

کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه انرژی



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 انرژی

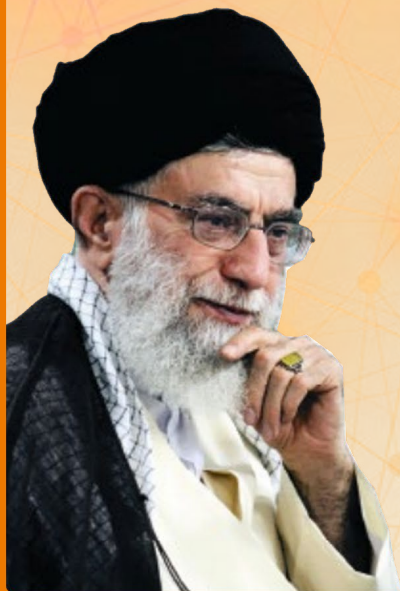
پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

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 رده‌ی های 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، به طوری که 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 قرارگرفتن 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 حوزه های رگولاتوری هوش مصنوعی، تأمین زیرساخت‌های پردازشی و ذخیره سازی برای بخش‌های پژوهشی و استارت‌آپ‌ها، ایجاد بسترهای به‌اشتراک گذاری 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 اتکا 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 حوزه‌های 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 علاقه مندان در توسعه و بهره مندی از دستاوردهای پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، آزاد رسانی این دستاوردها در زمره برنامه های 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 تمرکز برای به‌کارگیری هوش مصنوعی
۱۲	۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه انرژی
۱۳	۳-۱- موارد کاربردی هوش مصنوعی در نفت و گاز
۱۶	۳-۲- موارد کاربردی هوش مصنوعی در انرژی الکتریکی
۲۱	۳-۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در انرژی‌های تجدیدپذیر
۲۵	۴- شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی در حوزه انرژی
	۵- علم‌سنجی و بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» در ایران و جهان
۲۶	
	۵-۱- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی»
۲۷	
	۵-۲- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی»
۳۱	
	۶- جمع‌بندی
۳۸	
۴۰	منابع

خلاصه مدیریتی

با توسعه و رشد روز افزون فناوری اطلاعات و به‌خصوص فناوری‌های تولید، انتقال، نگهداری و پردازش داده، استفاده از سیستم‌هایی که این داده‌ها را درک و تفسیر و یا بر اساس آن‌ها به‌صورت خودکار عمل کنند روندی طبیعی در دنیا شده است. 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 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 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 انرژی بوده که در این کتابچه به کارکردها و کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه انرژی پرداخته شده است.

در این کتابچه به بررسی موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه انرژی و نیز آخرین تحولات استفاده از هوش مصنوعی در این حوزه پرداخته شده است. در این کتابچه برای فهم و درک بهتر موارد کاربردی هوش مصنوعی در این زمینه و همچنین دسته‌بندی درست کاربردها، درخت‌واره موارد کاربرد هوش مصنوعی بر مبنای زیر حوزه‌ها ترسیم و عناوین موارد کاربرد معرفی شد. این زیر حوزه‌ها شامل (۱) نفت و گاز، (۲) انرژی الکتریکی و (۳) انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند.

تحلیل و ارزیابی شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات مرتبط با کاربرد های هوش مصنوعی در حوزه انرژی، از دیگر مواردی است که در این کتابچه به آن پرداخته شده است. ۱۶ شرکت فعال ایرانی در این حوزه شناسایی شد که تمرکز آن‌ها عمدتاً بر روی توسعه محصولات مبتنی بر کاربردهای هوش مصنوعی در رابطه با انرژی الکتریکی است. در شرکت‌های ذکر شده در

سطح داخلی، اغلب درجه استفاده از هوش مصنوعی بسیار اندک می‌باشد. به عبارتی دیگر، محصولات را که تاکنون در شرکت‌های داخلی ارائه شده اند، می‌توان به‌عنوان برنامه‌های کاربردی ابتدایی در نظر گرفت که هنوز جای زیادی برای پیشرفت و استفاده از روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین دارند.

ظهور هوش مصنوعی می‌تواند راه را برای پیگیری اهداف توسعه پایدار در جهت پیشرفت در صنایع نفت و گاز و انرژی الکتریکی هموار نماید. فناوری‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای نظارت بر پیش‌بینی مصرف و قیمت حامل‌های انرژی و درک بهتر از نحوه هوشمندسازی امنیت و توزیع و انتقال در سطح شبکه‌های نفت، گاز و برق در حال توسعه هستند. همچنین در انتهای این کتابچه نیز به بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» در ایران و جهان با استفاده از علم سنجی پرداخته شده و مواردی همچون کشورهای برتر جهان، کشورهای برتر مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران (رقبای منطقه‌ای)، روند انتشار مقالات علمی، نهادهای تأمین مالی برتر در جهان و نویسندگان برتر ایران و جهان در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

دولت‌های سراسر جهان، چه در سطح محلی و چه در سطح مرکزی، در برنامه و استراتژی نقشه راه خود برای پیشرفت در حوزه انرژی، از هوش مصنوعی استقبال کرده‌اند. این کتابچه می‌تواند در جهت آگاه‌سازی در خصوص زمینه‌هایی که هنوز در کشور ما جای بهره‌وری از هوش مصنوعی در حوزه انرژی وجود دارد و نیز کمک به شناخت روند این جریان و آشنایی با روش‌های پرکاربرد در جهت تسریع پیشرفت در این حوزه گام مهمی بردارد.



هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم و مهندسی 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 هرچه بهتر رفتارهای هوشمندانه دارند. امروزه هوش مصنوعی زندگی بیشتر انسان‌ها را تحت تأثیر قرار داده و در آینده‌ای نه چندان 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. پیشرفت در هوش مصنوعی می‌تواند یکی از راه حل‌های بحران‌های بزرگ انرژی - از امنیت شبکه‌های گاز، برق و نفت گرفته تا مدیریت بازارهای انرژی - در سطح جهان باشد.

با پیشرفت در یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، می‌توان از قدرت پیش بینی هوش مصنوعی برای ایجاد مدل‌های داده‌محور بهینه در فرایندهای بازار محور استفاده کرده و توانایی مطالعه روندهای فعلی و آینده، از جمله در دسترس بودن انرژی، قیمت حامل انرژی و امنیت را بهبود بخشید. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند با افزایش رویکرد الگوریتمی در این زمینه، نقشی کلیدی در بهبود تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در زمینه انرژی را ایفا کند. تحولاتی که فناوری‌های نوین از جمله فناوری دیجیتال در صنعت انرژی ایجاد می‌کنند، می‌تواند نحوه تأمین، تجارت و مصرف انرژی را به طور چشم‌گیری تغییر دهند. با توجه به قابلیت‌های متعددی که هوش مصنوعی در پردازش داده ارائه می‌کند، چشم‌پوشی از این فناوری در دیجیتالی نمودن فرایندها غیرممکن گشته است. در این کتابچه، پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های هوش مصنوعی و کاربردهای آن در حوزه انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا با مرور کلیات کاربرد هوش مصنوعی در زیر حوزه‌های مختلف انرژی، بخش‌ها و زیر حوزه‌های تأثیرپذیرتر از نفوذ هوش مصنوعی شناسایی شده‌اند. در ادامه با مرور مقالات و مطالعات موجود از کاربردهای هوش مصنوعی در هر زیر حوزه، موارد مختلف این تکنولوژی در هر زیر حوزه مشخص شده است. در همین راستا، برای هر مورد کاربرد، الگوریتم‌های هوش مصنوعی مورد استفاده، نحوه بهبودهای ایجاد شده در صورت

استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و داده‌های مورد نیاز بررسی شده است.

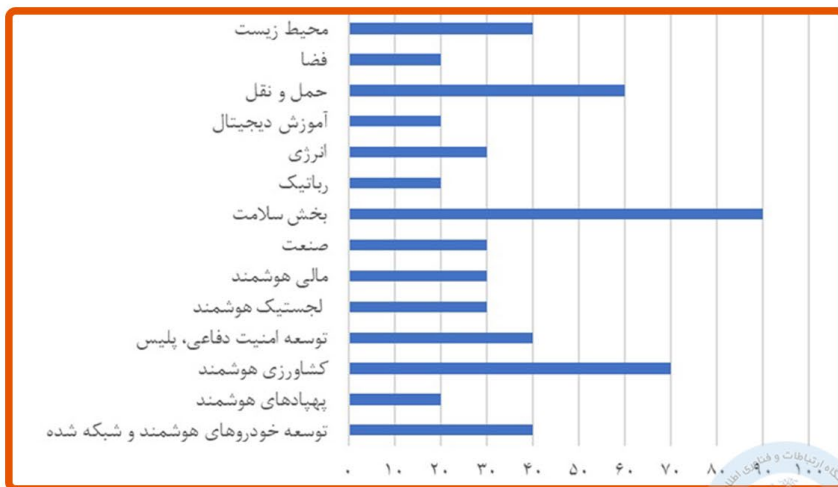
در این کتابچه، سعی شده تا حوزه‌های اولویت‌دار توسعه هوش مصنوعی در کشور، برخی از موارد کاربردی مرسوم در حوزه انرژی، شرکت‌های داخلی فعال در حوزه انرژی و علم‌سنجی حوزه انرژی در ایران و جهان مورد بررسی قرار گیرد.



۲- حوزه‌های تمرکز 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 اولویت‌دار توسعه هوش مصنوعی 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 براساس 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 انرژی

یکی از حوزه‌های قابل تمرکز برای ایران بر اساس جدول ۱ حوزه انرژی می‌باشد. بر اساس شکل ۲ نقش کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه انرژی را می‌توان به زیرشاخه‌های نفت و گاز، انرژی الکتریکی و انرژی تجدیدپذیر تقسیم کرد. در خصوص تعداد مقالات، روش‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی استفاده شده در هر زمینه نتایج و مزیت‌های استفاده شده از هوش مصنوعی در هر زمینه می‌توان به کتاب اصلی که جزئیات بیشتری نسبت به این کتابچه دارد، مراجعه کرد.



شکل ۲ - درخت‌واره موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه انرژی

۳-۱- موارد کاربردی هوش مصنوعی در نفت و گاز

به طور کلی صنعت نفت و گاز به سه بخش بالادست، میانه و پایین دست^۱ تقسیم بندی می شود. تمامی فعالیت های مربوط به زمین شناسی، توسعه میدان و تولید، مربوط به بخش بالادست صنعت نفت و گاز می باشد. بخش میانه انتقال و فراوری نفت و گاز را شامل می شود. توزیع و فروش به مصرف کنندگان نیز مربوط به بخش پایین دست این صنعت می باشد. عمده کاربردهای هوش مصنوعی مربوط به بخش حساس تر بالادست می باشد. با این وجود در بخش های دیگر نیز امکان به کارگیری هوش مصنوعی وجود دارد.

۳-۱-۱ - ارزیابی زمین شناسی

اکتشاف مخازن نفت و گاز متشکل از مجموعه عملیاتی است که منجر به ایجاد یک مدل زمین شناسی سه بعدی از یک میدان نفتی یا مخزن می شود. این عملیات شامل مطالعات ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی و پردازش داده های به دست آمده در طول مطالعات است. مطالعات ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی معمولاً شامل نقشه برداری ارتعاشی^۲ مخزن، چاه پیمایی^۳ و آنالیز مغزه^۴ است. در این بخش به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در این سه زمینه پرداخته می شود.

۱) نقشه برداری ارتعاشی: در نقشه برداری لرزه ای یک دستگاه ارتعاش ساز در سطح زمین امواجی را منتشر ساخته و مجموعه ای از حسگرها امواج بازگشتی از زیرزمین را ثبت می کنند. به داده های ثبت شده توسط حسگرها ردپای ارتعاشی نیز گفته می شود. با تجزیه و تحلیل سری های زمانی ثبت شده از داده ها و موقعیت مکانی حسگرها و ارتعاش ساز، تصویری سه بعدی از برخی مرزبندی های لایه های زیرزمینی حاصل خواهد شد.

¹ Upstream, midstream, and downstream

² Seismic surveying

³ Well logging

⁴ Core analysis

۲) چاه پیمایی: پس از نقشه برداری ارتعاشی و تهیه نقشه اولیه با وضوح و کیفیت نسبتاً پایین، مرحله چاه پیمایی جهت دستیابی به اطلاعات دقیق تر در مورد مشخصه های فیزیکی سطوح زیرزمینی چاه انجام می شود. وضوح حاصل شده در این مرحله به پایین تر از سانتی متر نیز می رسد. در مرحله چاه پیمایی مشخصه هایی نظیر مقاومت الکتریکی، شدت پرتوهای گاما، پاسخ به تحریک مغناطیسی و ... توسط حسگرها ثبت خواهد شد.

۳) آنالیز مغزه: در طول فرایند چاه پیمایی، نمونه برداری از سطوح زیرزمینی نیز با نرخ سه یا چهار بار در هر متر صورت می گیرد. بررسی های بیشتر و دقیق تر آزمایشگاهی این نمونه ها به درک بهتر ویژگی های چاه و مخزن کمک خواهد کرد. به این فرایند آنالیز مغزه گفته می شود. آزمایش های اجرا شده بر روی نمونه ها در فرایند آنالیز مغزه به دو دسته عادی و ویژه تقسیم می شود.

۳- ۱ - ۲ - توسعه میدان

مطالعات توسعه میدان بخشی از مجموعه بخش بالادست صنعت نفت و گاز است که اطلاعات لازم را برای اتخاذ تصمیمات اقتصادی برای پروژه به تولیدکنندگان نفت و گاز ارائه می دهد. در این فرایند بهترین راه حل های فنی ارائه می شود.

۱) مهندسی مخزن: پس از تهیه مدل اولیه زمین شناسی، نوبت به مهندسی مخزن می رسد. هدف در مهندسی مخزن تعیین مسیر جریان سیال، تهیه مدل مخزن، برنامه ریزی توسعه میدان و پیش بینی میزان تولید می باشد. این فرایند با توجه به داده های جمع آوری شده از فرایندهای نقشه برداری ارتعاشی، چاه پیمایی، آنالیز مغزه و داده های تاریخی عملکرد مخزن انجام خواهد شد.

۲) چاه پیمایی: ایجاد چاه هزینه برترین عملیات در توسعه میدان های نفتی است. با توجه به سرمایه گذاری های عظیم در این زمینه، استفاده از تمام داده های قابل جمع آوری جهت تضمین بیشینه بازده در فرایند حفاری در عین حفظ امنیت کار و کاهش ریسک لازم است. عملیات حفاری پروسه ای شامل حجم بسیار زیادی داده است.

مرحله تولید و برداشت مربوط به فرایند استخراج هیدروکربن‌ها می‌باشد. معمولاً میدان‌های تولید شامل بیش از یک چاه هستند. در این بخش به کاربردهای هوش مصنوعی در طی فرایند تولید و برداشت پرداخته خواهد شد.

۱) استخراج مصنوعی: ویژگی‌های عملکردی چاه‌های نفتی و گازی چالش‌های متعددی را برای بهره‌برداران آن‌ها به وجود آورده است. یکی از الگوهای رایج در میزان تولید این چاه‌ها کاهش شدید میزان تولید به صورت ناگهانی می‌باشد. به طور معمول، نرخ تولید چاه‌ها در ابتدای برداشت بسیار بالاست، با این وجود، پس از رسیدن نرخ تولید به بیشینه خود این مقدار افت شدیدی را تجربه خواهد کرد و قادر به ایجاد پروفایل تولیدی سطح نخواهد بود. جهت مقابله با این اثر سیستم‌های استخراج مصنوعی به کار گرفته خواهند شد.

۲) بازیابی افزایش یافته نفت: برای تصمیم‌گیری در مورد روش بهینه پیاده‌سازی بازیابی افزایش یافته نفت نیاز به مدل دقیق مخزن، داده‌های فیزیکی و شیمیایی سیال و ماده تزریقی و همچنین داده‌های بهره‌برداری می‌باشد. با توجه به نیاز بالا به تحلیل داده و حل مسائل بهینه‌سازی در این تصمیم‌گیری، استفاده از ابزار و قابلیت‌های هوش مصنوعی می‌تواند کمک شایانی به اتخاذ تصمیمات بهینه توسط متخصصین انسانی نماید.

۳) امنیت تولید: تضمین امنیت در طی فرایند تولید یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در صنعت نفت و گاز است. منظور از امنیت می‌تواند امنیت کارکنان، امنیت تجهیزات و یا فرایند تولید باشد.

۴) بهینه‌سازی تولید: در صنعت نفت و گاز سرمایه‌گذاری‌های عظیمی جهت ایجاد تأسیسات، حفر چاه و تولید نفت و گاز صورت می‌گیرد. با توجه به این سرمایه‌گذاری‌های هنگفت، انتظار می‌رود میزان تولید در سطح بهینه کنترل شود، تا سودآوری طرح تضمین گردد؛ لذا در طی فرایند تولید نیاز به سیستمی جهت پیش‌بینی و تنظیم سطح تولید در میزان بهینه وجود دارد.

۳-۱-۴- انتقال و توزیع

انتقال و توزیع پس از بخش بالادست صنعت نفت و گاز قرار می‌گیرد. در این بخش به کاربردهای هوش مصنوعی در این زمینه پرداخته خواهد شد.

۱) امنیت انتقال و توزیع: پایش وضعیت لوله‌های انتقال و توزیع با توجه به مسافت بسیار زیاد طی شده توسط آن‌ها در شبکه انتقال و توزیع گاز از جمله زمینه‌هایی است که قابلیت‌های هوش مصنوعی نمود بسیار زیادی پیدا خواهند کرد. به دلیل طول بسیار زیاد و عبور لوله‌ها از مناطق مختلف جغرافیایی امکان بررسی حضوری سلامت آن‌ها میسر نیست.

۲) پیش‌بینی مصرف: با توجه به حجم بسیار زیاد مصرف این نوع انرژی، افزایشی اندک در دقت تخمین مصرف این حامل‌های انرژی می‌تواند اثری قابل توجه از لحاظ اقتصادی در این صنعت ایجاد کند. ویژگی‌ها و قابلیت‌های هوش مصنوعی از جمله قدرت بالای پردازش داده‌های تاریخی، تشخیص الگو و پیش‌بینی، می‌تواند موجب دستیابی به تخمین‌های دقیق‌تر مصرف نفت و گاز گردد.

۳) پیش‌بینی قیمت: در کشورهایی که اقتصادشان وابستگی شدیدی به تولید و صادرات نفت و گاز دارد، پیش‌بینی قیمت این حامل‌های انرژی با استفاده از روش‌های مرسوم قدیمی با دقت نه‌چندان مطلوب کارایی لازم را ندارد.

۳-۲- موارد کاربردی هوش مصنوعی در انرژی الکتریکی

هوش مصنوعی پتانسیل کاهش اتلاف انرژی، کاهش هزینه‌های انرژی و تسهیل و تسریع استفاده از منابع تجدیدپذیر پاک انرژی را در شبکه‌های قدرت دارد. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند برنامه‌ریزی، عملکرد و کنترل سیستم‌های قدرت را بهبود بخشد. در این بخش به کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه انرژی الکتریکی پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۱- تولید و ذخیره‌سازی

تولید، بخش ابتدایی فرایند برق‌رسانی به مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی را تشکیل می‌دهد. در کنار تولید، ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی نیز با توسعه و پیشرفت تکنولوژی باتری‌ها برای برق‌رسانی به مصرف‌کنندگان در صورت نیاز افزایش یافته است. در این بخش به کاربردهای قابلیت‌های هوش مصنوعی در این زمینه‌ها پرداخته خواهد شد.

۱) مواد باتری: با توجه به ماهیت انرژی برق، ذخیره‌سازی آن نسبت به سایر حامل‌های انرژی دشوارتر است. استفاده از باتری یکی از راه‌های محقق‌سازی این امر است. به سبب پیشرفت تکنولوژی و دستیابی به باتری‌هایی با ظرفیت و جریان دهی بالا، استفاده از باتری‌ها در صنعت برق به‌خصوص کنار تولیدات پراکنده و تجدیدپذیر و یا برای تأمین برق اضطراری افزایش یافته است. به همین سبب تلاش برای تولید باتری‌های کاراتر و کنترل و مدیریت بهینه باتری‌های موجود اهمیت بیشتری یافته است. هوش مصنوعی از جمله ابزارهای است که می‌تواند این امور را تسهیل نماید.

۲) سطح شارژ و سلامت باتری: به‌منظور پیشرفت تکنولوژی و دستیابی به باتری‌هایی با ظرفیت و جریان دهی بالا، استفاده از باتری‌ها در صنعت برق به‌خصوص کنار تولیدات پراکنده و تجدیدپذیر و یا برای تأمین برق اضطراری افزایش یافته است؛ بنابراین تلاش برای تولید باتری‌های کاراتر و کنترل و مدیریت بهینه باتری‌های موجود اهمیت بیشتری یافته است.

۳) نیروگاه مجازی: نیروگاه مجازی به مفهوم استفاده از فناوری دیجیتال و هوش مصنوعی برای تجمیع باتری‌های خودروهای الکتریکی و سایر منابع انرژی پراکنده، در یک بستر دیجیتال برای استفاده حداکثر از منابع انرژی می‌باشد. در این راستا فناوری هوش مصنوعی می‌تواند داده‌ها را از منابع تولید پراکنده جمع‌آوری نموده و از راه دور کنترل نماید.



شبکه‌های هوشمند ترکیبی از سیستم‌های اطلاعاتی مدرن و شبکه برق سنتی هستند. مقیاس فزاینده شبکه برق، تولیدات تجدیدپذیر و اصلاح بازار برق باعث پیچیده‌تر شدن سیستم برق می‌شود که عدم اطمینان بالایی را در بهره‌برداری شبکه ایجاد می‌کند. با توجه به این موضوع، فناوری‌های سنتی مدل‌سازی، بهینه‌سازی و کنترل، نیازهای شبکه قدرت را برآورده نخواهد کرد. با توجه به اینکه بیشترین مشکلات در سیستم قدرت، بهینه‌سازی و پیش‌بینی است، هوش مصنوعی می‌تواند راه‌حل‌های منحصر به فردی برای کنترل تولید انرژی، تعادل شبکه برق و تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در شبکه‌های هوشمند ارائه دهد.

(۱) ریز شبکه‌ها: به شبکه‌های مستقلی که به یک منطقه محدود همچون دانشگاه، مجموعه بیمارستان، مرکز تجاری یا محله برق‌رسانی می‌کنند، ریزشبکه می‌گویند. در محدوده تحت پوشش ریزشبکه‌ها یک یا چند منبع تولید انرژی پراکنده (صفحات خورشیدی، توربین‌های بادی، ژنراتورها و ...) وجود دارد که انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف‌کنندگان درون ناحیه را تولید می‌کنند.

(۲) پیش‌بینی مصرف: با توجه به بازه زمانی در نظر گرفته شده، پیش‌بینی بار به سه دسته کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت تقسیم می‌شود.

(۳) پایداری: منظور از پایداری سیستم، قابلیت سیستم در حفظ تعادل و یا رسیدن به نقطه تعادلی دیگر در مدت‌زمان اندک بعد از وقوع یک آشفتگی است. با توجه به توسعه واحدهای اندازه‌گیری فازوری^۱، پیاده‌سازی روش‌های مختلف هوش مصنوعی برای آنالیز پایداری میسر گشته است.

(۴) تشخیص خطا: رویکردهای سنتی برای مسئله تشخیص خطا، ساخت سیستمی مبتنی بر قواعد از پیش تعیین شده است که بخشی از تجربیات یک متخصص انسانی را شبیه‌سازی می‌نماید. این فرایند، طاقت‌فرسا و زمان‌بر است. یکی از کاربردهای مهم هوش مصنوعی تشخیص خطا در مکانیسم‌ها و سیستم‌ها است.

(۵) امنیت شبکه: حملات سایبری به شبکه‌های قدرت عواقبی چون خطاهای بهره‌برداری، قطع زنجیره تأمین انرژی، دزدی داده، از دست رفتن حالت سنکرون و ... را به همراه دارد. این حملات از طریق تزریق داده‌های اشتباه میسر است.

^۱Phasor Measurement Unit (PMU)



۶) تاب‌آوری شبکه: تقویت تاب‌آوری شبکه‌های توزیع نیاز به حل مسائل ترکیبی برنامه‌ریزی و بهره‌برداری در فضایی احتمالاتی بر اساس داده‌های ورودی با ابعاد بالا دارد. از آنجا که راه‌حل‌های سنتی ریاضیاتی با وجود عدم اطمینان و مشکل ابعاد وسیع مسئله به‌خوبی جواب نمی‌دهند، روش‌های مبتنی بر داده در ارتباط با هوش مصنوعی برای حل این مشکلات در دسترس خواهند بود.

۷) تعمیرات و نگهداری: به‌صورت کلی سه روش برای اجرای فرایند تعمیرات وجود دارد. گروه اول تعمیرات واکنشی^۱ یا تعمیرات اصلاحی^۲ نامیده می‌شوند. در این روش پس از وقوع خطا در تجهیز یا سیستم، اقدام به تعمیرات خواهد شد. این نحوه انجام تعمیرات روش سنتی این فرایند بوده و در سالیان اخیر مورد توجه و هدف فناوری هوش مصنوعی قرار نگرفته است.

۸) پخش بار بهینه: کنترل سریع و دقیق در لحظه برای اطمینان از امنیت و بهره‌وری اقتصادی سیستم بسیار حیاتی است. برای این منظور، حل مسئله پخش بار بهینه جریان متناوب با در نظر گرفتن محدودیت‌های بهره‌برداری همچنان یک مسئله بهینه‌سازی مهم و درعین‌حال چالش‌برانگیز برای بهره‌برداری ایمن و اقتصادی از شبکه قدرت است. جهت شناسایی عدم تعادل‌ها و حفظ تعادل بین تولید و تقاضا در چارچوب محدودیت‌های موجود، پخش بار بهینه جریان متناوب باید هر پنج دقیقه به‌وسیله بهره‌بردار شبکه حل شده و تغییرات لازم اعمال گردد. بسیاری از روش‌های سنتی حل این مسائل در مدت‌زمان اندک امکان دستیابی به پاسخی نزدیک به پاسخ بهینه و یا حتی همگرا شدن را نیز ندارند.

¹ Reactive maintenance

² Corrective maintenance

۳-۲-۳- بازار برق

در سال‌های اخیر، تکنیک‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی به طور فزاینده‌ای در تحقیقات حوزه انرژی برای مقابله با مشکلات مختلف مهندسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. باین‌حال، اکثر مطالعات هوش مصنوعی در حوزه انرژی بر حل مسائل فنی خاص متمرکز شده و مباحث محدودی در مورد نحوه استفاده از هوش مصنوعی برای مسائلی همچون بازار برق مطرح شده است. در این بخش به این موارد پرداخته شده است.

(۱) پیش‌بینی قیمت: پیش‌بینی دقیق قیمت برق، تولیدکنندگان برق را قادر می‌سازد تا برنامه‌های تولید بهینه را تنظیم کرده و استراتژی‌های پیشنهاد قیمت را در بستر بازار تغییر دهند تا حداکثر سود را به دست آورند. پیش‌بینی قیمت برق برای مصرف‌کنندگان نیز مفید است؛ چرا که در برابر قیمت‌های بالای برق محافظت شده و بهره‌وری بیشتری از منابع انرژی الکتریکی با هزینه کمتر خواهند داشت.

(۲) معامله الگوریتمی: پیشرفت تکنولوژی به طور کامل شیوه تجارت در بازارهای برخط نظیر بازارهای سهام و بازار انرژی الکتریکی را تغییر داده است. در این‌گونه بازارها تمامی مراحل فرایند معاملات به‌صورت دیجیتالی است و به طور قابل توجهی هزینه صرف شده برای واسطه‌های مختلف را به حداقل می‌رساند.

۳-۲-۴- سمت مصرف‌کننده:

با افزایش اهمیت کیفیت و قابلیت اطمینان انرژی تحویلی به مشترکین و همچنین قدم برداشتن در راستای هوشمندسازی شبکه‌های قدرت، به‌کارگیری فناوری‌های نوین از جمله هوش مصنوعی در سمت مصرف‌کننده این شبکه‌ها اهمیت بالایی پیدا کرده است.

(۱) پاسخگویی بار: پاسخگویی بار به بهره‌بردار شبکه اجازه می‌دهد تعادل شبکه قدرت را با هزینه کم حفظ کند. برای دستیابی به این اهداف، قابلیت‌های هوش مصنوعی به طور گسترده توسط محققین استفاده شده است.

(۲) خانه هوشمند: خانه هوشمند اقامتگاهی مجهز به تجهیزاتی نظیر سنسورها، شبکه‌های بی‌سیم و یا باسیم، عملگرها^۱ و سیستم‌های هوشمند است. هوش مصنوعی دستگاهی را توصیف می‌کند که محیط خود را درک کرده و اقداماتی انجام دهد که شانس آن را برای دستیابی به موفقیت به حداکثر برساند.

^۱actuator

۳) ماشین الکتریکی: در سال‌های اخیر، موارد فنی بیشتری در مورد وسایل نقلیه برای بهبود ایمنی مسافران و عابران پیاده عنوان شده است. علاوه بر این، تعداد بیشتری وسیله نقلیه در جاده‌ها وجود دارد که امکان جا به جایی سریع و راحت را به وجود آورده است. با این حال، این امر منجر به افزایش چشمگیر سطح آلودگی هوا در محیط‌های شهری شده و به همین دلیل، اکثر کشورهای پیشرفته استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی را برای جلوگیری از افزایش غلظت آلاینده‌های هوا در دستور کار قرار داده‌اند.

۳-۳-۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در انرژی‌های تجدیدپذیر

هوش مصنوعی یکی از اصلی‌ترین عوامل ترغیب‌کننده جهت اقبال جهانی به انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه‌های غیرمتمرکز می‌باشد. این فناوری می‌تواند عرضه و تقاضای برق را در زمان واقعی به تعادل رسانده و مصرف و ذخیره انرژی را بهینه‌سازی نماید. در این بخش کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه تولیدات خورشیدی، بادی و زمین گرمایی مورد مطالعه قرار گرفته است.

۳-۳-۱- انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی شکلی از انرژی‌های تجدیدپذیر است که مستقیماً از طریق تابش خورشید به دست می‌آید. در حال حاضر، تحقیقات متعددی برای بررسی نقش ارزشمند انرژی خورشیدی در زندگی آینده و چگونگی افزایش میزان انرژی تولید شده از تابش خورشید انجام شده است. در این بخش به کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه انرژی خورشیدی پرداخته خواهد شد.

۱) پیش‌بینی تابش: داده‌های هواشناسی مانند تابش خورشید، دمای محیط، رطوبت نسبی، سرعت وزش باد، شاخص پاک‌ی و مدت‌زمان تابش آفتاب به‌عنوان داده‌های تأثیرگذار و کاملاً متغیر در میزان منابع انرژی تجدیدپذیر در دسترس عنوان می‌شوند؛ بنابراین لازم است که بتوان مدل‌های پیش‌بینی و تخمین این داده‌ها را تدوین کرد.

۲) تعیین ظرفیت: توان خروجی یک سیستم تولید انرژی خورشیدی متناسب با میزان تابش متفاوت است. ظرفیت سیستم مشخصه مهمی در طراحی سیستم‌های فتوولتائیک است. انتخاب بهینه تعداد پنل‌های سلول خورشیدی، انتخاب کلکتور و ظرفیت باتری ذخیره‌سازی امری مهم از لحاظ اقتصادی برای برقرسانی به نقاط هدف است.



۳) ردیابی خورشید: در سالیان اخیر تولیدات انرژی‌های تجدیدپذیر محبوبیت زیادی پیدا کرده و سیستم‌های فتوولتائیک نیز نمونه‌ای از این تولیدات می‌باشند. یکی از راه‌های مطلوب برای افزایش کارایی این سیستم‌ها، حداکثر نمودن توان خروجی آن‌ها است. برای این منظور، باید صفحات سلول‌های خورشیدی با خورشید هماهنگ نگه داشته شوند.

۴) ردیابی نقطه توان بیشینه: یکی از تکنیک‌های مؤثر در افزایش بازده سیستم‌های فتوولتائیک، ردیابی نقطه بیشینه توان خروجی است. این تکنیک برای تولید حداکثر توان ممکن توسط سلول‌های خورشیدی به وسیله بهره‌برداری از آن‌ها در نقاط کار بهینه استفاده می‌شود.

۵) تشخیص خطا: در حین کار سیستم‌های فتوولتائیک در شرایط متغیر و پیچیده آب و هوایی، خطاها همواره از جمله عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد تولیدات این سیستم‌ها بوده است. چنین خطاهایی می‌تواند منجر به کاهش طول عمر سیستم، کاهش انرژی تولید شده توسط سیستم یا حتی مسائل جدی مربوط به ایمنی شود؛ بنابراین، توسعه روش‌های تشخیص خطا برای یک سیستم فتوولتائیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۶) تعمیرات پیش‌بینانه: پیش‌بینی و شناسایی خطاها در مراحل اولیه بسیار مهم و ضروری است. در صورت گسترش خطا و شدیدتر شدن سطح آن، هزینه تعمیرات می‌تواند به‌صورت تصاعدی بیشتر شده و افزایش مدت‌زمان تعمیر کامل را در پی داشته باشد؛ بنابراین، پیش‌بینی یک خرابی و یا خطا از قبل، در تولیدات تجدیدپذیر بسیار مهم است.

۳-۳-۲- انرژی بادی

نیروی باد، به‌عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر، توجه بسیاری از فعالین و محققین در حوزه انرژی در بسیاری از کشورها را به خود جلب کرده است؛ چرا که از آن به‌عنوان یکی از منابع اصلی انرژی برای تأمین تقاضای روزافزون انرژی عنوان می‌شود. در این بخش به کاربرد هوش مصنوعی در زمینه انرژی‌های بادی پرداخته خواهد شد.

۱) پیش‌بینی باد و شرایط جوی: از آنجا که سرعت باد و نوسانات غیرخطی آن، مؤلفه‌های اصلی در پیش‌بینی تولید انرژی توربین‌های بادی را تشکیل می‌دهند، بهبود پیش‌بینی انرژی باد به بهره‌بردارهای شبکه در کاهش خطر عدم اطمینان در تأمین برق کمک می‌کند و مزایای مالی و فنی قابل توجهی را به همراه خواهد داشت.

۲) ردیابی نقطه تنوان بیشینه: در سال‌های اخیر، سیستم‌های تولید انرژی بادی با سرعت ثابت، به دلیل بازده تولید انرژی اندک، تنش در قطعات مکانیکی و کیفیت پایین انرژی تولیدی، جای خود را به سیستم‌هایی با سرعت متغیر داده‌اند. با کنترل این سیستم‌ها می‌توان حداکثر ضریب توان توربین را در دامنه وسیعی از سرعت باد به دست آورد و علاوه بر کاهش تنش مکانیکی و آلودگی صوتی، انرژی بیشتری را از باد تولید نمود.

۳) تشخیص خطا: با توجه به این که وقوع خطا در توربین‌های بادی اقدامات ترمیمی و یا تعویض را در پی خواهد داشت که در این صورت بخشی از تولید انرژی نیز از دست خواهد رفت. با در نظر گرفتن این مسائل، شناسایی و محدودسازی خطاهای توربین بادی در اسرع وقت برای انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از پیامدهای حادثه از اهمیت بالایی برخوردار است.

۴) تعمیرات پیش‌بینانه: کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات در مزارع بادی، سودآوری قابل توجهی را به همراه خواهد داشت. برای این منظور، سیستم‌های پایش وضعیت توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

۳-۳-۳- انرژی زمین گرمایی

با توجه به جنبه‌های متعددی که در سیستم‌های زمین گرمایی وجود دارد، می‌توان از الگوریتم‌های هوش مصنوعی به‌منظور افزایش مطلوبیت و کارایی این سیستم‌ها استفاده کرد.

۱) تعیین توزیع دمای مخزن: تخمین توزیع دمای مخزن منابع انرژی زمین گرمایی با استفاده از داده‌های دمایی اندازه‌گیری شده در طول فرایند حفاری چاه صورت می‌پذیرد. داده‌های دمایی ثبت شده از نقاط مختلف چاه در فرایند حفاری با استفاده از یک الگوریتم کامپیوتری از دید انتقال حرارت همرفت گذرا در لایه‌های سنگی اطراف چاه بررسی شده و توزیع دمایی تخمین زده می‌شود.

۲) تخمین ظرفیت تخلیه چاه: صحبت در مورد قابلیت استفاده از چاه بدون برآورد حداکثر جریان تخلیه ممکن چاه در شرایط مختلف امکان‌پذیر نیست. میزان جریان گرمی و آنتالپی جاری از جمله عواملی هستند که خروجی چاه تولیدات انرژی زمین گرمایی به آن‌ها بستگی دارد.



یکی از مزایای اصلی نیروگاه‌های برق آبی در مقیاس بزرگ که دارای مخازن آب هستند این است که در این نیروگاه‌ها تولید برق می‌تواند بسیار انعطاف‌پذیر باشد. در زمینه نیروگاه‌های آبی نیز الگوریتم‌های هوش مصنوعی کاربردهایی را داشته‌اند که در زیر به آن‌ها پرداخته شده است.

(۱) پیش‌بینی جریان آب ورودی: پتانسیل تولید انرژی به این روش وابستگی زیادی به شرایط آب و هوایی و میزان جریان آب ورودی به مخزن دارد؛ لذا داشتن پیش‌بینی‌های مناسب از پارامترهای متغیر این فرایند می‌تواند به بهینه‌سازی بازده عملکردی سیستم کمک کند. در این راستا قابلیت‌های متنوع هوش مصنوعی از جمله یادگیری ماشین مورد توجه محققین قرار گرفته است.

(۲) برنامه‌ریزی مدیریت مخزن: با توجه به این که آب علاوه بر تولید انرژی به‌عنوان یک ماده مصرفی نیز کاربردی حیاتی دارد، مدیریت این منبع از اهمیت بالایی برخوردار است. برای حل این دست مسائل استفاده از الگوریتم‌های متنوع مبتنی بر هوش مصنوعی میسر خواهد بود.

(۳) برنامه‌ریزی تعمیرات: با داشتن سیستم نظارت لحظه‌ای که اجزای مختلف نیروگاه را از جهت سلامت و نحوه عملکرد تجزیه و تحلیل کند، می‌توان بهره‌برداری را گسترش داد و برنامه‌ریزی بهتری برای تعمیرات برنامه‌ریزی شده ارائه کرد. تجزیه و تحلیل این داده‌ها با استفاده از روش‌های مختلف هوش مصنوعی میسر خواهد بود.

۴- شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی در حوزه انرژی

از بین شرکت‌های ایرانی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی، بر اساس اطلاعات موجود در سایت معاونت علمی و فناوری، ۱۶ شرکت در حوزه انرژی شناسایی شد که سطح پوشش کاربردها توسط آن‌ها در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲: سطح پوشش کاربردهای حوزه خدمات هوش مصنوعی در حوزه انرژی توسط شرکت‌های داخلی

عنوان مورد کاربرد	اندیشه هوشمند رایان پارسی	ارتعاش الکترونیک آوج	شرکت ایده خلاقان عصر اطلاعات	فرا جهش ویرا	شرکت سنجش افراز آسیا	اتصال صنعت مینمه	برگ سبز فناوری	پیلادای اسپادانا	اندیشه کامپیوتر	مهندسی پندپندرواز	شرکت سنجش افراز آسیا	داده‌ورازی ایران	دانش سپهر نوین آردن	رایدوکار گروه نوین	راه‌ن سیستم پویا گستر	ایفای صنعت عرب
نفت و گاز	✓		✓	✓		✓										
انرژی الکتریکی					✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
انرژی‌های تجدیدپذیر															✓	✓

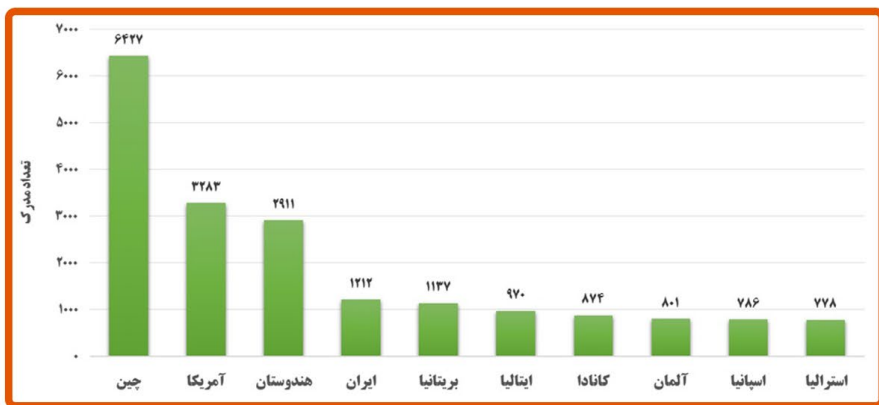
۵- علم‌سنجی و بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» در ایران و جهان

یافته‌های حاصل از مطالعات سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری از مهم‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاری در هر کشور به شمار 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 بسیار مورد توجه 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 به کار برده می‌شوند. هدف این بخش به‌کارگیری ابزار علم‌سنجی جهت بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» 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 شده و در گام بعدی وضعیت اسناد بازیابی شده جهان در این حوزه مابین سال‌های ۱۹۶۸ تا ۲۰۲۰ میلادی (۲۷۱۹۳ سند) و اسناد منتشر شده ایران در این حوزه مابین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۰ میلادی (۱۲۱۲ سند) در مواردی همچون 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 نویسندگان 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.

۵-۱- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی»

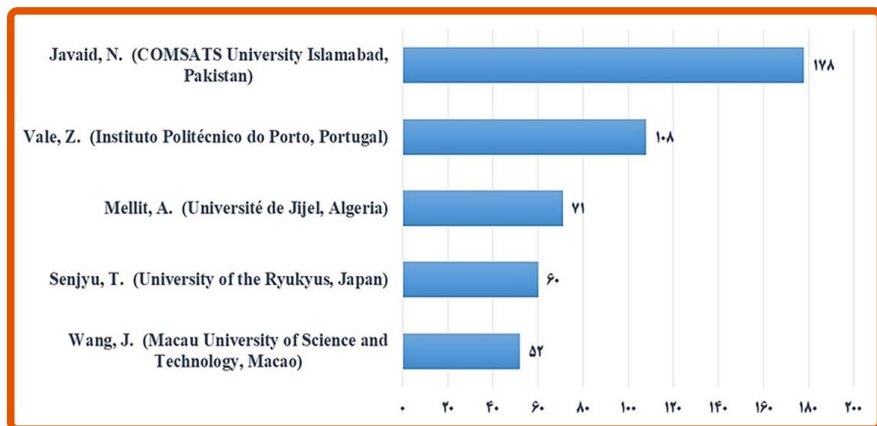
در این بخش، اسناد مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» در جهان استخراج شده‌اند. برای این منظور و با استفاده از نظرات خبرگان و همچنین مطالعه ادبیات موجود، مهم‌ترین واژگان در این حوزه شناسایی شده و با جستجو در پایگاه استنادی اسکوپوس، تعداد ۲۷۱۹۳ سند (شامل مقاله، کتاب و...) مابین سال‌های ۱۹۶۸ تا پایان سال ۲۰۲۰ میلادی استخراج و بازبینی شده است که در ادامه به تحلیل نتایج به‌دست‌آمده پرداخته خواهد شد.

وضعیت رتبه‌بندی کشورهای دارای بیشترین سند منتشر شده در شکل ۳ نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا، هندوستان، ایران و بریتانیا در صدر این رتبه‌بندی قرار دارند و از قاره آسیا نیز کشورهای چین، هندوستان و ایران در بین ۱۰ کشور برتر قرار دارند.



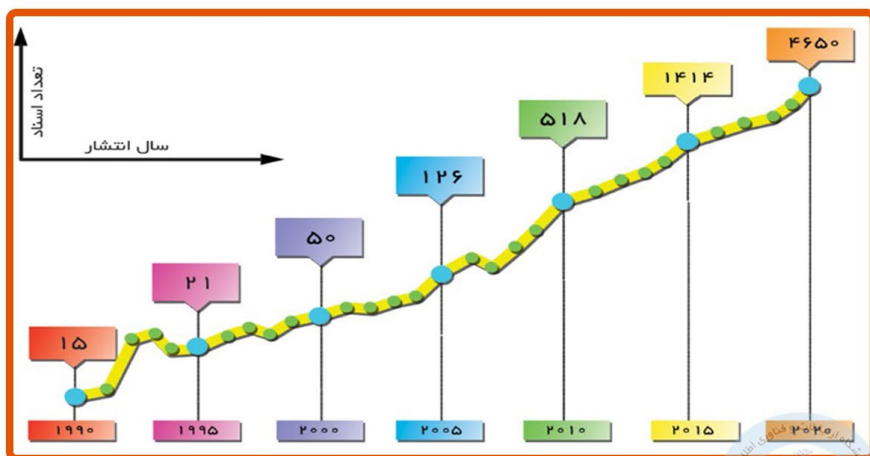
شکل ۳ - کشورهای دارای بیشترین سند منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۱۹۶۸-۲۰۲۰)

نویسندگان این حوزه در جهان، با بیشترین تعداد سند منتشر شده (۵ نویسنده برتر) نیز در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ - نویسندگان برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال های ۲۰۲۰-۱۹۶۸)

روند و تعداد اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» 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 جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی»

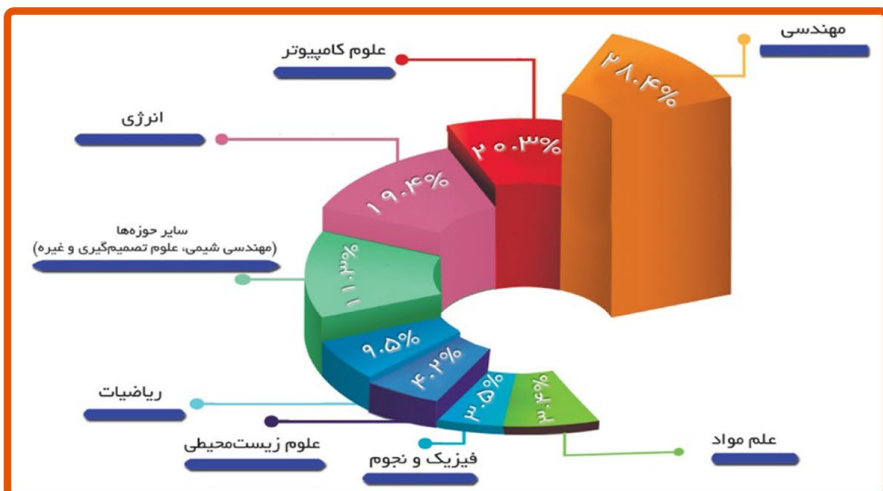


همچنین ۱۰ دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی در جهان که بیشترین تعداد سند را در این زمینه منتشر نموده‌اند در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: ده دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۸)

ردیف	نام دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی	تعداد سند منتشر شده
۱	دانشگاه برق شمال چین	۶۹۰
۲	وزارت آموزش چین	۳۶۲
۳	دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)	۳۲۰
۴	دانشگاه چینخوا	۲۳۹
۵	مؤسسه تحقیقات برق چین	۲۲۸
۶	دانشگاه COMSATS اسلام‌آباد	۲۱۹
۷	آکادمی علوم چین	۲۱۱
۸	دانشگاه جیانو تنگ شانگهای	۲۰۵
۹	دانشگاه جی‌جیانگ	۱۹۹
۱۰	شرکت برق دولتی چین	۱۹۶

وضعیت و میزان اسناد منتشر شده جهان در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل مشخص است، حوزه‌های مهندسی، علوم کامپیوتر و انرژی 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 انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۸)



در نهایت وضعیت نهادهای تأمین کننده مالی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» نیز در جدول ۴ نشان داده شده است. مطابق با اطلاعات جدول ۴، اغلب نهادهای تأمین کننده مالی مربوط به ۲ کشور آمریکا و چین هستند.

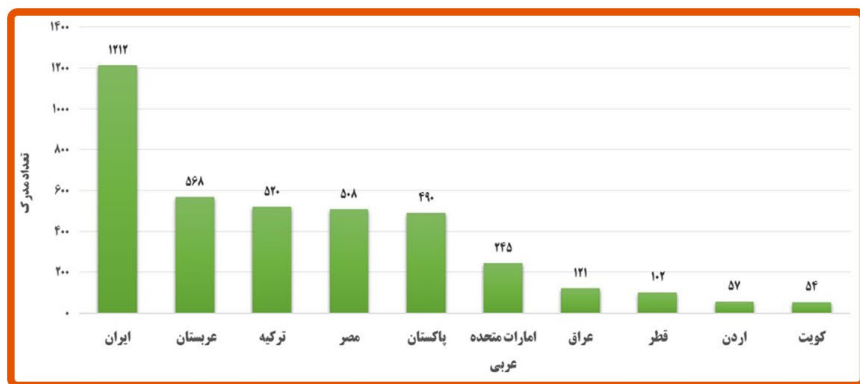
جدول ۴ - نهادهای تأمین کننده مالی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۸)

ردیف	نهاد	تعداد سند منتشر شده
۱	بنیاد ملی علوم طبیعی چین	۲۰۸۶
۲	بنیاد ملی علوم	۴۴۶
۳	کمیسیون اروپا	۴۳۳
۴	بودجه تحقیقات بنیادی برای دانشگاه‌های مرکزی	۳۸۶
۵	برنامه ملی تحقیق و توسعه چین	۳۲۵
۶	وزارت علم و فناوری چین	۳۰۲
۷	وزارت آموزش چین	۲۹۳
۸	وزارت انرژی آمریکا	۲۸۱
۹	برنامه چارچوب افق ۲۰۲۰	۲۵۲
۱۰	صندوق توسعه منطقه‌ای اروپا	۲۴۴

۵ - ۲ - بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی»

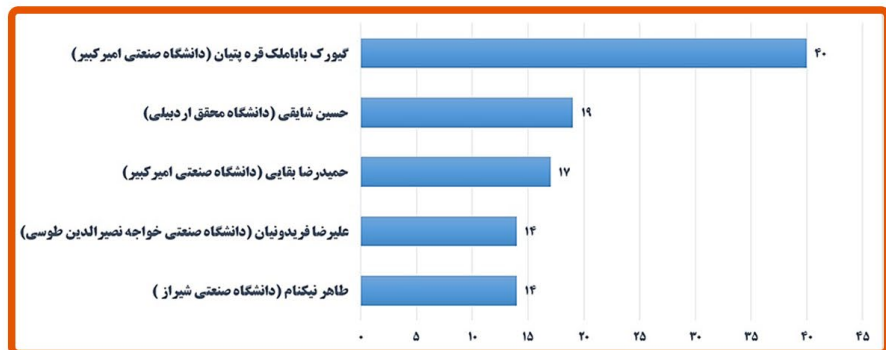
همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد، ۲۷۱۹۳ سند بین‌المللی در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» از پایگاه اسکوپوس بازیابی شدند. پس از محدود نمودن این نتایج به کشور ایران، تعداد نتایج حاصله برابر با ۱۲۱۲ سند (شامل مقاله، کتاب و...) مابین سال‌های ۲۰۰۴ تا پایان سال ۲۰۲۰ میلادی می‌باشند که از این پایگاه بازیابی 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. همانگونه که در شکل مذکور مشخص است، کشورهای ایران، عربستان و ترکیه کشورهای برتر منطقه در این حوزه به شمار می‌آیند.



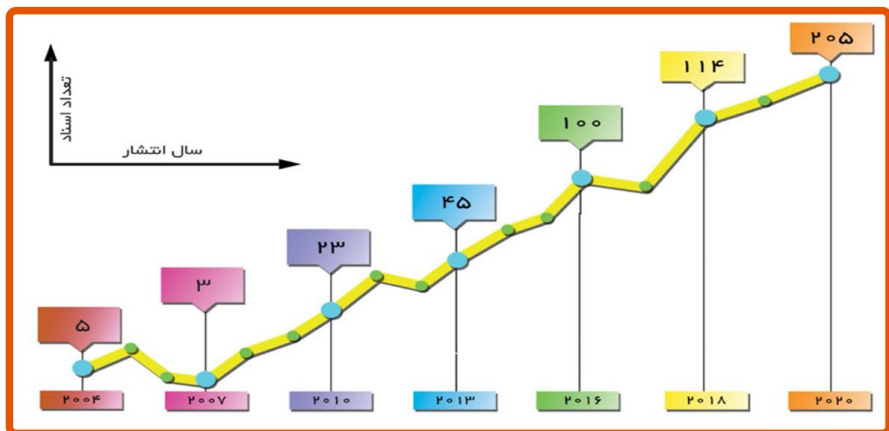
شکل ۷ - جایگاه ایران در میان رقبای مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۲۰)

نویسندگان این حوزه در ایران، با بیشترین تعداد سند منتشر شده (۵ نویسنده برتر) در شکل ۸ نشان داده شده است. مطابق با این شکل، گیورک باباملک قره‌پتیان و حسین شایقی نویسندگان برتر در کشور ایران هستند.



شکل ۸ - نویسندگان برتر ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

تعداد اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» و روند آن در شکل ۹ نشان داده شده است. مطابق با این شکل، انتشار اسناد این حوزه در ایران، روندی صعودی دارد که نشان‌دهنده اهمیت بالای این حوزه است.



شکل ۹ - روند اسناد منتشر شده ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی»

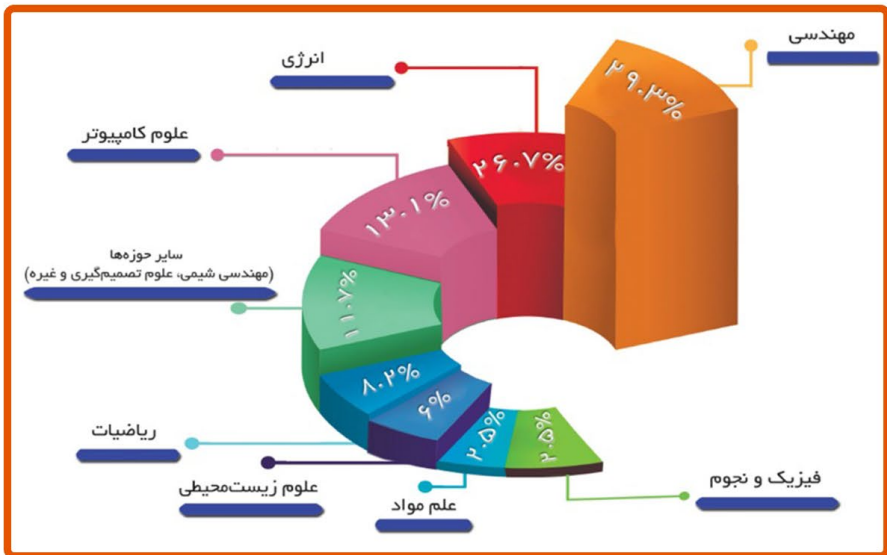
همچنین ۱۰ مؤسسه/دانشگاه/مرکز تحقیقاتی در ایران که بیشترین تعداد اسناد را در این زمینه منتشر نموده‌اند، در جدول ۵ نشان داده شده است. مطابق با جدول مذکور، دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)، دانشگاه تهران و دانشگاه صنعتی امیرکبیر رتبه‌های اول تا سوم را در میان دانشگاه‌های ایران به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۵: ده دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی برتر ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

ردیف	نام دانشگاه/مؤسسه/انهاد	تعداد سند منتشر شده
۱	دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)	۳۲۰
۲	دانشگاه تهران	۱۲۵
۳	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۱۲۶
۴	دانشگاه علم و صنعت ایران	۷۸
۵	دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی	۶۸
۶	دانشگاه صنعتی شریف	۵۸
۷	دانشگاه شهید بهشتی	۵۰
۸	دانشگاه تبریز	۵۰
۹	دانشگاه شهید باهنر کرمان	۴۱
۱۰	دانشگاه تربیت‌مدرس	۴۰

وضعیت و میزان اسناد منتشر شده در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» 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، انرژی، علوم کامپیوتر و ...) در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» فعالیت می‌کنند.





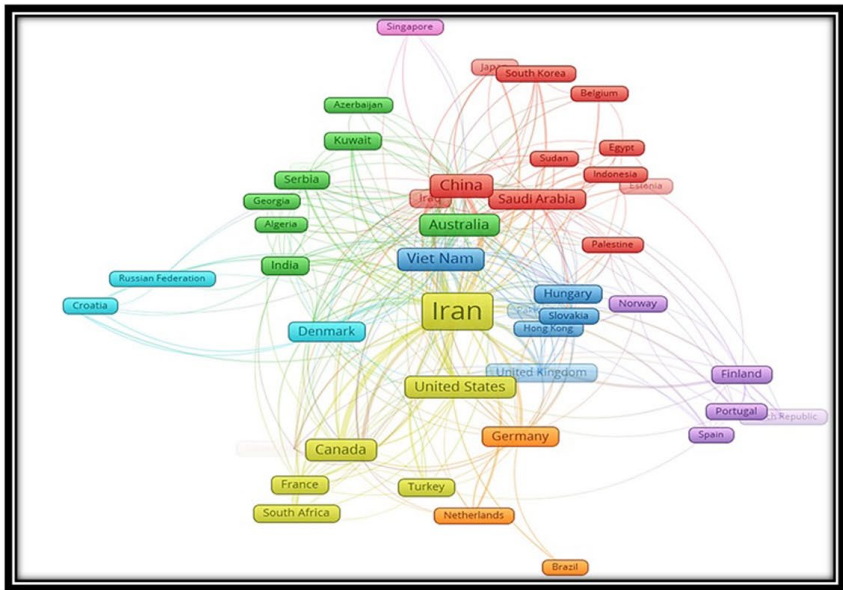
شکل ۱۰ - درصد اسناد منتشر شده ایران در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

مطابق با نتایج بدست آمده و همانطور که در جدول ۶ مشخص است، محققان کشور ایران با محققان کشورهای همجونی آمریکا، کانادا، چین، استرالیا و مالزی بیشترین میزان همکاری در تدوین مقالات «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» را دارند.

جدول ۶ - میزان مشارکت پژوهشگران کشورمان در زمینه تدوین مقالات «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» با پژوهشگران سایر کشورها (سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

ردیف	نام کشور	تعداد همکاری مشترک با ایران
۱	آمریکا	۷۲
۲	کانادا	۷۲
۳	چین	۶۱
۴	استرالیا	۴۹
۵	مالزی	۴۸
۶	ویتنام	۴۲
۷	دانمارک	۴۰
۸	ایتالیا	۲۶
۹	بریتانیا	۲۴
۱۰	آلمان	۲۰

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



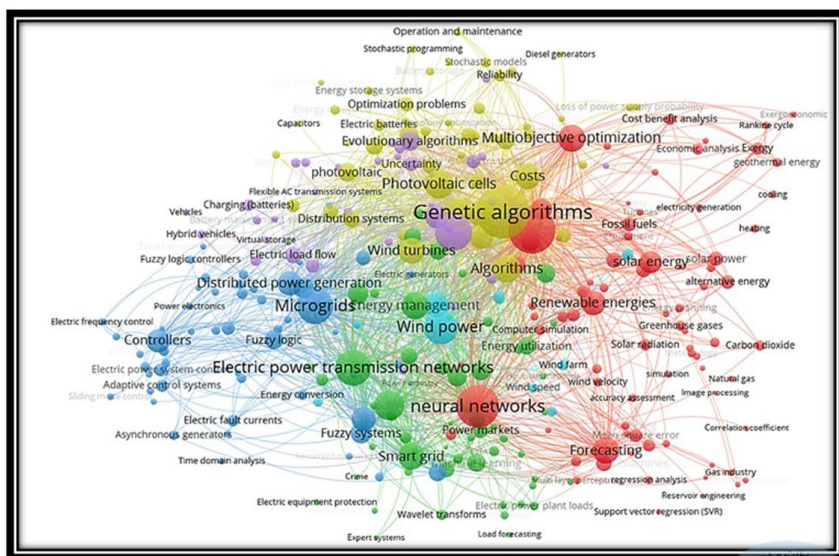
شکل ۱۱ - نقشه ارتباطات بین‌المللی کشور ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

در ادامه و به منظور ترسیم ساختار حوزه دانشی «کاربرد هوش مصنوعی در زمینه انرژی» در ایران، در ابتدا با استفاده از خروجی‌های حاصل از پایگاه «اسکوپوس» و با بهره‌گیری از نرم‌افزار Bibexcel، تحلیل واژگان مربوطه در ۱۲۱۲ سند انجام شده است. در این قسمت لغات با بیشترین تکرار، از لغات موجود در اسناد استخراج شده است. این کار باعث می‌شود که لغاتی که تکرار کمتری در این اسناد دارند، حذف شده و شبکه نیز فقط بر روی نمایش لغات مهم در این حوزه متمرکز شود. در جدول ۷ برخی از واژه‌های با تکرار بالا در اسناد ایران نشان داده شده است.

جدول ۷- پرتکرارترین واژگان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (مستخرج از اسناد کشور ایران) (سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

تعداد تکرار	واژه
۴۲۳	Genetic algorithms
۳۰۰	Neural networks
۲۸۷	optimization
۲۰۶	Microgrids
۱۷۶	Electric power transmission networks
۱۷۴	Renewable energy resources
۱۵۶	Wind power
۱۴۴	Smart power grids
۱۳۲	Photovoltaic cells
۱۳۰	Smart grid

در ادامه، شبکه هم‌واژگانی برای تمامی کلمات کلیدی مطرح شده در اسناد علمی ایران ترسیم شده است. شکل ۱۲ میزان ارتباط و تکرار هر واژه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- شبکه هم‌واژگانی کشور ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی» (سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴)

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 هوشمند"، " الگوریتم ژنتیک" و " منابع انرژی تجدیدپذیر" چون دایره‌های بزرگ‌تری دارند، در واقع بیشترین تکرار در میان اسناد منتشر شده در این حوزه در ایران را به خود اختصاص داده‌اند.



تکنیک‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی قابلیت‌های متنوعی را در زمینه‌های مختلف پردازش داده از جمله داده‌کاوی، پیش‌بینی، بهینه‌سازی، تشخیص الگو، دسته‌بندی و خوشه‌بندی ارائه می‌کنند. در این کتابچه مروری بر موارد کاربرد این تکنیک‌ها در حوزه انرژی انجام شده است. در این راستا ابتدا زیر حوزه‌های اصلی و بخش‌ها و زیربخش‌های مرتبط با هر زیر حوزه و تأثیرپذیر از هوش مصنوعی تعیین شده و در ادامه درختواره موارد کاربرد هوش مصنوعی در حوزه انرژی ارائه شده است. با توجه به مطالعات صورت گرفته، سه زیر حوزه نفت و گاز، انرژی الکتریکی و انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل اهمیت و سودآوری عظیم در صورت استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی، تأثیرپذیری بیشتری از این فناوری در صنعت انرژی داشته‌اند.

تحلیل و ارزیابی شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات مرتبط با کاربرد های هوش مصنوعی در حوزه انرژی، از دیگر مواردی است که در این کتابچه به آن پرداخته شده است. ۱۶ شرکت فعال ایرانی در این حوزه شناسایی شد که تمرکز آن‌ها عمدتاً بر روی توسعه محصولات مبتنی بر کاربردهای هوش مصنوعی در رابطه با انرژی الکتریکی است. در شرکت‌های ذکر شده در سطح داخلی، اغلب درجه استفاده از هوش مصنوعی بسیار اندک می‌باشد. به عبارت دیگر، محصولات را که تاکنون در شرکت‌های داخلی ارائه شده‌اند، می‌توان به‌عنوان برنامه‌های کاربردی ابتدایی در نظر گرفت که هنوز جای زیادی برای پیشرفت و استفاده از روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین دارند.

باتوجه به موارد کاربردی مطالعه شده می‌توان گفت که الگوریتم‌های یادگیری تحت نظارت و یادگیری عمیق در حوزه انرژی بسیار پرکاربرد بوده‌اند. از جمله الگوریتم‌های یادگیری تحت نظارت بسیار پرکاربرد می‌توان به شبکه‌های عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبانی و از جمله الگوریتم‌های یادگیری عمیق بسیار پرکاربرد نیز می‌توان به یادگیری عمیق بازگشتی اشاره کرد. علاوه بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین، روش‌ها و تکنیک‌های بهینه‌سازی نیز نقش بسیار پررنگی در حوزه انرژی برای انجام بهینه‌سازی‌های هوشمند داشته‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به بهینه‌سازی فازی، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، زنبورعسل مصنوعی، کلونی

مورچگان و تبرید شبیه‌سازی شده اشاره 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 است. همچنین بیشترین میزان همکاری محققان ایرانی در این حوزه با محققان کشورهای آمریکا، کانادا و چین بوده است. از طرفی بیشترین محققان فعال در این حوزه شامل اساتید و دانشجویان حوزه های علوم کامپیوتر، مهندسی و انرژی 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://twitter.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