

Artificial Intelligence; Emerging Technology Beyond Critical Infrastructure

Saeid Madadi* , Seyyed Abdulhadi Razavi, Zakaria Kazempour

*M.Sc. in Geographic Information System (GIS), Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 07/12/2024, Revised: 28/12/2024, Accepted: 24/01/2025, Published: 21/07/2025)

DOR: 20.1001.1.20086849.1404.16.2.7.3

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI), as a disruptive technology, has profoundly reshaped all facets of human society. Its transformative influence extends to critical infrastructures—the backbone of modern civilization—to such an extent that AI itself is increasingly perceived not merely as a technological tool but as an emerging critical infrastructure. In this context, the present study seeks to address a key question: to what extent can this perspective be grounded in scientific principles and supported by empirical evidence? To this end, the capacities of artificial intelligence (AI) as a ‘critical infrastructure’ were analyzed. Fourteen relevant variables were identified, and their interrelationships were evaluated using the Cross-Impact Analysis method. The findings reveal that in the cross-impact analysis map, the variables ‘irreplaceability’ (coordinates: 31–30), ‘vulnerability and threat potential’ (30–29), and ‘security-enhancing or security-undermining’ (31–29) exhibit the highest levels of both influence on, and dependence upon, other variables. Conversely, attributes such as the grassroots nature, ubiquity, transnationality, and accessibility of AI demonstrate lower influence on other variables but high susceptibility to their effects. Finally, characteristics including ‘being the infrastructure of other critical infrastructures,’ self-evolution, autonomy, decentralization, meta-network orientation, and flexibility are identified as variables with very high influence on others while remaining relatively unaffected by them. Therefore, these variables, recognized as determinant factors, have shaped the development of the research framework and have further reinforced and substantiated the initial hypothesis that AI can be regarded as a “critical infrastructure”.

Keywords: Emerging Critical Infrastructure, Artificial Intelligence, Cross-Impact Analysis

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University

 Authors



* Corresponding Author Email: s.madadi11@ut.ac.ir



پدافند غیرعامل



سال پانزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴ (پیاپی ۶۲): صص ۹۷-۸۱

شاپای چاپی: ۶۹۴۹-۲۰۰۸ | شاپای الکترونیکی: ۸۰۳۰-۲۹۸۰

علمی - پژوهشی

هوش مصنوعی؛ فناوری نوظهور فراتر از زیرساخت حیاتی

سعید مددی^{۱*}، سیدعبدالهادی رضوی^۲، ذکریا کاظم پور^۳

DOR: 20.1001.1.20086849.1404.16.2.7.3

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸

چکیده

هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری برهم زن بطور گستره تمامی ابعاد جامعه بشری را تحت تأثیر قرار داده است. هوش مصنوعی، زیرساخت های حیاتی را نیز به عنوان ستون فقرات جامعه، بطور قابل ملاحظه ای متحول نموده است به طوری که چنین به نظر می رسد، هوش مصنوعی فراتر از یک فناوری معمول، خود نیز در حال مطرح شدن به یک زیرساختی حیاتی است. در این راستا، پژوهش حاضر به دنبال یافتن پاسخ به این پرسش کلیدی است که این نگرش تا چه حدی می تواند منطبق بر مبانی علمی یا شواهد عینی باشد. در این مطالعه، ظرفیت های هوش مصنوعی به عنوان یک «زیرساخت حیاتی» مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در این راستا، تعداد ۱۴ متغیر مرتبط با موضوع شناسایی شد و به منظور ارزیابی روابط میان آن ها، از روش تحلیل اثرات متقابل بهره گرفته شد. نتایج تحقیق نشان می دهد در نقشه تحلیل اثرات متقابل متغیرها بر یکدیگر، متغیر بدیل ناپذیر بودن با مختصات (۳۱-۳۰)، آسیب پذیر و تهدیدزا بودن با مختصات (۳۰-۲۹) و امنیت زدا و امنیت زدا بودن با مختصات (۳۱-۲۹) دارای بیشترین تأثیرگذاری بر روی سایر متغیرها بوده و در عین حال بیشترین اثرپذیری از سایر متغیرها را نیز دارند. ویژگی مردم پایه بودن، فراگیر بودن، فراملی بودن و در دسترس بودن فناوری هوش مصنوعی متغیرهایی هستند که اثرگذاری کمتری بر سایر متغیرها داشته ولی اثرپذیری بالایی از آنها دارند. در نهایت ویژگی «زیرساخت سایر زیرساخت های حیاتی بودن»، خودتکاملی، خودمختاری، غیرمتمرکز، فراشبکه ای و انعطاف پذیر بودن هوش مصنوعی متغیرهای هستند که اثرگذاری بسیار بالایی بر سایر متغیرها دارند ولی تأثیر چندانی از آنها نمی پذیرند. لذا این متغیرها که به عنوان متغیرهای «تعیین کننده» شناخته می شوند، ایده تحقیق را توسعه داده و نگرش اولیه مبتنی بر «زیرساخت حیاتی» بودن فناوری هوش مصنوعی را قوت بخشیده و مورد تأیید قرار می دهند.

کلیدواژه ها: زیرساخت حیاتی نوظهور، هوش مصنوعی، تحلیل اثرات متقابل

^۱ کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران (s.madadi11@ut.ac.ir) - نویسنده مسئول

^۲ استادیار و عضو هیأت علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران

^۳ استادیار گروه آینده پژوهشی، پژوهشکده سرمایه اجتماعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران



* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

نویسندگان ©

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۱- مقدمه

زیرساخت‌های حیاتی^۱ (CI)، اساس و پایه هرگونه خدمات و تداوم جریان زندگی در یک کشور را شکل می‌دهند و به عبارت دیگر زیرساخت‌های حیاتی را می‌توان ستون فقرات شکل‌دهنده یک جامعه نامید. زیرساخت‌های حیاتی از ابعاد مختلف امنیتی، اقتصادی، اجتماعی، خدماتی، سیاسی و غیره برای یک جامعه مهم هستند و هرگونه اختلال و آسیب آنها می‌تواند تبعات جبران‌ناپذیری را در پی داشته باشد. همچنین رشد و توسعه جوامع در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، بهداشت عمومی و امنیتی به عملکرد زیرساخت‌های حیاتی وابسته است [۱]. امروزه توسعه، بهبود عملکرد و ارتقاء کیفیت ارائه خدمات در زیرساخت‌های حیاتی، وابستگی قابل توجهی به استفاده از فناوری‌های نوین و هوشمندسازی آنها دارد. این امر زیرساخت‌های حیاتی را ملزم به مکانیزه شدن و روآوردن به بهره‌گیری از قابلیت‌های منحصر به فرد هوش مصنوعی (AI^۲) به عنوان یکی از مهمترین فناوری‌های تأثیرگذار در حکمرانی آینده دنیا، نموده است بطوری که روزبه‌روز بر وابستگی زیرساخت‌های حیاتی به فناوری هوش مصنوعی افزوده می‌شود و یا به عبارت دیگر هر چه زیرساخت‌های حیاتی پیشرفته می‌شوند به همان اندازه به میزان وابستگی آنها به هوش مصنوعی افزوده می‌شود. امروزه در زیرساخت‌های متنوع و متکثر، یک ویژگی مشترک وجود دارد و آن هم بهره‌مندی از هوش مصنوعی می‌باشد و در برخی از موارد هرچه زیرساخت حیاتی تر می‌باشد، میزان بهره‌مندی آن از هوش مصنوعی بیشتر می‌باشد. لذا هوش مصنوعی به عنوان یک جزء جدایی‌ناپذیری از زیرساخت‌های حیاتی تبدیل شده است. رابطه بین هوش مصنوعی و زیرساخت‌های حیاتی، در حال طی یک دوره سه مرحله‌ای تکوینی می‌باشد. در مرحله اول هوش مصنوعی جزئی از اجزای تشکیل دهنده زیرساخت حیاتی فناوری اطلاعات و ارتباطات است که به طور مستقل زیرساخت حیاتی محسوب نشده بلکه به عنوان جزء مکمل و پیش‌برنده زیرساخت مذکور عمل می‌نماید و زیرساخت‌های حیاتی می‌توانند با بهره‌گیری از قابلیت‌های هوش مصنوعی، عملکرد خود را بهبود، ایمنی خود را تقویت و میزان پایداری و تاب‌آوری خود را افزایش دهند. در مرحله دوم و به تدریج با توسعه روزافزون هوش مصنوعی، این موضوع مطرح می‌شود که

هوش مصنوعی به تنهایی به عنوان یک زیرساخت حیاتی محسوب گردد. این موضوع در سال‌های اخیر در برخی منابع علمی که عمدتاً خارجی هستند، مورد اشاره قرار گرفته است [۲]. در این مرحله هوش مصنوعی به قدری رشد می‌کند که می‌تواند به اندازه یک زیرساخت حیاتی در جامعه ایفای نقش نماید به طوری که اختلال در سیستم عملکرد آن می‌تواند باعث اختلال در شبکه ارائه خدمات روزمره و ضروری به افراد جامعه شود و در واقع جامعه به خدماتی که توسط هوش مصنوعی در بستر شبکه ارائه می‌گردد، همانند سایر زیرساخت‌های حیاتی وابستگی پیدا می‌کند. تعریف هوش مصنوعی به عنوان زیرساخت حیاتی، درک آن به عنوان مجموعه‌ای از فناوری‌ها، سیستم‌ها و فرآیندهایی است که از طریق قابلیت‌های محاسباتی پیشرفته، مستقل و خودمختار با توانایی یادگیری خودکار است که برای عملکرد بخش‌های حیاتی یک کشور ضروری می‌شوند. این بخش هوش مصنوعی شامل سیستم‌های است که زیرساخت‌های حیاتی از قبیل شبکه‌های برق، بازارهای مالی، شبکه‌های حمل و نقل و خدمات بهداشتی و درمانی و غیره را مدیریت می‌کند [۲]. در مرحله نهایی که اوج نقش‌آفرینی هوش مصنوعی در سیستم‌های مربوط به زیرساخت‌های حیاتی می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود در آینده نه‌چندان دور شکل بگیرد، موضوع تبدیل شدن هوش مصنوعی به زیرساخت حیاتی سایر زیرساخت‌های حیاتی است که از آن می‌توان به عنوان یک «زیرساخت فراحیاتی» یاد کرد. در این مرحله هوش مصنوعی نقش تعیین‌کننده و کلیدی در تداوم عملکرد، تاب‌آوری و ارائه خدمات ضروری سایر زیرساخت‌های حیاتی ایفا می‌کند. در این مرحله هوش مصنوعی به قدری در تار و پود زیرساخت‌های حیاتی جا خواهد افتاد که اختلال در سیستم عملکرد یا آسیب دیدگی و یا به خطر افتادن آن می‌تواند منجر به اثرات آبخاری و تصاعدی شده و باعث ایجاد اختلال در عملکرد کلیه زیرساخت‌های حیاتی و متعاقباً تضعیف خدمات و رفاه عمومی و در نهایت تهدید امنیت ملی می‌شود. در واقع به نظر می‌رسد هوش مصنوعی دارای پتانسیل و ویژگی‌های تقریباً منحصر به فردی است که می‌تواند هوش مصنوعی را در قامت یک «زیرساخت فراحیاتی» مطرح نماید.

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی این فرضیه که هوش مصنوعی می‌تواند به تنهایی به عنوان یک زیرساخت حیاتی محسوب گردد و همچنین احصاء و ارزیابی شناسه‌های شکل‌دهنده هوش مصنوعی به عنوان یک زیرساخت حیاتی نوظهور انجام شده است.

^۱Critical Infrastructure^۲Artificial Intelligence

۲- پیشینه پژوهش

۲- مفاهیم نظری

۳-۱- زیرساخت حیاتی

به مجموعه‌ای از مراکز و بخش‌های فعال اعم از تجهیزات، امکانات و خدمات در فرایند تولید، تبادل، انتقال، توزیع و انتشار در حوزه‌های مختلف از قبیل «برق»، «مخابرات و ارتباطات راه دور»، «مواد و انرژی هسته‌ای»، «سیستم اطلاعات دولتی و خصوصی»، «حمل و نقل اعم از راه آهن، بزرگراه، بنادر و راه‌های آبی، فرودگاه‌ها»، «شبکه‌های بهداشت، درمان و سلامت انسان، دام و محیط زیست»، «سامانه‌های کشاورزی» و موارد مشابه، زیرساخت گفته می‌شود که به صورت ویژه، حیاتی، حساس، مهم و قابل حفاظت دسته‌بندی می‌شوند [۶]. نکته مهم در مورد این زیرساخت‌ها این است که زیرساخت‌های حیاتی، ارائه‌دهنده خدمات اساسی و بنیادی است و از این رو چارچوب اصلی برای پشتیبانی از ساختارهای کلان امنیت ملی کشور و آحاد ملت هست. به همین جهت است که حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و دارایی‌های کلیدی از مهمترین وظایف و مأموریت‌های هر دولتی محسوب می‌شود؛ چراکه تخریب یا وارد آمدن آسیب به آنها، به‌راحتی می‌تواند تداوم حیاتی کشور را با مشکل مواجه سازد و امنیت آن را به لحاظ سیاسی، اقتصادی و دفاعی به شکل جدی به خطر اندازد. در سند راهبردی پدافند غیرعامل ج.ا.ایران، مراکز حیاتی، مراکزی هستند که انهدام کل یا قسمتی از آنها، موجب بروز بحران، آسیب و صدمات جدی و مخاطره‌آمیز در نظام سیاسی، هدایت، کنترل و فرماندهی، تولیدی و اقتصادی، پشتیبانی، ارتباطی و مواصلاتی، اجتماعی، دفاعی در سطح تأثیر گذاری ملی شود [۷]. زیرساخت‌های حیاتی کشور حوزه بسیار گسترده‌ای از حوزه‌های فنی گرفته تا سایبری را شامل می‌شود. در واقع زیرساخت‌هایی که به نوعی موضوع تداوم تأمین نیازهای اساسی مردم از جمله آب، برق، گاز، انرژی، حمل و نقل، ارتباطات، بهداشت و درمان، غذا، امنیت و غیره راه تأمین می‌کند به‌عنوان زیرساخت حیاتی شناخته می‌شود [۸].

۳-۲- زیرساخت فراحیاتی

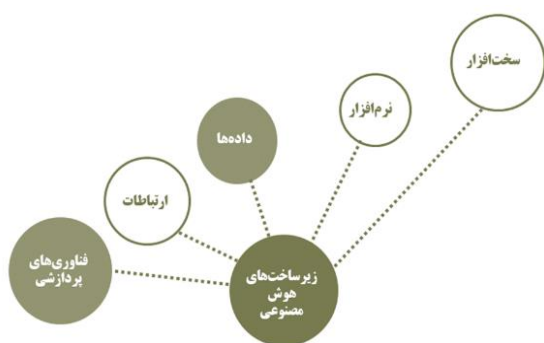
استفاده از کلیدواژه (زیرساخت فراحیاتی)، جزء نوآوری‌های این پژوهش می‌باشد و تاکنون در ادبیات تخصصی زیرساخت‌های حیاتی در مطالعات داخلی و خارجی مورد استفاده قرار نگرفته است. بر این

مطالعات داخلی در حوزه زیرساخت‌های حیاتی غالباً متمرکز بر روش‌های حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی بوده که در آنها بیشتر بر ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری‌ها، خطرپذیری و تاب‌آوری در زیرساخت‌های حیاتی پرداخته شده است و در مواردی نیز میزان امنیت و وابستگی متقابل بین زیرساخت‌های حیاتی مورد بررسی قرار گرفته است. در زمینه بررسی چگونگی رابطه و تعامل زیرساخت‌های حیاتی و هوش مصنوعی فعالیت‌های علمی خاصی در دسترس نمی‌باشد.

از جمله مطالعات خارجی در خصوص رابطه بین هوش مصنوعی و زیرساخت‌های حیاتی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

چری و همکاران [۳] در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی ریسک امنیتی در زیرساخت حیاتی (شبکه هوشمند توزیع برق) در عصر کلان داده و هوش مصنوعی» به بررسی و شناسایی روندها، مشکلات و چالش‌های امنیت سایبری در زیرساخت حیاتی (شبکه هوشمند توزیع برق) در داده‌های بزرگ با کمک هوش مصنوعی پرداخته است. اخنینی و همکاران [۴] در پژوهشی با عنوان «هوش مصنوعی و امنیت زیرساخت‌های حیاتی» وابستگی زیرساخت‌های حیاتی به فناوری‌ها و شبکه‌های هوشمند بیان نموده و چالش‌های امنیتی پیرامون استفاده از هوش مصنوعی در زیرساخت‌های حیاتی و راهکارهای کاهش و جلوگیری از آنها را ارائه نموده است. مک‌میلان و وارگا [۵] در پژوهشی با موضوع «مروری بر استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در سیستم‌های زیرساختی» به بررسی کارکرد روش‌های مختلف هوش مصنوعی از قبیل یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، الگوریتم جنگل تصادفی (RF^۱) در تأمین امنیت، پیش‌بینی، مسیریابی، نگهداری و امنیت و مدیریت کیفیت شبکه در سیستم زیرساخت‌های حیاتی بخش‌های انرژی، آب و فاضلاب، حمل‌ونقل و ارتباطات و غیره پرداخته است. چن یو [۲] در پژوهشی با عنوان «هوش مصنوعی به عنوان زیرساخت حیاتی؛ حفظ امنیت ملی در عصر هوش مصنوعی» به بررسی مفهوم هوش مصنوعی به‌عنوان زیرساخت حیاتی و پیامدهای آن برای امنیت ملی در عصر هوش مصنوعی پرداخته است. در این تحقیق، ویژگی‌های کلیدی هوش مصنوعی، تهدیدات آن، راهبردهای حفاظت از سامانه‌های هوش مصنوعی و تأثیر هوش مصنوعی بر امنیت ملی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است.

خود فناوری هوش مصنوعی نیز دارای زیرساخت‌های حیاتی می‌باشد. نوآوری در زمینه هوش مصنوعی، به شدت تحت تأثیر زیرساخت‌های حیاتی هوش مصنوعی قرار دارد. این زیرساخت‌ها شامل شرایط، ظرفیت‌ها، دارایی‌ها و ورودی‌هایی هستند که محیطی مناسب برای پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی ایجاد می‌کنند [۱۱]. پرداختن به ابعاد فنی زیرساخت هوش مصنوعی نیز بسیار حائز اهمیت است زیرا این ابعاد می‌توانند به توسعه، اجرا و استفاده مؤثر از فناوری هوش مصنوعی کمک کنند [۱۲]. زیرساخت هوش مصنوعی ستون فقرات بسیاری از برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی است که قدرت محاسباتی و منابع لازم را برای پردازش مجموعه داده‌های عموماً گسترده فراهم می‌کند. این زیرساخت ترکیبی از سیستم‌های سخت افزاری و نرم افزاری است که در تعامل و هم‌افزایی هم‌عملیاتی می‌شوند [۱۳]. در این خصوص می‌توان زیرساخت‌های مؤثر در ارتباط با هوش مصنوعی را به صورت شکل (۲) خلاصه نمود.



شکل (۲): عناصر زیرساخت هوش مصنوعی

سخت‌افزار: مؤلفه‌های سخت‌افزاری شامل انواع پردازنده‌های گرافیکی و محاسباتی است. پردازنده‌های گرافیکی در قلب زیرساخت هوش مصنوعی قرار دارند و قابلیت‌های پردازش موازی را ارائه می‌کنند که برای محاسبات ماتریسی و برداری رایج در امور هوش مصنوعی کاربرد دارند و در مدیریت چندین عملیات به طور همزمان، ادغام شده‌اند [۱۴].

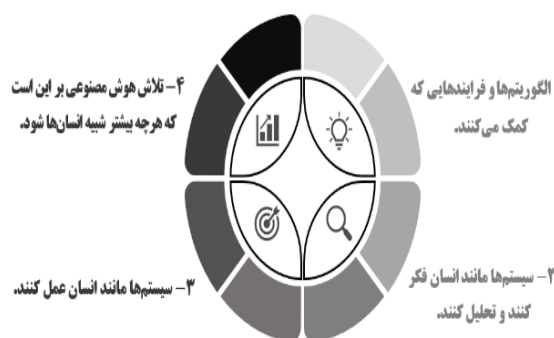
نرم‌افزار: مؤلفه‌های نرم‌افزاری که شامل چارچوب‌های یادگیری ماشینی، کتابخانه‌های پردازش داده و راه‌حل‌های ذخیره‌سازی مقیاس پذیر می‌شوند. این موارد جهت تشخیص تصاویر، چهره، متن، صدا و همچنین پردازش زبان‌های طبیعی به کار می‌روند [۱۶]. داده‌ها: ویژگی‌های داده‌ها شامل حجم، تنوع، سرعت، صحت، ارتباط، منابع، دسترسی پذیری و امنیت می‌شود.

ارتباطات: از آنجا که هوش مصنوعی به داده‌های انبوهی نیاز دارد،

اساس در تعریف عملیاتی «زیرساخت فراحیتی» نویسندگان این مقاله این ایده را دارند، «زیرساخت فراحیتی» زیرساختی است که فراتر از یک زیرساخت حیاتی مرسوم می‌باشد و زیربنای مجموعه‌ای از زیرساخت‌های حیاتی قرار می‌گیرد. با این دیدگاه می‌توان گفت تداوم عملکرد و ارائه خدمات زیرساخت‌های حیاتی مرسوم و شناخته شده از قبیل زیرساخت‌های حیاتی انرژی، حمل و نقل، ارتباطات، شبکه برق و غیره به مرور زمان به یک زیرساخت حیاتی فراتری وابسته خواهند شد که از این دیدگاه، چنین زیرساختی را نمی‌توان صرفاً «زیرساخت حیاتی» صرف قلمداد نمود بلکه نگاه واقع بینانه و دوراندیشانه این است که عنوان «زیرساخت سایر زیرساخت‌های حیاتی» و به اختصار «زیرساخت فراحیتی» را برای آن اطلاق کرد.

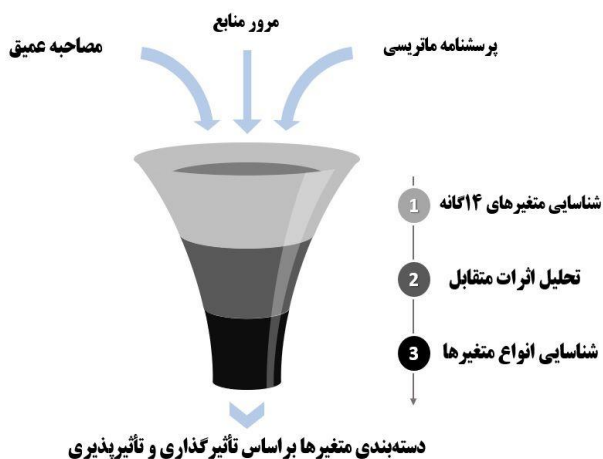
۳-۳- هوش مصنوعی و زیرساخت‌های آن

هوش مصنوعی یک حوزه علمی و فناوری جوان مشتمل بر مجموعه‌ای از علوم، نظریه‌ها و فنون، به ویژه ریاضی، آمار، احتمالات و علوم رایانه است که هدف آن بازتولید ظرفیت‌های شناختی انسان توسط ماشین است. تا به امروز تعریف واحدی از هوش مصنوعی در جامعه علمی وجود ندارد با این حال در تعریف مرسوم آن هوش مصنوعی مجموعه‌ای از تئوری‌ها و تکنیک‌هایی است که به منظور تولید ماشین‌هایی با قابلیت شبیه‌سازی هوش انسانی، پیاده‌سازی و اجرا می‌گردد [۹]. مطابق شکل (۱) بطور کلی هوش مصنوعی شامل الگوریتم‌ها و فرایندهایی است که کمک می‌کنند سیستم‌ها مانند انسان فکر و تحلیل کنند و متعاقباً مانند انسان عمل کنند. تلاش هوش مصنوعی همواره بر این اصل استوار است که هرچه بیشتر به انسان‌ها شباهت پیدا کند. لذا خروجی سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، فکر کردن و استدلال شبیه انسان، حرف زدن شبیه انسان، تشخیص و تحلیل شبیه انسان و غیره خواهد بود [۱۰].



شکل (۱): مراحل شکل‌دهنده هوش مصنوعی [۱۰]

۳ نفر مدیر ارشد فناوری، ۲ نفر سیاست‌گذار فناوری و ۲ نفر پژوهشگر دانشگاهی بودند. از نظر جنسیتی، جامعه آماری شامل ۸ نفر مرد (۷۲ درصد) و ۳ نفر زن (۲۸ درصد) بود. همچنین تلاش شد تا با انتخاب افراد از صنعت (۴ نفر)، دانشگاه (۳ نفر)، نهادهای دولتی (۲ نفر) و مراکز تحقیقاتی (۲ نفر)، تنوع لازم در سطح کاری و نوع سازمان نیز لحاظ شود. از محدودیت‌های پژوهش در این مرحله می‌توان به محدودیت تعداد خبرگان مشارکت‌کننده و عدم امکان دستیابی به دیدگاه‌های تمامی ذینفعان اشاره کرد.



شکل (۳): مراحل کلی تحقیق

برای سنجش تأثیرات متقابل متغیرهای کلیدی نیز داده‌ها از طریق پرسشنامه ماتریسی جمع‌آوری و با استفاده روش تحلیل ماتریس متقاطع^۱ تحلیل شدند. روش تحلیل ماتریس متقاطع در شناسایی متغیرها و روندهای کلیدی (آشکار یا پنهان) از بنیه علمی و روش شناسی قابل اتکایی برخوردار است که در فرایند انجام آن، نظرات صاحب نظران در جایگاه برجسته ای قرار می‌گیرد. توانایی این مدل در شناسایی روابط بین متغیرها و در نهایت شناسایی متغیرهای کلیدی تا حد زیادی کم نظیر است [۱۶]. این روش دارای سه مرحله به شرح ذیل است:

۱- تهیه فهرست متغیرهای مهم که علاوه بر استنادات علمی مکتوب، برآمده از نظرات خبرگان است.

۲- تهیه ماتریس $n \times n$ به تعداد متغیرها (روندها)؛ این ماتریس، ماتریس اثرات مستقیم^۲ نامیده می‌شود و در آن هر درایه m_{ij} نمایانگر میزان تأثیر متغیر i بر متغیر j است. این تأثیر معمولاً با عددی در مقیاس صفر تا ۳ و یا ۴ (P) مشخص می‌شود که عدد ۰ بیانگر بدون تأثیر، عدد ۱ بیانگر تأثیر ضعیف، عدد ۲ تأثیر متوسط،

زیرساخت‌های ارتباطی و ذخیره سازی در این حوزه اهمیت پیدا می‌کنند. در مورد این مؤلفه؛ پهنای باند، تأخیر، پایداری، پویایی، استاندارد، امنیت، قابلیت تعمیر و نگهداری، توسعه پذیری و انتقال و مدیریت داده‌های بزرگ حائز اهمیت می‌باشد. فناوری‌های پردازشی: فناوری‌های پردازشی، شبکه‌های عصبی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین، و مجموعه داده‌های کیفی و متنوع از جمله عناصر اصلی این مؤلفه هستند [۱۲].

۴- روش تحقیق

در روش تحقیق کیفی با استفاده از مصاحبه عمیق، تعیین تعداد خبرگانی که باید برای مصاحبه انتخاب شوند، به ماهیت تحقیق و اهداف آن بستگی دارد. با این حال، مطالعات علمی و منابع معتبر پیشنهاداتی در این زمینه ارائه داده‌اند که یکی مهمترین آنها اصل اشباع نظری (Theoretical Saturation) می‌باشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. این اصل بیان می‌کند که جمع‌آوری داده‌ها تا زمانی ادامه می‌یابد که اطلاعات جدیدی به دست نیاید و الگوها و مفاهیم به تکرار برسند. بر اساس مطالعه‌ای توسط گِست، بونس و جانسون [۳۵]، در بسیاری از تحقیقات کیفی، اشباع نظری با حدود ۱۲ مصاحبه حاصل می‌شود، اگرچه این تعداد بسته به پیچیدگی موضوع و تنوع جمعیت مورد مطالعه می‌تواند متفاوت باشد. این پژوهش به منظور احصاء متغیرها و شناسه‌های هوش مصنوعی به عنوان یک زیرساخت حیاتی و ارزیابی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرهای بر یکدیگر از روش‌های مطالعه اسنادی و مرور منابع، مصاحبه عمیق با گروه خبرگی به تعداد ۱۱ نفر بهره گرفته است. ابتدا، با انجام مرور سیستماتیک ادبیات پژوهشی در حوزه هوش مصنوعی و زیرساخت‌های حیاتی، متغیرهای اولیه استخراج شدند. سپس، از طریق برگزاری جلسات مصاحبه عمیق با خبرگان، ۱۴ متغیر کلیدی شناسایی و نهایی شد. جامعه آماری ۱۱ نفره این پژوهش، از متخصصان فنی، مدیران اجرایی، سیاست‌گذاران و پژوهشگران دانشگاهی انتخاب شدند تا تنوع لازم در دیدگاه‌ها و تجربه‌ها تأمین شود. انتخاب این جامعه آماری به دلیل اشراف آن‌ها بر مفاهیم مرتبط با هوش مصنوعی و نقش آن در زیرساخت‌های حیاتی بوده است. این افراد قادر بودند تأثیرات متقابل متغیرها را به صورت دقیق ارزیابی و اولویت‌بندی کنند. سطح تحصیلات این افراد عمدتاً دکترا (۶۴ درصد) و Cross Impact Analysis (CIA)^۱ و میانگین سابقه کاری آن‌ها ۱۲ سال است. از نظر سطح کاری، این افراد شامل ۴ نفر متخصص فنی،

^۱ Matrix of Direct Influence (MDI)

خواهند بود. بسته به اینکه جمع مقادیر ماتریسی در کدام ناحیه نمودار قرار بگیرند، می‌توان چهار دسته متغیر به شرح ذیل شناسایی نمود:

۱- متغیرهای که در گوشه سمت راست بالای نمودار قرار می‌گیرند، بیشترین تأثیرپذیری و وابستگی به دیگر متغیرها و نیز بیشترین تأثیرگذاری را بر متغیرهای دیگر دارند. به این متغیرها، متغیرهای اعتماد گفته می‌شود. این متغیرها در واقع شاخص ناپایداری در یک سیستم هستند زیرا به دلیل وابستگی به متغیرهای دیگر به سرعت تأثیرات را جذب می‌کنند و به دلیل تأثیرگذاری، به سرعت تأثیرات را انتقال می‌دهند. به بیان دیگر، سرعت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این متغیرها، سبب می‌شود که قابلیت بالایی برای برهم زدن ناپایداری سیستم داشته باشند.

۲- متغیرهای که در گوشه سمت چپ بالای نمودار قرار می‌گیرند، دارای کمترین وابستگی و بیشترین تأثیر هستند و به‌عنوان پیشران‌های اثرگذار سیستم حساب می‌شوند.

۳- متغیرهای که در گوشه سمت راست پایین نمودار قرار می‌گیرند، دارای کمترین تأثیرگذاری و بیشترین وابستگی یا تأثیرپذیری هستند. به این متغیرها، متغیرهای وابسته می‌گویند. تغییر در این متغیرها گاه در نتیجه تأثیر متغیرهای پیشران است و گاهی این تأثیرپذیری در واقع اثر غیرمستقیم پیشران‌ها بر متغیرهای اعتماد (گوشه سمت راست بالا) است.

۴- متغیرهای که در گوشه سمت چپ پایین نمودار قرار می‌گیرند، هم تأثیرگذاری کمی دارند و هم وابستگی کمی به دیگر متغیرها دارند. این دسته از متغیرها کمترین اهمیت را در یک سیستم دارند و می‌توان آن‌ها را حذف کرد.

۵- شناسایی و ارزیابی شناسه‌های هوش مصنوعی به‌عنوان یک زیرساخت حیاتی نوظهور

۵-۱- متغیرهای هوش مصنوعی به‌عنوان یک زیرساخت حیاتی

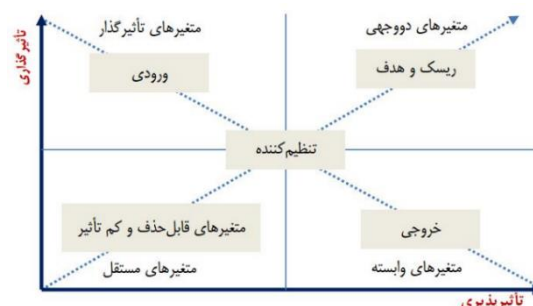
در این مرحله با استفاده از نتایج بدست آمده از مطالعه اسنادی، متغیرهایی که می‌توانند هوش مصنوعی را به‌عنوان یک زیرساخت حیاتی نوظهور در آینده نزدیک مطرح نمایند، شناسایی گردید که فهرست آنها در جدول (۱) آورده شده است.

عدد ۳ تأثیر شدید و عدد ۴ بیانگر این موضوع است که از نظر کارشناسان و خبرگان شرکت‌کننده در پژوهش، تأثیر دو متغیر بر یکدیگر احتمالی است به این معنا که ممکن است تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری وجود داشته باشد یا نداشته باشد [۱۷].

۳- انجام تحلیل و دسته‌بندی متغیرها و شناسایی پیشران‌ها: در این مرحله داده‌های بدست آمده در مرحله دوم، در محیط نرم‌افزار میک‌مک^۱ وارد می‌شوند و پس از محاسبات ماتریس اثرات مستقیم یا ماتریس اثرات غیرمستقیم^۲، متغیرها بر مبنای شکل (۴) دسته‌بندی و پیشران‌ها شناسایی می‌شود. فرمول‌های زیر نشان‌دهنده جبر ریاضی این فرآیند است [۱۸]. قلمرو زمانی پژوهش به دلیل ضریب عدم قطعیت بالا در حوزه فناوری‌های نوظهور بخصوص هوش مصنوعی، آینده نزدیک (۳ سال آتی) در نظر گرفته شده است.

$$I_K = \sum_{j=1}^n m_{ij}(k=1,2,3,\dots,n) D_K$$

$$= \sum_{i=1}^n m_{ik}(k=1,2,3,\dots,n)$$



شکل (۴): پراکنش انواع متغیرها در محیط نرم‌افزار میک‌مک [۱۸]

هر آرایه از ماتریس تحلیل ساختاری را می‌توان در محوری دوبعدی ترسیم کرد. محور افقی این نمودار دوبعدی، مشخص‌کننده جمع امتیازهای سطری یک متغیر است. محور عمودی این نمودار، مشخص‌کننده جمع امتیازهای ستونی یک متغیر است. ماتریس تحلیل ساختاری در واقع ماتریسی متقارن است که شناسه I و J آن مترادف با شناسه I و J است. جمع سطری معرف تأثیرگذاری یک متغیر بر همه متغیرها و جمع ستونی معرف میزان تأثیرپذیری یا وابستگی متغیر به همه متغیرهای دیگر است. بنابراین هر یک از متغیرها در فضای دوبعدی در نموداری چهاربخشی قابل مکان‌یابی

^۲Matrix of Potential Direct Influence (MPDI)

^۱MICMAC

جدول (۱): فهرست متغیرهای هوش مصنوعی به عنوان

زیرساخت حیاتی نوظهور

کد	عنوان کوتاه	عنوان	ردیف
V1	مردم پایه	مردم پایه بودن	۱
V2	فراشبکه‌ای	فراشبکه‌ای بودن	۲
V3	فراگیر	فراگیر بودن	۳
V4	فراملی	فراملی بودن	۴
V5	غیرمتمرکز	غیرمتمرکز بودن	۵
V6	خودتکامل	خودتکامل بودن	۶
V7	پیچیده	پیچیده بودن	۷
V8	در دسترس	در دسترس بودن	۸
V9	خودمختار	خودمختار بودن	۹
V10	آسیب پذیر و تهدیدزا	آسیب پذیر و تهدیدزا بودن	۱۰
V11	امنیت‌زا و امنیت‌زدا	امنیت‌زا و امنیت‌زدا بودن	۱۱
V12	انعطاف‌پذیر	انعطاف‌پذیر بودن	۱۲
V13	بدیل‌ناپذیر	بدیل‌ناپذیر بودن	۱۳
V14	زیربنای سایر زیرساخت‌ها	زیربنای سایر زیرساخت‌های حیاتی بودن	۱۴

لحاظ نمودن اصول اخلاقی و مسئولیت‌پذیری اجتماعی، سازگاری بیشتری در ارتباط با تأمین نیازهای متقابل بین انسان و ماشین هوشمند پیدا می‌کند. این ویژگی‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی نایستی فقط به عنوان یک ابزار فنی دیده شود، بلکه باید به عنوان یک زیرساختی حیاتی در نظر گرفته شود که می‌تواند در بهبود شاخص‌های توسعه‌یافتگی اجتماعی و بلوغ انسان‌ها نقش برجسته‌ای ایفا نماید [۱۸].

۲- فراشبکه‌ای^۲: ویژگی فراشبکه‌ای بودن در هوش مصنوعی به توانایی این سیستم‌ها برای اتصال و تعامل با یکدیگر از طریق شبکه‌های گسترده و پیچیده اشاره دارد. این ویژگی امکان می‌دهد که سیستم‌های مختلف هوش مصنوعی بتوانند داده‌ها را به اشتراک گذاشته و از منابع متنوعی برای یادگیری و بهبود عملکرد خود استفاده کنند. سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند اطلاعات را در مقیاس وسیع و با سرعت بالا تبادل کنند، که این امر به آن‌ها کمک می‌کند تا الگوها و دانش را از داده‌های بزرگ استخراج کنند. سیستم‌های هوش مصنوعی از این طریق می‌توانند برای حل مسائل پیچیده و چندبعدی با یکدیگر همکاری کنند، به‌طوری که هر سیستم نقش مکملی برای دیگری ایفا کند. فراشبکه‌ای بودن به هوش مصنوعی اجازه می‌دهد تا با افزایش تعداد دستگاه‌ها و منابع داده، به‌طور مؤثر مقیاس‌پذیری داشته باشد [۱۹].

۳- فراگیر^۳: حضور فراگیر هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف از حمل و نقل گرفته تا انرژی و دفاع به امری متداول تبدیل شده و امروزه میزان تکیه جوامع مدرن بر این فناوری یکی از شاخص‌های توسعه محسوب می‌شود.

فناوری هوش مصنوعی بدون توجه به موقعیت جغرافیایی یا توانایی‌های فردی، به واسطه همین فراگیری، قابلیت دسترسی را برای همه افراد و همه جوامع فراهم نموده است. به طور کلی می‌توان گفت، این ویژگی هوش مصنوعی، نه تنها «جغرافیا» را در نوردیده، بلکه مفهوم این عنصر مهم قدرت را به طور کلی دگرگون نموده است [۲].

۴- فراملی^۴:

ویژگی فراملی بودن هوش مصنوعی به توانایی این فناوری به‌عنوان یک زیرساخت جهانی در عملکرد و ارائه خدمات فراتر از مرزهای

۱- مردم پایه^۱: ویژگی مردم پایه بودن هوش مصنوعی معطوف به مقوله‌ای است که گستره خدمات این فناوری، اغلب شئون زندگی مردم را تحت تأثیر قرار داده و به نوعی وابستگی رو به رشدی در این مقوله‌ها به وجود آورده است. به بیان دیگر می‌توان گفت در چند سال آینده زندگی بدون اتکا به هوش مصنوعی را نمی‌توان متصور شد. در این راستا، هوش مصنوعی به سمتی پیش می‌رود که با

^۱People-centric

^۲Revasive

^۳Extranet

^۴Transnational

سامانه‌های هوش مصنوعی برای انجام دادن وظایف و تصمیم‌گیری‌ها بدون نیاز به دخالت یا کنترل مستقیم انسان اشاره دارد. این ویژگی به هوش مصنوعی امکان می‌دهد که به طور مستقل عمل کند، که می‌تواند در موقعیت‌هایی که تصمیم‌گیری سریع و پردازش داده‌های حجیم لازم است، بسیار مفید باشد. سیستم‌های خودمختار هوش مصنوعی می‌توانند داده‌ها را تجزیه و تحلیل کنند و بر اساس آن، تصمیماتی را اتخاذ نمایند که می‌تواند شامل انتخاب راه‌حل‌های مسئله، پیش‌بینی رویدادها، یا حتی یادگیری و بهبود عملکرد بر اساس تجربیات گذشته باشد. بدون در نظر گرفتن تحولات آینده و احتمال جهش‌های انقلاب گونه هوش مصنوعی، در وضعیت کنونی هوش مصنوعی خودمختار، قادر به مواجهه با موقعیت‌های پیچیده و تغییرات ناگهانی شده و در حل مسائل مدرن گاهی بهتر از عوامل انسانی عمل می‌کند. این ویژگی فناوری هوش مصنوعی، مفاهیم عنصری مانند اخلاق، دفاع و امنیت را دگرگون نموده است [۲۱].

۷- پیچیده^۳: هوش مصنوعی شامل الگوریتم‌ها و مدل‌های پیچیده‌ای است که قادر به یادگیری و تطبیق با داده‌های جدید هستند. ویژگی پیچیده بودن در هوش مصنوعی به استفاده از الگوریتم‌های پیچیده و توانایی‌های پردازشی عمیقی اشاره دارد که به هوش مصنوعی اجازه می‌دهد الگوها را در داده‌های بزرگ شناسایی و وظایف متنوع و چالش‌برانگیزی را انجام دهد. این ویژگی نشان‌دهنده توانایی هوش مصنوعی در شبیه‌سازی برخی جنبه‌های هوش انسانی، مانند یادگیری، تصمیم‌گیری، و حل مسئله است [۲]. هوش مصنوعی می‌تواند از تکنیک‌های یادگیری عمیق برای پردازش داده‌های پیچیده و انجام وظایفی استفاده کند که نیاز به درک عمیق‌تری از محتوا دارند، مانند تشخیص چهره یا پردازش زبان طبیعی با افزایش پیچیدگی، فرآیندهای تصمیم‌گیری هوش مصنوعی ممکن است به چیزی شبیه به یک «جعبه سیاه» تبدیل شوند که درک دقیق نحوه عملکرد آن‌ها برای انسان‌ها دشوار است. این ویژگی‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی پیچیده می‌تواند وظایفی را انجام دهد که قبلاً فقط توسط انسان‌ها امکان‌پذیر بود و این توانایی‌های هوش مصنوعی را به سطوح جدیدی از کارایی و دقت ارتقاء می‌دهد [۱۹].

۸- در دسترس^۴: ویژگی در دسترس بودن در هوش مصنوعی به قابلیت استفاده آسان و دسترسی گسترده به فناوری هوش مصنوعی

جغرافیایی و ملی اشاره دارد. این ویژگی امکان بهره‌گیری از داده‌های جهانی و پردازش آن‌ها برای حل مشکلات در مقیاس بین‌المللی را فراهم می‌کند. اما این فراملی بودن چالش‌های قابل توجهی در زمینه قوانین بین‌المللی و تفاوت‌های فرهنگی ایجاد می‌کند. از منظر قوانین بین‌المللی، فراملی بودن هوش مصنوعی باعث ایجاد تضاد در حاکمیت داده‌ها و حقوق دیجیتال می‌شود. این تفاوت‌ها ضرورت ایجاد استانداردهای جهانی را نشان می‌دهد. هماهنگ‌سازی قوانین بین‌المللی می‌تواند از سوءاستفاده از هوش مصنوعی جلوگیری کند و استفاده‌ای مسئولانه از این فناوری را تضمین نماید [۳۰]. از سوی دیگر، تفاوت‌های فرهنگی نیز چالش‌های دیگری در بهره‌برداری از هوش مصنوعی ایجاد نمایند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی ممکن است به‌طور ناخواسته تبعیض‌هایی را منعکس کنند که ناشی از پیش‌فرض‌های فرهنگی یا اجتماعی سازندگان آن است. برای مثال، در کشورهای مختلف ارزش‌ها و نگرش‌ها نسبت به حریم خصوصی، آزادی بیان یا هویت فرهنگی تفاوت‌های اساسی دارند. این امر به چالش‌هایی در پذیرش جهانی هوش مصنوعی منجر می‌شود. برخی کشورها ممکن است از هوش مصنوعی به‌عنوان تهدیدی برای هویت فرهنگی خود یاد کنند، در حالی که دیگر کشورها به دنبال بهره‌برداری اقتصادی و فناوری از آن هستند [۳۱]. در مجموع، ویژگی فراملی بودن هوش مصنوعی نیازمند همکاری‌های بین‌المللی برای تدوین قوانینی هماهنگ است که از یک سو حاکمیت ملی و هویت فرهنگی را حفظ کند و از سوی دیگر، بهره‌گیری از پتانسیل‌های جهانی این فناوری را امکان‌پذیر سازد. این همکاری‌ها باید به طراحی هوش مصنوعی‌ای منجر شوند که منعطف بوده و قابلیت سازگاری با ارزش‌های مختلف جوامع را داشته باشد [۳۲]. ۵- غیرمتمرکز^۱: در یک فناوری غیرمتمرکز، منابع پردازشی و داده‌ها می‌توانند در سراسر شبکه‌ای از گره‌ها پخش شده که هر یک به صورت مستقل عمل می‌کنند. این امر به سیستم‌های هوش مصنوعی اجازه داده تا از منابع محاسباتی موجود به طور مؤثرتری استفاده کنند. سیستم‌های غیرمتمرکز می‌توانند در برابر خطاها و شکست‌های نقطه‌ای مقاوم‌تر باشند. اگر یک گره دچار مشکل شود، سایر گره‌ها می‌توانند به کار خود ادامه دهند، که این امر به پایداری کلی سیستم کمک می‌کند [۲۰].

۶- خودمختار^۲: ویژگی خودمختار بودن در هوش مصنوعی به قابلیت

³ Complex
⁴ Accessible

¹Distributed
²Autonomous

می‌شوند که به تدریج به راه‌حل‌های بهینه نزدیک می‌شوند. مدل‌های زبانی بزرگ مانند ChatGPT این مدل‌ها با استفاده از مقادیر عظیمی از داده‌های متنی آموزش دیده و قادر به تولید پاسخ‌های پیچیده و انسان‌مانند هستند. توانایی این مدل‌ها در درک و تولید زبان طبیعی نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل توجه در خودتکاملی هوش مصنوعی است.

هوش مصنوعی خودکار: این مفهوم به توسعه سیستم‌هایی با استفاده از یادگیری ماشین خودکار اشاره دارد که می‌توانند بدون دخالت انسان، خود را بهبود داده و تکامل یابند. این ایده از چگونگی تکامل موجودات زنده الهام می‌گیرد؛ درست مانند موجودات زنده که برای زنده ماندن در محیط‌های متغیر، توانایی‌های خود را بهبود می‌بخشند، هوش مصنوعی نیز با یادگیری از داده‌ها و تجربیات جدید، کارآمدتر و مؤثرتر می‌شود. ۱۰- آسیب پذیر^۲ و تهدیدزا^۳: ویژگی آسیب‌پذیر و تهدیدزا بودن در هوش مصنوعی به دو جنبه مهم اشاره دارد: اول، اینکه سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند هدف حملات قرار گیرند و دوم، اینکه ممکن است خود هوش مصنوعی به ابزاری برای انجام حملات سایبری تبدیل شود. سیستم‌های هوش مصنوعی مانند هر سیستم دیگری که داده‌ها را پردازش می‌کند، می‌توانند آسیب‌پذیر باشند. هرکس می‌تواند از ضعف‌های امنیتی استفاده کرده و به سیستم‌های هوش مصنوعی نفوذ کنند [۲۲]. علاوه بر این سیستم‌های هوش مصنوعی با استفاده از اجزا و خدمات یک زنجیره تأمین جهانی پیچیده ساخته می‌شوند. مصالحه در هر نقطه از زنجیره تأمین می‌تواند آسیب‌پذیری‌هایی را به سیستم‌های هوش مصنوعی وارد کند که به طور بالقوه امکان دسترسی‌هایی را فراهم می‌آورد. از طرف دیگر، هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان ابزاری برای انجام حملات سایبری استفاده شود. به عنوان مثال، هوش مصنوعی می‌تواند برای تولید حملات فیشینگ پیشرفته یا توسعه بدافزارهایی که به صورت خودکار تطبیق‌پذیر هستند، به کار رود. علاوه بر این، استفاده از هوش مصنوعی در زمینه‌هایی مانند نظارت، تشخیص چهره و رعایت حریم خصوصی، مسائل و چالش‌های را بوجود آورد [۲۱].

۱۱- امنیت‌زا^۴ و امنیت‌زدا^۵: ویژگی‌های امنیت‌زا بودن و امنیت‌زدا بودن در هوش مصنوعی به توانایی‌های این فناوری در تقویت و

اشاره دارد. این ویژگی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا اطمینان می‌دهد که افراد و سازمان‌ها می‌توانند به راحتی از مزایای هوش مصنوعی بهره‌مند شوند، صرف نظر از موقعیت جغرافیایی یا منابع مالی آن‌ها. برای تضمین در دسترس بودن هوش مصنوعی، باید منابع آموزشی و پشتیبانی فنی فراهم شود تا کاربران بتوانند به طور مؤثر از این فناوری استفاده کنند، برای افراد و سازمان‌ها از نظر اقتصادی قابل دسترس و باید کاربرپسند و قابل فهم باشند تا کاربران با سطوح مختلف دانش فنی بتوانند به راحتی از آن‌ها استفاده کنند.

۹- خودتکامل^۱: ویژگی خود تکاملی در هوش مصنوعی به توانایی سیستم‌های هوش مصنوعی برای بهبود و تکامل خود به صورت مستقل، از تجربیات گذشته خود بطور مداوم یاد بگیرند و روش‌های بهتری برای حل مسائل و انجام وظایف پیدا کنند. این ویژگی به هوش مصنوعی امکان می‌دهد که بدون نیاز به دخالت مستقیم برنامه‌نویسان یا متخصصان، الگوریتم‌های خود را بر اساس داده‌های جدید و تجربیات به دست آمده تنظیم و به‌روزرسانی نماید. این فرآیند مشابه فرآیندهای تکاملی در طبیعت است که در آن موجودات زنده به مرور زمان و با تجربه شرایط مختلف، تکامل می‌یابند هوش مصنوعی خود تکاملی اغلب از الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌کند که مکانیسم‌هایی مانند تولید مثل، جهش و انتخاب طبیعی را برای بهبود عملکرد خود به کار می‌برند. این الگوریتم‌ها به هوش مصنوعی اجازه می‌دهند تا راه‌حل‌های بهینه‌تری را برای مسائل پیچیده پیدا کنند. سیستم‌های خود تکاملی هوش مصنوعی قادر به خود بهینه‌سازی هستند، به این معنی که می‌توانند پارامترهای خود را برای به دست آوردن بهترین عملکرد ممکن تنظیم کنند. این فرآیند می‌تواند شامل تنظیم وزن‌ها در شبکه‌های عصبی یا تغییر استراتژی‌ها در الگوریتم‌های تصمیم‌گیری باشد [۲۰]. از نمونه‌های عینی این ویژگی که نشان‌دهنده توسعه هوش مصنوعی در زمینه خودتکاملی هستند و به سیستم‌ها امکان می‌دهند که به‌طور مستقل یاد بگیرند، سازگار شوند و بهبود یابند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲۳]:

الگوریتم‌های ژنتیک و تکاملی: این الگوریتم‌ها با الهام از نظریه تکامل داروین، برای بهینه‌سازی مسائل پیچیده استفاده می‌شوند. در این روش، جمعیتی از راه‌حل‌ها تولید و با استفاده از عملگرهای ژنتیکی مانند انتخاب، ترکیب و جهش، نسل‌های جدیدی ایجاد

² Vulnerable

³ Threatening

⁴ Security Maker

⁵ Security Remover

¹ Self-evolution

هوش مصنوعی امکان می‌دهد تا در شرایط متنوع همواره حضور داشته و نقش ایفا کند. پویایی در یادگیری هوش مصنوعی قادر است از تجربیات جدید یاد بگیرد و الگوریتم‌های خود را برای بهبود عملکرد و عملکردهای تجربه نشده تنظیم کند. این ویژگی به معنای توانایی پیشرفت مداوم و خود بهینه‌سازی و خودتکاملی است. [۲۳]. ویژگی انعطاف‌پذیری به هوش مصنوعی اجازه می‌دهد که به طور مؤثر در شرایط متنوع و غیرقابل پیش‌بینی عمل کند. این قابلیت در سیستم‌هایی مانند تشخیص بیماری‌ها، پیش‌بینی بحران‌های اقتصادی یا حتی سیاسی و امنیتی ضروری است، جایی که رفتارها و الگوهای جدید به سرعت ظهور می‌کنند و نیاز به انطباق سریع با آن‌ها وجود دارد. به عنوان مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی که در پیش‌بینی روندهای اقتصادی به کار می‌روند، باید به سرعت خود را با تغییرات در داده‌ها و تحولات جهانی هماهنگ کنند تا بتوانند تصمیمات به موقع و صحیح بگیرند. ویژگی انعطاف‌پذیری هوش مصنوعی نه تنها باعث بهبود عملکرد این سیستم‌ها در شرایط متغیر و پیچیده می‌شود، بلکه به آن‌ها این امکان را می‌دهد که به صورت مداوم و خودکار بهبود یابند، به گونه‌ای که بتوانند نیازهای کاربران و شرایط محیطی را پیش‌بینی و تطبیق دهند. این ویژگی یکی از ارکان اصلی برای طراحی سیستم‌های هوش مصنوعی است که می‌خواهند در محیط‌های پویا و پیچیده عملکرد بهینه‌ای داشته باشند [۳۴].

۱۳- بدیل‌ناپذیر: ویژگی بدیل‌ناپذیری در هوش مصنوعی به توانایی سیستم‌های هوش مصنوعی برای انجام وظایفی اشاره دارد که به دلیل پیچیدگی، حجم، سرعت یا دقت مورد نیاز، برای انسان‌ها غیرقابل جایگزینی یا جایگزینی آن بسیار زمان‌بر است. هوش مصنوعی به ویژه جاهایی بدیل‌ناپذیر است که مانند تحلیل داده‌های بزرگ، نیاز به تخصص و دانش عمیق است. این ویژگی نشان‌دهنده ارزش منحصر به فرد هوش مصنوعی است که نمی‌توان آن را با دیگر ابزارها یا فناوری‌های کنونی جایگزین نمود. هوش مصنوعی می‌تواند مقادیر عظیمی از داده‌ها را در زمانی کوتاه پردازش کند که این کار برای هوش انسانی بسیار زمان‌بر و خطاپذیر است. هوش مصنوعی قادر است بدون وابستگی به برخی نیازهای روحی و فیزیولوژیکی عوامل انسانی مانند نیاز به استراحت و یا هر عواطف و احساسات دیگر در تداوم خدمات خود پایدار باشد. این ویژگی در موقعیت‌هایی مانند پردازش داده‌های حساس و نظارت بر تامین امنیت از اهمیت خاصی برخوردار است [۲۲]. به طور خلاصه، بدیل‌ناپذیری هوش

همچنین تهدید امنیت اشاره دارد. این دو جنبه متضاد نشان‌دهنده نقش دوگانه‌ای است که هوش مصنوعی می‌تواند در حوزه امنیت ایفا کند. از یک طرف هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تقویت امنیت سایبری عمل کند. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به طور خودکار تهدیدات احتمالی را شناسایی و پردازش کنند و در برابر حملات محافظت هوشمند ایجاد کنند. این فرایند شامل تشخیص نفوذ، تحلیل رفتاری برای شناسایی فعالیت‌های مشکوک و پاسخ‌های خودکار به حملات سایبری است [۲]. از سوی دیگر، هوش مصنوعی می‌تواند در حوزه‌های مختلف با ایجاد شرایط جدید و پیچیده امنیت را کاهش داده و نقش امنیت‌زدایی ایفا نماید. برای مثال در امنیت سایبری، هوش مصنوعی امکان طراحی حملات پیشرفته مانند بدافزارهای خودکار و فیشینگ هدفمند را فراهم می‌کند و با استفاده از تکنیک‌های پیچیده نفوذ، به سیستم‌ها و داده‌های حساس دسترسی پیدا نموده و نقش امنیت‌زدایی داشته باشند [۲۲]. در امنیت اجتماعی، ابزارهای هوش مصنوعی با تولید اخبار جعلی و دست‌کاری اطلاعات، اعتماد عمومی را تضعیف و جامعه را به سمت بی‌ثباتی سوق دهند. در حوزه نظامی، تسلیحات خودمختار مجهز به هوش مصنوعی ممکن است خطر درگیری‌های غیرقابل پیش‌بینی را افزایش دهند. همچنین در اقتصاد، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند برای حملات اقتصادی مانند دست‌کاری بازار استفاده شوند. این قابلیت‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی، در عین تقویت ضریب امنیتی، می‌تواند به عنوان یک ابزار تهدیدکننده امنیت نیز در حوزه‌های مورد استفاده قرار گیرد. مدیریت این مخاطرات نیازمند توجه به چهار حوزه کلیدی شامل تدوین چارچوب‌های قانونی و نظارتی، توسعه فناوری مسئولانه، آموزش و آگاهی عمومی و همکاری بین‌المللی میان دولت‌ها و نهادها برای توافقات جهانی در استفاده از هوش مصنوعی می‌باشد [۳۴].

۱۲- انعطاف‌پذیر^۱: ویژگی انعطاف‌پذیری در هوش مصنوعی به توانایی سیستم‌های هوش مصنوعی برای سازگاری با تغییرات و شرایط جدید اشاره دارد. این ویژگی از این جهت اهمیت بالایی دارد که به هوش مصنوعی اجازه می‌دهد تا در محیط‌های پویا و متغیر نقش‌های متفاوت و بعضاً متضادی ایفا کنند. سیستم‌های هوش مصنوعی انعطاف‌پذیر می‌توانند به سرعت خود را با تغییرات در داده‌ها، الگوریتم‌ها و حتی اهداف کاربر تطبیق دهند. این ویژگی به

¹ Flexible

جدول (۳): ماتریس اثرات متقابل شناسه‌های مؤثر در زیرساخت حیاتی بودن هوش مصنوعی

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
V1		۱	۲	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲
V2	۲		۲	۳	۳	۲	۲	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۲
V3	۳	۲		۱	۳	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲
V4	۲	۲	۲		۲	۲	۱	۲	۱	۲	۳	۲	۲	۲
V5	۳	۲	۳	۳		۲	۲	۳	۱	۳	۲	۲	۳	۲
V6	۳	۲	۲	۳	۱		۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲
V7	۱	۱	۲	۱	۲	۱		۲	۲	۲	۳	۳	۳	۱
V8	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۱		۱	۲	۱	۲	۱	۲
V9	۳	۲	۲	۳	۲	۳	۳	۲		۳	۳	۲	۲	۱
V10	۳	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۳		۳	۳	۳	۲
V11	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲		۲	۳	۲
V12	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳	۲	۲		۲	۲
V13	۳	۲	۲	۳	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۲		۳
V14	۳	۲	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۳	

۵-۳- تحلیل اثر متقابل متغیرهای هوش مصنوعی به‌عنوان

یک زیرساخت حیاتی

خروجی‌های روش تحلیل اثرات متقابل را می‌توان در چهار دسته مورد تجزیه و تحلیل قرار داد:

- تحلیل اثرات مستقیم
- تحلیل اثرات مستقیم بالقوه
- تحلیل اثرات غیرمستقیم
- تحلیل اثرات غیرمستقیم بالقوه

از آنجایی که با توجه به نوع داده‌های پژوهش، نتایج تحلیل اثرات مستقیم با تحلیل اثرات مستقیم بالقوه و همچنین تحلیل اثرات غیرمستقیم با تحلیل اثرات غیرمستقیم بالقوه شبیه تقریباً یکسان هستند، لذا به منظور پرهیز از تکرار نتایج مشابه، دو حالت تحلیل اثرات مستقیم و تحلیل اثرات غیرمستقیم مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه نرم‌افزار میک‌مک، ابزار تخصصی و قوی در روش تحلیل اثرات متقابل است اما فاقد جذابیت‌های بصری لازم می‌باشد، لذا ضمن رعایت تمام جزئیات اصول روشی، از منطق این نرم‌افزار صرفاً برای انجام محاسبات مربوط به ماتریس‌ها استفاده شده و نقشه‌های گرافیکی برگرفته از نتایج تحقیق با استفاده از

مصنوعی از این واقعیت ناشی می‌شود که برخی وظایف به قدری پیچیده، حجیم و زمان بر هستند که تنها با استفاده از سیستم‌های هوشمند قابل انجام هستند و عوامل انسانی و یا فناوری‌های دیگر قادر به انجام آن نیستند.

۱۴- زیربنا یا زیرساخت سایر زیرساخت‌های حیاتی: هوش مصنوعی به عنوان زیربنای سایر زیرساخت‌های حیاتی، به معنای کاربست این فناوری پایه، اساس، مولد و پشتیبان سایر سیستم‌ها، شبکه‌ها و زیرساخت‌های حیاتی است که جامعه برای تداوم حیات، رفاه و امنیت خود به تداوم عملکرد و ارائه خدمات آنها وابسته است. این مقوله شامل زیرساخت‌هایی مانند انرژی، حمل و نقل، ارتباطات، شبکه بهداشت و سلامت و غیره می‌شود. این ویژگی فناوری هوش مصنوعی اهمیت آن را نه تنها در چارچوب یک زیرساخت حیاتی، بلکه زیرساختی که سایر زیرساخت‌های بطور مستقیم و غیرمستقیم در اتکا به آن قابل توسعه و مدیریت می‌یابند را افزایش می‌دهد. با این نگرش، فناوری هوش مصنوعی، پایه و اساس سایر زیرساخت‌های حیاتی را بر عهده دارد و از این حیث شاید بتوان آن را یک زیرساخت فراحیطی نیز نامید. در توضیح همین ویژگی می‌توان گفت، با استفاده از ظرفیت‌ها و ویژگی‌های منحصربه‌فردی که هوش مصنوعی دارد می‌تواند نقش زیرساخت حیاتی سایر زیرساخت‌های حیاتی را ایفا نموده و نقشی محوری در تداوم عملکرد، تاب‌آوری و ارائه خدمات مستمر یکایک زیرساخت‌های حیاتی را ایفا نماید.

۵-۲- تهیه ماتریس $n \times n$ و ارزیابی روابط بین شناسه‌ها

در این مرحله براساس الگوی جدول (۲)، میزان تأثیر هر یک از متغیرها بر یکدیگر توسط کارشناسان و خبرگان موضوع مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصله در جدول (۳) تلخیص و جهت ورود به نرم‌افزار میک‌مک آماده شد.

جدول (۲): الگوی وزن‌دهی متغیرها

کد مربوطه	تعریف نرم‌افزار میک‌مک	میزان اثر
۰	No influence	بدون اثر
۱	Weak	ضعیف
۲	Moderate influence	متوسط
۳	Strong influence	زیاد
P	Potential influence	بالقوه

نرم افزارهای کمکی ترسیم شده است.

نتایج کلی وزن دهی شناسه‌ها شامل ویژگی‌ها و شاخص‌های ماتریس، پایداری ماتریس، رتبه‌بندی شناسه‌ها براساس میزان اثرگذاری و اثرپذیری و مجموع سطرها و ستون‌های مربوط به هریک از شناسه‌ها در ماتریس اثرات مستقیم به شرح جداول (۴)، (۵)، (۶) و (۷) و نقشه اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم شناسه‌ها و گراف اثرات مستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر به شرح شکل‌های (۲) و (۳) آورده شده است. در ادامه، مجموع سطرها و ستون‌های مربوط به هریک از شناسه‌ها در ماتریس اثرات غیرمستقیم در جدول (۸) و نقشه اثرگذاری و اثرپذیری غیرمستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر و گراف اثرات غیر مستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر به شرح شکل‌های (۴) و (۵) آورده شده است.

جدول (۴): ویژگی‌های ماتریس

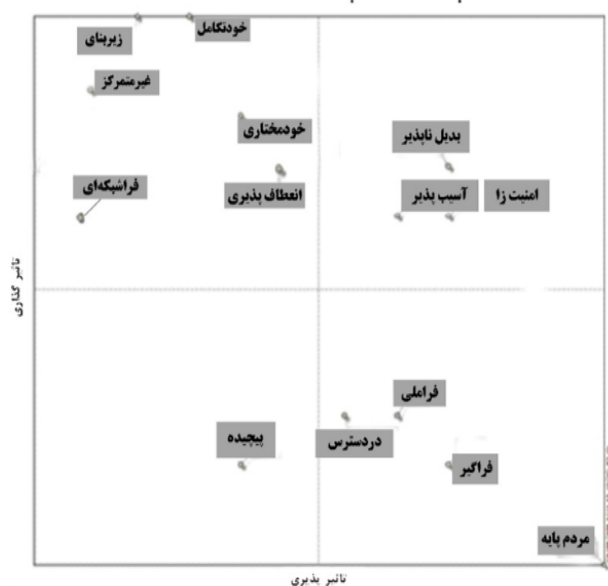
مقدار	شاخص
۱۴	اندازه ماتریس
۲	تعداد تکرار
۱۴	تعداد عدد صفر
۲۶	تعداد عدد یک
۹۸	تعداد عدد دو
۵۸	تعداد عدد سه
۰	تعداد P
۱۸۲	جمع کل
٪۹۲/۸۵۷۱۴	درصد پرشدگی

جدول (۵): شاخص‌های پایداری ماتریس

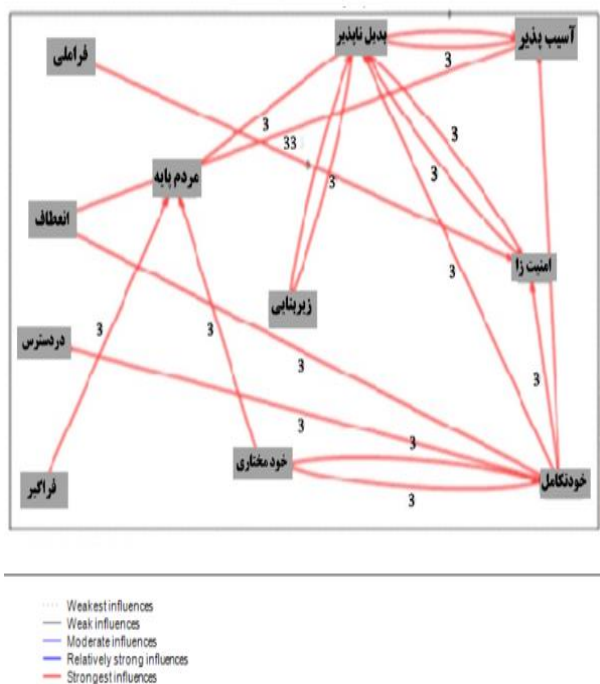
تکرار	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری
۱	٪۹۵	٪۹۴
۲	٪۱۰۰	٪۱۰۰

جدول (۶): رتبه‌بندی شناسه‌ها براساس میزان اثرگذاری و اثرپذیری

Potential direct dependence	متغیر	Potential direct influences	متغیر	R
تأثیرپذیری مستقیم بالقوه		تأثیرگذاری مستقیم بالقوه		
۸۵۸	مردم پایه	۸۳۳	خودتکامل	۱
۷۸۲	فراگیر	۸۳۳	زیربنایی	۲
۷۸۲	امنیت زا	۷۸۲	غیرمتمرکز	۳
۷۸۲	بدیل ناپذی	۷۸۲	خودمختاری	۴
۷۵۷	فراملی	۷۵۷	فراشبکه ای	۵
۷۵۷	آسیب پذیر	۷۵۷	انعطاف	۶
۷۳۲	در دسترس	۷۵۷	بدیل ناپذی	۷
۷۰۷	انعطاف	۷۳۲	آسیب پذیر	۸
۶۸۱	پیچیده	۷۳۲	امنیت زا	۹
۶۸۱	خودمختاری	۶۳۱	فراملی	۱۰
۶۵۶	خودتکامل	۹۳۱	در دسترس	۱۱
۶۳۱	زیربنایی	۶۰۶	فراگیر	۱۲
۶۰۶	غیرمتمرکز	۶۰۶	پیچیده	۱۳
۵۸۰	فراشبکه ای	۵۵۵	مردم پایه	۱۴



شکل (۵): نقشه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر



شکل (۶): گراف اثرات مستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر

۵-۳-۲- تحلیل اثرات متقابل غیرمستقیم

جدول (۸) و شکل (۷) و شکل (۸) تحلیل اثرات متقابل غیرمستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر را نشان می‌دهد.

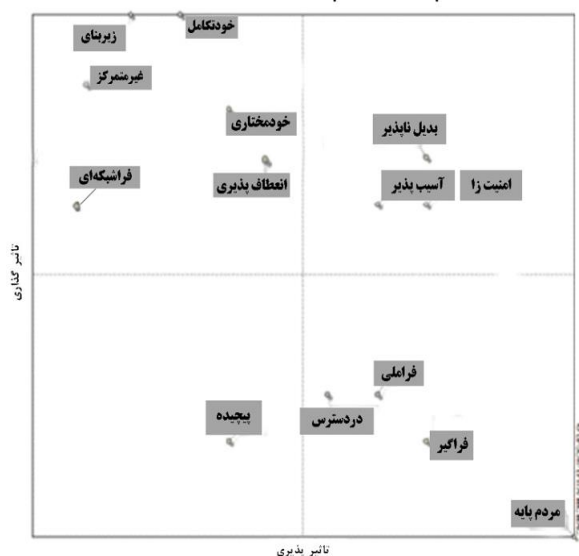
۵-۳-۱- تحلیل اثرات متقابل مستقیم

جدول (۷)، شکل (۵) و شکل (۶) تحلیل اثرات متقابل مستقیم شناسه‌ها را بر روی یکدیگر نشان می‌دهد.

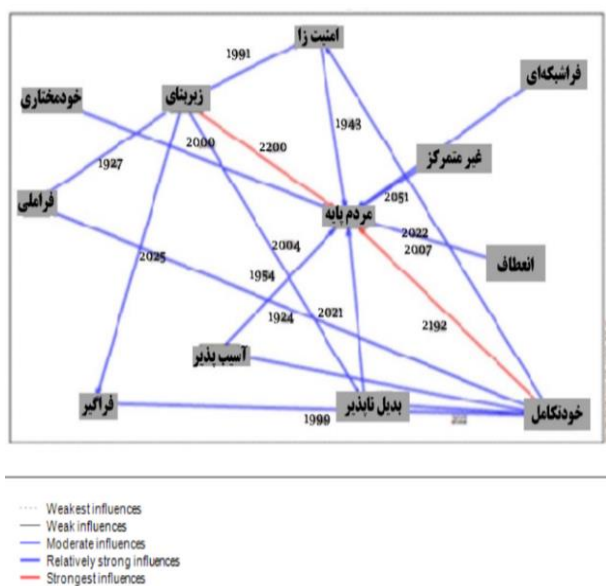
جدول (۷): مجموع سطرها و ستون‌های مربوط به هریک از شناسه‌ها در

ماتریس اثرات مستقیم

تعداد کل ستون‌ها	تعداد کل ردیف‌ها	متغیر	R
۳۴	۲۲	مردم پایه بودن	۱
۲۳	۳۰	فراموشی بودن	۲
۳۱	۲۴	فراگیر بودن	۳
۳۰	۲۵	فراموشی بودن	۴
۲۴	۳۱	غیرمتمرکز بودن	۵
۲۶	۳۳	خودتکامل بودن	۶
۲۷	۲۴	پیچیده بودن	۷
۲۹	۲۵	در دسترس بودن	۸
۲۷	۳۱	خودمختار بودن	۹
۳۰	۲۹	آسیب پذیر و تهدیدزا بودن	۱۰
۳۱	۲۹	امنیت زای و امنیت زدا بودن	۱۱
۲۸	۳۰	انعطاف پذیر بودن	۱۲
۳۱	۳۰	بدیل ناپذیر بودن	۱۳
۲۵	۳۳	زیربنای سایر زیرساخت های حیاتی بودن	۱۴
۳۹۶	۳۹۶	جمع کل	



شکل (۷): نقشه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری غیرمستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر



شکل (۸): گراف اثرات غیرمستقیم شناسه‌ها بر یکدیگر

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این پژوهش با بررسی نقش و اهمیت هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری نوظهور، به معرفی و تحلیل مفاهیمی پرداخت که نشان‌دهنده تحول عمیق این فناوری در حوزه زیرساخت‌های حیاتی است. بطور خلاصه از جمله نوآوری‌ها و دستاوردهای تحقیق حاضر می‌توان به موارد ذیل به شرح زیر است:

جدول (۸): مجموع سطرها و ستون‌های مربوط به هریک از شناسه‌ها در ماتریس اثرات غیرمستقیم

ردیف	متغیر	جمع کل سطرها	جمع کل ستون‌ها
1	مردم پایه بودن	۱۷۷۳۱	۲۶۶۱۴
2	فراشیکه ای بودن	۲۳۶۱۵	۱۸۳۷۱
3	فراگیر بودن	۱۹۱۹۵	۲۴۳۴۲
4	فراملی بودن	۲۰۰۴۷	۲۳۳۲۴
5	غیرمتمرکز بودن	۲۴۰۳۶	۱۹۰۰۶
6	خودتکامل بودن	۲۵۷۳۵	۲۰۶۰۹
7	پیچیده بودن	۱۹۲۹۸	۲۱۲۲۷
8	در دسترس بودن	۱۹۶۳۵	۲۲۶۶۸
9	خودمختار بودن	۲۴۱۶۴	۲۱۴۴۵
10	آسیب پذیر و تهدیدزا بودن	۲۲۸۴۲	۱۳۳۷۹
11	امنیت زنا و امنیت زدا بودن	۲۲۸۰۷	۲۴۴۴۳
12	انعطاف پذیر بودن	۲۳۴۱۸	۲۲۰۱۹
13	بدیل ناپذیر بودن	۲۳۵۷۴	۲۴۲۷۰
14	زیربنای سایر زیرساخت‌های حیاتی بودن	۲۵۷۲۵	۲۰۱۲۳
	Totals	396	396

مستقیم و غیرمستقیم روبرو هستیم. مجموعه این اثرات متقابل از طریق روش تحلیل اثرات متقابل قابل شناسایی و تجزیه و تحلیل هستند. این نگاه متقابل و شبکه‌ای در موضوع «شناسایی پیشران‌های مؤثر بر زیرساخت حیاتی بودن هوش مصنوعی» اتخاذ شده و تاثیر و تأثیرات متغیرها یا شناسه‌های احصاء شده مورد تحلیل قرار گرفت. در گام نخست به منظور ارزیابی زیرساخت حیاتی بودن هوش مصنوعی، با انجام مطالعات اسنادی و استفاده از دانش ضمنی کارشناسان و صاحب نظران موضوع، تعداد ۱۴ شناسه به‌عنوان شناسه‌های اصلی و مؤثر در ایده زیرساخت حیاتی بودن هوش مصنوعی شناسایی و احصاء گردید و سپس روابط متقابل شناسه‌های مذکور از طریق پنل‌های خبرگی مشخص و ماتریس اثرات متقابل تعیین شد. در گام بعدی با تحلیل ساختاری، امکان تحلیل یکپارچه متغیرهای موضوع فراهم گردید و بدین ترتیب نقشه‌های اثرات متقابل مستقیم و متقابل غیرمستقیم ترسیم و توصیف شد و با توجه به مختصات هر متغیر در نواحی چهارگانه نقشه اثرات، میزان اثرگذاری و اثرپذیری آنها به چهار دسته تقسیم شدند. جدول (۹) خلاصه‌ای از تحلیل اثرات متقابل مستقیم و غیرمستقیم شناسه‌های چهارده‌گانه را نشان می‌دهد.

جدول (۹): جمع‌بندی وضعیت شناسه‌های مؤثر در زیرساخت حیاتی

بودن هوش مصنوعی

نواحی نقشه	عنوان شناسه و مختصات در نقشه تحلیل اثرات مستقیم
ناحیه بالا-راست اثرگذاری زیاد اثرپذیری زیاد	۱- بدیل‌ناپذیر بودن (۳۱-۳۰) ۲- آسیب‌پذیر و تهدیدزا بودن (۳۰-۲۹) ۳- امنیت‌زا و امنیت‌زدا بودن (۳۱-۲۹)
ناحیه بالا-چپ اثرگذاری زیاد اثرپذیری کم	۱- زیربنای سایر زیرساخت‌های حیاتی بودن (۲۵-۳۳) ۲- خودتکامل بودن (۲۶-۳۳) ۳- خودمختار بودن (۲۷-۳۱) ۴- غیرمتمرکز بودن (۲۴-۳۱) ۵- فراشبکه‌ای بودن (۲۳-۳۰) ۶- انعطاف‌پذیر بودن (۲۸-۳۰)
ناحیه پایین-راست اثرگذاری کم اثرپذیری زیاد	۱- مردم پایه بودن (۲۴-۲۲) ۲- فراگیر بودن (۳۱-۲۴) ۳- فراملی بودن (۳۰-۲۵) ۴- در دسترس بودن (۲۹-۲۵)
ناحیه پایین-چپ اثرگذاری کم اثرپذیری کم	۱- پیچیده بودن (۲۷-۲۴)

مفهوم «زیرساخت فراحیاتی»: در این مطالعه، مفهوم جدیدی به‌نام «زیرساخت فراحیاتی» معرفی شد که بیانگر مرحله نهایی تحول هوش مصنوعی است. این مفهوم نشان می‌دهد که هوش مصنوعی فراتر از نقش‌های سنتی خود، به‌عنوان یک زیرساخت بنیادین برای سایر زیرساخت‌های حیاتی عمل می‌کند و می‌تواند به شکل‌گیری نسل جدیدی از زیرساخت‌ها منجر شود.

شناسایی و تحلیل متغیرهای کلیدی: با شناسایی و طبقه‌بندی ۱۴ متغیر کلیدی مرتبط با زیرساخت حیاتی بودن هوش مصنوعی، چارچوبی برای درک سیستماتیک این پدیده فراهم شد. این چارچوب ابزاری مؤثر برای بررسی تأثیرات چندبعدی هوش مصنوعی بر زیرساخت‌های حیاتی ارائه می‌دهد.

تحلیل اثرات متقابل: برای درک بهتر وابستگی‌ها و تعاملات میان متغیرهای کلیدی، از روش تحلیل اثرات متقابل استفاده شد. این روش توانست پیچیدگی‌های روابط میان متغیرها را شفاف‌سازی کند و به درک عمیق‌تری از نقش و جایگاه هوش مصنوعی در ساختارهای حیاتی کمک کند.

ویژگی‌های منحصربه‌فرد هوش مصنوعی: تحقیق حاضر ویژگی‌های منحصربه‌فرد هوش مصنوعی، از جمله خودتکامل بودن، انعطاف‌پذیری و فراشبکه‌ای بودن را تحلیل کرد. این ویژگی‌ها، هوش مصنوعی را به ابزاری فراتر از فناوری‌های مرسوم تبدیل می‌کنند و نقش آن را به‌عنوان زیربنای حیاتی در توسعه زیرساخت‌ها تثبیت می‌کنند.

یافته‌های این مطالعه ضمن ارائه چشم‌اندازی نوآورانه در زمینه تحول هوش مصنوعی، به معرفی ابزارها و چارچوب‌هایی پرداخت که برای پژوهش‌های آینده و سیاست‌گذاری‌های هوشمندانه در این حوزه ضروری به نظر می‌رسند. با توجه به پیچیدگی و اهمیت روزافزون هوش مصنوعی، این تحقیق راهگشای بررسی‌های دقیق‌تر درباره تأثیرات آن بر زیرساخت‌های حیاتی و فراتر از آن خواهد بود. در ادامه به توضیحات مبسوط‌تری در خصوص مراحل و نتایج تحقیق پرداخته شده است.

در مطالعات آینده‌پژوهی، علاوه بر شناسایی عوامل کلیدی شکل‌دهنده به آینده، شناسایی روابط بین عوامل کلیدی از اهمیت بالایی برخوردار است. چرا که در عالم واقع این عوامل و متغیرها بر یکدیگر اثرگذار بوده و هیچ‌کدام به صورت مستقل قابل تعریف نیستند. از این منظر، کلیه متغیرهای مرتبط با یک زیرساخت بر یکدیگر اثر می‌گذارند و متقابلاً از همدیگر اثر می‌پذیرند. در نتیجه همواره به ازای هر مسئله، با شبکه‌ای از مسائل و تأثیرات متقابل

- ❖ فراملی بودن
- ❖ در دسترس بودن

این متغیرها که به عنوان متغیرهای «وابسته» یا «نتیجه» شناخته می‌شوند نسبت به تغییر و تکامل متغیرهای تأثیرگذار و دوجویی بسیار حساس بوده و متغیرهای خروجی حساب می‌شوند. دسته چهارم متغیرها نسبت به سه گروه قبلی از اثرگذاری و اثرپذیری کمتری برخوردارند که متغیر «پیچیده بودن» در این ناحیه واقع شده است و جزء همین دسته از متغیرها می‌باشند. این متغیرها با عناوین متغیرهای «خودمختار» یا «قابل چشم‌پوشی» شناخته می‌شوند که گویا ارتباط قابل توجهی با موضوع مورد مطالعه ندارند. ویژگی بارز متغیرهای خودمختار این است که نه باعث توقف یک متغیر اصلی شده و نه زمینه تقویت و تکامل آن را فراهم می‌نمایند، بنابراین تغییرات در این متغیرها ارتباط موثری به نتایج به دست آمده نداشته و بر همین اساس از بررسی و پرداختن به آنها صرف‌نظر و از نقشه تحلیل اثر حذف گردید. در پایان ذکر این نکته ضروری است هنگامی که پراکندگی عمده متغیرهای موجود در گراف تأثیرات، پیرامون دو محور اصلی باشند، نتایج به دست آمده پایدار و درجه تعیین آن بالاست، اما هنگامی که متغیرها، پیرامون خط قعری نقشه سامان گرفته باشند، نتایج حاصله تا حدودی ناپایدار است. بر این اساس با توجه به پراکنش متغیرها در ناحیه ناپایداری نقشه می‌توان بررسی «ابده زیرساخت حیاتی بودن فناوری هوش مصنوعی» را در پژوهش‌های آتی توسعه داده و پیشنهادات کاربردی لازم را به کارگزاران و ذینفعان موضوع ارائه نمود.

۷- مراجع

- [1] H. Ali Beyki, G.R, Akbarpoor Nikghalb Rashti, A., Hosseini, S.A., Abbasian Jahromi, H., Classification, Prioritization, Intrinsic Value, Critical Infrastructure, Assets, Indices, Best-Worst, Journal of Geography and Environmental Studies, 11(42), 106-121. 2022. (In Persian). Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.42.7.6.
- [2] Y, Chen., "AI as Critical Infrastructure: Safeguarding National Security in the Age of Artificial Intelligence." OSF Preprints. January [5]. doi:10.31219/osf.io/u4kdq, 2024.
- [3] A. Chehri, F. Issouf, Y. Xiaomin Security Risk Modeling in Smart Grid Critical Infrastructures in the Era of Big Data and Artificial Intelligence, Sustainability 13, no. 6: 3196, 2021.
- [4] J. Akhnini, H. Karimipour, A. Dehghantanha, A.R. Parizi, AI and Security of Critical Infrastructure. In: Choo, KK., Dehghantanha, A. (eds) Handbook of Big Data Privacy. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38557-6_2.
- [5] A. McMillan, L. Varga, A review of the use of artificial intelligence methods in infrastructure systems, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 116, 2022.
- [6] National Civil Defense Organization, Cyber Defense Command, Cyber Defense Operational System of the Country, 2021. (In Persian).

با تحلیل و جمع‌بندی جدول بالا می‌توان نتیجه گرفت؛ مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر زیرساخت حیاتی بودن هوش مصنوعی که دارای بیشترین تأثیرگذاری بر روی سایر متغیرها و بیشترین اثرپذیری از آنها را دارند عبارتند از:

- ❖ بدیل‌ناپذیر بودن
- ❖ آسیب‌پذیر و تهدیدزا بودن
- ❖ امنیت‌زا و امنیت زدا بودن

طبیعت این متغیرها با عدم پایداری آمیخته است که عنوان «تقویت کننده»^۱ نیز به آنها اطلاق می‌شود، زیرا هر عمل و تغییری بر روی آنها، واکنش و تغییری بر دیگر متغیرها را به دنبال دارد. این گونه نتایج و واکنش‌ها یک اثر بومرنگی را به همراه دارد که در نهایت باعث «تشدید» یا «تضعیف» اثرگذاری یا اثرپذیری سایر متغیرها از متغیر مورد نظر دارند. این متغیرها ظرفیت بسیار بالایی جهت تبدیل شدن به «عوامل کلیدی» موضوع مورد مطالعه را دارا می‌باشند.

دسته دوم متغیرهایی هستند که اثرگذاری بسیار بالایی بر سایر متغیرها دارند ولی تأثیرپذیری چندانی نمی‌پذیرند. در موضوع مورد مطالعه، متغیرهایی که چنین شرایطی را دارند عبارتند از:

- ❖ زیربنای سایر زیرساخت‌های حیاتی بودن
- ❖ خودتکامل بودن
- ❖ خودمختار بودن
- ❖ غیرمتمرکز بودن
- ❖ فراشبکه‌ای بودن
- ❖ انعطاف‌پذیر بودن

این متغیرها که به عنوان متغیرهای «تعیین‌کننده»^۲ شناخته می‌شوند، وضعیت پایداری موضوع مورد مطالعه تا حد زیادی وابسته به آنهاست و بحرانی‌ترین مولفه‌های موضوع می‌باشند، زیرا تغییرات آتی سیستم متأثر از آنها بوده و میزان کنترل بر این متغیرها از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. از طرف دیگر، این متغیرها به عنوان متغیرهای ورودی، محیطی یا بافتی محسوب شده و به راحتی قابل کنترل نیستند. دسته سوم متغیرهایی هستند که اثرگذاری کمتری بر سایر متغیرها داشته ولی اثرپذیری بالایی از آن دارند. متغیرهای این دسته عبارتند از:

- ❖ مردم پایه بودن
- ❖ فراگیر بودن

¹Relay

²Determinant

- [19] J. Sakhnini, H. Karimipour, Dehghantanha, A., Parizi, R.M., AI and Security of Critical Infrastructure. In: Choo, KK., Dehghantanha, A. (eds) Handbook of Big Data Privacy, Springer, Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38557-6_2.
- [20] Laplante, P., and Amaba., B, "Artificial Intelligence in Critical Infrastructure Systems" in Computer, vol. 54, no. 10, pp. 14-24, 2021. doi: 10.1109/MC.2021.3055892.
- [21] C. Curtis, Gillespie, N. & Lockey, S, AI-deploying organizations are key to addressing 'perfect storm' of AI risks. AI Ethics 3, 145–153, 2023. <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00163-7>.
- [22] H. Andersen, D. Broeder Protecting Transnational Information Infrastructure: Vitality, Vulnerability and Diplomacy. Policy brief, EU Cyber Direct, 2023.
- [23] M. Flinders, L. Smalley, What is AI infrastructure? IBM, 2024. <https://www.ibm.com/topics/ai-infrastructure>.
- [30] H. Jia, Y. Zeng, promoting good governance of artificial intelligence, National Science Review, Volume 7, Issue 12, December 2020, Pages 1954–1956. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa255>
- [31] G. Qiao-Franco, R., & Zhu, China's Artificial Intelligence Ethics: Policy Development in an Emergent Community of Practice. Journal of Contemporary China, 33(146), 189–205, 2022. <https://doi.org/10.1080/10670564.2022.2153016>
- [32] M.Veale1, K. Matus, R. Gorga, AI and Global Governance: Modalities, Rationales, Tensions, ANNUAL REVIEW OF LAW AND SOCIAL SCIENCE, Volume 19, 2023, <https://doi.org/10.1146/annurev-lawsocsci-020223-040749>
- [33] K. Stanley, J., Clune, J., Lehman, & R. Miikkulainen, Designing neural networks through neuroevolution. *Nature Machine Intelligence*, 1(1), 24–35, 2019. <https://doi.org/10.1038/s42256-018-0006-z>
- [33] A.Verma, N. Singhal, Integrating Artificial Intelligence for Adaptive Decision-Making in Complex System. In: Das, S., Saha, S., Coello Coello, C.A., Bansal, J.C. (eds) Advances in Data-Driven Computing and Intelligent Systems. ADCIS 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 892. Springer, Singapore. 2024. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9521-9_8.
- [34] E. Ferrara, The history of digital disinformation: A review of malicious social media manipulation. Current Opinion in Psychology, 36, 71-76, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.03.007>
- [7] National Civil Defense Organization, strategic document of civil defense of Islamic republic of Iran, 2012. (In Persian).
- [8] M. Araghizade, B., Kameli, Mapping and Clustering of International Researches on critical infrastructure protection (CIP) Based on Co-Word Analysis of Articles Indexed in Web of Science (WoS) Database, no. 22, 2022. (In persian).
- [9] M., Haenlein, A., Kaplan, A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence, Vol. [6], No. [18], Winter 2024, 2023. (In Persian)
- [10] M. Hasanzadeh, utilization of artificial intelligence in research domain (pazhohan training workshop). (In persian)
- [11] W. Bagby , H. Kimberly, Artificial Intelligence: The Critical Infrastructures, 2021. Available at SSRN 3924512,.
- [12] M., Zand, Layered analysis of causes in the dimension of technical infrastructure for artificial intelligence, report of the group on the dimensions of technical infrastructure for artificial intelligence, National Innovation Event, 2023. (In Persian).
- [13] Yu. Chen, AI as Critical Infrastructure: Safeguarding National Security in the Age of Artificial Intelligence, 2023, <https://osf.io>.
- [14] S. Choi., S. Lee, Y. Kim, J. Park, , Y. Kwon, , and Huh, j., Serving Heterogeneous Machine Learning Models on Multi-GPU Servers with Spatio-Temporal Sharing, 2022. <https://www.usenix.org/conference/atc22/presentation/choi-seungbeom>
- [15] J. Rauber, R. Zimmermann, M Bethge, and W. Brendel, Foolbox Native: Fast adversarial attacks to benchmark the robustness of machine learning models in PyTorch, TensorFlow, and JAX. Journal of Open-Source Software, 5(53), 2607, 2020. <https://doi.org/10.21105/joss.02607>
- [16] T. Rabani, Structural analysis method, a tool for understanding and analyzing the variables affecting the future of urban issues, 2012. (In Persian).
- [17] S. Asan, A. Umut, Qualitative cross-impact analysis with time consideration, Technological forecasting and social change, vol74, 2007.
- [18] G. Daniel L. Erin, Emerging Technology and Risk Analysis: Artificial Intelligence and Critical Infrastructure. Homeland Security Operational Analysis Center operated by the RAND Corporation, 2024. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2873-1.html,