار می‌کنند مورد توجه قرار می‌گیرد. این تعامل مبتنی‌بر همکاری از مزایای طبیعت درحال تکامل انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری می‌کند. درحالی که رویکردهای مؤثر همکاری بین انسان و هوش مصنوعی وجود دارند بسیاری از آنها راه‌حل‌های نقطه‌ای ارائه می‌دهند که فقط در محیط‌های خاص، با استفاده از سیستم‌های خاص و برای رسیدن به اهداف خاص به‌کار می‌آیند. تولید راه‌حل‌های نقطه‌ای برای هر کاربردی ممکن نیست. بنابراین تلاش بیشتری برای فراتر رفتن از این راه‌حل‌های نقطه‌ای به سوی روش‌های عمومی‌تر همکاری انسان و هوش مصنوعی الزامی است. مزایا و معایب بین طراحی سیستم‌های عمومی که پاسخگوی همه انواع مسائل باشند و در عین حال تلاش انسانی کمتری نیاز داشته باشند و همچنین تسهیلات بیشتری برای بهره‌برداری روی کاربردهای مختلف داشته باشند در مقایسه با ساخت تعداد زیادی از سیستم‌هایی که مختص مسائل خاص طراحی شده‌اند و ممکن است که به‌طور کارآمدتری برای حل هر مسئله به‌صورت خاص عمل کنند، باید مورد بررسی قرار گیرد.

کاربردهای هوش مصنوعی در آینده به‌طور قابل توجهی در تقسیم نقش عملکردی بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی متفاوت خواهند بود. ماهیت تعاملات بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی، شمار انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی که با یکدیگر کار می‌کنند و چگونگی ارتباط و اشتراک آگاهی از وضعیت و شناخت موقعیت بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی متفاوت خواهد بود.

تقسیم کار بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی به‌طور معمول در یکی از دسته‌های زیر قرار می‌گیرد:

۱.هوش مصنوعی کاری را در کنار انسان انجام می‌دهد: سیستم‌های هوش مصنوعی کارهای جانبی را به‌عهده می‌گیرند که از تصمیم‌گیرندگان انسانی پشتیبانی می‌کند. برای مثال، هوش مصنوعی می‌تواند با حافظه کاری، بازیابی حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت و پیش‌بینی وظایف آتی به انسان‌ها یاری رساند.

۲. هوش مصنوعی هنگام مواجهه با سربار شناختی زیاد[1]: سیستم‌های هوش مصنوعی انجام بسیاری از وظایف نظارتی پیچیده را به‌عهده دارند. مانند سیستم‌های هشدار برخورد با زمین در هواپیما، تصمیم‌گیری و تشخیص پزشکی خودکار وقتی که انسان به کمک نیاز دارد.

۳. هوش مصنوعی به‌جای انسان کار انجام می‌دهد: سیستم‌های هوش مصنوعی برای افرادی که

---

۱. بارشناختی «مجموع تلاشی است که ذهن در حافظه عامل صرف می‌کند». سربار شناختی به این معنی است که این تلاش چند برابر شود.

قابلیت‌های خیلی محدود دارند کارها را انجام می‌دهند. مانند عملیات ریاضی پیچیده و کنترل هدایتگرهای سیستم‌های دینامیک در محیط‌های عملیاتی متضاد، جنبه‌هایی از کنترل سیستم‌های خودکار در محیط‌های سمی و مضر و در شرایطی که ضرورت داشته باشد سیستم پاسخ بسیار سریع ارائه دهد (برای مثال در اتاق‌های کنترل رآکتور هسته‌ای).

دستیابی به تعاملات مؤثر بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی مستلزم تحقیق و توسعه بیشتری است تا اطمینان حاصل شود که طراحی سیستم به پیچیدگی، سبکی یا سنگینی بیش از حد نینجامد. الفت انسان‌ها با سیستم‌های هوش مصنوعی می‌تواند از طریق آموزش و تجربه افزایش یابد تا اطمینان حاصل شود که انسان درک خوبی از قابلیت‌های سیستم‌های هوش مصنوعی و آنچه سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند و نمی‌توانند انجام دهند، داشته باشد. برای مواجهه با این نگرانی، باید مبادی خاص خودکارسازی با محوریت انسان در طراحی و توسعه این سیستم‌ها به‌کار گرفته شوند:[1]

۱. طراحی بصری و کاربرپسند رابط‌های سیستم هوش‌مصنوعی- انسان، کنترل‌ها و نمایشگرها.

۲. اپراتور باید (از وضعیت سیستم) آگاه باشد. اطلاعات بحران، وضعیت سیستم هوش مصنوعی و تغییرات این وضعیت‌ها باید نمایش داده شوند.

۳. اپراتور را آموزش دهید. آموزش‌های مکرر برای ارتقای دانش، مهارت‌ها و توانایی‌های عمومی و همچنین آموزش منطق و الگوریتم‌های به‌کار گرفته شده توسط سیستم‌های هوش مصنوعی و شناخت حالت‌های شکست مورد انتظار از سیستم.

۴. خودکارسازی را انعطاف‌پذیر کنید. پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی باید به‌عنوان یک گزینه طراحی برای اپراتورها در نظر گرفته شوند و این اختیار برای آنها فراهم شود که آیا می‌خواهند از آن استفاده کنند یا خیر؟ همچنین طراحی و راه‌اندازی سیستم‌های هوش مصنوعی انطباق‌پذیر که بتواند اپراتورهای انسانی را در دوره‌های کار مفرط یا خستگی پشتیبانی کند ضروری به‌نظر می‌رسد.[2 3]

هنگام ایجاد سیستم‌هایی که به‌طور مؤثر کار می‌کنند، بسیاری از چالش‌های اساسی برای پژوهشگران به وجود می‌آید. چندین چالش مهم در بخش‌های آتی بررسی شده است.

در جستجوی الگوریتم‌های جدید برای هوش مصنوعی با آگاهی انسانی

طی سال‌ها، الگوریتم‌های هوش مصنوعی توانایی یافتند تا مشکلات افزایش پیچیدگی را رفع کنند. با این حال شکافی بین قابلیت‌های این الگوریتم‌ها و قابل استفاده بودن این سیستم‌ها برای انسان وجود دارد. سیستم‌های هوشمندی با آگاهی انسان‌گونه ضروری است که بتوانند به‌طور مستقیم با کاربران

1. C. Wickens and J. G. Hollands, "Attention, Time-Sharing, and Workload," in Engineering, Psychology and Human Performance (London: Pearson PLC, 1999),pp. 439-479.
2. https://www.nasa.gov/mission_pages/SOFIA/index.html.
3. https://cloud1.arc.nasa.gov/intex-na/.

تعامل کنند و امکان همکاری‌های پایدار ماشین و انسان را فراهم نمایند. تعاملات مستقیم، تعاملات جزئی مانند زمانی که یک کاربر گزینه پیشنهادی سیستم را رد می‌کند، رویکردهای مدل‌سازی شده که با توجه به اقدامات گذشته کاربران مطرح می‌شوند و یا حتی مدل‌های عمیق از تمایل کاربر که مبتنی‌بر مدل‌های عمق شناختی انسان شکل می‌گیرند را شامل می‌شود. همچنین مدل‌های وقفه‌ای باید گسترش یابند که اجازه می‌دهند یک سیستم هوشمند تنها زمانی که لازم و مناسب است در کار انسان وقفه ایجاد کند. سیستم‌های هوشمند همچنین باید قابلیت افزودن شناخت انسانی و تشخیص اطلاعاتی که برای بازیابی در هنگام درخواست کاربر لازم است را داشته باشند، حتی زمانی که سیستم به‌طور صریح آن اطلاعات را تدارک ندیده باشد. سیستم‌های هوشمند آینده باید توانایی در نظر داشتن هنجارهای اجتماعی انسان را داشته باشند و بر آن اساس عمل کنند. سیستم‌های هوشمند می‌توانند به‌طور موثرتری با انسان کار کنند اگر آنها درجه‌ای از هوش هیجانی را پردازش کنند، به‌نحوی که بتوانند احساسات کاربران خود را تشخیص دهند و پاسخ مناسب ارائه کنند. یک هدف تحقیقاتی فراتر این است که از تعامل یک ماشین و یک انسان به سوی «سیستم‌های سیستم»، یعنی تیم‌هایی شامل چندین ماشین که با چندین انسان تعامل می‌کنند، گام برداریم.

تعاملات سیستم هوش مصنوعی انسانی شامل اهداف فراوانی است. سیستم‌های هوش مصنوعی نیازمند تبیین بسیاری از اهداف و اقداماتی ضروری برای رسیدن به این اهداف و محدودیت‌های پیش روی این اقدامات و عوامل دیگر هستند و همچنین این سیستم‌ها باید با تغییرات در اهداف تبیین شده سازگاری داشته باشند. افزون بر این، انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی باید در دستیابی به اهداف مشترک همکاری کنند و درک مشترک از آن اهداف و ابعاد مربوط به وضعیت‌های کنونی داشته باشند. برای ایجاد این چهره از سیستم‌های هوش مصنوعی انسانی به‌منظور توسعه سیستم‌هایی که نیاز به مداخله انسانی کمتری داشته باشند، تحقیقات بیشتری لازم است.

توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی برای تقویت انسان

در گذشته بیشترین تمرکز تحقیقات هوش مصنوعی روی الگوریتم‌هایی بود که با انسان‌ها در انجام کارهای محدود رقابت می‌کرد، درحال حاضر تحقیقات بیشتری نیاز است تا سیستم‌هایی توسعه داده شوند که قابلیت‌های انسانی را در بسیاری از حوزه‌ها تقویت کنند. پژوهش‌های تقویت انسانی، الگوریتم‌های که در دستگاه‌های ثابت (مانند رایانه‌ها)، تجهیزات پوشیدنی (مانند عینک هوشمند)، تجهیزات کاشتنی (مانند واسط‌های مغز) و محیط‌های کاربری خاص (مانند اتاق‌های عملیات ویژه) اجرا می‌شوند را دربرمی‌گیرند. برای مثال، تقویت آگاهی یک انسان می‌تواند یک دستیار پزشکی را براساس داده‌های خوانده شده از چندین دستگاه متوجه اشتباهی در رویه پزشکی کند. سیستم‌های دیگر می‌توانند شناخت انسان را با کمک

به کاربر برای مرور تجارب گذشته قابل استفاده در وضعیت کنونی تقویت کنند.

نوع دیگری از همکاری بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی، شامل یادگیری فعال برای درک هوشمندانه اطلاعات است. در یادگیری فعال، ورودی‌ها از طریق یک متخصص وارد و دنبال می‌شوند و یادگیری روی داده‌ها فقط زمانی شکل می‌گیرد که الگوریتم یادگیری معین نشده باشد. این یک روش فنی مهم برای کاهش حجم داده‌های آموزشی است که باید در ابتدا تدارک دیده شود یا برای آموزش مورد نیاز است. یادگیری فعال همچنین یک روش برای دستیابی به ورودی تخصصی و افزایش اعتماد به الگوریتم‌های آموخته شده است. یادگیری فعال تاکنون جز در چارچوب تحت نظارت بهره‌برداری نشده است. تحقیقات بیشتری برای به‌کارگیری یادگیری فعال در چارچوب‌های بدون نظارت (مثلاً خوشه‌بندی، تشخیص ناسازگاری) و یادگیری تقویتی ضروری است.[۱] شبکه‌های احتمالی[۲] اجازه می‌دهند که دانش دامنه در قالب توزیع احتمال داده‌های گذشته گنجانده شود. روش‌های عمومی اختصاص الگوریتم‌های یادگیری ماشین به‌منظور گنجاندن در دانش دامنه چه در شکل مدل‌های ریاضی و چه در قالب متن یا اشکال دیگر باید دنبال شود.

روش‌هایی برای توسعه بصری‌سازی و رابط‌های هوش مصنوعی و انسان

بصری‌سازی و رابط‌های کاربری بهتر، زمینه‌های دیگری هستند که نیاز به توسعه بسیار بیشتری دارند تا به انسان‌ها برای درک حجم زیاد مخازن داده مدرن و اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع مختلف یاری رسانند. بصری‌سازی و رابط‌های کاربری باید به‌وضوح، داده‌ها و اطلاعات به‌دست آمده از آنها که به‌طور فزاینده بر پیچیدگی آنها افزوده می‌شود را در یک روش قابل فهم برای انسان‌ها نمایش دهند. ارائه بی‌درنگ نتایج در عملیات ایمنی- بحرانی بسیار مفید است. این نتایج می‌تواند با افزایش توان محاسباتی سیستم‌های به هم پیوسته به‌دست آید. در این شرایط نیز، کاربران به بصری‌سازی و رابط‌های کاربری نیاز دارند که بتوانند به‌سرعت اطلاعات صحیح را برای پاسخ انتقال دهند.

همکاری انسان و هوش مصنوعی می‌تواند در محیط‌های گوناگون و مکان‌هایی که محدودیت‌های ارتباطی وجود دارد، اعمال شود. در برخی از این حوزه‌ها، دوره‌های عکس‌العمل ارتباطات هوش مصنوعی و انسان پایین است و ارتباطات در این حوزه‌ها سریع و قابل اعتماد است. در برخی حوزه‌های دیگر (مانند عملیات فرود مریخ‌نوردهای اسپریت و اپورچونیتی[۳] ناسا) ارتباطات راه دور بین انسان و هوش مصنوعی دوره عکس‌العمل بسیار طولانی وجود دارد (برای مثال رفت و برگشت پیام بین زمین و مریخ پنج تا ده دقیقه به درازا می‌انجامد). بنابراین استقرار چارچوب‌هایی برخوردار از درجه قابل توجهی استقلال به همراه چارچوبی

---

۱. درحالي که در يادگيري تحت نظارت حضور انسان براي پاسخ به پيشامدها ضروري است، در يادگيري تقويتي و يادگيري بدون نظارت چنين نيست.

2. Probabilistic Networks

۳. نام فضانورد ناسا.

منحصر به دریافت اهداف راهبردی سطح بالا ضروری است. این نیازمندی‌ها و محدویت‌های ارتباطاتی ، ملاحظات مهمی برای تحقیق و توسعه رابط‌های کاربری است.

توسعه سیستم‌های پردازش زبان مؤثرتر

توانایی افراد برای برقراری ارتباط با سیستم‌های هوش مصنوعی از طریق زبان‌های گفتاری و نوشتاری مدت‌هاست که از اهداف محققان هوش مصنوعی بوده است. علی‌رغم اینکه پیشرفت‌های قابل توجهی در این زمینه رخ داده است، تا زمانی که انسان‌ها همان‌طور که با دیگر انسان‌ها ارتباط برقرار می‌کنند بتوانند به‌طور مؤثر با سیستم‌های هوش مصنوعی نیز ارتباط برقرار کنند، چالش‌های تحقیق در برابر محققان و پژوهشگران باز است. بیشتر پیشرفت‌های اخیر در پردازش زبان با استفاده از رویکردهای یادگیری ماشین داده‌محور هدایت شده‌اند و به موفقیت دست یافته‌اند برای مثال می‌توانند یک سخنرانی به زبان انگلیسی روان را در یک محیط آرام بدون تأخیر تشخیص دهند. به هر حال این دستاوردها، گام‌های اول برای رسیدن به اهداف بلندمدت هستند. سیستم‌های کنونی نمی‌توانند با چالش‌های واقعی در جهان مانند تشخیص گفتار در محیط پر سروصدا، گفتار با لهجه، گفتار کودک، گفتار به هم ریخته و گفتار به زبان نشانه‌ها مواجه شوند. همچنین توسعه سیستم‌های پردازش زبان ضروری است. این سیستم‌ها باید اهداف و مقاصد مخاطبان انسانی خود را استنتاج کنند، از یک چارچوب مناسب استفاده کنند، از سبک و لفاظی متناسب با وضعیت بهره بگیرند و راهبردهای ترمیمی در مواجهه با سوءتفاهم به‌کار گیرند. پژوهش‌های بیشتری برای توسعه سیستم‌هایی که به سهولت در زبان‌های دیگر گسترش بیابند نیاز است. علاوه‌بر این، مطالعات بیشتری برای کسب دانش دامنه ساختار یافته مفید در قالبی که برای سیستم‌های پردازش زبان قابل دسترس باشد ضروری است.

همچنین پیشرفت‌های پردازش زبان در بسیاری از حوزه‌های دیگر برای ارتباطات مستقیم‌تر و طبیعی‌تر بین هوش مصنوعی و انسان الزامی است. مدل‌های محاسباتی استواری باید برای هر دو زبان نوشتاری و گفتاری ایجاد شوند که شواهدی برای وضعیت عاطفی، تأثیرپذیری، حالت و تعیین اطلاعاتی که به‌صورت تلویحی در متن یا گفتار بیان شده ارائه دهند. ابداع تکنیک‌های پردازش زبان نوینی در زمینه محیط زیست برای سیستم‌های هوش مصنوعی که در جهان فیزیکی کار می‌کنند مانند روباتیک ضروری است. در نهایت، نظر به اینکه شیوه و رفتاری که افراد در تعاملات آنلاین به‌وسیله آن ارتباط برقرار می‌کنند می‌تواند کاملاً متفاوت از تعاملات صوتی باشد مدل‌های زبان استفاده شده در این زمینه باید کامل شوند تا سیستم‌های هوش مصنوعی اجتماعی بتوانند به‌طور مؤثرتر با افراد ارتباط برقرار کنند.

راهبرد سوم ـ فهم پیامدهای اخلاقی، حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی و رسیدگی به آنها

در زمانی که کارگزاران هوش مصنوعی به‌صورت مستقل (خودمختار) عمل می‌کنند ضرورت دارد که طبق هنجارهای رسمی و غیررسمی که با انسان‌ها رفتار می‌شود رفتار کنند. بدین ترتیب، قوای نظم اجتماعی بنیادین، قانون و اخلاق، رفتارهای سیستم‌های هوش مصنوعی را اطلاع‌رسانی و داوری می‌کنند. بیشتر تحقیقات لزوماً نیازمند درک مفاهیم اخلاقی، حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی و همچنین روش‌هایی برای طراحی هوش مصنوی مطابق با اصول اخلاقی، حقوقی و اجتماعی است. نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی نیز باید در نظر گرفته شوند. اطلاعات بیشتر در این باره را می‌توان در گزارش راهبرد ملی پژوهش‌های حریم خصوصی یافت. مانند هر فناوری دیگری، بهره‌برداری قابل قبول از هوش مصنوعی را اصول اساسی قانون و اخلاق تعیین می‌کند. چگونگی اعمال این اصول به فناوری جدید، به‌خصوص فناوری‌هایی که استقلال، گماشتگی و کنترل را دربرمی‌گیرند چالش پیش‌روست.

چنان‌که در گزارش « هوش مصنوعی پایدار و سودمند» تبیین شده است:

«به‌منظور ایجاد سیستم‌هایی که به‌صورت پایدار رفتار مناسبی از خود بروز می‌دهند، ما البته نیازمند تصمیم‌گیری در مورد معنای رفتار مناسب در هر حوزه کاربردی هستیم. این بعد اخلاقی ارتباط نزدیکی با سئوالات ذیل دارد. چه تکنیک‌های مهندسی در دسترس هستند؟، این تکنیک‌ها تا چه اندازه قابل اعتماد هستند؟ و چه دادوستدی (در تمامی حوزه‌ها که علوم کامپیوتر، یادگیری ماشین و مهارت‌های گسترده هوش مصنوعی ارزشمند باشد) شکل خواهد گرفت؟».[1]

تحقیق در این زمینه می‌تواند از دیدگاه‌های چندرشته‌ای دنبال شود که شامل کارشناسان علوم رایانه، علوم اجتماعی و رفتاری، اخلاق، علوم زیست پزشکی، روانشناسی، اقتصاد، حقوق و تحقیقات سیاستی است. تحقیقات بیشتری در درون و بیرون از حوزه‌های فناوری اطلاعات (مانند فناوری اطلاعات و رشته‌های ذکر شده در بالا) مرتبط با کمیته فرعی تحقیقات و توسعه شبکه و فناوری اطلاعات لازم است تا تحقیق و توسعه و بهره‌برداری از هوش مصنوعی و پیامدهای آن برای جامعه اطلاع‌رسانی شود. در بخش‌های بعدی چالش‌های پژوهشی کلیدی فناوری اطلاعات در این زمینه بررسی می‌شود.

بهبود توازن، شفافیت و مسئولیت‌پذیری در طراحی

بسیاری از نگرانی‌ها درباره حساسیت‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی کلان داده‌ها درباره خطا و سوءاستفاده و تأثیرات انشعابات احتمالی در طبقات جنسی، سنی، نژادی و اقتصادی بیان شده است.

1. "An Open Letter: Research Priorities for Robust and Beneficial Artificial Intelligence," The Future of Life Institute, http://futureoflife.org/ai-open-letter/.

در این راستا، جمع‌آوری و استفاده مناسب از داده‌ها برای سیستم‌های هوش مصنوعی یک چالش مهم است. فراتر از مسائل منحصر به داده‌ها، سئوالات بزرگ‌تری در رابطه با طراحی هوش مصنوعی بهنجار، عادل، شفاف و پاسخگو مطرح شده است. پژوهشگران باید بیاموزند که چگونه این سیستم‌ها را طراحی کنند تا تصمیمات و اقدامات آنها شفاف و قابل تفسیر باشند؟ بنابراین باید برای هرگونه تعصبی در آنها بررسی شوند تا با یادگیری صرف، این تعصب‌ها تکرار نشود. مسائل فکری جدی در مورد چگونگی نمایش و به کُد درآوردن سیستم‌های باور و ارزش وجود دارد. دانشمندان همچنین باید بررسی کنند تا چه حدی ملاحظات عدالت و انصاف قابل طراحی در سیستم هستند و چگونه این کار را می‌توان با بهره‌برداری از تکنیک‌های مهندسی کنونی انجام داد؟

ایجاد هوش مصنوعی اخلاقی

فراتر از نگرانی درباره انگاشته‌های اساسی عدالت و انصاف، نگرانی‌های دیگری در رابطه با توانایی هوش مصنوعی در ارائه رفتار مطابق با اصول اخلاقی عمومی وجود دارد. چگونه پیشرفت‌های هوش مصنوعی می‌تواند چارچوب سئوالات جدید مرتبط با ماشین را در زمینه اخلاقی یا هر بهره‌برداری غیراخلاقی از هوش مصنوعی ایجاد کند؟ اخلاق ذاتاً یک پرسش فلسفی است درحالی که فناوری هوش مصنوعی وابسته و محدود به مهندسی است. بنابراین، محققان باید در محدوده‌ای که از لحاظ فناوری امکانپذیر است تلاش کنند که الگوریتم‌ها و معماری‌هایی را بسازند که به‌طور تحقیق‌پذیری با قوانین موجود، هنجارهای اجتماعی و اخلاق سازگار باشند و این کاری بسیار چالش‌برانگیز است. اصول اخلاقی معمولاً با درجات مختلفی از ابهام بیان می‌شوند ترجمه آنها با سیستم دقیق و طراحی الگوریتم مشکل است. برخورد سیستم‌های هوش مصنوعی به‌خصوص با انواع جدیدی از الگوریتم‌های خودمختار و مواجهه با معضلات اخلاقی مبتنی‌بر سیستم‌های ارزشی مستقل و احتمالاً متضاد پیچیدگی‌هایی دارد. مسائل اخلاقی بسیار مطابق فرهنگ، مذهب و باورها هستند. با این حال، چارچوب مرجع قابل قبول اخلاق را می‌توان برای هدایت استدلال و تصمیم‌گیری سیستم‌های هوش مصنوعی برای توضیح و توجیه نتایج و اقدامات آن توسعه داد. یک رویکرد چندرشته‌ای برای ایجاد مخزن داده‌ها برای آموزش نیاز است که انعکاس‌دهنده یک سیستم ارزش مناسب باشد و نمونه‌هایی ارائه دهد که رفتار ترجیحی هنگام نمایش مسائل اخلاقی دشوار یا ارزش‌های متضاد را نشان می‌دهد. این نمونه‌ها، می‌توانند شامل موارد قانونی یا اخلاقی ویژه باشند که پیامد یا قضاوت آن برای کاربر شفاف باشد.[1] هوش مصنوعی نیازمند روش‌های مناسب برای حل منازعات مبتنی‌بر ارزش است که در آن سیستم‌ها برپایه اصولی استوار شده‌اند که می‌توانند واقعیت‌های شرایط پیچیده‌ای را در نظر بگیرند که در آن قوانین سختگیرانه غیر قابل تحقق است.

1. A. Etzione and O. Etzioni, “Designing AI Systems that Obey Our Laws and Values”, in Communications of the ACM 59 (9), (2016), pp.29-31.

طراحی معماری هوش مصنوعی اخلاقی

پیشرفت‌های بیشتری در تحقیقات بنیادی باید رخ بدهد تا مشخص شود چگونه بهترین معماری را برای سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توان طراحی کرد که استدلال اخلاقی را دربرداشته باشد؟ رویکردهای مختلفی از قبیل معماری نظارت دولایه پیشنهاد شده است که هوش مصنوعی عملیاتی را، از عامل پایش‌کننده که مسئول ارزیابی اخلاقی قانونی بودن هر اقدام عملیاتی است تفکیک می‌کند.[1] دیدگاه جایگزین، ترجیح مهندسی ایمنی است که در آن یک چارچوب مفهومی دقیق برای معماری عامل هوش مصنوعی استفاده می‌شود تا اطمینان حاصل شود که رفتار هوش مصنوعی ایمن است و به انسان‌ها آسیبی نمی‌رساند.[2]

روش دیگر این است که یک معماری اخلاقی قاعده‌مند با استفاده از اصول نظری آمیخته شده با قیود منطقی روی رفتار سیستم هوش مصنوعی تعریف کنیم که اعمال و کنش‌های آن را محدود به دکترین اخلاقی تعریف شده کند.[3] به این علت که سیستم‌های هوش مصنوعی عمومی‌تر شده‌اند معماری آنها باید شامل زیرسیستم‌هایی باشد که مسائل اخلاقی را در سطوح مختلف قضاوت به‌کار گیرند.[4] مانند قواعد انطباق الگوی پاسخگویی سریع، استدلال سنجشی برای پاسخ‌های کندتر برای توصیف و توجیه اقدامات، سیگنال‌های اجتماعی برای نشان دادن اعتماد به نفس کاربر و فرآیندهای اجتماعی که در مقیاس زمانی طولانی‌تر عمل می‌کنند تا سیستم را به هنجارهای اجتماعی برسانند. ضروری است محققان روی طرح کلی سیستم‌های هوش مصنوعی که با اهداف اخلاقی، حقوقی و اجتماعی هماهنگ شده‌اند تمرکز کنند.

راهبرد چهارم ـ اطمینان از ایمنی و امنیت سیستم‌های هوش مصنوعی

قبل از به‌کارگیری گسترده سیستم هوش مصنوعی تضمین کارآیی امن و ایمن آن در یک شیوه کنترل شده ضروری است. تحقیق درباره چالش ایجاد سیستم‌های هوش مصنوعی قابل اتکا، قابل اعتماد و قابل اطمینان الزامی است. همانند سایر سیستم‌های پیچیده، سیستم‌های هوش مصنوعی نیز با چالش‌های ایمنی و امنیتی مواجه هستند:

- **محیط‌های پیچیده و دچار عدم قطعیت:** در بسیاری از موارد، سیستم‌های هوش مصنوعی برای کار در محیط‌های پیچیده طراحی شده‌اند و تعداد زیادی از وضعیت‌های احتمالی را نمی‌توان بررسی و

1. **Ibid.**
2. R. Y. Yampolsky, "Artificial Intelligence Safety Engineering: Why Machine Ethics is a Wrong Approach," in Philosophy and Theory of Artificial Intelligence, Edited by V.C. Muller, (Heidelberg: Springer Verlag: 2013),pp. 389-396.
3. R. C. Arkin, "Governing Legal Behavior: Embedding Ethics in a Hybrid Deliberative/Reactive Robot Architecture," Georgia Institute of Technology Technical Report, GIT-GVU-07-11, 2007.
4. B. Kuipers, "Human-like Morality and Ethics for Robots", AAAI-16 Workshop on AI, Ethics and Society, 2016.

آزمایش کرد. یک سیستم ممکن است با شرایطی مواجه شود که هرگز در طراحی به آن توجه نشده باشد.

- **رفتار ناشیانه:** برای سیستم‌های هوش مصنوعی که پس از استقرار قابلیت یادگیری دارند، رفتار سیستم ممکن است تا حد زیادی به‌وسیله دوره‌های یادگیری در شرایط بدون نظارت شکل گیرد. در چنین شرایطی ممکن است پیش‌بینی رفتار سیستم دشوار باشد.

- **تعیین هدف نادرست:** با توجه به دشواری ترجمه دقیق اهداف انسانی به دستورالعمل‌های کامپیوتری، اهداف برنامه‌ریزی شده برای یک سیستم هوش مصنوعی ممکن است با اهداف برنامه‌نویس مطابقت نداشته باشد.

- **تعاملات انسان و ماشین:** در بسیاری از موارد، عملکرد یک سیستم هوش مصنوعی به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تعاملات انسانی قرار می‌گیرد. در این موارد، تغییر در واکنش‌های انسانی ممکن است بر ایمنی سیستم تأثیر بگذارد.

برای مقابله با این مسائل و مشکلات دیگر ارتقای ایمنی و امنیتی[1] هوش مصنوعی شامل تفسیرپذیری و شفافیت، اعتماد، تأیید و اعتبار، امنیت در برابر حملات و ایمنی و ارزشگذاری بلندمدت هوش مصنوعی، سرمایه‌گذاری بیشتری مورد نیاز است.

بهبود تفسیرپذیری و شفافیت

افزایش تفسیرپذیری و شفافیت یک چالش پژوهشی کلیدی است. بسیاری از الگوریتم‌ها ازجمله الگوریتم‌های مبتنی‌بر یادگیری عمیق برای کاربران مبهم هستند و جز چند **مکانیزم** محدود برای توضیح نتایج آنها چیزی در دسترس نیست. این امر به‌ویژه در حوزه‌هایی مثل مراقبت‌های پزشکی مشکل‌زاست، از آنجا که پزشکان، برای تشخیص معین یا تعیین روش درمان نیازمند تفسیر نتایج هستند. تکنیک‌های هوش مصنوعی مانند استقرا درخت تصمیم متضمن توضیحاتی هستند، اما عموماً این توضیحات از دقت کافی برخوردار نیستند. بنابراین، ضرورت دارد محققان سیستم‌هایی را توسعه دهند که شفاف باشند و به‌طور ذاتی قادر به توضیح دلائل نتایج ارائه شده برای کاربران باشند.

اعتمادسازی

برای دستیابی به اعتماد، طراحان سیستم هوش مصنوعی نیاز به ایجاد سیستم‌های دقیق و قابل

1. See, for instance: D. Amodei, C. Olah, J. Steinhardt, P. Christiano, J. Schulman, and D. Mane, "Concrete Problems in AI Safety," 2016, arXiv: 1606.06565v2; S. Russell, D. Dewey, M. Tegmark, 2016, "Research Priorities for Robust and Beneficial Artificial Intelligence," arXiv: 1602.03506; T. G. Dietterich, E. J. Horvitz, 2015, "Rise of Concerns about AI: Reflections and Directions," Communications of the ACM, Vol. 58 No. 10; K. S.; R. Yampolsky (19 December 2014), "Responses to Catastrophic AGI Risk: a Survey," Physica Scripta, 90 (1).

اطمینان با رابط‌های کاربری آگاهی‌بخش و کاربرپسند دارند، درحالی که کاربران باید وقت خود را برای آموزش مناسب برای درک کارآیی سیستم و محدودیت‌های عملکرد آن به‌کار گیرند. سیستم‌های پیچیده‌ای که به‌طور گسترده مورد اعتماد کاربران قرار می‌گیرند مانند کنترل‌های دستی برای وسایل نقلیه (فرمان، پدال گاز و ..) به شفافیت (سیستم به‌نحوی عملی می‌کند که برای کاربر قابل مشاهده باشد)، اعتباریابی(خروجی‌های سیستم توسط کاربر تأیید می‌شود)، قابلیت رسیدگی (سیستم را می‌توان ارزیابی کرد)، قابلیت اتکا (سیستم به‌عنوان کاربر از قبل تعیین شده عمل می‌کند) و قابلیت بازیابی (کاربر می‌تواند در زمان مطلوب کنترل را بازیابی کند) گرایش دارند.

چالشی مهم برای سیستم‌های کنونی و آتی ایدئال، کیفیت نامطلوب فناوری تولید نرم‌افزار است. هرچه پیشرفت‌ها به پیوستگی بیشتر انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی منجر می‌شوند، چالش در زمینه اعتماد همگام با تغییر و افزایش قابلیت‌ها، انتظار پیشرفت فناوری برای ایجاد و بهره‌برداری‌های بلندمدت نیاز به اعمال اصول و سیاست‌های حاکمیتی برای بهترین ممارست برای طراحی، ساخت‌دهی و بهره‌برداری ازجمله آموزش اپراتور برای عملیات ایمن، رشد می‌کند.

بهبود تأیید و اعتبارسنجی

روش‌های نوینی برای تأیید و اعتباربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی لازم است. «تأیید» نشان می‌دهد که سیستم طبق مشخصات رسمی است، درحالی که «اعتبارسنجی» نشان می‌دهد که سیستم نیازهای عملیاتی کاربر را برآورده می‌کند. سیستم‌های هوش مصنوعی ایمن ممکن است نیازمند ابزار نوین ارزیابی (تعیین اینکه کارکرد سیستم نادرست است و ممکن است خارج از پارامترهای مورد انتظار درحال کار باشد)، تشخیص (تعیین علل خرابی) و تعمیر (تنظیم سیستم برای مقابله با سوءعملکرد) باشند. در سیستم‌هایی که برای مدت زمان طولانی به‌طور مستقل کار می‌کنند امکان دارد که طراحان سیستم هر شرایطی را که سیستم‌ها با آن مواجه می‌شوند را در نظر نگیرند. چنین سیستم‌هایی احتمالاً به توانایی‌هایی برای خودارزیابی، خود اعتبارسنجی و رفع عیب خودکار برای پایداری و قابلیت اعتماد بیشتر نیاز خواهند داشت.

حفاظت در برابر حملات

هوش مصنوعی تعبیه شده در سیستم‌های بحرانی باید در مواجهه شدن با حوادث استوار باقی بمانند. همچنین باید در برابر طیف وسیعی از حملات سایبری بین‌المللی امنیت داشته باشد. مهندسی امنیت مستلزم درک آسیب‌پذیری یک سیستم و اقدامات کنشگرانی است که ممکن است علاقمند به حمله به آن باشند. اگر چه نیازهای تحقیق و توسعه امنیت سایبری با جزئیات بیشتر در طرح راهبردی

تحقیق و توسعه امنیت سایبری کمیته فرعی تحقیقات و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه مورد توجه قرار گرفته است، اما برخی خطرات امنیت سایبری مختص سیستم‌های هوش مصنوعی است. برای مثال، یک زمینه تحقیقاتی کلیدی « یادگیری ماشین خصمانه» است که به اکتشاف درجه امکان تضعیف سیستم‌های هوش مصنوعی به‌وسیله آلوده کردن داده‌های آموزشی، تغییر الگوریتم‌ها یا ایجاد تغییرات جزئی روی یک شیء به‌منظور ممانعت از شناسایی دقیق آن (برای مثال پروتزهایی که سیستم‌های جزئی تشخیص چهره را فریب می‌دهند) می‌پردازد. پیاده‌سازی هوش مصنوعی در سیستم‌های امنیت سایبری که نیاز به درجه بالایی از خودمختاری دارند نیز زمینه دیگری برای مطالعات بیشتر است. یک نمونه اخیر از تحقیقات در این زمینه چالش بزرگ سایبر[1] آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی (دارپا) است که مستلزم عامل هوش مصنوعی است که به‌صورت خودکار به تحلیل و مقابله با حملات سایبری می‌پردازد.[2]

دستیابی به ایمنی و ارزشگذاری هوش مصنوعی بلندمدت

سیستم‌های هوش مصنوعی در نهایت قادر به «بهبود خودکار بازگشتی» خواهند شد که در آن تغییرات قابل توجهی را خود نرم‌افزار به‌جای برنامه‌نویسان انسانی در نرم‌افزار ایجاد می‌کند. برای ایمنی سیستم‌های پیکربندی خودکار تحقیقات بیشتری برای توسعه فراخوان شده است: معماری ناظر به خویش که سیستم‌ها را برای انسجام و انطباق رفتاری با اهداف اصلی طراحان انسانی بررسی می‌کند، راهبردهای محدودسازی برای جلوگیری از انتشار سیستم درحال ارزیابی، یادگیری ارزش که در آن ارزش‌ها اهداف یا مقاصد کاربران می‌تواند به‌وسیله یک سیستم تعریف شود و چارچوب‌های ارزش که احتمالاً در برابر پیکربندی خودکار مقاوم باشند.

راهبرد پنجم ــ ایجاد مخازن داده عمومی مشترک و محیطی برای آموزش و آزمایش هوش مصنوعی

مزایای هوش مصنوعی همچنان درحال افزایش است، اما تا آنجا که منابع آموزشی و آزمایشی هوش مصنوعی توسعه‌یافته و در دسترس قرار داده شده باشند. تنوع، عمق، کیفیت و دقت مخازن داده‌های آموزشی و سایر منابع به‌طور قابل توجهی در عملکرد هوش مصنوعی تأثیر می‌گذارد. بسیاری از فناوری‌های مختلف هوش مصنوعی نیازمند داده‌هایی با کیفیت بالا برای آموزش و آزمایش، همچنین بستر آزمایشی تعاملی و پویا و محیط‌های شبیه‌سازی دارند. بیش از یک درخواست فنی که محدودیت آزمایش و آموزش هوش مصنوعی به چند نهادی که منابع و مخازن داده ارزشمند را نزد خود نگهداری

1. Cyber Grand Challenge
2. https://cgc.darpa.mil

می‌کنند می‌تواند باعث کندی پیشرفت باشد، این پدیده چالشی مهم برای مصالح عمومی است. احترام به علاقمندی‌ها و حقوق فردی و تجاری درباره داده‌ها ضروری است. تحقیقاتی برای توسعه مخازن داده باکیفیت و محیط‌هایی مناسب طیف وسیعی از کاربردهای هوش مصنوعی و ایجاد دسترسی مسئولانه به مخازن داده مناسب و منابع آموزشی و آزمایشی لازم است. کتابخانه‌ها و ابزارهای نرم‌افزاری منبع باز دیگری برای تسریع پیشرفت تحقیق و توسعه هوش مصنوعی مورد نیاز است. در بخش‌های زیر به اهمیت این زمینه‌های کلیدی پرداخته شده است.

تسهیل دسترسی به طیف وسیعی از مخازن داده برای پاسخگویی به نیازهای طیف متنوعی از علاقمندی‌ها و کاربردهای هوش مصنوعی

یکپارچگی و دسترسی به مخازن داده آموزشی و آزمایشی هوش مصنوعی برای اطمینان از نتایج قابل اعتماد علمی، از اهمیتی حیاتی برخوردار است. زیرساخت‌های تکنیکی و فنی– اجتماعی ضروری برای حمایت از تحقیقات تکرارپذیر در حوزه دیجیتال که چالشی مهم است، برای فناوری‌های هوش مصنوعی نیز نیازی اساسی است. نبود مخازن داده بازرسی شده و باز (مفتوح) قابل دسترس همزمان با وجود یک منشأ تعیین شده برای اختیار قابلیت تکثیر و انتشار، مانع مهم دیگری برای پیشرفت مطمئن هوش مصنوعی است.[1] همانند دیگر علوم تراکم داده، در اختیار داشتن مصادر داده‌ها از اهمیت حیاتی برخوردار است. محققان باید بتوانند نتایج را با داده‌های خود و داده‌های دیگر بازتولید کنند. مخازن داده‌ای به نمایندگی از چالش‌های کاربردهای دنیای واقعی باید وجود داشته باشند و نسخه‌های ساده‌سازی شده کافی به‌نظر نمی‌رسند. برای دستیابی سریع به پیشرفت، باید دسترسی به مخازن داده در اختیار دولت که با بودجه فدرال توسعه داده شده‌اند و تا حد ممکن مخازن داده‌ای که توسط صنایع نگهداری می‌شوند تأکید کرد.

جنبه یادگیری ماشین در چالش هوش مصنوعی اغلب با تحلیل‌های کلان داده‌ها ارتباط دارد. با نگاهی به گستره متنوعی از مخازن داده مرتبط، چالش رو به رشد ارائه مناسب، دسترسی و تحلیل داده‌های ساختارنیافته یا نیمه ساختاریافته خودنمایی می‌کند. چگونه داده‌ها می‌توانند به‌صورت مطلق یا نسبی (وابسته به زمینه) بازنمایی شوند؟ پایگاه‌های داده کنونی دنیای واقعی در برابر داده‌های غیرمنسجم، ناقص و نویز دار بسیار تأثیرپذیرند. بنابراین، تعدادی تکنیک‌های پردازش داده مانند پاکسازی، یکپارچه‌سازی، تبدیل، تقلیل و بازنمایی داده‌ها برای فراهم‌سازی مخازن داده مفید برای

1. Toward this end, the Intelligence Advanced Research Projects Activity (IARPA) Issued a Request for Information on Novel Training Datasets and Environments to Advance AI. See https://www.iarpa.gov/index.php/working-with-iarpa/requests-for-information/novel-training-datasets-and-environments-to-advance-artificial-intelligence.

کاربردهای هوش مصنوعی اهمیت دارند. چگونه پیش‌پردازش داده‌ها بر کیفیت داده‌ها تأثیر می‌گذارد؟ به‌ویژه اگر تحلیل‌های بیشتری نیاز باشد.

تشویق به اشتراک مخازن داده هوش مصنوعی (به‌خصوص پژوهش‌های توسعه‌یافته با بودجه دولتی) احتمالاً رویکردها و راه‌حل‌های خلاقانه هوش مصنوعی را برمی‌انگیزد. با این حال، اطمینان از به اشتراک‌گذاری امن داده برای فناوری‌های ضروری است، زیرا صاحبان داده‌ها در هنگام به اشتراک گذاشتن داده‌های خود با جامعه تحقیقاتی به خطر می‌افتند. توسعه و به اشتراک‌گذاری داده‌ها باید از قوانین و مقررات مربوطه نیز پیروی کند و با یک روش اخلاقی انجام شود. خطرات ممکن است به شیوه‌های مختلف ازجمله استفاده نادرست از داده‌ها، افشای نادرست یا نامناسب داده‌ها و محدودیت‌های تکنیکی شناسایی داده‌ها برای اطمینان از حفظ حریم خصوصی و صیانت از داده‌های محرمانه به‌وجود آیند.

ایجاد منابع آموزشی و آزمایشی برای پاسخگویی به منافع عمومی و تجاری

با روند انفجار دائمی داده‌ها، منابع داده‌ها و فناوری اطلاعات در سراسر جهان، تعدد و اندازه مخازن داده نیز درحال افزایش است. تکنیک‌ها و فناوری‌های تحلیل داده‌ها با حجم بالای منابع اطلاعات خام همگام نیست. أخذ، گزینش، تحلیل و بصری‌سازی داده‌ها همه چالش‌های پژوهشی کلیدی هستند و علم لازم برای استخراج دانش از داده‌های بسیار عظیم عقب مانده است. درحالی که انباره‌های داده وجود دارند، اما اغلب آنها قادر به تعامل با افزایش حجم رو به تزاید مخازن داده نیستند و اطلاعات محدودی درباره منشأ داده دارند و عملیات جستجو در داده‌های معنایی را پشتیبانی نمی‌کنند. انباره‌های داده چابک و پویا لازم است.

مثالی از برنامه زیرساخت باز اشتراک‌گذاری ضروری برای حمایت از پژوهش‌های هوش مصنوعی برنامه ایمپکت[1] است که وزارت امنیت داخلی آن را توسعه داده است.[2] این برنامه از طریق هماهنگی و توسعه داده‌های دنیای واقعی و قابلیت به اشتراک‌گذاری شامل ابزارها، مدل‌ها و روش‌ها از مساعی پژوهش درباره خطرات امنیت سایبری جهانی حمایت می‌کند. ایمپکت همچنین از به اشتراک‌گذاری داده‌های تجربی بین جامعه بین‌المللی تحقیق و توسعه سایبری، تأمین‌کنندگان زیرساخت‌های حیاتی و حامیان دولتی حمایت می‌کند. تحقیقات و توسعه هوش مصنوعی از برنامه‌هایی از این نوع در تمامی کاربردهای هوش مصنوعی بهره‌مند خواهد شد.

توسعه کتابخانه و ابزارهای نرم‌افزاری منبع باز (متن باز)

افزایش دسترسی کتابخانه‌ها و ابزار نرم‌افزاری متن باز دسترسی به فناوری‌های هوش مصنوعی

1. Information Marketplace for Policy and Analysis of Cyber-risk & Trust
2. https://www.dhs.gov/csd-impact.

پیشرفته را برای هر توسعه‌دهنده‌ای که به اینترنت متصل است، فراهم می‌آورد. منابعی مانند ابزار Weka [1]، OpeNLP [2] و MALLET [3] در کنار بسیاری منابع دیگر، توسعه و کاربرد هوش مصنوعی را شتاب بخشیدند. ابزارهای توسعه ازجمله انبارهای کدهای رایگان یا ارزان و سیستم‌های کنترل نسخه (نرم‌افزاری)، همچنین زبان‌های توسعه رایگان یا ارزان (برای مثال R, Python, Octave) موانع کمتری برای بهره‌برداری و گسترش این کتابخانه‌ها ایجاد می‌کنند. علاوه‌بر این، برای کسانی که نمی‌خواهند به‌طور مستقیم این کتابخانه‌ها را ادغام کنند، هر تعداد مورد نیاز سرویس‌های مبتنی‌بر اَبر یادگیری ماشین وجود دارند که می‌توانند کارهایی مانند تقاضای طبقه‌بندی تصاویر را از طریق پروتکل‌های وب با تأخیر کم و بدون نیاز به برنامه‌نویسی یا برنامه‌نویسی محدود انجام دهند. در نهایت، بسیاری از این سرویس‌های وب امکان استفاده از برخی سخت‌افزارها مانند سیستم‌های مبتنی‌بر واحد پردازش گرافیکی را نیز به‌طور اختصاصی فراهم می‌کنند. این امری قابل قبول است اگر فرض کنیم سخت‌افزارهای تخصصی برای الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند پردازنده‌های نورومورفیک نیز از طریق این سرویس‌ها به‌طور گسترده‌ای قابل دسترس خواهند بود.

این منابع در کنارهم زیرساخت‌های فناوری هوش مصنوعی را به وجود می‌آورند و نوآوری در بازار را برمی‌انگیزانند تا کارآفرینان بتوانند راه‌حل‌هایی برای حل مسائل دشوار بدون نیاز به سخت‌افزار یا نرم‌افزار گرانقیمت بیایند. بدون نیاز به سطح بالایی از تخصص هوش مصنوعی امکان رشد سیستم‌ها براساس تقاضا فراهم خواهد آمد. در دامنه هوش مصنوعی محدود، موانع نوآوری در بازار، نسبت به بسیاری از حوزه‌های فناوری بسیار کم است.

دولت ایالات متحده آمریکا برای حمایت از استمرار سطح بالای نوآوری در این زمینه، می‌تواند تلاش خود را در زمینه توسعه، پشتیبانی و استفاده از فناورهای باز هوش مصنوعی گسترش دهد. منابع باز وقتی برای بازنمایی اطلاعات معنایی استفاده می‌شوند بسیار سودمند خواهند بود.

دولت همچنین می‌تواند با تسریع به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی باز موارد بیشتری از این منابع را ایجاد کند و موانع ورود نوآوران به این حوزه را برطرف کند. دولت باید تا جایی که ممکن است در الگوریتم‌ها و نرم‌افزارها پروژه‌های متن باز مشارکت کند. با توجه به اینکه دولت نگرانی‌های خاص خود مانند تأکید بیشتر روی حریم خصوصی و امنیت داده‌ها را دارد، ممکن است توسعه مکانیسم‌هایی برای تسهیل آمادگی پذیرش سیستم‌های هوش مصنوعی برایش ضرورت داشته باشد. برای مثال، ایجاد یک وظیفه برای پایش افق بین سازمان‌های دولتی برای یافتن حوزه‌های بخشی کاربردی هوش مصنوعی در وزارتخانه‌ها ممکن است مفید باشد. پس باید نگرانی‌های خاصی که در

1. https://sourceforge.net/projects/weka/.
2. https://opennlp.apache.org.
3. http://mallet.cs.umass.edu.

استفاده از این نوع فناوری‌ها در سازمان‌ها وجود دارد مشخص شوند.

راهبرد ششم ــ اندازه‌گیری و ارزیابی فناوری‌های هوش مصنوعی از طریق استانداردها و معیاردهی‌ها

استانداردها، معیاردهی‌ها و آزمایشگاه‌ها و پذیرش آنها توسط جامعه هوش مصنوعی، برای هدایت و ترویج تحقیقات و توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی ضروری است. در بخش‌های بعدی زمینه‌هایی که نیازمند پیشرفت بیشتری هستند مشخص شده‌اند.

توسعه طیف گسترده‌ای از استانداردهای هوش مصنوعی

توسعه استانداردها باید شتاب گیرد تا با رشد سریع قابلیت‌ها و گسترش دامنه‌های کاربردهای هوش مصنوعی همگام شود. استانداردها الزامات، مشخصات و دستورالعمل‌هایی با ویژگی‌هایی ارائه می‌دهند که همواره استفاده می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که فناوری‌های هوش مصنوعی با اهداف حیاتی عملکردی و قابلیت همکاری به شکل ایمن و قابل اعتماد تلاقی می‌کنند. پذیرش استانداردها برای پیشرفت‌های فناورانه اعتبار به ارمغان می‌آورد و بازاری با قابلیت همکاری را گسترش می‌دهد. P1872-2015 مثالی از استانداردهای مرتبط با هوش مصنوعی است (هستی‌شناسی‌های استاندارد برای روباتیک و اتومایسون) که مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE) آن را توسعه داده‌اند. این استاندارد روشی سیستماتیک برای بازنمایش و ارائه دانش و مجموعه‌ای مشترک از اصطلاحات و تعاریف را ارائه می‌کند. این چارچوب، امکان انتقال دانش غیرمبهم بین انسان‌ها، روبات‌ها و دیگر سیستم‌های مصنوعی را به وجود می‌آورد، همچنین اساس بستری برای استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در روباتیک بنا می‌کند. تلاش بیشتری برای توسعه استانداردهای هوش مصنوعی در همه زیر دامنه‌های آن مورد نیاز است.

استانداردهایی که باید به آن توجه کرد به‌شرح ذیل هستند:

- مهندسی نرم‌افزار: برای مدیریت پیچیدگی سیستم، حفاظت، امنیت، نظارت و کنترل رفتارهای ناشیانه.
- عملکرد: به‌منظور اطمینان از دقت، قابلیت اتکا، استواری، قابلیت دسترسی و مقیاس‌پذیری.
- متریک: برای تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد و انطباق با استانداردها.
- ایمنی: به‌منظور ارزیابی مدیریت ریسک و تحلیل خطرات سیستم، تعاملات کامپیوتر و انسان، سیستم‌های کنترل و انطباق رگولاتوری.
- قابلیت استفاده: به‌منظور اطمینان از مؤثر، کارآمد و انتقال مستقیم بودن رابط‌های کاربری و کنترل‌ها.
- قابلیت همکاری: برای تعریف اجزای قابل تبادل، داده‌ها و مدل‌های تبادل از طریق رابط‌های استاندارد و سازگار.

- امنیت: به‌منظور توجه به محرمانگی، یکپارچگی و در دسترس بودن اطلاعات و همچنین امنیت سایبری.
- حریم خصوصی: برای کنترل صیانت از اطلاعات درحال پردازش، انتقال یا ذخیره‌سازی.
- ردیابی: به‌منظور ارائه یک رکور ثبت شده از تمامی رخدادها (اجرا، آزمایش و تکمیل) و گزینش داده‌ها.
- دامنه‌ها: برای تعریف واژگان استاندارد خاص دامنه و چارچوب مبادله.

سازماندهی معیاردهی‌های فناوری هوش مصنوعی

معیاردهی‌های ارزیابی و آزمون، سنجه‌های کمّی برای توسعه استانداردها و برآورد میزان انطباق با استانداردها فراهم می‌کنند. معیاردهی‌ها پیشران نوآوری با ترویج پیشرفت‌های هدفگذاری شده است که به‌طور راهبردی سناریوهای منتخب را مد نظر قرار می‌دهند. علاوه‌بر این آنها داده‌های عینی برای پایش تکامل علوم و فناوری‌های هوش مصنوعی ارائه می‌دهند. برای ارزیابی مؤثر فناوری‌های هوش مصنوعی، توسعه و استانداردسازی روش‌ها و مقیاس‌های آزمون‌های مؤثر و مرتبط ضروری است. روش‌های آزمون استاندارد، پروتکل‌ها و رویه‌هایی برای برآورد، مقایسه و مدیریت عملکرد فناوری‌های هوش مصنوعی وضع می‌کنند. برای تعریف سنجه‌های قابل سنجش به مقیاس‌های استاندارد نیاز است تا فناوری‌های هوش مصنوعی شامل و غیرمحدود به صفات دقت و پیچیدگی، دقت و کفایت، خطرات و عدم قطعیت، تفسیرپذیری، سوگیری ناخواسته، مقایسه با عملکرد انسانی و اثر اقتصادی نائل شوند.

مهم است که توجه داشته باشیم که معیاردهی‌ها مبتنی‌بر داده‌ها هستند و در راهبرد پنجم اهمیت مخازن داده برای آموزش و آزمایش بررسی شد.

مثالی موفق از معیاردهی‌های مرتبط با هوش مصنوعی مؤسسه ملی استاندارد و فناوری[1] است که مجموعه‌ای جامع از روش‌های استاندارد آزمون و مقیاس‌های عملکردی وابسته را برای قابلیت‌های کلیدی روبات‌های پاسخگو به سوانح ارائه داده است. هدف تسهیل مقایسه کمی نمونه روبات‌های مختلف از طریق به‌کارگیری داده‌های مهم آماری است که درباره قابلیت‌های روبات‌هایی کار می‌کند که با استفاده از روش‌های آزمون استاندارد گردآوری می‌شوند. این مقایسه‌ها می‌توانند تصمیم‌گیرندگان خرید را راهنمایی کنند و به توسعه‌دهندگان کمک کنند تا قابلیت‌های پیاده‌سازی را درک کنند. استانداردسازی نتایج روش‌های آزمون از طریق کمیته کاربردهای امنیت میهنی ای اس تی ام بین‌المللی برای تجهیزات عملیاتی روباتیک انجام می‌شود (ارجاع به استاندارد E54.08.01). نسخه‌های روش‌های آزمون برای به چالش کشاندن جامعه پژوهشی از طریق رقابت‌های لیگ روبات‌های نجات به‌کار گرفته می‌شوند که در آن بر قابلیت‌های ذاتی روبات‌ها تأکید می‌شود.[2] برای

1. National Institute of Standards and Technology (NIST)
2. http://www.robocup2016.org/en/.

مثال می‌توان از رقابت‌های روبات‌های چابک برای اتوماسیون صنعتی[1] نام برد که یک تلاش مشترک بین مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک و مؤسسه ملی استانداردها و فناوری است. در این رقابت‌ها چابکی روبات‌ها با به‌کارگیری آخرین پیشرفت‌های هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی آزمایش می‌شود. تمرکز اصلی در این رقابت بر آزمون چابکی سیستم‌های روبات‌های صنعتی با هدف توانمند کردن آنها به تولید و استقلال بیشتر و نیاز کمتر به صرف زمان است.

درحالی که این تلاش‌ها اساس محکمی برای پیشبرد معیاردهی‌های هوش مصنوعی به جلو را فراهم می‌کند، دامنه خاص‌شان آنها را محدود می‌کند. استانداردها، آزمایشگاه‌ها و معیاردهی‌های بیشتری در بازه گسترده‌ای از حوزه‌ها برای اطمینان از قابلیت اجرا و قابلیت پذیرش گسترده راه‌حل‌های هوش مصنوعی ضروری است.

افزایش دسترس‌پذیری آزمایشگاه‌های هوش مصنوعی

اهمیت آزمایشگاه‌ها در گزارش «آزمایشگاه سایبری آینده» چنین بیان شده است[2]: «آزمایشگاه‌ها نیازی اساسی هستند تا محققان بتوانند از داده‌های عملیاتی واقعی برای مدل‌سازی و اجرای تجارب سیستم‌ها دنیای واقعی.. و سناریوها در یک محیط خوب آزمون استفاده کنند». برخورداری از آزمایشگاه‌های متناسب نیاز همه زمینه‌های هوش مصنوعی است. دولت مقادیر زیادی از داده‌های حساس به مأموریت مخصوص خود را در اختیار دارد، اما بسیاری از این داده‌ها را نمی‌توان در جامعه تحقیقاتی خارج از کشور توزیع کرد. سازماندهی برنامه‌ای متناسب برای دانشگاهیان و پژوهشگران صنعتی برای هدایت پژوهش‌ها از طریق محیط‌های آزمایشگاهی حفاظت و سرپرستی شده توسط سازمان‌های معین می‌تواند مفید باشد. مدل‌های هوش مصنوعی و روش‌های تجربی به‌دست آمده می‌تواند توسط جامعه تحقیقاتی که به آن دسترسی داشته باشند اعتباردهی و اشتراک‌گذاری شوند و برای دانشمندان، مهندسین و دانش‌پژوهان هوش مصنوعی فرصت‌های منحصر به فردی فراهم کند که ممکن است به طریق دیگری میسر نشوند.

مشارکت جامعه هوش مصنوعی در استانداردها و معیاردهی‌ها

راهبری و هماهنگی دولت برای پیشبرد استانداردسازی و تشویق استفاده گسترده از آن درون دولت، دانشگاه‌ها و صنعت الزامی است. جامعه هوش مصنوعی از کاربران، صنعت و دولت تشکیل شده است و برای مشارکت در توسعه استانداردها و معیاردهی‌ها باید تقویت شود. با توجه به اینکه هر سازمان

1. http://robotagility.wixsite.com/competition.
2. SRI International and USC Information Sciences Institute, “Cybersecurity Experimentation of the Future (CEF): Catalyzing a New Generation of Experimental Cybersecurity Research”, Final Report, July 31, 2015.

دولتی جامعه را به روش‌های متنوعی مبتنی‌بر نقش و مأموریت آنها به‌کار می‌گیرد، تعاملات جامعه می‌تواند از طریق هماهنگی برای تقویت تأثیر آن استفاده کند. این هماهنگی برای گردآوری نیازهای مبتنی‌بر کاربر، پیش‌بینی نیازهای مبتنی‌بر توسعه و ترویج فرصت‌های آموزشی به‌صورت جمعی مورد نیاز است. نیازمندی‌های مبتنی‌بر کاربر اهداف و طراحی مسائل چالشی را شکل می‌دهد و ارزیابی فناوری را میسر می‌کند. مجهز شدن به معیاردهی‌ها، جامعه تحقیقات و توسعه را برای تعریف پیشرفت، بستن شکاف‌ها و پیشبرد راه‌حل‌های نوآورانه برای حل مسائل معین متمرکز می‌کند. این معیاردهی‌ها باید شامل روش‌هایی برای تعریف و تعیین واقعیت‌های روی زمین باشند. ایجاد ابزار شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل معیاردهی نیز تحولات هوش مصنوعی را شتاب خواهد بخشید. نتایج این معیاردهی‌ها همچنین به تطبیق فناوری مناسب با نیاز کاربر کمک می‌کند. معیاردهی‌های عینی برای انطباق استانداردها، لیست محصولات واجد شرایط و گزینش منبع احتمالی را نیز شکل می‌دهد.

صنعت و دانشگاه منابع اصلی برای فناوری‌های نوظهور هوش مصنوعی هستند. ترویج، هماهنگی و مشارکت آنها در فعالیت‌های مربوط به استانداردها و معیاردهی‌ها حیاتی است. با ظهور راه‌حل‌ها، فرصت‌هایی برای پیش‌بینی استانداردهای مبتنی‌بر کاربر و توسعه‌دهنده فراهم می‌شوند. این فرصت‌ها از طریق به اشتراک گذاشتن دیدگاه‌های مشترک برای معماری‌های فنی، توسعه پیاده‌سازی مرجع از استانداردهای درحال ظهور برای بیان امکانپذیر بودن آن، انجام آزمایش‌های قبل از رقابت برای اطمینان از کیفیت بالا، هم کنش‌پذیری راه‌حل‌ها و همچنین توسعه بهترین شیوه‌های کاربردهای فناوری فراهم می‌شود.

یک نمونه برنامه معیاردهی موفق، با تأثیرات بالا و مبتنی‌بر جامعه مرتبط با هوش مصنوعی، کنفرانس بازیابی متن TREC است[1] که NIST در سال ۱۹۹۲ آن را شروع کرد تا زیرساخت ضروری برای ارزیابی در مقیاس وسیع روش‌های بازیابی اطلاعات فراهم شود. بیش از ۲۵۰ گروه شامل دانشگاهیان و سازمان‌های کوچک و بزرگ تجاری در این کنفرانس شرکت کردند. استاندارد، به‌طور گسترده در دسترس قرار دارند و با مجموعه‌ای از داده‌های ارائه شده که آن را TREC ، از طریق احیای پژوهش بر بازیابی اطلاعات اعتباردهی کرده به‌طور دقیق ساختار یافته است.[2و3]

مثال دوم برنامه معیاردهی دوره‌ای NIST در حوزه بینایی ماشین است که روی بیومتریک‌ها[4] - به‌طورخاص تشخیص چهره - اجرا شده است.[5] این برنامه با ارزیابی تکنولوژی تشخیص چهره FERET در سال ۱۹۹۳ شروع شد و یک مخزن داده استاندارد از تصاویر چهره که برای پشتیبانی از توسعه الگوریتم تشخیص چهره و نیز ارزیابی پروتکل طراحی شده بود، ارائه داد. این تلاش شامل توزیع مخازن داده،

1. http://trec.nist.gov.
2. http://googleblog.blogspot.com/2008/03/why-data-matters.html.
3. E. M. Voorhees and D. K. Harman, TREC Experiment and Evaluation in Information Retrieval (Cambridge: MIT Press, 2005).
4. http://biometrics.nist.gov.
5. http://face.nist.gov.

میزبانی مشکلات چالشی و هدایت ارزیابی‌های تکنولوژی طی سال‌ها و به‌تدریج به‌عنوان گزینش فروشندگان تشخیص چهره FRVT [1]تکامل یافت. این برنامه معیاردهی در بهبود تکنولوژی تشخیص چهره مشارکت فراوانی داشت. TREC و FRVT می‌توانند مثال‌هایی از فعالیت‌های معیاردهی مؤثر و مبتنی‌بر جامعه باشند اما تلاش‌های مشابهی در دیگر حوزه‌های هوش مصنوعی ضروری است.

توسعه و پذیرش استانداردها و همچنین مشارکت در فعالیت‌های معیاردهی، هزینه به همراه دارد. سازمان‌های تحقیق و توسعه وقتی مزایای قابل توجهی مشاهده می‌کنند تشویق می‌شوند. به‌روزرسانی فرآیندهای مالکیت در تمامی آژانس‌ها شامل الزامات خاص استانداردهای هوش مصنوعی درخواست‌های پیشنهادی، جامعه را تشویق خواهد کرد تا بیشتر در توسعه و پذیرش استانداردها مشارکت کند. معیارهای مبتنی‌بر جامعه مانند TREC و FRVT چنان‌که موانع را رفع می‌کنند، با فراهم کردن انواع داده‌های آموزشی و آزمایشی که از روش‌های دیگر قابل دسترس نیستند باعث تقویت انگیزه‌های می‌شوند، رقابت سالم بین توسعه‌دهندگان فناوری را به‌منظور پیشبرد بهترین نوع از الگوریتم‌ها تقویت می‌کنند و معیارهای عملکرد عینی و مقایسه‌ای برای گزینش‌های منبع مربوطه ارائه می‌دهند.

راهبرد هفتم ـ درک بهتر نیازهای نیروی کار تحقیق و توسعه ملی هوش مصنوعی

دستیابی به پیشرفت‌های تحقیق و توسعه مورد نیاز هوش مصنوعی در این راهبرد نیازمند نیروی کار تحقیق و توسعه مکفی است. کشورهایی با بیشترین حضور در زمینه تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، موقعیت‌های راهبری در اتوماسیون آینده ایجاد خواهند کرد. نامزد صلاحیت‌هایی مانند ایجاد و توسعه الگوریتم، نمایش توانمندی‌ها و تجاری‌سازی می‌شوند. پرورش متخصصین فنی اساس این پیشرفت‌ها را فراهم می‌کند.

درحالی که هیچ اطلاعات رسمی نیروی کار هوش مصنوعی درحال حاضر وجود ندارد، گزارش‌های متعددی از بخش‌های تجاری و علمی نشان‌دهنده کمبود قابل توجه نیروی کار متخصص در زمینه هوش مصنوعی است. گفته می‌شود، عرضه متخصصان هوش مصنوعی نسبت به تقاضای موجود اندک است[2] و توقع می‌رود این تقاضا همچنان رشد داشته باشد.[3] گزارش‌ها نشان می‌دهند شرکت‌های های‌تک (فعال در سطح بالای فناوری) منابع قابل توجهی بر استخدام اساتید و دانشجویان با تخصص هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری می‌کنند.[4] بنابر این گزارش‌ها دانشگاه‌ها و صنایع بر سر استخدام و حفظ استعدادهای هوش مصنوعی در نزاع هستند.[5]

1. P. J. Phillips, "Improving Face Recognition Technology," Computer, 44 No. 3 (2011), pp. 84-96.
2. "Startups Aim to Exploit a Deep-Learning Skills Gap", MIT Technology Review, January 6, 2016.
3. AI Talent Grab Sparks Excitement and Concern", Nature, April 26, 2016.
4. "Artificial Intelligence Experts are in High Demand", The Wall Street Journal, May 1, 2015.
5. "Million Dollar Babies: As Silicon Valley Fights for Talent, Universities Struggle to Hold on to their Stars", The Economist, April 2, 2016.

مطالعات بیشتری برای درک بهتر نیازهای نیروی کار کنونی و آتی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی ضروری است. داده‌هایی برای توصیف وضعیت کنونی نیروی کار تحقیق و توسعه هوش مصنوعی شامل نیازهای دانشگاه، دولت و صنعت لازم است. این بررسی‌ها باید عرضه و تقاضای تیروی کار هوش مصنوعی را شناسایی کنند تا کمک کنند نیازهای نیروی کار آینده پیش‌بینی شود. درکی از طرح سیر پرورش استعدادهای نیروی کار تحقیق و توسعه لازم است. در نظر داشتن مسیرهای آموزشی و فرصت‌های بازآموزش محتمل الزامی است. مسائل متنوعی باید بررسی شود، زیرا مطالعات نشان داده است که نیروی کار فناوری اطلاعات متنوع می‌تواند به بهبود نتایج منجر شود.[1] هنگامی که نیازهای نیروی کار هوش مصنوعی کنونی و آتی بهتر درک شود، می‌توان برنامه‌ها و اقدامات مناسبی برای در نظر گرفتن چالش‌های نیروی کار موجود و پیش‌بینی شده ارائه کرد.

پیشنهادها

دولت فدرال می‌تواند با مشارکت خود از هفت اولویت راهبردی این طرح حمایت کند و با به‌کارگیری توصیه‌های ذیل چشم‌انداز مورد نظر خود را به‌دست آورد:

پیشنهاد ۱: توسعه چارچوبی برای تحقیق و توسعه هوش مصنوعی برای شناسایی فرصت‌های علوم و فناوری و پشتیبانی از هماهنگی‌های مؤثر در سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه هوش مصنوعی مطابق با راهبردهای ۱ تا ۶ این طرح.

سازمان‌های فدرال باید از طریق NITRD برای گسترش یک چارچوب تحقیق و توسعه که هماهنگی و پیشرفت در چالش‌های تحقیق و توسعه تبیین شده در این طرح را تسهیل کند همکاری کنند. این امر سازمان‌ها را قادر می‌کند به سهولت در حمایت از این طرح راهبردی، برنامه‌ریزی، هماهنگی و همراهی کنند. چارچوب پیاده‌سازی باید با در نظر داشتن اولویت‌های تحقیق و توسعه هر سازمان و براساس مأموریت‌ها، قابلیت‌ها، مقامات و بودجه آن سازمان‌ها استوار شود. براساس این چارچوب پیاده‌سازی، ممکن است برای اجرای هماهنگ دستورالعمل تحقیقاتی ملی هوش مصنوعی نیاز باشد برنامه‌های بودجه مقرر شود. برای کمک به پیاده‌سازی این برنامه راهبردی، NITRD باید یک گروه کاری درون سازمانی متمرکز روی هوش مصنوعی برای هماهنگی با دیگر گروه‌های کاری موجود تشکیل دهد.

پیشنهاد ۲: بررسی چشم‌انداز ملی برای ایجاد و تقویت نیروی کار با نشاط در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی مطابق با راهبرد هفتم این طرح.

---

1. J. W. Moody, C. M. Beise, A. B. Woszczynski, and M. E. Myers, "Diversity and the Information Technology Workforce: Barriers and Opportunities," Journal of Computer Information Systems, 43 (2003), pp 63-71.

نیروی کار با نشاط و پر جنب‌وجوش تحقیق و توسعه هوش مصنوعی برای مواجهه با چالش‌های تبیین شده در این گزارش اهمیت دارد. درحالی که برخی گزارش‌ها کمبود بالقوه رشد تعداد کارشناسان تحقیق و توسعه هوش مصنوعی را نشان داده‌اند، هیچ‌گونه اطلاعات رسمی برای توصیف وضعیت کنونی نیروی کار تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، طرح‌ریزی روند رشد نیروی کار و عرضه و تقاضا نیروی کار هوش مصنوعی وجود ندارد. با توجه به نقش نیروی کار تحقیق و توسعه هوش مصنوعی در رسیدگی به اولویت‌های راهبردی مشخص شده در این طرح، شناخت بهتری برای دستیابی و یا حفظ نیروی کار با نشاط تحقیق و توسعه هوش مصنوعی نیاز است. NITRD باید بهترین شیوه توصیف و تعریف نیازهای نیروی کار تحقیق و توسعه کنونی و آینده هوش مصنوعی را مطالعه کند، مطالعات بیشتری را انجام دهد یا توصیه‌هایی ارائه کند که بتواند نیروی کار تحقیق و توسعه کافی برای رسیدگی به نیازهای هوش مصنوعی در کشور را تأمین کند. چنان‌که نتایج مطالعات نشان داد، سازمان‌های فدرال مقتضی باید اقدامات لازم را برای اطمینان از اینکه نیروی کار تحقیق و توسعه ملی هوش مصنوعی ایجاد و تقویت می‌شوند، انجام دهند.

منبع و مأخذ

- NSTC (2016) , The National Artificial Intelligence Research and Developmenf Strategic Plan.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۵۸۳۶

عنوان گزارش: هوش مصنوعی و قانونگذاری (۳) (طرح راهبردی ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی)

نام دفتر: مطالعات بنیادین حکومتی (گروه بنیادین حکومتی)

تهیه و تدوین: سیدمحمد خوئی

ناظر علمی: سیدیونس ادیانی

متقاضی: ریاست مرکز

ویراستار ادبی: پرند فیاضی

واژه‌های کلیدی:

۱. هوش
۲. هوش مصنوعی
۳. قانون مصنوعی
۴. آینده قانون
۵. قانونگذاری آینده
۶. مجلس آینده
۷. پارلمان آینده
۸. آینده مجلس
۹. قانون آینده
۱۰. تأثیر فناوری بر قانون
۱۱. تأثیر فناوری بر جامعه
۱۲. فناوری نو
۱۳. قانونگذاری و هوش مصنوعی

تاریخ انتشار: ۱۳۹۷/۲/۱۸