

Identification and Cross Impact Analysis of Key Drivers of AI Development

Leila Mansourifar^{1*}, Soroush Ghazinoori²

¹Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

²Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Received: ..., Revised: ..., Accepted: ...

Paper type: ...

Abstract

Taking advantage of the innovative opportunities and economic benefits inherent in artificial intelligence, especially after 2022, requires the development of artificial intelligence and sound policymaking and careful planning for it. An important question that arises is what are the drivers of the development of artificial intelligence? Which obstacles and bottlenecks does this development face that, if resolved, can act as a driver for the development of artificial intelligence? And another question is whether there is a connection between these drivers? Among these drivers, which ones play a key role and influence others, and which ones have less influence on other drivers? The answers to these questions help policymakers to focus on key drivers in formulating policies that play a key role and have a decisive impact on other drivers, or play a strategic role in the system due to their influence on other drivers and their strong influence on them. In this study, nineteen key drivers were identified based on a study of research sources and obtaining expert opinions. Then, the direct and indirect relationships between these drivers were examined based on the interaction analysis (CIS) method and in the MICMAC software. Accordingly, two key drivers and eight strategic drivers were identified that need to be focused on by policymakers in the development of artificial intelligence. Also, eight independent and unrelated drivers were identified that neither have an impact on the system nor are they affected by it, and one variable was identified as being strongly affected by the system but without any impact on it.

Keywords: AI Development, Cross Impact, MICMAC, STEEPV

* Corresponding Author's email: mansourifar@itrc.ac.ir

شناسایی و تحلیل اثرات متقابل پیشرانهای توسعه هوش مصنوعی

لیلا منصوری فرا^{۱*}، سروش قاضی نوری^۲

^۱ گروه مدیریت فناوری و کارآفرینی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
^۲ گروه اقتصاد دیجیتال، پژوهشکده مطالعات راهبردی و اقتصاد دیجیتال، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
^۳ گروه مدیریت فناوری و کارآفرینی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ... تاریخ بازبینی: ... تاریخ پذیرش: ...
نوع مقاله: ...

چکیده

بهره‌مندی از فرصت‌های نوآورانه و منافع اقتصادی مستتر در هوش مصنوعی به‌ویژه پس از سال ۲۰۲۲، مستلزم توسعه هوش مصنوعی و سیاستگذاری صحیح و برنامه‌ریزی دقیق برای آن است. سوال مهمی که مطرح می‌گردد این است که پیشرانهای توسعه هوش مصنوعی چیست؟ این توسعه با چه موانع و تنگناهایی مواجه است که رفع آنها می‌تواند به عنوان پیشران توسعه هوش مصنوعی عمل کند؟ و سوال دیگر اینکه چه ارتباطی میان این پیشرانها با یکدیگر وجود دارد؟ در میان این پیشرانها کدامیک نقش کلیدی داشته و بر سایرین تاثیر می‌گذارند و کدامیک تاثیر کمتری بر سایر پیشرانها دارند؟ پاسخ این سوالات به سیاستگذاران کمک می‌کند که در تدوین سیاستها، بر پیشرانهای کلیدی متمرکز گردند که نقش کلیدی داشته و تاثیر تعیین کننده‌ای بر سایر پیشرانها دارند، یا به دلیل تاثیرگذاری بر سایر پیشرانها و تاثیرپذیری شدید از آنان نقش راهبردی در سیستم ایفا می‌کنند. در این تحقیق، نوزده پیشران کلیدی بر مبنای مطالعه منابع مطالعاتی و اخذ نظرات خبرگان شناسایی شدند. سپس روابط مستقیم و غیر مستقیم میان این پیشرانها بر اساس روش تحلیل اثرات متقابل (CIS) و در نرم‌افزار میک‌مک مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، دو پیشران کلیدی و هشت پیشران راهبردی شناسایی شدند که لازم است مورد تمرکز سیاستگذاران توسعه هوش مصنوعی قرار گیرند. همچنین هشت پیشران مستقل و غیر مرتبط با سیستم شناخته شدند که نه تاثیری بر سیستم دارند و نه از آن تاثیر می‌پذیرند و یک متغیر به شدت متأثر از سیستم اما بدون تاثیر بر آن شناخته شد.

کلیدواژگان: توسعه هوش مصنوعی، اثرات متقابل، AI، میک‌مک و STEEPV

* رایانامه نویسنده مسؤول: mansourifar@itrc.ac.ir

۱- مقدمه

در دهه اخیر، هوش مصنوعی شاهد رشد قابل توجه و پذیرش گسترده‌ای بوده‌است که بر پایه پیشرفت در یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و شبکه‌های عصبی حاصل شده‌است. این رشد به ویژه از سال ۲۰۲۲ هوش مصنوعی را در صدر نوآوری‌های فناوریانه که تحول در بسیاری از بخش‌های دیگر را رقم زده قرار داده‌است و شتاب آن به گونه‌ای بوده‌است که شرکت‌های نو تاسیس در حوزه سخت‌افزار و نرم‌افزار هوش مصنوعی نظیر Nvidia و OpenAI را به سرعت در میان سریع‌ترین شرکت‌های جهان به لحاظ رشد قرار داده‌است. نوآوری‌های فناوریانه هوش مصنوعی فرصت‌های افزایش چشمگیر درآمد ملی، ارتقاء سطح بهره‌وری و بهبود رفاه اجتماعی را در خود مستتر دارد [۳، ۴ و ۵] که تحقق آن در گرو تامین پیش‌نیازهای متناسب است. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای تامین این پیش‌نیازها مستلزم شناخت دقیق آنها است که این امر با توجه به رشد شتابان این فناوری، جدید بودن و عدم قطعیت‌ها و ناشناخته‌های آن با پیچیدگی‌های بسیاری همراه است. سوال مهمی که سیاست‌گذاران با آن مواجه هستند این است که پیش‌نیازهای توسعه AI چه عواملی هستند و مهم‌تر آنکه با توجه به رشد سریع AI، این پیش‌نیازها در آینده نزدیک کدام عوامل خواهند بود؟ چه تنگناها و کمبودهایی در آینده نزدیک می‌توانند مانع از رشد آن شوند و چه مخاطرات و نگرانی‌هایی توسعه آنرا با مشکل مواجه می‌سازند که رفع آنها می‌تواند پیش‌ران توسعه هوش مصنوعی گردد؟ به بیانی دیگر چه پیش‌رانهایی بر توسعه هوش مصنوعی در آینده نزدیک موثر هستند؟

پیش‌رانه‌های مختلفی در مقالات و گزارش‌های معتبر بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. انرژی یکی از این پیش‌رانه‌ها است که با افزایش چشمگیر تقاضا مواجه شده‌است، چنانچه هر درخواست ارسالی برای ChatGPT معادل ده برابر بیش از یک درخواست متداول (سنتی) در گوگل انرژی مصرف می‌کند و هر دیتاسنتر بزرگ، برای محاسبات پیچیده، سخت‌افزارهای تخصصی، خنک کردن و پردازش داده در مقیاس وسیع معادل ۱۰۰ هزار خانوار در سال انرژی مصرف می‌کند و پیش‌بینی می‌شود مصرف انرژی دیتاسنترها تا سال ۲۰۳۰ به دو برابر میزان فعلی افزایش یابد [۵]. این افزایش، انرژی را به یکی از تنگناها در توسعه هوش مصنوعی مبدل ساخته‌است که رفع آن در یک بازه زمانی مشخص بستگی به عوامل مختلفی دارد: با چه سرعتی AI مورد پذیرش قرار می‌گیرد؟ تا چه حد راه‌حل‌های AI می‌توانند مصرف انرژی در سخت‌افزارها و مدل‌های هوش مصنوعی را بهبود بخشند (افزایش کارایی در سخت‌افزارها و مدل‌ها) و با چه

سرعتی AI می‌تواند به افزایش تولید انرژی کمک کند؟ [۶] بر این اساس، به نظر می‌رسد انرژی علاوه بر اینکه از پیش‌رانه‌های مهم در توسعه هوش مصنوعی است، از عدم قطعیت نیز برخوردار است و رفع تنگنای آن در آینده نزدیک بستگی به عوامل مختلف دارد.

سرمایه از دیگر پیش‌رانه‌های توسعه AI است که علیرغم اینکه جذب آن در بخش AI از روند فزاینده‌ای برخوردار بوده‌است، کمبود آن هنوز به عنوان یک تنگنا محسوب می‌گردد. از یکسو دوره بازگشت سرمایه طولانی و حتی نامعلوم بودن دوره بازگشت و از سوی دیگر رشد شتابان فناوری و منسوخ شدن سریع فناوری‌های پیشین، نظیر تغییرات سریع در تراشه‌های پیشرفته هوش مصنوعی، سبب ایجاد عدم قطعیت در میزان تقاضا در بلند مدت شده و برنامه‌ریزی تولید و به تبع آن سرمایه‌گذاری را با چالش جدی مواجه ساخته‌است [۷]. گذشته از منسوخ شدن سریع فناوری، تنش‌های ژئوپلیتیک شامل محدودیت در صادرات و تهدیدهای تعرفه‌ای تقاضای جهانی را با عدم قطعیت مواجه می‌سازد و ریسک چند پاره شدن تقاضا و ایجاد اکوسیستم‌های ملی/ منطقه‌ای را به شدت افزایش می‌دهد که به نوبه خود بر برنامه‌ریزی بلند مدت برای تولید و سرمایه‌گذاری تاثیرگذار است [۷]. سایر پیش‌رانه‌های محیطی از جمله مقررات‌گذاری افراطی انگیزه نوآوری و سرمایه‌گذاری را تضعیف می‌کند، چنانچه مقررات‌گذاری افراطی در اتحادیه اروپا سبب خروج سرمایه به سمت آمریکا (با سادگی و سهولت بیشتر در مقررات) شده و این اتحادیه را با بحران جدی مواجه ساخته‌است [۸].

علاوه بر موارد فوق، به نظر می‌رسد ملاحظات اجتماعی شامل نگرانی در مورد از دست رفتن مشاغل و افزایش بیکاری [۹ و ۱۰] و افزایش شکاف دیجیتال در نتیجه بکارگیری AI [1] و همچنین ملاحظات اخلاقی، شامل حریم خصوصی و تاثیرات فرهنگی سوگیری AI به سوی ارزشهای کشورهای غربی در نتیجه آموزش مدل‌ها بر مبنای داده‌های این کشورها [۱۱]، امنیت سایبری و تبعات زیست‌محیطی AI و ... می‌توانند به عنوان موانع جدی در مقابل توسعه هوش مصنوعی به‌شمار آیند و به بیانی رفع آنها به عنوان پیش‌رانه‌های توسعه عمل نمایند.

بر اساس آنچه گفته شد، طیف وسیعی از پیش‌رانه‌های مختلف بر توسعه هوش مصنوعی تاثیرگذارند و به نظر می‌رسد یکی از موضوعات مهم پیش از سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای توسعه هوش مصنوعی، شناسایی این پیش‌رانه‌ها است.

علاوه بر شناسایی این پیش‌رانه‌ها، شناخت و تحلیل روابط میان آنان نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. سیاست‌گذار لازم است بداند در میان مجموعه پیش‌رانه‌ها، کدامیک از نقش کلیدی برخوردار هستند

احصا شده در گام قبل، بر اساس نظرات خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت، هر چند که در استخراج پیشرانها در گام قبل، تلاش شده بود پیشرانهای با اهمیت بالا مورد تمرکز قرار گیرند.

خبرگان این پژوهش متشکل از ۱۰ مدرس دانشگاه در رشته‌های مرتبط با AI، ۵ سیاستگذار AI و ۲ مدیر صنعتی در حوزه AI است.

در این گام از خبرگان خواسته شد نظر خود را در مورد میزان اهمیت پیشرانهای مستخرج از منابع مطالعاتی بیان نمایند. به این منظور برای بیشترین میزان اهمیت، امتیاز A، اهمیت متوسط B و کمترین اهمیت C اختصاص داده شد. متغیرهای با امتیاز A پیشرانهایی هستند که بیشترین تاثیر را در توسعه هوش مصنوعی داشته و به عنوان پیشرانهای کلیدی لحاظ شدند و وارد مرحله بعد شدند. متغیرهای با تاثیر ضعیف و متوسط حذف شدند.

۲-۳- گام سوم: تشکیل ماتریس اثرات مستقیم (MDI)

در این مرحله، بر مبنای روش تحلیل اثرات متقابل (CIS)، ماتریس اثرات مستقیم (MDI) از میان پیشرانهای کلیدی شناسایی شده در مرحله قبل تشکیل شد و از خبرگان خواسته شد نظرات خود را در مورد میزان تاثیر متغیرها در هر سطر از ماتریس بر متغیرهای هر یک از ستونها بر مبنای اعداد ۰ (بدون تاثیر) تا ۳ (بیشترین تاثیر) بیان کنند. سپس این جدول برای تحلیل در نرم‌افزار میک‌مک^۸ وارد شد.

۲-۴- گام چهارم: ترسیم نقشه تاثیرگذاری-تاثیرپذیری

یکی از مهمترین اهداف تحلیل میک‌مک خوشه‌بندی متغیرها بر مبنای تاثیرگذاری و تاثیرپذیری آنان است. در این خوشه‌بندی متغیرها به چهار گروه زیر تقسیم می‌شوند [۱۶]:

۱. متغیرهای غیر وابسته^۹: متغیرهای با تاثیرگذاری زیاد روی سیستم متغیرها و درعین حال با وابستگی (تاثیرپذیری) بسیار کم به این سیستم. این متغیرها به عنوان متغیرهای ورودی سیستم شناخته می‌شوند و برای ایجاد هر تغییری

و به شدت بر سایرین تاثیر گذارند؟ کدام پیشرانها از سایرین تاثیر می‌پذیرند؟ کدام پیشرانها تاثیری بر پیشرانهای دیگر ندارند و از آنها تاثیر نمی‌پذیرند و به بیانی به صورت مستقل از سایر پیشرانها عمل می‌کنند؟ آیا روابط غیر مستقیم میان پیشرانها وجود دارد و شدت آن چگونه است؟ برای پاسخ به این سوالات، روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از آن روش تحلیل اثرات متقابل است. چنانچه مطالعات مختلفی برای تحلیل اثرات متقابل میان پیشرانها در مطالعات آینده پژوهی از این روش استفاده کرده‌اند [۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵].

تحقیق حاضر دو هدف را دنبال می‌کند: ۱- شناسایی پیشرانهای توسعه هوش مصنوعی در آینده نزدیک و ۲- شناسایی و تحلیل اثرات متقابل میان این پیشرانها. منظور از آینده نزدیک در این تحقیق، پنج سال آینده است.

۲- روش تحقیق

۲-۱- گام اول: استخراج پیشرانها از منابع مطالعاتی

در گام اول، با هدف شناسایی پیشرانهای کلیدی موثر بر توسعه هوش مصنوعی، مقالات پژوهشی و گزارش‌های بین‌المللی با موضوع روندهای فناوری شامل هوش مصنوعی، پیشرانهای موثر بر توسعه هوش مصنوعی و چالش‌ها و تنگناهای مربوطه از سال ۲۰۲۲ مورد بررسی قرار گرفت و در قالب مدل STEEPV، ۲۳ پیشران شناسایی شد. مدل STEEPV با هدف تحلیل روند در آینده‌پژوهی به کار می‌رود که شامل شش بعد: اجتماعی^۱، فناوریانه^۲، اقتصادی^۳، زیست‌محیطی^۴، سیاسی^۵ و ارزش‌ها^۶ است. شایان ذکر است برای استخراج پیشرانها، صرفا به مقالات اکتفا نشده‌است بلکه گزارش‌های منابع مختلف معتبر جهانی در مورد روندهای فناوری منتشره در سالهای ۲۰۲۴ و ۲۰۲۵ مورد مطالعه قرار گرفته و به تفکیک روندهای فناوری مرتبط با هوش مصنوعی، پیشرانها، موانع و تنگناها مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲- گام دوم: تعیین میزان اهمیت پیشرانها

با توجه به اینکه هدف از این پژوهش شناسایی پیشرانهای با اهمیت بالا یا به بیانی پیشرانهای کلیدی است، میزان اهمیت پیشرانهای

⁶ Values

⁷ Matrix of Direct Influences

⁸ MICMAC: Matrice d'Impacts Croises Multiplication Appliquee à un Classement

⁹ Independent

¹ Social

² Technological

³ Economic

⁴ Environmental

⁵ Political

ردیف	پیشران	توصیف	منبع	نوع
۱	ترس از دست رفتن مشاغل	آیا ترس افزایش بیکاری ناشی از هوش مصنوعی می‌تواند در آینده نزدیک به عنوان مانع جدی در مقابل AI به حساب آید؟	[۷]، [۹] و [۱۰]	A
	شکاف دیجیتال	آیا نابرابری میان مناطق مختلف در دسترسی به نیروی متخصص و با مهارت، زیرساخت AI، انرژی و ... ظرف پنج سال آینده بر توسعه هوش مصنوعی تاثیر قابل توجهی خواهد گذارد؟	[۱]	A
	اعتماد به AI	آیا چالش‌های اخلاقی در مورد استفاده مسئولانه از AI شامل حکمرانی داده، عدالت، مسئولیت‌پذیری و توضیح‌پذیری، در پنج سال آینده موانع جدی در مقابل توسعه AI خواهند بود؟	[۷]، [۱۱] و [۱۸]	A

در سیستم، لازم است روی این متغیرها تمرکز شود.

۲. متغیرهای متصل^۱: متغیرهای **راهبردی** هستند که هم تاثیرگذار و هم تاثیر پذیرند. این متغیرها قابل دستکاری و کنترل هستند و هر تغییر در آنها، موجب ایجاد تغییر در سایر متغیرها می‌شود که این تغییر، به صورت بازخورد سبب تغییر در متغیر اولیه (متغیرمتصل) می‌گردد.

۳. متغیرهای وابسته^۲: متغیرهای با تاثیر گذاری اندک و وابستگی زیاد

۴. متغیرهای مستقل^۳: متغیرهای دارای تاثیرگذاری و تاثیرپذیری ضعیف. از آنجاییکه این متغیرها نه روی سیستم متغیرها تاثیر گذارند و نه از آن تاثیر می‌پذیرند، می‌توانند مورد اغماض قرار گیرند [۱۷].

۳- یافته‌ها

جدول ۲. پیشرانهای فناورانه موثر بر توسعه هوش مصنوعی

ردیف	پیشران	توصیف	منبع	نوع
۱	شدت الگوریتم	ممکن است در آینده نزدیک، دسترسی به داده برای آموزش، لزوما پیشران بحرانی برای ساخت بهترین مدل‌های پایه نباشد، بلکه بهبود در طراحی الگوریتم‌ها، ریز تنظیم و استنتاج ممکن است از اهمیت بیشتری برخوردار باشد.	[۹] و [۲۰]	A
	رقابت در سخت‌افزار	ممکن است در آینده نزدیک، پردازشگرهای AI به دلیل افزایش رقابت ناشی از ورود فناوری‌های جدید یا ورود بازیگران جدید به بازار مقرون به صرفه‌تر باشند.	[۱۹] و [۲۰]	A
	کمبود انرژی	آیا تنگنای کمبود انرژی در آینده حل می‌شود؟ به بیانی با توجه به موارد زیر آیا این تنگنا قابل رفع است؟ با چه سرعتی AI مورد پذیرش قرار می‌گیرد؟ تا چه حد راه‌حل‌های AI می‌توانند مصرف انرژی در سخت‌افزارها و مدل‌های هوش مصنوعی را بهبود بخشند (افزایش کارایی در سخت‌افزارها و مدل‌ها) و با چه سرعتی AI می‌تواند به	[۶]، [۷]، [۲۰] و [۲۱]	A

۳-۱- پیشرانهای مستخرج از منابع مطالعاتی و میزان اهمیت آنها

بر اساس مقالات پژوهشی و گزارش‌های بین‌المللی با موضوع روندهای فناوری شامل هوش مصنوعی، پیشرانهای موثر بر توسعه هوش مصنوعی و چالش‌ها و تنگنایهای مربوطه از سال ۲۰۲۲ و در قالب مدل STEEPV، 23 پیشران شناسایی شد و در جداول شماره ۶-۱ به تفکیک ۶ بعد این مدل فهرست شد. علیرغم اینکه در بررسی منابع مطالعاتی، تلاش شد از عوامل، پیشرانها و چالش‌ها و تنگنایهای کم اهمیت چشم‌پوشی گردد و لذا ۲۳ پیشران استخراج شده از میان عوامل با اهمیت بالا بودند، اما بنا بر اهمیت موضوع، نظرات خبرگان در مورد میزان این اهمیت خواسته شد که نتایج در جداول زیر با حروف A برای اهمیت زیاد، B برای اهمیت متوسط و C برای اهمیت کم منعکس شده‌است.

آنچه در مورد جداول ۶-۱ لازم است مورد تاکید قرار گیرد این است که برخی از متغیرها نظیر «کمبود انرژی»، «کمبود داده» و «تنش‌های ژئوپلیتیک» شاید فی نفسه به عنوان پیشران به نظر نیایند. این متغیرها در واقع تنگنایی هستند که رفع یا تقلیل آنها به عنوان پیشران توسعه هوش مصنوعی به‌شمار می‌رود.

جدول ۱. پیشرانهای اجتماعی موثر بر توسعه هوش مصنوعی

³ Autonomous

¹ Linking (Connecting)

² Dependent

		تراشه‌ها) موجب منسوخ شدن این سخت‌افزارها می‌گردد و چرخه تولید و برنامه‌ریزی بلندمدت را پیچیده می‌کنند. آیا این امر می‌تواند به عنوان مانع جدی توسعه AI ظرف ۵ سال آینده محسوب گردد؟	تولید
A	[۲]	کمبود یا تغییر قیمت مواد کمیاب مورد استفاده در رایانه‌ها و ریزتراشه‌ها	کمبود منابع کلیدی

جدول ۴. پیشرانهای زیست محیطی موثر بر توسعه هوش مصنوعی

ردیف	پیشران	توصیف	منبع	تاثیر
	تخریب محیط زیست	آیا ملاحظات زیست محیطی می‌توانند در آینده نزدیک به عنوان چالش جدی در مقابل توسعه هوش مصنوعی به‌شمار آیند؟ • تخریب محیط زیست ناشی از افزایش نیاز به عناصر کمیاب (که در رایانه‌ها و میکروچیپ‌ها استفاده می‌شوند) که اغلب به روش‌های مخرب زیست‌محیطی استخراج می‌شوند. • تولید زباله‌های الکترونیکی توسط مراکز داده که اغلب حاوی مواد خطرناکی مانند جیوه و سرب هستند	[۲] و [۱۸]	A
	مصرف زیاد آب	با توجه به تغییرات اقلیمی، آیا مصرف زیاد آب توسط دیتاسنترها می‌تواند به چالش جدی در مقابل توسعه AI مبدل گردد؟	[۲]	A
	تامین انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای	با توجه به نیاز مراکز داده هوش مصنوعی به انرژی زیاد، و با توجه به رواج استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تامین آن و تولید گازهای گلخانه‌ای، ملاحظات زیست محیطی مربوطه می‌تواند در آینده نزدیک مانع جدی برای توسعه AI باشد؟	[۲]	A

جدول ۵. پیشرانهای سیاسی موثر بر توسعه هوش مصنوعی

ردیف	پیشران	توصیف	منبع	تاثیر
	تنش‌های ژئوپلیتیک و محدودیت‌های تجاری	آیا محدودیت‌های اعمال‌شده بر تراشه‌های پیشرفته، سخت‌افزار، نرم‌افزار و قابلیت‌های هوش مصنوعی در آینده نزدیک به‌طور جدی مانع توسعه هوش مصنوعی می‌گردد؟	[۷] و [۲۱]	A

		افزایش تولید انرژی کمک کند؟	
	کمبود داده	کمبود داده‌های مورد نیاز برای آموزش هوش مصنوعی در آینده نزدیک، ناشی از محدودیت‌های حریم خصوصی، قوانین محلی، هزینه‌های بالای نگهداری داده و ... می‌تواند به عنوان یک مانع مهم در مقابل توسعه هوش مصنوعی عمل کند	A

جدول ۳. پیشرانهای اقتصادی موثر بر توسعه هوش مصنوعی

ردیف	پیشران	توصیف	منبع	تاثیر
	کمبود سرمایه	آیا کمبود سرمایه در بخش AI با توجه به نامشخص بودن/ طولانی بودن دوره بازگشت سرمایه و پر ریسک بودن این حوزه، می‌تواند در آینده نزدیک مرتفع گردد؟	[۸]	A
	کمبود نیروی متخصص و ماهر	آیا کمبود نیروی کار متخصص و شکاف‌های مهارتی ناشی از تکامل سریع فناوری‌ها و در نتیجه مهاجرت، وجود بازارهای کار رقابتی و تفاوت در سطح دستمزدها منجر به کمبود شدید نیروی متخصص در مناطق مختلف جهان خواهد شد که به عنوان مانع جدی در مقابل توسعه هوش مصنوعی عمل خواهد کرد؟	[۷]	A
	کمبود تراشه و افزایش قیمت آن	آیا تقاضا برای شتاب‌دهنده‌های هوش مصنوعی (GPU/TPU/ASIC) در آینده نزدیک می‌تواند از عرضه پیشی بگیرد و سبب افزایش ناگهانی قیمت‌ها گردد؟	[۷]	A
	تنگنا در زنجیره عرضه	آیا تاخیر در بخش‌های مختلف زنجیره عرضه AI می‌تواند به عنوان مانع جدی در مقابل توسعه AI عمل کند؟	[۷]	B
	افزایش مقیاس	تقاضای فزاینده برای سخت‌افزار پیشرفته هوش مصنوعی (یعنی	[۷]	A

۳-۲- ماتریس اثرات مستقیم (MDI)

بر اساس نوزده پیشران کلیدی شناسایی شده در مرحله قبل، ماتریس ۱۹*۱۹ اثرات مستقیم به شرح تشکیل شد.

	1: Job Loss	2: Divide	3: Trust	4: Algo Int	5: HW Compet	6: Energy	7: Data	8: Capital	9: Talent	10: Chip	11: Materials	12: Environmen	13: Water	14: GHGs	15: Geopolitic	16: Divergence	17: Overregula	18: Values	19: Cyber secu
1: Job Loss	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2: Divide	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3: Trust	0	0	0	2	0	0	3	1	2	1	1	2	2	2	0	0	0	0	1
4: Algo Int	0	3	1	0	1	3	0	0	2	3	2	3	3	2	0	0	0	0	0
5: HW Compet	0	2	3	3	0	2	3	2	2	3	0	0	0	0	2	0	3	1	0
6: Energy	0	3	0	3	3	0	2	3	3	0	2	2	2	2	3	0	0	0	0
7: Data	0	3	0	3	1	2	0	3	3	0	1	1	1	1	0	0	0	3	0
8: Capital	0	3	3	2	3	3	2	0	2	2	2	2	2	2	0	0	3	0	0
9: Talent	0	3	2	3	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	2
10: Chip	0	2	0	2	3	2	0	2	3	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
11: Materials	0	1	0	2	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
12: Environmen	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13: Water	0	2	0	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14: GHGs	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15: Geopolitic	0	3	2	3	3	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
16: Divergence	0	0	0	2	0	0	1	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17: Overregula	0	3	2	2	2	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18: Values	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19: Cyber secu	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

© UPSOR-EPTA-MCMAC

شکل ۲. رتبه‌بندی پیشرانهای موثر بر توسعه هوش مصنوعی مبتنی بر نظرات خبرگان

نرخ سازگاری این ماتریس پس از دو بار تکرار به بیش از ۱۰۰٪ رسید که به معنای سازگاری کامل این ماتریس است.

ITERATION	INFLUENCE	DEPENDENCE
1	91 %	93 %
2	106 %	102 %

شکل ۳. نرخ سازگاری

۳-۳- خوشه‌بندی پیشرانهای کلیدی بر مبنای نقشه

تاثیرگذاری - تاثیرپذیری

نقشه تاثیرگذاری- تاثیرپذیری که محور عمودی آن تاثیرگذاری و محور افقی آن تاثیرپذیری را نشان می‌دهد (شکل ۴) نوزده پیشران کلیدی را در قالب چهار گروه به شرح زیر خوشه‌بندی می‌کند:

• **پیشرانهای کلیدی غیر وابسته:** دو پیشران Geopolitic و Overregla در این بخش از نقشه قرار می‌گیرند و بر این اساس این دو متغیر متغیرهای کلیدی هستند که بر سایر متغیرها (پیشرانهای کلیدی) تاثیرگذارند، اما از سایر متغیرها تاثیر نمی‌پذیرند.

• **پیشرانهای کلیدی وابسته:** پیشران Devide تنها متغیری است که در این بخش از نقشه قرار گرفته‌است که حاکی از آن است که سایر متغیرها بر شکاف دیجیتال تاثیر گذارند اما این متغیر تاثیر چندانی بر سایر متغیرها ندارد.

A	[۲۱]	نبود هماهنگی میان چارچوب‌ها و استانداردهای نظارتی جهانی در حوزه امنیت، حریم خصوصی و اخلاق در هوش مصنوعی، نوآوری و توسعه هوش مصنوعی را با کندی مواجه می‌سازد. آیا در آینده نزدیک می‌تواند به عنوان چالش جدی محسوب گردد؟	نبود انسجام در مقررات
		مقررات‌گذاری افراطی انگیزه نوآوری و سرمایه‌گذاری را تضعیف می‌کند، چنانچه مقررات گذاری افراطی در اتحادیه اروپا سبب خروج سرمایه به سمت آمریکا (یا سهولت بیشتر در مقررات) شده و بحران جدی را ایجاد کرده‌است. آیا این پیشران در آینده نزدیک، چالش جدی خواهد بود؟	افزایش مقررات گذاری افراطی
[۷]	[۸]، [۲۱] و [۲۱]	عصر جدیدی از رقابت مبتنی بر فناوری تشدید شده است و کشورها و شرکت‌ها تمایل دارند در زیرساخت‌ها، ساخت تراشه، توسعه فناوری و غیره به خودکفایی برسند. علاوه بر این، نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها و خطرات ژئوپلیتیک به طور فزاینده‌ای منجر به میزبانی داده‌ها و محاسبات محلی می‌شود. آیا این امر به طور قابل بر توسعه هوش مصنوعی تاثیر گذار خواهد بود؟	حاکمیت ملی AI

جدول ۶. ارزشهای موثر بر توسعه هوش مصنوعی

ع	پیشران	توصیف	منبع	ت
۳	ارزش‌های محلی	آیا AI در آینده نزدیک، با ارزش‌های محل/ ملی همراستا خواهد بود؟	[۱۱]	A
	حریم خصوصی و امنیت سایبری	افزایش نگرانی‌های مربوط به امنیت سایبری و حریم خصوصی به دلیل خطرات و آسیب‌پذیری‌های نشت داده‌ها (داده‌های مشتری و داده‌های محافظت‌شده) در آینده نزدیک به یک بحران جدی در مقابل توسعه AI بدل خواهد گشت؟	[۷] و [۱۸]	A
	کی‌رایت	آیا کی‌رایت و حفاظت از محتوا، می‌تواند مانع توسعه مدل‌های منبع باز گردد؟	[۷]، [۱۸] و [۲۱]	C

متغیرها برخوردارند. در عین حال فلش ورودی به سمت این دو متغیر یا وجود ندارد (در مورد Overregla) یا از تعداد کم با شدت متوسط (در مورد Geopolitic) برخوردار است که نشانگر تاثیرپذیری ضعیف این دو متغیر از سایر متغیرها است.

برخی متغیرها نظیر Energy, Capital, Talent و Algo In از فلش‌های قرمز رنگ متعددی به صورت ورودی و خروجی برخوردارند که نشان‌دهنده تاثیرگذاری شدید این متغیرها بر سیستم و تاثیرپذیری قوی از آن است. همانطور که در گراف ملاحظه می‌گردد این متغیرها (۸ متغیر کلیدی متصل در نقشه تاثیرگذاری- تاثیر پذیری) برخلاف متغیرهایی مثل Jobloss، از سیستم جدا نیستند بلکه از ورودی و خروجی‌های متعدد و قوی برخوردارند که این متغیرها را در مرکز سیستم و متصل به آن قرار داده‌است. متغیر Jobloss با فاصله زیادی خارج از سیستم قرار گرفته است، تاثیر پذیری از سایر متغیرها نداشته و تنها بر یک متغیر و با شدت متوسط تاثیر گذار است. ورود چند فلش قوی به متغیر Water، تاثیر پذیری آن را نشان می‌دهد اما با توجه به اینکه تعداد این فلش‌ها زیاد نیست تاثیر پذیری این متغیر قوی به‌شمار نمی‌رود و از سوی دیگر، فلش‌های خروجی معدود و با شدت متوسط و کم از این متغیر، حاکی از تاثیرپذیری و تاثیرگذاری اندک این متغیر بر سیستم است.

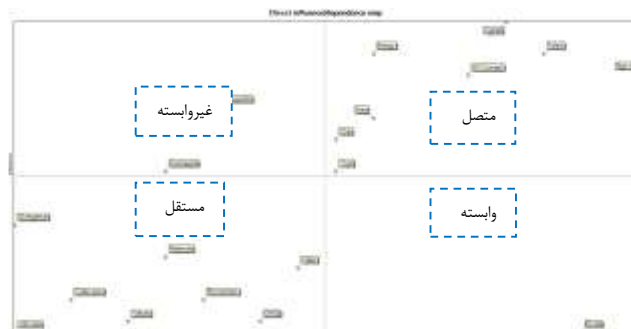
علاوه بر اینکه هر یک از پیشرانها به‌صورت مستقیم بر سایر پیشرانها و در نتیجه بر سیستم پیشرانها تاثیر می‌گذارد، از طریق غیر مستقیم نیز بر این سیستم تاثیر گذار است. به بیانی مجموعه اثرات مستقیم و غیر مستقیم یک پیشران است که بر سیستم تاثیر می‌گذارد.

لازم به ذکر است که گراف اثرات غیر مستقیم به دلیل تعدد فلش‌ها، گراف درهم و نامفهومی بود، لذا ترسیم این گراف با نرخ ۲۵٪ انجام شد که دو نمای مختلف از آن در قالب دو شکل ۶ و ۷ به شرح زیر نشان داده شده‌است.

طبق گراف نشان داده شده در شکل ۶، تنش‌های ژئوپلیتیک بر کمبود نیروهای متخصص (Talent) بطور غیر مستقیم و به میزان نسبتاً قوی تاثیر می‌گذارد. این کمبود به‌طور غیر مستقیم و به میزان زیاد بر شدت الگوریتم تاثیر می‌گذارد و نهایتاً بر شکاف دیجیتال به عنوان یک چالش مهم در برابر توسعه AI تاثیر غیر مستقیم می‌گذارد.

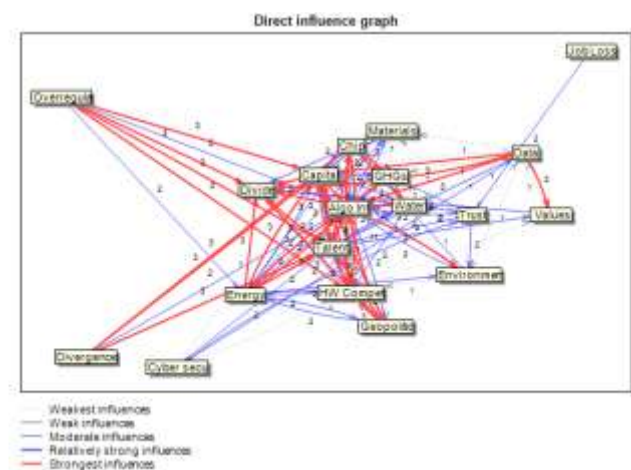
• **پیشرانهای کلیدی متصل:** همانطور که در نقشه ملاحظه می‌گردد، ۸ پیشران کلیدی در این بخش قرار گرفته‌اند. این پیشرانها، متغیرهای **راهبردی** هستند که علاوه بر اینکه تحت تاثیر سایر پیشرانها هستند، بر این پیشرانها تاثیرگذار نیز هستند.

• **پیشرانهای کلیدی مستقل:** ۸ پیشران موجود در این بخش از نقشه، متغیرهایی هستند که نه بر سیستم متغیرها تاثیرگذارند و نه بر این سیستم تاثیر می‌گذارند.



شکل ۴. نقشه تاثیرگذاری- تاثیر پذیری

در گراف تاثیرات مستقیم، شدت تاثیر مستقیم هر پیشران کلیدی بر سایر پیشرانهای کلیدی نشان داده می‌شود. خطوط قرمز رنگ نشانگر قوی‌ترین تاثیرات هستند (معادل امتیاز ۳ اختصاص داده شده توسط خبرگان)، خطوط آبی ضخیم تاثیرات نسبتاً قوی (معادل امتیاز ۲)، خطوط نازک آبی تاثیرات کمابیش (معادل ۱) و خطوط نقطه‌چین نبود هیچ‌گونه تاثیر (معادل ۰) را نشان می‌دهند.



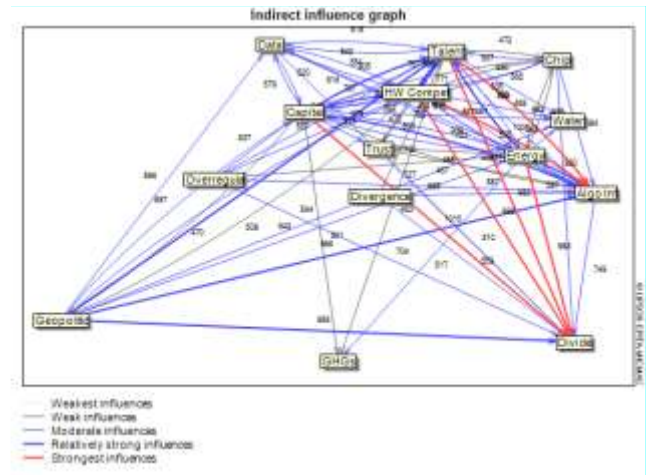
شکل ۵. گراف اثرات مستقیم

همانطور که در گراف اثرات مستقیم ملاحظه می‌گردد، دو متغیر Geopolitic و Overregla، از بیشترین تاثیرات به لحاظ تعداد فلش‌های خروجی و شدت تاثیر زیاد (فلش‌های قرمز) بر سایر

۱. در میان نوزده پیشران شناسایی شده، دو پیشران «تنش‌های ژئوپلیتیک» و «مقررات‌گذاری افراطی» متغیرهایی هستند که از سایر متغیرهای سیستم تأثیر نمی‌گیرند اما به شدت بر آن تأثیر گذار هستند. به بیانی دیگر ظرف ۵ سال آینده، تنش‌های ژئوپلیتیک و مقررات‌گذاری افراطی در حوزه هوش مصنوعی، چالش‌های محدود کننده توسعه هوش مصنوعی خواهند بود. از آنجاییکه طبق نقشه تأثیرگذاری- تأثیرپذیری این دو متغیر، متغیرهای کلیدی هستند و تأثیرات شدیدی بر سایر متغیرهای سیستم می‌گذارند، لازم است مورد توجه سیاستگذاران توسعه هوش مصنوعی قرار گیرند. در خصوص تنش‌های ژئوپلیتیک، شناخت دقیق نوع تنش‌ها و انتخاب و اتخاذ دیپلماسی و تعاملات بین‌الملل متناسب پیشنهاد می‌گردد. در این زمینه همکاری کشورهای جنوبگان با یکدیگر با هدف افزایش تاب‌آوری از موضوعات مطرح است.

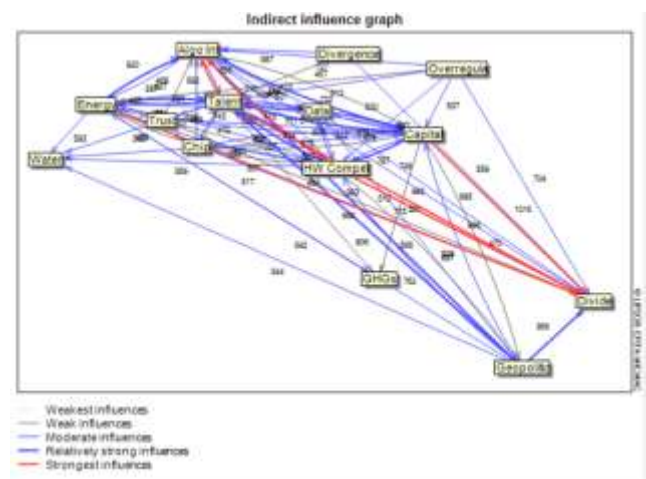
مقررات‌گذاری افراطی موردی است که در حال حاضر نوآوری در اتحادیه اروپا را دچار چالش کرده است، چنانچه مقررات متعدد و ناهم‌آهنگ موجود در کشورهای عضو که مقررات اتحادیه اروپا نیز به آن اضافه می‌گردد موجب فرار سرمایه‌ها از این اتحادیه شده‌است [۸]. با توجه به اینکه طبق تحقیق حاضر، این امر ظرف پنج سال آینده یکی از موانع مهم توسعه هوش مصنوعی خواهد بود و علاوه بر آن، کمبود سرمایه و کمبود نیروی متخصص از موانع کلیدی خواهد بود، به نظر می‌رسد که کشورهای برخوردار از مقررات مناسب، غیر زائد و غیر پیچیده در حوزه هوش مصنوعی موفق به جذب نوآوران، سرمایه‌گذاران در این حوزه خواهند بود.

۲. پیشرانهای اعتماد به AI، شدت الگوریتم، رقابت در سخت‌افزار، کمبود انرژی، کمبود داده، کمبود سرمایه، کمبود نیروی متخصص (استعداد) و ماهر، کمبود تراشه و افزایش قیمت آن متغیرهای «راهبردی» و کلیدی سیستم هستند که علاوه بر آنکه به میزان زیادی بر سایر متغیرها تأثیر گذارند، از متغیرهای دیگر نیز تأثیر می‌پذیرند. همانطور که در نقشه تأثیرگذاری- تأثیرپذیری نشان داده شد، این متغیرها در بخش متغیرهای مرتبط هستند و از تأثیرپذیری و تأثیرگذاری بالایی بر سیستم برخوردارند. بنابراین سیاستگذار می‌تواند با ایجاد تغییر در هر یک از این متغیرها در کل سیستم تغییر ایجاد نماید که این تغییر به عنوان بازخورد در متغیر اولیه نیز تأثیر خود را نشان خواهد داد.



شکل ۶. گراف اثرات غیر مستقیم- نمای اول

متغیر Water در گراف اثرات غیر مستقیم شکل ۷ از ۵ متغیر، تأثیرات غیر مستقیم با شدت متوسط می‌پذیرد ولی اثر غیر مستقیمی بر هیچ متغیری ندارد. متغیر Energy به طور غیر مستقیم تأثیر نه‌چندان قوی بر متغیر Water می‌گذارد و در عین حال تأثیر غیر مستقیم نسبتاً قوی بر شدت الگوریتم و تأثیر غیر مستقیم به شدت قوی بر شکاف دیجیتالی می‌گذارد. متغیر Divide به شدت تحت تأثیر غیر مستقیم سایر متغیرها است.



شکل ۷. گراف اثرات غیر مستقیم- نمای دوم

۴- بحث و بررسی، نتیجه‌گیری و مطالعات آینده

در این تحقیق نوزده پیشران توسعه هوش مصنوعی تا پنج سال آینده شناسایی و روابط متقابل میان آنها تحلیل شد. یافته‌های اصلی این تحقیق و توصیه‌های سیاستی به شرح زیر است:

کردن قطعات الکتریکی، استفاده از سوخت‌های فسیلی، تولید گازهای گلخانه‌ای به دلیل تأمین نیازهای انرژی مراکز داده هوش مصنوعی بسیار حائز اهمیت است و می‌توانند به عنوان موانع توسعه هوش مصنوعی به حساب آیند. اما نتایج حاصل از تحلیل اثرات متقابل میان این متغیرها بر سایر متغیرهای تحقیق نشان داد که این موارد ظرف ۵ سال آینده به عنوان موانع جدی در مقابل توسعه AI عمل نخواهند کرد. این متغیرها، تأثیر اندکی بر سایر متغیرهای تعریف شده می‌گذارند و همچنین تأثیر ناچیزی از این متغیرها می‌پذیرند. چنانچه در نقشه تأثیرگذاری-تأثیرپذیری، متغیرهای زیست محیطی در گروه متغیرهای مستقل قرار گرفته‌اند و ارتباط چندانی با سیستم متغیرها ندارند. سیاستگذار نمی‌تواند با اعمال تغییر در این متغیرها، سایر متغیرها و کل سیستم متغیرها را بهبود بخشد و لذا می‌تواند از آنها صرف‌نظر نماید. لازم به ذکر است که بازه زمانی لحاظ شده در تحقیق حاضر پنج سال آتی است و یافته‌ها منحصر به این بازه هستند. بنابراین می‌توان یافته‌های این تحقیق در خصوص عوامل زیست محیطی را به این صورت تبیین کرد که این عوامل در آینده نزدیک مانع جدی در مقابل توسعه هوش مصنوعی به‌شمار نمی‌روند هر چند که ممکن است در سالهای بعد از آن، ممانعت جدی در مقابل توسعه هوش مصنوعی ایجاد کنند.

نوآوری این تحقیق در ارائه پیشرانهای کلیدی توسعه هوش مصنوعی و تحلیل روابط متقابل میان آنان است که تا پیش از انتشار مقاله حاضر، این پیشرانها به صورت منسجم معرفی نشده بودند.

یکی از محدودیت‌های مهم این تحقیق که از ابتدای سال ۲۰۲۵ میلادی شروع شد، محدودیت مقالات مربوط به روندها و پیشرانهای توسعه هوش مصنوعی بود. پایگاه داده WoS مورد بررسی قرار گرفت و تعداد مقالات بسیار محدودی یافت شد که در نتیجه برای استخراج پیشرانها، امکان مطالعه سیستماتیک وجود نداشت. با توجه به روند شتابان تحقیقات در حوزه هوش مصنوعی، پیشنهاد می‌گردد محققان دیگری به بررسی مجدد پایگاه داده فوق و سایر پایگاههای داده پرداخته و در صورت یافتن تعداد قابل توجه منابع علمی، به

از یکسو با توجه به اهمیت کمبود نیروی متخصص به عنوان یک گلوگاه، طبق گزارش روند فناوری ۲۰۲۵ مکنزی [۷] و از سوی دیگر با توجه به یافته‌های این تحقیق مبنی بر اینکه در نقشه تأثیرگذاری-تأثیرپذیری، کمبود نیروی متخصص AI جزو متغیرهای **راهبردی** است و به شدت بر سیستم تأثیرگذار است و از آن تأثیر می‌پذیرد، پیشنهاد می‌گردد سیاستگذاران حوزه AI این موضوع را مورد توجه ویژه قرار دهند. این کمبود به نوعی رقابت میان کشورهای مختلف در جذب این منبع را گوشزد می‌کند که مزیت‌های رقابتی کشورها مبنی بر سطح دستمزد بالاتر، شرایط بهتر زندگی و زیرساختهای مناسب‌تر هوش مصنوعی می‌تواند در آن تعیین کننده باشد.

کمبود انرژی نیز بر اساس گزارش ویژه آژانس بین‌المللی انرژی جزو تنگناهای مهم در AI طی سالهای آتی است که در مورد رفع آن عدم قطعیت‌های زیادی وجود دارد. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد این متغیر از متغیرهای **راهبردی** در نقشه تأثیرگذاری تأثیرپذیری است که علاوه بر اینکه از متغیرهای زیادی تأثیر می‌پذیرد، بر متغیرهای دیگر نیز به شدت تأثیرگذار است. متغیرهای تأثیرگذار بر انرژی و تأثیرپذیر از آن به تفکیک اثرات مستقیم و غیر مستقیم در گراف‌های مربوطه بطور مبسوط نشان داده شد. بررسی این نتایج به سیاستگذاران برای تدوین سیاستهای مربوط به انرژی در حوزه AI پیشنهاد می‌گردد.

با توجه به اثرات مستقیم و غیر مستقیم ضعیف متغیر «ترس از دست رفتن مشاغل» بر سایر متغیرها، به نظر می‌رسد حداقل ظرف پنج سال آینده این متغیر نمی‌تواند به عنوان یک مانع جدی در مقابل توسعه هوش مصنوعی به‌شمار آید.

۳. طبیعتاً شکاف دیجیتال متأثر از عواملی چون کمبود نیروی متخصص، سرمایه، داده و ... است که نتایج این تحقیق ضمن تایید این مطلب، تأثیرات غیر مستقیم و مستقیم سایر متغیرها را بر این متغیر نشان داد. گذشته از اینکه متغیرهای متعددی بر این متغیر تأثیرگذارند، شدت این تأثیر نیز بسیار قوی است.

۴. طبعاً نگرانی‌های زیست محیطی مربوط به هوش مصنوعی از جمله تخریب محیط زیست ناشی از افزایش نیاز به عناصر کمیاب خاکی، مصرف بیش از حد آب برای خنک

همینطور یافته‌های این مقاله نشان داد کمبود نیروی کار متخصص از متغیرهای **راهبردی** است که به شدت به سیستم متغیرها مرتبط هستند و به سیاستگذاران پیشنهاد شد سیاستگذاران حوزه AI این موضوع را مورد توجه ویژه قرار دهند. پیشنهاد می‌شود به عنوان مطالعات تکمیلی، راهکارهای نگه‌داشت و جذب نیروی متخصص در حوزه AI، خصوصا در کشورهای جنوبگان (در حال توسعه) مورد بررسی قرار گیرد.

innovation", Telecom 2025, 6:39

[12] M. Emami, A.A Haghdooost, V. Yazdi-Feyzabadi and M. H. Mehrolhassani, "Drivers, uncertainties, and future scenarios of the Iranian health system", BMC Health Services Research, 2022, 22:1402

[13] A. Ahmadzadeh Ghasab, M. Heydari and M. Arab, "Foresight for Internationalization of Medical Sciences Universities in Iran in the 2040 horizon", European Journal of Futures Research, 2025, 13:2

[14] S. Ch. Pandey, N. Virmani, Dimple Bhandari and Sandeep Jagtap, "A sustainability-oriented KPI framework for digital twin adoption in the sugar industry: ISM–MICMAC approach", Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies, 2025, e-ISSN: 2044-0847

[15] M. Soares, A. do Paço, A. Braga and A. Arantes, "Modelling the Barriers to Reverse Logistics for Sustainable Supply Chains: A Combined ISM and MICMAC Analysis Approach", Sustainability, 2025, 17:9375

[16] A. Agrawal, JS. Gans, A. Goldfarb A, "Exploring the impact of artificial intelligence: Prediction versus judgment", Information Economics and Policy". 2019 Jun 1;47:1-6.

[17] S. Pramono, M. Ulkhaq and Z. Aulia, "Analysing the barriers of reverse logistics implementation: A case study", 2022, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1072 012063

[18] L. Yee, M. Chui, R. Roberts, and M. Issler, "Technology Trends Outlook 2024", Tech. Rep. 2025

استخراج پیشرانها مبتنی بر یک مطالعه سیستماتیک¹ پردازند.

علاوه بر این، نظر به اهمیت موضوع توسعه هوش مصنوعی، نیاز است به منظور تدقیق توصیه‌های سیاستی پیشنهادی، پژوهش‌های دیگری انجام گیرد. به عنوان نمونه، یافته‌های این تحقیق نشان داد مقررات‌گذاری افراطی یکی از متغیرهای کلیدی در توسعه هوش مصنوعی است. پیشنهاد می‌گردد پژوهش‌های دیگری با هدف شناسایی بهتر این موضوع و نقش سیاستگذاران جهت تقلیل تهدیدات و ارائه پیشنهادات سیاستی مبسوط‌تر انجام گیرد.

مراجع

[1] D. Acemoglu, "The Simple Macroeconomics of AI", NBER, 2024, WP.32487

[2] <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about>

[3] K. M. Pratt, "9 Key Benefits of AI for Business", TechTarget, [Online]. 05/12/2025 Available: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/feature/6-key-benefits-of-AI-for-business>

[4] Y. Qin, Z. Xu, X. Wang and M. Skare, "Artificial intelligence and economic development: An evolutionary investigation and systematic review". Journal of the Knowledge Economy, 2022, 15(1), 1736-70

[5] A. Widuto, "AI and the energy sector", European Parliamentary Research Service, Tech. Rep, Jul. 2025

[6] D. D'Ambrosio, H. Hopewell, V. Jacamon, A. Martinos and N. Salmon, "Energy and AI", International Energy Agency (IEA), Tech. Rep. 2025:

<https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>

[7] L. Yee, M. Chui, R. Roberts, and S. Smit, "Technology Trends Outlook 2025", McKinsey & Company, Tech. Rep. 2025

[8] M. Tadeo, "EU needs true single market to stay competitive", 03/12/2025 [Online]: <https://www.euronews.com/my-europe/2025/12/03/eu-needs-true-single-market-to-stay-competitive-nobel-prize-winner-aghion-tells-euronews>

[9] M. Comunale and A. A. Manera, "The Economic Impacts and the Regulation of AI: A Review of the Academic Literature and Policy Actions," IMF Working Papers 2024/065, International Monetary Fund, 2024

[10] C. Alonso C. A. Berg, S. Siddharth Kothari, CH. Papageorgiou, S. Rehman, "Will the AI revolution cause a great divergence?", Journal of Monetary Economics, 2022, Volume 127

[11] A. Nagamatsu, Y. Nagamatsu, CH. Watanabe, "The new paradigm of informal economies under GAI driven

¹ Scoping Review