

Providing A Framework for AI Infrastructure in Iran, with A Focus on Service Providers and Service Aggregators of AI

Kiarash Fartash ¹, Elahe Kheiri², Tooba Baramaki³

1- Faculty Member, Institute for Science and Technology Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

(Corresponding Author: k_fartash@sbu.ac.ir)

2- PhD Student of Science and Technology Policy Making, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

3- PhD Student of Futures Studies, Faculty of Governance, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

Artificial intelligence (AI) is one of the key technologies of the current era which plays a significant role in the advancement of countries. The development of this technology calls for appropriate infrastructure, which contributes to its effective application across various sectors. Despite the advancements in developed countries, developing nations face multiple challenges such as limited access to the Internet, shortage of experts, and bureaucratic hurdles. To fill this gap, this paper aims to provide a framework for the different levels of AI development infrastructure in Iran, designed in two phases. In the first phase, a preliminary framework for infrastructure was developed by reviewing international studies and experiences. In the second phase, semi-structured interviews with domestic experts were conducted, and their content was analyzed to propose a final infrastructure framework tailored to the conditions of Iran. This framework comprises six main infrastructural levels including High-speed data networks and exchange, Computational infrastructure, Data storage infrastructure, Core models and algorithms, Software and frameworks, and Applications, at two levels of AI service provider and aggregator operators. Considering the peculiarities of developing countries, particularly Iran, proper development of AI infrastructure seems unlikely unless government intervenes in favor of the establishment of AI service providers and service aggregators operators. Our findings provide insights and implications at the policy and management level for both policymakers and managers of the ICT sector, and particularly artificial intelligence.

Keywords: AI operator, AI infrastructure, artificial intelligence, AI services|

How to Cite this Paper:

Fartash, K., Kheiri, E. & Baramaki, T. (2024). **Providing A Framework for AI Infrastructure in Iran, with A Focus on Service Providers and Service Aggregators Of AI.** *Journal of Science & Technology Policy*, 17(3), 9-25. {In Persian}.

doi: 10.22034/jstp.2025.11771.1815



ارائه چارچوبی برای توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی در ایران با تمرکز بر اپراتورهای ارائه‌دهنده خدمت و تجمیع‌گر خدمات هوش مصنوعی

کیارش فرتاش^۱، الهه خیری^۲، طوبی برامکی^۳

۱- عضو هیات علمی پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

(نویسنده عهده‌دار مکاتبات: k_fartash@sbu.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری آینده‌پژوهی، دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

هوش مصنوعی یکی از فناوری‌های کلیدی حال حاضر است که نقشی کلیدی در پیشرفت کشورها ایفا می‌کند. توسعه این فناوری مستلزم وجود زیرساخت‌های مناسب است که می‌تواند به کاربرد مؤثر آن در بخش‌های مختلف کمک کند. باوجود پیشرفت‌های کشورهای توسعه‌یافته، کشورهای در حال توسعه با چالش‌های متعددی نظیر محدودیت دسترسی به اینترنت، کمبود متخصصان و بوروکراسی مواجه هستند؛ لذا این پژوهش باهدف ارائه چارچوبی برای سطوح مختلف زیرساخت‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران، طی دو مرحله طراحی شده است: در مرحله اول، با بررسی مطالعات و تجارب بین‌المللی، چارچوب اولیه زیرساخت‌ها تدوین شد. در مرحله دوم، با انجام مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با خبرگان داخلی و تحلیل محتوای آن‌ها، چارچوب نهایی زیرساخت‌ها متناسب با شرایط ایران پیشنهاد گردید. این چارچوب شامل شش سطح اصلی زیرساختی شبکه و تبادل داده با سرعت بالا؛ زیرساخت‌های محاسباتی؛ زیرساخت‌های ذخیره داده؛ مدل‌ها و الگوریتم‌های پایه؛ نرم‌افزار و چارچوب‌ها؛ و برنامه‌های کاربردی که در دو سطح اپراتوری ارائه‌دهنده خدمات و تجمیع‌گر خدمات هوش مصنوعی است. با توجه به شرایط کشورهای در حال توسعه و خصوصاً ایران، توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی بدون مشارکت دولت در قالب اپراتورهای ارائه خدمت و تجمیع‌گر هوش مصنوعی محتمل به نظر نمی‌رسد. یافته‌های این مقاله دلالت‌های سیاستی و مدیریتی برای سیاست‌گذاران و مدیران حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات و به ویژه هوش مصنوعی دارد.

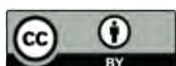
کلیدواژه‌ها: اپراتور هوش مصنوعی، زیرساخت هوش مصنوعی، هوش مصنوعی، خدمات هوش مصنوعی.

برای استنادات بعدی به این مقاله، قالب زیر به نویسندگان محترم مقالات پیشنهاد می‌شود:

فرتاش، کیارش، خیری، الهه، و برامکی، طوبی. (۱۴۰۳). ارائه چارچوبی برای توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی در ایران با تمرکز بر اپراتورهای

ارائه‌دهنده خدمت و تجمیع‌گر خدمات هوش مصنوعی. *سیاست علم و فناوری*، ۱۷(۳)، ۹-۲۵.

doi: 10.22034/jstp.2025.11771.1815



۱- مقدمه

هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از فناوری‌های بنیادین انقلاب صنعتی چهارم، قابلیت ایجاد تحول در صنایع و بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی را دارد. این فناوری می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۱۵.۷ تریلیون دلار به اقتصاد جهانی بیفزاید که این افزایش ناشی از بهره‌وری بالاتر و بهبود محصولات است. برای ایران نیز، توسعه هوش مصنوعی می‌تواند مزایایی ازجمله افزایش بهره‌وری صنایع سنتی، بهینه‌سازی فرآیندهای دولتی و مدیریتی، ایجاد فرصت‌های شغلی در حوزه‌های نوین و کاهش وابستگی به منابع طبیعی متعددی را به همراه داشته باشد [۱]. درعین‌حال، عدم توجه به این موضوع باعث می‌شود که ایران در زنجیره ارزش جهانی هوش مصنوعی جایگاه مناسبی کسب نکند و از رقبا عقب بماند [۲].

توسعه و بهره‌برداری مؤثر از این فناوری، وابسته به وجود زیرساخت‌های مناسب در ابعاد مختلفی همچون داده، محاسبات، شبکه و نیروی انسانی متخصص است [۳]. کشورهای توسعه‌یافته با سرمایه‌گذاری‌های هدفمند و طراحی چارچوب‌های جامع، توانسته‌اند زیرساخت‌های پیشرفته‌ای برای توسعه و کاربرد هوش مصنوعی ایجاد کنند [۴]؛ اما در مقابل، کشورهای درحال‌توسعه، ازجمله ایران، به دلیل محدودیت‌های دسترسی به منابع و ضعف در زیرساخت‌های شبکه و ذخیره‌سازی داده، محدودیت دسترسی به منابع مالی، تحریم‌های بین‌المللی و عدم دسترسی به دانش جهانی و کمبود نیروی انسانی متخصص با چالش‌های جدی در این حوزه مواجه هستند [۵].

در کشورهای پیشرفته، شرکت‌های خصوصی نظیر گوگل، انویدیا^۱، علی بابا^۲ و... با سرمایه‌گذاری‌های کلان خود به توسعه زیرساخت‌های لازم کمک می‌کنند و نقش مهمی در ارتقاء فناوری و نوآوری ایفا می‌کنند. این شرکت‌ها با استفاده از منابع مالی و فنی خود، به توسعه مدل‌های هوش مصنوعی و ارائه خدمات متنوع می‌پردازند. این رویکرد نه تنها به بهبود کیفیت خدمات و محصولات منجر می‌شود، بلکه به‌عنوان یک

مدل درآمدزایی پایدار نیز عمل کرده و به رشد اقتصادی کشورها کمک می‌کند [۶]؛ اما با توجه به چالش‌های موجود در ایران و ریسک‌های مرتبط با سرمایه‌گذاری در این حوزه، شرکت‌های خصوصی تمایل چندانی به سرمایه‌گذاری کلان در توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی ندارند. به‌عبارت‌دیگر، عواملی همچون عدم ثبات اقتصادی، تحریم‌های بین‌المللی و محدودیت‌های قانونی، موجب می‌شود که مدل‌های موفق کشورهای دیگر در ایران به‌طور کامل قابل پیاده‌سازی نباشند [۷ و ۸ و ۹]. بنابراین به یک ساختار جدید برای ارائه زیرساخت‌های هوش مصنوعی در ایران نیازمندیم.

به‌صورت کلی ایجاد سازمان‌هایی (با حمایت دولت) برای ارائه خدمات زیرساختی در لایه‌های مختلف، می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و تسریع در بهره‌برداری از ظرفیت‌های هوش مصنوعی کمک نماید. این امر به‌ویژه برای کسب‌وکارهای کوچک و متوسط که از عهده هزینه‌های بالای تأمین زیرساخت بر نمی‌آیند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۰]. این سازمان‌ها می‌توانند مسئولیت مدیریت و نگهداری زیرساخت‌ها، ازجمله خدمات ابری، ذخیره‌سازی و پردازش داده را بر عهده گیرند و به شرکت‌ها این امکان را دهند که بدون نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت، به‌طور مؤثر از ظرفیت‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری کنند [۱۱]. همچنین با توجه به پراکندگی خدمات و عدم هماهنگی در ارائه آن‌ها در ایران، این سازمان‌ها می‌توانند سهولت دسترسی به خدمات پیچیده هوش مصنوعی را با ارائه خدمات یکپارچه در قالب بسته‌های پیشنهادی، برای متقاضیان فراهم آورند [۱۲]. این سازمان‌ها همچنین به دلیل حمایت دولتی و همچنین ساختار منسجم و یکتا، می‌توانند سبب کاهش مشکلات ناشی از کمبود مالی، محدودیت‌های قانونی، ریسک‌های سرمایه‌گذاری شوند [۸].

به نظر می‌رسد چنین سازمان‌هایی با مفهوم اپراتور نزدیکی معنایی داشته باشند، این مفهوم بیشتر در زمینه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و شبکه‌های مخابراتی مطرح می‌شود و به‌صورت کلی به نحوه سازمان‌دهی و مدیریت منابع، فرآیندها و فناوری‌های مرتبط با توسعه و پیاده‌سازی حوزه خاص مانند

^۱ NVIDIA

^۲ Alibaba

در پژوهش‌های مرتبط با زیرساخت‌های هوش مصنوعی نیز، مفاهیم "اپراتور هوش مصنوعی" و "تجمیع‌گری هوش مصنوعی" به عنوان راه‌حل‌های نوآورانه برای مدیریت و بهینه‌سازی ارائه خدمات مطرح شده‌اند. اپراتورهای هوش مصنوعی نقش کلیدی در فراهم کردن زیرساخت‌های محاسباتی و خدمات ابری ایفا می‌کنند که امکان استفاده از هوش مصنوعی را بدون نیاز به سرمایه‌گذاری مستقیم سازمان‌ها در تجهیزات گران‌قیمت فراهم می‌سازند [۱۶]. از سوی دیگر، تجمیع‌گران هوش مصنوعی خدمات مختلف را که توسط اپراتورهای متنوع ارائه می‌شود، به صورت یکپارچه به کاربران نهایی عرضه می‌کنند. این مدل ارائه خدمات، پیچیدگی‌های فنی و هزینه‌های عملیاتی را برای کاربران کاهش داده و دسترسی به فناوری‌های پیشرفته را تسهیل می‌کند [۱۷].

این مفاهیم به‌ویژه در کشورهایی با محدودیت منابع مالی و پراکندگی خدمات، از اهمیت بالایی برخوردار هستند [۱۸]. در پژوهش حاضر، انتخاب این دو مفهوم به دلیل اهمیت آن‌ها در پاسخ به چالش‌های مرتبط با توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی در ایران انجام شده است.

۲-۲ پیشینه پژوهش

زیرساخت هوش مصنوعی یک جزء حیاتی برای توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی پیشرفته، محسوب می‌شود. با ادامه تحول هوش مصنوعی در صنایع و جامعه، درک دسته‌بندی‌های زیرساخت‌های مرتبط با آن برای سازمان‌هایی که قصد دارند از قابلیت‌های این فناوری بهره‌برداری کنند، امری حیاتی به شمار می‌آید [۱۸]. به صورت کلی، پیچیدگی و مقیاس پروژه‌های هوش مصنوعی نیازمند زیرساخت‌های قوی و قابل تنظیم است که بتوانند به سرعت به پیشرفت‌های فناوری، نیازهای پردازش داده و بارهای کاری متغیر پاسخ دهند [۱۹]. در ادامه به معرفی و بررسی این زیرساخت‌ها خواهیم پرداخت.

یکی از اجزای اصلی لایه‌های زیرساختی برای توسعه هوش مصنوعی به تعبیر تمامی گزارش‌ها و پژوهش‌ها، شبکه و تبادل داده با سرعت بالا می‌باشد. در پروژه‌های هوش مصنوعی، حجم بالایی از داده‌ها باید به سرعت پردازش شوند

هوش مصنوعی یا فناوری‌های اطلاعات اشاره دارد [۱۳]. در این مقاله، این مفهوم به عنوان یک ساختار جدید برای ارائه خدمات زیرساختی در حوزه هوش مصنوعی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

با توجه به موارد فوق و با در نظر گرفتن اهمیت حیاتی زیرساخت‌ها در توسعه هوش مصنوعی، تاکنون چارچوب جامعی که به طور خاص به نیازها و شرایط ایران پاسخ دهد و ابعاد مختلف زیرساخت‌های مورد نیاز این فناوری را شناسایی و طبقه‌بندی کند، ارائه نشده است؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر ارائه چارچوبی برای زیرساخت‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران با تمرکز بر راه‌اندازی اپراتورهای ارائه خدمات و تجمیع‌گری هوش مصنوعی است. بدین منظور ابتدا با بررسی مطالعات و تجربیات بین‌المللی، زیرساخت‌های لازم برای توسعه هوش مصنوعی شناسایی خواهند شد، سپس از طریق مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته و تحلیل محتوای آن، چالش‌های توسعه زیرساختی و راهکارهای مقابله با آن در قالب یک مدل ارائه می‌شود.

۲- مبانی نظری و مرور پیشینه

۲-۱ مبانی نظری

واژه اپراتور به سازمان‌های ارائه‌دهنده خدمات در زمینه‌های مختلف از جمله زمینه‌های مخابراتی و شبکه‌ای، اینترنت اشیا، داده و... اطلاق می‌شود. این سازمان‌ها دسترسی افراد و مشاغل را به خدمات مختلف تسهیل می‌کنند. اپراتور شبکه یکی از معروف‌ترین مدل اپراتورهاست که در کشورهای مختلف به ارائه خدمات اینترنتی از طریق فراهم‌سازی زیرساخت، از جمله کابل‌های فیبر نوری، پهنای باند، ماهواره و فناوری‌های بی‌سیم می‌پردازد [۱۴]. نقش ارائه‌دهندگان خدمات اینترنت، فراتر از یک اتصال ساده میان مشتری و خدمات است. آن‌ها با مدیریت منابع برای ارتقا و بهینه‌سازی عملکرد در خدمات اینترنتی تلاش می‌کنند. تأثیر قابل توجه این اپراتورها در ارائه‌های متنوع آن‌ها از خدمات که شامل انواع مختلفی از اتصالات اینترنتی مانند باند پهن، فیبر نوری، DSL، کابل و فناوری‌های بی‌سیم مانند 4G و 5G است، مشهود است [۱۵].

و شبکه‌های با سرعت بالا این امکان را فراهم می‌کنند که داده‌ها به‌طور مؤثر و سریع بین سرورها، مراکز داده و دستگاه‌های مختلف منتقل شوند. این امر به‌ویژه در کاربردهایی مانند یادگیری عمیق و تحلیل داده‌های کلان بااهمیت است، زیرا تأخیر در انتقال داده می‌تواند منجر به کاهش کارایی مدل‌های هوش مصنوعی شود [۲۰]. علاوه بر این، محاسبات پیچیده‌ای که در یادگیری ماشین و یادگیری عمیق انجام می‌شود، نیازمند تبادل سریع اطلاعات بین پردازنده‌ها است. شبکه‌های با ظرفیت بالا قادرند تا بارهای کاری سنگین را مدیریت کنند و اطمینان حاصل کنند که منابع محاسباتی به‌طور مؤثر استفاده می‌شوند. درنهایت، زیرساخت‌های شبکه‌ای با سرعت بالا به سازمان‌ها این امکان را می‌دهند که به‌راحتی منابع خود را مقیاس‌پذیر کنند و در پاسخ به تغییرات نیازهای بازار یا تغییرات فناورانه، تنظیمات لازم را انجام دهند [۲۱].

به دلیل اهمیت این لایه، کشورها به‌طور فزاینده‌ای در حال سرمایه‌گذاری در بهبود زیرساخت‌های شبکه و اینترنت پرسرعت هستند. کشورهای آمریکای لاتین مانند برزیل، شیلی و مکزیک در حال بهبود شبکه‌های مخابراتی خود و دسترسی به اینترنت پرسرعت هستند. همچنین، کشورهای پیشرفته مانند ایالات متحده، کره جنوبی و ژاپن در حال توسعه نسل‌های جدید فیبر نوری و شبکه‌های 6G و 7G برای انتقال داده‌ها با سرعت‌های بسیار بالا هستند که موجب بهبود عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی و سرعت یادگیری آن‌ها می‌شود [۲۲].

یکی دیگر از اجزای مهم زیرساختی، سخت‌افزارهای فیزیکی و مجازی برای انجام محاسبات و پردازشات است. با توجه به پیچیدگی و حجم بالای عملیات مرتبط با هوش مصنوعی، نیاز به منابع محاسباتی قوی و کارآمد برای پردازش داده‌های کلان و اجرای الگوریتم‌های پیچیده احساس می‌شود [۲۳]. در پروژه‌های هوش مصنوعی، داده‌ها به‌عنوان منبع اصلی اطلاعات عمل می‌کنند و حجم این داده‌ها ممکن است به تریلیون‌ها رکورد برسد. بنابراین، برای تحلیل و استخراج بینش‌های ارزشمند از این داده‌ها، وجود زیرساخت‌های محاسباتی مناسب ضروری است. این زیرساخت‌ها باید قادر

به پردازش موازی باشند تا بارهای کاری سنگین را مدیریت کرده و زمان پردازش را به حداقل برسانند [۲۰]. کشورهایمانند ایالات متحده و چین در حال سرمایه‌گذاری کلان در ابررایانه‌ها و انواع پردازنده‌های گرافیکی (GPU) و پردازنده‌های تخصصی (TPU) برای پردازش اطلاعات و شبیه‌سازی‌های پیچیده هستند. چین با ابررایانه "Tianhe" و ایالات متحده با "Summit" و "Frontier" در حوزه ابررایانه‌ها و شرکت‌های ان‌وی‌دیا و گوگل به ترتیب با تراشه‌های بلک‌ول^۱ و ویل^۲ در این حوزه پیشرو هستند. علاوه بر ابررایانه‌ها و پردازنده‌های گرافیکی، زیرساخت‌های ابری نظیر سرورهای مجازی نیز نقشی حیاتی در فرایند محاسباتی خواهند داشت، جایی که شرکت‌هایی مانند آمازون وب سرویسز^۳، مایکروسافت آژور^۴ و گوگل کلود^۵ به‌طور فعال در حال گسترش و بهبود خدمات خود هستند [۲۴].

زیرساخت‌های ذخیره‌سازی داده، لایه زیرساختی بعدی مورد نیاز برای توسعه هوش مصنوعی محسوب می‌شوند، به‌صورت کلی داده‌ها به‌عنوان منبع اصلی اطلاعات برای آموزش و عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی عمل می‌کنند. در پروژه‌های هوش مصنوعی، حجم بالایی از داده‌ها باید جمع‌آوری، ذخیره و پردازش شوند تا الگوریتم‌ها بتوانند به‌درستی یاد بگیرند و پیش‌بینی‌های دقیقی ارائه دهند [۲۵]. به همین دلیل، وجود زیرساخت‌های ذخیره‌سازی قوی و کارآمد برای نگهداری این داده‌ها ضروری است. در حال حاضر ذخیره‌سازی ابری و سیستم‌های توزیع‌شده نقش مهمی در مدیریت داده‌ها ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها امکان ذخیره‌سازی مقیاس‌پذیر و انعطاف‌پذیر را فراهم می‌آورند و به سازمان‌ها این امکان را می‌دهند که با توجه به نیازهای متغیر خود، منابع ذخیره‌سازی را افزایش یا کاهش دهند. خدمات ابری مانند آمازون اس‌تری^۶، گوگل کلود و مایکروسافت آژور راهکارهای مؤثری برای ذخیره و پردازش داده‌ها در مقیاس بزرگ ارائه می‌دهند [۲۶].

مدل‌های پایه نیز به‌عنوان بخشی از زیرساخت‌های لازم برای

¹ Blackwell

² Willow

³ Amazon Web Services

⁴ Microsoft Azure

⁵ Google Cloud

⁶ Amazon S3

مصنوعی به نرم‌افزارهایی اطلاق می‌شود که از روش‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای انجام وظایف خاص استفاده می‌کنند. این اپلیکیشن‌ها می‌توانند در زمینه‌های مختلفی مانند پردازش زبان طبیعی، بینایی کامپیوتری، تحلیل داده، و رباتیک کاربرد داشته باشند. برخی از نمونه‌های معروف اپلیکیشن‌های هوش مصنوعی شامل چت‌بات‌ها، سیستم‌های توصیه‌گر، نرم‌افزارهای تشخیص تصویر و تحلیل احساسات هستند [۲۸].

بنابراین با توجه به بررسی‌های صورت گرفته زیرساخت‌های موردنیاز برای توسعه و پیاده‌سازی هوش مصنوعی را می‌توان در شش دسته اصلی: (۱) شبکه و تبادل داده با سرعت بالا؛ (۲) زیرساخت‌های محاسباتی و پردازشی؛ (۳) زیرساخت‌های ذخیره‌سازی داده؛ (۴) مدل‌های پایه هوش مصنوعی؛ (۶) نرم‌افزارها و چارچوب‌ها (۵) برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی طبقه‌بندی کرد (شکل ۱).

همان‌طور که مطرح شد، زیرساخت‌های مربوط به خدمات ابری، مدیریت داده‌ها و مدل‌های پایه هوش مصنوعی در توسعه فناوری هوش مصنوعی و همچنین بهینه‌سازی کسب‌وکارها مؤثر هستند. شرکت‌های بزرگ فناوری با ارائه راه‌حل به سازمان‌ها و نهادها این امکان را فراهم می‌کنند که از قدرت پردازش داده‌ها، ذخیره‌سازی مقیاس‌پذیر و تحلیل‌های دقیق بهره‌برداری نمایند. این خدمات برای شرکت‌ها در زمینه ارتقاء عملکرد، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری اهمیت زیادی دارند. در ادامه به معرفی برخی از برجسته‌ترین ارائه‌دهندگان خدمات ابری و داده‌ای می‌پردازیم.

آمریکا به‌عنوان پیشرو در حوزه فناوری‌های ابری و هوش مصنوعی، با داشتن شرکت‌های بزرگ و سرمایه‌گذاری‌های کلان در تحقیق و توسعه، به‌طور مداوم در حال ارتقاء توانمندی‌های خود در این زمینه‌ها است [۲۹]. زیرساخت‌های قدرتمند در این کشور، نقش کلیدی در شکل‌دهی آینده دیجیتال ایفا می‌کنند [۱۸]. شرکت‌های اصلی آمریکایی ارائه‌دهنده خدمات هوش مصنوعی در ادامه معرفی می‌شوند. آمازون وب سرویسز یکی از بزرگ‌ترین ارائه‌دهندگان خدمات ابری است که خدماتی مانند ذخیره‌سازی، محاسبات و پایگاه داده را به مشتریان مختلف ارائه می‌دهد [۳۰].

توسعه هوش مصنوعی معرفی می‌شوند. این مدل‌ها به الگوریتم‌ها و ساختارهای بنیادی اشاره دارند که برای انجام وظایف مختلف در زمینه هوش مصنوعی طراحی شده‌اند [۱۸]. این مدل‌ها به‌عنوان ابزارهای اساسی برای توسعه و پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی عمل می‌کنند و شامل انواع مختلفی از روش‌ها و الگوریتم‌ها هستند [۱۴]. ایالات متحده با شرکت‌هایی همچون اوپن‌ای‌آی^۱، گوگل دیپ‌ماینده^۲ و متا^۳ در توسعه مدل‌های پایه پیشرو است. این مدل‌ها مانند مدل‌های زبانی بزرگ و مدل‌های انتشار، به‌عنوان پایه‌ای برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی عمل می‌کنند. همچنین، چین نیز در زمینه توسعه مدل‌های هوش مصنوعی فعال است و شرکت‌هایی مانند بایدهو^۴ و علی‌بابا با حمایت‌های دولتی در حال پیشرفت در این حوزه هستند [۲۷].

یکی دیگر از لایه‌های زیرساختی مورد نیاز، لایه نرم‌افزارها و چارچوب‌هاست. این لایه شامل ابزارها، چارچوب‌ها و کتابخانه‌های نرم‌افزاری است که به توسعه‌دهندگان این امکان را می‌دهد تا مدل‌های هوش مصنوعی را طراحی، پیاده‌سازی و بهینه‌سازی کنند. بدون وجود این نرم‌افزارها، فرآیند توسعه مدل‌های هوش مصنوعی به‌شدت دشوار و زمان‌بر خواهد بود [۲۲]. نرم‌افزارهای موجود در این لایه، مانند TensorFlow، PyTorch و Keras، به برنامه‌نویسان این امکان را می‌دهند که با استفاده از توابع و الگوریتم‌های پیش‌ساخته، به‌راحتی مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را طراحی کنند. این ابزارها نه تنها کارایی توسعه را افزایش می‌دهند و قابلیت‌هایی مانند مدیریت داده‌ها، ارزیابی مدل‌ها و انجام تحلیل‌های پیشرفته را فراهم می‌آورند که برای موفقیت پروژه‌های هوش مصنوعی ضروری هستند [۱۷].

برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی آخرین دسته از لایه‌های زیرساختی هوش مصنوعی محسوب می‌شوند، این برنامه‌ها شامل ابزارها و سرویس‌هایی هستند که به‌طور مستقیم در صنایع مختلف قابل استفاده هستند. اپلیکیشن‌های هوش

^۱ OpenAI

^۲ Google DeepMind

^۳ Meta

^۴ Baidu



شکل (۱) سطوح زیرساخت‌های هوش مصنوعی (بر اساس جمع‌بندی نویسندگان از مرور پیشینه)

کشورها با هدف بهبود زیرساخت‌های فناوری و بهره‌برداری از فرصت‌های دیجیتال، به دنبال تقویت ظرفیت‌های خود در تحلیل داده و ارائه خدمات ابری و توسعه مدل‌های پایه هوش مصنوعی بومی‌سازی شده هستند. هند و برزیل از جمله این کشورها هستند [۳۹]. لوکاب^۴ یک ارائه‌دهنده پیشرو خدمات ابری برزیل، طیف وسیعی از خدمات از جمله میزبانی وب، ذخیره‌سازی ابر و راه‌حل‌های SaaS را عمدتاً برای شرکت‌های کوچک و متوسط ارائه می‌دهد. همچنین یول دیوو^۵ زیرساخت‌های ابری و خدمات مدیریت‌شده را فراهم کرده و بر راه‌حل‌های ترکیبی ابر متمرکز می‌شود که منابع عمومی و خصوصی ابر را ترکیب می‌کنند. شرکت تاتا^۶ در هند نیز مجموعه‌ای جامع از خدمات ابری، از جمله پلتفرم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، خدمات محاسباتی و پردازشی هوش مصنوعی و سرویس‌ها و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی را فراهم می‌کند که در سفره‌ای دیجیتال خود از کسب‌وکارها پشتیبانی می‌کنند [۴۰].

همان‌طور که تشریح شد، در حال حاضر شرکت‌های زیادی در کشورهای مختلف در زمینه ارائه خدمات اپراتوری هوش مصنوعی فعالیت می‌کنند. برخی از شرکت‌ها خدمات گسترده‌تر و برخی خدمات محدودتری را ارائه می‌دهند که جمع‌بندی آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

مایکروسافت آژور پلتفرم ابری مایکروسافت که خدمات مختلفی از جمله پردازش، ذخیره‌سازی و تحلیل داده‌ها را ارائه می‌دهد [۳۱]. گوگل کلود ارائه‌دهنده خدمات ابری شامل ابزارهای تحلیل داده، یادگیری ماشینی و ذخیره‌سازی داده است [۳۲]. آی‌بی‌ام^۱ خدمات ابری و راه‌حل‌های داده محور را ارائه می‌دهد و در زمینه‌های تحلیل داده و هوش مصنوعی فعالیت می‌کند [۳۳].

چین نیز با تلاش‌های گسترده در حوزه دیجیتال و هوش مصنوعی، به سرعت در حال تبدیل شدن به یکی از بزرگ‌ترین قدرت‌های فناوری در سطح جهانی است. این کشور با تمرکز بر توسعه فناوری‌های نوین و افزایش سرمایه‌گذاری در خدمات ابری، به دنبال ارتقاء توانایی‌های خود در توسعه هوش مصنوعی است [۳۴]. علی بابا یکی از بزرگ‌ترین ارائه‌دهندگان خدمات ابری در چین و آسیا که خدماتی شامل پردازش، ذخیره‌سازی و تحلیل داده‌ها را ارائه می‌دهد [۳۵]. تنسنت کلود^۲ خدمات ابری و داده‌ای شامل ذخیره‌سازی، محاسبات، فناوری‌های مدیریت داده و ابزارهای هوش مصنوعی را ارائه می‌دهد [۳۶]. بایدو کلود^۳ نیز ارائه‌دهنده خدمات ابری با تمرکز بر توسعه مدل‌های پایه هوش مصنوعی و تحلیل داده‌ها است [۳۷]. همچنین در کشورهای در حال توسعه، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های داده و هوش مصنوعی به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است [۳۸]. این

⁴ Locaweb

⁵ UOL Diveo

⁶ Tata Consultancy Services

¹ IBM

² Tencent Cloud

³ Baidu Cloud

جدول ۱) شرکت‌های ارائه‌دهنده زیرساخت‌ها و خدمات داده در جهان (جمع‌بندی نویسندگان بر اساس مرور پیشینه)

شرکت	کشور	درآمد	انواع زیرساخت‌ها			
			شبکه و تبادل داده	محاسباتی و پردازش داده	ذخیره‌سازی داده	مدل‌های پایه هوش مصنوعی
آمازون وب سرویس	آمریکا	۸۰ میلیارد دلار		✓	✓	✓
مایکروسافت آژور	آمریکا	۶۲ میلیارد دلار		✓	✓	✓
ان وی دیا	آمریکا	۶۰ میلیارد دلار		✓	✓	✓
گوگل	آمریکا	۳۰۰ میلیارد دلار		✓	✓	✓
علی بابا	چین	۱۲۶ میلیارد دلار		✓	✓	✓
تنست	چین	۷۸ میلیارد دلار		✓		✓
تلکام	کره جنوبی	۱۲ میلیارد دلار		✓	✓	✓
هولسن	ترکیه	۳۴۰ میلیون دلار		✓	✓	✓
یول دیو	برزیل	۱.۵ میلیارد دلار		✓	✓	✓
تاتا	هند	۲۹.۳ میلیارد دلار		✓	✓	✓

با این حال به نظر می‌رسد در کشورهای در حال توسعه که شرکت‌های بزرگ و فعال در زمینه ارائه خدمات هوش مصنوعی ندارند، نقش‌آفرینی و حمایت دولت برای فراهم شدن زمینه ارائه خدمات هوش مصنوعی توسط شرکت‌های داخلی و یا راه‌اندازی اپراتورهای خدمات هوش مصنوعی اهمیتی دوچندان دارد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف طراحی چارچوبی جامع برای زیرساخت‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران انجام شده است. این تحقیق از نظر نوع، کاربردی و از حیث هدف، توصیفی است و راهبرد پژوهش به کار گرفته شده در آن، رویکردی کیفی دارد. بازه زمانی انجام پژوهش از مهرماه ۱۴۰۲ تا فروردین ۱۴۰۳ و قلمرو مکانی آن نیز کشور ایران است. برای پاسخ به هدف پژوهش، فرآیندی دو مرحله‌ای به کار گرفته شد که در گام اول، چارچوب اولیه از طریق مرور پیشینه پژوهشی و اعتبارسنجی با نظرات خبرگان تدوین شد و در گام دوم، چارچوب تدوین شده از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان بومی‌سازی و تکمیل گردید.

۳-۱ تدوین و اعتبارسنجی چارچوب اولیه

در مرحله نخست، با مرور پیشینه‌های پژوهشی، گزارش‌ها و تجارب بین‌المللی، چارچوب اولیه‌ای از زیرساخت‌های موردنیاز برای توسعه هوش مصنوعی تدوین شد. این مرحله

شامل شناسایی و دسته‌بندی ابعاد کلیدی زیرساخت‌ها مانند شبکه‌های ارتباطی، زیرساخت‌های محاسباتی و پردازشی، ذخیره‌سازی داده‌ها، مدل‌های پایه هوش مصنوعی، و برنامه‌های کاربردی بود. پس از تدوین چارچوب اولیه، این چارچوب برای اعتبارسنجی به گروهی از خبرگان ارائه شد. خبرگان شامل سیاست‌گذاران، مدیران اجرایی و متخصصان حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات بودند که از طریق روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شدند. نظرات خبرگان درباره جامعیت، انطباق‌پذیری و کاربردی‌پذیری چارچوب پیشنهادی از طریق انجام مصاحبه جمع‌آوری و تحلیل شد. بر اساس این نظرات، اصلاحات لازم بر روی چارچوب اعمال گردید و نسخه نهایی چارچوب با دقت بیشتری تنظیم شد.

۳-۲ بومی‌سازی و تکمیل چارچوب نهایی

در گام دوم، برای تکمیل اطلاعات از منابع ثانویه همچون گزارش‌ها و مقالات مرتبط و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته‌ای با ۱۲ نفر از خبرگان (۱ نفر مدیرکل در معاونت علمی و فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری، ۱ نفر معاون در معاونت علمی و فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری، ۱ نفر مدیر ارشد در سازمان ملی هوش مصنوعی ایران، ۲ نفر مدیرکل در وزارت فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱ نفر مدیر ستاد توسعه فناوری هوش مصنوعی، ۱ نفر کارشناس در ستاد توسعه فناوری هوش مصنوعی، ۳ نفر مدیر عامل در شرکت فناوری اطلاعات و ارتباطات فعال در حوزه

هوش مصنوعی و ۲ نفر متخصص حوزه هوش مصنوعی در انجمن صنفی حوزه فاوا) استفاده شده است. هدف از این مصاحبه‌ها، انطباق چارچوب اولیه با شرایط، الزامات و چالش‌های خاص ایران بود. مصاحبه‌ها با استفاده از پروتکل‌های استاندارد طراحی شدند تا اطمینان حاصل شود که تمامی جنبه‌های مرتبط با زیرساخت‌های هوش مصنوعی پوشش داده شوند.

تحلیل محتوای مصاحبه‌ها با روش کدگذاری باز آغاز شد که در آن داده‌ها به صورت واحدهای معنایی تقسیم‌بندی و مفاهیم اصلی استخراج شدند. سپس، در مرحله کدگذاری محوری، مفاهیم اصلی به دسته‌های موضوعی بزرگ‌تر تجمیع شدند. در نهایت، با استفاده از کدگذاری انتخابی، روابط میان مفاهیم و دسته‌ها تحلیل شد تا تصویری جامع از نیازها و چالش‌های موجود به دست آید. این تحلیل محتوایی دقیق، اصلاح و تکمیل چارچوب نهایی را ممکن ساخت و چارچوب به نحوی طراحی شد که بتواند با شرایط بومی ایران سازگار باشد.

در چارچوب پیشنهادی این تحقیق، وضعیت زیرساخت‌ها در ایران مدنظر قرار گرفته است. در خصوص جمع‌آوری داده‌ها، از روش‌های مختلفی نظیر مصاحبه‌های عمیق با کارشناسان، نظرسنجی‌ها، و تحلیل داده‌های ثانویه از منابع معتبر دولتی و خصوصی استفاده شده است. این روش‌ها به منظور تضمین دقت و اعتبار داده‌ها و به دست آوردن دیدگاه‌های جامع از وضعیت موجود در ایران به کار گرفته شده‌اند. با توجه به چالش‌هایی نظیر پراکندگی منابع داده و کیفیت متغیر آن‌ها در ایران، فرآیند اعتبارسنجی داده‌ها با دقت فراوان انجام شده است. در زمینه زیرساخت‌ها، محدودیت‌هایی مانند دسترسی محدود به فناوری‌های پیشرفته و مشکلات اینترنتی در برخی مناطق کشور نیز مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، چارچوب پیشنهادی به گونه‌ای طراحی شده است که بتواند با توجه به شرایط خاص ایران، از ظرفیت‌های موجود به طور مؤثر استفاده کند و قابلیت انطباق با این شرایط را داشته باشد. لازم به ذکر است که تمامی سؤالات مصاحبه بازبینی و اصلاح شدند تا از هرگونه سوگیری آشکار یا پنهانی جلوگیری شود. سؤالات به گونه‌ای طراحی شدند که پاسخ‌دهندگان بتوانند

نظرات خود را بدون هیچ گونه هدایت یا جهت‌دهی بیان کنند. همچنین، پس از بازبینی، نظرات خبرگان در خصوص دقت و بی‌طرفی سؤالات دریافت و در صورت لزوم، اصلاحات لازم بر روی سؤالات اعمال شد تا از عدم سوگیری و جامعیت آن‌ها اطمینان حاصل شود.

برای اطمینان از دقت و اعتبار نتایج پژوهش، ابتدا چارچوب اولیه از طریق مرور پیشینه‌های مطالعاتی و ارائه آن به گروهی از خبرگان دانشگاهی و اجرایی بررسی شد. نظرات این خبرگان درباره ابعاد مختلف چارچوب از جمله جامعیت و انطباق‌پذیری با شرایط ایران دریافت شد و بر اساس این نظرات، اصلاحات لازم اعمال گردید. به منظور افزایش روایی، سؤالات مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته نیز با استفاده از آزمون پایلوت بهینه‌سازی شدند تا از پوشش کامل موضوعات اطمینان حاصل شود. همچنین، در مراحل بعدی، بازبینی مکرر چارچوب توسط خبرگان انجام گرفت تا از انطباق آن با الزامات بومی ایران اطمینان حاصل شود.

پایایی پژوهش نیز با استفاده از ضبط دقیق مصاحبه‌ها و پیاده‌سازی مکتوب آن‌ها تضمین شد. تحلیل داده‌ها توسط دو تحلیلگر مستقل انجام گرفت و در صورت وجود اختلاف در تفسیر داده‌ها، از روش اجماع برای رفع آن استفاده شد. داده‌ها و کدگذاری‌ها نیز چندین بار بازبینی شدند تا صحت و انسجام نتایج تأیید شود. این رویکردها در کنار یکدیگر، اعتبار و پایایی یافته‌های پژوهش را تضمین کرده و نتایجی قابل اتکا برای طراحی چارچوب نهایی ارائه داد.

۴- یافته‌ها

با توجه به مفاهیم مطرح‌شده، زیرساخت‌های هوش مصنوعی به شش سطح اصلی تقسیم می‌شوند. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که ایران در حال حاضر با چالش‌هایی جدی در فراهم‌آوری زیرساخت‌های لازم برای توسعه این فناوری مواجه است. این چالش‌ها ناشی از مجموعه‌ای از مشکلات ساختاری و محدودیت‌های موجود در کشور است. در ادامه، با استفاده از نتایج حاصل از مصاحبه‌های تخصصی با خبرگان حوزه، نقاط ضعف موجود شناسایی خواهند شد. سپس بر اساس این چالش‌ها، ساختار پیشنهادی برای حل این

در این خدمات، کاربران با مشکلاتی مواجه می‌شوند. این پراکندگی علاوه بر کاهش کارایی سیستم‌ها، هزینه‌های زیادی را برای کاربران و سازمان‌ها ایجاد می‌کند (مصاحبه‌شونده ۴، ۵، ۹، ۱۱). "خیلی از شرکت‌های هوش مصنوعی تو ایران خدمات مشابهی دارن، ولی کیفیت و نوع این خدمات خیلی فرق داره. به عبارتی، این خدمات رو نمی‌شه به راحتی با هم مقایسه کرد. این ابهام تو خدماتی که ارائه میشه، باعث می‌شه مشتری‌ها گیج بشن و انتخاب بهترین گزینه براشون سخت بشه (مصاحبه‌شونده ۴)".

تحریم‌های بین‌المللی، سبب دسترسی محدود به فناوری‌های پیشرفته و نرم‌افزارهای ضروری شده، همکاری‌های بین‌المللی را کاهش داده و تبادل دانش و تجربه را مختل می‌کند. علاوه بر این، شرایط اقتصادی ناشی از تحریم‌ها موجب مهاجرت متخصصان به خارج از کشور و کمبود نیروی انسانی متخصص در این حوزه می‌شود (مصاحبه‌شونده ۱۱، ۹، ۶، ۳). عدم وجود افراد با مهارت‌های لازم منجر به کاهش کیفیت پروژه‌ها و کندی در پیشرفت فناوری‌های زیرساختی می‌شود. این کمبود مانع از آموزش و انتقال دانش به نسل جدیدی از متخصصان می‌گردد و به کاهش رقابت‌پذیری کشور در بازار جهانی منجر می‌شود (مصاحبه‌شونده ۸، ۱، ۹). "تحریم‌ها در این زمینه بسیار تاثیرگذارن، از یک بعد دسترسی به داده‌های جهانی محدود است و از بعدی دیگر اجازه واردات بسیاری از قطعات و تراشه‌های ذخیره‌سازی را نداریم (مصاحبه‌شونده ۱۲)".

مشکلات ارائه شده است. در ادامه، جزئیات این ساختار و ویژگی‌های آن به‌طور مفصل شرح داده شده تا راهکارهای عملی برای بهبود وضعیت زیرساخت‌های هوش مصنوعی در کشور معرفی گردد.

۴-۱ چالش‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران

همان‌طور که گفته شد، زیرساخت‌های توسعه هوش مصنوعی در کشور با چالش‌های عمده روبه‌رو است. این چالش‌ها طیف وسیعی از موضوعات شامل کمبود منابع مالی تا تحریم‌های بین‌المللی را در برمی‌گیرد، جدول ۲ هشت چالش شناسایی‌شده تأثیرگذار، از تحلیل محتوای مصاحبه‌های صورت گرفته را نشان می‌دهد.

مشکلات مالی و سرمایه‌گذاری یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین چالش‌های بوم‌سازگان زیرساختی هوش مصنوعی در ایران است، ۷۵ درصد از مصاحبه‌شوندگان به این موضوع اشاره کرده‌اند، محدودیت‌های شدید منابع مالی در ایران باعث می‌شود که بسیاری از کسب‌وکارها و سازمان‌ها قادر به سرمایه‌گذاری‌های کلان در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی نباشند. این مسئله به‌ویژه برای کسب‌وکارهای کوچک و متوسط که در شرایط اقتصادی دشوار دست‌وپنجه نرم می‌کنند، مشکل‌ساز است (مصاحبه‌شونده ۴، ۵، ۷، ۱۲). از سویی پراکندگی و عدم هماهنگی در ارائه خدمات فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی یکی دیگر از مشکلات اکوسیستم هوش مصنوعی ایران است. بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف خدمات مشابهی را ارائه می‌دهند، اما به دلیل نبود یکپارچگی

جدول ۲) چالش‌های زیرساختی اکوسیستم هوش مصنوعی ایران (یافته‌های نویسندگان بر اساس مصاحبه با خبرگان)

ردیف	چالش شناسایی‌شده	مصاحبه‌شونده
۱	کمبود سرمایه‌گذاری دولتی در پروژه‌های زیرساختی	مصاحبه‌شونده ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۲
۲	دسترسی محدود به سرمایه‌گذاران خارجی	
۳	کمبود مشوق‌های مالی و مالیاتی برای شرکت‌های خصوصی سرمایه‌گذار	
۴	تحریم‌های بین‌المللی و عدم دسترسی به پردازنده‌های گرافیکی و مدل‌های هوش مصنوعی جهان	مصاحبه‌شونده ۶، ۹، ۱۱، ۱۳
۵	عدم وجود مراکز و پلتفرم‌های کلان داده و کمبود داده برای توسعه مدل‌های پایه هوش مصنوعی	مصاحبه‌شونده ۳، ۷
۶	سرعت و کیفیت پایین اینترنت و ساختار مخابراتی	مصاحبه‌شونده ۱، ۴، ۹
۷	پراکندگی خدمات	مصاحبه‌شونده ۱۱، ۱۲، ۵، ۶، ۳
۸	کمبود نیروی متخصص در زمینه هوش مصنوعی	مصاحبه‌شونده ۱، ۱۲، ۱۱، ۸، ۹

۴-۲ غلبه بر چالش‌های زیرساختی هوش مصنوعی متناسب با بافتار ایران

با توجه به چالش‌های مندرج در جدول ۲ و تجارب سایر کشورها، به نظر می‌رسد مدل‌های موفق کشورهای پیشرو نظیر آمریکا، چین و ژاپن، مامور کردن شرکت‌های خصوصی مانند آمازون وب سرویسز، علی بابا و... برای ایجاد زیرساخت‌های لازم توسعه هوش مصنوعی، به‌طور کامل در ایران قابل اجرا نیست زیرا توسعه آنها به سرمایه‌گذاری کلان از سوی بخش خصوصی و حمایت‌های قانونی از سوی دولت نیازمند است و در حال حاضر شرکت‌های خصوصی ایران حاضر به پذیرش این ریسک نمی‌باشند. در این شرایط، ایجاد اپراتورهایی از سوی دولت می‌تواند به‌عنوان یک راه حل مؤثر و کارآمد عمل نماید دولت با ایجاد یک ارائه‌دهنده خدمات می‌تواند پروژه‌های زیرساختی هوش مصنوعی را به‌صورت مشترک با بخش خصوصی یا به شکل نهادهای دولتی-خصوصی توسعه دهد. اپراتورها این امکان را فراهم می‌آورند که دولت بتواند منابع مالی را متمرکز کرده و از آنها برای تأسیس و تقویت پروژه‌های هوش مصنوعی استفاده کند. مثلاً دولت می‌تواند یک یا چند اپراتور دولتی را مسئول توسعه مراکز داده، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و پروژه‌های هوش مصنوعی کلیدی کند که به بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و تسریع در پیاده‌سازی هوش مصنوعی کمک کنند (مصاحبه‌شونده ۱، ۷، ۱۲، ۵).

این ساختار با ارائه خدمات ابری و زیرساخت‌های یکپارچه، امکان استفاده از ظرفیت‌های هوش مصنوعی را بدون نیاز به هزینه‌های بالا برای خرید و نگهداری تجهیزات فراهم می‌کند (مصاحبه‌شونده ۷، ۱۲). کشورهای درحال توسعه مانند هند، برزیل و آفریقای جنوبی نیز از این مدل برای تسهیل دسترسی به فناوری‌های نوین و ارتقاء ظرفیت‌های هوش مصنوعی استفاده کرده‌اند (مصاحبه‌شونده ۱۲، ۶، ۳ و ۷). "حب، کمبود سرمایه‌گذاری کلان چه تو بخش دولتی چه تو بخش خصوصی و کلاً کمبود بودجه خیلی از کسب‌وکارها رو اذیت می‌کنه و باعث می‌شه نتونن توی زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری کنند چون نیازمند سرمایه‌گذاری کلانیه. اما یک راه حل خوب می‌تونه ساختاری

باشه که خدمات ابری و زیرساخت‌های یکپارچه، به کسب‌وکارها ارائه می‌ده این امکان رو می‌ده که از ظرفیت‌های هوش مصنوعی استفاده کنن بدون اینکه هزینه‌های زیادی برای خرید و نگهداری تجهیزات بپردازند. کشورهای در حال توسعه مثل برزیل هم همین کار رو کردن و تونستن به کسب‌وکارهای کوچیک کمک کنن تا به فناوری‌های جدید دسترسی پیدا کنن، که این می‌تونه برای ما هم مفید باشه (مصاحبه‌شونده ۷).

همچنین با توجه به چالش پراکندگی ارائه خدمات در ایران، نهادهایی باید وظیفه تجمیع‌گری خدمات را بر عهده گیرند. تجمیع‌گران با گردآوری و یکپارچه‌سازی خدمات از شرکت‌ها و اپراتورهای مختلف، این امکان را فراهم می‌آورند که کاربران به راحتی به خدمات متنوع دسترسی پیدا کنند. این یکپارچگی و تجمیع می‌تواند به کاهش شکاف‌های فناورانه، تسهیل نوآوری و دسترسی آسان‌تر به فناوری‌ها کمک کند (مصاحبه‌شونده ۱۰ و ۴).

بنابراین می‌توان گفت ایجاد سازمان‌های اپراتوری و تجمیع‌گری در ایران می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی راهبردی در برابر چالش‌های اقتصادی و فناوری عمل کند. با توجه به ۶ سطح زیرساختی برای توسعه هوش مصنوعی (شکل ۱) و همچنین با توجه به چالش‌های شناسایی شده، چارچوب مفهومی زیرساخت‌های توسعه هوش مصنوعی در ایران به‌صورت شکل ۲ پیشنهاد می‌شود. در این شکل هر کدام از لایه‌های معرفی شده در قالب یک کارکرد برای سازمان‌های اپراتور، معرفی شده‌اند که در ادامه به بررسی آن و توضیح آن کارکرد می‌پردازیم، لازم به ذکر است در حوزه زیرساخت‌های سطح اول یعنی شبکه و تبادل داده با سرعت بالا، که شامل فیبر نوری و فناوری‌های مرتبط است، باید توجه داشت که این مسائل عمدتاً به بخش‌های مخابراتی و فناوری اطلاعات مربوط می‌شوند. شرکت‌های فعال در زمینه هوش مصنوعی، از جمله ای دلیو اس، ان‌وی دیا و سایر رقبای مشابه، به تولید زیرساخت‌های فیزیکی مانند فیبر نوری و تجهیزات شبکه 5G می‌پردازند. درواقع، مسئولیت طراحی و ساخت این نوع محصولات و خدمات بیشتر بر عهده اپراتورهای مخابراتی و تولیدکنندگان تخصصی تجهیزات شبکه قرار دارد. بنابراین ۵

سازی مدل‌های هوش مصنوعی مشکلات زیادی رو به همراه دارد، اگر جایی باشد که این خدمات رو بتوان شرکت‌ها بگیرن و شخصی‌سازی کنن خیلی میتونه برای اکوسیستم هوش مصنوعی کمک کننده باشه (مصاحبه‌شونده ۱).^۱ این زیرساخت‌ها به ۴ گروه تقسیم می‌شوند:

الف) سرویس‌ها و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی: این سرویس‌ها به سازمان‌ها اجازه می‌دهند تا بدون نیاز به دانش فنی عمیق، از قابلیت‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری کنند، سرویس‌های تحلیل نظرات مشتریان، شخصی‌سازی خدمات بر اساس علایق کاربر، پاسخگویی خودکار، کنترل و بازیابی محتوا در این دسته قرار می‌گیرند و بخشی از نیازهای سازمان‌ها را برطرف می‌نمایند (مصاحبه‌شونده ۱، ۷، ۵)

ب) پلتفرم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی: محیط‌ها، چارچوب‌ها و ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی‌اند که به مشتریان با دانش نسبی فنی اجازه می‌دهند تا مدل‌های هوش مصنوعی شخصی‌سازی‌تر شده‌ای، بر اساس نیازهای خود ایجاد کنند. پلتفرم‌های یادگیری عمیق، پردازش زبان طبیعی، بینایی رایانه‌ای در این دسته قرار می‌گیرند؛ همچنین در این قالب انواع نرم‌افزارها، فریم ورک‌ها و کتابخانه‌ها، نظیر آنچه در شرکت‌های خارجی ارائه می‌شود، برای توسعه و پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی ارائه خواهد شد (مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۱).

سطح زیرساختی که شامل زیرساخت‌های محاسباتی، مدیریت داده، مدل‌های پایه هوش مصنوعی، نرم‌افزار و چارچوب‌ها و برنامه‌های کاربردی است در قالب ۴ کارکرد سرویس‌ها و خدمات، پلتفرم‌های هوش مصنوعی، خدمات محاسباتی و خدمات داده برای اپراتورها دسته‌بندی خواهند شد (شکل ۲). در ادامه به بررسی هر کدام از کارکردهای ارائه‌شده خواهیم پرداخت، همچنین وضعیت شرکت‌های ایرانی در ارائه هر یک از این خدمات نیز بررسی خواهد شد.

۴-۳ ویژگی‌ها و کارکردهای اپراتورهای ارائه‌دهنده خدمات و پلتفرم‌های هوش مصنوعی

با توجه به رشد سریع حجم داده‌ها و پیچیدگی‌های مربوط به تحلیل آن‌ها، سازمان‌ها نیازمند سیستم‌ها و پلتفرم‌هایی هستند که بتوانند به سرعت و به‌طور مقیاس‌پذیر به این چالش‌ها پاسخ دهند و از فناوری‌های نوین بهره‌برداری کنند. از سویی، با توجه به رشد و گستردگی پلتفرم‌ها و خدمات هوش مصنوعی و ساده‌سازی کارها توسط این خدمات، شرکت‌ها احساس نیاز شدیدی برای بهره‌گیری از این خدمات دارند اما اغلب دانش ایجاد برای استفاده از آنان را ندارند، این زیرساخت‌ها به کسب‌وکارها، سازمان‌ها و افراد خاص کمک می‌کند تا بتوانند از مجموعه‌ی خدمات آماده استفاده مبتنی بر هوش مصنوعی بهره‌گیرند و مدل‌های هوش مصنوعی را توسعه و آموزش دهند و آن را در جهت کسب‌وکار خود به کار گیرند. " کمبود بودجه و دانش تخصصی برای پیاده

زیرساخت‌های تجمیع‌گری و اپراتورهای تجمیع‌گر هوش مصنوعی



زیرساخت‌های اپراتوری خدمات و پلتفرم‌های هوش مصنوعی

شکل ۲) کارکردهای اپراتورهای ارائه‌دهنده خدمت و تجمیع‌گر خدمات هوش مصنوعی (یافته‌های نویسندگان)

ج) خدمات محاسباتی و پردازشی: این دسته از خدمات شامل مجموعه‌ای از نرم‌افزارها مانند سرور و شبکه‌های مجازی‌اند که برای اجرای و پشتیبانی از فرایندهای محاسباتی و برنامه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی یک سازمان موردنیاز است (مصاحبه‌شونده ۱، ۷، ۱۲، ۱۱) طبعاً در این دسته‌بندی، طراحی و ساخت تراشه‌های گرافیکی قرار نمی‌گیرد، زیرا خود اپراتورها مصرف‌کننده این سخت‌افزارهای فیزیکی‌اند.

د) خدمات داده: این بخش ارائه‌دهنده کلیه خدمات ذخیره‌سازی و مدیریت داده است، این خدمات شامل زیرساخت‌های ذخیره‌سازی داده مانند Google Cloud Storage، پیش‌پردازش داده‌ها مانند AWS Glue، کاتالوگ داده‌ها مانند AWS Glue Data Catalog و پردازش توزیع‌شده داده‌ها مانند AWS EMR می‌باشند (مصاحبه‌شونده ۱، ۷)

در حال حاضر برخی از خدمات توسط نهادهای دولتی و برخی دیگر توسط شرکت‌های خصوصی ارائه می‌شوند؛ اما گروهی از خدمات، نه توسط بخش خصوصی و نه توسط دولت تأمین نمی‌شود. برای مثال در بخش پلتفرم‌های هوش مصنوعی و توسعه مدل‌های پایه‌ای، شرکت‌های ایرانی عمده‌تاً مدل‌های پایه‌ای که در کشورهای دیگر توسعه یافته‌اند را به کار می‌برند و خود به‌طور مستقل و بر اساس نیاز کشور اقدام به ایجاد مدل‌های نوین و پیشرفته‌ای در این حوزه نکرده‌اند. این در حالی است که در بخش خدمات داده، خدمات محاسباتی و سرویس‌های مبتنی بر هوش مصنوعی شرکت‌های خصوصی و سازمان‌های دولتی فعال در این حوزه وجود دارد. بر اساس یافته‌های نویسندگان؛ جدول ۳ نشان‌دهنده وضعیت ارائه هر یک از خدمات در ایران است. لازم به ذکر است، اسامی شرکت‌های هوش مصنوعی ذکر شده در جدول، از طریق جستجوی دقیق منابع معتبر اینترنتی، مقالات و گزارشات مربوطه به دست آمده‌است.

گفته شد که یکی از چالش‌های عمده در زمینه ارائه خدمات هوش مصنوعی، پراکندگی و تفرق در ارائه خدمات است. زمانی که کاربران نیازمند خدمات مختلف از منابع متعدد باشند، انتظار می‌رود به شرکت‌های مختلف مراجعه و فرآیندهای متعددی را نیز دنبال کنند. این روند موجب سردرگمی مشتریان و درنهایت تأثیر منفی بر تجربه استفاده

هم‌زمان از چند خدمت هوش مصنوعی خواهد داشت. برای مثال شرکتی که قصد دارد حجم بالایی از داده‌ها را ذخیره‌سازی و مدیریت کرده و سپس با استفاده از پردازش مبتنی بر GPU داده‌ها را تحلیل و در یکی از سرویس‌های خدماتی خود استفاده نماید، نیازمند مراجعه به چندین ارائه‌کننده خدمت است. در چنین شرایطی که عموماً شرکت‌ها با آن مواجه‌اند، فقدان یک اپراتور یا شرکت که بتواند تمام خدمات را با کیفیت بالایی عرضه کند به‌شدت احساس می‌شود، در آمریکا، کاربران به‌راحتی تمامی خدمات خود را به‌صورت یکپارچه از ای دبل‌یواس^۱ دریافت می‌نمایند.

۴-۴ ویژگی‌ها و کارکردهای اپراتورهای تجمیع‌گر خدمات

هوش مصنوعی

اپراتورهای تجمیع‌گر نقش حیاتی در تأمین زیرساخت‌های هوش مصنوعی دارند زیرا قادرند منابع و خدمات مختلف از چندین تأمین‌کننده را به‌صورت یک بسته یکپارچه ارائه دهند. این کار پیچیدگی‌های فنی و اجرایی برای شرکت‌ها و سازمان‌ها را کاهش داده و امکان می‌دهد که آن‌ها به‌راحتی به منابع ابری، محاسباتی و ذخیره‌سازی داده‌ها دسترسی پیدا کنند. در این راستا، اپراتورها می‌توانند سرویس‌های مختلفی مثل پردازش داده‌ها، یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها را در یک پکیج جامع ارائه دهند. تجمیع و تأمین این زیرساخت‌ها توسط اپراتورهای تجمیع‌گر هوش مصنوعی، فرآیند اخذ خدمت را به شکل قابل‌توجهی تسهیل و تسریع می‌بخشد. از سویی این اقدام سبب سهولت در انتخاب و اخذ دقیق خدمت خواهد شد و هزینه‌ها را در مقایسه با دریافت جداگانه هر یک از خدمات کاهش می‌دهد (مصاحبه‌شونده ۵، ۱۱، ۴).

"اگر یک شرکت واسط وجود داشته باشد که بهترین سرویس ذخیره‌سازی رو از ابر آروان بگیره، بهترین مدل‌هارو از فناپ بگیره اینارو به‌صورت یک بسته بده به یک صنعتی مثل خودروسازی یا اصلاً به یک استارت‌آپ، حالا بسته به نیاز و بودجه هر شرکت، خیلی بهتره تا خود شرکت بخواد دونه دونه اینارو از یک ارائه‌دهنده بگیره (مصاحبه‌شونده ۱۱)".

¹ AWS

جدول ۳) وضعیت ارائه هر یک از خدمات (بر اساس یافته‌های نویسندگان)

زیرساخت‌های اپراتوری خدمات و پلتفرم‌های هوش مصنوعی				نام شرکت
خدمات داده هوش مصنوعی	خدمات محاسباتی / پردازشی هوش مصنوعی	پلتفرم‌های هوش مصنوعی	سرویس‌ها و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی	
✓	✓			ابراوان
✓	✓		✓	آروان کلاد
			✓	فناپ
✓	✓			شاهکار نوآوری جاوید شرق (گرین پلاس)
✓	✓			عصر داده‌های آسیاتک
✓	✓			مبین نت
✓	✓	✓	✓	آرمان رایان شریف
✓				پردازش هوشمند البرز
✓		✓	✓	داده‌کاوی سحاب
✓	✓			افرانت
✓	✓			راهکارهای آینده ایران زمین (ایبرزس)
			✓	دیتامون
			✓	سخن
			✓	عامراندیش هوشمند
✓				مهیمن (ابریمنت)
✓	✓			پارس پروا (پارس پک)
			✓	نوژان
			✓	عصرگوش پرداز
✓	✓			نواوران شبکه سبز (هاست ایران)
✓	✓		✓	گرین وب
			✓	هوشمند نور
✓	✓			ابردراک
✓	✓			مرکز پردازش امیرکبیر
			✓	هولدینگ هوش مصنوعی ویراسنس
			✓	رایاصدر
✓	✓			ابرامد
✓	✓			ابر آراز
✓				ابر سیگما
✓	✓			ایران سرور
✓	✓			ابر فردوسی
			✓	مرکز تحقیقات هوش مصنوعی پارت
✓	✓			توسعه ارتباطات هوشمند تبیان
✓	✓			ماهان کلود
✓	✓			پادیز داده رسان (ابرنیک)
✓	✓			داده گستر عصر نوین (های وب)
✓	✓			قاصدان فناوری هوشمند (لیمو)
✓	✓			رایانش ابری اوید
✓	✓			زیرساخت ابر دماوند
✓	✓			اقیانوس دیجیتال سانا

ترکیب کنند و آن‌ها را در یک پکیج واحد به شرکت‌ها ارائه دهند. شرکت‌ها، به‌ویژه استارت‌آپ‌ها و کسب‌وکارهای کوچک‌تر، با استفاده از این خدمات تجمع‌شده، قادر خواهند بود سریع‌تر به زیرساخت‌های پیشرفته هوش مصنوعی

برای مثال، اپراتورهای تجمع‌گر می‌توانند از خدمات مختلف ابری مانند پردازش ابری^۱ یا هوش مصنوعی به‌عنوان خدمت^۲

^۱ Cloud Computing

^۲ AI-as-a-Service

دسترسی پیدا کنند و تمرکز خود را روی توسعه محصول و نوآوری بگذارند، بدون اینکه نیازی به سرمایه‌گذاری‌های کلان یا مدیریت پیچیده زیرساخت‌های مختلف داشته باشند این زیرساخت‌ها به دو گروه پلتفرم‌های یکپارچه و راه‌حل‌های هوش مصنوعی ترکیبی تقسیم می‌شوند:

الف. پلتفرم‌های یکپارچه هوش مصنوعی: شرکت‌ها با تجمیع زیرساخت‌های آزمایشگاهی، داده، محاسباتی و... در بخش‌های دانشگاهی، دولتی و خصوصی می‌توانند نیاز مشتری را در قالب یک خدمت واحد ارائه دهند، مثلاً برای ایجاد پل ارتباطی میان صنعت و دانشگاه و یافتن پایان‌نامه‌های مرتبط با نیازهای بازار، به یک سامانه شناسایی و تحلیل داده‌های دانشگاهی (که در آن موضوعات پایان‌نامه مشخص شود) و داده‌های سطح بازار (که نیازهای بازار را مشخص کند) نیازمندیم، زیرساخت‌های راه‌اندازی این سامانه می‌تواند به‌صورت یک بسته تحلیل محتوا توسط یک شرکت یا اپراتور در اختیار دانشگاه و صنعت قرار گیرد (مصاحبه‌شونده ۱۱، ۴). "از بزرگترین معضلات ما تو بخش هوش مصنوعی داده است، هوش مصنوعی نیاز به یک سامانه جامع داده تو هر بخش دارد، مثلاً در بخش پیوند صنعت و دانشگاه خیلی مفید می‌تواند باشد (مصاحبه‌شونده ۴)".

ب. راه‌حل‌های هوش مصنوعی ترکیبی: تمامی زیرساخت‌های اشاره‌شده در بخش اپراتوری می‌تواند به‌صورت یک راه‌حل شخصی‌سازی‌شده در اختیار یک شرکت یا سازمان قرار گیرند، شرکت‌های تجمیع‌گر می‌توانند تمامی این خدمات و زیرساخت‌ها را خود تأمین کنند و یا بر اساس میزان کیفیت و هزینه درخواستی، برخی از این زیرساخت‌ها توسط شرکت‌های خصوصی و یا سازمان‌های دولتی تأمین شوند و برخی دیگر توسط شرکت اصلی، همچنین شرکت‌ها می‌توانند فقط نقش تجمیع‌گری را داشته باشند و خود هیچ خدمتی ارائه ندهند. این شرکت‌ها با دسترسی به منابع خصوصی و دولتی می‌توانند بهترین پکیج را برای ارائه یک خدمت به مشتری داشته باشند، نکته مهم در خصوص این شرکت‌ها، پشتیبانی از تمامی خدمات است. برای مثال فرض کنید پلیس می‌خواهد در هر لحظه چهره‌های شهروندان را شناسایی کند، این کار به یک زیرساخت

ذخیره‌سازی قوی نظیر چند ابرایانه، تعداد زیادی زیرساخت‌های پردازشی نظیر پردازنده‌های گرافیکی و مدل‌ها و پلتفرم‌های بینایی ماشین نیاز دارد، شرکتی می‌تواند تمامی این خدمات را از مؤسسات گوناگون جمع‌آوری کرده و در اختیار پلیس قرار دهد، چنانچه در ارائه و عملکرد هر کدام از زیرساخت‌ها مشکلی به وجد آید، شرکت تجمیع‌گر پاسخگو و مسئول رفع مشکل است نه شرکت ارائه‌دهنده زیرساخت (مصاحبه‌شونده ۹، ۶، ۱۱) "مثلاً شما فکر کن پلیس بخواد یک سیستم نظارتی بذاره برای شناسایی دزدای تلفن همراه، خب این پردازشگر قوی میخواد یک ذخیره‌ساز داده خوب میخواد یک مدل کامپیوتر وین میخواد و غیره، همه اینارو یک شرکتی بیاد باهم ترکیب کنه خیلی به صرفه‌تره برای یک اداره دولتی مثل پلیس که حوصله گشتن و انتخاب و این داستان‌ها رو نداره قطعاً (مصاحبه‌شونده ۶)"

برخی از این خدمات در شرکت‌های بین‌المللی ارائه می‌شود. مایکروسافت آژور به‌عنوان یک پلتفرم ابری، خدمات متنوعی را به‌عنوان تجمیع‌گر ارائه می‌دهد. برای مثال آژور دیتا فکتوری^۱ سرویس جامعی برای طراحی، ذخیره و مدیریت داده‌هاست و هر دو نقش خدمات داده و خدمات پردازشی رو به‌صورت یک پکیج ارائه می‌دهد، همچنین این شرکت پلتفرم‌های بینایی ماشین را با خدمات ذخیره‌سازی و پردازشی داده ادغام کرده و در اختیار شرکت‌ها قرار داده است.

به‌صورت کلی اپراتورها می‌توانند نقش تجمیع‌گر را نیز ایفا کنند و خدمات خود را به‌صورت یک پکیج به مشتری ارائه دهند همچنین شرکت‌های دیگر نیز می‌توانند تنها نقش تجمیع‌گر داشته باشند یعنی درحالی‌که خود خدماتی ارائه نمی‌دهند یا توانایی تأمین همه خدمات را ندارند اما می‌توانند با کنار هم قرار دادن بهترین سرویس‌ها و خدمات یک از شرکت‌های دیگر یک پکیج مناسب را فراهم کنند، برای مثال شرکت کلودبات^۲، فلوکسرا^۳، اسکالر^۴ با همکاری چند شرکت اپراتوری مانند مایکروسافت آژور، ای دبیو اس و ... خدمات تجمیع‌گری به مشتریان خود ارائه می‌دهند. در ایران نیز برخی

¹ Azure data factory

² Cloudbot

³ Flexera

⁴ Scalr

وجود نداشته و ارتباطی میان شرکت‌های ارائه‌دهنده برای تجمیع خدمات ایجاد نشده است. در چنین شرایطی و با توجه به تجارب هند و برزیل، نقش دولت برای تشکیل و یا سامان‌دهی شرکت‌ها و خدمات پررنگ‌تر خواهد شد.

بر اساس یافته‌های مقاله حاضر، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به بررسی تأثیر سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی بر توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی و شناسایی سازوکارهای تقویت این زیرساخت‌ها، توسعه همکاری‌های بین‌المللی در زمینه خدمات هوش مصنوعی بپردازند.

تعارض منافع

نویسندگان تعهد می‌کنند که هیچ تعارض منافی در این مقاله وجود نداشته‌است.

از شرکت‌ها خدمات تجمیع‌گری از نوع راه‌حل‌های ترکیبی درون شرکتی ارائه می‌دهند، اما تعداد این شرکت‌ها بسیار کم است، فناپ و ابرآروان از مهم‌ترین این شرکت‌ها محسوب می‌شوند، بر اساس یافته‌های نویسندگان؛ جدول ۴ نشان‌دهنده وضعیت ارائه هر یک از خدمات در ایران است.

جدول ۴) وضعیت ارائه هر یک از خدمات در ایران

زیرساخت	وضعیت ارائه در ایران	مثال‌هایی از شرکت/سازمان ارائه‌دهنده در ایران
راه‌حل‌های هوش مصنوعی ترکیبی	✓	سازمان دولتی: - سازمان خصوصی: ابرآروان، فناپ
پلتفرم‌های یکپارچه	×	

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت روزافزون هوش مصنوعی و ضعف زیرساخت‌های موردنیاز برای توسعه آن در کشور، این مقاله به بررسی سطوح زیرساخت‌ها و چگونگی تأمین آنان در کشورهای دیگر پرداخت و چارچوب اولیه‌ای شکل گرفت، در مرحله دوم مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته‌ای با ۱۲ خبره داخلی انجام شد، تحلیل محتوای مصاحبه‌ها همراه با بهره‌گیری از تجارب بین‌المللی، منجر به اصلاح و تکمیل چارچوب اولیه شد، دو پیشنهاد برای ارائه سطوح زیرساختی هوش مصنوعی مطرح گردید: اپراتوری خدمات (شامل ۴ دسته سرویس‌ها و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی، پلتفرم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، خدمات محاسباتی و پردازشی و خدمات داده) و زیرساخت‌های تجمیع‌گری (شامل دو زیرگروه پلتفرم‌های یکپارچه هوش مصنوعی و راه‌حل‌های هوش مصنوعی ترکیبی). هرکدام از این زیرگروه‌ها به تأمین خدمتی از سطوح شش گانه زیرساخت می‌پردازد. لازم به ذکر است سطح تأمین زیرساخت‌های تبادل شبکه به دلیل قرارگیری در دسته‌بندی زیرساخت‌های مخبراتی حذف شد. برخی از این زیرگروه‌ها مانند خدمات داده در ایران وجود دارند اما باید با حمایت دولت تقویت شوند ولی برخی دیگر مانند مدل‌های پایه‌ای هوش مصنوعی در ایران ارائه نمی‌شود. خدمات تجمیع‌گری نیز در ایران

References

- [1] Yao, K. Y. E., Wang, E. Y., Lei, X., & Xu, B. (2024). **Industrial Applications of Artificial Intelligence Technologies and Their Socio-economic Impacts**. *Advances in Economics and Management Research*, 11(1), 184-184. DOI: <https://doi.org/10.56028/aemr.11.1.184.2024>
- [2] Kalinaki, K., Fahadi, M., Alli, A. A., Shafik, W., Yasin, M., & Mutwalibi, N. (2023). **Artificial Intelligence of Internet of Medical Things (AIoMT) in smart cities: a review of cybersecurity for smart healthcare**. *Handbook of security and privacy of ai-enabled healthcare systems and internet of medical things*, 271-292.
- [3] McMillan, L., & Varga, L. (2022). **A review of the use of artificial intelligence methods in infrastructure systems**. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 116, 105472. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105472>
- [4] Okem, E. S., Ukpoju, E. A., David, A. B., & Olurin, J. O. (2023). **Advancing infrastructure in developing nations: a synthesis of AI integration strategies for smart pavement engineering**. *Engineering Science & Technology Journal*, 4(6), 533-554. DOI: <https://doi.org/10.51594/estj.v4i6.679>
- [5] Kanaani, F., Rasoulia, P., Hafezi, R., & Ahangari, S. S. (2023). **Analysis of the artificial intelligence ecosystem in Iran and identifying institutional and functional gaps**. *Journal of Science and Technology Policy*, 16(2), 59-77. {In Persian} DOI: <https://doi.org/10.22034/jstp.2023.11303.1648>.
- [6] Mishra, P. (2023). **AWS Billing and Pricing**. In *Cloud Computing with AWS: Everything You Need to Know to be an AWS Cloud Practitioner* (pp. 299-311). Berkeley, CA: Apress.
- [7] Ahmad, S. , Ahmadi, A. M. , Abedinzadeh, Z. , Fatemi, F. , Roknadini, F. , Mirzaei, M. , Nazifkar, M. ,

- locked into an unsustainable future. *Sustainability*, 14(8), 4829.
- [19] Karaaslan, E., Bagci, U., & Catbas, F. N. (2019). **Artificial intelligence assisted infrastructure assessment using mixed reality systems.** *Transportation Research Record*, 2673(12), 413-424. Doi: <https://doi.org/10.1177/0361198119839988>
- [20] Pan, J., Cai, L., Yan, S., & Shen, X. S. (2021). **Network for AI and AI for network: Challenges and opportunities for learning-oriented networks.** *IEEE Network*, 35(6), 270-277. Doi: <https://doi.org/10.1109/MNET.101.2100118>
- [21] Abouelyazid, M., & Xiang, C. (2019). **Architectures for AI Integration in Next-Generation Cloud Infrastructure, Development, Security, and Management.** *International Journal of Information and Cybersecurity*, 3(1), 1-19.
- [22] Torres, A. R., & Montoya, L. N. (2024). **AI Thrust: Ranking Emerging Powers for Tech Startup Investment in Latin America.** *arXiv preprint arXiv:2401.09056*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.09056>
- [23] Mishra, A. (2024). Scalable AI Infrastructure and Architecture. In *Scalable AI and Design Patterns: Design, Develop, and Deploy Scalable AI Solutions* (pp. 61-74). Berkeley, CA: Apress.
- [24] Starodubova, A. A., & Iskhakova, D. D. (2024). **rrratggss of tee oonntâââââ™ innovative activity in development of intelligent systems.** *Russian Journal of Industrial Economics*. Doi: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-3-1234>
- [25] Modiba, M., Ngulube, P., & Marutha, N. (2022). **Infrastructure for the implementation of artificial intelligence to support records management at the Council for Scientific and Industrial Research in South Africa.** *ESARBICA Journal: Journal of the Eastern and Southern Africa Regional Branch of the International Council on Archives*, 41, 159-171.
- [26] Callaghan, M. (2023). **Cloud Computing for Metagenomics: Building a Personalized Computational Platform for Pipeline Analyses.** In *Metagenomic Data Analysis* (pp. 261-279). New York, NY: Springer US. Doi: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3072-3_13
- [27] Hajkowicz, S. A. (2024). **Artificial intelligence foundation models: Industry enablement, productivity growth, policy levers and sovereign capability considerations for Australia.**
- [28] Annam, S. R. K. K., Jupalle, H., Kouser, S., Nadikattu, R. R., & Whig, P. (2022). **ICT for Identifying Safe Infrastructure to Prevent Accident Using the Application of AI.** In *Proceedings of Third Doctoral Symposium on Computational Intelligence: DoSCI 2022* (pp. 771-781). Singapore: Springer Nature Singapore. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-3148-2_66
- [29] Mervis, J. (2021). **US law sets stage for boost to artificial intelligence research.** *Science*. (371)6525. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.371.6525.112>
- [30] Dubey, P., Tiwari, A. K., & Raja, R. (2023). **Amazon Web Services: the Definitive Guide for** khajepoor, B. , Fatemi, H. and Miremadi, S. I. (2024). **Generative artificial intelligence.** *Journal of Science and Technology Policy*, 17(0), 1-100. {In Persian}
- [8] Salajegheh, M. (2020). **Investigation and the Role of Cloud Computing in Knowledge-based Companies in Iran.** *Roshd-e-Fanavari*, 2(62), 60. {In Persian}. DOI: <https://dori.net/dor/20.1001.1.17355486.1399.16.62.3.4>.
- [9] Fallahi, A., Faraji, A., & Gharibi, A. (2021). **Analysis of Key Barriers to the Use of the Internet of Things in Iranian Smart Cities (Structural Analysis Method).** *Business Intelligence Management Studies*, 10(38), 137-171. DOI: <https://doi.org/10.22054/ims.2021.63159.2037>. {In Persian}
- [10] Parsaeefard, S., Tabrizian, I., & Leon-Garcia, A. (2019). **Artificial intelligence as a service (AI-aaS) on software-defined infrastructure.** In *2019 IEEE conference on standards for communications and networking (CSCN)* (pp. 1-7). IEEE. {In Persian}. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSCN.2019.8931372>.
- [11] Raghav, Y. Y., & Vyas, V. **Leveraging cloud computing for efficient AI-based data-driven systems.** In *Artificial Intelligence and Internet of Things based Augmented Trends for Data Driven Systems* (pp. 55-70). CRC Press. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003497318-4/leveraging-cloud-computing-efficient-ai-based-data-driven-systems-yogita-yashveer-raghav-vaibhav-vyas>
- [12] Pan, B., & Liang, K. (2011, June). **An aggregation search engine based On RESTful Web services and Mashup.** In *2011 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering* (Vol. 3, pp. 142-146). IEEE. Doi: <https://doi.org/10.1109/CSAE.2011.5952652>
- [13] Burgin, M., & Dodig-Crnkovic, G. (2020). **Prolegomena to an Operator Theory of Computation.** *Information*, 11(7), 349. Doi: <https://doi.org/10.3390/info11070349>
- [14] Wendehorst, C. (2023, July). **Product Liability or Operator Liability for AI-What is the Best Way Forward?.** In *Liability for AI* (pp. 99-128). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Doi: <https://doi.org/10.5771/9783748942030>
- [15] Wu, B., Xu, J., Zhang, Y., Liu, B., Gong, Y., & Huang, J. (2024). **Integration of computer networks and artificial neural networks for an AI-based network operator.** *arXiv preprint arXiv:2407.01541*. Doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.01541>
- [16] Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). **Machine learning: Trends, perspectives, and prospects.** *Science*, 349(6245), 255-260. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- [17] Villani, C., Bonnet, Y., & Rondepierre, B. (2018). **For a meaningful artificial intelligence: Towards a French and European strategy.** *Conseil national du numérique*.
- [18] Robbins, S., & van Wynsberghe, A. (2022). **Our new artificial intelligence infrastructure: becoming**

Computing. Information & Management, 56(3), 343-355. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.im.2018.07.008>

[36] Dmitrienko, A., Lipovenko, M., Gostilovich, A., Kolosov, A., & Ming, L. (2023). Development strategies of high-tech companies in China: Huawei and Tencent. *Nexo Revista Científica*, 36(02), 176-187.

[37] Yang, Y., Yang, D., Xu, Y., Wang, L., Huang, Y., Li, X., & Liu, X. (2019). **AI and retinal image analysis at Baidu**. In *Computational retinal image analysis* (pp. 405-427). Academic Press. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102816-2.00020-4>

[38] Santos, R. S., & Qin, L. (2019). **Risk capital and emerging technologies: innovation and investment patterns based on artificial intelligence patent data analysis**. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(4), 189. Doi: <https://doi.org/10.3390/jrfm12040189>

[39] Barsha, S., & Munshi, S. A. (2023). **Implementing artificial intelligence in library services: a review of current prospects and challenges of developing countries**. *Library Hi Tech News*, 41(1), 7-10. Doi: <https://doi.org/10.1108/LHTN-07-2023-0126>

[40] Agrawal, U., & Jain, D. M. (2023). Technical analysis of Tata consultancy services ltd. And Larsen & toubro infotech ltd. *Journal of Production, Operations Management and Economics*, 33, 1-19. Doi: <https://doi.org/10.55529/jpome.33.1.19>

Beginners and Advanced Users. Bentham Science Publishers.

[31] Kingsley, M. S. (2023). **Microsoft Azure**. In *Cloud Technologies and Services: Theoretical Concepts and Practical Applications* (pp. 127-141). Cham: Springer International Publishing. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-33669-0_7

[32] Sukhdeve, S. R., & Sukhdeve, S. S. (2023). **Big Data and Machine Learning**. In *Google Cloud Platform for Data Science: A Crash Course on Big Data, Machine Learning, and Data Analytics Services* (pp. 35-119). Berkeley, CA: Apress. Doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9688-2_3

[33] Jyoti, R., & Szurley, M. (2021). **The Business Value of IBM AI-Powered Automation Solutions**. In IDC. available at: https://whitepaperseries.com/wp-content/uploads/2023/01/IDC_-The-Business-Value-of-Using-IBM-AI-Powered-Automation-Solutions.pdf

[34] Allen, G. C. (2019). **Understanding China's AI strategy: Clues to Chinese strategic thinking on artificial intelligence and national security**. Available at: http://www.globalhha.com/doclib/data/upload/doc_con/5e50c522eeb91.pdf

[35] Zhang, G., & Ravishankar, M. N. (2019). **Exploring vendor capabilities in the cloud environment: A case study of Alibaba Cloud**