

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

نگرش سیاستی و تقنینی به چالش‌ها و فرصت‌های هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست و تغییرات اقلیمی

بهرام دلیر^۱ / علیرضا رضایت^۲

چکیده

نهاد ناآرام بشر همواره او را به سوی ناشناخته‌ها سوق داده است و نتیجه آن ورود ابزارهای جدید و در نهایت تغییر سبک زندگی آدمی بر این سیاره کهن بوده است. هوش مصنوعی یکی از همین ابزارهای نوین است که تحولی بنیادین ایجاد کرده است. این پدیده فرصت‌هایی در تمامی زمینه‌ها از جمله حوزه پایداری زیست محیطی و تغییرات اقلیمی ایجاد کرده و تسهیلات و امکاناتی را تعریف و طراحی می‌کند که در ایمن‌سازی، بهینه‌سازی و پیشگیری از انقراض تنوع زیستی بسیار موثرند؛ در عین حال، هوش مصنوعی باوجود فرصت‌هایی که برای زندگی آسان‌تر و پیشرفته‌تر بوجود آورده، با چالش‌هایی نیز همراه بوده است. نوشتار پیش رو ضمن معرفی این پدیده، به برخی از چالش‌ها و فرصت‌های هوش مصنوعی اشاره می‌کند و برایندهای آن را در توسعه پایدار زیست محیطی بررسی می‌کند.

واژگان کلیدی:

هوش مصنوعی، محیط زیست، تغییرات اقلیمی، مقررات، چالش‌ها.

سیاره ما از زمان انقلاب صنعتی تا کنون و به دنبال پیشرفت های تکنولوژیک دوره مدرن روز به روز دچار بحران های زیست محیطی و اقلیمی شده است. صرف نظر از چرخه حیات، عمده این بحران ها ناشی از عوامل انسانی بوده است. قطع درختان، خشکی منابع آبی، استخراج معادن، سوزاندن منابع فسیلی، افزایش بی رویه سد سازی، صنعتی سازی غذا، بکارگیری آب شرب در صنایع، استفاده از کودهای شیمیایی و سموم آفات، و صدها عامل دیگر به محیط زیست انسان آسیب های جبران ناپذیری زده است و ترمیم این زخم ها تا مدت ها زمان خواهد برد و چه بسا که بسیاری از آنها نیز قابل جبران نباشد. آلودگی هوا، تنوع زیستی، توسعه شهرنشینی، گازهای گلخانه ای، تغییر اقلیم، سیستم های غذایی، بالارفتن اب اقیانوس ها، کاهش منابع آبی و در پی آن مهاجرت، از جمله چالش های زیست محیطی و اقلیمی در زمانه ماست. بر اساس مطالعات، دمای کره زمین که در سال ۱۹۹۹ حدود ۱،۱ درجه سانتیگراد بود، تا سال ۲۰۹۹ به حدود ۲،۸ درجه خواهد رسید و این هشدار است برای ساکنان این سیاره (Maher. H, 2022, 41). اثرات ویرانگر این پدیده که در پی افزایش انتشار گازهای گلخانه ای توسط کشورهای توسعه یافته بوجود آمده، عمده تاً متوجه کشورهای ضعیف تری است که سهم چندانی در شکل گیری وضع موجود نداشته اند. اتکای توسعه انسانی روز به روز به محیط طبیعی بیشتر می شود؛ افزایش جمعیت، گسترش شهرها، و صنعتی سازی که جهان ما امروز با آنها مواجه است، جامعه علمی را بر آن داشت ها که آیا انسان ها در حال تغییر شرایط زمین هستند. دانش محیط زیست یک دانش بین رشته ای است که به تاثیر انسان بر فرایندهای زیست محیطی می پردازد و به معنای دقیق کلمه، توانمند فعالیت انسانی و فرایندهای زیست محیطی را مورد بررسی قرار می دهد. مساله تغییر شرایط زمین ذاتاً مساله پیچیده ای است و بررسی مسائل آن مستلزم تعامل انسان و محیط است. فناوری اطلاعات در این میان، نقشی محوری در طراحی، حفاظت، پیش بینی، نظارت و کنترل فرایندهای زیست محیطی در مقایسه های مختلف و زمان های مختلف دارد. به تازگی رشته جدیدی تحت عنوان انفورماتیک زیست محیطی (Environmental Informatics) بوجود آمده که حوزه های تحقیقاتی مانند هوش مصنوعی، سیستم های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS)، مدل سازی و شبیه سازی، روابط کاربری، و غیره را در هم آمیخته است (Radermacher. W.F, 1994, Vol.2, 597-604). یکی از مهمترین و در عین حال دشوارترین کارکردهای این رشته جدید تلفیق داده ها و اطلاعات و دانش حوزه های مختلف در بخش محیط زیست است. کارکرد دیگر، ادغام سیستم های اطلاعاتی جغرافیایی با هدف تحلیل و بررسی فرایندهای وسیع تر در سطح جهانی است. بکارگیری هوش مصنوعی در مورد مسائل زیست محیطی در سه مرحله قابل اجراست: (۱) شیوه های استخراج و تفسیر داده ها به منظور شناسایی الگوها، شناسایی فرصت ها و تهدیدهای بالقوه و کشف شباهت های بین وضعیت فعلی و وضعیت پیشین. این اقدامات محققان را در بهینه سازی و اصلاح شناخت فاکتورهای دخیل و مناسبات میان آنها و نیز پیش بینی شرایط احتمالی جدید کمک می کند. (۲) شیوه

های شناسایی مساله به منظور شناخت علائم و نشانه ها، که فرضیه های مطمئنی ایجاد می کند برای گمانه زنی در خصوص علل احتمالی وقوع رویدادهای زیست محیطی. شناخت درست و بهنگام نشانه ها سبب طراحی استراتژی هایی می گردد که می تواند به وقت مقتضی به ترمیم و اصلاح وضع نامطلوب ایجاد شده، کمک کند. (۳) شیوه های تصمیم گیری درست و به موقع که خودمستلزم ارزیابی تمام گزینه ها، انجام هزینه و فایده و ارائه پلان های عملی متناسب با شرایط پیش آمده است (Roda. I.R, ۲۰۰۰، ۷۷-۹۱). باری، هوش مصنوعی در مسائل مختلف زیست محیطی کاربرد دارد از جمله سیستم های تخصصی و تیم های واکنش سریع مثلاً در مورد چگونگی مواجهه با حوادث حوزه صنعت و محیط زیست؛ یا طراحی مدل های کیفیت آب، حفظ ذخیره ماهیان اقیانوس ها. اخیراً جهت گیری تحقیقات هوش مصنوعی معطوف ایجاد سیستم های دانش بنیاد (KBS) شده است. وقتی این سیستم ها در محیط زیست بکارگرفته می شوند ابعاد مختلفی پیدا می کنند از جمله سیستم های تصمیم سازی، سیستم های تایید اقدامات زیست محیطی، و سیستم های تایید اقدامات چندگانه که بعضاً به آن دستیارهای هوشمند نیز گفته می شود. یک سیستم تایید اقدامات زیست محیطی (EDSS) در واقع یک سیستم اطلاعاتی هوشمند است که بهترین زمان اتخاذ تصمیم و اقدام را مشخص می کند و حتی کیفیت تصمیم و اقدام اتخاذ شده را نیز ارزیابی می کند. در این ارزیابی، سیستم چندین فاکتور مهم را مد نظر دارد: عناصر فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی-اجتماعی، سیاست ها، و نیز کل محیط زیست یعنی آب و خاک و هوا و دیگر شرایط اقلیمی مورد نظر. علاوه براین، این سیستم سه اقدام مهم دیگر نیز در راستای ارزیابی زیست محیطی انجام می دهد: شناسایی خطرات احتمالی، ارزیابی خطرات احتمالی، و اتخاذ تصمیم به موقع برای پیشگیری. سیستم های مذکور از دو جهت سهم بسزایی در کاهش میزان مخاطرات ناشی از تعامل جوامع انسانی با محیط زیست دارند، یکی به ماهیت چندرشته ای مسائل محیط زیست باز می گردد. این حوزه ناظر به همکاری میان عناصر مختلف است که هر یک در یک موضوع خاص تخصص دارند. و جهت دیگر مربوط به پیچیدگی مسائل محیط زیست است و اقتضا می کند در مدت زمان کوتاهی، فرایندهای فیزیکی و بیولوژیکی مرتبط با شرایط اقتصادی-اجتماعی و نحوه ارتباط آنها با چهارچوب های قانونی به طور دقیق شناسایی شوند (Haagsma. I. G, ۲۰۲۰، ۲۰۵-۲۱۲).

مع الوصف، تحقیقات نشان داده است که طراحی و ساخت مدل های زبانی هوش مصنوعی در مقیاس بزرگ مستلزم استفاده از ذرات کربن و مقادیر زیادی انرژی است که در نهایت منجر به افزایش گازهای گلخانه ای (GHG) می گردد. تولید این مدل ها، ذخیره سازی و پردازش داده ها و عملیاتی کردن آنها مستلزم صرف انرژی فراوانی است. و به دلیل مشکلات دسترسی، ایستگاه های داده ها فی نفسه حدود ۱ درصد به انتشار گازهای گلخانه ای کمک می کنند (Charlotte Freitag and others, ۲۰۲۱).

در عین حال، این فرضیه در میان محققان و مهندسان روز به روز بیشتر قوت می گیرد که هوش مصنوعی قادر به حل بحران اقلیمی است فلذا آنها با ساخت فناوری ها و تولیدات مجهز به هوش

مصنوعی سعی در تسریع روند حل این بحران دارند. به عنوان مثال، این فناوری‌ها مستلزم رصد انبوهی از داده‌ها، پیش‌بینی، و ثبت مدل‌های هواشناسی با هدف آمادگی برای توفان‌ها و سیلاب‌ها و نیز افزایش بهره‌وری کشاورزان است. گزارش‌ها و نمودارها نشان از دوبرابر شدن بودجه فناوری در سال ۲۰۲۲ در این زمینه است (Moses, Jolaoso, ۲۰۲۳, ۳۸-۴۲).

۱. تعریف هوش مصنوعی

هوش مصنوعی الگوریتمی است که به یک کامپیوتر امکان می‌دهد تا کار پیچیده‌اش را اجرا کند. اخیراً پیشرفت‌هایی در یکی از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی با عنوان یادگیری ماشینی (Machine Learning) انجام گرفته است که در واقع مجموعه‌ای از روش‌ها و تکنیک‌ها برای استخراج خودکار الگوها از داده‌هاست. هوش مصنوعی هنوز در آغاز راه است و ابعاد مختلفی دارد که برخی از آنها به صورت محدود اجرایی شده است؛ بخش‌های موفقیت‌آمیز هوش مصنوعی عبارتند از: چهره‌نگاری کامپیوتری (یعنی تفسیر محتوای تصویر)، پردازش زبان (یا به عبارتی تجزیه و ترکیب کلمات و متون)، تحلیل زمان (مثلاً در زمینه پیش‌بینی)، و کنترل و نظارت (راه‌اندازی سیستم‌های پیچیده). حوزه‌های پیشگام در پدیده هوش مصنوعی شامل سه حوزه است: تفسیر (توضیح اینکه چرا پیش‌بینی‌ها درست هستند)؛ کمیت‌نمایی (تعیین میزان اعتماد به پیش‌بینی‌ها)، و آگاهی باوجود محدودیت (یعنی بدست آوردن اطلاعات باوجود داده‌های اندک موجود). هوش مصنوعی کاربردهای مختلفی در زمینه‌های گوناگون دارد مثلاً ارزیابی تصاویر پزشکی، تشخیص موانع در ماشین‌های خودران، و پیش‌بینی سلايق مشتری برای تبلیغات (Kaack, Lynn, ۲۰۲۰, ۵). تصور عموم مردم آن است که استفاده از هوش مصنوعی ممکن است سبب رشد و رونق اقتصادی شده، سطح رفاه عمومی را بالا برد و زمان فراغت را بیشتر کند، اما عده‌ای از اندیشمندان هشدار می‌دهند که افزایش استفاده از هوش مصنوعی نابرابری اقتصادی در سطح جهان را افزایش می‌دهد و برای بشریت بحران ایجاد خواهد کرد (Sainato, M, ۲۰۱۵).

باری، هوش مصنوعی را می‌توان به دو بخش تقسیم نمود: هوش مصنوعی محدود یا خاص (narrow artificial intelligence) و هوش مصنوعی عام (artificial general intelligence). هوش مصنوعی خاص شامل تمام انواع کاربردهای رایج هوش مصنوعی می‌شود و شکل ضعیف یا ابتدایی از هوش مصنوعی است. هوش مصنوعی عام همچنان در مرحله طرح است و عملیاتی نشده است اما به سرعت در حال تبدیل شدن به اپلیکیشن است. یکی از زیرمجموعه‌های هوش مصنوعی عام، یادگیری ماشینی در سطح انسانی است که در نهایت، عملاً به مثابه یک انسان عمل می‌کند و تمام فعالیت‌ها و عملکردهای فکری و عملی انسان را دارد. و از قضا همین گونه از هوش مصنوعی است که موجب نگرانی عمومی شده است چون ممکن است با از میان برداشتن بسیاری از مشاغل انسانی، در درازمدت سبب شود نوع انسانی به حاشیه حیات رانده شده و بی‌خاصیت گردد (Goralski. A. Margaret, ۲۰۲۰, ۳-۲). در واقع، هوش مصنوعی عام از طریق بهینه‌سازی و کارآمد کردن چرخه تولید و توزیع،

بسیاری از مشاغل را جایگزین می کند. در عین حال، هوش مصنوعی خاص به شکل مقطعی ممکن است در روند برخی مشاغل نهادینه شده اختلال ایجاد کند. به عنوان نمونه صاحب یک شرکت تجاری در سال ۲۰۰۰ حدود ۶۰۰ کارمند داشت که تا سال ۲۰۱۷ به دلیل پیشرفت هایی که در هوش مصنوعی صورت گرفت این تعداد به ۲ نفر کاهش پیدا کرد! (Marr. Bernard, ۲۰۱۹). با این همه، عده ای بر این باورند که استفاده از هوش مصنوعی می تواند مشکلات ناشی از نابرابری در درآمدها را کاهش دهد و این امر فی نفسه در توسعه پایدار انسانی موثر است.

۲. کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت آسیب پذیری محیط زیست

مهمترین مساله در محیط زیست، تغییر اقلیم است که خود از پیامدهای گرمایش زمین است. یکی از کارکردهای حیاتی هوش مصنوعی در حوزه تغییرات اقلیمی، مساله مدیریت خطر و آسیب پذیری در نواحی پرخطر است. به عنوان مثال، مناطق ساحلی از پیامدهای تغییرات اقلیمی تأثیرات زیادی می پذیرند و زیرساخت های ساحلی دائماً در معرض تهدید هستند (Krishnan. S. R, ۲۰۲۲, ۱۱-۱۲). هوش مصنوعی از چند طریق می تواند از آسیب های وارده بر این مناطق پیشگیری کند: ۱) مدیریت بحران ها: واکنش به فاجعه جنبه مهم مدیریت آسیب پذیری است که مدیران و عموم مردم را قادر می سازد تا در شرایط اضطراری آگاهانه تر عمل کنند. هوش مصنوعی با گردآوری اطلاعات از منابع مختلف و پردازش آنها می تواند نقاط پرخطر و آسیب پذیر را شناسایی کرده و اقدامات پیشگیرانه و ترمیمی را در اختیار مسئولان قرار دهد. ۲) تقویت زیرساخت ها: تکرار فجایع زیست محیطی و تراکم آنها بواسطه تغییرات اقلیمی، سبب شده تا زیرساخت های موجود دائماً به محک آزمون گذاشته شوند. انعطاف پذیری سیستم های بهداشتی، آموزشی، حمل و نقل، و رسانه های اطلاع رسانی برای در امان ماندن از پیامدهای فاجعه بار بلایای طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و...) بسیار حائز اهمیت است. هوش مصنوعی با رصد دائم و اطلاع رسانی در مورد وضعیت راه ها، پل ها، سیستم های برق رسانی و غیره و نیز نظارت بر کیفیت آب و هوا و حتی انجام طراحی ها و شناسایی خطرات احتمالی می تواند در حفظ و تقویت زیرساخت ها موثر باشد. ۳) پیشگیری از مهاجرت: به طور متوسط، بیست میلیون نفر هر سال در اثر رخداد بلایای طبیعی خانه خود را از دست می دهند و مهاجرت می کنند تحقیقات موسسه آکسفام نشان می دهد که کشورهای ضعیف در این زمینه آسیب پذیرترند. ۸۰ درصد از آوارگان و مهاجران در آسیا هستند که بیش از یک سوم از جمعیت فقیر جهان را تشکیل می دهند. راهکار هوش مصنوعی در این زمینه آن است که با پیش بینی الگوهای احتمالی مهاجرت در مقیاس وسیع، شناسایی و نظارت بر امنیت غذایی، و تخصیص طرح هایی برای رفاه و تامین اجتماعی تا اندازه قابل توجهی میزان انعطاف پذیری کشورها را افزایش می دهد. ۴) حفظ تنوع زیستی: انسان ها بخشی از یک اکوسیستم وسیع هستند. وقتی فاجعه طبیعی رخ می دهد، به دلیل برهم خوردن تعادل اکوسیستم، تنوع زیستی به خطر می افتد؛ هوش مصنوعی در این میان، می تواند با کنترل سیستم های شستشو و آبیاری سبب شود تا تغییرات آب و هوایی کمترین تاثیر را بر روند تولید محصولات کشاورزی بگذارد، آفت های نباتات را

پیش از گسترش شناسایی کند و دانش لازم را میان متخصصان انتشار دهد (Meinecke Hubertus, ۲۰۲۲, ۱۱).

۳. فرصت ها و قابلیت های هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست

هوش مصنوعی اصطلاحی چندمنظوره و ناظر به طیف وسیعی از تکنیک های محاسبه ای و کامپیوتری و رباتیک برای تجزیه و تحلیل و حل و فصل مسائل دشوار و پیچیده است. به عنوان مثال، تشخیص چهره افراد، اشیاء یا طرح ها در تصاویر و ویدیوها؛ ترجمه زبان های مختلف، و نگارش متن و کشیدن تصاویر. این خاصیت خلاقانه هوش مصنوعی نوعاً متکی به مجموعه ای از روش های فنی است که یادگیری ماشینی نامیده می شود (Somers, J, ۲۰۱۷, ۲۳-۲۴). یادگیری ماشینی با نرم افزار هوش مصنوعی سنتی تفاوت دارد به این معنا که نیاز به برنامه نویسی برای سیستم جهت حل یک مساله خاص نیست و درواقع خود سیستم یادگیری ماشینی می داند چگونه یک مساله را بر مبنای روش ها و داده های موجود حل و فصل نماید. آنچه یادگیری ماشینی را توانمندتر می کند قابلیت آن در یافتن روابط آماری در دورن داده هاست؛ این قابلیت سبب می شود یادگیری ماشینی بتواند چهار کار مهم را به خوبی انجام دهد: ادراک، تحلیل و مدیریت داده ها، پیش بینی، و تخصیص منابع. این چهار کارکرد در زمینه کاهش خطرات مربوط به تغییر اقلیم موثرند. دراینجا به اختصار هر یک از این کارکرد ها را توضیح می دهیم: ادراک: جمع آوری داده ها درخصوص تغییرات اقلیمی و زیست محیطی و نیز داده های مربوط به صلح و امنیت کاری هزینه بر بوده و مستلزم بکارگیری زیرساخت های گسترده فیزیکی و منابع انسانی است. یادگیری ماشینی با بکارگیری سیستم های ادراکی دقیق از راه دور، این مهم را با سرعت و دقت بیشتر و البته هزینه کمتر انجام می دهد. سیستم های رصد کامپیوتری و پلت فرم های ادراکی (حسی) از راه دور (مثلاً ابزارهای رصد هوایی= UAV) می تواند در دو سطح به جمع آوری داده بپردازد: یکی داده های مربوط به منابع آبی یا زمین ها و جنگل های وسیع و نیز مناطق صعب العبور و دیگری، داده های مربوط به پیامد های اجتماعی مربوط به تغییرات زیست محیطی، شرایط زندگی، امنیت غذایی است که در اثر مهاجرت و جابجایی جمعیت اتفاق می افتد (Albuquerque, R, ۲۰۲۲, ۱۸۶). تحلیل و مدیریت داده ها: قابلیت داده پردازی یادگیری ماشینی شیوه های جدید را در اختیار محققان قرار می دهد تا داده های مربوط به تغییرات زیست محیطی و فعالیت های انسانی مرتبط با آن را تحلیل کنند. به عنوان مثال، دسته بندی، شناسایی الگوریتم ها می تواند موارد مورد نظر را محلیابی کرده و تغییرات آنها را با تصاویر پیشینی از زمین مقایسه کند. بعلاوه، یادگیری ماشینی می تواند لینک داده های مربوط به منابع مختلف (مثلاً رسانه های اجتماعی، ایستگاه های هواشناسی و تصاویر ماهواره ای) را بازیابی کند و به محققان کمک کند تا الگوها و بازخوردهای مربوط به سیستم های زیست محیطی و تغییرات اجتماعی و تعارض های پنهان را شناسایی کنند (Anyamba, ۲۰۲۰, ۴۹-۵۰).

پیش بینی: دو قابلیت فوق الذکر به نوبه خود می توانند برای ایجاد ابزارهای جدید پیش بینی و هشدار خطر در خصوص پدیده هایی مثل خطرات اقلیمی، عدم امنیت، مهاجرت اجباری، و ناآرامی سیاسی مورد استفاده قرار گیرند. در عین حال، می تواند ابزارهای موجود را اصلاح کرده و سیستم های آنها را ارتقا دهند. تخصیص منابع: کاهش خطرات امنیتی مربوط به تغییر اقلیم مستلزم سرمایه گذاری بلندمدت در کاستن از آسیب پذیری در برابر تغییر اقلیم و همزمان افزایش سازگاری و انعطاف پذیری در تمامی سطوح است. استفاده از هوش مصنوعی برای تخصیص منابع در این مورد بسیار ارزشمند است (Satra, H. S, ۲۰۲۲, ۸۱). هوش مصنوعی می تواند شناسایی الگوهای مصرف منابع را تسهیل کرده و به ایجاد گزینه های جایگزین و الگوهای موثرتر کمک کند. به عنوان مثال، سیستم های نظارت زمان واقعی برای مدیریت منابع آب شهری، حمل و نقل، کشاورزی، دامپروری بوسیله بکارگیری هوش مصنوعی بسیار مقرون به صرفه تر خواهد شد. بعلاوه، سیستم های هوش مصنوعی به انسان ها کمک میکنند تا در برابر شوک های آب و هوایی انعطاف پذیرتر شوند و تاثیرات تغییر اقلیم بر اکوسیستم ها و زندگی طبیعی یک منطقه را تعدیل می کنند. افزون بر این، مدل های هوش مصنوعی به تخصیص منابع برای سازگاری بیشتر با تغییرات اقلیم کمک می کنند (Kyungmee and Boulanin, ۲۰۲۳, ۱۱).

٤. چالش‌ها

گرچه هوش مصنوعی به طور بالقوه قادر است به خطرات و ریسک های امنیت تغییر اقلیم پاسخ دهد اما یقیناً بدون چالش نیست. سیستم های هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری ماشینی نوعاً گرفتار چالش های طراحی و نیز مسائل اجتماعی و اخلاقی ای هستند که هرکدام نیازمند بررسی علی حده است. در چالش های طراحی مشکلات مختلفی وجود دارد از جمله جهت گیری بالقوه یا پنهان، اتکای شدید به در دسترس بودن داده ها و ابهام یا پیچیدگی (Soden. R. Wagenaar, ۲۰۲۱, ۴۵-۴۶).

اساس کار یادگیری ماشینی بر داده های پیشینی مبتنی است. کیفیت و تنوع داده هایی که سیستم های هوش مصنوعی بر آنها مبتنی است، عملکرد آن ها را (بویژه در حوزه هایی مثل شناسایی و پیش بینی) مشخص می کند (Gershgorin. D, ۲۰۱۷, ۹۱). اگر داده ها ناظر به واقع نباشند، سیستم کار خود را به خوبی انجام نمی دهد و چه بسا که رفتار جهت گیری ها و پیش داوری ها گردد. به عنوان مثال، سیستم های یادگیری ماشینی که برای ارزیابی خطرها و شناسایی نژادی در حوزه قضایی بکار می روند، ممکن است به نفع نژاد خاص یا گروه جنسی خاصی متمایل شوند؛ این نقص در طراحی که جهت گیری در داده ها خوانده می شود، برایندهای مهمی برای طراحی سیستم های هوش مصنوعی ویژه ی امنیت اقلیمی دارند (Friedman. T, ۱۹۹۶, ۱۰۲-۳): نخست آن که اعتمادپذیری پیش بینی مبتنی بر یادگیری ماشینی را باید با احتیاط پذیرفت. سیستم های یادگیری ماشینی عملاً دچار خطاهای آماری می شوند که در واقع بازتابی از داده های پیشینی است. اگر داده ها گسترده و متنوع باشند، به بیش بینی باید مشکوک بود. اما اگر داده ها نتوانند به مرور زمان واریانس های مختلف

را انعکاس دهند، و تنها به یک محدوده جغرافیایی خاص معطوف باشند، در اینصورت ارزش پیش‌بینی های سیستم یادگیری ماشینی نیز محدود بوده و قابل تعمیم نخواهد بود. اما برآیند دوم آن است که مساله جهت گیری داده ها مستلزم مدیریت داده هاست. داده های منسوخ شده یا نادرست ممکن است سبب شوند نتایج سیستم هوش مصنوعی نه تنها نادرست، بلکه تبعیض آمیز نیز باشد (Benjamin. R, ۲۰۱۹, ۳۸). در مورد مساله امنیت اقلیمی، جهت گیری داده ها می تواند منجر به اشتباه در خصوص انعطاف پذیری اقلیمی و حتی عدم انطباق پذیری اقلیمی شود (Schipper. E. L, ۲۰۲۰, ۳۲-۳۳).

اما در خصوص دسترسی به داده ها باید گفت که دقیق بودن داده ها برای تضمین اعتمادپذیری و ارزش سیستم هوش مصنوعی ضروری است. مساله آن است که گویا بودن داده ها به در دسترس بودن آنها بستگی دارد. در خصوص داده های مربوط به خطراتی که امنیت اقلیمی را تهدید می کنند، یافتن مجموعه داده های درست و دقیق و همواره در دسترس کار آسانی نیست. بسیاری از مناطق و کشورها فاقد دستگاه ها و ایستگاه های هواشناسی پیشرفته و دستگاه های آب شناسی و خاک شناسی هستند. بسیاری از کشورها این تجهیزات را در اثر جنگ یا عوامل طبیعی از دست داده اند. به عنوان مثال سودان جنوبی که در معرض تهدیدات اقلیمی جدی قرار دارد فاقد هرگونه تجهیزات سنجش آب و هوایی است و میلیون ها نفر در این کشور که حیاتشان متکی به کشاورزی و دامداری است در معرض خطر مرگ ناشی از تغییرات اقلیمی هستند (Toby. H, ۲۰۱۸, ۱۱-۱۲). فائق آمدن بر چنین چالش هایی در خصوص جمع آوری داده های درست و دقیق و واقعی برای تضمین اعتماد پذیری و کارامدی سیستم های هوش مصنوعی در این زمینه ضروری است. داده های بانک جهانی امکان خوبی برای مقابله با این چالش است. در عین حال، همکاری میان دولت ها در حوزه تامین زیرساخت های دیجیتالی و نیز تبادل نظر میان محققان در حوزه محیط زیست و نیز تعامل سیاستگذاران می تواند نسل جدیدی از داده های دقیق را در اختیار کشورها قرار دهد؛ داده هایی که مبنای اعتمادپذیری و اعتبار پیش بینی ها و تحلیل های سیستم های هوش مصنوعی قرار می گیرد (Toby. H, ۲۰۱۸, ۱۳). در نهایت، ابهام و پیچیدگی سیستم های هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری ماشینی مشکل دیگری است که باید شناسایی شود. شفافیت و توجیه پذیری یک سیستم هوش مصنوعی برای اعتبار پذیری آن بسیار ضروری است. تصمیم سازان باید ارزیابی کنند که چرا و چگونه یک مدل هوش مصنوعی می تواند اثربخش و ثمربخش باشد. در تمامی سطوح تحقیق علمی اعم از گردآوری داده ها، مدل سازی و تحلیل، درصدی از خطا می تواند با میزان های مختلف وجود داشته باشد. از این جهت است که شفافیت در هر مرحله از تصمیم سازی ضروری به نظر می رسد. مساله اصلی در اینجا البته کارکرد درونی سیستم های مبتنی بر یادگیری ماشینی است. این سیستم ها از حیث طراحی پیچیده اند و بمانند جعبه سیاه عمل می کنند (Rudin. C, ۲۰۱۹, ۲۲). مهندسانی که این مدل ها را طراحی کرده اند می توانند متغیرهای ورودی را کنترل کنند، پارامترها را تعیین کنند، اما توضیح و نشان دادن اینکه چگونه این متغیرها به یکدیگر مرتبط اند بسیار دشوار است. بنابراین این مدل های به اصطلاح جعبه سیاهی، ذاتاً غیرقابل تفسیر و مبهم اند (Rudin. C, ۲۰۱۹, ۲۴). فلذا اینکه کارکرد این سیستم ها را نمی

توان به خوبی و روشنی توضیح داد، از چند جهت یک چالش محسوب می شود: نخست اینکه این پیچیدگی مانع از جلب اعتماد طراحان سیستم و بویژه کاربران نهایی می گردد. دوم اینکه از اهمیت و ارزش این سیستم ها نزد کاربرانی که می خواهند بدانند چگونه و چرا باید به پیشنهادات خاصی رسید، می کاهد (Cederman, L, ۲۰۱۷, ۴۷).

گذشته از اینها سه چالش عمده دیگر در زمینه اخلاق و محیط زیست نیز پیش روی هوش مصنوعی و فناوری های حاصل از آن وجود دارد. چالش نخست به تلاش برای توضیح نقش هوش مصنوعی در مبارزه با تغییر اقلیم باز میگردد؛ به این معنا که باید مشخص شود اساساً کجا باید از این فناوری استفاده کرد. تلاش هایی محدود به منظور ارائه کلتی از نحوه بکارگیری هوش مصنوعی در پروژه های زیست محیطی انجام گرفته اما سرعت توسعه این فناوری هنوز چندان سریع نیست که بتوان قضاوت درستی درخصوص آن کرد. فی الحال عمده تحلیل ها نیز متکی به برنامه اهداف توسعه پایدار سازمان ملل است؛ بویژه اهدافی که با مسائل زیست محیطی مرتبط اند. در حال حاضر یک دیتابیس وجود دارد که به همت دانشگاه آکسفورد تهیه شده و شامل ۲۸ پروژه ای است که مرتبط با هدف سیزدهم منشور توسعه پایدار سازمان ملل هستند و همگی به طور خاص بر تغییر اقلیم متمرکزند. صرف نظر از تحقیقات پراکنده دیگر، در سال ۲۰۱۹ عده ای از محققان پروژه ای بزرگ را با عنوان "غلبه بر تغییر اقلیم به کمک یادگیری ماشینی" کلید زدند و هدفشان فراتر رفتن از برنامه توسعه پایدار بود. آنها به طور خاص ۳۵ مورد از بحران های اقلیمی را در ۱۳ حوزه مورد بررسی قرار دادند (Cows, ۲۰۱۹, ۹). چالش دوم، مخاطرات اخلاقی مرتبط با هوش مصنوعی است. اگرچه این قبیل خطرات در حوزه هایی مانند بهداشت و درمان و عدالت قضایی اهمیت بیشتری دارد اما کاستن مخاطرات اخلاقی که در پی بکارگیری راهکارهای هوش مصنوعی در حوزه تغییرات اقلیمی رخ می دهد، نیز بسیار ضروری است. از آنجا که مدل های هوش مصنوعی بر مبنای داده های موجود طراحی می شوند، به طور بالقوه این خطر وجود دارد که چون این مدل ها گزینشی هستند، امکان تبعیض و جهت گیری وجود دارد. به عنوان مثال، تصور کنید بکارگیری هوش مصنوعی را برای تعیین اینکه کجا ایستگاههای شارژ برای خودروها نصب گردد. استفاده از مدل های رانندگی موجود خودروهای برقی ممکن است داده های ما را به سمت قشر مرفه تر جامعه متمایل کند چون امکان استفاده از خودروی برقی را دارند و این مساله به نوبه خود سبب می شود مشکل دیگری بوجود آید و آن توسعه و افزایش تولید خودروی برقی در مناطق کم درآمد است (Josh Cows, ۲۰۱۹, ۱۱). مشکل اخلاقی بالقوه دیگر، مربوط به از میان رفتن استقلال انسانی است. غلبه بر تغییر اقلیم مستلزم اقدام گسترده جهانی از جمله تغییرات سیستمی در رفتار افراد است. در اینجا باید به تعادلی دقیق بین حفظ استقلال افراد و بکارگیری سیاست ها و اقدامات گسترده و سازگار با اقلیم دست پیدا کرد که کاری دشوار خواهد بود. چالش سوم مستلزم حفظ حریم خصوصی افراد است. بسیاری از راهکارهای هوش مصنوعی که در راستای غلبه بر تغییر اقلیم بکار گرفته می شوند، بر داده های غیرشخصی (از جمله داده های جغرافیایی و هواشناسی) مبتنی هستند در عین حال برخی استراتژی های مربوط به محدودسازی انتشار (گازهای خطرناک) ممکن است مستلزم

داده های مربوط به رفتار انسانی باشند. این تنش در پژوهش محققان موسسه ودافون (VedaFone Institute) مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات این محققان نشان می دهد که اروپایی ها عموماً مایلند داده‌های خود را به منظور حفاظت از محیط زیست انتشار دهند در حالیکه اکثریت آنها که حدود ۵۳ درصد هستند، تنها در شرایط خاصی حاضر به درز دادن اطلاعات و نتایج تحقیقات خود هستند (Josh Cowsls, ۲۰۱۹, ۱۲-۱۳).

۵. توسعه پایدار

توسعه پایدار امروزه تبدیل به یک پارادایم فراگیر در سطح جهانی شده است. پیش از توسعه پایدار لازم است بدانیم اساس پایداری به چه معناست. پایداری در اصطلاح عبارت است از ظرفیت حفظ یک داشته، نتیجه، یا یک روند به مرور زمان. اما در ادبیات توسعه، اغلب اندیشمندان و محققان از این مفهوم برای اشاره به بهینه سازی و حفظ سیستم اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی سالم برای توسعه انسانی استفاده می کنند (Goodland, Robert, ۱۹۹۹, ۱-۲۴). برخی اندیشمندان، پایداری را توزیع کارآمد و مساوی منابع به شکل بین نسلی و درون نسلی با لحاظ فعالیت های اقتصادی-اجتماعی در درون چهارچوب یک اکوسیستم محدود معنا می کند. برخی دیگر اما پایداری را توازن دینامیک در فرایند تعامل میان جمعیت و ظرفیت محیط زیست آن تعریف می کند آنچنانکه این جمعیت بتواند پتانسیل خود را فعلیت بخشد بدون آنکه اثرات منفی جبران ناپذیری بر محیط زیست خود بگذارد. از این منظر، پایداری ناظر بر فعالیت های انسانی با هدف تامین نیازهای بشری است بدون آنکه بخواهد به استثمار منابع موجود بپردازد. در همین راستا بانک جهانی در سال ۲۰۱۷ اعلان کرد که این مهم مستلزم اتخاذ رهیافت های مبتکرانه به منظور مدیریت وقایع است. در نهایت اینکه هدف نهایی مفهوم پایداری تضمین توازن و تعادل پویا میان جامعه، اقتصاد و محیط زیست از حیث قابلیت تجدیدپذیری اکوسیستم های حیاتیبخش روی زمین است و این تعادل پویا باید متکی بر تعریف دقیق و جامعی از پایداری در سطح جهانی باشد (Mensah, Justice, ۲۰۱۹, ۲).

اما توسعه پایدار چیست؟ توسعه پایدار به مثابه یک مفهوم از ابعاد و زوایای مختلفی قابل بررسی است و البته تعاریف گوناگون حسب زمینه آن دارد. علی رغم وجود تعاریف متعدد از این مفهوم، یک تعریف کلی از این اصطلاح وجود دارد که می گوید توسعه پایدار توسعه ای است که نیازهای نسل فعلی را رفع و رجوع می کند بدون آنکه خدشه ای به توانایی نسل های آینده در تامین نیازهای شان وارد کند (Mensah, ۲۰۱۹, ۳). کوستانزا این تعریف را بسیار کلی می اند. به باور او توسعه پایدار یک مفهوم اصلی در برنامه ها و سیاست های توسعه ای جهان است و می تواند مکانیسمی ایجاد کند که جامعه از طریق آن بتواند با محیط زیست تعامل کند و در عین حال به منابع آینده صدمه نزند (Costanza, R, ۲۰۲۰, ۲۲). بنابراین، توسعه پایدار در واقع یک پارادایم یا مفهومی است که مستلزم ارتقای استانداردهای زندگی بدون از میان بردن اکوسیستم های زمین است؛ همزمان، ارتقای استانداردها باید به گونه‌ای باشد که سبب ایجاد چالش های زیست محیطی (اعم از آب شدن یخ ها،

آلودگی آب و هوا)، و متعاقباً تغییرات اقلیمی و انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی نگردد (Steffen, P, ۲۰۱۳, ۳۰۵-۳۰۷). توسعه پایدار سه عنصر اصلی همبسته دارد که لازم است هر سه آنها به نحوی هماهنگ ارتقا یابند: رشد اقتصادی، یکپارچگی اجتماعی و حفاظت از محیط زیست. در حوزه رشد اقتصادی، دستیابی به یک سطح زندگی پایدار، همزیستی با طبیعت و بکارگیری فناوری های مناسب و متناسب برای نیل به توسعه پایدار بسیار حائز اهمیت است. در زمینه محیط زیست، پیشگیری از مصرف بی‌رویه منابع طبیعی، اقدامات مربوط به ذخیره سازی و مصرف بهینه، و سرمایه گذاری در انرژی های تجدید پذیر، ذخیره آب، ممانعت از مهاجرت، حرکت به سوی سبک معماری سازگار با محیط زیست، توزیع عادلانه منابع، و بحث بهداشت و آموزش برای دستیابی به توسعه پایدار زیست محیطی ضرورت دارد. و در نهایت، توسعه پایدار اقتصادی که مستلزم تولید و توزیع عادلانه ثروت، سرمایه گذاری مناسب در منابع اقتصادی و پیشگیری از رشد فقر در جهان است و از جمله ضرورت های توسعه پایدار در زمینه اقتصاد بشمار می رود (Hanane, Thamick, ۲۰۲۲, ۱-۲۰).

تمامی کشورها در زمینه ارزیابی توسعه پایدار دست کم باید به دو گونه یا دو دسته پرسش پاسخ دهند. نخست پرسش‌هایی که ناظر به محیط زیست و سیستم‌های توسعه هستند و در بیانیه ریو (Rio Declaration) در سال ۱۹۹۲ بدانها اشاره شده است. این پرسش‌ها مستلزم تحلیل‌های علمی و اقتصادی اند. دسته دوم پرسش‌ها ناظر به مبنای اجتماعی پایداری می‌شوند. پاسخ به این پرسش‌ها بسته به تعریف افراد در مناطق مختلفی که زندگی می‌کنند، تغییر می‌کند؛ به یک معنا این پرسش‌ها در متن و بطن آرمان‌های سیاسی و اجتماعی و ملی شکل می‌گیرند و بر اجماع عمومی مبتنی هستند (از جمله پرسش‌های مربوط به عدالت خواهی، همبستگی اجتماعی، حقوق انسانی و...).

جفری ساکس (۲۰۱۵)، مشاور ارشد سازمان ملل در زمینه توسعه پایدار چهارچوبی برای تحلیل توسعه پایدار مطرح کرده که بر چهار مولفه توسعه اقتصادی، توسعه اجتماعی، حفاظت از محیط زیست، و حکمرانی شایسته مبتنی است. به باور او هر یک از این چهار مولفه در عین استقلال از یکدیگر، برای توسعه پایدار در جهان ضروری اند (Sachs, Jeffrey, ۲۰۱۵, ۱۴۷). برخی محققان مفهوم توسعه پایدار را با اصل سازماندهی پیوند می دهند، اصلی که ناظر به تامین اهداف توسعه انسانی است و درعین حال، ظرفیت سیستم های طبیعی را برای تامین منابع طبیعی و خدمات اکوسیستم حفظ می کند؛ منابعی و خدماتی که جامعه و اقتصاد بدانها متکی هستند (Evers, B. A, ۲۰۱۷, ۵۲). از این منظر، هدف کلی توسعه پایدار در واقع دستیابی به پیشرفت اجتماعی، تعادل زیست محیطی، و رشد اقتصادی است. این اهداف مشمول هفت هدف جزئی تر نیز می شوند که عبارتند از: ریشه کنی فقر و محرومیت و گرسنگی و تضمین یک زندگی سالم؛ امکان دسترسی همگان به خدمات اولیه نظیر آب، بهداشت و انرژی پایدار؛ ایجاد فرصت های توسعه از طریق آموزش و کار؛ تشویق نوآوری و زیرساخت های انعطاف پذیر، ایجاد جوامع و شهرهایی که بتوانند تولیدات پایدار و مصرف پایدار داشته باشند؛ کاهش نابرابری در جهان، بویژه برای زنان؛ حفظ انسجام محیط زیست از طریق مبارزه با تغییر

اقلیم و حفظ اقیانوس ها و اکوسیستم های سرزمینی؛ و تشویق همکاری میان فعالان اجتماعی مختلف به منظور ایجاد محیط زیستی امن و ایمن (Hylton, K. N., ۲۰۱۹, ۲۹۴).

دستیابی به این اهداف البته کار آسانی نیست چرا که جمعیت روز به روز در حال افزایش است اما منابع تغییر چندانی نکرده است. از این جهت، توسعه پایدار تلاشی است در راستای تضمین تعادل میان رشد اقتصادی، یکپارچگی زیست محیطی و رفاه اجتماعی. این تعادل البته تعادلی بین نسلی است که توامان به نیازهای کوتاه مدت و بلندمدت توجه دارد.

۶. برایندهای هوش مصنوعی در توسعه پایدار

هوش مصنوعی به اشکال مختلفی در توسعه پایدار تاثیرگذار است که مهمترین آنها عبارتند از: آزمایش؛ مدیریت پایداری و برنامه های راهبری. در توسعه پایدار در حوزه محیط زیست سه مساله مهم وجود دارد که هوش مصنوعی با آن مواجه است: نخست بحران آب؛ دوم، کشاورزی، و سوم بهداشت و سلامت. هوش مصنوعی با راهاندازی سیستم های مدیریت هوشمند آب به انسان ها می آموزد که در یک شرایط دائماً متغیر آبی بیاموزند چگونه سیاستگذاری های خود در حوزه آب را اصلاح کنند و در زمینه زیرساخت های مدیریت منابع آبی سرمایه گذاری کنند (Hill, T., ۲۰۱۸). پیشرفت فناوری های هوش مصنوعی می تواند نظارت بر آبیاری گیاهان را آسان تر و ارزان تر کند و در نهایت به سلامت عمومی کمک کند (Connor, M.C., ۲۰۱۷). از آنجا که امکانات هوش مصنوعی قادر به پردازش و جمع آوری حجم بالایی از داده هاست، ابزاری ایده آل برای مدیریت منابع آبی در شرایط متغیر آبی و تجارت آب بشمار می رود و به مدیران آبی امکان می دهد تا عواید معمول را بالا برند و برنامه ریزی های موثرتری برای سال های احياناً کم آب بعد تدوین نمایند. در مجموع، استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت آب، عاملی بالقوه در تولید، بهبود ذخیره آبی و متعاقباً دستیابی به اهداف توسعه پایدار در حوزه سلامت و رفاه اجتماعی تواند می باشد (Kaufman, D., ۲۰۱۸). در حوزه کشاورزی، پروژه دهکده سبز مثال خوبی در زمینه نسبت میان هوش مصنوعی و زراعت است. دیوید هاگز (David Hughes) از اساتید دانشگاه پن (Penn) در همکاری با موسسه فناوری مارسل سالات (Marcel Salathe) سوئیس، اقدام به انجام پروژه ای در زمینه شناسایی آفات نباتی با استفاده از اپلیکیشن های گوشی های هوشمند نمودند. دیتابییسی از ۱۵۰ هزار تصویر از گیاهان آفت زده تهیه شد و این تعداد بعدها به ۳ میلیون تصویر نیز رسید. این تصاویر که به کمک هوش مصنوعی تدوین و تجزیه تحلیل می شوند می توانند برای پیش بینی و نیز طراحی مدل های زراعت بهینه و در نهایت تولید محصول بهتر مورد استفاده قرار گیرند. بکارگیری هوش مصنوعی در شناسایی آفات، سلامت محصول کشاورزان را تا بیش ۴۰ درصد تضمین می کند (Lohr, K., ۲۰۱۸). بهداشت و سلامت ارتباط مستقیمی با آب سالم دارد. و فراهم کردن آب سالم و پاک برای میلیون ها نفر در جهان بسیار حیاتی است. از این رو، بکارگیری سیستم های آب رسانی و تامین آب سالم چالشی دائمی برای دست اندرکاران حوزه سلامت بوده است (Lant, K., ۲۰۱۸). سیستم های تست آب پاک مجهز به هوش مصنوعی راهکاری ارزنده در

این زمینه هستند. این سیستم‌ها می‌توانند بدون ارتباط با اینترنت، آب را درجا تجزیه و تحلیل کرده و میزان الودگی آن را شناسایی و ارزیابی کنند. سیستم سنجش آب مجهز به هوش مصنوعی، ملکول‌های آب را زیر میکروسکوپ دیجیتالی می‌برد و بر مبنای رنگ، سختی آب، شکل، باکتری-های موجود در آن شناسایی می‌کند. این سیستم‌ها حتی قادرند ویروس‌هایی تا ۱۰۰ برابر کوچکتر از باکتری را نیز تشخیص دهند. باوجود کارآمدی این قبیل سیستم‌ها، چالش عمده در این زمینه، افزایش سطح همکاری میان دولت‌ها، مقامات محلی، و منابع آبی مشترک با هدف اقتباس و مدیریت این فناوری جدید و کاربردی است که می‌تواند کمک شایانی به پیشبرد اهداف توسعه پایدار در جهان نماید (Gosgrove, W. ۲۰۱۹).

۶. پیشنهادات

۱) از آنجا که یکی از مشکلات و چالش‌های هوش مصنوعی شفاف سازی و مفهوم سازی ماهیت و کارکرد این پدیده نوظهور است، لذا یکی از نخستین وظایف اهل تقنین ارائه تعریفی دقیق، کارکردی، جامع از هوش مصنوعی و ابعاد مختلف آن است. و نظر به ذوابعاد بودن مساله، لازم است تیمی از کارشناسان خبره در حوزه‌های مختلف اعم از جامعه شناسی، روانشناسی، فنی و مهندسی، زیست محیطی، علوم کامپیوتری و غیره بدین منظور تشکیل گردد.

۲) مساله دوم، بحث آینده اندیشی در حوزه قانونگذاری در باره هوش مصنوعی است. در واقع هدف قانون هوش مصنوعی باید طرح یک رویکرد متناسب و پایا برای آینده باشد چرا که در حوزه فناوری دیجیتالی، کارکرد قانون همواره به چالش کشیده می‌شود. پیش بینی اقتضات و کارکردهای احتمالی هوش مصنوعی بر مبنای مولفه‌های آینده اندیشی، در بهینه سازی و کنترل و نظارت بر کارکردهای این پدیده موثر خواهد بود.

۳) از آنجا که قانون هوش مصنوعی در واقع قانون نرم افزار است، بنابراین، باید از انعطاف پذیری لازم برای تغییر، ارتقاء و تکمیل برخوردار باشد. کلی نگر و بی توجهی به وجه دینامیک این پدیده، در آینده مشکلات معتناهایی را در زمینه قانونگذاری ایجاد خواهد کرد.

۴) سنخ قانونگذاری در حوزه هوش مصنوعی باید ناظر به ریسک بالا باشد. از آنجا که هدف قانونگذاری در هوش مصنوعی بیش از هر چیز افزایش اعتماد و اطمینان شهروندان و کاربران این ابزار است، قوانین مبتنی بر ریسک بالا در این زمینه خلاءهای احتمالی قانونی را به حداقل می‌رساند.

۵) سیستم قانونگذاری باید تحقیق و پژوهش در زمینه هوش مصنوعی را بیش از پیش تسهیل نماید. و بودجه لازم را در لوایح مصوبه برای تحقیق و توسعه در این زمینه پیش بینی کند.

۶) قوانین هوش مصنوعی علاوه بر اینکه به کارکردهای خاص هوش مصنوعی توجه دارد باید به مدل‌های زیرساختی مربوط به بکارگیری هوش مصنوعی نیز توجه کند.

۷) بر قانونگذار لازم است که در راستای تدوین و تقنین قوانین در رابطه با هوش مصنوعی، به دستورالعمل‌های بین‌المللی هوش مصنوعی، به قوانین اتحادیه اروپا، نظر صاحب‌نظران و کارشناسان این حوزه در سطح جهان، و حتی کاربران معمولی نیز توجه داشته باشد.

۸) تدوین قوانین هوش مصنوعی باید در مرحله مصوبات، جزئی نگر باشد؛ به این معنا که هر حوزه قانونی اعم از آموزش، اقتصاد، فرهنگ، محیط زیست، صنعت و غیره علاوه بر اینکه تابع قوانین کلی هوش مصنوعی هستند، حسب سازوکارهای درون سازمانی هر بخش، قوانین مرتبط تدوین و ابلاغ گردد.

۹) در حوزه محیط زیست و تغییرات اقلیمی، قوانین محدود و خاص شرایط اقلیمی کشور بسیار تعیین‌کننده‌تر هستند. از این جهت، نهاد تقنین باید بر مبنای تقسیمات جغرافیایی کشوری، میزان بارش، سیستم کشاورزی، نوع زیست بوم، و حتی سبک زندگی، قوانینی متناسب با هر منطقه تدوین نماید.

۱۰) ارزیابی دائمی قوانین هوش مصنوعی در همه حوزه‌ها بویژه حوزه ناپایدار محیط زیست، نیز مهمی است که قانونگذار باید بدان توجه داشته باشد. جهت دیگر اهمیت این ارزیابی دائمی، دینامیک بودن هوش مصنوعی و تأثیراتی است که به مرور زمان بر جامعه، انسانها، حوزه‌های مختلف و البته عرصه قانونگذاری برجا خواهد گذاشت.

نتیجه

از زمان ورود اینترنت و متعاقباً هوش مصنوعی امکان ارتباط ماشین‌ها و دستگاه‌ها و سنسورها، محاسبه و سنجش و ارزیابی تسهیل شده و راه‌های ارزان و کم‌هزینه تری برای حل و فصل بهینه مسائل بوجود آمده است. ارزیابی سریع و دقیق داده‌ها توسط هوش مصنوعی، نظارت بر اثرات اقدامات و راهکارها را بهتر و آسان‌تر کرده است و در عین حال، زمان لازم برای اتخاذ تصمیم‌ها را نیز کاهش داده است. نتیجه اینها تسهیل مشارکت عمومی در سیاستگذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها و حتی اقدامات عملی در حوزه محیط زیست شده است. یکی از نکات اصلی در بکارگیری هوش مصنوعی در حوزه محیط زیست ناظر به امکانات و تسهیلات دانش بنیاد است که می‌تواند روند شناسایی مسائل را تسریع کند. مساله دیگر، تلفیق یا ادغام چندین روش هوش مصنوعی با چندین مدل آماری در یک سیستم واحد است که بیشترین دقت و اعتماد‌پذیری و کارآمدی را تضمین می‌کند. امروزه این روش مبنای اغلب تصمیم‌گیری‌های عملی در بسیاری از اقدامات زیست محیطی است. باین حال، اگرچه روند فراگیری هوش مصنوعی بسیار سریع در حال رخ دادن است، اما داوری در مورد آن بسیار زود است. هوش مصنوعی از حیث فرصت‌هایی که ایجاد می‌کند، عده‌ای آن را معجزه قرن بیست و یکم می‌دانند؛ از طرفی، از حیث چالش‌ها و احیاناً تهدیدهایی که در پی دارد افرادی آن را از بمب هسته‌ای خطرناک‌تر می‌دانند. در حوزه نرم‌افزاری، هوش مصنوعی کار خود را با چت جی بی تی آغاز کرده و با کمک یادگیری ماشینی به دیگر حوزه‌ها از جمله اقتصاد، صنعت و محیط زیست راه پیدا کرده است.

در این میان اما اصلاح زیرساخت‌ها در هر کشوری از اولویت‌های توسعه هوش مصنوعی و اثربخش بودن آن است. طراحی یک سیستم هوش مصنوعی سازگار با افراد و یک فضای سازگار با هوش مصنوعی برای افراد یکی از استراتژی‌های مهم در ایجاد بستری مشترک برای ربات‌ها و انسان‌هاست. ساخت ربات‌هایی که شباهت زیادی با انسان‌ها دارند، همسو با روانشناسی انسانی است و تاثیر مثبتی بر جامعه می‌گذارد. باوجود رشد سریع هوش مصنوعی در همه زمینه‌های زندگی بشری از جمله محیط زیست، جانب احتیاط را باید رعایت نمود، چرا که تاریخ نشان داده، قدرت و کارایی یک ابزار چندان اهمیت ندارد، بلکه ما باید ضمن تقویت هوش مصنوعی، توان نظارت و کنترل بر آن را نیز تضمین کنیم؛ هوش مصنوعی را باید در فضایی کنترل شده با داده‌های دقیق بکار گرفته شود تا در خدمت اهداف انسانی و حفظ زیست بوم ما باشد.

1. Albuquerque. R, 2022, Mapping Key indicators of Forest Restoration in the Amazon Using a Low-cost drone and artificial intelligence, Remote Sensing, vol. ۱۴, no. ۴.
2. Anyamba. A, Tucker, ۲۰۲۰, NDVI anomaly patterns over Africa During the ۹۸/۱۹۹۷ ENSO warm event, International Journal of Remote Sensing, Vol, ۲۲. No. ۱۰.
3. Benjamin. R, ۲۰۱۹, Race after Technology: Abolitionist Tools for the New Jim Code, Polity, Medford, MA.
4. Cederman. L, ۲۰۱۷, Predicting armed conflict: Time to adjust our expectations? Science, ۴۷
5. Charlotte Freitag and others, The Real Climate and Transformative Impact of ICT: A Critique of Estimate, Trends, And Regulations (۲۰۲۱), ۲ Patterns at: www.cell.com/patterns/abstract/S۲۱۱۳۸۹۹-۲۰۶۶ ۰۰۱۹=(.۴-۸۸
6. Costanza, R, ۲۰۲۰, The Science and Management of Sustainability New York: Colombia University Press.
7. Evers. B. A, ۲۰۱۷, Why adapt the sustainable development goals?, AND Pub, London.
8. Friedman. T, ۱۹۹۶, Bias in Computer Systems, ACM Transaction in Information Systems, vol. ۱۴, no. ۳
9. Gershgorin. D, ۲۰۱۷, The Data that Transformed AI Research and Possibility the World, Quartz.
10. Goodland. Robert, ۱۹۹۹, The Concept of Environmental Sustainability, Annual Reviews. ۲۶
11. Goralski. A. Margaret, ۲۰۲۰, Artificial Intelligence and Sustainable development, International Journal of Management Education . ۱۸
12. Goralski. A. Margaret, ۲۰۲۰, Artificial Intelligence and Sustainable development, International Journal of Management Education . ۱۸
13. Gosgrove. W. ۲۰۱۹, Water management: Current and Future challenges and research directions. Commentary in Water Resources Research at: www.technologyreview.com
14. Haagsma. I. G, ۲۰۲۰, Decision Support System: An Integrated Approach , in Environmental Systems, ed. P. Zannetti, Vol. ۲
15. Hanane. Thamick, ۲۰۲۲, The Impact of Artificial Intelligence on Sustainable Development in Electric Markets, Sustainability. No. ۱۴, MDPI, ۲۰-۱
16. Hill, T, ۲۰۱۸, How Artificial Intelligence is reshaping water sector. Water Finance and Management, at: www.waterfm.com
17. Hylton. K. N. ۲۰۱۹, When we should we prefer tart law to environmental regulation? Washborn Law Journal, ۴۱, ۵۳۴-۵۱۵, Sustainability, ۲۰۱۹, ۱۱
18. Josh Cows, ۲۰۱۹, The AI Gambit, Levering of Artificial Intelligence to combat climate change: opportunities, challenges and recommendations, Vedafone Institute for study and communications, ۱۳-۱۲
19. Kaack. Lynn, , ۲۰۲۰, Artificial Intelligence and Climate Change, Pub by. Heinrich-Boll-Stifting.
20. Kaufman, D, ۲۰۱۸, Watchout Workers, algoritms are coming to replace You-maybe, New York Times-Business Day at: www.nytimes.com

21. Krishnan. S. R, ۲۰۲۲, Smart water resource management using artificial intelligence, Sustainability, Vol. ۱۴, no. ۲۰.
22. Lant, K. ۲۰۱۸, Clean Water AI puts prevention of waterborne disease in the palm of your hand, Environmental Monitor, at, [www. Fondriest.com](http://www.Fondriest.com)
23. Lohr, K, ۲۰۱۸, From Agriculture to Art, the AI wave sweeps in. New York Times, Business Day at: www.nytimes.com
24. Maher. H, ۲۰۲۲, AI is essential for solving the climate crisis, Boston Consulting Group.
25. Meinecke Hubertus, ۲۰۲۲, How AI can be a powerful tool in the fight against climate change, BCG, GaMMA.
26. Mensah, Justice, ۲۰۱۹, Sustainable Development: Meaning, History, Principles, Pillars, and Implications for human action: Literature review, Geography/ Review Article.
27. Moses. Jolaoso, ۲۰۲۳, Balancing Innovations and Environmental Sustainability: the Significance of Artificial Intelligence in addressing climate change, NDA Pub.
28. O'Connor, M.C, ۲۰۱۷, How AI could smarten up our water system, Smart Stories, at: www.medium.com
29. Radermacher. W.F, ۱۹۹۴, Trends in information processing, in Thirteenth World Computer Congress, ۹۴, ed. K. Brunnstein, Vol. ۲
30. Roda. I.R, ۲۰۰۰, Artificial Intelligence and Environmental Decision Support Systems, Applied Intelligence, ۱۳
31. Rudin. C, ۲۰۱۹, Why are we using black box model in AI when we don't need to?, at Harvard Data Science Review, col. ۱, no. ۲
32. Sachs. Jeffrey, ۲۰۱۵, Building a New American Economy: Smart , Fair and Sustainable, LDT, New York.
33. Sainato,M, ۲۰۱۵, Bill Gates warn about artificial intelligence, The Observer, at: www.Observer.com/۰۸/۲۰۱۵
34. Satra. H. S, ۲۰۲۲, AI for the Sustainable Development Goals, Ai for Everything , CRC Press: Boca Raton, ۸۱
35. Schipper. E. L, ۲۰۲۰, Maladaptation: When adaption to climate change goes very wrong, Our Earth, vol, ۳, no. ۴
36. Soden. R. Wagenaar, ۲۰۲۱, Responsible AI For Disaster Risk Management, Working Group Summery (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.
37. Somers. J, ۲۰۱۷, Is AI riding a one-trick pony. MIT Technology Review, ۲۹Sep.
38. Steffen. P, ۲۰۱۳, policy: sustainable development goals for people and planet, Nature ۴۹۵
39. Toby. H, ۲۰۱۸, Forecasting Trouble: How South Sudans's weather service is failing farmers, Routers, ۳Dec .
40. Vitalis. Vangelis, ۲۰۰۳, Sustainable Development, a paper presented to Research School for the Socio-Economic and Natural Sciences of the Environment, Amsterdam, Netherland.

