



کد مجوز نمایه شده
۰۲۲۳۱-۴۲۴۷۳

گواهی ارائه مقاله



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی اراک

گواهی می‌شود مقاله با عنوان:

"کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت بهینه مخاطرات محیطی"

توسط پژوهشگران مرتضی اکبری، فرزانه سعیدی، ساناز کشوری و سمیه اصغری الندانی در چهارمین کنفرانس ملی داده‌کاوی در علوم زمین که در تاریخ ۳۰ بهمن ماه سال ۱۴۰۲ در دانشگاه صنعتی اراک برگزار گردید، پذیرش و ارائه شفاهی شده است. ضمن تشکر از مشارکت ایشان در این کنفرانس، توفیقات روزافزونشان را از خداوند متعال خواستاریم.

دکتر رضا احمدی

دیر چهارمین کنفرانس ملی داده‌کاوی در علوم زمین
احمدی



کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت بهینه مخاطرات محیطی

مرتضی اکبری^{۱*}، فرزانه سعیدی^۲، ساناز کشوری^۳ و سمیه اصغری الندانی^۴

^{۱*} دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،

مشهد، ایران. پست الکترونیکی: m-akbari@um.ac.ir, desertology@gmail.com

^۲ کارشناسی ارشد، مهندسی کامپیوتری - هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،

ایران. پست الکترونیکی: A.P.D.Saedi@gmail.com

^۳ دکتر، مهندسی کامپیوتری - هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

پست الکترونیکی: s.keshvari@mail.um.ac.ir

^۴ دانشجوی، کارشناسی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،

ایران. پست الکترونیکی: somaye79asghari@gmail.com

چکیده

از دوره آنتروپوسن تاکنون، به دلیل گستردگی فعالیت‌های انسان و بهره‌برداری بیش از ظرفیت از منابع طبیعی، تعداد و شدت تاثیر مخاطرات محیطی نیز افزایش یافته است. در بیشتر مواقع، وقوع مخاطرات با خسارات مالی و جانی همراه می‌باشد. به نحویکه بخشی از این خسارت، به دلیل عدم آگاهی از واقعه و بخش دیگر، به واسطه عدم آگاهی در مقابله با واقعه است. انقلاب صنعتی سوم (عصر دیجیتال) و چهارم (عصر هوش مصنوعی)، به جهت استفاده گسترده از داده و تجزیه و تحلیل فضایی آنها، امکان مدیریت مناسبتری را جهت کاهش اثرات مخاطرات محیطی فراهم نموده است. این پژوهش که مبتنی بر ساختار اکتشافی - کاربردی است، به موضوع اهمیت و جایگاه هوش مصنوعی در جهان و کاربرد آن در مدیریت مخاطرات محیطی و محیط زیست پرداخته است. از سال ۲۰۱۴ مقالات علمی متعددی در زمینه کاربرد هوش مصنوعی به چاپ رسیده است. اما از سال ۲۰۱۷ تاکنون محققان به دنبال درک شهودی هوش مصنوعی در نوع کاربرد خود بودند. به طوریکه استفاده از این علم با کاربرد در منابع طبیعی و محیط زیست همچون پهبادهای برای جلوگیری از آتش سوزی جنگل‌ها، در بررسی تغییرات آب و هوایی، توسعه سیستم‌های هشدار اولیه تخریب سرزمین و بیابان‌زایی، فرونشست زمین، مانیتورینگ حیات وحش، امنیت غذایی، گرد و غبار و فرسایش خاک روند رو به رشدی را نشان می‌دهد. کاربرد و توسعه هوش مصنوعی در مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست، امکان مدیریت ریسک (احتمال وقوع خطر) به جای مدیریت بحران (وقوع خطر) و کاهش اثر مخاطرات محیطی را فراهم می‌نماید.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی، مخاطرات محیطی، انقلاب صنعتی چهارم، مدیریت داده



۱- مقدمه

در حال حاضر، گزارشات رسمی بیانگر آنست که بیش از دو میلیارد هکتار از اراضی که قبلاً توان تولیدی داشته‌اند، تخریب شده و بیش از ۷۰ درصد از اکوسیستم‌های طبیعی نیز دگرگون شده‌اند. تا سال ۲۰۵۰ این میزان تخریب می‌تواند به ۹۰ درصد برسد (UNCCD, 2020). گزارشات فائو نیز نشان می‌دهد که ۳۳ درصد از خاک مناطق خشک جهان در حال حاضر دچار درجاتی از تخریب شده و بیش از ۹۰ درصد اراضی ممکن است تا سال ۲۰۵۰ آلوده شوند (FAO, 2020; IPCC, 2018). در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، تعداد ۷۳۴۸ فاجعه بزرگ در آسیا ثبت شده که جان ۱,۲۳ میلیون نفر را گرفته است، ۴,۲ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار داده و تقریباً ۲,۹۷ تریلیون دلار هزینه داشته است (UNDRR 2020; Adeel et al, 2020). پس از وقوع هر فاجعه و مخاطره‌ای، خسارت جبران‌ناپذیری بر مردم و دولت وارد می‌شود. بخشی از این خسارت، به دلیل عدم آگاهی از نوع واقعه و بخش دیگر نیز به واسطه عدم آگاهی در مقابله با واقعه است. در برخی از فرهنگ‌های جغرافیایی، مخاطرات طبیعی و محیطی، با مفهوم مشابه‌ای استفاده شده‌اند. مخاطرات طبیعی را می‌توان از نظر نوع و شدت خطر، به مخاطرات سریع‌الوقوع^۱ و کند و خفیف^۲ تقسیم‌بندی نمود. وجه اشتراک تمامی تعاریف انجام شده از مخاطرات، همچون تعاریف موجود در دایره‌المعارف‌ها، فرهنگنامه‌ها، مراکز مطالعاتی مانند مرکز اپیدمیولوژی مخاطرات (CRED, 2022)، دبیرخانه استراتژی‌های کاهش ریسک مخاطرات سازمان ملل (UNISDR)، ستاد حوادث غیر مترقبه و مدیریت بحران کشور و غیره، وقوع هر نوع حادثه مخرب و تاثیرگذار همراه با خسارت مالی و جانی، مخاطره تعریف شده و در صورت عدم خسارت مالی و جانی، اصطلاحاً شبه مخاطره نامیده می‌شوند. در زمان وقوع حوادث خسارت‌بار و خسارت‌زا، نیاز به کمک‌های محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی وجود دارد. به طوریکه برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)، در گزارشات خود اعلام کرده است که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ میلادی، ما روزانه با ۱,۵ فاجعه قابل توجه (۵۴۰ مخاطره در سال) روبرو خواهیم بود، لذا اهمیت شکستن چرخه نابرابری در مقابل مخاطرات محیطی، ضروری خواهد بود. مجموع ۳۸۷ رویداد فاجعه‌بار در سال ۲۰۲۲ میلادی ۳۸۷ یعنی کمی بیشتر از میانگین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۱ (۳۷۰ فاجعه) بوده است. وقوع هر یک از انواع مخاطرات نیز نزدیک به سطوح متوسط در دو دهه اخیر بوده است. در سال ۲۰۲۲، مجموع تلفات ۳۰۷۰۴ نفر سه برابر بیشتر از سال ۲۰۲۱ بود، برای مقایسه مفیدتر، آمار سال ۲۰۲۲ تقریباً دو برابر میانگین ۱۶۰۱۱ مرگ در سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۱ است (CRED, 2022). براساس آمار و گزارشات منتشر شده، بیش از ۴۳ نوع مخاطره در جهان شناسایی شده است که در حدود ۳۸ نوع آن در ایران به وقوع می‌پیوندد. مخاطراتی همچون خشکسالی، زلزله، سیل، فرونشست زمین، بیابان‌زایی، فرسایش خاک، طوفان‌های گرد و غبار، انواع آفات، امراض و بیماری‌های گیاهی و جانوری و غیره از مهمترین نوع مخاطرات در ایران و بویژه استان خراسان رضوی محسوب می‌شوند (Akbari et al., 2023).

1 Ongoing onset

2 Slow onset

3 Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), <https://www.cred.be/>

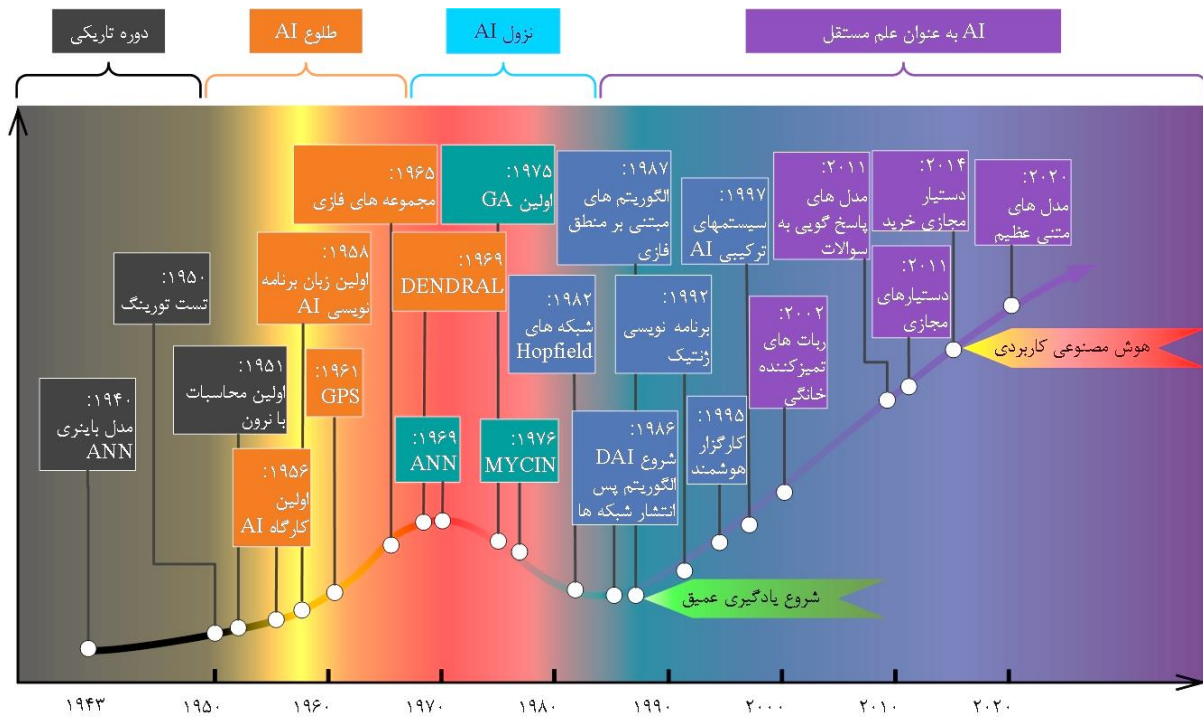


مدل‌های پیش‌بینی مخاطرات محیطی، مانند سیل، زلزله، آتش‌سوزی و دیگر موارد نقش مهمی در کاهش اثرات و خسارات وارده و همچنین کاهش عوارض مرگ‌ومیر ایفا می‌کند که در نهایت باعث بهبود وضعیت معیشت می‌شود. در تحقیقات اخیر نشان داده شده است که با ایجاد یک مدل پیش‌بینی موثر توسط هوش مصنوعی، تأثیرات مخرب مخاطرات طبیعی که خطری برای تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی ایجاد می‌کنند می‌تواند به میزان قابل توجهی کاهش یابد (Yu, 2017).

امروزه، هوش مصنوعی پیشرفت‌های چشمگیری در ظرفیت جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها را داشته است که توسعه سیستم‌های پیشرفته با ترکیب هوش مصنوعی جهت امیدوارکننده‌های است که چنین مسائل محیط‌زیستی مهمی را پیش‌بینی می‌کند و به سیاست‌های عمومی در پیشگیری و یا پیش‌بینی مخاطرات محیطی کمک می‌کند (Alkhatib et al, 2023). روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (AI) به دلیل دقت بالا خود در مقایسه با سایر فن‌آوری‌ها، زمینه جدیدی را برای بهبود فرآیندهای پیش‌بینی مخاطرات ایجاد کرده است. همچنین از مزایای دیگر استفاده از این علم، می‌توان به صرفه جویی در وقت، نیروی انسانی و دقت بیشتر اشاره نمود. برای یکپارچه‌سازی و تجزیه و تحلیل سریع‌تر و پیشرفته‌تر داده‌ها، از ابزارهای هوش مصنوعی (AI) به‌طور فزاینده‌ای استفاده می‌شود که علاوه بر واکنش‌های سریع فوری، می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر و هوشمندانه‌تر در آینده کمک کند (Ivić, 2019). هوش مصنوعی^۱ (AI)، علم شبیه‌سازی نحوه عملکرد هوش موجودات زنده با استفاده از قوانین ریاضی و کامپیوتر است که با همه‌گیر شدن این مفهوم در کاربردهای مختلف، تعریف آن به ماشینی که عملکردهای شبکه عصبی مغز انسان را ادراک کند تکمیل یافت. شناخت عمومی هوش مصنوعی تعریفی از یک ربات است که می‌تواند کارهای مختلف را حتی سریع‌تر از انسان انجام دهد (Bellini et al, 2022).

۲- هوش مصنوعی (معرفی، اهمیت، المان‌ها و کاربرد)

تاریخچه علم AI در منابع معتبر زیادی (Luger, L, 2023; Kaul et al, 2020; Kanza et al, 2021; Jean, 2020; Wang, 2019) به چهار دسته‌ی دوره تاریکی، طلوع، نزول و مستقل شدن علم AI دسته‌بندی شده است، که در شکل ۱ خلاصه‌ای از آن آورده شده است.



شکل ۱. خلاصه‌ای از تاریخچه هوش مصنوعی

اولین ایده‌های تاریخ ساز این علم، متعلق به دهه ۱۹۴۰ میلادی بوده که نتیجه آن تولد اولین شبکه عصبی مصنوعی^۱ (ANN) بود (McCulloch & Pitts, 1943). اگرچه ANN مدل باینری ساده‌ای بود، اما پایه‌ای برای تحقیقات رو به توسعه در دهه ۱۹۸۰ شد. آلن تورینگ، ریاضیدان بریتانیایی با معرفی آزمون مشهور تورینگ (اثبات تفکر ماشین) تحولی در رابطه با هوشمند شدن کامپیوترها ایجاد کرد. این آزمون مقابله ماشین و انسان است و در شرایطی برگزار می‌شود که انسان در تعامل با ماشین و عدم مشاهده آن بوده و اگر در این تعامل هویت ماشین به مشابه انسان تشخیص داده شود، تفکر ماشین اثبات میشود (Turing, 2012). سپس اولین محاسبات کامپیوتری با ۴۰ نرون و با الگوبری از نرون‌های عصبی مغز انسان یا هوش طبیعی در سال ۱۹۵۱ صورت گرفت.

از اولین گام‌های سرنوشت ساز AI می‌توان به کنفرانسی در این زمینه در دانشگاه دارتموث در ایالت هانوفر کشور امریکا اشاره نمود که پایان دوره تاریکی این علم و شروع صعود آن در تاریخ شد. این کنفرانس توسط مک کارتی^۲ برگزار شد و نام "هوش مصنوعی" برای این علم انتخاب شد، ایشان سال ۱۹۸۵ به موسسه فناوری ماساچوست آرفت و اولین زبان برنامه نویسی هوش مصنوعی را طراحی کرد که تا به امروز مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از پروژه‌های این زمینه حل کننده مسائل عمومی^۳ بود که در این پروژه ماشین می‌توانست تعداد نامحدودی راه حل عملیاتی منطقی را برای مسائل مختلف ایجاد کند که البته برای حل مسائل پیچیده کارآمد نبود (Newell & Simon, 2013). در سال

1Artificial Neural Networks
2McCarthy
3Massachusetts Institute of Technology
4General Problem Solver (GPS)



۱۹۶۵ مقاله "مجموعه فازی" بر اساس تئوری منطق فازی مطرح شد که در اولین سیستم خبره با نام DENDRAL، عملیاتی شد و سپس این پروژه در دانشگاه استنفورد با حمایت ناسا در سال ۱۹۶۹ گسترش یافت (Feigenbaum & Buchanan, 1968). محققان هوش مصنوعی تحقیقات خود را در این زمینه با نبود بودجه بعلت اولویت نبودن این علم، ادامه دادند. در سال ۱۹۶۹ ریاضیات انتشار بازخورد شبکه‌های عصبی مصنوعی که اساس یادگیری نرون‌های عصبی است، منتشر شد (Bryson et al, 2008). همچنین الگوریتم ژنتیک که مدل بهینه‌سازی برگرفته از علم ژنتیک است در آن سال مطرح شد (Taylor, 1994). سیستمی مشابه با DENDRAL در سال ۱۹۷۶ به نام MYCIN که سیستم خبره مبتنی بر اصول، برای تشخیص بیماری خونی بود که از ۴۵۰ قانون شرطی در برنامه نویسی استفاده می‌کرد، ساخته شد که این سیستم از یک پزشک سطح متوسط کارایی بهتری داشت (Van Remoortere, 1979).

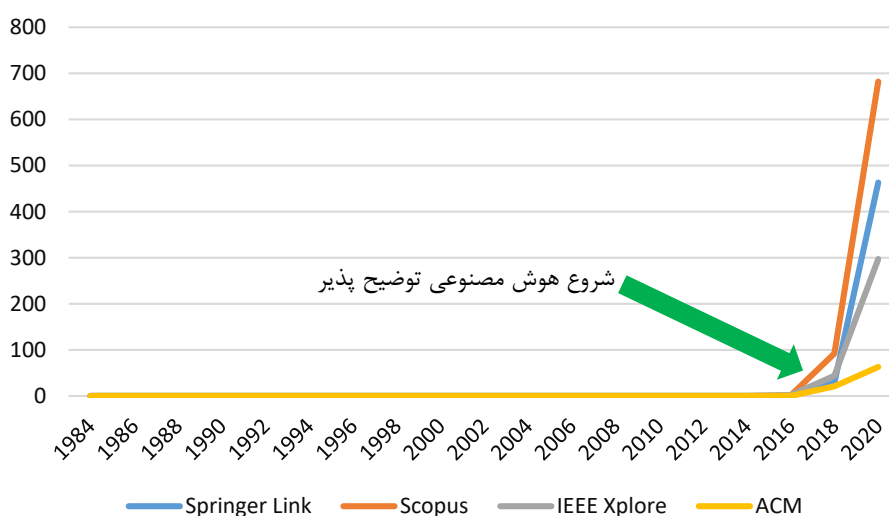
پس از ۳۰ سال تحقیقات در AI و با گذراندن یک فراز و نشیب در این زمینه، بالاخره این علم به عنوان علمی مستقل در سال ۱۹۸۲ فعالیت خود را با شبکه عصبی هاپفیلد (Hopfield, 1982) آغاز کرد که این شبکه امروزه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از آن در سال ۱۹۸۶ الگوریتم پس انتشار برای اولین بار در شبکه ANN به کار گرفته شد و این مفهوم بعد از ۱۶ سال به عنوان مقدمه‌ای برای ساخت شبکه‌های عصبی توزیع شده و به طور موازی فرایندهای توزیع شده به کار رفت (Sampson et al, 1987). بعد از ۲۲ سال از مطرح شدن مجموعه‌های فازی در سال ۱۹۸۷ تئوری و منطق فازی در ماشین‌های ظرف شویی توسط شرکت‌های ژاپنی عملیاتی شد. در سال ۱۹۹۲ برنامه نویسی ژنتیک به زبان برنامه نویسی AI پیشنهاد شد که به علت کارا بودن آن در حل مسائل پیچیده به عنوان راه حلی برای مسائل مختلف در دهه ۱۹۹۰ در کاربردهای بسیاری به طور موثر به کار گرفته شد. با ورود ربات‌های تمیز کننده خانگی در میان عموم مردم که در سال ۲۰۰۲ رخ داد، هوش مصنوعی از چاقوب دانشگاه و صنعت خاص خارج شد و سپس با مدل‌های متنی و دستیارهای مجازی به کار رفته در گوشی‌های تلفن همراه Google Assistant در شرکت گوگل و Siri از شرکت اپل محبوبیتی در میان کاربران محلی در سال ۲۰۱۱ یافت که البته همواره افرادی این علم را همراه با تهدید می‌دانستند. محصول موفق دیگری که توسط شرکت آمازون در سال ۲۰۱۴ با عنوان دستیار مجازی خرید برای مشورت، پیشنهاد خرید محصول ارائه داد. مدل‌های متنی که از دسته مدل‌های سنگین هوش مصنوعی بودند از سال ۲۰۲۰ مطرح و با معرفی ChatGPT شرکت OpenAI به صورت رایگان در اختیار عموم مردم قرار گرفتند. به طور کلی میتوان بیان کرد که از سال ۲۰۱۴ هوش مصنوعی به صورت کاربردی توسط مهندسان این حوزه در کنار متخصصان سایر حوزه‌های علمی بین رشته‌ای مانند محیط زیست به کار گرفته شدند (Wang, 2019).

۲-۱- اهمیت هوش مصنوعی

در این بخش اهمیت AI از دو نقطه نظر مورد مطالعه قرار گرفته است. ابتدا میزان انتشار مقالات هوش مصنوعی کاربردی و دیگری به کارگیری هوش مصنوعی در صنعت‌های متفاوت که در هر قسمت نتایج آماری که در تحقیقات گذشته انجام شده مشاهده می‌شوند.

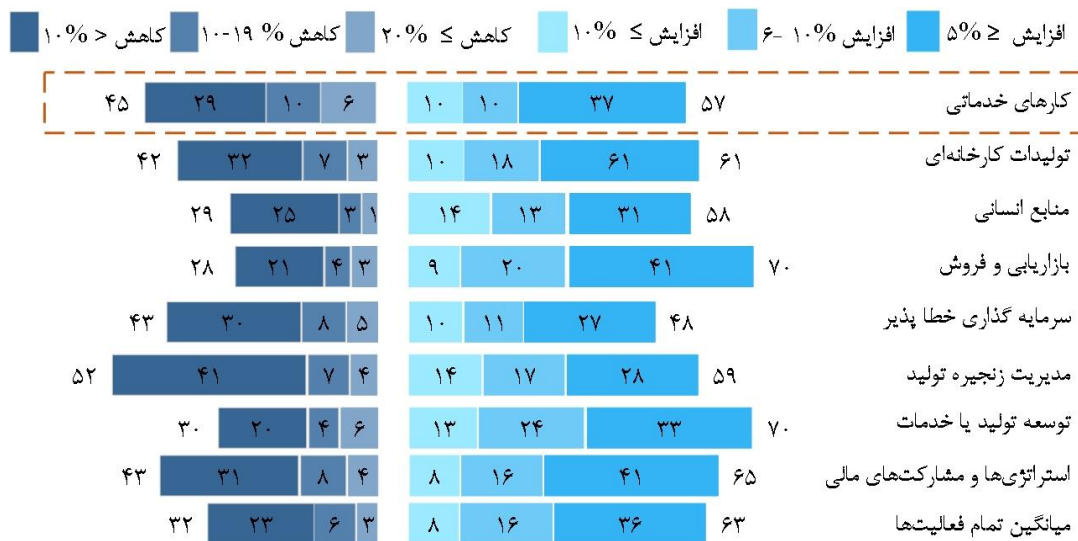


پس از به کارگیری علم هوش مصنوعی در علوم دیگر از سال ۲۰۱۴ میلادی، مقالات زیادی با عناوین به کارگیری هوش مصنوعی به چاپ رسید که اغلب حاکی از نتایجی برای بهبود دقت، سرعت، زمان و همچنین کاهش هزینه‌ها بود. از سال ۲۰۱۷ محققان به دنبال درک شهودی هوش مصنوعی در نوع کاربرد خود بودند (Haque et al, 2023; Islam et al, 2022; Nazar et al, 2021)، به عنوان مثال یکی از کاربردهای هوش مصنوعی کلاس‌بندی مراجعہ کنندگان با مشکلات مغزی به بیماران دارای تومور مغزی و بیماران بدون تومور مغزی است که این امر توسط هوش مصنوعی با فناوری‌های پردازش تصویر و با دقت قابل قبولی انجام شده است. در حالیکه در سال‌های اخیر افراد برای اعتماد به تشخیص بیماری توسط AI به دنبال یافتن کادری اطراف تومور در تصویر اسکن مغز بودند که علت تشخیص هوش مصنوعی برای آن‌ها توضیح پذیر، شهودی و قابل اعتماد باشد (Esmaeili et al, 2021). به همین ترتیب مفهومی با عنوان "هوش مصنوعی توضیح‌پذیر" مطرح و در کاربردهای متفاوتی به کار گرفته شد. این مفهوم در بین محققانی که به دنبال استفاده از هوش مصنوعی در زمینه تخصصی خود بودند نیز مورد توجه قرار گرفت که نتیجه علاقه مندی محققان به این زمینه در شکل ۲ آمده است. در این تصویر از مجموعه داده Bibliographic برای محاسبه تعداد مقالات چاپ شده از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲ استفاده شده است. همانطور که در شکل قابل مشاهده است سیر صعودی مقالاتی که در عناوین، کلید واژه‌ها و چکیده آن‌ها عبارت "هوش مصنوعی توضیح‌پذیر" آمده است مشهود است.



شکل ۲. تعداد مقالات چاپ شده از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۱ از مجموعه داده Bibliographic که از مفهوم "هوش مصنوعی توضیح‌پذیر" استفاده کرده‌اند (Esmaeili et al, 2021)

موضوع قابل اهمیت دیگر، بررسی میزان کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری هوش مصنوعی کاربردی در صنعت است. چوی و همکاران (Chui et al, 2022) در یک تحقیق میزان کاهش هزینه با افزایش بهره‌وری را در هشت دامنه کاری مختلف در زمینه تولیدات کارخانه‌ای، منابع انسانی، بازاریابی و فروش، سرمایه‌گذاری خطا پذیر، مدیریت زنجیره تولید، توسعه با خدمات و استراتژی‌ها و مشارکت‌های مالی مورد بررسی قرار داده است که در شکل ۳ نشان داده شده است.

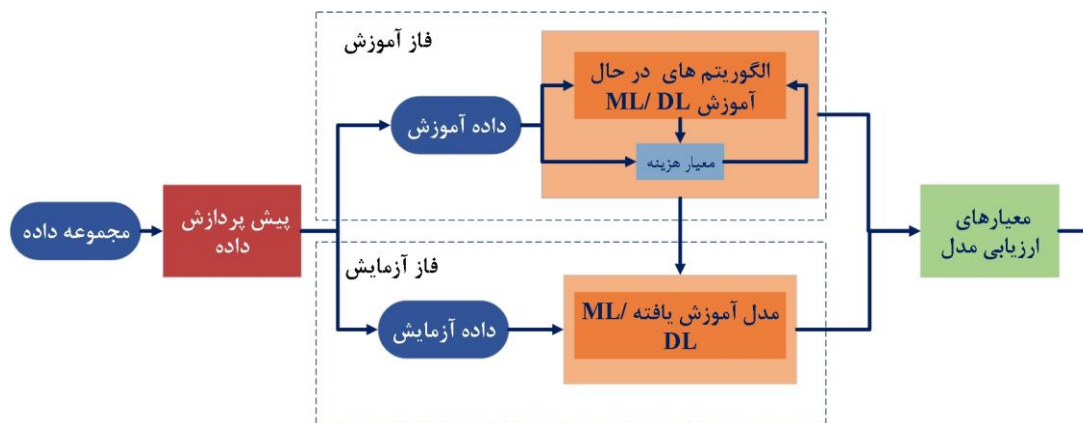


شکل ۳. کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری توسط هوش مصنوعی در سال ۲۰۲۲ به صورت درصد (Chui et al., 2022)

در این شکل در کنار هر رنگ، برچسب آن نیز نوشته شده است. در این برچسب‌ها، افزایش، به معنی افزایش بهره‌وری و کاهش نیز به معنی کاهش هزینه‌ها است و اعداد درون هر شکل به معنی تعداد موارد مورد تحقیق است که منجر به کاهش هزینه و یا افزایش بهره‌وری شده است. به عنوان مثال با ورود هوش مصنوعی در کارهای خدماتی (خط چین نارنجی در تصویر) ۶ مورد مطالعاتی کاهش هزینه‌ای بیش از ۲۰ درصد و ۱۰ مورد بین ۱۰ تا ۱۹ درصد و ۲۹ مورد کاهشی کمتر از ۱۰ درصد داشته است و این در حالی است که ۱۰ مورد افزایش بهره‌وری بیش از ۱۰ درصد و ۱۰ مورد افزایشی بین ۶ تا ۱۹ درصد و ۳۷ مورد رشد بهره‌وری کمتر از ۵ درصد داشته‌اند. نتایج در حالت میانگین در ۳۲ موردی که کاهش هزینه بوده بیش از نیمی از شرکت‌ها (۲۳ مورد) کاهشی تا ۱۰ درصد داشته و در میان ۶۳ موردی که افزایش بهره‌وری داشته‌اند تقریباً نیمی از موارد، افزایش بهره‌وری تا ۵ درصد را نشان داده‌اند. نتایج به دست آمده از این تحقیق گویای کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری در انواع زمینه‌های صنعتی با ورود هوش مصنوعی در آن صنعت بوده است.

۲-۲-المان‌های هوش مصنوعی

هوش مصنوعی دارای سه بخش و شامل؛ مجموعه داده، مدل و معیار هزینه است که به صورت شماتیک در شکل ۴ نشان داده شده است (Bellini et al, 2022; Xu et al, 2021). مجموعه داده، مهم‌ترین بخش در ساخت هوش مصنوعی است که مدل هوش مصنوعی بر اساس آن نوشته می‌شود و اغلب یک مرحله پیش پردازش دارد و بعد داده‌ها به دو قسمت آموزش و آزمایش تقسیم شده و داده آموزش در مدل سازی هوش مصنوعی شرکت میکند و پس از ساخت مدل، مدل را بر اساس داده آزمایشی به مرحله اجرایی میرسانند. معیار هزینه ابزاری برای آموزش مدل بر اساس داده‌های آموزشی است. در ادامه هر بخش توضیح داده می‌شود.



شکل ۴. المان‌های هوش مصنوعی

۲-۲-۱- مجموعه داده

داده شامل مقادیر ورودی به مدل می‌شود که فرآیند آموزش یا یادگیری مدل با استفاده از آن انجام می‌شود (Xu et al, 2021; Zhou et al, 2022). مجموعه داده می‌تواند شامل داده و یا جفت داده و برچسب باشد. الف) داده (بردار ویژگی): مقادیر ورودی یا قابل درک توسط کامپیوتر است که در مسائل مختلف، متفاوت است و می‌تواند تصویر، صوت و سیگنال، متن و یا داده ثبت شده (به صورت جدولی) باشد. ب) برچسب: خروجی و یا هدف مورد نظر از یک داده را برچسب آن داده می‌نامند که اغلب توسط فرد خبره یا یک روش مطمئن بر روی داده‌ها برچسب گذاری می‌شود. برای مثال می‌توان به تصاویر پزشکی اشاره کرد که تصویر همان داده است و بیمار بودن یا نبودن، همان برچسب متناظر با داده است.

۲-۲-۲- مدل یادگیری

مدل، عضو اساسی، اصلی و هسته هوش مصنوعی است که هدف آن شبیه سازی ادراک هوش در شبکه عصبی مغز انسان است یعنی سیستم مدل‌سازی در زمان یادگیری باید به توانایی مشابه انسان در برخورد با انواع ورودی برسد (Wang, 2019; Zhou et al, 2022). به عبارت دیگر فردی متخصص و صاحب نظر در هر کاربرد با دیدن یک تصویر، شنیدن یک صوت و یا خواندن یک متن می‌تواند برداشتی از آن داده ورودی داشته باشد، حال هوش مصنوعی در ایده‌آل‌ترین حالت باید بتواند برداشتی به مشابه فرد متخصص متناظر داشته باشد. به عنوان مثال اینکه تصویر دیده شده در یک عکس متعلق به چه شخصی است یا صدای پشت تلفن متعلق به کدام فرد است. به عبارت ساده و کاربردی، مدل، نحوه رسیدن از ورودی به خروجی توسط یادگیری الگوی ورودی و تحلیل آن است.

۲-۲-۳- معیار هزینه

هزینه یک معیار است که میزان خطای مدل نسبت به مجموعه داده آموزش را تعیین می‌کند تا با حداقل کردن این معیار، بهترین مدل با کمترین خطا و بیشترین دقت بدست آید (Zhou et al, 2022). معیار هزینه یک تابع ریاضی است که نسبت به مسائل و کاربردها، مدل‌ها و داده‌های مختلف، متفاوت تعریف می‌شود.



۳- هوش مصنوعی از منظر کاربرد

هوش مصنوعی از منظر کاربرد به چهار دسته بزرگ تقسیم می‌شود؛ یادگیری با ناظر، یادگیری بدون ناظر، یادگیری تقویتی و هوش مصنوعی تولید کننده. شکل ۵، نشان دهنده میزان توجه به چهار دسته هوش مصنوعی، توسط یکی از محقق‌های بزرگ در زمینه هوش مصنوعی به نام Andrew Ng است که رشد هر دسته تا دهه ۲۰۲۰ با دایره، به رنگ تیره‌تر و رشد انجام شده و قابل انتظار تا انتهای دهه ۲۰۳۰ با رنگ روشن‌تر در اطراف رنگ تیره نشان داده شده است.



شکل ۵. میزان رشد چهار دسته بزرگ هوش مصنوعی تا دهه ۲۰۲۰ و میزان رشد انجام شده و قابل انتظار تا انتهای دهه ۲۰۳۰

طبق شکل ۵، در دهه‌های گذشته تا دهه میلادی، اغلب پژوهش‌ها بر روی مسائل یادگیری با ناظر و کمی نیز بر روی مسائل یادگیری بدون ناظر بوده است. یادگیری تقویتی نیز به دلیل ویژه بودن کاربرد و موردی بودن مسائل، رشد و پیشرفت متناسب با همان زمینه‌های ویژه را داشته است. هوش مصنوعی تولید کننده نیز نسبت به میزان اهمیت و میزان رشد علم هوش مصنوعی، رشد متوسط داشته است. در دهه اخیر (دهه ۲۰۳۰)، اهمیت هوش مصنوعی تولید کننده بسیار زیاد شده است که یکی از علت‌های اصلی آن، نیاز به تعامل و به کار بردن هوش مصنوعی با خلاقیت و درک بالا و توانایی گسترده در درک الگوی داده برای تولید داده‌های معتبر از همان نوع است که از جمله آن می‌توان به نیاز به تولید تصویر و متن یا تعامل با کاربر به صورت پویا بر اساس نیاز کاربر اشاره نمود (Et al, 2021).

۴- کاربردهای هوش مصنوعی در مخاطرات محیطی

هوش مصنوعی به این دلیل که توانایی یادگیری و درک مشابه عملکرد مغز در همان زمینه را دارد و وابسته به نوع داده و هدف مسئله، مدل و پیاده سازی‌های مختلف است، در انواع علوم کاربرد دارد. در موضوعاتی همچون؛ منابع

1Supervised
2Unsupervised
3Reinforcement
4Generative



طبیعی، کاربردها و زیر بخش‌ها متفاوت از جمله پیش بینی شرایط جوی و اقلیمی، سیستم‌های هشدار تخریب سرزمین، بررسی شرایط مانیتورینگ و پایش روند گسترش بیابان‌زایی وجود دارد که هوش مصنوعی در هر کدام از آن‌ها قابل استفاده است و در برخی تحقیقات استفاده شده است که به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اقلیمی در هوش مصنوعی برای کاربردهای منابع طبیعی، می‌توان به بررسی شرایط منابع زمین (Zhu & Wu, 2023)، تغییرات دما (Dewitte et al, 2021)، اثرات تغییرات بر روی طبیعت و منابع طبیعی مانند آب، خشکی، هوا و غیره اشاره کرد (Huntingford et al, 2019) و (Nordgren, 2023) که با استفاده و در دسترس بودن این اطلاعات می‌توان به پیش بینی احتمال شرایط مانند آب و هوای (F. Wang et al, 2019)، وضعیت طبیعت، رشد گیاهی (Nesteruk et al, 2020) و غیره دست یافت.

توسعه سیستم‌های هشدار اولیه با هوش مصنوعی، پردازش وضعیت عادی و بحرانی در تاریخچه داده و درک الگو و شرایط بحران به یادگیری یک مدل موثر در زمینه پیش بینی بحران منجر خواهد شد. از جمله کاربردهای این سیستم‌ها در پیش‌بینی (Darwish & Al-Quraan, 2023) تغییرات شدید آب و هوا و اثر آن بر طبیعت و کشاورزی (Crane- Droesch, 2018)، احتمال وقوع باد شدید، گردباد و یا طوفان، خطر وقوع زلزله‌های زیان بار و غیره است.

همچنین در زمینه کار با داده‌های حسگرها در طول زمان، که تشکیل یک سری زمانی از تغییرات در زمان را می‌دهند، نیز از کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه منابع طبیعی است. در بیان دیگر، با داشتن تغییرات اندازه گیری شده توسط حسگرهایی مانند دما، رطوبت، میزان بارش و زاویه تابش (Kosovic et al, 2020) می‌توان الگوی مناسب برای مناطق را توسط هوش مصنوعی فرا گرفت و به استخراج اطلاعات مانند پیش بینی، میزان ارتباط (مانند ارتباط دما و رطوبت) پرداخت.

در پژوهشی در شانگ‌های چین برای تشخیص آتش‌سوزی جنگل با استفاده از پهباد ها پرداخته شده است؛ به این صورت که پلت‌فرمی برای تشخیص آتش‌سوزی جنگل توسعه داده شد و سپس با توجه به توان محاسباتی موجود در سخت‌افزار داخلی، شبکه عصبی عمیق CNN در مقیاس کوچک با کمک YOLOv3 (مدل شبکه عصبی عمیق در پردازش تصویر) پیاده‌سازی شد. نتایج آزمایش نشان دادند که نرخ تشخیص این الگوریتم حدود ۸۳ درصد است و نرخ فریم تشخیص می‌تواند به بیش از ۳٫۲ فریم در ثانیه برسد. این روش مزایای زیادی برای کاربرد بی‌درنگ تشخیص آتش‌سوزی جنگل با استفاده از پهباد (وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین) دارد (Jiao et al, 2019).

در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر دوربین‌های سنسور ۳۶۰ درجه که بر روی پهباد تعبیه شده بود، یک کلاس بندی بر روی بافت آتش با استفاده از مدل شبکه عصبی عمیق به نام DeepLab V3+ در جهت گروه‌بندی تصاویر به دو کلاس شعله و دود اعمال شد. هدف این کلاس‌بندی تشخیص به هنگام مناطق مستعد آتش‌سوزی و طراحی سیستم هشدار است. نتایج تجربی این آزمایش به دقت ۹۴٫۶ درصد دست‌یافته است که این امر هزینه را با به حداقل رساندن تعداد سنسورهای لازم کاهش می‌دهد (Barmpoutis et al, 2020).

در مقاله‌ای با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین (ML) با نام‌های ماشین بردار پشتیبان (SVM) و AdaBOOST، RF و ANN بر روی ترکیبی از داده‌های ماهواره‌ای و اقلیمی در جهت پیش‌بینی مناطق مستعد آتش‌سوزی جنگلی در



منطقه فدرال برزیل اعمال کردند. داده‌های اقلیمی، متشکل از ویژگی‌های اقلیمی بوده و داده‌های ماهواره‌ای در این تحقیق، تصاویر ماهواره‌ای متعلق به پنج ایستگاه در طول دو دهه است که شامل تصاویر نرمال و آتش‌سوزی در آن منطقه بوده است (Rubi et al, 2023).

در پژوهشی با استفاده از عوامل اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی، آتش‌سوزی جنگل‌های منطقه Heilongjiang در کشور چین، با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق (Artificial Neural Network) به کمک الگوریتم با ناظر (رگرسیون) مدل‌سازی شده است. این مدل می‌تواند با در نظر گرفتن تأثیر هر متغیر بر این رویداد، آتش‌سوزی‌های جنگلی این منطقه را با دقت بالایی (۸۴ درصد) تخمین بزند (Wu et al, 2021).

پژوهشی در منطقه شمال مراکش برای پیش‌بینی خطرات احتمالی در زمینه آتش‌سوزی‌های جنگلی صورت گرفته است که با هدف ایجاد و تهیه نقشه‌های حساسیت به آتش‌سوزی جنگل به منظور حفاظت از عملکردهای اکوسیستم‌های جنگلی با پیش‌بینی خطرات احتمالی است. این نقشه‌ها می‌توانند مرجعی مفید برای کاهش آسیب‌پذیری در خصوص آتش‌سوزی‌های جنگلی باشند که برای بهبود برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در پیشگیری از خطرات محیطی و محیط‌زیستی کمک می‌کنند (مدیریت ریسک در منطقه مطالعه). در این تحقیق، داده‌های آموزشی (نقشه‌های موجودی آتش‌سوزی) که ورودی الگوریتم‌های یادگیری ماشین هستند، با اعمال عملگرهای مختلف در نرم‌افزار ArcGIS استخراج شده‌اند. سپس با استفاده از الگوریتم‌های شبکه عصبی عمیق مانند Multi-Layer Perceptron و الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند ماشین بردار پشتیبان (SVM) این پیش‌بینی را انجام داده است. پنج الگوریتم یادگیری ماشین ترکیبی برای مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل بر اساس ۵۱۰ مکان آتش‌سوزی جنگل در نظر گرفته شد. نتایج مدل‌های پیشنهادی نشان می‌دهد که RF-FR بالاترین عملکرد (AUC=۰,۹۸۹) را در نقشه‌برداری آتش‌سوزی جنگل به دست آورد (Mohajane et al, 2021).

پژوهشی در شهر شنزن، کشور چین، با هدف برآورد خطر زمین‌لغزش ناشی از بارندگی انجام شد. داده‌های این تحقیق به دو صورت: داده‌های مربوط به تاب آوری فیزیکی و داده‌های مربوط به تاب آوری اجتماعی-اقتصادی بوده است. برای ارزیابی عملکرد تاب آوری فیزیکی از داده‌های مربوط به هواشناسی، خاک، پوشش گیاهی و غیره از ماشین بردار پشتیبان (SVM) و برای ارزیابی عملکرد تاب آوری اجتماعی-اقتصادی، از داده‌های آماری و مدل فرآیند سلسله مراتبی دلفی (Delphi-AHP) در مقیاس زیر ناحیه‌ای در سال ۲۰۱۶ استفاده شد (Zhang et al, 2019).

مطالعه‌ای در تبریز در کشور ایران، با هدف پیش‌بینی زلزله با داده‌های هواشناسی توسط رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) مبتنی بر فیلتر ذرات (PF) انجام شد. در تحقیق حاضر داده‌های لرزه‌ای شامل تعداد و بزرگی زمین‌لرزه‌ها و داده‌های هواشناسی شامل میانگین دما، حداکثر دما، حداقل دما، میانگین سرعت باد و بارندگی بود. در این تحقیق از روش فیلتر ذرات (PF) برای بهینه‌سازی عملکرد رگرسیون بردار پشتیبان استفاده شد. مدل مورد استفاده می‌تواند دقت در پیش‌بینی بزرگی و تعداد زمین‌لرزه‌های مورد انتظار در یک ماه را با دقت ۹۶ درصد برای بزرگی زلزله را داشته باشد (Hajikhodaverdikhan et al, 2018).



تحقیقی در زمینه پیش‌بینی سرعت باد با شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) در شهرهای جده، ریاض، طائف و عقیف در کشور عربستان صورت گرفته است. داده‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر شامل ویژگی‌های مختلفی مانند دمای هوا، جهت و سرعت باد، تابش افقی جهانی، رطوبت نسبی و فشار هوا می‌باشد. این مطالعه نشان داد که امکان تخمین و پیش‌بینی تغییرات سرعت باد با استفاده از تکنیک‌های ANN وجود دارد. بر اساس RMSE و ضریب همبستگی R بهترین نتیجه با $RMSE=0.6109$ برای ANN بدست آمده است (Brahimi, 2019).

۵- چالش‌های هوش مصنوعی

کاستانو و خلیفه در تحقیقی (Castagno & Khalifa, 2020) یکی از چالش‌های هوش مصنوعی را پذیرش این علم توسط عموم مردم می‌داند و در این جهت با روشی میدانی با جمع‌آوری نظرات افراد از پرس‌نامه‌هایی بیان می‌کند این اعتماد سازی در سال‌های اخیر توسط افراد برتر جامعه بسیار بالا رفته. در این تحقیق افراد به دو گروه عموم مردم و پزشکان تقسیم شده‌اند و به عنوان مثال برای پرسشی با عنوان "آیا AI خطرناک‌تر از سلاح هسته‌ای است؟" ۵۹٪ از پزشکان کاملاً مخالف و ۳۹٪ عموم مردم تا حدودی موافق بودند.

با به کارگیری هوش مصنوعی در دامنه‌های متفاوت محققان این حوزه چالش‌هایی در کاربرد، بنابر تنوع فضا، شرایط، ورودی و خروجی، چالش‌های مختلفی وجود دارد که به برخی از موارد معروف آن‌ها اشاره خواهیم کرد:

- جمع‌آوری مجموعه داده: همان‌طور که در تحقیق اخیر به این موضوع پرداخته شده است (Whang et al, 2023)، در اغلب مسائل، تعیین نوع داده مناسب با مسئله و یا در صورت نیاز، جمع‌آوری آن از فضای کاربرد بنابر نوع مسئله به صورت جداگانه است و دچار چالش‌های برداشت یا تعریف اشتباه از مسئله، عدم برچسب زدن درست یا تعیین قالب مشخص برای داده، وجود اختلال، کمبود تنوع داده برای درک الگو و استفاده از نمونه‌های کم و با شرایط خاص خواهد شد.

- تعیین و طراحی مدل: پس از تعریف درست و دقیق مسئله و تعیین محدودیت‌ها و شرایط، چالش دیگر در طراحی و تعیین مدل مناسب است. مدل طبق تعریف مسئله، میزان تنوع داده، فضای اجرا و سخت افزار در دسترس ایجاد خواهد شد که نیاز به داشتن اطلاعات کافی و دانش از ساختار مدل‌ها وجود دارد. چالش مدل در استفاده از مدل‌های پیش‌آموزش دیده یا طراحی یک مدل از پایه است که به علت نبود دانش کافی، به اشتباه با آزمون و خطا و با معیارهای اشتباه در اغلب تحقیقات و کاربردها به کار رفته است که اثرات منفی آن بر روی تحقیقات و کاربردهای آینده بسیار زیاد خواهد بود (Barriga et al, 2022).

- توالی اشتباه در پیاده‌سازی کاربردی: از نظر نویسندگان نبود دانش از فرآیند هوش مصنوعی در هر کاربرد چالش دیگر در مسائل هوش مصنوعی است. توالی یک کار در هوش مصنوعی (در کاربرد یا تحقیق) شامل گام‌های



مشخص تعریف مسئله، جمع‌آوری داده، طراحی مدل و انتشار است. گام اول، تعریف مسئله، از اهمیت بالایی برخوردار است که اغلب چشم‌پوشی می‌شود. پس از تعریف کامل و دقیق در گام اول، گام‌های دیگر بر این اساس استوار خواهند بود که با یکدیگر در طول این فرآیند تعامل خواهند داشت و معیارهای مشخص بنابر تنوع مسائل برای تعیین وضعیت روی آن وجود دارد. بسیار از هوش مصنوعی‌های کاربردی با عدم رعایت این گام‌ها، به نتیجه اشتباه، هدر رفتن هزینه و زمان و دیگر منابع خواهند رسید.

۶- نتیجه‌گیری

اثرات یک فاجعه می‌تواند حاصل برآیند عوامل مختلف باشد. برخی از این عوامل مانند؛ افزایش، تراکم و دارایی‌ها افراد در مناطق آسیب‌پذیر، تخریب محیط‌های طبیعی، دشت سیلابی، بهره‌برداری بیش از حد از مناطق ساحلی، نابودی تالاب، فرسایش رودخانه‌ای، قطع درختان جنگلی و مرتعی، فرسایش خاک و کاهش باروری زمین، نقش مهمی در میزان وقوع فاجعه دارند. امروزه موضوع امنیت غذایی، خشکی و خشکسالی، تخریب خاک (فرسایش و آلودگی)، تخریب سرزمین، فرونشست زمین و بیابان‌زایی به عنوان مخاطرات طبیعی و از نوع آرام و با تاثیر طولانی مدت و حوادثی همچون سیل، زلزله نیز از نوع مخاطرات سریع‌الوقوع و همراه با خسارت زیاد می‌باشند که مورد تاکید کارشناسان بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. بنابراین، بایستی به این موضوع توجه نمود که سیستم‌های طبیعی به طور ذاتی پیچیده‌اند و اگر قرار باشد یک اکوسیستم طبیعی مورد بررسی قرار گیرد، باید تمامی عوامل فیزیکی، بیولوژیکی، اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی آن بررسی شود. برخورد با یک سیستم طبیعی پیچیده اگر با یک روش ناقص و ناکافی همراه باشد، مدیریت بهینه سیستم ناکارآمد خواهد بود.

کاهش مخاطرات طبیعی نیازمند مشارکت همه جانبه افراد جامعه و در تمام سطوح ملی تا بین‌المللی است. اثرات وقوع یک مخاطره به یک میزان یکسان و ثابت بر افراد یک جامعه موثر نیست. زنان، کودکان، افراد سالخورده و همچنین افراد فقیر به دلیل دسترسی کمتر به امکانات محافظتی، بیشتر از دیگران آسیب‌پذیر خواهند بود. به طوریکه زنان و کودکان در زمان وقوع حادثه و پس از آن، با چالش‌های منحصر به فردی مواجه می‌شوند که احتمال مرگ آنها در مخاطرات را ۱۴ برابر بیشتر از مردان می‌کند. افراد دارای معلولیت که ۱۶ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهند، نیز به دلیل موانع مختلف فیزیکی، نگرشی، ارتباطی و نهادی که جامعه بر آنها تحمیل می‌کند، با مسائل مشابهی روبرو هستند.

لذا، آموزش و ترویج فرهنگ مقابله و یا کاهش اثرات مخاطرات محیطی به همراه توانمندسازی جوامع، آگاهی بخشی، استفاده از سازمان‌های مردم‌نهاد، مدیریت ریسک به جای مدیریت بحران، توسعه سیستم‌های هشدار اولیه خشکسالی، بیابان‌زایی و تخریب سرزمین، استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند؛ پهپادها، هوش مصنوعی و غیره می‌توانند به عنوان راهکارهای عملی برای کاهش اثرات مخاطرات محیطی در نظر گرفته شوند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که برای تجزیه و تحلیل اکوسیستم‌های طبیعی استان خراسان رضوی، یک رویکرد فلسفی (جامع‌نگری) بر مبنای پیش‌گیری بجای درمان (مدیریت ریسک بجای مدیریت بحران) در نظر گرفته شود و استفاده هوش مصنوعی در توسعه سیستم‌های



پیش‌آگهی و هشدار اولیه، در کنار تعیین اولویت‌ها و عوامل اصلی موثر در تخریب سرزمین می‌تواند نقش بسیار کاربردی در کاهش اثر مخاطرات محیطی داشته باشد.

مراجع

- Adeel, Z., Alarcón, A.M., Bakkensen, L., Franco, E., Garfin, G.M., et al., 2020. Developing a comprehensive methodology for evaluating economic impacts of floods in Canada, Mexico and the United States. *Int J Disaster Risk Reduct.* 50, 101861. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101861>
- Akbari, M., Neamatollahi, E., Memarian, H., & Alizadeh Noughani, M. (2023). Assessing impacts of floods disaster on soil erosion risk based on the RUSLE-GloSEM approach in western Iran. *Natural Hazards*, 117, 1689–1710. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05925-y>
- Alkhatib, R., Sahwan, W., Alkhatieb, A., Schütt, B., 2023. A Brief Review of Machine Learning Algorithms in Forest Fires Science. *Applied Sciences*, 13(14), 8275–8275. <https://doi.org/10.3390/app13148275>
- Barriga, A., Rutle, A., & Heldal, R., 2022. AI-powered model repair: an experience report—lessons learned, challenges, and opportunities. *Software and Systems Modeling*, 21(3), 1135–1157. <https://doi.org/10.1007/s10270-022-00983-5>
- Barpoutis, P., Stathaki, T., Dimitropoulos, K., Grammalidis, N., 2020. Early Fire Detection Based on Aerial 360-Degree Sensors, Deep Convolution Neural Networks and Exploitation of Fire Dynamic Textures. *Remote Sensing*, 12(19), 3177. <https://doi.org/10.3390/rs12193177>
- Bellini, V., Cascella, M., Cutugno, F., Russo, M., Lanza, R., Compagnone, C., Bignami, E., 2022. Understanding basic principles of artificial intelligence: a practical guide for intensivists. In *Acta Biomedica* (Vol. 93, Issue 5). <https://doi.org/10.23750/abm.v93i5.13626>
- Brahimi, T., 2019. Using Artificial Intelligence to Predict Wind Speed for Energy Application in Saudi Arabia. *Energies*, 12(24), 4669. <https://doi.org/10.3390/en12244669>
- Bryson, A. E., Ho, Y.-C., & Siouris, G. M., 2008. Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(6). <https://doi.org/10.1109/tsmc.1979.4310229>
- Castagno, S., & Khalifa, M., 2020. Perceptions of Artificial Intelligence Among Healthcare Staff: A Qualitative Survey Study. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.578983>
- Chui, M., Hall, B., Mayhew, H., Singla, A., 2022. The state of AI in 2022 — and a half decade in review Five years in review : AI adoption , impact , and spend. *Quantum Black, AI by McKinsey*, December.
- Crane-Droesch, A., 2018. Machine learning methods for crop yield prediction and climate change impact assessment in agriculture. *Environmental Research Letters*, 13(11). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae159>
- Darwish, H. H., Al-Quraan, A., 2023. Machine Learning Classification and Prediction of Wind Estimation Using Artificial Intelligence Techniques and Normal PDF. *Sustainability* (Switzerland), 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043270>
- Dewitte, S., Cornelis, J. P., Müller, R., Munteanu, A., 2021. Artificial intelligence revolutionises weather forecast, climate monitoring and decadal prediction. *Remote Sensing*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/rs13163209>
- Esmaili, M., Vettukattil, R., Banitalebi, H., Krogh, N. R., Geitung, J. T., 2021. Explainable artificial intelligence for human-machine interaction in brain tumor localization. *Journal of Personalized Medicine*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/jpm1111213>
- Et al., Dr. I. V., 2021. Artificial Intelligence on Future Aspects. *Psychology and Education Journal*, 58(2). <https://doi.org/10.17762/pae.v58i2.1855>



- FAO., 2020. Healthy Soils Are the Basis for Healthy Food Production (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2015), pp. 1–4. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/645883cd-ba28-4b16-a7b8-34babbb3c505/>. Accessed 11 August 2020
- Feigenbaum E.A., G. S., Buchanan, B., 1968. Heuristic DENDRAL: A Program for Generating Explanatory Hypotheses in Organic Chemistry. Proc. Hawaii International Conference on System Sciences.
- Hajikhodaverdikhan, P., Nazari, M., Mohsenizadeh, M., Shamsirband, S., Chau, K., 2018. Earthquake prediction with meteorological data by particle filter-based support vector regression. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 12(1), 679–688. <https://doi.org/10.1080/19942060.2018.1512010>
- Haque, A. B., Islam, A. K. M. N., Mikalef, P., 2023. Explainable Artificial Intelligence (XAI) from a user perspective: A synthesis of prior literature and problematizing avenues for future research. *Technological Forecasting and Social Change*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122120>
- Hopfield, J. J., 1982. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 79(8). <https://doi.org/10.1073/pnas.79.8.2554>
- Huntingford, C., Jeffers, E. S., Bonsall, M. B., Christensen, H. M., Lees, T., Yang, H., 2019. Machine learning and artificial intelligence to aid climate change research and preparedness. *Environmental Research Letters*, 14(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4e55>
- Islam, M. R., Ahmed, M. U., Barua, S., Begum, S., 2022. A Systematic Review of Explainable Artificial Intelligence in Terms of Different Application Domains and Tasks. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031353>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)., 2018. IPCC Special Report: Global Warming of 1.5 °C, <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- Ivić, M., 2019. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GEOSPATIAL ANALYSIS IN DISASTER MANAGEMENT. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-3/W8, 161–166. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-3-w8-161-2019>
- Jiao, Z., Zhang, Y., Xin, J., Mu, L., Yi, Y., Liu, H., Liu, D., 2019. A Deep Learning Based Forest Fire Industrial Artificial Intelligence (IAI), *Shenyang, China*, 7, 1–5.
- Jean, A., 2020. A brief history of artificial intelligence. In *Medecine/Sciences (Vol. 36, Issue 11)*. <https://doi.org/10.1051/medsci/2020189>
- Kanza, S., Bird, C. L., Niranjan, M., McNeill, W., & Frey, J. G., 2021. The AI for Scientific Discovery Network+. In *Patterns (Vol. 2, Issue 1)*. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100162>
- Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. A., 2020. History of artificial intelligence in medicine. In *Gastrointestinal Endoscopy (Vol. 92, Issue 4)*. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.040>
- Kosovic, I. N., Mastelic, T., & Ivankovic, D., 2020. Using Artificial Intelligence on environmental data from Internet of Things for estimating solar radiation: Comprehensive analysis. *Journal of Cleaner Production*, 266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121489>
- Luger, G. F., 2023. A Brief History and Foundations for Modern Artificial Intelligence. *International Journal of Semantic Computing*, 17(1). <https://doi.org/10.1142/S1793351X22500076>
- Mannuru, N. R., Shahriar, S., Teel, Z. A., Wang, T., Lund, B. D., Tijani, S., Pohboon, C. O., Agbaji, D., Alhassan, J., Galley, J. Kl., Kousari, R., Ogbadu-Oladapo, L., Saurav, S. K., Srivastava, A., Tummuru, S. P., Uppala, S., Vaidya, P., 2023. Artificial intelligence in developing countries: The impact of generative artificial intelligence (AI) technologies for development. *Information Development*. <https://doi.org/10.1177/02666669231200628>
- McCulloch, W. S., & Pitts, W., 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4). <https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- Mohajane, M., Costache, R., Karimi, F., Bao Pham, Q., Essahlaoui, A., Nguyen, H., Laneve, G., Oudija, F., 2021. Application of remote sensing and machine learning algorithms for forest fire



- mapping in a Mediterranean area. *Ecological Indicators*, 129, 107869. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107869>
- Nazar, M., Alam, M. M., Yafi, E., Su'Ud, M. M., 2021. A Systematic Review of Human-Computer Interaction and Explainable Artificial Intelligence in Healthcare with Artificial Intelligence Techniques. In *IEEE Access* (Vol. 9). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3127881>
- Nesteruk, S., Shadrin, D., Kovalenko, V., Rodriguez-Sanchez, A., Somov, A., 2020. Plant Growth Prediction through Intelligent Embedded Sensing. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics.*, 2020-June. <https://doi.org/10.1109/ISIE45063.2020.9152399>
- Newell, A., Simon, H. A., 2013. GPS, a program that simulates human thought. In *Readings in Cognitive Science: A Perspective from Psychology and Artificial Intelligence.* <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-1446-7.50040-6>
- Nordgren, A., 2023. Artificial intelligence and climate change: ethical issues. *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, 21(1). <https://doi.org/10.1108/JICES-11-2021-0106>
- Rubí, J. N. S., de Carvalho, P. H. P., & Gondim, P. R. L., 2023. Application of machine learning models in the behavioral study of forest fires in the Brazilian Federal District region. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 118, 105649. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105649>
- Sampson, G., Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., & The PDP Research Group., 1987. *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition.* Language, 63(4). <https://doi.org/10.2307/415721>
- Taylor, C. E., 1994. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence.* Complex Adaptive Systems. John H. Holland . *The Quarterly Review of Biology*, 69(1). <https://doi.org/10.1086/418447>
- Tien Bui, D., Khosravi, K., Shahabi, H., Daggupati, P., Adamowski, J. F., M.Melesse, A., Thai Pham, B., Pourghasemi, H. R., Mahmoudi, M., Bahrami, S., Pradhan, B., Shirzadi, A., Chapi, K., Lee, S., 2019. Flood Spatial Modeling in Northern Iran Using Remote Sensing and GIS: A Comparison between Evidential Belief Functions and Its Ensemble with a Multivariate Logistic Regression Model. *Remote Sensing*, 11(13), 1589. <https://doi.org/10.3390/rs11131589>
- Turing, A. M., 2012. Computing machinery and intelligence. In *Machine Intelligence: Perspectives on the Computational Model.* <https://doi.org/10.7551/mitpress/6928.003.0012>
- UNDRR., 2020. Annual report capturing output and impact for 2020. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/publication/undrr-annual-report-2020> (accessed on 09 June 2020).
- UNCCD., 2020. Desertification – Coping with today’s global challenges in the context of the strategy of the United Nations Convention to combat desertification, Unites Nations Convention to Combat Desertification. Report on the High Level Policy Dialogue. Bonn, Germany.
- Van Remoortere, P., 1979. Computer-based medical consultations: MYCIN. *Mathematics and Computers in Simulation*, 21(4). [https://doi.org/10.1016/0378-4754\(79\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0378-4754(79)90016-8)
- Wang, F., Zhang, Z., Liu, C., Yu, Y., Pang, S., Duić, N., Shafie-khah, M., Catalão, J. P. S., 2019. Generative adversarial networks and convolutional neural networks based weather classification model for day ahead short-term photovoltaic power forecasting. *Energy Conversion and Management*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.11.074>
- Wang, L., 2019. From Intelligence Science to Intelligent Manufacturing. In *Engineering* (Vol. 5, Issue 4). <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.04.011>
- Whang, S. E., Roh, Y., Song, H., & Lee, J. G., 2023. Data collection and quality challenges in deep learning: a data-centric AI perspective. *VLDB Journal*, 32(4). <https://doi.org/10.1007/s00778-022-00775-9>
- Wu, Z., Li, M., Wang, B., Quan, Y., Liu, J., 2021. Using Artificial Intelligence to Estimate the Probability of Forest Fires in Heilongjiang, Northeast China. *Remote Sensing*, 13(9), 1813. <https://doi.org/10.3390/rs13091813>
- Xu, Y., Liu, X., Cao, X., Huang, C., Liu, E., Qian, S., Liu, X., Wu, Y., Dong, F., Qiu, C. W., Qiu, J., Hua, K., Su, W., Wu, J., Xu, H., Han, Y., Fu, C., Yin, Z., Liu, M., ... Zhang, J., 2021. Artificial



- intelligence: A powerful paradigm for scientific research. In *Innovation* (Vol. 2, Issue 4). <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100179>
- Yu, X., 2017. Disaster prediction model based on support vector machine for regression and improved differential evolution. *Natural Hazards*, 85(2). <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2613-5>
- Zhang, X., Song, J., Peng, J., & Wu, J., 2019. Landslides-oriented urban disaster resilience assessment—A case study in ShenZhen, China. *Science of the Total Environment*, 661(3), 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.074>
- Zhou, X., Chai, C., Li, G., & Sun, J., 2022. Database Meets Artificial Intelligence: A Survey. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 34(3). <https://doi.org/10.1109/TKDE.2020.2994641>
- Zhu, H., & Wu, Q., 2023. Artificial-Intelligence-Enhanced Study on the Optimization of the Responsibility and Compensation Mechanism for Provincial Cultivated Land Retention from a Fairness Perspective. *Land*, 12(12), 2118.
- Zohuri, B., 2023. The Evolution of Artificial Intelligence: From Supervised to Semi-Supervised and Ultimately Unsupervised Technology Trends. *Current Trends in Engineering Science (CTES)*, 3(5), 1–4. <https://doi.org/10.54026/ctes/1040>