شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۴

Iran AI Index 2025

شاخص هوش مصنوعی ایران

مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان

شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۴

Iran AI Index 2025

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران
معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان
شاخص هوش مصنوعی ایران
مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف

معرفی گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۴

تحولات حوزه هوش مصنوعی نه‌تنها با همان شتاب سال‌های گذشته، بلکه با ورود نسل جدیدی از فناوری‌های مولد و کاربردهای مقیاس‌پذیر در صنعت و خدمات ادامه یافته و به واقعیتی ملموس در بطن ساختارهای اقتصادی، فناورانه و اجتماعی جهان تبدیل شده است. آنچه پیش‌تر به‌عنوان روندی فناورانه توصیف می‌شد، اکنون به زیرساختی راهبردی برای بازآرایی قدرت اقتصادی، رقابت‌پذیری صنعتی، حکمرانی داده و حتی امنیت ملی کشورها تبدیل شده است. در چنین شرایطی، سنجش دقیق موقعیت کشورها در این میدان رقابتی یک ضرورت برای تصمیم‌گیری‌های راهبردی و آینده‌نگرانه محسوب می‌شود.

در سطح جهانی، رقابت میان قدرت‌های پیشرو همچون ایالات متحده و چین وارد فاز تازه‌ای شده و هم‌زمان، اتحادیه اروپا با چارچوب‌های تنظیم‌گری و سرمایه‌گذاری‌های هدفمند، در پی تثبیت جایگاه خود در این عرصه است. در این میان، شکاف میان کشورهای پیشرو و سایر کشورها در حال تعمیق است؛ شکافی که نه‌فقط در شاخص‌های علمی و توسعه فناوری، بلکه در زیرساخت داده، سرمایه انسانی، سرمایه‌گذاری، کاربردهای صنعتی و حکمرانی هوش مصنوعی نیز خود را نشان می‌دهد. ازاین‌رو، برای کشورهایی مانند ایران، مسئله صرفاً دنبال کردن فناوری نیست، بلکه تعریف جایگاه راهبردی در زیست‌بوم جهانی هوش مصنوعی است.

انتشار اولین گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران در سال گذشته، مورد توجه طیف وسیعی از مدیران کسب‌وکار و سیاست‌گذاران این حوزه قرار گرفت و خلأ موجود در تصمیم‌سازی شواهدمحور، انگیزه‌ای جدی برای استمرار و انتشار نسخه جدید این گزارش را فراهم آورد. «گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۴» با تکیه بر بازخورد خبرگان و با توسعه دامنه شاخص‌ها، به‌روزرسانی داده‌ها و بهبود و نوآوری در روش‌های سنجش، تلاش کرده تا تصویری دقیق‌تر، مقایسه‌پذیرتر و تحلیلی‌تر از وضعیت ایران در حوزه هوش مصنوعی ارائه دهد.

گزارش حاضر توسط مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف و با حمایت معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری و اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران تدوین شده است. هدف اصلی آن، فراهم‌سازی مبنایی داده‌محور برای مقایسه وضعیت ایران با کشورهای منتخب و ارائه بینش‌های راهبردی برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت است.

بدیهی است که همچنان محدودیت‌های داده‌ای، به‌ویژه در برخی شاخص‌های کاربردی و صنعتی، چالش‌هایی را در مسیر سنجش جامع ایجاد می‌کند؛ بااین‌حال، تلاش شده تا با بهبود منابع داده و ارتقای روش‌شناسی، گام مهمی در جهت افزایش دقت و اتکاپذیری نتایج برداشته شود. امید است که این گزارش زمینه‌ساز تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد برای سیاست‌گذاران و مدیران کسب‌وکار در عرصه رقابت هوش مصنوعی باشد و در جهت تقویت جایگاه ایران در رقابت جهانی هوش مصنوعی مورد استفاده قرار گیرد.

سید ایمان میرعمادی
دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف
مدیر علمی گزارش شاخص هوش مصنوعی
۲ اسفند ۱۴۰۴

خلاصه‌ای از یافته‌های کلیدی

گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران، مبتنی بر چارچوب نظری سیستم نوآوری فناورانه، وضعیت هوش مصنوعی در ایران را در هفت کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع، فعالیت‌های کارآفرینانه، شکل‌گیری بازار، جهت‌دهی به سیستم و مشروعیت‌بخشی به کمک شاخص‌های متعدد و متنوع مورد بررسی و تحلیل قرار داده است. داده‌های جمع‌آوری شده برای این تحلیل از منابع داده‌ای مختلف شامل داده‌های رسمی داخلی، خارجی، پرسش‌نامه شرکتی و سایر منابع استفاده شده است. وضعیت ایران در هر شاخص با سه گروه کشور مقایسه شده است: کشورهای منطقه، کشورهای منتخب دنیا در حوزه هوش مصنوعی و کشورهای پیشرو.

بر اساس کارکردهای هفتگانه سیستم نوآوری فناورانه در حوزه هوش مصنوعی، خلاصه‌ای از برخی یافته‌های کلیدی گزارش در ادامه آورده شده است:

- ایران در زمینه مقالات هوش مصنوعی، چه از نظر کمّیت و چه از نظر کیفیت، در حال حاضر در جایگاه دوم منطقه پس از عربستان و در کنار ترکیه قرار دارد. همچنین از نظر سرانه مقالات هوش مصنوعی، ایران با کمترین سرانه در کنار ترکیه، پایین‌تر از کشورهای منطقه قرار گرفته است.
- انتشارات علمی هوش مصنوعی به تفکیک حوزه موضوعی برای ایران در زیرحوزه «علوم کامپیوتر» پایین‌تر از میانگین کشورهای منطقه بوده؛ اما در زیرحوزه‌های «محیط‌زیست»، «مهندسی»، «علوم زمین و سیارات»، «پزشکی»، «علوم کشاورزی و زیست‌شناسی» و «انرژی»، بالاتر از میانگین منطقه است.
- از نظر مشارکت در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی به‌عنوان نمادی از انتشار پژوهش‌های باکیفیت این حوزه، ایران با سهمی حدود ۰/۲ درصد از مقالات کنفرانسی، در کنار ترکیه در پایین‌ترین جایگاه منطقه قرار دارد. رژیم صهیونیستی کشور پیشرو در این زمینه در منطقه است.
- پذیرش هوش مصنوعی در کسب‌وکارهای ایرانی در حال حاضر حدود ۲۷ درصد است که علی‌رغم رشد نسبت به سال قبل، همچنان حدود ۷ سال از میانگین جهانی عقب‌تر است. بخش عمده پذیرش هوش مصنوعی، مربوط به «هوش مصنوعی مولد» است.
- حدود ۷۵ درصد از شرکت‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، در سه سال اخیر کمتر از ۲ میلیارد تومان برای این فناوری هزینه کرده و «هزینه بالای توسعه هوش مصنوعی» و «فقدان مهارت کافی و نیروی انسانی با کیفیت» را مهم‌ترین موانع برای توسعه محصولات هوش مصنوعی دانسته‌اند.
- اندازه بازار هوش مصنوعی ایران در سال ۱۴۰۳ حدوداً ۵/۵ همت (هزار میلیارد تومان) تخمین زده می‌شود که نسبت به سال قبل رشد قابل‌توجهی داشته است. با این وجود، اندازه دلاری این بازار در حدود ۹۰ میلیون دلار برآورد شده که سهم ۰/۰۲ درصدی از تولید ناخالص داخلی ایران را دارد و در مقایسه با کشورهای منطقه، در جایگاه پایین‌تری قرار می‌گیرد.
- علی‌رغم رشد سرمایه‌گذاری ایران در هوش مصنوعی نسبت به سال قبل خود، این میزان به‌صورت تجمیعی تاکنون حدود ۸۲ میلیون دلار برآورد شده است که فاصله جدی با سرمایه‌گذاری سایر کشورهای منطقه دارد.
- مجموع توان پردازشی سرویس‌دهندگان بزرگ GPU در ایران، توانی معادل ۱۷۲ عدد پردازنده H100 است. عربستان سعودی با توانی معادل حدود ۸,۳۹۱ پردازنده H100 در خوشه‌های پردازشی، در صدر کشورهای منطقه قرار دارد و پس از آن، امارات متحده عربی و رژیم صهیونیستی قرار دارند.
- در سال ۲۰۲۴ حدود ۱۴,۱۶۴ استعداد فعال در حوزه هوش مصنوعی مستقر در ایران شناسایی شده است. جابه‌جایی جریان نیروی انسانی نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۴، حدود ۱,۲۶۲ نفر از استعدادهای هوش مصنوعی از کشور خارج شده و فقط ۳۲۳ نفر به ایران وارد شدند. علی‌رغم رقابت ۵ برابری نیروی کار هوش مصنوعی در ایران نسبت به کل حوزه فناوری اطلاعات و دارا بودن بیشترین میانگین حقوق و دستمزد در میان سایر مشاغل این حوزه، رشد استخدام نسبی استعدادهای هوش مصنوعی ایران نسبت به سال قبل، فقط ۱ درصد رشد داشته که فاصله جدی با سایر کشورهای منطقه دارد.
- از منظر شاخص مشروعیت‌بخشی هوش مصنوعی، عموم متخصصین و فعالین هوش مصنوعی با وجود آگاهی از مخاطرات هوش مصنوعی، خواستار راه‌حل‌های نهادی شامل چارچوب‌های حکمرانی و مقررات‌گذاری برای نظارت بر خروجی‌های محصولات هوش مصنوعی نیستند و بیشتر بر سازوکارهایی نظیر آموزش و ارتقای سواد دیجیتال به‌عنوان ابزار کنترل هوش مصنوعی تأکید دارند.

در ابتدای هر فصل، جزئیات کاملی از وضعیت هر یک از شاخص‌ها در هفت کارکرد اصلی سیستم هوش مصنوعی ایران ارائه شده است. همچنین در مورد هر شاخص، تحلیل جامعی از این داده‌ها و تأثیرات آن‌ها بر وضعیت کلی سیستم هوش مصنوعی ایران و گروه کشورهای منتخب ارائه شده است. در انتها، یک جمع‌بندی نهایی از نقاط قوت و ضعف سیستم هوش مصنوعی در ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

راهبران علمی گزارش شاخص هوش مصنوعی

دکتر سید ایمان میرعمادی
دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه صنعتی شریف
هم‌بنیان‌گذار مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف

دکتر روح‌الله هنرور
استاد صنعت دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه صنعتی شریف
هم‌بنیان‌گذار مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف

پژوهشگران گزارش

امیرمحمد احمدی
دانشجوی دکتری
سیاست‌گذاری علم و فناوری
دانشگاه صنعتی شریف

احمدرضا سازگارنژاد
کارشناس ارشد
سیستم‌های اطلاعاتی
دانشگاه LSE لندن

صبا عبدیان
دکتری مهندسی علوم داده
دانشگاه صنعتی Eindhoven هلند
و محقق پسادکتری
دانشگاه صنعتی شریف

مریم حاجی مرادی
کارشناس ارشد مدیریت کسب‌وکار
دانشگاه صنعتی شریف

الهه جدیدزاده
کارشناس ارشد مدیریت کسب‌وکار
دانشگاه صنعتی شریف

فاطمه آینه دست
کارشناس ارشد
سیاست‌گذاری علم و فناوری
دانشگاه صنعتی شریف

میلاد خادمی
دانشجوی دکتری مدیریت
دانشگاه صنعتی شریف

علی رجب‌زاده
کارشناس ارشد علوم سیاسی
دانشگاه شهید بهشتی

مشاوران گزارش

دکتر مجید نیلی احمدآبادی
استاد دانشکده
مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تهران

دکتر فرهاد نیلی
استاد مدعو دانشکده
مدیریت و اقتصاد
دانشگاه صنعتی شریف

مهندس فرزین فردیس
عضو هیئت‌رئیسه
اتاق بازرگانی تهران

دکتر مهدی خرازی
دانشیار دانشکده
مهندسی کامپیوتر
دانشگاه صنعتی شریف

دکتر بابک خلج
استاد دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی شریف

دکتر سحر بنکدارپور
مدیر مرکز نوآوری و تحول دیجیتال
اتاق بازرگانی تهران

دکتر حسین نیلی
مدیر هوش مصنوعی و داده
کارگزاری مفید

دکتر احسان چیت‌ساز
دانشیار دانشکده کارآفرینی
دانشگاه تهران

دکتر امین صادقی
پژوهشگر ارشد مؤسسه
تحقیقات کامپیوتری قطر (QCRI)
دانشگـاه حمد بن خلیفه قطـر

دکتر عمادالدین فاطمی‌زاده
دانشیار دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی شریف

دکتر سعید روشنی
استادیار دانشکده
مدیریت علـم و فناوری
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر حسین اسدی
استاددانشکده‌مهندسی‌کامپیوتر
دانشگاه صنعتی شریف

دکتر محمدجواد دوستی
استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تهران

گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران از نظرات و کمک‌های آقایان دکتر بهرام صلواتی مدیر اسبق رصدخانه مهاجرت ایران، دکتر ناصر امن‌زاده عضو هیئت‌علمی دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه صنعتی شریف، آقای سجاد گلی مشاور شرکت McKinsey، دکتر علی بابایی مدیرکل فناوری و نوآوری وزارت صنعت معدن و تجارت، آقای علیرضا جهان‌تیغ پاک دانشجوی دکتری مدیریت دانشگاه صنعتی شریف، آقای امیرحسین پارسا کارشناس ارشد مدیریت کسب‌وکار دانشگاه صنعتی شریف و خانم زهرا عابدین‌زاده کارشناس ارشد سیاست‌گذاری علم و فناوری دانشگاه صنعتی شریف تشکر ویژه می‌نماید.

حامیان گزارش

همکاران تحقیقاتی

پایگاه‌های داده

نوآوری‌های گزارش ۱۴۰۴

شتاب تحولات هوش مصنوعی در سال‌های اخیر به‌گونه‌ای است که گزارش‌های پایش و سنجش هوش مصنوعی ناگزیر از به‌روزرسانی مستمر شاخص‌ها، روش‌ها و منابع داده‌ای خود هستند تا بتوانند تصویری معتبر و به هنگام از وضعیت این زیست‌بوم ارائه دهند. «گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۴» با همین رویکرد نسبت به گزارش سال قبل، نوآوری‌های مهمی را در دستور کار قرار داده است که در ادامه تشریح می‌شود.

■ منابع انسانی هوش مصنوعی

یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های گزارش شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۴، ارتقای بنیادین تحلیل منابع انسانی این حوزه از طریق دسترسی هم‌زمان به داده‌های سمت تقاضا و سمت عرضه بازار کار هوش مصنوعی است. در این گزارش، امکان تحلیل تقاضای نیروی کار هوش مصنوعی از طریق همکاری با جاب‌ویژن فراهم شده است. جاب‌ویژن به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین پلتفرم‌های کاریابی آنلاین در ایران، نقش واسط اصلی میان کارفرمایان و نیروی کار تخصصی را ایفا می‌کند و داده‌های آن بازتاب‌دهنده نیازهای واقعی و به‌روز بازار کار است. در نتیجه این همکاری، مجموعه‌ای از آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی استخراج و تحلیل شد که تصویری دقیق از نیازهای مهارتی، عناوین شغلی و روندهای استخدامی در کشور ارائه می‌دهد.

در سمت عرضه منابع انسانی نیز، گزارش امسال از داده‌های شبکه حرفه‌ای لینکدین[1] بهره گرفته است. لینکدین به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین شبکه حرفه‌ای کاری و تحصیلی جهان، منبعی برای تحلیل ویژگی‌های نیروی کار، مهارت‌ها، تخصص‌ها، مسیرهای شغلی و الگوهای فعالیت حرفه‌ای محسوب می‌شود. اهمیت این رویکرد در آن است که عرضه نیروی انسانی هوش مصنوعی نه بر اساس آمارهای کلی اشتغال، بلکه بر مبنای ردپای حرفه‌ای واقعی افراد در یک بستر بین‌المللی تحلیل شده است.

■ مصاحبه‌گر هوش مصنوعی

در کارکرد مشروعیت‌بخشی هوش مصنوعی، نوآوری روشی در طراحی و پیاده‌سازی یک پلتفرم مصاحبه‌گر مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ، با بومی‌سازی کامل برای زبان فارسی و زمینه اجتماعی ایران نهفته است؛ پلتفرمی که امکان اجرای گفت‌وگوهای کیفی در مقیاس وسیع را فراهم می‌کند و می‌تواند با تعداد زیادی از پاسخ‌دهندگان به‌صورت هم‌زمان تعامل داشته باشد. در این رویکرد با به‌کارگیری معماری تک‌عاملی با تأخیر بسیار کم، جریان گفت‌وگو روان شده و امکان درک عمیق مصاحبه کیفی با ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در فرآیند جمع‌آوری و تحلیل داده فراهم شده است.

■ پذیرش هوش مصنوعی مولد

هوش مصنوعی مولد با سرعت بالایی در حال نفوذ به کسب‌وکار کشورها است به‌طوری که بخش قابل‌توجهی از بنگاه‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، مستقیماً به سراغ ابزارها و مدل‌های مولد رفته‌اند. سهولت دسترسی، هزینه پایین و کاربردهای مستقیم این ابزارها موجب شده هوش مصنوعی مولد به دروازه ورود بسیاری از کسب‌وکارها به زیست‌بوم هوش مصنوعی تبدیل شود. از این رو در گزارش امسال، شاخص جدید «پذیرش هوش مصنوعی مولد» در میان شرکت‌های ایرانی مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفته است.

■ داده و زیرساخت هوش مصنوعی

با افزایش اندازه مدل‌ها و پیچیدگی معماری‌های هوش مصنوعی، توان محاسباتی و دسترسی به زیرساخت‌های پردازشی و مقیاس‌پذیر به یک عامل راهبردی تبدیل شده است. از این رو در گزارش امسال، شاخص جدید «توان معادل خوشه‌های پردازشی نسبت به پردازنده H100» به‌منظور سنجش و مقایسه‌پذیری ظرفیت محاسباتی هوش مصنوعی کشورها اضافه شده است.

همچنین در رکن داده و زیرساخت، وضعیت دیتاست‌ها به تفکیک زبان افزوده شده و مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل زبانی دیتاست‌ها نشان می‌دهد که دسترسی به داده‌های متنوع و با کیفیت در زبان‌های مختلف تا چه اندازه می‌تواند بر توسعه مدل‌ها و بومی‌سازی کاربردهای هوش مصنوعی اثرگذار باشد.

1 LinkedIn

فهرست

چارچوب نظری و روش‌شناسی ۱۱

فصل ۱
توسعه دانش ۱۷

فصل ۲
انتشار دانش ۴۱

فصل ۳
تأمین منابع ۶۱

فصل ۴
کسب‌وکار و فعالیت‌های کارآفرینانه ۱۰۰

فصل ۵
شکل‌گیری بازار ۱۲۲

فصل ۶
جهت‌دهی به سیستم ۱۲۹

فصل ۷
مشروعیت‌بخشی ۱۴۶

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۶۴

منابع ۱۶۷

*

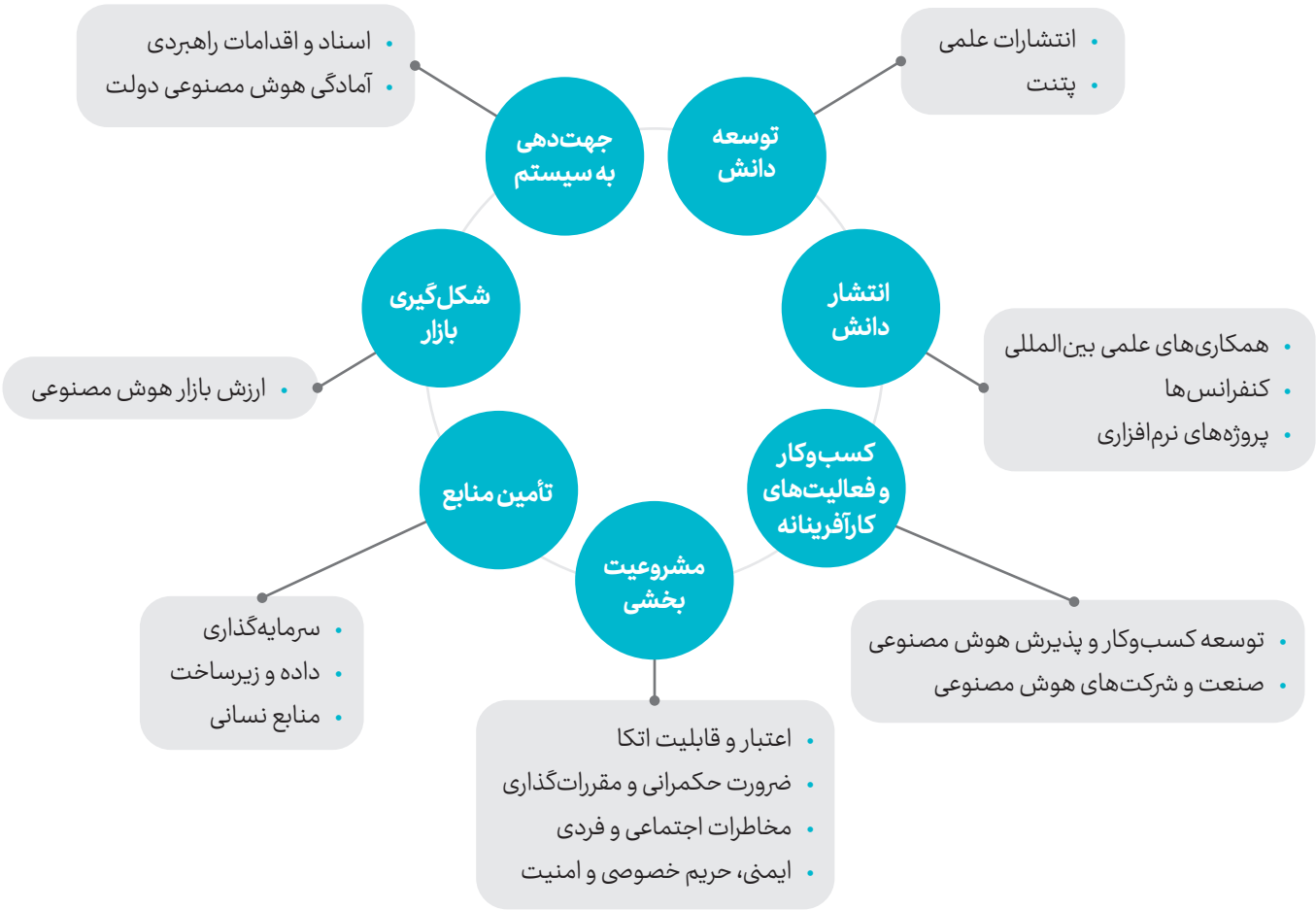
چارچوب نظری و روش‌شناسی

چارچوب نظری

چارچوب نظری استفاده شده برای تبیین وضعیت هوش مصنوعی در ایران، سیستم نوآوری فناورانه[2] است. سیستم نوآوری فناورانه با هدف کارآمدسازی تجزیه‌وتحلیل‌های فرآیندهای نوآوری و توضیح ماهیت تغییرات فناورانه توسعه داده شده است و در تحلیل توسعه اقتصادی کشورها، به جای جریان کالا و محصولات به جریان دانش، فناوری و پویایی شبکه‌ها تمرکز دارد. به‌منظور شناسایی سیاست‌های مناسب در توسعه یک حوزه فناورانه خاص (در اینجا هوش مصنوعی)، باید در کنار اجزای ساختاری و نهادی، فرآیندها و کارکردهای این سیستم مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. هفت کارکرد اصلی این سیستم برای توسعه فناوری عبارتند از: توسعه دانش، انتشار و نفوذ دانش، جهت‌دهی کلان به سیستم، فعالیت‌های کارآفرینانه، شکل‌گیری بازار، تأمین منابع مالی، انسانی و زیرساختی و مشروعیت‌بخشی.

تحلیل سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی این امکان را فراهم می‌سازد تا با شناسایی نقاط قوت و ضعف در یک سیستم فناورانه، برنامه‌ریزی مؤثرتری برای حمایت از نوآوری و توسعه هوش مصنوعی طراحی گردد. این ممکن است شامل تأمین مالی تحقیق‌وتوسعه، تقویت شبکه‌ها و همکاری‌ها یا تعیین استانداردها و مقررات باشد. بینش‌های برخاسته از این چارچوب تحلیلی عنوان می‌کنند که سیستم‌های نوآوری فناورانه در بخش‌ها و کشورهای مختلف به طور متفاوتی عمل می‌کنند. هر سیستم تحت تأثیر زمینه تاریخی، فرهنگی و نهادی خاص خود قرار دارد. به طور خلاصه، سیستم نوآوری فناورانه چارچوب جامعی است که برای تحلیل فرآیندهای پیچیده درگیر در توسعه، گسترش و پیاده‌سازی فناوری‌های جدید به کار می‌رود. این چارچوب تعامل بین بازیگران مختلف، شبکه‌ها و مؤسسات را در شکل‌دهی تغییرات فناورانه برجسته می‌کند.

در این گزارش با در نظر گرفتن کارکردهای هفتگانه سیستم نوآوری فناورانه به‌عنوان کلان شاخص‌هایی که باید در مسیر توسعه فناوری هوش مصنوعی مورد بررسی قرار گیرند، به طراحی چارچوبی برای سنجش وضعیت هوش مصنوعی در ایران پرداخته شده است. شکل ۱ ارکان اصلی استفاده شده در هر کارکرد را نشان می‌دهد.



شکل ۱. چارچوب مفهومی شاخص‌های هوش مصنوعی مبتنی بر کارکردهای سیستم نوآوری فناورانه.

2 Technological Innovation System (TIS)

در طراحی شاخص‌های وضعیت هوش مصنوعی ایران، این کارکردهای هفتگانه به‌عنوان مبنای دسته‌بندی تحلیلی شاخص‌ها در نظر گرفته شده و به کمک این دستگاه تحلیلی، شاخص‌های مورد نیاز از میان انبوهی از شاخص‌های موجود انتخاب شدند. بهره‌مندی از این چارچوب نظری کمک می‌کند تا ضمن بهره‌مندی از نگاهی سیستمی، به‌دقت عوامل مهم در توسعه اکوسیستم هوش مصنوعی ایران شناسایی شوند و با رویکردی داده‌محور روند توسعه سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی بر اساس کارکردهای نوآوری، شناسایی و ارزیابی شوند. در جدول ۱ به طور خلاصه این کارکردها تعریف شده‌اند.

جدول ۱. کارکردهای سیستم نوآوری فناورانه.

کارکرد	توضیح
توسعه دانش (Knowledge Development)	به چگونگی خلق و توسعه دانش در سیستم نوآوری اشاره دارد و شامل تحقیق‌وتوسعه و یادگیری از طریق تحقیق و تجربه است.
انتشار دانش (Knowledge Diffusion)	انتقال دانش میان بازیگران و عواملی که با یکدیگر همکاری می‌کنند را شامل می‌شود. همچنین از عوامل اصلی در ارتباط شبکه‌ها در یک سیستم نوآوری به‌حساب می‌آید.
تأمین منابع (Resource Mobilization)	منابع اصلی شامل مالی، انسانی و زیرساخت‌های شبکه‌ای هستند. بسیاری از مطالعات این کارکرد را قلب سیستم نام‌گذاری می‌کنند.
کسب‌وکار و فعالیت‌های کارآفرینانه (Experimentation Entrepreneurial)	شامل فعالیت‌های نوآورانه و راهبردهای کسب‌وکار برای ایجاد فرصت‌های تجاری یک فناوری جدید می‌شود. با توجه به عدم قطعیت‌های موجود، یک سیستم بدون فعالیت‌های کارآفرینانه دچار رکود می‌شود.
شکل‌گیری بازار (Market Formation)	شامل فعالیت‌ها و قوانینی است که به ظهور و شکل‌گیری بازارها کمک می‌کنند. سه مرحله شکل‌گیری بازار به طور معمول شامل مراقبت، مرحله گذار و در نهایت مرحله شکل‌گیری بازار کامل است.
جهت‌دهی به سیستم (Influence on the Direction of Research)	فعالیت‌ها، مشوق‌ها و سازوکارهایی را در برمی‌گیرد که بر مسیر هدایت اثر می‌گذارند، مانند ورود بنگاه‌های جدید به یک سیستم نوآوری و یا کشف کاربرد خاصی از یک فناوری.
مشروعیت‌بخشی (Legitimation)	به پذیرش اجتماعی فناوری و ایجاد سازوکارهای قانونی اشاره دارد و شامل فعالیت‌هایی (مانند ایجاد ائتلاف‌های همسو) است که با مقاومت‌های پیشرو در پذیرش فناوری‌های جدید مقابله می‌کند.

داده

طراحی و تحلیل درست وضعیت ایران در جهان هوش مصنوعی، نیازمند نگاهی داده‌محور و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده است. به همین منظور در این گزارش از مجموعه گسترده‌ای پایگاه داده‌های ملی و جهانی استفاده شده است. در ادامه داده‌های مورد استفاده در گزارش حاضر به تفکیک هر کارکرد در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. پایگاه داده‌های استفاده شده بر اساس هر کارکرد سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی.

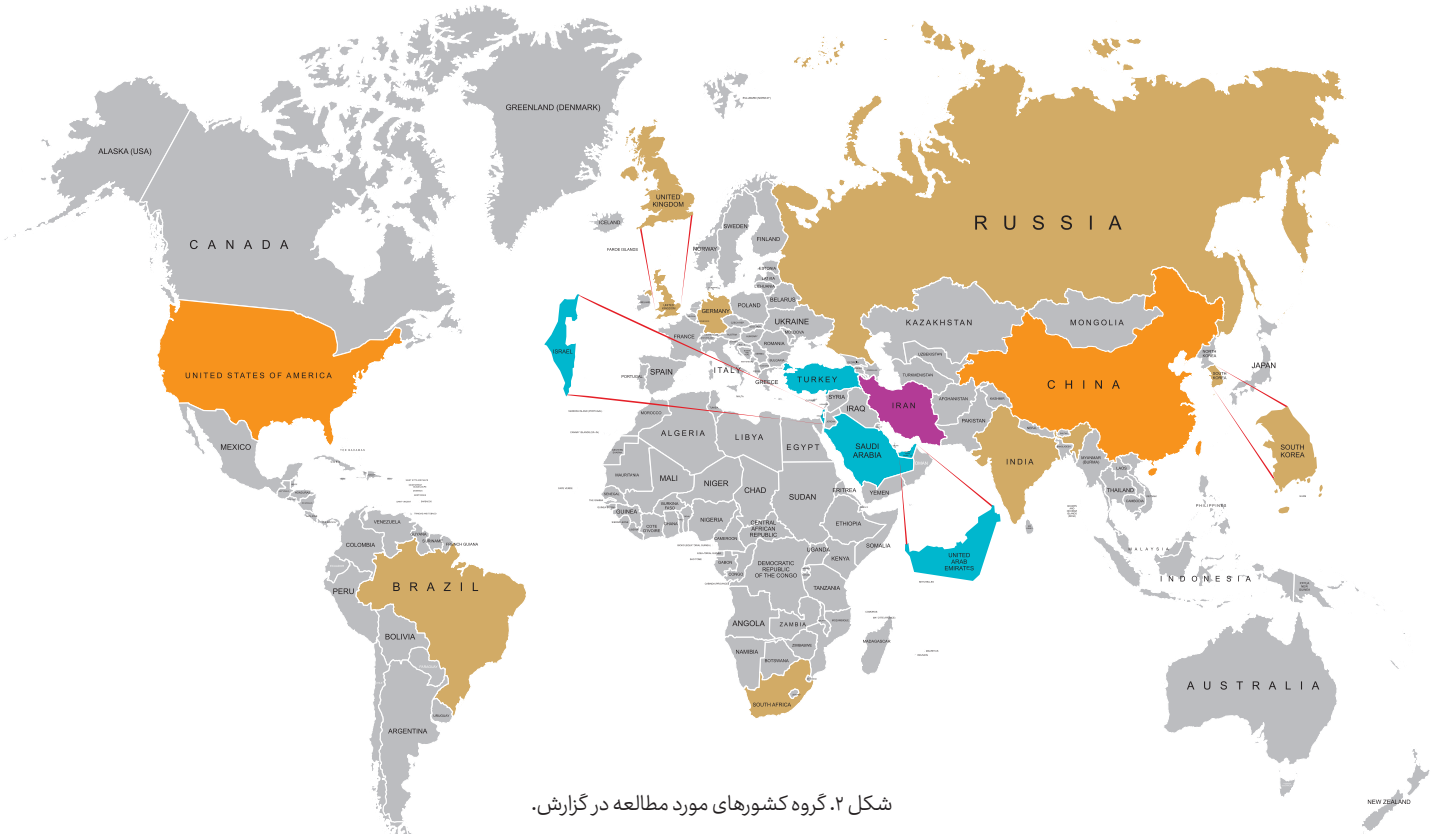
کارکرد	رکن	پایگاه داده
توسعه دانش	انتشارات علمی	Scopus
	پتنت	Lens
انتشار دانش	همکاری‌های علمی بین‌المللی	Scopus
	کنفرانس‌ها	Scopus
	پروژه‌های نرم‌افزاری	GitHub
تأمین منابع	سرمایه‌گذاری	Country Activity Tracker (CAT): AI OECD AI Observatory Crunchbase معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات صندوق نوآوری و شکوفایی ریاست‌جمهوری
	داده و زیرساخت	OECD AI Observatory UN Comtrade (OEC) Hugging face Epoch AI Government AI Readiness Index 2024 (Oxford Insight) معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری
	منابع انسانی	جاب‌ویژن LinkedIn OECD AI Observatory Artificial Intelligence Index Report (HAI) 2025
کسب‌وکار و فعالیت‌های کارآفرینانه	توسعه کسب‌وکار و پذیرش هوش مصنوعی	پرسش‌نامه سنجش به‌کارگیری هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی Artificial Intelligence Index Report (HAI) 2025
	صنعت و شرکت‌های هوش مصنوعی	Crunchbase داده شرکت‌های دانش‌بنیان اطلس هوش مصنوعی
شکل‌گیری بازار	ارزش بازار هوش مصنوعی	داده‌های سازمان امور مالیاتی داده شرکت‌های دانش‌بنیان اطلس هوش مصنوعی Statista (Market Insights report)
جهت‌دهی به سیستم	اسناد و اقدامات راهبردی	OECD AI Observatory
	آمادگی هوش مصنوعی دولت	Government AI Readiness Index 2024 (Oxford Insight)
مشروعیت‌بخشی	اعتبار و قابلیت اتکا	مصاحبه آنلاین با فعالین و متخصصین به‌وسیله توسعه مصاحبه‌گر هوش مصنوعی مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ
	ضرورت حکمرانی و مقررات‌گذاری	
	مخاطرات اجتماعی و فردی	
	ایمنی، حریم خصوصی و امنیت	

در این گزارش با هدف شناسایی تجارب موجود در شاخص‌های هوش مصنوعی، مجموعه متنوعی از گزارش‌های داخلی و بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفته است. هر گزارش به صورت دقیق بررسی و مطالعه شده و شاخص‌های موجود در آن بدون ارزش‌گذاری در یک جدول جمع‌آوری شده است. سپس، بر اساس در اختیار بودن داده‌های شاخص و همچنین ارتباط شاخص با چارچوب تحلیلی به کار رفته در گزارش، از آن‌ها به عنوان مرجع بررسی استفاده شده است.

کشورهای مورد مطالعه

در این گزارش کشور ایران با ۱۳ کشور دیگر مورد مقایسه قرار گرفته است. این کشورها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند (شکل ۲):

۱. کشورهای منطقه: عربستان سعودی، امارات متحده عربی، ترکیه و رژیم صهیونیستی
۲. کشورهای منتخب: هند، آفریقای جنوبی، روسیه، کره جنوبی، انگلستان، آلمان و برزیل
۳. کشورهای پیشرو: چین و ایالات متحده آمریکا



شکل ۲. گروه کشورهای مورد مطالعه در گزارش.

دسته اول (کشورهای منطقه) بر اساس همسایگی با ایران و حضور در منطقه خاورمیانه انتخاب شده‌اند. این کشورها در شاخص‌های نوآوری به طور کلی و در سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی به طور خاص، کشورهای پیشرو در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا می‌باشند و رقبا یا همکاران اقتصادی، فناورانه و استراتژیک ایران تلقی می‌شوند. به همین دلیل، لازم است تا ایران وضعیت نسبی خود با این کشورها را سنجیده و بر اساس آن نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی کند. همچنین شناخت دقیق وضعیت هوش مصنوعی در کشورهای منطقه می‌تواند در تعریف همکاری‌های بین‌المللی نیز فواید قابل‌توجهی داشته باشد.

دسته دوم (کشورهای منتخب) بر دو اساس انتخاب شده‌اند. اول، کشورهایی که در حوزه رقابت‌های جهانی هوش مصنوعی از نظر نوآوری، فناوری، علم و سرمایه‌گذاری سرآمد هستند؛ مانند انگلستان، آلمان و کره جنوبی که در این دسته‌بندی قرار گرفته‌اند و ایران می‌تواند در افق میان‌مدت و بلندمدت به‌عنوان کشورهای الگو و هدف خود آن‌ها را در نظر گیرد. دوم، کشورهایی که در معاهدات استراتژیک بین‌المللی با ایران قرار دارند؛ مانند برزیل، روسیه، هند و آفریقای جنوبی در بریکس به این دسته‌بندی اضافه شده‌اند. این دسته از کشورها، کشورهایی هستند که می‌توانند ظرفیت فوق‌العاده‌ای برای همکاری‌های بین‌المللی و با هدف ارتقای سیستم نوآوری فناورانه ایران در زمینه هوش مصنوعی داشته باشند.

دسته سوم (کشورهای پیشرو) شامل دو کشور ایالات متحده آمریکا و چین است. این دو کشور به علت حجم اقتصاد و رقابت کلان بین‌المللی هوش مصنوعی تقریباً در بیشتر شاخص‌ها در دسته‌بندی جداگانه‌ای تعریف می‌شوند و حق حضور آن‌ها در نمودارهای کشورهای منتخب، تحلیل و تفسیر آن نمودارها را با چالش‌های جدی مواجه می‌کند. از این رو این دو کشور به‌عنوان توسعه‌دهندگان اصلی دانش، نوآوری و فناوری هوش مصنوعی در دسته‌ای جداگانه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند.

دسته‌بندی صنایع

به‌منظور ایجاد چارچوبی منسجم برای تحلیل و مقایسه‌پذیری سنجش‌های هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف، در این پژوهش از «استاندارد جهانی طبقه‌بندی صنایع [3]» استفاده شده است (شکل ۳).

شکل ۳. استاندارد جهانی طبقه‌بندی صنایع.

ساختار این استاندارد سلسله‌مراتبی و چهارسطحی است. در بالاترین سطح، اقتصاد به ۱۱ بخش اصلی تقسیم می‌شود که هر کدام نماینده یک حوزه کلان فعالیت اقتصادی هستند. در سطح دوم، هر بخش به گروه‌های صنعتی تقسیم می‌شود که جزئیات بیشتری از ماهیت فعالیت‌ها را نشان می‌دهد. در سطح سوم، این گروه‌ها به صنایع خردتر تفکیک می‌شوند و نهایتاً در سطح چهارم، به زیرصنایع بسیار تخصصی می‌رسند که دقیق‌ترین طبقه‌بندی کسب‌وکار شرکت‌ها را ارائه می‌دهد.

در این پژوهش به بخش‌های سطح اول اکتفا شده که عبارتند از انرژی، سلامت، صنعتی، مالی، فناوری اطلاعات، خدمات ارتباطی، کالا و خدمات ضروری[4]، کالا و خدمات اختیاری[5]، خدمات رفاهی، املاک و مستغلات و مواد. به طور ویژه دسته‌بندی «فناوری اطلاعات» به دلیل اهمیت و نقش متمایز آن در پژوهش حاضر، به سه زیرحوزه اصلی آن شامل «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» و «تجهیزات نیمه‌رساناها» تفکیک شده است. در نتیجه ساختار نهایی عملاً شامل ۱۳ دسته کلی برای تحلیل و ارائه نتایج است. با این حال، در مواردی که دقت بالاتری در شناسایی فعالیت‌ها ضروری بوده است، از برچسب‌ها و طبقه‌بندی‌های صنعتی اختصاصی مورد استفاده در پایگاه داده اصلی بهره گرفته شده است.

در آخر لازم است توجه شود که در این گزارش به دلیل محدودیت‌های داده‌ای، امکان محاسبه و کمّی‌سازی برخی شاخص‌ها وجود نداشته است. تعدادی از این شاخص‌ها به شرح زیر است:

- میزان تحقیق‌وتوسعه صورت گرفته روی هوش مصنوعی در بنگاه‌ها
- بهره‌وری نیروی کار هوش مصنوعی
- میزان آموزش هوش مصنوعی در سطوح پیشا دانشگاهی
- میزان استفاده توسعه‌دهندگان داخلی از انواع ابزارهای هوش مصنوعی

امید است تا در گزارش‌های آتی امکان سنجش شاخص‌های بیشتری فراهم شود.

3 Global Industry Classification Standard (GICS)

4 Consumer Staples

به خدمات و کالاهایی اطلاق می‌شود که مصرف سریع یا دوره استفاده کوتاه دارند و شامل زیرحوزه‌های اصلی مانند مواد غذایی و نوشیدنی، محصولات بهداشتی و شخصی، دخانیات و خرده‌فروشی کالاهای مصرفی روزمره هستند.

5 Consumer Discretionary

به خدمات و محصولاتی گفته می‌شود که عمر استفاده طولانی دارند و شامل زیرحوزه‌های مهمی مانند خودروسازی، لوازم خانگی، پوشاک بادوام، تفریحات و کالاهای لوکس مصرفی هستند.

۱

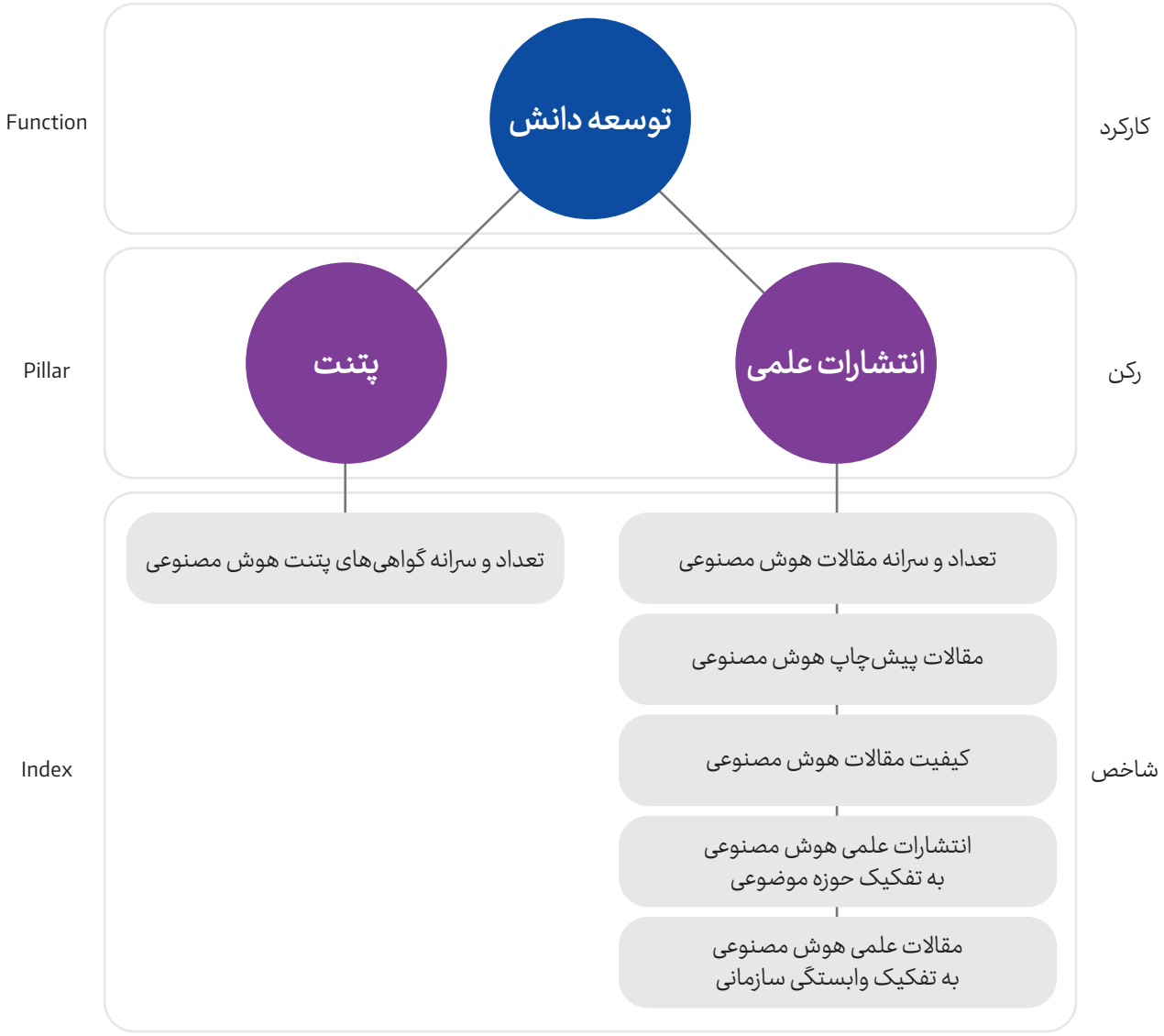
کارکرد اول
توسعه دانش

نکات کلیدی

- ایران در زمینه مقالات هوش مصنوعی، چه از نظر کمّیت و چه از نظر کیفیت، در حال حاضر در جایگاه دوم منطقه پس از عربستان سعودی قرار دارد. ترکیه با افزایش نرخ رشد نسبی، اختلاف خود را با ایران بسیار کم کرده که با تداوم این روند، پیش‌بینی می‌شود در سال آینده ایران جایگاه خود را به ترکیه و در میان‌مدت به امارات واگذار کند.
- میانگین رشد تعداد مقالات هوش مصنوعی در ایران پایین‌تر از میانگین جهانی است و از سال ۲۰۱۹ به بعد به طور مداوم کاهش یافته است. سهم مقالات هوش مصنوعی ایران در سال ۲۰۲۴، ۲/۳ درصد از کل مقالات هوش مصنوعی در جهان است.
- از نظر سرانه مقالات هوش مصنوعی، ایران در سال ۲۰۲۴ با سرانه ۴/۱مقاله در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر پس از سایر کشورهای منطقه قرار گرفته است و عربستان سعودی با ۱۶ مقاله در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر، در جایگاه اول قرار دارد.
- ایران در سال ۲۰۲۴، سهم ۲/۸ درصدی از مقالات با تأثیر بالا نسبت به مقالات جهان را دارد که مطابق روندهای مشاهده‌شده، ترکیه با نزدیک شدن به سهم ایران، در آستانه پیشی گرفتن از آن و تصاحب جایگاه ایران در کیفیت تولیدات علمی منطقه در سال آتی است.
- ایران در زمینه مقالات پیش‌چاپ هوش مصنوعی با سهم ۰/۶۸ درصدی در سال ۲۰۲۴ در رتبه سوم منطقه و پس از امارات و رژیم صهیونیستی قرار گرفته است.
- تحلیل مقایسه‌ای توزیع حوزه‌های انتشارات هوش مصنوعی ایران در قیاس با میانگین جهانی، از مزیت نسبی ایران در زیرحوزه‌های مهندسی، علوم محیط‌زیست، انرژی، پزشکی و کشاورزی حکایت دارد. با این حال، فاصله قابل‌توجه در زیرحوزه علوم کامپیوتر نسبت به میانگین جهانی، کشورهای منتخب و حتی کشورهای منطقه مشهود است.
- از منظر وابستگی سازمانی انتشارات هوش مصنوعی ایران، بخش دانشگاهی بیشترین مشارکت را (۹۳/۴ درصد) در تولید انتشارات هوش مصنوعی طی ۵ سال اخیر (از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵) داشته است که پس از آن بخش دولتی ایران با سهم ۳/۷ درصدی قرار می‌گیرد. در این میان سهم نزدیک به صفر (۰/۱ درصد) بخش صنعت، نشان می‌دهد که صنایع بزرگ و بنگاه‌های اقتصادی ایران و حتی شرکت‌های بزرگ اقتصاد دیجیتال نقش معناداری در انتشارات هوش مصنوعی ندارند.
- به جز رژیم صهیونیستی، تقریباً هیچ‌یک از کشورهای منطقه جایگاه مناسبی در زمینه پتنت ندارند و کل کشورهای مورد بررسی در این شاخص دچار عقب‌ماندگی جدی نسبت به کشورهای پیشرو در حوزه هوش مصنوعی هستند.

مقدمه

کارکرد نخست در سیستم نوآوری فناورانه، کارکرد توسعه دانش است. این کارکرد شامل توسعه دانش فنی جدید و کاربردی بین بازیگران مختلف درون سیستم است. به معنای دقیق‌تر این شاخص به وسعت و عمق پایگاه دانش فعلی و چگونگی تغییر آن در طول زمان اشاره دارد. برای بررسی دقیق‌تر این کارکرد، پس از بررسی داده‌های در دسترس، دو رکن اصلی در نظر گرفته شده است: انتشارات علمی و پتنت. هر کدام از رکن‌ها نیز از چند شاخص تشکیل شده است که به کمک این شاخص‌ها به بررسی وضعیت ایران در مقایسه با کشورهای هدف پرداخته می‌شود (شکل ۴).



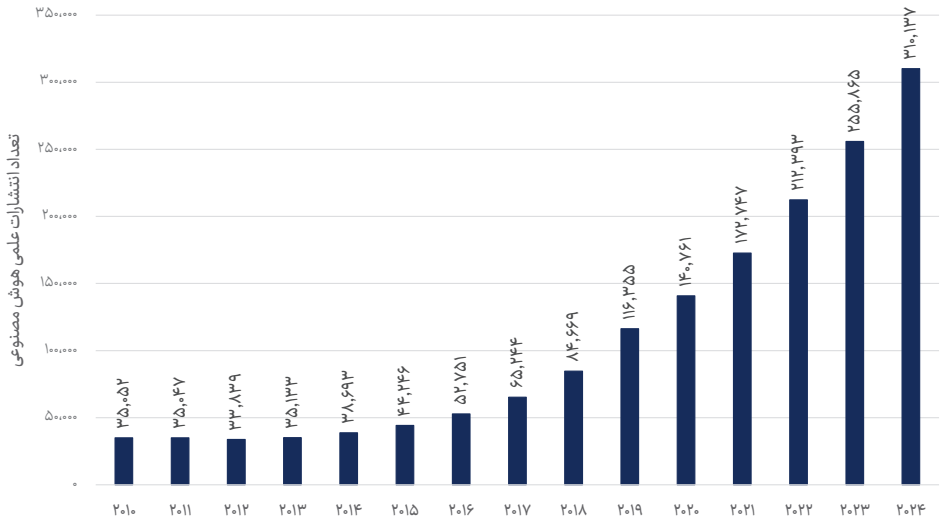
شکل ۴. تقسیم‌بندی شاخه‌ای کارکرد توسعه دانش و شاخص‌های مرتبط با آن.

۱.۱ رکن اول: انتشارات علمی

منظور از انتشارات علمی، مجموعه‌ای از مقالات منتشر شده در قالب مقالات پژوهشی، مقالات کنفرانسی، فصل کتاب، مقالات مروری و سایر[۶] است. منبع استخراج انتشارات علمی مرتبط با هوش مصنوعی، پایگاه داده «اسکوپوس[۷]» است. داده‌های این بخش شامل بیش از ششصد هزار نشریه علمی هوش مصنوعی است که با استفاده از کلیدواژه‌های اصلی هوش مصنوعی مانند شبکه عصبی[۸]، یادگیری ماشین[۹] و غیره استخراج شده‌اند. وسعت و پویایی مفاهیم مرتبط با هوش مصنوعی باعث شده تا در روش‌شناسی پایگاه داده اسکوپوس، از یادگیری ماشین نظارت شده[۱۰] جهت استخراج و وزن‌دهی به مفاهیم مرتبط، استفاده گردد. این موضوع باعث نمی‌شود که هر ساله به واسطه آموزش مدل با داده‌های بیشتر و بازخورددهی آن، مدل طبقه‌بندی مفاهیم و کلیدواژه‌ها، پیوسته بهینه‌سازی شود و در نتیجه حجم انتشارات شناسایی شده مرتبط با هوش مصنوعی در هر سال کمی متفاوت‌تر از سال گذشته خواهد بود[۱۱].

روندهای جهانی

شکل ۵، تعداد و روند رشد انتشارات علمی هوش مصنوعی در جهان را به نمایش می‌گذارد که شامل مقالات علمی، مقالات کنفرانسی، فصل‌های کتاب و سایر انتشارات است. همان طور که مشاهده می‌شود، تعداد انتشارات علمی هوش مصنوعی در طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، بیش از ۸ برابر رشد کرده و از حدود ۳۵ هزار مورد در سال ۲۰۱۰ به بیش از ۳۱۰ هزار مورد در سال ۲۰۲۴ رسیده است که از ظهور پارادایم‌های جدیدی نظیر یادگیری ماشین، استفاده گسترده از مدل‌های زبانی بزرگ[۱۲] و همچنین مدل‌های چندوجهی[۱۳] نشئت گرفته و از علاقه روزافزون به مشارکت در تحقیقات این حوزه حکایت دارد. از طرفی میانگین رشد در طی ۵ سال اخیر حدود ۲۲ درصد بوده است که نشان‌دهنده رشدی پایدار و قابل‌توجه است.



شکل ۵. تعداد انتشارات علمی هوش مصنوعی در جهان، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

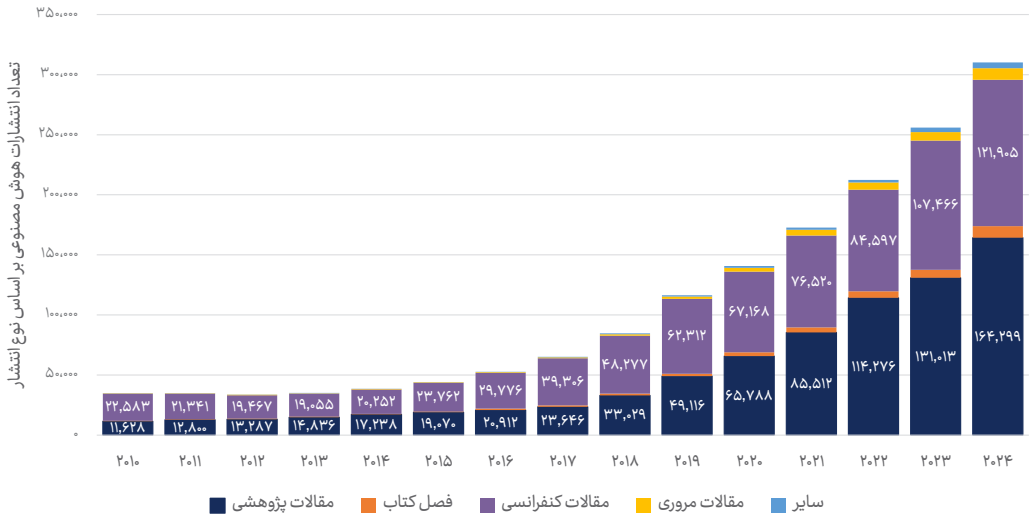
۶ با توجه به حجم کم، انواع انتشاراتی که ذیل عنوان سایر جمع‌آوری شدند عبارت است از: نامه، یادداشت، نظرسنجی، مقاله مطبوعاتی، اصلاحیه مقالات، مقالات داده‌ای، سرمقاله، کتاب، چکیده و سایر انتشاراتی است که در این حوزه‌ها نمی‌گنجد.

7 Scopus [Link]
8 Neural network
9 Machine learning
10 Supervised Machine Learning

۱۱ جزئیات بیشتر در مورد روش مورد استفاده برای شناسایی انتشارات هوش مصنوعی در گزارشی که از سوی اسکوپوس منتشر شده، قابل استناد است:
Artificial Intelligence: How knowledge is created, transferred and used [link]

12 Large Language Models (LLMs)
13 Multimodal Models

انتشارات علمی را بر اساس نوع انتشار می‌توان به پنج دسته اصلی تقسیم کرد. این دسته‌بندی شامل مقالات پژوهشی (که از این پس به اختصار «مقالات» خوانده می‌شوند)، مقالات کنفرانسی، فصل‌های کتاب، مقالات مروری و سایر اشکال انتشار است. شکل ۶ تعداد انتشارات سالیانه هوش مصنوعی را بر اساس نوع انتشار به تصویر می‌کشد. همان طور که مشاهده می‌گردد، مقالات پژوهشی در سال ۲۰۲۴ با رقمی حدود ۵۳ درصد بیشترین سهم انتشارات را به خود اختصاص داده و پس از آن مقالات کنفرانسی با سهمی نزدیک ۳۹ درصد در رتبه بعدی انتشارات قرار می‌گیرد.



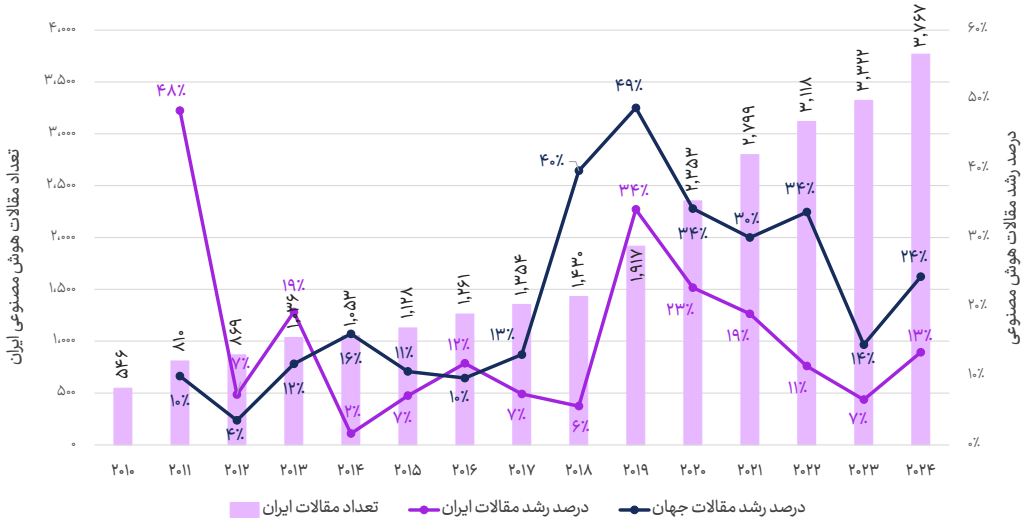
شکل۶. تعداد انتشارات علمی هوش مصنوعی بر اساس نوع انتشار، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

با توجه به شکل ۶، اگرچه سهم سایر اشکال انتشار مانند فصول کتاب و مقالات مروری در طی این سال‌ها با رشد مختصری مواجه بوده‌اند، اما همچنان مقالات پژوهشی و کنفرانسی، مدل‌های اصلی انتشار محسوب می‌شوند و از این رو در این گزارش تمرکز ویژه‌ای بر این دو مدل انتشار صورت گرفته است.

۱.۱.۱ تعداد و سرانه مقالات هوش مصنوعی

وضعیت ایران

شکل ۷ روند زمانی نرخ رشد و تعداد مقالات پژوهشی ایران در طول زمان را نمایش می‌دهد. بررسی این روند، فازهای مختلف رشد مقالات ایران را نشان می‌دهد. در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴، تعداد مقالات پژوهشی ایران با میانگین رشد ۱۰ درصد، از ۵۴۶ مورد به ۱,۰۵۳ مورد افزایش یافته است؛ این در حالی است که در طی این سال‌ها مقالات کشور رشد پرنوسانی را تجربه می‌کند. در فاز دوم، میانگین رشد افزایش یافته است و رشد با ثبات‌تری قابل مشاهده است به طوری که تعداد مقالات ایران از ۱,۱۲۸ مورد در سال ۲۰۱۵ به ۱,۴۳۰ مورد در سال ۲۰۱۸، افزایش می‌یابد. اما در فاز سوم، نرخ رشد مقالات جهان به‌شدت افزایش یافته و به ۴۹ درصد در سال ۲۰۱۹ رسیده است، در حالی که رشد مقالات ایران به‌صورت مداوم کمتر از میانگین نرخ رشد مقالات جهان بوده است. آمارها حاکی از آن است که افزایش تعداد مقالات ایران به ۳,۷۶۷ مورد در سال ۲۰۲۴، نتوانسته مانع از افت جایگاه رقابتی کشور شود؛ چرا که نرخ رشد علمی ایران ۱۳ درصد کمتر از میانگین جهانی است.

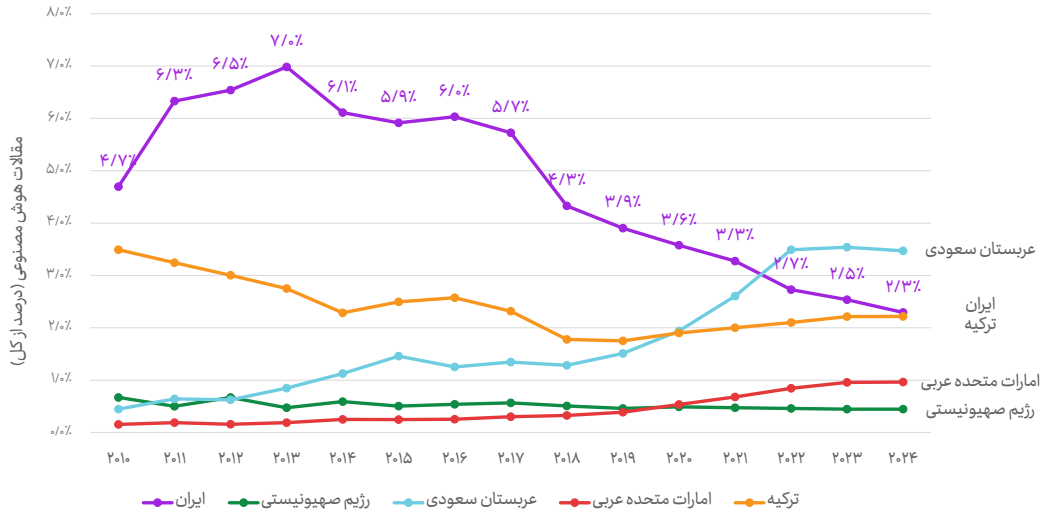


شکل ۷. تعداد و نرخ رشد مقالات پژوهشی هوش مصنوعی ایران، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

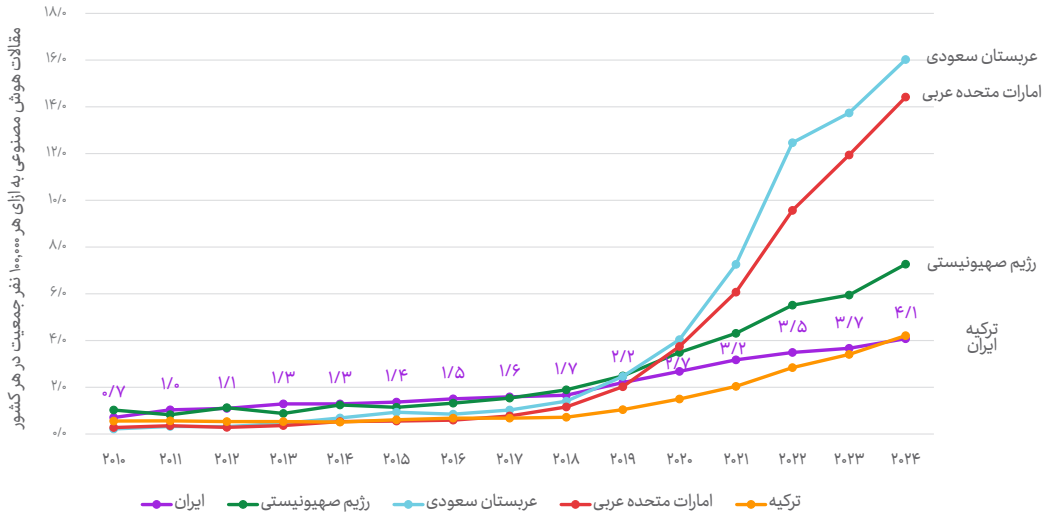
کشورهای منطقه

همان طور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد، اگرچه ایران از سال ۲۰۱۰ با رشد از سهم ۴/۷ درصد به ۷ درصد در سال ۲۰۱۳ رهبری منطقه را در اختیار داشت، از آن پس با در پیش گرفتن روند نزولی و با از دست دادن موقعیت نسبی خود، در سال ۲۰۲۱، جایگاه خود را به عربستان داده و در رتبه دوم منطقه قرار گرفته است. با ادامه روند کاهش سهم که از شکاف سرعت رشد مقالات ایران و جهان نشئت می‌گیرد، پیش‌بینی می‌شود که تا ۱ الی ۲ سال آینده ترکیه از ایران پیشی گرفته و جایگاه دوم منطقه را به خود اختصاص دهد. این در حالی است که عربستان از سال ۲۰۱۹ جهش معناداری را آغاز کرده و در سال ۲۰۲۴ با سهمی ۳/۴۷ درصدی رتبه اول منطقه را از آنِ خود کرده است. در این سال‌ها ترکیه رشد متوازنی داشته و با شیب ملایمی به رشد خود ادامه داده است.

شکل ۹ با حذف اثر مقیاس جمعیتی، روند متفاوتی از سهم مقالات کشورهای منطقه را به تصویر می‌کشد. در این نمودار، سرانه مقالات امارات از سال ۲۰۱۰، رشدی چشمگیر را تجربه کرده و از سال ۲۰۲۰، جایگاه دوم منطقه را از آنِ خود کرده است. عربستان سعودی نیز با رشدی چشمگیر توانسته هم از منظر سهم مطلق و هم از نظر سهم سرانه، رتبه نخست را به خود تخصیص دهد. در مقابل، رژیم صهیونیستی که از نظر سهم کل مقالات در جایگاه پنجم منطقه قرار داشت، از منظر سرانه مقالات، در سال ۲۰۲۴ توانسته است در رتبه سوم منطقه قرار گیرد. در این میان، ایران اگرچه تا سال ۲۰۱۷ در جایگاه دوم منطقه قرار داشت، به دلیل نرخ رشد پایین‌تر نسبت به سایر کشورهای منطقه، به‌تدریج سهم خود را از دست داده و در نهایت در سال ۲۰۲۴ با انتشار ۴/۱ مقاله به ازای هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر، در جایگاهی نزدیک به ترکیه و پایین‌ترین رتبه منطقه قرار گرفته است.



شکل ۸. مقالات هوش مصنوعی (درصد از کل) به تفکیک کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

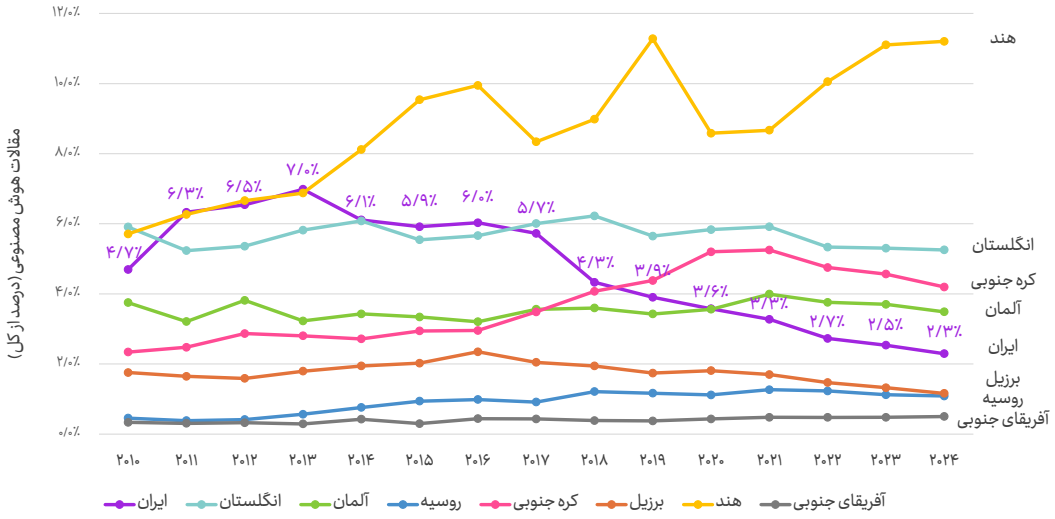


شکل ۹. سرانه مقالات هوش مصنوعی به ازای هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر جمعیت در کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

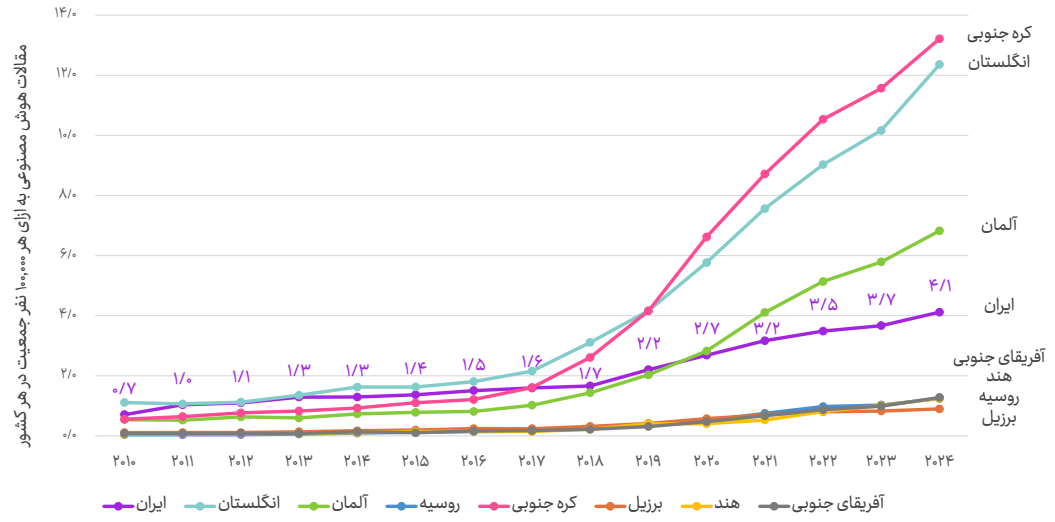
کشورهای منتخب

بررسی شکل ۱۰ نشان می‌دهد که ایران که در سال ۲۰۱۳ سهمی فراتر از سایر کشورهای منتخب را به خود تخصیص داده بود، اما به مرور زمان، تدریجاً جایگاه خود را به کشورهایی مانند هند، انگلستان، کره جنوبی و آلمان واگذار کرده و هم اکنون فاصله قابل‌توجهی با این کشورها دارد. تداوم این روند می‌تواند به از دست رفتن موقعیت ایران نسبت به کشورهایی مانند برزیل و روسیه گردد. قابل‌توجه است که روسیه در طی سال گذشته با رشدی ملایم، توانسته خود را به جایگاه برزیل برساند. در این میان کشور هند از منظر سهم عددی مقالات، با رشد چشمگیری در طی این سال‌ها مواجه بوده اگرچه از سرعت نسبی رشد آن در ۲۰۲۴ کاسته شده، با این حال تقریباً ۵ برابر سهم ایران و رقمی معادل ۱۱/۲ درصد را در سال ۲۰۲۴ از آنِ خود کرده است. البته از حیث سرانه مقالات و با کنترل اثر جمعیتی، هند انتشار ۱/۲ مقاله به ازای هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر در سال ۲۰۲۴، در جایگاهی پس از ایران قرار گرفته است.

علاوه بر آن همان طور که در شکل ۱۱ مشخص است، ایران از سال ۲۰۱۴ با حذف اثر مقیاس جمعیتی، با رشدی ملایم در جایگاهی پس از کره جنوبی، انگلستان و آلمان قرار گرفته است. این در حالی است که کشورهای کره جنوبی و انگلستان در این سال‌ها رشد نمایی قابل‌توجهی را تجربه کرده و به ترتیب به سهم ۱۳/۲ و ۱۲/۴ درصدی در سال ۲۰۲۴ دست یافته‌اند که از شکاف تقریباً ۳ برابری با ایران حکایت دارد.



شکل ۱۰. مقالات هوش مصنوعی (درصد از کل) به تفکیک کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

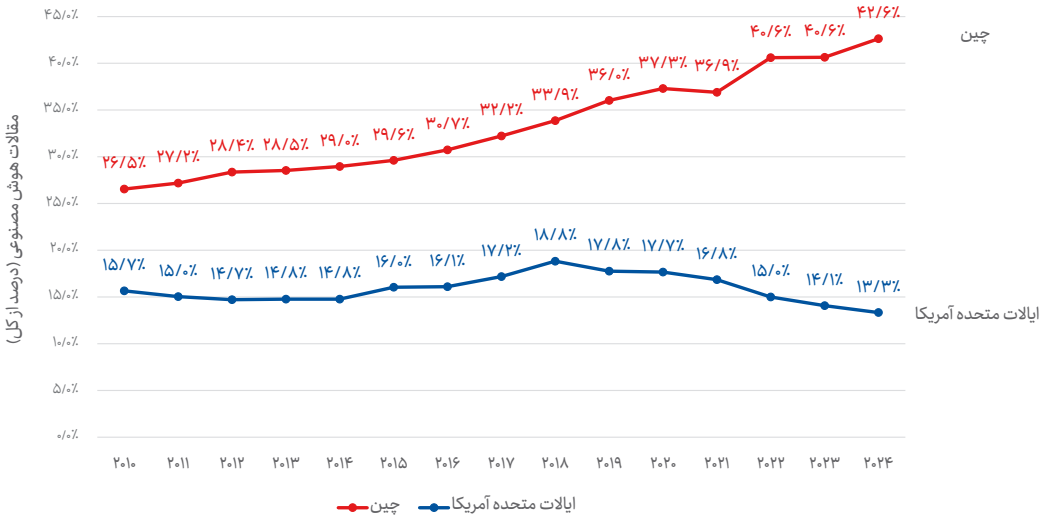


شکل ۱۱. سرانه مقالات هوش مصنوعی به ازای هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر جمعیت در کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

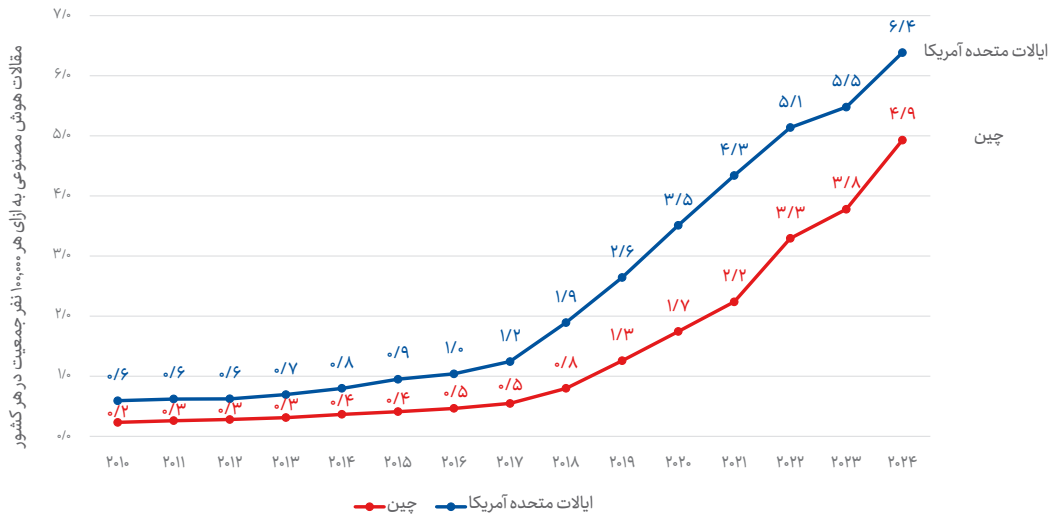
کشورهای پیشرو

همان طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌گردد، کشور چین در طی این سال‌ها به رشد فوق‌العاده‌ای در تولید مقالات هوش مصنوعی دست یافته است و تعداد مقالاتش از ۳,۰۹۰ مورد در سال ۲۰۱۰ به ۶۹,۴۳۰ مورد در سال ۲۰۲۴ رسیده و بیش از ۲۲ برابر افزایش یافته است. این بدان معناست که نزدیک به نیمی از مقالات هوش مصنوعی جهان توسط چین تولید می‌شود و این کشور در رتبه اول انتشار مقالات پژوهشی هوش مصنوعی در میان کشورهای جهان قرار گرفته است. از سوی دیگر، ایالات متحده آمریکا سهم خود را به‌تدریج از دست داده و در سال ۲۰۲۴ تنها ۱۳/۳ درصد از مقالات هوش مصنوعی جهان را منتشر کرده است. در سال ۲۰۲۴، چین، ۴۷,۷۱۶ مقاله بیشتر از ایالات متحده آمریکا منتشر کرده است که شکاف فزاینده میان این دو کشور در طی سال‌های مورد بررسی را به نمایش می‌گذارد.

پس از بررسی سرانه مقالات و کنترل اثر مقیاس جمعیتی در شکل ۱۳، روند متفاوت از قبل است و رقابت شدید میان ایالات متحده آمریکا و چین مشاهده می‌شود که رشد مقالات سرانه ایالات متحده آمریکا منجر به برتری آن نسبت به کشور چین شده است. با این حال رشد مقالات سرانه چین در طی این سال‌ها به‌صورت میانگین تقریباً معادل ۲۵ درصد بوده که حدود ۶ درصد از میانگین رشد سرانه ایالات متحده آمریکا بیشتر است و اگر این روند تداوم یابد، از منظر شاخص سرانه مقالات نیز چین می‌تواند از ایالات متحده آمریکا پیشی گیرد.



شکل ۱۲. مقالات هوش مصنوعی (درصد از کل) به تفکیک کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

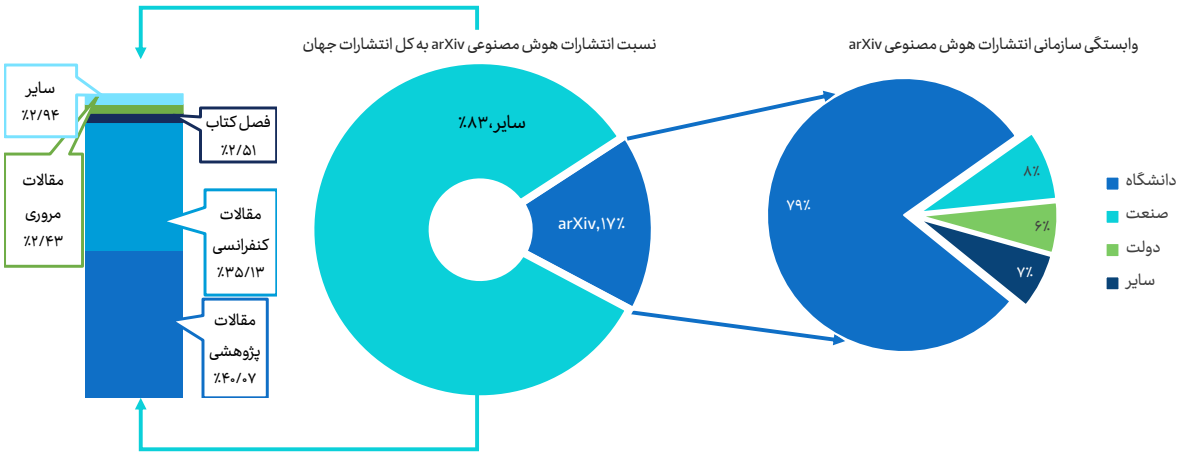


شکل ۱۳. سرانه مقالات هوش مصنوعی به ازای هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر جمعیت در کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

۱.۱.۲ مقالات پیش‌چاپ هوش مصنوعی

یکی دیگر از انواع انتشارات هوش مصنوعی، مقالات پیش‌چاپ [۱۴] می‌باشند که برای به اشتراک گذاشتن نتایج اولیه، پیش از انتشار رسمی و داوری همتا[۱۵] استفاده می‌شوند. arXiv یکی از مخازن اصلی مقالات پیش‌چاپ به‌حساب می‌آید که تا سال ۲۰۲۵، بیش از ۲ میلیون و ۸۰۰ هزار مقاله در حوزه‌های مختلف را منتشر کرده است. سرعت بالای تحولات در حوزه هوش مصنوعی، نیاز به یک پایگاه برای انتشار به هنگام یافته‌های علمی و ثبت با اولویت[۱۶] از طریق آن را پررنگ می‌کند. از طرفی تسهیل اشتراک‌گذاری سریع‌تر تحقیقات، افزایش دیده شدن، امکان بازخورد به‌موقع و به‌روزرسانی مکرر نتایج پیش از داوری نهایی نقش روزافزون این مخزن و مقالات پیش‌چاپ را برجسته می‌کند (Zhang et al., 2021).

همان طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌گردد، مجموع مقالات پیش‌چاپ arXiv هوش مصنوعی در طی سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴، تقریباً ۱۷ درصد انتشارات هوش مصنوعی جهان را تشکیل می‌دهند که پس از مقالات پژوهشی و کنفرانسی، از مهم‌ترین انواع انتشار محسوب می‌شوند.

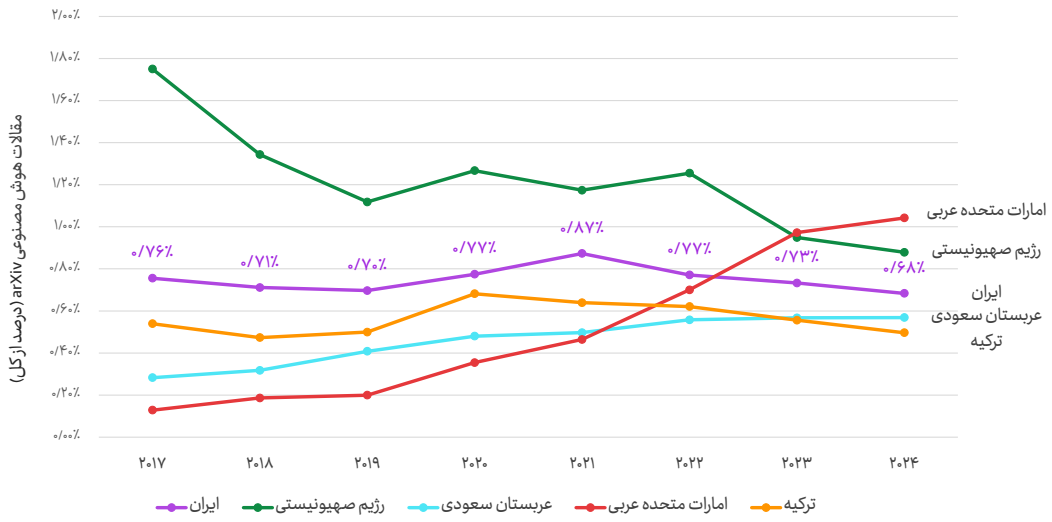


شکل ۱۴. نسبت انتشارات arXiv هوش مصنوعی به کل انتشارات هوش مصنوعی جهان، از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منطقه

بر خلاف روند مقالات پژوهشی، همان طور که در شکل ۱۵ قابل مشاهده است، ایران روندی نسبتاً پایدار با میانگین سهم ۰/۷ درصدی از کل مقالات پیش‌چاپ جهان را به خود اختصاص داده و علی‌رغم رشد ۴ برابری مقالات پیش‌چاپ ایران از ۱۷۱ مورد در سال ۲۰۱۷ به ۶۸۳ مورد در سال ۲۰۲۴ در رتبه سوم منطقه قرار گرفته است. این در حالی است که امارات با رشدی چشمگیر از سهم ۰/۱۳ درصدی در سال ۲۰۱۷ در سال ۲۰۲۳ از رژیم صهیونیستی نیز پیشی گرفته و به سهم ۱/۰۴ درصدی در سال ۲۰۲۴ دست یافته و جایگاه اول منطقه را از آن خود کرده است. در این میان رژیم صهیونیستی که با ۱/۷۵ درصد بیشترین سهم منطقه را داشته است، روند نزولی در پیش گرفته و از ۲۰۲۳ جایگاه خود را به امارات داده است. عربستان نیز روندی مشابه امارات را در پیش گرفته و سهم آن حدوداً از ۰/۳ درصد به ۰/۵۷ درصد در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است. با تداوم این روند، به نظر می‌رسد که عربستان در سال‌های آینده جایگاه ایران را گرفته و به رتبه سوم منطقه ارتقا می‌یابد. ترکیه روندی نزولی داشته است که با از دست دادن سهم خود در جایگاه آخر منطقه قرار گرفته است.

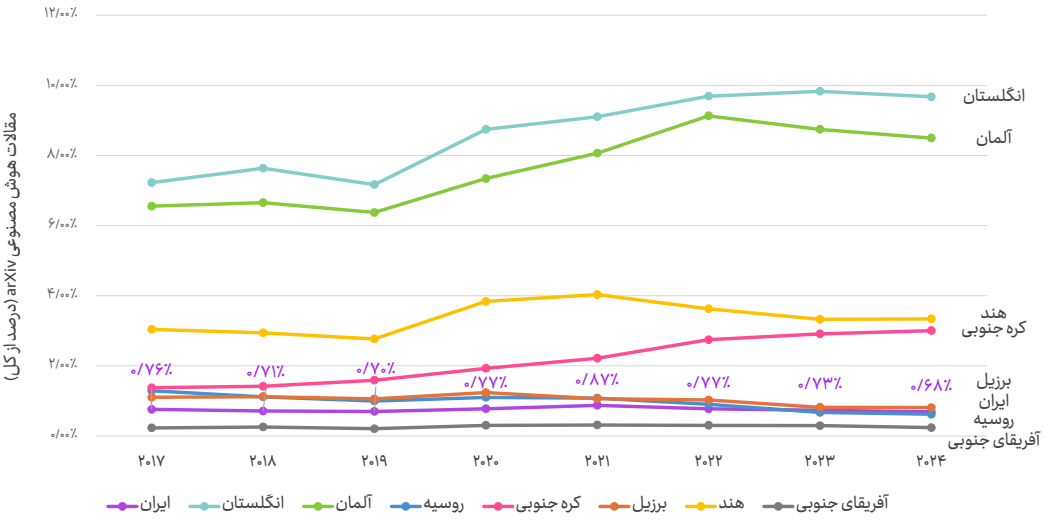
14 Preprint
15 Peer Review
16 Priority



شکل ۱۵. سهم مقالات پیش‌چاپ هوش مصنوعی (درصد از کل) منتشر شده در arXiv به تفکیک کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

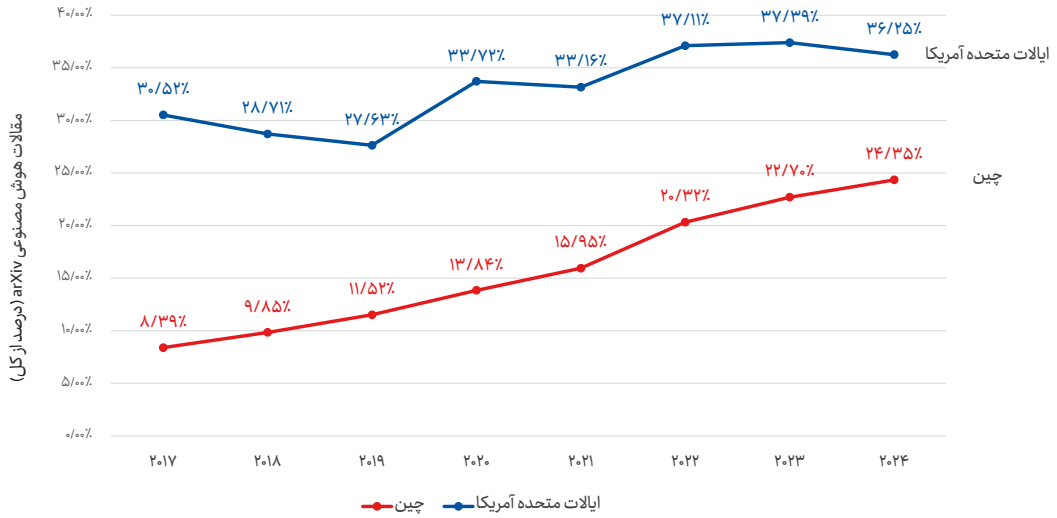
شکل ۱۶ نشان می‌دهد که روند صعودی انگلستان از حدود ۷ درصد در سال ۲۰۱۷ شروع شده و به نزدیک ۱۰ درصد در سال ۲۰۲۴ رسیده است، روندی که مشابه آن را آلمان نیز طی کرده است. کره جنوبی و هند نیز در سال ۲۰۲۴، بیش از ۴ برابر ایران و حدود ۳ هزار مقاله در arXiv منتشر کرده‌اند. تداوم این روند می‌تواند منجر به از دست رفتن جایگاه ایران نسبت به روسیه و آفریقای جنوبی در آینده نزدیک شود. آلمان و انگلستان که در مقالات پژوهشی هم در صدر قرار گرفته بودند، از منظر مقالات پیش‌چاپ نیز فاصله‌ای معنادار از سایر کشورها دارند.



شکل ۱۶. سهم مقالات پیش‌چاپ هوش مصنوعی (درصد از کل) منتشر شده در arXiv به تفکیک کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

بررسی داده‌های شکل ۱۷ از رقابت استراتژیک ایالات متحده آمریکا و چین در مقالات پیش‌چاپ و سرعت انتشار به هنگام حکایت دارد. کشور ایالات متحده آمریکا با رشد خطی کاهنده، حدود یک‌سوم مقالات پیش‌چاپ جهان را منتشر می‌کند و پیشتاز رقابت جهانی در این عرصه محسوب می‌شود. اما در این میان چین با نرخ رشدی قابل‌توجه و افزایش ۳ برابری سهم، در حال کاهش سریع شکاف موجود است. تعداد مقالات پیش‌چاپ چین از ۱,۸۹۸ مورد در سال ۲۰۱۷ به ۲۴,۳۲۴ مورد در سال ۲۰۲۴ رسیده که بیش از ۱۲ برابر رشد کرده است. در صورت تداوم این روند، در دهه آینده چین از نظر سهم نسبی انتشار مقالات در arXiv ایالات متحده آمریکا را پشت سر خواهد گذاشت.



شکل ۱۷. سهم مقالات پیش‌چاپ هوش مصنوعی (درصد از کل) منتشر شده در arXiv به تفکیک کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴.

۱.۱.۳ کیفیت مقالات هوش مصنوعی

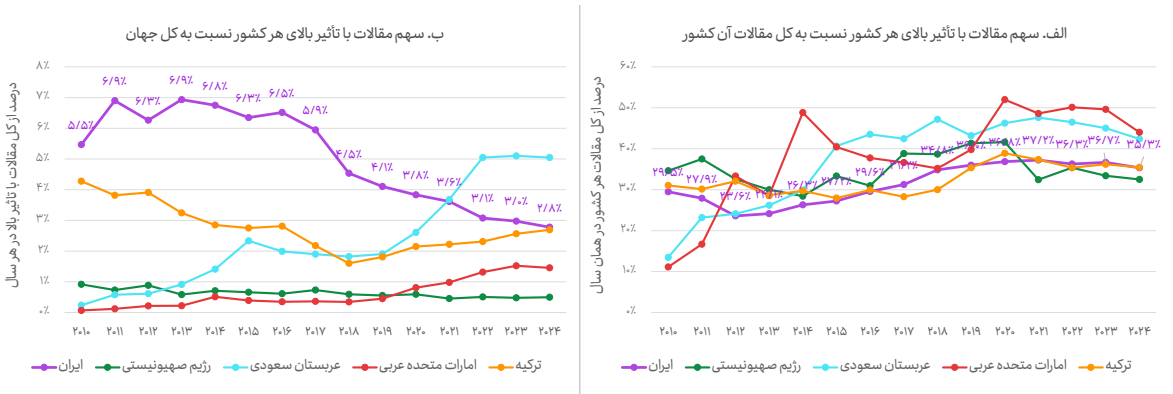
در کنار بررسی کمّیت مقالات هر کشور با تحلیل تعداد مقالات هوش مصنوعی آن، برای بررسی کیفیت مقالات علمی لازم است تا از شاخص دیگری استفاده شود. به این منظور از شاخص «تأثیر استناد با وزن میدانی[۱۷]» استفاده شده است. این شاخص با در نظر گرفتن تفاوت‌های طبیعی در الگوهای استناددهی میان رشته‌های مختلف، نشان می‌دهد هر مقاله تا چه اندازه بیشتر یا کمتر از سطح معمول جهانی در حوزه تخصصی خود مورد استناد قرار گرفته است. به این ترتیب آثاری به‌عنوان «مقالات با تأثیر بالا[۱۸]» طبقه‌بندی شده‌اند که عملکرد استنادی آن‌ها حداقل ۱/۵ برابر (۵۰ درصد فراتر از) میانگین جهانی مورد انتظار بوده است.

این شاخص به دو صورت بررسی شده است؛ (الف) نسبت کل مقالات با تأثیر بالا نسبت به کل مقالات همان کشور و (ب)، نسبت مقالات با تأثیر بالای هر کشور به کل مقالات با تأثیر بالای همان سال بررسی شده است. عملاً در نوع (الف)، هر کشور را با خودش در طول زمان مقایسه کرده و در نوع (ب)، وضعیت هر کشور را نسبت به سایرین ارزیابی می‌کند. توجه شود که در این شاخص، به دلیل تعریف تأثیر بر مبنای تعداد استنادات، سال‌های اخیر از اهمیت کمتری برخوردارند، چرا که به‌صورت طبیعی تعداد استناد کمتری به مقالات سال‌های اخیر صورت می‌گیرد.

کشورهای منطقه

مطابق شکل ۱۸ (الف)، مقالات با تأثیر بالای ایران از ۲۹/۵درصد در سال ۲۰۱۰ به ۳۵/۳درصد در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته که پس از عربستان، امارات و ترکیه قرار گرفته است. امارات اگرچه از نظر کمّیت، تعداد مقالات کمتری داشته، اما رشد پرنوسانی را از لحاظ کیفیت مقالات پشت سر گذاشته و از سال ۲۰۲۱ با کاهش رشد کیفیت مواجه بوده است. عربستان هم مشابه امارات رشدی با شیب ملایم داشته؛ اما از ۲۰۲۰، سهم مقالات با تأثیر بالایش از ۴۷ درصد به ۴۲/۴ درصد در سال ۲۰۲۴ کاهش یافته است. رژیم صهیونیستی نیز اگرچه در سال ۲۰۱۰، با ۳۵ درصد مقاله با تأثیر بالا، رتبه اول منطقه را داشته، اما با رشدی نوسانی در سال ۲۰۲۴ با ۳۲ درصد مقالات با کیفیت به رتبه آخر منطقه تنزل یافته است.

سهم هر کشور از مقالات با تأثیر بالا جهان، در شکل ۱۸ (ب) مورد بررسی قرار می‌گیرد. ایران به‌تدریج با کاهش نرخ رشد نسبی کیفیت مقالات، در سال ۲۰۲۴ با سهم ۲/۸ درصدی پس از عربستان در جایگاه دوم منطقه قرار گرفته است. در رژیم صهیونیستی اگرچه یک‌سوم مقالات تولید شده با تأثیر بالا بوده، با این حال تنها حدود ۱ درصد از مقالات با تأثیر بالا دنیا را تولید کرده است. امارات نیز از سال ۲۰۱۹ با رشدی فزاینده از رژیم صهیونیستی پیشی گرفته و در سال ۲۰۲۴، ۱/۴۵ درصد مقالات با تأثیر بالا جهان را تولید کرده است. عربستان علاوه بر افزایش تعداد و سهم مقالات با تأثیر بالا، از سهم ۰/۰۷ درصد در سال ۲۰۱۰ جهش کرده و با اکتساب سهم ۵ درصدی، رتبه اول منطقه را از آنِ خود کرده است.

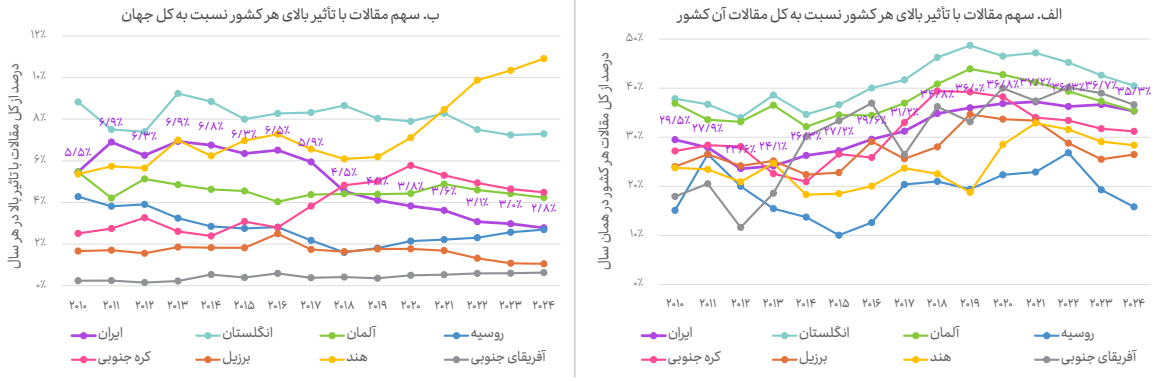


شکل ۱۸. سهم کشورهای منطقه از مقالات هوش مصنوعی با تأثیر بالا، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

17 Field-Weighted Citation Impact (FWCI)
18 High impact

کشورهای منتخب

چنانچه در شکل ۱۹ (الف) مشاهده می‌شود، ایران با ۳۵/۳ درصد مقالات با تأثیر بالا، با عملکردی تقریباً مشابه آلمان، بالاتر از کره جنوبی، هند، برزیل و روسیه قرار گرفته است. در انگلستان نیز اگرچه ۴۰ درصد مقالات، با تأثیر بالا هستند، اما همان طور که در شکل ۱۹ (ب) نمایش داده شده، با روند نزولی نسبی از سال ۲۰۱۳، در نهایت در سال ۲۰۲۱ سهم خود را به هند داده و در سال ۲۰۲۴، ۷ درصد مقالات با تأثیر بالا جهان را تولید می‌کند. هند اما با رشد فزاینده نسبی در مقالات با تأثیر بالا، از سهم ۶ درصدی در سال ۲۰۱۸ به سهم ۱۰/۹ درصد در سال ۲۰۲۴ ارتقا یافته و اکنون بزرگترین تولیدکننده مقالات با تأثیر بالا در میان کشورهای منتخب است. کره جنوبی و آلمان از سال ۲۰۲۰ در حال از دست دادن سهم خود از مقالات با تأثیر بالای جهانی هستند. برزیل و آفریقای جنوبی نیز در محدوده سهم ۲ درصدی قرار دارند، اما روسیه از ۲۰۱۸ رشد خطی تدریجی را تجربه کرده است و در صورت ادامه روند، در مدت کوتاه سهم ایران از مقالات با تأثیر بالا را از آن خود خواهد کرد.

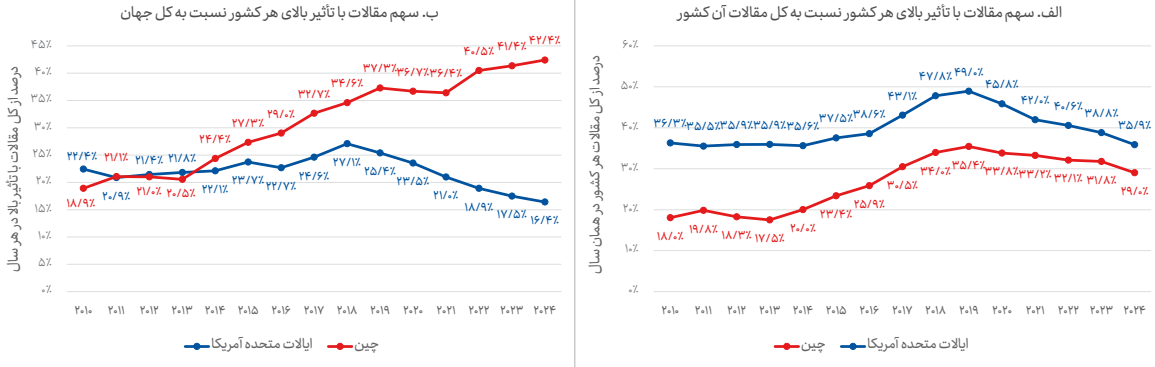


شکل ۱۹. سهم کشورهای منتخب از مقالات هوش مصنوعی با تأثیر بالا، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

باتوجه به شکل ۲۰ (الف)، اگرچه از سال ۲۰۱۹، روند نزولی سهم مقالات با تأثیر بالا در هر دو کشور ایالات متحده آمریکا و چین مشاهده می‌گردد، اما این روند به معنای افت مطلق کیفیت مقالات نیست، بلکه می‌تواند ناشی از ماهیت این شاخص باشد که در نتیجه آن، مقالات سال‌های اخیر به‌صورت طبیعی تعداد استناد کمتری دریافت می‌کنند. در نتیجه ایالات متحده آمریکا همچنان از نظر سطح تأثیرگذاری و میزان ارجاعات علمی در جایگاه بالاتری قرار دارد.

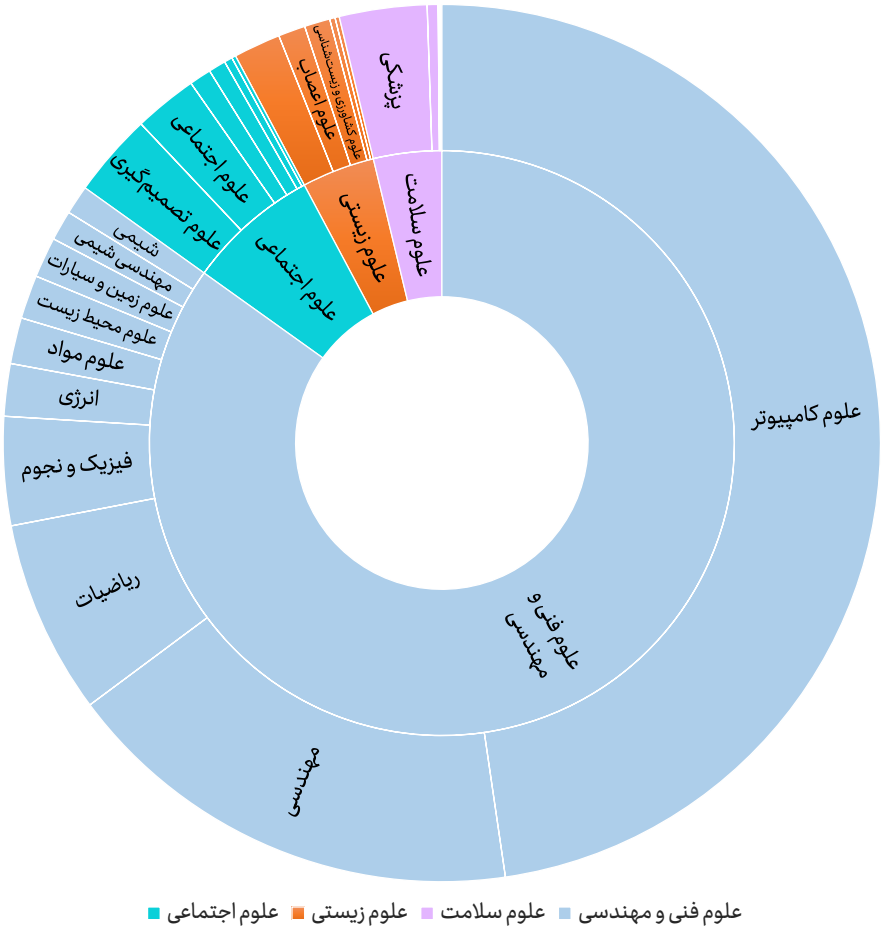
با این حال، چنانچه در شکل ۲۰ (ب) مشاهده می‌گردد، چین از سال ۲۰۱۳، با رشد قابل‌توجهی، از رقیب اصلی خود یعنی ایالات متحده آمریکا پیشی گرفته و به سهم ۴۲/۴ درصدی ارتقا یافته و در صدر جهان قرار گرفته است. در این میان ایالات متحده آمریکا، با در پیش گرفتن روندی نزولی، نتوانسته سهم خود را از مقالات با تأثیر بالا حفظ کند و در نتیجه کشور چین، هم از حیث کمّیت و هم از نظر کیفیت مقالات، توان علمی بی‌رقیبی داشته و به رهبری جهان در شاخص مقالات با تأثیر بالای هوش مصنوعی مبدل گشته است.



شکل ۲۰. سهم کشورهای پیشرو از مقالات هوش مصنوعی با تأثیر بالا، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

۱.۱.۴ انتشارات علمی هوش مصنوعی به تفکیک حوزه موضوعی

این شاخص با بهره‌گیری از نظام طبقه‌بندی استاندارد پایگاه اسکوپوس، توزیع حوزه‌های موضوعی از جریان دانش در هوش مصنوعی را به تصویر می‌کشد. همان طور که در شکل ۲۱ نمایش داده شده است، در این ساختار، دانش به چهار کلان حوزه اصلی (علوم فنی و مهندسی، علوم سلامت، علوم زیستی و علوم اجتماعی)[19] تقسیم شده و در لایه بعدی به ۲۶ زیرحوزه تخصصی و بیش از ۳۰۰ گرایش ریزتر تفکیک می‌گردد. حوزه‌های موضوعی با جستجوی کلیدواژه‌های مرتبط با هر کدام در پایگاه داده‌های اسکوپوس به دست آمده که به تحلیل و ارزیابی آن‌ها پرداخته شده است.



شکل ۲۱. انتشارات هوش مصنوعی جهان به تفکیک حوزه و زیرحوزه موضوعی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

روندهای جهانی و وضعیت ایران

در ادامه به مقایسه سهم زیرحوزه‌های موضوعی در سبد انتشارات هوش مصنوعی ایران با میانگین جهانی پرداخته شده است. همان طور که در شکل ۲۲ مشخص شده، ۸۲/۵ درصد انتشارات ایران در حوزه علوم فنی و مهندسی، ۶ درصد در حوزه علوم سلامت، ۵/۸ درصد در حوزه علوم زیستی و در نهایت ۵/۷ درصد در حوزه علوم اجتماعی تمرکز دارد.

در حوزه علوم فنی و مهندسی، در حالی که در مقیاس جهانی، حدود ۴۶ درصد از کل انتشارات هوش مصنوعی در زیرحوزه علوم کامپیوتر طبقه‌بندی می‌شوند، این سهم در ایران تنها ۳۰/۹درصد است. ایران در زیرحوزه‌های مهندسی، انرژی و علوم محیط‌زیست عملکردی فراتر از میانگین جهانی دارد. در حوزه علوم سلامت نیز، میانگین انتشارات ایران و جهان مشابه است؛ اما در زیرحوزه پزشکی سهم ایران اندکی بالاتر از میانگین جهانی است. در حوزه علوم زیستی نیز، ایران وضعیتی مشابه میانگین جهانی داشته که در زیرحوزه علوم کشاورزی و زیست‌شناسی، نسبت به میانگین جهانی سهم ایران ۱/۳ درصد بیشتر است. در حوزه علوم اجتماعی، ایران از میانگین جهانی پایین‌تر بوده و در اکثر زیرحوزه‌های این حوزه نظیر علوم تصمیم‌گیری از میانگین جهانی کمی عقب‌تر است.

19 Physical Sciences, Health Sciences, Life Sciences & Social Sciences

شکل ۲۲. مقایسه سهم هر زیرحوزه موضوعی از کل انتشارات هوش مصنوعی ایران با سهم همان زیرحوزه در سطح جهان، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منطقه

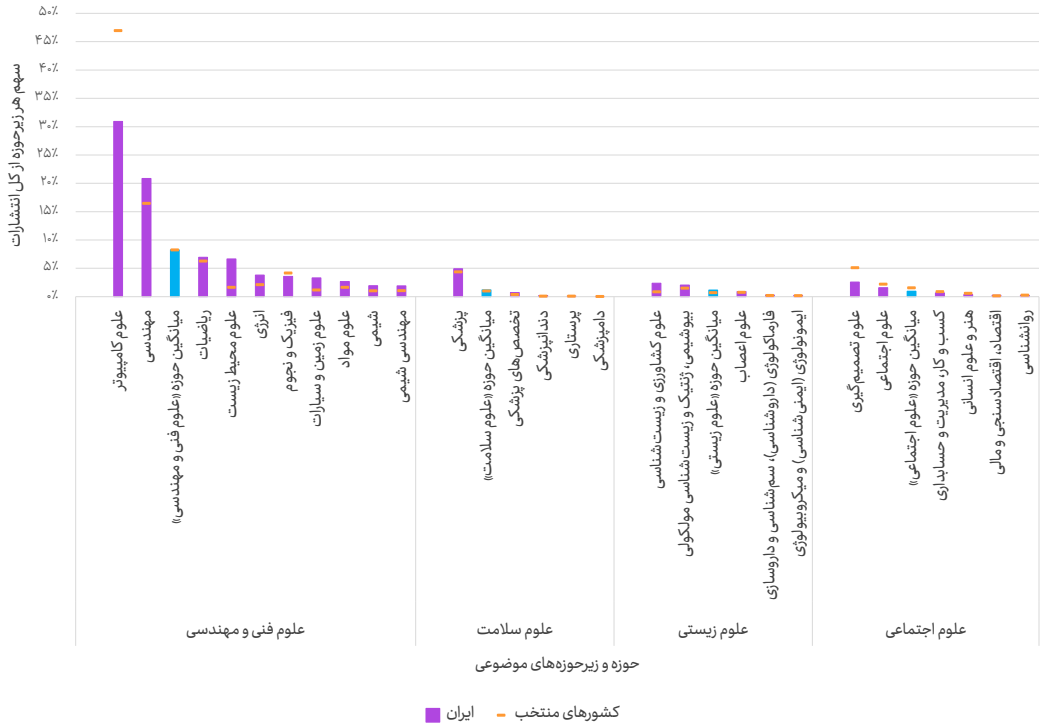
بر اساس شکل ۲۳، در حوزه علوم فنی و مهندسی، ایران در زیرحوزه علوم کامپیوتر فاصله ۸ درصدی با میانگین کشورهای منطقه دارد. اما به ترتیب در زیرحوزه‌های محیط‌زیست، مهندسی، علوم زمین و سیارات، علوم کشاورزی و زیست‌شناسی، انرژی و ریاضیات سهم بیشتری نسبت به میانگین کشورهای منطقه را دارا است.

در حوزه علوم سلامت، ایران عملکردی مشابه میانگین کشورهای منطقه داشته؛ اما در زیرحوزه پزشکی با حدود ۱ درصد اختلاف، تمرکز بیشتری نسبت به سایرین داشته است. در حوزه علوم زیستی نیز مشابه حوزه علوم سلامت، میانگین سهم ایران و منطقه از این حوزه، مشابه بوده؛ ولی ایران در زیرحوزه علوم کشاورزی نسبت به میانگین کشورهای منطقه کمی سهم بیشتری دارد. در حوزه علوم اجتماعی نیز ایران از میانگین کشورهای منطقه سهم کمتری دارد.

شکل ۲۳. مقایسه سهم هر زیرحوزه موضوعی از کل انتشارات هوش مصنوعی ایران با سهم همان زیرحوزه در سطح کشورهای منطقه، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

در شکل ۲۴ در حوزه علوم فنی و مهندسی، سهم ایران از زیرحوزه علوم کامپیوتر فاصله جدی با میانگین کشورهای منتخب دارد. البته ایران در زیرحوزه‌های مهندسی و علوم محیط‌زیست، همچنان سهم بیشتری نسبت به میانگین کشورهای منتخب در اختیار دارد. علاوه بر آن ایران در زیرحوزه‌های انرژی، علوم زمین و سیارات نسبت به کشورهای منتخب سهم بیشتری دارد. با این حال در حوزه سلامت، انتشارات ایران میانگین مشابهی با میانگین سهم کشورهای منتخب دارد. در حوزه علوم زیستی نیز، با وجود سهم بیشتر ایران در زیرحوزه علوم کشاورزی، در سایر زیرحوزه‌ها عملکردی مشابه کشورهای منتخب دارد. اما در علوم اجتماعی اختلاف جدی‌ای میان ایران و کشورهای منتخب مشاهده می‌گردد.



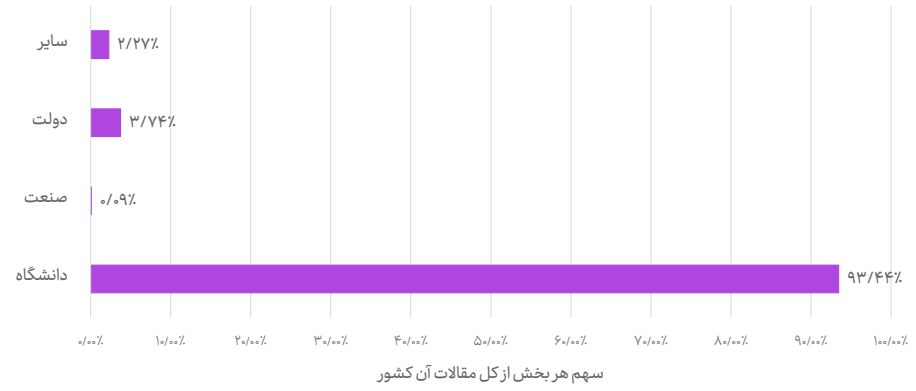
شکل ۲۴. مقایسه سهم هر زیرحوزه موضوعی از کل انتشارات هوش مصنوعی ایران با سهم همان زیرحوزه در کشورهای منتخب، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

۱.۱.۵ مقالات علمی هوش مصنوعی به تفکیک وابستگی سازمانی

این بخش، با بهره‌گیری از داده‌های وابستگی سازمانی[۲۰] ثبت‌شده در پایگاه استنادی اسکوپوس، سهم مشارکت نهادهای مختلف هر کشور را در مقالات هوش مصنوعی به تصویر می‌کشد که این نهادها در چهار دسته دانشگاه، دولت، صنعت و سایر طبقه‌بندی شده‌اند. بخش دولت شامل سازمان‌ها، وزارتخانه‌ها و پژوهشگاه‌های ملی است و بخش صنعت شرکت‌های تولیدی و سازمان‌های خدماتی تخصصی را دربر می‌گیرد. منظور از بخش سایر هم مراکز پزشکی و درمانی، مراکز آموزشی و تیم‌های تحقیقاتی مستقل است.

وضعیت ایران

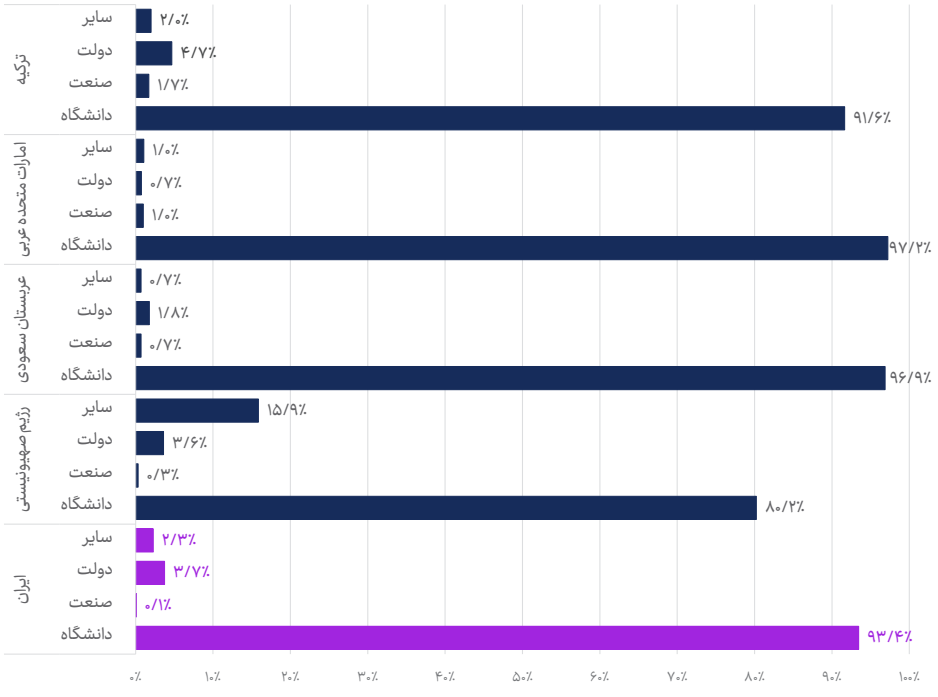
همان طور که در شکل ۲۵ مشخص است، بخش دانشگاهی بیشترین مشارکت را (۹۳/۴ درصد) در تولید مقالات هوش مصنوعی طی ۵ سال اخیر (از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵) داشته است که پس از آن بخش دولتی ایران با سهم ۳/۷ درصدی قرار می‌گیرد. در این میان سهم نزدیک به صفر (۰/۱ درصد) بخش صنعت، نشان می‌دهد که صنایع بزرگ و بنگاه‌های اقتصادی ایران و حتی شرکت‌های بزرگ اقتصاد دیجیتال تقریباً نقشی در مقالات هوش مصنوعی ندارند.



شکل ۲۵. وابستگی سازمانی مقالات کشور ایران، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منطقه

با توجه به شکل ۲۶، بیشتر مقالات هوش مصنوعی در جهان توسط بخش دانشگاهی صورت می‌گیرد که به ترتیب امارات متحده عربی، عربستان سعودی، ایران، ترکیه و رژیم صهیونیستی بیشترین سهم را دارند. با نگاهی دقیق‌تر به کشورهای منطقه، می‌توان دریافت که بخش صنعت ترکیه با سهم ۱/۷ درصدی (۱۷ برابر ایران) پیشتاز مشارکت صنعتی در مقالات هوش مصنوعی منطقه است. عربستان و امارات از وضعیتی مشابه ایران برخوردارند، با این حال مشارکت بخش صنعتی امارات نسبت به ایران ۱۰ برابر است.

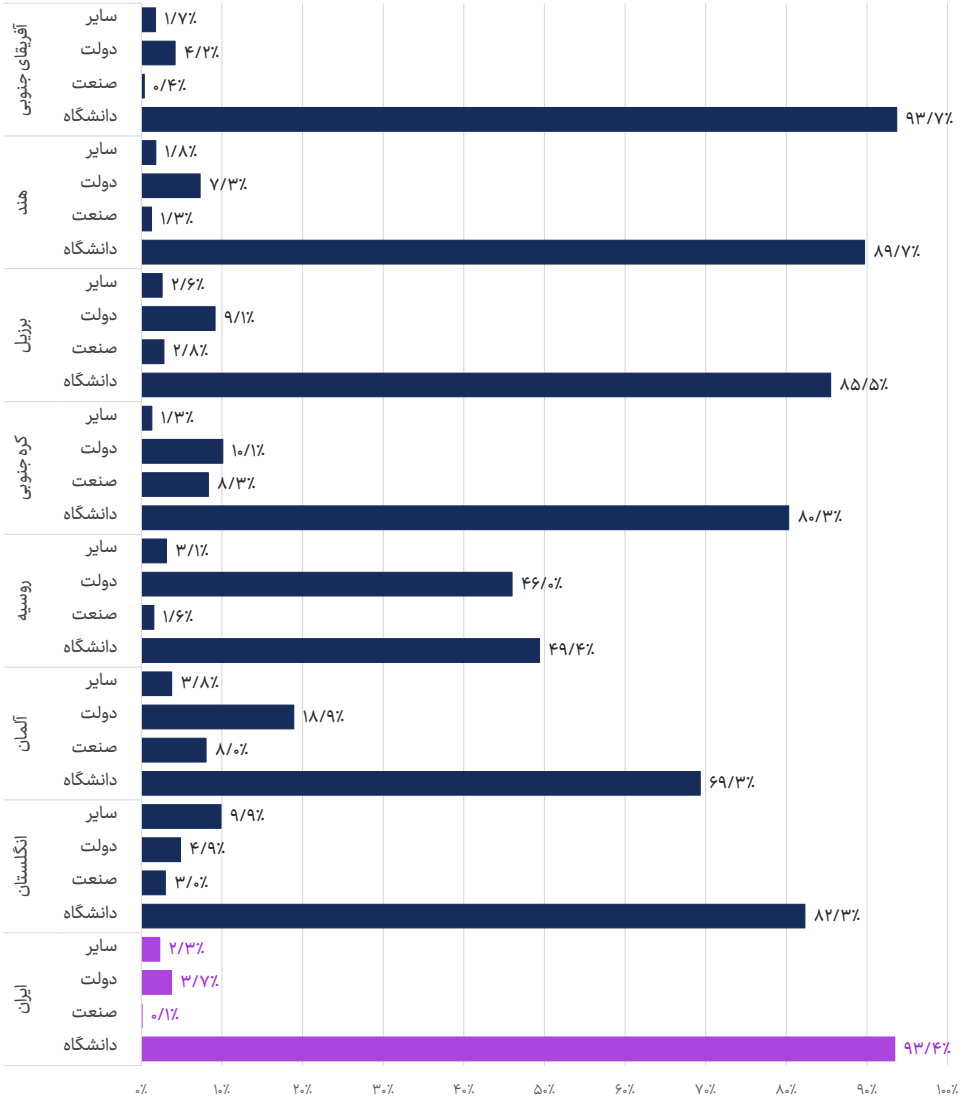


شکل ۲۶. وابستگی سازمانی مقالات کشورهای منطقه، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

20 Affiliation

کشورهای منتخب

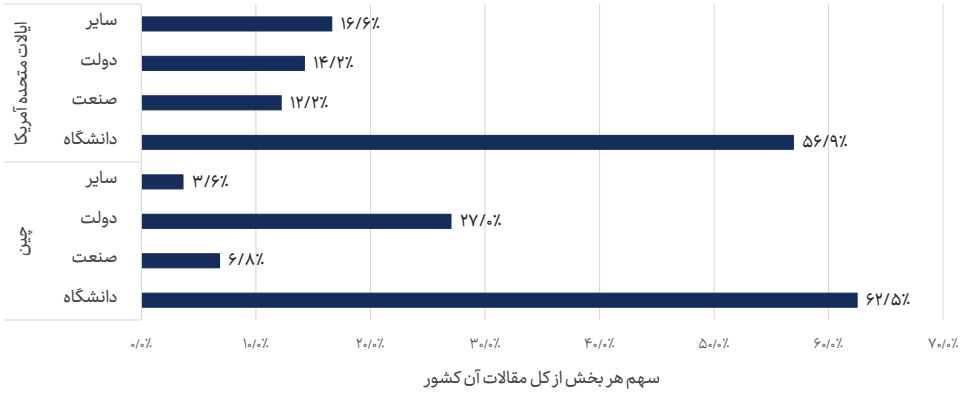
بر اساس شکل ۲۷، مشاهده می‌شود که کره جنوبی از مشارکت فعال و قابل‌توجه بخش صنعت و دولت که به ترتیب ۸/۳ درصد و ۱۰/۱ درصد سهم دارند، به‌صورت توأمان بهره می‌برد که بیشترین مشارکت صنعت را در میان کشورهای منتخب داشته است. در آلمان سهم دانشگاه پایین‌تر و مشارکت بخش دولتی بیشتر است. در میان این کشورها روسیه الگوی دولت‌محور دارد که در آن دولت تقریباً سهمی برابر با بخش دانشگاهی در تولید مقالات هوش مصنوعی دارند. در حالی که کره جنوبی و آلمان با سبدی متوازن توانسته‌اند ۸ درصد از خروجی علمی خود را از بنگاه‌های اقتصادی استخراج کنند، ایران و آفریقای جنوبی با شکاف تقریبی ۸۰ برابری هنوز نتوانسته‌اند از بخش صنعت در این حوزه بهره‌مند گردند، تا جایی که حتی کشورهای دیگر نظیر برزیل (مشارکت ۲/۸ درصد صنعت) و هند (مشارکت ۱/۳ درصد صنعت) وضعیت بهتری در مقایسه با ایران و آفریقای جنوبی دارند.



شکل ۲۷. وابستگی سازمانی مقالات کشورهای منتخب، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

مقایسه ساختار وابستگی سازمانی مقالات ایالات متحده آمریکا و چین در شکل ۲۸، نشان‌دهنده تقابل دو مدل حکمرانی متفاوت در مقالات علمی این حوزه است. بخش صنعت ایالات متحده آمریکا با مشارکت ۱۲/۲ درصدی، ۲ برابر صنعت چین در تولید مقالات هوش مصنوعی نقش دارد. در مقابل سهم قابل‌توجه بخش دولتی در چین (۲۷ درصد در برابر ۱۴/۲ درصد در ایالات متحده آمریکا) نشان می‌دهد که دولت چین نقش فعال‌تری در هدایت و حمایت مستقیم از پژوهش‌های علمی ایفا می‌کند. در نهایت با مشاهده سهم ۱۶/۶ درصدی بخش سایر در ایالات متحده آمریکا که اختلافی ۱۳ درصدی با چین دارد، از سیستمی متوازن‌تر که در آن بخش خصوصی پیشران نوآوری است حکایت دارد.



شکل ۲۸. وابستگی سازمانی مقالات کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

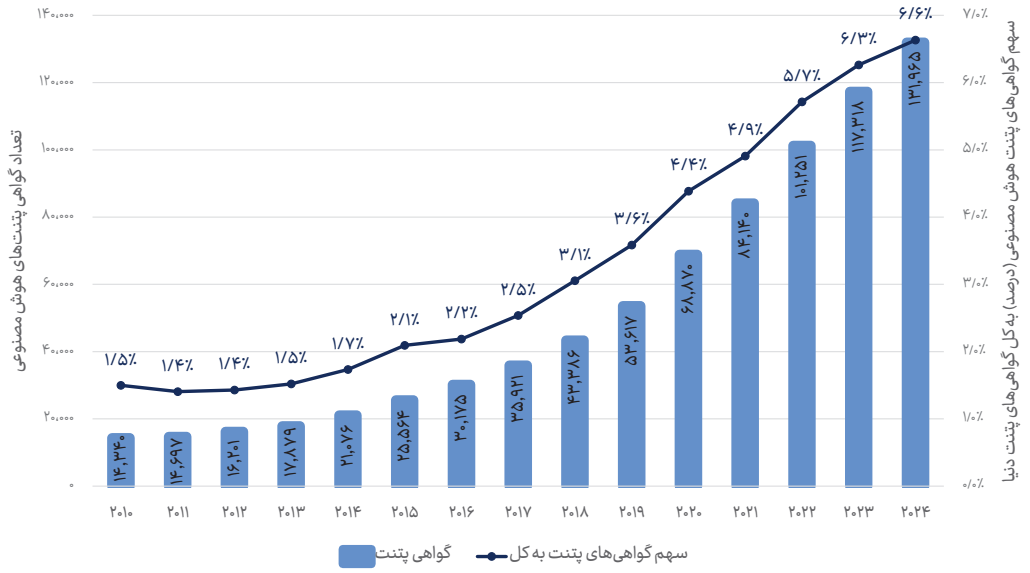
۱.۲ رکن دوم: پتنت

منظور از پتنت، حق ثبت اختراعی است که به مخترعین اعطا می‌شود. با توسعه فناوری‌های نوین و نوآوری‌ها، پتنت‌ها به دلیل برخورداری از اطلاعات فنی نوآورانه، اطلاعات حقوقی و تجاری، یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی فعالیت‌های فناورانه در نظر گرفته می‌شوند. با استفاده از تحلیل پتنت و استخراج داده‌های حاصل از آن، می‌توان فناوری‌های نوظهور را شناسایی و روند توسعه فناوری در حوزه مدنظر را پیش‌بینی و ترسیم کرد.

از پایگاه داده لنز[۲۱] برای استخراج داده‌های پتنت هوش مصنوعی استفاده شده است. هر پتنت به جهت تفکیک موضوعی، در کلاس‌های متفاوت قرار می‌گیرد. برای استخراج داده‌های هوش مصنوعی، از طبقه‌بندی پتنت اشتراکی[۲۲] استفاده شده است. سازمان جهانی مالکیت فکری، کلاس‌های مرتبط با هوش مصنوعی را در پایگاه خود منتشر کرده که شامل ۲۷۷ کلاس است. از این تعداد، اطلاعات پتنت ۲۲۰ کلاس در لنز موجود است. پتنتی در حوزه هوش مصنوعی در نظر گرفته شده است که حداقل به یکی از کدهای کلاس‌ها متعلق باشد. توجه شود که تغییرات کدهای کلاس‌های طبقه‌بندی و تخصصی‌تر شدن کلاس‌های هوش مصنوعی منجر شده که دقت نمودارهای گزارش بیش از پیش شده باشد.

روندهای جهانی

یکی از رایج‌ترین وضعیت پتنت‌ها، «گواهی پتنت[۲۳]» هستند؛ بدین معنی که این پتنت از وضعیت اظهارنامه خارج شده و مورد تأیید و حمایت نهادهای قانونی قرار گرفته است. همان طور که در شکل ۲۹ قابل مشاهده است، تعداد گواهی پتنت‌های هوش مصنوعی در جهان در حال افزایش است. بیشترین رشد در سال ۲۰۱۹ اتفاق افتاده است که در آن رشد بیش از ۲۸ درصدی محقق شده و در سال ۲۰۲۴ به رقمی معادل ۱۳۱,۹۶۵ رسیده است. از طرفی، سهم گواهی‌های پتنت هوش مصنوعی از کل گواهی‌های پتنت‌های دنیا نیز در حال افزایش است. گواهی‌های پتنت هوش مصنوعی از سال ۲۰۱۰ که سهمی حدود ۱/۵ درصد داشته، به ۶/۶ درصد از کل پتنت‌های دنیا رسیده‌اند.



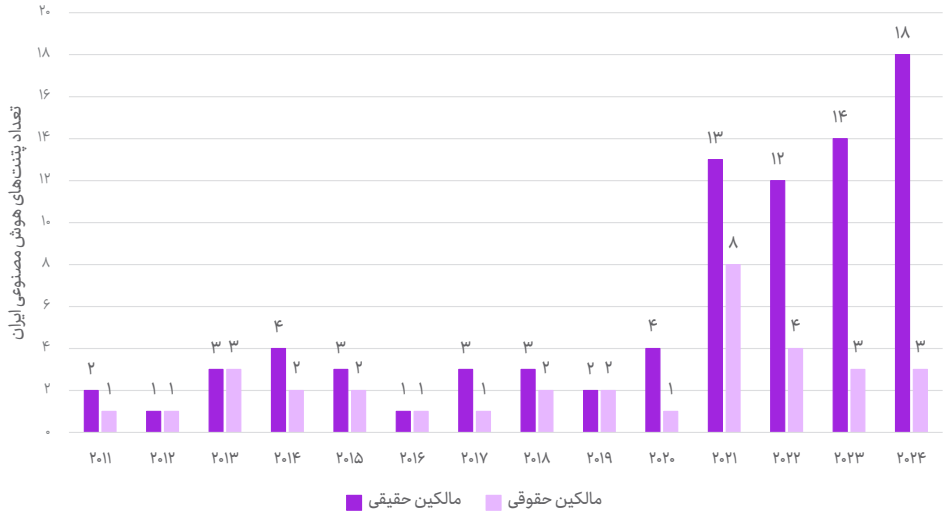
شکل ۲۹. تعداد و سهم گواهی‌های پتنت هوش مصنوعی (درصد) به کل گواهی‌های پتنت، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

21 lens.org [Link]
22 Cooperative Patent Classification (CPC)
23 Granted Patent

۱.۲.۱ تعداد و سرانه گواهی‌های پتنت هوش مصنوعی

وضعیت ایران

در خصوص ایران، همان طور که در شکل ۳۰ دیده می‌شود، تعداد پتنت‌های هوش مصنوعی ایران که در خارج از کشور ثبت می‌شوند، چه از حیث مالکیت حقوقی[۲۴] و چه حقیقی[۲۵]، وضعیت خوبی ندارد به‌نحوی که سهم پتنت‌های هوش مصنوعی ایران از کل پتنت‌های هوش مصنوعی، در تمامی سالیان مورد مطالعه زیر ۰/۱ درصد است. در سطح جهانی، ثبت پتنت‌های هوش مصنوعی عمدتاً با اهداف تجاری و توسط شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی صورت می‌گیرد، حال آن که در ایران بخش قابل‌توجهی از پتنت‌ها توسط افراد حقیقی ثبت می‌شود؛ امری که می‌تواند متأثر از انگیزه‌های غیرتجاری، از جمله الزامات آیین‌نامه‌های ارتقای اعضای هیئت‌علمی باشد. از سوی دیگر، پایین بودن ثبت پتنت‌های خارجی ایران را می‌توان به عواملی نظیر هزینه‌های بالای دلاری ثبت و نگهداشت پتنت در نظام بین‌المللی و نیز محدودیت در قابلیت فناورانه شرکت‌های ایرانی برای ورود به رقابت‌های جهانی مرتبط دانست.



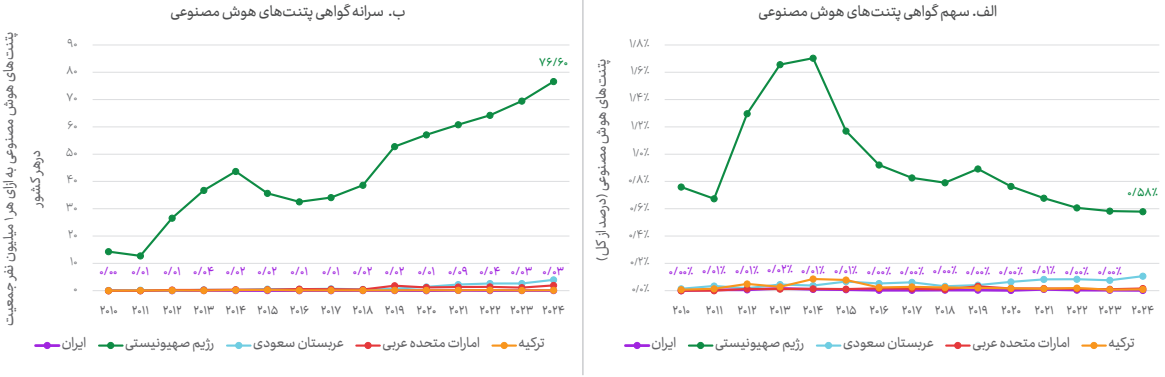
شکل ۳۰. تعداد گواهی‌های پتنت هوش مصنوعی ایران به تفکیک نوع مالکیت، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴.

پتنت‌هایی که توسط مالکین حقوقی ثبت می‌شوند، به‌عنوان یک شاخص جداگانه در نظر گرفته شده‌اند. افراد یا نهادهایی که اظهارنامه پتنت را به اداره ثبت پتنت ارسال می‌کنند، به‌عنوان «مالک حقوقی» در نظر گرفته می‌شوند که ممکن است با مخترع متفاوت باشد. این شاخص نشان‌دهنده این است که چه میزان نهادها (مانند شرکت‌ها و دانشگاه‌ها) در ثبت پتنت نقش دارند. توجه شود که این شاخص، ارتباطی با محل جغرافیایی اداره ثبت پتنت ندارد؛ به‌عنوان مثال، چنانچه یک شرکت عربستانی در کشور آلمان ثبت پتنت انجام دهد، آن پتنت جزو تعداد پتنت‌های عربستان به‌حساب خواهد آمد.

24 Applicant
25 Inventor

کشورهای منطقه

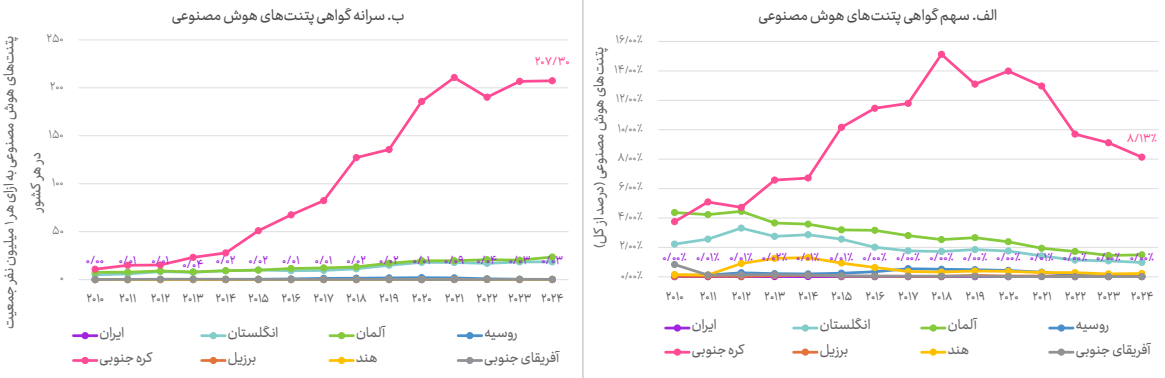
وضعیت سهم گواهی پتنت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منطقه در شکل ۳۱ (الف) قابل مشاهده است. رژیم صهیونیستی، عربستان و ترکیه بیشترین سهم از پتنت را در میان کشورهای منطقه در اختیار دارند. حتی با وجود حذف اثر جمعیتی در شکل ۳۱ (ب)، رژیم صهیونیستی عملکرد بهتری در طی این سال‌ها داشته است به طوری که از ۱۴ پتنت به ازای ۱ میلیون نفر جمعیت در سال ۲۰۱۰، پس از یک دوره نوسان به ۷۶/۶ پتنت به ازای هر میلیون نفر در سال ۲۰۲۴ رسیده است. در مقابل، ایران، ترکیه و امارات در تمام بازه مورد بررسی، در محدوده ۰/۱ درصد قرار داشته‌اند. اما عربستان رشدی ملایم را تجربه کرده و به ۳/۹۷ پتنت به ازای یک میلیون نفر در سال ۲۰۲۴ رسیده است.



شکل ۳۱. سهم (درصد از کل) و سرانه گواهی پتنت‌های هوش مصنوعی به تفکیک کشورهای منطقه توسط مالکین حقوقی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

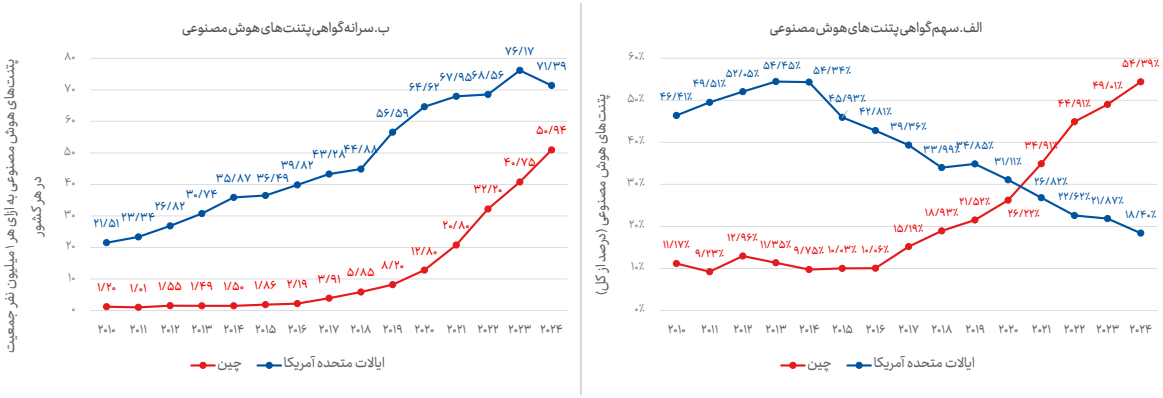
در میان کشورهای منتخب، مطابق شکل ۳۲ (الف)، سهم کره جنوبی از پتنت‌های جهان که تا سال ۲۰۱۸ با رشد مواجه بوده و به ۱۵ درصد رسیده بود، تدریجاً در حال کاهش است و در سال ۲۰۲۴ به ۸ درصد رسیده که از کاهش رشد نسبی کره جنوبی حکایت دارد. اما همان طور که در شکل ۳۲ (ب) پیدا است، سرانه پتنت هوش مصنوعی کره جنوبی از ۱۰/۸۴ در سال ۲۰۱۰ به ۲۰۷/۳۰ پتنت به ازای هر میلیون نفر در سال ۲۰۲۴ رسیده است. انگلستان و آلمان نیز علی‌رغم رشد خطی تدریجی در تعداد سرانه پتنت، با از دست دادن سهم جهانی خود مواجه‌اند به طوری که شکاف ۵ برابری را با کره جنوبی در سال ۲۰۲۴ تجربه کرده‌اند. ایران در مالکیت پتنت‌های هوش مصنوعی در مقایسه با آفریقای جنوبی و برزیل نیز دارای موقعیت پایین‌تری است. روسیه علی‌رغم اینکه در بسیاری از سال‌ها سهمی زیر یک درصد داشته است، اما تعداد پتنت‌های بسیار بیشتری از ایران را ثبت کرده است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که شرایط ایران در زمینه پتنت‌های هوش مصنوعی در مقایسه با کشورهای منطقه وضعیت نسبتاً مشابه، اما در مقایسه با کشورهای منتخب فاصله فراوانی دارد.



شکل ۳۲. سهم (درصد از کل) و سرانه گواهی پتنت‌های هوش مصنوعی به تفکیک کشورهای منتخب توسط مالکین حقوقی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

مطابق شکل ۳۳ با وجود آن که ایالات متحده آمریکا تا سال ۲۰۱۴ با ۵۴/۳ درصد رهبری مالکیت پتنت در جهان را از آنِ خود کرده بود به‌تدریج با در پیش گرفتن روندی نزولی سرانجام در سال ۲۰۲۱ جایگاه خود را به چین داده و در سال ۲۰۲۴ به سهم ۱۸/۴ درصدی تنزل یافته است. چین نیز با رشدی قابل‌توجه سهم پتنت‌های خود را از ۱۱/۲ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۵۴/۴ درصد در سال ۲۰۲۴ رسانده است و در حال حاضر بیش از نیمی از پتنت‌های هوش مصنوعی جهان را از آنِ خود کرده است. از نظر سرانه پتنت، اگرچه ایالات متحده آمریکا هنوز دست برتر را داشته و شکاف ۱/۵ برابری با چین دارد؛ اما نرخ رشد پتنت‌های سرانه چین بیشتر از ایالات متحده آمریکا بوده که در صورت تداوم این روند در مدتی کوتاه می‌تواند از ایالات متحده آمریکا پیشی بگیرد.



شکل ۳۳. سهم (درصد از کل) و سرانه گواهی پتنت‌های هوش مصنوعی به تفکیک کشورهای پیشرو توسط مالکین حقوقی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

به طور کلی، ایران در حوزه پتنت‌های مرتبط با هوش مصنوعی از مزیت رقابتی برخوردار نبوده و از منظر توانمندی‌های فناورانه، فاصله معناداری با سایر رقبای منطقه‌ای دارد. شواهد موجود حاکی از آن است که نظام نوآوری ایران عمدتاً در مرحله تولید علم متوقف مانده و سازوکارهای مؤثر انتقال دانش از دانشگاه به صنعت، جذب فناوری توسط بنگاه‌ها و ثبت بین‌المللی اختراعات با هدف حضور در بازارهای جهانی به طور ساختاری شکل نگرفته‌اند.

۲

کارکرد دوم
انتشار دانش

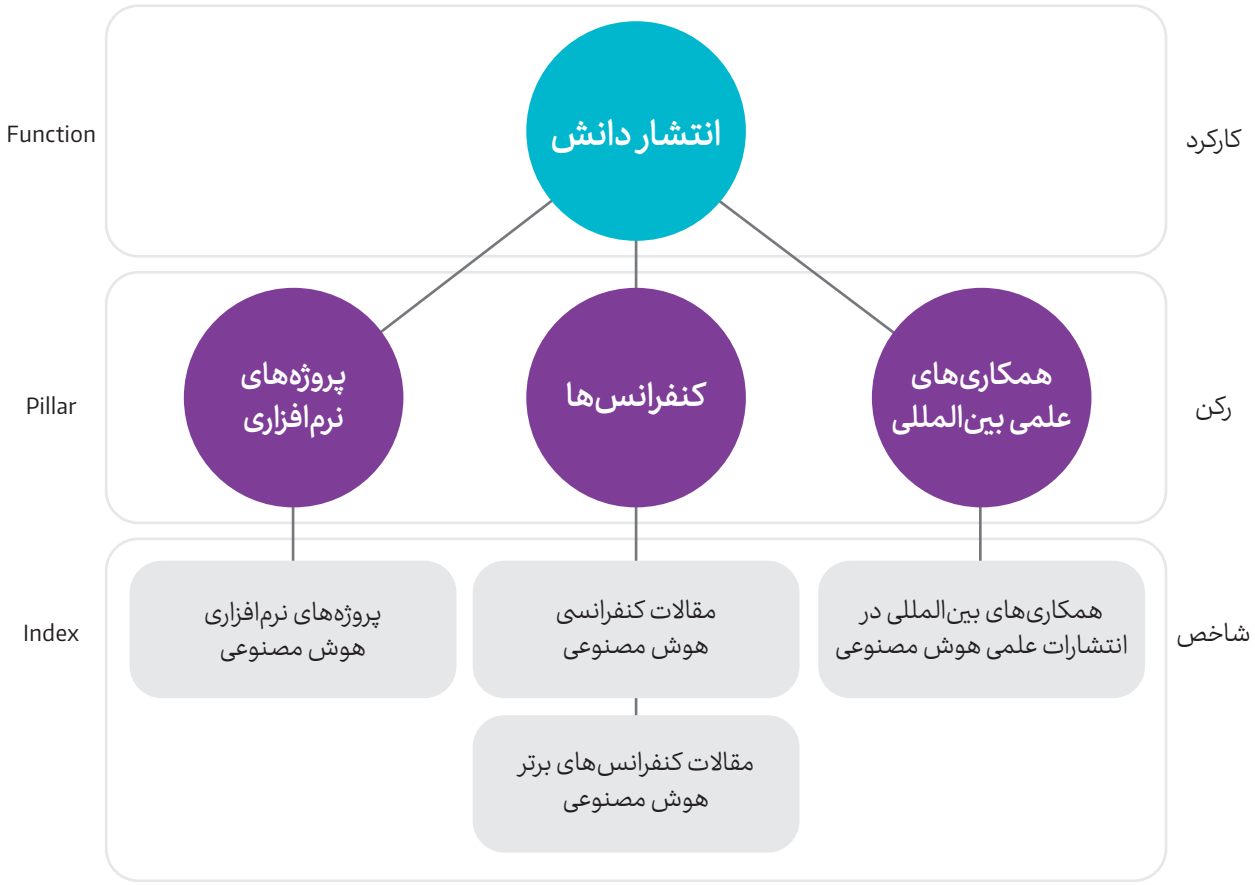
نکات کلیدی

- ایران همچنان بیشترین مشارکت‌های علمی دوجانبه را با ایالات متحده آمریکا داشته که پس از آن مهم‌ترین همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران در زمینه هوش مصنوعی با کانادا، چین و استرالیا بوده است.
- بررسی الگوی همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران در ۱۵ سال اخیر، نشان می‌دهد که ترکیه با دربرگیری جایگاه هشتم میان ده همکار اول ایران در سطح جهان، تنها کشور منطقه‌ای است که با ایران همکاری علمی معنادار دارد.
- عربستان سعودی با هدف تقویت موقعیت خود به‌عنوان یکی از کانون‌های علمی منطقه، در سال ۲۰۲۴ به ترتیب بیشترین همکاری علمی را با هند، پاکستان، چین و مصر داشته است.
- ایران تا سال ۲۰۱۳ بیشترین تعداد و سهم از مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی در منطقه را با میانگین ۲/۴ درصد از کل مقالات جهان در اختیار داشته است. از سال ۲۰۱۴، ترکیه از ایران پیشی گرفته و از سال ۲۰۲۲ ایران در رتبه چهارم در میان کشورهای منطقه قرار گرفته است. در سال ۲۰۲۴ ایران تنها ۰/۶ درصد از کل مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی جهان را در اختیار دارد.
- از نظر مشارکت در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی به‌عنوان نمادی از انتشار پژوهش‌های با کیفیت این حوزه، ایران با سهمی حدود ۰/۲ درصد از مقالات کنفرانسی، در کنار ترکیه در پایین‌ترین جایگاه منطقه قرار دارد.
- در میان کشورهای منطقه، رژیم صهیونیستی با حدود ۱/۵ درصد از کل مقالات جهان در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی، با اختلاف، کشور پیشرو در منطقه خاورمیانه است. امارات متحده عربی نیز با رشد نمایی و سهم ۱/۴ درصد در جایگاه دوم منطقه قرار دارد.
- از نظر مشارکت در پروژه‌های بین‌المللی، ایران به‌رغم تجربه کاهشی جزئی در سهم نسبی خود نسبت به سال ۲۰۲۳، با اختصاص ۰/۸ درصد از کل پروژه‌های متن‌باز هوش مصنوعی، جایگاه دوم منطقه را پس از ترکیه حفظ نموده است.

مقدمه

در این بخش به کارکرد دوم سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی یعنی کارکرد «انتشار دانش» پرداخته می‌شود. در این کارکرد، به عنوان یکی از مشخصه‌های اصلی سیستم نوآوری فناورانه، تسهیل تبادل دانش بین همه بازیگران درگیر در آن بررسی و ارزیابی می‌شود. مشارکت توسعه‌دهندگان، کنفرانس‌ها و کارگاه‌ها از مصادیق این رکن هستند.

باید توجه داشت که رویکرد سیستم نوآوری تأکید می‌کند که نوآوری در جایی اتفاق می‌افتد که بازیگران با پیشینه‌های مختلف با یکدیگر تعامل داشته باشند. از این رو، سه رکن «همکاری‌های علمی بین‌المللی»، «مقالات کنفرانسی» و «پروژه‌های نرم‌افزاری» در این بخش بررسی خواهند شد. هر کدام از رکن‌ها نیز از چند شاخص تشکیل شده است (شکل ۳۴).



شکل ۳۴. تقسیم‌بندی شاخه‌ای کارکرد انتشار دانش و شاخص‌های مرتبط با آن.

۲.۱ رکن اول: همکاری‌های علمی بین‌المللی

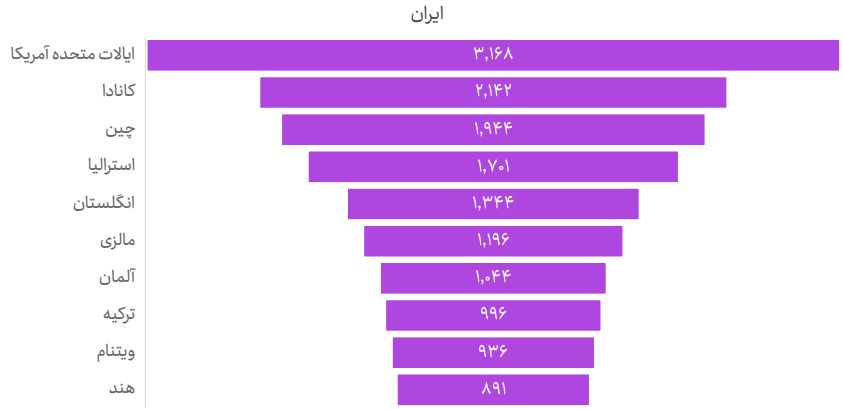
یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی کارکرد انتشار دانش در سیستم نوآوری، «همکاری‌های علمی بین‌المللی» است که از طریق تحلیل الگوی هم‌نویسندگی[۲۶] میان پژوهشگران کشورهای مختلف سنجیده می‌شود. بررسی میزان مشارکت کشورهای مختلف در توسعه علمی هوش مصنوعی مشخص می‌سازد که آیا هر کشور صرفاً با توسعه خود توانسته در جایگاه‌های برتر علمی در حوزه هوش مصنوعی قرار بگیرد یا تعریف زمینه‌های علمی مشترک و ادغام در شبکه‌های دانش جهانی، بر توسعه جایگاه کشورها تأثیر داشته است؛ در نتیجه این شاخص به‌عنوان سنجه‌ای برای میزان تسهیل جریان تبادل دانش میان اکوسیستم داخلی و شبکه‌های جهانی عمل می‌کند.

۲.۱.۱ همکاری‌های بین‌المللی در انتشارات علمی هوش مصنوعی

این شاخص همکاری‌های تحقیقاتی بین کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. این امر بر اساس وابستگی نهادی نویسندگان انجام می‌شود. به عبارت دیگر، همکاری بین‌المللی به انتشارات علمی و مقالاتی اطلاق می‌شود که با همکاری مؤسسات در کشورهای مختلف نگارش شده‌اند. همکاری ملی مربوط به انتشاراتی است که توسط مؤسسات مختلف در کشور مرجع نگارش شده باشد. از نمودارهای نمایش داده شده، میزان همکاری میان مؤسسات داخل هر کشور حذف شده است. همچنین مقدار نمایش داده شده، مجموع همکاری‌های آن کشور با کشور مقصد از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ است و برای هر کشور نیز ۱۰ کشوری که بیشترین مجموع همکاری را داشته‌اند، نمایش داده شده است. برای استخراج داده‌های این بخش، از پایگاه استنادی اسکوپوس و مجموعه‌ای دقیق از کلیدواژه‌های تخصصی حوزه هوش مصنوعی استفاده شده است.

وضعیت ایران

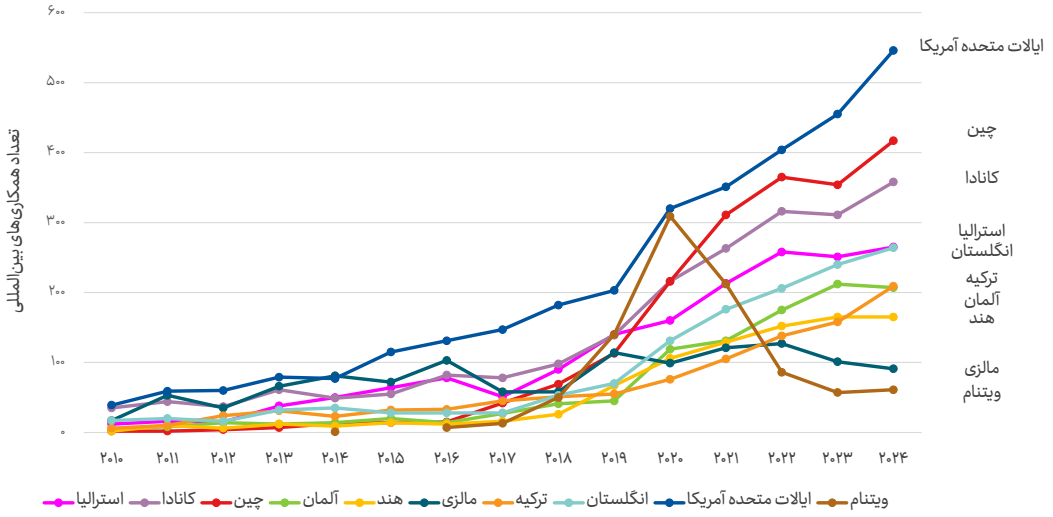
شکل ۳۵، تعداد همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران با ۱۰ کشوری که بیشترین همکاری را با آن‌ها به‌صورت تجمیعی در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ را دارد به نمایش گذاشته است. همان طور که در شکل دیده می‌شود، ایالات متحده آمریکا در مجموع با ۳,۱۶۸ مورد، بیشترین همکاری در انتشارات علمی را با ایران داشته که از این تعداد، ۲,۶۲۲ مورد همکاری تا سال ۲۰۲۳ رقم خورده است.



شکل ۳۵. تعداد همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران با ده کشوری که بیشترین همکاری را با آن‌ها دارد (مجموع سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴).

26 Co-authorship

در شکل ۳۶، وضعیت همکاری‌های بین‌المللی ایران با ۱۰ کشوری که بیشترین همکاری را با آن‌ها در سال‌های اخیر داشته، نشان داده شده است. ایران با کشورهایی مانند ایالات متحده آمریکا و چین مشارکت فزاینده‌ای داشته است. همچنین همکاری ایران با برخی کشورها دچار رکود شده که هند یکی از آن‌ها است و ویتنام نیز پس از یک دوره افول در همکاری در این دسته قرار گرفته است. همچنین باید اشاره کرد که مشارکت ایران با برخی دیگر از کشورها روندی نزولی در پیش گرفته است که برای مثال می‌توان به مالزی و آلمان اشاره کرد.



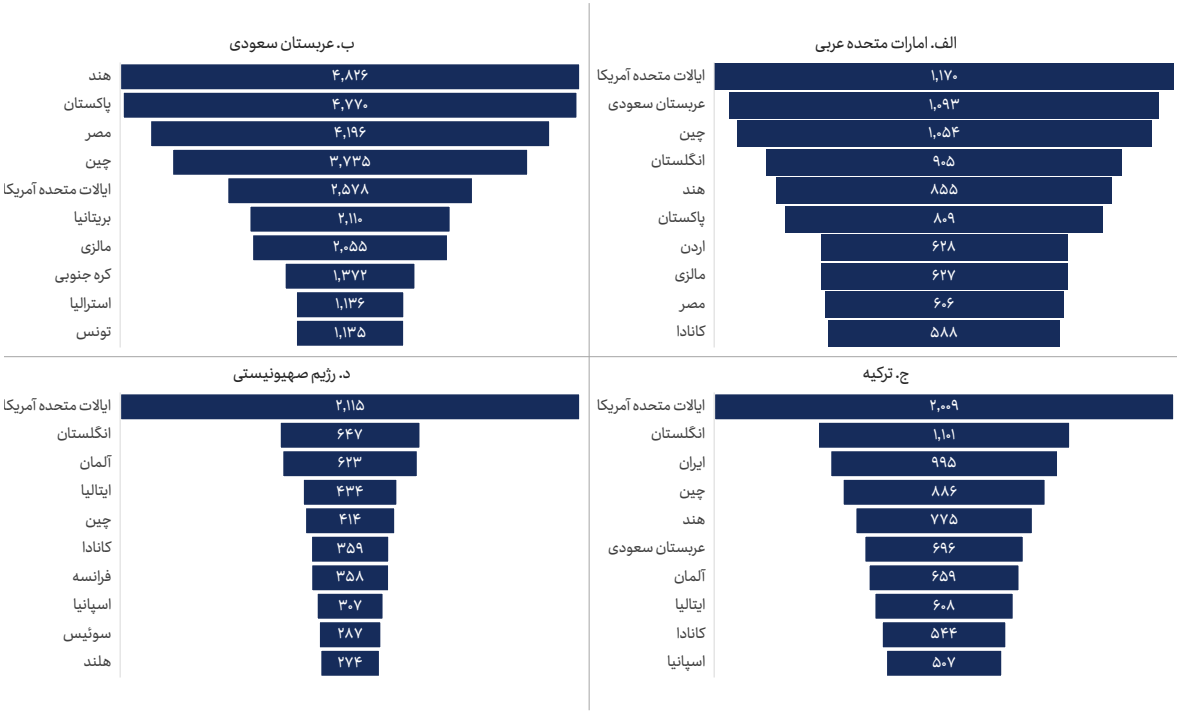
شکل ۳۶. روند همکاری‌های علمی بین‌المللی ایران در هوش مصنوعی با ده کشوری که بیشترین همکاری را داشته است، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

برای تحلیل کشورهای پیشرو در همکاری‌های علمی ایران در زمینه هوش مصنوعی، باید به چندین نکته توجه داشت. اول اینکه کشورهای پیشرو در همکاری‌های علمی با ایران، مانند ایالات متحده، کانادا، چین و کشورهای اروپایی (از جمله کشورهای عضو اتحادیه اروپا)، به طور کلی افزایش همکاری در طول زمان داشته‌اند؛ به‌عنوان مثال، کانادا در سال‌های اخیر یکی از شرکای اصلی ایران بوده است. از سویی علی‌رغم چالش‌های ناشی از محدودیت‌های بین‌المللی و تحریم‌های وضع شده از سوی ایالات متحده آمریکا، نرخ مشارکت‌های علمی دوجانبه با این کشور همچنان روند صعودی داشته است. دوم کشورهای توسعه‌یافته، به طور مداوم بخش مهمی از همکاری‌های علمی ایران را تشکیل می‌دهند. همان طور که مشاهده می‌شود، تعداد همکاری‌های علمی با کشورهای ایالات متحده آمریکا، کانادا، آلمان و انگلستان، از ۹۶ همکاری در سال ۲۰۱۰ به ۱,۳۷۵ همکاری در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است. سوم، چین و کره جنوبی به طور مداوم شاهد افزایش تعداد همکاری‌های علمی با ایران بوده‌اند؛ تعداد مقالات مشترک با کشور چین از ۲ مقاله در سال ۲۰۱۰ به ۴۱۷ مقاله در سال ۲۰۲۴ رسیده است که نسبت به سال گذشته ۱۸ درصد رشد داشته است. اما در این میان علی‌رغم افزایش همکاری با هند تا سال ۲۰۲۳، در سال گذشته این همکاری افزایشی نداشته است.

کشورهای منطقه

همان‌طور که در شکل ۳۷ قابل مشاهده است، ایران، امارات، ترکیه و رژیم صهیونیستی بیشترین همکاری‌های بین‌المللی در زمینه انتشارات علمی خود را با ایالات متحده آمریکا دارند. در مقابل بیشترین تعاملات بین‌المللی عربستان با هند است. نکته قابل‌توجه درباره همکاری‌های عربستان، توسعه همکاری‌های خود با کشورهایی چون هند، پاکستان، مصر و چین است. به‌وضوح تمرکز عربستان در همکاری‌های بین‌المللی بر کشورهای منطقه است. بیشترین همکاری رژیم صهیونیستی با ایالات متحده آمریکا است، به‌گونه‌ای که سایر کشورها نقش بسیار کمی در همکاری‌های بین‌المللی رژیم صهیونیستی دارند و این نشانگر یک رابطه تک‌قطبی از نظر همکاری‌های بین‌المللی میان ایالات متحده آمریکا و رژیم صهیونیستی است. در این میان، امارات متحده عربی سبدی متنوع از همکاران را شامل کشورهای پیشرو (از قبیل ایالات متحده آمریکا و چین)، کشورهای منطقه (نظیر عربستان سعودی و مصر) و همچنین کشورهای درحال‌توسعه مانند هند و پاکستان تشکیل داده است.

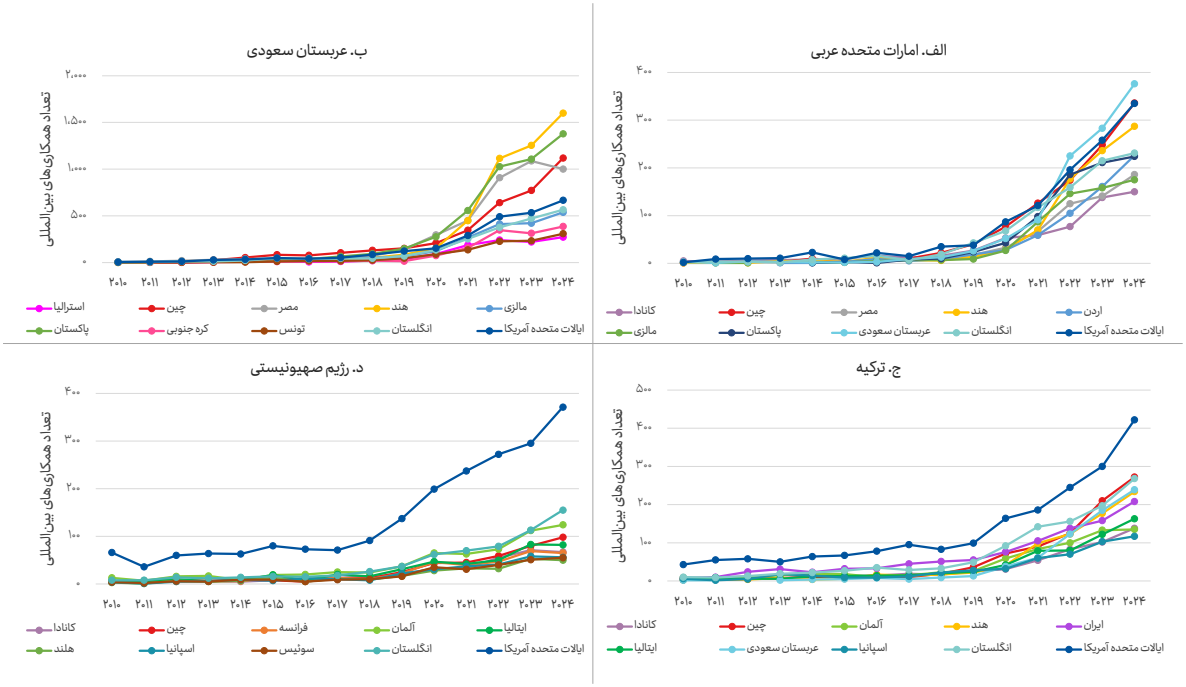
نکته جالب توجه درباره ترکیه، قرار گرفتن ایران در جایگاه سوم همکاری‌های بین‌المللی (بالاتر از چین و هند) با این کشور است. تفاوت بنیادین ایران با رقبای منطقه‌ای در همکاری اندک شرکای منطقه‌ای است. در حالی که عربستان، امارات و ترکیه شبکه‌های درهم‌تنیده‌ای با کشورهای همسایه ایجاد کرده‌اند، ایران عمدتاً متکی به ارتباطات فردی با محققان مقیم کشورهای پیشرفته است.



شکل ۳۷. مجموع همکاری‌های بین‌المللی کشورهای منطقه در انتشارات هوش مصنوعی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

در شکل ۳۸، وضعیت همکاری علمی کشورهای منطقه با ده کشوری که بیشترین همکاری را با آن‌ها داشته‌اند، در طول زمان نشان داده شده است. ترکیه همچنان با فاصله‌ای معنادار، بیشترین همکاری خود را با ایالات متحده آمریکا دارد؛ در حالی که هند، چین، انگلستان و ایران تقریباً وضعیت مشابهی از حیث میزان همکاری ترکیه با آن‌ها دارند. همچنین در سال‌های اخیر روند همکاری‌های علمی ایران و ترکیه کاهش یافته و هند جایگزین ایران در همکاری‌های علمی با ترکیه شده است.

وضعیت همکاری امارات با ایالات متحده آمریکا معتدل‌تر بوده و سایر کشورها چون چین، انگلستان، عربستان سعودی و هند در فاصله کوتاهی از یکدیگر قرار گرفته‌اند. همان طور که مشاهده می‌شود در سال‌های اخیر همکاری عربستان با امارات افزایش یافته و در جایگاهی بالاتر از ایالات متحده آمریکا قرار گرفته است. عربستان سعودی اما همکاری‌های بسیار گسترده‌ای را با کشورهای مختلف انجام داده است؛ این کشور از سال ۲۰۲۰ همکاری‌های خود را با هند و پاکستان به‌شدت افزایش داده، به طوری که در سال ۲۰۲۴ این کشورها دو رتبه اول همکاری با عربستان را به خود تخصیص داده‌اند و ایالات متحده آمریکا در جایگاه پنجم قرار گرفته است. قابل‌توجه است که همکاری عربستان با مصر در حال کاهش است که تداوم این روند نزولی منجر به جایگزینی آن با ایالات متحده آمریکا می‌گردد. در نقطه مقابل عربستان، رژیم صهیونیستی قرار دارد که همکاری آن با ایالات متحده آمریکا با فاصله زیادی از سایرین، بیشتر است. سایر همکاری‌های رژیم صهیونیستی نیز شامل چین و کشورهای اروپایی است.



شکل ۳۸. روند همکاری‌های بین‌المللی علمی در هوش مصنوعی به تفکیک کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

همان طور که در شکل ۳۹ قابل مشاهده است، کشورهایی همچون کره جنوبی، آفریقای جنوبی، برزیل، هند، آلمان و روسیه همانند ایران، بیشترین همکاری بین‌المللی خود در انتشارات هوش مصنوعی را با ایالات متحده آمریکا داشته‌اند. در این میان، تنها انگلستان است که بیشترین همکاری را با چین داشته و ایالات متحده آمریکا در جایگاه دوم شرکای علمی این کشور قرار دارد. کره جنوبی در مقام‌های بعدی، بیشترین همکاری را با چین، هند و پاکستان انجام داده که نشان از اهمیت نگاه کره جنوبی به همکاری با کشورهای آسیایی دارد.

با تحلیل الگوی توزیع همکاری‌های علمی در کشورهای کره جنوبی و انگلستان، مشاهده می‌گردد که سهم عمده‌ای از ظرفیت مشارکتی این کشورها به دو شریک اصلی اختصاص یافته است که از نوعی تمرکز نامتقارن حکایت دارد. برای مثال همکاری کره جنوبی با ایالات متحده آمریکا (۶،۵۷۴ مورد) به‌تنهایی با مجموع تعاملات این کشور با چهار شریک بعدی خود یعنی هند، پاکستان، انگلستان و عربستان سعودی برابری می‌کند. در مقابل هند، روسیه، برزیل و آلمان از الگوی تنوع‌بخشی و عدم تمرکز تک‌قطبی بهره برده‌اند. کشور هند پس از ایالات متحده آمریکا، بیشترین همکاری را با عربستان سعودی، انگلستان و چین داشته که نمایانگر تکثر و تنوع در همکاری‌ها برای این کشور است.

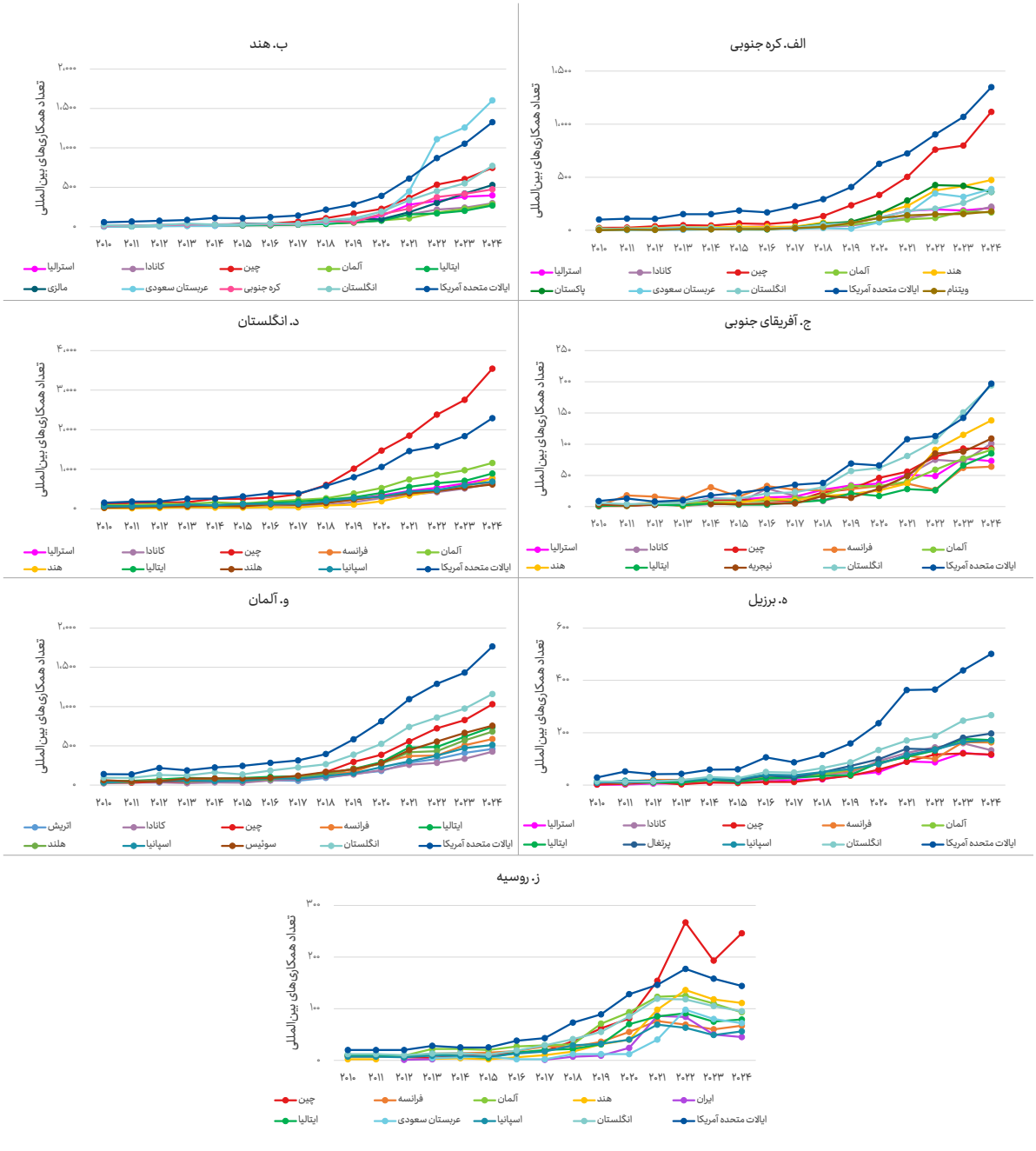
آفریقای جنوبی پس از ایالات متحده آمریکا، بیشترین همکاری را با انگلستان و هند داشته؛ اما به طور کلی، همان طور که در تعداد مقالات هوش مصنوعی قابل مشاهده بود، سطح همکاری‌های بین‌المللی این کشور چندان بالا نبوده است. آلمان و روسیه نیز در حال همکاری با بزرگ‌ترین کشورهای دنیا در هوش مصنوعی هستند و تلاش می‌کنند تا از ظرفیت کشورهای پیشرو بهره بگیرند. البته باید توجه داشت که از نظر تعداد همکاری‌ها، ایران بالاتر از کشورهایی چون برزیل، آفریقای جنوبی و حتی روسیه ایستاده است.

شکل ۳۹. مجموع همکاری‌های بین‌المللی کشورهای منتخب در انتشارات هوش مصنوعی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

شکل ۴۰ وضعیت همکاری کشورهای منتخب با ده کشوری که بیشترین همکاری علمی را با آن‌ها داشته‌اند، در طول زمان نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، کره جنوبی در طی سال‌های مورد بررسی همکاری فزاینده‌ای با دو کشور پیشرو در هوش مصنوعی یعنی ایالات متحده آمریکا و چین داشته است و کشورهای هند و پاکستان با فاصله، در جایگاه‌های بعدی همکاری مشترک این کشور قرار گرفته‌اند. با این حال، همکاری کره جنوبی با پاکستان، روند نزولی به خود گرفته، در حالی که افزایش نسبی همکاری با انگلستان، عربستان و ویتنام نشان از تغییر استراتژی این کشور در همکاری علمی دارد.

کشور هند علاوه بر این که بیشترین همکاری خود را با ایالات متحده آمریکا دارد، از سال ۲۰۲۱ همکاری خود را با عربستان سعودی افزایش داده است.

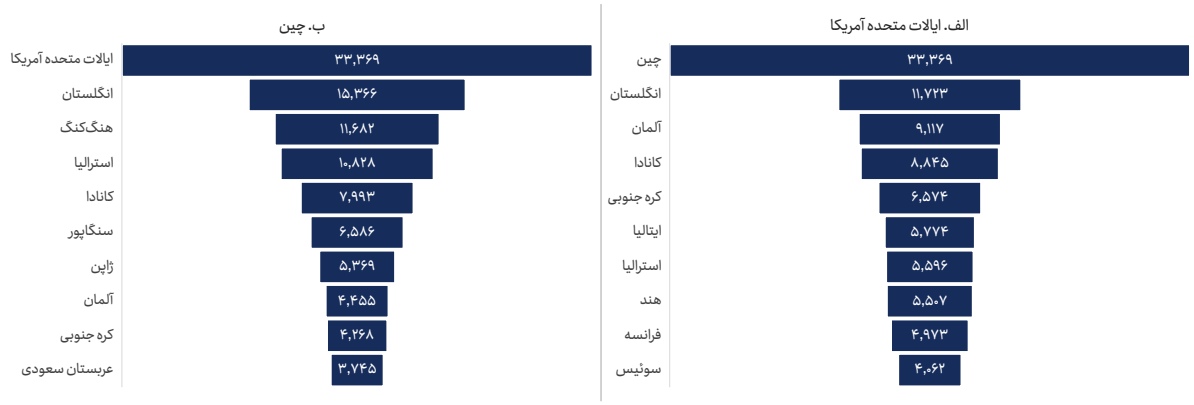
برزیل و آلمان بیشترین همکاری خود را با ایالات متحده آمریکا و انگلستان داشته‌اند. انگلستان به‌عنوان یک کشور پیشرو در هوش مصنوعی، همکاری علمی بین‌المللی خود را بر تعریف کارهای علمی مشترک ابتدا با چین و سپس با ایالات متحده آمریکا تعریف کرده است. کشورهای اروپایی چون آلمان، ایتالیا و اسپانیا در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. در نهایت این روسیه است که در تعریف همکاری‌های علمی بین‌المللی خود، نگاه به آسیا را حفظ کرده؛ به طوری که از سال ۲۰۲۱ ارتباط خود را با چین تا جایی افزایش داده که در سال ۲۰۲۴، چین با شکاف قابل‌توجهی بالاتر از ایالات متحده آمریکا قرار گرفته است و هند، انگلستان و آلمان در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. از سویی کاهش همکاری با ایران از سال ۲۰۲۲ منجر شده تا ایران در دهمین رتبه از کشورهای دارای بیشترین همکاری با روسیه قرار گیرد.



شکل ۴۰. روند همکاری‌های بین‌المللی علمی در هوش مصنوعی به تفکیک کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

همان طور که در شکل ۴۱ مشاهده می‌شود، چین و ایالات متحده آمریکا بیشترین همکاری خود را با یکدیگر داشته‌اند که این همکاری در طی سال ۲۰۲۴ نیز افزایش یافته است و نشان از یک رابطه متقابل و قوی دارد. حجم تعامل همکاری با یکدیگر در این دو کشور در سطحی است که همکاری با سایر کشورها را از نظر تعداد به حاشیه برده است و این دو کشور رابطه علمی منسجم و پردامنه‌ای با یکدیگر دارند. پس از آن، هر دو با انگلستان بیشترین همکاری بین‌المللی را دارند. چینی‌ها سپس با هنگ‌کنگ و استرالیا و ایالات متحده آمریکا با آلمان و کانادا همکاری‌های بیشتری دارند. نکته قابل‌توجه آن است که عربستان در سبد ده همکار برتر چین مشاهده می‌گردد که از اهمیت یافتن نقش عربستان در همکاری‌های بین‌المللی با کشورهای پیشرو حکایت دارد.



شکل ۴۱. مجموع همکاری‌های بین‌المللی کشورهای پیشرو در انتشارات هوش مصنوعی، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

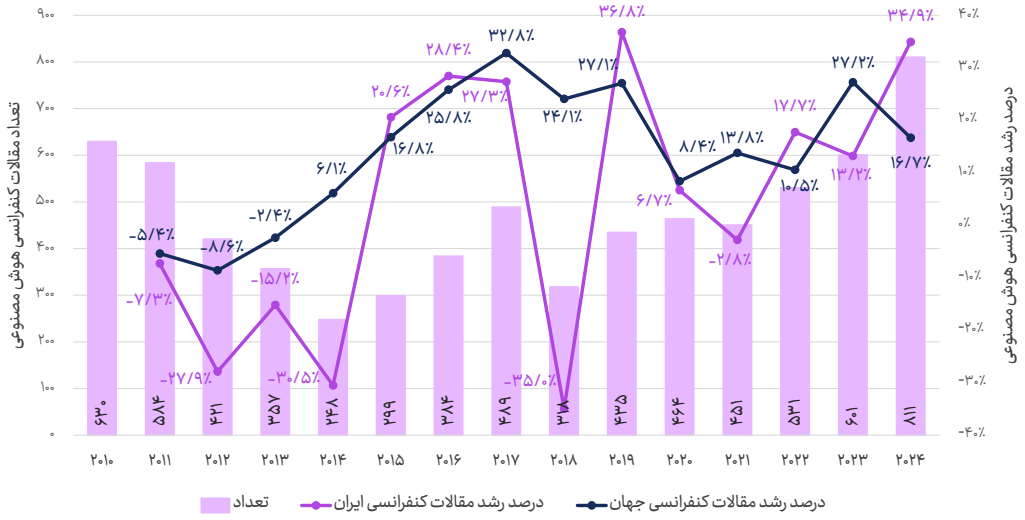
۲.۲ رکن دوم: کنفرانس‌ها

کنفرانس‌های هوش مصنوعی نقش محوری در اکوسیستم تولید و انتشار دانش ایفا می‌کنند و به‌عنوان بسترهایی کلیدی برای ارائه نتایج پژوهشی، تبادل ایده‌ها و شکل‌گیری شبکه‌های علمی میان پژوهشگران عمل می‌نمایند. در این بخش ابتدا سهم کشورها از مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در قسمت دوم، میزان حضور کشورها در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی که سنجه‌ای از کیفیت مقالات کنفرانسی است به بحث گذاشته می‌شود. داده‌های مورد استفاده برای این بخش، شامل مقالات کنفرانسی از زیرمجموعه‌ای از منابع مرتبط با هوش مصنوعی متعلق به اسکوپوس است.

۲.۲.۱ مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی

وضعیت ایران

با توجه به شکل ۴۲، کاهش قابل‌توجه مقالات کنفرانسی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴، می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله تحریم‌های بین‌المللی، کاهش بودجه‌های تحقیقاتی و تغییرات در سیاست‌های علمی کشور مرتبط باشد. در بازه سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷، ایران توانسته رشد مثبتی در تعداد مقالات خود داشته باشد. در سال ۲۰۱۸ نیز کاهش مقالات کنفرانسی ایران مشاهده می‌گردد. با این حال پس از آن روند رشد خطی ملایمی را در پیش گرفته و از ۳۱۸ مورد در سال ۲۰۱۸ به ۸۱۱ مورد در سال ۲۰۲۴ افزایش یافت. به طور کلی، ایران در برخی سال‌ها شاهد رشد مثبت در تعداد مقالات بوده، به طوری که نرخ رشد مقالات کنفرانسی آن در سال ۲۰۲۴ دو برابر میانگین جهانی بوده است؛ با این حال، این رشد پایدار نبوده و با نوساناتی همراه بوده است.



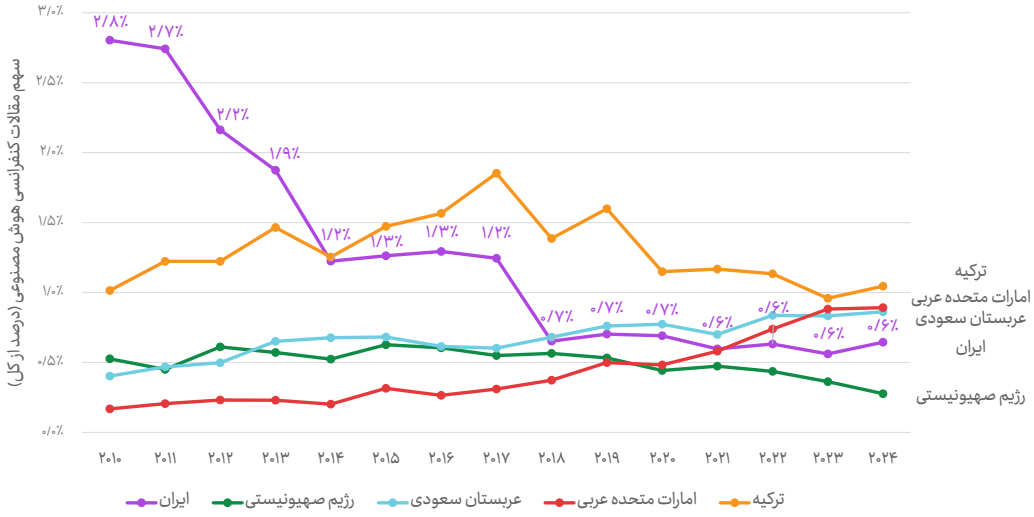
شکل ۴۲. تعداد و نرخ رشد مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی ایران و جهان، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

در این بخش، سهم هر کشور در مقالات کنفرانسی مورد بررسی قرار گرفته است؛ بدین معنا که تعداد مقالات کنفرانسی هر کشور، در هر سال نسبت به کل مقالات کنفرانسی آن سال در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که کشور هند به دلیل سهم بالایی که در سالیان اخیر نسبت به کشورهای پیشرو مانند چین و ایالات متحده آمریکا کسب کرده است، به‌صورت جداگانه در قالب بررسی کشورهای پیشرو قرار گرفته است.

کشورهای منطقه

همان طور که در شکل ۴۳ دیده می‌شود، روند نزولی انتشار مقالات کنفرانسی در طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ منجر گشته است که سهم ایران از مقالات کنفرانسی به‌شدت رو به کاهش باشد؛ به طوری که از سهمی حدود ۲/۸ درصد (۶۳۰ مقاله کنفرانسی) در سال ۲۰۱۰، به سهم حدود ۰/۶ درصد (۸۱۱ مقاله کنفرانسی) در سال ۲۰۲۴ رسیده است. در سال ۲۰۲۴ از میان کشورهای منطقه، کمترین سهم با میزان ۰/۳ درصد برای رژیم صهیونیستی و بیشترین سهم برای ترکیه با رقمی معادل ۱ درصد است.

در این میان بیشترین رشد را امارات داشته که از ۰/۲ درصد در سال ۲۰۱۰، حتی از عربستان نیز در سال ۲۰۲۳ پیشی گرفته و به ۰/۹ درصد در سال ۲۰۲۴ رسیده است. از سوی دیگر عربستان نیز با الگویی مشابه رشد ۲ برابری را در طی سال‌های مورد بررسی به دست آورده و به سهم ۰/۹ درصدی در سال ۲۰۲۴ دست یافته است. ترکیه در سال ۲۰۱۰ سهمی حدود ۱/۰۱ درصد از مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی داشت که در سال ۲۰۱۴ که ایران کمترین تعداد مقالات کنفرانسی پانزده سال اخیر را منتشر کرد، از ایران پیشی گرفته و تا سال ۲۰۲۴ به ۱/۰۴ درصد رسیده است. با وجود روندی نوسانی، این کشور توانسته سهم خود را در این سال‌ها حفظ کند. سهم رژیم صهیونیستی از مقالات کنفرانسی از ۰/۵۳ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۰/۲۷ درصد در سال ۲۰۲۴ کاهش یافته که نشان‌دهنده کاهش نسبی تعداد مقالات این کشور در مقایسه با رشد جهانی است.



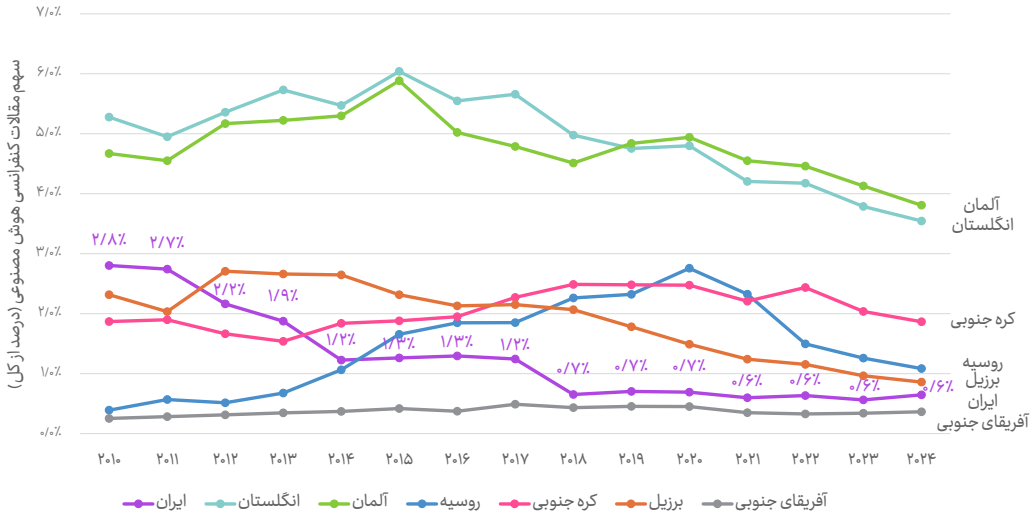
شکل ۴۳. سهم مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

بر اساس شکل ۴۴، سهم اکثر کشورهای منتخب در حال کاهش است که می‌تواند در اثر افزایش قابل‌توجه سهم هند باشد. برای نمونه سهم برزیل از مقالات کنفرانسی در سال ۲۰۱۰ حدود ۲/۳ درصد بوده که در سال ۲۰۲۴ به حدود ۰/۹ درصد کاهش یافته و با یک روند نزولی در سهم خود مواجه بوده است.

آلمان و انگلستان نیز دارای روندی مشابه در کاهش سهم از مقالات کنفرانسی بوده‌اند. آلمان مشابه سال گذشته، روند نزولی خطی را در پیش گرفته و نسبت به سال گذشته ۰/۳ درصد کاهش سهم داشته است. سهم انگلستان از مقالات کنفرانسی نیز در سال ۲۰۱۰ حدود ۵/۳ درصد بود که در سال ۲۰۲۴ به ۳/۵ درصد کاهش یافته است. با این حال هر دو کشور همچنان از پیشروان علمی در حوزه هوش مصنوعی در سطح جهان به شمار می‌روند.

در این میان، کره جنوبی نیز که تا سال ۲۰۱۸ با افزایش ۳۳ درصدی سهم مقالات کنفرانسی مواجه بوده، با در پیش گرفتن روندی نزولی در سال ۲۰۲۴ حدود ۱/۹ درصد سهم را از آنِ خود کرده است. مشابه کره جنوبی، کشور روسیه که با روندی صعودی به سهم ۲/۸ درصدی در سال ۲۰۲۰ رسیده بود، پس از آن با رشد منفی مقالات کنفرانسی به سهم ۱/۱ درصدی در سال ۲۰۲۴ تنزل یافت. ایران که در سال ۲۰۱۰ حدود ۱/۵ برابر کره جنوبی سهم داشت، با کاهش رشد مقالات در سال ۲۰۲۴ به یک‌سوم از مقالات کنفرانسی کره جنوبی رسیده است. سهم آفریقای جنوبی از مقالات کنفرانسی در سال ۲۰۱۰ حدود ۰/۲۵ درصد بود که در سال ۲۰۲۴ به ۰/۴ درصد رسیده است. این کشور نیز با یک روند نسبتاً ثابت و گاه نزولی مواجه بوده است و در مقایسه با سایر کشورهای منتخب، سهم کمتری از مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی دارد. در نهایت کشورهای منتخب با رقابت شدیدی در زمینه تولید مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی مواجه هستند. برخی کشورها مانند روسیه و کره جنوبی توانسته‌اند به طور قابل‌توجهی سهم خود را افزایش دهند، در حالی که دیگر کشورها مانند ایران و برزیل با کاهش سهم مواجه شده‌اند.



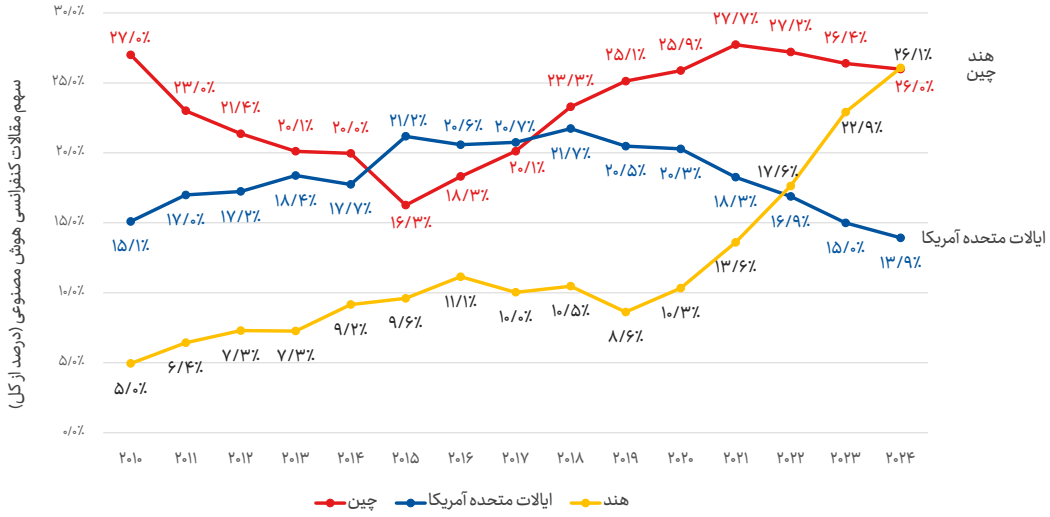
شکل ۴۴. سهم مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

همان طور که در شکل ۴۵ دیده می‌شود، چین در سال ۲۰۱۰ سهمی برابر با ۲۷ درصد از کل مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی داشته که این سهم با در پیش گرفتن روندی نوسانی تا سال ۲۰۲۳ به ۲۶ درصد رسیده است. با وجود این که سهم این کشور در سال‌های اخیر کمی کاهش یافته، این کشور همچنان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی در جهان باقی مانده است؛ چرا که از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، تعداد مقالات کنفرانسی چین تقریباً ۵/۳ برابر شده است.

سهم ایالات متحده آمریکا از مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۵/۱ درصد بود که این سهم در سال ۲۰۲۴ به ۱۳/۹ درصد رسیده است. این کشور با روندی نزولی و از دست دادن سهم خود در این بازه زمانی مواجه بوده است. با این حال همچنان به‌عنوان یکی از رهبران جهانی در تولید مقالات کنفرانسی در حوزه هوش مصنوعی مطرح است. از سویی در طول این سال‌ها تعداد مقالات این کشور حدود ۵ برابر رشد کرده است.

هند در سال ۲۰۱۰ سهمی برابر با ۵ درصد از کل مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی داشت که حتی در جایگاهی پایین‌تر از انگلستان قرار می‌گرفت، با این حال با رشدی قابل‌توجه توانسته سهم خود را به طور چشمگیری افزایش دهد و جایگاه چین را تصاحب کند و به سهم ۲۶/۱ درصدی در سال ۲۰۲۴ دست یابد. تعداد مقالات هند در این بازه زمانی بیش از ۱۹ برابر شده است. این رشد انفجاری، هند را به یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی در سطح جهان تبدیل کرده است.



شکل ۴۵. سهم مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

۲.۲.۲ مقالات کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی

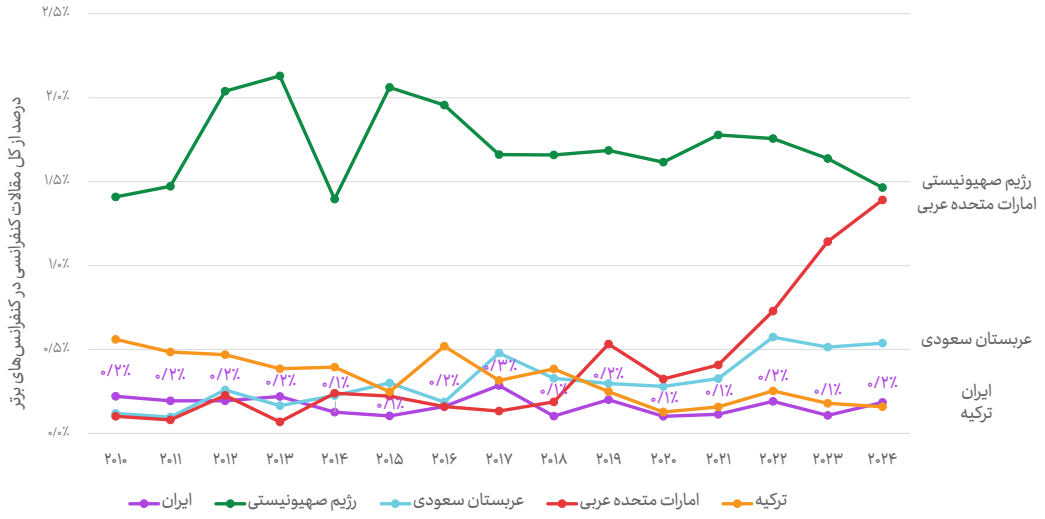
پس از بررسی تعداد مقالات کنفرانسی، لازم است تا وضعیت کیفیت مقالات نیز مورد بررسی قرار گیرد. جهت بررسی این موضوع، شاخص حضور کشورها در کنفرانس‌های برتر مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده برای این گزارش شامل مقالات کنفرانسی ارسال‌شده به کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی است که از پایگاه داده اسکوپوس استخراج شده است. در این بخش، نسبت تعداد مقالات کنفرانسی در کنفرانس‌های برتر هر کشور در هر سال به کل مقالات کنفرانس‌های برتر در همان سال مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به بررسی منابع معتبر، ۱۸ مورد از برترین کنفرانس‌های حوزه هوش مصنوعی و رباتیک، شناسایی[۲۷] گردید و در مجموع ۱۶۷,۳۷۲ مقاله کنفرانسی کشورهای مورد بررسی ارسال‌شده به این کنفرانس‌ها از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ استخراج گردید.

۲۷ این کنفرانس‌ها عبارتند از:
AAAI, IJCAI, CVPR, ECCV, ICCV, ICML, KDD, NeurIPS, ACL, EMNLP, NAACL, SIGIR, ICLR, ECAI, UAI, WWW, ICRA, IROS

کشورهای منطقه

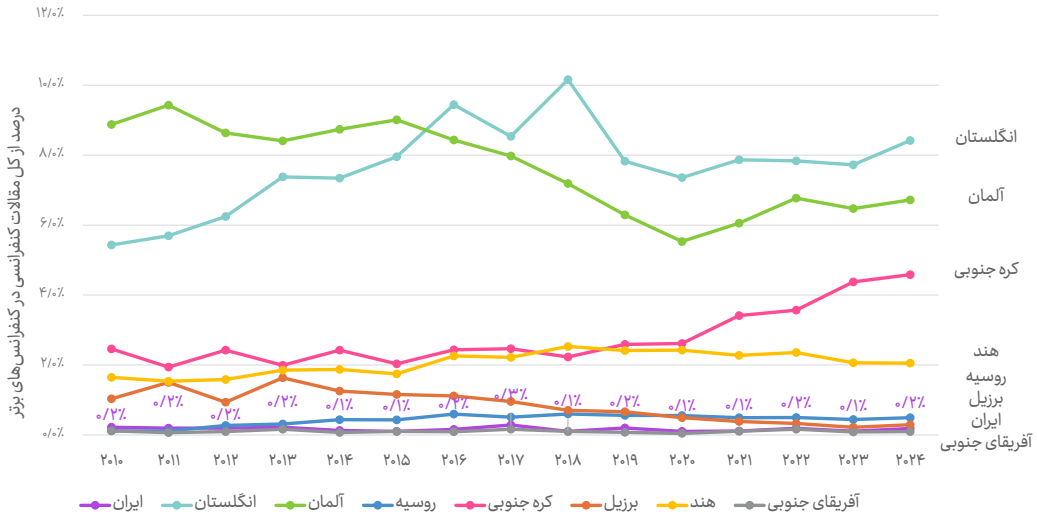
همان طور که در شکل ۴۶ مشخص است، ایران در تعداد مقالات کنفرانس‌های برتر، سهم بسیار پایینی داشته و در محدوده ۰/۲ درصدی بوده است. رژیم صهیونیستی علی‌رغم حضور کم‌رنگ در تعداد کل مقالات کنفرانسی هوش مصنوعی، سهم بالایی در میان کنفرانس‌های برتر دارد که نشان از توجه جدی این کشور به حضور در مجامع علمی معتبر در حوزه هوش مصنوعی است. نکته قابل‌توجه آن است که امارات با رشدی قابل‌توجه در این سال‌ها، سهم خود را از ۰/۱ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۱/۴ درصد در سال ۲۰۲۴ افزایش داده و به رتبه دوم منطقه دست یافته است. با تداوم این روند پیش‌بینی می‌گردد امارات بتواند به سهم رژیم صهیونیستی در مقالات کنفرانس‌های برتر دست یابد. این موضوع بیانگر برتری نسبی امارات نه تنها از منظر کمّی، بلکه از حیث کیفیت مقالات کنفرانسی نیز است. در مقابل ترکیه علی‌رغم داشتن سهم بالا از کل مقالات کنفرانسی، وضعیت خوبی در کنفرانس‌های برتر ندارد.



شکل ۴۶. سهم مقالات در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

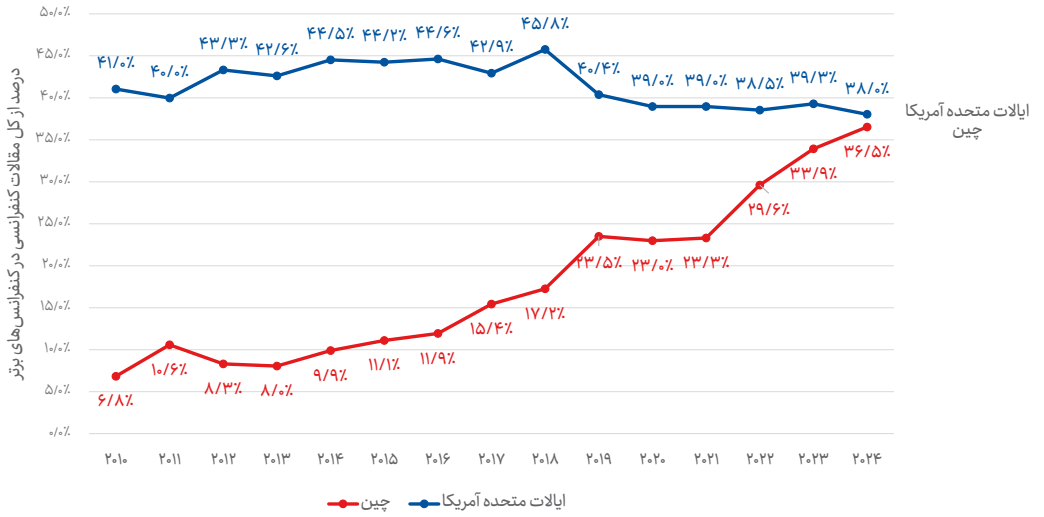
پس از بررسی شکل ۴۷، داده‌ها حاکی از آن است که انگلستان با در پیش گرفتن رشد خطی دارای نوسان، از سهم ۵/۴ درصدی در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی به سهم ۸/۴ درصدی دست یافته و در صدر کشورهای منتخب قرار دارد. این در حالی است که سهم انگلستان از کل مقالات کنفرانسی ۳/۵ درصد بود که این موضوع نشان‌دهنده تمرکز ویژه این کشور بر کیفیت مقالات کنفرانسی و حضور در کنفرانس‌های برتر است. آلمان نیز مشابه انگلستان با وجود روند نزولی و رشد نسبی منفی که در طی این سال‌ها داشته است در سال ۲۰۲۴ سهم ۶/۷ درصدی از مقالات کنفرانس‌های برتر را به خود اختصاص داده است. کره جنوبی هم در کمّیت مقالات کنفرانسی و هم در کیفیت، وضعیت رو به رشدی را دارد. هند علی‌رغم سهم بسیار بالا از کل مقالات کنفرانسی، سهم پایینی از کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی دارد که نشان از عدم حضور این کشور در کنفرانس‌های برتر است. سهم ایران از حضور در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴، مشابه آفریقای جنوبی و برزیل است.



شکل ۴۷. سهم مقالات در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

آنچه در شکل ۴۸ مشهود است، چین به‌سرعت در حال نزدیک شدن به ایالات متحده آمریکا در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی است. هر دو کشور رقابت فشرده‌ای را برای ارتقای نرخ پذیرش در کنفرانس‌های برتر دنبال می‌کنند. با این حال تحلیل روندها نشان می‌دهد که ایالات متحده آمریکا علی‌رغم حفظ پیشتازی، در حال از دست دادن سهم خود است. در مقابل سهم چین در سال ۲۰۱۰ حدود ۶/۸ درصد بوده است، با رشدی قابل‌توجه در سال ۲۰۲۴ به حدود ۳۶/۵ درصد رسیده و فاصله‌ای کمتر از ۲ درصد با ایالات متحده آمریکا دارد.



شکل ۴۸. سهم مقالات در کنفرانس‌های برتر هوش مصنوعی کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

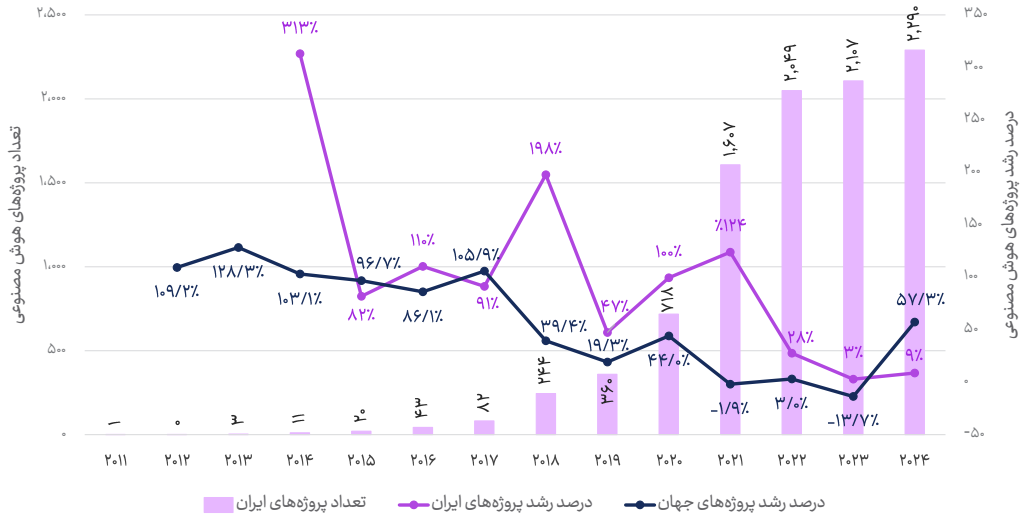
۲.۳ رکن سوم: پروژه‌های نرم‌افزاری

یکی دیگر از رکن‌های مهم در ارزیابی انتشار دانش، پروژه‌های نرم‌افزاری متن‌باز[۲۸] هستند که با موضوع هوش مصنوعی در فضای وب منتشر شده‌اند. بخش قابل‌توجهی از توسعه نرم‌افزار هوش مصنوعی در گیت‌هاب[۲۹] انجام می‌شود. تجزیه‌وتحلیل داده‌های گیت‌هاب می‌تواند معیارهای مربوطه را در مورد اینکه چه کسی برنامه‌های مرتبط با هوش مصنوعی را توسعه می‌دهد، در کجا این کار را انجام می‌دهد و حتی با چه سرعتی و از کدام ابزار استفاده می‌کند، مشخص کند. در نتیجه پروژه‌های نرم‌افزاری می‌توانند به‌عنوان سنجه‌ای از ظرفیت توسعه‌دهندگان بالقوه هر کشور باشد که توسط بخش خصوصی، دانشجویان، محققان و توسعه‌دهندگان مستقل منتشر می‌گردد.

۲.۳.۱ پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی

وضعیت ایران

شکل ۴۹ تعداد و نرخ رشد پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی ایران را در گذر زمان نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌گردد، ایران در طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ از رشد فراوانی در تعداد پروژه‌های نرم‌افزاری برخوردار بوده است که به ۲٫۲۹۰ پروژه در سال ۲۰۲۴ ارتقا یافته است.



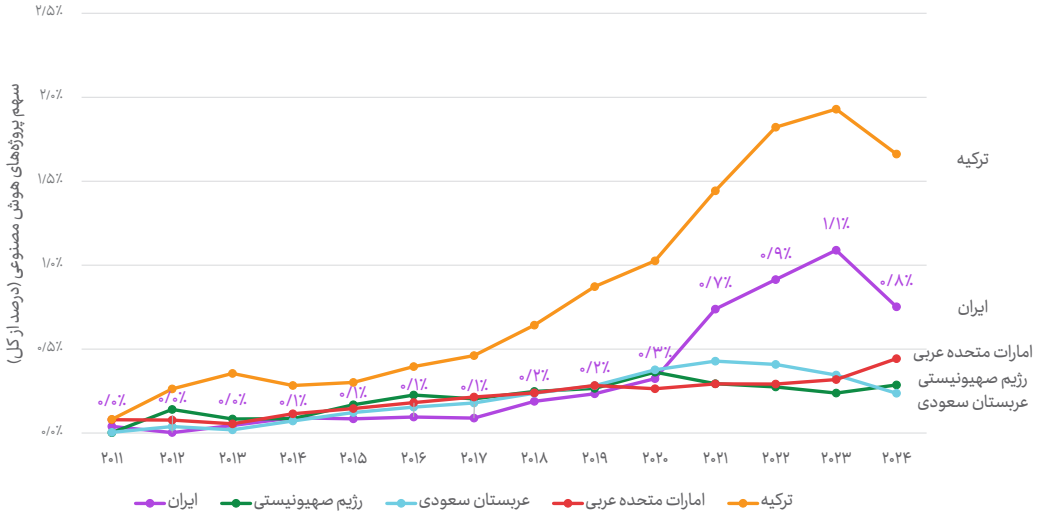
شکل ۴۹. تعداد و نرخ رشد پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی در ایران، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴.

در ادامه، سهم هر کشور در این شاخص بررسی شده است؛ بدین معنا که تعداد پروژه‌های هوش مصنوعی هر کشور در هر سال به نسبت کل پروژه‌های هوش مصنوعی در همان سال مورد بررسی قرار گرفته است. برای شناسایی پروژه‌های هوش مصنوعی عمومی، از روش‌شناسی «گونزالس و همکاران، ۲۰۲۰» استفاده شده است (Gonzalez et al.,2020). وی با استفاده از ۳۹ برچسب موضوعی چون «یادگیری ماشین»، «یادگیری عمیق»، «هوش مصنوعی» و غیره، فهرستی از پروژه‌های عمومی حاوی کد هوش مصنوعی را از گیت‌هاب استخراج کردند. گیت‌هاب لیست پروژه‌های هوش مصنوعی عمومی را به‌صورت فصلی به‌روزرسانی می‌کند که اجازه می‌دهد روند توسعه نرم‌افزار هوش مصنوعی در طول زمان ثبت شده و قابل بررسی باشد.

28 Open Source
29 GitHub

کشورهای منطقه

همان طور که مشاهده می‌گردد، از سال ۲۰۱۹، سهم ایران روندی صعودی را در میان پروژه‌های هوش مصنوعی آغاز کرده و تا سال ۲۰۲۳، رشدی حدود ۵/۹ درصدی تجربه کرده است. اگرچه که در سال ۲۰۲۴ با کاهش سهم اندکی مواجه بوده است. در میان کشورهای منطقه، ترکیه رشد نمایی تجربه کرده است؛ به طوری که در سال ۲۰۲۳، سهمی حدود ۲ درصدی را در اختیار داشته و از سایر کشورهای منطقه در جایگاه بهتری قرار گرفته است. با این حال ایران و ترکیه در سال ۲۰۲۴ روندی نزولی در پیش گرفته و در حال از دست دادن سهم خود هستند که می‌تواند متأثر از افزایش سهم سایر کشورها باشد. عربستان سعودی، امارات و رژیم صهیونیستی اما تغییرات زیادی در سهم خود در سالیان اخیر نداشته‌اند و هم‌اکنون در بازه ۰/۲ تا ۰/۴ درصد قرار دارند. جزئیات این روند در شکل ۵۰ آمده است.

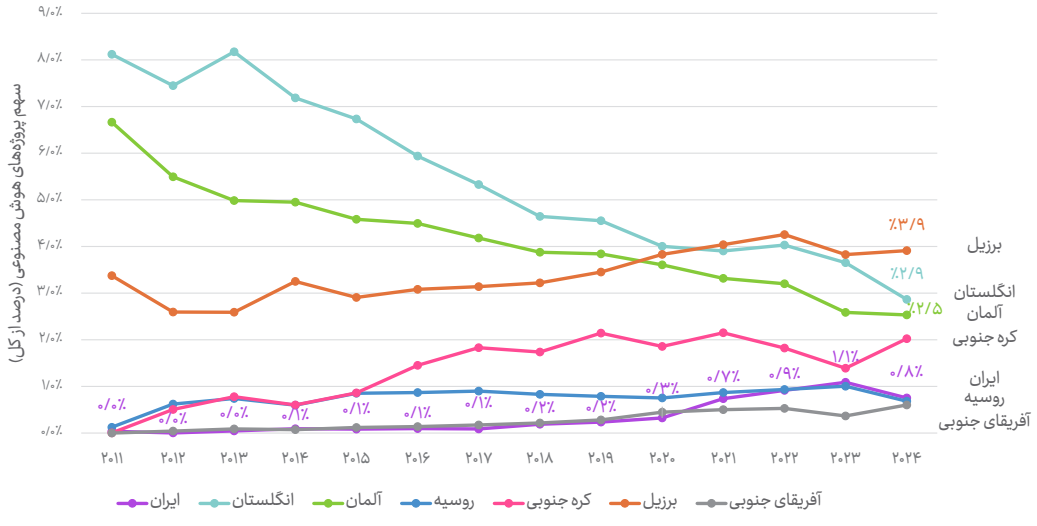


شکل ۵۰. سهم پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

همان طور که در شکل ۵۱ مشخص است، در حالی که برزیل با رشد تدریجی توانسته سهم خود را از پروژه‌های هوش مصنوعی از ۳/۴ درصد در سال ۲۰۱۱ به ۳/۹ درصد در سال ۲۰۲۴ برساند، آلمان و انگلستان به‌سرعت در حال از دست دادن سهم خود از پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی هستند که این روند در سال ۲۰۲۴ سرعت بیشتری به خود گرفته است. علی‌رغم تعداد بالای پروژه‌های هوش مصنوعی این دو کشور، یافته‌های نمودار حاکی از ورود جدی بازیگران نوظهوری همچون هند و برزیل به این عرصه است. با توجه به سهم قابل‌توجه هند و رقابت آن با کشورهای پیشرو، تحلیل تفصیلی وضعیت این کشور در بخش آتی ارائه شده است.

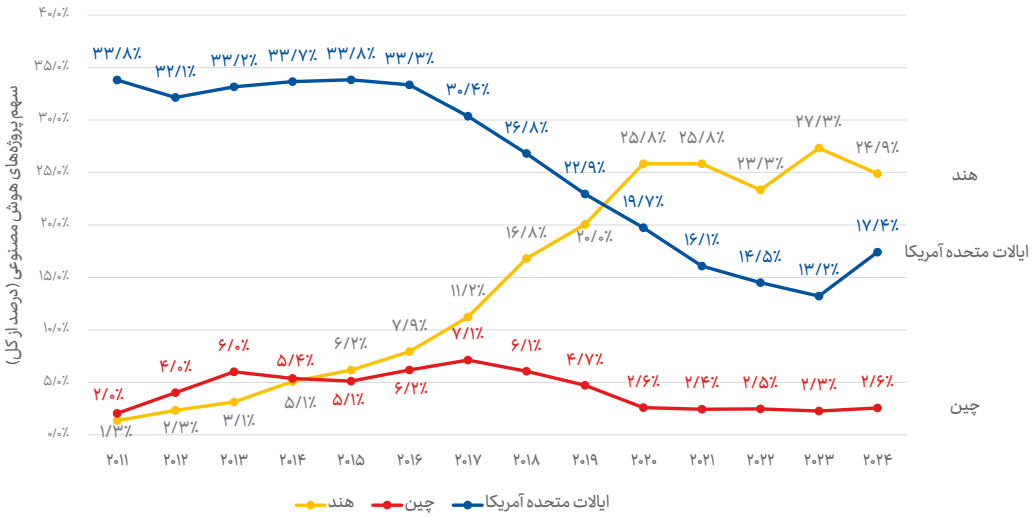
کره جنوبی پس از یک دوره افول از سال ۲۰۲۳ با رشد نسبی پروژه‌های هوش مصنوعی، سهم خود را از ۱/۱ درصد به ۲ درصد افزایش داده است که این موضوع توأم با کاهش سهم ایران، باعث افزایش شکاف میان سهم کره جنوبی و ایران شده است. روسیه و آفریقای جنوبی نیز در سالیان اخیر روند متوازن و تقریباً ایستایی را در پیش گرفته‌اند، به طوری که در سال اخیر سهمی زیر ۲ درصد را در اختیار داشته‌اند.



شکل ۵۱. سهم پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

مهم‌ترین کشور در پروژه‌های هوش مصنوعی، کشور هند است. همان طور که در شکل ۵۲ مشهود است، هند با رشدی نمایی و پس از پشت سر گذاشتن ایالات متحده آمریکا بعد از سال ۲۰۲۰، در سال ۲۰۲۴ پرچم‌دار تعداد پروژه‌های هوش مصنوعی با سهمی حدود ۲۴/۹ درصدی است که البته کمی نسبت به سال گذشته با افول مواجه بوده است. در مقابل سهم ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۲۴، حدود ۴ درصد رشد داشته و به ۱۷ درصد از کل پروژه‌های هوش مصنوعی جهان رسیده است. سهم چین نیز از ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ دارای رکود بوده است که یکی از دلایل آن می‌تواند تمرکز و مشارکت توسعه‌دهندگان چینی بر پایگاه گیتی[۳۰] که نسخه چینی مشابه گیت‌هاب است، باشد.



شکل ۵۲. سهم پروژه‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴.

30 Gitee.com [Link]

۳

کارکرد سوم
تأمین منابع

نکات کلیدی

- در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴، رژیم صهیونیستی و عربستان سعودی به ترتیب با حدود ۳۰ و ۲۴ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی، در جایگاه نخست کشورهای منطقه قرار داشته و پس از آن‌ها، امارات متحده عربی با حدود ۵ میلیارد دلار و ترکیه با حدود ۱/۳میلیارد دلار در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند. سرمایه‌گذاری ایران در این بازه زمانی در هوش مصنوعی حدود ۸۲ میلیون دلار، تخمین زده می‌شود.
- در میان صنایع مورد بررسی در بین تمام کشورها، «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص داده است. پس از آن «کالا و خدمات»، «صنعتی» و «زیرساخت و تجهیزات فناوری» در رتبه‌های بعدی قرار دارند.
- از لحاظ سرمایه‌گذاری‌های برون‌مرزی، آمریکا اولین مقصد سرمایه‌گذاری خارجی کشورهای منطقه در حوزه هوش مصنوعی بوده که در این میان، رژیم صهیونیستی بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را در ایالات متحده آمریکا داشته است. با توجه به شرایط تحریمی، ایران تقریباً سهمی از همکاری‌های بین‌المللی و سرمایه‌گذاری‌های خارجی و برون‌مرزی ندارد.
- سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در هوش مصنوعی طی سال‌های اخیر، روندی افزایشی داشته است؛ در سال ۲۰۲۴، نزدیک به ۴۳ درصد از کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی به هوش مصنوعی اختصاص پیدا کرده است که حوزه‌های «صنعتی» و «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» بیشترین میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین از میزان کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی، با یک روند صعودی در سه سال اخیر حدود ۱۶ درصد از آن به هوش مصنوعی مولد تخصیص یافته است.
- مجموع توان پردازشی سرویس‌دهندگان بزرگ GPU در ایران که به بخش‌های مختلف سرویس می‌دهند، توانی معادل ۱۷۲ عدد پردازنده H100 است. عربستان حدوداً با توانی معادل ۸,۳۹۱ پردازنده H100 در صدر منطقه قرار دارد. امارات متحده عربی با نزدیک به ۳,۰۷۲ پردازنده و رژیم صهیونیستی با ۱,۷۴۹ عدد، در رتبه‌های بعدی قرار دارند.
- در پایگاه داده Hugging face، بیشترین تعداد دیتاست بر اساس زبان متعلق به زبان انگلیسی با حدود ۳۸,۷۰۰ دیتاست و بیشترین تعداد سرانه دیتاست متعلق به زبان عبری با ۵۹ دیتاست به ازای هر یک میلیون سخنور عبری است. حدود ۹۱۵ دیتاست به زبان فارسی وجود دارد که از این تعداد، ۶۳۹ دیتاست متنی، ۴۱ دیتاست صوتی و ۴۰ دیتاست تصویری هستند.
- در بخش «داده و زیرساخت» از شاخص آمادگی هوش مصنوعی دولت در سال ۲۰۲۴، امارات متحده عربی و عربستان سعودی در رتبه‌های برتر منطقه قرار دارند. در سال ۲۰۲۴، ترکیه با افت ۱۰ رتبه‌ای به جایگاه ۷۱ نزول و ایران با رشد ۱۸ پله‌ای، به رتبه ۷۰ در جهان صعود کرده است.

نکات کلیدی

- از نظر نوع مهارت‌ها در آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی، در حوزه مهارت‌های نرم‌افزاری پایتون همچنان مهارت غالب بوده و بیشترین رشد برای مهارت «داکر» است. همچنین در مهارت‌های مرتبط با هوش مصنوعی مولد، مهارت «مدل‌های چندوجهی» و «تبدیل متن به گفتار» بیشترین سهم از آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی را دارند.
- ۸۵ درصد از آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی ایران، در استان تهران منتشر شده که حاکی از تمرکز جغرافیایی تقاضای نیروی کار هوش مصنوعی در استان تهران است. گرچه در سال‌های اخیر، نشانه‌هایی از گسترش تدریجی به استان‌هایی مانند خراسان رضوی، قم و اصفهان نیز دیده می‌شود.
- شدت رقابت در میان متقاضیان شغل در حوزه هوش مصنوعی در سال ۱۴۰۳، نزدیک به پنج برابر بیشتر از حوزه فناوری اطلاعات است و این رقابت در سالیان اخیر افزایش یافته است.
- امارات متحده عربی با حدود ۱۸,۵۰۲ استعداد هوش مصنوعی مستقر در کشور، جایگاه اول را در میان کشورهای منطقه در اختیار دارد. پس از آن رژیم صهیونیستی با ۱۸,۳۸۷ استعداد، ترکیه با ۱۶,۹۷۱ استعداد، ایران با ۱۴,۱۶۴ استعداد و عربستان سعودی با ۱۰,۱۳۰ استعداد به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.
- از نظر تعداد استعداد هوش مصنوعی مستقر در هر کشور نسبت به کل کاربران لینکدین همان کشور (شاخص تمرکز استعداد هوش مصنوعی)، ایران با ۱/۳۴ درصد در جایگاه دوم قرار دارد.
- تعداد خروج استعدادهای هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴ از ایران، ۱,۲۶۲ نفر بوده که از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ روند صعودی و پس از آن تاکنون، روندی نزولی داشته است. همچنین تعداد ورود استعدادهای هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴ به ایران، ۳۲۳ نفر شناسایی شده که در سالیان اخیر روندی نزولی را نشان می‌دهد.
- حدود نیمی از استعدادهای هوش مصنوعی ایران به دلایل کاری و نیم دیگر به دلایل تحصیلی در سال‌های اخیر از کشور خارج شدند. اما در میان ورود استعدادهای هوش مصنوعی به ایران در سال ۲۰۲۴، حدود ۹۴ درصد با هدف کاری بوده است.
- سه کشور اول مقصد مهاجرت کاری و تحصیلی استعدادهای هوش مصنوعی ایران در سال ۲۰۲۴ به ترتیب کانادا، ایالات متحده آمریکا و آلمان بوده است.

مقدمه

در این بخش، کارکرد «تأمین منابع» سیستم نوآوری هوش مصنوعی بررسی می‌شود. این کارکرد به تأمین منابع مالی، منابع زیرساختی و داده‌ای و منابع انسانی مورد نیاز برای توسعه هوش مصنوعی می‌پردازد. شاخص‌های مورد بررسی در هر رکن این کارکرد در شکل ۵۳ نشان داده شده است.

شکل ۵۳. تقسیم‌بندی شاخه‌ای کارکرد تأمین منابع و شاخص‌های مرتبط با آن.

۳.۱ رکن اول: سرمایه‌گذاری

سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی به معنای انواع سرمایه‌گذاری و تأمین مالی برای شرکت‌هایی است که در زمینه توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی فعالیت می‌کنند. این نوع سرمایه‌گذاری‌ها می‌تواند توسط گروه‌های مختلفی از سرمایه‌گذاران انجام شود، از جمله سرمایه‌گذاران خطرپذیر[۳۱]، شرکت‌های با سهام خصوصی[۳۲]، شرکت‌های بزرگ فناوری و حتی دولت‌ها.

یکی از اهداف اصلی این سرمایه‌گذاری‌ها، توسعه و بهبود محصولات یا خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی، توسعه زیرساخت‌های داده‌ای و پردازشی و فراهم آوردن داده‌های لازم است که می‌تواند به افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها در بازار منجر شود. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری‌ها به شرکت‌ها کمک می‌کند تا کسب‌وکار خود را در راستای ورود به بازارهای جدید یا افزایش ظرفیت تولید گسترش دهند.

از دیگر اهداف سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی می‌توان به جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص و مجرب اشاره کرد که نقشی کلیدی در توسعه هوش مصنوعی ایفا می‌کنند. این سرمایه‌گذاری‌ها می‌توانند به اشکال مختلفی مانند خرید سهام، تأمین مالی از طریق وام یا ایجاد سرمایه‌گذاری‌های مشترک[۳۳] انجام شوند. سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی می‌تواند مستقیماً بر جایگاه یک کشور در نقشه رقابتی جهانی تأثیرگذار باشد. این سرمایه‌گذاری‌ها نه تنها به توسعه داخلی کمک می‌کنند، بلکه امکان جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی، ارتقای جایگاه در زنجیره ارزش جهانی و ایجاد اشتغال در بخش‌های پیشرفته را فراهم می‌آورند.

۳.۱.۱ سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی

در این شاخص، داده‌های سرمایه‌گذاری در حوزه هوش مصنوعی از پایگاه داده «کت»[۳۴] استخراج شده است. این اطلاعات با استفاده از منبع معتبر «کرانچ‌بیس»[۳۵]، جمع‌آوری و برای شناسایی شرکت‌های فعال در حوزه هوش مصنوعی به کار گرفته شده است. در این بررسی، تمرکز اصلی بر سرمایه‌گذاری‌های سهامی[۳۶] در شرکت‌های خصوصی هوش مصنوعی است؛ به این معنا که تنها شرکت‌هایی که در زمان سرمایه‌گذاری در بازار سهام عمومی معامله نمی‌شوند، مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

این تحلیل، جریان‌های مختلف سرمایه‌گذاری مالی را پوشش می‌دهد، از جمله دوره‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر، معاملات سهام خصوصی، و ادغام و تملیک‌های[۳۷] شرکتی که به سمت شرکت‌های خصوصی هوش مصنوعی هدایت شده‌اند. «شرکت‌های هوش مصنوعی» در این پایگاه داده، به شرکت‌هایی اطلاق می‌شود که محصولات و خدمات اصلی آن‌ها بر پایه فناوری هوش مصنوعی است، یا شرکت‌هایی که سخت‌افزارهایی تولید می‌کنند که به طور خاص برای توسعه یا اجرای هوش مصنوعی طراحی شده‌اند.

جدول ۳ شامل عبارات کلیدی است که برای شناسایی شرکت‌های فعال در حوزه‌های مختلف هوش مصنوعی استفاده شده‌اند.

اطلاعات سرمایه‌گذاری‌های عمومی ایران در حوزه هوش مصنوعی از سه منبع داخلی معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و صندوق نوآوری و شکوفایی ریاست‌جمهوری، استخراج شده است. این داده‌ها شامل تسهیلات و سرمایه‌گذاری‌هایی است که به شرکت‌ها، استارت‌آپ‌ها و پروژه‌های هوش مصنوعی در قالب وام، پژوهانه یا کمک‌های بلاعوض در بازه زمانی ۱۳۹۸ تا پایان ۱۴۰۳ تخصیص یافته است.

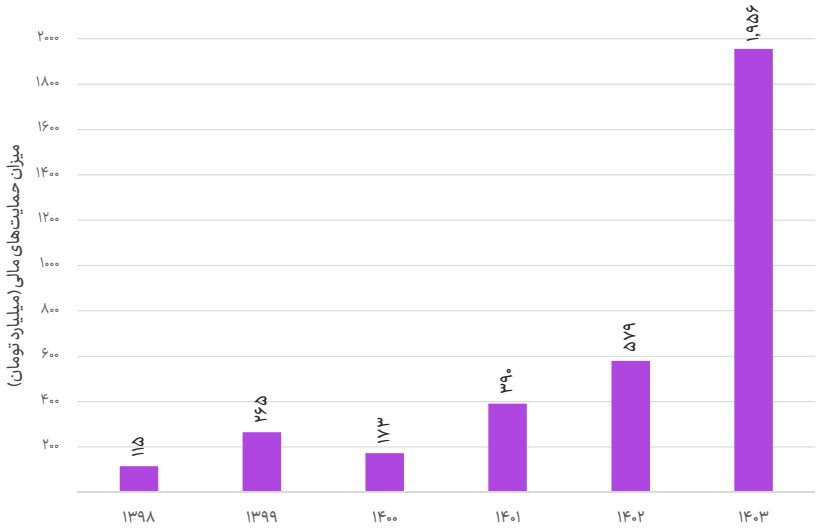
31 Venture Capitalists
32 Private Equity
33 Joint Ventures
34 Country Activity Tracker (CAT): Artificial Intelligence [Link]
35 Crunchbase [Link]
36 Equity Investment
37 Mergers and Acquisitions (M&A)

جدول ۳. عبارات کلیدی جهت شناسایی شرکت‌های هوش مصنوعی.

دسته‌بندی	عبارات کلیدی
هوش مصنوعی عمومی	Machine Intelligence, Artificial Intelligence, AI, A.I
فناوری‌ها و فرآیندها	Analy, Predict, Robot, Cluster, Adapt, Diagnos, Automat, Detect, Personaliz, Label, Augment, Autonom, Sensor, Sensing, Recommend, Optimize
محصولات و ابزارها	Chatbot, Bot, Digital Assistant, Virtual Assistant, Semiconductor, Chipset, GPU, ASIC, FPGA, High-Performance Computing, Knowledge Graph
انواع یادگیری ماشین	Reinforcement Learning, Transfer Learning, One-shot Learning, Zero-shot Learning, Supervised Learning, Unsupervised Learning
وسایل نقلیه خودران	Self-driving, Driverless, Autonomous Vehicle, Truck, Car, Automobile, Technology, Navig, Transport, Robot, Machine
فناوری‌های خودران	Driverless, Autonomous, Automatic Driving, Navigation
الگوریتم‌ها و مدل‌ها	Machine Learning, Deep Learning, Cognitive Computing, Synthetic Data, Neural Net, Predictive Analytics
فناوری‌های پردازشی	Computer Vision, Machine Vision, Generative Adversarial Network (GAN), RNN, DNN, NLP (Natural Language Processing)
ابزارها و چارچوب‌ها	Feature Extraction, Feature Learning, Feature Matching, Feature Selection, Autoencoder, Tensorflow, Keras, Theano
مفاهیم پیشرفته	Q-learning, Q-value, Q-network, Hyperparameter, Support Vector Machine, Boltzmann Machine, Machine Translation, Machine Perception
تشخیص و طبقه‌بندی	Facial Recognition, Speech Recognition, Face Recognition, Voice Recognition, Music Recognition, Image Recognition, Character Recognition, Text Recognition, Emotion Recognition, Video Recognition, Gesture Recognition, Classification

وضعیت ایران

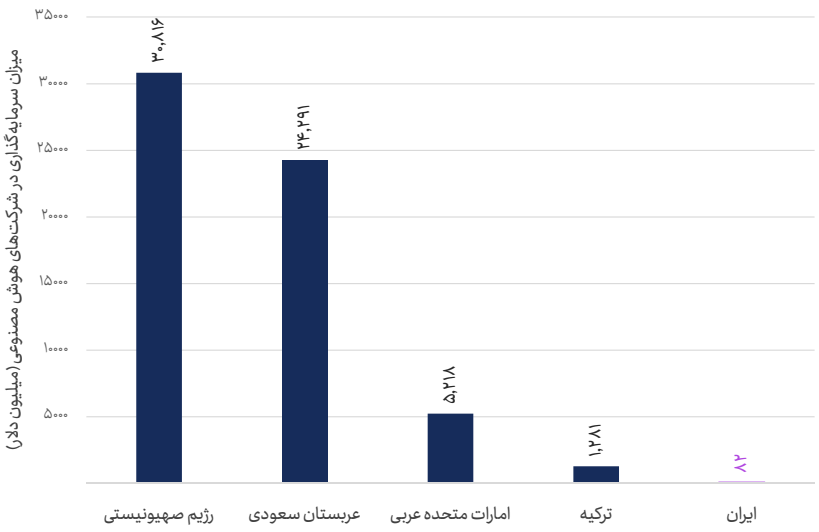
همان طور که در شکل ۵۴ آمده، اطلاعات سرمایه‌گذاری‌های عمومی ایران در هوش مصنوعی از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفته است که این حمایت‌های مالی از سال ۱۴۰۱ روند افزایشی داشته و در سال ۱۴۰۳، به مبلغ ۱,۹۵۶ میلیارد تومان رسیده است.



شکل ۵۴. میزان حمایت مالی و سرمایه‌گذاری نهادهای ایران از شرکت‌ها و پروژه‌های هوش مصنوعی، از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳.

کشورهای منطقه

شکل ۵۵ وضعیت سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی ایران در مقایسه با کشورهای منطقه را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که رژیم صهیونیستی و عربستان سعودی در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴، با اختلاف نسبت به سایر کشورهای منطقه به ترتیب حدود ۳۰ و ۲۴ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی انجام داده‌اند. ایران در میان کشورهای منطقه، کمترین میزان سرمایه‌گذاری را با حدود ۸۲ میلیون دلار داشته و فاصله قابل‌توجهی با کشور بعد از خود یعنی ترکیه دارد. [۳۸]

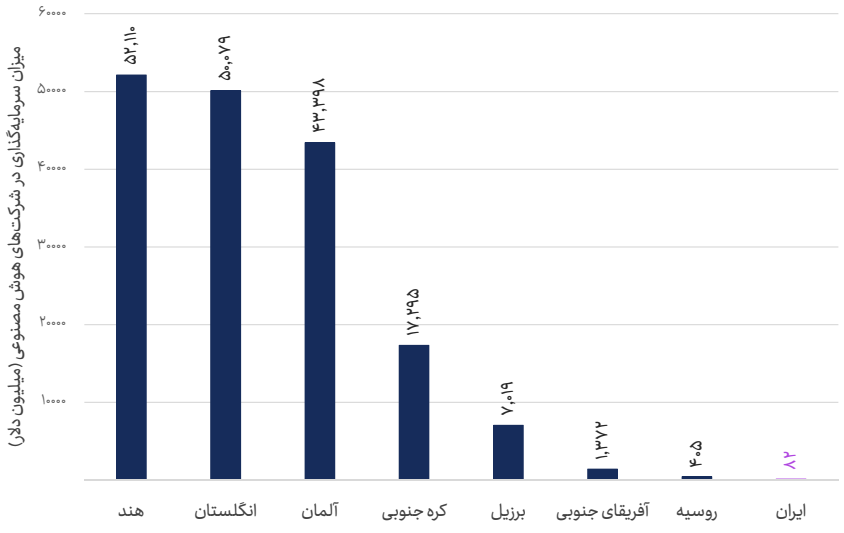


شکل ۵۵. مجموع میزان سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۳۸ باید توجه داشت که تنها سرمایه‌گذاری‌های سهامی صورت گرفته (و نه برنامه‌ریزی شده) شامل خطرپذیر، معاملات سهام خصوصی و ادغام و تملیک‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین سرمایه‌گذاری صورت گرفته از طریق منابع دولتی و حاکمیتی سایر کشورها در داده‌های این گزارش قرار نمی‌گیرند.

کشورهای منتخب

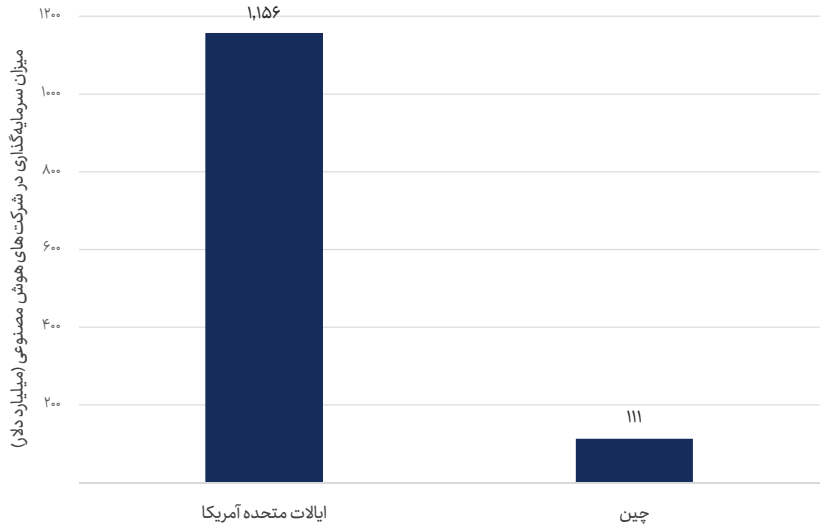
در این بخش، وضعیت سرمایه‌گذاری ایران در شرکت‌های هوش مصنوعی با کشورهای منتخب از جمله هند، انگلستان، آلمان، کره جنوبی، برزیل، آفریقای جنوبی و روسیه مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که در شکل ۵۶ مشاهده می‌شود، هند و انگلستان به ترتیب با حدود ۵۲ و ۵۰ میلیارد دلار، نسبت به سایر کشورها بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را در این حوزه انجام داده‌اند. پس از آن‌ها، آلمان از جمله کشورهایی است که سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در شرکت‌های هوش مصنوعی انجام داده است. کره جنوبی در تعقیب این کشورها است که با سرمایه‌گذاری گسترده، تلاش زیادی برای توسعه هوش مصنوعی در کشور خود انجام داده، اما همچنان فاصله قابل‌توجهی با هند دارند. برزیل در مقایسه با این کشورها سرمایه‌گذاری کمتری داشته و کشورهای آفریقای جنوبی و روسیه نیز در اولویت‌بندی‌های خود به هوش مصنوعی توجه کمتری نشان داده‌اند.



شکل ۵۶. مجموع میزان سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

شکل ۵۷ تفاوت چشمگیر سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی میان چین و آمریکا را نشان می‌دهد. آمریکا با ۱,۱۵۶ میلیارد دلار فاصله قابل‌توجهی نسبت به چین در این شاخص دارد. علی‌رغم تلاش‌هایی که چین در سال‌های اخیر برای توسعه هوش مصنوعی از نظر سرمایه‌گذاری انجام داده است، اما همچنان با اختلافی ده برابری بعد از آمریکا قرار دارد.



شکل ۵۷. مجموع میزان سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۳.۱.۲ سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنایع و کشورها

در این شاخص، برای ارزیابی وضعیت توسعه هوش مصنوعی در کشورها، سرمایه‌گذاری در شرکت‌های فعال در حوزه هوش مصنوعی به تفکیک صنایع مورد بررسی قرار گرفته است.

روندهای جهانی

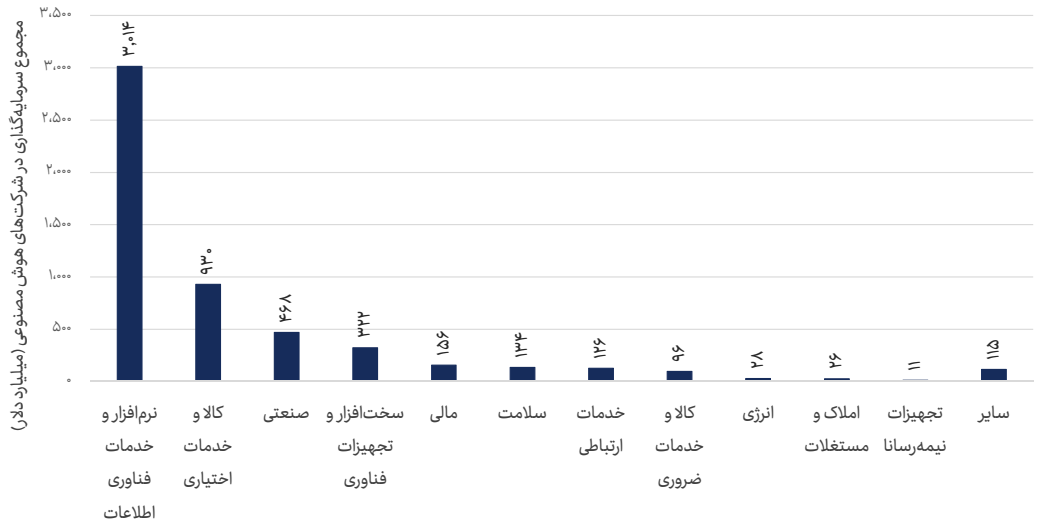
شکل ۵۸ مجموع سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی جهان را در صنایع مختلف نشان می‌دهد. «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، «کالا و خدمات اختیاری»، «صنعتی» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری»، بیشترین سرمایه‌گذاری‌ها را جذب کرده‌اند.

به جهت سهولت، تحلیل این صنایع در سه دسته تقسیم‌بندی شده است: صنایعی که بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را جذب کرده‌اند، صنایعی با سطح متوسط سرمایه‌گذاری و صنایعی که کمترین میزان سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص داده‌اند. در این بخش، صنایع مرتبط با فناوری‌های نوظهور، پیشتاز هستند که دلیل آن، رشد سریع فناوری، اهمیت داده‌ها و نیاز به خدمات مبتنی بر داده است. این صنایع با بهینه‌سازی فرآیندها، تحلیل کلان‌داده‌ها و توسعه نرم‌افزارهای هوشمند، توانسته‌اند توجه سرمایه‌گذاران را به خود جلب کند. حضور دسته‌های متنوع صنعت فناوری اطلاعات و بخش‌های مختلف زنجیره ارزش آن در میان صنایعی که بیشترین سرمایه‌گذاری هوش مصنوعی را به خود اختصاص داده‌اند، گواه این است که اقبال جهانی برای کسب سود و امید به بازگشت سرمایه بالا در این صنایع، حائز اهمیت است.

صنایعی مانند امور مالی، حوزه سلامت، خدمات ارتباطی و کالا و خدمات ضروری، در سطح متوسطی از سرمایه‌گذاری قرار دارند. رشد تجارت الکترونیک و نیاز به رقابت‌پذیری بالا در خدمات مالی، شرکت‌ها را به سرمایه‌گذاری بیشتر در هوش مصنوعی ترغیب کرده است. در بخش امور مالی، هوش مصنوعی برای مدیریت ریسک، تحلیل داده‌های مالی و بهبود تجربه مشتری به کار گرفته می‌شود. رقابت شدید در این صنعت و نیاز به افزایش بهره‌وری، سرمایه‌های قابل‌توجهی را به این حوزه‌ها هدایت کرده است.

در دسته سوم که کمترین میزان سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص داده‌اند، طیف وسیعی از صنایع و کاربردهای هوش مصنوعی در آن‌ها مشاهده می‌شود که هر کدام البته میزان کمی از توجه‌ها را به خود جلب کرده‌اند. صنایعی مانند انرژی، املاک و مستغلات، تجهیزات نیمه‌رسانا و سایر صنایعی که در دسته‌های قبلی قرار نگرفتند.

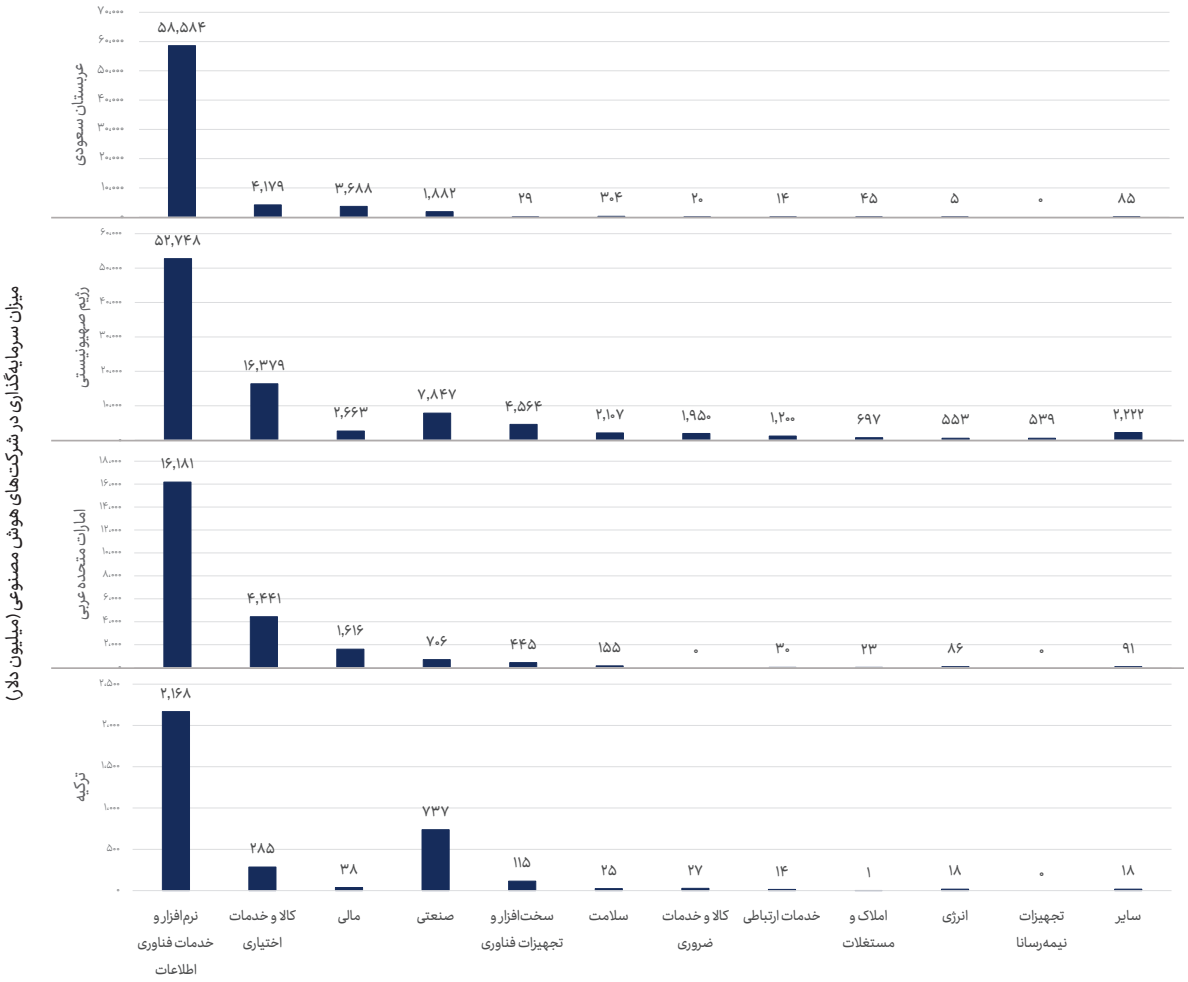
در مجموع، این تحلیل نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری‌ها در شرکت‌های هوش مصنوعی عمدتاً بر صنایعی متمرکز شده که به‌سرعت در حال تحول و نوآوری هستند، در حالی که صنایع سنتی‌تر هنوز سهم کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. با این حال، انتظار می‌رود با افزایش نیاز به بهره‌برداری از داده‌ها و فناوری‌های پیشرفته، سرمایه‌گذاری در این صنایع نیز در آینده نزدیک افزایش یابد.



شکل ۵۸. مجموع سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی جهان به تفکیک صنایع، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منطقه

همان طور که در شکل ۵۹ نشان داده شده است، عربستان سعودی و رژیم صهیونیستی در مجموع بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را در صنایع مختلف به خود اختصاص داده‌اند؛ با این تفاوت که عربستان در مجموع، تمرکز بیشتری را در چند صنعت خاص داشته است. به‌صورت دقیق‌تر، عربستان در صنایع «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» و «امور مالی» بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را انجام داده، ولی رژیم صهیونیستی به جز این موارد، در بخش‌های متنوع دیگری مانند «کالا و خدمات اختیاری»، «صنعتی» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» نیز سرمایه‌گذاری کرده است. پس از این دو کشور، امارات متحده عربی و ترکیه با فاصله زیاد قرار دارند. امارات متحده عربی عمدتاً در چهار حوزه نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات، کالا و خدمات اختیاری، امور مالی و صنعت، سرمایه‌گذاری کرده است. این کشور با تمرکز بر این صنایع، به دنبال ارتقای جایگاه خود در منطقه و جهان است. از سوی دیگر، ترکیه سرمایه‌گذاری خود را به طور پراکنده در صنایع مختلف توزیع کرده است.[۳۹]



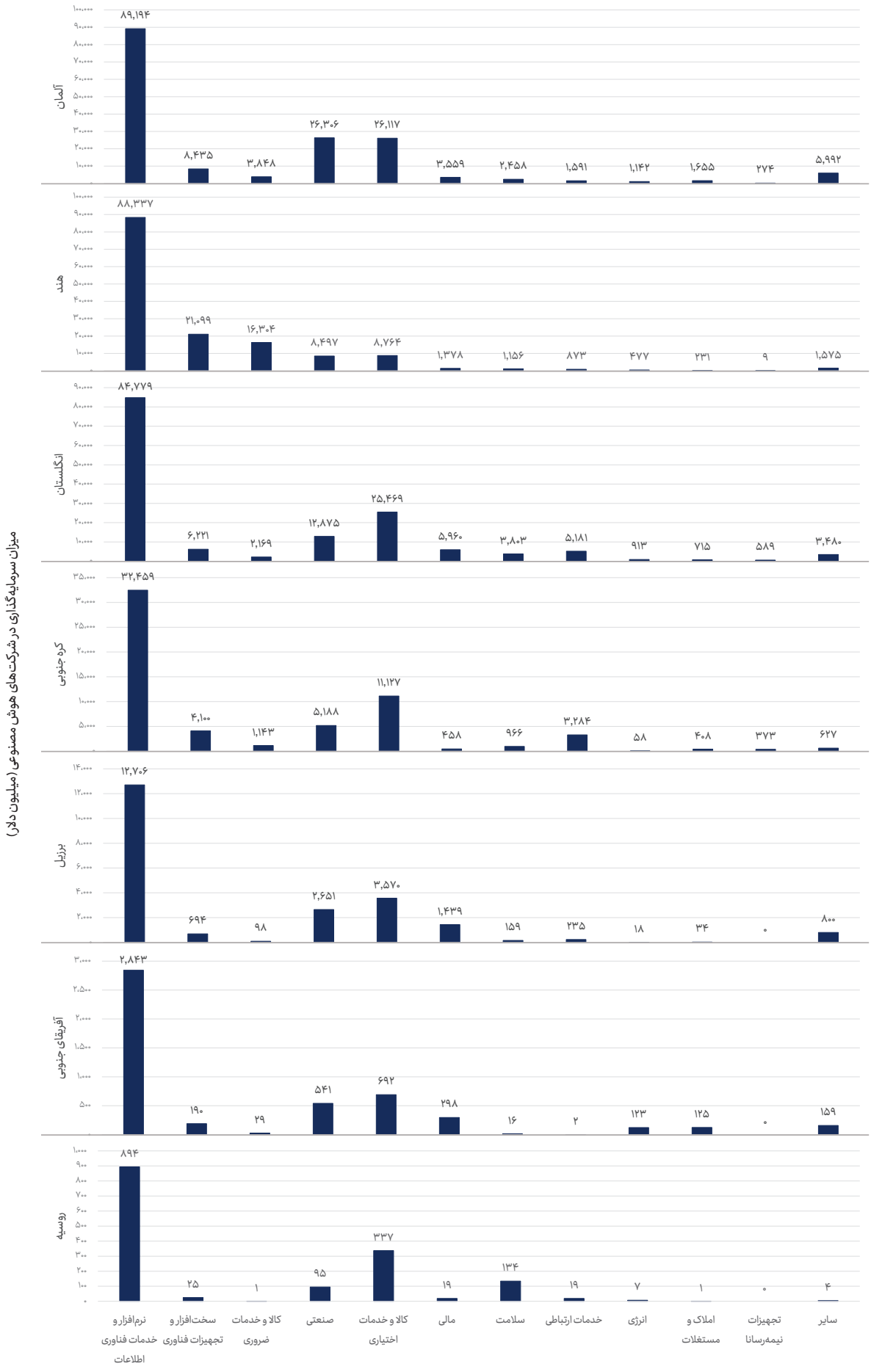
شکل ۵۹. میزان سرمایه‌گذاری کشورهای منطقه در شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنایع، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۳۹ به دلیل عدم وجود داده‌های سرمایه‌گذاری ایران به تفکیک صنایع، در این بخش اضافه نشده است.

کشورهای منتخب

همان طور که در شکل ۶۰ قابل مشاهده است، سه کشور آلمان، انگلستان و هند با اختلاف قابل‌توجهی بیشترین میزان سرمایه‌گذاری در صنایع مختلف را نسبت به سایر کشورهای این گروه انجام داده‌اند. پس از آن‌ها، کره جنوبی و برزیل قرار دارند. حجم سرمایه‌گذاری‌های روسیه و آفریقای جنوبی در مقایسه با سایر کشورهای این دسته بسیار ناچیز است. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که داده‌های سرمایه‌گذاری بعضی از کشورها مثل روسیه، به‌صورت کامل منتشر نمی‌شود.

همه کشورهای این گروه تمرکز عمده‌ای بر سرمایه‌گذاری در صنایع فناورانه داشته‌اند و رقابت شدیدی در این حوزه مشاهده می‌شود. «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، «صنعتی»، و «کالا و خدمات اختیاری» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» از جمله این فناوری‌ها هستند که برتری سه کشور آلمان، انگلستان و هند در آن‌ها قابل‌توجه است. آلمان و انگلستان به جز چهار صنعت نام‌برده، سرمایه‌گذاری نسبتاً متوازنی را در باقی صنایع داشته‌اند. هند اما میزان سرمایه‌گذاری زیادی را به بخش «کالا و خدمات ضروری» معطوف داشته و سرمایه‌گذاری سه و چهار برابری نسبت به آلمان و انگلستان در بخش «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» داشته است. سرمایه‌گذاری سه کشور آلمان، انگلستان و کره جنوبی در بخش «تجهیزات نیمه‌رسانا» که در بخش زیرساختی هوش مصنوعی حائز اهمیت است، توجه ویژه این کشورها به این مقوله را نشان می‌دهد.

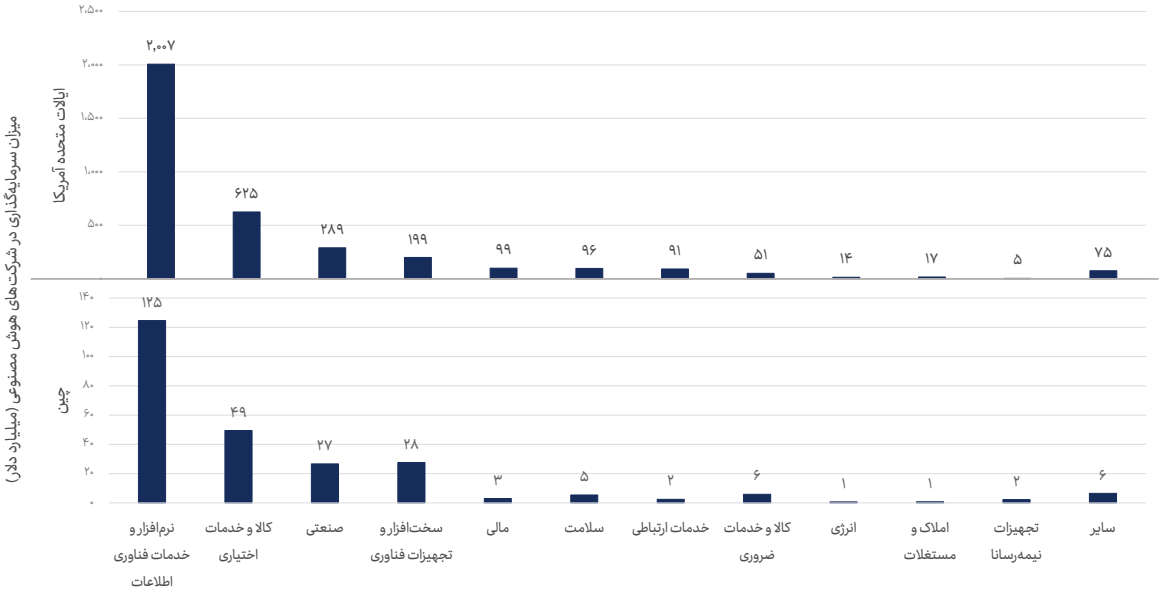


شکل ۶۰. میزان سرمایه‌گذاری کشورهای منتخب در شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنایع، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

شکل ۶۱ نشان می‌دهد میزان سرمایه‌گذاری آمریکا در صنایع مختلف به‌مراتب بیشتر از چین است. البته باید این نکته را یادآوری کرد که ممکن است داده‌های چین در پایگاه داده مورد بررسی این گزارش، به‌خوبی منعکس و ثبت نشده باشد. با این حال، طبق داده‌های موجود، هر دو کشور به طور عمده در صنایعی سرمایه‌گذاری می‌کنند که دارای تحولات فناورانه بالا و رقابت شدید هستند.

ایالات متحده تلاش می‌کند تا مزیت خود را در حوزه‌های «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، «کالا و خدمات اختیاری»، «صنعتی» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» حفظ کند و در عین حال سرمایه‌گذاری متوازنی در سایر حوزه‌ها مانند «خدمات مالی»، «سلامت»، «خدمات ارتباطی» و سایر کاربردها داشته باشد.



شکل ۶۱. میزان سرمایه‌گذاری کشورهای پیشرو در شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنایع، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۳.۱.۳ سرمایه‌گذاری برون‌مرزی

منظور از سرمایه‌گذاری برون‌مرزی[40]، میزان سرمایه‌گذاری خارجی ورودی یا خروجی به کشورها است. در این خصوص، چند مفهوم به کار برده شده در این قسمت تعریف می‌شود:

- ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی[41]، نشان‌دهنده ارزش تخمینی سرمایه‌گذاری‌هایی است که از کشورهای دیگر به سمت شرکت‌های کشور هدف وارد شده‌اند، اما مبلغ دقیق آن‌ها به‌صورت عمومی افشا نشده است. این عدد شامل تمامی معاملات سرمایه‌گذاری است که حداقل یک سرمایه‌گذار خارجی در آن‌ها شرکت داشته است. این تخمین بر اساس مقدار میانگین سرمایه‌گذاری‌های مشابه در کرانچ‌بیس در همان مرحله سرمایه‌گذاری، کشور هدف و سال انجام شده است.
- ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی[42]، نشان‌دهنده ارزش تخمینی سرمایه‌گذاری‌هایی است که از کشور هدف به سمت کشورهای دیگر خارج شده‌اند، اما مبلغ دقیق آن‌ها به‌صورت عمومی افشا نشده است. این تخمین نیز بر اساس مقدار میانگین سرمایه‌گذاری‌های مشابه در همان مرحله سرمایه‌گذاری، کشور هدف و سال انجام شده است.

منبع استخراج داده‌ها، پایگاه داده «کت» است که از داده‌های «کرانچ‌بیس» برای شناسایی شرکت‌های مرتبط با هوش مصنوعی استفاده می‌کند. برای تفکیک کشورها، کت به هر شرکت، ملّیتی بر اساس کشوری که در آن مستقر است اختصاص می‌دهد. همچنین به هر سرمایه‌گذار سازمانی نیز، ملّیت کشوری که آن سازمان (برای سرمایه‌گذاران شرکتی[43]) یا نهاد مدیریتی آن (برای صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر[44] و صندوق‌های سرمایه‌گذاری خصوصی[45]) در آن مستقر هستند را اختصاص داده است.

داده‌های این قسمت باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. بهتر است به‌جای اتکا به داده‌های خام مقدار سرمایه‌گذاری، بیشتر به توزیع و تنوع کشورهای مختلف که با کشورهای مورد مطالعه، تبادل مالی دارند، توجه شود. دلیل این امر، محدودیت‌های روشی موجود برای محاسبه دقیق مقادیر سرمایه‌گذاری است. به‌عنوان مثال، چنانچه یک سرمایه‌گذار خطرپذیر متشکل از سه کشور خارجی، بخواهند در یک کشور سرمایه‌گذاری کنند، میزان دقیق مشارکت هر سرمایه‌گذار افشا نمی‌شود. این موضوع باعث شده که محاسبه دقیق جمع کل سرمایه‌گذاری از سرمایه‌گذاران در یک کشور مشخص، ممکن نباشد.

به دلیل عدم دسترسی به داده‌های مربوط به میزان سرمایه‌گذاری ورودی و خروجی ایران در پایگاه داده کت، امکان مقایسه وضعیت ایران با سایر کشورها در این شاخص وجود ندارد.

40 Cross Border Investments
41 Incoming Estimated Value
42 Outgoing Estimated Value
43 Corporate Investors
44 Venture capital funds
45 Private equity funds

کشورهای منطقه

در این بخش، وضعیت سرمایه‌گذاری برون‌مرزی کشورهای منطقه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در جداول ارائه شده در این بخش، ده کشوری که در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ماه اکتبر ۲۰۲۵ بیشترین سرمایه‌گذاری ورودی و خروجی تخمینی را با کشورهای منطقه داشته‌اند، ارائه شده است. علاوه بر این، میزان سرمایه‌گذاری‌های این کشورها در شرکت‌های داخلی خود نیز در جداول ذکر شده‌اند.

با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی (جدول ۴) و جدول ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی (جدول ۵)، عربستان سعودی بیشترین سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های داخلی خود انجام داده است. پس از آن، با اختلاف قابل توجهی، امارات متحده عربی به عنوان دومین مقصد جذب سرمایه در این کشور قرار دارد، اما عربستان تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری در امارات نشان داده است. کویت نیز با فاصله زیادی پس از امارات، در عربستان سرمایه‌گذاری کرده، اما این رابطه یک‌طرفه بوده است. با اینکه هند سهم بسیار کمی در سرمایه‌گذاری در عربستان دارد، اما عربستان به میزان قابل توجهی در این کشور سرمایه‌گذاری کرده است. همین الگو برای آمریکا نیز صادق است، با این تفاوت که میزان سرمایه‌گذاری آمریکا در عربستان جزو لیست ده سرمایه‌گذاری برون‌مرزی عربستان نیست، اما عربستان سرمایه‌گذاری زیادی را در بازار آمریکا انجام داده است. همچنین نروژ یکی از کشورهایی است که عربستان در آن سرمایه‌گذاری کرده است. نکته قابل توجه، تمایل کمتر عربستان به سرمایه‌گذاری در کشورهایی مانند چین و انگلستان نسبت به آمریکا است.

به طور کلی، رژیم صهیونیستی تمایل به سرمایه‌گذاری در کشورهای متحد خود با محوریت آمریکا را دارد تا جذب سرمایه از کشورهای همسایه و منطقه. رژیم صهیونیستی با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر کشورها، از آمریکا سرمایه جذب کرده است که اختلاف بسیار زیادی با میزان سرمایه‌گذاری در شرکت‌های خود دارد. در زمینه سرمایه‌گذاری خروجی نیز، آمریکا به‌عنوان یک مقصد استراتژیک عمل کرده است. پس از آمریکا، انگلستان با فاصله زیادی در رژیم صهیونیستی سرمایه‌گذاری کرده است. کشورهایی مانند آلمان، کانادا، چین و ژاپن نیز در رژیم صهیونیستی سرمایه‌گذاری کرده‌اند، اما در مقابل، سرمایه‌گذاری رژیم صهیونیستی در این کشورها به‌مراتب کمتر بوده است.

سرمایه‌گذاری امارات متحده عربی بر کشورهای پیشرو در فناوری هوش مصنوعی متمرکز است. آمریکا، هند و عربستان سعودی، از مهم‌ترین مقاصد سرمایه‌گذاری امارات محسوب می‌شوند. امارات همچنین با اختلاف زیادی نسبت به کشورهای ذکر شده، در سوئد، کانادا و انگلستان سرمایه‌گذاری کرده است. از میان بازیگران تأثیرگذار بین‌المللی و منطقه‌ای، پاکستان، چین و عربستان سعودی در پروژه‌های محدود و به میزان اندکی در امارات سرمایه‌گذاری کرده‌اند. کشورهای منطقه بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را در امارات انجام داده‌اند؛ این موضوع بیانگر سیاست جذب سرمایه منطقه‌ای این کشور است.

ترکیه با اختلاف قابل‌توجهی نسبت به سایر کشورهای منطقه، در عرصه سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی، بازیگر ضعیف‌تری به‌حساب می‌آید. بیشترین سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های آمریکایی انجام داده است. میزان سرمایه‌گذاری ترکیه در آمریکا، بیش از ۲/۵ برابر سرمایه‌گذاری در شرکت‌های خودی است. ترکیه در جذب سرمایه از هلند بسیار موفق بوده و میزان سرمایه ورودی از این کشور به ترکیه مبلغ قابل‌توجهی است. ایتالیا، انگلستان و عربستان به میزان محدود در شرکت‌های هوش مصنوعی ترکیه سرمایه‌گذاری کرده‌اند، اما ترکیه در کشورهای آمریکا و انگلستان سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌تری انجام داده است.

جدول ۴. ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی کشورهای منطقه (میلیون دلار)، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

عربستان	عربستان	امارات	کویت	فرانسه	آلمان	چین	هند	بحرین	برزیل	سنگاپور
	۱۸،۰۴۸	۱،۵۳۶	۱۹۶	۶۴	۵۶	۴۰	۳۸	۳۷	۳۵	۳۳
رژیم صهیونیستی	آمریکا	رژیم‌صهیونیستی	انگلستان	آلمان	کانادا	چین	ژاپن	سنگاپور	فرانسه	لوکزامبورگ
	۱۵،۷۷۶	۸،۹۷۳	۱،۴۵۰	۹۴۱	۳۸۰	۲۹۴	۲۶۸	۲۶۸	۱۸۰	۱۷۷
امارات	امارات	پاکستان	چین	عربستان	قطر	کویت	آمریکا	روسیه	کنیا	انگلستان
	۶۷۷	۵۲۷	۳۷۵	۲۷۲	۱۳۰	۸۴	۴۹	۲۹	۲۵	۲۴
ترکیه	هلند	ترکیه	ایتالیا	انگلستان	عربستان	لوکزامبورگ	چین	قطر	هند	ایرلند
	۶۷۷	۲۴۶	۲۸	۲۳	۲۰	۱۹	۹	۳	۲	۲

جدول ۵. ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی کشورهای منطقه (میلیون دلار)، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

عربستان	عربستان	آمریکا	هند	چین	امارات	نروژ	کرواسی	فرانسه	انگلستان	مصر
	۱۸،۰۴۸	۱،۸۳۸	۸۱۷	۶۸۷	۲۷۲	۱۱۶	۵۴	۴۸	۳۲	۲۸
رژیم صهیونیستی	رژیم‌صهیونیستی	آمریکا	آلمان	انگلستان	سوئیس	بلژیک	فرانسه	هلند	چین	کانادا
	۸،۹۷۳	۸،۷۹۵	۱،۳۵۱	۴۷۰	۲۷۲	۱۶۰	۱۵۲	۱۰۲	۲۵	۲۰
امارات	آمریکا	هند	عربستان	سوئد	امارات	کانادا	انگلستان	سنگاپور	آلمان	چین
	۷،۶۳۴	۱،۶۹۸	۱،۵۳۶	۱،۱۴۳	۶۷۷	۳۰۴	۲۵۳	۲۱۶	۲۰۱	۱۸۷
ترکیه	آمریکا	ترکیه	انگلستان	آلمان	یونان	کانادا	اسپانیا	قطر	سوئیس	استونی
	۶۵۵	۲۴۶	۱۶۸	۱۷	۱۱	۹	۸	۸	۶	۴

کشورهای منتخب

در این بخش، وضعیت سرمایه‌گذاری برون‌مرزی کشورهای منتخب مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در جداول ارائه شده در این بخش، ده کشوری که بیشترین میزان سرمایه‌گذاری ورودی و خروجی تخمینی را با کشورهای منتخب داشته‌اند، ارائه شده است. همچنین، میزان سرمایه‌گذاری‌هایی که کشورهای هدف در شرکت‌های داخلی خود انجام داده‌اند نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی (جدول ۶) و جدول ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی (جدول ۷)، هند به طور جدی سیاست پذیرش سرمایه‌های خارجی را دنبال می‌کند و میزان سرمایه‌گذاری ورودی آن به مراتب بیشتر از سرمایه‌گذاری خروجی است. این کشور در میان کشورهای مورد بررسی این گروه، بیشترین حجم سرمایه را از سایر کشورها جذب کرده و حجم بالای سرمایه‌گذاری هند در شرکت‌های هوش مصنوعی داخلی، اهمیت بالای این فناوری را در هند نشان می‌دهد. روابط سرمایه‌گذاری بین هند و ایالات متحده آمریکا بسیار استراتژیک و قوی است؛ به طوری که هند بیشترین سرمایه‌گذاری را از آمریکا جذب کرده و بیشترین سرمایه‌گذاری را بعد از شرکت‌های خودش در آمریکا انجام داده است. با این حال، میزان سرمایه‌گذاری ورودی از آمریکا به هند به طور چشمگیری بیشتر از سرمایه‌گذاری خروجی هند به آمریکا است. سایر کشورها مانند انگلستان، امارات و چین نیز سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجهی در هند انجام داده‌اند؛ اما سرمایه‌گذاری همه این کشورها دارای اختلاف بسیار زیادی نسبت به سرمایه‌گذاری آمریکا در هند است. از سوی دیگر، هند تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری در کشورهای مختلف دارد و به جز آمریکا، شرکت‌های مستقر در کشورهای آلمان، سنگاپور، کانادا و استرالیا توانسته‌اند تنها مقادیر اندکی از سرمایه‌گذاری‌های هند را جذب کرده‌اند.

انگلستان بیشترین میزان سرمایه‌گذاری خروجی را در این گروه به خود اختصاص داده است. پس از آمریکا که اصلی‌ترین مقصد سرمایه‌گذاری انگلستان است، کشورهای سوئد، هند، آلمان و فرانسه از مهم‌ترین مقاصد سرمایه‌گذاری انگلستان هستند. با این حال، سرمایه‌گذاری خروجی انگلستان به این کشورها بیشتر از سرمایه‌گذاری ورودی از آن‌ها است. مجموع سرمایه‌گذاری ورودی و خروجی انگلستان و آمریکا، یک رکورد دست‌نیافتنی به‌جای گذاشته است. انگلستان در میان این گروه، یکی از کشورهایی است که بیشترین میزان سرمایه‌گذاری را در داخل کشور خود انجام داده است.

آلمان به طور کلی تمایل بیشتری به جذب سرمایه‌گذاری از کشورهای دیگر دارد؛ به طوری که میزان سرمایه‌گذاری ورودی این کشور بیشتر از سرمایه‌گذاری خروجی آن بوده است. آلمان و آمریکا بیشترین تبادلات سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های یکدیگر داشته‌اند. کشورهایی مانند سوئد، انگلستان، اسپانیا و سوئیس به‌عنوان مقاصد جذاب‌تری برای سرمایه‌گذاری آلمان شناخته شده‌اند و سرمایه بیشتری از این کشور جذب کرده‌اند. همچنین، کشورهای انگلستان، هلند و سوئد نیز به طور نسبی سرمایه بیشتری را وارد آلمان کرده‌اند.

نکته قابل توجه این است که آمریکا در سه کشور هند، انگلستان و آلمان بیشترین سرمایه‌گذاری را انجام داده؛ به طوری که از میزان سرمایه‌گذاری این کشورها بر شرکت‌های خودشان نیز، مقدار بیشتری سرمایه وارد این کشورها کرده است.

کره جنوبی بیشترین سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های داخلی خود انجام داده است. با این حال، آمریکا با اختلاف زیادی نسبت به سایر کشورها، در کره جنوبی سرمایه‌گذاری کرده و همچنین بیشترین جذب سرمایه را داشته است. پس از آمریکا، کره جنوبی تمایل زیادی به سرمایه‌گذاری در هند داشته، اما شرکت‌های کره‌ای در جذب سرمایه از هند موفقیت چندانی نداشته‌اند. ژاپن نیز از جمله کشورهایی است که بیشتر به سرمایه‌گذاری در کره جنوبی علاقه‌مند بوده تا جذب سرمایه از این کشور. ژاپن، کره جنوبی را به‌عنوان کشوری با پتانسیل بالا برای سرمایه‌گذاری در فناوری هوش مصنوعی شناسایی کرده و تمایل بیشتری به سرمایه‌گذاری در کره جنوبی داشته است.

برزیل تمرکز اصلی خود را بر سرمایه‌گذاری در شرکت‌های مستقر در داخل کشور قرار داده است. با این حال، این کشور بیشترین سرمایه‌گذاری خارجی خود را در شرکت‌های مستقر در آمریکا انجام داده و به طور نسبی نیز سرمایه بیشتری از آمریکا جذب کرده است. پس از آمریکا، کشورهای ژاپن، فرانسه و سوئد با اختلاف بسیار زیادی در برزیل سرمایه‌گذاری کرده‌اند. از سوی دیگر، کانادا و انگلستان به‌عنوان مقاصد جذاب‌تری برای سرمایه‌گذاری برزیل شناخته شده‌اند، هر چند میزان سرمایه‌گذاری در این کشورها نیز با اختلاف زیادی نسبت به آمریکا صورت گرفته است.

آفریقای جنوبی بیشترین سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های داخلی خود انجام داده است. پس از آن، با اختلاف زیادی نسبت به سایر کشورها، سرمایه‌هایی از موریس و انگلستان جذب کرده است. با این حال، این کشور تمایل به سرمایه‌گذاری در کشورهای مطرح در حوزه هوش مصنوعی دارد و در شرکت‌های مستقر در آمریکا، موریس، سنگاپور و لهستان سرمایه‌گذاری محدودی انجام داده است.

روسیه بیشترین سرمایه‌گذاری خارجی خود را در شرکت‌های مستقر در آمریکا انجام داده است و پس از آن، با اختلاف زیادی در شرکت‌های مستقر در چین و هلند سرمایه‌گذاری کرده است. با این حال، روسیه به‌عنوان کشوری با پتانسیل بالا برای سرمایه‌گذاری در فناوری هوش مصنوعی شناخته نشده و به همین دلیل تنها موفق به جذب سرمایه‌گذاری محدودی از کشورهایی مانند فنلاند و سوئد شده است. علاوه بر این، روسیه به‌صورت محدود و در پروژه‌های اندکی در شرکت‌های مستقر در چین، هلند و لتونی سرمایه‌گذاری کرده است.

جدول ۶. ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی کشورهای منتخب (میلیون دلار)، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

هند	آمریکا	هند	انگلستان	امارات	چین	ژاپن	عربستان	هلند	کره‌جنوبی	سنگاپور
	۲۷،۲۷۵	۱۴،۰۱۳	۲،۹۹۳	۱،۶۹۸	۹۸۵	۸۴۵	۸۱۷	۶۷۳	۵۳۸	۴۲۹
انگلستان	آمریکا	انگلستان	آلمان	فرانسه	کانادا	ژاپن	رژیم‌صهیونیستی	هلند	سوئیس	سنگاپور
	۱۹،۳۷۶	۱۹،۰۷۳	۱،۸۳۵	۱،۰۷۷	۷۹۸	۶۹۹	۴۷۰	۴۵۷	۴۴۲	۴۰۹
آلمان	آمریکا	آلمان	انگلستان	هلند	سوئد	فرانسه	رژیم‌صهیونیستی	سوئیس	کانادا	دانمارک
	۱۴،۵۱۶	۱۳،۳۰۶	۲،۱۷۲	۱،۶۲۹	۱،۵۹۳	۱،۴۱۰	۱،۳۵۱	۹۷۵	۹۶۲	۶۹۸
کره‌جنوبی	کره‌جنوبی	آمریکا	ژاپن	چین	ایرلند	سنگاپور	آلمان	اندونزی	مجارستان	برزیل
	۱۲،۸۱۳	۸۷۹	۴۴۱	۸۶	۷۰	۵۴	۲۰	۱۶	۱۴	۱۱
برزیل	برزیل	آمریکا	ژاپن	فرانسه	سوئد	آرژانتین	هلند	انگلستان	آلمان	کانادا
	۳،۸۹۷	۱،۹۳۸	۱۳۰	۱۲۹	۷۱	۳۳	۳۳	۲۴	۲۳	۱۰
آفریقای‌جنوبی	آفریقای‌جنوبی	موریس	انگلستان	فنلاند	سوئد	دانمارک	کانادا	برزیل	مراکش	هلند
	۱،۰۲۵	۳۰	۲۲	۹	۹	۵	۳	۲	۲	۲
روسیه	روسیه	فنلاند	سوئد	سوئیس	قبرس	اندونزی	لوکزامبورگ			
	۲۱۶	۲۵	۳	۳	۲	۱	۱			

جدول ۷. ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی کشورهای منتخب (میلیون دلار)، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

هند	هند	آمریکا	آلمان	سنگاپور	کانادا	استرالیا	بلژیک	انگلستان	چین	دانمارک
	۱۴،۰۱۳	۹،۴۹۵	۴۴۲	۳۶۴	۳۱۵	۲۵۸	۱۶۰	۱۵۲	۱۱۴	۸۴
انگلستان	آمریکا	انگلستان	سوئد	هند	آلمان	فرانسه	چین	رژیم‌صهیونیستی	اسپانیا	سنگاپور
	۳۱،۲۶۶	۱۹،۰۷۳	۵،۴۷۲	۲،۹۹۳	۲،۱۷۲	۱،۹۶۴	۱،۴۵۲	۱،۴۵۰	۱،۲۷۴	۱،۱۵۴
آلمان	آلمان	آمریکا	سوئد	انگلستان	اسپانیا	سوئیس	رژیم‌صهیونیستی	فرانسه	اتریش	چین
	۱۳،۳۰۶	۱۰،۹۶۹	۳،۲۷۵	۱،۸۳۵	۱،۳۷۴	۱،۰۰۷	۹۴۱	۸۹۲	۷۲۸	۶۸۲
کره‌جنوبی	آمریکا	کره‌جنوبی	هند	چین	فرانسه	ژاپن	کانادا	رژیم‌صهیونیستی	سنگاپور	یونان
	۱۴،۱۹۹	۱۲،۸۱۳	۵۳۸	۳۸۰	۳۵۷	۳۰۳	۲۹۱	۱۵۶	۶۳	۵۸
برزیل	برزیل	آمریکا	کانادا	انگلستان	رژیم‌صهیونیستی	مکزیک	شیلی	هلند	عربستان	اسپانیا
	۳،۸۹۷	۳،۷۵۰	۱۲۸	۱۱۷	۱۱۴	۷۳	۵۷	۵۰	۳۵	۱۶
آفریقای‌جنوبی	آفریقای‌جنوبی	آمریکا	موریس	سنگاپور	لهستان	انگلستان	باربادوس	تایوان	استرالیا	چین
	۱،۰۲۵	۲۱۶	۵۰	۲۵	۲۳	۱۹	۱۸	۹	۸	۷
روسیه	آمریکا	روسیه	چین	هلند	لتونی	اسپانیا	انگلستان	سوئیس	امارات	فنلاند
	۴۳۶	۲۱۶	۱۲۷	۱۰۷	۱۰۱	۶۰	۴۵	۳۶	۲۹	۱۴

کشورهای پیشرو

در این بخش، وضعیت سرمایه‌گذاری برون‌مرزی کشورهای چین و ایالات متحده آمریکا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در جداول این بخش، ده کشوری که بیشترین میزان سرمایه‌گذاری ورودی و خروجی تخمینی را با آمریکا و چین داشته‌اند، ارائه شده است. همچنین میزان سرمایه‌گذاری‌هایی که کشورهای هدف در شرکت‌های داخلی خود انجام داده‌اند، نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

بر اساس داده‌های ارائه‌شده در جدول ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی (جدول ۸) و جدول ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی (جدول ۹)، آمریکا به عنوان یکی از مهم‌ترین مقاصد سرمایه‌گذاری در حوزه هوش مصنوعی شناخته می‌شود. این جایگاه برجسته به دلیل اکوسیستم نوآوری قوی، سیاست‌های مالی حمایتی و برتری فناورانه آمریکا به دست آمده است. علاوه بر این، آمریکا برای حفظ برتری خود در هوش مصنوعی، تمایل بیشتری نسبت به چین به سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها و پروژه‌های استراتژیک و با بازدهی بالا دارد.

کشورهایی مانند انگلستان، کانادا، هند، ژاپن، آلمان، رژیم صهیونیستی، چین، کره جنوبی و سنگاپور، بیشترین روابط سرمایه‌گذاری را با آمریکا در حوزه هوش مصنوعی داشته‌اند. آمریکا با اختلاف قابل‌توجهی نسبت به سایر کشورها، بیشترین سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های داخلی خود انجام داده است. پس از آمریکا، انگلستان بیشترین میزان سرمایه‌گذاری ورودی در شرکت‌های آمریکایی را به خود اختصاص داده است، و ژاپن نیز با اختلافی کمتر در این حوزه سرمایه‌گذاری کرده است.

یکی از نکات قابل توجه، میزان سرمایه‌گذاری آمریکا در شرکت‌های چینی و بالعکس است. با نگاهی به جدول ۸ و جدول ۹ مشخص می‌شود که آمریکا با اختلاف قابل توجهی در چین سرمایه‌گذاری کرده است، که نشان می‌دهد این دو کشور با وجود رقابت تکنولوژیکی هوش مصنوعی، همچنان روابط سرمایه‌گذاری را حفظ کرده‌اند.

کشورهای ژاپن، کانادا، کره جنوبی و سنگاپور نیز در میان ده کشوری قرار دارند که بیشترین سرمایه‌گذاری را در شرکت‌های آمریکایی انجام داده‌اند. همان طور که اشاره شد، آمریکا به‌عنوان مقصد جذاب‌تری برای جذب سرمایه از سایر کشورها شناخته می‌شود. با این حال، در مورد هند و رژیم صهیونیستی، به دلایل اقتصادی، سیاسی، امنیتی و استراتژیک، میزان سرمایه‌گذاری خروجی آمریکا به این کشورها بیشتر از سرمایه‌گذاری ورودی از آن‌ها بوده است.

بر اساس نتایج جدول ۹ چین بیشترین مبادلات سرمایه‌گذاری را با کشورهایی مانند آمریکا، سنگاپور، انگلستان، آلمان، هند، تایلند، عربستان سعودی، تایوان و کره جنوبی داشته است. چین در سرمایه‌گذاری‌های ورودی و خروجی، بیشترین تعامل را با آمریکا و سنگاپور داشته، اما در این موارد تمایل بیشتری به سرمایه‌گذاری خروجی نسبت به ورود سرمایه از این کشورها نشان داده است. در رابطه با سایر کشورها، چین به‌عنوان مقصد جذاب‌تری برای ورود سرمایه شناخته می‌شود؛ به طوری که میزان سرمایه‌گذاری ورودی از انگلستان و آلمان بیشتر از سرمایه‌گذاری خروجی چین به این کشورها بوده است.

در جمع‌بندی، لازم به ذکر است که مجموع سرمایه‌گذاری ورودی و خروجی تخمینی سرمایه‌گذاری‌های آمریکا به‌مراتب بیشتر از چین است و این نتایج با روند کلی سرمایه‌گذاری‌های آمریکا و چین همخوانی دارد.

جدول ۸. ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی ورودی کشورهای پیشرو (میلیون دلار)، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

آمریکا	آمریکا	انگلستان	ژاپن	کانادا	کره‌جنوبی	سنگاپور	آلمان	چین	هند	رژیم‌صهیونیستی
	۹۳۳.۹۸۶	۳۱.۲۶۶	۲۸.۵۴۲	۲۴.۶۹۰	۱۴.۱۹۹	۱۱.۲۷۴	۱۰.۹۶۹	۹.۶۴۳	۹.۴۹۵	۸.۷۹۵
چین	چین	آمریکا	سنگاپور	انگلستان	تایلند	عربستان	آلمان	تایوان	کره‌جنوبی	ژاپن
	۸۷.۹۶۰	۶.۱۷۷	۲.۰۸۸	۱.۴۵۲	۷۷۱	۶۸۷	۶۸۲	۴۷۵	۳۸۰	۳۰۹

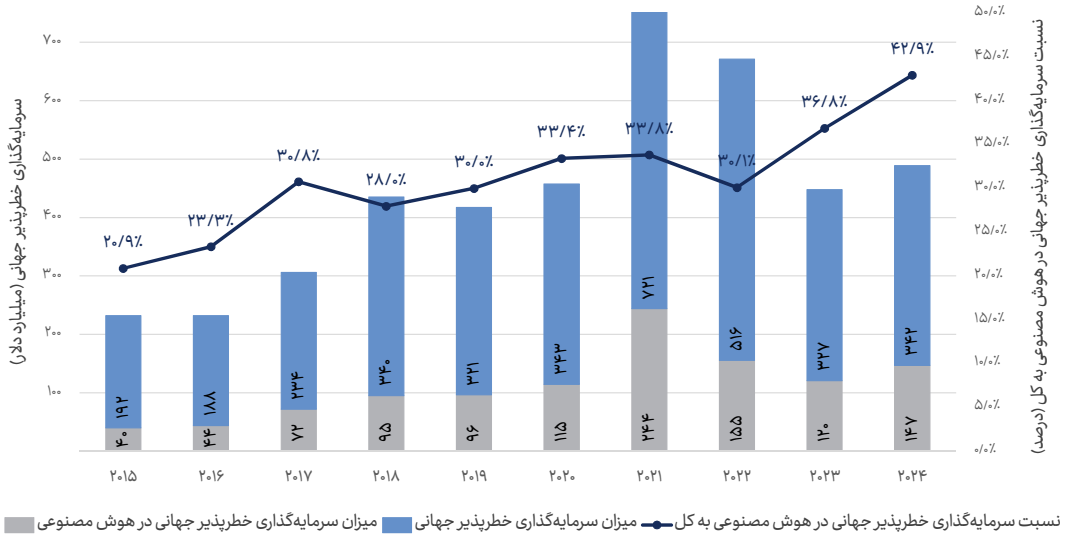
جدول ۹. ارزش سرمایه‌گذاری تخمینی خروجی کشورهای پیشرو (میلیون دلار)، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

آمریکا	آمریکا	هند	کانادا	انگلستان	رژیم‌صهیونیستی	آلمان	فرانسه	چین	سوئیس	استرالیا
	۹۳۳.۹۸۶	۲۷.۲۷۵	۲۵.۷۲۷	۱۹.۳۷۶	۱۵.۷۷۶	۱۴.۵۱۶	۸.۷۱۳	۶.۱۷۷	۴.۱۷۱	۳.۸۵۱
چین	چین	آمریکا	سنگاپور	هند	انگلستان	امارات	آلمان	کانادا	رژیم‌صهیونیستی	سوئیس
	۸۷.۹۶۰	۹.۶۴۳	۳.۲۵۲	۹۸۵	۳۸۱	۳۷۵	۳۲۴	۳۰۰	۲۹۴	۲۵۶

۳.۱.۴ سرمایه‌گذاری خطرپذیر

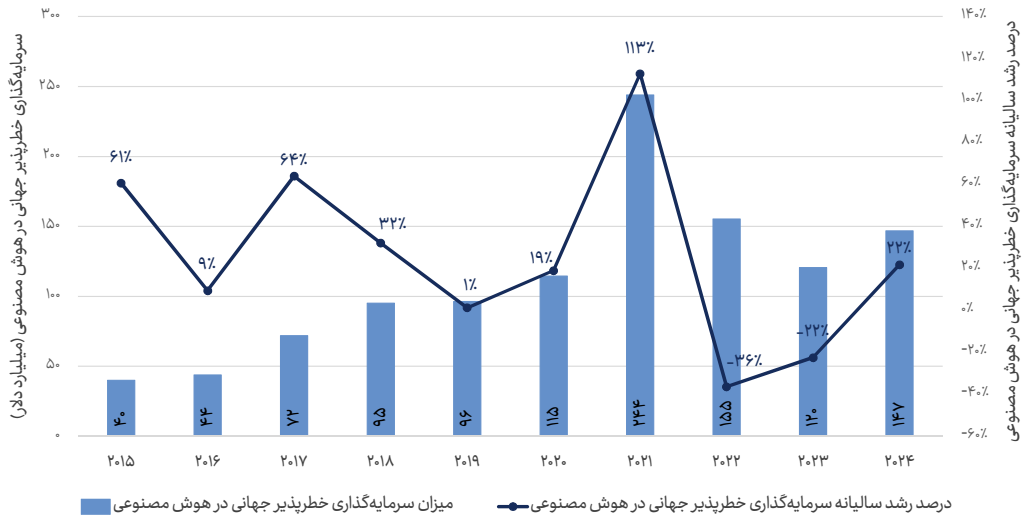
سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی با توجه به ماهیت این صنعت، رشد قابل‌توجهی داشته است. در این بخش، داده‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر از پایگاه OECD.AI استفاده شد. این پایگاه داده، سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های هوش مصنوعی و داده در سراسر جهان را بر اساس داده‌های Preqin، تخمین می‌زند. Preqin یک شرکت خصوصی است که در سال ۲۰۰۳ تأسیس شد و داده‌های مربوط به معاملات سهام خصوصی، صندوق‌ها و مدیران صندوق را جمع‌آوری می‌کند. اطلاعات ارائه شده توسط Preqin شامل اطلاعات شرکت‌های جذب‌کننده سرمایه‌گذاری خطرپذیر، معامله شکل گرفته و سرمایه‌گذاران می‌شود.

شکل ۶۲ تصویری از روند جهانی میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که نسبت سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی به کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر در جهان[۴۶] از حدود ۲۱ درصد در سال ۲۰۱۵ به حدود ۴۳ درصد در سال ۲۰۲۴ رسیده است. سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در هوش مصنوعی از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴ تغییر چندانی نداشته، اما به واسطه کاهش کل میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در دو سال اخیر، این نسبت سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در هوش مصنوعی به کل افزایش یافته است.



شکل ۶۲. میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی به صورت کلی و در هوش مصنوعی و نسبت این دو با هم، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

در شکل ۶۳ مشاهده می‌شود که در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴، درصد رشد سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی روندی نوسانی داشته است. در چند سال گذشته، بیشترین درصد رشد در سال ۲۰۲۱ بوده که ۱۱۳ درصد رشد نسبت به سال قبل آن داشته است. میزان خام سرمایه‌گذاری خطرپذیر هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴، در حدود ۱۴۷ میلیارد دلار بوده که رشدی ۲۲ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۳ داشته است.



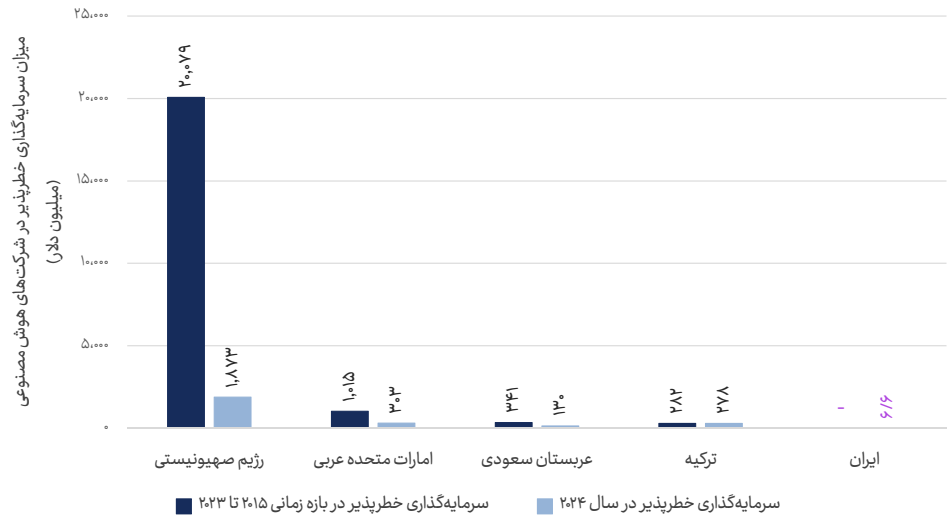
شکل ۶۳. میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در هوش مصنوعی و درصد رشد سالیانه آن، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۴۶ لازم به ذکر است که داده‌های مربوط به سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی از پایگاه داده Dealroom.co استفاده شده است.

کشورهای منطقه

داده‌های این بخش از مرجع OECD.AI استفاده شده و داده‌های مربوط به ایران، از گزارش سالانه انجمن سرمایه‌گذاری خطرپذیر ایران در سال ۱۴۰۳، به دست آمده است.

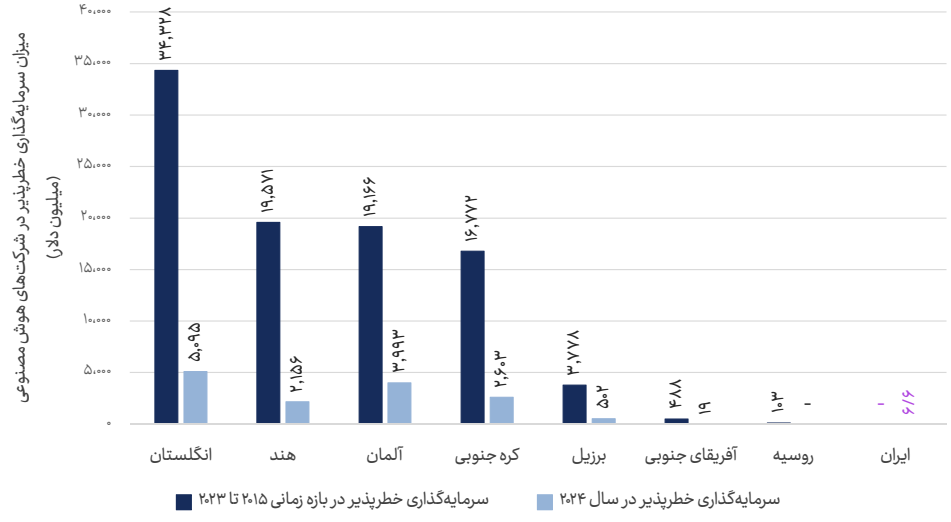
همان طور که در شکل ۶۴ مشخص است، رژیم صهیونیستی در سال ۲۰۲۴، نزدیک به ۱/۹ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های هوش مصنوعی داشته و با فاصله، امارات متحده عربی با ۳۰۳، ترکیه با ۲۷۸ و عربستان سعودی با ۱۳۰ میلیون دلار، در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند. ایران در سال ۱۴۰۳، حدود ۶/۶ میلیون دلار سرمایه‌گذاری خطرپذیر در حوزه هوش مصنوعی داشته است.[۴۷]



شکل ۶۴. میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های هوش مصنوعی کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب

برای مقایسه کشورهای منتخب از نظر سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی همان طور که در شکل ۶۵ آمده، می‌توان گفت که انگلستان در مجموع از سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴، بالاترین میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی را داشته و اختلاف قابل‌توجهی با سایر کشورها دارد. بعد از آن، سه کشور آلمان، هند و کره جنوبی در رده میانی سرمایه‌گذاری خطرپذیر قرار دارند. باقی کشورها شامل برزیل، آفریقای جنوبی، روسیه و ایران نیز پایین‌ترین رتبه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

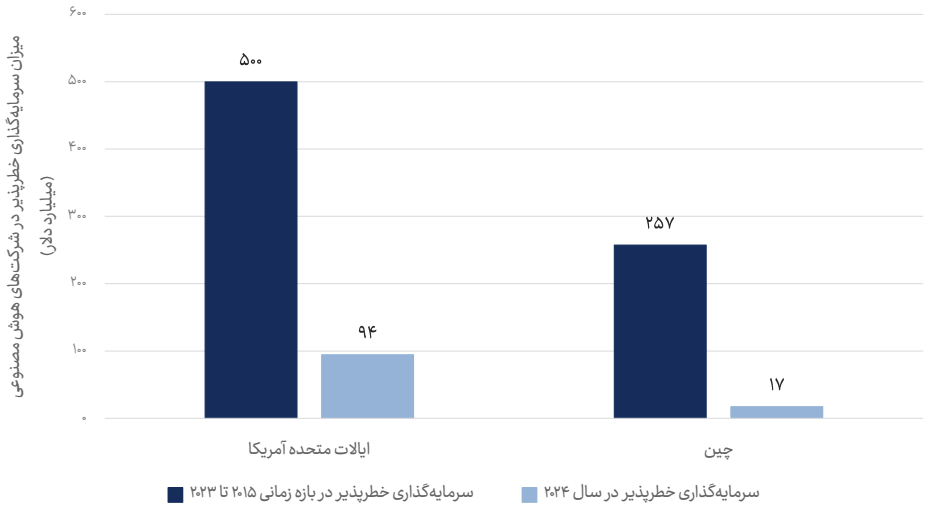


شکل ۶۵. میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های هوش مصنوعی کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۴۷ داده‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر کشور ترکیه، از گزارش «اکوسیستم استارتاپی ترکیه» به دست آمده است (Startups Watch, 2025).

کشورهای پیشرو

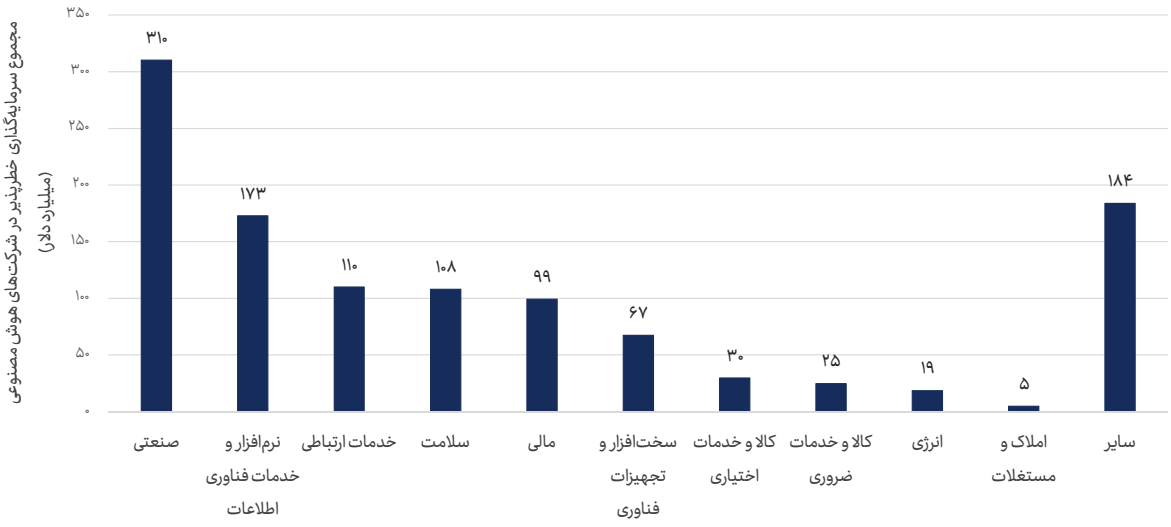
شکل ۶۶ مقایسه کشورهای آمریکا و چین از نظر مجموع سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ را به تصویر می‌کشد. طبق آماری که در این گزارش استفاده شده است، مجموع کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در هوش مصنوعی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ حدود ۱,۱۲۸ میلیارد دلار بوده است که آمریکا به تنهایی با مجموع ۵۹۴ میلیارد دلار، حدود ۵۳ درصد از آن را به خود اختصاص داده است. چین اما با فاصله زیادی پس از آمریکا قرار داشته و میزان ۲۷۴ میلیارد دلار در بازه ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ را به خود اختصاص داده است.



شکل ۶۶. میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های هوش مصنوعی کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۳.۱.۵ سرمایه‌گذاری خطرپذیر به تفکیک صنایع

شکل ۶۷ مجموع سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنایع را در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ نمایش می‌دهد. توجه زیاد سرمایه‌گذاران خطرپذیر به حوزه‌های تولیدی و صنعتی گواهی بر این مدعا است که کاربردهای هوش مصنوعی برای بهره‌وری بیشتر در صنایع، جذابیت قابل‌توجهی برای آن‌ها ایجاد کرده است. «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» با اختلاف در جایگاه دوم قرار داشته و «خدمات ارتباطی»، «سلامت» و «مالی» در دسته‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

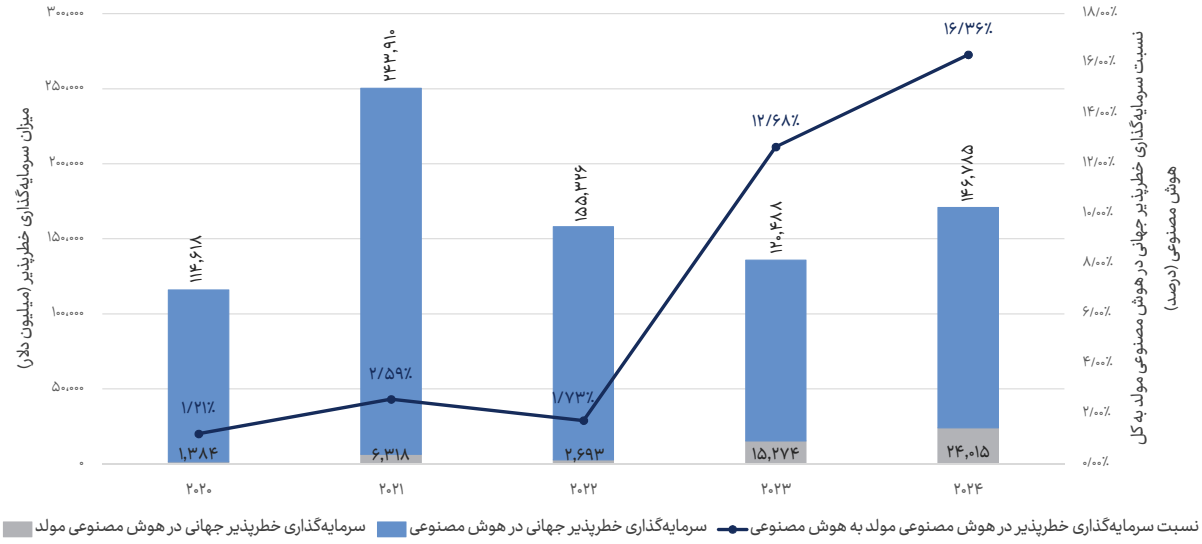


شکل ۶۷. مجموع سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنایع، از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴.

۳.۱.۶ سرمایه‌گذاری خطرپذیر در هوش مصنوعی مولد

شکل ۶۸ روند کلی سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در هوش مصنوعی مولد در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ را به تصویر می‌کشد. برای بررسی بهتر، تغییر و تحولات در این شاخص را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد؛ رشد تدریجی در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ که با پیشرفت‌های اولیه در مدل‌های زبانی بزرگ و تقاضا برای کاربردهای آن با توجه به همه‌گیری کرونا و نیاز به اتوماسیون بیشتر همراه بود؛ و دسته دوم که انفجار بزرگی از اواخر سال ۲۰۲۲ شروع شد و تا انتهای بازه مورد بررسی یعنی سال ۲۰۲۴ ادامه پیدا کرد.

هوش مصنوعی مولد از سال ۲۰۲۰ تا سال ۲۰۲۲ در حدود یک یا دو درصد از کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی بر هوش مصنوعی را به خود اختصاص داده بود. با وجود جهش بزرگ هوش مصنوعی مولد، در سال ۲۰۲۴ این میزان به عدد ۲۴ میلیارد دلار رسیده که حدود ۱۶ درصد از کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر هوش مصنوعی را شامل می‌شود.



شکل ۶۸. سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی هوش مصنوعی مولد و درصد آن از کل سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی هوش مصنوعی، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

۳.۲ رکن دوم: داده و زیرساخت

در ارزیابی وضعیت هوش مصنوعی، داده‌ها و زیرساخت‌ها نقش حیاتی و محوری دارند. ظرفیت توسعه و استفاده از سیستم‌های محاسباتی پیشرفته مانند ابررایانه‌ها، نشان‌دهنده قدرت پردازشی و توانایی مدیریت حجم عظیم داده‌های پیچیده است که برای آموزش مدل‌های هوش مصنوعی پیشرفته ضروری است. علاوه بر این، داده‌ها به‌عنوان ورودی اصلی برای الگوریتم‌های هوش مصنوعی محسوب می‌شوند و بدون دسترسی به داده‌های مناسب و زیرساخت‌های کارآمد برای پردازش و ذخیره‌سازی آن‌ها، پیشرفت در این حوزه امکان‌پذیر نخواهد بود. به همین دلیل، تحلیل زیرساخت‌ها و داده‌ها به‌عنوان بخشی از ارزیابی وضعیت هوش مصنوعی، به شناسایی نقاط قوت و ضعف در توانایی توسعه، پیاده‌سازی و بهره‌برداری از این فناوری کمک می‌کند.

۳.۲.۱ توان پردازشی خوشه‌های GPU[۴۸]

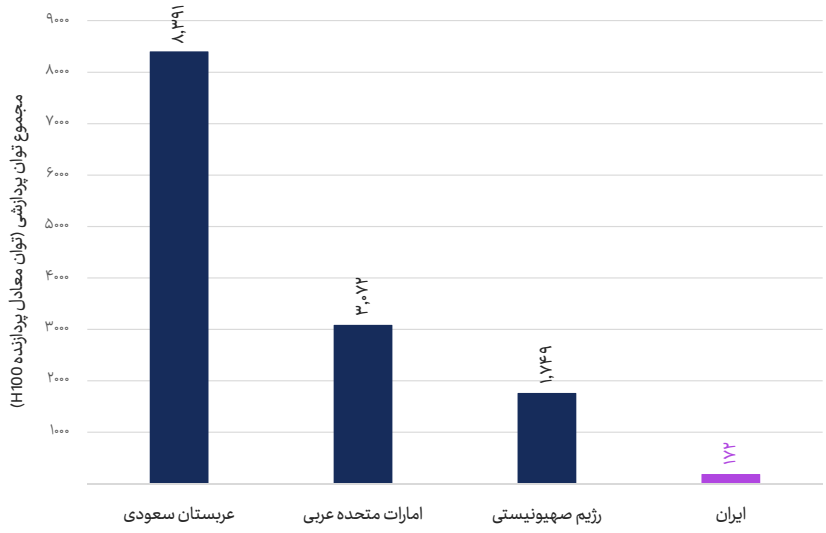
خوشه پردازشی مجموعه‌ای از تراشه‌های تخصصی مانند GPUها و TPUها است که برای دستیابی به عملکرد محاسباتی بالا سازمان‌دهی شده‌اند. بخشی از زیرمجموعه‌های این خوشه‌ها، برای انجام فعالیت‌های مربوط به یادگیری ماشین و هوش مصنوعی استفاده می‌شوند. داده‌های این قسمت، بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ را پوشش می‌دهند.

برای این بخش، از داده‌های پایگاه داده EPOCH.AI استفاده شده است. این پایگاه داده ابتدا خوشه‌های پردازشی فعال را شناسایی و سپس تمام تراشه‌های آن را لیست می‌کند. سپس برای مقایسه‌پذیری بهتر خوشه‌های پردازشی با یکدیگر، توان معادل هر کدام از تراشه‌ها نسبت به توان پردازشی پردازنده H100 محاسبه شده‌اند. ممکن است یک خوشه پردازشی خاص، هیچ پردازنده‌ای از نوع H100 نداشته باشد، اما این معادل‌سازی برای امکان تحلیل مقایسه‌ای صورت می‌گیرد. برای محاسبه توان معادل پردازنده‌های مختلف بر اساس GPU H100 FP8، توان پردازش هر کدام از پردازنده‌ها بر مبنای FLOPS به دست آمده و سپس ضریب نسبی آن‌ها به‌صورت توان معادل هر پردازنده، از تقسیم عملکرد GPU مورد نظر در FP8 یا معادل آن بر عملکرد H100 در FP8 محاسبه شده است.

برای ارزیابی وضعیت کشور ایران نیز از داده‌های معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات استفاده شده و با روشی مشابه، توان‌های پردازشی معادل‌یابی شده‌اند. در داده‌های این بخش، صرفاً تأمین‌کنندگان بزرگ GPU در ایران که سرویس پردازشی می‌دهند، استفاده شده است. لازم به ذکر است که ظرفیت‌های پراکنده دیگری نیز در کشور وجود دارند که در این مقایسه در نظر گرفته نشده‌اند.

کشورهای منطقه

شکل ۶۹ مجموع توان خوشه‌های پردازشی کشورهای منطقه را با هم مقایسه می‌کند[۴۹]. عربستان سعودی بیشترین توان خوشه‌های پردازشی را در میان کشورهای منطقه با معادل حدود ۸,۳۹۱ پردازنده H100 دارد. پس از آن امارات متحده عربی و رژیم صهیونیستی در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. توان پردازشی ایران نیز در مجموع، معادل ۱۷۲ پردازنده H100 برآورد شده است.



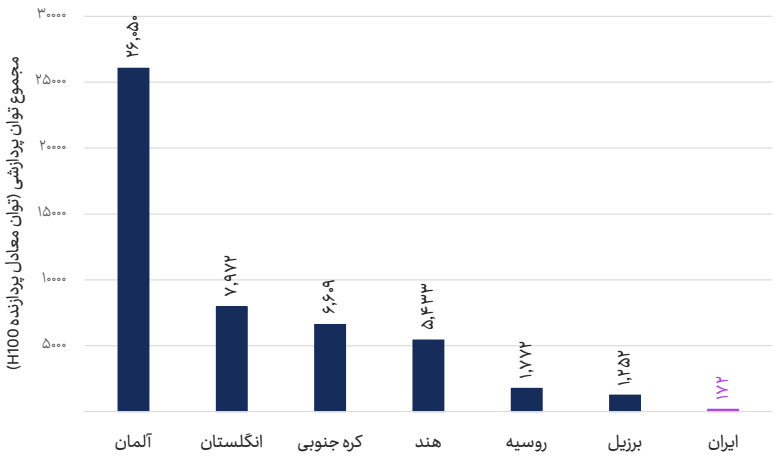
شکل ۶۹. توان معادل خوشه‌های پردازشی نسبت به پردازنده H100 در کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵.

48 GPU cluster

۴۹ داده‌های مربوط به کشور ترکیه در پایگاه داده مورد استفاده در این بخش، موجود نبود.

کشورهای منتخب

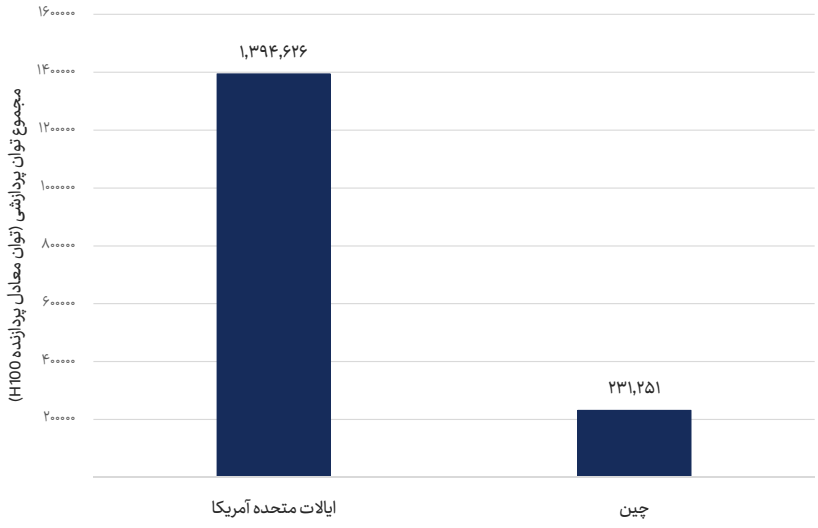
وضعیت کشورهای منتخب از حیث توان پردازشی، در شکل ۷۰ به تصویر کشیده شده است. آلمان با اختلاف زیاد در صدر قرار گرفته و بعد از آن، سه کشور انگلستان، کره جنوبی و هند قرار دارند. روسیه و برزیل نیز با توانی نزدیک به هم، کشورهایی هستند که در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.



شکل ۷۰. توان معادل خوشه‌های پردازشی نسبت به پردازنده H100 در کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵.

کشورهای پیشرو

همان طور که در شکل ۷۱ نمایان است، ظرفیت پردازشی آمریکا در مجموع، تقریباً معادل ۱/۴ میلیون پردازنده H100 است. در حالی که ظرفیت پردازشی چین، در حدود ۲۳۰ هزار پردازنده H100 است. اختلاف حدود ۶ برابری بین ظرفیت خوشه‌های پردازشی این دو کشور، معنادار است و نشان از جایگاه اول ایالات متحده آمریکا در میزان توان پردازشی دنیا دارد.



شکل ۷۱. توان معادل خوشه‌های پردازشی نسبت به پردازنده H100 در کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵.

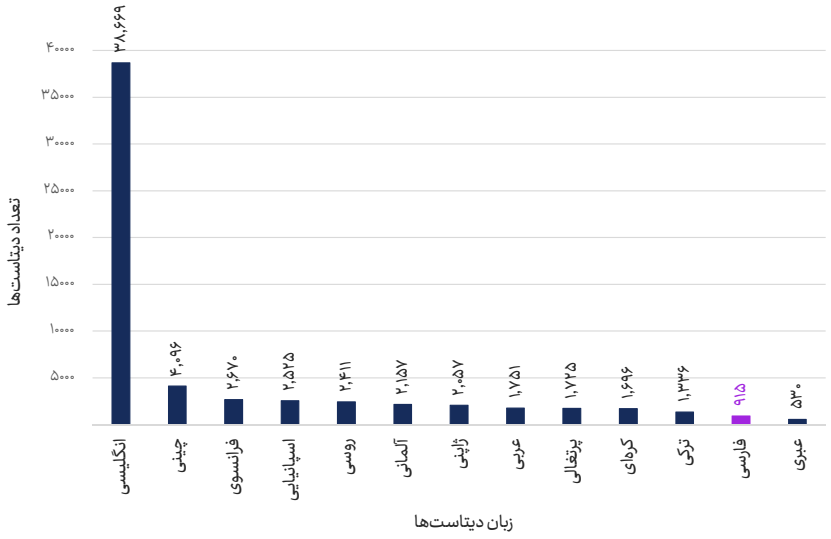
۳.۲.۲ دیتاست‌ها بر اساس زبان

دیتاست‌ها رکن اساسی در هوش مصنوعی به شمار می‌آیند و بدون آن عملاً امکان آموزش و توسعه مدل‌های هوش مصنوعی وجود ندارد. الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق با تکیه بر داده‌ها، الگوها را شناسایی می‌کنند، روابط پنهان را می‌آموزند و بر اساس تجربه گذشته تصمیم‌گیری می‌کنند. هرچه دیتاست‌ها بزرگ‌تر، متنوع‌تر و با کیفیت‌تر باشند، مدل‌ها نیز درک دقیق‌تری از مسئله پیدا می‌کنند و خروجی‌های قابل‌اعتمادتر و نزدیک‌تری به دنیای واقعی ارائه می‌دهند.

اهمیت دیتاست‌ها فقط در حجم آن‌ها خلاصه نمی‌شود، بلکه کیفیت، برچسب‌گذاری صحیح و نمایندگی مناسب از واقعیت نیز نقش حیاتی دارند. دیتاست‌های ناقص، جانب‌دارانه یا نادرست می‌توانند باعث یادگیری اشتباه مدل‌ها شوند و نتایجی غیرمنصفانه یا غیرقابل‌اعتماد تولید کنند. به همین دلیل، جمع‌آوری، پاک‌سازی و طراحی دیتاست‌ها یکی از مهم‌ترین و زمان‌برترین مراحل در پروژه‌های هوش مصنوعی است. برای توسعه کاربردها و مدل‌های هوش مصنوعی بومی نیاز است که دیتاست‌های مناسبی به زبان فارسی وجود داشته باشد.

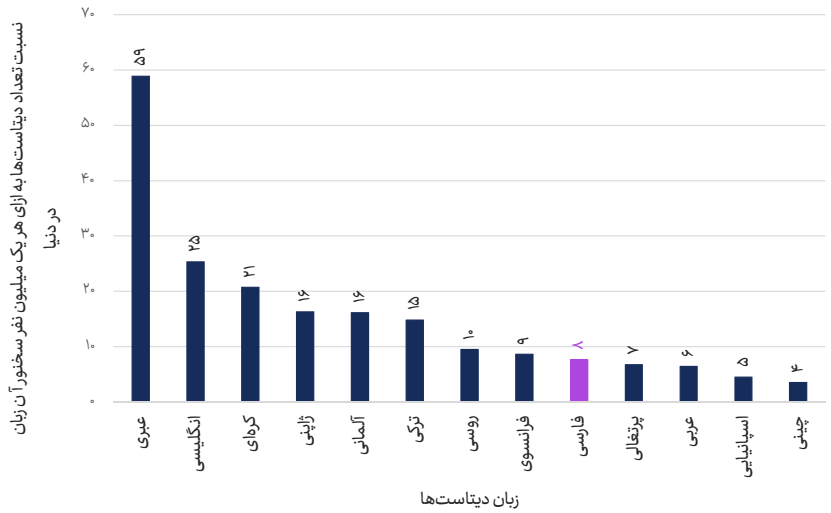
در این بخش، با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه داده Hugging face[50] دیتاست‌های موجود بر اساس زبان بررسی شده‌اند تا تصویری روشن از وضعیت فعلی به دست آید. نکته قابل ذکر این است که پایگاه داده مورد استفاده در این بخش، الزاماً تمام دیتاست‌های مورد استفاده در صنعت هوش مصنوعی را نمایندگی نمی‌کند، اما می‌تواند نشانگر خوبی برای نمایش وضعیت دیتاست‌های زبانی باشد. شکل ۷۲ تعداد دیتاست‌های موجود بر اساس زبان را نشان می‌دهد. دیتاست‌های زبان انگلیسی، غالب دیتاست‌ها را تشکیل می‌دهند. پس از آن، دیتاست‌های زبان‌های چینی، فرانسوی، اسپانیایی و روسی در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. فاصله نزدیک به ۹/۵ برابری دیتاست‌های انگلیسی نسبت به چینی (رتبه‌های اول و دوم از نظر تعداد)، گواهی می‌دهد که دیتاست‌های انگلیسی به‌خوبی گسترش یافته‌اند. در رتبه‌های آخر نیز، دیتاست‌های ترکی، فارسی و عبری قرار دارند که در این پایگاه داده، ۹۱۵ دیتاست به زبان فارسی شناسایی شده است.

همچنین در شکل ۷۳، نسبت دیتاست‌ها به جمعیتی که با آن زبان در دنیا صحبت می‌کنند (سخنوران آن زبان) نشان داده شده است. با وجود اینکه در بین زبان‌های مورد بررسی، زبان عبری کمترین تعداد را داشت، ۵۹ دیتاست به زبان عبری به ازای هر یک میلیون نفر سخنور عبری وجود دارد که بالاترین میزان را به خود اختصاص می‌دهد. پس از آن، زبان انگلیسی با ۲۵ دیتاست به ازای هر یک میلیون سخنور انگلیسی در جایگاه دوم قرار می‌گیرد. همچنین به زبان فارسی، تعداد ۸ دیتاست به ازای هر یک میلیون نفر سخنور فارسی وجود دارد که بیشتر از سرانه دیتاست‌ها به زبان‌های عربی و چینی است.



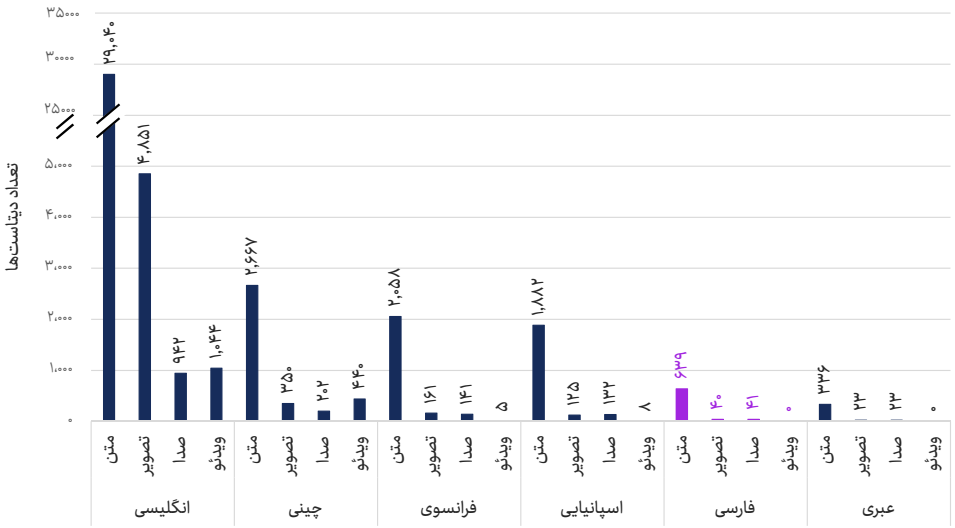
شکل ۷۲. تعداد دیتاست‌ها به تفکیک زبان.

50 Hugging face [Link]



شکل ۷۳. سرانه تعداد دیتاست‌ها به جمعیت سخنوران هر زبان در دنیا.

شکل ۷۴ فراوانی دیتاست‌ها بر اساس انواع متنی، صوتی، تصویری و ویدئویی را به تصویر می‌کشد. در تمام زبان‌ها، دیتاست‌های متنی بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده و پس از آن، دیتاست‌های تصویری، صوتی و ویدئویی قرار دارند.



شکل ۷۴. تعداد دیتاست‌ها بر اساس زبان و نوع.

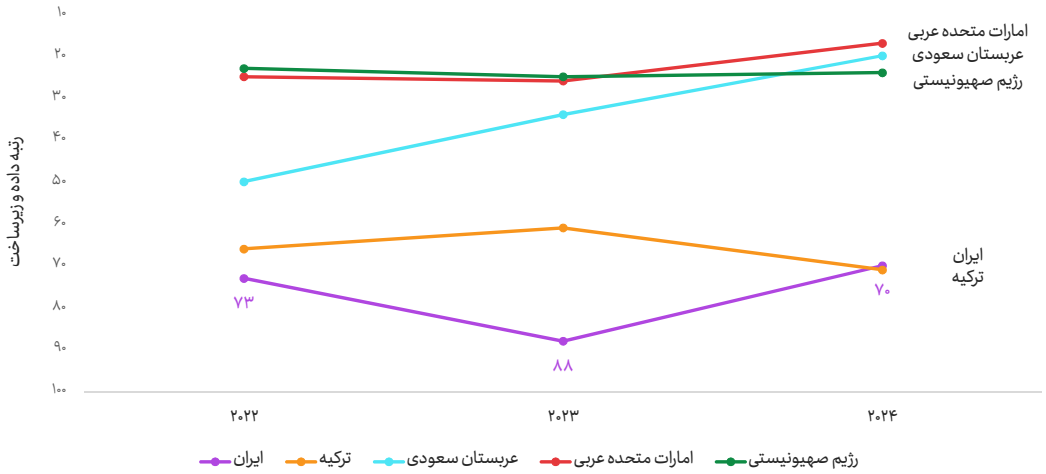
۳.۲.۳ رتبه‌بندی داده و زیرساخت

توسعه هوش مصنوعی نیازمند دسترسی به تعداد عظیمی داده با کیفیت، به‌منظور جلوگیری از سوگیری و خطا هستند. پتانسیل این داده‌ها بدون زیرساخت‌های لازم برای تقویت ابزارهای هوش مصنوعی و ارائه آن‌ها قابل تحقق نیست. در این راستا، چارچوب آمادگی هوش مصنوعی دولت[۵۱] در سه رکن داده و زیرساخت، فناوری و دولت به ارزیابی وضعیت کشورها پرداخته است. در این بخش با تمرکز بر رکن داده و زیرساخت این چارچوب، وضعیت توسعه هوش مصنوعی ایران با سایر کشورها مقایسه شده است. هر یک از این شاخص‌ها به کمک منابع مختلفی از جمله بانک جهانی، نظرسنجی دولت الکترونیک سازمان ملل متحد[۵۲] و غیره بررسی شده و هر یک از کشورها در این رکن امتیازی[۵۳] را کسب نموده‌اند. از طرف دیگر همان طور که در نمودارهای این بخش آمده است، با در نظرگیری امتیاز کلی[۵۴] در هر سه رکن اصلی چارچوب، هر یک از کشورها در مقایسه با یکدیگر رتبه‌بندی شده‌اند که امکان مقایسه وضعیت کلی را طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴ فراهم ساخته است.

51 Government AI Readiness
52 UN e-Government Survey
53 Data & Infrastructure Pillar Score
54 Total Score

کشورهای منطقه

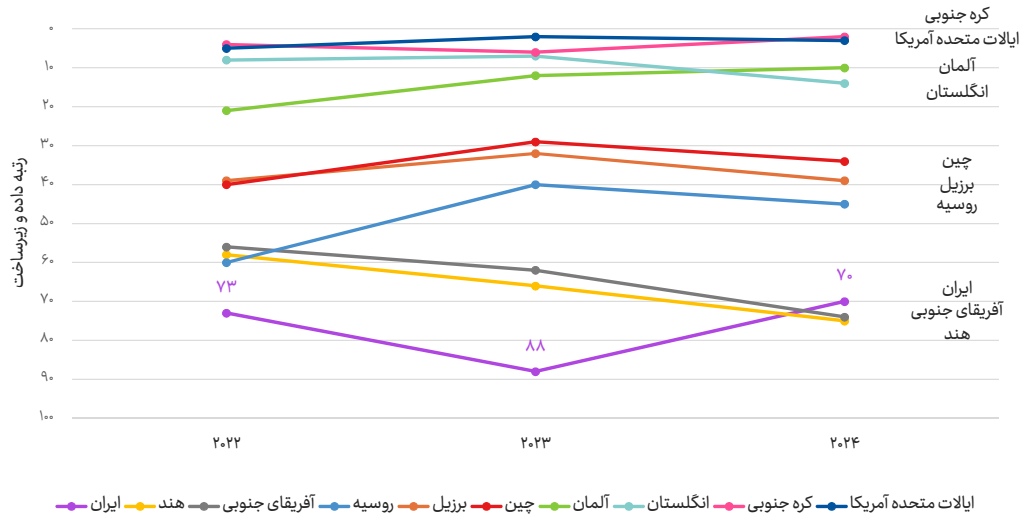
شکل ۷۵ وضعیت توسعه هوش مصنوعی در ایران و چند کشور منطقه را در داده و زیرساخت طی سه سال اخیر مقایسه می‌کند. کشورهای امارات و عربستان روندی پیوسته و رو به رشد در ارتقا زیرساخت‌های داده و آمادگی هوش مصنوعی خود نشان داده‌اند. در بین کشورهای منطقه، عربستان بیشترین رشد را داشته و توانسته از رتبه ۵۰ در سال ۲۰۲۲ به رتبه ۲۰ در سال ۲۰۲۴ برسد. امارات در میان کشورهای مورد بررسی بهترین عملکرد را داشته و در سال ۲۰۲۴ به رتبه ۱۷ جهان رسیده است. این بررسی نشان می‌دهد که ایران طی این سه سال ابتدا روندی نزولی و سپس صعودی داشته است و توانسته در سال ۲۰۲۴، در رتبه‌ای بالاتر از ترکیه قرار گیرد.



شکل ۷۵. رتبه داده و زیرساخت شاخص آمادگی هوش مصنوعی دولت در کشورهای منطقه، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب و پیشرو

شکل ۷۶ مقایسه‌ای از وضعیت توسعه هوش مصنوعی ایران در بخش داده و زیرساخت با کشورهای منتخب و پیشرو طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴ را نشان می‌دهد. ایران در مقایسه با کشورهایی نظیر هند و آفریقای جنوبی نمرات نزدیکی داشته است و در سال ۲۰۲۴ موفق شده است این کشورها را پشت سر بگذارد و نمره بهتری کسب کند. روند کلی نشان می‌دهد که اکثر کشورهای مورد بررسی، در حال بهبود مستمر در زمینه زیرساخت‌های هوش مصنوعی و دسترسی به داده‌ها هستند؛ اما بعضی از آن‌ها با افت جزئی در سال ۲۰۲۴ مواجه شده‌اند.



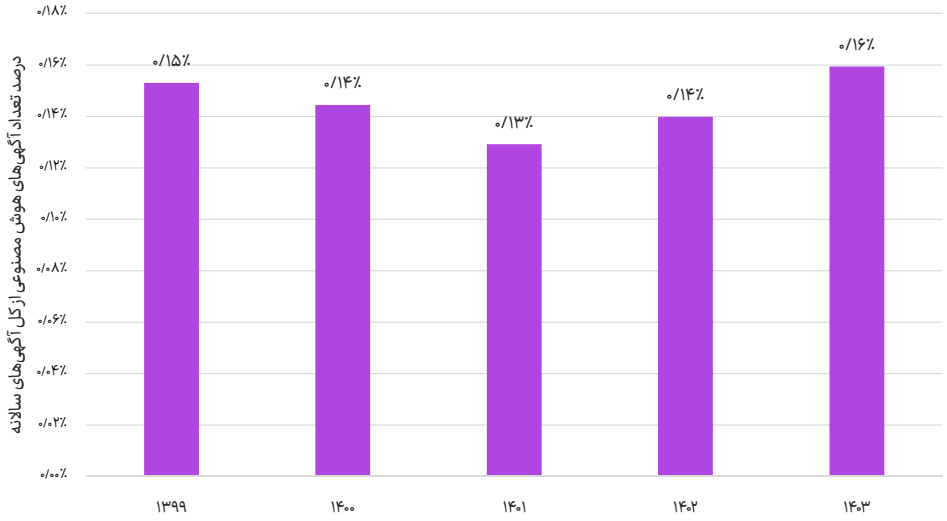
شکل ۷۶. رتبه داده و زیرساخت شاخص آمادگی هوش مصنوعی دولت در کشورهای منتخب و پیشرو، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

۳.۳ رکن سوم: منابع انسانی

در این رکن، وضعیت نیروی کار حوزه هوش مصنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای توضیح بهتر، شاخص‌های این رکن از دو بُعد عرضه و تقاضا تحلیل شده است. در بُعد تقاضا، رفتار و نیازهای شرکت‌ها شامل تعداد موقعیت‌های شغلی و ویژگی‌های آن‌ها بررسی شده است که از داده‌های فرصت‌های شغلی پلتفرم جاب‌ویژن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آژانس‌های کاریابی در ایران استفاده شده است. در مقابل، در بُعد عرضه، به تحلیل ویژگی‌ها و ظرفیت‌های استعدادهای فعال در حوزه هوش مصنوعی پرداخته شده که از داده‌های لینکدین به‌منظور بررسی مشخصات حرفه‌ای، مهارت‌ها و الگوهای فعالیت نیروی کار مورد تحلیل بهره گرفته شده است.

۳.۳.۱ نسبت آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی به کل

نخستین شاخص در بُعد تقاضا، سهم موقعیت‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی و علم داده در مقایسه با کل آگهی‌های شغلی[۵۵] منتشرشده در بازه زمانی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ است. شکل ۷۷ نشان می‌دهد که در سال ۱۴۰۳ نسبت به سال ۱۴۰۲، رشد ۱۴ درصدی در تعداد آگهی‌های مرتبط با هوش مصنوعی در ایران ثبت شده است. با این وجود، نتایج نشان می‌دهد که سهم این آگهی‌ها همچنان بسیار محدود بوده و کمتر از ۰/۲ درصد از کل فرصت‌های شغلی ایران را تشکیل می‌دهد.

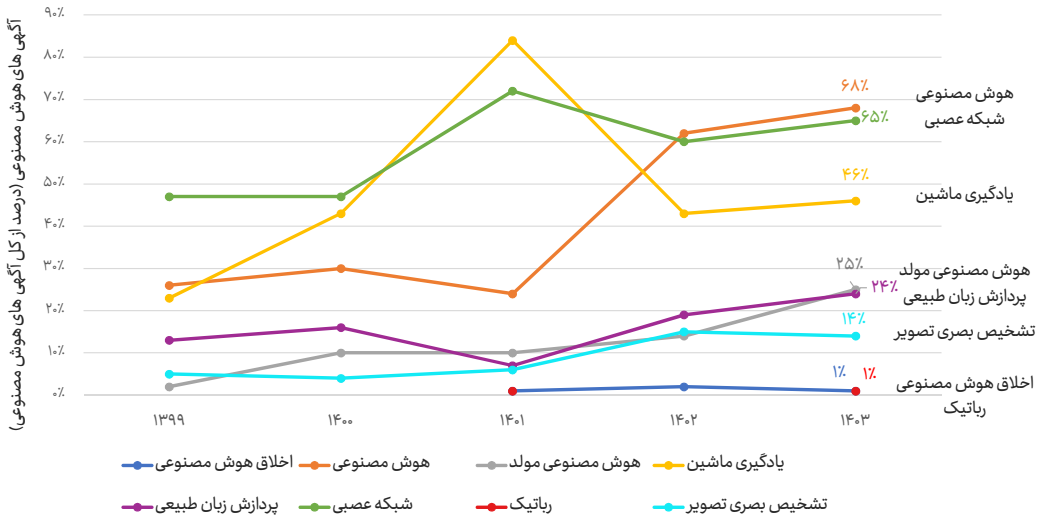


شکل ۷۷. نسبت آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی به کل آگهی‌های منتشرشده در ایران، از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳.

۳.۳.۲ سهم مهارت‌های هوش مصنوعی از آگهی‌های استخدام هوش مصنوعی

بررسی روند موضوعات مختلف در آگهی‌های شغلی حوزه هوش مصنوعی طی سال‌های اخیر (مطابق شکل ۷۸) نشان می‌دهد که تقاضا برای مهارت‌های تخصصی این حوزه به طور قابل‌توجهی افزایش یافته است، هر چند شدت این رشد در میان زیرحوزه‌ها یکسان نیست. مهارت «هوش مصنوعی» و «شبکه‌های عصبی» بیشترین رشد را در این بازه داشته‌اند. در مقابل، «یادگیری ماشین» اگرچه در سال ۱۴۰۱ جهش قابل‌توجهی داشته ، اما در ادامه با کاهش نسبی مواجه شده و سپس مجدداً روندی افزایشی اما ملایم پیدا کرده است. زیرحوزه‌هایی مانند «پردازش زبان طبیعی[۵۶]» و «تشخیص بصری تصویر» نیز طی این دوره رشد تدریجی اما مستمری داشته‌اند و نشان می‌دهند که نیاز بازار کار به مهارت‌های تخصصی در این زمینه‌ها در حال گسترش است. همچنین «هوش مصنوعی مولد» نیز روند روبه رشدی را در سالیان اخیر طی کرده به طوری که در سال ۱۴۰۳، حدود ۲۵ درصد از آگهی‌های هوش مصنوعی متقاضی این مهارت بودند. اما در این میان، «اخلاق هوش مصنوعی» و «رباتیک» در سالیان اخیر نسبتاً ثابت باقی مانده و سهم اندکی از آگهی‌ها را به خود اختصاص داده است که بیانگر پایین بودن تقاضا برای این مهارت در بازار کار ایران است.[۵۷]

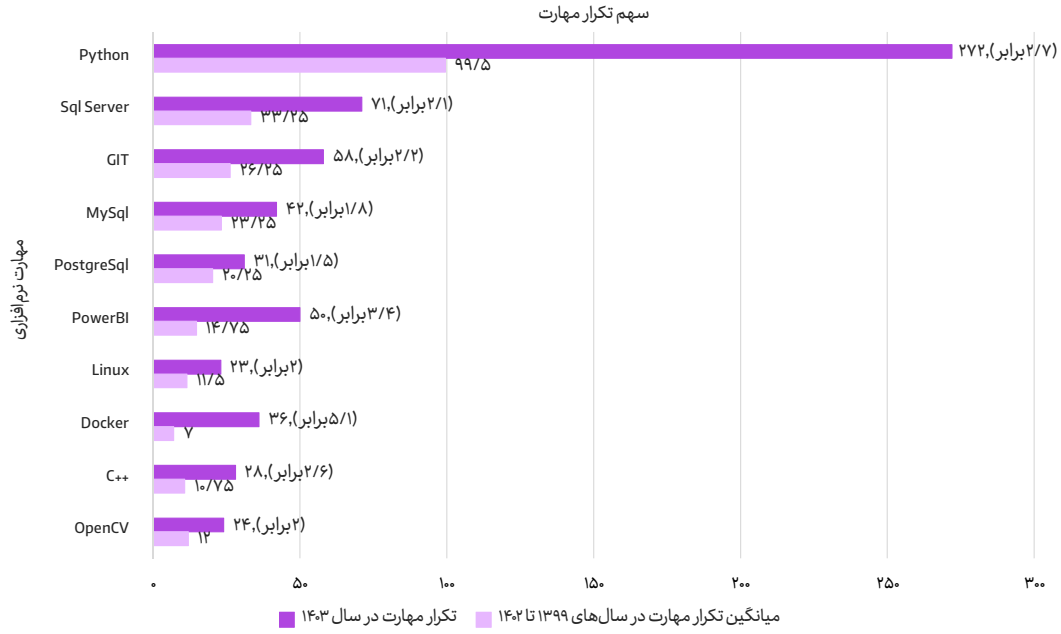
55 Job posting
56 Natural language processing (NLP)
۵۷ بدیهی است حوزه‌های مهارتی مختلف مانند دانش پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین، هم‌پوشانی بزرگی با یکدیگر دارند. همچنین در یک آگهی ممکن است بیش از یک مهارت ذکر شده باشد که این امر، در مجموع درصد مهارت‌ها خود را نشان داده است.



شکل ۷۸. روند تغییرات تقاضا برای مهارت‌های هوش مصنوعی در آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی در ایران، از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳.

۳.۳.۳ مهارت‌های برتر هوش مصنوعی از آگهی‌های استخدام هوش مصنوعی

بر اساس شکل ۷۹، پایتون[58] پرتکرارترین مهارت نرم‌افزاری در آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی است و پس از آن اس‌کیوال سرور[59] در رتبه دوم قرار دارد. بررسی روند تغییرات نشان می‌دهد که برخی مهارت‌ها رشد قابل‌توجهی را تجربه کرده‌اند؛ به‌ویژه داکر[60] که نسبت به سایر مهارت‌ها رشد بیشتری داشته است. پس از داکر، پاور بی‌آی[61] و سپس پایتون بیشترین میزان رشد را در میان مهارت‌های بررسی‌شده نشان می‌دهند که حاکی از افزایش نیاز بازار کار به مهارت‌های تحلیلی، زیرساختی و برنامه‌نویسی در حوزه هوش مصنوعی است.

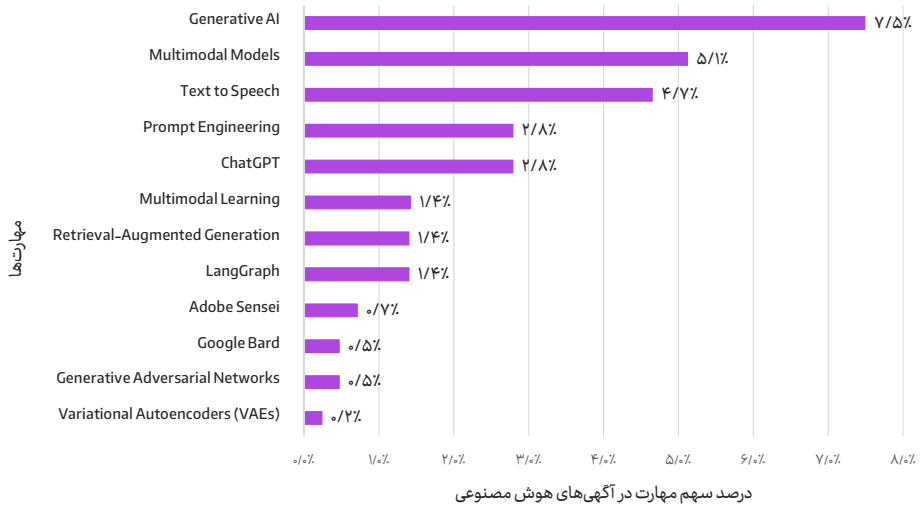


شکل ۷۹. مقایسه تعداد تکرار مهارت‌های نرم‌افزاری در آگهی‌های هوش مصنوعی در سال ۱۴۰۳ و میانگین سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ در ایران.

۳.۳.۴ مهارت‌های برتر هوش مصنوعی مولد از آگهی‌های استخدام هوش مصنوعی

با توجه به ظهور و گسترش مدل‌های زبانی و اهمیت روزافزون آن‌ها، این مهارت‌ها به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شکل ۸۰ نتایج نشان می‌دهد که هوش مصنوعی مولد با سهم ۷/۵ درصد بیشترین سهم را در آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی دارد. پس از آن، مدل‌های چندوجهی و تبدیل متن به گفتار[62] در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. مهارت‌هایی مانند مهندسی پرامپت[63] و ChatGPT سهمی متوسط داشته و مهارت‌های تخصصی‌تر سهمی کمتر از یک درصد را به خود اختصاص داده‌اند.

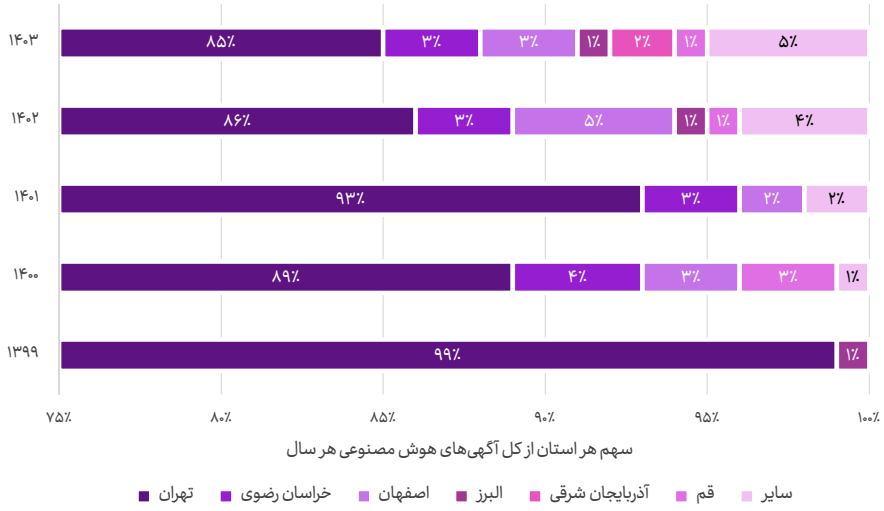
58 Python
59 SQL Server
60 Docker
61 Power BI
62 Text to Speech
63 Prompt engineering



شکل ۸۰. سهم مهارت‌های هوش مصنوعی مولد از آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی در ایران.

۳.۳.۵ آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی به تفکیک استان

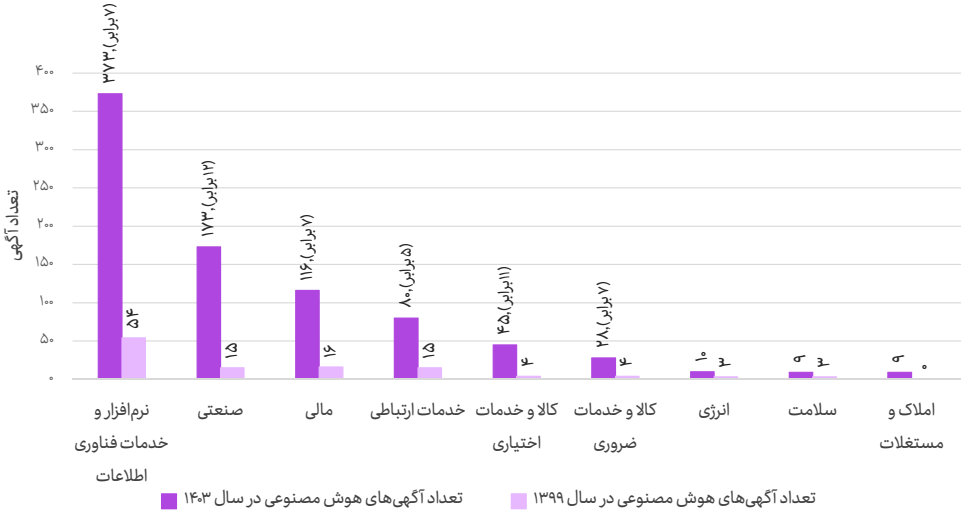
بر اساس داده‌های جاب‌ویژن در شکل ۸۱، می‌توان سهم هر استان در انتشار آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی را مشاهده کرد. در سال ۱۳۹۹، تنها دو استان تهران و البرز سهمی در این زمینه داشتند، اما همان طور که مشاهده می‌شود، با گذر زمان، استان‌های دیگر نیز سهمی از آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی به دست آورده‌اند. به طور مشخص، استان‌های خراسان رضوی، قم و اصفهان به جمع استان‌های فعال در این حوزه پیوسته و بخشی از آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۸۱. سهم استان‌های مختلف ایران از آگهی‌های هوش مصنوعی منتشر شده در ایران، از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳.

۳.۳.۶ آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی به تفکیک صنایع

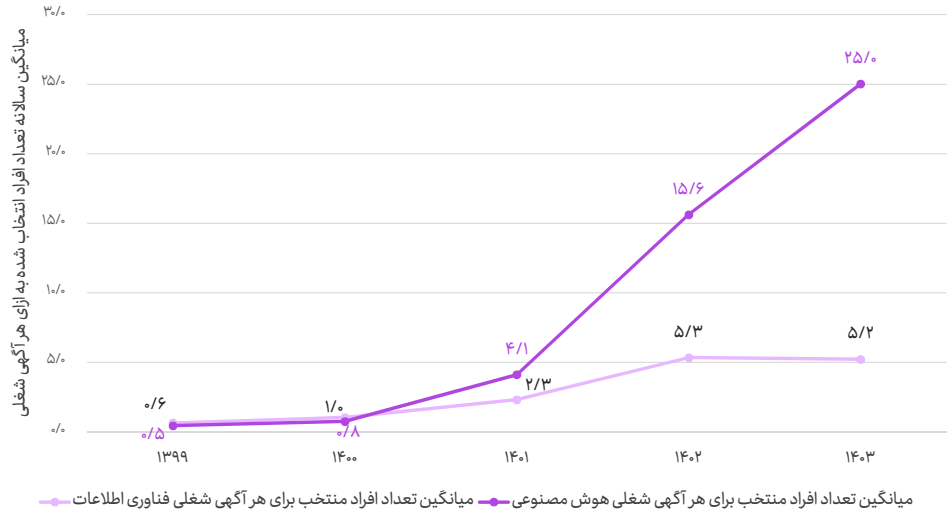
بر اساس داده‌های سال ۱۴۰۳، شکل ۸۲ تعداد آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی بر اساس صنایع مختلف را نشان می‌دهد که بیشترین تقاضا برای استعدادهای هوش مصنوعی در صنعت نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات است. پس از آن، بخش صنعتی و مالی در جایگاه‌های دوم و سوم از نظر تعداد آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی قرار دارند. مقایسه تعداد آگهی‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۳ نشان می‌دهد که اگرچه تقاضا برای این مهارت‌ها در تمامی صنایع افزایش یافته است، اما میزان رشد در بین صنایع یکسان نبوده و برخی بخش‌ها جهش بزرگ‌تری را تجربه کرده‌اند. در حوزه صنعتی، رشد تعداد آگهی‌ها طی این دوره حدود ۱۲ برابر، بخش نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات و بخش مالی حدود ۷ برابر شده است. این روندها نشان می‌دهد که در چهار سال اخیر، در بخش‌های مختلف رشد شتاب‌دار و برجسته‌ای در استفاده و جذب نیروی متخصص هوش مصنوعی شکل گرفته است.



شکل ۸۲. تعداد آگهی‌های شغلی هوش مصنوعی به تفکیک صنایع در ایران، در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۳.

۳.۳.۷ رقابت متقاضیان مشاغل هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات

به‌منظور مقایسه شدت رقابت میان متقاضیان شغل در جاب‌ویژن در حوزه هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات، از بخش فناوری اطلاعات به‌عنوان نقطه مرجع برای مقایسه میزان رقابت استفاده شده است. نتایج شکل ۸۳ نشان می‌دهد که شدت رقابت در میان متقاضیانی که برای موقعیت‌های شغلی هوش مصنوعی به مرحله انتخاب اولیه[۶۴] رسیده‌اند، به‌مراتب بیشتر از حوزه فناوری اطلاعات است. این فاصله در سالیان اخیر بیشتر شده به طوری که در سال ۱۴۰۳، رقابت به ازای هر آگهی شغلی هوش مصنوعی، حدود ۵ برابر بیشتر از کل حوزه فناوری اطلاعات است.



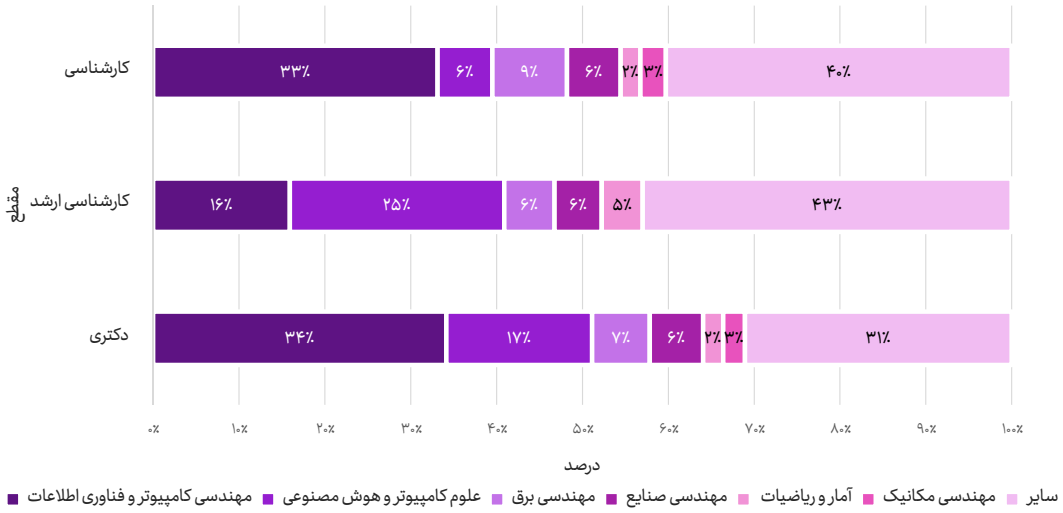
شکل ۸۳. نرخ رقابت کارجویان مشاغل هوش مصنوعی در مقایسه با مشاغل حوزه فناوری اطلاعات در ایران، از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳.

۳.۳.۸ تحصیلات و مقاطع تحصیلی افراد منتخب برای مشاغل هوش مصنوعی

همان گونه که در شکل ۸۴ مشاهده می‌شود، حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد از افراد موجود در فهرست انتخاب اولیه مشاغل هوش مصنوعی، دارای تحصیلات در رشته‌های «مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات» و «علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی» هستند. پس از این گروه، فارغ‌التحصیلان مهندسی برق و مهندسی صنایع در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سطوح پایین‌تر، افرادی با پیش‌زمینه تحصیلی در آمار و ریاضیات نیز دیده می‌شوند.[۶۵]

64 Shortlist

۶۵ علی‌رغم این که سطح تحصیلی عمده افراد انتخاب شده برای مشاغل هوش مصنوعی تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) است، اما سهم آن‌ها نسبت به سطح کارشناسی در سالیان اخیر کاهشی است.

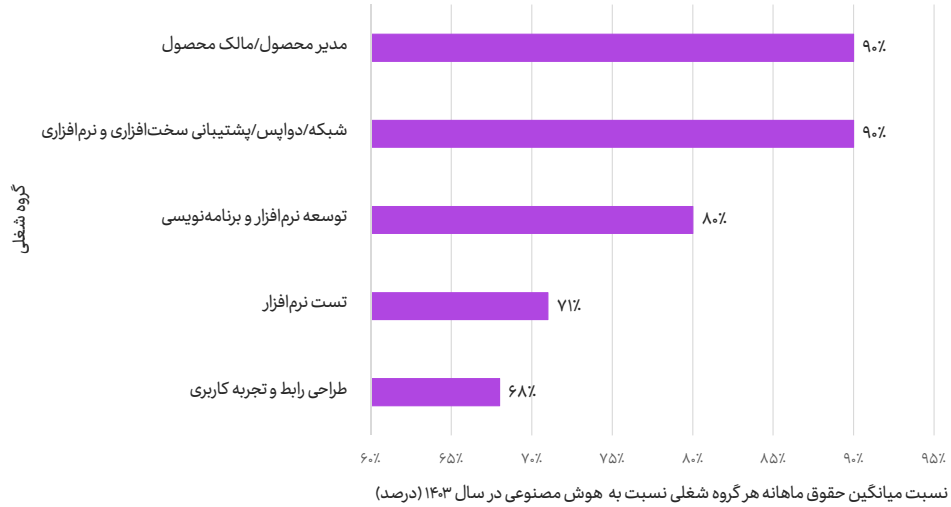


شکل ۸۴. تحصیلات و مدارک تحصیلی افراد انتخاب شده در مرحله اول برای مشاغل هوش مصنوعی.

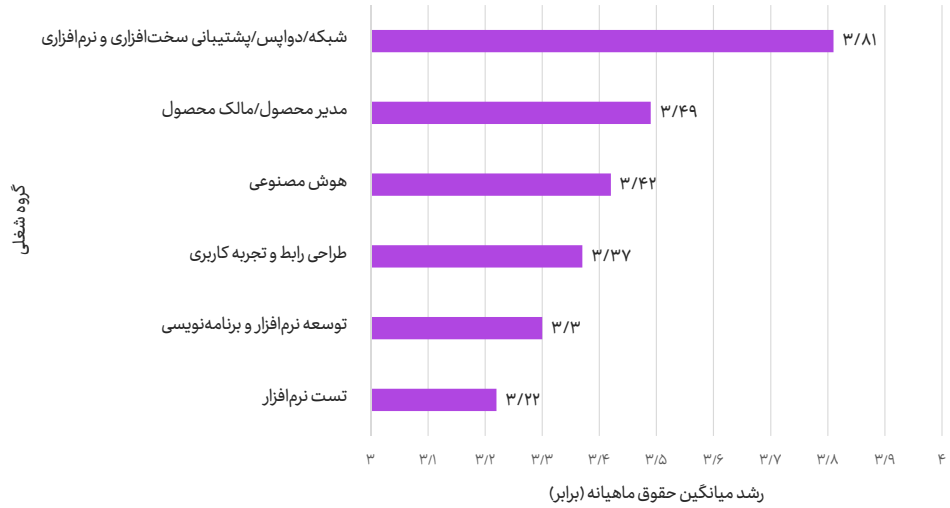
۳.۳.۹ میزان و رشد میانگین حقوق آگهی‌های مشاغل حوزه فناوری اطلاعات

به جهت مقایسه میانگین حقوق آگهی‌های شغلی، شکل ۸۵ میانگین حقوق ماهانه گروه‌های شغلی فناوری اطلاعات نسبت به گروه شغلی هوش مصنوعی در سال ۱۴۰۳ را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۸۶ رشد میانگین حقوق گروه‌های مختلف مشاغل حوزه فناوری اطلاعات را در سال ۱۴۰۳ نسبت به ۱۴۰۰ نمایش می‌دهد.

بر اساس گزارش حقوق و دستمزد جاب‌ویژن، با وجود رشد ۳/۴۲ برابری میانگین حقوق گروه شغلی «هوش مصنوعی» در سال ۱۴۰۳ نسبت به ۱۴۰۰، بیشترین میانگین حقوق دریافتی ماهانه در میان سایر گروه‌های شغلی فناوری اطلاعات در سال ۱۴۰۳، مربوط به این گروه است. همچنین کمترین فاصله میانگین حقوق با گروه هوش مصنوعی، مربوط به گروه شغلی «مدیر محصول/مالک محصول» با ۱۰ درصد و بیشترین فاصله، برای گروه شغلی «طراحی رابط و تجربه کاربری» با ۳۲ درصد فاصله نسبت به میانگین حقوق گروه هوش مصنوعی است.



شکل ۸۵. مقایسه میانگین حقوق ماهانه گروه‌های شغلی فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی، در سال ۱۴۰۳.



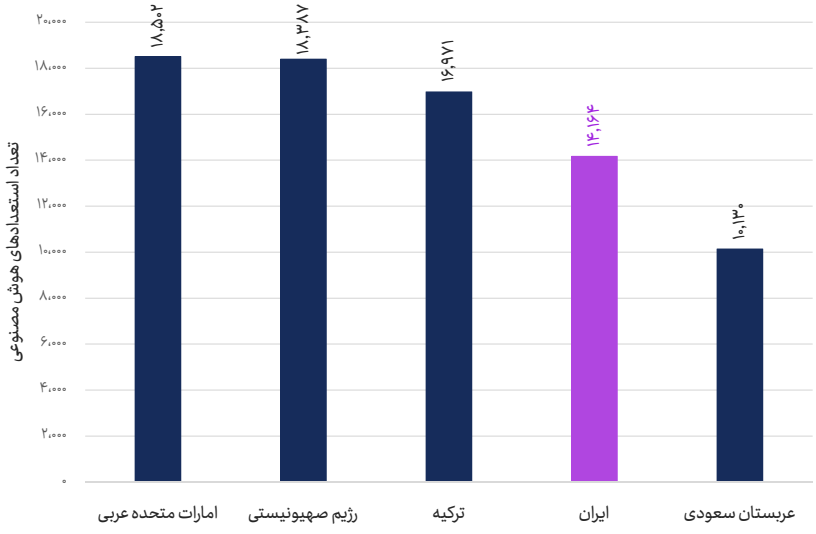
شکل ۸۶. میزان رشد حقوق گروه‌های شغلی فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی، در سال ۱۴۰۳ نسبت به ۱۴۰۰.

۳.۳.۱۰ تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی

در بخش شاخص‌های عرضه استعدادهای هوش مصنوعی، از داده‌های لینکدین استفاده شده است. منظور از استعداد هوش مصنوعی[۶۶]، شخصی است که حداقل دو مهارت فنی مرتبط با هوش مصنوعی را داشته باشد. در ادامه بر اساس مهارت‌های افراد و مکان استقرار در هر سال، این استعدادها شناسایی شده و ادامه شاخص‌ها به آن‌ها پرداخته شده است.

کشورهای منطقه

مطابق شکل ۸۷، در سال ۲۰۲۴ و بر اساس داده‌های لینکدین، امارات متحده عربی با ۱۸,۵۰۲ استعداد هوش مصنوعی بیشترین تعداد استعداد هوش مصنوعی را در میان کشورهای منطقه دارد. پس از آن رژیم صهیونیستی با ۱۸,۳۸۷ استعداد هوش مصنوعی در جایگاه دوم، ترکیه با ۱۶,۹۷۱ استعداد در جایگاه سوم و ایران با ۱۴,۱۶۴ استعداد، در جایگاه چهارم منطقه قرار دارد. عربستان سعودی کمترین تعداد را در میان کشورهای منطقه با ۱۰,۱۳۰ استعداد هوش مصنوعی به خود اختصاص داده است.



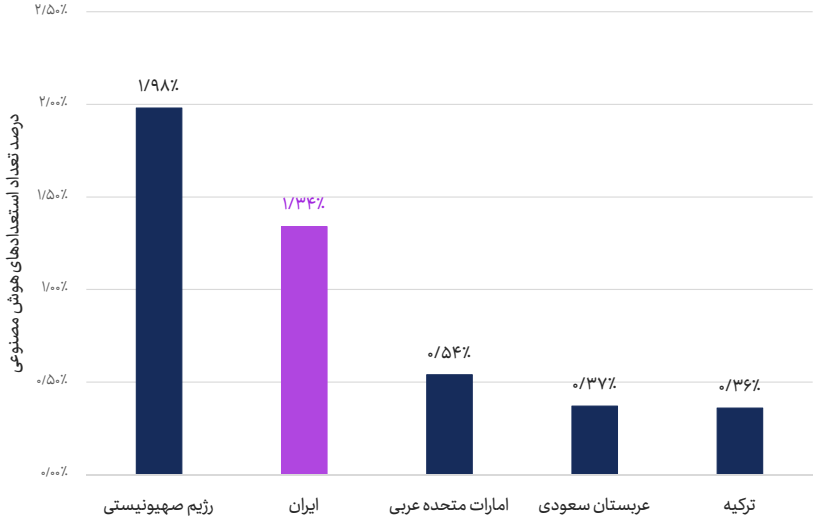
شکل ۸۷. تعداد استعدادهای هوش مصنوعی در کشورهای منطقه، در سال ۲۰۲۴.

به جهت مقایسه دقیق‌تر، لازم است تا تعداد خام استعدادهای هوش مصنوعی نسبت به کل جامعه آماری مورد مطالعه نرمال شود. شاخص «تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی[۶۷]» نشان می‌دهد که در یک کشور و در یک سال معین، نسبت استعدادهای هوش مصنوعی به کل افرادی که در آن کشور دارای پروفایل لینکدین هستند، چقدر است.

باید توجه شود که این تحلیل به میزان نفوذ و استفاده از لینکدین در هر کشور و نوع جامعه مخاطبی که از آن استفاده می‌کند بستگی دارد؛ لذا تفسیر نتایج این بخش باید با احتیاط انجام شود.

66 AI Talent
67 AI Talent Concentration

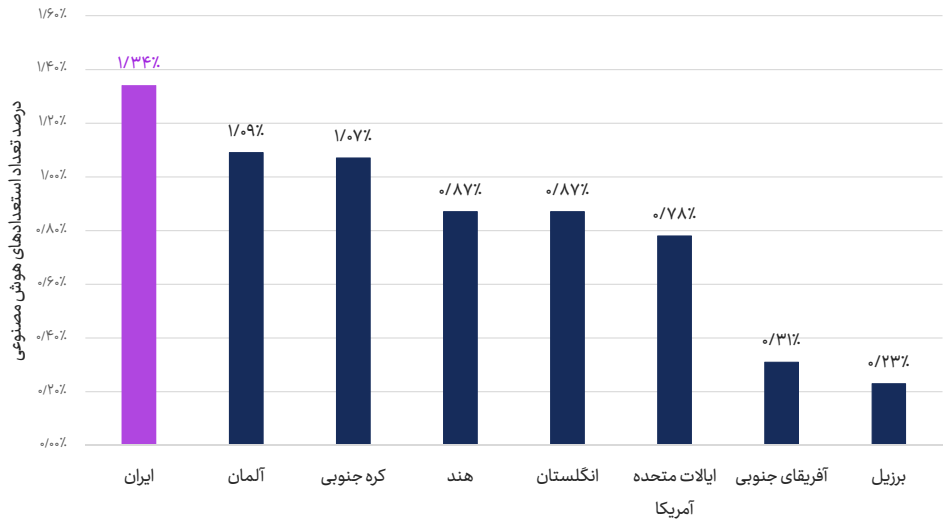
همان گونه که در شکل ۸۸ دیده می‌شود، رژیم صهیونیستی با ۱/۹۸درصد، بیشترین تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی را در میان کشورهای منطقه دارد و پس از آن ایران، با ۱/۳۴درصد، در جایگاه دوم قرار می‌گیرد. سپس امارات متحده عربی با ۰/۵۴ درصد، عربستان سعودی با ۰/۳۷ درصد و ترکیه با ۰/۳۶ درصد در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.



شکل ۸۸. تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی در کشورهای منطقه، در سال ۲۰۲۴.

کشورهای منتخب و پیشرو

مطابق شکل ۸۹ با مقایسه ایران با کشورهای منتخب و پیشرو[۶۸]، مشاهده می‌شود که ایران بالاترین سطح تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی را در میان این کشورهای منتخب دارا است، در حالی که آلمان و کره جنوبی با حدود ۱/۰۹ درصد و ۱/۰۷ درصد، در جایگاه‌های بعدی تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی قرار دارند. آفریقای جنوبی و برزیل در جایگاه آخر تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی قرار دارند.



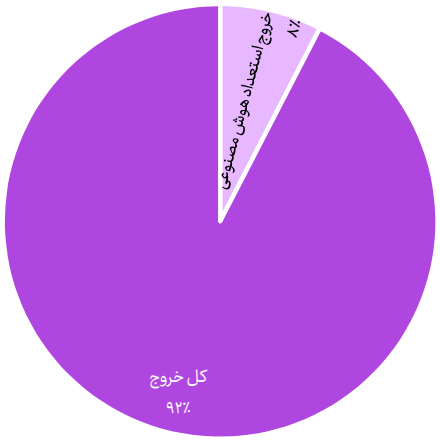
شکل ۸۹. تمرکز استعدادهای هوش مصنوعی در کشورهای منتخب و پیشرو، در سال ۲۰۲۴.

۶۸ به دلیل در دسترس نبودن داده‌های کشورهای روسیه و چین، در این بخش حضور ندارند.

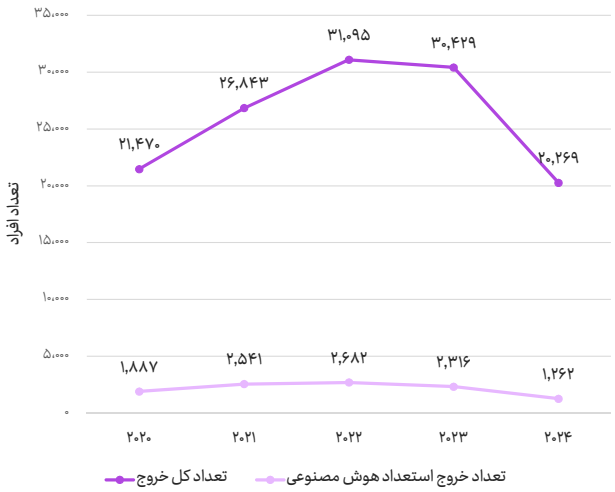
۳.۳.۱۱ مهاجرت استعدادهای هوش مصنوعی

بر اساس داده‌های شکل ۹۰، تعداد کل مهاجرت از کشور طی سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴ مبتنی بر داده‌های لینکدین، ابتدا روندی افزایشی و سپس کاهشی را تجربه کرده است. ورود به کشور نیز در سال ۲۰۲۱ به طور پیوسته کاهش یافته است (شکل ۹۱). در زیرحوزه تخصصی هوش مصنوعی نیز الگوی مشابهی مشاهده می‌شود؛ به گونه‌ای که ورود استعدادهای این حوزه از ۶۱۱ نفر در سال ۲۰۲۱ به ۴۲۲ نفر در سال ۲۰۲۴ رسیده و خروج آن‌ها نیز از ۲,۵۴۱ نفر به ۱,۲۶۲ نفر کاهش یافته است. لذا می‌توان گفت که نسبت استعدادهای هوش مصنوعی که از کشور خارج شدند نسبت به کل آمار خروجی ثبت شده در لینکدین، حدود ۸ درصد است. در مقابل، تنها ۶ درصد از آمار ورود به ایران، استعداد هوش مصنوعی هستند.

الف. میانگین سالیانه سهم خروج استعدادهای هوش مصنوعی از کل خروجی‌های کشور

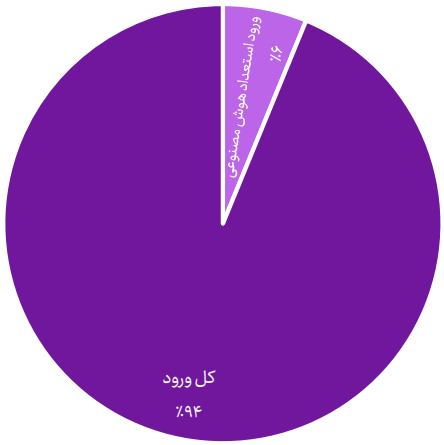


ب. آمار سالیانه تعداد خروج از ایران

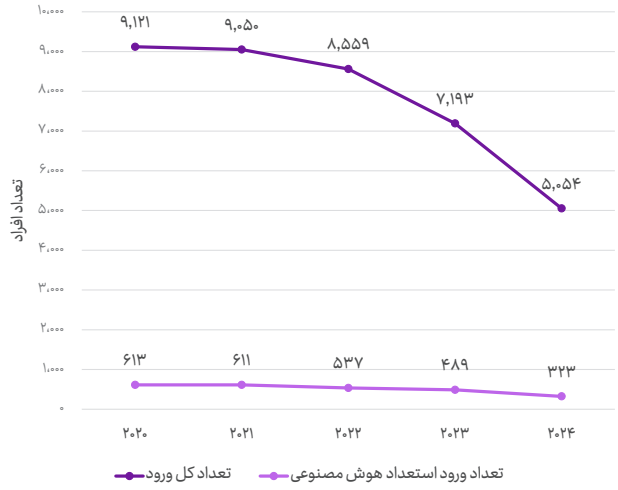


شکل ۹۰. خروج استعدادهای هوش مصنوعی از ایران، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

الف. میانگین سالیانه سهم ورود استعدادهای هوش مصنوعی از کل ورودی به کشور

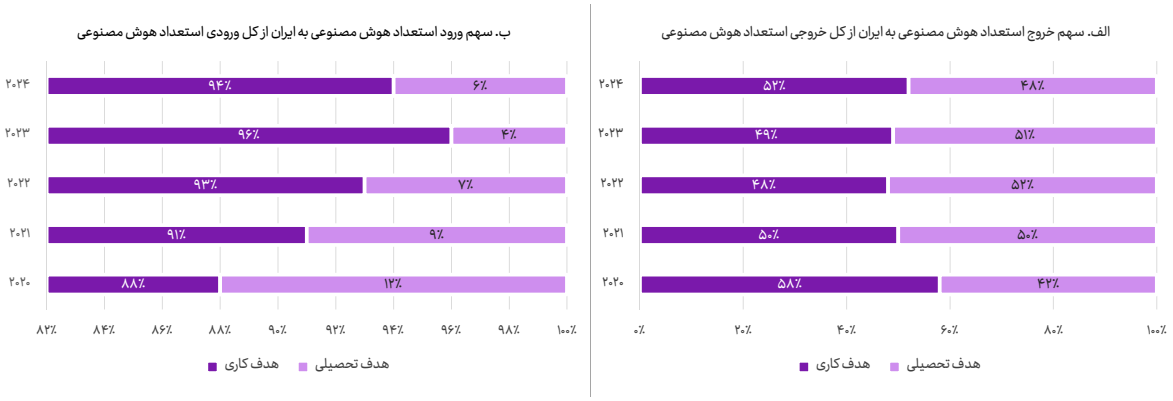


ب. آمار سالیانه ورود به ایران



شکل ۹۱. ورود استعدادهای هوش مصنوعی به ایران، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

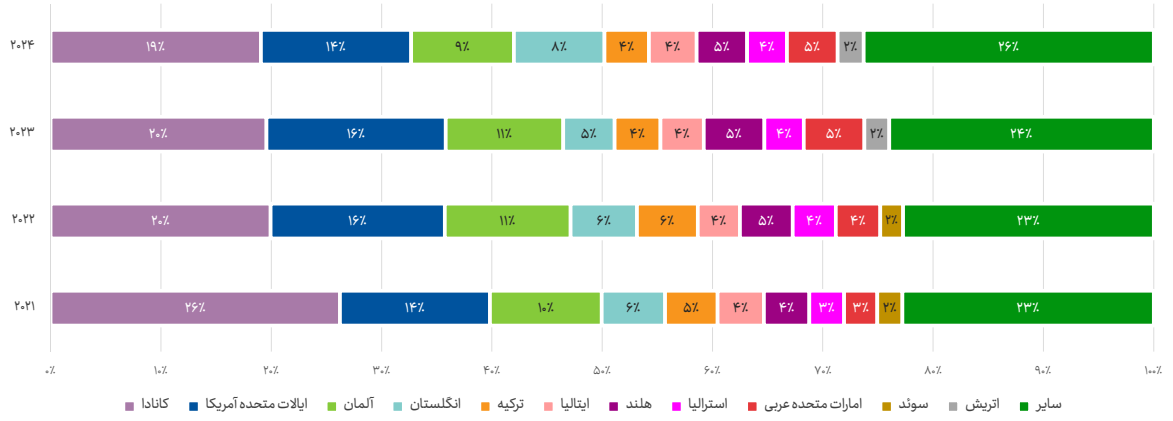
مطابق با شکل ۹۲ میان افرادی که در حوزه هوش مصنوعی فعالیت دارند، تقریباً نیمی از افرادی که از کشور خارج می‌شوند، با هدف ادامه تحصیل و نیم دیگر با هدف کاری ایران را ترک می‌کنند. با این حال، در میان استعدادهای هوش مصنوعی که به کشور بازمی‌گردند، بیش از ۹۰ درصد به‌منظور ورود به بازار کار باز می‌گردند.



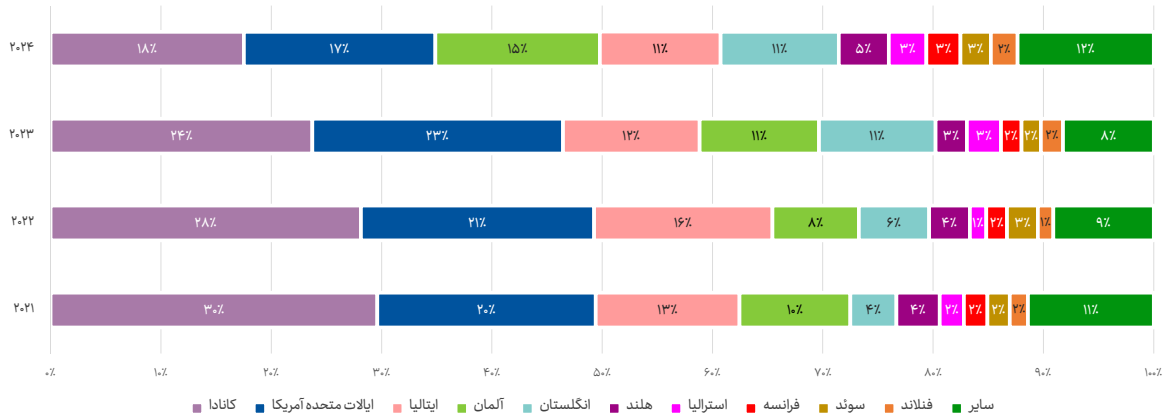
شکل ۹۲. سهم مهاجرت تحصیلی و کاری در میان استعدادهای هوش مصنوعی، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

۳.۳.۱۲ کشورهای مقصد مهاجرت استعدادهای هوش مصنوعی

شکل ۹۳ کشورهای مقصد مهاجرت کاری و شکل ۹۴، کشورهای مقصد مهاجرت تحصیلی استعدادهای هوش مصنوعی ایران را از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴ نشان می‌دهند. بیشترین مقصد مهاجرتی در هر دو گروه در سال ۲۰۲۴، به ترتیب کانادا، ایالات متحده آمریکا و آلمان بوده است. کشور چهارم مقصد مهاجرت کاری و تحصیلی استعدادهای هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴ به ترتیب انگلستان و ایتالیا بوده است.



شکل ۹۳. کشورهای مقصد مهاجرت کاری استعدادهای هوش مصنوعی ایران، از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴.



شکل ۹۴. کشورهای مقصد مهاجرت تحصیلی استعدادهای هوش مصنوعی ایران، از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴.

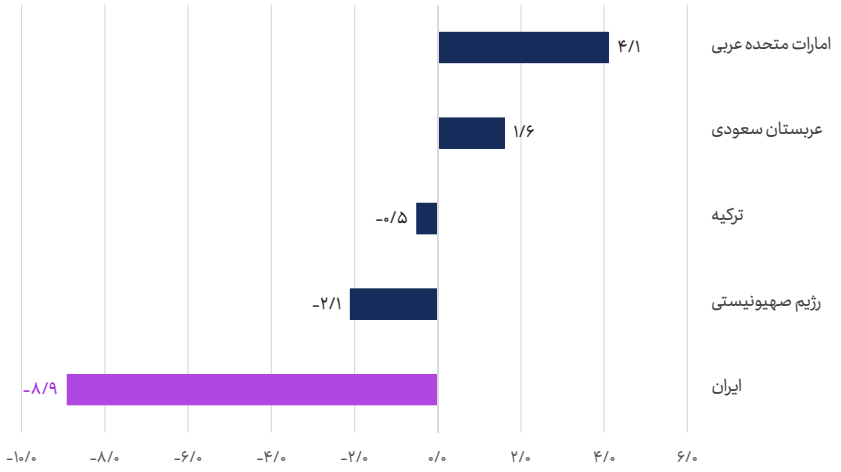
۳.۳.۱۳ شاخص مهاجرت استعدادهای هوش مصنوعی

«شاخص مهاجرت[۶۹]» نشان‌دهنده خالص جریان جابه‌جایی استعدادهای هوش مصنوعی در یک کشور طی یک دوره زمانی مشخص است. برای محاسبه این شاخص، ابتدا تفاضل افرادی که وارد کشور شده‌اند از افرادی که کشور را ترک کرده‌اند حساب می‌شود. این مقدار خالص، بر تعداد کل اکانت‌های لینکدین فعال در کشور در پایان دوره تقسیم می‌گردد تا داده‌ها نسبت به‌اندازه جمعیت این گروه در کشور نرمال‌سازی شوند. در نهایت، حاصل‌ضرب در ۱۰,۰۰۰ انجام می‌شود تا شاخص به‌صورت «خالص جریان مهاجرت به ازای هر ۱۰,۰۰۰ عضو لینکدین» قابل مقایسه بین کشورها باشد. این شاخص به طور مؤثر نشان می‌دهد که یک کشور تا چه اندازه توانسته است استعدادهای هوش مصنوعی را جذب یا از دست بدهد.

$$\text{Migration Index}_{a,t} = \frac{(\text{AI Talent Inflow to country a - AI Talent Outflow from Country a})_t}{(\text{Linkedin Member count in Country a})_t} \times 10{,}000$$

کشورهای منطقه

مطابق با شکل ۹۵ شاخص مهاجرت استعدادهای هوش مصنوعی برای ایران و کشورهای منطقه محاسبه شده است و نتایج نشان می‌دهد که ایران بالاترین میزان خروج استعدادهای هوش مصنوعی را دارد. مقدار این شاخص برای ایران (۸/۹-) است که نشان‌دهنده خروج بالای نیروی متخصص از کشور است. در مقابل، کشورهایی نظیر امارات متحده عربی و عربستان سعودی در سال ۲۰۲۴ موفق به جذب و ورود نیروی متخصص هوش مصنوعی شده‌اند و شاخص مهاجرت آن‌ها مثبت است.

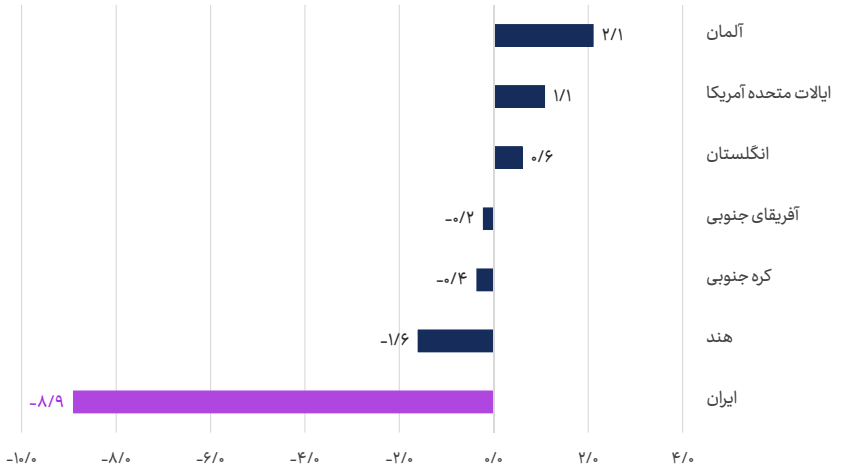


برآیند تعداد ورود و خروج از هر کشور به ازای هر ۱۰,۰۰۰ عضو لینکدین آن کشور

شکل ۹۵. شاخص مهاجرت استعدادهای هوش مصنوعی کشورهای منطقه.

کشورهای منتخب و پیشرو

شکل ۹۶ نشان می‌دهد که کشورهایی همچون ایران، هند، کره جنوبی و آفریقای جنوبی با شاخص مهاجرت منفی مواجه‌اند و در حال از دست دادن بخشی از استعدادهای هوش مصنوعی خود هستند. در مقابل، کشورهایی نظیر ایالات متحده، انگلستان و به‌ویژه آلمان دارای شاخص مهاجرت مثبت بوده و بیشترین ورود استعدادهای هوش مصنوعی را دارا هستند.



برآیند تعداد ورود و خروج از هر کشور به ازای هر ۱۰,۰۰۰ عضو لینکدین آن کشور

شکل ۹۶. شاخص مهاجرت هوش مصنوعی ایران و کشورهای منتخب و پیشرو.

69 Migration Index

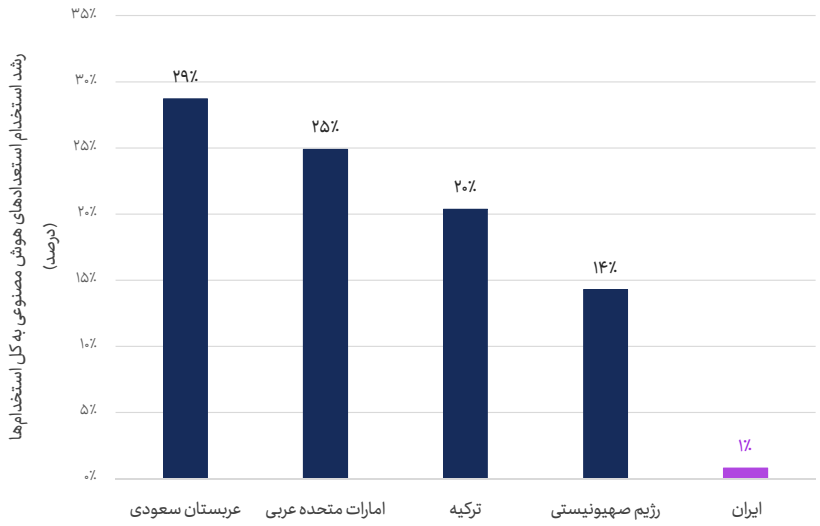
۳.۳.۱۴ استخدام نسبی استعدادهای هوش مصنوعی

«استخدام نسبی هوش مصنوعی[۷۰]» نشان می‌دهد چه سهمی از کل استخدام‌ها در یک کشور یا بازار، طی یک بازه زمانی مشخص، مربوط به استخدام‌های مرتبط با هوش مصنوعی بوده است. این شاخص با تقسیم تعداد استخدام‌های مرتبط با هوش مصنوعی بر تعداد کل استخدام‌ها در همان بازه زمانی محاسبه می‌شود. برای سنجش روند تغییرات، این شاخص معمولاً با همان بازه زمانی در سال گذشته و در یک پنجره ۱۲ ماهه مقایسه می‌شود تا نشان دهد سهم استخدام‌های هوش مصنوعی نسبت به سال گذشته افزایش یافته است یا کاهش پیدا کرده است.

$$\text{Relative AI Hiring Rate}(\%) = \frac{(\text{AI Hiring Rate}_t - \text{AI Hiring Rate}_{t-12})}{\text{AI Hiring Rate}_{t-12}} \times 100$$

کشورهای منطقه

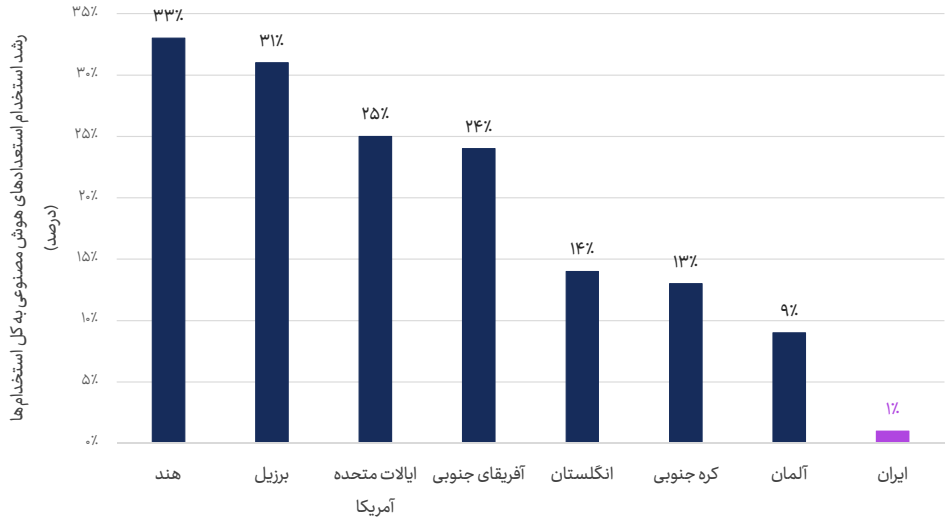
با توجه به شکل ۹۷ بیشترین رشد نرخ استخدام در عربستان سعودی با ۲۹ درصد و سپس امارات متحده عربی با ۲۵ درصد است، در حالی که ایران تنها یک درصد رشد در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال ۲۰۲۳ داشته و فاصله قابل‌توجهی با سایر کشورها دارد.



شکل ۹۷. رشد استخدام نسبی استعدادهای هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴ در مقایسه با ۲۰۲۳ برای کشورهای منطقه.

کشورهای منتخب و پیشرو

در شکل ۹۸، نرخ رشد استخدام در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال ۲۰۲۳ در هند حدود ۳۳ درصد و در برزیل ۳۱ درصد بوده که در جایگاه‌های اول و دوم منطقه قرار گرفته‌اند. پس از آن ایالات متحده آمریکا با ۲۵ درصد رشد و آفریقای جنوبی با ۲۴ درصد رشد قرار دارد. انگلستان، کره جنوبی و آلمان نیز در انتهای این لیست قرار دارند.



شکل ۹۸. رشد استخدام نسبی استعدادهای هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۴ در مقایسه با ۲۰۲۳ برای کشورهای منتخب و پیشرو.

70 Relative AI Hiring Rate

مقداد ولایی
هم‌بنیان‌گذار و هم‌مدیرعامل جاب‌ویژن

چگونه می‌توان هوش مصنوعی را در ایران به‌صورت حرفه‌ای و مسئولانه پیش برد؟

هوش مصنوعی دیگر یک فناوری لوکس، آینده‌نگرانه یا محدود به آزمایشگاه‌های دانشگاهی نیست. این فناوری به‌سرعت در حال تبدیل شدن به یکی از زیرساخت‌های اصلی بهره‌وری، رقابت‌پذیری و کیفیت کار در اقتصادهای امروز است. کشورهایی که بتوانند هوش مصنوعی را به‌درستی در سازمان‌ها، نظام آموزشی و بازار کار خود نهادینه کنند، نه تنها از شوک‌های فناورانه آینده آسیب نمی‌بینند، بلکه از آن به‌عنوان موتور رشد، افزایش بهره‌وری و توانمندسازی نیروی انسانی استفاده خواهند کرد. برای ایران، مسیر پیشبرد حرفه‌ای و مسئولانه هوش مصنوعی بیش از هر چیز از هم‌افزایی میان شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و نهادهای آموزشی می‌گذرد.

نشانه‌های اهمیت روزافزون این حوزه در بازار کار ایران نیز قابل مشاهده است. داده‌ها نشان می‌دهد رشد حقوق کارکنان حوزه هوش مصنوعی در سال‌های اخیر، به طور معناداری از میانگین رشد حقوق سایر مشاغل بازار بیشتر بوده است. این موضوع بیانگر ارزش بالای مهارت‌های مرتبط با هوش مصنوعی و کمبود نسبی این نیروها در بازار است. با این حال، این تصویر روی دیگر هم دارد: تعداد موقعیت‌های شغلی مرتبط با هوش مصنوعی همچنان محدود است و در اکثریت قریب به‌اتفاق موارد، این فرصت‌ها در تهران و در شرکت‌های فعال در حوزه فناوری متمرکز شده‌اند. نتیجه این وضعیت، شکل‌گیری بازاری است که در آن حقوق‌ها بالاست، اما فرصت‌ها کم، متمرکز و غیرفراگیرند.

ادامه این وضعیت می‌تواند به شکل‌گیری نوعی حباب مهارتی منجر شود؛ بازاری که در آن انتظارات مالی افزایش می‌یابد، اما ظرفیت جذب واقعی و گسترده شکل نمی‌گیرد. در چنین شرایطی، هوش مصنوعی به جای آن که پیشران بهره‌وری ملی باشد، به مسیری محدود برای گروهی کوچک تبدیل می‌شود؛ مسیری که نه می‌تواند مسئله اشتغال را حل کند و نه به بهبود فراگیر کیفیت کار در اقتصاد کشور بینجامد. این شکاف میان «ارزش مهارت» و «ظرفیت بازار»، اگر مدیریت نشود، به بی‌ثباتی انتظارات شغلی و نارضایتی ساختاری در این حوزه دامن خواهد زد.

این تمرکز، اگرچه در کوتاه‌مدت برای گروه کوچکی از متخصصان جذاب است، اما در بلندمدت نمی‌تواند پایه‌ای پایدار برای توسعه هوش مصنوعی در کشور باشد. اقتصادی که هوش مصنوعی در آن تنها در چند شرکت فناوری و در یک جغرافیای محدود جریان داشته باشد، عملاً از ظرفیت این فناوری برای ارتقای بهره‌وری در مقیاس ملی محروم می‌ماند. هوش مصنوعی زمانی به یک زیرساخت واقعی تبدیل می‌شود که بتواند بر شیوه کار در صنایع مختلف اثر بگذارد، نه آنکه به یک مزیت رقابتی محدود برای چند بازیگر خاص بدل شود.

در این میان، نقش شرکت‌ها و سازمان‌ها در واقعی‌کردن هوش مصنوعی اهمیت کلیدی دارد. تجربه جهانی نشان می‌دهد بیشترین ارزش هوش مصنوعی نه از پروژه‌های نمایشی و پر زرق‌وبرق، بلکه از استفاده روزمره آن در فرآیندهای واقعی سازمانی به دست می‌آید: از تحلیل داده‌های فروش و بازاریابی گرفته تا بهبود تصمیم‌گیری در منابع انسانی، پشتیبانی مشتری، کنترل کیفیت، امور مالی و حتی طراحی محصول. اما این تحول، صرفاً با خرید ابزار یا مدل‌های آماده محقق نمی‌شود. شرکت‌ها ناگزیرند به طور فعال در آموزش کارکنان، باز طراحی شغل‌ها و ارتقای مهارت‌ها سرمایه‌گذاری کنند. پذیرش هوش مصنوعی زمانی پایدار می‌شود که نیروی کار آن را «یار کمکی» خود بداند، نه تهدیدی برای امنیت شغلی‌اش.

نکته مهم این است که هوش مصنوعی نباید به حوزه‌ای محدود در صنعت فناوری تقلیل پیدا کند. سایر صنایع—از تولید و انرژی گرفته تا مالی، لجستیک، سلامت، بیمه و خدمات—اگر ضرورت استفاده از هوش مصنوعی برای افزایش بهره‌وری، کاهش خطا و بهبود تصمیم‌گیری را درک نکنند، به‌تدریج از بنگاه‌های پیشرو عقب خواهند ماند. گسترش استفاده از هوش مصنوعی در این بخش‌ها، نه تنها بهره‌وری را افزایش می‌دهد، بلکه به ایجاد تقاضای واقعی و پایدار برای نیروی انسانی این حوزه نیز منجر می‌شود و تمرکز جغرافیایی و صنعتی فرصت‌ها را کاهش می‌دهد.

در کنار شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی نیز با مسئولیتی فراتر از تربیت تعداد محدودی متخصص فنی مواجه‌اند. آینده بازار کار به نیروی انسانی‌ای نیاز دارد که حتی اگر برنامه‌نویس یا دانشمند داده نباشد، درک پایه‌ای و کاربردی از هوش مصنوعی داشته باشد. با این حال، یک خطر جدی نیز وجود دارد: اگر توسعه و تربیت نخبه‌های دانشگاهی حوزه هوش مصنوعی با سرعتی بیشتر از ایجاد مشاغل واقعی و پایدار در این حوزه پیش برود، کشور بار دیگر با موج مهاجرت گسترده نخبگان مواجه خواهد شد.

در چنین شرایطی، نتیجه سرمایه‌گذاری آموزشی نه به تقویت اقتصاد ملی، بلکه به تأمین نیروی انسانی برای بازارهای خارجی منجر می‌شود. در میان‌مدت، این روند می‌تواند ایران را به نقطه‌ای برساند که نه تنها از ثمره آموزش‌های پیشرفته خود بهره‌مند نشود، بلکه با کمبود جدی متخصص، مدرس و پژوهشگر در این حوزه نیز روبه‌رو شود. پیوند واقعی دانشگاه و صنعت، تعریف مسیرهای شغلی روشن و ایجاد تقاضای واقعی در اقتصاد، تنها راه شکستن این چرخه معیوب است.

در نهایت، پیشبرد هوش مصنوعی در ایران نه یک پروژه صرفاً فناورانه، بلکه یک مسئله انسانی، آموزشی و سازمانی است. اگر شرکت‌ها مسئولانه نوآوری کنند، صنایع مختلف ضرورت استفاده از هوش مصنوعی برای بهره‌وری را جدی بگیرند، و نظام آموزشی میان تربیت نیروی متخصص و ظرفیت بازار کار توازن ایجاد کند، هوش مصنوعی می‌تواند به‌جای یک تهدید مبهم، به فرصتی واقعی برای ارتقای کیفیت کار، افزایش بهره‌وری و ساختن آینده‌ای پایدارتر برای بازار کار ایران تبدیل شود.

۴

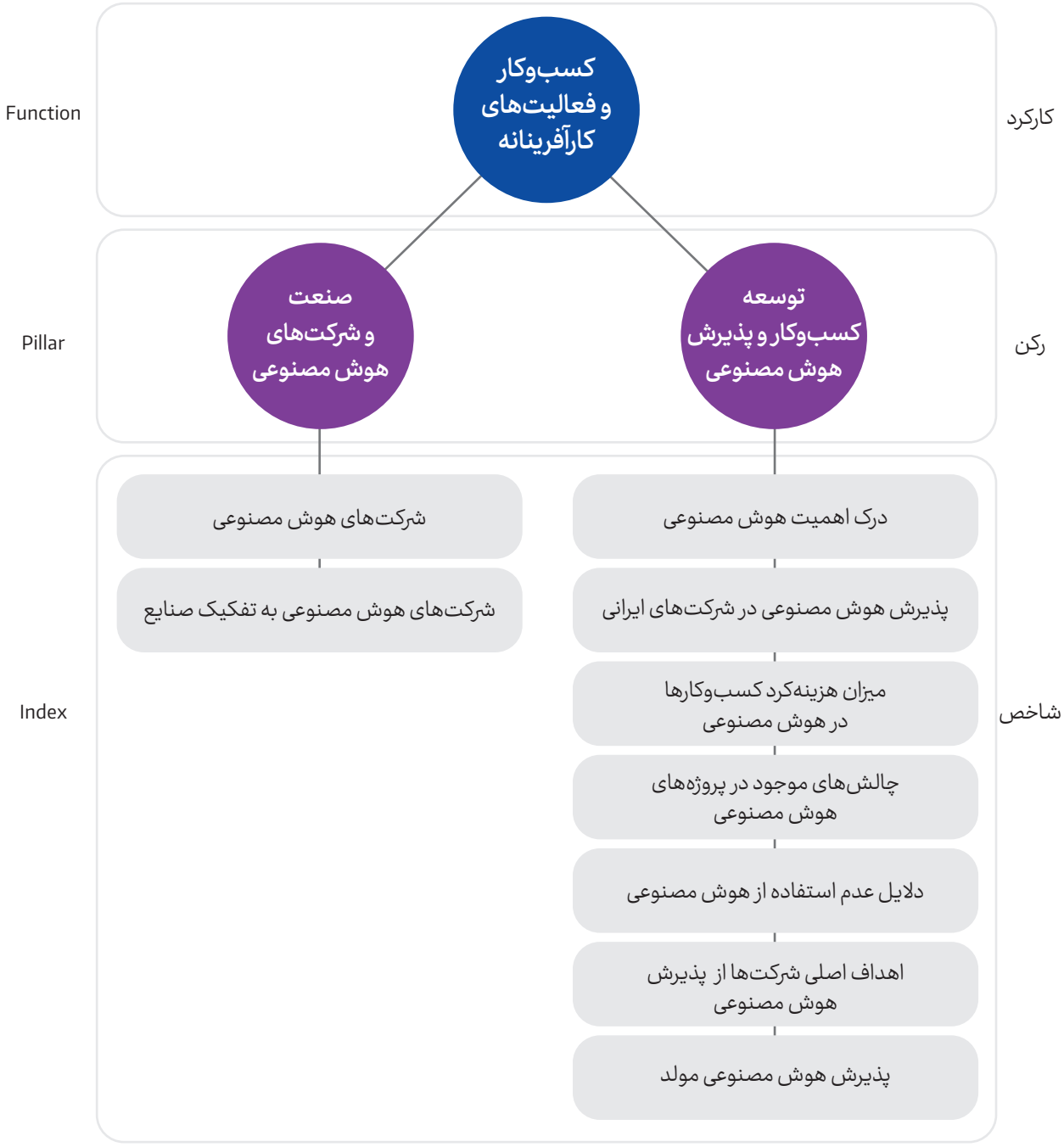
کارکرد چهارم
کسب‌وکار و
فعالیت‌های کارآفرینانه

نکات کلیدی

- از نظر پذیرش و کاربردی‌سازی هوش مصنوعی در کسب‌وکارها، ایران همچنان ۷ سال از میانگین جهانی عقب‌تر بوده و پذیرش هوش مصنوعی در کسب‌وکارهای ایرانی در حال حاضر حدود ۲۷ درصد است. شرکت‌های با سن زیر ۱۵ سال و اندازه کوچک و متوسط، پذیرش بالاتری نسبت به سایر شرکت‌ها داشته‌اند. همچنین پذیرش هوش مصنوعی مولد در میان کسب‌وکارهای ایرانی ۲۵ درصد است که فاصله قابل‌توجهی با روند جهانی دارد.
- در میان شرکت‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، شرکت‌های چهار حوزه «صنعتی»، «کالا و خدمات»، «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» و «مالی» به ترتیب بالاترین درصد پذیرش هوش مصنوعی را در اختیار دارند.
- حدود ۷۵ درصد از شرکت‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، در سه سال اخیر کمتر از ۲ میلیارد تومان در فناوری‌های هوش مصنوعی (اعم از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده، نیروی انسانی و...) هزینه کرده‌اند.
- در میان شرکت‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، «هزینه بالای توسعه هوش مصنوعی» و «فقدان مهارت کافی و نیروی انسانی با کیفیت»، مهم‌ترین موانع شرکت‌های ایرانی برای توسعه محصولات هوش مصنوعی است.
- در شرکت‌هایی که موفق به استفاده از هوش مصنوعی نشدند، «عدم آشنایی با کاربردهای هوش مصنوعی» و «فقدان مهارت در بین کارکنان موجود و یا دشوار بودن استخدام کارکنان جدید با مهارت‌های مناسب» مهم‌ترین دلایل عدم استفاده از هوش مصنوعی عنوان شده است.
- در میان کشورهای منطقه، رژیم صهیونیستی با ۱,۲۹۹ شرکت، بیشترین تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی را در اختیار دارد. سپس ترکیه با ۵۹۸ شرکت، امارات متحده عربی با ۵۷۴ شرکت، ایران با ۳۸۷ شرکت و عربستان سعودی با ۳۱۸ شرکت در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.
- از نظر تفکیک صنعتی شرکت‌های هوش مصنوعی جهان، دو حوزه «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» و «صنعتی» رتبه‌های اول و دوم را دارند. حوزه‌های بعدی «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» و «خدمات ارتباطی» است.

مقدمه

کارکرد چهارم سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی به حوزه کسب‌وکار و فعالیت‌های کارآفرینانه هوش مصنوعی می‌پردازد. بینش‌های حاصل از این کارکرد کمک می‌کند تا فهمی دقیق از وضعیت ساختار صنعتی و مزیت‌های شرکتی ایران و مقایسه آن با سایر کشورها حاصل شود. در این کارکرد، شاخص‌ها ذیل دو رکن «توسعه کسب‌وکار و پذیرش هوش مصنوعی» و «صنعت و شرکت‌های هوش مصنوعی» مورد ارزیابی قرار گرفته است. اطلاعات دقیق مربوط به این کارکرد و شاخص‌های آن در شکل ۹۹ قابل مشاهده است.

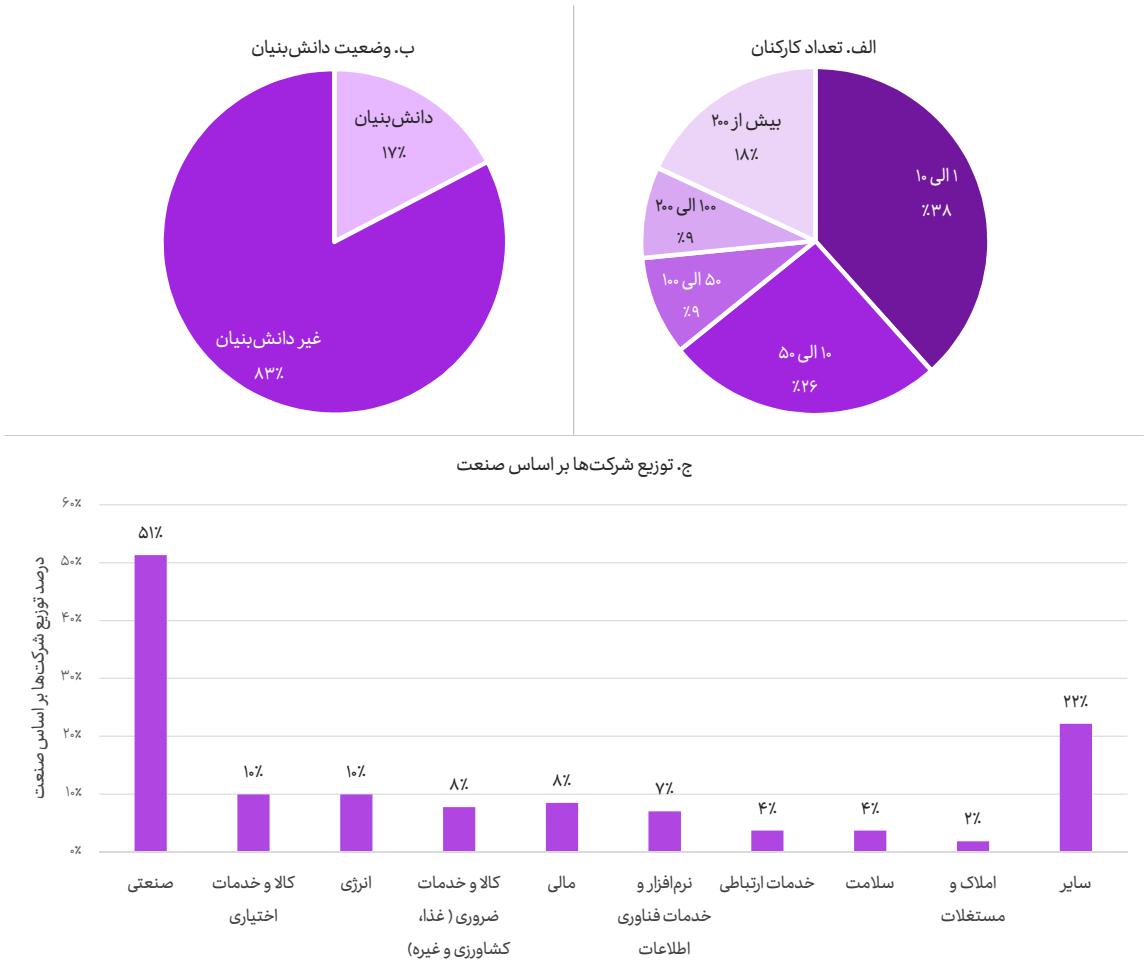


شکل ۹۹. تقسیم‌بندی شاخه‌ای کارکرد کسب‌وکار و فعالیت‌های کارآفرینانه و شاخص‌های مرتبط با آن.

۴.۱ رکن اول: توسعه کسب‌وکار و پذیرش هوش مصنوعی

بر اساس شاخص‌های مدنظر در این رکن، پذیرش هوش مصنوعی[۷۱] در شرکت‌های ایرانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و به سیاست‌گذاران، فعالین اقتصادی و صاحبان کسب‌وکار بینش‌های کلان در سطح اکوسیستم هوش مصنوعی کشور ارائه می‌کند، همچنین می‌توان نقاط تمایز کسب‌وکارهای ایرانی با روندهای جهانی را مشاهده کرد. این داده‌ها کمک می‌کنند تا تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی با سهولت و دقت بالاتری در سطح نهادهای سیاست‌گذاری و کسب‌وکارهای اقتصادی صورت پذیرد. در این رکن اگر کسب‌وکاری در حداقل یکی از واحدهای سازمانی خود از هوش مصنوعی استفاده کرده است، به‌عنوان شرکتی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کند، طبقه‌بندی می‌شود.

در راستای جمع‌آوری داده‌های لازم برای ارزیابی میزان به‌کارگیری هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی، پرسش‌نامه «سنجش به‌کارگیری هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی» توسط تیم پژوهشی مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف تهیه و با همکاری مرکز نوآوری و تحول دیجیتال اتاق بازرگانی تهران و اداره کل دفتر فناوری و نوآوری وزارت صنعت، معدن و تجارت توزیع شده است. این پرسش‌نامه به‌منظور دستیابی به اطلاعات دقیق و جامع طراحی شده و شامل سؤالاتی در رابطه با استفاده از انواع فناوری‌های هوش مصنوعی، میزان هزینه‌کرد در این زمینه، موانع موجود در راستای به‌کارگیری این فناوری‌ها و غیره است. اطلاعات مربوط به شرکت‌ها در بازه اردیبهشت تا شهریور ماه سال ۱۴۰۴ جمع‌آوری شده است. در شکل ۱۰۰ اطلاعات کلی در رابطه با شرکت‌هایی که در این پرسش‌نامه شرکت کرده‌اند، نمایش داده شده است. ۸۳ درصد از کسب‌وکارهایی که در پرسش‌نامه شرکت کرده‌اند در دسته شرکت‌های غیردانش‌بنیان قرار دارند، همچنین ۳۸ درصد از شرکت‌ها کمتر از ۱۰ کارمند داشته و جز شرکت‌های کوچک دسته‌بندی می‌شوند.



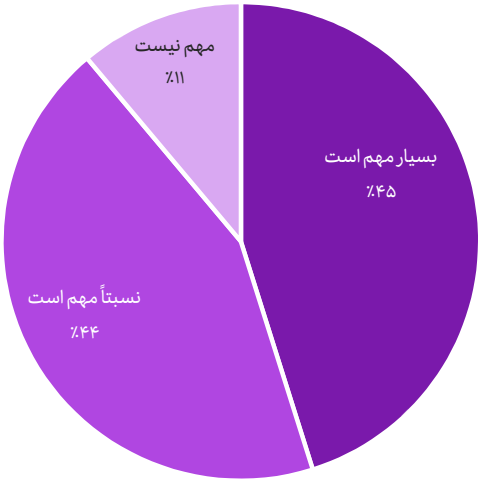
شکل ۱۰۰. اطلاعات کلی پرسش‌نامه.

71 AI Adoption

۴.۱.۱ درک اهمیت هوش مصنوعی

شاخص درک اهمیت هوش مصنوعی بیانگر میزان اهمیت این فناوری برای کسب‌وکارها است. از طریق این شاخص و تغییرات زمانی آن می‌توان درجه اهمیت این فناوری را برای فعالین کسب‌وکار شناسایی کرد. این شاخص کمک می‌کند تا سیاست‌گذاران درک دقیقی از مواجهه شرکت‌ها با هوش مصنوعی داشته باشند.

شکل ۱۰۱ نشان می‌دهد که اکثریت کسب‌وکارها در ایران، هوش مصنوعی را برای کسب‌وکارشان مهم و یا نسبتاً مهم می‌دانند. به طور مشخص، در پاسخ به سؤال «راه‌حل‌های هوش مصنوعی چقدر در کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمدهای شرکت مهم است؟»، ۴۵ درصد پاسخ «خیلی مهم است»، ۴۴ درصد «نسبتاً مهم است» و تنها ۱۱ درصد پاسخ «مهم نیست» را دادند. به نظر می‌رسد درصد قابل‌توجهی از کسب‌وکارها در پاسخ به سؤال اهمیت نقش هوش مصنوعی در کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد شرکت، اثرات ناشی از هوش مصنوعی را در این حوزه مثبت ارزیابی کرده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که کسب‌وکارهای ایرانی به طور قابل‌توجهی به پتانسیل‌های هوش مصنوعی در کاهش هزینه و افزایش درآمد باور دارند و در حال تلاش برای بهره‌برداری از این فناوری در جهت ارتقای مزیت‌های سازمانی خود هستند.

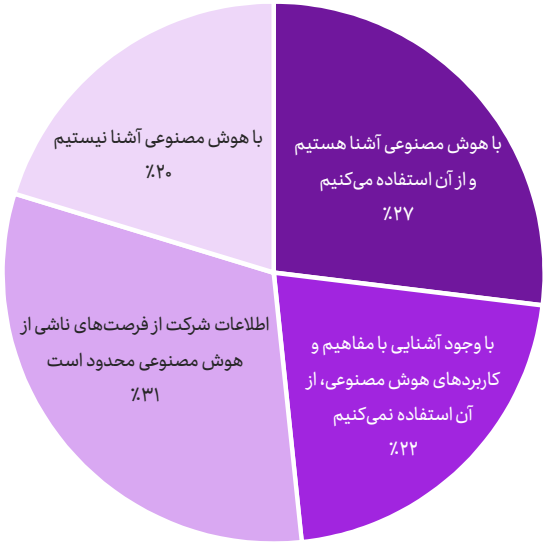


شکل ۱۰۱. درک اهمیت هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی.

۴.۱.۲ پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی

اصطلاح «پذیرش هوش مصنوعی» نشان‌دهنده استفاده یک سازمان از هوش مصنوعی در فعالیت‌های اصلی کسب‌وکار[۷۲] خود است. درصد پذیرش هوش مصنوعی به‌عنوان یک معیار مهم برای ارزیابی توانمندی کسب‌وکارهای ایرانی در استفاده از این فناوری نوین برای ایجاد نوآوری، افزایش کارایی و دستیابی به مزیت رقابتی به شمار می‌آید.

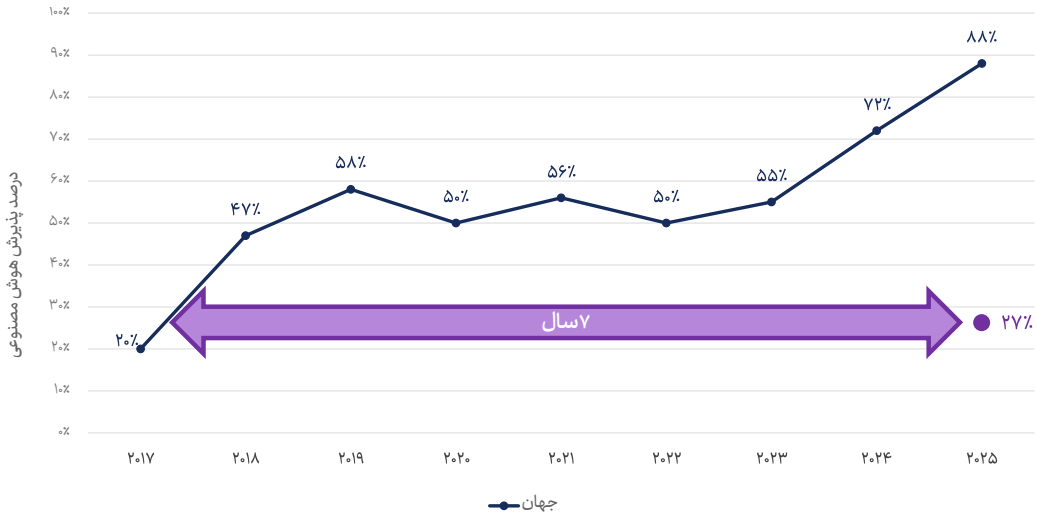
همان طور که در شکل ۱۰۲ قابل مشاهده است، نتایج بررسی نشان می‌دهد که ۲۷ درصد از کسب‌وکارها حداقل از یک محصول مبتنی بر هوش مصنوعی در فعالیت‌های کلیدی سازمان خود بهره برده‌اند.



شکل ۱۰۲. درصد پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی، سال ۱۴۰۴.

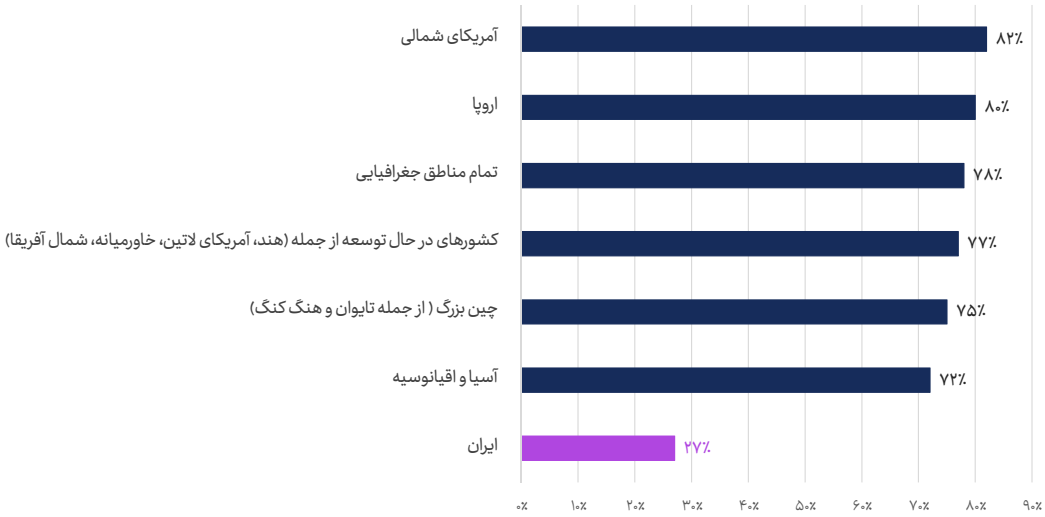
گزارش‌های مختلفی در جهان به تخمین پذیرش هوش مصنوعی در کشورها و صنایع گوناگون می‌پردازند. مقایسه این گزارش‌ها به واسطه اختلاف در تعریف و اندازه‌گیری هوش مصنوعی با یکدیگر دشوار است. برای این کار، در این گزارش تلاش شده است تا شاخص خود را بر اساس شاخص پذیرش هوش مصنوعی شرکت مشاوره مدیریت مکنزی طراحی کند تا نتایج این گزارش با گزارش مکنزی[۷۳] قابل مقایسه باشد.

بر اساس آخرین گزارش مکنزی در سال ۲۰۲۵، ۸۸ درصد از سازمان‌های مورد بررسی، هوش مصنوعی را حداقل در یک فعالیت اصلی خود پیاده‌سازی کرده‌اند. همان طور که در شکل ۱۰۳ قابل مشاهده است، نرخ پذیرش هوش مصنوعی در ایران به میزان قابل‌توجهی کمتر از سطح جهانی است و همچنان حدود ۷ سال با میانگین جهان فاصله دارد.



شکل ۱۰۳. درصد پذیرش هوش مصنوعی در جهان، از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۵.

از طرفی بر اساس گزارش شاخص هوش مصنوعی دانشگاه استنفورد[۷۴] که در شکل ۱۰۴ قابل مشاهده است، میزان پذیرش هوش مصنوعی در ایران در سال ۱۴۰۴ از کشورهای درحال‌توسعه در سال ۲۰۲۴ کمتر است.

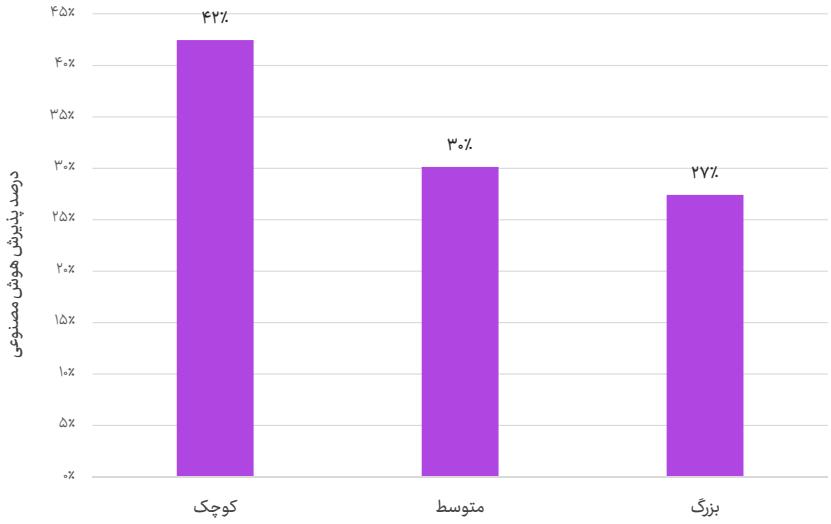


شکل ۱۰۴. درصد پذیرش هوش مصنوعی بر اساس منطقه، سال ۲۰۲۴.

73 The state of AI in 2025; Agents, innovation, and transformation
74 Artificial Intelligence Index Report 2025

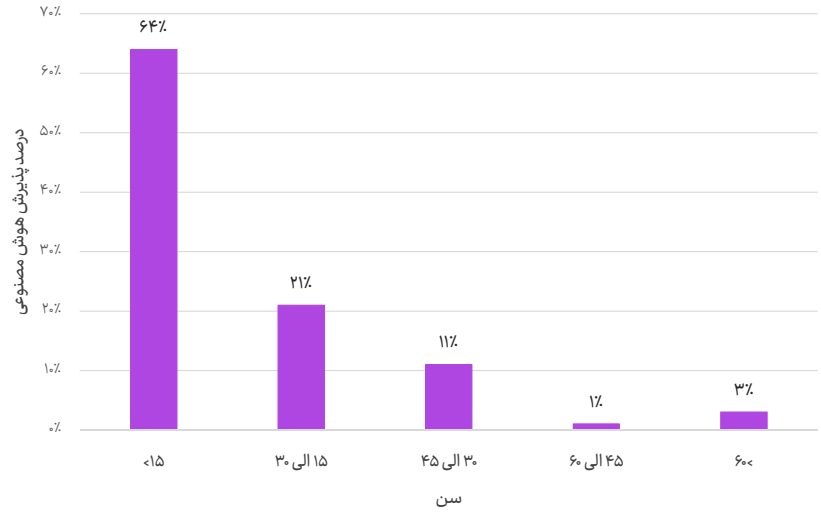
درصد پذیرش بر اساس اندازه و سن شرکت

روند پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌ها بر اساس اندازه متفاوت است. همان طور که در شکل ۱۰۵ قابل مشاهده است، ۴۲ درصد از شرکت‌های کوچک در حال حاضر از حداقل یک فناوری هوش مصنوعی استفاده می‌کنند. پویایی، چابکی و دسترسی آسان‌تر به ابزارهای ارزان یا رایگان هوش مصنوعی در شرکت‌های کوچک، نقش مهمی در گسترش استفاده از هوش مصنوعی ایفا کرده است. همچنین، رشد سریع هوش مصنوعی مولد و ابزارهایی مانند Copilot، ChatGPT و Midjourney باعث شده است که حتی شرکت‌های کوچک بدون نیاز به سرمایه‌گذاری کلان بتوانند از این فناوری در تولید محتوا، پشتیبانی مشتری، تحلیل داده یا اتوماسیون استفاده کنند.



شکل ۱۰۵. درصد پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی بر اساس اندازه.

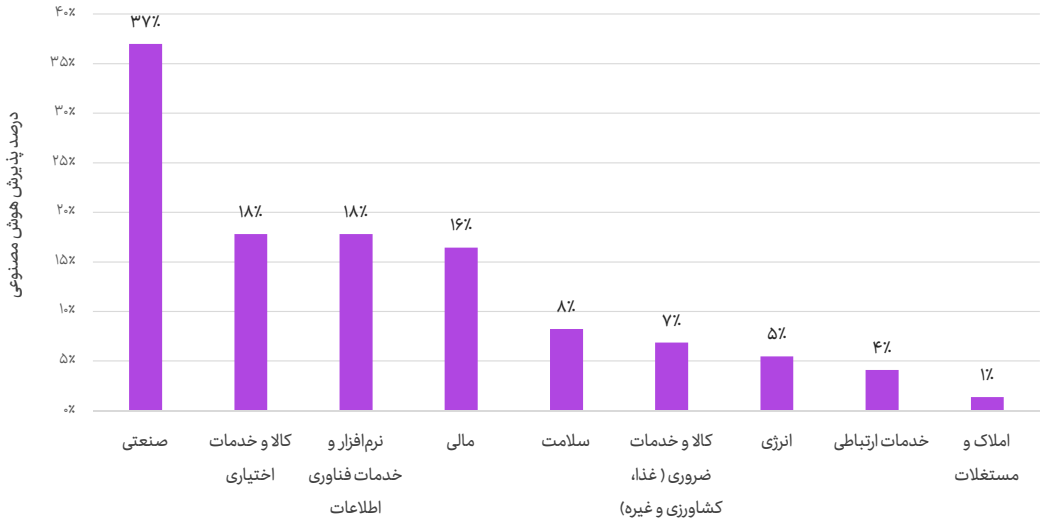
از طرف دیگر مطابق با شکل ۱۰۶ درصد پذیرش در شرکت‌های جوان‌تر بالاتر است، به طوری که بیش از ۶۰ درصد شرکت‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، کمتر از ۱۵ سال سن دارند. این امر بیانگر آن است که احتمالاً شرکت‌های نوپا به دلیل ساختار چابک‌تر آمادگی بیشتری برای به‌کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی دارند.



شکل ۱۰۶. درصد پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی بر اساس سن.

درصد پذیرش به تفکیک صنایع

همان طور که در شکل ۱۰۷ قابل مشاهده است، از منظر پذیرش هوش مصنوعی به تفکیک صنعت، بالاترین درصد پذیرش مربوط به حوزه «صنعتی» با ۳۷ درصد است. پس از آن، «کالا و خدمات اختیاری» و «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» با ۱۸ درصد قرار دارند. در مقابل، صنعت «املاک و مستغلات» پذیرش بسیار پایینی در این زمینه در مقایسه با سایر صنایع داشته است. این داده‌ها نشانگر تفاوت پذیرش هوش مصنوعی در صنایع مختلف است که می‌تواند به عوامل گوناگون سازمانی، نهادی یا سطح فناوری بستگی داشته باشد.



شکل ۱۰۷. درصد پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی به تفکیک صنایع.

درصد پذیرش بر اساس فناوری

«یادگیری ماشین»، «تولید و پردازش زبان طبیعی» و «بینایی کامپیوتر» سه حوزه متفاوت در هوش مصنوعی هستند که هر کدام ماهیت و کاربردهای خاص خود را دارند. به‌منظور بررسی ابعاد مختلف این فناوری‌ها در کسب‌وکارهای ایرانی، مصادیق کاربردی این سه فناوری مورد پرسش قرار گرفت.

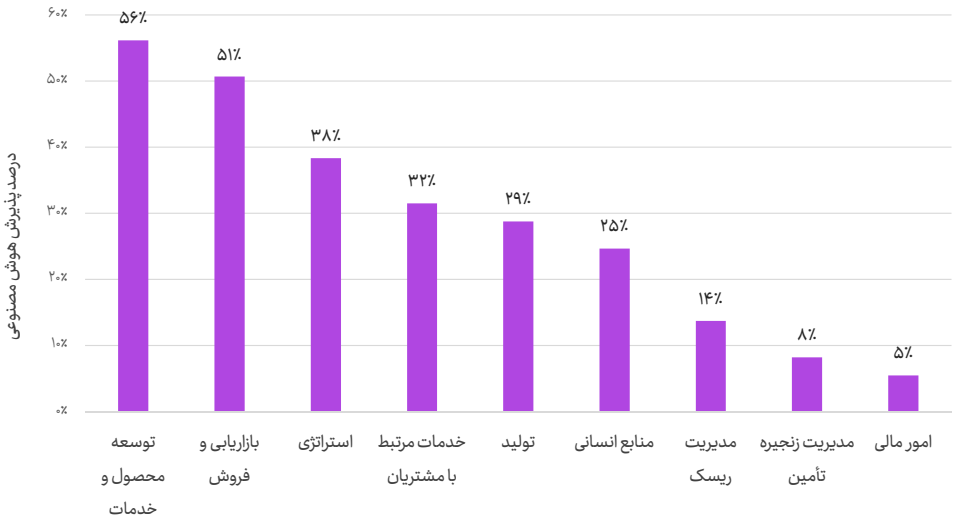
«یادگیری ماشین» به یادگیری از داده‌ها برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری در حوزه‌های متعدد نظیر دسته‌بندی رفتار مشتریان، پیش‌بینی تقاضا و فروش و موارد مشابه اشاره دارد. «تولید و پردازش زبان طبیعی» به بررسی داده‌های متنی می‌پردازد (مانند Gemini، DeepSeek، ChatGPT که کاربردهایی نظیر گزارش‌نویسی، پاسخ‌گویی، ایده‌پردازی و غیره دارند) و در نهایت، «بینایی کامپیوتر» که به سیستم‌ها این توانایی را می‌دهد که تصاویر و ویدئوها را تجزیه‌وتحلیل کنند (مانند Midjourney، DALL.E Leonardo و دیجی‌مارک که در تبلیغات، طراحی محصول، آموزش و غیره استفاده می‌شوند).

از نظر نوع فناوری با توجه به شکل ۱۰۸، حدود ۹۲ درصد از کسب‌وکارهایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، از ابزارهای تولید و پردازش زبان طبیعی استفاده می‌کنند که بالاترین نرخ پذیرش را در میان فناوری‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است. پس از آن، یادگیری ماشین با ۳۸ درصد پذیرش قرار دارد که بیشتر در زمینه‌های تحلیل داده، پیش‌بینی روندها و تصمیم‌گیری هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نهایت، فناوری‌های بینایی کامپیوتر و پردازش تصویر با ۳۴ درصد کمترین میزان پذیرش را دارند (حسب نوع استفاده، امکان انتخاب بیش از یک گزینه وجود داشته است). لازم به ذکر است گستردگی استفاده از این فناوری به دلیل رشد سریع هوش مصنوعی مولد و دسترسی گسترده به نسخه‌های رایگان این فناوری‌ها است که امکان به‌کارگیری آسان آن‌ها را در کسب‌وکارهای مختلف فراهم کرده است.

شکل ۱۰۸. درصد پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی بر اساس فناوری و میزان استفاده.

درصد پذیرش بر اساس واحد سازمانی

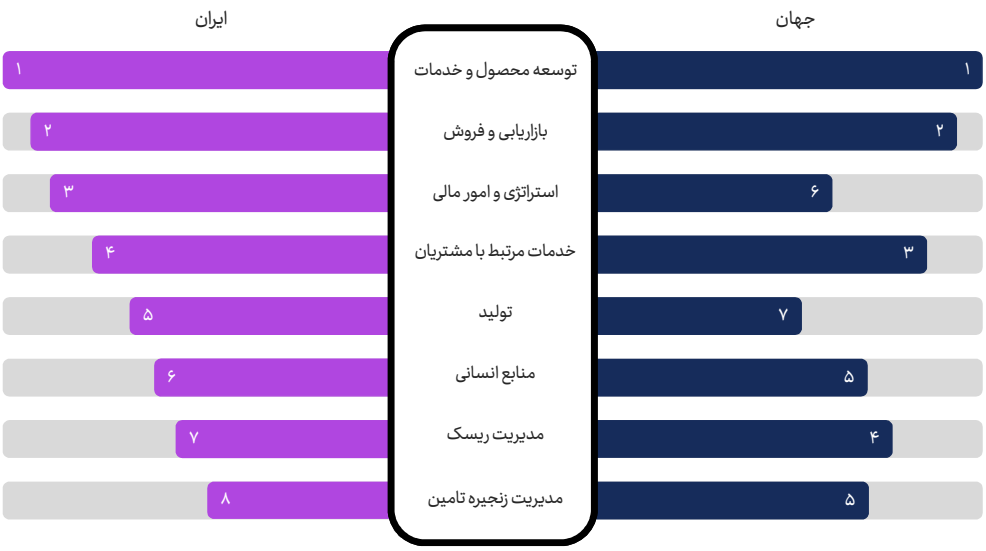
بر اساس شکل ۱۰۹ نرخ پذیرش هوش مصنوعی در بخش‌های کلیدی شرکت‌ها متفاوت است. واحد «توسعه محصول و خدمات» و «بازاریابی و فروش»، بالاترین سطح پذیرش در بین واحدهای سازمانی را به خود اختصاص داده‌اند.[۷۵]



شکل ۱۰۹. درصد پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی بر اساس واحد سازمانی.

در مقایسه با میانگین جهانی[۷۶] پذیرش هوش مصنوعی در شرکت‌های ایرانی نیز بر «توسعه محصول و خدمات» و «بازاریابی و فروش» متمرکز است. از طرف دیگر تفاوت قابل‌توجهی در بخش استراتژی و امور مالی وجود دارد، به طوری که استراتژی و امور مالی در ایران رتبه سوم و در جهان رتبه ششم را به خود اختصاص داده است (شکل ۱۱۰).

۷۵ امکان انتخاب بیش از یک گزینه وجود داشته که خود را در مجموع درصدها نشان می‌دهد.

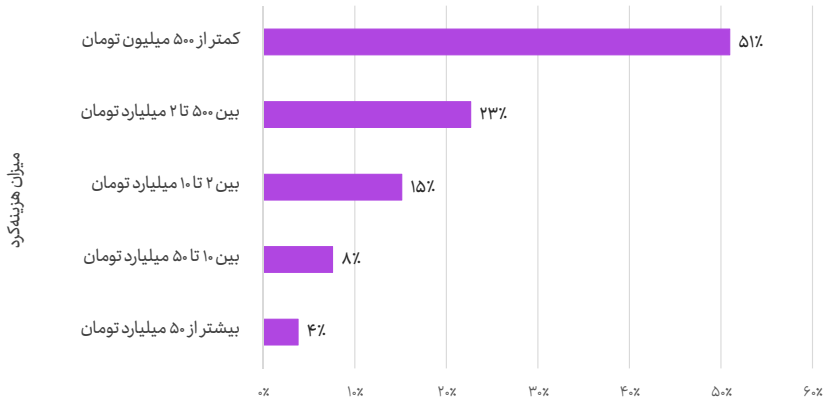


شکل ۱۱۰. مقایسه رتبه پذیرش هوش مصنوعی بر اساس واحد سازمانی در ایران و جهان.

۴.۱.۳ میزان هزینه‌کرد کسب‌وکارها در هوش مصنوعی

شاخص میزان هزینه‌کرد کسب‌وکارها در هوش مصنوعی نشان‌دهنده میزان مخارج شرکت‌ها برای توسعه فناوری هوش مصنوعی است. این شاخص کمک می‌کند تا میزان هزینه‌کرد شرکت‌ها برای به‌کارگیری هوش مصنوعی در بنگاه‌ها روشن شود و تحلیل دقیق‌تری از هزینه توسعه محصولات هوش مصنوعی به دست آید.

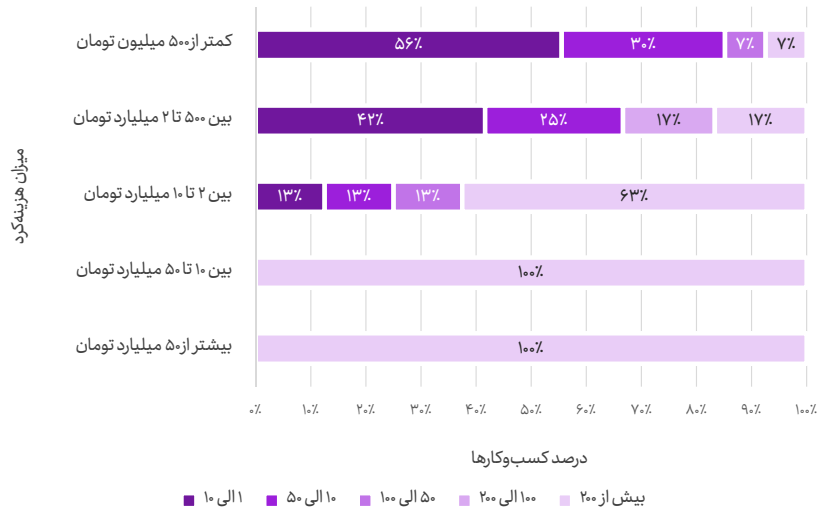
بر اساس شکل ۱۱۱، حدود ۷۵ درصد از شرکت‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، در سه سال اخیر کمتر از ۲ میلیارد تومان برای این فناوری (اعم از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده، نیروی انسانی و ...) هزینه کرده‌اند. این موضوع بیانگر آن است که شرکت‌ها برای استفاده از هوش مصنوعی در سطوح ابتدایی[۷۷] کمتر از ۵۰۰ میلیون تومان هزینه می‌کنند، اما برای توسعه محصول هوش مصنوعی در سطوح بالاتر، نیاز به هزینه بیشتر دارند.



شکل ۱۱۱. توزیع میزان هزینه‌کرد در هوش مصنوعی توسط کسب‌وکارها.

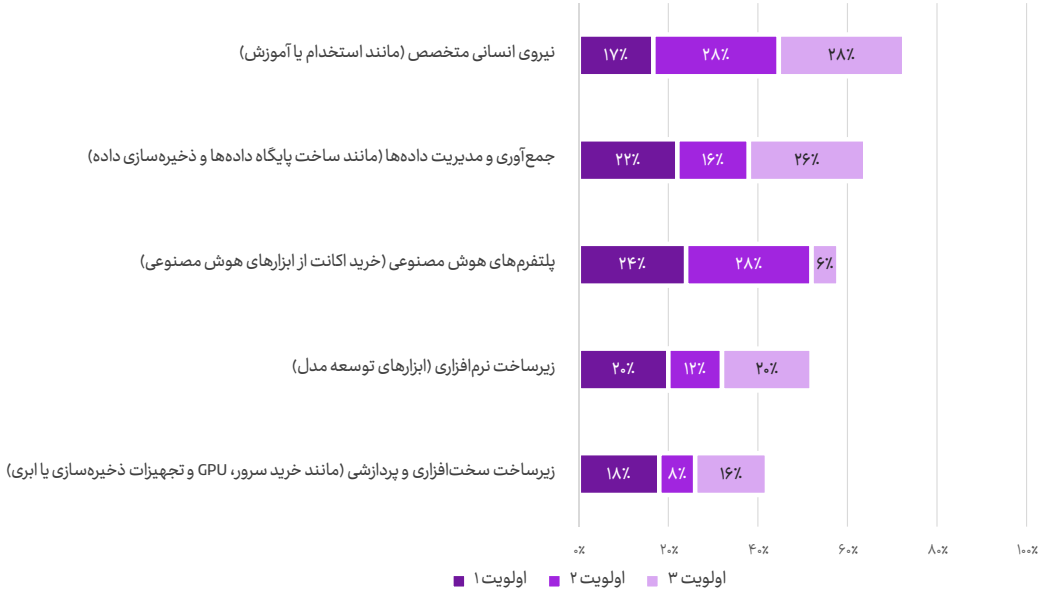
همان طور که در شکل ۱۱۲ نشان داده شده، بیش‌تر کسب‌وکارهای کوچک یا متوسط کمتر از ۲ میلیارد تومان هزینه کرده‌اند که می‌توانند به واسطه استفاده از نسخه‌های رایگان یا کم‌هزینه ابزارهای هوش مصنوعی باشد. در مقابل، تنها درصد اندکی از شرکت‌ها بیش از ۵۰ میلیارد تومان سرمایه‌گذاری کرده‌اند که معمولاً مربوط به سازمان‌های بزرگ با توان مالی بالا است.

77 Minimum Viable Product (MVP)



شکل ۱۱۲. توزیع میزان هزینه‌کرد در هوش مصنوعی توسط کسب‌وکارها بر اساس اندازه شرکت.

شرکت‌های فعال در حوزه هوش مصنوعی اولویت‌بندی متفاوتی در هزینه‌کرد دارند. همان طور که در شکل ۱۱۳ قابل مشاهده است، بیش از ۷۰ درصد سازمان‌ها در هزینه‌کرد در هوش مصنوعی، «نیروی انسانی متخصص» را جزو سه اولویت اصلی خود قرار داده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد کمبود مهارت‌های تخصصی در این زمینه همچنان چالش محوری برای سازمان‌های ایرانی است. «جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها» نیز دومین محور مهم هزینه‌کرد است؛ زیرا کیفیت و حجم داده، پایه اصلی برای آموزش مدل‌ها و پیاده‌سازی کاربردهای مؤثر هوش مصنوعی است.

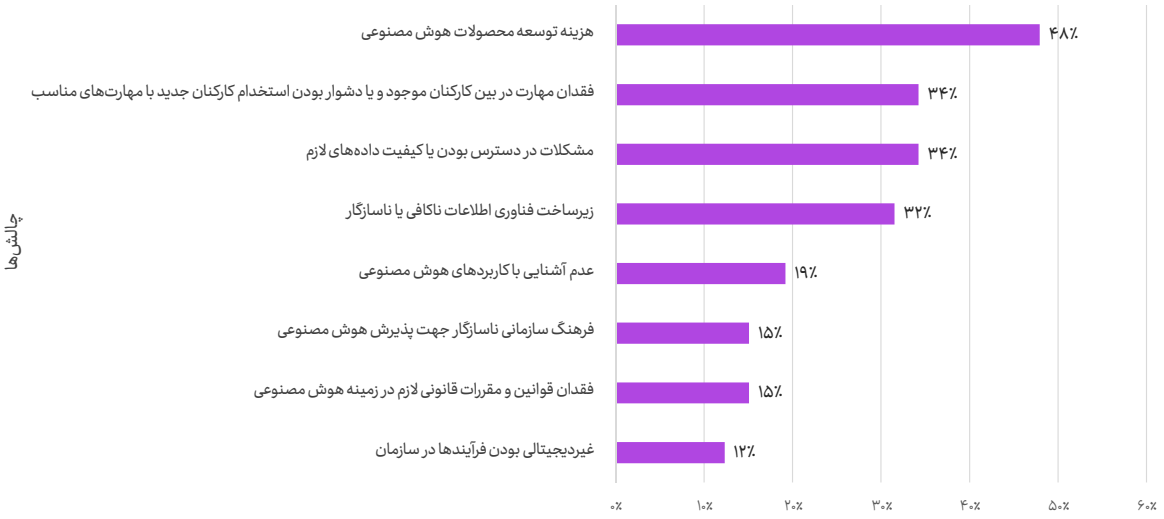


شکل ۱۱۳. اولویت هزینه‌کرد در هوش مصنوعی.

۴.۱.۴ چالش‌های موجود در پروژه‌های هوش مصنوعی

شروع و گسترش پروژه‌های هوش مصنوعی با چالش‌های فراوانی روبرو است. درک این موانع و رویارویی با آن‌ها می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا راهکارهای مؤثرتری را برای فراگیری هوش مصنوعی فراهم آورند.

بر اساس شکل ۱۱۴، «هزینه توسعه محصولات هوش مصنوعی» با ۴۸ درصد مهم‌ترین و پس از آن «فقدان مهارت در بین کارکنان موجود و یا دشوار بودن استخدام کارکنان جدید با مهارت‌های مناسب» و «مشکلات در دسترس بودن یا کیفیت داده‌های لازم» هر کدام با ۳۴ درصد، در صدر چالش‌های اجرای پروژه‌های هوش مصنوعی قرار دارند. این موضوع نشان می‌دهد که عوامل داخلی در حال حاضر در گسترش هوش مصنوعی چالش‌های جدی‌تری به‌حساب می‌آیند.



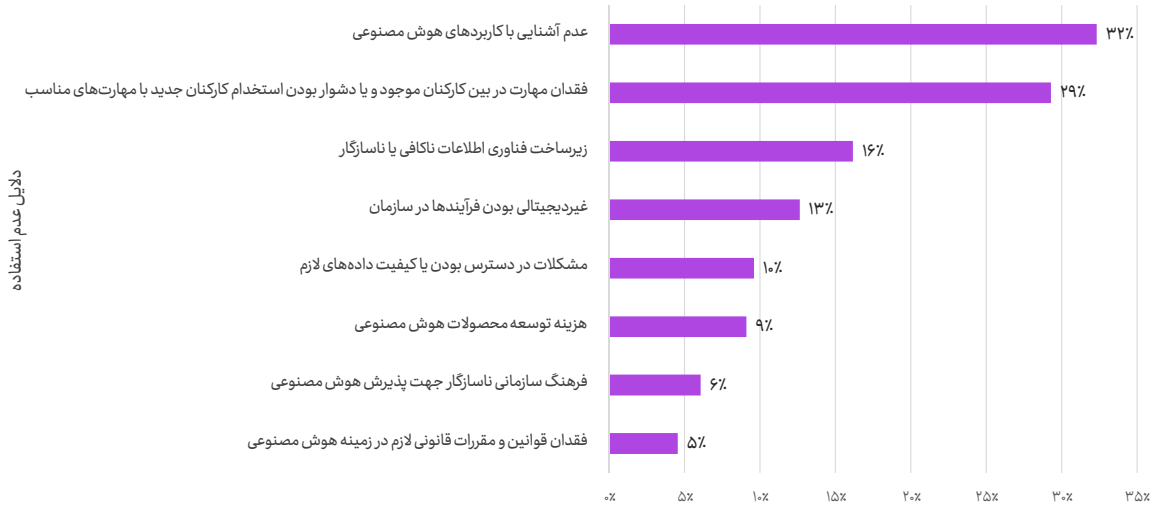
شکل ۱۱۴. چالش‌ها در شروع و گسترش پروژه‌های هوش مصنوعی.

۴.۱.۵ دلایل عدم استفاده از هوش مصنوعی

نتایج حاصل از پرسش‌نامه نشان می‌دهد، بسیاری از شرکت‌ها هنوز نتوانسته‌اند از هوش مصنوعی استفاده کنند. این شاخص به بررسی دلایل عدم استفاده شرکت‌ها از این فناوری می‌پردازد. عدم تمایل یا ناتوانی سازمان‌ها در پذیرش هوش مصنوعی اغلب با طیفی از موانع همراه است که می‌تواند مانع از پذیرش فناوری‌های هوش مصنوعی در فعالیت‌های شرکت شود.

بر اساس شکل ۱۱۵ «عدم آشنایی با کاربردهای هوش مصنوعی» با ۳۲ درصد، اصلی‌ترین دلیل عدم استفاده از هوش مصنوعی است. این موضوع نشان‌دهنده فاصله دانشی و آگاهی سازمانی نسبت به مزایا و قابلیت‌های واقعی هوش مصنوعی است که باعث می‌شود بسیاری از کسب‌وکارها حتی به مرحله بررسی و به‌کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی نرسند. پس از آن «فقدان مهارت در بین کارکنان موجود» و «زیرساخت فناوری اطلاعات ناکافی یا ناسازگار» هر کدام با ۲۹ و ۱۶ درصد در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. لازم به ذکر است با وجود این که «هزینه توسعه محصولات هوش مصنوعی» اصلی‌ترین چالش در توسعه و به‌کارگیری هوش مصنوعی است، اما در میان شرکت‌هایی از که هوش مصنوعی استفاده نمی‌کنند این مورد در جایگاه ششم از دلایل عدم استفاده از هوش مصنوعی قرار دارد.

بر اساس یافته‌های گزارش آمادگی هوش مصنوعی[۷۸]، مهم‌ترین موانعی که مانع پذیرش موفقیت‌آمیز هوش مصنوعی در شرکت‌ها می‌شود و همچنین به‌عنوان چالش برای گسترش پروژه‌های هوش مصنوعی عمل می‌کند، به ترتیب «کمبود مهارت‌ها و تخصص‌های هوش مصنوعی» و «هزینه توسعه محصولات هوش مصنوعی» است.

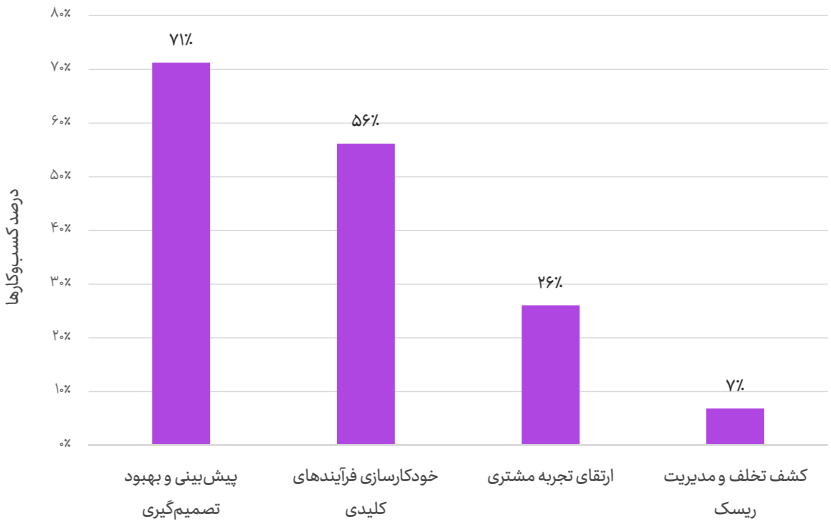


شکل ۱۱۵. دلایل عدم استفاده از هوش مصنوعی.

78 AI readiness report 2025 (A study exploring UK business readiness for AI adoption)

۴.۱.۶ اهداف اصلی شرکت‌ها از پذیرش هوش مصنوعی

پذیرش هوش مصنوعی توسط شرکت‌ها زمینه‌ساز دستاوردهای متعددی است که می‌تواند عملکرد و جایگاه رقابتی آن‌ها را به طور قابل‌توجهی بهبود بخشد. درک این دستاوردهای بالقوه برای تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد سرمایه‌گذاری و به‌کارگیری هوش مصنوعی ضروری است و در نهایت تضمین می‌کند که کسب‌وکارها می‌توانند از مزایای کامل این فناوری تحول‌آفرین بهره ببرند. همان طور که در شکل ۱۱۶ قابل مشاهده است، «پیش‌بینی و بهبود تصمیم‌گیری» با ۷۱ درصد به‌عنوان اصلی‌ترین اهداف سازمان‌ها جهت استفاده از هوش مصنوعی شناخته شده است. پس از آن «خودکارسازی فرآیندهای کلیدی»، «ارتقای تجربه مشتری» و «کشف تقلب و مدیریت ریسک» به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند.



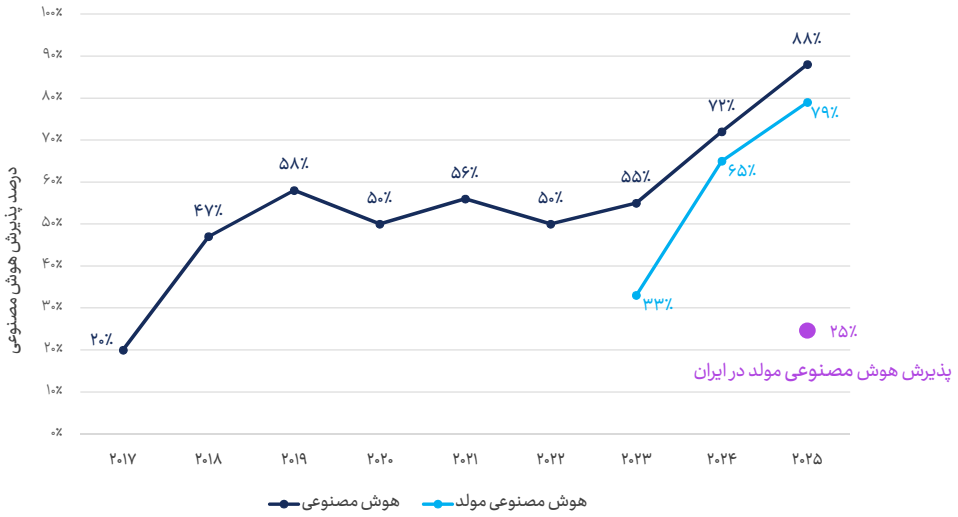
شکل ۱۱۶. اهداف اصلی شرکت‌ها از پذیرش هوش مصنوعی.

۴.۱.۷ پذیرش هوش مصنوعی مولد

هوش مصنوعی مولد با سرعتی چشمگیر در میان کاربران هوش مصنوعی در حال گسترش است. بر اساس شکل ۱۱۷، حدود ۲۵ درصد از کل کسب‌وکارهای ایرانی از ابزارها و مدل‌های مولد استفاده می‌کنند. در میان پذیرندگان هوش مصنوعی ۹۲ درصد از کسب‌وکارها از نوع مولد آن بهره می‌گیرند. به عبارت دیگر تقریباً اکثر کسب‌وکارهایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، به‌نوعی از ابزارهای هوش مصنوعی مولد مانند ChatGPT استفاده می‌کنند. این موضوع نشان می‌دهد که دسترسی آسان، رایگان یا کم‌هزینه بودن ابزارهای مولد و کاربردهای مستقیم آن به‌ویژه در تولید محتوا، بازاریابی و خدمات مشتری باعث شده این شاخه از هوش مصنوعی مورد استقبال بسیاری از کسب‌وکارهای ایرانی قرار گیرد.

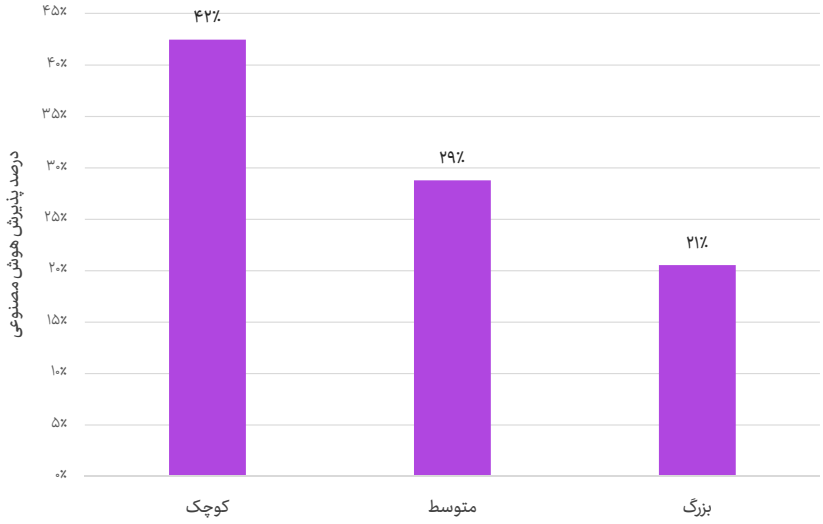
شکل ۱۱۷. پذیرش هوش مصنوعی مولد در شرکت‌های ایرانی.

برای مقایسه وضعیت ایران با جهان از آخرین گزارش مکنزی استفاده شده است. شکل ۱۱۸ نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۵، ۷۹ درصد از سازمان‌های مورد بررسی، هوش مصنوعی مولد را حداقل در یک واحد پیاده‌سازی کرده‌اند. با وجود دسترسی گسترده و رایگان به بسیاری از ابزارهای هوش مصنوعی مولد، نرخ پذیرش این فناوری در میان کسب‌وکارهای ایرانی همچنان فاصله قابل‌توجهی با روند جهانی دارد.



شکل ۱۱۸. درصد پذیرش هوش مصنوعی مولد در جهان، از سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵.

بر اساس شکل ۱۱۹، ۴۲ درصد از شرکت‌های کوچک در حال حاضر از حداقل یک فناوری هوش مصنوعی مولد استفاده می‌کنند. دسترسی آسان به ابزارهای هوش مصنوعی در شرکت‌های کوچک، نقش مهمی در گسترش استفاده از هوش مصنوعی مولد ایفا کرده است و باعث شده شرکت‌های کوچک بدون نیاز به سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجه بتوانند از این فناوری استفاده کنند.



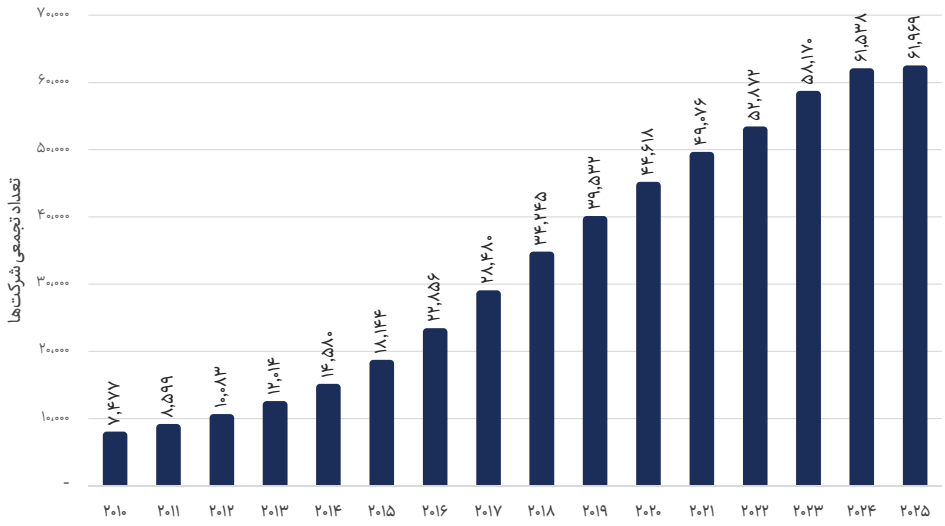
شکل ۱۱۹. درصد پذیرش هوش مصنوعی مولد شرکت‌های ایرانی بر اساس اندازه.

۴.۲ رکن دوم: صنعت و شرکت‌های هوش مصنوعی

در این رکن منظور از شرکت‌های هوش مصنوعی، شرکت‌هایی هستند که به تولید محصول و یا خدمات هوش مصنوعی می‌پردازند. این رکن نشان می‌دهد که شرکت‌ها در چه زمینه‌ای از هوش مصنوعی پیشرفت داشته و در چه زمینه‌هایی نیاز به سرمایه‌گذاری و توجه بیشتری وجود دارد. اطلاعات این بخش از دو منبع داده کرانچ‌بیس برای شرکت‌های غیرایرانی و پایگاه داده اطلس هوش مصنوعی تأیید شده توسط مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف برای ۳۸۷ شرکت ایرانی استفاده شده است. هر شرکت ایرانی که حداقل یک محصول و یا سرویس هوش مصنوعی ارائه می‌دهد، به‌عنوان یک شرکت فعال در حوزه هوش مصنوعی در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است با توجه به معیارهای سخت‌گیرانه در انتخاب این شرکت‌ها ممکن است تعداد شرکت‌های فعال ایرانی در این حوزه بیش از ۳۸۷ شرکت باشد.

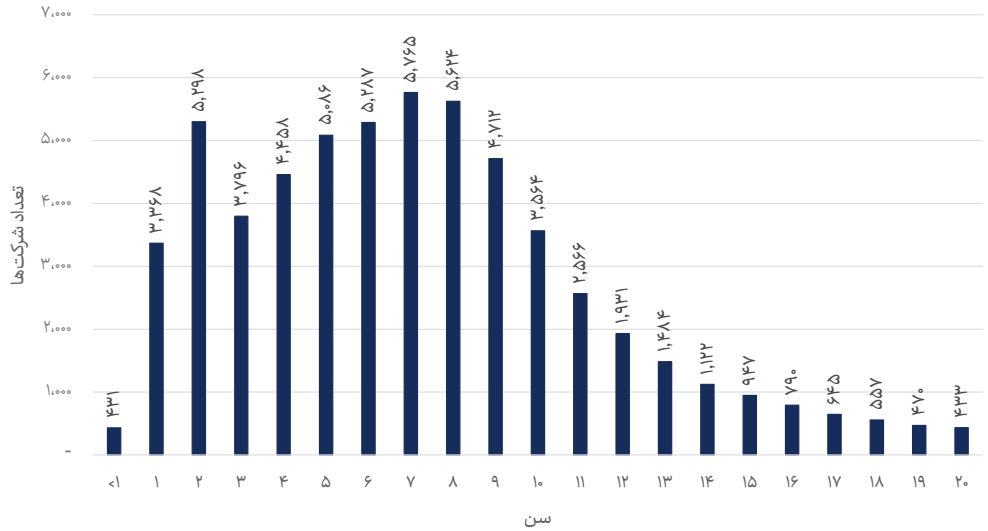
روندهای جهانی

بر اساس داده‌های موجود در پایگاه داده کرانچ‌بیس (شکل ۱۲۰)، در مجموع ۶۱,۹۶۹ شرکت هوش مصنوعی در جهان وجود دارد.



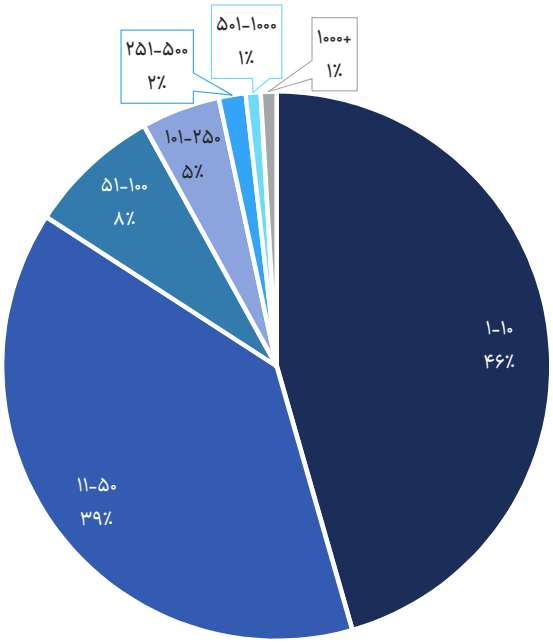
شکل ۱۲۰. روند رشد شرکت‌های هوش مصنوعی در جهان.

همان طور که در شکل ۱۲۱ قابل مشاهده است، این شرکت‌ها به طور میانگین ۷/۵ سال سن دارند. درصد بالاتر شرکت‌های جوان نسبت به شرکت‌های قدیمی‌تر، بیانگر روند رو به رشد شرکت‌های جدید در این حوزه است.



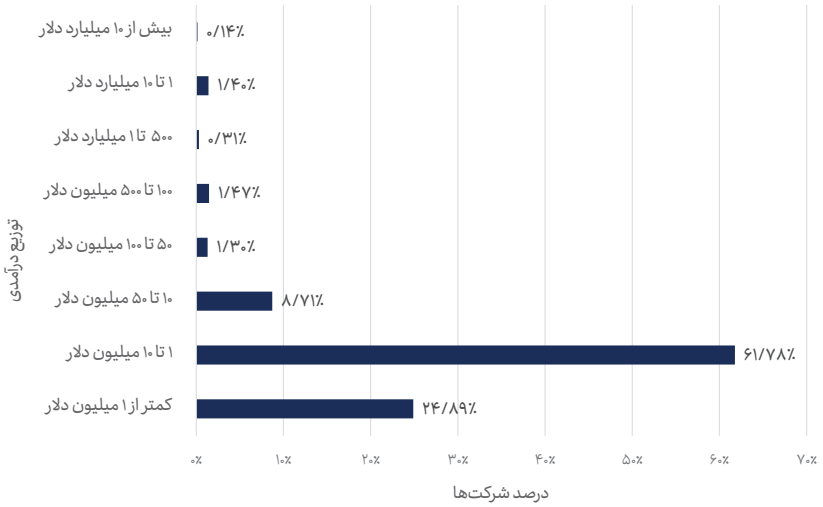
شکل ۱۲۱. سن شرکت‌های هوش مصنوعی.

از منظر تعداد نیروی انسانی، اکثر شرکت‌ها در بازه شرکت‌های کوچک تا متوسط قرار دارند. همان طور که در شکل ۱۲۲ قابل مشاهده است، بیشتر شرکت‌ها زیر ۵۰ کارمند دارند که نشان‌دهنده این است که بیشتر شرکت‌های این حوزه در مرحله رشد ابتدایی قرار دارند.



شکل ۱۲۲. توزیع شرکت‌های هوش مصنوعی در جهان بر اساس تعداد نیروی انسانی.

یکی دیگر از مواردی که می‌توان در رابطه با این شرکت‌ها مورد بررسی قرار داد، توزیع درآمد آن‌ها است. بر اساس شکل ۱۲۳، بیشتر شرکت‌های هوش مصنوعی در محدوده درآمدی کمتر از ۱۰ میلیون دلار قرار دارند و این موضوع نشان‌دهنده این است که شرکت‌ها عمدتاً در مرحله رشد ابتدایی خود قرار دارند.



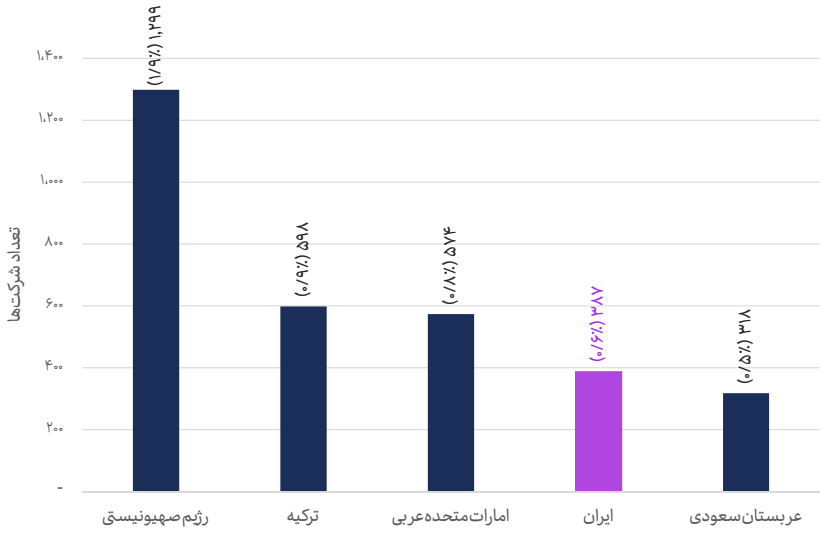
شکل ۱۲۳. توزیع درآمد تخمینی شرکت‌های هوش مصنوعی در جهان.

۴.۲.۱ شرکت‌های هوش مصنوعی

تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در هر کشور، نشان‌دهنده سطح قابلیت‌ها، سرمایه‌گذاری، تخصص و تمرکز استراتژیک بر هوش مصنوعی در اقتصادهای مختلف است. این اطلاعات می‌توانند به کشورها کمک کنند تا موقعیت خود را در عرصه بین‌المللی بهتر بشناسند و به شرکت‌ها نیز در شناسایی فرصت‌های جدید و راهکارهای استراتژیک برای رقابت در بازار جهانی کمک می‌کند.

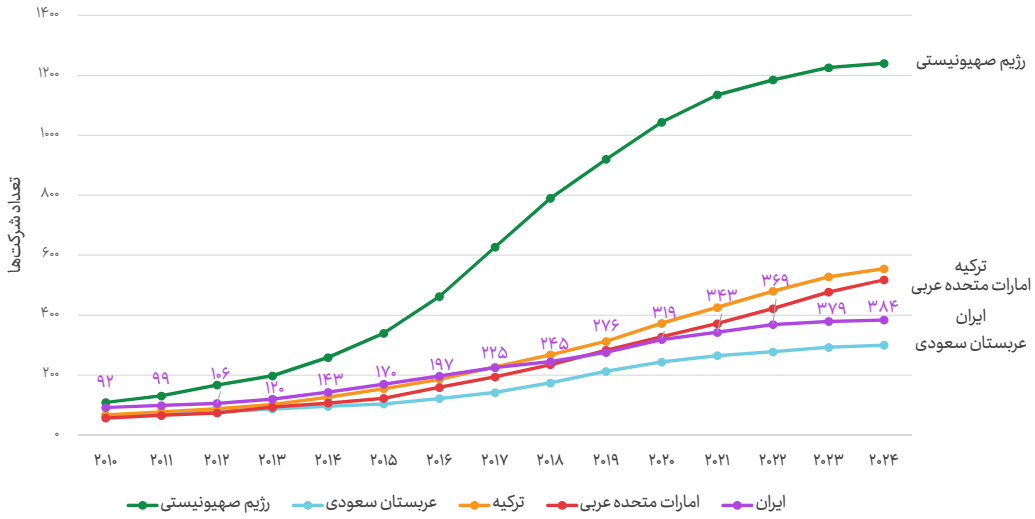
کشورهای منطقه

همان طور که در شکل ۱۲۴ مشاهده می‌شود، ایران و عربستان، کمترین تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منطقه را دارند. رژیم صهیونیستی با ۱,۲۹۹ شرکت هوش مصنوعی، دارای ۲ درصد از کل شرکت‌های هوش مصنوعی جهان بوده و رتبه اول در بین کشورهای منطقه دارد. پس از آن ترکیه و امارات متحده عربی، در رتبه‌های دوم و سوم و عربستان سعودی در جایگاه آخر کشورهای منطقه قرار گرفته است.



شکل ۱۲۴. تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منطقه.

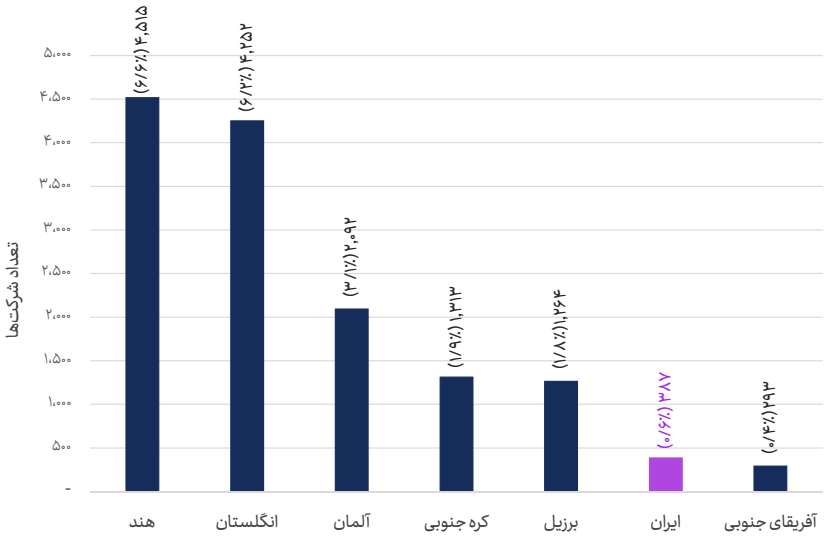
با توجه به شکل ۱۲۵ روند تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در رژیم صهیونیستی در مقایسه با کشورهای منطقه بیشتر است، به طوری که از حدود ۱۰۰ شرکت در سال ۲۰۱۰ به بیش از ۱,۲۰۰ شرکت در سال ۲۰۲۴ رسیده است. در رابطه با ایران، با وجود این که تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی به‌تدریج افزایش یافته، اما نسبت به سایر کشورها، رشد کمتری را تجربه کرده است.



شکل ۱۲۵. روند تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منطقه، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

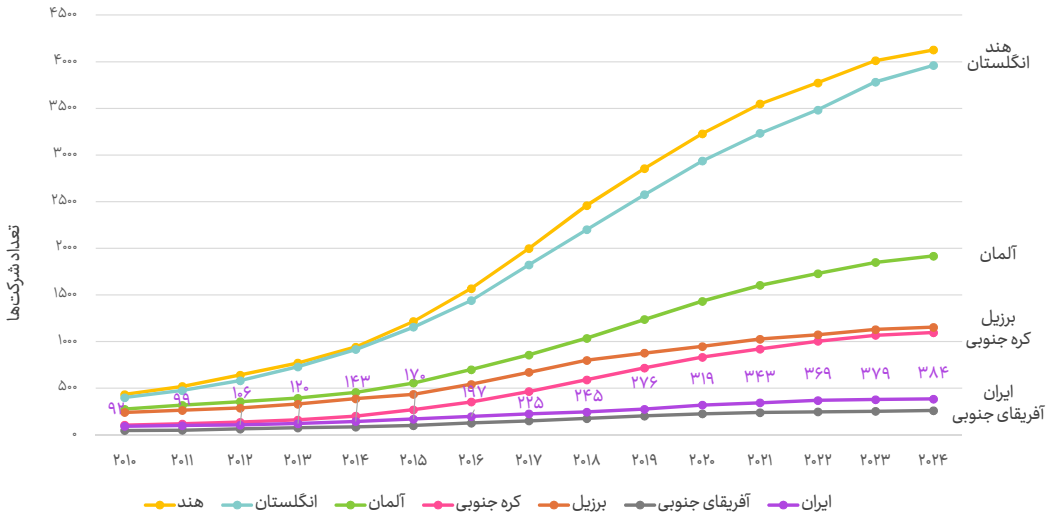
کشورهای منتخب

در سطح کشورهای منتخب با توجه به شکل ۱۲۶، هند و انگلستان به ترتیب با ۴,۵۱۵ و ۴,۲۵۲ شرکت، هر کدام حدود ۷ درصد از شرکت‌های هوش مصنوعی جهان را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی را در بین کشورهای منتخب دارند. پس از آن، آلمان با ۲,۰۹۲ شرکت قرار می‌گیرد. همچنین، کشورهای کره جنوبی و برزیل تعداد بیشتری شرکت نسبت به ایران داشته و تنها آفریقای جنوبی با ۲۹۳ شرکت و حدود ۰/۴۳ درصد از کل شرکت‌ها، تعداد کمتری شرکت نسبت به ایران دارد.



شکل ۱۲۶. تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منتخب.

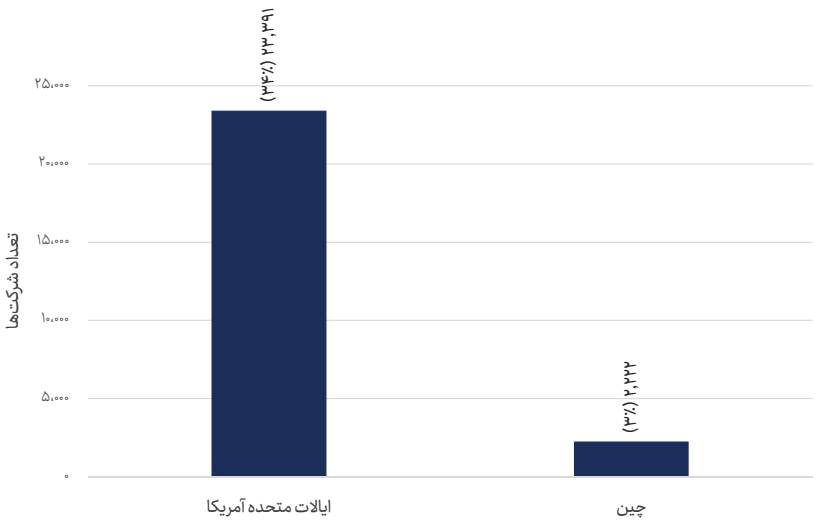
بر اساس شکل ۱۲۷ هند و انگلستان از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، رشد تقریباً ۸ برابری را از نظر تعداد شرکت‌ها داشته‌اند. آلمان رشدی حدوداً ۶ برابری در این ۱۵ سال تجربه کرده و شرکت‌های برزیل و کره جنوبی حدوداً ۵ برابر شده‌اند. در بین کشورهای منتخب ایران با رشد ملایم و نسبتاً کم، در مقایسه با سایر کشورها با سرعت کمتری رشد را تجربه کرده و البته در برخی سال‌ها مانند ۲۰۲۰ رشد نسبتاً قابل‌توجهی نسبت به سایر کشورها داشته است.



شکل ۱۲۷. روند تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منتخب، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

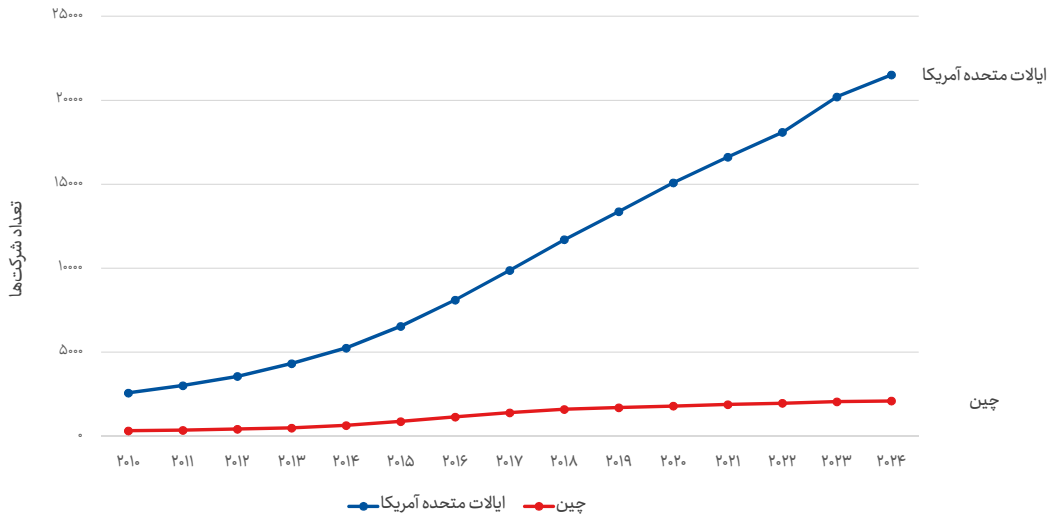
کشورهای پیشرو

بر اساس شکل ۱۲۸ ایالات متحده، بیشترین تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در جهان را با ۲۳،۳۹۱ شرکت به خود اختصاص داده است. در واقع حدود ۳۴ درصد شرکت‌های هوش مصنوعی در جهان، در ایالات متحده قرار دارد. بر اساس داده‌های موجود در پایگاه داده کرانچ‌بیس چین در مجموع ۲،۲۲۲ شرکت دارد که انتظار می‌رود همه شرکت‌های چینی هوش مصنوعی در این پایگاه داده ثبت نشده باشند.



شکل ۱۲۸. تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای پیشرو.

شکل ۱۲۹ روند افزایش پرشتاب و مستمر تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در ایالات متحده را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۱۰ از حدود ۲,۵۷۲ شرکت با رشد قابل‌توجهی به ۲۱,۵۱۹ شرکت در سال ۲۰۲۴ رسیده است. با این وجود درصد رشد این کشور نیز از سال ۲۰۱۵ یک روند کاهشی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲۹. روند تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴.

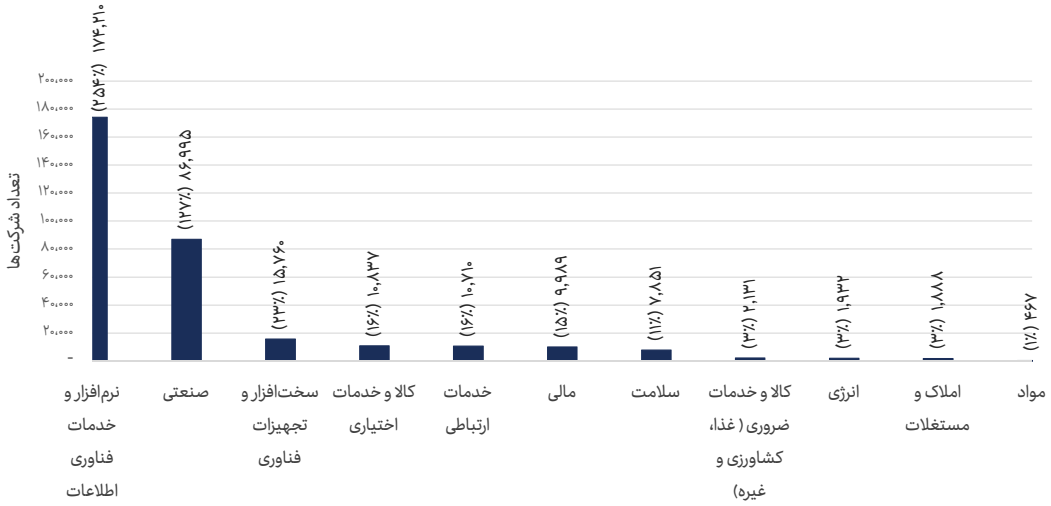
۴.۲.۲ شرکت‌های هوش مصنوعی به تفکیک صنعت

شناسایی صنایع پیشرو در پذیرش هوش مصنوعی این امکان را فراهم می‌سازد تا استراتژی‌های دقیق‌تری برای حمایت از پیشرفت‌های این حوزه طراحی گردد و به طور مؤثرتری به چالش‌های بالقوه این حوزه پرداخته شود.

روندهای جهانی

قبل از ورود به شاخص‌های مرتبط با شرکت‌های هوش مصنوعی بر اساس صنعت، ابتدا به بررسی روند جهانی صنایع فعال در زمینه هوش مصنوعی و مقایسه ایران با روند جهانی پرداخته می‌شود.

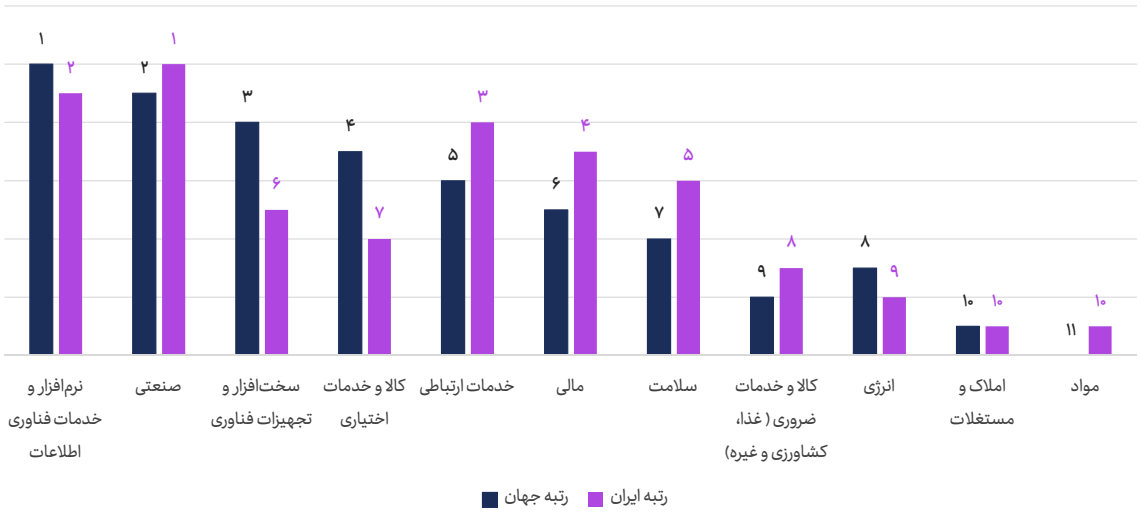
همان طور که در شکل ۱۳۰ مشخص است، حوزه «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، «صنعتی» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» به ترتیب بیشترین شرکت‌های هوش مصنوعی را در سطح جهان به خود اختصاص داده است. در همین حال، صنایعی مانند «مواد»، «املاک و مستغلات» و «انرژی» دارای تعداد شرکت‌های کمتری هستند.



شکل ۱۳۰. توزیع شرکت‌های هوش مصنوعی در جهان بر اساس صنعت.

وضعیت ایران

شکل ۱۳۱ رتبه‌بندی صنایع را از نظر تعداد شرکت‌های هوش مصنوعی در ایران و جهان نشان می‌دهد. در این نمودار هر صنعت با دو ستون نشان داده شده است، اعداد موجود در هر ستون بیانگر اولویت جهان و ایران در هر صنعت بر اساس تعداد شرکت‌ها است. با مقایسه ایران و جهان، می‌توان به این موضوع پرداخت که اولویت ایران در کدام صنایع، با الگوهای جهانی همسو است. صنعت «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» در سطح جهان و ایران جزو اولویت‌های بالا به شمار می‌رود. بر خلاف روند جهانی «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است و در اولویت ششم قرار دارد. همچنین در «خدمات ارتباطی» که شامل رسانه و سرگرمی، تبلیغات، محتوا و نشر و پیام‌رسانی است، ایران اولویت بالاتری دارد. در حالی که این حوزه در رتبه پنجم اولویت جهانی در میان کسب‌وکارها قرار دارد.



شکل ۱۳۱. رتبه‌بندی استفاده از هوش مصنوعی در ایران و جهان بر اساس صنعت.

کشورهای منطقه

جدول ۱۰ تعداد و رتبه شرکت‌های هوش مصنوعی در هر صنعت را به تفکیک کشور نشان می‌دهد. همان طور که قابل مشاهده است در بین کشورهای منطقه، ایران تمرکز بالاتری روی «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات»، «صنعتی» و «کالا و خدمات اختیاری» دارد. بر خلاف سایر کشورها، ایران تعداد شرکت‌های کمی در «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری» دارد. «انرژی»، «املاک و مستغلات» و «مواد» از جمله صنایعی هستند که فعالیت ایران در این زمینه‌ها کم‌رنگ است.

جدول ۱۰. مقایسه تعداد و رتبه شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منطقه بر اساس صنعت.

تعداد شرکت‌ها

صنایع	امارات متحده عربی	عربستان سعودی	ترکیه	رژیم صهیونیستی	ایران
نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات	۲۷۵	۱۳۶	۲۵۹	۵۳۷	۲۲۳
صنعتی	۲۳۳	۱۷۷	۲۸۳	۵۲۲	۲۴۰
سخت‌افزار و تجهیزات فناوری	۱۳۹	۸۲	۱۵۲	۳۵۶	۳۱
کالا و خدمات اختیاری	۹۰	۴۲	۹۷	۱۴۱	۲۷
خدمات ارتباطی	۶۸	۵۶	۹۷	۲۱۴	۱۲۶
مالی	۱۱۷	۶۲	۷۰	۲۰۲	۶۲
سلامت	۵۸	۲۳	۴۸	۱۷۴	۳۷
کالا و خدمات ضروری (غذا، کشاورزی و غیره)	۲۳	۱۵	۱۳	۵۰	۱۳
انرژی	۲۱	۷	۲۸	۵۰	۵
املاک و مستغلات	۱۹	۸	۲۱	۴۴	۱
مواد	۴	۱	۷	۱۶	۱

رتبه

صنایع	امارات متحده عربی	عربستان سعودی	ترکیه	رژیم صهیونیستی	ایران
نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات	۱	۲	۲	۱	۲
صنعتی	۲	۱	۱	۲	۱
سخت‌افزار و تجهیزات فناوری	۳	۳	۳	۳	۶
کالا و خدمات اختیاری	۵	۶	۴	۷	۷
خدمات ارتباطی	۶	۵	۴	۴	۳
مالی	۴	۴	۵	۵	۴
سلامت	۷	۷	۷	۶	۵
کالا و خدمات ضروری (غذا، کشاورزی و غیره)	۸	۸	۹	۸	۸
انرژی	۹	۱۰	۷	۸	۹
املاک و مستغلات	۱۰	۹	۸	۹	۱۰
مواد	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰

کشورهای منتخب

همان طور که در جدول ۱۱ قابل مشاهده است، سه حوزه «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» و «صنعتی» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری»، جزو سه حوزه برتر و مشترک کشورهای منتخب قرار دارد. حوزه چهارم برای آفریقای جنوبی، هند و آلمان حوزه «کالا و خدمات اختیاری»، برای کره جنوبی و برزیل حوزه «خدمات ارتباطی» و برای انگلستان و ایران حوزه «مالی» است که نشان‌دهنده تمرکز متفاوت کشورهای مختلف است.

جدول ۱۱. مقایسه تعداد و رتبه شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای منتخب بر اساس صنعت.

	تعداد شرکت‌ها						
صنایع	آفریقای جنوبی	کره جنوبی	برزیل	انگلستان	هند	آلمان	ایران
نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات	۱۵۷	۴۸۸	۵۸۸	۱,۷۸۶	۲,۲۷۵	۸۹۶	۲۲۳
صنعتی	۱۲۳	۴۳۶	۵۶۱	۱,۷۲۸	۱,۸۸۵	۹۰۱	۲۴۰
سخت‌افزار و تجهیزات فناوری	۶۷	۳۲۲	۲۷۶	۹۵۲	۱,۱۵۷	۴۸۹	۳۱
کالا و خدمات اختیاری	۵۳	۲۰۶	۱۷۱	۷۲۶	۸۶۹	۳۱۴	۲۷
خدمات ارتباطی	۲۵	۲۱۲	۱۸۲	۶۸۹	۶۲۶	۳۰۱	۱۲۶
مالی	۳۱	۱۸۹	۱۷۱	۷۳۳	۵۵۱	۲۸۴	۶۲
سلامت	۲۳	۱۵۳	۱۲۱	۴۶۹	۳۸۶	۲۲۳	۳۷
کالا و خدمات ضروری (غذا، کشاورزی و غیره)	۹	۴۵	۴۰	۱۲۷	۱۲۴	۷۹	۱۳
انرژی	۶	۴۸	۳۱	۱۲۶	۹۰	۷۸	۵
املاک و مستغلات	۷	۳۳	۳۳	۱۳۸	۱۰۵	۶۲	۱
مواد	۱	۱۱	۷	۲۲	۲۶	۱۴	۱
	رتبه						
صنایع	آفریقای جنوبی	کره جنوبی	برزیل	انگلستان	هند	آلمان	ایران
نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲
صنعتی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱
سخت‌افزار و تجهیزات فناوری	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۶
کالا و خدمات اختیاری	۴	۵	۵	۵	۴	۴	۷
خدمات ارتباطی	۶	۴	۴	۶	۵	۵	۳
مالی	۵	۶	۵	۴	۶	۶	۴
سلامت	۷	۷	۶	۷	۷	۷	۵
کالا و خدمات ضروری (غذا، کشاورزی و غیره)	۸	۹	۷	۹	۸	۸	۸
انرژی	۱۰	۸	۹	۱۰	۱۰	۹	۹
املاک و مستغلات	۹	۱۰	۸	۸	۹	۱۰	۱۰
مواد	۱۱	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰

کشورهای پیشرو

با توجه به جدول ۱۲ چین نسبت به ایالات متحده، تمرکز بالاتری بر روی خدمات مالی دارد. سه حوزه «نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات» و «صنعتی» و «سخت‌افزار و تجهیزات فناوری»، جزو سه حوزه برتر و مشترک این دو کشور است، در حالی که حوزه «خدمات ارتباطی» و «کالا و خدمات اختیاری» برای ایالات متحده و حوزه «مالی» و «خدمات ارتباطی» برای چین در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.

جدول ۱۲. مقایسه تعداد و رتبه شرکت‌های هوش مصنوعی در کشورهای پیشرو بر اساس صنعت.

	رتبه			تعداد شرکت‌ها	
صنایع	چین	ایالات متحده آمریکا	صنایع	چین	ایالات متحده آمریکا
نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات	۱	۱	نرم‌افزار و خدمات فناوری اطلاعات	۹۱۴	۹,۷۳۶
صنعتی	۲	۲	صنعتی	۸۵۳	۹,۵۱۲
سخت‌افزار و تجهیزات فناوری	۳	۳	سخت‌افزار و تجهیزات فناوری	۶۴۷	۵,۴۵۹
کالا و خدمات اختیاری	۶	۵	کالا و خدمات اختیاری	۲۸۵	۳,۶۴۱
خدمات ارتباطی	۵	۴	خدمات ارتباطی	۳۰۲	۳,۹۰۵
مالی	۴	۶	مالی	۳۴۹	۳,۵۴۵
سلامت	۷	۷	سلامت	۲۴۵	۳,۲۷۰
کالا و خدمات ضروری (غذا، کشاورزی و غیره)	۹	۸	کالا و خدمات ضروری (غذا، کشاورزی و غیره)	۵۷	۷۰۵
انرژی	۸	۱۰	انرژی	۶۲	۶۲۹
املاک و مستغلات	۱۰	۹	املاک و مستغلات	۵۲	۶۷۵
مواد	۱۱	۱۱	مواد	۱۶	۱۶۲

۵

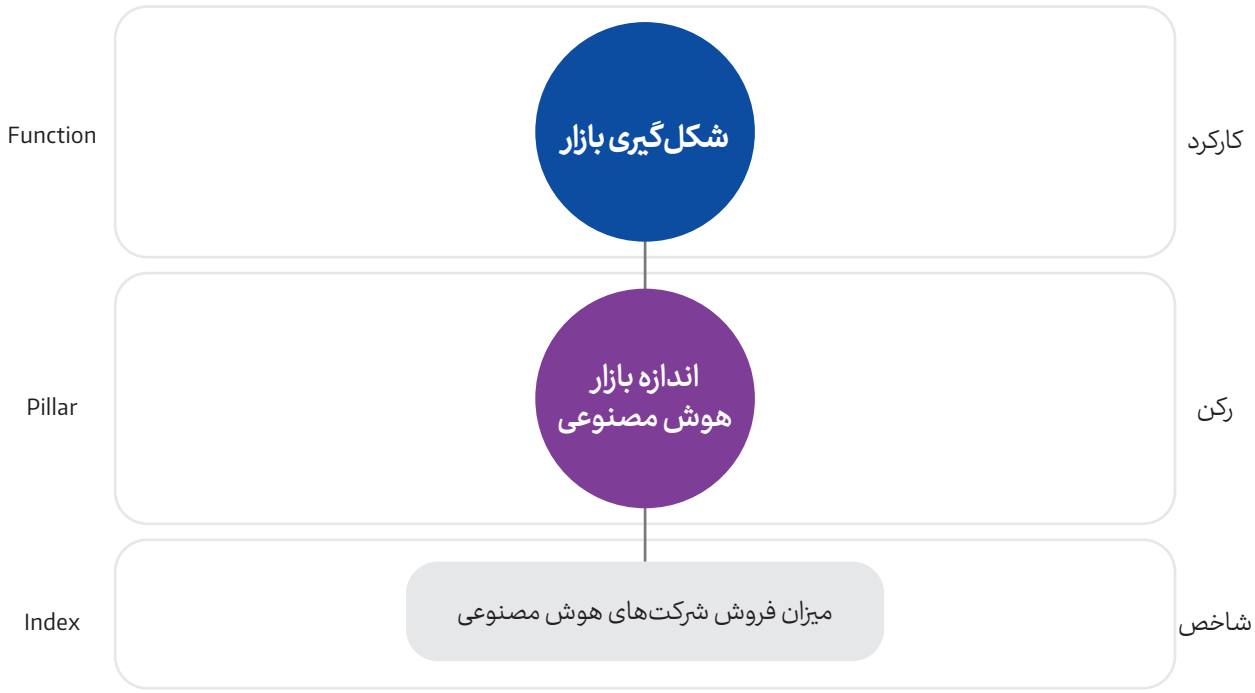
کارکرد پنجم
شکل‌گیری بازار

نکات کلیدی

- اندازه بازار هوش مصنوعی ایران در سال ۱۴۰۳ حدود ۵/۵ همت (هزار میلیارد تومان) تخمین زده می‌شود که حدود ۸۸ درصد نسبت به سال قبل رشد داشته است.
- اندازه بازار هوش مصنوعی رژیم صهیونیستی با حدود ۲/۸ میلیارد دلار و سهم ۰/۵۲ درصدی از تولید ناخالص داخلی خود، در جایگاه اول کشورهای منطقه قرار دارد. پس از آن امارات متحده عربی، عربستان سعودی و ترکیه در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. ایران نیز با حجم بازار هوش مصنوعی حدود ۹۰ میلیون دلاری و سهم ۰/۰۲ درصدی از تولید ناخالص داخلی خود، در جایگاه آخر کشورهای منطقه قرار می‌گیرد.

مقدمه

با توجه به نقش روزافزون هوش مصنوعی در اقتصاد جهانی، درک اندازه این بازار در ایران و ارزیابی رشد آن اهمیت ویژه‌ای دارد. تغییرات در ارزش بازار در گذر زمان می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در نفوذ فناوری، پیشرفت‌های فناورانه یا تغییرات بازاری باشد. به‌منظور بررسی میزان فروش شرکت‌های هوش مصنوعی از پایگاه داده اطلس هوش مصنوعی تأیید شده توسط مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف و داده‌های سازمان امور مالیاتی، استفاده شده است. در این کارکرد، به بررسی داده‌های مالی شرکت‌های هوش مصنوعی و تحلیل اندازه بازار این صنعت پرداخته خواهد شد. اطلاعات دقیق مربوط به این کارکرد و شاخص‌های آن در شکل ۱۳۲ قابل مشاهده است.



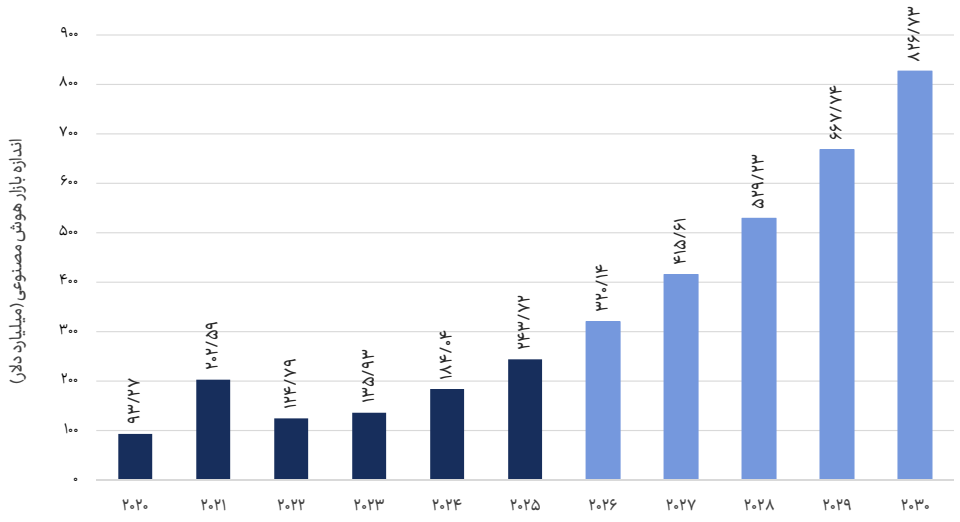
شکل ۱۳۲. تقسیم‌بندی شاخه‌ای کارکرد شکل‌گیری بازار و شاخص‌های مرتبط با آن.

۵.۱ رکن اول: اندازه بازار هوش مصنوعی

در این رکن، میزان فروش سالانه شرکت‌های هوش مصنوعی تحلیل شده و بر اساس داده‌های موجود، اندازه کلی بازار تخمین زده شده است. همچنین، با بررسی جداگانه شرکت‌های بزرگ و کوچک و متوسط در این صنعت، سهم هر یک از انواع شرکت‌ها در اندازه کلی بازار به طور دقیق‌تری مورد ارزیابی قرار گرفته است. این تحلیل می‌تواند به درک بهتر ساختار بازار و فرصت‌های موجود در این حوزه کمک کند.

روندهای جهانی

شکل ۱۳۳ اندازه بازار هوش مصنوعی در جهان را از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ و پیش‌بینی اندازه بازار از ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۰ را به تصویر می‌کشد. روند کلی نمودار به‌وضوح رشد سریع و پیوسته بازار هوش مصنوعی را در طی این دوره ۱۰ ساله نمایش می‌دهد. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است روند صعودی بازار همچنان ادامه یافته و تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۸۲۶ میلیارد دلار خواهد رسید.



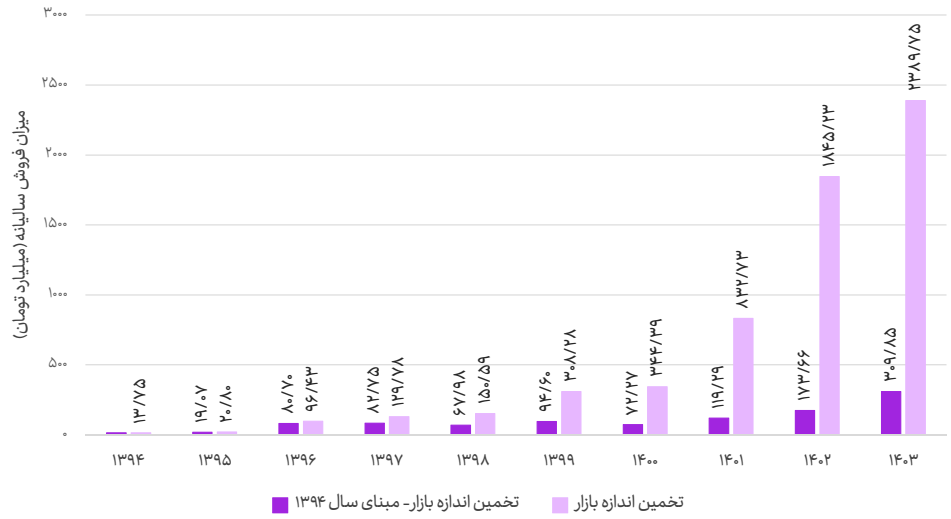
شکل ۱۳۳. اندازه بازار هوش مصنوعی در جهان، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰.

۵.۱.۱ میزان فروش شرکت‌های هوش مصنوعی

وضعیت ایران

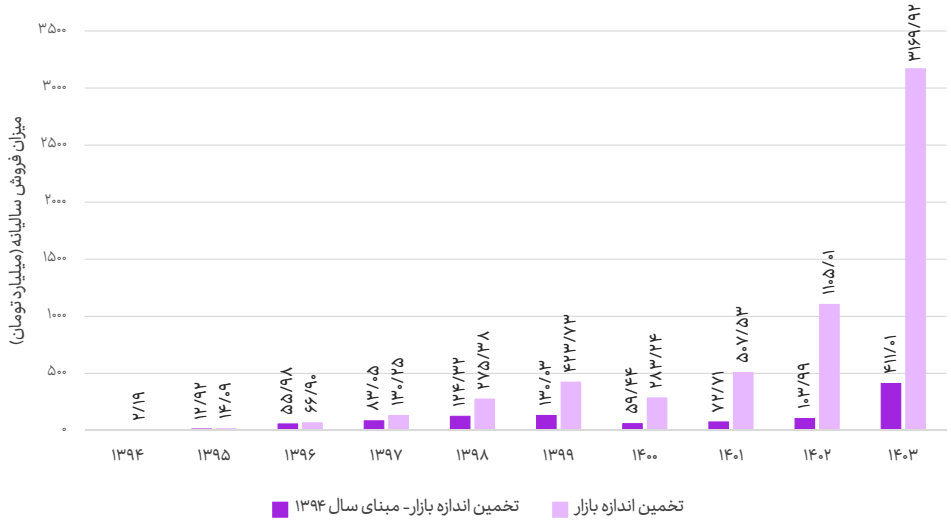
در ادامه به بررسی میزان فروش شرکت‌های هوش مصنوعی و تخمین اندازه بازار از جنبه‌های مختلف پرداخته می‌شود. به‌منظور بررسی دقیق‌تر اندازه بازار شرکت‌های هوش مصنوعی، در این بخش شرکت‌های بزرگ از شرکت‌های کوچک و متوسط تفکیک شده‌اند. به‌طوری که شرکت‌هایی که فروش بیش از ۱۰۰ میلیارد تومان در سال ۱۴۰۳ داشته‌اند، به‌عنوان شرکت‌های بزرگ در نظر گرفته شده‌اند. همچنین به‌منظور فهم بهتر روند رشد بازار، ارزش ریالی هر سال با استفاده از محاسبه‌گر تورم بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به قیمت‌های سال ۱۳۹۴ تعدیل شده است.

بر اساس شکل ۱۳۴ در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۳، میزان فروش شرکت‌های کوچک و متوسط هوش مصنوعی به طور پیوسته افزایش یافته است. در سال ۱۴۰۳ میزان فروش شرکت‌های کوچک و متوسط به حدود ۲,۳۹۰ میلیارد تومان رسیده است. ستون سمت چپ در شکل ۱۳۴ اعداد را نسبت به سال مبنا ۱۳۹۴ تعدیل کرده است، تصویر دقیق‌تری از رشد واقعی را ارائه می‌دهد. این نمودار به خوبی نشان می‌دهد که بخشی از افزایش در فروش و اندازه بازار به دلیل تورم و افزایش عمومی قیمت‌ها بوده است و نه رشد واقعی در عملکرد شرکت‌ها.



شکل ۱۳۴. مجموع میزان فروش سالیانه شرکت‌های هوش مصنوعی بر اساس شرکت‌های کوچک و متوسط، از سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۳.

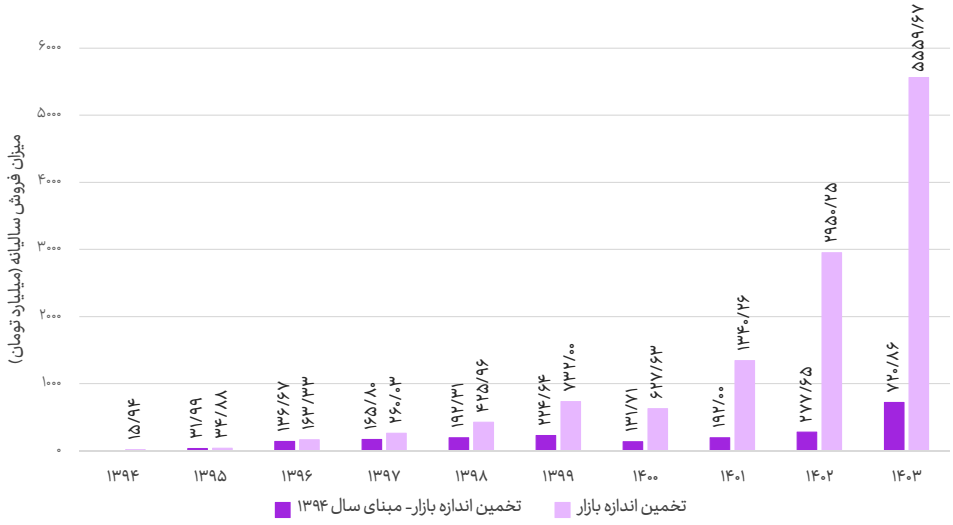
با بررسی میزان فروش شرکت‌های بزرگ، همان طور که در شکل ۱۳۵ نشان داده شده است، میزان فروش اسمی شرکت‌های بزرگ نیز هر ساله افزایش یافته است به طوری که از ۲/۱۹ میلیارد تومان در سال ۱۳۹۴ به ۳۱۶۹/۹۲ میلیارد تومان در سال ۱۴۰۳ رسیده است. همچنین با تعدیل اعداد به نسبت سال ۱۳۹۴، فروش شرکت‌های بزرگ تا سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است. سپس در بازه سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ روند صعودی داشته و در سال ۱۴۰۳ با یک افزایش قابل‌توجه مواجه شده است.



شکل ۱۳۵. مجموع میزان فروش سالیانه شرکت‌های بزرگ هوش مصنوعی، از سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۳.

از تجمیع اندازه بازار شرکت‌های کوچک و متوسط با میزان فروش شرکت‌های بزرگ، اندازه کلی بازار هوش مصنوعی محاسبه می‌شود. مطابق با شکل ۱۳۶، اندازه بازار هوش مصنوعی ایران در سال ۱۴۰۳ به میزان اسمی ۵۵۵۹/۶۷ میلیارد تومان رسیده که با تعدیل ارقام نسبت به سال ۱۳۹۴، این عدد ۷۲۰/۸۶ میلیارد تومان تخمین زده می‌شود.[۷۹]

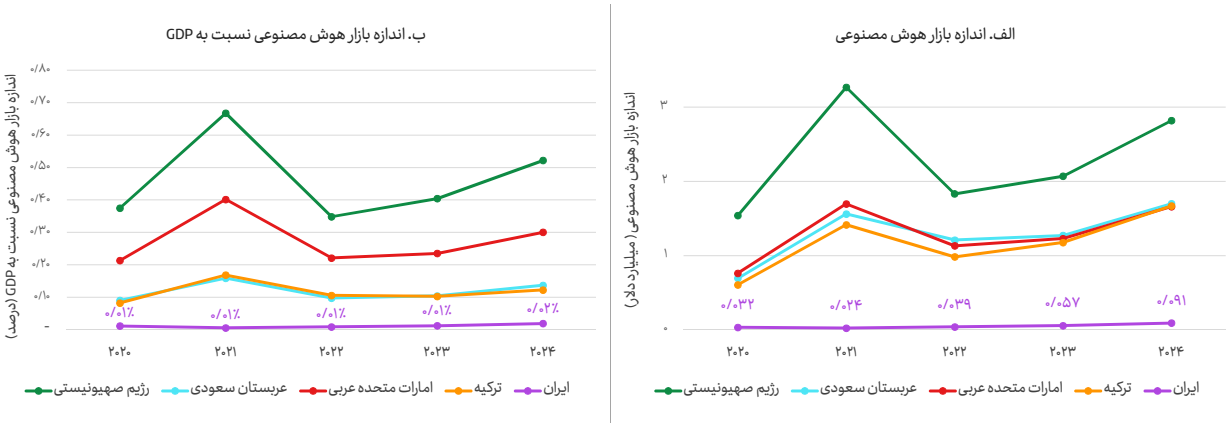
۷۹ با توجه به پیچیدگی محاسبه اندازه بازار بر اساس فروش شرکت‌ها و تنوع محصولات آن‌ها، اندازه بازار ممکن است بسته به تعریف متفاوت باشد.



شکل ۱۳۶. اندازه بازار هوش مصنوعی ایران، از سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۳.

کشورهای منطقه

با توجه به شکل ۱۳۷ (الف)، رژیم صهیونیستی با فاصله قابل‌توجهی نسبت به سایر کشورهای منطقه بزرگ‌ترین بازار هوش مصنوعی منطقه را دارد. به طوری که در سال ۲۰۲۴ اندازه بازار هوش مصنوعی رژیم صهیونیستی نزدیک به ۳ میلیارد دلار برآورد شده است. روند اندازه بازار هوش مصنوعی در کشورهای منطقه طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ عموماً صعودی اما با نوسانات مقطعی بوده است؛ به طوری که اندازه بازار هوش مصنوعی ترکیه، امارات متحده عربی و عربستان سعودی در سال‌های اخیر خیلی به هم نزدیک شده و به ۱/۵ میلیارد دلار رسیده است. شکل ۱۳۷ (ب) نسبت اندازه بازار هوش مصنوعی کشورهای منطقه نسبت به تولید ناخالص داخلی (به قیمت جاری دلار آمریکا)[۸۰] هر کشور را نشان داده است. همچنان اندازه بازار هوش مصنوعی رژیم صهیونیستی نسبت به تولید ناخالص داخلی آن با حدود ۰/۵ درصد، جایگاه اول در میان کشورهای منطقه را دارد. سپس امارات متحده عربی با نسبت ۰/۳ درصد نسبت به تولید ناخالص داخلی خود، در جایگاه دوم قرار دارد. عربستان سعودی و ترکیه نیز با فاصله‌ای از امارات و نزدیک به هم در جایگاه‌های سوم و چهارم و ایران با ۰/۰۲ درصد، در جایگاه آخر کشورهای منطقه قرار گرفته است.



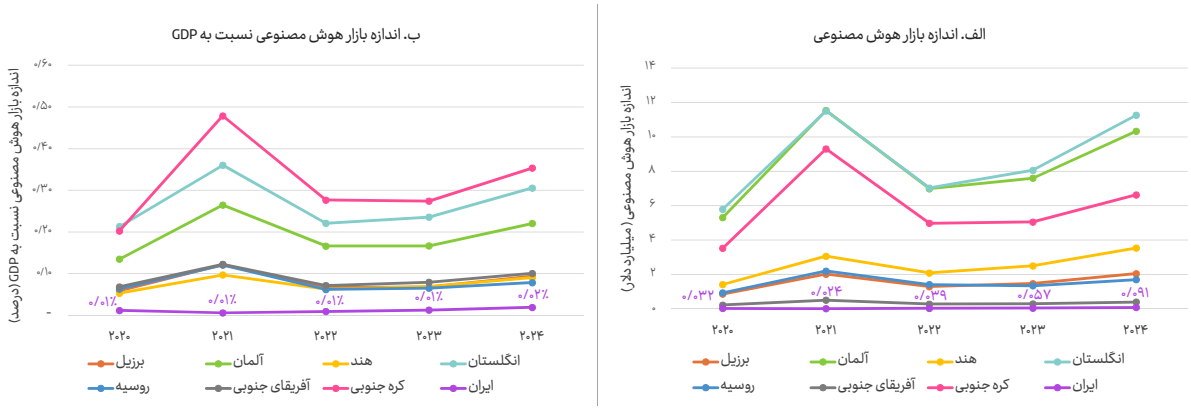
شکل ۱۳۷. اندازه بازار هوش مصنوعی در کشورهای منطقه، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

80 GDP (Current US$)

کشورهای منتخب

در بین کشورهای منتخب با توجه به شکل ۱۳۸ (الف) انگلستان و آلمان بزرگ‌ترین اندازه بازار هوش مصنوعی را دارند. به طوری که اندازه بازار هوش مصنوعی این دو کشور در انتهای سال ۲۰۲۴ حدود ۱۱ میلیارد دلار برآورد می‌شود. اما مطابق شکل ۱۳۸ (ب)، اندازه بازار هوش مصنوعی کره جنوبی نسبت به تولید ناخالص داخلی با میزان ۰/۳۵ درصد در جایگاه اول کشورهای منتخب قرار دارد و پس از آن، انگلستان و آلمان در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

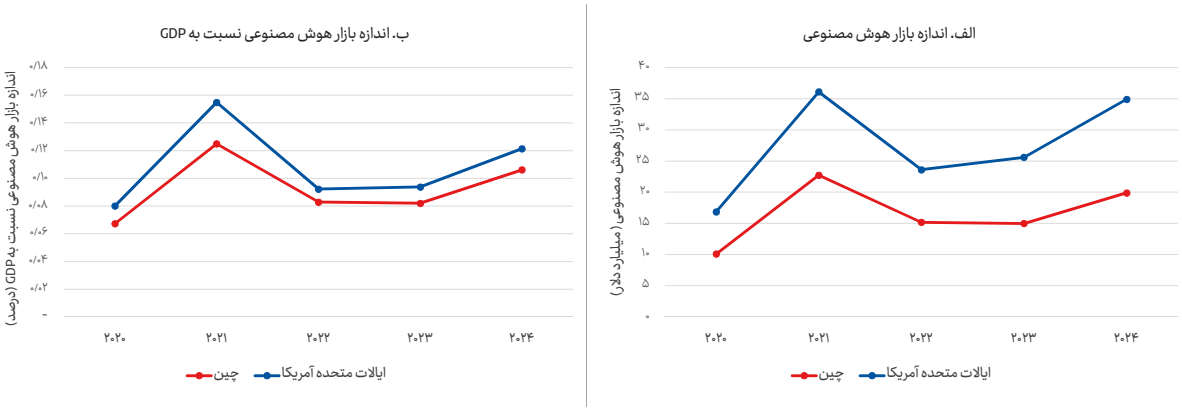
اندازه بازار هند با حدود ۳ میلیارد دلار، هرچند به طور قابل‌توجهی افزایش یافته؛ اما نسبت به تولید ناخالص داخلی خود در مقایسه با کشورهای دیگر کماکان پایین است و در جایگاهی پایین‌تر از آفریقای جنوبی قرار می‌گیرد. برزیل، روسیه و آفریقای جنوبی نسبت به سایر کشورها هم اندازه بازار کوچک‌تری دارند و هم نسبت به اقتصادهای خود، کوچک هستند.



شکل ۱۳۸. اندازه بازار هوش مصنوعی در کشورهای منتخب، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

با توجه به شکل ۱۳۹ (الف)، اندازه خام بازار هوش مصنوعی ایالات متحده آمریکا با اختلاف قابل توجهی نسبت به چین بزرگ‌ترین بازار هوش مصنوعی با ارزش حدود ۳۵ میلیارد دلار را در اختیار دارد و در تمام سال‌های مورد بررسی جایگاه نخست خود را حفظ کرده است. در این میان، چین اگرچه فاصله قابل توجهی با آمریکا دارد؛ اما همچنان دومین بازار بزرگ هوش مصنوعی محسوب می‌شود. چنانچه مطابق شکل ۱۳۹ (ب)، اندازه بازار هوش مصنوعی نسبت به تولید ناخالص داخلی هر کشور دیده شود، چین با نسبت ۰/۱۱ درصد، فاصله بسیار کمی با آمریکای ۰/۱۲ درصدی در سال ۲۰۲۴ دارد که حاکی از رقابت شدید چین با ایالات متحده آمریکا است.



شکل ۱۳۹. اندازه بازار هوش مصنوعی در کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴.

۶

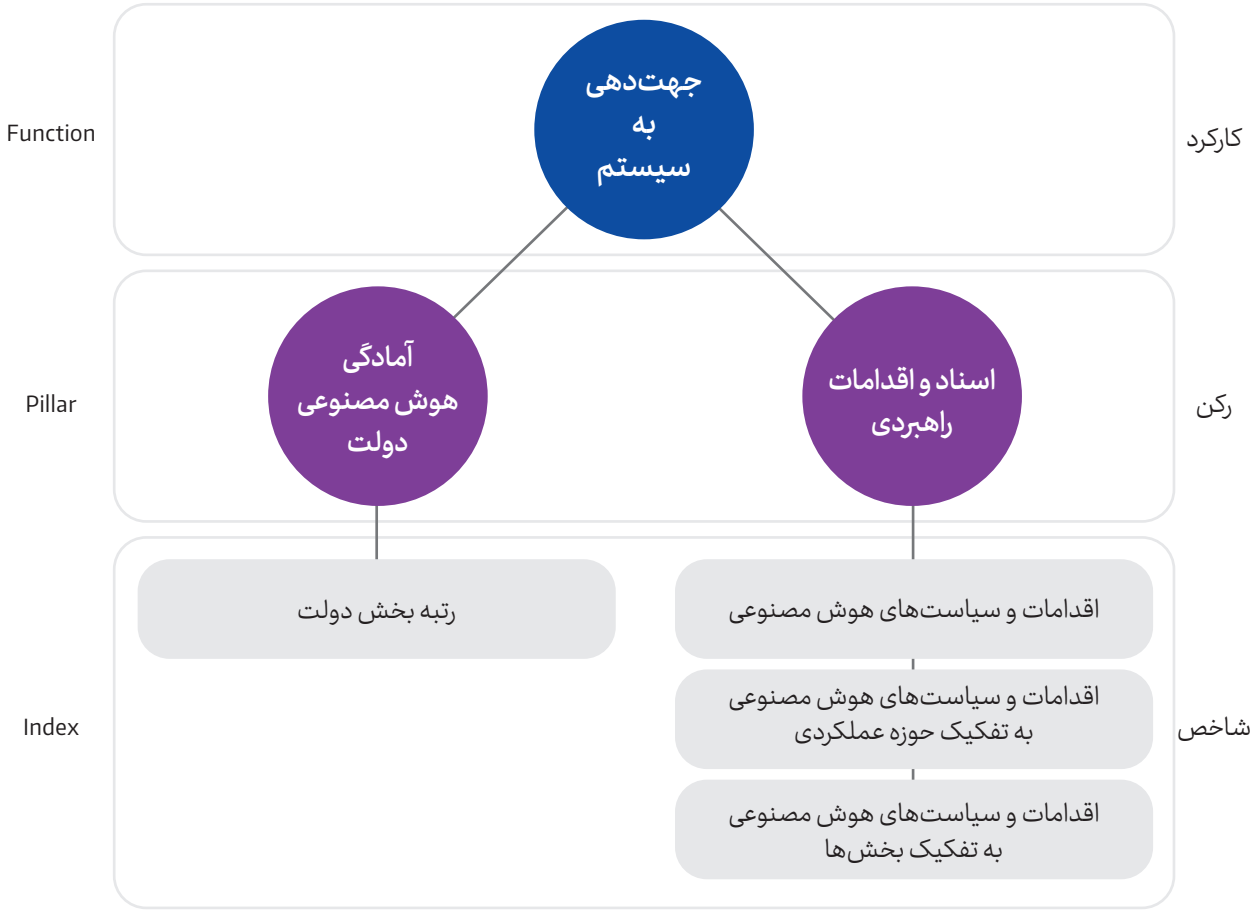
کارکرد ششم
جهت‌دهی به سیستم

نکات کلیدی

- الگوی سیاست‌گذاری هوش مصنوعی در ایران با ۱۰ اقدام ملی، بر قوانین و استراتژی‌های کلی تأکید داشته و از نظر حوزه موضوعی، بیشتر بر تنظیم‌گری متمرکز بوده است. در حالی که این تمرکز در سایر کشورهای منطقه کمتر بوده و بیشتر بر سیاست‌های بخشی متمرکز بوده‌اند.
- در ایران تمرکز اسناد و اقدامات ملی هوش مصنوعی بیشتر متمرکز بر «علم و فناوری» و «آموزش» است، در حالی که در عربستان سعودی «توسعه فراگیر» و «علم و فناوری»، در رژیم صهیونیستی «آموزش» و «اقتصاد»، در ترکیه «آموزش» و «سلامت» و در امارات متحده عربی بیشتر تمرکز بر چارچوب‌های حکمرانی بوده است.
- رتبه ایران طی سه سال اخیر در رکن «بخش دولت» شاخص آمادگی هوش مصنوعی در مقایسه با کشورهای منطقه، علی‌رغم افزایش تعداد اسناد، از نظر کیفیت نهادهای مقوّم توسعه هوش مصنوعی، ظرفیت حکمرانی و اثربخشی اجرای سیاست‌ها روند نزولی داشته و پایین‌تر از کشورهای منطقه قرار گرفته است.

مقدمه

ششمین کارکرد مورد بررسی، کارکرد جهت‌دهی بر سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی است. در این کارکرد، شاخص‌های «اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی»، «اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک حوزه عملکردی» و «اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک بخش‌ها» در رکن «اسناد و اقدامات راهبردی» و شاخص «رتبه بخش دولت» در رکن «آمادگی هوش مصنوعی دولت» قرار دارند (شکل ۱۴۰). بررسی این شاخص‌ها کمک می‌کند تا جهت‌گیری کلی سیستم نوآوری در توسعه و پیاده‌سازی فناوری هوش مصنوعی مورد ارزیابی و تحلیل دقیق قرار گیرد و ضمن شناسایی نقاط قوت و ضعف سیستم موجود، مسیرهای ارتقای استراتژی‌های کلان و سیاست‌های موردی برای بهبود عملکرد سیستم نوآوری فناورانه ترسیم شوند.



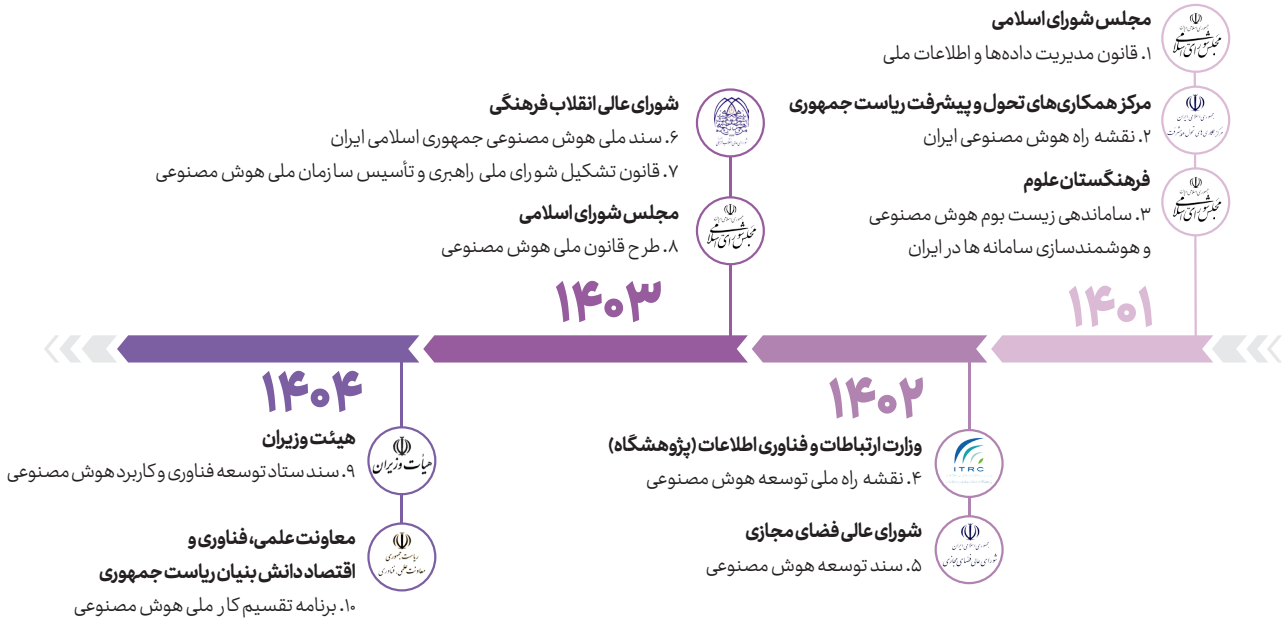
شکل ۱۴۰. تقسیم‌بندی شاخه‌ای کارکرد جهت‌دهی به سیستم و شاخص‌های مرتبط با آن.

۶.۱ رکن اول: اسناد و اقدامات راهبردی

استراتژی‌ها و اسناد ملی در حوزه هوش مصنوعی، نقش مهمی در هدایت مسیر تحقیقات و فعالیت‌های توسعه‌ای در این عرصه ایفا می‌کنند. با تدوین اولویت‌ها و تعیین چارچوب‌های دقیق، این اسناد، رهنمودهایی برای سیاست‌های تأمین مالی، توسعه نوآوری و حکمرانی ارائه می‌دهند که مستقیماً بر برنامه‌های رشدمحور و پژوهشی تأثیر می‌گذارد. این اسناد نقشه راه نهادهای دولتی و بنگاه‌های خصوصی بوده و حوزه‌های اولویت‌دار نوآوری و سرمایه‌گذاری را مشخص می‌کنند و از رعایت اصول اخلاقی و تطابق فعالیت‌های با نیازهای اجتماعی اطمینان حاصل می‌کنند. بر این مبنا، برای بررسی این رکن، سه شاخص «اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی»، «اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک حوزه عملکردی» و «اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک بخش‌ها» مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

۶.۱.۱ اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی

اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی[۸۱] شامل سیاست‌ها، استراتژی‌ها و نقشه راه‌هایی است که توسط نهادهای دولتی برای توسعه و اجرای مسئولانه هوش مصنوعی تنظیم و منتشر شده‌اند. بررسی اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی برای درک چگونگی آماده‌سازی و توسعه هوش مصنوعی توسط کشورها ضروری است. این اقدامات، اولویت‌های استراتژیک و چارچوب‌های نظارتی‌ای را که دولت‌ها برای تقویت نوآوری، حفظ مزیت‌های رقابتی در فناوری و پاسخ به چالش‌های اجتماعی تعیین می‌کنند، برجسته می‌سازند. با تحلیل این سیاست‌ها، ذی‌نفعان می‌توانند شکاف‌ها، راهکارها و فرصت‌های همکاری را شناسایی کنند. در این تحقیق، ده اقدام برای ایران شناسایی شده که در شکل ۱۴۱ روند زمانی این اقدامات به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱۴۱. روند زمانی اقدامات ملی هوش مصنوعی ایران.

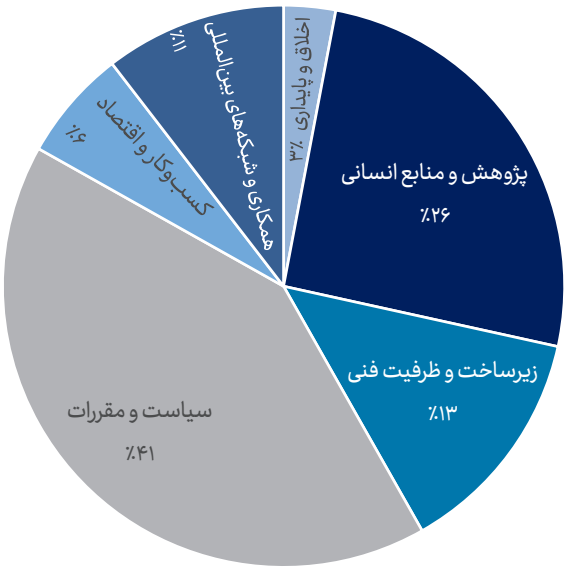
داده‌های این بخش از پایگاه داده هوش مصنوعی سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD) به‌دست آمده که به طور برخط سیاست‌ها و ابتکارات دولتی در حوزه هوش مصنوعی در سراسر جهان را رصد می‌کند و به محققان در مقایسه اقدامات مقرراتی و راهبردی سایر کشورها کمک می‌کند. این پایگاه داده، بیش از ۹۰۰ سیاست، قانون، راهبرد ملی و دستورالعمل هوش مصنوعی را از بیش از ۸۰ حوزه قضایی و سازمان‌های بین‌المللی به‌صورت ساخت‌یافته ثبت کرده است.

ابتدا تمامی اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی کشورهای دنیا جمع‌آوری شده و سپس در ۶ دسته کلی شامل اخلاق و پایداری[۸۲] (مانند سیاست‌ها و برنامه‌هایی برای کاهش سوگیری در سیستم‌های هوش مصنوعی و حفاظت از حریم خصوصی)، پژوهش و منابع انسانی (مانند تأسیس مراکز تحقیقاتی و تأمین اعتبارات پژوهشی)، زیرساخت و ظرفیت فنی (مانند قوانین مرتبط با سرمایه‌گذاری برای ایجاد ظرفیت محاسباتی)، سیاست و مقررات (مانند استراتژی‌های ملی هوش مصنوعی و اقدامات تنظیم‌گرانه در هوش مصنوعی)، کسب‌وکار و اقتصاد (مانند قوانین مرتبط با حمایت مالی و توسعه استارت‌آپ‌ها) و در نهایت، همکاری و شبکه‌های بین‌المللی (مانند همکاری‌های تحقیقاتی بین‌المللی در حوزه هوش مصنوعی) طبقه‌بندی شدند. در این پایگاه داده اطلاعات مرتبط با اقدامات ملی ایران موجود نبوده و بر اساس تعاریف OECD، اطلاعات مرتبط با ایران در این بخش از طریق منابع داخلی جمع‌آوری شده است.

81 AI Initiatives and Policies
82 Ethics and Sustainability

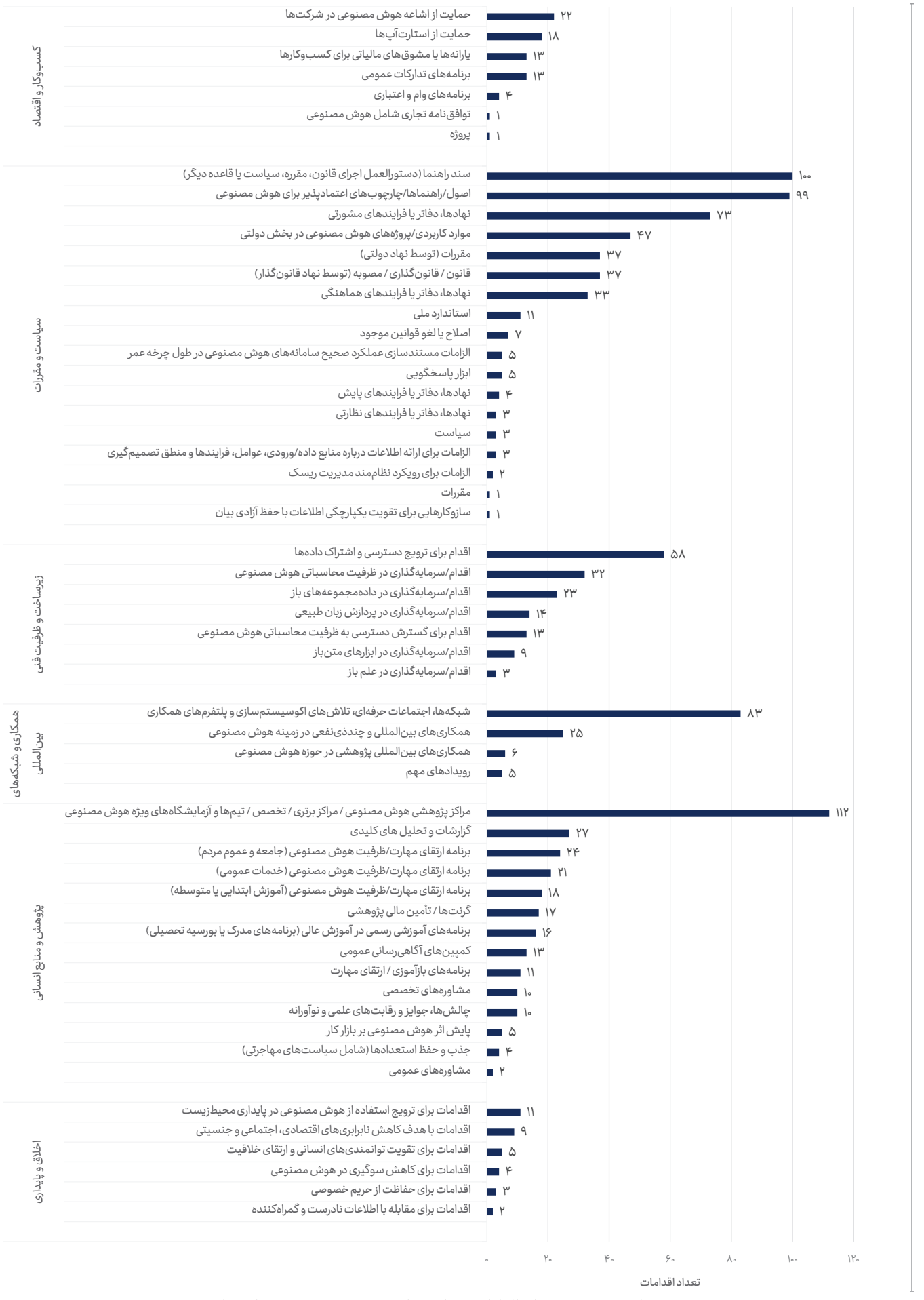
روندهای جهانی

همان طور که در شکل ۱۴۲ قابل مشاهده است، تمرکز اصلی اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی در کشورهای جهان، ابتدا بر «سیاست و مقررات» و سپس بر «پژوهش و منابع انسانی» قرار دارد. این الگو نشان می‌دهد دولت‌ها بیش از هر چیز به ایجاد چارچوب‌های حکمرانی و سپس تقویت ظرفیت علمی و تربیت متخصصان توجه دارند، در حالی که حوزه‌هایی مانند زیرساخت فنی، همکاری‌های بین‌المللی و کسب‌وکار در سطوح بعدی اهمیت قرار گرفته‌اند. همچنین، اخلاق و پایداری کمترین تعداد اسناد را به خود اختصاص داده‌اند که حاکی از فاصله میان پیشرفت‌های فنی و توجه به پیامدهای اجتماعی و اخلاقی هوش مصنوعی می‌باشد.



شکل ۱۴۲. مجموع اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی در کشورهای جهان به تفکیک حوزه عملکردی.

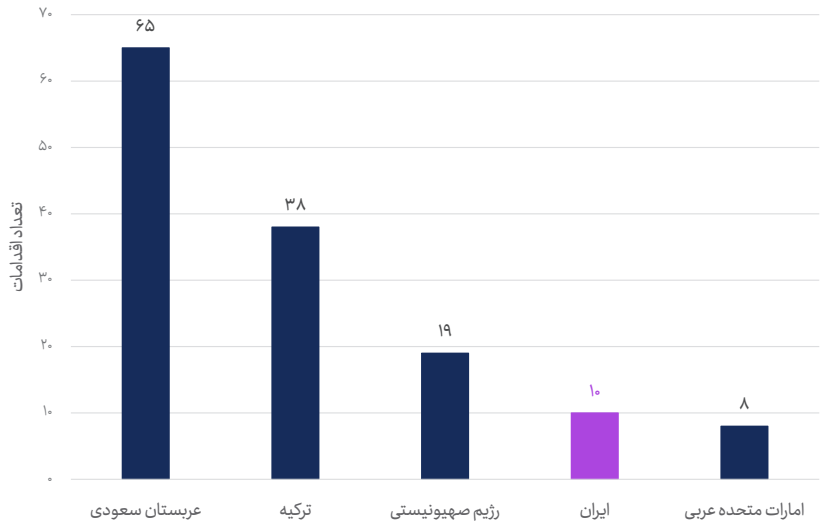
در حوزه سیاست و مقررات، دو زیر موضوع «سندهای راهنما» و «اصول و چارچوب‌های اعتمادپذیری» پرتکرارترین و در حوزه پژوهش و منابع انسانی نیز «مراکز پژوهشی و آزمایشگاه‌های هوش مصنوعی» بیشترین سهم را دارند (شکل ۱۴۳). همان طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، پس از این دو حوزه اصلی، در همکاری‌های بین‌المللی تمرکز بر زیرموضوعِ «شبکه‌ها و اجتماعات حرفه‌ای»، در زیرساخت فنی «اشتراک داده‌ها» و «ظرفیت محاسباتی»، در حوزه کسب‌وکار «تقویت به‌کارگیری هوش مصنوعی در شرکت‌ها» و در حوزه اخلاق و پایداری نیز «پایداری محیط‌زیست» و «کاهش نابرابری‌ها» نسبت به دیگر زیرموضوعات برجسته‌ترند. این الگو نشان می‌دهد که کشورها رویکردی جامع نسبت به سیاست‌گذاری هوش مصنوعی داشته، اما اولویت‌های آن‌ها متفاوت بوده است؛ گویا بیشتر بر تدوین قواعد و ایجاد ظرفیت علمی متمرکز بوده‌اند و سپس بر توسعه همکاری‌ها، تقویت زیرساخت و حمایت از کسب‌وکارها.



شکل ۱۴۳. حوزه موضوعات اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی در کشورهای جهان.

کشورهای منطقه

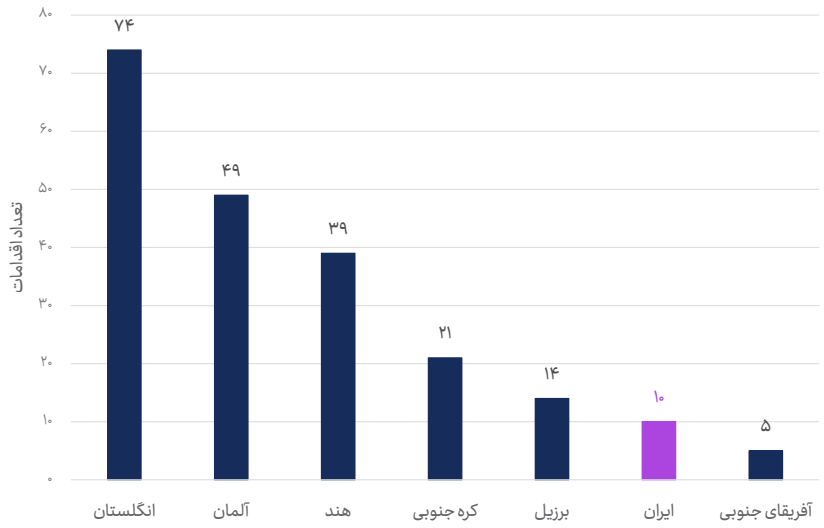
تعداد اقدامات ملی هوش مصنوعی در کشورهای منطقه از سال گذشته تاکنون رشد حدود ۷۰ درصدی را تجربه کرده است. در این میان بیشترین رشد مربوط به عربستان سعودی است (شکل ۱۴۴). در مقابل، ترکیه بدون تغییر در تعداد اقدامات نسبت به سال گذشته، به جایگاه دوم افول کرده است. رژیم صهیونیستی با یک اقدام بیشتر نسبت به سال گذشته در جایگاه سوم جای گرفته است. ایران نیز با توجه به ابتکارهای ملی اخیر به ۱۰ اقدام رسیده و مسیر سیاست‌گذاری ملی را ادامه داده است. امارات متحده عربی نیز بدون تغییر در جایگاه آخر کشورهای منطقه قرار گرفته است. این داده‌ها نشانگر توجه کشورهای منطقه به تقویت و گسترش قوانین و برنامه‌های ملی هوش مصنوعی خود است.



شکل ۱۴۴. تعداد اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی در کشورهای منطقه.

کشورهای منتخب

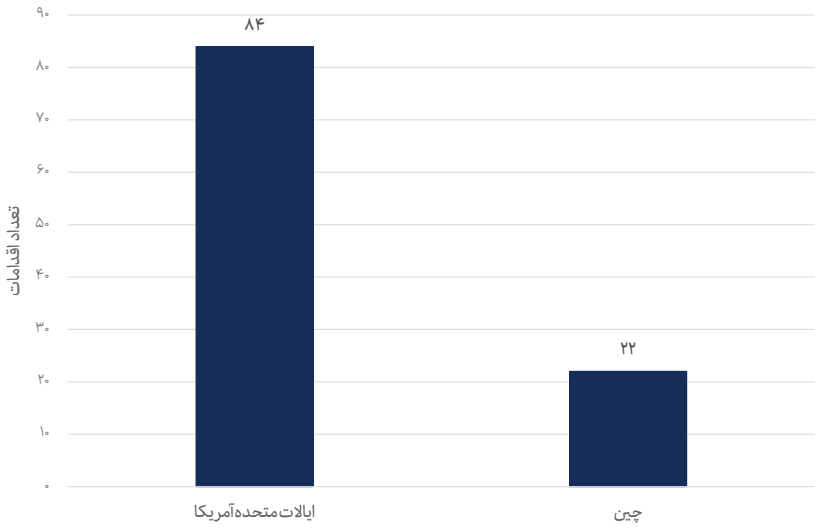
در میان کشورهای منتخب جهان، انگلستان همچنان در صدر بیشترین اقدامات ملی در زمینه هوش مصنوعی قرار دارد. همان طور که در شکل ۱۴۵ دیده می‌شود، پس از انگلستان، آلمان قرار دارد که از ۴۲ به ۴۹ اقدام، هند از ۳۲ به ۳۹ اقدام و کره جنوبی با افزایش قابل‌توجه از ۱۴ به ۲۱ اقدام رسیده‌اند. در میانه پایین جدول اما برزیل از ۱۲ به ۱۴، ایران از ۵ به ۱۰ و آفریقای جنوبی از ۴ به ۵ اقدام رسیده است.



شکل ۱۴۵. تعداد اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی در کشورهای منتخب.

کشورهای پیشرو

ایالات متحده آمریکا همچنان بیشترین اقدام ملی هوش مصنوعی را دارد و با افزایش اندک از ۸۲ به ۸۴ اقدام نسبت به سال گذشته، در صدر قرار دارد و به نظر می‌رسد بر ثبات و استمرار برنامه‌های ملی خود متمرکز است. اما همان طور که در بالا مورد اشاره قرار گرفت، انگلستان با ۷۴ اقدام به‌سرعت در حال نزدیک شدن به تعداد اقدامات آمریکا است، در حالی که چین با همان ۲۲ اقدام سال گذشته در جایگاه قبلی خود و پایین‌تر از کشورهایی چون هند و آلمان قرار دارد (شکل ۱۴۶).

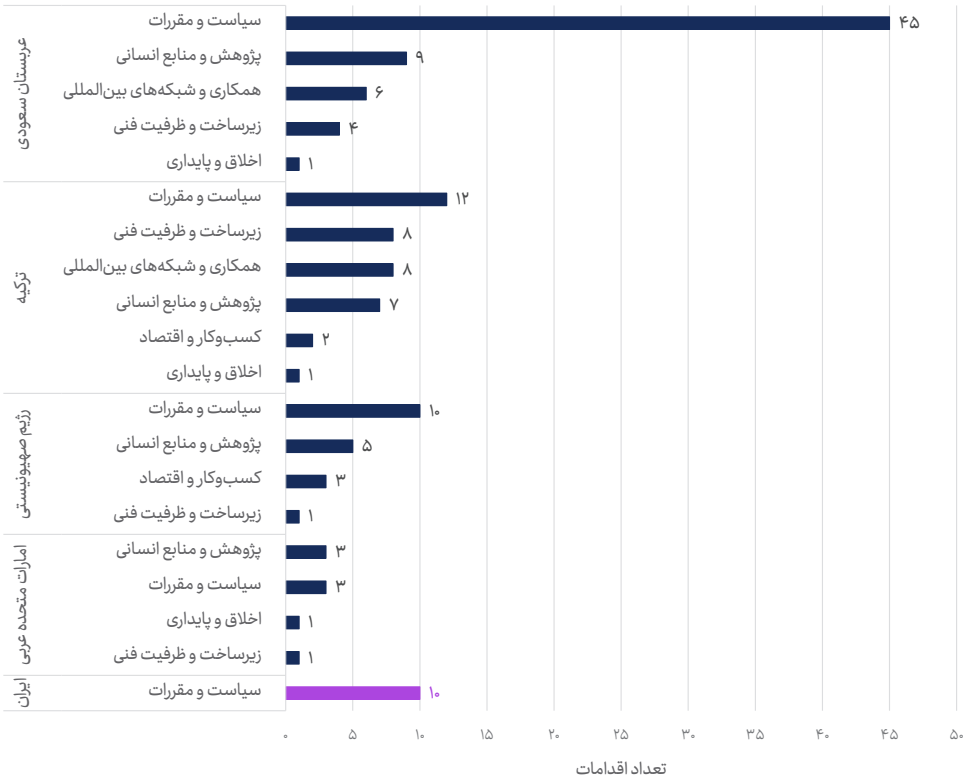


شکل ۱۴۶. تعداد اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی در کشورهای پیشرو.

۶.۱.۲ اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک حوزه عملکردی

کشورهای منطقه

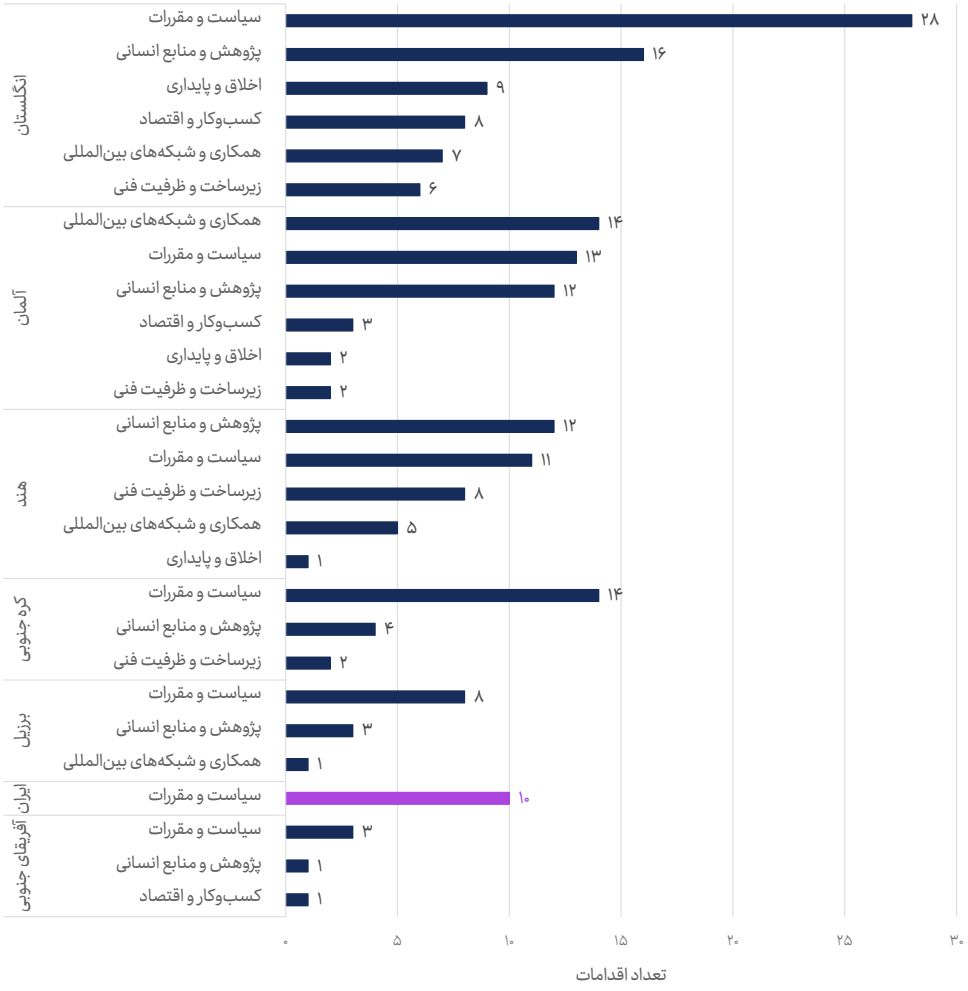
توجه به شکل ۱۴۷ نشان می‌دهد که ترکیه با رویکرد همه‌جانبه در حوزه‌های موضوعی مختلف، و عربستان سعودی با تمرکز بالا بر «سیاست و مقررات» در صدر عملکرد کشورهای منطقه قرار دارند. امارات متحده عربی در حوزه‌های اخلاق، زیرساخت و سیاست عملکرد متوازن اما محدود دارد و رژیم صهیونیستی بیشتر بر سیاست‌گذاری مرتبط بر پژوهش متمرکز است. اقدامات ملی ایران در حوزه «سیاست و مقررات» است؛ امری که نشان می‌دهد گستره اقدامات نسبت به سایر کشورها محدودتر و عمدتاً بر تنظیم‌گری متمرکز بوده است.



شکل ۱۴۷. اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک حوزه عملکردی در کشورهای منطقه.

کشورهای منتخب

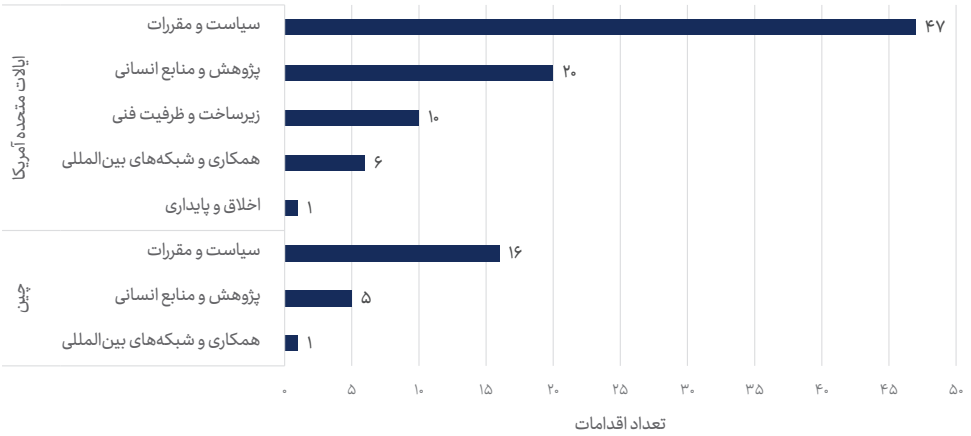
انگلستان با گسترده‌ترین دامنه اقدامات و آلمان با توزیع متوازن در چند حوزه، پیشتاز کشورهای منتخب هستند. همان طور که در شکل زیر قابل‌مشاهده است، هند و کره جنوبی با تمرکز بر سیاست‌گذاری، نیروی انسانی و ظرفیت فنی الگوی رشد فعالی دارند، در حالی که برزیل و آفریقای جنوبی بیشتر بر سیاست و ظرفیت فنی متمرکزند (شکل ۱۴۸).



شکل ۱۴۸. اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک حوزه عملکردی در کشورهای منتخب.

کشورهای پیشرو

ایالات متحده آمریکا با گستره وسیع اقدامات در تمام حوزه‌ها، به‌ویژه سیاست‌گذاری و پژوهش، به‌مراتب در موقعیت بهتری نسبت به چین قرار دارد. آمریکا در سیاست و مقررات (۴۷ اقدام)، پژوهش و منابع انسانی (۲۰ اقدام) و زیرساخت فنی (۱۰ اقدام) تصویری از یک رویکرد جامع و چندبُعدی ارائه می‌دهد، در حالی که چین تمرکز محدودتری داشته و عمده اقداماتش در سیاست‌گذاری (۱۶ اقدام) و منابع انسانی (۵ اقدام) دیده می‌شود و در سایر حوزه‌ها تمرکز کمتری دارد (شکل ۱۴۹). این تفاوت نشان می‌دهد که اگرچه چین در سیاست‌گذاری فعال است، اما از نظر گستره و تنوع اقدامات عملکردی، فاصله قابل‌توجهی با آمریکا دارد.



شکل ۱۴۹. اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک حوزه عملکردی در کشورهای پیشرو.

۶.۱.۳ اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک بخش‌ها

کشورهای منطقه

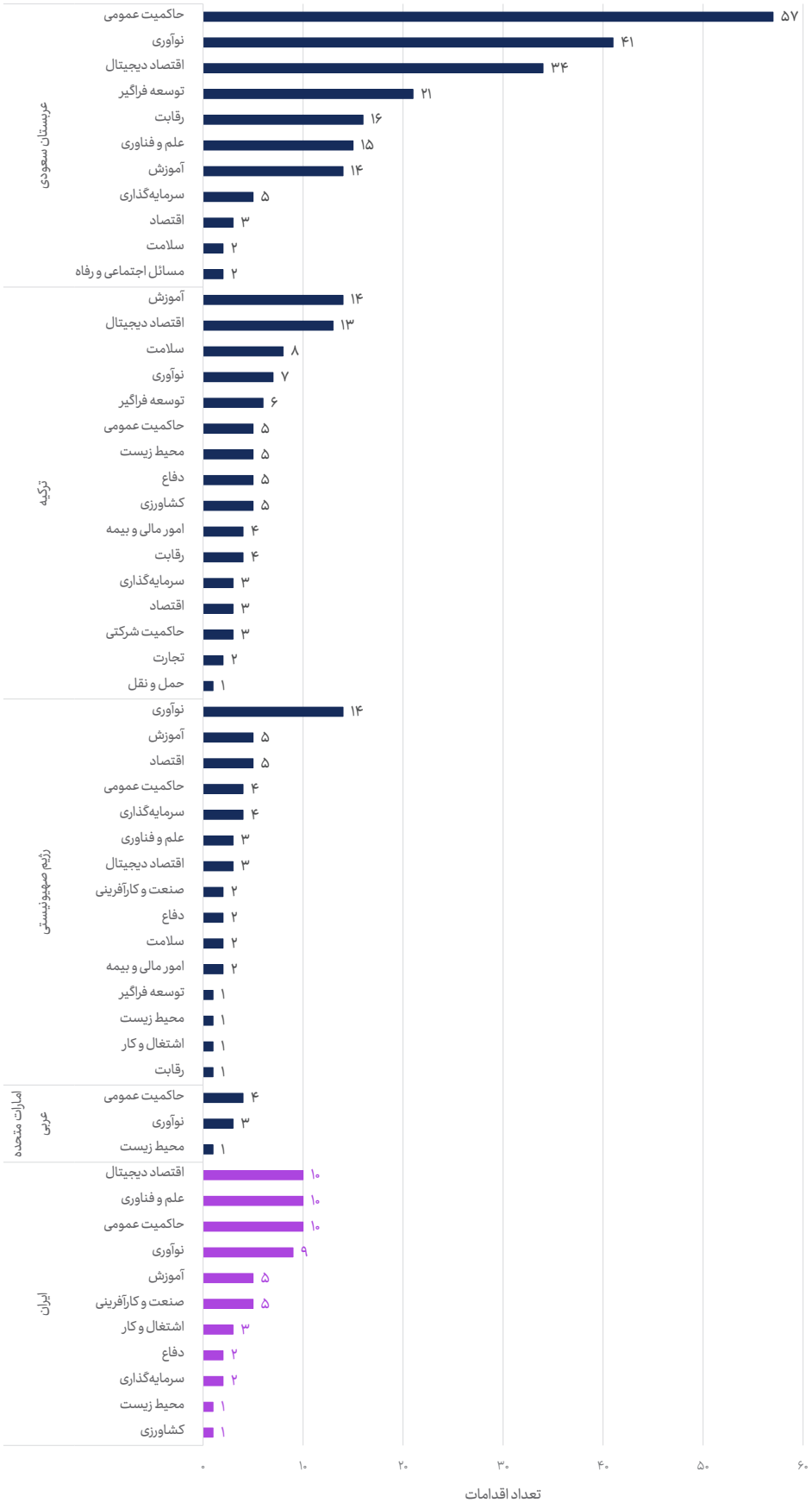
تمرکز موضوعی مقررات و سیاست‌های هوش مصنوعی کشورهای منطقه (با فرض کنار گذاشتن سه حوزه عمومی و مشترک اقتصاد دیجیتال، نوآوری و حاکمیت عمومی) بیشتر بر آموزش، توسعه فراگیر و علم و فناوری قرار دارد. در عربستان سعودی، پس از سه حوزه اصلی، توسعه فراگیر (۲۱)، علم و فناوری (۱۵) و آموزش (۱۴) بالاترین فراوانی را دارند و بخش مهمی از مقررات به این حوزه‌ها معطوف شده است.

ترکیه در اولویت‌های بعدی خود، آموزش (۱۴)، سلامت (۸) و توسعه فراگیر (۶) را برجسته کرده و به نظر می‌رسد بیشتر بر تنظیم‌گری، آموزش و خدمات عمومی متمرکز است.

رژیم صهیونیستی بعد از سه حوزه اصلی عمومی، بیشترین تمرکز را بر آموزش (۵)، اقتصاد (۵) و سرمایه‌گذاری (۴) دارد و جهت‌گیری سیاستی را به سمت پیوند هوش مصنوعی با رشد اقتصادی و تأمین مالی هدایت می‌کند.

امارات متحده عربی، توجه ویژه‌ای به حوزه‌های کلی اقتصاد دیجیتال، نوآوری و حاکمیت عمومی داشته و این موضوع نشانگر تمرکز بر چارچوب‌های حکمرانی در این کشور می‌باشد، روندی که ایران نیز از آن پیروی می‌کند.

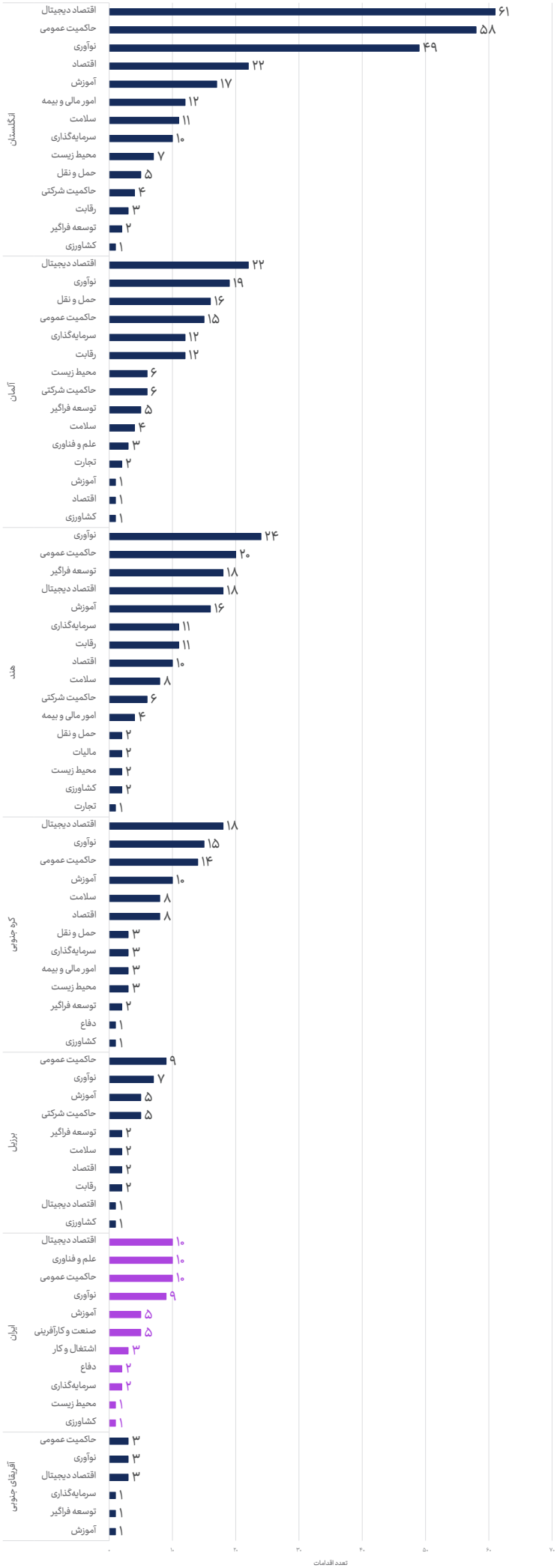
بعد از کنار گذاشتن سه حوزه کلان مذکور، در ایران بیشترین اسناد در علم و فناوری (۱۰) و آموزش (۵) وجود دارد که بیانگر تمرکز سیاستی به تقویت بنیان علمی برای تقویت سیستم فناورانه هوش مصنوعی است (شکل ۱۵۰).



شکل ۱۵۰. اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک بخش‌ها در کشورهای منطقه.

کشورهای منتخب

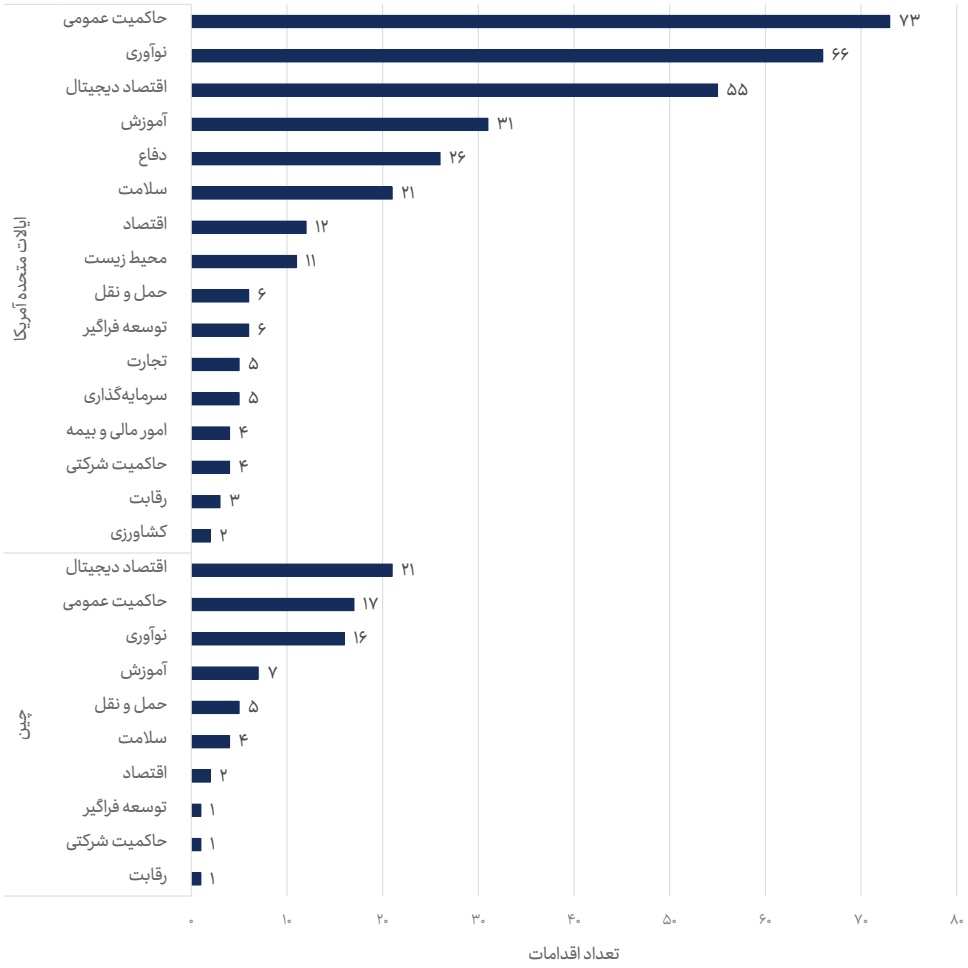
همان طور که در شکل ۱۵۱ دیده می‌شود، تمرکز موضوعی مقررات هوش مصنوعی در کشورهای منتخب (با فرض کنار گذاشتن سه حوزه عمومی و مشترک اقتصاد دیجیتال، نوآوری و حاکمّیت عمومی) بیشتر بر آموزش، اقتصاد و سرمایه‌گذاری است. در انگلستان، پس از سه حوزه اصلی، اقتصاد (۲۲)، آموزش (۱۷) و سلامت (۱۱) در صدر قرار دارند و نشان می‌دهد سیاست‌ها بر پیوند هوش مصنوعی با رشد اقتصادی و خدمات انسانی متمرکز است. در آلمان، توسعه فراگیر (۵)، سرمایه‌گذاری (۱۲) و رقابت (۱۲) مورد تأکیدند و جهت‌گیری به سمت عدالت منطقه‌ای و تأمین مالی نوآوری می‌باشد. در هند، اولویت با توسعه فراگیر (۱۸)، آموزش (۱۶) و سرمایه‌گذاری (۱۱) است که بر استفاده سیاستی از هوش مصنوعی برای رشد منطقه‌ای و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی دلالت دارد. در کره جنوبی نیز، آموزش (۱۰)، سلامت (۸) و اقتصاد (۸) در اولویت بوده و در برزیل، نوآوری (۷) و آموزش (۵) پرتکرارترین حوزه‌ها هستند. در آفریقای جنوبی اما تمرکز بر محورهای عمومی است که نشان می‌دهد ایجاد ظرفیت‌های حکمرانی و توسعه همچنان از اولویت بالاتری برخوردارند.



شکل ۱۵۱. اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک بخش‌ها در کشورهای منتخب.

کشورهای پیشرو

اولویت‌های مقررات چین و آمریکا با یکدیگر متفاوت است. چنانچه سه حوزه اقتصاد دیجیتال، نوآوری و حاکمّیت عمومی که سه حوزه مشترک و پرتکرار است را کنار بگذاریم، در چین تمرکز بر آموزش (۷)، سلامت (۴) و حمل‌ونقل (۵) است که نشان می‌دهد سیاست‌های هوش مصنوعی آن بیشتر پیرامون توانمندی انسانی و زیرساخت‌های فیزیکی جهت‌گیری شده‌اند. در ایالات متحده آمریکا اما سه حوزه برتر بعد از آن‌ها آموزش (۳۱)، دفاع (۲۶) و سلامت (۲۱) هستند که نشان از تمرکز پررنگ سیاست‌ها بر امنیت ملی، سرمایه‌گذاری در مهارت‌های انسانی و کاربردهای سلامت دارد (شکل ۱۵۲).



شکل ۱۵۲. اقدامات و سیاست‌های هوش مصنوعی به تفکیک بخش‌ها در کشورهای پیشرو.

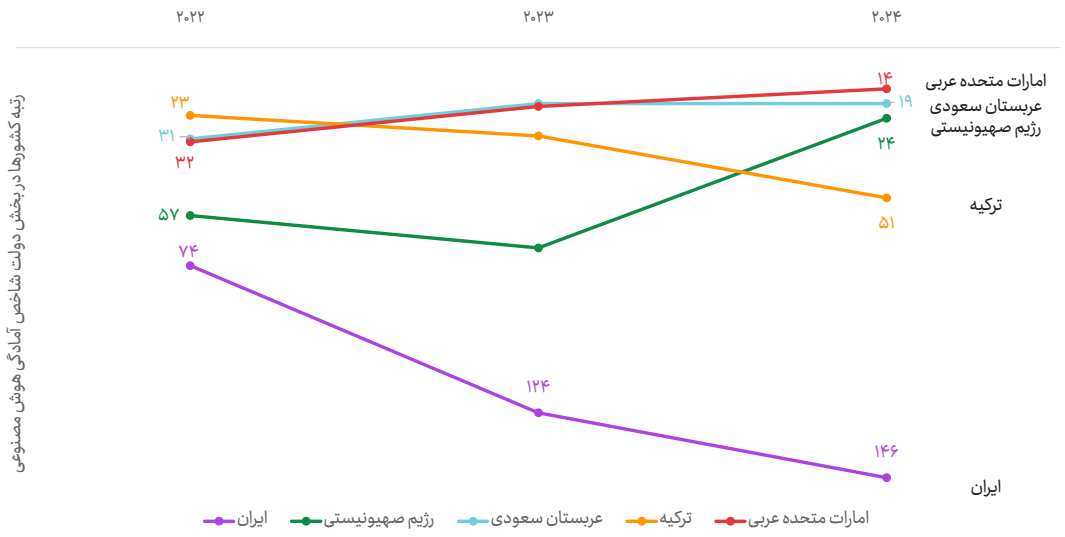
۶.۲ رکن دوم: آمادگی هوش مصنوعی دولت

در رکن دوم، از مقایسه سالیانه گزارش «آمادگی دولت‌ها برای هوش مصنوعی[۸۳]» استفاده شده است. این گزارش یک ارزیابی معتبر و بین‌المللی است که از سال ۲۰۱۷ تاکنون به صورت سالانه منتشر می‌شود. این شاخص توسط مرکز مطالعات آکسفورد[۸۴] تهیه و منتشر می‌شود و اکنون به یکی از مهم‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاران برای ارزیابی توانمندی دولت‌ها در بهره‌برداری از هوش مصنوعی تبدیل شده است. در نسخه سال ۲۰۲۴، آمادگی ۱۸۸ کشور برای توسعه و به‌کارگیری هوش مصنوعی در بخش عمومی بر اساس ۴۰ شاخص ارزیابی شده است. این شاخص‌ها در قالب سه رکن «دولت»، «فناوری» و «داده و زیرساخت» گزارش می‌شود. به جهت توضیح بیشتر، بخش «دولت» در گزارش «آمادگی دولت‌ها برای هوش مصنوعی» از چهار زیربخش چشم‌انداز (وجود استراتژی ملی)، حاکمیت و اخلاق (شامل وجود قوانین حفاظت از داده، امنیت سایبری و چارچوب اخلاقی هوش مصنوعی)، ظرفیت دیجیتال (شامل ارزیابی خدمات آنلاین، زیرساخت فناوری اطلاعات و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین) و توانایی تطبیق و نوآوری (شامل میزان اثربخشی دولت، میزان پاسخگویی به تغییرات و خرید فناوری‌های جدید) تشکیل شده که در ادامه، فقط از رتبه کشورها در بخش «دولت» استفاده شده است.

۶.۲.۱ رتبه بخش دولت

کشورهای منطقه

در رتبه بخش دولت شاخص آمادگی هوش مصنوعی، ایران در سه سال اخیر به‌صورت پیوسته نزول کرده، در حالی که اغلب کشورهای منطقه روندی با ثبات یا صعودی داشته‌اند (شکل ۱۵۳). رژیم صهیونیستی، امارات متحده عربی و تا حدی ترکیه توانسته‌اند جایگاه خود را در حکمرانی هوش مصنوعی بهبود دهند که بیانگر تقویت نهادها، چارچوب‌های مقرراتی و ظرفیت‌های سیاست‌گذاری آن‌هاست، اما ایران هم‌زمان با افزایش تعداد اسناد، در کیفیت و اثربخشی حاکمیتی عقب افتاده است؛ عربستان نیز پس از یک جهش محسوس، در سطح نسبتاً بالایی تثبیت‌شده و اکنون همراه امارات متحده عربی در میان کشورهای پیشرو منطقه در حکمرانی هوش مصنوعی قرار می‌گیرد.

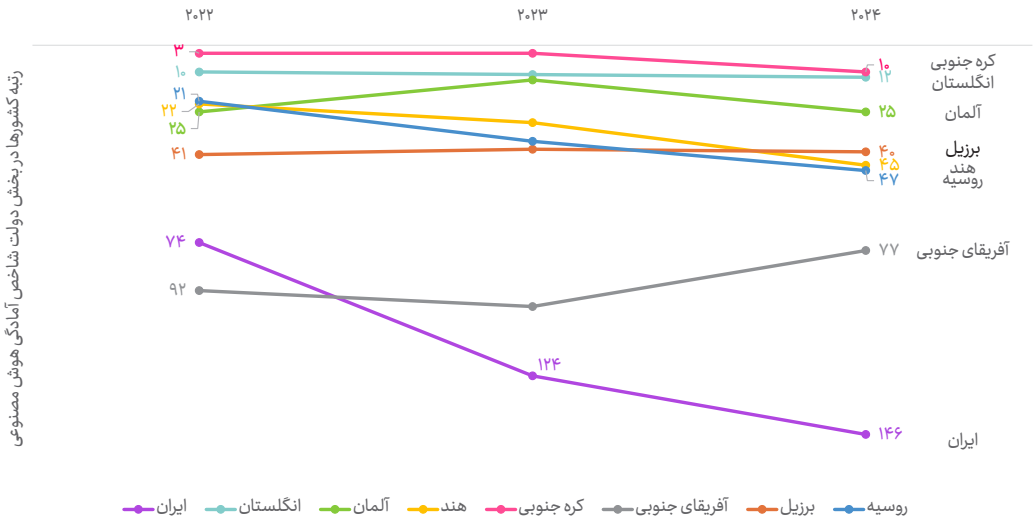


شکل ۱۵۳. رتبه بخش دولت شاخص آمادگی هوش مصنوعی در کشورهای منطقه، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

83 Government AI Readiness Index
84 Oxford Insights

کشورهای منتخب

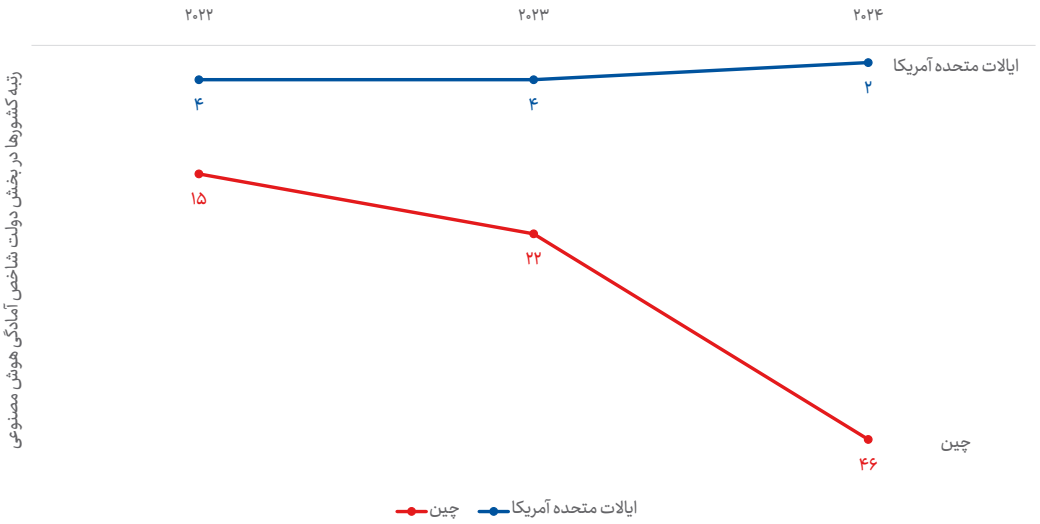
در رتبه دولت شاخص آمادگی هوش مصنوعی، ایران و هند در سه سال اخیر روند نزولی داشته‌اند، در حالی که کشورهای پیشرو مانند انگلستان و کره جنوبی جایگاه خود را تقریباً با ثبات حفظ کرده‌اند. انگلستان در تمام دوره در میان رتبه‌های برتر باقی مانده و نوسان اندکی داشته است، کره جنوبی نیز با وجود اندکی افت همچنان در جمع کشورهای دارای حاکمّیت بسیار قوی در هوش مصنوعی قرار دارد. هند، روسیه و تا حدی آلمان با حرکت به سمت رتبه‌های پایین‌تر، تصویر ناپایدارتری از حکمرانی هوش مصنوعی ارائه می‌دهند، در حالی که آفریقای جنوبی با وجود بهبود نسبی در سال آخر، هنوز در گروه کشورهای با ظرفیت حکمرانی پایین قرار دارد و برزیل به طور متوسط در یک سطح معمولی از نظر آمادگی دولت برای به‌کارگیری هوش مصنوعی نوسان کرده است (شکل ۱۵۴).



شکل ۱۵۴. رتبه بخش دولت شاخص آمادگی هوش مصنوعی در کشورهای منتخب، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

کشورهای پیشرو

ایالات متحده آمریکا در رکن دولت شاخص آمادگی هوش مصنوعی در کل دوره در جمع چند کشور اول باقی مانده و حتی در سال آخر جایگاه خود را اندکی بهبود داده و در موقعیت کاملاً تثبیت‌شده قرار دارد. چین اما طی سه سال از جمع کشورهای بالای جدول به سمت رتبه‌های پایین‌تر سقوط کرده و فاصله‌اش با آمریکا بیشتر شده است که می‌تواند نشان‌دهنده رقابت بیشتر سایر کشورها برای کسب رتبه‌های بالاتر در این شاخص باشد (شکل ۱۵۵).



شکل ۱۵۵. رتبه بخش دولت شاخص آمادگی هوش مصنوعی در کشورهای پیشرو، از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴.

۷

کارکرد هفتم
مشروعیت‌بخشی

نکات کلیدی

- عموم متخصصین به‌صورت مشروط از هوش مصنوعی استقبال می‌کنند و معتقدند این فناوری می‌تواند دلالت‌های مثبتی در جهت اهداف جامعه داشته باشد.
- علی‌رغم آگاهی از مخاطرات احتمالی ناشی از پاسخ‌های هوش مصنوعی، اقدام خاصی در جهت صحت‌سنجی آن انجام نمی‌دهند.
- متخصصین، رویکرد اجتناب‌ناپذیر نسبت به هوش مصنوعی ندارند و پذیرش هوش مصنوعی را امری گریزناپذیر قلمداد نمی‌کنند.
- از نظر متخصصین، معتبرترین سازوکاری که به پر کردن شکاف آگاهی از مخاطرات و راه‌های جلوگیری از آن کمک می‌کند، آموزش و ارتقای سواد دیجیتال عموم افراد در مقابل تقویت نهادهای نظارتی یا ارائه چارچوب‌های اخلاقی و حکمرانی است.
- با این وجود، آگاهی از مخاطرات هوش مصنوعی بیش از تقاضا برای ارائه راه‌حل‌ها برای غلبه بر مشکلات این فناوری است. متخصصین به طور عام، خواستار راه‌حل‌های نهادی شامل چارچوب‌های حکمرانی و مقررات‌گذاری برای نظارت بر خروجی‌های محصولات هوش مصنوعی نیستند.

مقدمه

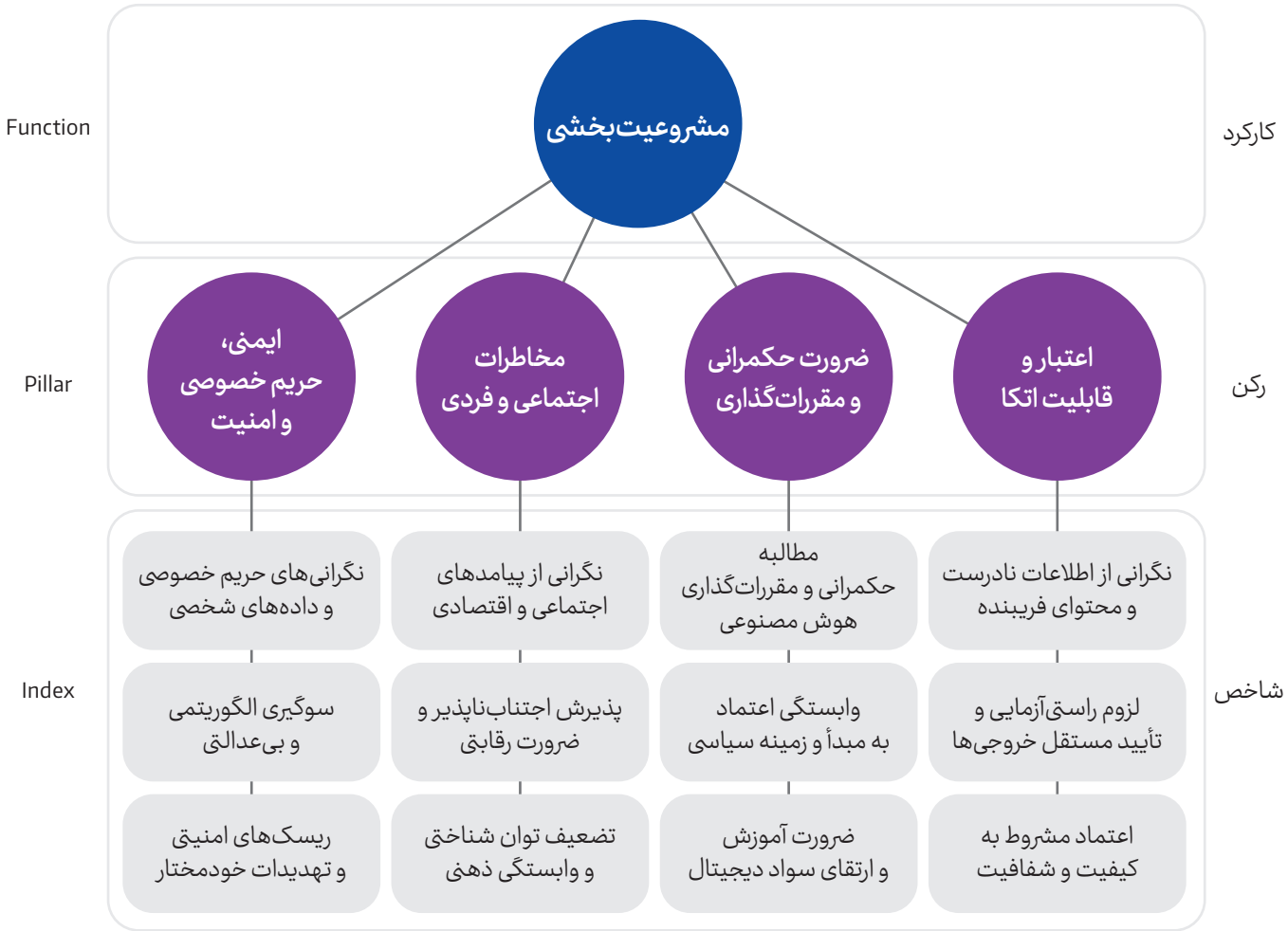
در سیستم نوآوری فناورانه، یکی از کارکردهای کلیدی که مسیر آینده توسعه فناوری را جهت‌دهی می‌کند، مشروعیت فناوری در جامعه است. مشروعیت فناوری در مراحل مختلف سیستم نوآوری فناورانه، متفاوت است. در سطوح ابتدایی توسعه فناوری، بیشتر مشروعیت نزد افرادی که پیشرو در استفاده از فناوری هستند[۸۵]، اهمیت دارد. از آن جایی که سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی در ایران هنوز در مراحل ابتدایی رشد و توسعه خود قرار دارد، در این کارکرد، تمرکز بر افراد پیشرو در استفاده از هوش مصنوعی است تا ابعاد گوناگون مشروعیت فناوری از منظر ایشان مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

از سوی دیگر، مفاهیمی مانند مشروعیت فناوری پیچیدگی‌های نظری و مفهومی فراوانی دارند؛ لذا سنجش آن‌ها، خصوصاً در مراحل ابتدایی شیوع فناوری، از طریق روش‌های کمّی و پرسش‌نامه چندان مفید نخواهد بود. به همین سبب، این بخش از گزارش با یک نوآوری در روش‌شناسی، یعنی به‌کارگیری هوش مصنوعی مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ در نقش مصاحبه‌کننده با افراد و ابزار تحلیل داده همراه است. این رویکرد، امکان انجام مصاحبه در تعداد بالا و سپس تحلیل آن‌ها را فراهم کرده و کمک می‌کند تا ارزیابی دقیق‌تری از وضعیت مشروعیت هوش مصنوعی در ایران به دست آورد.

مهم‌ترین محدودیت این روش در شرایط فعلی، عدم تعمیم‌پذیری به جوامع زبانی دیگر و در نتیجه عدم امکان مقایسه بین‌المللی است؛ چراکه این روش تحقیق و چارچوب فنی آن ابتدا برای ایران طراحی و تنظیم شده و فرآیند مصاحبه کاملاً با بافتار اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و حتی اخلاقی مصاحبه ایرانیان تطبیق یافته و به‌کارگیری آن برای مخاطبان خارجی با چالش مواجه خواهد شد. به همین سبب، این بخش از گزارش، تنها با تمرکز بر ایران به ارائه داده‌ها و تحلیل‌ها می‌پردازد.

در ادامه، ابتدا چارچوب روش‌شناسی تشریح خواهد شد و سپس، اطلاعات جمعیت‌شناختی[۸۶] مصاحبه‌شوندگان ارائه شده و در انتها، یافته‌های این گزارش در قالب نمودارهای کمّی‌سازی شده به اشتراک گذاشته می‌شود.

همان طور که در شکل ۱۵۶ قابل مشاهده است، مشروعیت هوش مصنوعی ابعاد گوناگونی دارد. در این پژوهش با بهره‌گیری از پاسخ‌های داده شده و با استفاده از ظرفیت مدل زبانی در تحلیل اطلاعات و همچنین ادبیات مشروعیت هوش مصنوعی در سیستم نوآوری فناورانه، ذیل چهار رکن مورد بررسی قرار گرفته است، سپس فرضیات ارائه شده (سؤالات تولید شده) در این قالب دسته‌بندی مفهومی جاگذاری شده‌اند.



شکل ۱۵۶. نمودار شاخه‌ای کارکرد مشروعیت‌بخشی و شاخص‌های مرتبط با آن.

85 Early Adopters
86 Demography

■ نوآوری در روش‌شناسی

در روش‌شناسی متعارف علوم اجتماعی، همواره نوعی تنش میان «عمق مطالعات کیفی» و «مقیاس مطالعات کمّی» وجود دارد؛ از یک سو، مطالعات کیفی که با تعداد محدود مشارکت‌کننده انجام می‌شوند، اطلاعاتی عمیق، غنی و زمینه‌ای فراهم می‌آورند؛ و از سوی دیگر، مطالعات کمّی که با نمونه‌های بزرگ کار می‌کنند، داده‌های حاصل از آن‌ها غالباً در سطح کلی و کم جزئیات باقی می‌ماند. پژوهش‌های کیفی برای فهم دیدگاه‌های درونی و تجربه‌های زیسته افراد نقشی اساسی دارند، اما اجرای مصاحبه‌ها، بازنویسی و تحلیل آن‌ها فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه است (DeLuca, 2023). در مقابل، نظرسنجی‌های متداولِ چندگزینه‌ای، اگرچه برای تحلیل آماری مناسب‌اند، در آشکار ساختن لایه‌های عمیق نگرش‌ها، دغدغه‌ها و استدلال‌های افراد محدودیت دارند و حتی پرسش‌های با پاسخ باز نیز، در عمل غالباً به پاسخ‌های کوتاه و کم جزئیات منتهی می‌شوند.

در پرتو این محدودیت‌ها، ظهور مدل‌های زبانی بزرگ، نقطه عطفی در این حوزه به شمار می‌آید. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این مدل‌ها می‌توانند در نقش مصاحبه‌گر عمل کرده و مصاحبه‌های کیفی کوتاه را در مقیاس بسیار بزرگ، با ده‌ها پاسخ‌دهنده، اجرا کنند؛ به‌گونه‌ای که میان روش‌های کیفی و کمّی «پل» ایجاد می‌شود و داده‌های متنی غنی در قالب طراحی‌های مقیاس‌پذیر و قابل کمّی‌سازی تولید می‌گردد (Chopra & Haaland, 2023; Geiecke & Jaravel, 2024).

نوآوری روشی کارکرد مشروعیت بخشی در طراحی و پیاده‌سازی یک پلتفرم مصاحبه‌گر مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ، با بومی‌سازی کامل برای زبان فارسی و زمینه اجتماعی ایران نهفته است؛ پلتفرمی که امکان اجرای گفت‌وگوهای کیفی در مقیاس وسیع را فراهم می‌کند و می‌تواند با تعداد زیادی از پاسخ‌دهندگان به‌صورت هم‌زمان تعامل داشته باشد. در این رویکرد، به‌کارگیری معماری تک‌عاملی با تأخیر بسیار کم، جریان گفت‌وگو را روان کرده و تجربه کاربر را تا حد زیادی به یک مصاحبه انسانی نزدیک می‌سازد.

از سوی دیگر، منطق این مصاحبه‌ها در قالب یک پرامپت سیستمی ماژولار[87] و بر اساس اصول روش‌شناسی علوم اجتماعی طراحی شده است؛ به این معنا که نقش مدل، ساختار مصاحبه، دستورالعمل‌های مصاحبه‌گری و کدهای کنترلی به‌صورت ماژول‌های مجزا اما به‌هم‌پیوسته تنظیم شده‌اند. این ماژولارسازی امکان کنترل دقیق منطق مصاحبه، کاهش سوگیری و افزایش شفافیت و بازتولیدپذیری فرآیند پژوهش را فراهم می‌کند. در نتیجه، هوش مصنوعی به‌جای طرح صرفاً مجموعه‌ای از پرسش‌های ثابت، با استفاده از پرسش‌های پیگیرانه پویا به تعمیق گفت‌وگو، استخراج شواهد عینی و ایجاد نوعی هم‌فهمی شناختی با پاسخ‌دهنده کمک می‌کند.

همچنین، جهت تحلیل داده‌های استخراج‌شده از این مصاحبه‌ها، از پکیج LLMR[88] برای بازنویسی کنترل‌شده، خلاصه‌سازی ساختاریافته و استخراج مفاهیم و کدهای اولیه بهره گرفته شده است. به این ترتیب، مدل زبانی نه تنها در تولید داده‌های کیفی، بلکه در مرحله تحلیل اولیه آن‌ها نیز به‌صورت نظام‌مند به کار گرفته شده و زنجیره‌ای یکپارچه از «مصاحبه هوش مصنوعی‌محور» تا «تحلیل مفهومی مبتنی بر مدل زبانی بزرگ» شکل گرفته است. این ترکیب، استفاده هم‌زمان از مدل زبانی بزرگ در دو سطح اجرا و تحلیل را امکان‌پذیر می‌سازد و از منظر روش‌شناسی، **گامی نو در جهت طراحی ابزارهای مقیاس‌پذیر برای تحقیق کیفی در علوم اجتماعی** به شمار می‌آید.

در این طرح، این ظرفیت‌ها در خدمت مطالعه «مشروعیت فناوری هوش مصنوعی» در جامعه ایرانی قرار گرفته است. مشروعیت، به‌عنوان یک سازه اجتماعی، نقش تعیین‌کننده‌ای در پذیرش، استفاده یا مقاومت در برابر فناوری‌های نوین دارد. از این رو، توسعه ابزاری که بتواند در مقیاس وسیع و در عین حال با حفظ کیفیت داده‌های کیفی، نگرش‌ها، نگرانی‌ها و تجارب شهروندان نسبت به هوش مصنوعی را ثبت و تحلیل کند، از منظر سیاست‌گذاری علم و فناوری اهمیتی ویژه دارد. در ادامه به جزئیات این طرح پرداخته خواهد شد.

الف. معماری فنی و سیر تحول سیستم

معماری فنی این سامانه با هدف پشتیبانی از انجام مصاحبه‌های کیفی تعاملی در مقیاس بالا، حفظ شفافیت روش‌شناختی و افزایش بازتولیدپذیری پژوهش طراحی شده است. این سیستم به‌صورت ماژولار و لایه‌مند توسعه یافته است، به‌گونه‌ای که محیط استقرار کاربرمحور و منطق پژوهشی سیستم تفکیک شده‌اند، و از این طریق امکان کنترل دقیق و بهینه‌شده بر فرآیندهای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها فراهم آمده است.

ب. نقطه آغاز: بهره‌گیری از پلتفرم متن‌باز

توسعه سامانه با مطالعه و اقتباس از پلتفرم متن‌باز«Conversations at Scale» که توسط «گایکه و جاراول، ۲۰۲۴» معرفی شده است، آغاز شد (Geiecke & Jaravel, 2024). این پلتفرم ارائه‌دهنده راهکاری برای استفاده از مدل‌های زبانی بزرگ به‌عنوان مصاحبه‌گر در مقیاس وسیع است. این مدل‌ها به طور خودکار مصاحبه‌های کیفی را اجرا کرده و از طریق پرسش‌های پیگیرانه در فرآیند تولید و شفاف‌سازی داده‌های کیفی مشارکت می‌کنند.

87 Modular System Prompt
88 LLMR: Interface for Large Language Model APIs in R [Link]

در گام اول، منطق کلی این پلتفرم - شامل استفاده از یک عامل واحد[89] ، تعریف پرامپت سیستمی برای کنترل رفتار مدل و اجرای مصاحبه‌ها به‌صورت متنی - به‌عنوان نقطه شروع معماری انتخاب شد. بر این اساس، هسته سامانه حاضر نیز به‌صورت یک مصاحبه‌گر هوش مصنوعی تک‌عاملی طراحی شد که بتواند مصاحبه‌های تعاملی را با هر پاسخ‌دهنده از ابتدا تا انتها مدیریت کند.

پ. هسته پردازشی و یکپارچه‌سازی با مدل زبانی

در لایه پردازش، سامانه از مدل زبانی GPT-4o استفاده می‌کند که از طریق API[90] به زیرساخت اپلیکیشن متصل می‌شود. این مدل قادر است تعاملات پیچیده و چندمرحله‌ای را پردازش کرده و بر اساس زمینه گفتگو و پاسخ‌های پیشین، پاسخ‌هایی متناسب تولید کند. این ویژگی به‌ویژه برای اجرای مصاحبه‌های کیفی نیمه‌ساختاریافته و پویا ضروری است.

معماری پردازش بر چند اصل استوار است:

- **معماری تک‌عاملی با قابلیت استریم[91]:** در این سیستم، از یک معماری تک‌عامله با قابلیت استریمینگ استفاده می‌شود. برخلاف معماری‌های چندعامله که اغلب با پیچیدگی‌های پردازشی و تأخیر بیشتر همراه هستند، این رویکرد امکان پاسخ‌دهی بلادرنگ و پیوسته را فراهم می‌کند. این طراحی، تجربه کاربری را به یک مصاحبه انسانی نزدیک کرده و از ایجاد مکث‌های طولانی جلوگیری می‌کند.
- **پرامپت سیستمی ماژولار:** منطق مصاحبه‌گری[92] در قالب یک پرامپت سیستمی ساختاریافته و ماژولار تعریف شده است. در این طراحی، نقش مدل (پژوهشگر/مصاحبه‌گر در حوزه سیاست‌گذاری علم و فناوری)، ساختار مرحله‌بندی شده مصاحبه، دستورالعمل‌های زبانی (مانند رویکرد غیرهدایت‌شونده و استفاده از زبان ساده و خنثی) و کدهای کنترلی (برای پایان مصاحبه یا علامت‌گذاری محتوای مسئله‌دار) در قالب بخش‌های مجزا اما به‌هم‌پیوسته تنظیم شده‌اند. این ماژولارسازی امکان کنترل دقیق منطق مصاحبه، کاهش سوگیری و افزایش شفافیت و بازتولیدپذیری فرآیند پژوهش را فراهم می‌کند.

ت. نظارت انسانی بر رفتار مدل

در این سامانه، علی‌رغم اینکه مصاحبه‌ها به‌صورت خودکار توسط مدل انجام می‌شود، تمامی مراحل طراحی، تست و اصلاح پرامپت سیستمی و منطق مصاحبه‌گری تحت نظارت پژوهشگر انسانی قرار دارد. به این ترتیب، مدل در نقش یک «مصاحبه‌گر خودکار تحت هدایت پژوهشگر» عمل می‌کند و این نظارت انسانی، تضمین‌کننده دقت و انسجام در فرآیند مصاحبه‌ها است.

ث. سیر تحول رابط کاربری: از نمونه اولیه تا وب اپلیکیشن Next.js

در لایه تعامل با کاربر، توسعه سامانه از یک نمونه اولیه سبک آغاز شد و سپس به یک وب اپلیکیشن پایدار و قابل استقرار در مقیاس وسیع تبدیل شد:

- **فاز آزمایشی با Streamlit:** در مرحله اول، برای ارزیابی اولیه منطق مصاحبه و تست رفتار مدل، از Streamlit به‌عنوان ابزاری سریع برای ساخت نمونه اولیه استفاده شد. این فاز امکان آزمایش سریع سناریوهای مختلف مصاحبه و تنظیم پرامپت سیستمی را فراهم کرد، بدون آن که نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین روی لایه رابط کاربری باشد.
- **مهاجرت به Next.js و طراحی رابط کاربری وب:** پس از تثبیت منطق مصاحبه، برای دستیابی به کنترل دقیق‌تر بر طراحی، پشتیبانی کامل از چیدمان راست‌به‌چپ[93]، مدیریت فونت‌ها و ایجاد تجربه کاربری حرفه‌ای‌تر، رابط کاربری به فریم‌ورک Next.js منتقل شد. در این معماری:
  - رابط کاربری به‌صورت یک وب اپلیکیشن تک‌صفحه‌ای/ (SPA) چندصفحه‌ای مدرن طراحی شده است.
  - درخواست‌های کاربر (پیام‌های متنی) از طریق کامپوننت‌های Next.js به یک API Route ارسال می‌شوند.
  - API Route، پیام‌ها را به همراه پرامپت سیستمی به سرویس مدل زبانی ارسال کرده و پاسخ استریم‌شده را دوباره به رابط کاربری برمی‌گرداند.
- **استقرار بر بستر Vercel و نگهداشت کد در گیت‌هاب:** وب اپلیکیشن Next.js بر روی پلتفرم Vercel استقرار یافته است که امکان به‌روزرسانی سریع نسخه‌ها، مقیاس‌پذیری خودکار و دسترسی پایدار برای پاسخ‌دهندگان را فراهم می‌کند. کد سامانه، شامل منطق رابط کاربری، تنظیمات پرامپت سیستمی و اسکریپت‌های کمکی، در یک مخزن گیت‌هاب نگهداری و نسخه‌بندی می‌شود. این ساختار، ردیابی تغییرات، مستندسازی و بازتولیدپذیری فنی سامانه را تسهیل می‌کند.

89 Single-Agent

۹۰ یک رابط برنامه‌نویسی است که به برنامه‌ها این امکان را می‌دهد تا با هم ارتباط برقرار کنند. در اینجا، سامانه ما از این رابط برای ارتباط با مدل زبانی GPT-4o استفاده می‌کند.

91 Streaming

92 Interview logic

93 RTL

ج. بومی‌سازی زبانی و سازگاری با زمینه فارسی

یکی از محورهای مهم معماری در لایه کاربردی، بومی‌سازی سامانه برای کاربران فارسی‌زبان و زمینه اجتماعی ایران است. این بومی‌سازی در چند سطح انجام شده است:

- **چیدمان و طراحی راست‌به‌چپ:** رابط کاربری به‌گونه‌ای طراحی شده که نمایش متن، جهت چیدمان عناصر و جریان گفتگو برای زبان فارسی به طور کامل از راست‌به‌چپ باشد. استفاده از Next.js امکان اعمال دقیق این تنظیمات را در سطح CSS و کامپوننت‌ها فراهم کرده است.
- **پشتیبانی از Unicode و متون فارسی:** تمامی ورودی‌ها و خروجی‌ها بر پایه استاندارد Unicode پردازش می‌شوند تا نمایش صحیح کاراکترهای فارسی تضمین شود و در طول گفتگو، هیچ‌گونه به‌هم‌ریختگی متنی رخ ندهد.
- **بومی‌سازی پیام‌های سیستمی و دستورالعمل‌ها:** برچسب‌های رابط کاربری، پیام‌های راهنما و دستورالعمل‌های ارائه‌شده به کاربر به طور کامل به فارسی تنظیم شده‌اند تا تجربه‌ای روان، قابل‌فهم و متناسب با مخاطب عمومی ایرانی فراهم شود.

این انتخاب‌های معماری موجب شده است که سامانه صرفاً یک پیاده‌سازی تکنیکی نباشد، بلکه ابزار مصاحبه‌ای بومی‌شده برای مطالعه «مشروعیت هوش مصنوعی» در جامعه ایرانی باشد.

چ. فرآیند تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده

پس از جمع‌آوری داده از طریق مصاحبه آنلاین، فرآیند تحلیل داده‌ها در سه مرحله انجام می‌شود؛ تولید فرضیه از دل متن مصاحبه‌های به کمک هوش مصنوعی، کدگذاری نظام‌مند متن بر اساس فرضیه‌ها برای آنالیز کمّی و اعتبارسنجی تحلیل‌های محاسباتی.

در این مرحله، داده‌های استخراج‌شده از مصاحبه‌ها به‌صورت ساختاریافته در فرمت CSV ذخیره می‌شود. این فایل‌ها پس از ذخیره‌سازی، به راحتی توسط کدهای نوشته‌شده در محیط R خوانده می‌شوند و مراحل بعدی تحلیل انجام می‌شود. به این ترتیب، یک رابط استاندارد بین لایه جمع‌آوری داده‌ها (از طریق وب اپلیکیشن مصاحبه‌گر) و لایه تحلیل (با استفاده از ابزارهایی مانند LLMR در محیط R) ایجاد می‌شود.

- **مرحله اول: تولید فرضیه**

مرحله تحلیلی اولیه از مدل‌های زبانی بزرگ برای تسهیل تحلیل اکتشافی و تولید فرضیه از رونوشت‌های مصاحبه استفاده می‌کند. در این بخش، هر کدام از مصاحبه‌ها توسط هوش مصنوعی بازنویسی[۹۴] شده که هر یک از متن‌ها، توسط یک دستیار تحقیق چک شده که آیا بازنویسی مناسبی از متن مصاحبه صورت گرفته یا خیر. سپس متن به یک نمونه جدید مدل زبانی بزرگ وارد شده و به مدل دستور داده شد که نقش یک محقق را ایفا کند و مضامین گسترده، یافته‌های شگفت‌انگیز و الگوهای تکرارشونده در داده‌ها را شناسایی کند.

در این فرآیند چند ملاحظه مهم قابل اشاره است؛ اکثر مدل‌های زبانی بزرگ معاصر توانایی محدودی در شمارش دارند و تصادفی بودن ذاتی آن‌ها خروجی‌های تا حدودی متغیر در پرسش‌های تکراری تولید می‌کند. با این حال، این رویکرد ارزش قابل‌توجهی در شناسایی الگوهایی دارد که ممکن است از طریق بازبینی دستی، فوراً آشکار نشوند.

- **مرحله دوم: کدگذاری نظام‌مند**

پس از تولید فرضیه، یک رویکرد اندازه‌گیری دقیق‌تر از طریق کدگذاری نظام‌مند پیاده‌سازی شده است. در این مرحله متن مصاحبه‌ها به‌صورت جداگانه توسط مدل زبانی بزرگ پردازش می‌شود و از مدل زبانی بزرگ خواسته شد تا پاسخ‌های دودویی (بله/خیر) همراه با توجیهات مختصر در مورد اینکه آیا مفاهیم خاصی در هر متن مصاحبه موجود است یا خیر، ارائه دهد. سپس این پاسخ‌ها در قالب جدولی سازماندهی شدند و برای هر سؤال تحقیقاتی همه متن مصاحبه‌ها مجدد توسط یک دستیار تحقیق ارزیابی شد تا از توهم[۹۵] توسط مدل در پاسخ‌ها جلوگیری شود و همچنین نسبت به‌دقت مدل برای انجام این کار در زبان فارسی اطمینان حاصل شود.

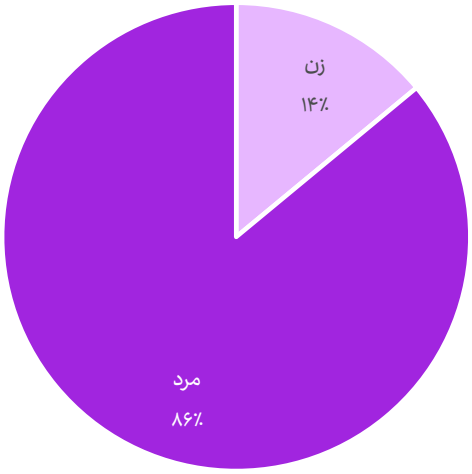
- **مرحله سوم: اعتبارسنجی تحلیل محاسباتی**

در هر مرحله، اعتبارسنجی دقیقی از رویکرد کدگذاری مبتنی بر مدل زبانی بزرگ با مقایسه آن با کدگذاری دستی توسط دستیاران تحقیقاتی آموزش‌دیده انجام شده است. همچنین در هر یک از فرآیندهایی که مدل خروجی‌ای تولید می‌کند یک دستیار انسانی پاسخ‌های ارائه شده و همچنین استدلال‌های مدل را چک می‌کند. برای دستیابی به بهترین پرامپت و همچنین ارزیابی دقیق مدل، این فرآیند چهار مرتبه در این مقاله تکرار شده است تا به نحوه درست تحلیل داده‌ها با مدل هوش مصنوعی دست یابیم.

94 Paraphrase
95 Hallucination

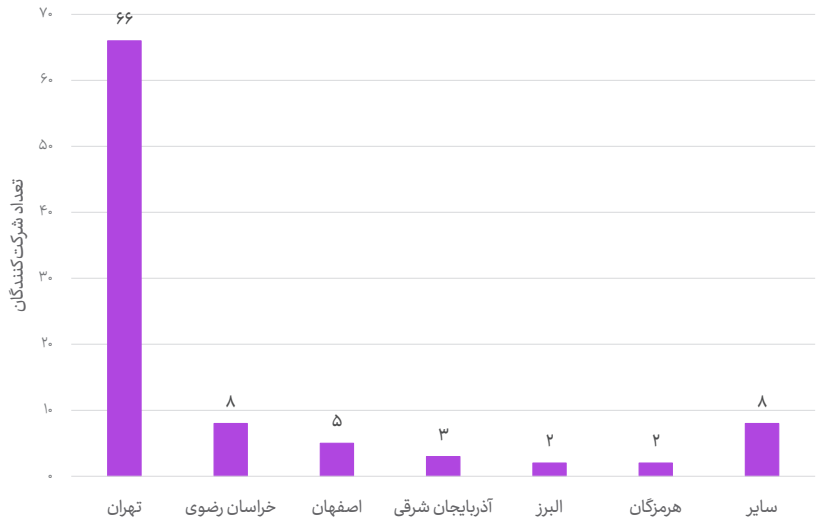
اطلاعات جمعیت‌شناختی مشارکت‌کنندگان در پژوهش

در این گزارش با بیش از ۱۰۰ متخصص و فعال هوش مصنوعی مصاحبه آنلاین شده است. بر اساس استانداردهای روش تحقیق و پس از تمیزسازی داده و حذف مصاحبه‌هایی که در فرآیند مصاحبه دقت کافی به خرج داده نشده بود و یا حاشیه فراوانی در فرآیند مصاحبه توسط مدل هوش مصنوعی یا توسط مخاطب رفته شده بود، ۸۵ مصاحبه به‌عنوان مصاحبه‌های مرجع بررسی انتخاب شدند. بر اساس اطلاعات جمعیت‌شناختی که به‌صورت ناشناس از مخاطبان دریافت شده است، همان طور که در شکل ۱۵۷ قابل مشاهده است، ۸۶ درصد از مشارکت‌کنندگان در این مصاحبه مرد بوده و حدود ۱۴ درصد از این افراد را زنان تشکیل می‌دهند.



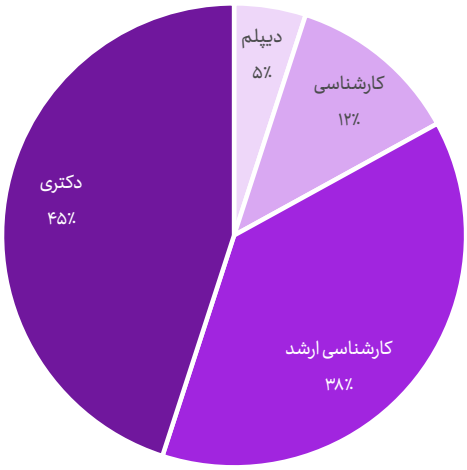
شکل ۱۵۷. توزیع جنسیتی مشارکت‌کنندگان در پژوهش.

میانگین سنی افراد مشارکت‌کننده، ۳۸ سال بوده و مشارکت‌کنندگان در این مصاحبه بیشتر در استان تهران (۶۶ درصد) و سپس در استان‌های خراسان رضوی (۸ درصد) و اصفهان (۸ درصد) ساکن بوده‌اند که این عدد با توزیع شرکت‌های هوش مصنوعی ایرانی در استان‌های مختلف تناسب دارد. جزئیات این آمارها در شکل ۱۵۸ قابل‌مشاهده است.

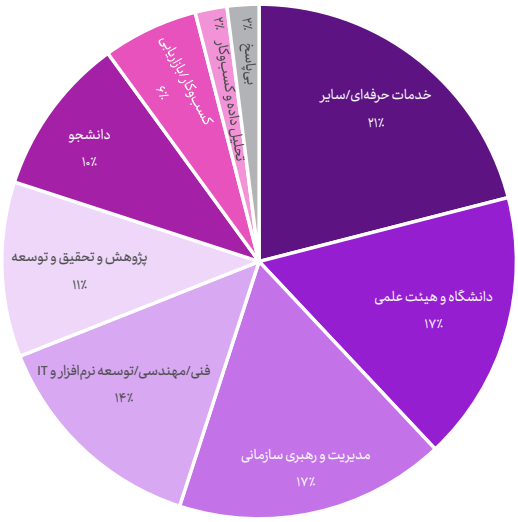


شکل ۱۵۸. توزیع مشارکت‌کنندگان به تفکیک استان محل سکونت.

همان طور که در شکل ۱۵۹ قابل مشاهده است، در میان مصاحبه‌شوندگان، بیش از ۸۰ درصد افراد حداقل مدرک کارشناسی ارشد دارند. مصاحبه‌شوندگان، گروه‌های شغلی مختلفی را شامل می‌شوند. ارائه‌دهندگان خدمات فنی و حرفه‌ای، اعضای هیئت علمی و دانشگاهیان، مدیران سازمان‌ها و توسعه‌دهندگان نرم‌افزار، چهار دسته اصلی پاسخ‌دهنده به سؤالات مصاحبه بوده‌اند. جزئیات این آمار در شکل ۱۶۰ قابل مشاهده است.

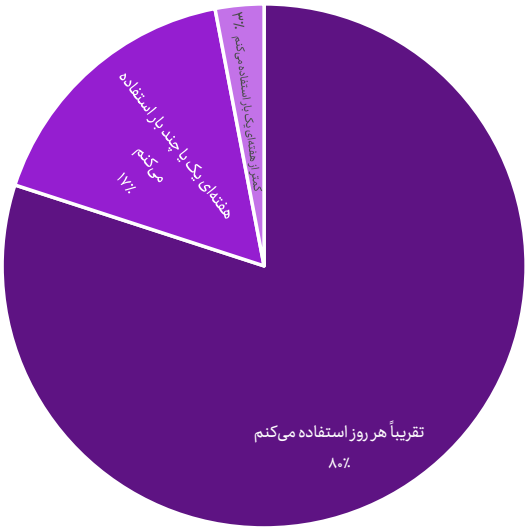


شکل ۱۵۹. توزیع مشارکت‌کنندگان به تفکیک تحصیلات.



شکل ۱۶۰. توزیع مشارکت‌کنندگان به تفکیک گروه شغلی.

همان طور که در شکل ۱۶۱ قابل مشاهده است، در میان افراد مصاحبه‌شده بیش از ۸۰ درصد از افراد به‌صورت روزانه از انواع محصولات هوش مصنوعی استفاده می‌کنند و ۱۷ درصد افراد نیز به‌صورت هفتگی حتماً چند بار از این ابزارها بهره می‌برند.



شکل ۱۶۱. سطح استفاده مشارکت‌کنندگان از محصولات هوش مصنوعی.

داده‌های جمعیت‌شناختی ارائه شده نشان می‌دهد که بیشتر مخاطبان این پرسش‌نامه، در دسته نخستین استفاده‌کنندگان فناوری قرار دارند. بر همین اساس، تحلیل وضعیت مشروعیت فناوری هوش مصنوعی در ایران بر اساس این فرضیه انجام خواهد شد که نزدیک‌ترین شخصیت به استفاده‌کنندگان اولیه از هوش مصنوعی که مشروعیت فناوری در مراحل اولیه توسعه را شکل داده و در جهت‌دهی آینده آن بسیار اثرگذارند، متخصصان، کارشناسان و فعالان هوش مصنوعی هستند. در ادامه به بررسی نتایج پرداخته خواهد شد.

تحلیل کارکرد مشروعیت‌بخشی هوش مصنوعی در ایران

مشروعیت هوش مصنوعی ابعاد گوناگونی دارد. در این پژوهش با بهره‌گیری از پاسخ‌های داده شده و با استفاده از ظرفیت مدل زبانی در تحلیل اطلاعات و همچنین ادبیات مشروعیت هوش مصنوعی در نظام نوآوری فناورانه، چهار دسته‌بندی مفهومی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس فرضیات ارائه شده (سؤالات تولید شده) در این قالب دسته‌بندی مفهومی جاگذاری شده‌اند.

۷.۱ رکن اول: اعتبار و قابلیت اتکا

سیستم‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه مدل‌های زبانی بزرگ و هوش مصنوعی مولد، گرایش مداومی به تولید خروجی‌هایی دارند که ظاهراً معتبر به نظر می‌رسند؛ اما ممکن است از نظر واقعیت نادرست، ساختگی یا گمراه‌کننده باشند. این پدیده - که در ادبیات فنی اغلب به‌عنوان «توهم» شناخته می‌شود - چالش مهمی برای اعتماد عمومی کاربران فناوری ایجاد می‌کند. زمانی که محصولات مختلف هوش مصنوعی ارجاعات نادرست تولید و آمار را جعل می‌کنند یا محتوای متقاعدکننده اما فریبنده‌ای مانند دیپ‌فیک[۹۶] می‌سازند، یکپارچگی اکوسیستم‌های اطلاعاتی را که شهروندان، روزنامه‌نگاران و تصمیم‌گیرندگان به آن‌ها تکیه کرده، تضعیف می‌کنند. گسترش اطلاعات نادرست تولیدشده توسط هوش مصنوعی صرفاً یک نقص فنی نیست؛ بلکه پیامدهای اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و امنیتی فراوانی در پی دارد.

نگرش‌های عمومی نسبت به هوش مصنوعی به طور قابل‌توجهی بازتاب‌دهنده آگاهی از محدودیت‌های اعتبار خروجی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی است. شواهد نشان می‌دهد که بسیاری از افراد هوش مصنوعی را به طور کامل رد نمی‌کنند، بلکه اعتماد خود را مشروط توصیف می‌کنند - منوط به اینکه سیستم‌های هوش مصنوعی بتوانند دقت و شفافیت داشته و بتوان در چارچوب‌های پیشرفته‌تر دلیل و فرآیند خروجی‌های آن‌ها را توضیح داد. این الگوی اعتماد مشروط، نشان‌دهنده تمایل آحاد جامعه به پذیرش هوش مصنوعی است.

در این بخش، بر اساس توضیحات داده شده در بخش روش تحقیق، سه سؤال مشخص توسط مدل زبانی از هر یک از مصاحبه‌شونده‌ها پرسیده شده است. برای هر پاسخ، مدل دلیل خود را برای ارائه جواب بله یا خیر ارائه داده و تک‌تک این جواب‌ها برای افزایش اعتبار تحلیل کیفی، توسط انسان چک شده است. همچنین این فرضیات و سؤالات بر اساس رکن‌های اشاره شده در شکل ۱۵۶ قرار گرفته‌اند. در جدول ۱۳ سؤالات مرتبط با رکن اعتبار و قابلیت اتکا ارائه شده است:

جدول ۱۳. سؤالات پرسیده شده از مشارکت‌کنندگان برای سنجش رکن «اعتبار و قابلیت اتکا».

رکن	شاخص	سؤالات سنجش شاخص
اعتبار و قابلیت اتکا	سؤال ۱: نگرانی از اطلاعات نادرست و محتوای فریبنده	آیا پاسخ‌دهنده به نگرانی‌هایی درباره تولید اطلاعات نادرست، جعل منابع، تولید اطلاعات گمراه‌کننده، یا ایجاد محتوای فریبنده (مانند دیپ‌فیک) توسط هوش مصنوعی اشاره می‌کند؟
	سؤال ۲: لزوم راستی‌آزمایی و تأیید مستقل خروجی‌ها	آیا پاسخ‌دهنده بیان می‌کند که اطلاعات تولیدشده توسط هوش مصنوعی نیاز به بررسی واقعیت، تأیید یا عدم اعتماد بدون تأیید مستقل دارد؟
	سؤال ۳: اعتماد مشروط به کیفیت و شفافیت	آیا پاسخ‌دهنده اعتماد خود به هوش مصنوعی را مشروط یا وابسته به عواملی مانند دقت، کیفیت، شفافیت، قابلیت توضیح یا اعتبار نهادی توصیف می‌کند؟

96 Deepfake

همان طور که در شکل ۱۶۲ قابل مشاهده است، یافته برجسته این بخش نشان می‌دهد که ۷۶/۴۷ درصد از پاسخ‌دهندگان اعتماد خود به هوش مصنوعی را مشروط توصیف می‌کنند. این اعتماد وابسته به عواملی مانند دقت، شفافیت و اعتبار نهادی (سؤال ۳) است، به‌عنوان مثال یکی از متخصصین در فرآیند مصاحبه خود چنین اشاره می‌کند:

> **«من به سیستم‌های هوش مصنوعی که بتوانند با شفافیت به نتایج برسند، اعتماد دارم، اما اگر بدانم داده‌های آموزشی آن‌ها ناقص یا سوگیرانه هستند، به خروجی‌های آن‌ها اعتماد نخواهم کرد.»**

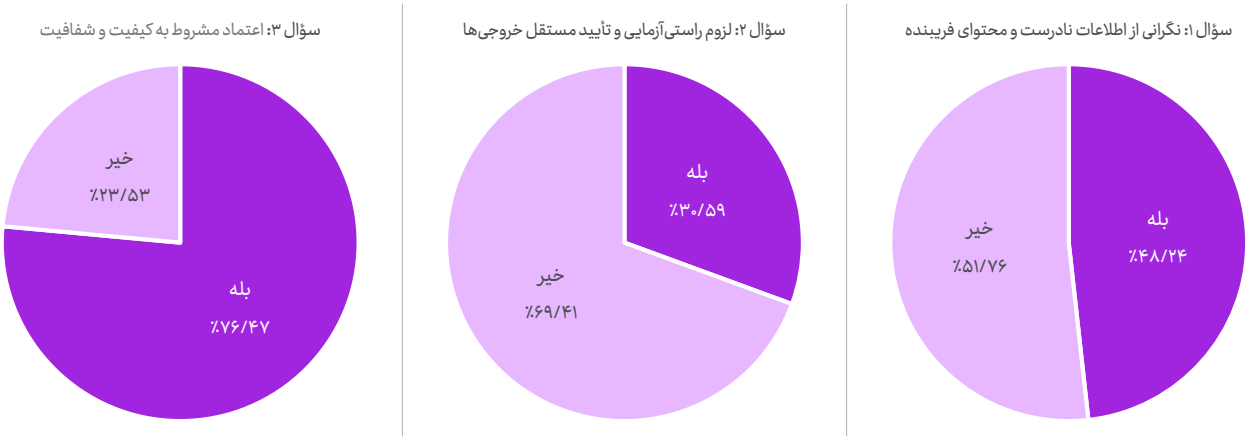
این بالاترین درصد «بله» در کل پژوهش است و نشان می‌دهد که کاربران اولیه هوش مصنوعی نه کورکورانه به این فناوری اعتماد می‌کنند و نه به طور قاطع هوش مصنوعی را رد می‌کنند. در همین حال، نگرانی‌ها درباره تولید محتوای نادرست یا فریبنده توسط هوش مصنوعی تقریباً برابر تقسیم شده است (سؤال ۱: ۴۸/۲۴ درصد بله در مقابل ۵۱/۷۶ درصد خیر) که نشان می‌دهد خطر اطلاعات نادرست در اذهان متخصصین قرار دارد، اما هنوز به سطح یک نگرانی غالب نرسیده، این نگرانی درباره کیفیت محتوا به‌خوبی در یکی از مصاحبه‌ها قابل‌مشاهده است:

> **«یکی از ریسک‌های هوش مصنوعی، معتبر نبودن منابعی است که معرفی می‌کند. من چندین بار باید از آن بپرسم و تأکید کنم تا به منبع معتبر برسم. گاهی لینک‌هایی که ارائه می‌دهد اشتباه است یا خطا می‌دهد. به نظر من ریسک مهم در این زمینه، تولید دانشی است که ممکن است مالکیتی متوجه آن نباشد. در مجموع، هوش مصنوعی را مفید می‌دانم و می‌توانم مثال‌هایی از کاربردهای آن بزنم، مانند پرامپت‌هایی که برای تولید تصویر استفاده می‌شوند و همچنین در ویرایش، ترجمه، خواندن مقالات طولانی و خلاصه کردن آن‌ها.»**

نکته قابل توجه دیگر اینکه تنها ۳۰/۵۹ درصد از پاسخ‌دهندگان به طور فعال بیان می‌کنند که خروجی‌های هوش مصنوعی نیاز به بررسی واقعیت دارد یا بدون تأیید قابل اعتماد نیست (سؤال ۲)، که پایین‌ترین مقدار «بله» در این دسته است. این نگرش مثبت به خروجی‌های تولید شده توسط مدل‌های هوش مصنوعی در ادامه قابل‌مشاهده است:

> **«به نظر من هوش مصنوعی در مجموع بسیار مفید است و می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی کمک کند. من به استفاده از هوش مصنوعی برای تشخیص بیماری‌ها اعتماد زیادی دارم، زیرا دقت ماشین‌ها معمولاً بالاتر از انسان‌هاست. همچنین، من با استفاده از هوش مصنوعی برای تشخیص چهره، مانند شناسایی متخلفین رانندگی و تأمین امنیت، بسیار موافقم و می‌دانم که تأثیرگذار است.»**

تنش معناداری در پاسخ‌ها میان سؤال ۳ و سؤال ۲ وجود دارد. اکثریت می‌گویند اعتمادشان به شرایطی مانند دقت و شفافیت بستگی دارد، اما کمتر از یک‌سوم صراحتاً رفتار عملی‌ای را بیان می‌کنند که زمینه‌ساز جلب یا ایجاد اعتماد باشد. این شکاف نشان می‌دهد که اعتماد مشروط ممکن است بیشتر به‌عنوان نگرشی انتزاعی عمل کند تا رفتار عملی. پاسخ‌دهندگان اصولاً می‌دانند که هوش مصنوعی باید تأیید شود، اما ممکن است هنوز این آگاهی را به مجموعه‌ای از رفتارهای کنترل‌کننده عملکرد خروجی‌های هوش مصنوعی تبدیل نکرده باشند. یکی از این پیامدهای مهم سیاستی این یافته می‌تواند این باشد که آگاهی اعلام‌شده به طور خودکار رفتار محافظه‌کارانه در برخورد با خروجی‌های ابزارهای هوش مصنوعی تولید نمی‌کند.



شکل ۱۶۲. پاسخ مشارکت‌کنندگان به سؤالات «اعتبار و قابلیت اتکا».

۷.۲ رکن دوم: ضرورت حکمرانی و مقررات‌گذاری

با توجه به مخاطرات بالقوه هوش مصنوعی و اهمیت نظارت دولت در ایجاد اعتماد، حکمرانی و مقررات‌گذاری این فناوری یکی از محورهای اعتماد به آن است. در بسیاری از نقاط دنیا، شهروندان، سازمان‌های مردم‌نهاد، دولت‌ها و حتی شرکت‌ها به طور فزاینده‌ای خواستار مقررات‌گذاری قوی‌تر، دستورالعمل‌های اخلاقی شفاف‌تر و سازوکارهای پاسخگویی قابل اجرا هستند که تضمین کنند سیستم‌های هوش مصنوعی در چارچوب مرزهای تعریف‌شده توسط ارزش‌های فرهنگی جامعه و حاکمیت قانون عمل می‌کنند. این نگرانی‌ها فراتر از سیاست‌گذاری داخلی است. نگرش‌های عمومی نشان می‌دهد که اعتماد به هوش مصنوعی نه‌تنها توسط خود فناوری بلکه توسط بافت سیاسی و نهادی که در آن توسعه‌یافته شکل می‌گیرد؛ به‌طوری که معمولاً سیستم‌هایی که از ساختارهای حکمرانی دموکراتیک و شفاف نشئت می‌گیرند، اغلب قابل‌اعتمادتر از سامانه‌هایی تلقی می‌شوند که تحت رژیم‌های استبدادی تولید شده‌اند.

در کنار مقررات‌گذاری رسمی، این درک وجود دارد که حکمرانی باید ابزارهای نرم‌تری مانند آموزش عمومی، برنامه‌های سواد دیجیتال و ابتکارات گسترده‌تر آگاهی‌بخشی را نیز شامل شود. حکمرانی مؤثر هوش مصنوعی نمی‌تواند صرفاً بر چارچوب‌های قانونی از بالابه‌پایین تکیه کند؛ بلکه باید شهروندان را به دانش و مهارت‌های تفکر انتقادی مورد نیاز برای حرکت در محیط اطلاعاتی اشباع‌شده از هوش مصنوعی مجهز سازد؛ بنابراین، سیاست‌گذاران باید راهبرد دوگانه‌ای دنبال کنند: ایجاد نظارت قانونی و نهادی شفاف و هم‌زمان سرمایه‌گذاری در آموزش و مشارکت عمومی که شهروندانی باسواد از نظر دانش دیجیتال و آگاه پرورش دهد که هم توانایی پاسخگو نگه‌داشتن توسعه‌دهندگان هوش مصنوعی را داشته باشد و هم به طور مؤثری بر عملکرد قانون‌گذاران و مقررات‌گذاران نظارت کند.

در این بخش نیز سه سؤال مشخص توسط مدل زبانی از هر یک از مصاحبه‌شونده‌ها پرسیده شده است. برای هر پاسخ، مدل دلیل خود برای ارائه جواب بله یا خیر را ارائه داده و تک‌تک این جواب‌ها برای افزایش اعتبار تحلیل کیفی، توسط انسان چک شده است. همچنین این فرضیات و سؤالات بر اساس رکن‌های اشاره شده در شکل ۱۵۶ قرار گرفته‌اند. در جدول ۱۴ سؤالات مرتبط با رکن ضرورت حکمرانی و مقررات‌گذاری ارائه شده است:

جدول ۱۴. سؤالات پرسیده شده از مشارکت‌کنندگان برای سنجش رکن «ضرورت حکمرانی و مقررات‌گذاری».

رکن	شاخص	سؤالات سنجش شاخص
ضرورت حکمرانی و مقررات‌گذاری	سؤال ۴: مطالبه حکمرانی و مقررات‌گذاری هوش مصنوعی	آیا پاسخ‌دهنده خواستار مقررات‌گذاری قوی‌تر، چارچوب‌های اخلاق، حکمرانی، پاسخگویی یا چارچوب‌های قانونی برای هوش مصنوعی است؟
	سؤال ۵: وابستگی اعتماد به مبدأ و زمینه سیاسی	آیا پاسخ‌دهنده بیان می‌کند که اعتماد یا پذیرش هوش مصنوعی به کشور مبدأ فناوری، توسعه داخلی یا نظام‌های سیاسی دموکراتیک وابستگی دارد؟
	سؤال ۶: ضرورت آموزش و ارتقای سواد دیجیتال	آیا پاسخ‌دهنده خواستار آموزش، آگاهی، سواد دیجیتال یا «فرهنگ‌سازی» برای حمایت از استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی است؟

بر اساس بررسی داده‌های جدول ۱۴، نتایج در شکل ۱۶۳ ارائه شده است. در این دسته تنها ۱۵/۲۹ درصد از متخصصین و استفاده‌کنندگان نخستین هوش مصنوعی خواستار مقررات‌گذاری قوی‌تر یا چارچوب‌های قانونی هستند (سؤال ۴) و کمتر از ۱۲ درصد اعتماد را به کشور مبدأ یا نظام‌های حکمرانی دموکراتیک پیوند می‌دهند (سؤال ۵)، و تنها ۲۰ درصد خواستار اقدامات و ابتکارات آموزشی با هدف افزایش سواد دیجیتال هستند (سؤال ۶). هر سه سؤال به‌خوبی زیر آستانه ۲۵ درصد قرار دارند. این موضوع نشان می‌دهد که توجه به هر دو مدل نرم و سخت حکمرانی و مقررات‌گذاری در حال حاضر در کمترین حالت خود قرار دارد و اساساً احساس نیاز به چارچوب‌های حکمرانی در میان استفاده‌کنندگان کلیدی از هوش مصنوعی وجود ندارد. در یکی از مصاحبه‌ها، به خوبی به این موضوع پرداخته شده و تنها بر اهمیت فرهنگ‌سازی به عنوان یک راه‌حل تأکید شده است:

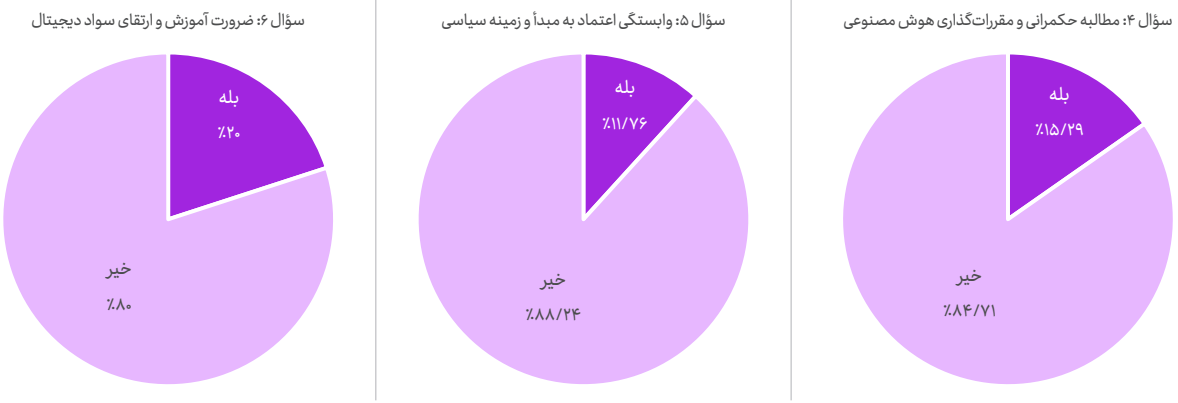
> **«در مورد هوش مصنوعی، این فناوری می‌تواند به ما در تکمیل مقالات و ساخت ربات‌های سخت و نرم‌افزاری کمک کند. من تجربه استفاده از هوش مصنوعی را در ایجاد خیر دارم، اما در کاربردهای واقعی ممکن است مشکلاتی ایجاد شود. اگر فرهنگ‌سازی نشود و کنترل مناسبی بر روی آن نباشد، می‌تواند مشکلاتی مانند تهدید امنیت، تنبلی و تأثیرات منفی بر اقتصاد به همراه داشته باشد. به طور کلی، من هوش مصنوعی را مفید می‌دانم و می‌توانم به کاربردهای مفید آن مانند پاسخ به سؤالات اشاره کنم.»**

با این حال یکی از نکات قابل توجه این است که تقویت سواد دیجیتال و آموزش (سؤال ۶) در مجموع حمایت بیشتری نسبت به قانون‌گذاری رسمی (سؤال ۴) پیرامون هوش مصنوعی دارد. در همین راستا، یکی از مصاحبه‌شوندگان به اهمیت دانش پایه در بهره‌گیری از هوش مصنوعی اشاره می‌کند:

> **«برای استفاده درست از آن، لازم است که دانش پایه را در زمینه مربوطه داشته باشیم تا بتوانیم به شکل بهتری از آن بهره‌برداری کنیم. اگر بدون دانش پایه به هوش مصنوعی مراجعه کنیم، احتمالاً نتیجه خوبی نخواهیم گرفت. به‌عنوان مثال، اگر صرفاً به تحلیل‌های هوش مصنوعی تکیه کنم و به کلاس بروم، احتمال اینکه اشتباهات زیادی داشته باشم افزایش می‌یابد، چون نمی‌دانم تحلیلی که هوش مصنوعی به من داده درست است یا نه. اما اگر دانش پایه داشته باشم، می‌توانم با کمک هوش مصنوعی مقالات بیشتری را بررسی کنم و کیفیت مطالبی که در کلاس ارائه می‌دهم را بالا ببرم.»**

این داده می‌تواند نشان دهد که پاسخ‌دهندگان نسبت به مداخلات توانمندسازی‌محور (آموزش، سواد) پذیراتر از مداخلات محدودیت‌محور (مقررات، چارچوب‌های قانونی) هستند. نمره بسیار پایین سؤال ۵ نشان می‌دهد که چارچوب‌بندی ژئوپلیتیکی اعتماد به هوش مصنوعی برای اکثریت پاسخ‌دهندگان برجسته نیست.

اگر یافته این دسته را با یافته‌های حاصل از دسته نخست در کنار یکدیگر تحلیل کنیم، در می‌یابیم که علی‌رغم اینکه اعتماد حدود ۷۶ درصد پاسخ‌دهندگان به ابزارهای هوش مصنوعی مشروط است، تقاضای قابل‌توجهی برای وضع سازوکارهای قانونی و چارچوب‌های حکمرانی وجود ندارد. این در حالی است که وقتی اعتماد اکثر افراد به عواملی مانند شفافیت، توضیح‌پذیری مدل‌ها و یا اعتبار نهادهای مجوزدهنده یا چارچوب‌ساز مشروط باشد، انتظار می‌رود تقاضای قابل‌توجهی برای مداخله حاکمیت از طریق ساختارهای مقرراتی و نهادی وجود داشته باشد.



شکل ۱۶۳. پاسخ مشارکت‌کنندگان به سؤالات «ضرورت حکمرانی و مقررات‌گذاری».

۷.۳ رکن سوم: مخاطرات اجتماعی و فردی

هوش مصنوعی ظرفیت ایجاد مخاطرات اجتماعی و فردی فراوانی را دارد و این مخاطرات فراتر از کیفیت عملکرد فنی محصولات مبتنی بر هوش مصنوعی است. این مخاطرات شامل اختلالات اقتصادی به‌خصوص در بازار کار و نگرانی‌های ناشی از بیکاری گسترده، تضعیف انسجام اجتماعی و تهدید خودمختاری انسان در برابر فناوری را در بر می‌گیرد. در بسیاری از نظرسنجی‌های صورت‌گرفته، پاسخ‌دهندگان اغلب خطراتی مانند جابه‌جایی شغلی ناشی از اتوماسیون، تعمیق نابرابری‌های موجود، احتمال نفوذ دستکاری‌کننده الگوریتمی و فرسایش روابط اجتماعی معنادار را عواملی می‌دانند که می‌تواند در بازه زمانی کوتاه‌مدت ریسک‌های هوش مصنوعی را محقق کنند. این نگرانی‌ها مبتنی بر روندهای قابل‌مشاهده است؛ برخی تحلیل‌های بازار کار به طور مداوم نشان می‌دهند که اتوماسیون مبتنی بر هوش مصنوعی به طور نامتناسبی مشاغل کم‌مهارت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، درحالی‌که تمرکز قابلیت‌های هوش مصنوعی در میان تعداد اندکی از شرکت‌ها پرسش‌های مشروعی درباره توزیع عادلانه منافع اقتصادی هوش مصنوعی مطرح می‌سازد.

در سطح فردی، مجموعه قابل‌توجهی از نگرانی‌ها بر اثرات شناختی و تحولی وابستگی طولانی‌مدت به هوش مصنوعی مورد بررسی قرار گرفته است. شهروندان نگرانند که وابستگی روزمره به هوش مصنوعی برای نوشتن، حل مسئله و تصمیم‌گیری ممکن است به‌تدریج خلاقیت انسان، تفکر انتقادی و ظرفیت یادگیری مستقل را کاهش دهد. نکته قابل‌توجه این است که بسیاری از پاسخ‌دهندگان به پژوهش‌های صورت‌گرفته تاکنون، هم‌زمان پذیرش هوش مصنوعی را اجتناب‌ناپذیر توصیف می‌کنند و آن را به‌عنوان ضرورتی رقابتی می‌دانند که افراد و ملت‌ها توان مقاومت در برابر آن را ندارند. این تنش میان تصور اجتناب‌ناپذیری فناوری و مخاطرات پیش رو، چالش حیاتی برای سیاست‌گذاران است.

در این بخش نیز سه سؤال مشخص توسط مدل زبانی از هر یک از مصاحبه‌شونده‌ها پرسیده شده است. برای هر پاسخ، مدل دلیل خود برای ارائه جواب بله یا خیر را ارائه داده و تک‌تک این جواب‌ها برای افزایش اعتبار تحلیل کیفی، توسط انسان چک شده است. همچنین این فرضیات و سؤالات بر اساس رکن‌های اشاره شده در شکل ۱۵۶ قرار گرفته‌اند. در جدول ۱۵ سؤالات مرتبط با رکن مخاطرات اجتماعی و فردی ارائه شده است:

جدول ۱۵. سؤالات پرسیده شده از مشارکت‌کنندگان برای سنجش رکن «مخاطرات اجتماعی و فردی».

رکن	شاخص	سؤالات سنجش شاخص
مخاطرات اجتماعی و فردی	سؤال ۷: نگرانی از پیامدهای اجتماعی و اقتصادی	آیا پاسخ‌دهنده به تأثیرات منفی اجتماعی یا اقتصادی هوش مصنوعی اشاره می‌کند (مانند بیکاری، نابرابری، دستکاری، تضعیف روابط اجتماعی، اعتیاد)؟
	سؤال ۸: پذیرش اجتناب‌ناپذیر و ضرورت رقابت	آیا پاسخ‌دهنده پذیرش هوش مصنوعی را اجتناب‌ناپذیر/ضروری توصیف می‌کند، یا می‌گوید عدم‌پذیرش آن منجر به عقب‌ماندگی می‌شود؟
	سؤال ۹: تضعیف توان شناختی و وابستگی ذهنی	آیا پاسخ‌دهنده می‌گوید هوش مصنوعی ممکن است تفکر/خلاقیت/یادگیری انسان را کاهش دهد یا باعث تنبلی ذهنی/وابستگی شود؟

همان طور که در شکل ۱۶۴ قابل‌مشاهده است، این دسته گسترده‌ترین پراکندگی داخلی در یک حوزه موضوعی را نشان می‌دهد. ۶۰ درصد از متخصصین هوش مصنوعی تأثیرات منفی اجتماعی و اقتصادی هوش مصنوعی را جدی قلمداد می‌کنند (سؤال ۷). در گفت‌وگو با یکی از مصاحبه‌شوندگان، این موضوع به‌خوبی قابل بررسی است:

> **«بیکاری و تغییرات شغلی نیز از دیگر ریسک‌هاست، زیرا با اتوماسیون و استفاده بیشتر از هوش مصنوعی در صنایع مختلف، ممکن است بسیاری از شغل‌ها از بین بروند. همچنین وابستگی زیاد به تکنولوژی می‌تواند یک ریسک باشد. اگر مردم یا سازمان‌ها بیش از حد به هوش مصنوعی اعتماد کنند و از قدرت تحلیل انسانی غافل شوند، ممکن است در مواجهه با مشکلات یا تغییرات غیرمنتظره دچار بحران شوند.»**

نگرانی درباره کاهش شناخت و خلاقیت انسانی توسط هوش مصنوعی نیز با ۴۵/۸۸ درصد یکی دیگر از آمارهای قابل‌توجه در این دسته است (سؤال ۹). کاهش توان ذهنی انسان به‌عنوان یک دغدغه کلیدی مورد اشاره قرار گرفته است:

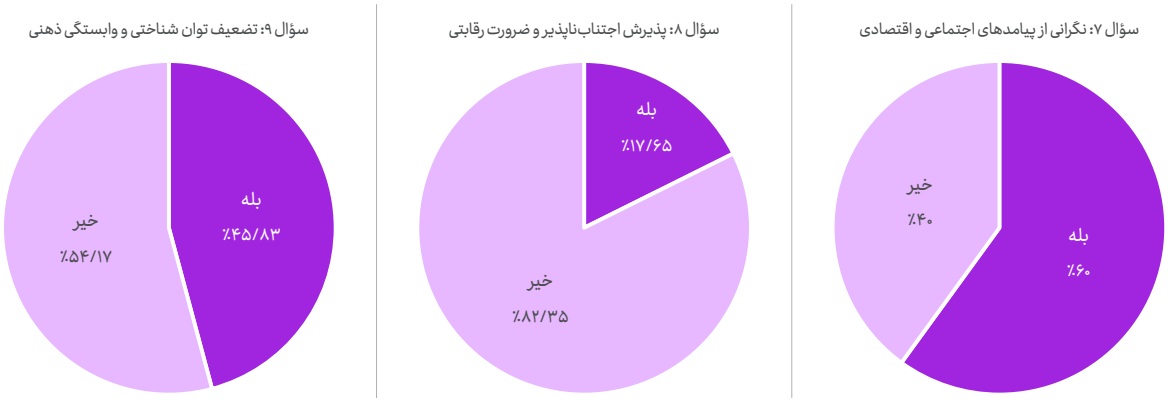
> **«در مورد هوش مصنوعی، این فناوری به طراحی سیستم‌هایی می‌پردازد که می‌توانند مانند انسان فکر کنند، یاد بگیرند و تصمیم بگیرند. من تجربه استفاده از هوش مصنوعی را در زمینه‌های پژوهشی و به‌عنوان تسهیل‌گر در کدزنی داشته‌ام. به نظر من، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند ریسک‌هایی به دنبال داشته باشد. اتکای بیش از اندازه به این فناوری ممکن است باعث شود که فکر کردن برای انسان دشوارتر شود و وابستگی ایجاد کند. در زمان نبود این فناوری، ممکن است افراد حتی قادر به انجام کارهای عادی خود نباشند.»**

با این حال، تنها ۱۷/۶۵ درصد پذیرش هوش مصنوعی را اجتناب‌ناپذیر توصیف می‌کنند یا عدم‌پذیرش آن را مساوی با عقب‌ماندگی می‌دانند (سؤال ۸). معدود افرادی که هوش مصنوعی را اجتناب‌ناپذیر می‌دانند به اهمیت آن در کاربردی‌بودن هوش مصنوعی در موارد مختلف اشاره می‌کنند، به طور مثال در مواجهه با انبوه اطلاعات:

> **«به نظر من فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی نه‌تنها مفید هستند؛ بلکه به یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده‌اند. حجم داده‌های مفید برای زندگی فردی و اجتماعی به‌قدری زیاد شده که امکان مطالعه، به یاد سپردن و استفاده از آن‌ها برای یک فرد دیگر مقدور نیست. اگر به گذشته برگردیم، فردی که به‌اندازه یک‌دهم اطلاعات یک نوجوان امروزی در چند رشته اطلاعات داشت، علامه خطاب می‌شد. اما امروز به اطلاعات یک فرد هیچ بهایی نمی‌توان داد مگر آنکه روش‌های استفاده از داده‌های دیگران را بداند و بر آن مسلط باشد.»**

درصد پایین در پاسخ به سؤال ۸ یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر است. در گفتمان عمومی و رسانه‌ای، روایت اجتناب‌ناپذیری هوش مصنوعی فراگیر است و این ایده که «هوش مصنوعی در حال آمدن است چه بخواهیم چه نخواهیم، و مقاومت در برابر آن به معنای عقب ماندن است» یکی از کلان‌روایت‌ها و گفتمان‌هایی است که به‌شدت تبلیغ می‌شود. با این حال، کمتر از یک‌پنجم پاسخ‌دهندگان در این نمونه این چارچوب‌بندی را تأیید می‌کنند. این یافته نشان می‌دهد که بیشتر افراد در برابر چارچوب‌بندی جبرگرایانه مقاومت می‌کنند حتی هنگامی که از نقش کلیدی و رو به رشد هوش مصنوعی آگاهند. در ترکیب با نگرانی بالا درباره آسیب‌های اجتماعی (سؤال ۷: ۶۰ درصد)، این الگو تصویری از جامعه نخبگانی نگران اما تسلیم‌نشده ترسیم می‌کند، گروهی که همچنان قدرت عمل و انتخاب در نحوه پذیرش هوش مصنوعی را ممکن می‌دانند.

یکی دیگر از یافته‌های جالب توجه در این دسته از سؤالات، مقایسه آمار سؤال ۷ و سؤال ۹ است که دو سطح متفاوت از مخاطرات جمعی و فردی را نشان می‌دهند. سؤال ۷ به پیامدهای ساختاری و سطح جمعی (بیکاری، نابرابری، دستکاری) می‌پردازد، در حالی که سؤال ۹ بر اثرات شناختی سطح فردی (کاهش تفکر، خلاقیت، وابستگی) تمرکز دارد. نگرانی در هر دو سطح در میان متخصصین وجود دارد، اما چارچوب‌بندی مخاطرات سطح کلان (سؤال ۷) بازتاب قوی‌تری نسبت به مخاطرات سطح فردی دارد که از منظر سیاست‌گذاری دلالت‌های مهمی دارد و می‌تواند دلایل گوناگونی داشته باشد.



شکل ۱۶۴. پاسخ مشارکت‌کنندگان به سؤالات «مخاطرات اجتماعی و فردی».

۷.۴ رکن چهارم: ایمنی، حریم خصوصی و امنیت

یکی از ابعاد مهم در مشروعیت سیستم‌های هوش مصنوعی در به‌کارگیری این فناوری در زندگی روزمره عموم مردم، نگرانی از حریم خصوصی داده‌ها و امنیت سایبری است. فناوری‌های هوش مصنوعی برای آموزش و اجرا به حجم عظیمی از داده‌های شخصی تکیه می‌کنند و پرسش‌های اساسی درباره اینکه چه کسی این داده‌ها را جمع‌آوری می‌کند، چگونه ذخیره می‌شوند و آیا ممکن است توسط شرکت‌ها یا بازیگران دولتی مورد دسترسی یا سوءاستفاده قرار گیرند، مطرح است. یکی از عواملی که این نگرانی‌ها را تقویت می‌کند، ماهیت «جعبه سیاه» این فناوری است که شرکت‌های بزرگ توسعه فناوری نیز آن را تقویت می‌کنند. در این چارچوب، سیستم‌های هوش مصنوعی بدون توجه به حکمرانی داده و شفافیت، به اعتماد عمومی دیجیتال صدمه می‌زنند.

فراتر از حریم خصوصی، عموم مردم طیف گسترده‌تری از خطرات ایمنی مرتبط با استقرار هوش مصنوعی را شناسایی می‌کنند. سوگیری الگوریتمی یکی از این نگرانی‌های کلیدی است، چراکه سیستم‌های هوش مصنوعی که بر اساس داده‌های نامناسب آموزش دیده‌اند می‌توانند الگوهای تبعیض را در حوزه‌هایی مانند استخدام، عدالت کیفری و دسترسی به خدمات بهداشتی تداوم بخشند و حتی تشدید کنند. هم‌زمان، پتانسیل استفاده بدخواهانه از هوش مصنوعی، شامل حملات سایبری پیشرفته، سامانه‌های تسلیحاتی خودمختار و از دست دادن کنترل معنادار انسانی بر تصمیمات حساس، دسته‌ای از خطراتند که نیازمند پاسخ‌های سیاستی پیش‌نگرانه است. رسیدگی به این چالش‌های ایمنی مرتبط، نیازمند رویکردی جامع است که استانداردهای فنی برای تقویت عدالت، ارزیابی‌های اثرگذاری اجباری پیش از استقرار محصولات و همکاری بین‌المللی در هنجارهای امنیتی هوش مصنوعی را فرآیندهای به‌کارگیری محصولات هوش مصنوعی لحاظ کند.

همچنین در این بخش سه سؤال مشخص توسط مدل زبانی از هر یک از مصاحبه‌شونده‌ها پرسیده شده است. برای هر پاسخ، مدل دلیل خود برای ارائه جواب بله یا خیر را ارائه داده و تک‌تک این جواب‌ها برای افزایش اعتبار تحلیل کیفی، توسط انسان چک شده است. همچنین این فرضیات و سؤالات بر اساس رکن‌های اشاره شده در شکل ۱۵۶ قرار گرفته‌اند. در جدول ۱۶ سؤالات مرتبط با رکن ایمنی، حریم خصوصی و امنیت ارائه شده است:

جدول ۱۶. سؤالات پرسیده شده از مشارکت‌کنندگان برای سنجش رکن «ایمنی، حریم خصوصی و امنیت».

رکن	شاخص	سؤالات سنجش شاخص
ایمنی، حریم خصوصی و امنیت	سؤال ۱۰: نگرانی‌های حریم خصوصی و داده‌های شخصی	آیا پاسخ‌دهنده نگرانی خود را درباره جمع‌آوری، ذخیره‌سازی یا سوءاستفاده از داده‌های شخصی توسط سامانه‌های هوش مصنوعی، از جمله دسترسی شرکت‌ها یا دولت‌ها، ابراز می‌کند؟
	سؤال ۱۱: سوگیری الگوریتمی و بی‌عدالتی	آیا پاسخ‌دهنده به سوگیری الگوریتمی، تبعیض، نتایج ناعادلانه یا داده‌های آموزشی سوگیرانه اشاره می‌کند؟
	سؤال ۱۲: ریسک‌های امنیتی و تهدیدات خودمختار	آیا پاسخ‌دهنده نگرانی خود را درباره خطرات امنیتی مرتبط با هوش مصنوعی، از جمله تهدیدات امنیت سایبری، استفاده بدخواهانه، از دست دادن کنترل یا تصمیمات مضر خودمختار ابراز می‌کند؟

بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۱۶۵، در این دسته، نگرانی‌ها درباره سوءاستفاده از داده‌های شخصی (سؤال ۱۰: ۴۰ درصد) و خطرات امنیتی مرتبط با هوش مصنوعی (سؤال ۱۲: ۴۵/۸۸درصد) به طور متوسط در میان متخصصین شایع‌اند، در حالی که نگرانی درباره سوگیری الگوریتمی و تبعیض ناشی از مدل‌های هوش مصنوعی (سؤال ۱۱: ۱۲/۹۴ درصد) از اهمیت کمی در نظر این دسته از افراد برخوردار است. سوءاستفاده از داده‌های شخصی در یکی از گفت‌وگوها در نسبت مستقیمی با استفاده بیشتر از فناوری هوش مصنوعی در نظر گرفته شده است:

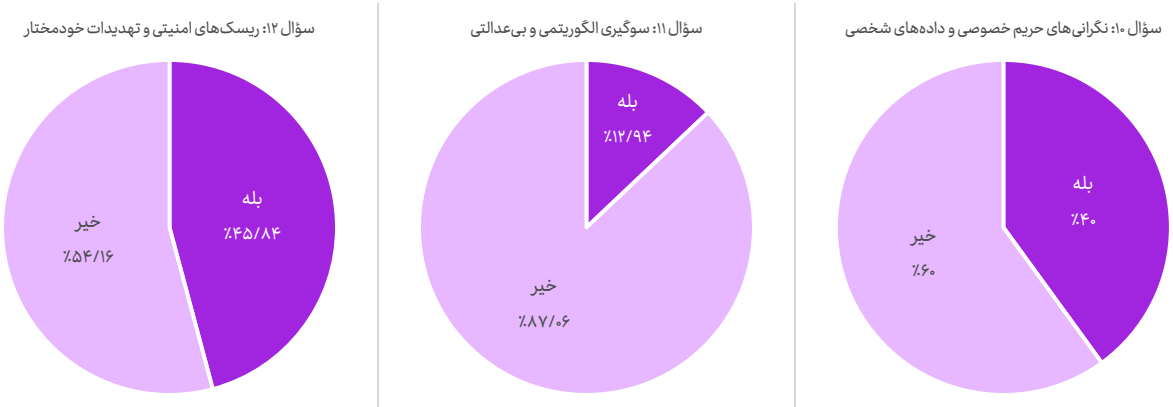
> **«به نظر من استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند ریسک‌هایی مانند انتشار داده‌های شخصی و نقض حریم خصوصی، اشتباه در پاسخ‌ها و تنبل شدن ذهن در اثر کمتر فکر کردن و بیشتر کمک گرفتن داشته باشد.»**

یکی از یافته‌های مهم و کلیدی این بخش کم‌اهمیت بودن سوگیری الگوریتمی در پاسخ‌ها است (سؤال ۱۱) که در تضاد آشکار با برجستگی این موضوع در محافل آکادمیک، سیاستی و جامعه مدنی قرار دارد. تنها حدود ۱ نفر از هر ۸ پاسخ‌دهنده به سوگیری، تبعیض یا نتایج ناعادلانه اشاره می‌کند، آماری بسیار کمتر از کسانی که حریم خصوصی (سؤال ۱۰: ۴۰ درصد) یا تهدیدات امنیتی (سؤال ۱۲: ۴۵/۸۸ درصد) را ذکر می‌کنند. در میان افرادی که سوگیری الگوریتمی برای آن‌ها اهمیت دارد، این سوگیری می‌تواند جنبه‌های تاریخی-فرهنگی هم داشته باشد:

> **«استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند ریسک‌هایی مانند سوگیری مدل‌ها را به همراه داشته باشد. این سوگیری‌ها ممکن است باعث شوند که آنچه صاحبان مدل‌ها می‌خواهند، دیکته شود و در نتیجه، مردم را به سمتی که خودشان می‌خواهند، هدایت کنند. به‌عنوان مثال، در مورد تاریخ یک کشور، ممکن است اطلاعات نادرستی به مدل‌ها داده شود یا آنچه را که نمی‌خواهند مردم بدانند، نگفته باشند.»**

این یافته می‌تواند ناشی از پوشش خبری باشد. نقض حریم خصوصی و حملات سایبری اغلب در رسانه‌ها پوشش داده می‌شوند، در حالی که سوگیری الگوریتمی به‌صورت نامرئی عمل می‌کند، از نظر فنی پیچیده است و به طور نامتناسب جمعیت‌های حاشیه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد که ممکن است در این نمونه کمتر نمایندگی داشته باشند.

سه سؤال بررسی شده بر سه مدل تهدید متمایز نگاشت می‌شوند. سؤال ۱۰ تهدید نظارت/استثمار داده‌ها (دسترسی بازیگران شرکتی و دولتی به اطلاعات شخصی) را نمایندگی می‌کند. سؤال ۱۱ به تهدید عدالت نظام‌مند (سوگیری، تبعیض، نتایج ناعادلانه) می‌پردازد و سؤال ۱۲ تهدید خصمانه/وجودی (استفاده بدخواهانه، آسیب خودمختار، از دست دادن کنترل) را مورد بررسی قرار می‌دهد. به نظر می‌رسد متخصصین بیشترین حساسیت را نسبت به تهدیداتی دارند که شامل بازیگران بد قابل شناسایی (هکرها، شرکت‌ها، دولت‌ها) است، و کمترین حساسیت را نسبت به تهدیداتی دارند که ساختاری و پراکنده هستند (الگوریتم‌های سوگیرانه‌ای که به‌آرامی نتایج ناعادلانه تولید می‌کنند) و یافتن آن‌ها نیاز به دانش فنی قابل‌توجهی دارد.

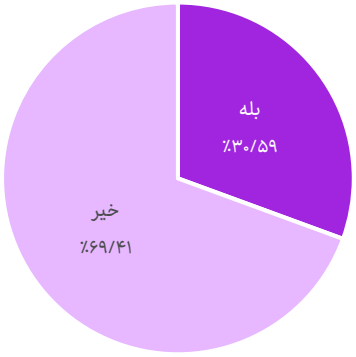


شکل ۱۶۵. پاسخ مشارکت‌کنندگان به سؤالات «ایمنی، حریم خصوصی و امنیت».

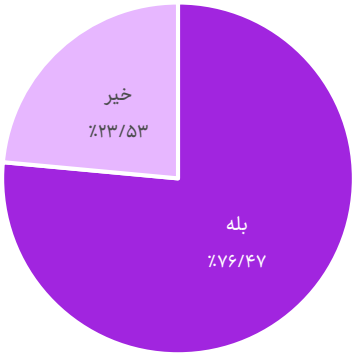
خروجی تجمیعی نتایج اشاره شده در شکل ۱۶۶ قابل‌مشاهده است.

سؤال ۱: نگرانی از اطلاعات نادرست و محتوای فریبنده

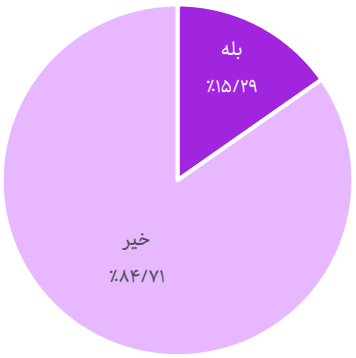
سؤال ۲: لزوم راستی‌آزمایی و تأیید مستقل خروجی‌ها



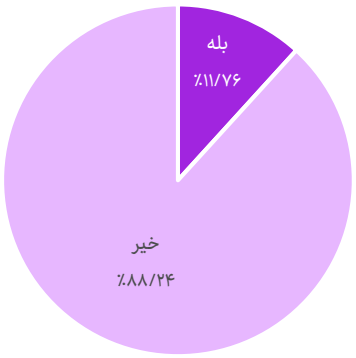
سؤال ۳: اعتماد مشروط به کیفیت و شفافیت



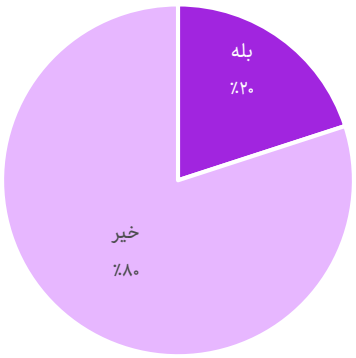
سؤال ۴: مطالبه حکمرانی و مقررات‌گذاری هوش مصنوعی



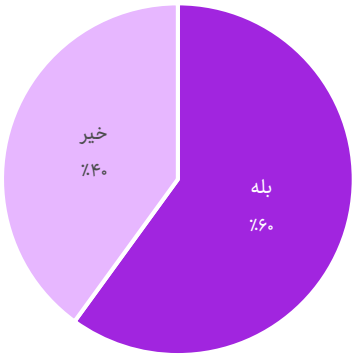
سؤال ۵: وابستگی اعتماد به مبدأ و زمینه سیاسی



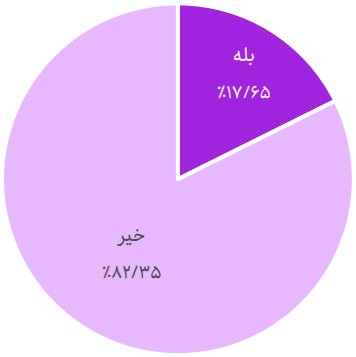
سؤال ۶: ضرورت آموزش و ارتقای سواد دیجیتال



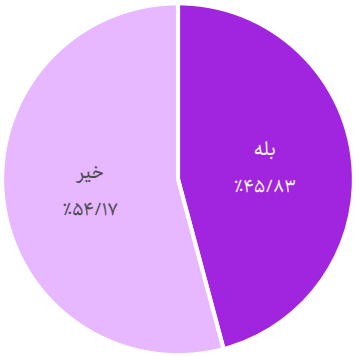
سؤال ۷: نگرانی از پیامدهای اجتماعی و اقتصادی



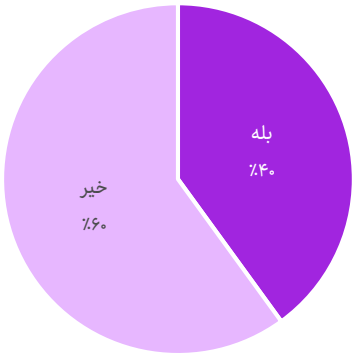
سؤال ۸: پذیرش اجتناب‌ناپذیر و ضرورت رقابتی



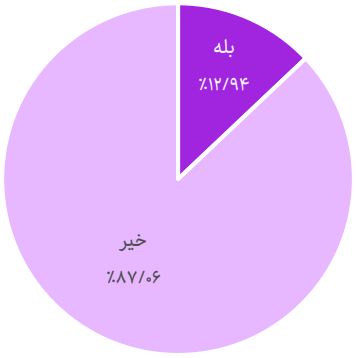
سؤال ۹: تضعیف توان شناختی و وابستگی ذهنی



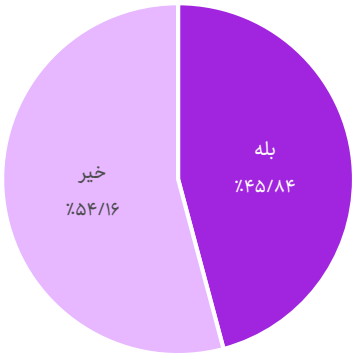
سؤال ۱۰: نگرانی‌های حریم خصوصی و داده‌های شخصی



سؤال ۱۱: سوگیری الگوریتمی و بی‌عدالتی



سؤال ۱۲: ریسک‌های امنیتی و تهدیدات خودمختار



شکل ۱۶۶. نمودار تجمیعی یافته‌های کارکرد «مشروعیت فناوری هوش مصنوعی» در ایران.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که متخصصین به طور کلی نگاهی مشروط و محتاطانه نسبت به هوش مصنوعی دارند و پذیرش این فناوری را نه به‌صورت مطلق، بلکه منوط به تحقق شرایط و پیش‌نیازهایی خاص می‌دانند. از دیدگاه آنان، هوش مصنوعی ظرفیت آن را دارد که دلالت‌های مثبت و سازنده‌ای در راستای تحقق اهداف کلان جامعه ایفا کند، اما این امر تنها در صورتی محقق خواهد شد که چارچوب‌های مناسبی برای بهره‌برداری از آن فراهم شود. به بیان دیگر، استقبال متخصصین از این فناوری بیش از آن که بر پایه خوش‌بینی بی‌قیدوشرط استوار باشد، مبتنی بر ارزیابی واقع‌بینانه از ظرفیت‌ها و محدودیت‌های آن است.

در عین حال، یافته‌ها حاکی از آن است که علی‌رغم آگاهی متخصصین از مخاطرات و خطاهای احتمالی ناشی از پاسخ‌های تولیدشده توسط هوش مصنوعی، این آگاهی به طور عملی به اقدامات مشخصی در جهت صحت‌سنجی و راستی‌آزمایی خروجی‌های این فناوری منجر نشده است. این شکاف میان آگاهی نظری و عمل، نشان‌دهنده نوعی بی‌توجهی عملی یا اتکای بیش از حد به خروجی‌های هوش مصنوعی است که می‌تواند در بلندمدت پیامدهای نگران‌کننده‌ای به همراه داشته باشد و ضرورت توجه جدی‌تر به فرآیندهای ارزیابی و نظارت بر کیفیت این خروجی‌ها را برجسته می‌سازد.

نکته قابل توجه دیگر آن است که متخصصین، رویکردی جبرگرایانه نسبت به هوش مصنوعی اتخاذ نکرده‌اند و گسترش و نفوذ این فناوری را امری اجتناب‌ناپذیر و گریزناپذیر تلقی نمی‌کنند. این یافته حائز اهمیت است، زیرا نشان می‌دهد که متخصصین همچنان برای انسان و جامعه، نقش فاعلانه[۹۷] و تعیین‌کننده‌ای در مواجهه با هوش مصنوعی قائل هستند و معتقدند مسیر توسعه و کاربرد این فناوری را می‌توان با تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و سیاست‌گذاری‌های هدفمند هدایت و کنترل کرد.

از منظر راهبردی، متخصصین آموزش و ارتقای سواد دیجیتال عموم افراد جامعه را معتبرترین و مؤثرترین سازوکار برای پر کردن شکاف میان آگاهی از مخاطرات و توانایی مقابله با آن‌ها ارزیابی کرده‌اند. این رویکرد در مقایسه با گزینه‌هایی همچون تقویت نهادهای نظارتی یا تدوین چارچوب‌های اخلاقی و حکمرانی، اولویت بالاتری از نظر متخصصین دارد. به عبارت دیگر، از دیدگاه آنان توانمندسازی شهروندان از طریق آموزش و افزایش سطح دانش دیجیتال، نسبت به اتکا صرف بر سازوکارهای نهادی و بالادستی، مسیر اثربخش‌تری برای مدیریت چالش‌های هوش مصنوعی به شمار می‌رود.

در نهایت، یافته‌ها آشکار می‌سازد که سطح آگاهی متخصصین از مخاطرات هوش مصنوعی به‌مراتب بیشتر از تقاضای آنان برای ارائه راه‌حل‌های عملی و نهادی جهت غلبه بر این مشکلات است. متخصصین به طور عمومی خواستار ایجاد چارچوب‌های حکمرانی، مقررات‌گذاری و نظام‌های نظارتی برای کنترل خروجی‌های محصولات هوش مصنوعی نیستند. این عدم تقاضا برای راه‌حل‌های نهادی، در کنار آگاهی نسبتاً بالا از مخاطرات، بیانگر نوعی تناقض یا خلأ در رویکرد متخصصین است که می‌تواند ناشی از اعتماد به سازوکارهای غیررسمی، فقدان اجماع بر سر الگوهای حکمرانی مناسب، یا اولویت‌بخشی به مسئولیت فردی و آموزشی در مقابل مسئولیت نهادی باشد. این یافته ضرورت بازاندیشی در سیاست‌گذاری‌های مرتبط با حکمرانی هوش مصنوعی و تقویت گفتمان میان متخصصین و نهادهای تصمیم‌ساز را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد.

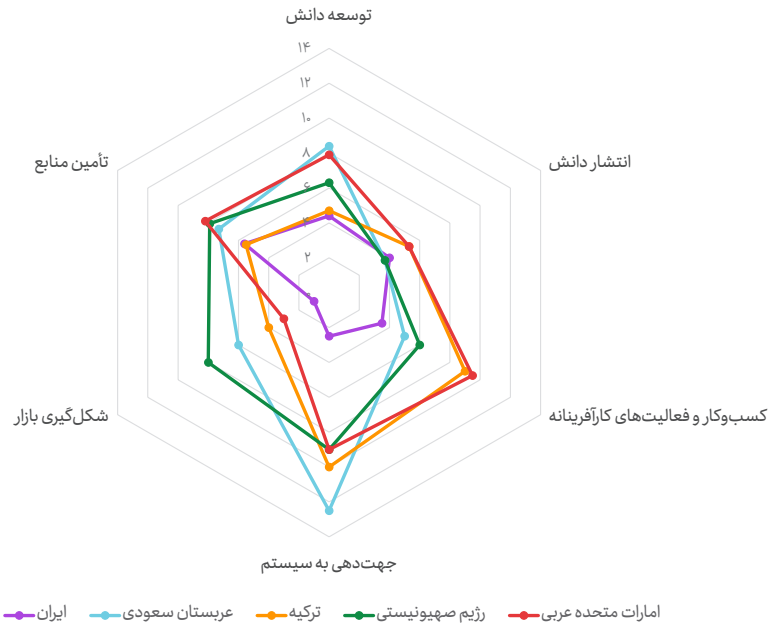
*

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

رقابت جهانی هوش مصنوعی در جریان است. کشورهای مختلف در تلاشند تا در این رقابت سهمی از پیشرفت‌های هوش مصنوعی کسب کنند. به همین منظور، تصمیم‌گیری‌های فوری و دقیق برای رقابت جهانی هوش مصنوعی در دستور کار این کشورها است. برای طراحی چنین سیاست‌هایی پیش از هر اقدامی می‌بایست وضعیت هر کشوری مورد بررسی قرار گیرد. در این گزارش تلاش شد تا وضعیت ایران در شاخص‌های گوناگون هوش مصنوعی در مقایسه با کشورهای مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد، تا گامی ابتدایی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده برای توسعه هوش مصنوعی باشد. اتخاذ اقدامات ملی برای توسعه هوش مصنوعی مبتنی بر شواهد و داده‌های وضعیت این حوزه در کشور یک ضرورت است. اگر چه این گزارش همه جنبه‌های هوش مصنوعی را مورد بررسی قرار نداده است، اما مبتنی بر چارچوب نظری سیستم نوآوری فناورانه تلاش کرده تا شاخص‌های اصلی برای توسعه هوش مصنوعی در کشورها را پوشش دهد. در گزارش‌های بعدی جنبه‌های دیگر هوش مصنوعی می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

برای جمع‌بندی و درک بهتر از وضعیت مقایسه‌ای ایران با هر یک از کشورها، در قالب چند نمودار عنکبوتی به توصیف وضعیت ایران در مقایسه با سایر کشورها پرداخته می‌شود. نمودار عنکبوتی کمک می‌کند تا درکی عینی از وضعیت نسبی ایران در هر یک از کارکردهای سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی در مقایسه با سایر کشورها به دست آید[۹۸]. برای این کار، ابتدا کشورها در شاخص‌های گوناگون رتبه‌بندی شدند. سپس به کشوری که رتبه ۱ در میان ۱۴ کشور را دارد، نمره ۱۴ داده شد و به ترتیب تا کشوری که رتبه ۱۴ را در اختیار دارد، حائز نمره ۱ شده است. با گرفتن میانگین رتبه کشورها در شاخص‌های ذیل هر کارکرد، یک نمره میانگین از وضعیت آن کشور در آن کارکرد به دست آمده است.

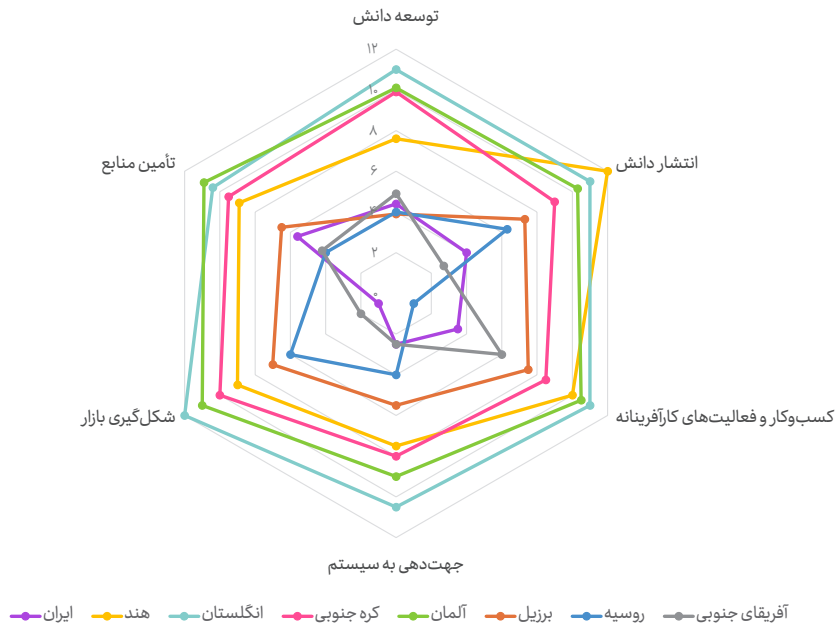
در شکل ۱۶۷، وضعیت ایران در کارکردهای سیستم نوآوری فناورانه هوش مصنوعی با کشورهای منطقه مقایسه شده است. همان طور که در این شکل مشخص است به جز سه کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش و تأمین منابع، ایران در سایر کارکردهای توسعه فناوری هوش مصنوعی به طور معناداری از سایر کشورهای منطقه عقب‌تر است. همچنین این شکل نشان می‌دهد که الگوی توسعه هوش مصنوعی در میان کشورهای منطقه متفاوت بوده و هر کشور چارچوب توسعه‌ای متفاوت خود را دارد. برای مثال، برخلاف رژیم صهیونیستی که الگویی کاملاً متفاوت از سایر کشورها داشته و بیشتر بر شکل‌گیری بازار و تأمین منابع متمرکز است، امارات متحده عربی تمرکز بالایی بر کسب‌وکار و فعالیت‌های کارآفرینانه دارد.



شکل ۱۶۷. مقایسه ایران با کشورهای منطقه در هفت کارکرد سیستم نوآوری هوش مصنوعی.

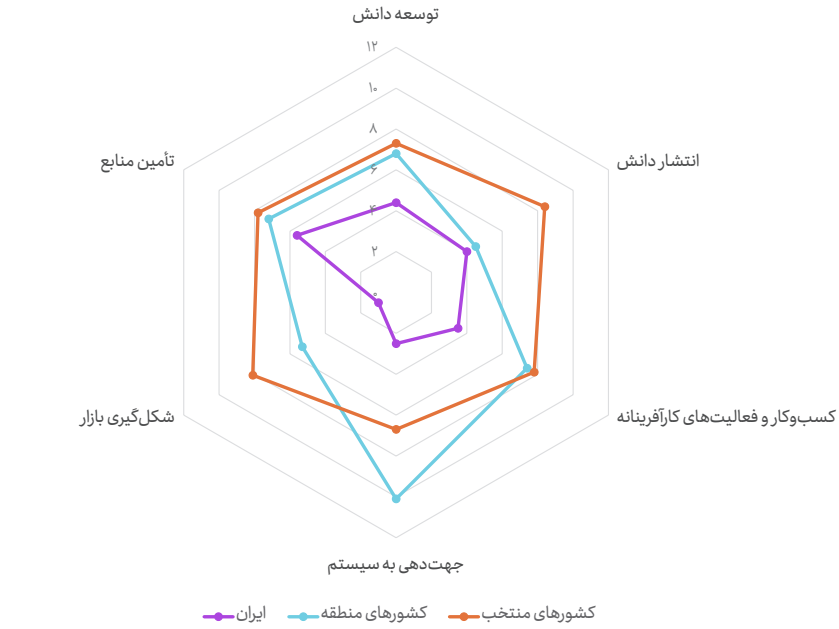
۹۸ فصل هفتم به دلیل عدم بررسی و مقایسه ایران با سایر کشورها در نمودارهای عنکبوتی نیامده است.

در شکل ۱۶۸، وضعیت ایران در مقایسه با کشورهای منتخب قابل‌مشاهده است. کشورهای منتخب و پیشرفته در عرصه هوش مصنوعی رویکردی همه‌جانبه به کارکردهای هفتگانه نوآوری دارند و تلاش می‌کنند تا توازن را در اکوسیستم هوش مصنوعی خود به وجود آورند. اما روسیه، آفریقای جنوبی و تا حدی برزیل هنوز نتوانسته‌اند این رشد متوازن را تجربه کنند. انگلستان در چهار کارکرد توسعه دانش، کسب‌وکار و فعالیت کارآفرینانه و جهت‌دهی به سیستم و شکل‌گیری بازار، امتیازی بیشترین امتیاز را نسبت به سایرین کسب کرده است. در کارکرد انتشار دانش، کشور هند و در کارکرد تأمین منابع نیز، آلمان بیشترین امتیاز را گرفته‌اند.



شکل ۱۶۸. مقایسه ایران با کشورهای منتخب در هفت کارکرد سیستم نوآوری هوش مصنوعی.

در شکل ۱۶۹، به مقایسه وضعیت ایران با میانگین کشورهای منطقه و کشورهای منتخب در جهان پرداخته شده است. این مقایسه کمک می‌کند تا نقاط قوت و ضعف نسبی ایران به‌خوبی در کارکردهای مختلف سیستم نوآوری هوش مصنوعی مشخص گردد. مقایسه وضعیت ایران با کشورهای منطقه و منتخب نشان می‌دهد که در حال حاضر، کشورهای منطقه در دو کارکرد انتشار دانش و شکل‌گیری بازار فاصله معناداری با کشورهای منتخب داشته و تنها در کارکرد جهت‌دهی به سیستم از شرایط نسبتاً مناسبی برخوردارند. همچنین ایران تنها در کارکرد تأمین منابع به دلیل امتیاز بالا در حوزه منابع انسانی، جایگاهی بسیار نزدیک به کشورهای منطقه و منتخب دارد.



شکل ۱۶۹. مقایسه ایران با میانگین منطقه و منتخب در هفت کارکرد سیستم نوآوری هوش مصنوعی.

*

منابع

انجمن سرمایه‌گذاری خطرپذیر ایران، (۱۴۰۳). گزارش تأمین مالی زیست‌بوم فناوری و نوآوری ایران ۱۴۰۳ (لینک).

AI readiness report 2025 (A study exploring UK business readiness for AI adoption). [Link]

Chopra, F., & Haaland, I. (2023). Conducting Qualitative Interviews with AI. SSRN Electronic Journal. [Link]

De Kleijn, M., Siebert, M., & Huggett, S. (2019, August 22). Artificial intelligence: How knowledge is created, transferred and used [Paper presentation]. Knowledge Management with Digital Humanities/ Digital Scholarship Satellite Meeting, Corfu, Greece. [Link]

DeLuca, S. (2023). SampleSelection Matters: Moving Toward Empirically Sound Qualitative Research. SociologicalMethods & Research, 52(2), 1073–1085. [Link]

Dealroom.co (2025), The State of Global VC & the European Tech Ecosystem, Dealroom.co reports, presented at the Investor Day of TechBBQ, Copenhagen. [Link]

Fuentes Nettel, P., Hankins, E., Stirling, R. et. Al, (2024). Government AI readiness index 2024. Oxford Insights. [Link]

Geiecke, F., & Jaravel, X. (2024). Conversations at Scale: Robust AI-led Interviews with a SimpleOpen-Source Platform [Link]

Gonzalez, D., Zimmermann, T., & Nagappan, N. (2020). The state of the ML-universe: 10 years of artificial intelligence & machine learning software development on GitHub. Proceedings of the 17th International Conference on Mining Software Repositories (pp. 431–442). Association for Computing Machinery. [Link]

Konstantin Pilz, Robi Rahman, James Sanders, Lennart Heim, (2025). Data on GPU Clusters. Published online at epoch.ai. [Link]

Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., et al, (2025). “The AI Index 2025 Annual Report,” AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University. [Link]

OECD (2021), Venture Capital Investments in Artificial Intelligence: Analysing trends in VC in AI companies from 2012 through 2020. OECD Publishing, Paris. [Link]

OECD (2024) , Explanatory memorandum on the updated OECD definition of an AI system, OECD Artificial Intelligence Papers, No. 8, OECD Publishing, Paris. [Link]

OECD. (2025). OECD. AI Policy Observatory: The OECD. AI Policy Navigator – AI initiatives and policies. Organisation for Economic Co-operation and Development. [Link]

Oxford Insights. (2024). The Government AI Readiness Index 2024. Oxford Insights. (Published December 2024). [Link]

Singla, A., Sukhovetsky, A., Yee, L., & Chui, M. (2024). The state of AI in 2025: agents, innovation, and transformation. McKinsey & Company. [Link]

State of AI in the Middle East by AI Institute (The Perfect Storm: A perspective on unlocking AI’s value in Middle East). [Link]

Startups.watch. (2025). Turkish startup ecosystem: 2024 year in review report (Version 1.1). [Link]

The Observatory of Economic Complexity. (2025). Products – Harmonized System (HS). [Link]

Zhang, L., Huang, Y., & Glänzel, W. (2021). The pace of artificial intelligence innovations: Speed, talent, and trial-and-error. Journal of Informetrics, 15(4), 101094. [Link]

مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف

مرکز استراتژی و تحول هوش مصنوعی شریف، با هدایت اساتیدی از دانشکده‌های مختلف دانشگاه صنعتی شریف، با رویکردی جامع، میان رشته‌ای و چندوجهی به توسعه هوش مصنوعی مسئولانه می‌پردازد. این مرکز با هدف ایجاد بستری برای پیشبرد تحقیقات و استراتژی‌های هوش مصنوعی، تلاش دارد تا در سطوح مختلف ملی و کسب و کاری، توسعه و کاربرد فناوری‌های هوش مصنوعی را مورد تحلیل و بررسی قرار دهد.

فعالیت‌های مرکز در حوزه‌هایی همچون نوآوری و هوش مصنوعی، اخلاق و حقوق هوش مصنوعی، تأثیرات اجتماعی و اقتصادی آن و نقش آن در تحول صنعتی و کسب و کارها، از یک سو به تقویت ظرفیت‌های علمی و فناورانه می‌انجامد و از سوی دیگر، به هدایت استراتژی‌ها، سیاست‌ها و چارچوب‌های مسئولانه کمک می‌کند. این مرکز همچنین با ایجاد تعامل بین دانشگاه و صنعت، به افزایش آمادگی صنعت و حاکمیت برای پذیرش و بهره‌گیری از هوش مصنوعی متعهد است.

aistrategy.tsc.sharif.ir

aistrategy@sharif.edu

Sharif center for AI Strategy and transformation