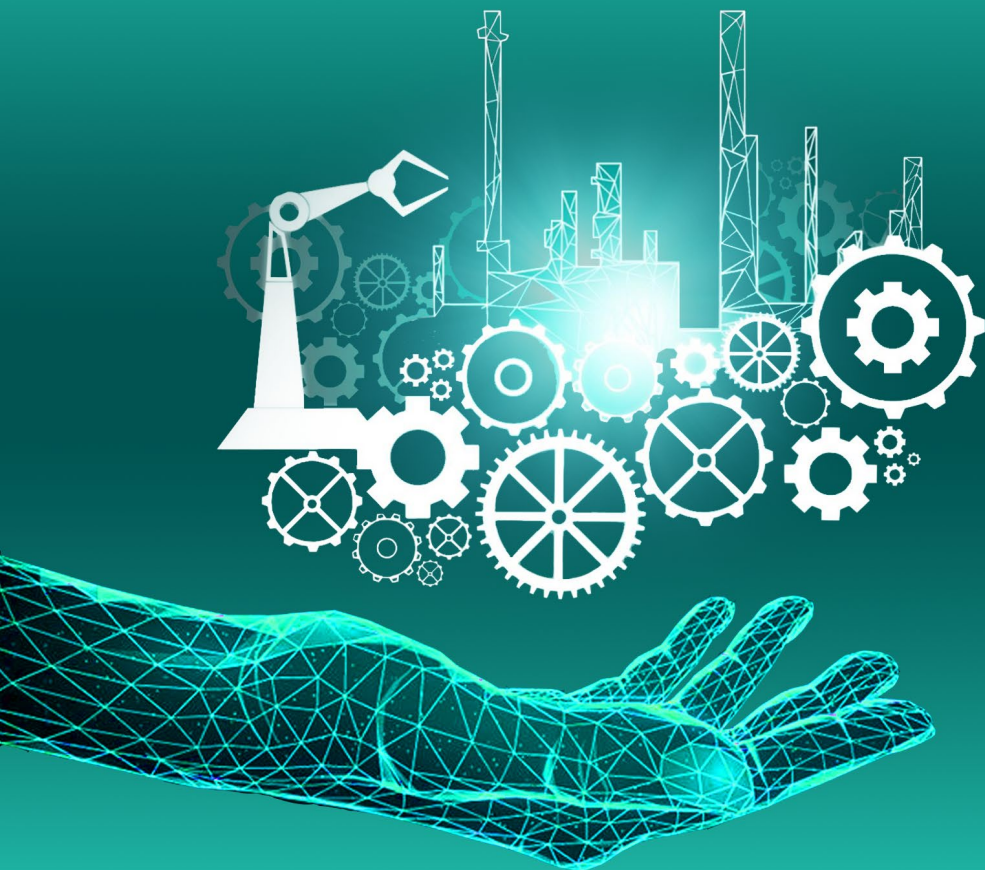


کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت



وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات
پژوهشگاه ارتباطات
و فناوری اطلاعات



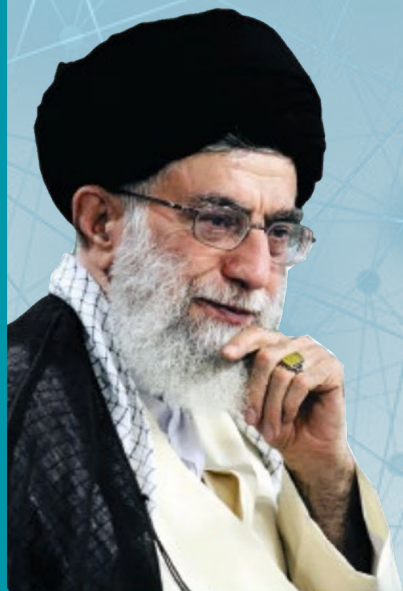
مجموعه کتابچه‌های کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف

برخی از کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت

پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی
زمستان ۱۴۰۰

من پیشنهاد می‌کنم یکی از مسائلی که مورد تکیه و توجه و تعمیق واقع می‌شود، مسئله‌ی هوش مصنوعی باشد که در اداره‌ی آینده‌ی دنیا نقش خواهد داشت. حالا یا در معاونت علمی رئیس‌جمهور یا در دانشگاه باید کاری کنیم که ما در دنیا حداقل در ۱۰ کشور اول در مورد هوش مصنوعی قرار بگیریم که امروز نیستیم. امروز کشورهایی که درجه‌ی اول در مسئله‌ی هوش مصنوعی هستند، حالا غیر از آمریکا و چین و این‌ها که در رده‌های بالا هستند، بعضی از کشورهای آسیایی و بعضی کشورهای اروپایی هم هستند، اما ما نیستیم. البته کشورهای آسیایی ظاهراً بیشتر هم هستند. در ۱۰ تای اول، تعداد کشورهای آسیایی بیشتر است. باید کاری کنیم که حداقل به ۱۰ کشور اول دنیا در این مسئله برسیم.

بخشی از بیانات رهبر معظم انقلاب اسلامی
در خصوص هوش مصنوعی در دیدار با نخبگان
و استعدادهای برتر علمی در تاریخ ۱۴۰۰/۰۸/۲۶





پیام وزیر محترم ارتباطات و فناوری اطلاعات

در فناوری هوش مصنوعی، هدف ساخت ماشین‌های هوشمندی است که بتوانند همانند انسان‌ها و حتی ورای آنها محیط اطراف را درک کرده و تحلیل‌ها و پیش‌بینی‌های لازم را با استفاده از داده‌های کسب کرده انجام دهند و بر این اساس، نحوه عملکرد مؤثر و ایمن را محاسبه و انجام دهند.

در حال حاضر، هوش مصنوعی را می‌توان به‌عنوان بازیگر کلیدی تحول دیجیتال در بسیاری از صنایع در نظر گرفت. پیش‌بینی صورت‌گرفته توسط مؤسسه PWC نشان می‌دهد که توسعه کاربردهای هوش مصنوعی باعث رشد اقتصاد دنیا در سال ۲۰۳۰ تا حدود ۱۵/۷ تریلیون دلار خواهد شد. سهم هر یک از کشورها با توجه به میزان توسعه یافتگی آنها در این رشد متفاوت بوده، به‌طوری‌که برای کشورهای پیشرو چون چین و آمریکا بین ۱۸ تا ۲۱ درصد و برای کشورهای با اقتصاد ضعیف چون پاکستان و زامبیا بین ۴ تا ۸ درصد خواهد بود. در بخش سرمایه‌گذاری نیز آمریکا، چین و انگلستان و کانادا سالیانه به ترتیب با ۲۳، ۱۰ و ۱/۹ میلیارد دلار بیشترین سرمایه‌گذاری را در توسعه هوش مصنوعی داشته‌اند. کمیسیون اروپا نیز برای توسعه هوش مصنوعی طی سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۷ بودجه ۲/۱ میلیارد یورویی لحاظ کرده است. همه این موارد نشان‌دهنده رشد روزافزون و اهمیت بی‌بدیل هوش مصنوعی در دنیا است.

باتوجه به اهمیت هوش مصنوعی در توسعه اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست‌محیطی کشورها و برنامه‌ریزی گسترده اکثر آنها در به‌کارگیری هوش مصنوعی در حل مسائل و معضلات فعلی و آینده‌شان، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات نیز به‌عنوان متولی ICT کشور از مزایای ناشی از به‌کارگیری هوش مصنوعی در حل چالش‌ها و مسائل کشور غافل نبوده و در همین راستا اقدام به تأسیس «مرکز ملی نوآوری و توسعه هوش مصنوعی» نموده است. یکی از نتایج راه‌اندازی این مرکز، تدوین برنامه توسعه ملی هوش مصنوعی در سال ۱۴۰۰، به‌منظور توانمندسازی کشور در حل مسائل حیاتی، تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه هوش مصنوعی، تسهیل توسعه کسب‌وکارهای حوزه هوش مصنوعی، تدوین قوانین، مقررات و استانداردهای مرتبط با هوش مصنوعی، ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری موردنیاز و توسعه کاربردهای هوش مصنوعی در بخش‌های

مختلف اقتصادی، محیط‌زیست، اجتماعی، کشاورزی، سلامت، انرژی، آموزش و صنعت، بوده که البته لازم است تا با کمک سایر وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های دولتی اجرایی شود.

با توجه به تاکید مقام معظم رهبری به لزوم قرار گرفتن ایران جزو ۱۰ کشور برتر حوزه هوش مصنوعی و استفاده از توان آن برای آینده‌سازی و حل مشکلات کشور و نیز با در نظر گرفتن نقش کلیدی وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات در توسعه دولت الکترونیک و هوشمندسازی امور، قطعاً یکی از وظایف مهم وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات ایفای نقش حداکثری در توسعه ملی هوش مصنوعی خواهد بود. این وزارتخانه در حوزه‌های رگولاتوری هوش مصنوعی، تأمین زیرساخت‌های پردازشی و ذخیره‌سازی برای بخش‌های پژوهشی و استارت‌آپ‌ها، ایجاد بسترهای به‌اشتراک‌گذاری داده، ایجاد دادگان پایه جهت توسعه مدل‌ها، ایجاد شبکه‌های همکاری بین دانشگاه، دولت و صنعت، کمک به دستگاه‌های اجرایی کشور در به‌کارگیری حداکثری هوش مصنوعی و تسهیل، پایش و راهبری برنامه ملی توسعه هوش مصنوعی به ایفای نقش خواهد پرداخت.

امید است با اتکال به پروردگار متعال و پیروی از رهنمودهای دایمانه مقام معظم رهبری و با تکیه بر متخصصان داخلی به‌خوبی نقش خود را در توسعه هوش مصنوعی در کشور ایفا نماییم تا مردم از مزایای آن در زندگی بهتر بهره ببرند.

عیسی زارع پور

عنوان پروژه: تدوین نقشه راه ملی هوش مصنوعی

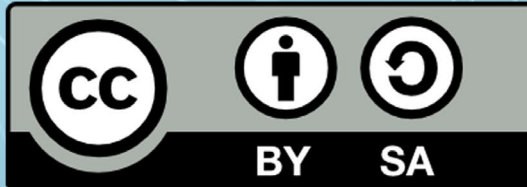
مجری پروژه: دکتر احرام صفری

رئیس مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی: دکتر محمدشهرام معین

تهیه‌کنندگان گزارش: خانم‌ها دکتر حمیرا شهرپرست و دکتر راضیه رضایی قره‌باغ و آقایان مهندس امیر فیاض حیدری و دکتر حسین افتخاری.

تقدیر و تشکر:

از کلیه همکاران بزرگوار در مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات به‌خصوص آقایان دکتر علی‌اصغر انصاری (رئیس سابق مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی)، مهدی عزیزی مهماندوست، مصطفی سلیمان نژاد و خانم‌های مهندس الهام رافتی، مهشاد عظیمی و ملینا اختیاری که در تدوین کتب و کتابچه‌های کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه های مختلف مشارکت فعال داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.



در راستای تحقق مأموریت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات در فراهم سازی سکویی برای ارتقاء دانش، انتقال فناوری و بومی سازی محصولات و خدمات حوزه فاوا و با هدف جلب مشارکت علاقه‌مندان در توسعه و بهره مندی از دستاوردهای پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، آزاد رسانی این دستاوردها در زمره برنامه‌های اولویت دار پژوهشگاه به شمار می آید. به همین منظور مستند حاضر تحت مجوز بین المللی CC-BY-SA نسخه ۴، در دسترس عموم قرار گرفته است. شایان ذکر است تحت این مجوز، ضمن حفظ مالکیت فکری این مستند برای پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، باز انتشار و بکارگیری آن با ذکر نام پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات و تحت شرایط مجوز فوق بلامانع است.

سرفصل مطالب

۶	خلاصه مدیریتی
۸	۱- مقدمه
۱۰	۲- حوزه‌های اولویت دار برای به‌کارگیری هوش مصنوعی
۱۱	۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه صنعت
۱۲	۳-۱- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت تعمیر و نگهداری
۱۴	۳-۲- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت کیفیت
۱۶	۳-۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی و کنترل تولید
۱۸	۳-۴- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین
۲۰	۳-۵- موارد کاربردی هوش مصنوعی در ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال
	۴- علم‌سنجی و بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در جهان و ایران
۲۱	
	۴-۱- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت»
۲۲	
	۴-۲- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت»
۲۵	
	۵- جمع‌بندی
۳۲	
	منابع
۳۳	

خلاصه مدیریتی

با توسعه و رشد روزافزون فناوری اطلاعات و به‌خصوص فناوری‌های تولید، انتقال، نگهداری و پردازش داده، استفاده از سیستم‌هایی که این داده‌ها را درک، تفسیر و یا بر اساس آن‌ها به‌صورت خودکار عمل کنند روندی طبیعی در دنیا شده است که این تنها بخشی از علم هوش مصنوعی است. ایجاد سیستم‌های تشخیص خودکار، ربات‌ها، دستیاران شخصی، پیش‌بینی کردن و ... همگی از زیرشاخه‌های کاربردهای هوش مصنوعی است. امروزه هوش مصنوعی زندگی بیشتر انسان‌ها را تحت‌تأثیر قرار داده و در آینده‌ای نه‌چندان دور، بسیاری از امور در کشورهای پیشرفته توسط سامانه‌های هوشمند خودکار و بدون دخالت انسان انجام می‌گیرند. شناخت هر چه بیشتر و بهتر علم هوش مصنوعی به بهبود شرایط زندگی و فضای کسب و کار کمک شایانی خواهد کرد.

در راستای توسعه هوش مصنوعی، پروژه‌ای تحت عنوان تدوین برنامه توسعه ملی هوش مصنوعی توسط پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات انجام شده است. یکی از خروجی‌های این پروژه شناسایی کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه‌های اصلی و اولویت‌های کشور است. یکی از این اولویت‌ها حوزه صنعت است که در این کتابچه سعی شده به برخی از کارکردها و کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه صنعت پرداخته شود. برای توضیحات تکمیلی‌تر و جزئیات بیشتر در خصوص این کاربردها می‌توان به کتاب اصلی این گزارش مراجعه کرد.

در این کتابچه به بررسی موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه صنعت و نیز وضعیت تأثیرپذیری این حوزه از فناوری هوش مصنوعی پرداخته شده است. جهت استخراج درخت واره موارد کاربردی برای حوزه صنعت، ابتدا مطالعات پیشین انجام‌شده و مقالات منتشرشده در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس نتایج حاصله، بخش‌هایی که قابلیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی در آن‌ها وجود دارد، گزینش شده و سپس در بخش اصلی درخت واره موارد کاربرد هوش مصنوعی بر مبنای زیر حوزه‌ها ترسیم و عناوین موارد کاربردی معرفی شده است. این زیر حوزه‌ها شامل (۱) مدیریت تعمیر و نگهداری، (۲) مدیریت کیفیت، (۳) برنامه‌ریزی و کنترل تولید، (۴) مدیریت زنجیره تأمین و (۵) ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال می‌باشند (تمرکز این



کتابچه بیشتر بر روی موارد کاربردی هوش مصنوعی در زمینه‌های فنی صنعت تولید است و موارد کاربردی مربوط به تجارت و مدیریت، کشاورزی و سایر صنایع مورد توجه نبوده است). از مجموع ۱۶ مورد کاربرد استخراج شده، ۳ مورد مربوط به مدیریت تعمیر و نگهداری، ۴ مورد مربوط به مدیریت کیفیت، ۳ مورد مربوط به برنامه‌ریزی و کنترل تولید، ۴ مورد مربوط به مدیریت زنجیره تأمین و ۲ مورد مربوط به ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال هستند. تحلیل و ارزیابی شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت، از دیگر مواردی است که در این گزارش مورد توجه قرار گرفته است. طبق بررسی‌های انجام شده، هیچ شرکت فعال ایرانی در این حوزه وجود ندارد اما در خصوص شرکت‌های بین‌المللی، بیشتر در زمینه‌های رباتیک صنعتی، مدیریت تعمیر و نگهداری، مدیریت کیفیت، برنامه‌ریزی و کنترل تولید و همزادهای دیجیتال اقدام به ارائه خدمات می‌نمایند. همچنین در انتهای این کتابچه نیز به بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در حوزه «کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در ایران و جهان با استفاده از علم‌سنجی پرداخته شده و مواردی از قبیل کشورهای برتر جهان، کشورهای برتر مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران (رقبای منطقه‌ای)، روند انتشار مقالات علمی، نهادهای تأمین مالی برتر و نویسندگان برتر ایران و جهان در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که در آن به طراحی و ساخت سامانه‌های هوشمند پرداخته می‌شود. این سامانه‌ها با تقلید از توانایی‌های انسانی از قبیل درک و کشف محیط پیرامون و قدرت یادگیری، سعی در خودکارسازی هر چه بهتر رفتارهای هوشمندانه دارند. امروزه هوش مصنوعی زندگی بیشتر انسان‌ها را تحت تأثیر قرار داده و در آینده‌ای نه‌چندان دور، بسیاری از مشاغل در کشورهای پیشرفته توسط سامانه‌های هوشمند خودکار و بدون دخالت انسان انجام می‌گیرند. شناخت هر چه بیشتر و بهتر علم هوش مصنوعی به بهبود شرایط زندگی و فضای کسب‌وکار کمک شایانی خواهد کرد.

منافع و مزایای بالقوه هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و غیره موضوعی مهم و قابل بررسی است. این موضوع با توجه به پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی، نتایج موفقیت آمیز و همچنین محصولات و خدمات فراگیر آن که مورد استفاده گسترده قرار گرفته‌اند، دور از ذهن نمی‌باشد. همه این موارد این تصور را قوت می‌بخشد که احتمالاً AI در آینده‌ای نه‌چندان دور تحولات بنیادی در زندگی بشر ایجاد خواهد کرد. هوش مصنوعی یک فناوری مشخص نیست بلکه مجموعه‌ای از فناوری‌هایی است که از جمله آن‌ها می‌توان به بینایی رایانه‌ای^۱، زبان طبیعی^۲، دستیارهای مجازی^۳، اتوماسیون فرایند رباتیک^۴ و یادگیری پیشرفته ماشین^۵ اشاره نمود. احتمالاً در آینده نزدیک همه شرکت‌ها از این ابزارها به درجات مختلفی استفاده خواهند کرد. برخی از آن‌ها یک رویکرد محافظه کارانه را در پیش می‌گیرند و فقط یک فناوری را آزمایش می‌کنند و آن را در یک حیطه محدود مورد استفاده قرار می‌دهند و برخی دیگر ممکن است جسورتر باشند و تعداد متنوعی از فناوری را به کار گرفته و در کل سازمان خود مورد استفاده قرار دهند.

1. Computer Vision
2. Natural Language
3. Virtual Assistants
4. Robotic Process Automation
5. Advanced Machine Learning



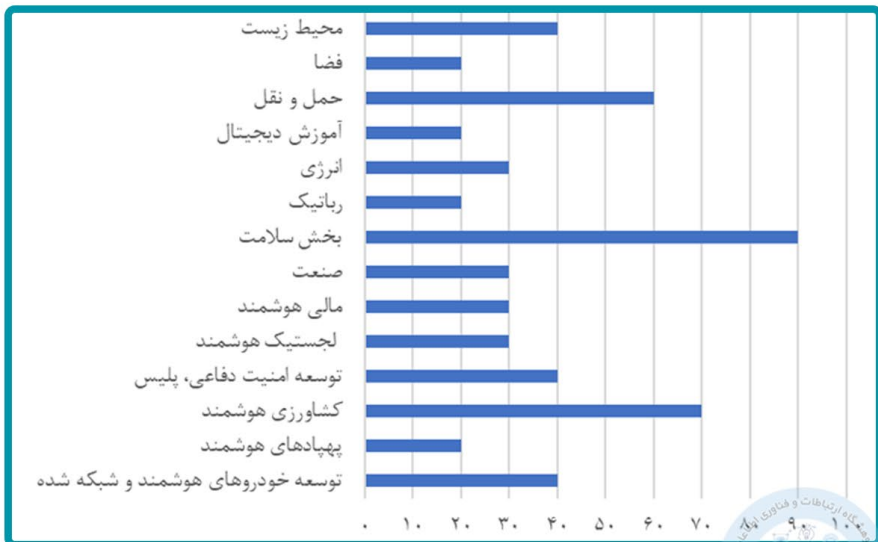
در این کتابچه، سعی شده تا حوزه‌های اولویت‌دار توسعه هوش مصنوعی، برخی از موارد کاربردی مرسوم در حوزه صنعت، شرکت‌های داخلی فعال در حوزه صنعت و علم‌سنجی کاربردهای هوش مصنوعی در ایران و جهان مورد بررسی قرار گیرد.



۲- حوزه‌های اولویت‌دار برای به‌کارگیری هوش مصنوعی

یکی از بخش‌های مهم در سند راهبردی توسعه هوش مصنوعی در کشورهای مختلف تعیین حوزه‌های تمرکز می‌باشد که معمولاً بر اساس چالش‌های فعلی و آتی کشورها تعیین می‌گردد. پس از بررسی حوزه‌های تمرکز در راهبرد کشورهای چین، فرانسه، لیتوانی، مکزیک، قطر، سوئد، امارات، انگلستان، آمریکا، آلمان، کانادا، جمهوری چک، استونی، دانمارک، فنلاند، هند، ژاپن، لوکزامبورگ، هلند، نروژ، تایوان، کره جنوبی، سنگاپور و ترکیه حوزه‌های قابل تمرکز شناسایی و فراوانی آنها مورد بررسی قرار گرفت که در شکل ۱ درصد فراوانی بر اساس حوزه قابل مشاهده می‌باشد.

یکی از اقدامات مهم در سند راهبردی توسعه هوش مصنوعی در ایران تعیین حوزه‌های اولویت‌دار برای به‌کارگیری هوش مصنوعی است. برای اولویت‌بندی حوزه‌ها، ابتدا ۹ حوزه شامل اقتصاد و خدمات مالی، مسائل زیست‌محیطی، مسائل اجتماعی، کشاورزی، سلامت، حمل و نقل و مدیریت شهری، آموزش، انرژی و صنعت، معدن، تجارت با کمک خبرگان شناسایی و سپس حوزه‌های مذکور با استفاده از ۴۹ شاخص (که در دو دسته جذابیت و توانمندی تقسیم شده بود) اولویت‌بندی شد که نتایج در جدول ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱: درصد فراوانی حوزه تمرکز بر اساس کشورهای مورد بررسی

جدول ۱: حوزه‌های قابل تمرکز توسط ایران برای به‌کارگیری هوش مصنوعی

اولویت‌ها	حوزه کاربرد
اولویت ۱	اقتصاد و خدمات مالی
اولویت ۲	مسائل زیست‌محیطی
اولویت ۳	مسائل اجتماعی
اولویت ۴	کشاورزی
اولویت ۵	سلامت
اولویت ۶	حمل‌ونقل و مدیریت شهری
اولویت ۷	آموزش
اولویت ۸	انرژی
اولویت ۹	صنعت، معدن، تجارت

۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه صنعت

یکی از حوزه‌های قابل تمرکز ایران بر اساس جدول ۱ حوزه صنعت می‌باشد. بر اساس شکل ۲ این بخش شامل مدیریت تعمیر و نگهداری، مدیریت کیفیت، برنامه‌ریزی و کنترل تولید، مدیریت زنجیره تأمین و ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال می‌باشد.

موارد کاربردی هوش مصنوعی ذکر شده در این کتابچه، بر اساس گزارش‌های دریافت شده از شرکت‌های حوزه صنعت در سطح دنیا و بررسی مقالات نمایه شده در اسکوپوس احصا شده است.

۳-۱- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت تعمیر و نگهداری

۱) **طبقه‌بندی و پیش‌بینی حالت‌های خرابی:** افزایش دقت تشخیص می‌تواند خطای مکانیکی ایمنی سیستم و عملکرد اقتصادی را با برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری، احتمال خرابی غیرمنتظره سیستم، را به حداقل برساند. پیشرفت‌های صورت‌گرفته در عملکرد محاسباتی، امکان استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین را در بخش‌های مختلف صنعت فراهم کرده است. طبقه‌بندی و پیش‌بینی حالت‌های خرابی از مواردی است که می‌توان الگوریتم‌های یادگیری ماشین را در اجرای آن به کاربرد.

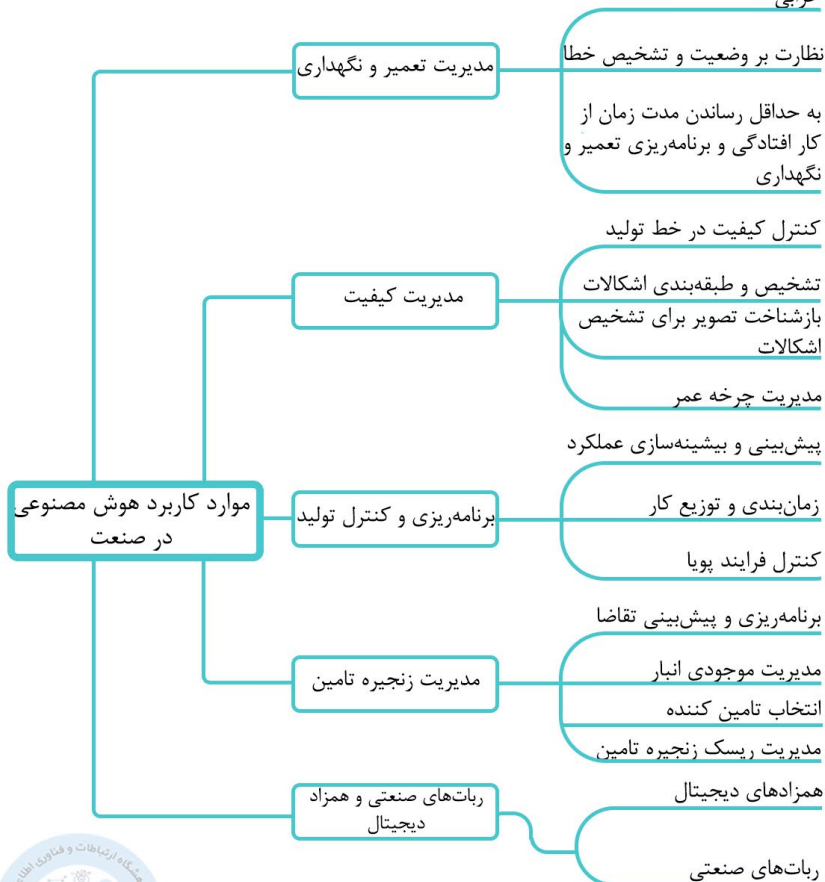
۲) **نظارت بر وضعیت و تشخیص خطا:** صنعت تولید در حال افزایش تولید داده است؛ مانند داده‌های حسگر از خط تولید، داده‌های محیطی و پیشرفت‌های جدید صورت‌گرفته در فناوری مانند یادگیری ماشین، پتانسیل بالایی برای تجزیه و تحلیل مخازن داده‌ها فراهم می‌کند و در نتیجه می‌تواند مدیریت را در تصمیم‌گیری پشتیبانی کند یا برای بهبود عملکرد سیستم به کار گرفته شود. از روش‌های یادگیری ماشین می‌توان برای تشخیص الگوها یا روش‌های مشخص استفاده کرد. کاربردهای این فناوری در زمینه نظارت بر وضعیت و تشخیص خطا در صنعت تولید نیز پیش از این به اثبات رسیده است.

۳) **به حداقل رساندن مدت‌زمان از کارافتادگی و برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری:** افزایش روزافزون دسترسی به داده‌ها، نحوه تصمیم‌گیری در صنعت را در زمینه‌های مهمی مانند برنامه‌ریزی، مدیریت تعمیرات و نگهداری و بهبود کیفیت، تغییر می‌دهد. روش‌های یادگیری ماشین نشان داده‌اند که می‌توانند راه‌حل‌های بسیار مؤثری را در این زمینه‌ها ارائه دهند که این امر با قابلیت‌های روبه‌رشد سخت‌افزاری، راه‌حل‌های مبتنی بر فضای ابری و الگوریتم‌های پیشرفته جدید، تسهیل می‌شود. در عین حال، مدیریت کارآمد فعالیت‌های مربوط به تعمیرات و نگهداری برای کاهش هزینه‌های مربوط به از کارافتادگی خطوط تولید و محصولات معیوب به‌ویژه در صنایع تولیدی بسیار رقابتی مانند تولید ادوات نیمه‌رسانا ضروری است.

تعمیرات و نگهداری تجهیزات نقش مهمی را در تولید هوشمندانه ایفا می‌کند و به‌طور مستقیم بر عمر مفید تجهیزات و کارایی تولید آن‌ها تأثیر می‌گذارد. روش‌های فعلی برای تعمیر و نگهداری تجهیزات، به سیستم‌های هشداردهنده متکی است و یک اپراتور خطاها را به پرسنل تعمیر و نگهداری تجهیزات

گزارش می‌دهد. سپس باید خطا دقیقاً مشخص شده و برطرف گردد که این امر موجب تعطیلی فرایند تولید می‌شود. با پشتیبانی کلان‌داده‌های مربوط به تولید، می‌توان داده‌های دستگاه مانند سیستم‌های هشداردهنده، لاگ‌های دستگاه و وضعیت دستگاه را به‌صورت آنی برای ارزیابی وضعیت سلامت تجهیزات تولید و شناسایی پیشاپیش خرابی‌ها، جمع‌آوری کرد؛ بنابراین، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه فعال، به‌صورت پویا و پیش فعال عمل می‌کند و می‌تواند مشکلات را قبل از بروز پیدا کند. تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه فعال برای تولید هوشمندانه، در حال حاضر از طریق جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل کلان‌داده‌ها، امکان‌پذیر است.

طبقه‌بندی و پیش‌بینی حالت‌های خرابی



شکل ۲: درخت وارده موارد کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت



۳-۲- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت کیفیت

۱) کنترل کیفیت در خط تولید: با پیچیدگی روز افزون و رقابت جهانی صنایع تولیدی، مدیریت مؤثر بیش‌ازپیش شرکت‌ها در خصوص تضمین کیفیت و بهره‌وری مؤثر به‌صورت هم‌زمان در بازار جهانی امری ضروری است. با این‌حال، شرکت‌های تولیدی مختلف همچنان در حال تغییرات فرایند هستند و در مدیریت الزامات مورد نیاز برای کیفیت محصول، با مشکل مواجه می‌شوند. علاوه بر این، هر محصول یا فرایند با توجه به ارزش بازار (برای مثال، خودروهای لوکس در برابر خودروهای اقتصادی)، دارای الزامات و انتظارات منحصر به فرد مشتری می‌باشند. یکی از راه‌هایی که تولیدکنندگان از طریق آن رضایت مشتریان خود را مدیریت می‌کنند، ارائه ضمانت یا برگشت مبلغ کالاهای معیوب است. محصولات معیوب هم باعث افزایش هزینه‌های مربوط به ضمانت می‌شوند و هم می‌توانند سبب نارضایتی مشتریان و از بین رفتن وفاداری آنان در بازار جهانی شوند.

برای اطمینان از رضایت مشتری در تولید، قابلیت اطمینان محصول و دقت بازرسی در سیستم نظارت و کنترل کیفیت، دارای اهمیت و در اولویت قرار گرفته است. برای برآوردن این نیاز، تلاش شده تا بتوان کیفیت محصولات را با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و یادگیری ماشین به‌صورت لحظه‌ای ارزیابی و کنترل کرد.

۲) تشخیص و طبقه‌بندی اشکالات: یکی دیگر از کاربردهای یادگیری ماشین در مدیریت کیفیت و نظارت بر آن، تشخیص و طبقه‌بندی اشکالات است که در صنعت الکترونیک کاربردهای فراوانی دارد. بازرسی اشکالات و تشخیص روند نظارت که اطلاعات مفیدی را برای مهندسان در جهت شناسایی علل اصلی شکست فرایند ارائه می‌دهند، برای کنترل کیفیت حائز اهمیت است. به‌طور معمول، برای جداسازی اقلام معیوب و غیر معیوب، داده‌های تولید از سنسورها، کنترل‌گرهای منطقی برنامه‌پذیر (PLC) و سیستم‌های اجرایی تولید (MES) جمع‌آوری می‌شوند و به‌عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری مجموعه‌ای از طبقه‌بندی‌کننده‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳) شناسایی مجدد تصویر برای تشخیص اشکالات: انقلاب صنعتی چهارم مفهومی نوظهور است که ماهیتی چندرشته‌ای و پیچیده دارد. آگاهی از متن، خودکامی کامل، خودمختاری، انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان، دقت، پیمانه‌ای بودن، حضور دیجیتال، مقیاس‌پذیری، چابکی و داشتن حالت

ارتجاعی، برخی ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم هستند. همه این‌ها از طریق بسیاری از فناوری‌های در حال توسعه مانند یادگیری ماشین، کلان‌داده و تحلیل آن‌ها، سیستم‌های فیزیکی - سایبری، اینترنت اشیاء، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، در حال تحقق هستند. ویژگی‌هایی مانند آگاهی از متن، خودکاری کامل و خودمختاری را می‌توان از طریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین به دست آورد. در زمینه‌ها و کاربردهای مختلف، از الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین استفاده می‌شود. رفتار سنجی ابزارهای ماشینی و دستگاه‌های مرتبط با مدیریت مواد مانند ربات‌ها را می‌توان با کمک یادگیری ماشین بهبود بخشید. مقالات متعددی در خصوص پیاده‌سازی روش‌های یادگیری ماشین در صنعت تولید برای حل بسیاری از مشکلات ارائه شده است. با این حال، هنوز زمینه‌های زیادی در حوزه تولید به صورت ناشناخته باقی مانده و مطالعاتی در خصوص پیاده‌سازی یادگیری ماشین در این زمینه انجام نگرفته که جذابیت‌های زیادی برای ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، ایجاد می‌کند. این امر به همراه سایر فناوری‌هایی که ذکر شد، می‌تواند سبب تحقق انقلاب صنعتی چهارم شود. یادگیری ماشین به تنهایی، تنها ابزار در دسترس برای تحقق انقلاب صنعتی چهارم نیست اما ترکیب بینایی ماشین با یادگیری ماشین می‌تواند طیف گسترده‌ای از مشکلات را برطرف کند.

بینایی ماشین که به عنوان بینایی رایانه نیز شناخته می‌شود، یک فناوری است که به ماشین‌ها این امکان را می‌دهد تا بتوانند با کمک یک یا چند سنسور بینایی به همراه یک نرم‌افزار خاص، محیط اطراف خود را به صورت بصری درک کنند. برای دستیابی به نتایج مطلوب، شدت روشنایی مورد نیاز یک شیء یا صحنه ممکن است در موارد مختلف، متفاوت باشد در برخی موارد این تفاوت ممکن است در سیستم‌های بینایی ماشین تولید شده، توسط تولیدکنندگان مختلف باشد. با این حال، باید میزان روشنایی در هر یک از زمینه‌هایی که بینایی ماشین در آن به کار گرفته می‌شود، ثابت باشد. بینایی ماشین در بسیاری از زمینه‌های تولید و سایر حوزه‌ها، جایگزین بینایی انسان شده است.

اخیراً، بازرسی بصری کیفیت که با شناسایی مجدد تصویر به صورت خودکار پشتیبانی می‌شود، به عنوان یک زمینه مناسب برای شناسایی و طبقه بندی اشکالات موجود در محصولات، در حال ظهور است.



۴) **مدیریت چرخه عمر:** در حال حاضر، بیشتر روش‌های پیش‌بینی بر اساس مدل چرخه عمر محصول توسعه داده شده‌اند. این مدل‌ها شامل ۶ مرحله هستند: معرفی، رشد، بلوغ، اشباع، نزول و پایان (منسوخ شده). زمانی که فروش محصولی به اندازه کافی کاهش پیدا می‌کند و در مرحله پایان چرخه عمر خود قرار می‌گیرد، بیشتر شرکت‌ها تولید محصول را متوقف کرده و آن را منسوخ می‌کنند و بنابراین پشتیبانی از آن انجام نمی‌دهند. با این حال، جمع‌آوری ورودی‌های مورد نیاز برای انجام پیش‌بینی چرخه عمر، غالباً سلیقه‌ای و پرحمت است و سبب ناهماهنگی در پیش‌بینی‌ها می‌شود. برای حل چنین مشکلاتی، می‌توان متدولوژی‌هایی مبتنی بر یادگیری ماشین توسعه داد که بتوانند ریسک منسوخ‌شدگی و چرخه عمر محصول را به طور دقیق پیش‌بینی کنند و درعین حال هزینه‌های تعمیر و نگهداری سیستم‌های پیش‌بینی‌کننده را به حداقل برسانند. این متدولوژی‌های جدید، هم امکان پیش‌بینی سطح ریسک منسوخ‌شدگی و هم زمان منسوخ شدن یک قطعه را فراهم می‌کنند.

۳-۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی و کنترل تولید

۱) **پیش‌بینی و بیشینه‌سازی عملکرد:** ارزیابی عملکرد سیستم تولید و تشخیص و پیش‌آگاهی از مشکلات آن، از نظر بهره‌وری، کیفیت و کارایی دارای اهمیت بالایی است. با این حال، ماشین‌های غیرقابل اعتماد و بافرهای محدود، مدل‌سازی و تحلیل جریان مواد را در سیستم‌های تولیدی دشوار می‌سازند؛ چرا که اولی سبب تصادفی شدن و دومی سبب غیرخطی شدن آن می‌شود.

هدف تحلیل توان عملیاتی، ارزیابی بلندمدت یا کوتاه مدت بهره‌وری سیستم‌های روزانه سیستم‌های تولید را تسهیل کند. تحقیقات زیادی بر روی تحلیل پویایی و عملکرد سیستم تولید انجام شده است. با این حال، روش‌های مدل‌سازی توجه دارند. استفاده از تحلیل داده و روش‌های یادگیری ماشین پتانسیل بالایی برای حل این مشکلات و کاستی‌ها از خود نشان داده‌اند.

روش‌های تحلیلی برای برآورد توان عملیاتی (دقیق یا تقریبی)، به ساختارهای سیستمی ساده تحت مفروضات سختگیرانه محدود می‌شوند. برای سیستم‌های پیچیده‌تر، شبیه‌سازی تنها روش ممکن برای ارزیابی عملکرد سیستم در بلندمدت است.

روش‌های یادگیری ماشین را می‌توان برای تعمیم نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها جهت اجتناب از اجرای شبیه‌سازی‌های تکراری، به هنگام تغییر پارامترهای سیستم تولید به کار گرفت.

۲) زمان‌بندی و توزیع کار: در سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید، مسئله توزیع کار زمانی ایجاد می‌شود که چندین سفارش محصول در یک بازه زمانی مشخص در انتظار پردازش می‌باشند. تعیین این‌که کدام سفارش باید در اولویت قرار گیرد و کدام دستگاه باید کار را انجام دهد، امری بسیار مهم است. در این زمینه، مسئله توزیع کار به دنبال یافتن ترتیب و مسیر بهینه کارها، با در نظر گرفتن عوامل داخلی مختلف مانند قابلیت و در دسترس بودن ماشین و همچنین عوامل خارجی مانند زمان سررسید سفارشات است؛ به گونه‌ای که یک یا چند مورد از اهداف کمینه‌سازی که در ادامه آمده‌اند را به حداقل برساند: میانگین تأخیر، میانگین زمان ماندن و مصرف انرژی. در دهه‌های گذشته، مسئله توزیع کار به‌طور گسترده با استفاده از روش‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است. روش‌های دقیق مانند شاخه و حد (B&B) و بهینه‌سازی خطی عدد صحیح^۱ را می‌توان در مسائل توزیع کار کوچک مقیاس به کار برد. این در حالی است که روش‌های مبتنی بر الگوریتم جستجوی کاشف^۲ مانند الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده^۳ و الگوریتم ژنتیک^۴ می‌توانند قوانین توزیع کاری که فاقد سازگاری با پویایی سیستم هستند را ارائه دهند. برای غلبه بر پیچیدگی روزافزون سیستم‌های تولید، روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین شامل یادگیری نظارت شده^۵ و یادگیری تقویتی^۶ به‌طور گسترده در این حوزه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۳) کنترل فرایند پویا: در امر کنترل فرایند تولید، هدف حاکمیت بر فرایند منظم‌سازی و تنظیم دقیق پارامترهای عملیاتی اصلی آن است که در نتیجه، فرایند به‌صورت برنامه‌ریزی شده رفتار می‌کند و موقعیت‌های نامناسب به حداقل می‌رسند و یا کلاً اتفاق نمی‌افتند. تا به امروز، روش‌های اولیه هوش مصنوعی که در کنترل فرایند تولید استفاده شده، بر روی موارد کاربردی تمرکز داشته‌اند که مدل‌های رسمی به دلیل پیچیدگی محاسبات

1. Integer Programming
2. Heuristic
3. Simulated Annealing
4. Genetic Algorithm
5. Supervised Learning
6. Reinforcement Learning



یا محدودیت تحلیل، نیازمند منابع زیاد برای توسعه فرایند قابل تنظیم است. بررسی فرایندهای سنتی تولید مانند ماشین کاری، اتصال، مهرزنی و قالب‌گیری نشان می‌دهد که چنین مزیتی را می‌توان به‌وسیله روش‌های هوش مصنوعی به‌دست آورد.

۳-۴- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین

۱) برنامه‌ریزی و پیش‌بینی تقاضا: پیشرفت‌های اخیر صورت‌گرفته در یادگیری ماشین و بیش از همه، یادگیری عمیق، پژوهشگران را قادر می‌سازد تا بر روی پیاده‌سازی روش‌های محاسباتی پیشرفته‌تر برای مقابله با مسائلی که عموماً با تکنیک‌های آماری سنتی حل می‌شوند، مطالعه کنند. یادگیری عمیق با داشتن قابلیت یادگیری خودکار می‌تواند اطلاعات را مستقیماً از داده‌های خام استخراج کند.

پیش‌بینی سری‌های زمانی مانند مواردی که در زنجیره تأمین وجود دارند، شامل دامنه‌ای از داده‌هایی می‌شوند که بسیار بی‌معنا هستند. مطلوب‌ترین حالت این است که تنها الگوهای واقعی داده‌ها که در آینده تکرار می‌شوند، آموخته شوند و از داده‌های بی‌معنا صرف‌نظر گردد. روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین دارای دو ویژگی مهم هستند که برای پیش‌بینی مسائل زنجیره تأمین با وجود داده‌های بی‌معنا، مفید می‌باشند: (۱) توانایی یادگیری یک تابع دلخواه و (۲) توانایی کنترل فرایند یادگیری.

۲) مدیریت موجودی انبار: در مدیریت زنجیره تأمین، بحث انبار کردن سبب ایجاد هزینه‌های مهمی می‌شود. به‌عنوان مثال، میزان هزینه‌های سالانه انجام شده برای انبار کردن در زنجیره‌های تأمین، حدود ۱۵٪ الی ۳۵٪ کل ارزش تجارت شرکت‌ها است. مدیریت موجودی انبار در زنجیره تأمین، به دنبال کاهش هزینه‌ها، افزایش تنوع محصول و بهبود خدمات به مشتریان است. باین‌حال، برآورد دقیق، پیش‌بینی و دسترسی به اطلاعات مربوط به همه این اهداف از طریق قواعد تصمیم‌گیری سنتی امری دشوار است؛ زیرا حجم این اطلاعات معمولاً با توجه به تجربه و قضاوت مدیران مربوطه، زیاد است؛ بنابراین، ورودی موجودی انبار یک پارامتر نامشخص است. در سال‌های اخیر، ناکارآمدی روش‌های سنتی در مواجهه با عدم قطعیت، محققان را به سمت استفاده از هوش مصنوعی سوق داده است. ابزارهای یادگیری ماشین می‌توانند الگوهای قابل‌مقایسه ورودی سریعی را در دادگان مربوط به انبارها، کشف کنند.



۳) انتخاب تأمین‌کنندگان: یکی از نقاط مهم برای کسب و کارها در زنجیره تأمین، انتخاب تأمین‌کننده مناسب و برقراری ارتباط مناسب با آن‌ها است؛ زیرا تأمین مواد اولیه برای کسب و کار، توسط تأمین‌کننده انجام می‌شود. با توجه به نقش مهم تأمین‌کنندگان در زمان، هزینه و کیفیت، مدیران زنجیره تأمین تلاش‌های زیادی را در فرایند انتخاب تأمین‌کنندگان انجام داده‌اند. فرایند انتخاب را می‌توان با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) که شامل عوامل متناقض مختلف هستند، پوشش داد؛ بنابراین، یافتن تعادل مناسب بین این عوامل یک امر مهم برای مدیران خرید است. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، به تصمیم‌گیرندگان در ارزیابی و انتخاب مجموعه‌ای از جایگزین‌ها کمک می‌کنند. در برخی موارد، تعداد تأمین‌کنندگان بالقوه و تعداد معیارها و ضوابط به طور قابل توجهی بیشتر از میزانی است که روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رضایت‌بخشی آن را به کار می‌گیرند. از سوی دیگر، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در دسته روش‌های توصیفی و استاتیک، مانند بسیاری از روش‌های سنتی دیگر قرار دارند. این در حالی است که در بازار رقابتی امروز، روش‌های تحلیلی پیش‌بینی‌کننده قطعاً مفیدتر و کاربردی‌تر از روش‌های توصیفی هستند. در دوران حاضر، الگوریتم‌های یادگیری ماشین عملکرد بسیار بهتری نسبت به روش‌های ذکر شده دارند.

جدا از مزایای فراوان دیگر، دو مزیت یادگیری ماشین در شبکه‌های زنجیره تأمین مشارکتی عبارت‌اند از:

- الف) بهبود عملکرد تحویل تأمین‌کننده
- ب) به حداقل رساندن ریسک تأمین‌کننده

برای انتخاب تأمین‌کنندگان در حوزه مدیریت زنجیره تأمین می‌توان سیستم‌های خبره‌ای مبتنی بر هوش مصنوعی طراحی کرد. می‌توان یک سیستم مدیریت زنجیره تأمین طراحی کرد و سپس یک ابزار سیستم خبره برای فرایند انتخاب تأمین‌کنندگان، بر روی آن توسعه داد.

۴) مدیریت ریسک زنجیره تأمین: روش‌های هوش مصنوعی در زمینه مدیریت ریسک زنجیره تأمین بسیار کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. اخیراً، به دلیل در دسترس بودن حجم زیادی از داده‌ها و افزایش قدرت محاسبات و همچنین موفقیت‌های کسب شده توسط روش‌های یادگیری ماشین، دوباره استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت ریسک زنجیره تأمین احیا شده است. همچنین این امر باعث شده تا پژوهشگران از پتانسیل روش‌های هوش مصنوعی در فرایندهای مربوط به مدیریت ریسک زنجیره تأمین مانند پیش

بینی، شناسایی ریسک، ارزیابی و پاسخ استفاده نمایند.

۳-۵- موارد کاربردی هوش مصنوعی در ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال

۱) همزادهای دیجیتال: تلفیق هوش مصنوعی و همزاد دیجیتال می‌تواند فرصت‌های زیادی را برای بخش تولید ایجاد کند. یکی از قابلیت‌های همزاد دیجیتال، تولید داده‌های شبیه‌سازی شده است. یک محیط شبیه‌سازی شده باید تعداد بی‌نهایتی از حلقه‌های مربوط به سناریوها را پیمایش کند. داده‌های شبیه‌سازی تولید شده را می‌توان برای آموزش مؤثر یک مدل هوش مصنوعی ساده در جنبه‌های مختلف فرایندهای تولید استفاده کرد. به این ترتیب، مدل هوش مصنوعی می‌تواند یاد بگیرد که شرایط احتمالی دنیای واقعی را شناسایی نماید. به این کار یادگیری تقویتی نیز گفته می‌شود. قابلیت دیگر همزاد دیجیتال، شناسایی، برنامه‌ریزی و آزمایش ویژگی‌های جدید است که برای افزایش عملیات داده‌ای در فرایند یادگیری ماشین استفاده می‌شود. نتایج یادگیری ماشین را می‌توان برای یافتن راه‌حل‌های بهینه نیز اصلاح کرد.

۲) ربات‌های صنعتی: از سال ۲۰۱۶ بسیاری از شرکت‌های پیشرو در ساخت ربات مانند فوناک و کوکا موفق شده‌اند فناوری هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء را در سیستم‌های اتوماسیون مختلف به کار گیرند. استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در هم‌پات‌ها (ربات‌های همکار)، یک هدف اساسی را دنبال می‌کند و آن این است که هم‌پات‌ها علاوه بر داشتن توانایی‌های مربوط به سایر ربات‌ها، بتوانند هم در کنار یکدیگر و هم در کنار اپراتورهای انسانی فعالیت نمایند. این نوع ربات‌ها می‌توانند برعکس ربات‌های سنتی، خود را به‌آسانی برای وظایف جدید برنامه‌ریزی کنند؛ این در حالی است که ربات‌های سنتی برای وظایف جدید وابسته به تصمیمات انسانی هستند. تولیدکنندگان امروزی می‌توانند با استفاده از هوش مصنوعی زمان فرآوری را کاهش داده و بهره‌وری را افزایش دهند که این دو مورد، از بارزترین مزایای به‌کارگیری هوش مصنوعی در ربات‌های صنعتی به حساب می‌آیند. علم هوش مصنوعی مبتنی بر الگوریتم‌های ریاضی و روش‌های بهینه‌سازی است که برای حل مسائل پیچیده در بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. یادگیری ماشین یکی از زیرمجموعه‌های هوش مصنوعی است که به ماشین اجازه می‌دهد تا بدون برنامه‌نویسی به‌طور خودکار از داده‌های قدیمی یاد بگیرد. هدف اصلی یادگیری ماشین این است که ربات‌ها را قادر

می‌سازد تا از داده‌ها جهت سازگاری با نیازهای محیط، یاد بگیرند. علاوه بر این‌ها، هدف هوش مصنوعی ایجاد یک سیستم کامپیوتری هوشمند به منظور شبیه‌سازی است تا بتواند از این طریق مانند انسان‌ها مسائل پیچیده را حل کند. ظهور علم هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در زمینه رباتیک، سبب ایجاد یک مفهوم جدید به نام یادگیری رباتیک شده که بر اساس مفهوم همکاری میان ماشین‌ها و ربات‌های صنعتی می‌باشد. ربات‌های صنعتی با استفاده از یادگیری رباتیک می‌توانند به‌عنوان اپراتور تصمیم‌گیری کنند و از داده‌های قبلی یاد بگیرند.

۴- علم‌سنجی و بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در جهان و ایران

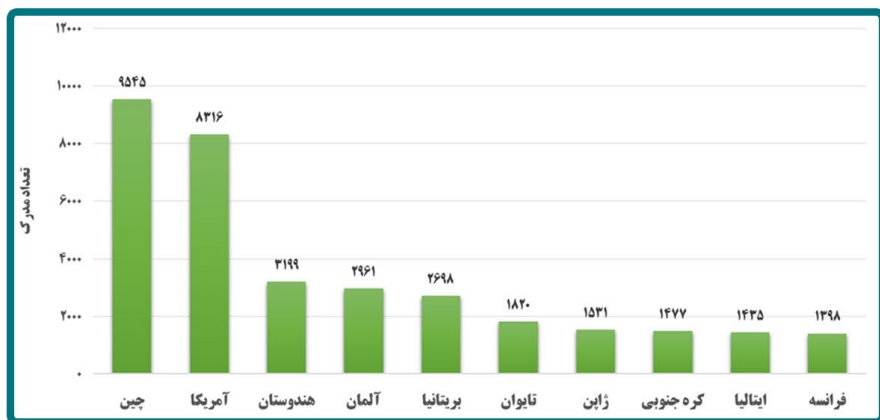
یافته‌های حاصل از مطالعات سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری از مهم‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاری در هر کشور به‌شمار می‌رود. بهره‌گیری از ابزارهای سنجش علم بر پایه استفاده از روش‌های آماری، امکان تعیین معیارهای رشد و توسعه علوم و تأثیر آن بر جوامع بشری برای ارائه آخرین دستاوردهای علمی محققان را فراهم نموده است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های کمی ارزیابی علمی برای مقایسه کشورها، دانشگاه‌ها، مؤسسات علمی و نویسندگان مورد توجه زیاد سیاست‌گذاری‌های علمی قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین روش‌های سنجش کمیت و کیفیت تولید علم در جهان، روش علم‌سنجی است که فنون مختلف آن، از نیمه دوم قرن بیستم ارائه شده و در سطح وسیعی به‌کار برده می‌شوند. هدف این بخش به کارگیری ابزار علم‌سنجی جهت بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در ایران و جهان است. جامعه پژوهش شامل کلیه اسناد علمی است که در پایگاه «اسکوپوس» تا پایان سال ۲۰۲۰ نمایه شده‌اند. در ابتدا، کلیه اسناد مربوطه (شامل مقاله، کتاب، فصل کتاب، گزارش‌های علمی و ...) در این حوزه از پایگاه «اسکوپوس» استخراج شد و در گام بعدی وضعیت اسناد بازبایی شده جهان در این حوزه مابین سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۲۰ میلادی (۴۸۳۱۸ سند) و اسناد منتشر شده ایران در این حوزه مابین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ میلادی (۱۱۸۲ سند) در کشورهای برتر جهان، کشورهای برتر مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴

جمهوری اسلامی ایران (رقبای منطقه‌ای)، روند انتشار تولیدات علمی در ایران و جهان، نهادهای تأمین مالی برتر در جهان و نویسنده‌های برتر ایران و جهان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین در رابطه با کشور ایران، به ترسیم نقشه‌های دانشی (زیر حوزه‌های موضوعی) و نقشه همکاری‌های بین‌المللی نیز اقدام شده است.

۴-۱- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت»

در این بخش، اسناد مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در جهان استخراج شده‌است. برای این منظور و با استفاده از نظرات خبرگان و همچنین مطالعه ادبیات موجود، مهم‌ترین واژگان در این حوزه شناسایی و با جستجو در پایگاه استنادی اسکوپوس، تعداد ۴۸۳۱۸ سند (شامل مقاله، کتاب و...) مابین سال‌های ۱۹۶۱ تا پایان سال ۲۰۲۰ میلادی استخراج و بازبینی شده که در ادامه به تحلیل نتایج به‌دست‌آمده پرداخته خواهد شد.

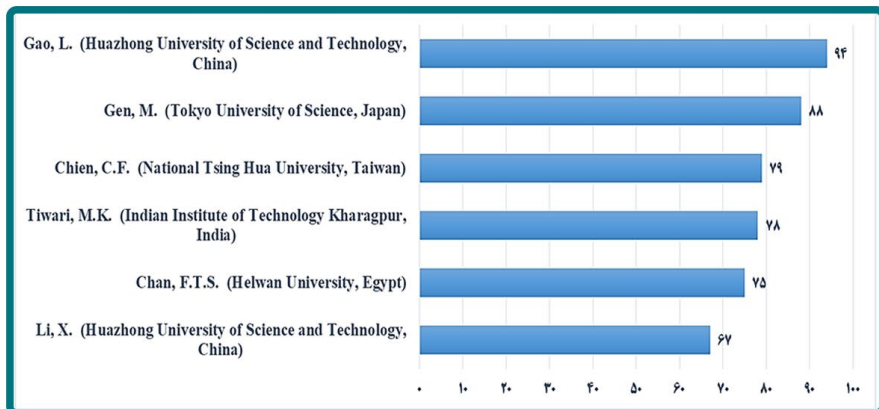
وضعیت رتبه‌بندی کشورهای دارای بیشترین سند منتشر شده در جهان در شکل ۳ نشان‌داده شده است. همان‌گونه که مشخص است کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا، هندوستان، آلمان و بریتانیا در صدر این رتبه‌بندی قرار دارند و از قاره آسیا نیز کشورهای چین، هندوستان، تایوان، ژاپن و کره جنوبی در بین ۱۰ کشور برتر قرار دارند.



شکل ۳: کشورهای دارای بیشترین سند منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۲۰)

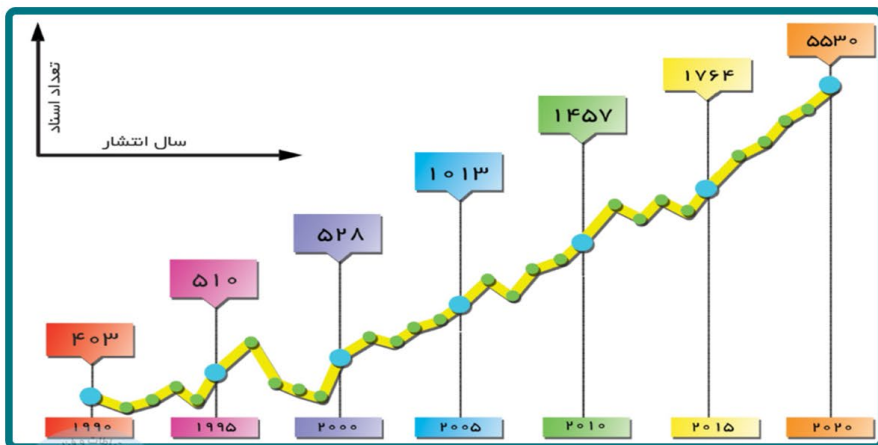


نویسندگان این حوزه در جهان، با بیشترین تعداد سند منتشر شده (۶ نویسنده برتر) نیز در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: نویسندگان برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال های ۲۰۲۰-۱۹۶۱)

روند و تعداد اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که در شکل مذکور مشخص است، روند انتشار اسناد در این حوزه صعودی است که نشان دهنده جذابیت این حوزه و توجه ویژه پژوهشگران به آن است.



شکل ۵: روند اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت»

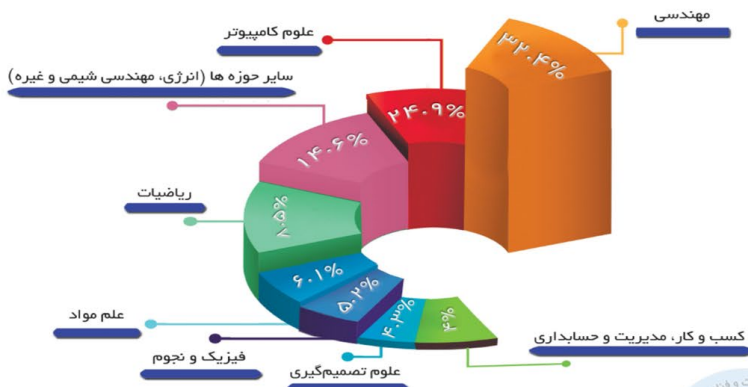


همچنین ۱۰ دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی در جهان که بیشترین تعداد سند را در این زمینه منتشر نموده‌اند در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: ده دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۱)

ردیف	نام دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی	تعداد سند منتشر شده
۱	وزارت آموزش چین	۵۴۲
۲	دانشگاه علوم و تکنولوژی هواژونگ	۴۱۷
۳	دانشگاه جیلو تنگ شانگهای	۳۹۰
۴	آکادمی علوم چین	۲۸۶
۵	دانشگاه چینهوا	۳۸۰
۶	دانشگاه آزاد اسلامی (کلته واحدها)	۳۵۷
۷	دانشگاه ججیانگ	۳۱۹
۸	دانشگاه پلی‌تکنیک هنگ‌کنگ	۳۱۳
۹	دانشگاه صنعتی نانیانگ	۳۰۵
۱۰	دانشگاه بیهانگ چین	۲۸۷

وضعیت و میزان اسناد منتشر شده جهان در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل مشخص است، حوزه‌های مهندسی، علوم کامپیوتر و ریاضیات دارای بیشترین میزان سند منتشر شده در این حوزه در جهان هستند.



شکل ۶: درصد اسناد منتشر شده جهان در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۱)

در نهایت وضعیت نهادهای تأمین‌کننده مالی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» نیز در جدول ۳ نشان داده شده است. همان گونه که در این جدول مشخص است، بیشترین تعداد نهادهای تأمین مالی در جهان متعلق به کشور چین هستند.

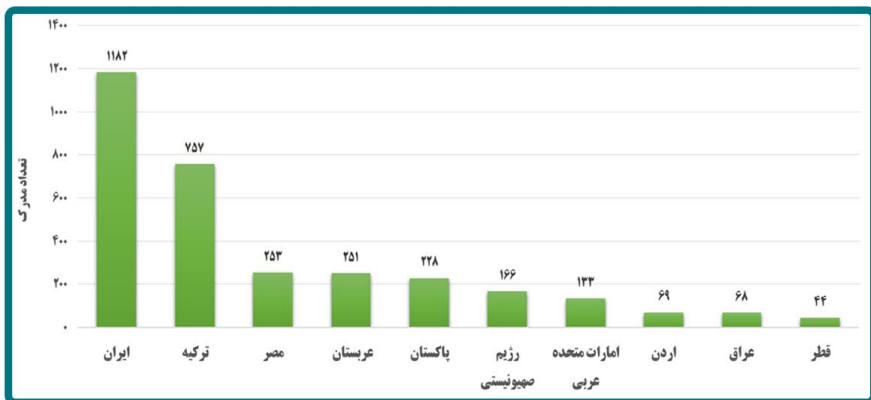
جدول ۳: نهادهای تأمین‌کننده مالی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۱)

ردیف	نهاد	تعداد سند منتشر شده
۱	بنیاد ملی علوم طبیعی چین	۲۷۴۵
۲	بنیاد ملی علوم	۸۴۸
۳	کمیسیون اروپا	۶۵۵
۴	برنامه ملی تحقیق و توسعه چین	۴۱۰
۵	بودجه تحقیقات بنیادی برای دانشگاه‌های مرکزی	۳۹۴
۶	وزارت آموزش چین	۳۹۲
۷	وزارت علم و فناوری چین	۳۷۴
۸	برنامه چارچوب افق ۲۰۲۰	۳۵۳
۹	شورای تحقیقات مهندسی و علوم فیزیکی انگلیس	۳۳۳
۱۰	بنیاد تحقیقات ملی کره	۳۰۰

۴-۲- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت»

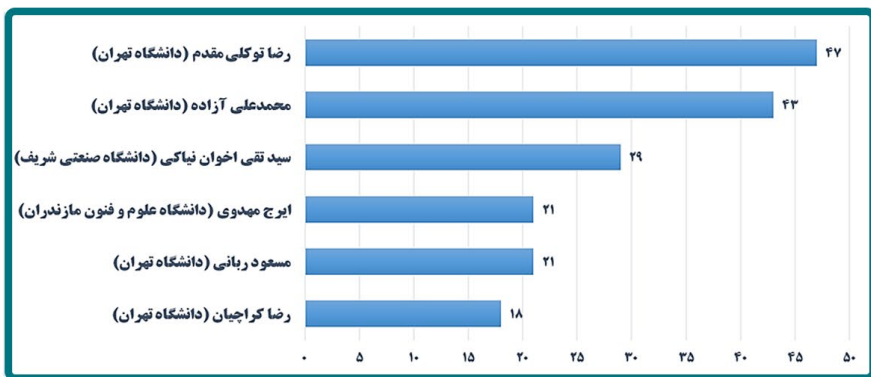
همان‌طور که در بخش قبلی ذکر شد، ۴۸۳۱۸ سند در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» از پایگاه اسکوپوس بازیابی شده است. پس از محدود نمودن این نتایج به کشور ایران، تعداد نتایج حاصله برابر با ۱۱۸۲ سند (شامل مقاله، کتاب و...) مابین سال‌های ۱۹۹۱ تا پایان سال ۲۰۲۰ میلادی می‌باشند که از این پایگاه بازیابی شده و در ادامه به تحلیل نتایج به دست آمده خواهیم پرداخت.

وضعیت و جایگاه ایران در میان رقبای مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران در شکل ۷ نشان داده شده است. همان گونه که در شکل مشخص است، کشورهای ایران، ترکیه و مصر کشورهای برتر منطقه در این حوزه به شمار می‌آیند.



شکل ۷: جایگاه ایران در میان رقبای مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۲۰)

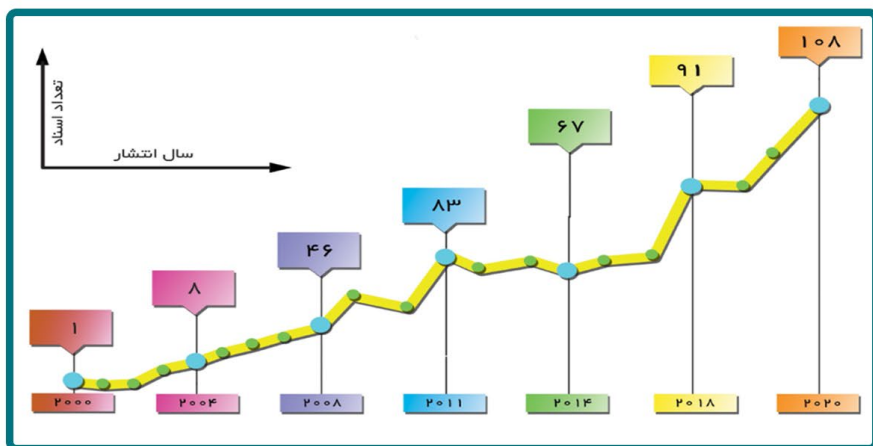
نویسندگان این حوزه در ایران، با بیشترین تعداد سند منتشر شده (۶ نویسنده برتر) در شکل ۸ نشان‌داده شده است. مطابق با این شکل، رضا توکلی مقدم و محمدعلی آزاده نویسندگان برتر در کشور ایران هستند.



شکل ۸: نویسندگان برتر ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۲۰)



تعداد اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» و روند آن در شکل ۹ نشان داده شده است.



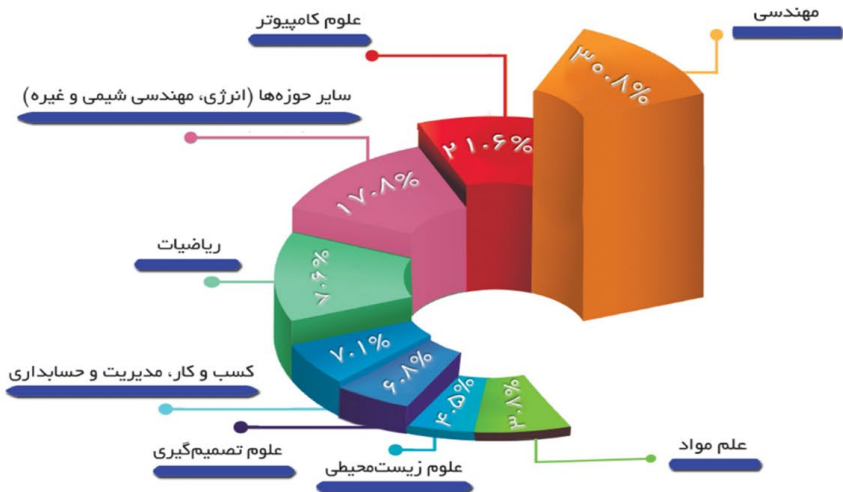
شکل ۹: روند اسناد منتشر شده ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت»

همچنین ۱۰ مؤسسه/دانشگاه/مرکز تحقیقاتی در ایران که بیشترین تعداد اسناد را در این زمینه منتشر نموده‌اند، در جدول ۴ مشخص شده است. مطابق با جدول مذکور، دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)، دانشگاه تهران و دانشگاه صنعتی امیرکبیر رتبه‌های اول تا سوم را در میان دانشگاه‌های ایران به خود تخصیص داده‌اند.

جدول ۴: ده دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی برتر ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۱)

ردیف	نام دانشگاه/مؤسسه/انهاد	تعداد سند منتشر شده
۱	دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)	۳۵۷
۲	دانشگاه تهران	۲۳۰
۳	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۱۲۹
۴	دانشگاه علم و صنعت ایران	۱۱۰
۵	دانشگاه صنعتی شریف	۹۷
۶	دانشگاه علوم و فنون مازندران	۶۴
۷	دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی	۴۹
۸	دانشگاه خوارزمی	۳۸
۹	دانشگاه فردوسی مشهد	۳۷
۱۰	دانشگاه صنعتی اصفهان	۳۷

وضعیت و میزان اسناد منتشر شده در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در ایران نیز در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، پژوهشگران ایرانی در حوزه‌های گوناگون و متنوعی (همچون مهندسی، علوم کامپیوتر، ریاضیات و ...) در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» فعالیت می‌کنند.



شکل ۱۰: درصد اسناد منتشر شده ایران در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۱)

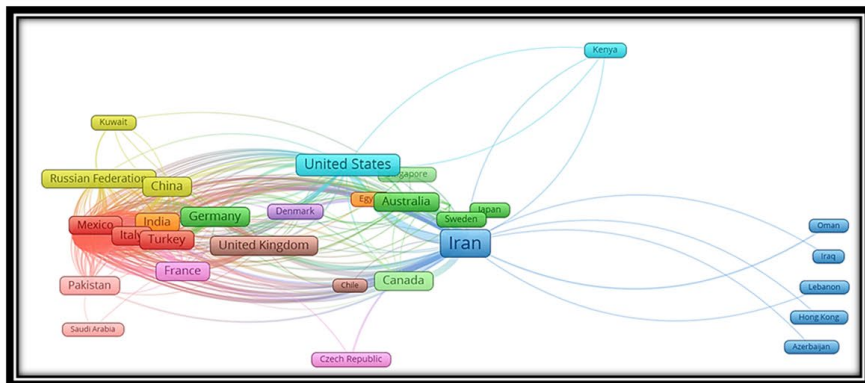
مطابق با نتایج بدست آمده و همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، محققان کشور ایران با محققان کشورهای هم‌چون آمریکا، کانادا، مالزی، استرالیا و بریتانیا بیشترین میزان همکاری در این حوزه را داشته‌اند.



جدول ۵: کشورهای با بیشترین میزان همکاری با ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۱)

ردیف	نام کشور	تعداد همکاری مشترک با ایران
۱	آمریکا	۸۳
۲	کانادا	۴۲
۳	مالزی	۳۰
۴	استرالیا	۳۰
۵	بریتانیا	۲۸
۶	آلمان	۱۸
۷	ترکیه	۱۵
۸	فرانسه	۱۵
۹	چین	۱۲
۱۰	هندوستان	۱۰

وضعیت ارتباطات و همکاری‌های میان ایران و سایر کشورها در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱: نقشه ارتباطات بین‌المللی کشور ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه صنعت» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۱)

در ادامه و به منظور ترسیم ساختار حوزه دانشی «کاربرد هوش مصنوعی در زمینه صنعت» در ایران، در ابتدا با استفاده از خروجی‌های حاصل از پایگاه «اسکوپوس» و با بهره‌گیری از نرم‌افزار Bibexcel، تحلیل واژگان مربوطه در ۱۱۸۲ سند انجام شده است. در این قسمت بیشترین تکرار لغات، از لغات موجود در اسناد استخراج شده که کار باعث می‌شود که لغاتی که تکرار کمتری در این اسناد دارند، حذف و شبکه نیز فقط بر روی نمایش لغات مهم در این حوزه متمرکز شود. در جدول ۶ برخی از واژه‌های با تکرار بالا در اسناد ایران نشان داده شده است.

کوچک یا بزرگ بودن دایره‌ها در این شکل نشان‌دهنده این موضوع است که در این حوزه، به چه میزان هر واژه تکرار شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است، واژگانی همچون "شبکه‌های عصبی"، "مدیریت زنجیره تأمین" و "بهینه‌سازی" چون دایره‌های بزرگ‌تری دارند، در واقع بیشترین تکرار در میان اسناد منتشر شده این حوزه در ایران را به خود اختصاص داده‌اند.

در این کتابچه به بررسی موارد کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت و نیز وضعیت تأثیرپذیری این حوزه از فناوری هوش مصنوعی پرداخته شده است. کاربردهای هوش مصنوعی برای حوزه صنعت مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس نتایج بررسی‌های صورت‌گرفته، بخش‌هایی که قابلیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی در آن‌ها وجود دارد، گزینش شده و سپس در بخش اصلی گزارش درخت‌واره موارد کاربرد هوش مصنوعی بر مبنای زیر حوزه‌ها ترسیم و عناوین موارد کاربردی معرفی شد. این زیر حوزه‌ها شامل (۱) مدیریت تعمیر و نگهداری، (۲) مدیریت کیفیت، (۳) برنامه‌ریزی و کنترل تولید، (۴) مدیریت زنجیره تأمین و (۵) ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال می‌شوند. از مجموع ۱۶ کاربرد استخراج شده، ۳ مورد مربوط به مدیریت تعمیر و نگهداری، ۴ مورد مربوط به مدیریت کیفیت، ۳ مورد مربوط به برنامه‌ریزی و کنترل تولید، ۴ مورد مربوط به مدیریت زنجیره تأمین و ۲ مورد مربوط به ربات‌های صنعتی و همزاد دیجیتال هستند.

در بررسی شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت، مشخص شد که هیچ شرکت ایرانی تاکنون به این حوزه ورود نکرده است که دلیل آن را می‌توان به عدم توجه کافی محققان و فعالان صنعت به این زمینه، علی‌رغم اهمیت فزاینده و پتانسیل بالای پیاده‌سازی روش‌های هوش مصنوعی در آن، ذکر کرد.

نتایج به‌دست‌آمده در بخش علم‌سنجی نیز نشان می‌دهد که کشورهای چین، آمریکا و هند دارای بیشترین سند منتشر شده در جهان در این حوزه هستند. از طرفی ایران در میان کشورهای منطقه در این حوزه، جایگاه نخست را در تولید علم کسب کرده و همچنین بیشترین میزان همکاری محققان ایرانی در این حوزه با محققان کشورهای آمریکا، کانادا و مالزی بوده است. از طرفی بیشترین محققان فعال در این حوزه اساتید و دانشجویان حوزه‌های علوم کامپیوتر، مهندسی و ریاضیات هستند.

۱. فهرست شرکتهای دانش‌بنیان <https://daneshbonyan.isti.ir>
۲. صفری، احرام و همکاران، تدوین برنامه توسعه ملی هوش مصنوعی، ۱۴۰۰، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات.
۳. پرتال مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی <https://ai-center.ir>



www.ai-center.ir
[@aicenter.itrc.ir](https://www.instagram.com/aicenter.itrc.ir)
ai-center@itrc.ac.ir
www.itrc.ac.ir

آدرس: تهران، انتهای خیابان کارگر شمالی، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

اطلاعات تماس: ۸۸۰۰۵۰۲۰

نمابر: ۸۸۶۳۵۵۸۸