

کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست



وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات
پژوهشگاه ارتباطات
و فناوری اطلاعات



مجموعه کتابچه‌های کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف

کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست

پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی

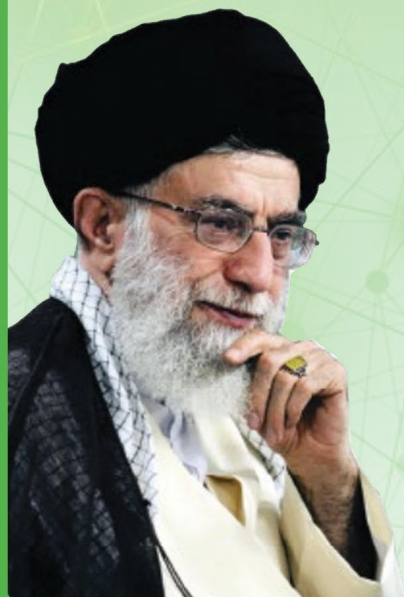
پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

مرکز نوآوری و توسعه هوش مصنوعی

بهار ۱۴۰۱

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 صورت گرفته 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 فرارگرفتن 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 زارع‌پور

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

- ۷ خلاصه مدیریتی
- ۹ ۱- مقدمه
- ۱۰ ۲- حوزه‌های اولویت‌دار جهت تمرکز دولت‌ها برای بکارگیری هوش مصنوعی
- ۱۲ ۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست
- ۱۳ ۳-۱- موارد کاربردی هوش مصنوعی در آب و هوا
- ۱۵ ۳-۲- موارد کاربردی هوش مصنوعی در بوم‌شناسی حیوانات
- ۱۶ ۳-۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در بوم‌شناسی گیاهان
- ۱۷ ۳-۴- موارد کاربردی هوش مصنوعی در بوم‌شناسی مدیریت خاک
- ۱۸ ۳-۵- موارد کاربردی هوش مصنوعی در بوم‌شناسی مدیریت آب
- ۱۹ ۳-۶- موارد کاربردی هوش مصنوعی در بوم‌شناسی مدیریت پسماند
- ۲۱ ۳-۷- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حفاظت از محیط زیست
- ۲۲ ۴- شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست
- ۲۳ ۵- علم‌سنجی و بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» در ایران و جهان
- ۲۴ ۵-۱- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست»
- ۲۸ ۵-۲- بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست»
- ۳۵ ۶- جمع‌بندی
- ۳۷ منابع

خلاصه مدیریتی

با توسعه و رشد روزافزون فناوری اطلاعات و به‌خصوص فناوری‌های تولید، انتقال، نگهداری و پردازش داده، استفاده از سیستم‌هایی که بتوانند این داده‌ها را 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 هوش مصنوعی است. امروزه هوش مصنوعی زندگی بیشتر انسان‌ها را تحت تأثیر 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، پروژه‌های تحت عنوان «تدوین برنامه توسعه ملی هوش مصنوعی» در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات انجام شده که یکی از خروجی‌های این پروژه شناسایی کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه‌های اصلی و اولویت‌دار کشور است. یکی از این اولویت‌ها حوزه محیط زیست است که در این کتابچه به کارکردها و کاربردهای هوش مصنوعی در این حوزه پرداخته شده است.

در این کتابچه به بررسی موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست و نیز آخرین تحولات استفاده از هوش مصنوعی در این حوزه پرداخته شده است. 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 کاربردی معرفی شده است. این زیر حوزه‌ها شامل (۱) آب و هوا، (۲) بوم‌شناسی گیاهان، (۳) بوم‌شناسی حیوانات، (۴) مدیریت آب، (۵) خاک، (۶) مدیریت پسماند و (۷) حفاظت می‌باشند. همچنین، روش‌های یادگیری ماشین، انواع داده‌ها، پلتفرم‌ها و ابزارهای مناسب، تخصص‌های مورد نیاز و روند پردازش توسط هوش مصنوعی مورد بررسی قرار گرفته است.



تحلیل و ارزیابی شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات مرتبط با کاربرد های هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست، از دیگر مواردی است که در این کتابچه به آن پرداخته شده است. ۱۴ شرکت فعال ایرانی در این حوزه شناسایی شدند که تمرکز آن‌ها عمدتاً بر روی توسعه محصولات مبتنی بر کاربردهای هوش مصنوعی در رابطه با آب و هوا و مدیریت آب و انرژی است. در شرکت‌های ذکر شده در سطح داخلی، اغلب میزان استفاده از هوش مصنوعی بسیار اندک می‌باشد. به عبارتی دیگر، محصولات مبتنی بر هوش مصنوعی در شرکت‌های داخلی ارائه شده‌اند را می‌توان به‌عنوان برنامه‌های کاربردی ابتدایی در نظر گرفت که هنوز جای زیادی برای پیشرفت و استفاده از روش های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین دارند. همچنین در انتهای این کتابچه نیز به بررسی وضعیت اسناد علمی منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» در ایران و جهان با استفاده از علم‌سنجی پرداخته شده است و مواردی از قبیل 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 فعال‌ترین نویسندگان مقالات در ایران و جهان در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

ظهور هوش مصنوعی می‌تواند راه را برای پیگیری اهداف توسعه‌ای و حفاظت از محیط زیست هموار کند. فناوری‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای نظارت بر سطح آلودگی، کاهش مصرف انرژی و درک بهتر اثرات تغییرات آب و هوایی در حال توسعه هستند. دولت‌ها در سراسر جهان، چه در سطح محلی و چه در سطح مرکزی، در برنامه و استراتژی نقشه راه خود برای حفاظت از محیط زیست از هوش مصنوعی استقبال می‌کنند. استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا با هم می‌تواند به افزایش پایداری محیطی کمک کنند. امید است این کتابچه بتواند در جهت آگاهی‌رسانی در خصوص زمینه‌هایی که هنوز در کشور ما جای بهره‌وری از هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست 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 هر چه بهتر رفتارهای هوشمندانه دارند. امروزه هوش مصنوعی زندگی بیشتر انسان‌ها را تحت تأثیر 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.

پیشرفت در هوش مصنوعی می‌تواند یکی از راه‌حل‌های بحران‌های بزرگ زیست‌محیطی جهانی از تغییرات آب و هوایی گرفته تا تهدید حیوانات و مهار بیماری‌ها باشد. مشکلات زیست‌محیطی معمولاً شامل فرایندهای پیچیده‌ای است که دانشمندان هنوز به طور کامل آن‌ها را درک نکرده‌اند و منابع محدودی برای آن‌ها وجود دارد.

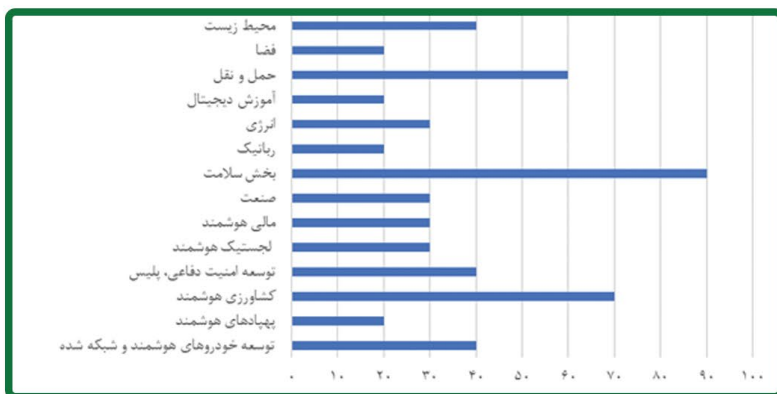
با پیشرفت در یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، می‌توان از قدرت پیش‌بینی هوش مصنوعی برای ایجاد مدل‌های داده‌محور بهینه در فرایندهای محیطی استفاده کرده و توانایی مطالعه روندهای فعلی و آینده، از جمله در دسترس بودن آب، رفاه اکوسیستم‌ها و آلودگی را بهبود بخشید. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند با افزایش رویکرد الگوریتمی در این زمینه، نقشی کلیدی در بهبود تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در زمینه محیط‌زیست ایفا کند.

درک پتانسیل هوش مصنوعی به‌منظور اطلاع از پایداری زیست‌محیطی و چالش‌های اجتماعی، کلید پیشرفت در جهت دستیابی به هدف توسعه در رقابت تنگاتنگ با تغییرات محیطی خواهد بود. در این کتابچه، پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های هوش مصنوعی و کاربردهای آن در علم محیط‌زیست مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین سعی شده است تا حوزه‌های اولویت‌دار توسعه هوش مصنوعی در کشور، برخی از موارد کاربردی مرسوم در حوزه محیط‌زیست، شرکت‌های داخلی فعال در حوزه محیط‌زیست و علم سنجی حوزه محیط‌زیست در ایران و جهان مورد بررسی قرار گیرد.

۲- حوزه‌های اولویت‌دار جهت تمرکز دولت‌ها برای به کارگیری 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 و فراوانی آن‌ها تعیین شد که در شکل ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

یکی از اقدامات مهم در سند راهبردی توسعه هوش مصنوعی در ایران تعیین حوزه‌های اولویت‌دار برای به کارگیری هوش مصنوعی است. برای اولویت‌بندی حوزه‌ها، ابتدا ۹ حوزه شامل اقتصاد و خدمات مالی، مسائل زیست‌محیطی، مسائل اجتماعی، کشاورزی، سلامت، حمل‌ونقل و مدیریت شهری، آموزش، انرژی و صنعت، معدن، تجارت با کمک خبرگان شناسایی و سپس حوزه‌های مذکور با استفاده از شاخص‌هایی به دو دسته جذابیت و توانمندی تقسیم و اولویت‌بندی شدند که نتایج آن در جدول ۱ قابل مشاهده است.



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

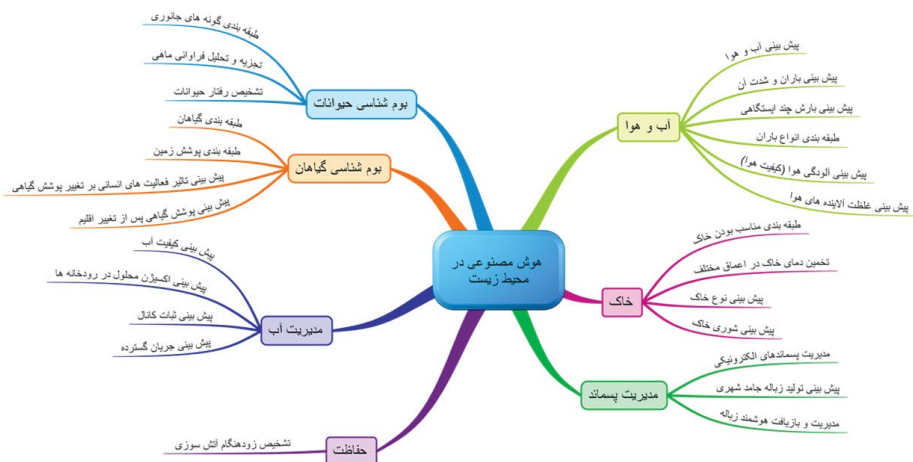
جدول ۱- حوزه‌های قابل تمرکز توسط ایران برای بکارگیری هوش مصنوعی

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	حمل و نقل و مدیریت شهری
اولویت ۷	آموزش
اولویت ۸	انرژی
اولویت ۹	صنعت، معدن، تجارت



۳- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست

یکی از حوزه‌های قابل تمرکز برای ایران بر اساس جدول ۱ حوزه محیط زیست می‌باشد. بر اساس شکل ۲ نقش کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست را می‌توان به زیرشاخه‌های آب و هوا، مدیریت آب، مدیریت خاک، بوم‌شناسی گیاهان، بوم‌شناسی حیوانات، مدیریت پسماند و حفاظت محیط تقسیم نمود. در خصوص تعداد مقالات، روش‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی استفاده شده در هر زمینه و نیز نتایج و مزیت‌های استفاده شده از هوش مصنوعی در هر حوزه می‌توان به کتاب اصلی که تحت همین عنوان، جزئیات بیشتری نسبت به این کتابچه در خود جای داده است مراجعه کرد.



شکل ۲ - درخت‌واره موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست



۳-۱- موارد کاربردی هوش مصنوعی در آب و هوا

۱) پیش‌بینی غلظت آلاینده‌های هوا مانند SO₂: امروزه کیفیت هوا مسئله اصلی در مناطق شهری است که بر سلامت انسان، محیط‌زیست و اکوسیستم تأثیر گذاشته است؛ بنابراین مقامات دولتی و سازمان‌های بهداشتی و محیط‌زیستی معمولاً به پیش‌بینی آلاینده‌های هوا در روز نیاز دارند. این پیش‌بینی اغلب بر اساس روابط آماری بین شرایط مختلف و آلودگی هوا با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌باشد. مجموعه‌داده‌هایی شامل پارامترهای مختلف مانند پارامترهای هواشناسی، داده‌های ترافیک شهری، اطلاعات فضای سبز شهری و پارامترهای زمانی برای پیش‌بینی غلظت روزانه SO₂ استفاده می‌گردند.

۲) پیش‌بینی آلودگی هوا (کیفیت هوا): آلودگی هوا مسئله‌ای قابل توجه در محیط‌زیست است که به‌صورت وجود موادی مضر در هوا بیش از مقدار نرمال آن‌ها تعریف می‌گردد و می‌تواند به‌سلامتی انسان آسیب رساند. پیش‌بینی به‌موقع دارای اهمیت زیادی بوده و هوش مصنوعی در پیش‌بینی زودهنگام نقش به‌سزایی دارد. سری‌های زمانی تشکیل شده از ویژگی‌هایی مانند میزان مواد مختلف در هوا از جمله NO₂، SO₂، O₃، PM₁₀ و ... و پردازش شده توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی نمونه‌ای از روش‌های پیش‌بینی آلودگی هوا توسط هوش مصنوعی می‌باشد.

۳) طبقه‌بندی انواع باران: پارامترهای ریزساختار باران که توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار اندازه‌گیری می‌شوند معمولاً برای طبقه‌بندی باران به همرفتی و چینه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، انواع مختلف دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار در مقادیر مختلف برای این پارامترها استفاده می‌شوند. این به نوبه خود به طور بالقوه کیفیت طبقه‌بندی نوع باران را تخریب می‌کند. انواع باران چینه‌ای و همرفتی با فرایندهای مختلف فیزیکی ابر، ساختارهای عمودی، تأثیرات ترمودینامیکی و انواع بارندگی در ارتباط است. تشخیص سیستم‌های همرفتی و چینه‌ای برای تحقیقات هواشناسی و پیش‌بینی هوا مفید است. با این حال، هیچ مرز مشخصی بین لایه‌های چینه‌ای و بارش همرفتی وجود ندارد؛ بنابراین استفاده از هوش مصنوعی در این زمینه کارآمد است.



۴) پیش‌بینی بارش چند ایستگاهی: بارش مهم‌ترین مؤلفه چرخه هیدرولوژیکی است و پیش‌بینی دقیق بارش نقش مهمی در طراحی، برنامه ریزی و مدیریت منابع آب و سازه‌های هیدرولیکی دارد. با این حال، به دلیل ماهیت پیچیده، غیرخطی و تصادفی سری‌های زمانی بارش، پیش‌بینی آن کار کاملاً دشواری است. هوش مصنوعی این امر را امکان‌پذیر نموده است.

۵) پیش‌بینی باران و شدت آن: پیش‌بینی بارندگی شدید یک مشکل اساسی برای اداره هواشناسی است زیرا این امر از نزدیک با اقتصاد و زندگی انسان در ارتباط است. این عاملی برای بلایای طبیعی مانند سیل و خشکسالی است که هر ساله مردم در سراسر جهان با آن روبرو می‌شوند. دقت پیش‌بینی بارندگی برای کشورهایی مانند هند که اقتصاد آن‌ها تا حد زیادی به کشاورزی وابسته است از اهمیت زیادی برخوردار است. به دلیل ماهیت پویای جو، تکنیک‌های آماری نمی‌توانند دقت مناسبی را برای پیش‌بینی بارندگی ارائه دهند. به دلیل غیرخطی بودن داده‌های بارندگی از تکنیک‌های هوش مصنوعی بهره گرفته می‌شود.

۶) پیش‌بینی آب و هوا: پیش‌بینی غیردقیق یا نادرست آب‌وهوا می‌تواند به‌شدت بر جامعه کاربران مانند کشاورزان تأثیر بگذارد. مدل‌های عددی پیش‌بینی آب‌وهوا در مراکز عمده پیش‌بینی با چندین ابررایانه برای حل معادلات ریاضی غیرخطی پیچیده هم‌زمان اجرا می‌شوند. چنین مدل‌هایی پیش‌بینی‌های هواشناسی با برد متوسط را ارائه می‌دهند؛ یعنی هر ۶ ساعت تا ۱۸ ساعت با طول شبکه ۲۰-۱۰ کیلومتر. با این وجود، کشاورزان اغلب به مدل‌های پیش‌بینی کوتاه و متوسط با جزئیات بیشتر با مدل‌های پیش‌بینی منطقه‌ای با وضوح بالاتر نیاز دارند؛ بنابراین، هدف پرداختن به این مسئله از طریق توسعه و ارزیابی یک سیستم پیش‌بینی آب و هوا به سبک جدید است که متشکل از یک یا چند ایستگاه هواشناسی محلی و تکنیک‌های پیشرفته یادگیری ماشین برای پیش‌بینی هوا با استفاده از داده‌های سری زمانی است.



۳-۲- موارد کاربردی هوش مصنوعی در بوم‌شناسی حیوانات

۱) **تجزیه و تحلیل فراوانی ماهی:** استفاده از فیلم‌های زیر آب برای ارزیابی تنوع و فراوانی ماهی‌ها به‌سرعت توسط زیست‌شناسان دریایی در حال استفاده است. پردازش دستی فیلم‌ها برای تعیین کمیت توسط تحلیلگران انسانی زمان‌بر و طولانی است. برای دستیابی به اهداف با روشی مقرون‌به‌صرفه می‌توان از پردازش خودکار فیلم‌ها استفاده کرد. هدف این است که یک سیستم تشخیص و شناسایی دقیق و قابل‌اعتماد که برای یک پلتفرم رباتیک خودمختار لازم است، ایجاد شود. با این حال، چالش‌های زیادی در این کار وجود دارد (به‌عنوان مثال پس‌زمینه پیچیده، تغییر شکل، وضوح پایین و انتشار نور). هوش مصنوعی با استفاده از روش‌های جدید سعی در رفع این موانع دارد. به‌عنوان مثال در یک کاربرد فیلم‌های زیرآبی مورد استفاده در آزمایش‌ها به‌عنوان بخشی از یک برنامه تحقیقاتی مشترک ارائه شده است. این ویدئوها شامل جوامع ماهی در آب‌های دریایی سواحل و خورهای جنوب شرقی کوئینزلند است که با استفاده از دوربین‌های طعمه دار به‌دست آمده است.

۲) **تشخیص رفتار حیوانات:** نظارت خودکار بر حرکات و رفتار حیوانات یک رویکرد تحقیقاتی ارزشمند است. اخیراً ابزارهای یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی واحدهای رفتاری در بسیاری از گونه‌ها به کار گرفته شده‌اند. برای نظارت بر گونه‌های وحشی، جمع‌آوری داده‌های کافی برای مدل‌های آموزشی ممکن است مشکل‌ساز باشد، بنابراین از مدل‌های یادگیری ماشین آموزش‌دیده روی یک گونه می‌توان برای درک ساختار رفتاری مشابه برای گونه‌های دیگر استفاده کرد. مجموعه رفتارها شامل نشستن، دراز کشیدن، ایستادن، راه رفتن، دویدن، خوردن، نوشیدن و ... است. تصاویر و ویدئوهای گرفته شده از حیوانات نمونه‌ای از تصاویر به کار گرفته شده می‌باشند که با روش‌هایی مانند پردازش تصاویر دیجیتال و بینایی ماشین جهت تشخیص رفتارهای مختلف از حیوانات پردازش می‌شوند.

۳) **طبقه‌بندی گونه‌های جانوری:** شناسایی حیوانات به‌صورت خودکار یکی از زمینه‌های تحقیقاتی است که در آن تعداد کمی از فناوری‌های مؤثر به‌ویژه در مورد حیوانات درنده ارائه شده است. حیوانات شکارچی خطری بزرگ برای افرادی که در حال اردو زدن یا اقامت در فضای باز هستند ایجاد می‌کند و همچنین تهدیدی برای دام‌ها محسوب می‌شوند. طبقه‌بندی حیوانات در تصاویری که در صحنه‌های طبیعی به شکل بسیار نامرتب جمع



آوری شده و با برچسب‌های نويزدار هستند، به‌صورت دستی بسیار مشکل و پر خطاست. روش‌های یادگیری ماشین از جمله یادگیری عمیق دقت بالایی در این زمینه دارند.

۳-۳- موارد کاربرد هوش مصنوعی در بوم‌شناسی گیاهان

(۱) طبقه‌بندی گیاهان: طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی برای حفاظت از تنوع زیستی بسیار مهم است. طبقه‌بندی دستی زمان‌بر و گران است و به متخصصان باتجربه‌ای نیاز دارد که غالباً در دسترس نیستند. برای کنار آمدن با این مسائل، الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین برای پشتیبانی از طبقه‌بندی خودکار گونه‌های گیاهی ارائه شده است.

(۲) طبقه‌بندی پوشش زمین: پوشش زمین به مواد فیزیکی سطح زمین اطلاق می‌شود که می‌تواند منطقه‌ای پوشیده از برف، جنگل‌ها، تالاب‌ها، زمین‌های خشک، زمین‌های چمن، آب‌های آزاد، سطوح غیرقابل نفوذ و زمین‌های کشاورزی باشد. پوشش زمین یک متغیر اصلی است که بر تعادل انرژی زمین، چرخه هیدرولوژیکی و کربن و تأمین منابع طبیعی و زیستگاه تأثیر می‌گذارد. مدت‌هاست که از تصاویر ماهواره‌ای برای نقشه برداری از پوشش زمین از فضا استفاده می‌شود که فرصت‌های جدیدی را برای نقشه‌برداری خودکار پوشش زمین فراهم کرده است. روش‌های هوشمند و پردازش تصاویر می‌توانند در این زمینه نقش به‌سزایی ایفا کنند.

(۳) پیش‌بینی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر تغییر پوشش گیاهی: یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌روی بشریت درک مکانیسم‌هایی است که فعالیت‌های انسانی موجب تغییر محیط‌زیست و کره زمین می‌شود. فقط از طریق این درک می‌توان پیش‌بینی‌های قابل قبولی از تغییرات آینده و تأثیرات آن‌ها بر جامعه ایجاد کرد. توسط هوش مصنوعی می‌توان یک چارچوب مفهومی برای پیش‌بینی اکوسیستم و عواقب منطقه‌ای تغییرات در ترکیب گونه‌های گیاهی ارائه گردد.

(۴) پیش‌بینی پوشش گیاهی پس از تغییر اقلیم: عوامل محیطی بسیاری وجود دارند که روی پوشش گیاهی در مناطق مهندسی ترمیم اکولوژیکی تأثیر می‌گذارند. روابط بین عوامل مختلف را نمی‌توان به دلیل وجود ویژگی‌های غیرخطی پنهان، با روش‌های آماری سنتی به‌خوبی توضیح داد. اما توسط هوش مصنوعی می‌توان تأثیر این عوامل را بر پوشش گیاهی پیش‌بینی نمود.

۳-۴- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت خاک

۱) **طبقه‌بندی مناسب بودن خاک:** ارزیابی مناسب بودن زمین برای افزایش تولید و برنامه‌ریزی یک سیستم پایدار کشاورزی ضروری است، اما چنین اطلاعاتی معمولاً در مناطق نیمه‌خشک و خشک کمیاب است. برای کشاورزان بسیار ضروری است که بدانند زمین آن‌ها برای محصولات که آن‌ها قصد رشد دارند مناسب است یا خیر. تعداد فزاینده‌ای از مطالعات از مدل‌های یادگیری ماشین بر اساس داده‌های کاربردی زمین به‌عنوان ابزاری کارآمد برای نقشه‌برداری مناسب بودن زمین استفاده کرده‌اند.

۲) **تخمین دمای خاک در اعماق مختلف:** دمای خاک در فرایندهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی اکوسیستم زمینی اهمیت حیاتی دارد و مدل‌سازی آن در اعماق مختلف برای فعل و انفعالات زمین و جو بسیار مهم است. همچنین برآورد دقیق دمای خاک در بسیاری از زمینه‌های علمی مانند کشاورزی، هیدرولوژی، ژئوتکنیک، انرژی خورشیدی و زمین‌گرایی نقش اساسی دارد. علاوه بر این، دمای خاک فرایندهای تعاملی بین زمین و جو را کنترل می‌کند. گرچه بسیاری از متغیرهای هواشناسی از جمله رطوبت نسبی، دما و فشار جو، را می‌توان اندازه‌گیری کرد، اندازه‌گیری داده‌های دمای خاک یا تنوع مکانی آن معمولاً در دسترس نیست. در نتیجه توسعه روش‌های نظری برای تخمین دمای خاک از داده‌های هواشناسی موجود بسیار حیاتی است.

۳) **پیش‌بینی نوع خاک:** مدل‌های توزیع پوشش گیاهی با استفاده از پیش‌بینی‌کننده‌های خاک بهبود می‌یابند. پیش‌بینی‌کننده‌های خاک برای مدل‌سازی توزیع پوشش گیاهی و پاسخ آن به تغییرات آب و هوایی بسیار مهم هستند.

۴) **پیش‌بینی شوری خاک:** شور شدن خاک بر تولید محصولات و امنیت غذایی تأثیر می‌گذارد. نقشه‌برداری از توزیع فضایی و شدت شوری برای مدیریت و توسعه کشاورزی ضروری است.



۳-۵- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت آب

۱) **پیش‌بینی ثبات کانال:** چالش استفاده از اطلاعات، از سایت‌های محدود برای طبقه‌بندی ده‌ها هزار نفر به میلیون‌ها کانال دسترسی در سراسر حوضه گسترش داد. برای پرداختن به این چالش مقیاس‌سازی فضایی، از یادگیری ماشین برای پیش‌بینی انواع کانال‌های ژئومورفیک استفاده می‌شود.

۲) **پیش‌بینی اکسیژن محلول در رودخانه‌ها:** روند پیش‌بینی کیفیت آب در یک رودخانه‌ها یا حوضه آبریز به دلیل فعل‌وانفعالات ذاتی غیرخطی بین پارامترهای کیفیت آب و تنوع زمانی و مکانی آن‌ها پیچیده است. مدل‌های توزیع شده تجربی، مفهومی و فیزیکی برای شبیه‌سازی فعل‌وانفعالات هیدرولوژیکی ممکن است به اندازه کافی پویایی غیرخطی را در روند پیش‌بینی کیفیت آب، به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز با شبکه‌های نظارت بر کیفیت کمیاب، نشان ندهند. برای غلبه بر کمبود داده در پایش و پیش‌بینی کیفیت آب از روش‌های یادگیری ماشین بهره گرفته می‌شود.

۳) **پیش‌بینی جریان گسترده:** بسیاری از فعالیت‌های مرتبط با برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب پیش‌بینی زودهنگام وقایع را می‌طلبند. جهت مؤلفه هیدرولوژیکی که ورودی سیستم‌های منابع آب را تشکیل می‌دهد به‌منظور بهینه‌سازی عملکرد مجدد سیستم یا برنامه‌ریزی برای گسترش آینده، نیاز به پیش‌بینی کوتاه‌مدت و بلندمدت از رویدادهای stream-flow وجود دارد.

۴) **پیش‌بینی کیفیت آب:** در طول سال‌های گذشته، کیفیت آب توسط آلاینده‌های مختلف تهدید شده است؛ بنابراین، مدل‌سازی و پیش‌بینی کیفیت آب در کنترل آلودگی آب بسیار مهم شده است. الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی برای پیش‌بینی شاخص کیفیت آب (WQI) و طبقه‌بندی کیفیت آب (WQC) استفاده می‌گردند.



۳-۶- موارد کاربردی هوش مصنوعی در مدیریت پسماند

۱) **مدیریت پسماندهای الکترونیکی:** مرتب‌سازی جریان عظیم زباله به طور دقیق در مدت زمان کوتاه می‌تواند با به‌کارگیری تکنیک‌های هوش مصنوعی، به جای روش‌های سنتی انجام گیرد. هم‌پوشانی هوش مصنوعی و اقتصاد می‌تواند خدمات بسیاری را در حوزه فناوری محیطی، به‌ویژه بازیافت زباله‌های الکترونیکی هوشمند، شکوفا کند. در نتیجه امکان ایجاد شهرهای هوشمند فراهم می‌شود. بازیافت خودکار زباله‌های الکترونیکی در کاهش میزان خطای طبقه‌بندی زباله‌های الکترونیکی نقش به‌سزایی دارد. مجموعه ای از تجهیزات الکترونیکی مانند مجموعه داده‌ای شامل ۱۲ کلاس از ۶ مارک تلفن هوشمند نمونه‌ای از انواع داده‌ای است که در این مورد کاربردی بکار گرفته می‌شوند.

۲) **پیش‌بینی تولید زباله جامد شهری:** مدیریت پسماند جامد شهری (MSW) یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های دولت‌های محلی برای محافظت از سلامت انسان، محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی است. طراحی و بهره برداری از یک سیستم مدیریت مؤثر پسماند جامد شهری مستلزم برآورد دقیق مقادیر تولید زباله در آینده است. ایجاد مدل‌هایی جهت پیش‌بینی دقیق تولید پسماند جامد شهری که به سازمان‌های مرتبط با پسماند کمک می‌کند تا سیستم‌های مدیریت مؤثر پسماند جامد شهری را طراحی کنند، با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی امکان‌پذیر است. مجموعه‌داده سری‌های زمانی تولید زباله در این مورد بکار گرفته می‌شوند.

۳) **مدیریت و بازیافت هوشمند زباله:** مدیریت پسماند یکی از مهم‌ترین مشکلات جهان برای تمام کشورهای توسعه‌یافته یا در حال توسعه است. افزایش جمعیت منجر به تخریب عظیم وضعیت بهداشت با توجه به سیستم مدیریت پسماند شده است. ریختن زباله در مناطق شهری باعث ایجاد آلودگی در مناطق همسایه می‌شود. برای از بین بردن یا کاهش زباله‌ها و حفظ تمیزی آن، به سیستم مدیریت پسماند مبتنی بر هوشمندی نیاز است. برای ایجاد شهرهای سبز، امن و کارآمد، اینترنت اشیا (اینترنت اشیا) می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. با اتصال دستگاه‌ها، وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها در اطراف یک شهر می‌توان به بهبود ایمنی و کیفیت زندگی دست یافت. از داده‌های جمع‌آوری‌شده، تجزیه و تحلیل آماری در تعیین میزان احتمالی پرشدن سطل‌های زباله و مسیرهای مناسب برای پیگیری منظم توسط تیم تمیزکننده استفاده می‌گردد.



همچنین زمان‌بندی داده‌های جمع‌آوری شده از سطل‌های زباله بر مکان‌هایی که در اوقات مختلف روز در اولویت هستند تأکید دارد. برخی از مناطق ممکن است صبح‌ها پر از سطل‌های آشغال به طور منظم و بعضی دیگر در اواخر شب شاهد پرشدن سطل‌های زباله باشند. همچنین، برخی مکان‌ها مانند مدارس، دفاتر، خانه‌ها وجود دارد که در مقایسه با زمین‌های آزاد با تعامل کمتر انسانی نیاز به تمیزکردن فوری دارند؛ بنابراین به محض تقویت هوش مصنوعی به سیستم، مسیرها بر اساس زمان‌بندی و نیاز مربوطه تعریف و بهینه می‌شوند.

۳-۷- موارد کاربردی هوش مصنوعی در حفاظت از محیط زیست

۱) **تشخیص زودهنگام آتش‌سوزی:** تشخیص بلایای ناشی از خطاهای انسانی خصوصاً آتش‌سوزی بسیار ارزشمند است زیرا در بیشتر اوقات مشخص شده که آتش‌سوزی باعث خسارت شدید اقتصادی و همچنین تلفات جانی می‌شود. آتش‌سوزی خسارات اقتصادی و تلفات عظیمی را به دنبال دارد. تشخیص زودهنگام آتش‌سوزی چه از لحاظ اقتصادی و چه از نظر نجات جان انسان‌ها مؤثرتر است. تحقیقات در مورد تشخیص حریق با استفاده از شبکه حسگر بی‌سیم و روش‌های مبتنی بر ویدئو یک موضوع تحقیقاتی بسیار داغ است. با این حال، مدل مبتنی بر شبکه سنسور بی‌سیم برای تشخیص نیاز به آتش‌سوزی و دود و آتش زیادی دارد؛ بنابراین روش‌های کارآمد هوش مصنوعی در این زمینه مورد نیاز می‌باشند. مجموعه‌ای از تصاویر RGB از آتش‌سوزی‌های پوشش گیاهی در فضای باز، همچنین مجموعه داده‌های آتش‌سوزی ویدئویی از انواع داده‌های بکار گرفته شده در این مورد کاربردی می‌باشند.



۴- شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست

از بین شرکت‌های ایرانی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی بر اساس اطلاعات موجود در سایت معاونت علمی و فناوری ۱۴ شرکت در حوزه محیط زیست 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 محیط‌زیست توسط شرکت‌های داخلی

عنوان مورد کاربرد	دقیق نگارش زمان	راه بردار عرصه توری	پژوهی پیشرو ایجاد	توسعه شبکه‌ها، ماکرو آرکا	اکسون ویزن سیستم	پیشگازان عرصه توسعه توری	همکاران صنعت مشاور	فناوری آینده نت	توسعه زیرساخت مکان آشنا	به پیمان اسن منتظر	هوشی ایجاد صنعت انرژی	ایفا صنعت غرب	پیشرو فناوریان صنعت برنا	راهمان سیستم پویا گستر
مدیریت منابع آب و انرژی									✓	✓				✓
خاک							✓	✓			✓			
مدیریت پسماند					✓	✓								
آب و هوا	✓	✓	✓	✓										

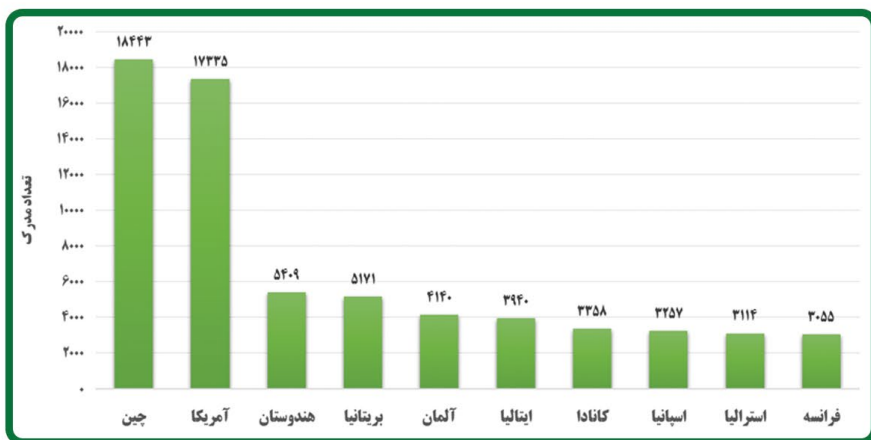
۵- علم‌سنجی و بررسی وضعیت اسناد منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» در ایران و جهان

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 محیط‌زیست» 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 شدند. در گام بعدی وضعیت اسناد بازیابی شده جهان در این حوزه مابین سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۲۰ میلادی (۸۴۹۰۰ سند) و اسناد منتشر شده ایران در این حوزه مابین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۰ میلادی (۲۸۷۲ سند) در مواردی همچون کشورهای برتر جهان، کشورهای برتر مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران (رقبای منطقه ای)، 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 حوزه های 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 محیط زیست»

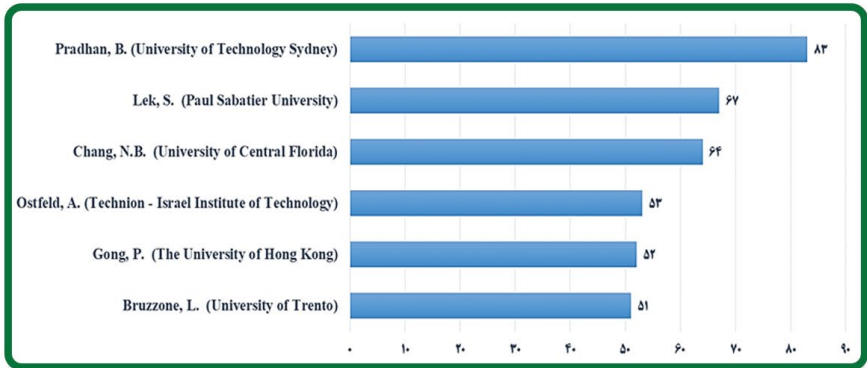
در این بخش، اسناد مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» در جهان استخراج شده‌اند. برای این منظور و با استفاده از نظرات خبرگان و همچنین مطالعه ادبیات موجود، مهم‌ترین واژگان در این حوزه شناسایی شده و با جستجو در پایگاه استنادی اسکوپوس، تعداد ۸۴۹۰۰ سند (شامل مقاله، کتاب و...) مابین سال‌های ۱۹۶۲ 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 نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا، هندوستان، بریتانیا و آلمان در صدر این رتبه‌بندی قرار دارند و از قاره آسیا نیز کشورهای چین و هندوستان در بین ۱۰ کشور برتر قرار دارند.



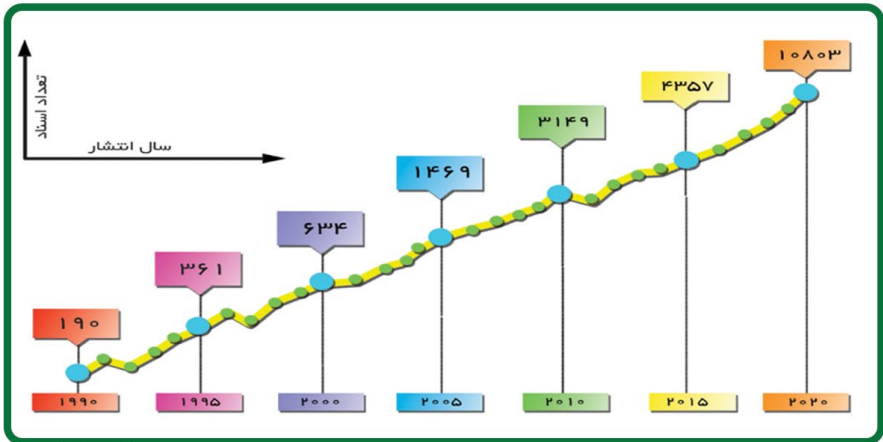
شکل ۳ - کشورهای دارای بیشترین سند منتشر شده در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» (سال‌های ۱۹۶۲-۲۰۲۰)

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 محیط زیست» (سال‌های ۱۹۶۲-۲۰۲۰)

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



شکل ۵- روند اسناد منتشر شده جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست»

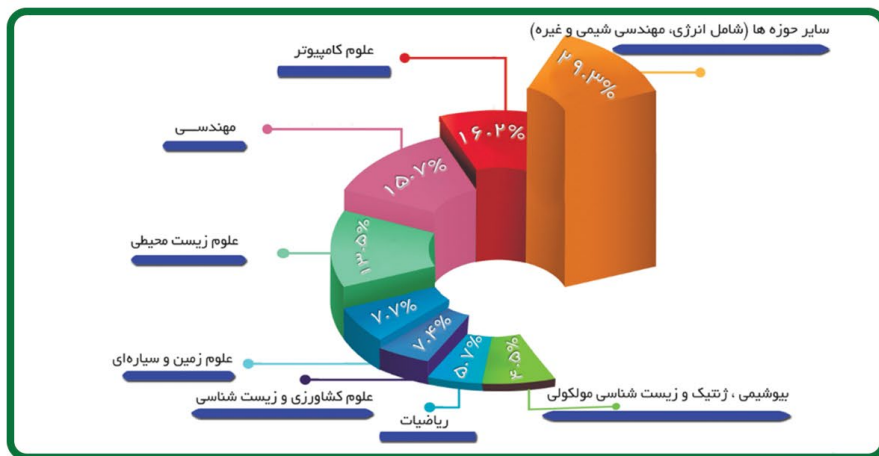


همچنین ۱۰ دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی در جهان که بیشترین تعداد سند را در این زمینه منتشر نموده‌اند در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- ده دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۲)

ردیف	نام دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی	تعداد سند منتشر شده
۱	آکادمی علوم چین	۲۵۷۶
۲	وزارت آموزش چین	۱۳۵۸
۳	دانشگاه آکادمی علوم چین	۹۴۰
۴	مرکز ملی پژوهش‌های علمی فرانسه	۷۷۸
۵	دانشگاه تهران	۶۱۳
۶	دانشگاه ووهان	۵۹۴
۷	دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)	۵۸۲
۸	دانشگاه چجیانگ	۵۳۱
۹	دانشگاه چینخوا	۵۰۶
۱۰	شورای تحقیقات ملی ایتالیا	۴۹۰

وضعیت و میزان اسناد منتشر شده جهان در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط-زیست» نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل مشخص است، حوزه‌های علوم کامپیوتر، مهندسی و علوم زیست-محیطی 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 محیط زیست» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۲)

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

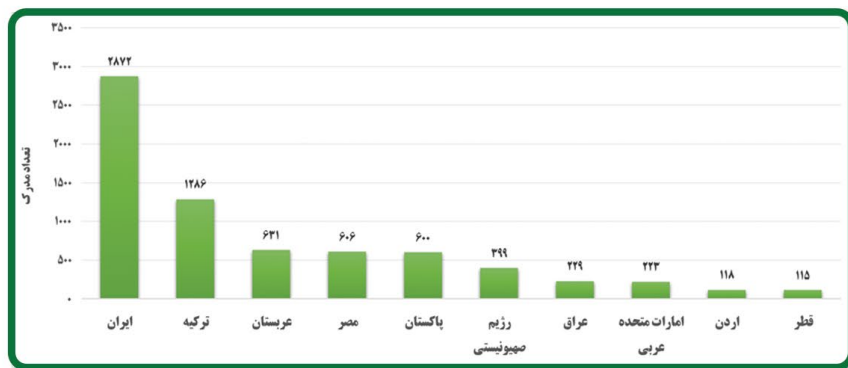
جدول ۴- نهادهای تأمین‌کننده مالی برتر جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۶۲)

ردیف	نهاد	تعداد سند منتشر شده
۱	بنیاد ملی علوم طبیعی چین	۶۲۳۰
۲	بنیاد ملی علوم	۱۹۹۷
۳	کمیسیون اروپا	۱۸۱۱
۴	مؤسسه ملی سلامت	۱۶۸۴
۵	وزارت بهداشت و خدمات انسانی ایالات متحده آمریکا	۱۴۰۷
۶	وزارت علم و فناوری چین	۱۲۰۲
۷	برنامه ملی تحقیق و توسعه چین	۱۱۲۸
۸	وزارت آموزش چین	۸۷۰
۹	بودجه تحقیقات بنیادی برای دانشگاه‌های مرکزی	۸۵۹
۱۰	برنامه چارچوب افق ۲۰۲۰	۷۰۰

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

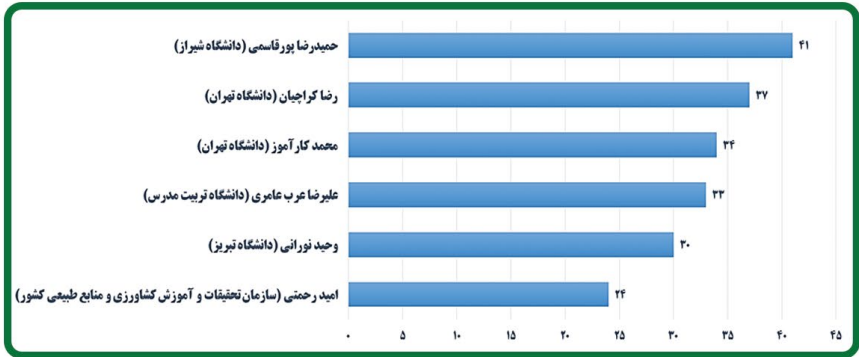
همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد، ۸۴۹۰۰ سند در جهان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» از پایگاه اسکوپوس بازیابی شدند. پس از محدود نمودن این نتایج به کشور ایران، تعداد نتایج حاصله برابر با ۲۸۷۲ سند (شامل مقاله، کتاب و...) مابین سال‌های ۱۹۹۶ تا پایان سال ۲۰۲۰ میلادی می‌باشند که از این پایگاه بازیابی شده و در ادامه به تحلیل نتایج به‌دست‌آمده 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، ترکیه و عربستان کشورهای برتر منطقه در این حوزه به شمار می‌آیند.



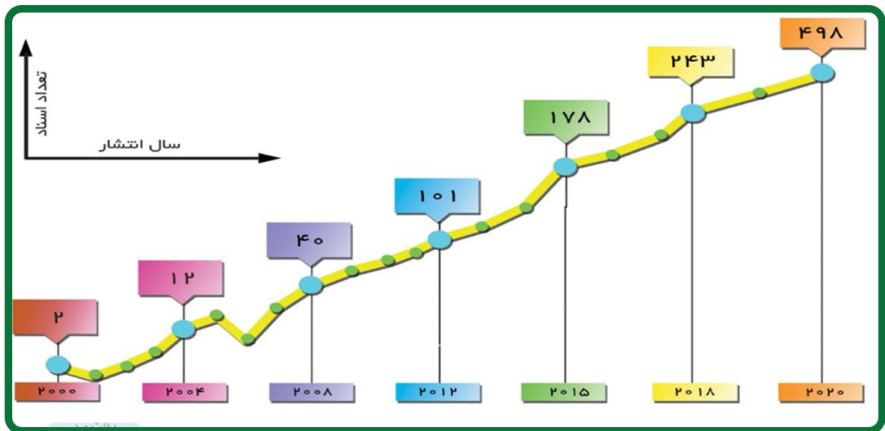
شکل ۷- جایگاه ایران در میان رقبای مطرح در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» (سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۲۰)

نویسندگان این حوزه در ایران، با بیشترین تعداد سند منتشر شده (۶ نویسنده برتر) در شکل ۸ نشان داده شده است. مطابق با این شکل، حمیدرضا پورقاسمی و رضا کراچیان نویسندگان برتر در کشور ایران هستند.



شکل ۸ - نویسندگان برتر ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)

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



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

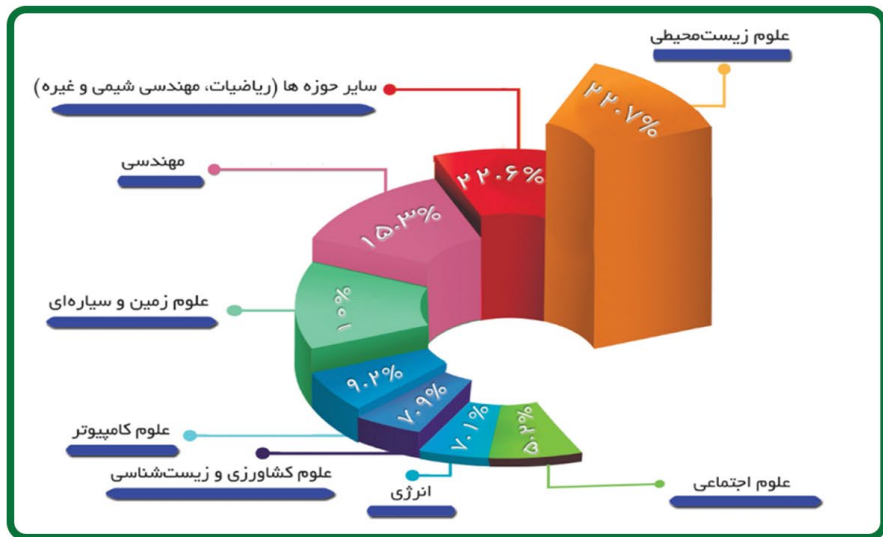


همچنین ۱۰ مؤسسه/دانشگاه/مرکز تحقیقاتی در ایران که بیشترین تعداد اسناد را در این زمینه منتشر نموده‌اند، در جدول ۵ نشان داده شده است. مطابق با جدول مذکور، دانشگاه تهران، دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها) و دانشگاه تربیت مدرس رتبه‌های اول تا سوم را در میان دانشگاه‌های ایران به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۵ - ده دانشگاه/مؤسسه/مرکز تحقیقاتی برتر ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)

ردیف	نام دانشگاه/مؤسسه/انهاد	تعداد سند منتشر شده
۱	دانشگاه تهران	۶۱۳
۲	دانشگاه آزاد اسلامی (کلیه واحدها)	۵۸۲
۳	دانشگاه تربیت مدرس	۱۹۳
۴	دانشگاه تبریز	۱۸۹
۵	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	۱۷۵
۶	دانشگاه شیراز	۱۵۷
۷	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۱۴۹
۸	دانشگاه علم و صنعت ایران	۱۴۸
۹	دانشگاه صنعتی اصفهان	۱۰۰
۱۰	دانشگاه شهید بهشتی	۹۶

وضعیت و میزان اسناد منتشر شده در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» 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 علوم زیست محیطی، مهندسی، علوم زمین و سیاره‌ای و ...) در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» فعالیت می‌کنند.



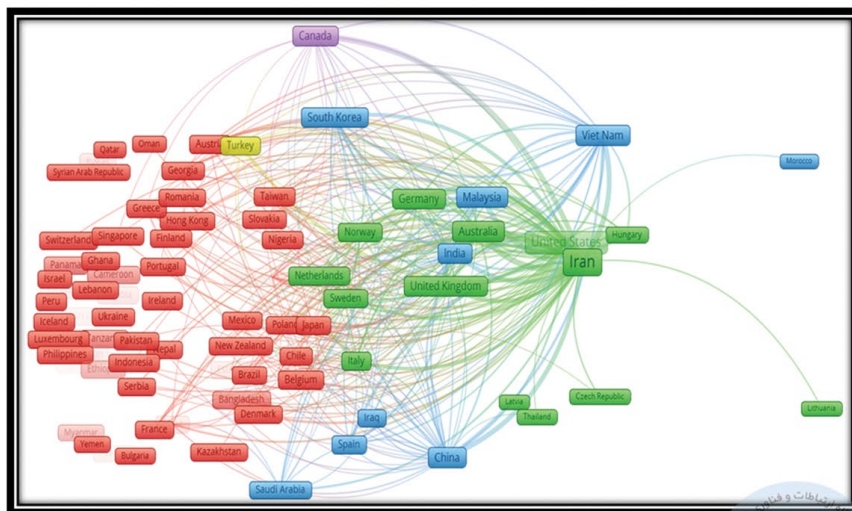
شکل ۱۰ - درصد اسناد منتشر شده ایران در حوزه‌های موضوعی مختلف مرتبط با «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)

مطابق با نتایج به دست آمده و همان طور که در جدول ۶ مشخص است، محققان کشور ایران با محققان کشورهای همچون آمریکا، ویتنام، مالزی، استرالیا و کانادا بیشترین میزان همکاری در این حوزه را دارند.

جدول ۶ - میزان مشارکت پژوهشگران کشورمان در زمینه تدوین مقالات «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» با پژوهشگران سایر کشورها (سال های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)

ردیف	نام کشور	تعداد همکاری مشترک با ایران
۱	آمریکا	۳۱۷
۲	ویتنام	۱۴۶
۳	مالزی	۱۴۵
۴	استرالیا	۱۴۴
۵	کانادا	۱۴۲
۶	چین	۱۱۱
۷	آلمان	۹۷
۸	هند	۸۰
۹	بریتانیا	۶۲
۱۰	کره جنوبی	۶۱

وضعیت ارتباطات و همکاری های علمی میان ایران و سایر کشورها در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ - نقشه ارتباطات بین المللی کشور ایران در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست» (سال های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)



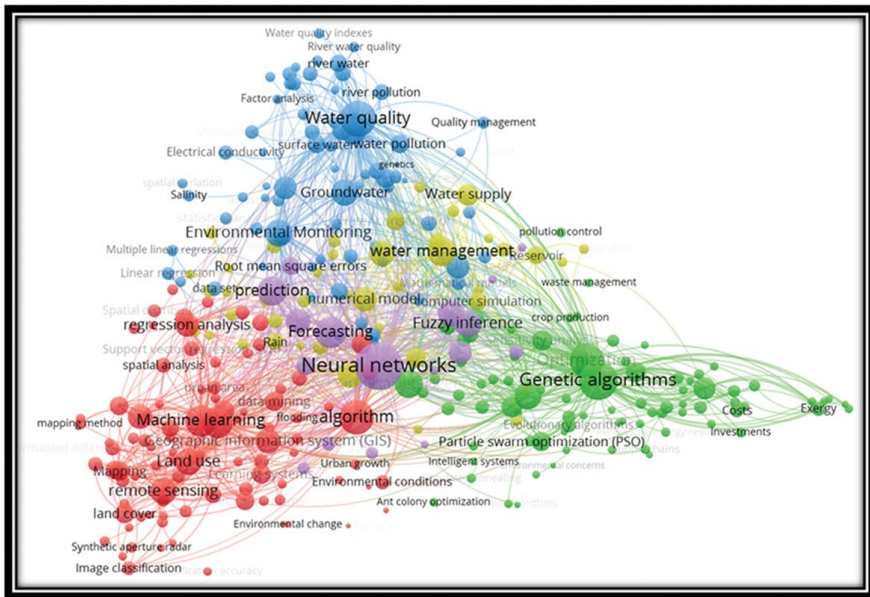
در ادامه و به منظور ترسیم ساختار حوزه دانشی «کاربرد هوش مصنوعی در زمینه محیط‌زیست» در ایران، در ابتدا با استفاده از خروجی‌های حاصل از پایگاه «اسکوپوس» و با بهره‌گیری از نرم افزار Bibexcel، تحلیل واژگان مربوطه در ۲۸۷۲ سند انجام شده است. در این قسمت لغات با بیشترین تکرار، از لغات موجود در اسناد استخراج 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 محیط‌زیست» (مستخرج از اسناد کشور ایران) (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)

تعداد تکرار	واژه
۸۴۲	Neural networks
۵۷۰	Genetic algorithms
۳۸۵	Optimization
۳۳۴	Water quality
۳۲۰	algorithm
۲۷۸	Machine Learning
۲۶۹	Support vector machines
۲۶۶	Forecasting
۲۳۳	Artificial intelligence
۲۳۲	prediction

در ادامه، شبکه هم واژگانی 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 - پرتکرارترین واژگان در زمینه «کاربرد هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست» (مستخرج از اسناد کشور ایران) (سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۶)



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

در این کتابچه به بررسی موارد کاربردی هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست 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) آب‌وهوا، (۲) بوم‌شناسی گیاهان، (۳) بوم‌شناسی حیوانات، (۴) مدیریت آب، (۵) خاک، (۶) مدیریت پسماند و (۷) حفاظت می‌باشند. همچنین، روش‌های یادگیری ماشین، انواع داده‌ها، پلتفرم‌ها و ابزارهای مناسب، تخصص‌های موردنیاز و روند پردازش توسط هوش مصنوعی مورد بررسی قرار گرفته است.

تحلیل و ارزیابی شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده خدمات مرتبط با کاربرد های هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست، از دیگر مواردی است که در این کتابچه به آن پرداخته شد. ۱۴ شرکت فعال ایرانی در این حوزه شناسایی شد که تمرکز آن‌ها عمدتاً بر روی توسعه محصولات مبتنی بر کاربردهای هوش مصنوعی در رابطه با آب و هوا و مدیریت آب و انرژی است. در شرکت های ذکر شده در سطح داخلی، اغلب درجه استفاده از هوش مصنوعی بسیار اندک می‌باشد. به عبارتی دیگر، محصولاتی که تاکنون در شرکت‌های داخلی ارائه شده‌اند را 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 حفاظت از محیط‌زیست هموار کند. فناوری‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای نظارت بر سطح آلودگی، کاهش مصرف انرژی و درک بهتر اثرات تغییرات آب و هوایی در حال توسعه هستند. دولت‌های سراسر جهان، چه در سطح محلی و چه در سطح مرکزی، در برنامه و استراتژی نقشه راه خود برای حفاظت از محیط‌زیست از هوش مصنوعی استقبال می‌کنند.

استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا با هم می‌توانند به افزایش پایداری محیطی کمک کنند. این کتابچه می‌تواند در جهت آگاهی‌رسانی در خصوص زمینه‌هایی که هنوز در کشور ما جای بهره‌وری از هوش مصنوعی در حوزه محیط‌زیست 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.

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، ویتنام و مالزی بوده است. از طرفی بیشترین محققان فعال در این حوزه شامل اساتید و دانشجویان حوزه‌های علوم زیست محیطی و مهندسی 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