

توسعه هوش مصنوعی (۳): ارائه تصویری از توسعه هوش مصنوعی در سطح جهان و ایران



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شماره مسلسل: ۲۰۴۰۴
کد موضوعی: ۳۱۰



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۱۱/۲۱

عنوان گزارش:
توسعه هوش مصنوعی (۳):
ارائه تصویری از توسعه هوش مصنوعی در سطح جهان و ایران

نوع گزارش: طرح/ لایحه □، نظارتی □، راهبردی ■

نام دفتر:
مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه فناوری‌های نوین)

مدیر مطالعه:
سهیلا خردمندنیا

تهیه و تدوین کنندگان:
زهره جعفری، سهیلا خردمندنیا،
ابوالقاسم رجبی، محمد ملائی

ناظران علمی:
حبیب‌اله ظفریان، سعید شجاعی

اظهار نظر کننده:
ایمان اکبری (دفتر مطالعات حکمرانی)

گرافیک و صفحه آرایی:
نفیسه حاجی صفری

ویراستار ادبی:
مزگان کاظمی



- واژه‌های کلیدی:
۱. هوش مصنوعی
 ۲. اخلاق هوش مصنوعی
 ۳. توسعه فناوری
 ۴. سند ملی هوش مصنوعی

تاریخ شروع مطالعه:
۱۴۰۳/۵/۱



فهرست مطالب

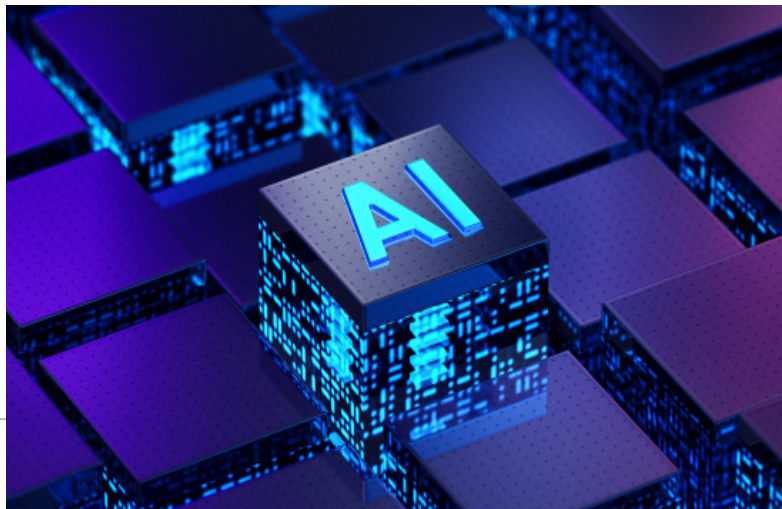
۷.....	چکیده.....
۸.....	خلاصه مدیریتی.....
۱۰.....	۱. مقدمه.....
۱۲.....	۲. هوش مصنوعی، کارکردها و زیرشاخه‌ها.....
۱۴.....	۳. پربسامدترین روند تغییرات رخدادها در مسیر توسعه هوش مصنوعی بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۳.....
۱۶.....	۴. روندهای توسعه برخی از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی.....
۱۸.....	۵. بررسی برخی مؤلفه‌های ارزیابی میزان توسعه هوش مصنوعی در جهان.....
۳۴.....	۶. شاخص‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران.....
۴۳.....	۷. جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی برای ایران.....
۴۹.....	منابع و مآخذ.....

فهرست شکل‌ها

۱۵.....	شکل ۱. پربسامدترین رخدادها در مسیر توسعه هوش مصنوعی بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۳.....
۱۶.....	شکل ۲. نمودار تعداد مدل‌های اصلی یادگیری ماشین در کشورهای مختلف جهان.....
۱۷.....	شکل ۳. نمودار چرخه عمر و بازیگران اصلی فناوری ان‌ال‌پی (پردازش زبان طبیعی) براساس تحقیق دانشگاه استنفورد.....
۱۹.....	شکل ۴. نمودار محاسبات آموزش در هوش مصنوعی متناسب با مدل‌های یادگیری ماشینی براساس مقیاس لگاریتمی، سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۲۱.....
۲۰.....	شکل ۵. نمودار محاسبات آموزش در هوش مصنوعی با مدل‌های یادگیری ماشینی بر مبنای مقیاس لگاریتمی در بخش‌های مختلف در سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۳.....
۲۳.....	شکل ۶. نمودار درصد انتشار محتوای علمی حوزه هوش مصنوعی بر حسب بخش و مناطق جغرافیایی منتخب.....
۲۴.....	شکل ۷. نمودار روند تغییرات ثبت اختراعات حوزه هوش مصنوعی طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۰ در جهان.....
۲۴.....	شکل ۸. نمودار تعداد مقالات کنفرانسی منتشر شده طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۰ (هزار مقاله).....
۲۵.....	شکل ۹. نمودار تعداد دانش‌آموختگان جدید رشته علوم رایانه‌ای در سه مقطع دانشگاهی آمریکا و کانادا (در بازه سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۰).....
۲۶.....	شکل ۱۰. نمودار نسبت استخدام فارغ‌التحصیلان جدید مقطع دکتری هوش مصنوعی در بخش‌های دولتی، صنعتی و دانشگاهی در آمریکا و کانادا (۲۰۲۲-۲۰۱۰).....
۲۶.....	شکل ۱۱. نمودار روند تغییرات در سهم مشاغل بر خط مبتنی بر هوش مصنوعی میان چهارده کشور OECD (۲۰۲۲-۲۰۱۹).....
۲۷.....	شکل ۱۲. نمودار درصد تغییرات پست‌ها و مشاغل مبتنی بر هوش مصنوعی در ایالات متحده آمریکا به تفکیک بخش‌ها (سال ۲۰۲۲ در مقایسه با سال ۲۰۲۳).....
۲۸.....	شکل ۱۳. نمودار تعداد شرکت‌های جدید هوش مصنوعی در نقاط مختلف جهان (۲۰۲۳-۲۰۱۳).....
۲۹.....	شکل ۱۴. نمودار سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی (۲۰۲۳-۲۰۱۳).....
۳۰.....	شکل ۱۵. نمودار میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حوزه هوش مصنوعی در میان مناطق پیشرو (میلیارد دلار) (۲۰۲۳-۲۰۱۳).....
۳۰.....	شکل ۱۶. نمودار میزان کل سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی (از ۲۰۲۳-۲۰۱۳) در حوزه هوش مصنوعی در مناطق مختلف جغرافیایی جهان (میلیارد دلار آمریکا).....
۳۱.....	شکل ۱۷. نمودار سهم بازار هوش مصنوعی در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۲۲.....
۳۳.....	شکل ۱۸. نمودار پاسخ سؤال شوندگان در مورد استفاده از محصولات و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی.....
۳۷.....	شکل ۱۹. نمودار جایگاه کشورهای برتر منتخب منطقه در تولید عملی در برخی شاخه‌های هوش مصنوعی در سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۴ (تعداد مدرک).....
۳۷.....	شکل ۲۰. نمودار تعداد مقالات منتشر شده در حوزه هوش مصنوعی در کشور به نقل از پایگاه سایماگو (۲۰۲۳-۱۹۹۶).....
۴۲.....	شکل ۲۱. نمودار سری زمانی بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایران (متوسط قیمت دلار سالیانه در بازار آزاد).....

فهرست جداول

جدول ۱. کشورهای برتر در زمینه انتشار مقالات هوش مصنوعی طبق ارزیابی سایماگو (۱۹۹۶-۲۰۲۳).....	۲۰
جدول ۲. رتبه‌بندی ده کشور برتر در فناوری‌ها و شاخه‌های منتخب هوش مصنوعی براساس مدارک تولید علمی طی سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۴.....	۲۲
جدول ۳. درآمدهای بازار از هوش مصنوعی در جهان به تفکیک فناوری در سال ۲۰۲۲ و پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۳۲	۳۲
جدول ۴. شاخص‌های کلان ارزیابی توسعه هوش مصنوعی در کشور	۳۴
جدول ۵. شاخص‌های ارزیابی کلان مندرج در سند ملی هوش مصنوعی منطبق با حوزه پژوهش و تولید علم	۳۶
جدول ۶. شاخص‌های ارزیابی کلان مندرج در سند ملی هوش مصنوعی منطبق با حوزه پژوهش و تولید علم	۳۸
جدول ۷. شاخص‌های ارزیابی کلان مندرج در سند ملی هوش مصنوعی منطبق با ظرفیت پذیرش دانشجو.....	۳۹
جدول ۸. شاخص‌های ارزیابی کلان در خصوص تعداد شاغلین و تربیت نیروی انسانی ماهر شاغل	۴۰
جدول ۹. شاخص‌های ارزیابی کلان منطبق با سرمایه‌گذاری و سهم بازار هوش مصنوعی.....	۴۰
جدول ۱۰. مقایسه برخی شاخص‌های کلان هوش مصنوعی در ایران و جهان	۴۶



توسعه هوش مصنوعی (۳): ارائه تصویری از توسعه هوش مصنوعی در سطح جهان و ایران

چکیده

در این پژوهش تلاش شده با توجه به شاخص‌های مطرح و پر استناد جهانی در حوزه هوش مصنوعی، وضعیت توسعه و کاربست این فناوری در جهان و ایران ترسیم شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد آمریکا، چین و انگلستان در اکثر مؤلفه‌ها از قبیل تولید علم، تعداد شرکت‌های فعال، میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و اشتغال‌زایی این حوزه، در زمره کشورهای برتر قرار دارند. در عین حال، روند شناخت و آگاهی از آثار به کارگیری هوش مصنوعی نیز بین مردم جوامع مختلف در سطح جهان به تدریج در حال افزایش است و تعداد متوسط افرادی که فکر می‌کنند مزایای این فناوری بیش از معایب آن است با تعداد افرادی که برعکس آن را معتقدند برابر است. با توجه به شاخص‌های مختلف رتبه‌بندی و ارزیابی تولیدات علمی کشورها، ایران در برخی شاخه‌ها از فناوری هوش مصنوعی نظیر شبکه‌های عصبی در جایگاه ششم جهان قرار دارد اما از منظر تأمین زیرساخت‌های اولیه پردازش، سرمایه‌گذاری دولت و جذب سرمایه بخش خصوصی در هوش مصنوعی و نیز اشتغال نیروهای متخصص در جایگاه مطلوبی قرار ندارد. به منظور توسعه سریع هوش مصنوعی در کشور پیشبرد اقدام‌هایی همچون تبیین شفاف وضعیت موجود و برنامه‌ریزی برای آینده، تأمین زیرساخت‌های فنی مورد نیاز از طریق همکاری بین بخش خصوصی و دولتی، تمرکز بر تقویت پژوهش‌های هدفمند تقاضا محور در کشور، تأمین مالی و جذب سرمایه برای توسعه هوش مصنوعی و حمایت از کسب و کارهای نوپا در کوتاه‌مدت با هدف جذب و نگهداشت متخصصین این حوزه بسیار ضروری است و ایجاد زیرساخت‌های قانونی می‌تواند ضمانت اجرای تحقق این اقدام‌ها را فراهم سازد.



خلاصه مدیریتی

بیان / شرح مسئله

در این مطالعه شاخص‌های پربسامد و مستند مطرح در حوزه هوش مصنوعی در جهان مدنظر قرار گرفته و سعی شده است در سطح جهانی برخی مؤلفه‌های اصلی و جامع در ارزیابی میزان توسعه هوش مصنوعی، نظیر میزان دانش آموختگی و اشتغال هوش مصنوعی، شرکت‌های فعال، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، سهم بازار، اخلاق پذیرش اجتماعی و در نهایت چشم‌انداز توسعه این فناوری در جهان ترسیم شده است. در مورد ایران نیز با تمرکز بر سند ملی هوش مصنوعی و انطباق شاخص‌های آن با شاخص‌های مطرح شده، وضعیت کشور در توسعه این فناوری مورد بررسی قرار گرفته است.

نقطه‌نظرات / یافته‌های کلیدی

در سطح جهانی

■ بخش قابل توجهی از پژوهش و تولید علم در حوزه هوش مصنوعی در جهان توسط مراکز و مؤسسه‌های دانشگاهی صورت می‌گیرد (به‌طور متوسط ۷۸ درصد) و سهم بخش صنعتی و دولتی در این زمینه به ترتیب ۱۰ و ۸ درصد است. چین، آمریکا، هند، ژاپن و انگلستان، پنج کشور برتر دنیا در تولید مقالات علمی هوش مصنوعی در بازه زمانی ۲۰۲۳-۱۹۹۶ هستند.

■ آمریکای شمالی رکورددار تعداد شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی جهان است، این میزان دو برابر مجموع تعداد شرکت‌های فعال این حوزه در اروپاست. در بازه ۱۰ ساله (۲۰۲۳-۲۰۱۳) آمریکا با ۵۵۰۹ شرکت و پس از آن چین با ۱۴۴۶ و انگلستان با ۷۲۷ شرکت فعال هوش مصنوعی دارای بیشترین تعداد شرکت در این حوزه بودند.

■ در آمریکای بازه ۱۰ ساله (۲۰۲۳-۲۰۱۳) به لحاظ میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی بابت ۳۳۵ میلیارد دلار پیش‌تاز بوده است. چین بعد از آمریکا با ۱۰۴ و انگلستان با ۲۲ میلیارد دلار در رتبه‌های بعدی سرمایه‌گذاری بخش خصوصی قرار گرفته‌اند. باین حال در دو سال گذشته، میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی چین در هوش مصنوعی کاهش یافته و حتی از اروپا نیز کمتر شده که می‌تواند ناشی از سیاست‌های کلان چین در حوزه فناوری و یا اثر بازدارندگی قوانین و مقرراتی باشد که به‌طور خاص در حوزه هوش مصنوعی در این کشور به تصویب رسیده است. ■ ارزیابی اثر اخلاقی هوش مصنوعی از منظر اجتماعی نشان داده که روند شناخت و آگاهی از آثار به کارگیری هوش مصنوعی بین مردم جامعه به تدریج در حال افزایش است. پیامدهای اخلاقی و اجتماعی این فناوری از نظر مردم جوامع مختلف در سطح جهان در حال پررنگ شدن است.

کشورما

■ براساس پایگاه استنادی سایماگو، بازه زمانی ۲۰۲۳-۱۹۹۶ ایران در جایگاه پانزدهم هوش مصنوعی جهان قرار دارد و براساس طبقه‌بندی شاخه‌های فناوری هوش مصنوعی به استناد وب‌آو ساینس در حوزه شبکه‌های عصبی در رتبه ۶ جهانی قرار دارد.

■ در حال حاضر، مقطع کارشناسی هوش مصنوعی وجود ندارد اما دانشگاه‌های کشور در مقاطع تکمیلی اقدام به پذیرش دانشجو در گرایش هوش مصنوعی با عنوان «علوم کامپیوتر گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی» و «مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک» برای مقطع ارشد و «محاسبات نرم و هوش مصنوعی» ذیل رشته علوم و مهندسی کامپیوتر و «رایانش و هوش مصنوعی» ذیل رشته علوم شناختی و اعصاب شناختی در مقطع دکتری کرده‌اند.

■ براساس آمار ارائه شده توسط سازمان سنجش، نظام دانشگاهی کشور در سال ۱۴۰۲ در مقطع دکتری ۱۷۲ نفر و در مقطع کارشناسی ارشد ۱۳۵۸ نفر ظرفیت پذیرش دانشجو ذیل گرایش‌های یاد شده در بالا داشته است.

■ آمار رسمی از سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی موجود نیست اما براساس مطالعات اولیه، سرمایه‌گذاری در قالب وام، تسهیلات و کمک‌های بلاعوض به برخی شرکت‌های فعال این حوزه تا ۹/۵ میلیون دلار، گزارش شده و ضرورت سرمایه‌گذاری حدود هشت میلیارد دلار تا ۱۴۱۰ تخمین زده شده است. هرچند برخی صاحب‌نظران معتقدند که برای اجرای پروژه‌های هوش مصنوعی بومی به اعتباراتی بیش از میزان برآورد شده نیاز است.

■ ارزش کل بازار این حوزه حدود ۱۶۰۰ میلیارد تومان در سال ۱۴۰۱ برآورد شده که سهم شرکت‌های کوچک و متوسط دانش‌بنیان از آن حدود ۱۱۲۰ میلیارد تومان (۱۶۰ میلیارد تومان با نرخ تعدیل سال ۱۳۹۴) بوده که در مقایسه با ظرفیت‌های بالقوه و انتظارات آتی بسیار اندک و قابل تأمل است.

■ در حال حاضر سندها یا توصیه‌نامه‌های اخلاقی در مورد هوش مصنوعی تدوین نشده و البته به‌طور رسمی نیز نگرش و افکار عمومی در مورد هوش مصنوعی مورد سنجش و ارزیابی قرار نگرفته‌است.

■ **سند ملی هوش مصنوعی** مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی در قالب یک جدول کلان، اهداف کمی توسعه هوش مصنوعی را تعیین نموده‌است. با این حال، تصویر وضعیت موجود در این جدول، اغلب ناظر به سال‌های ۱۴۰۰ یا ۱۴۰۱ است و قسمت قابل توجهی نیز فاقد مقدار کمی است که به‌نظر می‌رسد با توجه به ابلاغ سند در تیرماه ۱۴۰۳ و تحولاتی که امکان رخداد آن در این فاصله دوساله وجود داشته‌است، نتواند تحلیل صحیحی از چشم‌انداز و انتظارات ارائه دهد.

پیشنهاد راهکار تقنینی، نظارتی یا سیاستی

قرار گرفتن ایران در زمره ۱۰ کشور برتر هوش مصنوعی در دنیا به‌عنوان یکی از چشم‌اندازهای توسعه این حوزه قطعاً نمی‌تواند فقط معطوف به تولید دانش آن باشد.

از جمله اقدام‌های پیشنهادی که می‌تواند در چارچوب زیرساخت‌های قانونی ضمانت اجرای آن را نیز تقویت نمود عبارتند از:

■ تبیین شفاف‌تر وضعیت موجود و برنامه‌ریزی برای آینده

– ایجاد یک مرکز رصد شاخص‌های توسعه هوش مصنوعی وفق سند ملی به کمک کاروان بخش خصوصی و با نظارت سازمان ملی هوش مصنوعی.

– توسعه و تولید شاخص بومی سنجش توسعه هوش مصنوعی در کشور با قابلیت انطباق و مقایسه با شاخص‌های جهانی رتبه‌بندی.

■ تأمین مالی و جذب سرمایه برای توسعه هوش مصنوعی

– ایجاد یک صندوق ملی اختصاصی با مشارکت دولت و سرمایه بخش خصوصی با هدف توسعه لایه‌های عمیق هوش مصنوعی، توسعه خدمات پایه و کاربردی هوش مصنوعی و اجرای تکالیف و تعهدات دولت.

■ تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز از طریق همکاری بین بخش خصوصی و دولتی

– استفاده از ظرفیت اپراتورهای داده برای یکپارچه‌سازی داده‌های بخشی و تسهیل دسترسی توسعه‌دهندگان به داده.

– تأمین سریع تجهیزات، پردازنده‌ها و سخت‌افزارهای اختصاصی هوش مصنوعی و ایجاد مرکز ملی پردازش سریع با ظرفیت یک اگزافلاپس ویژه طرح‌های هوش مصنوعی.

– حمایت از ظرفیت‌های خُرد پردازشی کشور برای تأمین زیرساخت پردازش اشتراکی با ظرفیت پنج اگزافلاپس.

– بهره‌گیری از توان بخش خصوصی برای راه‌اندازی نیروگاه‌های کم‌توان و توزیع شده برای تأمین انرژی مورد نیاز پردازش با حجم بالا.

■ تمرکز بر تقویت پژوهش‌های هدفمند تقاضامحور در کشور

– فراهم کردن زیرساخت‌های داده‌های باز برای تسهیل و تقویت دسترسی پژوهشگران.

– تخصیص بودجه به دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌های منتخب برای انجام تحقیقات کاربردی، عمیق و بلندمدت هوش مصنوعی و تعریف سازوکارهای نظارتی همچون ارزیابی کیفیت و ایجاد بستر رقابت.

■ حمایت از کسب و کارهای نوپا

– نگهداشت نخبگان و متخصصان هوش مصنوعی با ایجاد انگیزه‌های لازم در مسیر حمایت از شرکت‌های خُرد و کوچک و متوسط هوش مصنوعی (در قالب پژوهانه (Grants) مستقیم تحقیق و توسعه به اشخاص حقیقی، اعمال مالیات با نرخ صفر بر حقوق کارکنان شاغل در شرکت‌های خُرد و کوچک مورد تأیید سازمان ملی هوش مصنوعی با کمتر از ۱۰ پرسنل (وفق دستورالعمل‌ها و ضوابطی که تعیین می‌شود) و ...).

– تعریف پروژه‌های کوچک مقیاس در صنایع مبتنی بر حل مسائل واقعی صنعت و بر مبنای نقشه راه ترسیم شده در سازمان ملی هوش مصنوعی با حمایت این سازمان و توسط شرکت‌هایی با کمتر از پنجاه نفر پرسنل (شرکت‌های کوچک و متوسط) یا کنسرسیوم‌هایی از شرکت‌های با کمتر از ۱۰ پرسنل فنی هوش مصنوعی (شرکت‌های خُرد) قابل انجام باشد.

– تدوین دستورالعمل‌ها و حمایت‌های اختصاصی توسعه هوش مصنوعی توسط معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان ریاست جمهوری در راستای بهره‌مندی از ظرفیت‌های قانون جهش تولید دانش بنیان مصوب ۱۴۰۱.



۱. مقدمه

گرچه نمی‌توان تعریف دقیقی برای هوش مصنوعی در نظر گرفت، اما در کل اساس هوش مصنوعی (AI) آن است که هوش انسان و طریق کار آن به گونه‌ای تعریف شود که یک ماشین بتواند علاوه بر یادگیری به راحتی و به درستی نظیر هوش انسان را اجرا کند. هدف هوش مصنوعی در حقیقت بر سه پایه استوار است: یادگیری، استدلال و درک. فناوری‌های هوش مصنوعی ماشین را قادر می‌سازد با تقلید از توانایی‌های انسانی بر اساس سه شاخص فوق به درک و کشف محیط پیرامون پرداخته و به کمک قدرت یادگیری به سطوح بالاتری از هوشمندی دست یافته و به تجزیه و تحلیل و درک اطلاعات گردآوری شده بپردازد [۱].

نیلز نیلسون^۱ به عنوان یکی از پیشگامان هوش مصنوعی، این دانش را نوعی فعالیت خاص در ایجاد هوش در ماشین‌ها دانسته و این ویژگی است که یک موجود بتواند به طور مناسب و با پیش‌بینی در محیط خود عمل کند [۲].

با گسترش استفاده همگانی از رایانه و افزایش قدرت محاسباتی و قدرت یادگیری زبان در رایانه‌ها، دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ را می‌توان «عصر طلایی هوش مصنوعی» دانست [۳].

این فناوری با پژوهش‌های آلن تورینگ^۲ و کلود شانون در سال ۱۹۵۶ به طور رسمی در کنفرانسی در کالج دارتموث مطرح شد و در دهه ۱۹۸۰، در چند دانشگاه و مؤسسه تحقیقاتی محبوبیت یافت. در ادامه، طراحی آن با هدف خدمت‌رسانی تخصصی به افراد غیرمتخصص توسعه یافته و به مرحله عملیاتی وارد شد. در سال ۲۰۰۶ و در سال ۲۰۱۲، جفری هیلتون و همکارانش با پیشنهاد رویکردی برای ایجاد شبکه‌های عصبی پیشرفته‌تر، توانستند در شبکه عصبی یادگیری عمیق^۳ تحولات بنیادینی انجام دهند از آن زمان تا به امروز، هوش مصنوعی دوره‌های گوناگونی را سپری کرده و وارد مرحله بلوغ فناوری و تجاری شده است [۴]. این فناوری حوزه‌های وسیعی از دانش را دربر گرفته که در نقطه تلاقی میان چند دانش بزرگ دیگر از جمله علوم رایانه‌ای، الکترونیک، روانشناسی، زیست‌شناسی، زبان‌شناسی، منطق و فلسفه نیز قرار گرفته است. می‌توان بیش از بیست زیرشاخه برای هوش مصنوعی برشمرد که در میان آنها یادگیری ماشین،^۴ شناخت طبیعی زبان پردازش،^۵ شناخت الگو،^۶ رباتیک،^۷ سامانه‌های خبره،^۸ شبکه‌های عصبی،^۹ منطق فازی^{۱۰} و الگوریتم ژنتیک^{۱۱} از اهمیت بسزایی برخوردار است [۵].

کاربردهای متنوع و عمومی هوش مصنوعی باعث شده است روند توسعه و رشد این فناوری بسیار سریع‌تر از سایر فناوری‌ها باشد. مؤسسه‌های معتبر بین‌المللی نظیر گartner، مکنزی و آکسفورد

۱. Nils J. Nilsson یکی از دانشمندان آمریکایی و از پیشگامان حوزه هوش مصنوعی (۱۹۳۳-۲۰۱۹) است که دکترای مهندسی برق خود را از دانشگاه استنفورد در سال ۱۹۶۱ دریافت کرد. او یکی از برجسته‌ترین دانشمندان مرکز تحقیقات دانشگاه استنفورد در توسعه هوش مصنوعی بود.

2. Alan Mathison Turing

3. Deep Learning

4. Machine Learning

5. Natural Language Processing

6. Pattern Recognition

7. Robotic

8. Expert System

9. Neural Network

10. Fuzzy Logic

11. Genetic Algorithm

اینسایت^۱ توسعه سریع و همه جانبه این فناوری تا سال ۲۰۳۰ را پیش بینی کرده اند. ارزش اقتصادی قابلیت های هوش مصنوعی کاربردی در پژوهش های مکنزی در سال ۲۰۲۲، بین ۲۶-۱۷ تریلیون دلار تخمین زده شده و سهم شرکت هایی که به دنبال این ارزش اقتصادی هستند، رو به افزایش است. در بررسی سالیانه مکنزی سهم سازمان هایی که هوش مصنوعی را پیاده سازی نموده اند در سال ۲۰۱۷ معادل ۲۰ درصد بود، اما این میزان در سال ۲۰۲۲ به بیش از دو برابر، (۵۰ درصد) رسیده است [۶].

آمریکای شمالی مهد شرکت های بزرگی نظیر فیس بوک، آمازون، گوگل، آی بی ام، مایکروسافت و اپل است که نقش بسیار اثر بخشی در توسعه بازار هوش مصنوعی در این منطقه دارند. تقاضای بالای محصول های سخت افزاری و نرم افزاری خود کار و پیشرفته هم در بخش مصرف کننده نهایی و هم در بخش صنعت وجود داشته و راهبردها و سیاست های دولتی مبتنی بر تشویق این بخش ها به اتخاذ فناوری های پیشرفته حاصل از هوش مصنوعی بوده است. یکی از سیاست های حوزه گسترش هوش مصنوعی را می توان در فرمان ۱۱ فوریه ۲۰۱۹، رئیس جمهور آمریکا با عنوان «حفظ رهبری آمریکا در هوش مصنوعی»^۲ دانست که به منظور سیطره بیشتر این کشور بر بازار هوش مصنوعی به امضا رسید. براساس این مصوبه دولت ترامپ، پنج اقدام اساسی صورت گرفت که عبارت بودند از: ۱. افزایش سرمایه گذاری برای پژوهش های حوزه هوش مصنوعی، ۲. آزاد سازی منابع محاسباتی و داده های مرتبط با هوش مصنوعی در دولت فدرال، ۳. تعیین استانداردهای فنی هوش مصنوعی، ۴. آموزش و تربیت نیروی انسانی متخصص و ماهر در هوش مصنوعی و به کارگیری آن در بخش خدمات آمریکا و ۵. برقراری ارتباط با متحدان بین المللی در حوزه هوش مصنوعی. این پنج اقدام به عنوان مقدمات «قانون ابتکار هوش مصنوعی ملی سال ۲۰۲۰»^۳ در آمریکا شناخته شد [۷].

بودجه دولت فدرال برای توسعه هوش مصنوعی در بخش غیر دفاعی در سال ۲۰۲۲ معادل ۱/۷ میلیارد دلار گزارش شده که عمدتاً صرف حمایت از تحقیق و توسعه شده است.

در اروپا نیز کشورهایی نظیر انگلیس، فرانسه، آلمان و سوئد از پیش گامان هوش مصنوعی در سطح جهانی مطرح هستند. بازار هوش مصنوعی در آلمان طی سال ۲۰۲۲ به ارزش ۲۵/۷ میلیارد دلار بوده و پیش بینی می شود نرخ رشد سالیانه سرمایه گذاری از سال های ۲۰۲۳ تا ۲۰۳۲ به ۲۱ درصد رسید [۸]. از طرفی، در آسیای شرقی کشوری نظیر چین به عنوان پیشرو در عرصه هوش مصنوعی نه تنها در آسیا که در سطح جهانی شناخته شده و رقابت تنگاتنگی با آمریکا دارد. باید و^۴ در چین به عنوان بزرگترین شرکت فعال در حوزه هوش مصنوعی است که طیف وسیعی از خدمات مبتنی بر اینترنت و محصولات مرتبط با آن برای کاربران و کسب و کارها ارائه می نماید. این شرکت علاوه بر ارائه خدمات به کاربران و شرکت ها، قراردادهای بزرگی را برای جذب سرمایه گذاری ها و واگذاری گروه های خدمات مالی به منظور خلق ثروت و خدمات مرتبط با تجارت در اختیار قرار می دهد. در ژاپن نیز به ترتیب سهم بازار هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۲ معادل ۲۰/۲ میلیارد دلار بود و پیش بینی می شود نرخ رشد سالیانه سرمایه گذاری در ده سال آتی ۲۱ درصد باشد. در این میان، جایگاه هوش مصنوعی در منطقه خاور میانه نه با سرعت اروپا و آمریکا اما با روندی خطی در حال افزایش است به طوری که کشورهایی نظیر رژیم صهیونیستی با راه اندازی شرکت های بزرگ فناوری مانند ویز^۵ و موبایل آی،^۶ امارات متحده عربی با سرمایه گذاری های بزرگ در حوزه این فناوری، عربستان سعودی با توسعه برنامه ها و طرح های این زمینه و ترکیه با راه اندازی رباتیک، تحلیل داده و اینترنت اشیا بوده است [۹].

با گسترش هر چه بیشتر هوش مصنوعی در سطح جهانی، لزوم شناسایی مؤلفه ها و شاخص های ارزیابی سیاست های کشورها در مسیر توسعه این فناوری پررنگ تر می شود.

هر ماه مدل های جدیدی از هوش مصنوعی در مقیاس بزرگ در حال انتشار است و مجموعه های بزرگ و مؤسسه ها علمی زیادی در سراسر جهان به دنبال معرفی این شاخص ها و باز تعریف آنها هم راستا با سرعت تحولات این فناوری هستند. مراکز پژوهشی متعددی در جهان نظیر دانشگاه استنفورد برای ارزیابی و رصد تحولات هوش مصنوعی هر ساله با تعریف برخی شاخص ها به بررسی روند تغییرات و توسعه این فناوری

1. Gartner, McKinsey and Oxford Insights

2. Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence

3. National AI Initiative Act of 2020 (NAIIA)

۴. Baidu به عنوان پلتفرم موتور جستجو در چین از سال ۲۰۰۰ فعالیت خود را آغاز کرد و از سال ۲۰۱۰ به صورت کاملاً تخصصی به توسعه هوش مصنوعی پرداخته است. هسته اصلی موتور جستجو در حوزه کسب و کارهای هوش مصنوعی در چین موسوم به «بایدو برین» است. جهت کسب اطلاعات بیشتر در خصوص مأموریت ها و کارکردهای این موتور جستجو به وبگاه ذیل مراجعه شود: <https://ir.baidu.com/company-overview>

5. Waze

6. Mobile Eye



می‌پردازند و تحلیل جامعی از تحقیق و توسعه و وضع موجود هوش مصنوعی ارائه می‌نماید. عمده مؤسسه‌های پژوهشی و مراکز تحقیقاتی نیز بدین شاخص‌ها و مؤلفه‌های آن اشاره می‌کنند اما هنوز شاخص استاندارد و همه‌گیری برای بررسی ابعاد و مؤلفه‌های مختلف مرتبط به این توسعه پایدار و ایمن هوش مصنوعی تعیین نشده است. از آنجایی که گزارش این دانشگاه بر پایه هوش مصنوعی انسان‌محور تهیه شده و طیف وسیعی از موضوعات مرتبط با هوش مصنوعی نظیر توسعه دانش و فناوری‌های هوش مصنوعی، سرمایه‌گذاری‌ها، حجم بازار، ملاحظات اخلاقی، پیشرفت‌های فناوریانه و آثار اجتماعی پوشش داده می‌شود؛ مرجعی برای آگاهی‌بخشی به سیاست‌گذاران، پژوهشگران و صنعتگران هوش مصنوعی است. در این گزارش تلاش شده است با توجه به شاخص‌های مطرح و پر استناد جهانی در حوزه هوش مصنوعی، برخی مؤلفه‌های آن نظیر میزان دانش آموختگی و اشتغال هوش مصنوعی، شرکت‌های فعال، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، سهم بازار، اخلاق، پذیرش اجتماعی و در نهایت چشم‌انداز توسعه این فناوری در جهان ترسیم شود.

هرچند در برخی از پژوهش‌های گذشته، تصویر مختصری از روندها و وضعیت توسعه هوش مصنوعی در سطح جهانی ارائه شده [۱۰]، اما در این پژوهش تلاش شده است این موضوع به صورت نظام‌مندتر و با بهره‌گیری از شاخص‌های مطرح جهانی از زوایای مختلف مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه به دلیل فراگیر بودن مؤلفه و شاخص‌های هوش مصنوعی در دانشگاه استنفورد بدان توجه ویژه‌ای شده و در عین حال از برخی داده‌ها و اطلاعات خارج از گزارش منتشره آن نهاد نیز در راستای ترسیم وضعیت و چشم‌انداز توسعه هوش مصنوعی بهره گرفته شده است.

شایان توجه است، هدف از این پژوهش معرفی یا ترویج شاخص‌های پیشنهادی این مراکز و مؤسسات نبوده و تمرکز اصلی آن بر مؤلفه‌های اصلی و جامع در ارزیابی میزان توسعه هوش مصنوعی و ارائه تصویری از فعالیت‌ها، سرمایه‌گذاری‌ها و وضعیت برخی کشورهای پیشرو و منتخب در این حوزه است. بدین ترتیب برخی از مؤلفه‌ها همچون تحقیق و توسعه، آموزش و توسعه مهارت‌های مرتبط با هوش مصنوعی، سرمایه‌گذاری‌های صنعتی این حوزه و استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در صنایع و بخش‌های مختلف خدمات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در بخش رصد توسعه هوش مصنوعی در ایران نیز سعی شده با توجه به مؤلفه‌های بخش نخست (بین‌الملل) جایگاه کشور در مقایسه با سایر کشورها بررسی شود.

۲. هوش مصنوعی، کارکردها و زیرشاخه‌ها

هرچند دسته‌بندی‌های متنوعی برای معرفی کارکردها و زیرشاخه‌های هوش مصنوعی وجود دارد اما گزارش دانشگاه استنفورد، این کارکردها را مبتنی بر بهبود عملکرد کسب و کارها و توسعه مشاغل، طبقه‌بندی کرده است. بر این اساس کارکردها در زیر معرفی شده‌اند:

■ خودکارسازی فرایندهای رباتیک^۱

در این کارکرد از ربات‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی برای انجام فعالیت‌های مختلف در یک فرایند استفاده می‌شود. شرکت‌ها به کمک این فناوری قادر خواهند بود فرایندهای کاری خود را بهبود بخشیده و بهینه‌تر عمل کنند. از دیگر کاربردهای رباتیک می‌توان به خودکارسازی وظایف مکرر و پیچیده بهینه‌سازی فرایندهای تولید، خدمات، کاهش هزینه‌ها و کوتاه شدن زمان کار اشاره کرد. در سال ۲۰۲۲ این قابلیت ۳۹ درصد از کاربردهای هوش مصنوعی را به خود اختصاص داد.

■ رایانش بصری^۲

رایانش بصری به ماشین‌ها و رایانه‌ها امکان تحلیل تصاویر و ویدئوها را می‌دهد و از آنها اطلاعات استخراج می‌کند. در این فناوری از الگوریتم‌ها، شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های تشخیص الگو استفاده می‌شود تا اشیاء، صورت‌ها، شناسه‌ها، محیط‌ها و ویژگی‌های دیگر تصاویر تمیز داده شود. از این فناوری در شناسایی چهره، تشخیص خودروها در جاده، تشخیص اشیاء در تصاویر پزشکی، تشخیص اشیاء در محیط‌های صنعتی و بسیاری حوزه‌های دیگر استفاده می‌شود. این قابلیت در سال ۲۰۲۲، معادل ۳۴ درصد بوده است.

1. Robotic Process Automation (RPA)

2. Computer Vision

■ قابلیت درک متن یا پردازش زبان طبیعی

در این کارکرد، به ماشین‌ها و رایانه‌ها امکان درک و تحلیل زبان انسان آموزش داده می‌شود. این فناوری از الگوریتم‌ها، مدل‌های زبانی، شبکه‌های عصبی و روش‌های متن‌کاوی استفاده می‌کند تا اطلاعات مفهومی و ساختاری از متون و گفتارها استخراج شود. درک متن به ماشین‌ها امکان می‌دهد تا متون را تحلیل کرده و اطلاعاتی مانند موضوع، مفهوم، احساسات، شناسایی اجزای مختلف متن و دسته‌بندی متون را استخراج کنند. این فناوری در بسیاری از حوزه‌ها مانند پردازش زبان طبیعی، ترجمه ماشینی، خلاصه‌سازی متن، تحلیل احساسات، پرسش و پاسخ خودکار و بسیاری دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه در بسیاری از سیستم‌ها و برنامه‌های هوشمند قابلیت درک متن مورد استفاده قرار می‌گیرد و نقش مهمی در توسعه فناوری‌های مبتنی بر زبان انسان ایفا می‌کند و درصد این قابلیت ۳۳ درصد اعلام شده است.

■ عامل مجازی هوشمند^۱

عامل مجازی هوشمند که گاهی ربات چت هم نامیده می‌شود، نوعی برنامه نرم‌افزاری است که از مجموعه دستورالعمل‌های کدگذاری شده^۲ هوش مصنوعی برای ارائه خدمات یا راهنمایی خودکار به انسان‌ها استفاده می‌کند. عامل‌های مجازی معمولاً توسط سازمان‌ها برای ارائه خدمات مشتری و پاسخ به سؤالات معمول مشتری، برآورده کردن درخواست‌های مشخص و استاندارد همچنین رسیدگی به مشکلات ساده استفاده می‌شوند. این قابلیت و کاربرد آن با ۳۳ درصد، در سال ۲۰۲۲ معرفی و به کار رفته است.

■ بهینه‌سازی عملیات خدمات^۳

این فرایند جهت بهبود کارایی و اثربخشی در ارائه خدمات یک سازمان به کار می‌رود. با بهینه‌سازی عملیات خدمات، سازمان‌ها می‌توانند رضایت مشتری را بهبود بخشند، رقابت‌پذیری را افزایش دهند و به عملکرد کلی بهتری دست یابند. کاربردی بودن این کارکرد در سال ۲۰۲۲ حدود ۲۴ درصد بوده است.

■ ایجاد محصولات جدید مبتنی بر هوش مصنوعی^۴

این کارکرد شامل توسعه راه‌حل‌های نوآورانه است و از فناوری‌های هوش مصنوعی برای رفع نیازها یا چالش‌های خاص استفاده می‌شود با ۲۰ درصد قابلیت به کارگیری در سال ۲۰۲۲ ثبت شده است.

■ تقسیم‌بندی مشتری در هوش مصنوعی^۵

از این قابلیت می‌توان در انجام تحلیل داده‌ها و بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین نظیر الگوریتم‌های خوشه‌بندی، الگوریتم‌های طبقه‌بندی و سیستم‌های پیشنهاددهی استفاده کرد که درصد قابلیت به کارگیری این فناوری معادل ۱۹ درصد بوده است.

■ تجزیه و تحلیل خدمات مشتری^۶

شامل فرایند گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌های مشتریان است. داده‌ها از تمام نقاط ارتباط با مشتری اعم از پیام‌ها، خریدها، بازخورد نظرسنجی، بازده و جمعیت‌شناسی به دست می‌آیند. شرکت‌ها اغلب از ابزارهای تحلیلی برای جمع‌آوری داده‌های مشتری که از سراسر کسب و کارها حاصل شده استفاده کرده تا بینش‌های ارزشمندی ایجاد کنند. این یافته‌ها به بازاریابی و توسعه محصول و هدایت تجربه کلی مشتری کمک می‌کند. این قابلیت در هوش مصنوعی که در سال ۲۰۲۲ گزارش شده معادل ۱۹ درصد اعلام شد.

■ بهبود محصولات جدید مبتنی بر هوش مصنوعی^۷

این قابلیت با ۱۹ درصد استفاده در سال ۲۰۲۲ از طریق به کارگیری سازوکارها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به منظور بهبود عملکرد و کارایی و تجربه کاربری محصولات انجام می‌شود که می‌تواند به شرکت‌ها کمک کنند تا محصولات جدید خود را بهبود داده و باعث افزایش رضایت‌مندی مشتریان و افزایش رقابت در بازار شود.

1. Intelligent Virtual Agent

2. Scripted Rules

3. Service Operations Optimization

4. Creation of new AI-Based Products

5. Customer Segmentation

6. Customer Service Analytics

7. New AI-based Enhancement of Products



■ به کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی کوپایل^۱

از یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی عمدتاً برای درک کد و ارائه پیشنهادهای هوشمندانه برای بهبود بهره‌وری و دقت بیشتر در کدنویسی استفاده می‌شود.

با توجه به نظرسنجی‌های انجام شده در پلتفرم برپایه وب موسوم به گیت‌هاب^۲، در خصوص بازخورد کاربران در مورد ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی کوپایل نظرسنجی شد، ۷۴ درصد کاربران از تمرکز بیشتر حاصل از به کارگیری این فناوری، رضایت داشتند و در عین حال ۸۸ درصد نیز اعلام کردند که به کارگیری این فناوری باعث سرعت بیشتر در کارها می‌شود. براساس این نظرسنجی، هوش مصنوعی کوپایل باعث تمرکز و کارایی بیشتر می‌شود [۱۱]

||| ۳. پربسامدترین روندهای تغییرات رخدادها در مسیر توسعه هوش مصنوعی بین سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۱۵ |||

سیستم‌های هوش مصنوعی همواره در حال رشد و توسعه است و سرعت تحولات آن پس از همه‌گیری کرونا شدت بیشتری یافته است. شرکت‌های بزرگی نظیر گوگل، متا^۳ و اپن‌ای‌آی^۴ همواره جدیدترین مدل‌های هوش مصنوعی را منتشر می‌کنند. برای مثال، در ماه آوریل سال ۲۰۲۲ شرکت اپن‌ای‌آی اعلام کرد که مدل تبدیل متن به تصویر هوش مصنوعی دال‌ای^۵ قادر به خلق تصاویر واقعی از ذهن است. در ماه ژوئیه ۲۰۲۲ یک میلیون کاربر از این مدل پال‌ای استفاده کردند و در ماه اوت ۲۰۲۲ شرکت استارت‌آپی به نام استیلیتی‌ای‌آی^۶ ابزارهای زیادی برای تبدیل متن به تصویر خلق کرد. این روند توسعه و پیشرفت نشان داده که هوش مصنوعی در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ با سرعت حرکت کرده است. در شکل ۱ به اجمال پربسامدترین روندهای تغییرات توسعه هوش مصنوعی بین سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۱۵ ارائه شده است [۱۲].

1. Copilot

3. Meta

4. Open AI

5. DALL-E2

6. Stability AI

۲. GitHub پلتفرمی برپایه وب است که جهت کنترل نسخه و همکاری در پروژه‌های توسعه نرم‌افزاری استفاده می‌شود.

شکل ۱. پریسامدترین رخدادها در مسیر توسعه هوش مصنوعی بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۳



Source: "Time Artificial Intelligence", (2024). AI Publications[12]

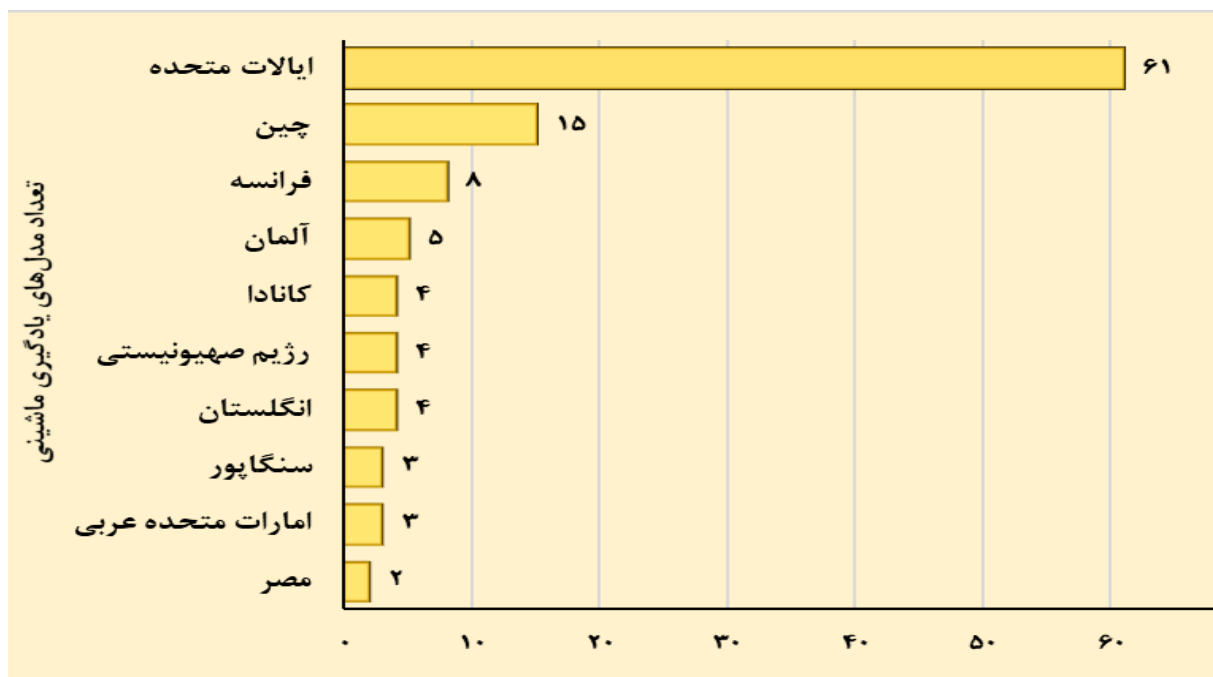


۴. روندهای توسعه برخی از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی

۴-۱. یادگیری ماشین (ML)

یادگیری ماشین شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که به مطالعه و ساخت سیستم‌هایی با قابلیت یادگیری از داده‌ها می‌پردازد. رایانه‌ها عمدتاً می‌توانند وظایف را بدون دستورالعمل‌های صریح انجام دهند و اغلب با تعمیم الگوهای موجود در داده‌ها این امر صورت می‌گیرد. در یادگیری ماشین برای مدل‌سازی و درک روابط پیچیده درون داده‌ها به شبکه‌های عصبی مصنوعی چند لایه نیاز است. هدف اصلی تخصیص و تعمیم است. تخصیص بدین معنا که نمونه‌های داده‌ای، با توابعی که بر اساس این نمونه‌ها آموزش داده می‌شوند، به گروه‌های مختلف اختصاص می‌یابد و تعمیم به معنای این است که سیستم بر نمونه‌های داده‌ای که در نظر گرفته نشده، نیز به خوبی عمل خواهد کرد. با توجه به اینکه نوآوری‌ها و فناوری‌های جدید با سرعت بسیار بالایی در حال توسعه و ارتقا است، یادگیری ماشین که در این چرخه قرار دارد روز به روز در تمام حوزه‌ها مانند بهداشت، امور مالی، خرده‌فروشی، تجارت الکترونیک، رسانه‌های اجتماعی و غیره در حال تکامل است. از سوی دیگر، سازمان‌ها بسیار متکی به بینش‌هایی هستند که از داده‌ها به روش یادگیری ماشین به دست می‌آید. بررسی روند توسعه این شاخه از هوش مصنوعی توسط دانشگاه استنفورد نشان می‌دهد تا سال ۲۰۱۴، توسعه اکثر سیستم‌های یادگیری ماشین توسط دانشگاه‌ها و آکادمی‌ها اتفاق افتاده در حالی که در سال ۲۰۲۲، ۳۲ بخش صنعتی بزرگ سیستم‌های یادگیری ماشین را طراحی و ارائه نمودند و بخش دانشگاهی و تحقیقاتی صرفاً سه سیستم یادگیری ماشین ارائه کردند. برای تولید سیستم‌های بزرگ و خارق‌العاده هوش مصنوعی به حجم زیادی داده، قدرت محاسباتی، منابع بزرگ مالی، و به کل منابع نیاز است و این امر فقط توسط بازیگران بزرگ بخش صنعتی امکان‌پذیر است در حالی که مؤسسات غیرانتفاعی و مراکز تحقیقاتی با بودجه و امکانات محدود از انجام آن در این سطح عاجزند [۱۳]. براساس آخرین گزارش به‌روز شده دانشگاه استنفورد در ۲۰۲۴، بیشترین تعداد مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین در آمریکای سال ۲۰۲۳، ۶۱ مدل گزارش شده و در رده‌های بعدی به ترتیب، چین با ۱۵ و سپس فرانسه با ۸ مدل قرار دارند. هر چند که جمع کل تعداد مدل‌های یادگیری ماشینی اتحادیه اروپا و انگلستان در این سال با ۲۵ مدل برای نخستین بار از سال ۲۰۱۹ تاکنون، از کشور چین پیشی گرفتند. در شکل ۲ تعداد مدل‌های اصلی یادگیری ماشین در کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۲۳ ارائه شده است.

شکل ۲. تعداد مدل‌های اصلی یادگیری ماشین در کشورهای مختلف جهان



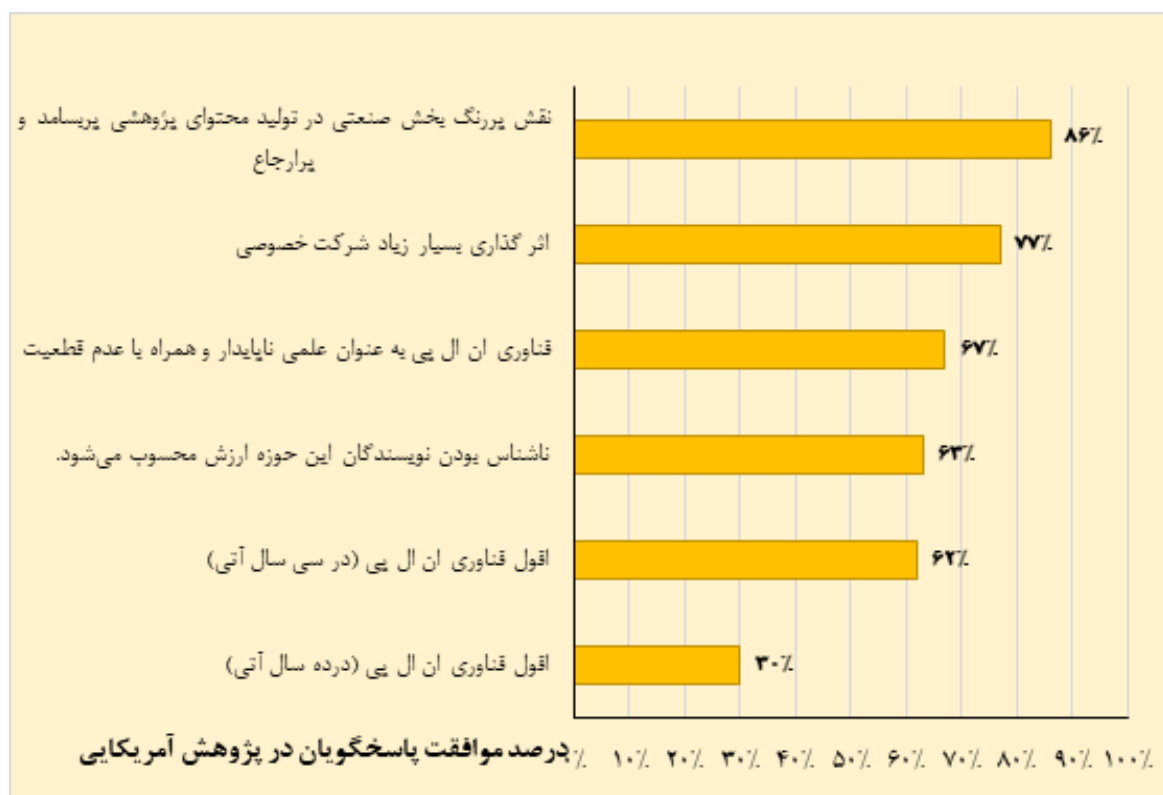
Source: Epoch and AI Index, 2023/ Chart:2024 AI Index Report [13]

۲-۴. روندهای توسعه پردازش زبان طبیعی

پردازش زبان طبیعی یکی از حوزه‌های هوش مصنوعی و زبان‌شناسی است که به تعامل ماشین و انسان می‌پردازد و شامل دو بخش درک معنا و مفهوم زبان و بخش دوم تولید زبان است. ماشین‌ها برای درک، تفسیر و تولید کلمات گفتاری و متون نوشتاری به پردازش زبان طبیعی مجهز می‌شوند [۱۴]. در پردازش زبان طبیعی، سیستم‌های رایانه‌ای قادرند که به ادراکی از متن برسند و این مهم از طریق آموزش دیدن و در معرض اطلاعات و داده‌های عظیم قرار گرفتن مدل‌های بزرگ زبانی هوش مصنوعی صورت می‌گیرد. در این راستا اخیراً مدل‌هایی نظیر پالم، جی‌پی‌تی-۴ و جی‌آل‌ام-۱۳۰ بی^۱ ظهور یافته‌اند و این فرایند در حال ارتقا و توسعه است.

به‌منظور رصد روند تحولات پردازش زبان طبیعی، طی پژوهشی مجموعه مقالات مرتبط با این حوزه در قالب کلمات کلیدی شامل پردازش زبان طبیعی و هوش مصنوعی عمومی و اصول اخلاقی جمع‌آوری و تحلیل شده است (شکل ۳). از میان ۴۸۰ اثر مرتبط با پیش‌بینی وضعیت توسعه هوش مصنوعی در شاخه پردازش زبان طبیعی، ۷۷ درصد از مقالات به اهمیت و اثرگذاری بیشتر شرکت‌های خصوصی نسبت به بخش دولتی در توسعه این شاخه اشاره کرده‌اند. همچنین بخش قابل توجهی از محتوای پژوهشی این حوزه توسط بخش صنعتی در حال تولید شدن است (۸۶ درصد). در ۶۷ درصد مقالات، پردازش زبان طبیعی به‌عنوان شاخه‌ای از هوش مصنوعی با فقدان قطعیت شناخته شده و ۶۲ درصد پژوهش‌ها اعلام کرده است که این فناوری طی سه سال آتی افول خواهد کرد در حالی که ۳۰ درصد پژوهش‌ها نیز حاکی از آن است در ۱۰ سال آتی این فناوری به مراحل افول خود نزدیک خواهد شد. محققان در ۳۰ درصد از پژوهش‌های بررسی شده، معتقد بودند که دوران پایان پردازش زبان طبیعی به پایان رسیده است. در شکل ۳ درصدها و نتایج اظهار شده در تحقیقات حوزه پردازش زبان طبیعی به‌صورت مجزا نشان داده شده است.

شکل ۳. چرخه عمر و بازیگران اصلی فناوری ان‌آل‌پی (پردازش زبان طبیعی) براساس تحقیق دانشگاه استنفورد



Source: Stanford University human centered Artificial Intelligence 2024 [14]

1. PaLM, GPT-3 and GLM-130B



۳-۴. روندهای توسعه فناوری‌های مرتبط با رایانش بصری

رایانش بصری (CV)، این امکان را برای ماشین‌ها فراهم می‌کند تا اطلاعات بصری را شناسایی و تشخیص داده و تصاویر و فیلم‌ها را به داده مبدل نماید و بر اساس نتایج تصمیم‌گیری کند. این فناوری شاخه‌ای پرکاربرد از هوش مصنوعی است که در دنیای واقعی کاربردهای مهمی نظیر رانندگی خودکار، نظارت بر جمعیت، تجزیه و تحلیل ورزشی و خلق بازی‌های ویدیویی دارد [۱۵].

همان‌طور که اشاره شد، در میان شاخه‌های اصلی هوش مصنوعی نمی‌توان مرز جداکننده و جامعی در نظر گرفت بلکه مرزها سیالند و ممکن است دسته‌بندی‌ها متناظر با هم پیش روند. پژوهش دانشگاه استنفورد بینایی رایانه‌ای را به پنج زیرشاخه طبقه‌بندی کرده است که گرچه در شاخه رایانش بصری قرار گرفته اما مرزهای آن نسبت به سایر شاخه‌ها همچون یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی سیالیت دارد. در ذیل عمده‌ترین روندهای توسعه رایانش بصری در سال ۲۰۲۳ بیان شده است:

■ **هوش مصنوعی مولد:** کارشناسان، طی سال گذشته میلادی، هوش مصنوعی مولد که قادر به ایجاد محتوای جدید و اصیل است را به‌عنوان گرایشی از بینایی رایانه‌ای پیشرو معرفی کردند. در این راستا برنامه‌هایی نظیر هوش مصنوعی لنز^۱ از مدل‌های مولد به نام استیبل دی فیوژن^۲ برای ایجاد تصاویر دیجیتالی سفارشی شده با درک عمیقی از آنچه کاربر تعریف کرده و یا در زمینه به کار بسته، استفاده می‌شود. ■ **هوش مصنوعی داده‌محور:** برخلاف هوش مصنوعی مدل محور که عمدتاً متمرکز بر تنظیم الگوریتم‌ها با مجموعه داده‌های ثابت است، این نوع هوش مصنوعی داده‌محور، به منظور عملکرد بهتر و مطلوب‌تر مدل به اصلاح مجموعه داده‌ها تمرکز دارد. در روندهای سال گذشته این رویکرد به لحاظ اقتصادی و سرعت توسعه و دقت به‌عنوان رویکردی کلیدی در بینایی رایانه مطرح شد.

■ **واقعیت ادغام شده:** ترکیب دنیای واقعی با محتوای تولیدی رایانه‌ای است که تجربیات همه‌جانبه‌ای را در اختیار قرار می‌دهد و این تجارب برای منظورهای متعددی نظیر انواع بازی‌ها یا نقشه‌برداری فضایی به‌عنوان یک فناوری بسیار مهیج در روندهای سال ۲۰۲۳ معرفی شد. **تشخیص چهره:** از این فناوری در الگوریتم‌های هوش مصنوعی جهت اسکن، شناسایی و تطابق ویژگی‌های چهره از پایگاه داده برای استفاده در مراقبت‌های پزشکی استفاده می‌شود. کاربرد این فناوری در بازیابی اطلاعات بیمار و تشخیص بیماری و در پزشکی است و در سال ۲۰۲۴ آثار فزاینده این فناوری بسیار مشهودتر از قبل خواهد بود.

■ **مدل‌های دقیق تر سه بعدی:** این مدل‌ها برای تشخیص سطوح اعوجاج، نقوص، عدم هماهنگی‌ها در رنگ‌ها و ارزیابی‌های ظرفیت توسعه پیدا کرده‌اند.

۵. بررسی برخی مؤلفه‌های ارزیابی میزان توسعه هوش مصنوعی در جهان

۱-۵. ظرفیت‌های پردازشی مورد نیاز در توسعه سامانه‌های هوش مصنوعی

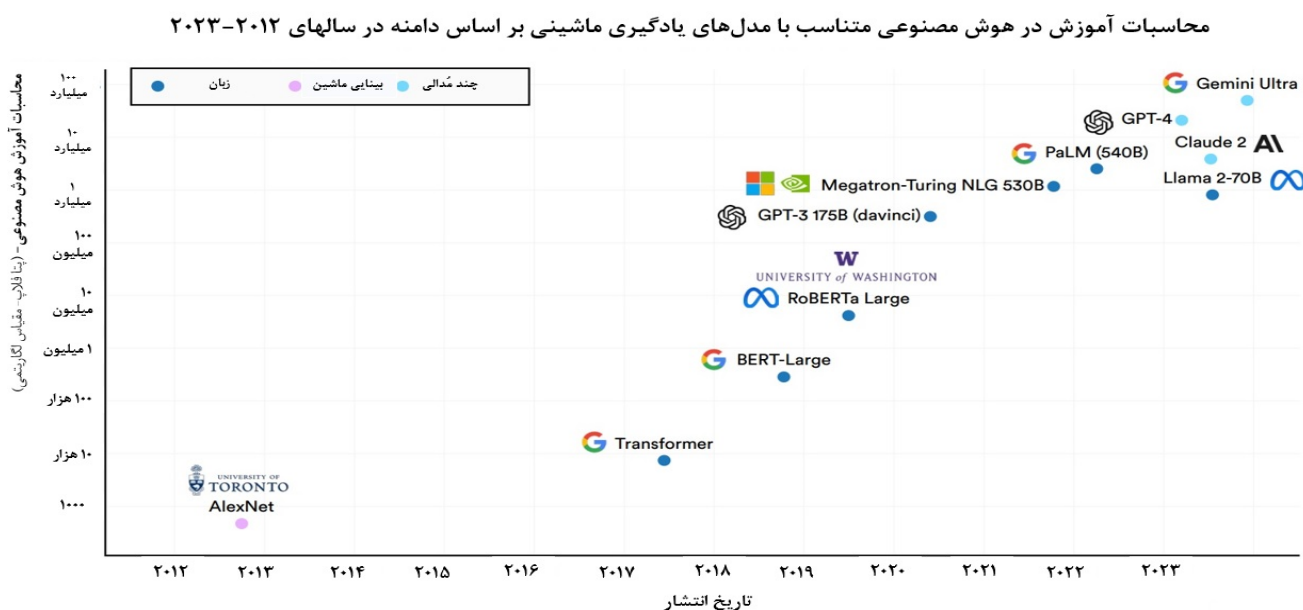
تأمین زیرساخت‌های پردازشی مورد نیاز توسعه سامانه‌های هوش مصنوعی در زمره اولویت‌های مهم این حوزه محسوب می‌شود. براساس شکل ۴، توان پردازشی مورد نیاز برای آموزش انواع سامانه‌های هوش مصنوعی متناسب با مدل‌های یادگیری ماشین در سال ۲۰۲۳ بین هزار تا پنجاه هزار اگزافلاپ^۴ متغیر بوده است. پتافلاپس^۵ واحدی برای اندازه‌گیری توان محاسباتی سیستم‌های رایانه‌ای است. این واحد معمولاً برای توصیف عملکرد ابر رایانه‌ها و سیستم‌های پردازش داده‌های بزرگ استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، یک ابر رایانه که با سرعت یک پتافلاپس عمل می‌کند، قادر است یک کوادرلیون^۶ محاسبه را در یک ثانیه انجام دهد. به‌طور کلی، پیچیدگی مدل و اندازه مجموعه داده‌های آموزش مستقیماً بر مقدار محاسبات مورد نیاز اثر دارد. هر چه یک مدل پیچیده‌تر و بزرگ‌تر باشد، داده‌های آموزشی و میزان محاسبات مورد نیاز برای آموزش و در نتیجه توان پردازشی مورد نیاز آن نیز بیشتر خواهد بود. در توضیح اجزای شکل ۴ در خصوص شرح چند مُدالی بدین نکته اشاره می‌شود که چند مُدالی در هوش مصنوعی به سیستمی اطلاق می‌شود که قادر است از چندین نوع داده یا ورودی مختلف (مدالیت‌ها) استفاده

1. Lensa AI
2. Stable Diffusion
3. Merged Reality
4. Exaflop
5. Petaflop
6. Quadrillion

کند تا اطلاعات را تحلیل، پردازش و تولید کند. به عبارت دیگر، سیستم‌های چند مدالی می‌توانند همزمان اطلاعات را از منابع مختلف نظیر متن، تصویر، صدا و ویدئو دریافت کرده و ترکیب کنند تا به درک بهتری از محیط یا موضوع مورد نظر دست یابند^۱ [۱۶].

بر اساس شکل ۴، الکس نت^۲، یکی از سامانه‌های تحقیقاتی توسعه یافته توسط دانشگاه تورنتو کانادا در سال ۲۰۱۳ برای آموزش به ۴۷۰ پتافلاپس نیاز داشت. نسخه اصلی ترانسفورمر^۳ گوگل نیز که در سال ۲۰۱۷ منتشر شد به حدود ۷۴۰۰ پتافلاپس نیاز داشت و جی‌پی‌تی ۴ به عنوان یکی دیگر از مدل‌های زبانی مرسوم و کاربردی در دنیا به بیش از ۱۰ هزار اگرافلاپس توان پردازشی نیاز داشته و جمنای آلترای گوگل - یکی از مدل‌های مدرن و اصلی حال حاضر - به ۵۰ میلیارد پتافلاپس (معادل پنجاه هزار اگرافلاپس) نیاز دارد.

شکل ۴. محاسبات آموزش در هوش مصنوعی متناسب با مدل‌های یادگیری ماشینی بر اساس مقیاس لگاریتمی، سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۳



Source: Epoc, 2023 | Chart” 2024 AI Index report [11]

در شکل ۵، میزان توان محاسباتی مورد نیاز سامانه‌های توسعه یافته، بر اساس ساختارهای نهادی توسعه دهنده در بازه بیست ساله ۲۰۰۳-۲۰۲۳ دسته‌بندی شده است. در فاصله سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ که تمرکز اصلی توسعه هوش مصنوعی در دانشگاه‌ها بوده، توان پردازشی مورد نیاز نیز تقریباً بین یک تا صد پتافلاپس بوده است. رشد سریع هوش مصنوعی در سال‌های اخیر و صنعتی شدن این فناوری باعث شده توسعه زیرساخت‌های پردازشی نیز به شدت اوج بگیرد به نحوی که علاوه بر تقویت زیرساخت‌های پردازشی دانشگاه‌ها از سال ۲۰۱۲ تاکنون، در توسعه سامانه‌های مشترک دانشگاه و صنعت نیز با همراهی صنعت، ظرفیت‌های پردازشی بین یک تا صد میلیون پتافلاپس فراهم شده و این عدد در بخش صنعت به تنهایی به بیش از صد میلیون پتافلاپس توان محاسباتی می‌رسد. اخیراً دولت‌ها نیز در راستای اهدافی همچون توسعه هوش مصنوعی یا کاربرست آن در بخش‌های حکمرانی به تأمین زیرساخت‌های پردازشی وارد شده‌اند.

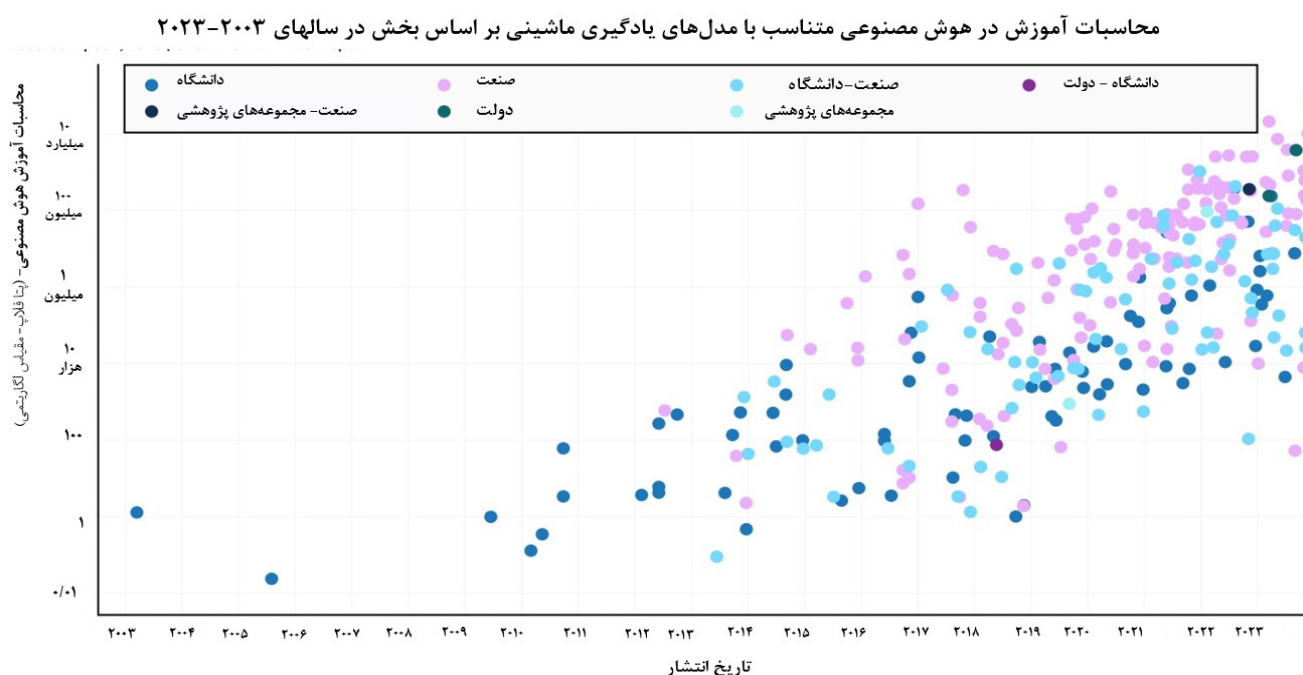
۱. از جمله کاربردهای چند مدالی عبارتند از:

تشخیص و تجزیه و تحلیل صحنه: ترکیب حسگرهای مختلف (مانند دوربین و میکروفن) برای شناسایی و تجزیه و تحلیل یک صحنه به صورت جامع تر.
تولید محتوای چند رسانه‌ای: سیستم‌هایی که می‌توانند متنی را به تصویر یا صدا تبدیل کنند و بالعکس. به عنوان مثال، توضیحات تصویر به متن یا صوت.
ربات‌های اجتماعی: ربات‌هایی که قادرند احساسات و حالات انسانی را از حرکات، صداها و تن صدای افراد شناسایی کنند و بر اساس آن‌ها پاسخ دهند.
تحلیل احساسات و باز خورد کاربر: استفاده از متن، صدا و تصویر کاربر برای تشخیص احساسات و واکنش‌ها به یک محصول یا خدمت.

2. AlexNet

۳. Transformer: نوعی معماری یادگیری عمیق است که توسط محققان گوگل و بر اساس مکانیسم توجه چند سر (Multi head Attention Mechanism) ساخته شده است.

شکل ۵. محاسبات آموزش در هوش مصنوعی با مدل‌های یادگیری ماشینی بر مبنای مقیاس لگاریتمی در بخش‌های مختلف در سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۳



مأخذ: همان [۱۱].

۲-۵. پژوهش و تولید علم در حوزه هوش مصنوعی

مؤسسه‌ها و مراکز پژوهشی دانشگاهی طی سال‌های گذشته نقشی کلیدی در توسعه دانش و پژوهش‌های مرتبط با هوش مصنوعی به‌عهده داشته‌اند.

در این راستا، پایگاه داده‌های مختلفی از روی شاخص‌های ارزیابی معتبر میزان انتشار و اثربخشی مقالات بین‌المللی این حوزه را رصد کرده و کشورها را رتبه‌بندی می‌کنند. در پایگاه رتبه‌بندی سایماگو مبتنی بر پایگاه داده اسکوپوس، شاخه‌ای تحت عنوان هوش مصنوعی معرفی و کشورها بر اساس میزان انتشارات آن دسته‌بندی شده‌اند. جدول ۱ رتبه و سهم ۲۵ کشور پیشرو در تولید علم این حوزه را طی سال‌های ۲۰۲۳-۱۹۹۶ نشان داده است. وفق اطلاعات پایگاه سایماگو، چین و آمریکا به ترتیب حدود ۲۶ و ۱۷ درصد دانش این حوزه را از بین ۲۵ کشور مورد مطالعه، تولید کرده‌اند و بعد از آن هند با حدود ۹ درصد قرار دارد. کشور ایران در جایگاه پانزدهم هوش مصنوعی جهان در بازه زمانی مذکور قرار دارد و سهم آن از تولید دانش جهانی در میان ۲۵ کشور اول دنیا، حدود ۱/۵ درصد بوده است [۱۷].

جدول ۱: کشورهای برتر در زمینه انتشار مقالات هوش مصنوعی طبق ارزیابی سایماگو (۲۰۲۳-۱۹۹۶)

ردیف	نام کشور	سهم از مقالات ۲۵ کشور برتر	تعداد مقالات	شاخص H
۱	چین	۲۵.۵	۳۲۰۱۵۵	۴۰۳
۲	ایالات متحده آمریکا	۱۶.۵	۲۰۶۲۸۴	۶۴۷
۳	هند	۸.۹	۱۱۱۷۶۶	۲۱۱
۴	ژاپن	۵.۴	۶۷۹۲۰	۲۱۱
۵	انگلستان	۵.۲	۶۴۹۵۸	۳۶۰

ردیف	نام کشور	سهم از مقالات ۲۵ کشور برتر	تعداد مقالات	شاخص H
۶	آلمان	۴.۴	۵۴۸۰۱	۲۸۷
۷	فرانسه	۳.۲	۳۹۷۸۰	۲۴۹
۸	ایتالیا	۳.۱	۳۸۸۶۷	۲۱۹
۹	کانادا	۲.۸	۳۴۸۴۲	۲۸۳
۱۰	اسپانیا	۲.۷	۳۴۲۴۰	۲۳۹
۱۱	استرالیا	۲.۶	۳۲۷۸۶	۲۵۵
۱۲	کره جنوبی	۲.۶	۳۲۲۸۵	۱۸۷
۱۳	تایوان	۲.۲	۲۷۳۹۶	۲۱۱
۱۴	برزیل	۱.۷	۲۱۱۶۷	۱۴۵
۱۵	ایران	۱.۵	۱۸۸۶۳	۱۵۱
۱۶	هلند	۱.۴	۱۷۴۱۱	۲۰۷
۱۷	اندونزی	۱.۴	۱۷۲۳۰	۵۰
۱۸	ترکیه	۱.۳	۱۶۷۲۳	۱۸۳
۱۹	روسیه	۱.۳	۱۵۹۰۹	۷۸
۲۰	مالزی	۱.۲	۱۵۲۷۱	۱۳۴
۲۱	سنگاپور	۱.۱	۱۴۴۱۸	۲۳۲
۲۲	لهستان	۱.۱	۱۴۲۳۷	۱۳۱
۲۳	هنگ‌کنگ	۱.۱	۱۴۰۱۱	۲۲۶
۲۴	سوئیس	۰.۹	۱۱۵۳۵	۲۱۱
۲۵	یونان	۰.۹	۳۲۰۱۵۵	۱۴۰

Source: SCImago[16]

از سویی دیگر براساس گزارش مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام^۱ که مبتنی بر نتایج رتبه‌بندی وب‌آو ساینس است وضعیت انتشار مقالات کشورها در هریک از گرایش‌های مختلف مرتبط با هوش مصنوعی طی سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۴ مورد بررسی و رتبه‌بندی قرار گرفته که در جدول ۲ قابل مشاهده است [۱۸].

براساس جدول ۲، از میان ۱۰ کشور دارای رتبه برتر، آمریکا در شاخه‌های هوش مصنوعی، پردازش زبان طبیعی، یادگیری ماشین و رباتیک رتبه نخست جهان را به خود اختصاص داده و چین در شاخه‌های رایانش بصری، شبکه‌های عصبی و سیستم‌های چندعاملی^۲ در رتبه اول قرار گرفته‌اند. در این بین ایران نیز در شاخه شبکه‌های عصبی با ۱۷۴۵۸ مدرک و تولید علمی، در رتبه ششم جهان قرار دارد. قابل ذکر است بررسی وضعیت ایران در هریک از مؤلفه‌های معرفی شده این پژوهش، به‌طور مشروح‌تر در یک بخش مجزا انجام شده است.

1. ISC

2. Multi- Agent System



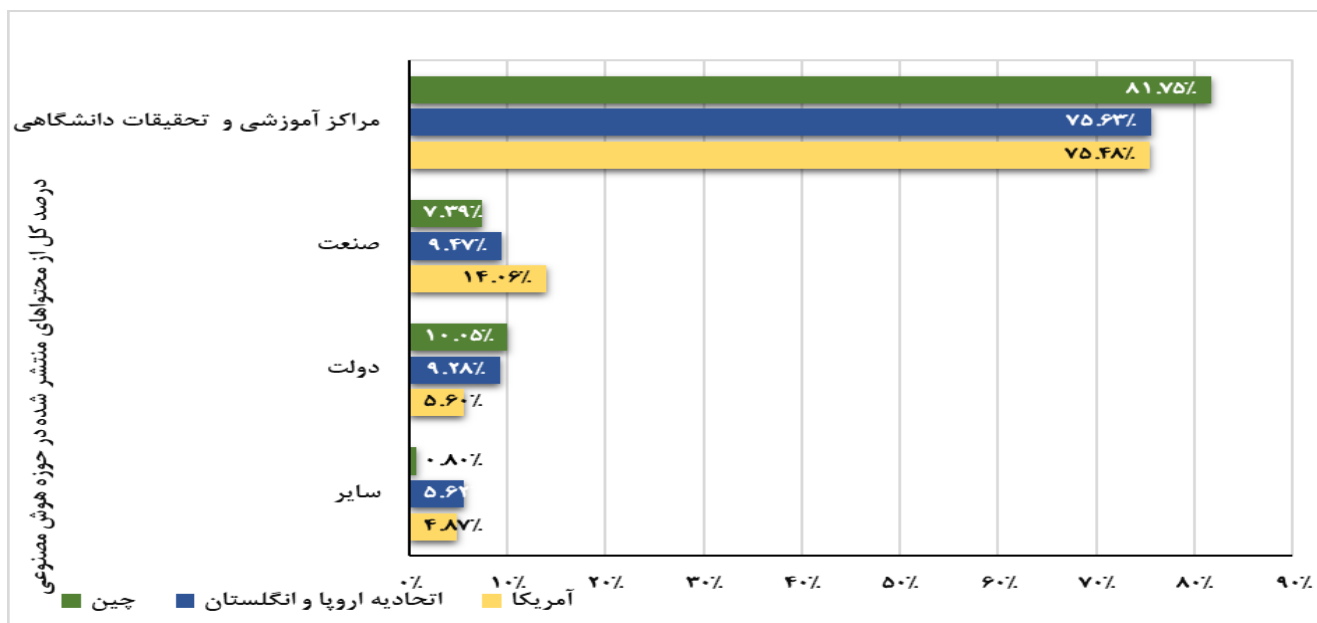
جدول ۲. رتبه‌بندی ۱۰ کشور برتر در فناوری‌ها و شاخه‌های منتخب هوش مصنوعی بر اساس مدارک تولید علمی طی سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۴

رتبه	هوش مصنوعی	رایانش بصری	پردازش زبان طبیعی	یادگیری ماشین	رباتیک	شبکه‌های عصبی	سیستم‌های چندعاملی
۱	آمریکا ۳۰۶۷۸ مدرک	چین ۲۰۸۶۲ مدرک	آمریکا ۱۰۷۲۴ مدرک	آمریکا ۹۹۸۸۴ مدرک	آمریکا ۵۳۵۱۸ مدرک	چین ۱۶۳۱۸۰ مدرک	چین ۴۹۸۰ مدرک
۲	چین ۲۹۰۲۳ مدرک	آمریکا ۱۴۱۷۱ مدرک	چین ۷۴۸۱ مدرک	چین ۷۷۰۴ مدرک	چین ۲۴۷۶۱ مدرک	آمریکا ۶۵۴۷۸ مدرک	آمریکا ۱۲۹۰ مدرک
۳	هند ۱۰۶۸۴ مدرک	هند ۵۴۶۳ مدرک	هند ۳۰۲۸ مدرک	هند ۲۹۱۶۶ مدرک	آلمان ۱۳۳۴۲ مدرک	هند ۳۸۲۰۰ مدرک	فرانسه ۸۸۳ مدرک
۴	انگلستان ۱۰۶۷۶ مدرک	انگلستان ۳۳۳۸ مدرک	انگلستان ۲۲۰۳ مدرک	انگلستان ۲۴۱۶۸ مدرک	ایتالیا ۱۳۳۳۵ مدرک	کره جنوبی ۱۹۱۵۹ مدرک	اسپانیا ۷۱۶ مدرک
۵	آلمان ۸۴۷۰ مدرک	آلمان ۳۲۹۲ مدرک	آلمان ۱۷۵۴ مدرک	آلمان ۲۳۱۶۳ مدرک	انگلستان ۱۱۶۱۸ مدرک	انگلستان ۱۷۶۳۵ مدرک	ژاپن ۶۱۶ مدرک
۶	ایتالیا ۷۴۳۲ مدرک	اسپانیا ۲۸۷۰ مدرک	اسپانیا ۱۶۳۱ مدرک	کانادا ۱۷۱۳۲ مدرک	ژاپن ۱۰۰۴۸ مدرک	ایران ۱۷۴۵۸ مدرک	انگلستان ۵۴۰ مدرک
۷	اسپانیا ۶۵۷۷ مدرک	کانادا ۲۶۱۷ مدرک	کانادا ۱۵۵۷ مدرک	ایتالیا ۱۵۳۵۵ مدرک	فرانسه ۷۵۶۷ مدرک	ژاپن ۱۶۳۱۵ مدرک	ایتالیا ۵۱۹ مدرک
۸	کانادا ۶۲۰۷ مدرک	کره جنوبی ۲۶۰۲ مدرک	ژاپن ۱۳۵۴ مدرک	استرالیا ۱۳۶۴۰ مدرک	کانادا ۷۰۸۹ مدرک	آلمان ۱۴۱۱۱ مدرک	آلمان ۵۰۵ مدرک
۹	کره جنوبی ۵۹۱۳ مدرک	ایتالیا ۲۵۳۹ مدرک	ایتالیا ۱۳۵۲ مدرک	کره جنوبی ۱۳۳۷۲ مدرک	اسپانیا ۶۸۸۹ مدرک	کانادا ۱۳۸۷۵ مدرک	هند ۴۶۶ مدرک
۱۰	استرالیا ۵۶۶۵ مدرک	فرانسه ۲۴۳۸ مدرک	فرانسه ۱۳۴۲ مدرک	ژاپن ۱۲۷۹۲ مدرک	کره جنوبی ۶۸۰۱ مدرک	تایوان ۱۲۱۰۷ مدرک	استرالیا ۴۱۱ مدرک

مأخذ: پایگاه Web of Science بر گرفته از گزارش تیرماه مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام. [۱۸]

با استناد به پژوهش دانشگاه استنفورد، که ابعاد کمی و کیفی بیشتری را درباره مقالات منتشر شده کشورها و مناطق برتر بررسی کرده درصد انتشار محتوای علمی حوزه هوش مصنوعی برحسب اینکه توسط چه بخشی انجام شده، دسته‌بندی شده است. به‌طور کلی بخش قابل توجهی از تولید دانش در حوزه هوش مصنوعی در سطح جهانی توسط مراکز و مؤسسه‌های دانشگاهی و پژوهشی انجام می‌شود. در چین، حدود ۸۲ درصد مقالات و مطالب علمی حوزه هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۲ توسط دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی پژوهشی منتشر شده و کمی بیش از ۷ درصد تولید محتوای علمی نیز توسط بخش صنعت و حدود ۱۰ درصد توسط بخش دولتی صورت گرفته است. در آمریکا نیز حدود ۷۵/۵ و ۱۴ و ۵/۶ درصد از محتواهای تولید شده به ترتیب توسط مراکز تحقیقاتی، صنعت و دولت انجام شده است. در مجموع، سهم محتواهای تولید شده راجع به هوش مصنوعی توسط بخش صنعت، در آمریکا بیش از چین و اتحادیه اروپاست. از سویی دیگر، در چین و اتحادیه اروپا دولت‌ها نقش پررنگ‌تری در تولید محتواهای مرتبط با هوش مصنوعی نسبت به آمریکا دارند (شکل ۶).

شکل ۶. درصد انتشار محتوای علمی حوزه هوش مصنوعی بر حسب بخش و مناطق جغرافیایی منتخب



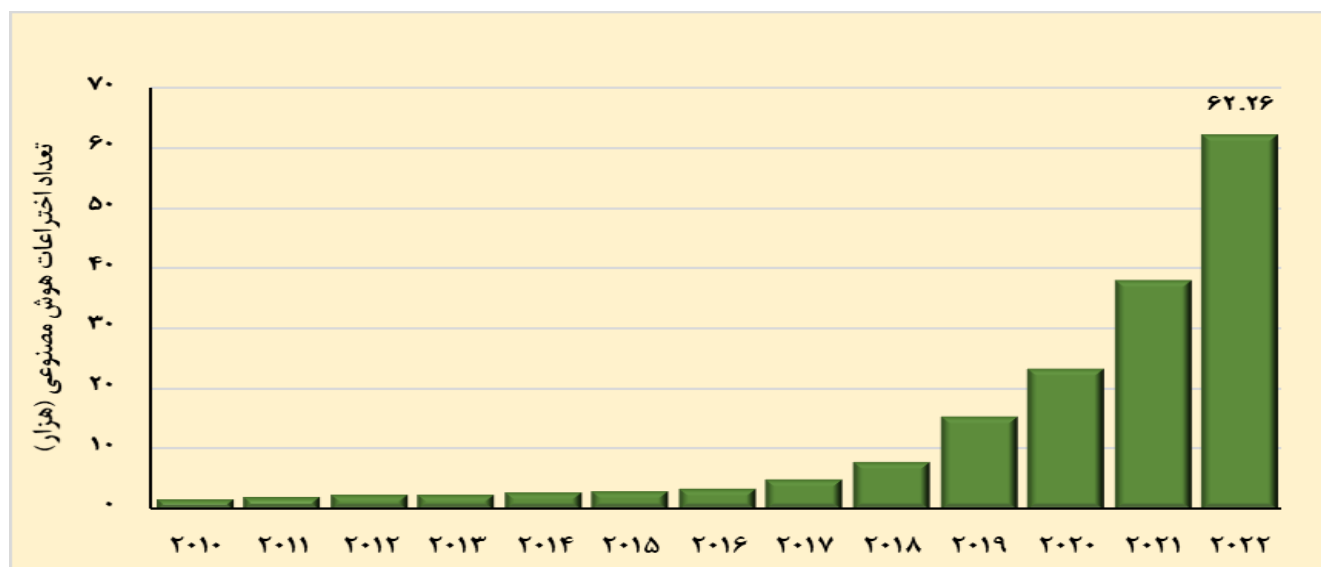
Source: Center for Security and Emerging Technology, 2023. The AI Index 2024 Annual Report by Stanford University[11]

با وجود نقش آفرینی دانشگاه‌ها در تولید دانش و پژوهش، باید این نکته را در نظر داشت که برای ایجاد و ساخت سیستم‌های پیشرفته هوش مصنوعی به مقادیر زیادی داده و اطلاعات، تأمین مالی و رایانه‌های پر قدرت نیاز است و مؤسسات غیرانتفاعی و دانشگاهی به نسبت بخش‌های صنعتی دسترسی کافی به این منابع نداشته و از این رو قادر نیستند به سرعت مدل‌های هوش مصنوعی را توسعه دهند. از این رو، بخش صنعت نیز با قدرت در مسیر توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی به‌ویژه توسعه مدل‌های زبانی بزرگ وارد عمل شده و تنها بر استفاده از نتایج مطالعات دانشگاهی تکیه نمی‌کند. به این ترتیب به نظر می‌رسد صنعت و تمرکز آن بر توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی در سطوح بالا، نقش کلیدی در پیاده‌سازی این فناوری در آینده خواهد داشت.

در بازه سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۰ تعداد مقالات مرتبط با هوش مصنوعی بیش از سه برابر شد و بارش سریع پژوهش‌های این حوزه، از ۸۸ هزار محتوای منتشر شده در سال ۲۰۱۰ به بیش از ۲۴۰ هزار محتوای پژوهشی هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۲ افزایش یافت. این میزان در سال ۲۰۲۳ به صورت یکنواخت و رشد ۱/۱ درصدی رسیده است.

میزان رشد ثبت اختراع در حوزه هوش مصنوعی نیز در بازه سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۰ رشد چشمگیری داشته است به‌طوری‌که کل اختراعات ثبت شده بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۰ با ۵۶/۱ درصد رشد مواجه بود. اما تعداد ثبت اختراعات هوش مصنوعی بین سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۲۱ طی یک سال، به‌تنهایی بالغ بر ۶۲/۷ درصد شد. در شکل ۷ روند جهانی ثبت اختراع هوش مصنوعی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ نشان داده شده است.

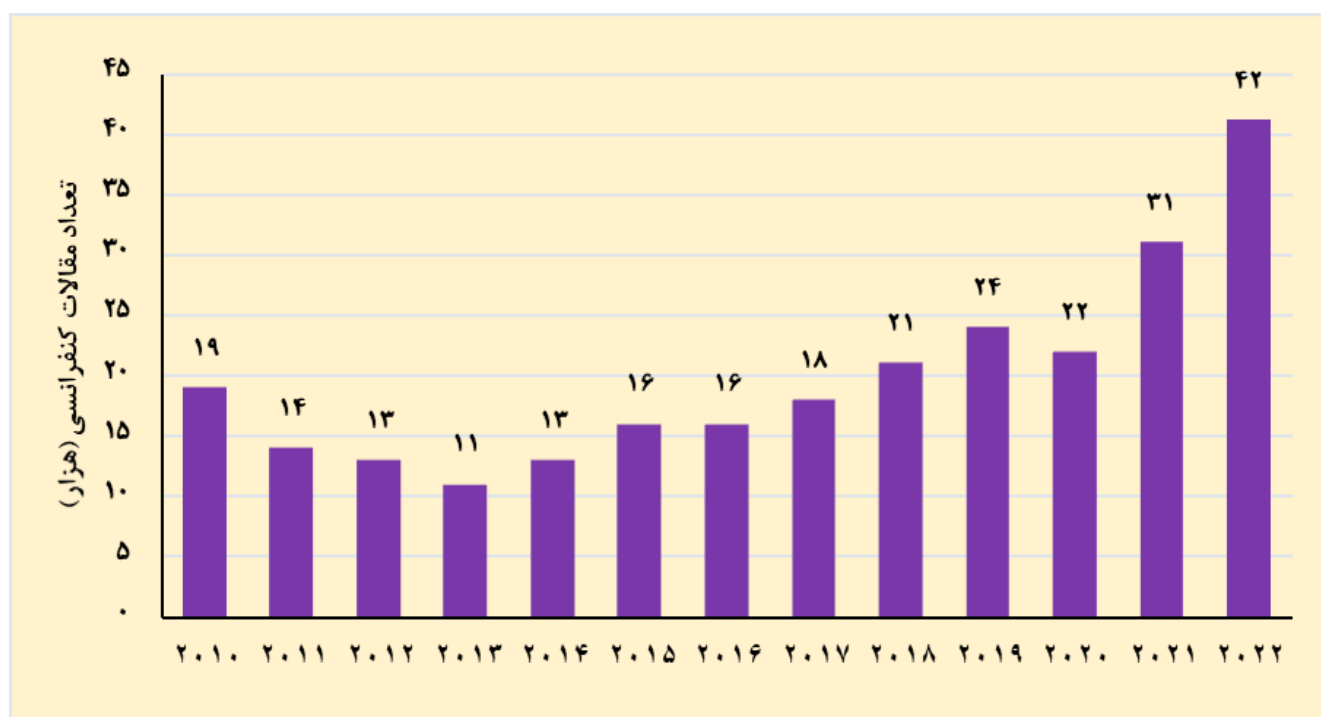
شکل ۷. روند تغییرات ثبت اختراعات حوزه هوش مصنوعی طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ در جهان (درصد)



Source: Center for Security and Emerging Technology, 2023 | Chart: 2024 AI Index report[11]

شایان توجه است که تعداد مقالات کنفرانسی منتشر شده در حوزه هوش مصنوعی در جهان از ۷۲۷,۲۲ مقاله در سال ۲۰۲۰ به ۶۲۹,۳۱ مقاله در سال ۲۰۲۱ و به ۱۷۴,۴۱ مقاله در سال ۲۰۲۲ رسیده است. میزان افزایش تعداد مقالات کنفرانسی در سال ۲۰۲۲ به تنهایی ۳۰/۲ درصد در جهان بوده است که این نشان دهنده تمایل زیاد کشورها به مطالعه و تبادل نظر در خصوص فناوری هوش مصنوعی است. در شکل ۸ روند و تعداد مقالاتی کنفرانسی منتشر شده طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ ارائه شده است.

شکل ۸. تعداد مقالات کنفرانسی منتشر شده طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ (هزار مقاله)

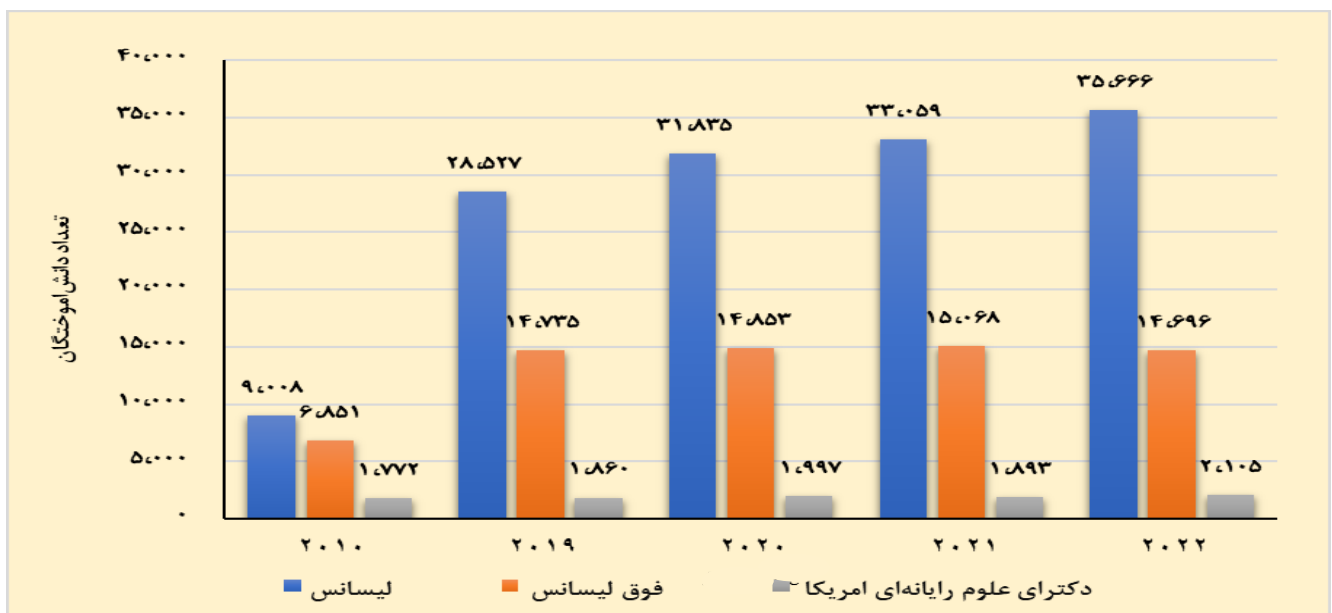


Source: Center for Security and Emerging Technology, 2023 | Chart: 2024 AI Index report[11]

۳-۵. تعداد دانش آموختگان هوش مصنوعی

هرچند با توسعه هوش مصنوعی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی اقدام به راه‌اندازی رشته هوش مصنوعی کرده‌اند، اما گرایش‌های مرتبط با هوش مصنوعی که می‌تواند نشان‌دهنده ذیل سه رشته مهندسی رایانه، علوم رایانه، علوم شناختی و ریاضیات قابل پیگیری هستند و در حال حاضر نیز اغلب سنجش‌ها از میزان دانشجویان و دانش آموختگان هوش مصنوعی به‌طور بالقوه به‌واسطه ارزیابی گرایش‌های یاد شده انجام می‌شود. براساس شکل ۹، تعداد فارغ التحصیلان مقطع لیسانس از میان دانشجویان بین‌المللی رشته علوم رایانه در آمریکا و کانادا در ابتدای دهه ۲۰۱۰ حدود ۹۰۰۸ نفر بودند و با گذشت یک دهه این میزان حدود چهار برابر افزایش یافت و در سال ۲۰۲۲ به ۳۵۶۶۶ نفر رسید. تعداد دانش آموختگان در مقطع کارشناسی ارشد این حوزه، از سال ۲۰۱۰ با حدود ۶۸۵۱ نفر با ۱۱۴/۵ درصد افزایش در سال ۲۰۲۲ به ۶۹۶۱۴ رسید. با این حال، در مقطع دکترای علوم رایانه، رشد قابل ملاحظه‌ای در تعداد دانش آموختگان دیده نمی‌شود و در یک روند ملایم، تعداد آنها از ۱۷۷۲ نفر در سال ۲۰۱۰ به ۲۱۰۵ نفر فارغ التحصیل در سال ۲۰۲۲ رسیده است (رشد حدود ۱۹ درصد) (شکل ۹).

شکل ۹. تعداد دانش آموختگان جدید رشته علوم رایانه‌ای در سه مقطع دانشگاهی آمریکا و کانادا (در بازه سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲)

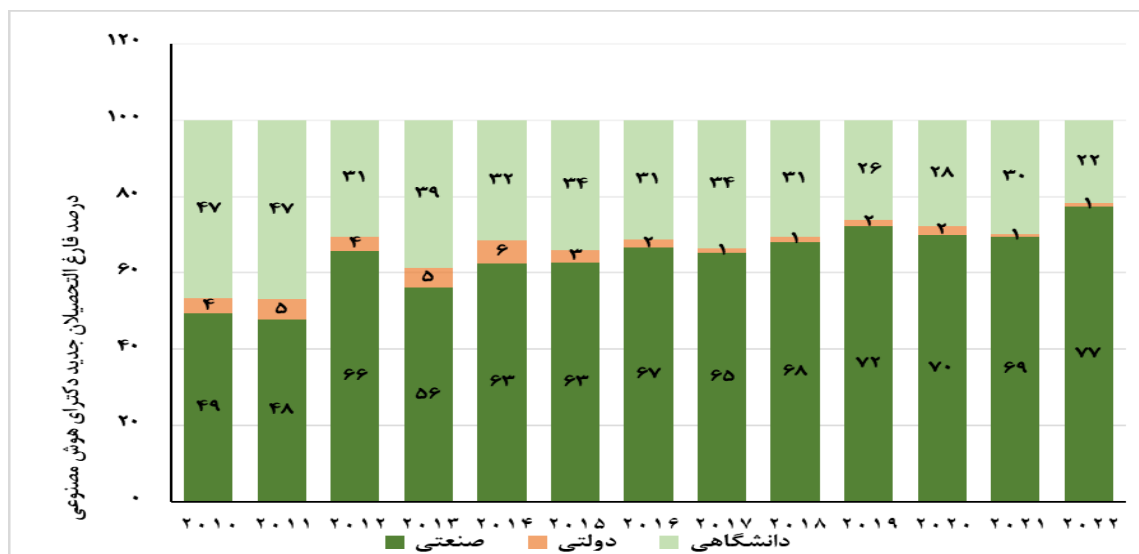


Source: The AI Index 2024 Annual Report by Stanford University[11]

۴-۵. اشتغال

با توجه به گزارش دانشگاه استنفورد، میزان اشتغال فارغ التحصیلان هوش مصنوعی و گرایش‌های مرتبط در آمارهای سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۰، عمده فارغ التحصیلان دوره دکترای تخصصی هوش مصنوعی در آمریکا و کانادا، در بخش صنعت شاغل هستند. در سال ۲۰۱۰ حدود ۷۱ درصد فارغ التحصیلان مرتبط با این حوزه در بخش صنعت و حدود بیست درصد نیز در بخش دانشگاهی شاغل بودند؛ در بخش دولتی هم این میزان به ۰/۷۶ درصد بالغ گردید. این روند همچنان در سال ۲۰۲۲ حفظ شده است؛ به‌نحوی که حدود ۷۷ درصد فارغ التحصیلان رشته‌های مرتبط با هوش مصنوعی به بخش صنعت سوق یافتند و حدود ۲۲ درصد آنها نیز در دانشگاه مشغول به کار شدند (شکل ۱۰).

شکل ۱۰. نسبت استخدام فارغ التحصیلان جدید مقطع دکتری هوش مصنوعی در بخش‌های دولتی، صنعتی و دانشگاهی در آمریکا و کانادا (۲۰۱۰-۲۰۲۲)

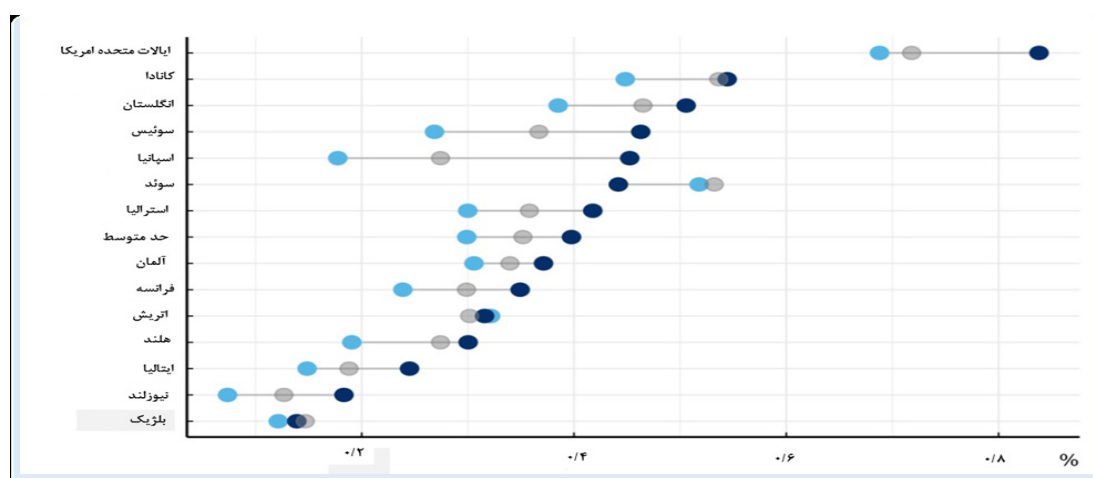


Source: HAI-AI- Index Report 2024[11]

در آمار دیگری^۱ پیش‌بینی شده که مشاغل حوزه پژوهش علوم رایانه به‌ویژه در حیطه هوش مصنوعی، در بازه ۱۰ ساله ۲۰۲۲-۲۰۳۲، حدود ۲۳ درصد در آمریکا افزایش یابد.

بر اساس مطالعه‌ای که در خصوص سهم مشاغل بر خط مبتنی بر هوش مصنوعی در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۲ در سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۲۲ انجام شده، به این نکته اشاره شد که متوسط سهم مشاغل بر خط مبتنی بر هوش مصنوعی در جهان در سال ۲۰۱۹ معادل ۰/۳۰ بوده و در سال ۲۰۲۲ به ۰/۴۰ درصد رسیده است (شکل ۱۱). هر چند دامنه مشاغل در این تحقیق بسیار محدود شده و فقط به مشاغل بر خط بسنده شده است اما به هر صورت روندها حاکی از رشد مشاغل است. آمریکا در این زمینه پیشرو است و در سال ۲۰۲۲ بیش از ۱ درصد مشاغل بر خط مبتنی بر هوش مصنوعی شکل گرفته‌اند در این میان کشورهای هم‌چون اسپانیا و سوئیس نیز نسبت به سال ۲۰۱۹ رشد چشمگیری در ایجاد مشاغل بر خط مبتنی بر این حوزه داشتند [۱۹].

شکل ۱۱. روند تغییرات در سهم مشاغل بر خط مبتنی بر هوش مصنوعی میان چهارده کشور OECD (۲۰۱۹-۲۰۲۲)



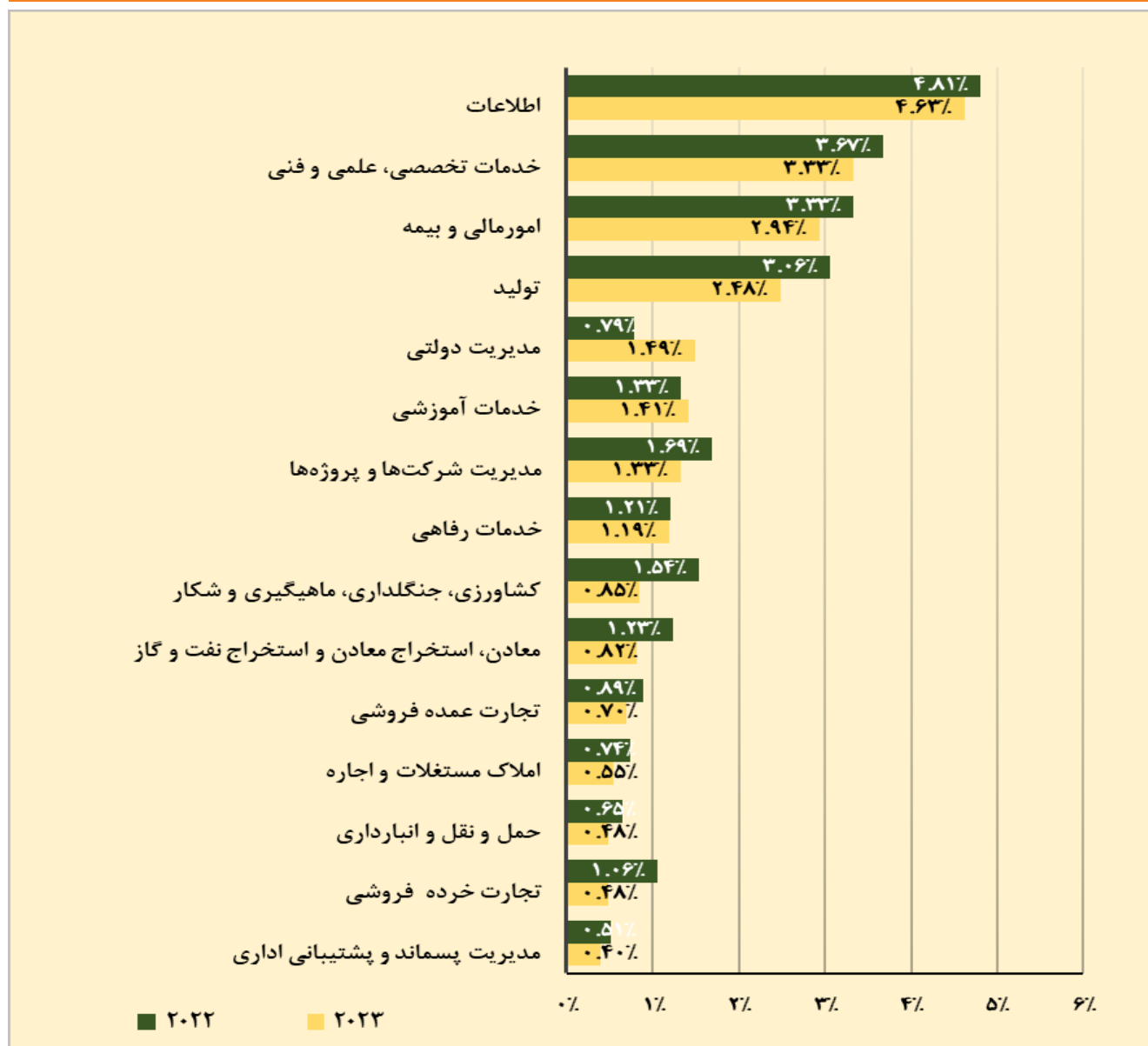
Source: OECD Artificial Intelligence Papers, Oct. 2023[19]

1. U.S. Bureau of Labor Statistics

2. The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

در گزارش دانشگاه استنفورد ۲۰۲۴، میزان اشتغال برخط مبتنی بر هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف برای کشور آمریکا ترسیم شده است. در شکل ۱۲ مقایسه ترتیب و نوع مشاغل هوش مصنوعی در آمریکا در سال ۲۰۲۳ و درصد تغییرات آن نسبت به ۲۰۲۲ ارائه شده است.

شکل ۱۲. درصد تغییرات پست‌ها و مشاغل مبتنی بر هوش مصنوعی در ایالات متحده آمریکا به تفکیک بخش‌ها (سال ۲۰۲۲ در مقایسه با سال ۲۰۲۳)



Source: HAI-AI- Index Report 2024 [11]

همان‌طور که در شکل ۱۲ مشهود است مشاغل برخط هوش مصنوعی در حوزه اطلاعات بیشترین دسته مشاغل را شامل می‌شوند و بعد از آن مشاغل مربوط به خدمات علمی، تخصصی و فنی، امور مالی، بیمه و مشاغل تولیدی توانسته‌اند زمینه‌های لازم برای اشتغال آن لاین مبتنی بر هوش مصنوعی را ایجاد کنند. هرچند در مجموع، در سال ۲۰۲۳ اشتغال‌زایی با هوش مصنوعی در اکثر حوزه‌ها نسبت به سال ۲۰۲۲ با افت مواجه است. بیشترین افت در بخش تجارت خرده‌فروشی بوده که با کاهش ۵۵ درصدی روبه‌رو بوده است. اگرچه، مشاغل برخط هوش مصنوعی در حوزه مدیریت دولتی و ادارات عمومی در سال ۲۰۲۳ رشدی نزدیک به ۸۹ درصد داشته و نشان می‌دهد کاربردی کردن خدمات و ابزارهای هوش مصنوعی در بخش‌های دولتی آمریکا مورد توجه قرار گرفته است.

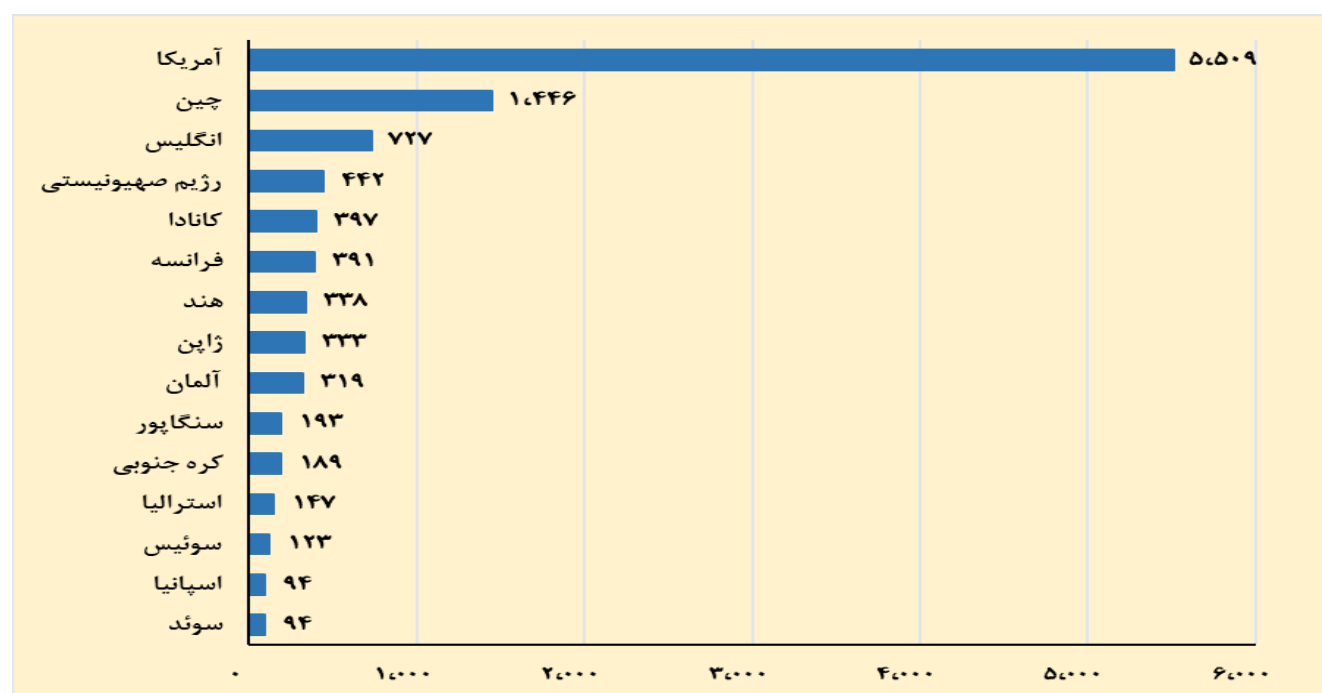


۵-۵. تعداد شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی

از نظر تعداد شرکت‌های فعال در حوزه هوش مصنوعی نیز آمریکای شمالی رکورددار در جهان است و تعداد شرکت‌ها در آنجا دو برابر مجموع تعداد شرکت‌های فعال این حوزه در اروپاست. آمریکا با ۵۵۰۹ شرکت جدید در بازه سال‌های ۱۰ ساله (۲۰۱۳-۲۰۲۳)، چین با ۱۴۴۶ و انگلستان با ۷۲۷ شرکت دارای بیشترین تعداد شرکت‌های فعال در این حوزه بودند. در شکل ۱۳ تعداد شرکت‌های جدید هوش مصنوعی در نقاط مختلف جهان در سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۱۳ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۱۳ آمده رژیم صهیونیستی در ۱۰ سال گذشته فعالیت‌های زیادی برای توسعه و ایجاد شرکت‌های هوش مصنوعی داشته به‌طوری‌که تعداد شرکت‌های فعال این حوزه در این منطقه در سال ۲۰۲۱ معادل ۲۶۴ شرکت بود در حالی‌که این میزان در سال ۲۰۲۲ به ۴۰۲ و در سال ۲۰۲۳ به ۴۴۲ شرکت افزایش یافت. در میان کشورهای اروپایی نیز در ۱۰ سال گذشته علاوه بر انگلستان، آلمان با ۳۱۹، سوئیس با ۱۲۳ و سوئد و اسپانیا با ۹۴ شرکت دارای فعال‌ترین شرکت‌های حوزه هوش مصنوعی در اروپا بودند.

با این حال در صد شکست کسب و کارهای نوپای هوش مصنوعی نیز به علت ریسک‌ها و فقدان قطعیت‌ها، بالاست. به‌نحوی‌که تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در میان ۱۲۷ کشور بررسی شده در گزارش دانشگاه استنفورد، از ۱۰۵۱ شرکت در سال ۲۰۱۹ به ۷۶۲ شرکت در سال ۲۰۲۰ و ۷۴۶ شرکت در سال ۲۰۲۱ رسیده است.

شکل ۱۳. تعداد شرکت‌های جدید هوش مصنوعی در نقاط مختلف جهان (۲۰۱۳-۲۰۲۳)

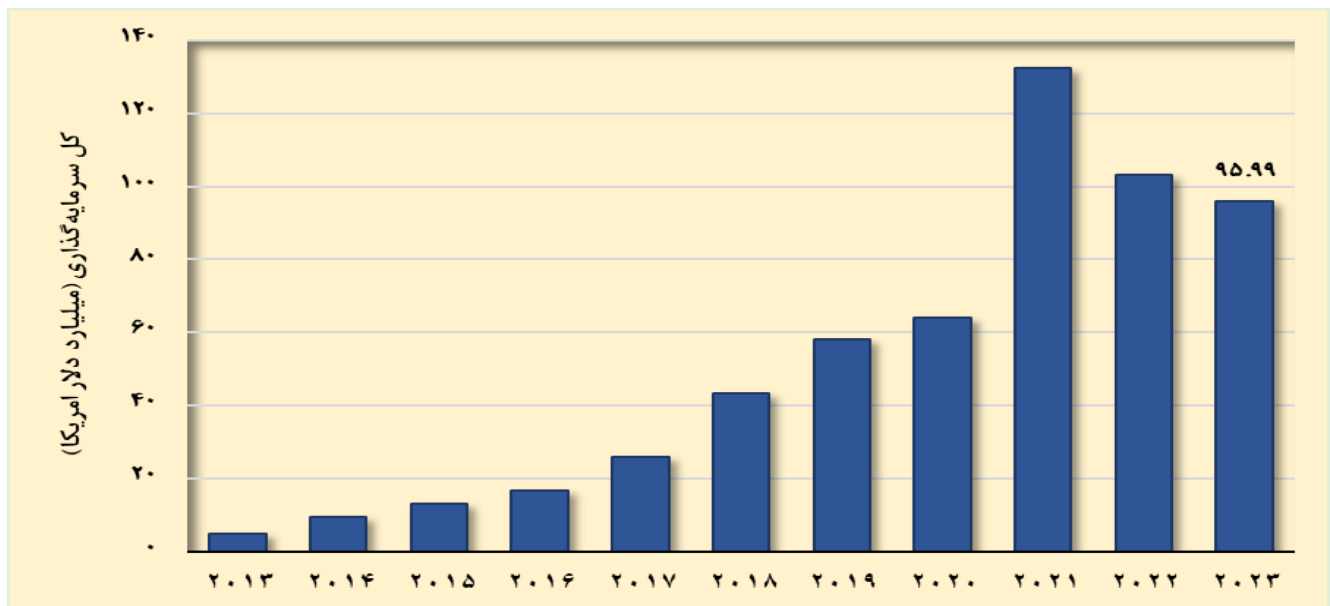


Source: HAI-AI- Index Report 2024 [13]

۵-۶. میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی

با گسترش تجاری‌سازی هوش مصنوعی در جهان، رقابت برای دسترسی به فناوری‌های مرتبط بدان شدت بیشتری یافته است. بخش خصوصی بر روی این حوزه بسیار سرمایه‌گذاری کرده است به‌نحوی‌که میزان سرمایه‌گذاری از ۴۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ به بیش از ۹۶/۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۱ افزایش یافت. در کل میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در جهان در سال ۲۰۲۳ با کاهش ۷/۲ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۲ به ۹۶ میلیارد دلار رسیده است (شکل ۱۴). به‌رغم کاهش سرمایه‌گذاری در دو سال گذشته، روندها در یک بازه ۱۰ ساله رشد قابل توجه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حوزه هوش مصنوعی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۴. سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی (۲۰۱۳-۲۰۲۳)



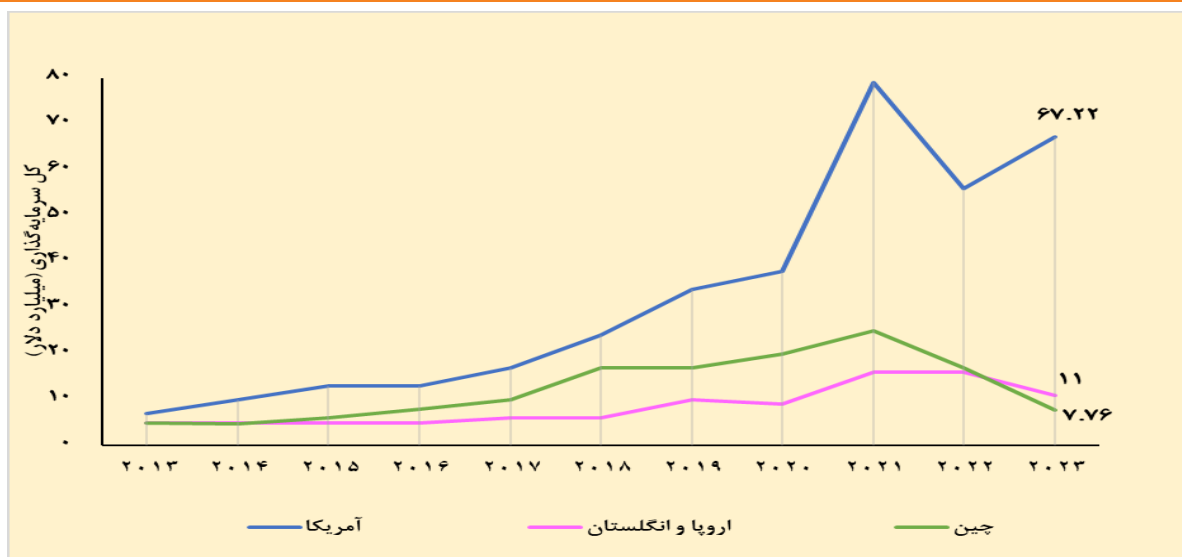
Source: Ibid [11]

در شکل ۱۵ روند سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی در آمریکا، چین و اتحادیه اروپا به همراه انگلستان نشان داده شده است. از منظر کل میزان سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی، ایالات متحده آمریکا در جهان پیش‌تاز است. در طول زمان نیز شکاف سرمایه‌گذاری بخش خصوصی آمریکا در مقایسه با سایر مناطق جهان بسیار زیاد است و به‌طور کلی بارشد همراه است. در بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۲، بخش خصوصی آمریکا مجموعاً ۳۳۵ میلیارد دلار در حوزه هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری کرده (شکل ۱۶) که بیش از ۶۷ میلیارد دلار آن در سال ۲۰۲۳ بوده است.

در اتحادیه اروپا و انگلستان بخش خصوصی در این بازه به‌صورت نسبتاً پایدار و البته بسیار کمتر از آمریکا سرمایه‌گذاری کرده است. به‌طوری‌که میزان این سرمایه‌گذاری در سال ۲۰۲۳ حدود ۱۱ میلیارد دلار بوده است. چین، بعد از آمریکا بیشترین میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی را در میان کشورهای جهان داشته است (حدود ۹۵ میلیارد دلار در بازه فوق‌الذکر).

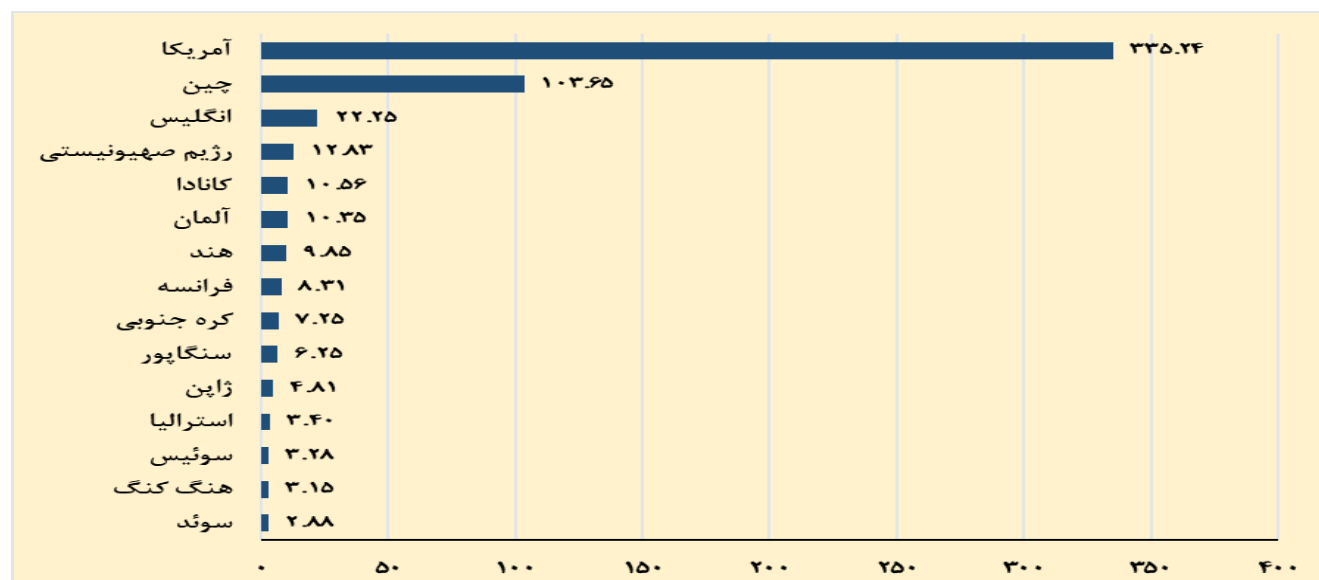
با این حال نکته قابل توجه در چین این است که با وجود روند رو به رشد سرمایه‌گذاری تا سال ۲۰۲۱، در سال‌های بعد از آن، میزان اقبال بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این عرصه کمتر شده به‌نحوی که در سال ۲۰۲۳ حجم سرمایه‌گذاری بخش خصوصی حتی از اروپا نیز کمتر شده و به ۸ میلیارد دلار رسیده است [۲۰]. ممکن است بخشی از این اتفاق ناشی از سیاست‌های کلان چین در عرصه فناوری و یا قانونگذاری‌هایی باشد که به‌طور خاص در حوزه هوش مصنوعی انجام شده است. به هر صورت این موضوع نیازمند نگاه دقیق‌تر و بررسی‌های بیشتر است.

شکل ۱۵. میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حوزه هوش مصنوعی در میان مناطق پیشرو (میلیارد دلار) (۲۰۱۳-۲۰۲۳)



Source: Ibid [11]

شکل ۱۶. میزان کل سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی (از ۲۰۱۳-۲۰۲۳) در حوزه هوش مصنوعی در مناطق مختلف جغرافیایی جهان (میلیارد دلار آمریکا)



Source: Quid, 2023 | Chart: 2024 AI Index report [11]

بیشترین حوزه‌های مورد توجه بخش خصوصی طی سال ۲۰۲۳ برای سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی، زیرساخت، تحقیق و پژوهش و بخش حکمرانی با ۱۸/۳ میلیارد دلار و بخش پشتیبانی مشتری براساس پردازش زبان طبیعی با ۵/۵ میلیارد دلار بوده است. این میزان افزایش سرمایه‌گذاری در بخش‌های زیربنایی و حکمرانی و پژوهش باعث رشد تولید برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی توسط شرکت‌هایی نظیر اپن‌ای‌آی، آنتروپیک و اینفلکشن‌ای‌آی^۱ شده است. در سال ۲۰۲۲ نیز ربات‌های خدماتی در حوزه پزشکی از اقبال بیشتری نسبت به سال ۲۰۲۱ برخوردار بود شود تعداد بیمارستان‌ها و در بخش‌های حمل و نقل و لجستیک مجهز به ربات‌های خدماتی به ترتیب ۲/۳ و ۱/۴ برابر شدند. تعداد ربات‌های خدماتی تخصصی جهان در سال ۲۰۲۱ در حوزه حمل و نقل و لجستیک ۶۰ هزار ربات نصب شده بود، در حالی که این

1. Open AI, Anthropic and Inflection AI

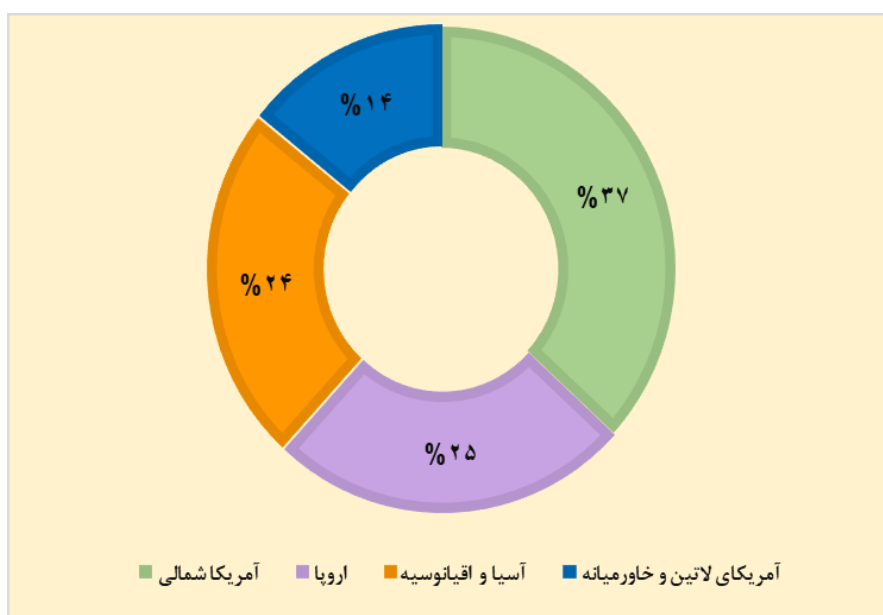
میزان در سال ۲۰۲۲ به ۸۶ هزار ربات افزایش یافت. در بخش بیمارستانی و تجهیزات پزشکی نیز تعداد ربات‌ها از ۱۱ هزار در سال ۲۰۲۱ به ۲۵ هزار ربات در سال ۲۰۲۲ افزایش یافت.

۷-۵. سهم بازار هوش مصنوعی

آنچه در بررسی روندهای علوم رایانه به دست آمده و براساس پیش‌بینی‌های شرکت مکنزی، سهم هوش مصنوعی در اقتصاد آتی کشورهای جهان بسیار پررنگ است. به گزارش شرکت مکنزی، در سال‌های آتی این فناوری سالیانه ۴/۴ تریلیون دلار در آمد اقتصادی در پی خواهد داشت، همین امر منجر به فعالیت بیشتر مهندسين یادگیری ماشین، دانشمندان حوزه داده و توسعه‌دهندگان چت‌بات و در دسترس قرار گرفتن بیشتر این فناوری می‌شود. براساس گزارش شرکت مک‌کنزی، در سال ۲۰۲۳، معادل ۵۵ درصد از سازمان‌های مورد بررسی، دست‌کم از هوش مصنوعی در واحدهای کسب‌وکاری یا عملیاتی استفاده کرده‌اند و این میزان از ۲۰ درصد سال ۲۰۱۷ به ۵۰ درصد در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است. پذیرش هوش مصنوعی طی پنج سال گذشته با سرعت زیادی افزایش یافته و این روند با پیشرفت‌های فناورانه با تغییرات بسامد افزایش هم‌آن در بازار همراه خواهد بود.

در سال ۲۰۲۲ سهم بازار جهانی از هوش مصنوعی حدود ۴۵۴ میلیارد دلار برآورد شده است. در شکل ۱۷، درصد سهم بازار هوش مصنوعی به تفکیک مناطق مختلف جهان طی سال ۲۰۲۲ نشان داده شده است. آمریکای شمالی با ۳۷ درصد بیشترین سهم را در بین مناطق جهان در سال ۲۰۲۲ داشته است. اندازه بازار این حوزه در ایالات متحده آمریکا، ۱۰۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۲ بود و پیش‌بینی می‌شود با یک رشد قابل توجه تا سال ۲۰۳۲ به ۶۰۰ میلیارد دلار برسد [۲۱].

شکل ۱۷. سهم بازار هوش مصنوعی در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۲۲ (درصد)



Source: www.precedenceresearch.com[21]

با توجه به میزان اقبال جهانی از چهار شاخه مرتبط هوش مصنوعی اعم از فناوری یادگیری عمیق، یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی، بینایی ماشین و پردازش تصویر، سهم این فناوری‌ها در بازارهای جهانی بررسی شده است. در جدول ۳ درآمدهای بازار هوش مصنوعی در جهان به تفکیک فناوری‌های یاد شده در سال ۲۰۲۲ و پیش‌بینی آن برای ۱۰ سال آتی ارائه شده است.



جدول ۳. درآمدهای بازار از هوش مصنوعی در جهان به تفکیک فناوری در سال ۲۰۲۲ و پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۳۲ (میلیارد دلار)

فناوری	۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۷	۲۰۳۲
یادگیری عمیق	۱۶۶	۱۹۷	۳۹۲	۹۴۸
یادگیری ماشین	۱۲۳	۱۴۵	۲۹۰	۷۰۳
پردازش زبان طبیعی	۹۱	۱۰۸	۲۱۶	۵۲۱
بینایی ماشین و پردازش تصویر	۷۴	۸۷	۱۷۱	۴۰۲

Source: Ibid [21]

پیشرفت‌های فناوری در حوزه یادگیری عمیق چالش‌های مرتبط با حجم عظیم اطلاعات و داده‌ها را مرتفع خواهد کرد و کاربردهای آن در زمینه پزشکی در ۱۰ سال آتی سرعت بیشتری خواهد یافت.

اختصاص سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در حوزه یادگیری ماشین در میان سایر فناوری‌های هوش مصنوعی باعث افزایش کاربری آن در فعالیت‌هایی نظیر فرضیه‌پردازی،^۱ خوشه‌بندی،^۲ تغییر،^۳ برچسب‌گذاری،^۴ فیلترینگ، بصری‌سازی^۵ و جهت‌یابی^۶ و مسبب حل و فصل مسائل شناختی می‌شود.

۸-۵. ارزیابی اثر اخلاقی هوش مصنوعی

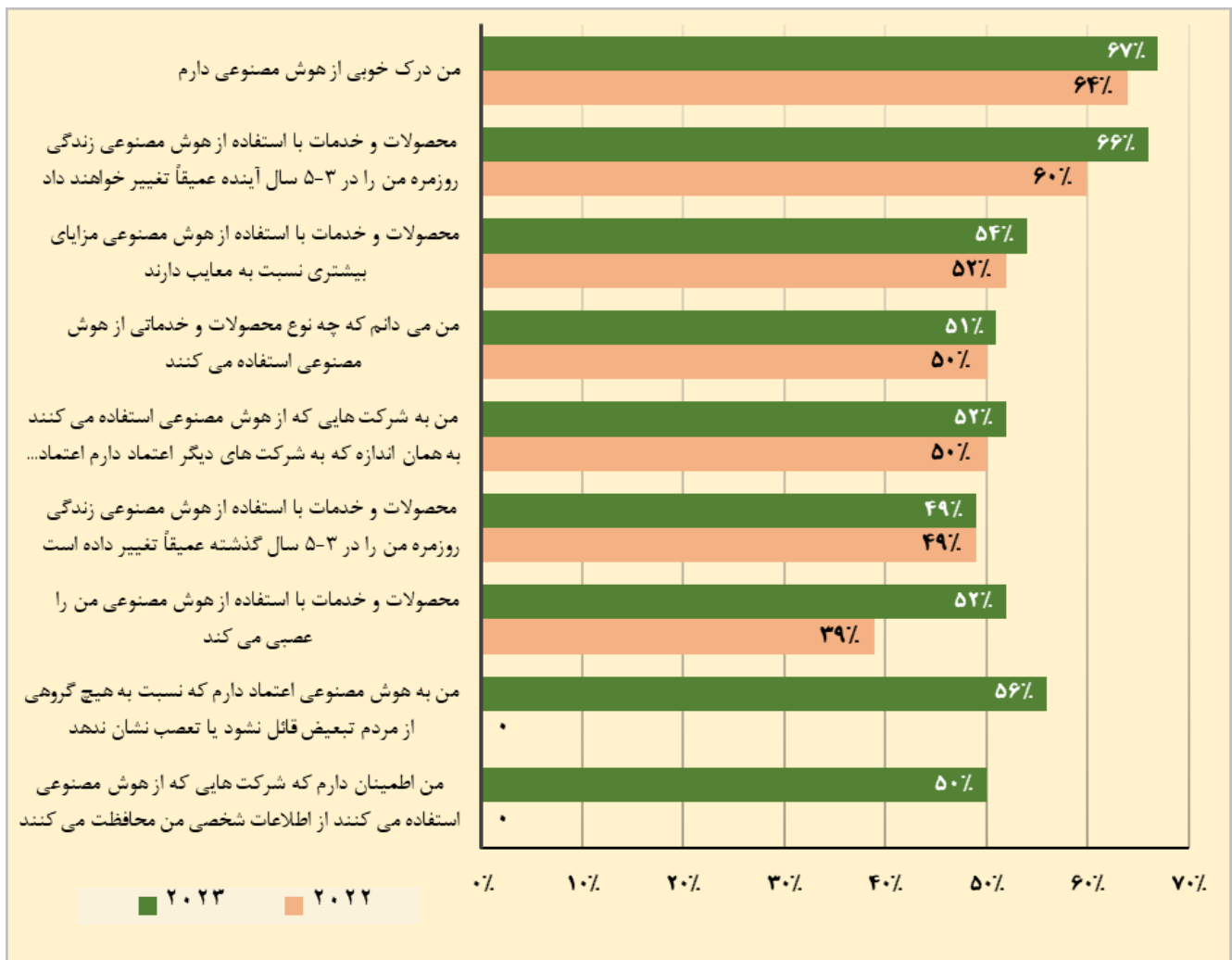
اخلاق در هوش مصنوعی، اصول اخلاقی است که شرکت‌ها برای هدایت توسعه و به‌کارگیری مسئولانه و منصفانه از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند. یک کد اخلاقی قوی هوش مصنوعی می‌تواند شامل اجتناب از تعصب، اطمینان از حریم خصوصی کاربران و داده‌های آنها و کاهش خطرات زیست‌محیطی باشد.

بر اساس معیارهای یونسکو تعدادی محور کلیدی برای اقدام‌های سیاستی مرتبط با اخلاق هوش مصنوعی معرفی شده که مهم‌ترین آنها اندازه‌گیری اثر اخلاقی، اطمینان و اعتماد به سیاست‌گذاری و حکمرانی داده، توجه به مسئله جنسیت، فرهنگ، آموزش و پژوهش و سلامت و تندرستی اجتماعی است. مطالعات و پژوهش‌هایی که در حال حاضر در مورد اندازه‌گیری اثر اخلاقی هوش مصنوعی از منظر اجتماعی انجام شده، مبتنی بر نظرسنجی از مردم راجع به این حوزه‌ها، در طیف‌های مختلف است و اساساً نرخ پذیرش این فناوری را مبتنی بر کاربردها، اقدام‌های سیاستی و آثاری که به واسطه آنها در سطح جامعه ایجاد می‌شود، ارزیابی می‌کند. در میان کشورهای جهان، نظرها و دیدگاه‌ها نسبت به پیشرفت و کاربرد هوش مصنوعی متفاوت است. بر اساس نظرسنجی که شرکت بین‌المللی تحقیقات بازار و نظرسنجی ایپسوس^۷ در خصوص پذیرش اجتماعی فناوری هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۳ در ۳۱ کشور جهان و برای گروه سنی ۱۶-۷۴ سال انجام دادند، ۲۲۸۱۶ نفر شرکت کردند. در شکل ۱۸ موارد پاسخ داده شده در نظرسنجی به انضمام درصد پاسخ‌ها توسط پرسش‌شوندگان مناطق مختلف جهان ارائه شده است.

1. Hypothesis Generation
2. Clustering
3. Altering
4. Tagging
5. Visualization
6. Navigation

۷. Ipsos: شرکت ایپسوس در زمینه‌های مختلف از جمله بازاریابی، تبلیغات، رفتار مصرف‌کنندگان، فرهنگ و جامعه، سیاست و اقتصاد فعالیت می‌کند. این شرکت با استفاده از روش‌های تحقیقاتی متنوع مانند نظرسنجی‌ها، مصاحبه‌های تلفنی، تحقیقات آنلاین و تجزیه و تحلیل داده‌ها، به ارائه خدمات تحقیقاتی برای مشتریان خود در سراسر جهان می‌پردازد.

شکل ۱۸. پاسخ سؤال شوندگان در مورد استفاده از محصولات و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی (در صد)



Source: Ipsos, 2022–23 | Chart: 2024 AI Index report[11]

همانطور که در شکل ۱۸ اشاره شده است در خصوص مقایسه پاسخ به سؤالات در سال های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ به نظر می رسد روند شناخت و آگاهی از آثار به کارگیری هوش مصنوعی بین مردم جامعه به تدریج در حال افزایش است. ۶۶ درصد از پاسخ دهندگان معتقد هستند که محصولات و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی در آینده نزدیک زندگی روزانه آنها را تغییر می دهد. در عین حال ۵۴ درصد پاسخ دهندگان معتقدند مزایای هوش مصنوعی از معایب آن بیشتر است و به عبارت دیگر متوسط و تقریب تعداد افرادی که فکر می کنند مزایای هوش مصنوعی بیشتر است با تعداد افرادی که فکر می کنند معایب آن بیشتر است تقریباً یکسان است و این موضوع نشان دهنده عدم قطعیت بالایی است که در مورد پذیرش این فناوری وجود دارد. در حالی که در سال ۲۰۲۲ حدود ۳۹ درصد پاسخ دهندگان معتقد بودند محصولات و خدمات هوش مصنوعی آنها را مشوش و نگران می کند. این نوع نگرش با رواج هر چه بیشتر کاربردهای این فناوری رو به افزایش است و حدود ۵۳ درصد پاسخ دهندگان احساس نگرانی خود را در مواجهه با این فناوری ابراز کرده اند و این امر نشان می دهد پیامدهای اخلاقی و اجتماعی این فناوری از نظر مردم در حال پررنگ شدن است. از طرفی بررسی جزئیات بیشتر پاسخ ها در میان کشورهای متعدد نشان می دهد، به طور متوسط ۴۳ درصد مردم کشورهای اتحادیه اروپا (آلمانی و هلندی) بر اساس نظرسنجی انجام شده در سال ۲۰۲۳ معتقد بودند که استفاده از محصولات و خدمات فناوری هوش مصنوعی باعث نگران شدن آنها می شود. این در حالی است که ۳۷ درصد از آمریکایی های شرکت کننده در این پژوهش موافق با سودمند بودن خدمات هوش مصنوعی بودند. حدود ۷۰ درصد از کشورهای آسیای شرقی نیز بر سودمندی خدمات هوش مصنوعی توافق داشتند.



۶. شاخص‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران

همگام با تمرکز بخش قابل توجهی از کشورها بر توسعه هوش مصنوعی و ملاحظات و الزامات آن، در کشور مانیز این حوزه طی سال‌های اخیر به شدت مورد توجه واقع شده است. در آخرین اقدام‌ها، سند ملی هوش مصنوعی در خردادماه ۱۴۰۳ توسط شورای عالی انقلاب فرهنگی به تصویب رسیده و در تیر ماه ابلاغ شد. مطابق با این سند، ایران در افق ۱۴۱۲، جزء ۱۰ کشور پیشروی جهان در این حوزه قرار می‌گیرد. چشم‌انداز، اهداف کلان و شاخص‌های ارزیابی کلان متناسب با اهدافی همچون تربیت سرمایه انسانی، ارتقا و تأمین زیرساخت‌ها، رشد و جهش تولیدات علمی، فکری و فناورانه، ارتقای نوآوری، ارتقای رقابت‌پذیری اقتصادی، توسعه تعاملات بین‌المللی و ارتقای کیفیت حکمرانی تعریف شده و بهبود جایگاه کشور در شاخص آمادگی هوش مصنوعی دولت نیز مدنظر قرار گرفته است [۲۲]. در تازه‌ترین پژوهش انجام شده تحت عنوان «گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۳» که با همکاری مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف و آزمایشگاه سیاستی دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه صنعتی شریف تدوین شده است [۲۳]، برخی مؤلفه‌های مرتبط با ارزیابی وضعیت توسعه هوش مصنوعی در ایران جمع‌آوری و اندازه‌گیری و براساس آن تصویری از شاخص هوش مصنوعی ایران ارائه شده است. هرچند در این گزارش نیز تأکید شده است به دلیل محدودیت‌های داده‌ای، بررسی وضعیت ایران در حوزه هوش مصنوعی برای همه شاخص‌ها امکان‌پذیر نبوده و امکان محاسبه و کمی‌سازی همه شاخص‌ها وجود نداشته است.

در پژوهش حاضر تلاش شده پیرو شاخص‌های معرفی شده در سند ملی هوش مصنوعی و در چارچوب برخی از مؤلفه‌هایی که وفق شاخص هوش مصنوعی دانشگاه استنفورد در سطح جهانی بررسی شد، وضعیت کشور مانیز مورد بررسی قرار گیرد. در جدول ۴ شاخص‌های مندرج در سند و مقادیر کمی آن ارائه شده و در ادامه برحسب داده‌های موجود و اطلاعات کمی در دسترس از وضعیت کنونی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۴. شاخص‌های کلان ارزیابی توسعه هوش مصنوعی در کشور

شاخص کلان	وضع موجود	وضع مطلوب ۱۴۰۷
۱-۱ ظرفیت پذیرش سالیانه رشته‌های هوش مصنوعی، رشته‌های مرتبط و بین‌رشته‌ای‌ها در مقاطع: کارشناسی ارشد/ دکتری	۲۰۰۰ (۱۳۹۹) ۱۷۵ (۱۴۰۰)	رشد سالیانه ۱۲٪ (۳۵۰۰) رشد سالیانه ۱۸٪ (۴۰۰)
۱-۲ حجم آموزش دوره‌های مهارتی کوتاه‌مدت به‌منظور کاربست هوش مصنوعی در هوشمندسازی فرایندهای کاری سازمان‌ها و بنگاه‌ها	—	۵۰ هزار نفر از دوره
۱-۳ سهم افراد توانمند جهت استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به‌منظور کاربست در حیطه کاری خود از کل شاغلین	—	۵۰ درصد
۱-۲ میزان توان محاسباتی زیرساخت پردازشی ویژه پروژه‌های کلان هوش مصنوعی در کشور	حداقل ۲۰ پتافلاپس	۱ اگرافلاپس
۲-۲ حجم زیرساخت پردازش اشتراکی در کشور	—	۵ اگرافلاپس
۱-۳ رتبه کشور از منظر شاخص H انتشارات علمی حوزه هوش مصنوعی	۲۳	۱۵
۲-۳ تعداد نشریات معتبر بین‌المللی هوش مصنوعی در کشور در چارک اول یا دوم	صفر (۳ نمایش نمایه در اسکوپوس)	حداقل یک نشریه (۵ نشریه نمایه شده در اسکوپوس)
۳-۳ سهم پژوهشگران دو درصد برتر هوش مصنوعی ایران	۰/۸ درصد	۱/۵ درصد

شاخص کلان	وضع موجود	وضع مطلوب ۱۴۰۷
۳-۴. حجم قراردادهای پژوهشی تقاضامحور وصول شده در حوزه هوش مصنوعی (به قیمت ثابت سال ۱۴۰۲)	-	-
۳-۵. تعداد جوامع علمی حوزه هوش مصنوعی و بین‌رشته‌ای‌های مرتبط (درصد نویسندگانی که حداقل ۳ مقاله مشترک با یکدیگر دارند به کل نویسندگان)	۱۴ درصد	۲۰ درصد
۴-۱. تعداد محصولات/ خدمات دانش‌بنیان تأیید شده هوش مصنوعی	۳۶۳	۲۰۰۰
۴-۲. تعداد ثبت اختراعات هوش مصنوعی ثبت اختراع بین‌المللی ثبت اختراع داخلی	-	-
۵-۱. تعداد شرکت‌های بزرگ فعال در حوزه هوش مصنوعی	کمتر از ۵	۱۰
۵-۲. تعداد کارکنان شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه هوش مصنوعی	۸۴۶۶	۲۰۰۰۰
۵-۳. میزان فروش شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه هوش مصنوعی (قیمت ثابت سال ۱۴۰۱) براساس مالیات بر ارزش‌افزوده ابرازی	حدود ۳۰۰ میلیارد تومان	۲۰۰۰ میلیارد تومان
۵-۴. میزان سرمایه‌گذاری دولتی، غیردولتی و سرمایه‌گذاری خارجی در حوزه هوش مصنوعی	-	-
۵-۵. نسبت حجم فروش محصولات و خدمات هوش مصنوعی ساخت ایران به تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری*۱۰۰	-	-
۶-۱. حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش مصنوعی در سال	-	-
۶-۲. تعداد و حجم پروژه‌های هوش مصنوعی مشارکتی بین‌المللی	-	-
۶-۳. تعداد سکوها و خدمات اینترنتی ایرانی بهره‌مند از هوش مصنوعی با بیش از دویست میلیون کاربر	۰	۳
۶-۴. تعداد رویدادها و کنفرانس‌های بین‌المللی برگزار شده در کشور (براساس داده‌های ISC)	۲۴ (از ابتدای ۹۶ تا دی‌ماه ۱۴۰۲)	۵ (سالانه)
۷-۱. جایگاه کشور در شاخص آمادگی هوش مصنوعی دولت	۹۴	۳۰
۷-۲. درصد دستگاه‌های مستقل ملی دارای رهنگاشت هوش مصنوعی مصوب شورای راهبری هوش مصنوعی	۰	۱۰۰ درصد
۷-۳. تعداد شهرهای هوشمند (مبتنی بر استانداردهای به‌روز بین‌المللی ^۱)	۰	۳
۷-۴. تعداد سکوها و خدمات اینترنتی ایرانی و بهره‌مند از هوش مصنوعی با حداقل ۲۰ میلیون کاربر	۱۷	۴۰

مأخذ: سند ملی هوش مصنوعی جمهوری اسلامی ایران [۲۲]

۱. مشابه استاندارد ISO ۳۷۱۵۳:۲۰۱۷



در بررسی اولیه شاخص‌ها در سند ملی هوش مصنوعی ذکر نکات زیر ضروری است:

- با وجود افق ۱۰ ساله سند، به علت تحولات سریع حوزه هوش مصنوعی، مقادیر مطلوب شاخص‌ها برای بازه زمانی پنج‌ساله تدوین شده و سازمان ملی هوش مصنوعی موظف شده است شناسنامه ارزیابی شاخص‌های کلان سند و همچنین مقادیر موجود و مطلوب شاخص‌های ارزیابی کلان فاقد مقدار را ظرف مدت ۶ ماه تدوین و به تصویب شورای ملی راهبری هوش مصنوعی برساند.
- تصویر وضعیت موجود در این جدول، اغلب ناظر به سال‌های ۱۴۰۰ یا ۱۴۰۱ است که به نظر می‌رسد با توجه به ابلاغ سند در تیرماه ۱۴۰۳ و تحولاتی که امکان رخداد آن در این فاصله دو ساله وجود داشته است، نتواند تحلیل صحیحی از چشم‌انداز و انتظارات ارائه دهد.
- برخی از شاخص‌ها از جمله سهم افراد توانمند در استفاده از ابزار هوش مصنوعی و یا تعداد شهرهای هوشمند (با توجه به تعاریفی که از شهرهای هوشمند وجود دارد و هوش مصنوعی به عنوان یکی از ابزارهای هوشمندسازی شهرها) محل ابهام است و مشخص نیست براساس چه معیارهایی صورت خواهد گرفت.
- استانداردهای اندازه‌گیری برخی داده‌ها از جمله حجم بازار، تعداد دانش‌آموختگان، تعداد محصولات تأیید شده هوش مصنوعی با توجه به ابعاد و گرایش‌های متفاوت هوش مصنوعی و زمینه‌های کاری شرکت‌ها و توسعه‌دهندگان باید مشخص شود.
- هریک از شاخص‌های مندرج در سند بر حسب دسته‌بندی‌های این پژوهش به تفصیل در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۶. ظرفیت پردازشی مورد نیاز

براساس شاخص‌های سند ملی هوش مصنوعی دستیابی به ظرفیت پردازشی یک اگزافلاپس ویژه طرح‌های کلان هوش مصنوعی کشور در پایان سال ۱۴۰۷ و نیز توجه به زیرساخت‌های پردازش اشتراکی با استفاده از ظرفیت‌های خرد پردازشی در کشور تا سطح ۱۵ اگزافلاپس مدنظر قرار گرفته است. این در حالی است که در وضعیت کنونی، توان محاسباتی زیرساخت‌های پردازشی موجود در کشور به‌طور خوش‌بینانه حدود ۲۰ پتافلاپس است (جدول ۵).

در دنیا در فاصله سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۳ همزمان با اوج‌گیری شدید توسعه سامانه‌های هوش مصنوعی، ظرفیت‌های پردازشی بین ۱۰ هزار تا یک میلیون پتافلاپس (معادل یک اگزافلاپس) در دانشگاه‌های پیشرو، ظرفیت پردازشی بین ۱۵ هزار تا ۱۰۰ میلیون در ارتباط دانشگاه و صنعت و زیرساخت‌های پردازشی بیش از ۱۰۰ میلیون پتافلاپس در شرکت‌های بزرگ توسعه دهنده سامانه‌های هوش مصنوعی فراهم شده است.

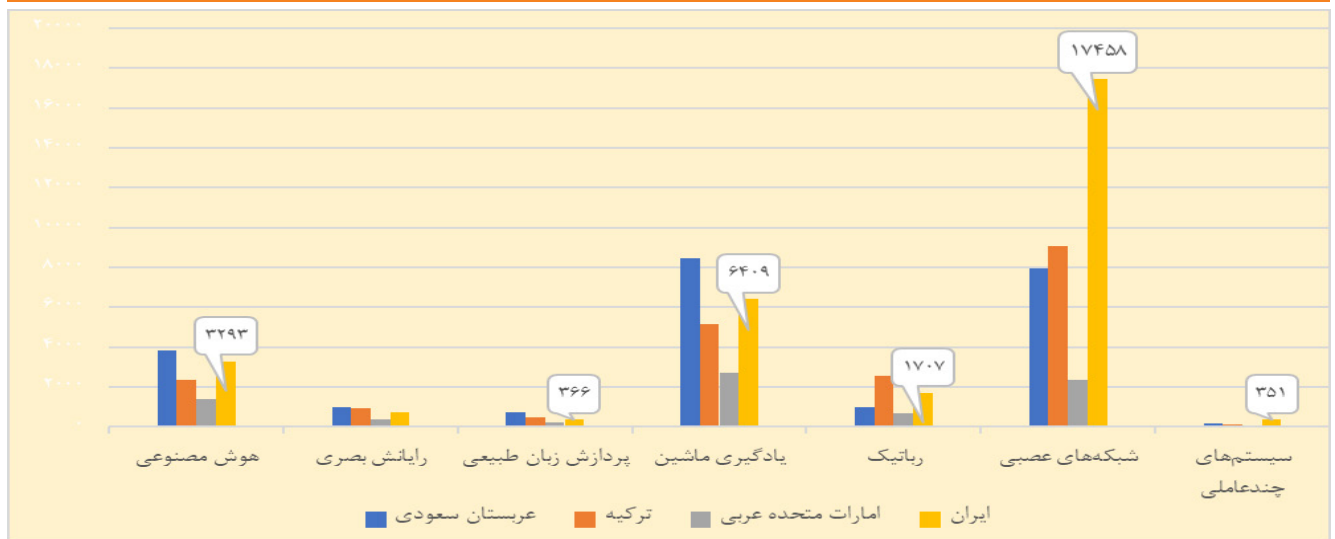
جدول ۵. شاخص‌های ارزیابی کلان مندرج در سند ملی هوش مصنوعی منطبق با حوزه پژوهش و تولید علم		
وضع مطلوب ۱۴۰۷	وضع موجود	شاخص کلان
۱ اگزافلاپس	حداقل ۲۰ پتافلاپس	میزان توان محاسباتی زیرساخت پردازشی ویژه پروژه‌های کلان هوش مصنوعی در کشور
۵ اگزافلاپس	-	حجم زیرساخت پردازش اشتراکی در کشور

مأخذ: همان [۲۲]

۲-۶. انتشار مقالات در حوزه هوش مصنوعی

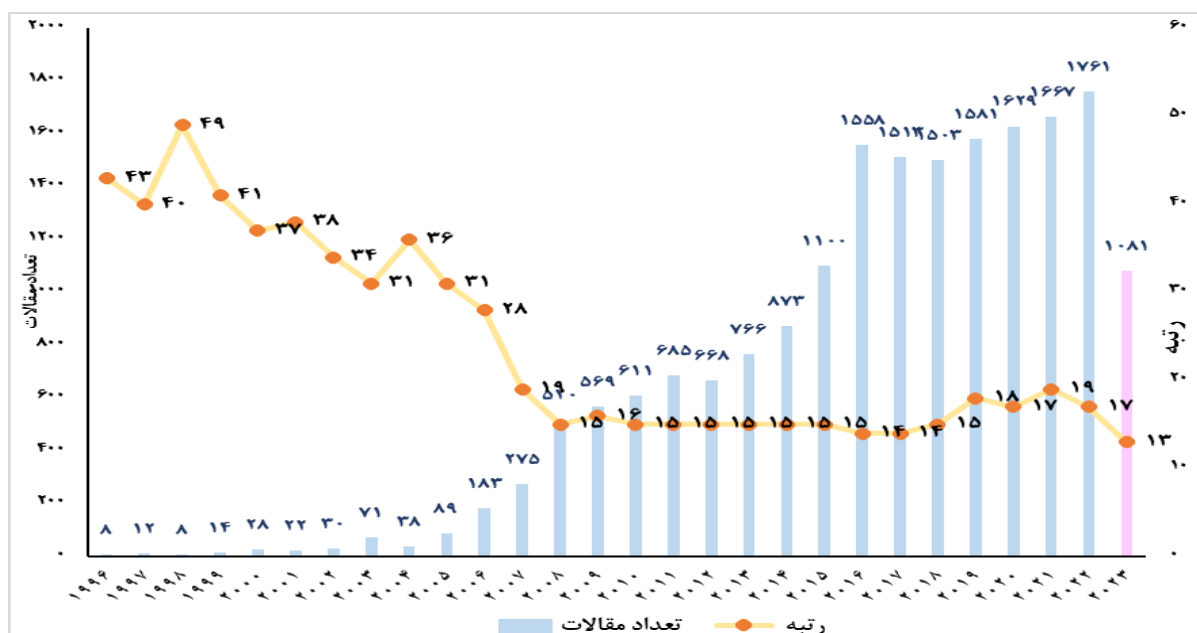
براساس داده‌های پایگاه وب آو ساینس، کشور مادر تولید دانش و انتشار مقالات بین‌المللی زیرشاخه‌های مختلف هوش مصنوعی در بازه زمانی ۲۰۲۳-۲۰۰۴، وضعیت نسبتاً قابل قبولی دارد به نحوی که در فناوری شبکه‌های عصبی رتبه ۶؛ فناوری‌های هوش مصنوعی رتبه ۱۶؛ رایانش بصری و پردازش زبان طبیعی رتبه ۲۵؛ یادگیری ماشینی رتبه ۱۷؛ فناوری رباتیک رتبه ۲۷ و فناوری سیستم‌های چند عاملی رتبه ۱۲ را داراست [۲۴]. در شکل ۱۹ تعداد مدارک و مقالات علمی منتشر شده ایران و چند کشور منتخب منطقه ارائه شده است. هرچند که تعداد مقالات منتشر شده ایران در مجموع کل گرایش‌های مرتبط با هوش مصنوعی (به واسطه تعداد مقالات قابل توجه در گرایش شبکه‌های عصبی) در مقایسه با کشورهای عربستان، ترکیه و امارات بالاتر بوده و از این حیث رتبه اول را دارد اما در گرایش‌های یادگیری ماشین و فناوری‌های هوش مصنوعی، بعد از عربستان در رتبه دوم قرار دارد. در حوزه رباتیک نیز ترکیه رتبه اول و ایران رتبه دوم را دارد. این در حالی است که در گرایش‌های پردازش زبان طبیعی و رایانش بصری نیز به ترتیب بعد از عربستان و ترکیه قرار دارد.

شکل ۱۹. جایگاه کشورهای برتر منتخب منطقه در تولید علمی در برخی شاخه‌های هوش مصنوعی در سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۴ (تعداد مدرک)



مأخذ: پایگاه وب آو ساینس [۲۴]

شکل ۲۰. تعداد مقالات منتشر شده در حوزه هوش مصنوعی در کشور به نقل از پایگاه سایماگو (۱۹۹۶-۲۰۲۳)



مأخذ: سایماگو [۱۶]

داده‌های پایگاه سایماگو،^۱ نیز نشان می‌دهد ظرفیت انتشار مقالات حوزه هوش مصنوعی وفق کلیدواژه‌های انتخابی این پایگاه به‌عنوان هوش مصنوعی، در ایران از هشت مقاله پژوهشی در سال ۱۹۹۶ به ۱۷۶۱ مقاله در سال ۲۰۲۲ و در سال ۲۰۲۳ به ۱۶۸۱ مقاله رسیده که البته با به‌روزرسانی این پایگاه داده‌بی‌شک در این سال با افزایش تعداد روبه‌رو خواهیم بود. به همین ترتیب کشور نیز روبه‌بهبود است و در سال ۲۰۲۳ رتبه سیزدهم جهانی توسط این پایگاه گزارش شده است. شایان توجه است رتبه تجمعی کشور در بازه زمانی مذکور ۱۵ بوده است (شکل ۲۰). همان‌طور که بیان شد در سند ملی هوش مصنوعی، شاخص‌هایی متناسب با این موضوعات تعریف شده که در جدول ۶ آمده است.

۱. سایماگو متشکل از شرکت مشاوره‌ای اسپانیایی و شبکه گروه‌های پژوهشی است که در چندین مؤسسه علمی آمریکای لاتین و اسپانیا کار می‌کنند. ۲ درصد از برترین دانشمندان جهان در این نهاد اشتغال دارند و رتبه‌بندی‌های ارائه شده آنها براساس داده‌های دانشگاه استنفورد و اسکوپوس است. نتایج پژوهش‌های آنها عمدتاً در مجلات علمی مهم جهان منتشر می‌شود.



جدول ۶. شاخص‌های ارزیابی کلان‌مندرج در سند ملی هوش مصنوعی منطبق با حوزه پژوهش و تولید علم

شاخص کلان	وضع موجود	وضع مطلوب ۱۴۰۷
رتبه کشور از منظر شاخص H انتشارات علمی حوزه هوش مصنوعی	۲۳	۱۵
تعداد نشریات معتبر بین‌المللی هوش مصنوعی در کشور در چارک اول یا دوم	صفر (۳ نمایش نمایه در اسکوپوس)	حداقل یک نشریه (۵ نشریه نمایه شده در اسکوپوس)
سهم پژوهشگران دو درصد برتر هوش مصنوعی ایران	۰/۸ درصد	۱/۵ درصد
حجم قراردادهای پژوهشی تقاضامحور وصول شده در حوزه هوش مصنوعی (به قیمت ثابت سال ۱۴۰۲)	-	-
تعداد جوامع علمی حوزه هوش مصنوعی و بین‌رشته‌ای‌های مرتبط (درصد نویسندگانی که حداقل سه مقاله مشترک با یکدیگر دارند به کل نویسندگان)	۱۴ درصد	۲۰ درصد
تعداد ثبت اختراعات هوش مصنوعی ثبت اختراع بین‌المللی ثبت اختراع داخلی	-	-
تعداد رویدادها و کنفرانس‌های بین‌المللی برگزار شده در کشور (براساس داده‌های ISC)	۲۴ (از ابتدای ۹۶ تا دی‌ماه ۱۴۰۲)	۵ (سالانه)

مأخذ: سند ملی هوش مصنوعی [۲۲].

در مورد شاخص اچ باید در نظر داشت که این شاخص علاوه بر کیفیت به قدمت مقالات هم وابسته است. به این ترتیب زمان و کیفیت مقالات در بهبود این شاخص تأثیرگذار است. ممکن است بدون اینکه اقدام خاصی در کشور انجام شود شاخص اچ بهبود پیدا کند و از سویی دیگر با وجود تلاش‌ها و کارهای باکیفیت، در کوتاه‌مدت تغییر چندانی در شاخص اچ کشور در این زمینه رخ ندهد. از این رو در کنار شاخص اچ، شاخص‌هایی همچون تعداد اسناد منتشر شده و تعداد ارجاعات نیز مهم است که جای آن در شاخص‌های این سند خالی است. هر سه این شاخص‌ها با هم تصویری از وضعیت و روند حرکت به سمت چشم‌انداز پژوهش و تولید دانش را نشان می‌دهند.

براساس پایگاه‌های استنادی همچون سایماگو، در سال ۱۴۰۳، کشور در طبقه‌بندی هوش مصنوعی دارای چهار نشریه است که سه مورد آن در چارک سوم و یک مورد در چارک چهارم قرار دارد. براساس شاخص مندرج در سند هوش مصنوعی، دستیابی و ارتقای نشریات معتبر بین‌المللی هوش مصنوعی در کشور در چارک اول و دوم هدف‌گذاری شده است. در این زمینه باید توجه داشت که در میان چهار نشریه کنونی نمایه شده در حوزه هوش مصنوعی توسط سایماگو، این مجلات هیچ کدام به صورت تخصصی در مورد هوش مصنوعی نیستند، بلکه در زمینه هوش مصنوعی نیز مقالاتی دارند که باعث شده سایماگو آنها را در رده نشریات هوش مصنوعی نیز قرار دهد؛ لذا افزایش و کاهش رتبه این نوع نشریات در چارک‌ها لزوماً نشان‌دهنده عملکرد آنها به تنهایی در هوش مصنوعی نیست و سایر حوزه‌های تخصصی این نشریات همچون ریاضیات، پزشکی و امثال این نیز در بهبود چارک آنها نقش دارند. از این رو شاخص پیشنهادی سند از این حیث دچار ابهام است و لزوم تدقیق آن احساس می‌شود و بهتر است ایجاد نشریات تخصصی هوش مصنوعی برای پیگیری احراز تحقق این شاخص مدنظر قرار گیرد. این نکته را باید در نظر داشت که با توجه به بین‌رشته‌ای بودن موضوع هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف، قابلیت، صحت و دقت اندازه‌گیری برخی شاخص‌ها از جمله حجم قراردادهای پژوهشی تقاضامحور وصول شده در حوزه هوش مصنوعی هنوز معلوم نیست. چنان که در خود سند ملی نیز وضعیت موجود در برخی شاخص‌ها از جمله این شاخص احصا نشده و ناموجود است. لذا، سازوکارهایی از جمله طبقه‌بندی و دسته‌بندی قراردادهای پژوهشی حوزه‌های مختلف براساس کلید واژه‌های تعریف شده هوش مصنوعی جهت شناسایی و احصا مقدار این شاخص باید با مدیریت وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همکاری وزارتخانه‌ها مورد توجه قرار گیرد.

۳-۶. ظرفیت پذیرش رشته و گرایش‌های مرتبط هوش مصنوعی

همان‌طور که گفته شد، معمولاً در سطح جهانی تعداد افراد مشغول به تحصیل یا دانش آموخته ذیل رشته‌هایی همچون مهندسی و علوم رایانه، علوم شناختی، فناوری ارتباطات و ریاضیات در کنار گرایش‌های تحصیلات تکمیلی حوزه هوش مصنوعی در رصد ظرفیت‌های انسانی این حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر، مقطع کارشناسی هوش مصنوعی در کشور وجود ندارد اما دانشگاه‌های کشور در مقاطع تکمیلی اقدام به پذیرش دانشجو در گرایش هوش مصنوعی با عنوان «علوم کامپیوتر گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی» و «مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک» برای مقطع ارشد و «محاسبات نرم و هوش مصنوعی» ذیل رشته علوم و مهندسی کامپیوتر و «رایانش و هوش مصنوعی» ذیل رشته علوم شناختی و اعصاب شناختی در مقطع دکتری کرده‌اند.

براساس آمار ارائه شده توسط سازمان سنجش، نظام دانشگاهی کشور در سال ۱۴۰۲ در مقطع دکتری ۱۷۲ نفر و در مقطع کارشناسی ارشد ۱۳۵۸ نفر ظرفیت پذیرش دانشجو ذیل گرایش‌های یاد شده در بالا را داشته است. براساس موارد مندرج در جدول اهداف کمی سند ملی هوش مصنوعی که در جدول ۷ استخراج شده، آخرین وضع موجود برای سال‌های ۱۳۹۹ در مقطع کارشناسی ارشد و سال ۱۴۰۰ در مقطع دکتری لحاظ و پیش‌بینی شده که این ظرفیت در سال ۱۴۰۷ به ۳۵۰۰ نفر در مقطع ارشد و ۴۰۰ نفر در مقطع دکتری برسد. این در حالی است که با استناد به آمارهای سال ۱۴۰۲ می‌توان مشاهده کرد از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲، روند پذیرش و ایجاد ظرفیت در این حوزه‌ها تقریباً ثابت مانده و حتی در مواردی رو به افول است و این نشان می‌دهد در حال حاضر از یکسو هنوز برنامه‌ریزی مشخصی برای افزایش ظرفیت در نظام دانشگاهی کشور وجود ندارد و از سویی نیز ممکن است زمینه‌های علاقه‌مندی و یا آشنایی دانشجویان با این گرایش جهت سوق به این رشته و یا گرایش‌های مرتبط آن ذیل رشته‌های دیگر هنوز ایجاد نشده باشد. یکی از شاخص‌هایی که آمادگی کشورها برای نوآوری در زمینه حوزه‌های مختلف به خصوص هوش مصنوعی را شکل می‌دهد، تعداد فارغ التحصیلان در رشته‌های علوم، مهندسی، فناوری و ریاضیات (STEM)^۱ است. طبق آماری که در سال ۲۰۱۶ منتشر شد ایران با ۳۳۵ هزار نفر فارغ التحصیل پس از کشورهای چین (۴/۷ میلیون)، هند (۲/۶ میلیون)، ایالات متحده آمریکا (۵۶۸ هزار) و روسیه (۵۶۱ هزار نفر) در جایگاه ششم قرار داشت. اما در سال ۲۰۲۰ رتبه ایران با کاهش تعداد فارغ التحصیلان به ۲۱۱ هزار نفر پس از کشورهای چین، هند، ایالات متحده آمریکا، روسیه، اندونزی، برزیل، مکزیک، فرانسه و آلمان در جایگاه یازدهم قرار گرفت. کاهش رتبه و تعداد فارغ التحصیلان علوم، مهندسی، فناوری و ریاضیات ایران با کاهش علاقه دانش‌آموزان به رشته‌های ریاضیات و علوم پایه نیز همراه شده که نیازمند تدبیر است.

جدول ۷. شاخص‌های ارزیابی کلان‌مدرج در سند ملی هوش مصنوعی منطبق با ظرفیت پذیرش دانشجو

شاخص کلان	وضع موجود	وضع مطلوب ۱۴۰۷
ظرفیت پذیرش سالیانه رشته‌های هوش مصنوعی، رشته‌های مرتبط و بین‌رشته‌ای‌ها در مقاطع: کارشناسی ارشد / دکتری	۲۰۰۰ (۱۳۹۹) ۱۷۵ (۱۴۰۰)	رشد سالیانه ۱۲٪ (۳۵۰۰) رشد سالیانه ۱۸٪ (۴۰۰)

مأخذ: همان [۲۲]

۴-۶. اشتغال و تعداد شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی

براساس داده‌های سند ملی هوش مصنوعی، آخرین وضعیت موجود از تعداد کارکنان شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه هوش مصنوعی حدود ۸۵۰۰ نفر اعلام شده است؛ اما باید توجه داشت که ممکن است این داده بسیار کلی باشد و لزوماً همه این کارکنان، با توجه به فعالیت شرکت دانش‌بنیان ممکن است شاغل در حوزه هوش مصنوعی نباشند. همچنین باید توجه داشت که توزیع شرکت‌های هوش مصنوعی یکنواخت نیست، در بعضی حوزه‌ها مانند پردازش تصویر و به‌ویژه خواندن پلاک نزدیک، حدود ۳۰ شرکت فعال هستند و در بعضی حوزه‌ها شرکت‌های کمتری فعالیت

۱. شاخص STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) ابزاری است که برای اندازه‌گیری توانایی‌ها در زمینه‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات استفاده می‌شود.



می‌کنند. نرم‌افزارهای مسیر یاب و ربات‌های انسان‌نمای ایران از سوی تحلیلگران بین‌المللی به‌عنوان مصادیق فعالیت هوش مصنوعی کشور مورد توجه قرار گرفته‌اند. از هوش مصنوعی برای کمک به فعالیت‌های دیگر همچون هدف‌گیری تبلیغات اینترنتی نیز استفاده می‌شود. تا به امروز، تعداد شرکت‌های ایرانی حوزه هوش مصنوعی در تحلیل فراگیر یعنی با احتساب شرکت‌هایی که بخشی از فعالیت آنها از طریق هوش مصنوعی انجام می‌شود، حدود ۴۵۲ شرکت تخمین زده شده است. اما طبق آخرین آمار موجود (۱۴۰۳) در صورتی که هوش مصنوعی جزء اساسی این کسب و کارها باشد این تعداد به حدود ۲۴۲ شرکت کاهش پیدا می‌کند یافته‌ها نشان می‌دهد روند رشد شرکت‌های هوش مصنوعی با تمرکز بر شرکت‌های کوچک و متوسط در طی سه سال گذشته، زیر ۳ درصد بوده و تقریباً متوقف شده است (جدول ۸).

جدول ۸. شاخص‌های ارزیابی کلان در خصوص تعداد شاغلین و تربیت نیروی انسانی ماهر شاغل

وضع مطلوب ۱۴۰۷	وضع موجود	شاخص کلان
۱۰	کمتر از ۵	تعداد شرکت‌های بزرگ فعال در حوزه هوش مصنوعی
۲۰۰۰۰۰	۸۴۶۶	تعداد کارکنان شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه هوش مصنوعی
۵۰ هزار نفر دوره	—	حجم آموزش دوره‌های مهارتی کوتاه‌مدت به‌منظور کاربست هوش مصنوعی در هوشمندسازی فرایندهای کاری سازمان‌ها و بنگاه‌ها
۵۰ درصد	—	سهم افراد توانمند جهت استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به‌منظور کاربست در حیطه کاری خود از کل شاغلین

مأخذ: همان [۲۲]

موضوع تربیت نیروی انسانی ماهر برای استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی در سازمان‌ها و بنگاه‌ها از جمله مسائلی است که در توسعه و ترویج کاربست سامانه‌های هوش مصنوعی در مشاغل مورد توجه قرار گرفته است. آموزش و مهارت‌افزایی و هدایت نیروی کار به سمت مشاغل جدید حاصل از هوش مصنوعی به جای تعدیل و راهکارهای نوآورانه کاهش هزینه‌ها می‌توانند مقاومت سازمان‌ها و افراد شاغل در سازمان را نسبت به پذیرش فناوری کاهش دهد. با این حال اندازه‌گیری شاخصی همچون سهم افراد توانمند در استفاده از ابزار هوش مصنوعی محل ابهام است و مشخص نیست براساس چه معیارهایی صورت خواهد گرفت و از طرفی احتمال ارائه تصویرهای غیرواقعی (کم‌برآوردی و بیش‌برآوردی) نیز وجود دارد. لذا، ضرورت تدوین دستورالعمل‌های شفاف برای سازمان‌ها و بنگاه‌ها و نهاد ارزیاب برای اندازه‌گیری و صحت‌گذاری به چنین شاخص‌هایی احساس می‌شود.

۵-۶. سرمایه‌گذاری و سهم بازار هوش مصنوعی

در حال حاضر آمارهای رسمی و دقیقی از سرمایه‌گذاری و سهم بازار هوش مصنوعی در کشور وجود ندارد و همین امر باعث شده در سند ملی هوش مصنوعی بسیاری از شاخص‌هایی که ناظر به سرمایه‌گذاری و سهم بازار هوش مصنوعی است فاقد داده‌های کمی باشند. فقدان شناخت وضعیت موجود نیز به‌نوبه خود منجر به تردید در تعیین مقادیر هدف در این شاخص‌ها شده است (جدول ۹).

جدول ۹. شاخص‌های ارزیابی کلان منطبق با سرمایه‌گذاری و سهم بازار هوش مصنوعی

وضع مطلوب ۱۴۰۷	وضع موجود	شاخص کلان
۲۰۰۰	۳۶۳	تعداد محصولات/ خدمات دانش‌بنیان تأیید شده هوش مصنوعی
۲۰۰۰ میلیارد تومان	حدود ۳۰۰ میلیارد تومان	میزان فروش شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه هوش مصنوعی (قیمت ثابت سال ۱۴۰۱) براساس مالیات بر ارزش‌افزوده ابرازی
—	—	میزان سرمایه‌گذاری دولتی، غیردولتی و سرمایه‌گذاری خارجی در حوزه هوش مصنوعی

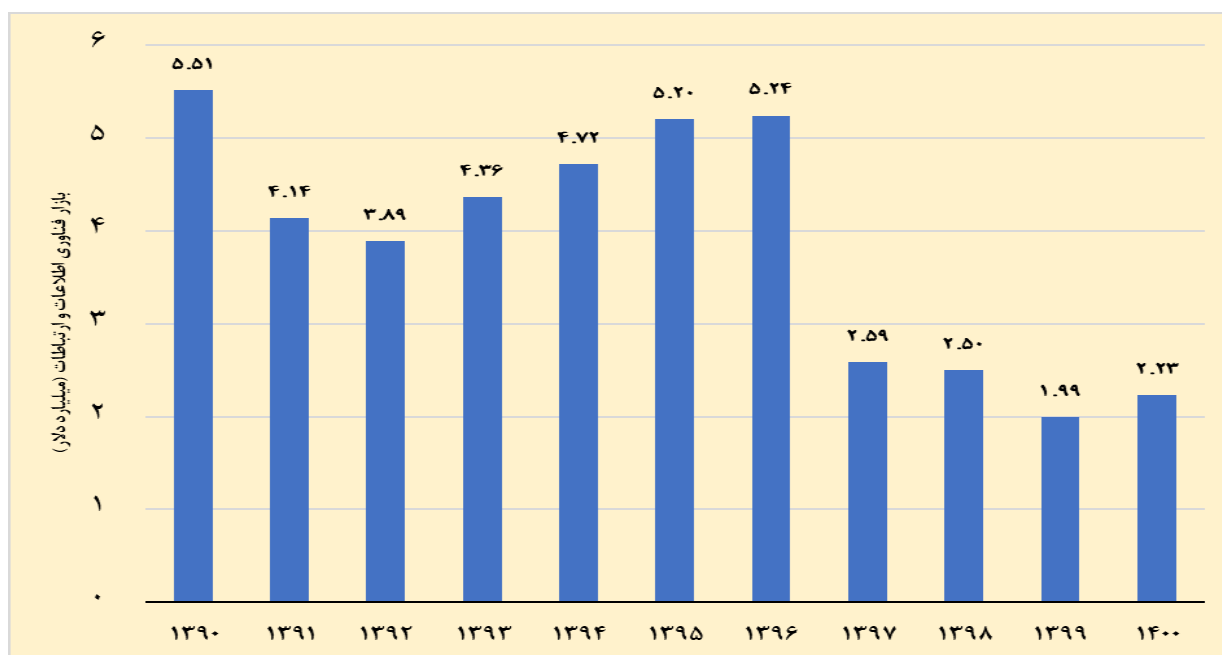
وضع مطلوب ۱۴۰۷	وضع موجود	شاخص کلان
-	-	نسبت حجم فروش محصولات و خدمات هوش مصنوعی ساخت ایران به تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری* ۱۰۰
-	-	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش مصنوعی در سال
-	-	تعداد و حجم پروژه‌های هوش مصنوعی مشارکتی بین‌المللی
۳	۰	تعداد سکوها و خدمات اینترنتی ایرانی بهره‌مند از هوش مصنوعی با بیش از دویست میلیون کاربر
۳	۰	تعداد شهرهای هوشمند (مبتنی بر استانداردهای به‌روز بین‌المللی ^۱)
۴۰	۱۷	تعداد سکوها و خدمات اینترنتی ایرانی و بهره‌مند از هوش مصنوعی با حداقل ۲۰ میلیون کاربر

مأخذ: سند ملی هوش مصنوعی کشور [۲۲]

براساس گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران، میزان سرمایه‌گذاری کشور در حوزه هوش مصنوعی در قالب وام، تسهیلات و کمک‌های بلاعوض به برخی شرکت‌های فعال در این حوزه تا به امروز حدود ده میلیون دلار بوده‌است که فاصله قابل توجهی با کشورهایی نظیر ترکیه با ۲۰۰ میلیون دلار، امارات با ۱/۵ میلیارد دلار و عربستان با بیست میلیارد دلار دارد. ارزش کل بازار هوش مصنوعی (شرکت‌های دانش‌بنیان و غیردانش‌بنیان) در سال ۱۴۰۱ نیز حدود ۱۶۰۰ میلیارد تومان تخمین زده شده‌است. سهم تخمینی شرکت‌های بزرگ در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ سه برابر شده و در همین بازه، سهم شرکت‌های کوچک و متوسط از ۹۰ درصد بازار به هفتاد درصد تقلیل یافته‌است. در این راستا، میزان فروش محصولات هوش مصنوعی توسط شرکت‌های کوچک و متوسط دانش‌بنیان در سال ۱۴۰۱ حدود ۷۰۰ میلیارد تومان و حجم بازار این شرکت‌ها حدود ۱۱۲۱ میلیارد تومان برآورد شده که با حساب تعدیل این اعداد به مبنای سال ۱۳۹۴، میزان فروش در سال ۱۴۰۱ معادل ۱۰۲ و سهم بازار شرکت‌های مذکور حدود ۱۶۱ میلیارد تومان است. گفتنی است بازار هوش مصنوعی در سال ۱۳۹۶ در کشور حدود ۲۴۰ میلیارد تومان بوده که در طی این سال‌ها با افت مواجه شده‌است [۲۳].

علاوه بر این، نگاهی به سهم بازار بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران (شکل ۲۱) به‌عنوان زیرساخت و بازار زیربنایی هوش مصنوعی نیز نشان می‌دهد بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران در سال‌های جاری کاهش قابل توجهی یافته‌است. به‌صورتی که در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۹۶ بیش از ۵۷ درصد کاهش یافته‌است. این موضوع حاکی از آن است که شرایط رشد بازار هوش مصنوعی می‌تواند چندان روشن نباشد [۲۵].

شکل ۲۱. سری زمانی بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایران (متوسط قیمت دلار سالانه در بازار آزاد) (میلیارد دلار)



مأخذ: داتین [۲۵]

صاحب‌نظران از کم‌برآورد اعتبارات پروژه‌های هوش مصنوعی بومی اطلاع می‌دهند. به عبارت دیگر مبالغ پیش‌بینی شده سرمایه‌گذاری برای طرح‌های بومی و داخلی کشور، با پروژه‌های سطح جهانی با بیش از ۱۰۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری قابل مقایسه نیست و اجرای آن در ایران با مبالغی بسیار کمتر هدف‌گذاری می‌شود. این موضوع ضمن پراکنده کردن اعتبارات محدود هوش مصنوعی در پروژه‌های متعدد می‌تواند باعث افزایش نرخ شکست پروژه‌های این حوزه شود. براساس مطالعات اولیه همچون مطالعات پژوهشگاه فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه‌گذاری حدود هشت میلیارد دلار تا ۱۴۱۰ تخمین زده شده و این در حالی است که در سطح جهانی در سال ۲۰۲۳، بخش خصوصی به تنهایی حدود ۹۶ میلیارد دلار در این حوزه سرمایه‌گذاری کرده و سهم کشورهای آسیای شرقی از جمله ژاپن، کره و سنگاپور به‌طور متوسط حدود پنج میلیارد دلار بوده است.

علاوه بر این، سهم بازار جهانی هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۳ حدود ۴۵۴ میلیارد دلار بوده و پیش‌بینی‌ها از سهم ششصد میلیارد دلاری تا ده سال آتی حکایت دارد. هر چند حجم فروش محصولات هوش مصنوعی ساخت ایران در سند ملی هوش مصنوعی به‌عنوان یک شاخص لحاظ شده اما مقدار آن نه در شرایط کنونی و نه در آینده مشخص نیست. دستیابی به فروش ۲۰۰۰ میلیارد تومانی در سال ۱۴۰۷ توسط شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه هوش مصنوعی نیز، حتی با احتساب قیمت کنونی ریال به دلار،^۱ کمی بیش از سی میلیون دلار خواهد بود که البته به‌نظر می‌رسد تمرکز بر شاخص فروش محصولات هوش مصنوعی از طریق شرکت‌های دانش‌بنیان کافی نباشد و باید دایره وسیع‌تر شرکت‌ها از جمله شرکت‌های ارائه خدمات و شرکت‌های غیردانش‌بنیان را نیز لحاظ کرده و سهم فروش کل محصولات هوش مصنوعی را نیز به‌عنوان یک شاخص از کاربست این فناوری لحاظ نمود. با همه این تفاسیر، کشور هم به‌لحاظ سرمایه‌گذاری و هم به‌لحاظ بازگشت سرمایه نسبت به روندهایی که سایر کشورها در این شاخص‌ها دارند فاصله داشته و از صحنه رقابت جهانی بسیار دور است [۲۵].

۱. قیمت هر دلار آمریکا به ریال شصت هزار تومان محاسبه شده است.

۷. جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی برای ایران



هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری پویا همواره در حال رشد است و سرعت تحولات آن با توسعه هوش مصنوعی مولد شدت بیشتری یافته است. مدل‌های جدیدی از هوش مصنوعی در مقیاس بزرگ به طور مداوم در حال انتشار است و مجموعه‌های بزرگ و مؤسسات علمی زیادی در سراسر جهان همچون دانشگاه‌های استنفورد و آکسفورد به دنبال معرفی شاخص‌های رتبه‌بندی کشورها در هوش مصنوعی و بازتعریف آنها هم‌راستا با سرعت تحولات این فناوری هستند.

در این تحقیق تلاش شد با توجه به شاخص‌های مطرح و پر استناد جهانی در حوزه هوش مصنوعی، برخی مؤلفه‌های آن نظیر میزان دانش آموختگی و اشتغال هوش مصنوعی، شرکت‌های فعال، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، سهم بازار، اخلاق، پذیرش اجتماعی و در نهایت میزان درآمدهای این فناوری در جهان ترسیم شود.

هدف از این پژوهش معرفی یا ترویج شاخص‌های پیشنهادی این مراکز و مؤسسات نبوده و تمرکز اصلی آن بر مؤلفه‌های اصلی و جامع در ارزیابی میزان توسعه هوش مصنوعی و ارائه تصویری از فعالیت‌ها، سرمایه‌گذاری‌ها و وضعیت برخی کشورهای پیشرو و منتخب در این حوزه است.

هریک از مؤلفه‌های بررسی شده و نتایج کلیدی میزان تأثیرگذاری آن بر رتبه جهانی کشورها و نیز ترسیم وضعیت کشور ما در چارچوب این مؤلفه‌ها در ادامه شرح داده شده است:

پژوهش و تولید علم در حوزه هوش مصنوعی

■ به طور کلی بخش قابل توجهی از تولید دانش در حوزه هوش مصنوعی در سطح جهانی توسط مراکز و مؤسسات دانشگاهی و پژوهشی انجام می‌شود.

■ به طور متوسط حدود ۷۸ درصد پژوهش‌های و محتواهای علمی این حوزه توسط دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی تولید می‌شود. سهم بخش صنعت دولت در این رابطه به ترتیب ۱۰ و ۸ درصد است.

■ براساس پایگاه استنادی سایماگو کشور ایران در بازه زمانی ۲۰۲۳-۱۹۹۶ در جایگاه ۱۵ هوش مصنوعی جهان قرار دارد و براساس طبقه‌بندی شاخه‌های فناوری هوش مصنوعی به استناد وب‌آو ساینس در حوزه شبکه‌های عصبی در رتبه ششم جهانی قرار دارد.

تعداد دانش آموختگان هوش مصنوعی

■ در سطح جهانی روند گرایش به رشته‌های مرتبط با هوش مصنوعی در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد (از جمله علوم و مهندسی رایانه، ریاضیات، فناوری اطلاعات) به طور ملایمی رو به افزایش است.

■ در مقطع دکترای علوم رایانه، رشد قابل ملاحظه‌ای در تعداد دانش آموختگان دیده نمی‌شود که به نظر می‌رسد زمینه‌های مناسب‌تر اشتغال در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و جذب به بخش صنعت، باعث می‌شود گرایش به سمت اخذ مدرک دکتری آنچنان بالا نباشد.

در حال حاضر، مقطع کارشناسی هوش مصنوعی در کشور ما وجود ندارد اما دانشگاه‌های کشور در مقاطع تکمیلی اقدام به پذیرش دانشجوی در گرایش هوش مصنوعی با عنوان «علوم کامپیوتر گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی» و «مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک» برای مقطع ارشد و «محاسبات نرم و هوش مصنوعی» ذیل رشته علوم و مهندسی کامپیوتر و «رایانش و هوش مصنوعی» ذیل رشته علوم شناختی و اعصاب شناختی در مقطع دکتری کرده‌اند.

■ براساس آمار ارائه شده توسط سازمان سنجش، نظام دانشگاهی کشور در سال ۱۴۰۲ در مقطع دکتری ۱۷۲ نفر و در مقطع کارشناسی ارشد ۱۳۵۸ نفر ظرفیت پذیرش دانشجوی ذیل گرایش‌های یاد شده در بالا را داشته است.

اشتغال

■ با توجه به گزارش دانشگاه استنفورد حدود ۷۷ درصد فارغ التحصیلان رشته‌های مرتبط با هوش مصنوعی در بخش صنعت، حدود ۲۲ درصد در دانشگاه و حدود یک درصد نیز در دولت مشغول به کار هستند.

■ بیشترین مشاغل بر خط هوش مصنوعی در حوزه اطلاعات هستند و بعد از آن مشاغل مربوط به خدمات علمی، تخصصی و فنی، امور مالی، بیمه و مشاغل تولیدی توانسته‌اند زمینه‌های لازم را برای اشتغال بر خط مبتنی بر هوش مصنوعی ایجاد کنند.



تعداد شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی

- از نظر تعداد شرکت‌های فعال در حوزه هوش مصنوعی نیز آمریکای شمالی رکورددار در جهان است و تعداد شرکت‌های در آنجا دو برابر مجموع تعداد شرکت‌های فعال این حوزه در اروپاست.
- آمریکا با ۵۴۲ شرکت جدید در سال ۲۰۲۲، چین با ۱۶۰ و انگلستان با ۹۹ شرکت دارای بیشترین تعداد شرکت‌های فعال در این حوزه بودند. رژیم اشغالگر قدس با ۴۴۲ شرکت در رتبه بعدی قرار دارد.
- درصد شکست کسب و کارهای نوپای هوش مصنوعی به علت ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها، بالاست. به نحوی که تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در میان ۱۲۷ کشور بررسی شده در گزارش دانشگاه استنفورد، از ۱۰۵۱ شرکت در سال ۲۰۱۹ به ۷۶۲ شرکت در سال ۲۰۲۰ و ۷۴۶ شرکت در سال ۲۰۲۱ رسیده است.
- تا به امروز، **تعداد شرکت‌های ایرانی حوزه هوش مصنوعی** در یک تحلیل فراگیر، یعنی با احتساب شرکت‌هایی که بخشی از فعالیت آنها از طریق هوش مصنوعی انجام می‌شود، حدود ۴۵۲ شرکت تخمین زده شده است. اما طبق مصاحبه شفاهی با خبرگان هوش مصنوعی در صورتی که هوش مصنوعی جزو اساسی این کسب و کارها باشد، این تعداد به حدود ۲۴۲ شرکت کاهش پیدا می‌کند.
- نرم‌افزارهای مسیر یاب و ربات‌های انسان‌نمای ایران از سوی تحلیلگران بین‌المللی به عنوان مصادیق فعالیت هوش مصنوعی کشور مورد توجه قرار گرفته‌اند.

میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی

- در سطح جهانی، میزان کل سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی از ۴۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ به بیش از ۹۶/۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۱ افزایش یافت. میزان کل سرمایه‌گذاری اعم از بخش خصوصی و دولتی و سایر بخش‌های مرتبط معادل ۱۸۹ میلیارد دلار گزارش شده است.
- چین، بعد از آمریکا بیشترین میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی را در میان کشورهای جهان داشته است (حدود ۹۵ میلیارد دلار در بازه ۲۰۲۱-۲۰۲۰).
- با وجود روند رو به رشد سرمایه‌گذاری در چین تا سال ۲۰۲۱، طی سال‌های بعد از آن، میزان اقبال بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این عرصه کمتر شده به نحوی که در سال ۲۰۲۳ حجم سرمایه‌گذاری بخش خصوصی حتی از اروپا نیز کمتر شده و به هشت میلیارد دلار رسیده است. بخشی از این اتفاق ناشی از سیاست‌های کلان چین در عرصه فناوری و یا قانونگذاری‌هایی باشد که به طور خاص در حوزه هوش مصنوعی انجام شده است. به هر صورت این موضوع نیازمند نگاه دقیق‌تر و بررسی‌های بیشتر است.
- در حال حاضر، در ایران آمار رسمی از سرمایه‌گذاری و سهم بازار هوش مصنوعی وجود ندارد اما براساس مطالعات اولیه همچون مطالعات پژوهشگاه فناوری اطلاعات و ارتباطات، ضرورت سرمایه‌گذاری حدود ۸ میلیارد دلار تا ۱۴۱۰ تخمین زده شده است. هر چند برخی صاحب‌نظران معتقدند که برای اجرای پروژه‌های هوش مصنوعی بومی به اعتباراتی بیش از میزان برآورد شده نیاز است.

سهم بازار هوش مصنوعی

- در سال ۲۰۲۲ سهم بازار جهانی از هوش مصنوعی حدود ۴۵۴ میلیارد دلار برآورد شده است. مجموع آمریکای شمالی و کانادا با ۳۷ درصد بیشترین سهم بازار را در بین مناطق جهان در سال ۲۰۲۲ داشته است و بعد از آن به ترتیب اروپا، آسیا و اقیانوسیه، آمریکای لاتین و خاور میانه به ترتیب با ۲۴، ۱۴ و ۲۵ درصد قرار دارند.
- سهم بازار این حوزه در ایران توسط شرکت‌های دانش‌بنیان حدود چهارصد میلیارد تومان برآورد شده است.

ارزیابی اثر اخلاقی هوش مصنوعی

- ارزیابی اثر اخلاقی هوش مصنوعی از منظر اجتماعی به کمک نظرسنجی از مردم جهان انجام شده و اساساً نرخ پذیرش این فناوری مبتنی بر کاربردها، اقدام‌های سیاستی و آثاری که به واسطه آنها در سطح جامعه ایجاد می‌شود، بررسی می‌شود.
- روند شناخت و آگاهی از آثار به کارگیری هوش مصنوعی بین مردم در کشورهای مختلف جهان به تدریج در حال افزایش است و ۶۶ درصد از پاسخ‌دهندگان معتقد هستند که محصولات و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی در آینده نزدیک زندگی روزانه آنها را تغییر می‌دهد.
- تعداد متوسط افرادی که فکر می‌کنند مزایای این فناوری بیش از معایب آن است با تعداد افرادی که برعکس آن را معتقدند برابر است و

این موضوع نشان‌دهنده عدم قطعیت بالایی است که در مورد پذیرش این فناوری وجود دارد.

■ در حالی که در سال ۲۰۲۲ حدود ۳۹ درصد پاسخ‌دهندگان معتقد بودند محصولات و خدمات هوش مصنوعی آنها را عصبی و نگران می‌کند این نوع نگرش با رواج هر چه بیشتر کاربردهای این فناوری رو به افزایش است و حدود ۵۳ درصد پاسخ‌دهندگان احساس نگرانی و عصبی شدن خود را در مواجهه با این فناوری ابراز کرده‌اند. این امر نشان می‌دهد پیامدهای اخلاقی و اجتماعی این فناوری از نظر مردم در حال پررنگ شدن است.

■ **کشور ما در حال حاضر سندها یا توصیه‌نامه‌های اخلاقی در مورد هوش مصنوعی تدوین نکرده است** و البته به‌طور رسمی نیز نگرش و افکار عمومی در مورد هوش مصنوعی مورد سنجش و ارزیابی قرار نگرفته است. در ادامه به اجمال مقایسه شاخص‌های مندرج در جدول کمی سند ملی هوش مصنوعی متناظر با شاخص‌های بین‌المللی موجود به شرح ذیل ارائه شده است.

جدول ۱۰. مقایسه برخی شاخص‌های کلان هوش مصنوعی در ایران و جهان

ایران (براساس سند ملی هوش مصنوعی)					کشورهای پیشرو			معیار اندازه‌گیری	شاخص	
چشم‌انداز در افق ۱۴۰۷		وضعیت فعلی			وضعیت آتی		وضعیت فعلی			
دکتری رشد سالیانه (۱۸ درصد)	کارشناسی ارشد رشد سالیانه (۱۲ درصد)	دکتری (۱۴۰۰)	کارشناسی ارشد (۱۳۹۹)	دکتری	کارشناسی ارشد	دکتری	کارشناسی ارشد	آمریکا و کانادا	ظرفیت پذیرش سالیانه رشته‌های هوش مصنوعی، رشته‌های مرتبط در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری	
۴۰۰۰	۳۵۰۰	۱۷۵	۲۰۰۰		این تعداد تا سال ۲۰۳۲ حدود ۲۳ درصد افزایش خواهد یافت.		۱۰۵,۲			۶۹۶,۱۴
حداقل یک نشریه (۵ نشریه نمایه شده در اسکوپوس)		صفر (۳ نمایش نمایه در اسکوپوس)			اطلاعات این قسمت در دسترس نیست.			۲۳۳ هزار نشریه (از سال ۲۰۲۲-۲۰۱۰)	جهانی	تعداد نشریات معتبر بین‌المللی در حوزه هوش مصنوعی
۵ (سالیانه)		۲۴ (از ابتدای سال ۱۳۹۶ تا دی ماه ۱۴۰۲)						۵۰ هزار	جهانی	تعداد کنفرانس‌ها و رویدادهای بین‌المللی برگزار شده
۱۵		۲۳						۴۰۳	چین	رتبه کشور از منظر شاخص H انتشارات علمی حوزه هوش مصنوعی
-		-						۶۲/۲۶ هزار ثبت	جهانی	تعداد ثبت اختراعات هوش مصنوعی
۱۰		کمتر از ۵						۵۰۹,۵	آمریکا	تعداد شرکت‌های بزرگ فعال در حوزه هوش مصنوعی
-		-						۱۹۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ در جهان	جهانی	میزان سرمایه‌گذاری دولتی، غیردولتی و سرمایه‌گذاری خارجی در حوزه هوش مصنوعی

کشورهای پیشرو						ایران (براساس سند ملی هوش مصنوعی)					
شاخص		معیار اندازه گیری	وضعیت فعلی		وضعیت آتی		وضعیت فعلی		وضعیت آتی		
میزان سهم بازار هوش مصنوعی در سطح جهانی (۱۰ کشور برتر دنیا)	جهانی	سال ۲۰۲۳ ۴۵۴ (میلیارد دلار) سهم آمریکا به عنوان کشور برتر	سهم آمریکا به عنوان کشور برتر جهان تا سال ۲۰۳۲ به ۶۰۰ میلیارد دلار خواهد رسید.	میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش	میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش	چشم انداز در افق ۱۴۰۷	
				میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش	میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش		
				میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش	میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش		
				میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش	میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش		
				میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش	میزان فروش شرکت های دانش بنیان حوزه هوش مصنوعی	نسبت حجم فروش	حجم صادرات محصولات/ خدمات هوش		
حدود ۷۰۰ میلیارد تومان		۲۰۰۰ میلیارد تومان									
میزان توان محاسباتی زیرساخت پردازشی ویژه پروژه های کلان هوش مصنوعی	آمریکا	حدوده ۱ هزار تا ۱ میلیون پتافلپس (۱ اگرافلپس) در دانشگاه ها حدود ۱۵ هزار تا ۱۰۰ میلیون پتافلپس در همکاری صنعت و دانشگاه بالای ۱۰۰ میلیون پتافلپس در شرکت های بزرگ	اطلاعات در دسترس نیست	حد اقل ۲۰ پتافلپس	یک اگرافلپس (معادل یک میلیون پتافلپس)						
				پنج اگرافلپس							
				(سهم پژوهشگران ۲ درصد برتر هوش مصنوعی در ایران) ۱/۵ درصد							
				حجم قراردادهای پژوهشی تقاضامحور وصول شده در حوزه هوش مصنوعی (به قیمت ثابت سال ۱۴۰۲)							
				-							
حجم زیرساخت پردازشی اشتراکی	آمریکا			-	پنج اگرافلپس						
سهم تمرکز بر نخبگان برتر هوش مصنوعی	جهانی	۱/۱۳ درصد		۸/۰ درصد	(سهم پژوهشگران ۲ درصد برتر هوش مصنوعی در ایران) ۱/۵ درصد						
ارزش قراردادهای دولتی در حوزه هوش مصنوعی	آمریکا	۲ میلیارد دلار (در آمریکا)		حجم قراردادهای پژوهشی تقاضامحور وصول شده در حوزه هوش مصنوعی (به قیمت ثابت سال ۱۴۰۲)							
				-							

مأخذ: برگرفته از داده های گزارش.



بررسی مؤلفه‌های مختلف ارزیابی توسعه هوش مصنوعی ایمن، قابل اعتماد و پایدار نشان می‌دهد، سرعت تحولات، سرمایه‌گذاری‌ها، سیاستگذاری و برنامه‌ریزی کشورها برای داشتن نقش و سهم در این عرصه رو به فزونی است. برای ایران نیز قرار گرفتن در زمره ۱۰ کشور برتر هوش مصنوعی در دنیا به عنوان یکی از چشم‌اندازهای توسعه این حوزه قطعاً نمی‌تواند فقط معطوف به تولید دانش آن باشد. لذا باید اقدام‌های عاجل‌تری صورت پذیرد که رشد و جهش سریع در توسعه این فناوری و دستیابی به لایه‌های عمیق آن رخ دهد. از جمله اقدام‌های پیشنهادی که می‌تواند در چارچوب زیرساخت‌های قانونی ضمانت اجرای آن را نیز تقویت کرد عبارتند از:

■ تبیین شفاف‌تر وضعیت موجود و برنامه‌ریزی برای آینده:

– ایجاد یک مرکز رصد شاخص‌های توسعه هوش مصنوعی وفق سند ملی به کمک کاروران بخش خصوصی و با نظارت سازمان ملی هوش مصنوعی

– توسعه و تولید شاخص بومی سنجش توسعه هوش مصنوعی در کشور با قابلیت انطباق و مقایسه با شاخص‌های جهانی رتبه‌بندی

■ تأمین مالی و جذب سرمایه برای توسعه هوش مصنوعی

– ایجاد یک صندوق ملی اختصاصی با مشارکت دولت و سرمایه بخش خصوصی با هدف توسعه لایه‌های عمیق هوش مصنوعی، توسعه خدمات پایه و کاربردی هوش مصنوعی و اجرای تکالیف و تعهدات دولت.

■ تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز از طریق همکاری بین بخش خصوصی و دولتی

– استفاده از ظرفیت اپراتورهای داده برای یکپارچه‌سازی داده‌های بخشی و تسهیل دسترسی توسعه‌دهندگان به داده.
– تأمین سریع تجهیزات، پردازنده‌ها و سخت‌افزارهای اختصاصی هوش مصنوعی و ایجاد مرکز ملی پردازش سریع با ظرفیت یک اگزافلاپس ویژه طرح‌های هوش مصنوعی.

– حمایت از ظرفیت‌های خرد پردازشی کشور برای تأمین زیرساخت پردازش اشتراکی با ظرفیت پنج اگزافلاپس.

– بهره‌گیری از توان بخش خصوصی برای راه‌اندازی نیروگاه‌های کم‌توان و توزیع شده برای تأمین انرژی مورد نیاز پردازش‌های با حجم بالا.

■ تمرکز بر تقویت پژوهش‌های هدفمند تقاضامحور در کشور

– فراهم کردن زیرساخت‌های داده‌های باز برای تسهیل و تقویت دسترسی پژوهشگران.
– تخصیص بودجه به دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌های منتخب برای انجام تحقیقات کاربردی و نیز تحقیقات عمیق و بلندمدت هوش مصنوعی و تعریف سازوکارهای نظارتی همچون ارزیابی کیفیت و ایجاد بستر رقابت.

■ حمایت از کسب و کارهای نوپا

– نگهداشت نخبگان و متخصصین هوش مصنوعی با ایجاد انگیزه‌های لازم در مسیر حمایت از شرکت‌های کوچک و چابک هوش مصنوعی (در قالب گزینش‌های مستقیم تحقیق و توسعه به اشخاص حقیقی) – اعمال مالیات با نرخ صفر بر حقوق کارکنان شاغل در شرکت‌های کوچک فعال و مورد تأیید سازمان ملی هوش مصنوعی با کمتر از ۱۰ پرسنل (وفق دستورالعمل‌ها و ضوابطی که تعیین می‌شود) و ...).

– تعریف پروژه‌های کوچک‌مقیاس در صنایع مبتنی بر حل مسائل واقعی صنعت و بر مبنای نقشه راه ترسیم شده در سازمان ملی هوش مصنوعی با حمایت این سازمان و توسط شرکت‌هایی با کمتر از پنجاه نفر پرسنل یا کنسرسیوم‌هایی از شرکت‌های با کمتر از ۱۰ پرسنل فنی هوش مصنوعی قابل انجام باشد.

– ایجاد مشوق برای شرکت‌های بزرگ جهت اجرای پروژه‌ها از طریق شرکت‌های کوچک و دانش‌بنیان مشروط بر آنکه شرکت کوچک زیرمجموعه شرکت بزرگ نباشد.

– تدوین دستورالعمل‌ها و حمایت‌های اختصاصی توسعه هوش مصنوعی توسط معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری در راستای بهره‌مندی از ظرفیت‌های قانون جهش تولید دانش‌بنیان مصوب ۱۴۰۱.

– تسهیل برخی فرایندهای نظارتی پیش‌نیاز در پروژه‌های هوش مصنوعی تا قبل از بهره‌برداری نهایی (توسعه محیط‌های آزمون)



- [۱] «نقشه راه ملی توسعه هوش مصنوعی»، (۱۴۰۲)، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، برگرفته از تارنمای:
https://www.niordc.ir/_douranportal/documents/%D9%86%D9%82%D8%B4%D9%87%20%D8%B1%D8%A7%D9%87%20%D9%85%D9%84%DB%8C%20%D8%AA%D9%88%D8%B3%D8%B9%D9%87%20%D9%87%D9%88%D8%B4%20%D9%85%D8%B5%D9%86%D9%88%D8%B9%DB%8C.pdf
- [۲] عبدخدایی، زهره، توحیدی، نسیم، کریمی واقف، نرگس و براتی جوآبادی، محمد (۱۴۰۰). هوش سفید از اخلاق ماشینی تا ماشین اخلاقی، مؤسسه مطالعات فرهنگی و اجتماعی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برگرفته از تارنمای <http://iscs.ac.ir>
- [۳] خلیج، محمدعلی (۱۳۹۳). «دریغوس و تاریخ فلسفی هوش مصنوعی»، غرب‌شناسی بنیادی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، برگرفته از تارنمای https://occidentstudy.iics.ac.ir/article_1293.html
- [4] Turing, (1950) "Computing Machinery and Intelligence", MIND A Quarterly Review of Psychology and Philosophy", Vol. LIX. No. 236, Available at <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- [5] Rice, (2023). "The Stanford emerging technology review 2023, A report on ten key technologies and their policy implications", Available at <https://setr.stanford.edu/technology/artificial-intelligence/2023>
- [۶] جعفری زهرا (۱۴۰۲). «رصد تحولات فناوری در آینده از نگاه مؤسسات بین‌المللی (مکنزی، گارتنر، امپیرال کالج لندن و مجمع جهانی اقتصاد)»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۹۵۹۹ برگرفته از تارنمای <https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1795883>
- [7] Artificial Intelligence for the American People, (2024), Available at <https://trumpwhitehouse.archives.gov/ai>
- [8] "The EU Artificial Intelligence Act," (2024), Available at <https://artificialintelligenceact.eu/>
- [9] Quantum Black AI by McKinsey (2024). "The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value", Available at <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>
- [۱۰] اکبری، یوسفی، مهربان هلال (۱۴۰۲) «بررسی لایحه برنامه هفتم توسعه (۸۸): توسعه پایدار هوش مصنوعی در کشور»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، برگرفته از تارنمای <https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1788040>
- [11] Stanford. (2023). HAI AI-Index Report 2023, Available at index.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report-2023_CHAPTER_3.pdf
- [12] Andrew R. Choe and Perrigo B. (2024). "The AI Arms Race is Changing Everything", Time special edition. P. 10. Available at <https://time.com/6255952/ai-impact-chatgpt-microsoft-google/>
- [13] Stanford. (2023). HAI AI-Index Report 2023, Chapter 4. Available at index.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report-2023_CHAPTER_4.pdf
- [۱۴] داداش تبار احمدی، خیرخواه ورشیدی، (۱۳۹۷). تشخیص حملات سایبری پیشرفته با استفاده از مدل‌سازی رفتاری مبتنی بر پردازش زبان طبیعی. پدافند الکترونیک و سایبری، (پیاپی ۲۳)، برگرفته از تارنمای <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=486701>
- [15] What is computer vision?, (2024) Available at <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ibm.com/think/topics/computer-vision>
- [16] Scimago. (2024). Available at https://www.scimagoir.com/rankings.php?sector=Higher%20educ.#-google_vignette

[17] Lawton “Multimodal AI”, Available at <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/multimodal-AI>

[۱۸] جایگاه جهانی تولیدات علمی جمهوری اسلامی ایران و کشورهای اسلامی: فناوری هوش مصنوعی. وزارت علوم و تحقیقات و فناوری، برگرفته از تارنمای <https://isc.ac/file/download/page/667fd4a0d6db8-1-.pdf>

[19] OECD, (2023). “Emerging Trends in AI Skill Demand Across 14 OECD Countries”. Available at <https://www.oecd-ilibrary.org>

[20] World Economic Forum. (Jan. 2024). “The Global Cooperation Barometer 2024”, in collaboration with McKinsey & Company, Available at www.weforum.org

[21] Artificial Intelligence Market size, Share and Trends 2024-2034”, Available at <https://www.precedenceresearch.com>

[۲۲] سند ملی هوش مصنوعی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۳/۴/۳۰). برگرفته از تارنمای

<https://dotic.ir/news/16797/>

[۲۳] گزارش سالیانه شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۳. برگرفته از تارنمای

<https://aistrategy.tsc.sharif.ir>

[۲۴] وب آو ساینس، (۲۰۲۴). برگرفته از تارنمای

<https://access.clarivate.com/>

[۲۵] حریف فروش، (۲۰۲۴) «اندازه بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایران چقدر است و چه سهمی از تولید ناخالص داخلی (GDP) کشور را دارد؟». فصلنامه فناوری‌های مالی، شماره ۳، برگرفته از تارنمای

<https://www.dotin.ir/what-is-the-size-of-the-information-and-communication-technology-market-in-iran-and-what-share-does-it-have-in-the-countrys-gross-domestic-product-gdp/>

گزیده سیاستی

ایران در تأمین زیرساخت‌های اولیه پردازش، سرمایه‌گذاری دولت، جذب سرمایه بخش خصوصی در هوش مصنوعی و اشتغال نیروهای متخصص در جایگاه مطلوبی قرار ندارد لذا ایجاد زیرساخت‌های قانونی مربوطه ضروری است.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc@majles.ir