

Identification and Cross Impact Analysis of Key Drivers of AI Development

Leila Mansourifar^{1,2*}, Soroush Ghazinoori¹

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

² ICT Research Institute, Tehran, Iran

Received: 28 November 2025, Revised: 01 February 2026, Accepted: 02 February 2026

Paper type: Research

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: Artificial Intelligence, Influence- Dependence, Policymaking, MICMAC, STEEPV

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

شناسایی و تحلیل اثرات متقابل پیشران‌های توسعه هوش مصنوعی

لیلا منصوری‌فر^{۱*}، سروش قاضی‌نوری^۱

^۱ گروه مدیریت فناوری و کارآفرینی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

^۲ پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۷ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۳

نوع مقاله: پژوهشی

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 تعیین‌کننده‌ای 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 میک‌مورد 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: هوش مصنوعی، اثرات مستقیم و غیر مستقیم، سیاست‌گذاری، میک‌مورد 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 [۴و۳،۲،۱] 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؟

پیشران‌های مختلفی در مقالات و گزارش‌های معتبر بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. انرژی یکی از این پیشران‌ها 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 پیشران‌های 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 پیشران‌های 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 تأثیرگذار است [۷]. سایر پیشران‌های 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 دیجیتالی در نتیجه بکارگیری AI [1] و همچنین ملاحظات اخلاقی، شامل حریم خصوصی و تأثیرات 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 پیشران‌های توسعه عمل نمایند.

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

علاوه بر شناسایی این پیشران‌ها، شناخت و تحلیل روابط میان آنان نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. سیاست‌گذار لازم است بداند در میان مجموعه پیشران‌ها، 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)^۷ 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 در سیستم، لازم است روی این متغیرها تمرکز شود.

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 آینده پژوهی به کار می‌رود که شامل شش بعد: اجتماعی^۱، فناورانه^۲، اقتصادی^۳، زیست‌محیطی^۴، سیاسی^۵ و ارزش‌ها^۶ است. شایان ذکر است برای استخراج پیشران‌ها، صرفاً 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

^۶ Values

^۷ Matrix of Direct Influences

^۸ MICMAC: Matrice d'Impacts Croises Multiplication Appliquee à un Classement

^۹ Independent

^۱ Social

^۲ Technological

^۳ Economic

^۴ Environmental

^۵ Political

عوامل قرار است در ساخت سناریوهای آینده توسعه هوش مصنوعی به کار روند، لازم است از عدم قطعیت برخوردار باشند. میزان اهمیت و عدم قطعیت عوامل، بر مبنای مقالات و گزارش‌ها و همچنین نظر خبرگان تعیین شده‌است. بر این اساس عواملی که از اهمیت زیادی برخوردارند اما با عدم قطعیت مواجه نیستند و به بیانی قطعی هستند، روند محسوب شده و در لیست پیشران‌ها در این مقاله قرار نمی‌گیرند، نظیر افزایش مقیاس تولید در جدول ۳، که عامل مهمی است که وقوع آن قطعی است. از سوی دیگر عواملی که با عدم قطعیت همراه هستند اما اهمیت زیادی ندارند، طبق تعریف پیشران محسوب می‌گردند، اما به دلیل اهمیت کم آنها، پیشران کلیدی نیستند و در جدول‌های زیر پیشران ضعیف نام گرفته‌اند، نظیر حاکمیت ملی AI در جدول ۵ که بر اساس نظرات خبرگان تاثیر زیادی بر توسعه هوش مصنوعی ندارد.

علیرغم اینکه در بررسی منابع مطالعاتی، تلاش شد از عوامل، پیشران‌ها و چالش‌ها و تنگناهای کم اهمیت چشم‌پوشی گردد و لذا ۲۳ پیشران استخراج شده از میان عوامل با اهمیت و همچنین عدم قطعیت بالا بودند، اما بنا بر اهمیت موضوع، نظرات خبرگان نیز در مورد میزان اهمیت و عدم قطعیت کسب شد که نتایج در جدول‌های ۱ تا ۶ منعکس شده‌است.

لازم به ذکر است عوامل موثر بر توسعه هوش مصنوعی در این مقاله شامل تنگناها و موانع نظیر «کمبود انرژی»، «کمبود داده» و «تنش‌های ژئوپلیتیک» نیز می‌گردند که رفع یا تقلیل آنها به عنوان پیشران توسعه هوش مصنوعی به‌شمار می‌رود.

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 آنجایی که این متغیرها نه روی سیستم متغیرها تاثیر گذارند و نه از آن تاثیر می‌پذیرند، می‌توانند مورد اغماض قرار گیرند[۱۷].

۳- یافته‌ها

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 تنگناهای مربوطه از سال ۲۰۲۲ و در قالب مدل STEEPV، 23 پیشران شناسایی شد و در جدول‌های ۱ تا ۶ به تفکیک ۶ بعد این مدل فهرست شد. منظور از پیشران در این مقاله، عوامل موثر بر توسعه هوش مصنوعی است که دارای اهمیت (تاثیر بر توسعه هوش مصنوعی) بالایی باشند و در عین حال از عدم قطعیت زیادی نیز برخوردار باشند. با توجه به اینکه این

جدول ۱. پیشران‌های اجتماعی موثر بر توسعه هوش مصنوعی (مستخرج از تحقیق حاضر)

بعد	پیشران	توصیف	عدم قطعیت	اهمیت	نتیجه
فناوری	ترس از دست رفتن مشاغل (Job Loss) [۷]، [۹] و [۱۰]	آیا ترس افزایش بیکاری ناشی از هوش مصنوعی می‌تواند در آینده نزدیک به عنوان مانع جدی در مقابل AI به حساب آید؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	شکاف دیجیتال (Divide) [۸]	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؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	اعتماد به AI (Trust) [۷]، [۱۱] و [۱۸]	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؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی

³ Autonomous

¹ Linking (Connecting)

² Dependent

جدول ۲. پیشران‌های فناوریانه موثر بر توسعه هوش مصنوعی (مستخرج از تحقیق حاضر)

بعد	پیشران	توصیف	عدم قطعیت	اهمیت	نتیجه
فناوری	شدت الگوریتم (Algo Int) [۹] و [۲۰]	ممکن است در آینده نزدیک، دسترسی به داده برای آموزش، لزوماً پیشران بحرانی برای ساخت بهترین مدل‌های پایه نباشد، بلکه بهبود در طراحی الگوریتم‌ها، ریز تنظیم و استنتاج ممکن است از اهمیت بیشتری برخوردار باشد.	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	رقابت در سخت‌افزار (HW Compet) [۱۹] و [۲۰]	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.	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	کمبود انرژی (Energy) [۶]، [۷]، [۲۰] و [۲۱]	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 افزایش تولید انرژی کمک کند؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	کمبود داده (Data) [۹]، [۱۸] و [۲۰]	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	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی

جدول ۳. پیشران‌های اقتصادی موثر بر توسعه هوش مصنوعی (مستخرج از تحقیق حاضر)

بعد	پیشران	توصیف	عدم قطعیت	اهمیت	نتیجه
اقتصادی	کمبود سرمایه (Capital) [۸]	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؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	کمبود نیروی متخصص و ماهر (Talent) [۷]	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؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	کمبود تراشه و افزایش قیمت آن (Chip) [۷]	آیا تقاضا برای شتاب‌دهنده‌های هوش مصنوعی (GPU/TPU/ASIC) در آینده نزدیک می‌تواند از عرضه پیشی بگیرد و سبب افزایش ناگهانی قیمت‌ها گردد؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	تنگنا در زنجیره عرضه (Supp chain) [۷]	آیا تاخیر در بخش‌های مختلف زنجیره عرضه AI می‌تواند به عنوان مانع جدی در مقابل توسعه AI عمل کند؟	زیاد	متوسط یا ضعیف	پیشران ضعیف
	افزایش مقیاس تولید (Scale) [۷]	تقاضای فزاینده برای سخت‌افزار پیشرفته هوش مصنوعی (یعنی 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؟	متوسط یا ضعیف	زیاد	روند
	کمبود منابع کلیدی (Materials) [۲]	کمبود یا تغییر قیمت مواد کمیاب مورد استفاده در رایانه‌ها و ریزتراشه‌ها	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی

جدول ۴. پیشران‌های زیست محیطی موثر بر توسعه هوش مصنوعی (مستخرج از تحقیق حاضر)

بعد	پیشران	توصیف	عدم قطعیت	اهمیت	نتیجه
زیست محیطی	تخریب محیط زیست (Environment) [۱۸] و [۲]	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	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	مصرف زیاد آب (Water) [۲]	با توجه به تغییرات اقلیمی، آیا مصرف زیاد آب توسط دیتاسنترها می‌تواند به چالش جدی در مقابل توسعه AI مبدل گردد؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	تامین انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای (GHGs) [۲]	با توجه به نیاز مراکز داده هوش مصنوعی به انرژی زیاد، و با توجه به رواج استفاد از سوخت‌های فسیلی برای تامین آن و تولید گازهای گلخانه‌ای، ملاحظات زیست محیطی مربوطه می‌تواند در آینده نزدیک مانع جدی برای توسعه AI باشد؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی

جدول ۵. پیشران‌های سیاسی موثر بر توسعه هوش مصنوعی (مستخرج از تحقیق حاضر)

بعد	پیشران	توصیف	عدم قطعیت	اهمیت	نتیجه
سیاسی	تنش‌های ژئوپلیتیک و محدودیت‌های تجاری (Geopolitic) [۷] و [۲۱]	آیا محدودیت‌های اعمال‌شده بر تراشه‌های پیشرفته، سخت‌افزار، نرم‌افزار و قابلیت‌های هوش مصنوعی در آینده نزدیک به‌طور جدی مانع توسعه هوش مصنوعی می‌گردد؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	نبود انسجام در مقررات (Divergence) [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؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	افزایش مقررات گذاری افراطی (Overregula) [۸]، [۷] و [۲۱]	مقررات‌گذاری افراطی انگیزه نوآوری و سرمایه‌گذاری را تضعیف می‌کند، چنانچه مقررات گذاری افراطی در اتحادیه اروپا سبب خروج سرمایه به سمت آمریکا (با سهولت بیشتر در مقررات) شده و بحران جدی را ایجاد کرده‌است. آیا این پیشران در آینده نزدیک، چالش جدی خواهد بود؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	حاکمیت ملی AI (AI Sovereignty) [۷]	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 به‌طور فزاینده‌ای منجر به میزبانی داده‌ها و محاسبات محلی می‌شود. آیا این امر به‌طور قابل توجهی بر توسعه هوش مصنوعی تاثیر گذار خواهد بود؟	متوسط یا ضعیف	زیاد	روند

جدول ۶. ارزش‌های موثر بر توسعه هوش مصنوعی (مستخرج از تحقیق حاضر)

بعد	پیشران	توصیف	عدم قطعیت	اهمیت	نتیجه
ارزش‌ها	ارزش‌های محلی (Values) [۱۱]	آیا AI در آینده نزدیک، با ارزش‌های محل/ ملی همراستا خواهد بود؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	حریم خصوصی و امنیت سایبری (Cyber secu) [۷] و [۱۸]	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؟	زیاد	زیاد	پیشران کلیدی
	کپی‌رایت (Copy Right) [۷]، [۱۸] و [۲۱]	آیا کپی‌رایت و حفاظت از محتوا، می‌تواند مانع توسعه مدل‌های منبع باز گردد؟	زیاد	متوسط یا ضعیف	پیشران ضعیف

۲-۳- ماتریس اثرات مستقیم (MDI)

سازگاری این ماتریس پس از دو بار تکرار به بیش از ۱۰۰٪ رسید که به معنای سازگاری کامل این ماتریس است (شکل ۲).

بر اساس نوزده پیشران کلیدی شناسایی شده در مرحله قبل، ماتریس ۱۹×۱۹ اثرات مستقیم طبق شکل ۱ تشکیل شد. نرخ

	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	3	2	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	2	0	3	0	0	2	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

© LPSOR-EPTA-MCMAC

شکل ۱. رتبه‌بندی پیشران‌های موثر بر توسعه هوش مصنوعی مبتنی بر نظرات خبرگان (مستخرج از تحقیق حاضر)

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

شکل ۲. نرخ سازگاری (مستخرج از تحقیق حاضر)

۳-۳- خوشه‌بندی پیشران‌های کلیدی بر مبنای نقشه

تأثیرگذاری - تأثیرپذیری

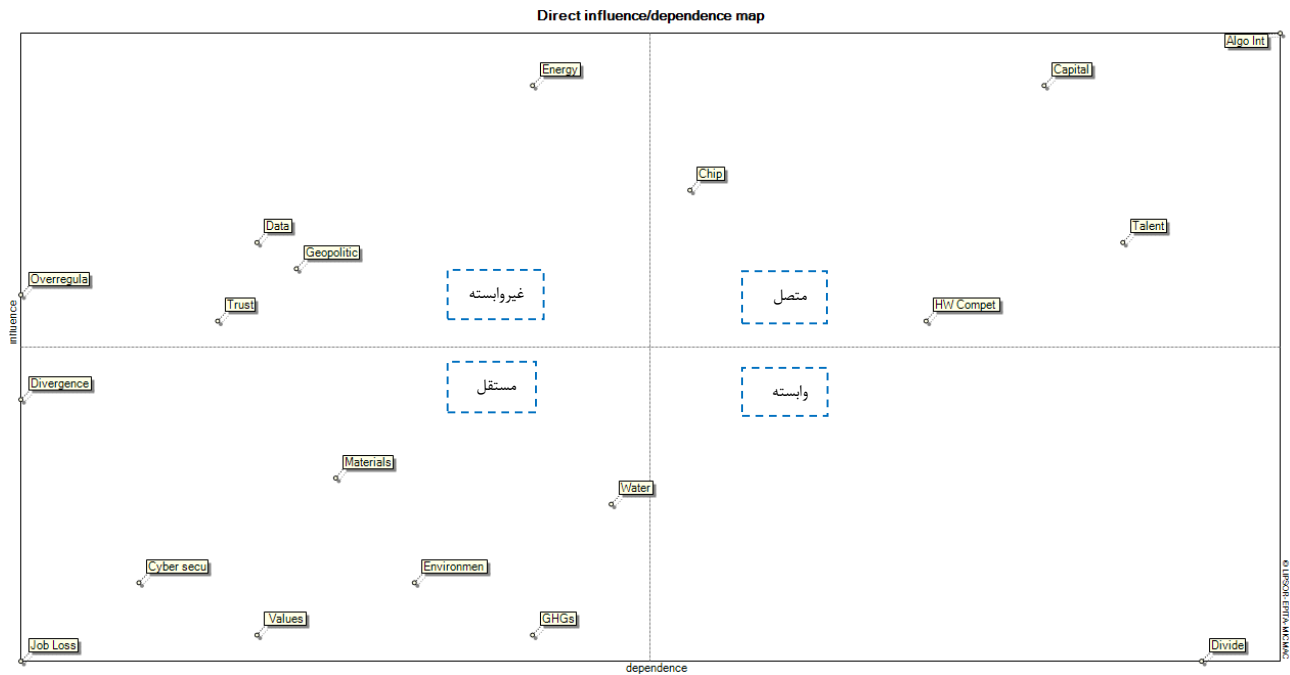
است که در این بخش از نقشه قرار گرفته‌است که حاکی از آن است که سایر متغیرها بر شکاف دیجیتال تأثیر گذارند اما این متغیر تأثیر چندانی بر سایر متغیرها ندارد.

• **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 تأثیر سایر پیشران‌ها هستند، بر این پیشران‌ها تأثیرگذار نیز هستند.

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

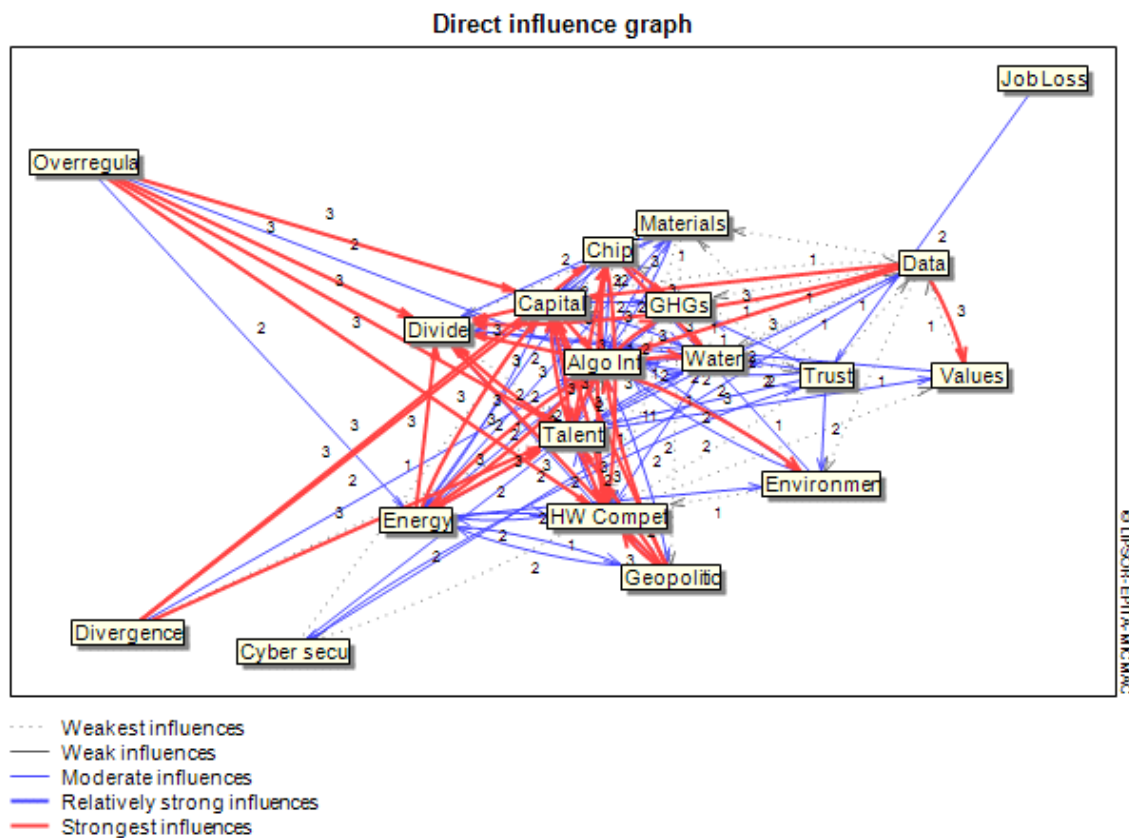
نقشه تأثیرگذاری - تأثیرپذیری که محور عمودی آن تأثیر گذاری و محور افقی آن تأثیرپذیری را نشان می‌دهد (شکل ۳) نوزده پیشران کلیدی را در قالب چهار گروه به شرح زیر خوشه‌بندی می‌کند:

- **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) تأثیرگذارند، اما از سایر متغیرها تأثیر نمی‌پذیرند.
- **پیشران‌های کلیدی وابسته:** پیشران Divide تنها متغیری



شکل ۳. نقشه تاثیر گذاری - تاثیر پذیری (مستخرج از تحقیق حاضر)

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 ۴. گراف اثرات مستقیم (مستخرج از تحقیق حاضر)

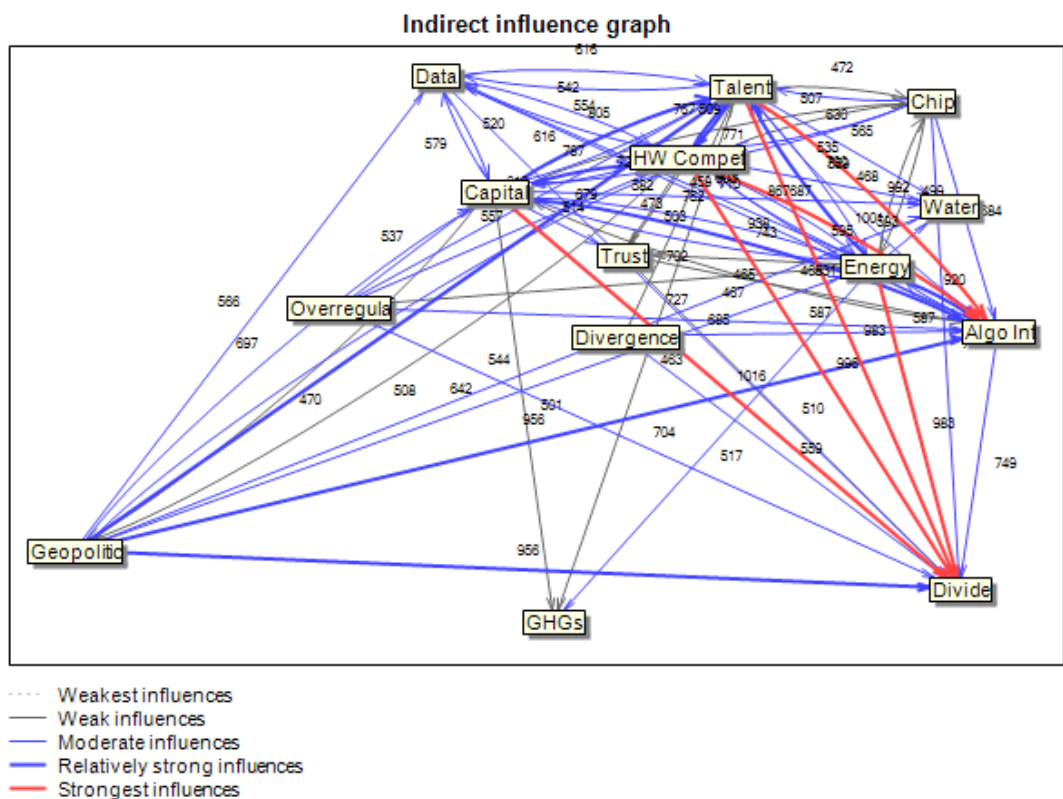
تأثیر پذیری این متغیر قوی به‌شمار نمی‌رود و از سوی دیگر، فلش‌های خروجی معدود و با شدت متوسط و کم از این متغیر، حاکی از تأثیرپذیری و تأثیرگذاری اندک این متغیر بر سیستم است. علاوه بر اینکه هر یک از پیشران‌ها به‌صورت مستقیم بر سایر پیشران‌ها و در نتیجه بر سیستم پیشران‌ها تأثیر می‌گذارد، از طریق غیر مستقیم نیز بر این سیستم تأثیر گذار است. به بیانی مجموعه اثرات مستقیم و غیر مستقیم یک پیشران است که بر سیستم تأثیر 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 ۵ و ۶ نشان داده شده‌است.

طبق گراف نشان داده شده در شکل ۵، تنش‌های ژئوپلیتیک بر کمبود نیروهای متخصص (Talent) بطور غیر مستقیم و به میزان نسبتاً قوی تأثیر می‌گذارد. این کمبود به‌طور غیر مستقیم و به میزان زیاد بر شدت الگوریتم تأثیر می‌گذارد و نهایتاً بر شکاف دیجیتال به عنوان یک چالش مهم در برابر توسعه AI تأثیر غیر مستقیم می‌گذارد.

همانطور که در گراف اثرات مستقیم ملاحظه می‌گردد، دو متغیر Geopolitic و Overregla، از بیشترین تأثیرات به لحاظ تعداد فلش‌های خروجی و شدت تأثیر زیاد (فلش‌های قرمز) بر سایر 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 تأثیرپذیری ضعیف این دو متغیر از سایر متغیرها است.

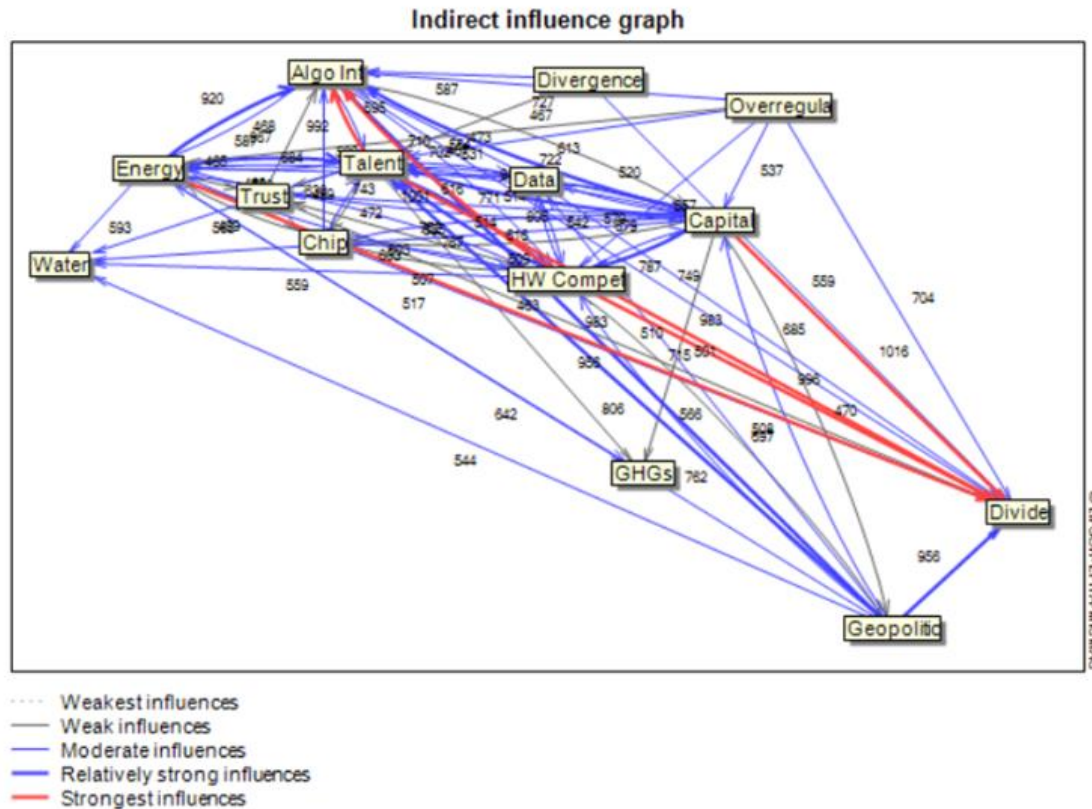
برخی متغیرها نظیر Talent، Capital، Energy و Algo In از فلش‌های قرمز رنگ متعددی به صورت ورودی و خروجی برخوردارند که نشان‌دهنده تأثیرگذاری شدید این متغیرها بر سیستم و تأثیرپذیری قوی از آن است. همانطور که در گراف ملاحظه می‌گردد این متغیرها (۸ متغیر کلیدی متصل در نقشه تأثیرگذاری- تأثیر پذیری) برخلاف متغیرهایی 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، تأثیر پذیری از سایر متغیرها نداشته و تنها بر یک متغیر و با شدت متوسط تأثیر گذار است. ورود چند فلش قوی به متغیر Water، تأثیر پذیری آن را نشان می‌دهد اما با توجه به اینکه تعداد این فلش‌ها زیاد نیست



شکل ۵. گراف اثرات غیر مستقیم- نمای اول (مستخرج از تحقیق حاضر)

غیر مستقیم نسبتاً قوی بر شدت الگوریتم و تاثیر غیر مستقیم به شدت قوی بر شکاف دیجیتال می‌گذارد. متغیر Divide به شدت تحت تاثیر غیر مستقیم سایر متغیرها است.

متغیر Water در گراف اثرات غیر مستقیم شکل ۶ از پنج متغیر، تاثیرات غیر مستقیم با شدت متوسط می‌پذیرد ولی اثر غیر مستقیمی بر هیچ متغیری ندارد. متغیر Energy به طور غیر مستقیم تاثیر نه‌چندان قوی بر متغیر Water می‌گذارد و در عین حال تاثیر



شکل ۶. گراف اثرات غیر مستقیم- نمای دوم (مستخرج از تحقیق حاضر)

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 ناهماهنگ موجود در کشورهای عضو که مقررات اتحادیه اروپا نیز به آن اضافه می‌گردد موجب فرار سرمایه‌ها از این اتحادیه شده است [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 زاید 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

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:

۱. در میان نوزده پیشران شناسایی شده، دو پیشران «تنش‌های ژئوپلیتیک» و «مقررات‌گذاری افراطی» متغیرهایی هستند که از سایر متغیرهای سیستم تاثیر نمی‌گیرند اما به شدت بر آن تاثیر گذار هستند. به بیانی دیگر ظرف ۵ سال آینده، تنش‌های ژئوپلیتیک و مقررات‌گذاری افراطی در حوزه هوش مصنوعی، عوامل محدود کننده توسعه هوش مصنوعی خواهند بود. از آنجاییکه طبق نقشه تاثیرگذاری- تاثیرپذیری این دو متغیر، متغیرهای کلیدی هستند و تاثیرات 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

تایید این مطلب، تاثیرات غیر مستقیم و مستقیم سایر متغیرها را بر این متغیر نشان داد. گذشته از اینکه متغیرهای متعددی بر این متغیر تاثیرگذارند، شدت این تاثیر نیز بسیار قوی است. ۴. طبعا نگرانی‌های زیست‌محیطی مربوط به هوش مصنوعی از جمله تخریب محیط زیست ناشی از افزایش نیاز به عناصر کمیاب خاکی، مصرف بیش از حد آب برای خنک کردن قطعات الکتریکی، استفاده از سوخت‌های فسیلی، تولید گازهای گلخانه‌ای به دلیل تأمین نیازهای انرژی مراکز داده هوش مصنوعی بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند 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، تاثیر اندکی بر سایر متغیرهای تعریف شده می‌گذارند و همچنین تاثیر ناچیزی از این متغیرها می‌پذیرند. چنانچه در نقشه تاثیرگذاری- تاثیرپذیری، 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 زیست‌محیطی 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

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 تاثیر گذارند، از متغیرهای دیگر نیز تاثیر می‌پذیرند. همانطور که در نقشه تاثیرگذاری- تاثیرپذیری نشان داده شد، این متغیرها در بخش متغیرهای مرتبط هستند و از تاثیرپذیری و تاثیرگذاری 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 تاثیر خود را نشان خواهد داد.

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 تاثیرگذاری- تاثیرپذیری، کمبود نیروی متخصص AI جزو متغیرهای راهبردی است و به شدت بر سیستم تاثیرگذار است و از آن تاثیر 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 تاثیرگذاری تاثیرپذیری است که علاوه بر اینکه از متغیرهای زیادی تاثیر می‌پذیرد، بر متغیرهای دیگر نیز به شدت تاثیرگذار است. متغیرهای تاثیرگذار بر انرژی و تاثیرپذیر 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. طبیعتا شکاف دیجیتالی متاثر از عواملی چون کمبود نیروی متخصص، سرمایه، داده و ... است که نتایج این تحقیق ضمن

- [6] D. D'Ambrosio, H. Hopewell, V. Jacamon, A. Martinos and N. Salmon, "Energy and AI", International Energy Agency (IEA), Tech. Rep. 2025. Available: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai> [Accessed: May. 3, 2026].
- [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, Nobel prize winner Aghion tells Euronews," Euronews, Dec. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.euronews.com/my-europe/2025/12/03/eu-needs-true-single-market-to-stay-competitive-nobel-prize-winner-aghion-tells-euronews>, [Accessed: May. 22, 2026].
- [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 innovation", Telecom 2025, 6:39
- [12] M. Emami, A.A Haghdost, 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 سیستماتیک^۱ 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. 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، خصوصاً در کشورهای جنوبگان (در حال توسعه) مورد بررسی قرار گیرد.

مراجع

- [1] D. Acemoglu, "The Simple Macroeconomics of AI", NBER, 2024, WP.32487.
- [2] United Nations Environment Programme, "AI has an environmental problem. Here's what the world can do about that," 13/11/2025. [Online]. Available: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about>. [Accessed: Aug. 18, 2026].
- [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> [Accessed: May. 5, 2026].
- [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.

¹ Scoping Review