


Analysis of the Artificial Intelligence Ecosystem in Iran and Identifying Institutional and Functional Gaps

Fatemeh Kanaani¹*, Parisa Rasoulia², Reza Hafezi³, Saiedeh Sadat Ahangari²

1- Assistant Professor, Technology Studies Institute, Tehran, Iran. (Corresponding Author: kanani@tsi.ir)

2- Researcher in Technology Studies Institute, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, National Research Institute for Science Policy, Tehran, Iran.

Abstract

Artificial intelligence will be one of the main drivers of human life at least in the next decade. Therefore, many governments are striving to plan and utilize the benefits of this technology. To this end, one of the focus areas has been the analysis of ecosystems and providing the groundwork for the development of this technology and wealth creation. However, research findings show that the artificial intelligence ecosystem in the country has not yet taken shape in the true sense, and it is in the early stages of formation, in terms of maturity. There is still no relative consensus among actors for dividing tasks and missions.

In this article, using qualitative research methods and based on library studies, structured interviews, and expert panels, the country's artificial intelligence ecosystem has been analyzed, and a proposed model for redesigning it has been mapped out. The proposed model consists of 16 functions and seven main actor groups that must interact with each other. In the proposed model, there are gaps in institutions that currently do not exist or have not played a significant role, which include: governance gap, awareness-raising gap, standardization gap, ethical institution gap, innovation development gap, data governance gap, consortia, business cluster gaps, and the network institution gap.

In addition to these, in some of the functions, institutions or organizations have been considered for them, but for various reasons, the desired and suitable output for advancing that function is not seen in the artificial intelligence ecosystem. These functional weaknesses are mainly related to monitoring, research and development, technical infrastructure provision, and the provision of other technical services.

Keywords: Ecosystem, Artificial Intelligence, Technology Development Requirements, Science and Technology Policymaking, National Plan, Institutional Analysis.

How to Cite this Paper:

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 & Technology Policy*, 16 (2). 59-77. {In Persian}.

DOI: 10.22034/jstp.2023.11303.1648



تحلیل بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران و شناسایی خلاءهای نهادی و کارکردی آن

فاطمه کنعانی^{۱*}، پرینا رسولیان^۲، رضا حافظی^۳، سعیده‌السادات آهنگری^۴

۱- عضو هیئت علمی پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران، ایران.

(نویسنده عهده‌دار مکاتبات: kanani@tsi.ir)

۲- پژوهشگر پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران، ایران.

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران.

چکیده

هوش مصنوعی، یکی از پیشران‌های اصلی زندگی بشر حداقل در دهه آینده خواهد بود. از این رو بسیاری از دولت‌ها در صدد برنامه‌ریزی و استفاده از مزایای این فناوری برآمده‌اند که یکی از موضوعات مورد توجه، تحلیل بوم‌سازگان، و فراهم‌سازی زمینه توسعه این فناوری و تولید ثروت بوده است. در این مقاله، با استفاده از روش تحقیق کیفی و به استناد مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه ساختاریافته و پنل خبرگی، سعی شده است بوم‌سازگان هوش مصنوعی کشور تحلیل، و الگوی پیشنهادی برای بازطراحی آن نگاشت شود. الگوی پیشنهادی، شامل ۱۶ کارکرد و هفت گروه بازیگر اصلی است که باید با یکدیگر در تعامل باشند. در الگوی مذکور، خلاء نهادهایی که در حال حاضر، یا وجود ندارند یا ایفای نقش ویژه‌ای نداشته‌اند، به چشم می‌آید که عبارت اند از: خلاء نهاد راهبری، خلاء آگاهی‌بخش، خلاء استانداردها، خلاء نهاد اخلاقی، خلاء توسعه نوآوری، خلاء نهاد حکمرانی داده، خلاء کنسرسیوم‌ها و خوشه‌های کسب‌وکار و نهایتاً خلاء نهاد شبکه‌ساز. علاوه بر این، در برخی از کارکردها، نهاد و یا سازمان‌هایی برای آن نقش در نظر گرفته شده‌اند، اما به علل مختلف، خروجی مطلوب و مناسب برای پیشبرد آن کارکرد در بوم‌سازگان دیده نمی‌شود. این ضعف‌های کارکردی عمدتاً مرتبط با نظارت، تحقیق و توسعه، تأمین زیرساخت فنی و ارائه سایر خدمات فنی است.

کلیدواژه‌ها: بوم‌سازگان، هوش مصنوعی، زیست‌بوم، الزامات توسعه فناوری، سیاست‌گذاری علم و فناوری، برنامه ملی.

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

کنعانی، فاطمه، رسولیان، پرینا، حافظی، رضا، آهنگری، سعیده‌السادات. (۱۴۰۲). تحلیل بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران و شناسایی خلاءهای نهادی و

کارکردی آن. *سیاست علم و فناوری*، ۱۶(۲)، ۵۹-۷۷.

DOI: 10.22034/jstp.2023.11303.1648



۱- مقدمه

یکی از کلان‌روندهای مهم جهانی، هوش مصنوعی است که شکل‌دهنده زندگی بشر در ده سال آینده خواهد بود [۱]. براساس پیمایش انجام شده در کشورهای کره جنوبی، امریکا، آلمان، انگلستان، فرانسه و ژاپن، هوش مصنوعی، می‌تواند نرخ رشد سالانه اقتصادی را تا سال ۲۰۳۵ (نسبت به سال پایه ۲۰۱۷)، به میزان دو برابر افزایش دهد [۲]، همچنین پیش‌بینی شده که فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند ظرفیتی جدید برای افزایش بهره‌وری در اختیار اقتصاد کشورها قرار داده [۳] و تولید ناخالص داخلی جهانی را تا ۱۵.۷ تریلیون دلار (به میزان ۱۴ درصد) تا سال ۲۰۳۰، افزایش دهند [۴].

هم‌اکنون این فناوری در بسیاری از بخش‌ها و صنایع بکار گرفته شده و در وجوه مختلف زندگی بشر، از دنیای مُد، سلامت و بهداشت، کشاورزی، انرژی و... گرفته تا زندگی روزمره را تحت تأثیر قرار داده است. شاید همین دامنه گسترده از کاربردهای این فناوری است که آن را از سایر فناوری‌های نوظهور، متمایز می‌کند. به زبان دیگر، هوش مصنوعی، انقلابی نوین در جهان ایجاد کرده و به تبع آن موج جدیدی از سیاست‌های جهانی و ملی را به همراه داشته است و در حال حاضر، کشورهایی که سودای ابرقدرت شدن را در سر دارند، راهبرد ملی هوش مصنوعی خود را با هدف افزایش قابلیت‌ها از طریق سرمایه‌گذاری، به خدمت گرفتن و توسعه استعدادها، ایجاد انگیزه و مدیریت ریسک، تدوین کرده‌اند و با توجه به اهمیت هوش مصنوعی در نسل بعدی فناوری‌ها، دولت‌مردان تلاش می‌کنند که سهم بیشتری از دستاوردهای آن داشته باشند [۵]. همچنین برای عقب نماندن از این تحولات و به خدمت گرفتن آن به طریقی که جوانب منفی آن را کنترل و مدیریت کرده و به حداقل برسانند، با یکدیگر رقابت دارند. این موضوع تنها به قدرت‌های جهانی محدود نشده و سایر ملل نیز ناگزیر از گذار و آمادگی برای مواجهه با این موج فناوری هستند [۶].

برای این منظور، بسترسازی و فراهم‌آوردن زمینه‌ای مستعد برای رشد این فناوری، بسیار حائز اهمیت است. چرا که هیچ فناوری‌ای در خلاء رشد نخواهد کرد. در منابع فناوری و نوآوری، این بستر، همان بوم‌سازگان است که از مجموعه‌ای از بازیگران تشکیل شده است که با ساز و کار مشخصی، با یکدیگر در ارتباط بوده و کنش و برهم کنش دارند و به ایجاد و تخصیص ارزش می‌پردازند. در مفهوم بوم‌سازگان، تأکید بر ارزشی است که فراتر از ارزش تک تک سازمان‌های زیرمجموعه ایجاد می‌شود.

در این مقاله به دنبال پاسخگویی به این سؤال اساسی هستیم که بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران از چه اجزایی تشکیل شده است و برای رسیدن به حالت مطلوب، چه خلاء‌های نهادی و کارکردی وجود دارد؟

۲- مبانی نظری

۲-۱ هوش مصنوعی

برای هوش مصنوعی تعاریف متعددی ارائه شده که در ادامه به توصیف برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود. طبق سند راهبرد هوش مصنوعی وزارت دفاع امریکا، هوش مصنوعی به توانایی ماشینی برای انجام کارهایی اشاره دارد که معمولاً به هوش انسان نیاز دارند؛ فعالیت‌هایی همچون: شناسایی الگوها، یادگیری تجربیات مشابه، نتیجه‌گیری از مسائل، پیش‌بینی و... در همین سند، اشاره شده که هوش مصنوعی مجموعه‌ای از فناوری‌ها و فنون مرتبط است که می‌تواند برای تکمیل رویکردهای سنتی، از تحلیل هوش انسانی استفاده کند [۷].

اتحادیه بین‌المللی مخابرات^۱، هوش مصنوعی را به عنوان توانایی رایانه یا سامانه رباتیک مجهز به رایانه برای پردازش اطلاعات و تولید نتایج به روشی مشابه روند تفکر انسان در یادگیری، تصمیم‌گیری و حل مسائل تعریف کرده است. بر این اساس، هدف هوش مصنوعی توسعه سامانه‌هایی است

^۱ International Telecommunication Union (ITU)

که بتوانند مسائل پیچیده را از راه‌های مشابه منطبق و استدلال انسانی حل نمایند [۸].

طبق سند کمیسیون اروپا، سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به سیستم‌هایی گفته می‌شود که با تحلیل محیط، رفتاری هوشمندانه را به نمایش می‌گذارند و اقداماتی با درجات خاصی از استقلال را برای دستیابی به اهداف مشخص انجام می‌دهند. این سیستم‌ها می‌توانند کاملاً مبتنی بر نرم‌افزار باشند و در دنیای مجازی اقدامات مربوطه را انجام دهند و یا در دستگاه‌های سخت‌افزاری تعبیه شود [۹].

در جمع‌بندی تعاریف ارائه شده، می‌توان گفت که هوش مصنوعی، هوشی است که توسط ماشین بروز می‌یابد و اغلب برای توصیف ماشین‌هایی به کار می‌رود که عملکردهای شناختی انسان مانند یادگیری، درک، استدلال یا حل مسئله، شناسایی الگوها و پیش‌بینی را تقلید می‌کنند.

۲-۲ بوم‌سازگان

بخش عمده‌ای از مفاهیم بوم‌سازگان در حوزه علوم اجتماعی و انسانی از منابع بوم‌سازگان‌های زنده و علوم زیستی نشأت گرفته‌اند. در علوم طبیعی، هرچه شرایط یک بوم‌سازگان مناسب‌تر باشد، کیفیت حیات و رشد جانداران در آن بوم‌سازگان مناسب‌تر خواهد بود.

بوم‌سازگان، مفهومی گسترده‌تر از شبکه است. در ادبیات شبکه، تمرکز اصلی بر تعامل میان اعضای شبکه است، در حالی که در مطالعات بوم‌سازگان بر نقش‌هایی که هر عضو ایفا کرده و راهبردهایی که دنبال می‌کند، نیز توجه می‌شود [۱۰]. همچنین وابستگی‌های متقابل بازیگران، مشخصه کلیدی بوم‌سازگان است که آن را از سایر بخش‌ها و شبکه‌های تأمین متمایز می‌کند. هنگامی که یک بازیگر جدید به شبکه وارد می‌شود، ارزش شبکه برای دیگر بازیگران نیز افزایش می‌یابد. اعضای بوم‌سازگان نقش‌های متفاوتی را ایفا می‌کنند و برای موفقیت و بقا، تحول مشترک و خلق محیط مناسب کسب‌وکار به یکدیگر نیاز دارند. آن‌ها با یکدیگر همکاری و در عین حال برای بدست‌آوردن سهم خود از

منابع، با هم رقابت می‌کنند [۱۱].

در حوزه دانش مدیریت و کسب‌وکار، این مفهوم اولین بار توسط مور ارائه شده و سپس ترکیب‌های مختلفی از مفهوم بوم‌سازگان خلق شد که بوم‌سازگان کسب‌وکار، بوم‌سازگان صنعتی، بوم‌سازگان نوآوری، بوم‌سازگان کارآفرینی، بوم‌سازگان کسب‌وکار دیجیتال، بوم‌سازگان نرم‌افزار و بوم‌سازگان دانش از آن جمله‌اند.

در مقایسه با انواع بوم‌سازگان‌ها، بوم‌سازگان نوآوری، راهبردمحورتر است [۱۲]. از این رو در این مقاله همین توصیف از بوم‌سازگان نوآوری، محور کار قرار گرفته است و برای جلوگیری از اطاله کلام، از توصیف سایر انواع بوم‌سازگان، صرف‌نظر شده است.

مطابق نظر سانتوس و همکاران [۱۳]، بوم‌سازگان نوآوری دارای مراحل رشد است و به مرور با رشد و توسعه آن، شبکه میان بازیگران توسعه می‌یابد. در مرحله ابتدایی، صرفاً دولت پیشران این بوم‌سازگان است و در مرحله دوم، نقشی با عنوان ارکستر یا هماهنگ‌ساز وارد می‌شود و راه‌اندازی بوم‌سازگان شکل می‌گیرد. در مرحله سوم با رشد، ارکستر چندگانه مطرح می‌شود و در بلوغ، هنر رقص موزون^۱ در بوم‌سازگان نمایان می‌شود.

مباحث بوم‌سازگان نوآوری و بوم‌سازگان هوش مصنوعی به طور خاص، و بررسی زمینه و سیر تطور آن‌ها در ایران، در بخش بعدی آمده است.

۳- پیشینه پژوهش

تاکنون مدل‌های مختلفی برای بوم‌سازگان نوآوری (به طور کلی، و نه ویژه هوش مصنوعی) ارائه شده است؛ از جمله این مدل‌ها، می‌توان به مدل ویچر و والترز^۲ [۱۴] اشاره کرد که برای بوم‌سازگان نوآوری، اجزای ۹گانه: طراحان، آموزش، پژوهش، تأمین مالی، حاکمیت و دولت، مجریان و

¹ Coreography

² Whicher and Walters

آن اضافه شده است [۱۷].

در حوزه بوم‌سازگان هوش مصنوعی، مؤسسه اکسنچر [۱۸]، توسعه هوش مصنوعی در ده کشور پیشرو در آسیا، اروپا و امریکای شمالی را مورد تحلیل قرار داده و مبتنی بر آن، چهار نوع بازیگر اصلی برای بوم‌سازگان این فناوری پیشنهاد داد: دانشگاه‌ها، شرکت‌های بزرگ، استارت‌آپ‌ها، سیاستگذاران. همچنین مشارکت‌های چندطرفه بین ذینفعان بوم‌سازگان را در این بوم‌سازگان، حائز اهمیت دانست. جاکویدز و همکاران نیز در طراحی نقشه بازیگران بوم‌سازگان هوش مصنوعی بر منطق عرضه و تقاضا و توانمندسازها تکیه کرده‌اند و در پژوهش خود با تلفیق این منطق و رویکرد مارپیچ سه گانه دولت، صنعت و دانشگاه، به شناسایی اولیه این بازیگران پرداخته‌اند [۱۹].

آرنال و همکاران نیز بوم‌سازگان نوآوری هوش مصنوعی در چین را با ویژگی‌های کلیدی سه حوزه مارپیچ سه‌گانه، دولت، صنعت و مؤسسات دانشگاهی/تحقیقاتی، و همچنین بافت پویای بوم‌سازگان را از طریق شناسایی جنبه‌های اصلی مرتبط با سه جریان مهارت‌ها، دانش، بودجه و تعاملات بین آنها طراحی کرده‌اند [۲۰].

مطابق گزارش دیگری در اتحادیه اروپا، برای رسیدن به رهبری در هوش مصنوعی در کشورهای اروپایی، دولت‌ها نقش مهمی دارند. مبنای بررسی بوم‌سازگان اروپا در این گزارش عبارت است از [۲۱]: راهبرد و چشم‌انداز، سرمایه‌گذاری و حمایت مالی، همکاری و ادغام‌ها.

بررسی بوم‌سازگان هوش مصنوعی کانادا که در سال ۲۰۲۰ توسط دانشگاه تورنتو انجام شده [۲۲]، نشان می‌دهد بوم‌سازگان این فناوری در کانادا در مسیر بلوغ و تکامل است، روندهای موفق ایجاد و راه‌اندازی استارت‌آپ و همچنین ادغام شرکت‌های موجود هوش مصنوعی به نوعی نشان‌دهنده موفقیت راهبردهای هوش مصنوعی این کشور است. طبق مدل ارائه شده در آن گزارش، بوم‌سازگان هوش مصنوعی کانادا شامل چهارلایه اصلی است: (۱) مراکز رشد،

فعالان، مشوق‌ها، حمایت‌ها و کاربران را قائل هستند. بنا بر تحقیق اسمعیلی‌پور و همکاران [۱۵]، اجزای بوم‌سازگان نوآوری عبارتند از: هدف، ذینفعان، جریان دانش/ارزش، اشتراک منابع، زیرساخت، تمرکز ارزش و پویایی. میلارد در مطالعه‌ای در مؤسسه مس‌چلنج^۱، به اجزای شش‌گانه دولت و حاکمیت، دانشگاه‌ها، کارآفرینان، کسب‌وکارها و ارکان تجاری، آزمایشگاه‌های نوآوری و ساخت، رسانه و اینفلوئنسرها اشاره می‌کند. آنچه که در این مدل بسیار مورد تأکید قرار گرفته است روابط بین این اجزا و شبکه‌سازی بین بازیگران مختلف است [۱۶].

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که متأسفانه هنوز ذهنیت درستی از مفهوم بوم‌سازگان نوآوری در ایران شکل نگرفته است. مطالعات در این زمینه، بسیار اندک بوده و یکی از آن‌ها، تصویری است که توسط معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری با عنوان بوم‌سازگان نوآوری ایران، ارائه شده است. در این مدل، بازیگرانی همچون خود معاونت، بنیاد ملی نخبگان، مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت، صندوق نوآوری و شکوفایی، فن‌بازار ملی ایران، صندوق‌های تأمین سرمایه، شتاب‌دهنده‌ها، کارخانه‌های نوآوری، پارک‌های فناوری، کانون پتنت، صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوری، شبکه آزمایشگاه، شرکت‌های دانش‌بنیان و شرکت‌های خلاق و صنایع فرهنگی، از اصلی‌ترین بازیگران هستند. پرواضح است که این مدل، جامع نبوده و صرفاً به تعدادی از نهادهای مهم که اثر مستقیم در بوم‌سازگان دارند اشاره شده که این ذهنیت اشتباه را به مخاطب القا می‌کند که بوم‌سازگان نوآوری، یک بوم‌سازگان کاملاً مستقل و بدون ارتباط با بوم‌سازگان‌های دانش و کسب‌وکار است. همچنین معاونت فناوری و نوآوری وزارت علوم نیز تلقی خود از بوم‌سازگان نوآوری ایران را ارائه کرده که در ظاهر به تصویر معاونت علمی ریاست‌جمهوری شبیه بوده و ارتباطات جزئی بین واحدهای

^۱ MassChallenge

محوریت بخش خصوصی. در رویکرد اول، اغلب دولت‌ها با راه‌اندازی نهادهای مختلف و طراحی برنامه‌های تشویقی و ارائه تسهیلات و مشوق‌های مختلف به صورت اهرم فشاری بوم‌سازگان را به حرکت درمی‌آورند. مطالعه اکسنچر نیز نشان می‌دهد کشورهای آسیایی همچون چین و کره جنوبی در این دسته قرار می‌گیرند و بعد سیاست‌گذاری در آنها پررنگ است. در این مدل حمایت از دانشگاه‌ها و پرورش استعداد‌های انسانی، تجاری‌سازی دانش و ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه، و حمایت از ایجاد استارت‌آپ‌ها اصلی‌ترین اقدامات دولت است که از طریق ابزارهای مختلف انجام می‌گیرد. در گروه دوم، بخش علمی و بخش خصوصی به صورت خودجوش در حال ایجاد و توسعه دانش و تجاری‌سازی هستند و در ارتباط با یکدیگر استارت‌آپ‌ها و راهکارهای متنوعی را در بازار ارائه می‌دهند؛ ایالات متحده آمریکا، انگلیس، کانادا و فرانسه در این دسته قرار می‌گیرند و دانشگاه‌ها و شرکت‌ها پیشران توسعه بوم‌سازگان هوش مصنوعی در این کشورها بوده‌اند. آمریکا و تا حدودی آلمان و بریتانیا با تکیه بر شرکت‌های بزرگ فناورشان این توسعه را انجام داده‌اند. راه‌اندازی مراکز نوآوری توسط شرکت‌های بزرگی همچون فیس‌بوک، اینتل، گوگل، سامسونگ و... از اقدامات مشهود این گروه است. البته دولت نیز به موازات بخش خصوصی تلاش می‌کند تا با تسهیل مسیر بخش‌های علمی و خصوصی، رونق بیشتری در بوم‌سازگان کشوری و کسب مدارج بالا در جهان را رقم بزند و حتی نهادهای ویژه‌ای برای تسهیل فعالیت بازیگران علمی و تجاری ایجاد کرده است نظیر بنیاد ملی علوم یا دفتر علم و فناوری کاخ سفید. در کانادا، دولت فدرال یکی از بازیگران اصلی سازماندهی ارتباط بین دنیای دانشگاهی و صنعت هوش مصنوعی بوده و حمایت‌های متنوعی توسط دولت همچون مشوق‌های سرمایه‌گذاری و تحقیقات ارائه داده است.

شتاب‌دهنده‌ها و سرمایه‌گذاران خطرپذیر؛ (۲) مؤسسات و آزمایشگاه‌های علمی؛ (۳) استارت‌آپ‌ها و شرکت‌ها، و بازیگران بین‌المللی؛ (۴) بخش عمومی و غیرانتفاعی. گفتنی است دولت کانادا حامی اصلی بوم‌سازگان هوش مصنوعی این کشور بوده و حمایت‌هایی همچون مشوق‌های سرمایه‌گذاری و تحقیقاتی ارائه کرده است.

بوم‌سازگان هوش مصنوعی رژیم اشغالگر از دانشگاه، صنعت و نهادهای امنیتی تشکیل شده که با هم همکاری مشترک دارند و ایده‌ها و سرمایه انسانی را با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. همچنین به دلیل مزیت کوچک بودن مساحت این رژیم، ارتباطات میان دانشگاه، صنعت و نهادهای امنیتی بسیار سریع اتفاق می‌افتد و این موضوع به همکاری قوی شرکت‌های فناورانه، دولت و نهادهای امنیتی کمک می‌کند. ارتباط مستقیم میان مقامات ارشد و عالی‌رتبه (از جمله در برخی واحدهای نظامی خاص) و ویژگی باز بودن فرهنگ کارآفرینانه (در مقایسه با کشورهایی که دارای سلسله مراتب و بوروکراتیک‌تر هستند) به جریان یافتن ایده‌ها و دستیابی به موفقیت کمک می‌کند [۲۳].

در بوم‌سازگان هوش مصنوعی هند، محققان دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی خصوصی، بعنوان عنصر حیاتی شناسایی شده و سایر بازیگران اصلی عبارتند از: صنعت، نهادهای مالی دولتی، جوامع بین‌المللی و آزمایشگاه‌های دولتی [۲۴]. در سند راهبردی هوش مصنوعی ترکیه [۲۵]، شش رکن اصلی توسعه این بوم‌سازگان عبارتند از: زیرساخت‌ها و بسترهای داده، فضاها، داده، نهادهای اجرایی، نهادهای نظارت و ارزیابی، نهادهای هماهنگی اداری و فنی.

در جدول ۱، فهرست بازیگران اصلی بوم‌سازگان هوش مصنوعی برخی کشورهای پیشرو و یا جویای نام، در اسناد و مطالعات پیشین، جمع‌بندی شده است.

در مجموع، با بررسی مطالعات پیشین، می‌توان دو رویکرد برای توسعه بوم‌سازگان هوش مصنوعی قائل شد: توسعه بوم‌سازگان با محوریت دولت، توسعه بوم‌سازگان با

جدول (۱) بازیگران اصلی بوم‌سازگان هوش مصنوعی در کشورهای مورد مطالعه

منبع	نهاد	کشور	دسته بازیگران
[۲۶]، [۲۷]، [۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • وزارت الکترونیک و فناوری اطلاعات (مسئول مرکز تعالی اینترنت اشیا و هوش مصنوعی) • گروه ویژه هوش مصنوعی برای تحول اقتصادی هند توسط وزارت بازرگانی و صنعت • کمیته استانداردسازی هوش مصنوعی 	هند	
[۲۶]، [۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • کمیته ریاست جمهوری در انقلاب صنعتی چهارم • برج کنترل هوش مصنوعی یا کمیته استراتژی علم و فناوری • مرکز نوآوری باز هوش مصنوعی، با مسئولیت وزارت علوم، فناوری اطلاعات و ارتباطات و برنامه‌ریزی آینده (MSIP) 	کره جنوبی	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • وزارت توسعه دیجیتال، ارتباطات و رسانه‌های جمعی • دولت فدراسیون روسیه 	روسیه	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • دولت فدرال (با تدوین برنامه American AI Initiative) 	ایالات متحده آمریکا	
[۲۶]، [۲۳]	<ul style="list-style-type: none"> • نهادهای امنیتی • سازمان نوآوری • کمیسیون بی‌سرسستی ایساک بن اسرائیل و پروفیسور اویاتار ماتانیا 	رژیم اشغالگر	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • وزارت آموزش و تحقیقات فدرال، وزارت امور اقتصادی و انرژی فدرال، و وزارت کار و امور اجتماعی فدرال • آژانس نوآوری‌های پیشرفت با تمرکز هوش مصنوعی • کمیسیون مطالعاتی هوش مصنوعی (نهاد قانونگذاری) 	آلمان	دولت و نهادهای حاکمیتی
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • شورای تحقیقات علم و فناوری ترکیه و مرکز تحقیقات امنیت اطلاعات و انفورماتیک (مسئولین اصلی تدوین نقشه راه) • دفتر تحول دیجیتال ریاست جمهوری • وزارت صنعت و فناوری • شورای تحقیقات علم و فناوری ترکیه • شورای سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری 	ترکیه	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • دپارتمان وزارتی کسب‌وکار، انرژی و استراتژی صنعتی^۱ و دپارتمان وزارتی دیجیتال، فرهنگ، رسانه و ورزش (برای کمک به دولت جهت پیاده‌سازی سند راهبردی) 	بریتانیا	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • کمیسیون دولتی توسعه و اصلاح^۲ • وزارت علوم و فناوری • وزارت صنعت و فناوری اطلاعات • اداره فضای سایبری چین • کمیته عالی راهبردی سند توسعه هوش مصنوعی در چین 	چین	
[۲۶]	<ul style="list-style-type: none"> • وزارت هوش مصنوعی 	امارات	

^۱ The Ministerial Department for Business, Energy & Industrial Strategy

^۲ State Commission for Development and Reform

منبع	نهاده	کشور	دسته بازیگران
[۲۶]، [۲۷]، [۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • مؤسسه هوش مصنوعی Wadhvani • مؤسسه ملی تحول هند^۱ • مراکز تعالی تحقیق (CORE) مستقر در دانشگاه‌های فنی • مراکز بین‌المللی هوش مصنوعی تحول‌آفرین (ICTAIs) • مرکز مطالعات پایداری فناوریانه^۲ (CSTS) (بالادستی CORE و ICTAI) • مرکز تعالی اینترنت اشیا و هوش مصنوعی • مؤسسه علوم هند (IISC) و مؤسسه فناوری هند (IIT's) 	هند	مراکز علمی و آموزشی و آزمایشگاهی
[۲۶]، [۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • مؤسسه پیشرفته علم و فناوری کره (KAIST) • مؤسسه ملی علوم و فناوری در اولسان^۳ (UNIST) • دانشگاه علم و فناوری پوهانگ^۴ (POSTECH) 	کره جنوبی	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • IFAR، سازمان تحقیق جهانی وابسته به کانادا • دانشگاه آلبرتا • دانشگاه مونترال • دانشگاه تورنتو 	کانادا	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • مؤسسه ملی پژوهش هوش مصنوعی 	امریکا	
[۲۶]، [۲۳]	<ul style="list-style-type: none"> • چهار دانشگاه اصلی 	اسرائیل	صنعت و کسب‌وکارها
[۲۶]، [۲۸]	دو شرکت بزرگ ال جی و سامسونگ	کره جنوبی	
[۲۸]	شرکت‌های غول فناوری	امریکا	
[۲۸]	<ul style="list-style-type: none"> • کنسرسیومی متشکل از دولت محلی و شرکت‌های برتر فناوری اطلاعات چین • دانشگاه شینهوا و آکادمی علوم چین • اتحادیه نوآوری صنعت هوش مصنوعی چین 	چین	
[۲۶]، [۲۳]	صنعت دفاعی به عنوان اصلی‌ترین تأمین مالی و مصرف‌کننده فناوری هوش مصنوعی	اسرائیل	توانمندسازها
[۲۶]، [۲۸]	مرکز هوش مصنوعی صنعتی	کره جنوبی	
[۲۶]	صندوق چالش استراتژی صنعتی	بریتانیا	بازار و کاربران
[۲۸]	دولت موظف به توسعه آگاهی نسبت به کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت و جامعه	کانادا	
[۲۸]	دولت موظف به افزایش آگاهی و دانش نسبت به مزایای هوش در جامعه	کانادا	فرهنگ و رسانه
[۲۸]	دولت موظف به توسعه فرهنگ داده برای به اشتراک‌گذاری و استفاده از داده‌ها	آلمان	
[۲۶]، [۲۸]	وزارت علوم، فناوری اطلاعات و ارتباطات و برنامه‌ریزی آینده ^۵ با طرح ایجاد زیرساخت فرهنگی اجتماعی	کره جنوبی	

1 NITI Ayog
2 Centre for Studies on Technological Sustainability
3 National Institute for Science and Technology in Ulsan
4 Pohang University of Science and Technology
5 The Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIP)

در جایابی نقش‌های مختلف بازیگران در بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران، همان‌طور که از مرور مطالعات پیشین بر می‌آید، هنوز مطالعه دقیقی روی این موضوع انجام نشده، و لذا در این مقاله سعی شده است که با بررسی پژوهش‌های پیشین و بوم‌سازگان کشورهای مختلف و دریافت نظر خبرگان، این خلاء تا حدودی برطرف شود.

۴- روش شناسی

مطالعه پیش‌رو، از نظر فلسفه پژوهش، مبتنی بر پارادایم تفسیری^۱، از منظر هدف، توسعه‌ای-کاربردی بوده و با رویکرد کیفی و اکتشافی تدوین شده است چرا که موضوع، در قلمرو کشور ایران، جدید بوده و اطلاعات نظام‌مند و کافی، از پیش وجود ندارد.

سوال اصلی مقاله این است که بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران از چه اجزایی تشکیل شده و نقش و کارکرد هر یک از اجزا در حالت مطلوب چگونه است؟ همان‌گونه که سؤال پژوهش نشان می‌دهد، فاقد هر نوع فرضیه‌ای است که بتوان با رویکردی کمی برای آن پاسخی یافت، به علاوه، برای سؤالات پژوهشی چيستی و چگونگی با روش‌های کیفی پاسخ‌های قابل اعتمادتری می‌توان ارائه داد [۲۹]. روش پژوهش کیفی، تلاشی است جهت توصیف غیرکمی از موقعیت‌ها، رویدادها و گروه‌های کوچک اجتماعی با توجه به جزئیات و همچنین سعی برای ارائه تعبیر و تفسیر معانی که انسان‌ها در موقعیت‌های طبیعی و عادی به زندگی و رویدادها و مفاهیم اجتماعی می‌بخشند [۳۰].

ابزار گردآوری داده در این مقاله، مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه ساختاریافته و پنل خبرگی بوده است. در مصاحبه ساختاریافته، محقق با مجموعه‌ای از سؤالات که از قبل طراحی شده و برای دریافت تصویری از درک مصاحبه‌شونده نسبت به مفهومی خاص، وارد مصاحبه می‌شود [۳۱]. دلیل استفاده از مصاحبه ساختاریافته، در

اختیار داشتن اطلاعات اولیه، و جلوگیری از به حاشیه‌رفتن بوده، چرا که مصاحبه‌های ساختاریافته توسط مصاحبه‌کننده به طور کامل کنترل می‌شود و انعطاف کمتری برای بداهه‌گویی در اختیار فرد مصاحبه‌شونده قرار می‌دهد [۳۲].

بر این اساس، فهرست اولیه‌ای از انواع نقش‌ها و کارکردهای بوم‌سازگان هوش مصنوعی با استفاده از بررسی اسناد و مقالات تهیه شد و به شناسایی ۱۴ کارکرد توسعه هوش مصنوعی از یک سو و شش گروه نقش‌ها از سوی دیگر انجامید. در مرحله بعدی با ایجاد ماتریسی از کارکردها و بازیگران، از خبرگان درخواست شد که بازیگران را به مرتبط‌ترین کارکردهای این بوم‌سازگان ارتباط داده و میزان اثرگذاری آن‌ها را مبتنی بر طیف لیکرت سه‌گانه (کم، متوسط و زیاد)، مشخص کنند. لازم به ذکر است که پس از انجام چند مصاحبه طبق تأکید خبرگان پژوهش، دو کارکرد جدید آگاهی‌بخشی و شبکه‌سازی به صورت مستقل به لیست کارکردها افزوده شد و در ادامه مصاحبه‌ها مورد سؤال قرار گرفت. لذا جدولی برای بازشناسی و درک وضع موجود بوم‌سازگان هوش مصنوعی بر اساس رویکرد ساختاری-نهادی طراحی و با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و گلوله‌برفی تعداد ۱۵ خبره شناسایی شدند و مورد مصاحبه قرار گرفتند. نمونه‌ای از سؤالات مصاحبه چنین بود: «به نظر شما نهاد شورای عالی انقلاب فرهنگی تا چه حد در بوم‌سازگان هوش مصنوعی کشور اثرگذار است؟ این نهاد در کدام کارکردها ایفای نقش می‌نماید؟» این سؤال برای همه نهادها به ترتیب تکرار شد و در نهایت با توجه به اینکه در برخی کارکردها، نهاد خاصی از نظر خبرگان در حال حاضر ایفای نقش نمی‌نماید، خلأ نهادی مربوط به آن شناسایی شد. شرط توقف و کفایت در این مصاحبه‌ها اشباع نظری بوده، بدین معنا که در مرحله‌ای مصاحبه متوقف شود که اطلاعات جدیدی نسبت به مرحله قبل به پژوهش وارد نشود. روش انتخاب خبرگان، تلفیق هدفمند و گلوله‌برفی بوده با این شرط که با در نظر گرفتن الگوی

^۱ Interpretivism

مارپیچ چندگانه (صنعت، دولت و دانشگاه)، از هر سه گروه در نمونه حضور داشته باشند. اطلاعات کیفی خبرگان در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲) اطلاعات خبرگان پژوهش

ردیف	عرصه فعالیت	مدرک تحصیلی	سابقه فعالیت	جنسیت	
۱	فعالان حکمرانی	دکتری	۱۲	مرد	
۲		ارشد	۵	مرد	
۳		دکتری	۹	مرد	
۴	فعالان کسب و کار	دکتری	۲۰	مرد	
۵		دکتری	۵	مرد	
۶		دکتری	۸	مرد	
۷		دکتری	۶	مرد	
۸		ارشد	۵	مرد	
۹		دکتری	۹	مرد	
۱۰		دکتری	۸	مرد	
۱۱		ارشد	۵	مرد	
۱۲		فعالان دانشگاهی	دکتری	۱۸	زن
۱۳			دکتری	۲۵	مرد
۱۴	ارشد		۲	مرد	
۱۵	دکتری		۲۳	مرد	

اعتباردهی به پژوهش، پانل خبرگان با حضور ۱۶ نفر خبره برگزار شد. در این پنل خبرگی که به منظور اعتبارسنجی مدل انجام شد، تمامی یافته‌های حاصل از مرحله پرسشنامه نهاد کارکرد تأیید شد. اما طبق نظر اکثریت خبرگان دو مورد به طراحی مدل نهایی اضافه شد؛ مورد اول تقسیم‌بندی سه بعدی عرضه، تقاضا و بخش بسترساز با نظر اکثریت حاضرین به مدل اضافه شد. و در رابطه با نقش ارکستر و هماهنگ‌ساز بوم‌سازگان، با نظر اکثریت از ترجیح داده شد این نهاد در کل بستر بوم‌سازگان نهفته و جاری باشد و با توجه به رقابت نهادهای بازیگر در این مرحله حس مرکزیت به هیچ نهادی القا نشود. در شکل ۱ فرآیند انجام پژوهش نشان داده شده است.

برای اعتبارسنجی و حفظ کیفیت و امانت‌داری در پژوهش‌های کیفی (جایگزین پایایی و روایی پژوهش‌های کمی) غالباً از معیارهای چهارگانه زیر استفاده می‌شود [۳۳] که نوع تأیید آنها در پژوهش حاضر به شرح زیر می‌باشد:

الف) باورپذیری (به جای روایی درونی)، به معنای معقول و بامعنا بودن یافته‌ها. این شاخص با عرضه یافته‌ها به سه خبره هوش مصنوعی تأیید شد و بعد باورپذیری یافته‌های مدل بوم‌سازگان مطلوب و شکاف‌ها در جلسه پانل خبرگانی با حضور فعالان مختلف عرصه‌های سه‌گانه دانشگاه، صنعت و دولت بررسی و نهایی شد.

ب) انتقال‌پذیری (به جای روایی بیرونی) به معنای ارائه اطلاعات کافی به خواننده برای قضاوت درباره کاربردپذیری یافته‌ها در محیط‌های دیگر است. این شاخص با عرضه یافته‌ها به سه فعال کسب و کاری به منظور توسعه کاربرد مدل بوم‌سازگان هوش مصنوعی به عرصه عمل و اجرا تأیید شد.

ج) اطمینان‌پذیری (به جای اعتبار) به معنای فراهم آوردن امکان بازبینی توسط سایر پژوهشگران است که بر ثبات یافته‌ها در طول زمان دلالت دارد. این شاخص با ارائه صدا و متن سه مصاحبه به دو پژوهشگر دیگر بررسی شد.

معیار شناسایی اصلی خبرگان در گروه‌های سه‌گانه، داشتن حداقل پنج سال سابقه کاری در حوزه هوش مصنوعی بوده است. علاوه بر معیار اصلی، برای خبرگان علمی، انتشارات، حضور در عرصه علمی بین‌المللی، نوآوری/توسعه فناوری، برای خبرگان کسب و کاری، داشتن محصولات نوآور و فعالیت مطرح و ویژه از معیارهای انتخاب، و در بخش حاکمیتی نیز معیار اصلی، پنج سال سابقه کاری در سطوح مدیریت/سیاستگذاری بوده است.

در مرحله بعد، پس از انجام مصاحبه‌های ساختاریافته و دریافت اولیه از کارکردها و بازیگران اصلی، به منظور



شکل ۱) فرآیند انجام پژوهش

از پژوهشگران مهمان خواسته شد تا مصاحبه‌های خبرگان را مورد تحلیل قرار دهند و با یافته‌های پژوهشگر هسته مقایسه و تطبیق داده شد و تطابق بالا را تأیید کرد. (د) تأییدپذیری (به جای عینیت) به معنای میزانی که نتایج پژوهش می‌توانند به وسیله سایر پژوهشگران تأیید شوند. نتایج پژوهش توسط سه پژوهشگر مدعو تأیید شد.

تأثیرگذاری بالا با میانگین عدد ۳ با نارنجی تیره، تأثیرگذاری متوسط با رنگ نارنجی روشن و تأثیرگذاری کم با رنگ زرد نشان داده شده است. بازیگرانی که با نظر اکثریت خبرگان عدد ۱ را کسب نکردند، از فهرست بازیگران حذف شده و بدین معناست که به عنوان بازیگر اثرگذار در مرحله آغازین شکل‌گیری بوم‌سازگان مؤثر نیستند.

همچنین از خبرگان درخواست شد تناظری بین نهادهای فعال با کارکردها با فرض حالت ایده‌آل برقرار کنند. در این مرحله، نهادهای بخش نظامی، سازمان تنظیم مقررات و سازمان ملی استاندارد که در فهرست اولیه بازیگران نبودند طبق تأکید نیمی از خبرگان، به لیست اضافه شدند.

جمع‌بندی نظرات خبرگان نشان داد که در هشت کارکرد مهم بوم‌سازگان هوش مصنوعی، خلأ نهادی آشکاری وجود دارد. در واقع در این هشت کارکرد نیازمند شکل‌گیری یا تقسیم کار و تنظیم مأموریت‌ها بین بازیگران هستیم به نوعی که بتوانند این کارکردها را انجام دهند. این نهادها در حال حاضر، یا وجود ندارند یا ایفای نقش ویژه‌ای نداشته‌اند.

۵- یافته‌های پژوهش

بر اساس یافته‌های تحقیق، بازیگران بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران در شش دسته کلی دولت و نهادهای حاکمیتی، مراکز علمی و آموزشی و آزمایشگاهی، صنعت و کسب‌وکارها، توانمندسازها، بازار و کاربران، فرهنگ و رسانه دسته‌بندی می‌شوند که در هر دسته نهادها و بازیگران متعددی به ایفای نقش می‌پردازند و میزان اثرگذاری هر یک متفاوت است که براساس قاعده نقشه حرارتی با رنگ‌های مختلف، در جدول ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که برای جمع‌بندی میزان اثرگذاری و شناسایی بازیگران، از روش میانگین استفاده شده؛ بازیگران دارای

جدول ۳) میزان اثرگذاری بازیگران بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران

ردیف	گروه نهاد	نام بازیگر	میزان اثرگذاری
۱	دولت و نهادهای حاکمیتی	شورای عالی فضای مجازی	زیاد
۲		شورای عالی انقلاب فرهنگی	زیاد
۳		وزارت ارتباطات و اطلاعات	خیلی زیاد
۴		معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری	خیلی زیاد
۵		صندوق نوآوری و شکوفایی	خیلی زیاد
۶		قوه قضائیه	خیلی زیاد
۷		مجلس شورای اسلامی	خیلی زیاد
۸		کمیسیون دوام (داده و اطلاعات ملی)	خیلی زیاد
۹		سازمان ملی استاندارد	خیلی زیاد
۱۰		سازمان تنظیم مقررات	خیلی زیاد
۱۱		وزارت اطلاعات	متوسط
۱۲		مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت ریاست‌جمهوری	متوسط
۱۳		سازمان فناوری اطلاعات	متوسط
۱۴		بخش نظامی	متوسط
۱۵		اداره ثبت اختراع و مالکیت معنوی و صنعتی	کم
۱۶	مراکز علمی و آموزشی و آزمایشگاهی	دانشگاه‌ها	خیلی زیاد
۱۷		پژوهشگاه‌ها، اندیشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی	خیلی زیاد
۱۸		آزمایشگاه‌های تحقیقاتی هوش مصنوعی	خیلی زیاد
۱۹		بنیاد ملی نخبگان	کم
۲۰		مراکز پژوهشی بین‌المللی	کم
۲۱		بنیاد ملی توسعه فناوری	صفر
۲۲		فدراسیون سرآمدان علمی ایران	صفر
۲۳	بخش صنعت و کسب‌وکارها	شرکت‌های بزرگ فناوری	خیلی زیاد
۲۴		شرکت‌های کوچک و متوسط	خیلی زیاد
۲۵		شرکت‌های نوپا و استارت‌آپ‌ها	متوسط
۲۶		خوشه‌ها	خیلی زیاد
۲۷		کنسرسیوم‌ها	متوسط
۲۸	توانمندسازها	شتاب‌دهنده‌ها	خیلی زیاد
۲۹		مراکز رشد و نوآوری و پارک‌های فناوری	خیلی زیاد
۳۰		سرمایه‌گذاران خصوصی	خیلی زیاد
۳۱		سرمایه‌گذاران دولتی	کم

میزان اثرگذاری	نام بازیگر	گروه نهاد	ردیف
کم	سرمایه‌گذاران خارجی		۳۲
صفر	سازمان‌های مردم‌نهاد و غیرانتفاعی		۳۳
خیلی زیاد	دولت و وزارت‌ها	بازار و کاربران	۳۴
خیلی زیاد	صنعت		۳۵
متوسط	جامعه مدنی و شهروندان		۳۶
متوسط	بازارهای خارجی به ویژه کشورهای همسایه		۳۷
متوسط	رسانه	فرهنگ	۳۸
کم	نهادهای مردمی		۳۹

شده که مستخرج از مطالعه عمیق اسناد جهانی بوده و طی فرایند تحقیق و جلسات خبرگانی تأیید شده است. این ۱۵ کارکرد در سه بخش اصلی (عرضه، تقاضا، بسترسازی) دسته‌بندی شدند تا درک بهتری از اهداف هر گروه از کارکردها ارائه دهند که در ادامه بررسی خواهند شد.

ج) در حلقه دوم نهادهای اثرگذار در هر کارکرد با در نظر گرفتن سطح اثرگذاری مشخص شده‌اند. رنگ قرمز بالاترین اثرگذاری، نارنجی اثرگذاری متوسط و زرد کمترین اثرگذاری را نشان می‌دهد.

د) در حلقه سوم (طوسی روشن)، خلاءهای نهادی در هر یک از کارکردها نشان داده شده‌اند.

- در کارکرد سیاست‌گذاری، جای خالی نهاد عالی راهبری مشهود است.

- در کارکرد آگاهی‌بخشی، رسانه‌های ترویجی متنوع می‌توانند آگاهی‌بخشی در سطوح مختلف جامعه، کسب‌وکارها و صنعت و حتی در میان جوانان و نیروهای تحصیلکرده را ایفا نمایند.

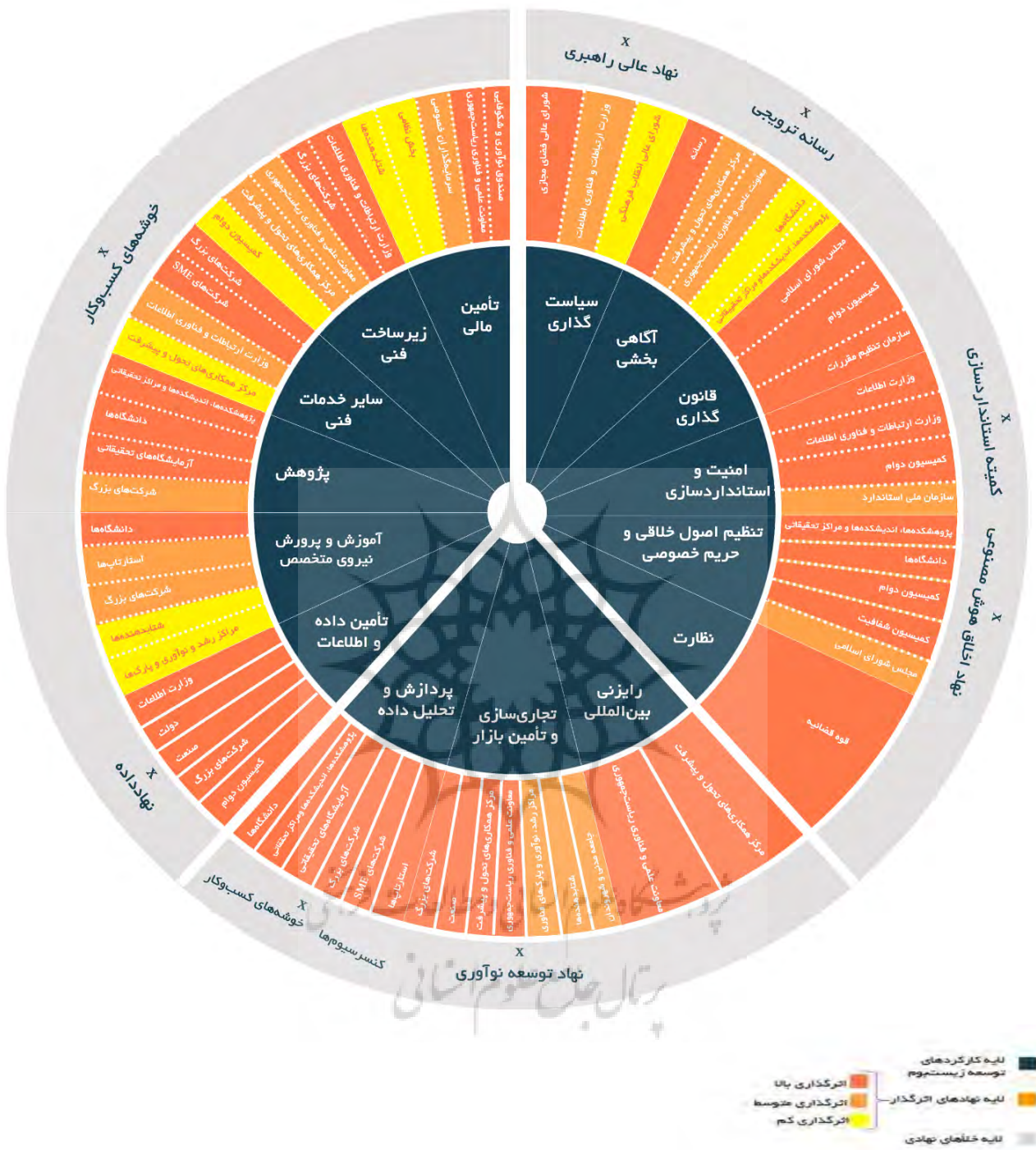
- در کارکرد برقراری امنیت و استانداردسازی، باید نهادی متولی این امر باشد و استانداردهای لازم در دو سطح امنیت و استانداردهای لازم در سطح محصولات و کسب‌وکارها را به طور مستمر تدوین و به روزرسانی نماید.

خلاءهای نهادی عبارتند از: خلاء نهاد راهبری، خلاء آگاهی‌بخش، خلاء استانداردسازی، خلاء نهاد اخلاقی، خلاء توسعه نوآوری، خلاء نهاد حکمرانی داده، خلاء کنسرسیوم‌ها و خوشه‌های کسب‌وکار و نهایتاً خلاء نهاد شبکه‌ساز. علاوه بر این، در برخی از کارکردها، نهاد و یا سازمان‌هایی برای آن نقش در نظر گرفته شده‌اند، اما به علل مختلف، خروجی مطلوب و مناسب برای پیشبرد آن کارکرد در بوم‌سازگان دیده نمی‌شود. این ضعف‌های کارکردی عمدتاً مرتبط با نظارت، تحقیق و توسعه، تأمین زیرساخت فنی و ارائه سایر خدمات فنی است.

بر اساس یافته‌ها، الگوی بوم‌سازگان مطلوب ایران با در نظر گرفتن کارکردها و نهادهای مربوط، به صورت شکل ۲ ترسیم شد. در این شکل، بوم‌سازگان هوش مصنوعی در سه گروه اصلی عرضه، تقاضا و بخش بسترساز (غالباً با ماهیت حاکمیتی) سازمان یافته است.

الف) لایه مرکزی و محل تلاقی خطوط لایه‌های مختلف مدل می‌تواند به نوعی کارکرد ارکستر و شبکه‌سازی را ایفا نماید و ارتباط بین سه بازوی اصلی عرضه و تقاضا و بسترساز را توسعه دهد. این کارکرد به دلیل نهفته بودن در بطن مفهوم بوم‌سازگان به طور مستقیم قید نشده است.

ب) لایه کارکردی مدل (حلقه وسط) از ۱۵ کارکرد تشکیل



شکل ۲- الگوی پیشنهادی برای بوم سازگان هوش مصنوعی ایران (یافته پژوهش)

مصنوعی در کشور شکل نگرفته و از نظر بلوغ، در مراحل شکل‌گیری ابتدایی است. با وجود تلاش‌ها و اقدامات مفیدی که در این زمینه انجام شده، اما هنوز وفاق نسبی بین بخش‌ها و نهادها و بازیگران مختلف برای تقسیم کار و مأموریت‌ها وجود ندارد و عموماً بازیگران، به صورت جزیره‌ای و منفک از یکدیگر، بدون اینکه از نقش سایر بازیگران اطلاع داشته و تعامل شبکه‌ای بین آن‌ها ایجاد شده باشد، فعالیت می‌کنند. نتیجه مصاحبه‌های عمیق با خبرگان و بازیگران این حوزه نشان می‌دهد که حتی هنوز تصویر مشترکی از بوم‌سازگان و مفهوم آن، بین آن‌ها وجود ندارد. این فقدان آشنایی کافی با بازیگران و ذی‌نفعان مختلف و خلاء دانشی بین بازیگران، مانع جایی صحیح توسط نهادها و فعالان می‌شود. به طوری که در میان نهادهای عمومی علاوه بر وجود کارکردهای موازی، ناهماهنگی‌ها و حتی کارکردهایی بدون نهاد مرتبط دیده می‌شود. بنابراین جهت ایجاد یکپارچگی و نظام‌مند شدن بوم‌سازگان، لازم است این مورد تقویت شود و تبدیل شدن به یک کل واحد و تعاملات بیشتر بین بازیگران و آماده‌سازی بسترهای همکاری و به هم‌رسانی در ساحت‌های مختلف بسیار ضروری می‌نماید. این همکاری‌ها به ترویج نوآوری و تسهیل توسعه فناوری‌های نوین از جمله هوش مصنوعی کمک می‌کنند [۲۰]. فقدان این تعاملات و ارتباطات در بوم‌سازگان نوآوری کشور به قدری مشهود است که اخیراً مفهومی با نام بوم‌مرز به عنوان راهکاری برای رفع این نقص مفهوم‌سازی شده است. بوم‌مرزها گذار از فناوری و دانش را به کسب‌وکار ترسیم می‌نمایند [۱۷]. البته همانطور که در مطالعات پیشین [۳۴] به آن اشاره شده، ممکن است این عدم انسجام سیاستی، در بسیاری از فناوری‌های ذیل فاوا نیز یکی از چالش‌های اساسی باشد.

علی‌رغم گستردگی و اثرگذاری جهانی فعالیت‌های علمی و پژوهشی در این زمینه، اجزای بوم‌سازگان در بعد حاکمیت و دولت و حتی بخش کسب‌وکار و تجاری‌سازی دانش، رشد چشمگیری نداشته است. در واقع به نظر می‌رسد در مسیر توسعه این فناوری در کشور، بخش تحقیق دانشگاهی (عمدتاً در زمینه انتشارات)، از اجزای دیگر پیشی گرفته و بخصوص جهت دستیابی به اهداف و چشم‌اندازهای تعیین‌شده از سوی مقام معظم رهبری، ضروری است برای رشد و تکامل

- در ارتباط با تنظیم اصول اخلاقی و حریم خصوصی نیز جای خالی نهادی ویژه دیده می‌شود تا با همکاری و همراهی نهادهای علمی و واسط علمی و کمیسیون‌های مرتبط مجلس شورای اسلامی به تدوین اصول موردنیاز بپردازد.
- در سمت عرضه، به‌ویژه در کارکرد سایر خدمات فنی جای خالی خوشه‌های کسب‌وکار دیده می‌شود که نیازمند ایجاد و توسعه آنها هستیم.
- نهاد داده نیز دیگر خلأ بزرگ در این بخش است که مسئول گردآوری و پایش مستمر داده از همه نهادها و سازمان‌ها و تسهیم آنها با بخش‌های تحقیقاتی و تجاری است.
- در سمت تقاضا که نقش مهمی در تحریک بازار و مصرف محصولات هوش مصنوعی و به حرکت درآوردن لوکوموتیو آن دارد، سه خلأ اصلی شناسایی شده است: در کارکرد تأمین بازار و تجاری‌سازی، نهادی متولی نوآوری نیاز است تا به طور مستمر نفوذ راهکارهای هوش مصنوعی را در صنایع و بخش‌های مختلف توسعه دهد و باعث افزایش تقاضا شود. همینطور در کارکرد پردازش داده، خوشه‌های کسب‌وکار و کنسرسیوم‌ها می‌توانند از ابزارهای مهم در توسعه ارائه خدمات هوشمند باشند.
- کارکردی با عنوان شبکه‌سازی و هماهنگی نیز در کل بستر بوم‌سازگان نهفته و جاری است و طبق تصمیم جلسه خبرگی، بهتر است در مرحله شکل‌گیری بوم‌سازگان، به دلیل علاقمندی نهادهای بسیاری به نقش‌آفرینی در این حوزه، نقش مرکزیت به جایی داده نشود و پیشنهاد می‌شود به صورت خودجوش و توافق جمعی بازیگران، این کارکرد تقسیم کار شود.

۶- بحث

با توجه به اینکه فناوری و نوآوری، در بستر بوم‌سازگان قابل دستیابی می‌شود، با توجه به اهداف متعالی کشور در زمینه توسعه هوش مصنوعی، در این مقاله، به بررسی بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران پرداخته شد که با توجه به نوپدید بودن این فناوری در کشور، ارائه تصویری از وضعیت موجود و مطلوب بسیار دشوار بود. حتی در گزارش‌های جهانی نیز داده‌هایی در این زمینه منعکس نشده و وضعیت شفاف‌تری از وضعیت فعلی آن در دست نیست.

یافته‌های حاصل از تحلیل بوم‌سازگان هوش مصنوعی کشور نشان می‌دهد که به معنای واقعی، هنوز بوم‌سازگان هوش

همه‌جانبه این سیستم، تلاش مضاعفی شود.

مطالعه و مقایسه رویکردهای کشورهای اروپایی و آسیایی در زمینه توسعه بوم‌سازگان هوش مصنوعی در این مقاله حاکی از این است که به نظر می‌رسد کشورهای اروپایی در صد پررنگ کردن بخش تحقیقاتی، استارت‌آپی و شرکت‌های بزرگ هستند ولی در کشورهای آسیایی همچون چین، ژاپن و کره جنوبی بخش سیاست پررنگ‌تر است و به عنوان پیشران بوم‌سازگان عمل می‌کند. با توجه به تجربه کشور ما در سایر عرصه‌های فناوری، و نظر به اینکه کشور در مرحله شروع شکل‌گیری بوم‌سازگان است، پیشنهاد می‌شود دولت و حاکمیت نقش حمایتگر داشته باشد.

همچنین لازم است تأمین زیرساخت‌های ضروری توسعه هوش مصنوعی از جمله داده و واحدهای پردازنده‌های گرافیکی^۱ توسط بخش دولتی تسهیل شود. بحث‌های قانون‌گذاری و استانداردسازی و تدوین اصول اخلاقی نیز جزو با پیشرانی بخش دولتی و عمومی قابل انجام نیست. از این رو لازم است برای ایفای نقش مناسب توسط بخش دولتی و عمومی برنامه‌ریزی و طراحی مناسب صورت گیرد تا کمترین اتلاف منابع صورت گیرد. از این جهت و میزان ضرورت حمایتگری دولت، می‌توان گفت ایران در توسعه هوش مصنوعی می‌تواند از چین الگوبرداری کند. در این زمینه، بررسی عمیق و موشکافانه راهبرد و برنامه‌های این کشور و مطالعاتی همچون [۲۰] بسیار مفید خواهد بود. نکته دیگری که در این زمینه قابل‌ملاحظه است و خود می‌تواند به‌عنوان یک چالش در حکمرانی کلان هوش مصنوعی تلقی شود، تعدد نهادها در برآوردن نیازها و کارکردهای متناظر با هر محور است. این موضوع نه‌تنها در این پژوهش و بوم‌سازگان هوش مصنوعی بلکه در سایر نظام‌های حکمرانی کشور نیز موجبات کژکارکردی، تعارض منافع، ایجاد دیوان‌سالاری زائد/ناکارآمد، هدر رفت منابع، پیگیری موازی برخی امور و مواردی از این دست شده است که مورد توجه سایر پژوهشگران نیز قرار گرفته است (به‌عنوان نمونه: [۳۵، ۳۶]). پرسش اساسی این است که آیا تجویز بدون در نظر گرفتن وضع موجود و تأکید بر گذار ریشه‌ای به ساختاری نهادی (یا حکمرانی) مطلوب می‌تواند مورد پذیرش

قرار گرفته و به مرحله اجرا نزدیک شود؟ از این رو در این مقاله و با استناد به یافته‌های آن از بوم‌سازگان هوش مصنوعی کشور و کارکردهایی که می‌بایست در نظر گرفته شوند، تلاش شده تا نهادهای موجود که کارکردی متناظر با نیاز بوم‌سازگان هوش مصنوعی را برآورده می‌سازند مورد اشاره قرار گیرند. لذا نگاشت ارائه‌شده لزوماً بر نگاشت مطلوب دلالت نداشته و پژوهشگران معتقدند با رعایت شرط جدا نمودن نهاد متولی (مجری) و تنظیم‌گر (سیاست‌گذار) وضعیت مطلوب در نتیجه حداقل ساختن تعداد بازیگران با رعایت شرط ذکر شده است.

۷- نتیجه‌گیری

بر اساس خلأهای نهادی و کارکردی شناسایی شده در تحقیق، پیشنهادات سیاستی و اقدامات ذیل آن‌ها به شرح آنچه که در ادامه آمده، ارائه شده است:

- **تأمین و حکمرانی داده:** بررسی‌ها در مراحل مختلف پژوهش نشان داد که داده از ضروری‌ترین پیش‌نیازهای توسعه هوش مصنوعی و خوراک نظام‌های هوشمند (به‌ویژه کاربست‌های هوش مصنوعی) در کشور است و تا زمانی که امکان استفاده از داده‌های موجود در عرصه‌های علمی و تجاری فراهم نشود، اکسیژن‌رسانی به این کالبد دچار نقصان شده و نمی‌توان از آن انتظار عملکردی درخور داشت. به زبان دیگر، با پدیده تئاتر هوش مصنوعی مواجه می‌شویم، یعنی شرایطی که نظام توسعه علم و فناوری رشد و بالندگی دارد لیکن جامعه و صنعت از مواهب آن محروم خواهند بود. بدیهی است حکمرانی داده ذیل حکمرانی هوش مصنوعی می‌گنجد و محدودیت‌ها، ظرفیت‌ها و چالش‌های نظام کلان‌تر بر نظام زیرین اشراق خواهند داشت. لیکن یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد یکی از بزرگ‌ترین نقصان‌های توسعه بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران عدم توازن در رشد بوده که در مواردی که به کاربرد صنعتی می‌رسد نبود جریانی مورد توافق و منصفانه برای تأمین پایدار داده (برای سطوح دسترسی و کاربری متفاوت از کنشگر حاکمیتی تا کنشگران صنعتی-اقتصادی و حتی کنشگران اجتماعی و مرزی [۳۷]) سد بلندی بر تکامل بوم‌سازگان هوش مصنوعی و احتمالاً تمام بوم‌سازگان‌های داده محور خواهد بود. اگرچه نبود حکمرانی داده تنها مانع تکامل بوم‌سازگان هوش مصنوعی

^۱ GPU

(ب) برگزاری همایش‌های ملی و بین‌المللی باهدف توسعه همکاری و معرفی دستاوردهای دانشمندان ایرانی جهت تسریع پیشرفت از طریق توسعه همکاری‌های ملی/بین‌المللی،

(۲) تأسیس آزمایشگاه‌های مرجع تخصصی با مشارکت صنعت منطبق با آمایش سرزمین با هدف تسریع همکاری‌های ملی و دسترسی عادلانه به زیرساخت‌ها،

(۳) شبکه‌سازی تحقیق و توسعه و ارائه پژوهانه‌ها به‌ویژه در همکاری‌های بین‌المللی و مطالعات لبه دانش،

(۴) ارائه پژوهانه‌های صنعتی جهت تسهیل ارتباط صنعت/بخش خصوصی و دانشگاه به‌ویژه در ابعاد فنی و کاربردی هوش مصنوعی،

(۵) تشویق مهاجرت معکوس نخبگان و استعداد‌های برتر ایرانی در زمینه هوش مصنوعی از طریق شبکه‌سازی و توسعه بوم‌سازگان هوش مصنوعی ملی،

برای نیل به هدف تسهیل کسب‌وکار و توسعه بازار نیز اقداماتی از قبیل موارد یادشده در زیر توصیه می‌شوند:

(۱) ارائه گواهی تضامین برای شرکت‌های کوچک، متوسط و دانش‌بنیان جهت تقلیل ریسک سرمایه‌گذاری و تسهیل توسعه بازار هوش مصنوعی در کشور (از طریق تغییر در قواعد و آیین‌نامه‌های صندوق‌های حمایت از توسعه علم و فناوری موجود در کشور)،

(۲) تدوین برنامه اقدام ویژه صندوق‌های خطرپذیر جهت سرمایه‌گذاری در توسعه فنی و سهم بازار هوش مصنوعی با تمرکز بر تأمین نیاز داخل و ورود به بازارهای بین‌المللی،

(۳) ایجاد خوشه‌های صنعتی با مشارکت مجموعه‌های موفق بین‌المللی برای ایجاد و بسط بازار هوش مصنوعی در منطقه باهدف ایجاد هاب منطقه‌ای در تعامل با کشورهای همسایه و مشترک‌المنافع،

البته شایان‌ذکر است با توسعه نظام حکمرانی هوش مصنوعی به سطح بالاتری از نیازهای کسب‌وکار و چيستی تکوین بوم‌سازگان پاسخ داده خواهد شد و طبیعی است مادامی‌که این نظام حکمرانی مستقر گردد اقدامات مداخله‌گرایانه هم‌راستا با این نظام خواهد بود.

- اخلاق و حریم خصوصی: با توجه به ضرورت رعایت عدالت و اخلاق در جامعه و تجارب کشورهای دیگر و

ایران نبوده و در ادامه به ابعاد دیگر آن اشاره می‌کنیم، اما نبود داده یا دسترسی به داده غیرقابل اطمینان یا غیر استاندارد را می‌توان به حیاتی‌ترین عنصر زیستی و تکامل بوم‌سازگان هوش مصنوعی تعبیر کرد. بر این باوریم با تکامل این بوم‌سازگان نیازها و مسیرهای جدید توسعه درگذر زمان گشوده خواهند شد و نقش سیاست‌گذار اشتراک آینده مطلوب با جامعه ذی‌نفعان و تسهیل مسیر نیل به آن است.

لذا ایجاد بنیاد حکمرانی داده جهت تدوین پروتکل‌های جمع‌آوری، انباشت، پالایش و سطح‌بندی داده و اطلاعات و امکان دسترسی نهادها و کسب‌وکارها به داده‌های موردنیاز سیستم‌های هوش مصنوعی بر اساس پروتکل‌های مشخص، در این بخش ضروری است. در این زمینه، پیشنهاد می‌شود (نظر به کارکرد فعلی نهادهای موجود کشور و در نبود نظام حکمرانی مستقل هوش مصنوعی) با همکاری دولت (یا نمایندگان آن‌ها)، صنعت (به‌ویژه شرکت‌های بزرگ)، سازمان پدافند غیرعامل و کمیسیون دوام این گروه (شامل نهادهای مؤثر بر نظام حکمرانی داده، جمع‌آوری و نگهداشت آن، و طبقه‌بندی اطلاعات) در این زمینه تصمیم‌گیری و اجرای اقدامات نماید.

- نوآوری و کسب‌وکار: این موضوع با بازیگری اصلی بخش خصوصی و کسب‌وکاری و صنفی باید پیش رود و با جلب اعتماد آنان و درگیر نمودن در امور تصمیم‌گیری و اقدام در جهت توسعه هوش مصنوعی در کشور انجام شود. نوآوری در کسب‌وکار تابعی از دو مشخصه مهم است؛ نخست توسعه تفکر و فرهنگ کارآفرینی و تکمیل زنجیره ارزش دانش و فناوری هوش مصنوعی و دوم مانع‌زدایی از توسعه کسب‌وکارها و به‌نوعی تسهیل در شکل‌گیری بازار و نظارت بر توسعه منصفانه در راستای آینده مطلوب بوم‌سازگان هوش مصنوعی؛ برای برآوردن وجه نخست که توسعه توان انسانی و فنی است اقداماتی از قبیل موارد زیر می‌تواند راهگشا باشد:

(۱) توسعه علمی و ارتقاء سطح اعتبار نهاد علمی کشور در هوش مصنوعی و حوزه‌های مرتبط از طریق:

(الف) تشویق به انتشار مقالات و کتب باکیفیت و معتبر در دو سطح داخلی و بین‌المللی با هدف مرجعیت علمی دانشمندان ایرانی و ایجاد قطب‌های هوش مصنوعی،

مصنوعی در سطح مدارس کشور با اهداف؛ آگاهی‌بخشی و فرهنگ‌سازی و شناسایی مستعدان و سرمایه‌گذاری هدفمند در توسعه نیروی انسانی متخصص آینده،

(۲) بهره‌برداری از ظرفیت کانون‌های پرورش فکری کودکان و نوجوانان، سراهای محلات و ظرفیت رسانه‌های رسمی برای رسوخ در سطوح مختلف جامعه جهت ایجاد یک مطالبه عمومی برای توسعه و کاربست منصفانه و آگاهانه هوش مصنوعی،

(۳) آگاهی‌بخشی در سطح مدیران و تصمیم‌گیران به منظور کاهش ریسک تصمیم‌گیری و مقاومت در نهاد حکمرانی کشور در قبال به‌کارگیری هوش مصنوعی به‌عنوان ابزار هوشمندسازی تصمیم،

به طور کلی، برای سیاست‌گذاری و اقدام در ارتباط با هریک از پیشنهادها، سیاستی، لازم است به این نکته مهم اشاره کرد که همه موارد پیشنهادی، موازین توسعه هوش مصنوعی در ایران هستند و مکمل یکدیگر محسوب می‌شوند. همچنین با توجه به اینکه ایران در مراحل ابتدایی شکل‌گیری بوم‌سازگان هوش مصنوعی است، باید برای دولت، نقش حمایت‌گری ویژه‌ای قائل بود. این موضوع هرچند ممکن است مطابق سلیقه و خواست شرکت‌های فعال در این زمینه نباشد، اما حتی تجربه کشورهای ابرقدرتی همچون چین نیز دلیلی بر این ادعاست. برای تشریح این بحث، خوب است به مقاله ارنال و همکارانش [۲۰] رجوع شود که محتوای طرح‌های ملی هوش مصنوعی که عموماً به پشتوانه دولت پیگیری شده، بر استانداردهای به‌عنوان یک محور راهبردی، صدور و اجرای انواع مقررات، ارتقای سرمایه انسانی، ارائه حمایت‌های مالی و تسهیل دسترسی به داده‌ها تأکید شده است. همانطور که پیش از این گفته شد، اسناد اتحادیه اروپا [۲۱] نیز قائل بر چنین نقشی برای دولت هستند. در زمینه تدوین راهبرد و اقدام دولت برای توسعه هوش مصنوعی در ایران، نکته کاربردی‌ای که می‌توان از کشور چین الگوبرداری کرد (و البته نه الگوبرداری کورکورانه و بدون در نظر گرفتن شرایط و زمینه‌ها و ظرفیت‌ها)، رویکرد عملی و آزمون و خطای دولت بخصوص در آزمایش سیاست‌های جدید و خوشه‌بندی بوم‌سازگان نوآوری [۲۰] است.

در پایان مجدداً تأکید می‌شود که یافته‌های این پژوهش و

اقتضائات خاص کشور، نیاز است مباحث اخلاقی و حریم خصوصی به طور ساختارمند دنبال شود. پیشنهاد می‌شود مراکز علمی و دانشگاهی به ویژه اندیشکده‌ای پیشرو این جریان باشند و از مشروعیت مردمی مجلس و کمیته‌های مردمی نیز استفاده شود.

مباحث اخلاق و حقوق در وهله نخست تابع پارادایم حکمرانی هوش مصنوعی و نقشه راه ملی موردتوافق برای پاسخ به سؤال چرایی توسعه و چگونگی (راه رسیدن) به آن است، لذا اگرچه در بخش حکمرانی به تدوین سندی برای اخلاق هوش مصنوعی اشاره شد لیکن مادامی‌که تفکر و روح غالب بر توسعه هوش مصنوعی مهم باشد ارائه راهبردهای نیل به آن جز توصیه بر آگاهی‌بخشی در سطوح مختلف (به بند پنجم: آگاهی‌بخشی مراجعه کنید) غیردقیق خواهد بود.

- **امنیت و استاندارد:** بحث امنیت ملی از جمله دغدغه‌های مهمی است که بدون توجه به آن توسعه پایدار هوش مصنوعی ممکن نخواهد بود و نیاز به نقش‌آفرینی همه جانبه سه نهاد وزارت اطلاعات، وزارت فاوا و مجلس، به منظور ایجاد تعادل در حفظ امنیت و توسعه هوش مصنوعی کاملاً مشهود است. در این زمینه، ایجاد کمیته استانداردسازی نیز می‌تواند یکی از اقدامات مفید و اثربخش باشد که به‌عنوان ایده اولیه مطرح شده و ایجاد آن نیازمند مطالعه دقیق‌تر و امکان‌سنجی است. از سوی دیگر وضع استانداردهای لازم علمی و صنعتی و کسب‌وکار نیز بسیار ضروری است. تجارب کشورهای منتخب نیز نشان می‌دهد که یکی از ارکان توسعه ملی هوش مصنوعی آنها در کارکرد استانداردسازی تعبیه شده است.

- **آگاهی‌بخشی:** ترویج و ایجاد آگاهی در لایه‌های مختلف اجتماع از ضرورت‌های توسعه هر فناوری نوظهور است. با توجه به ماهیت ویژه فناوری هوش مصنوعی و نگرانی‌های شهروندان، ضرورت این آگاهی‌بخشی دوچندان می‌شود و از رسانه‌های عمومی گرفته تا رسانه‌های تخصصی و ترویجی باید در این راستا ایفای نقش نمایند. آگاهی‌بخشی می‌تواند ابعاد متفاوتی داشته باشد و در سطوح متفاوت از جامعه مدنی تا سطح تصمیم‌گیران طرح شود. با این نگاه، اقدامات ذیل آگاهی‌بخشی را می‌توان به‌صورت زیر پیشنهاد داد:

(۱) تدوین برنامه ملی اشاعه دانش و کاربست‌های هوش

طراحی سازوکارها و وظایف نهاد متولی هوش مصنوعی در کشور و تقسیم کار ملی در هر یک از کارکردها نیز برای طرح بحث و بررسی در پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شوند.

سپاسگزاری

این مقاله، مستخرج از پروژه‌ای است که با حمایت مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت انجام شده است. لذا نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از همکاری این نهاد صمیمانه سپاسگزاری کنند

تعارض منافع

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

References

- [1] Research and Markets, **Artificial Intelligence Global Market Report 2023**, Research and Markets, 2023.
- [2] Accenture, **Embracing Artificial Intelligence**, Accenture, 2017.
- [3] McKinsey, **Driving impact at scale from automation and AI**, McKinsey, 2019.
- [4] Oxford Insights, **Government Artificial Intelligence Readiness**, 2019.
- [5] Deloitte, **Future in the balance? How countries are pursuing an AI advantage**, Deloitte, 2019.
- [6] ESCAP, **Artificial Intelligence in Asia and the Pacific**, United Nations, 2017.
- [7] Department of Defense, **SUMMARY OF THE 2018 DEPARTMENT OF DEFENSE ARTIFICIAL INTELLIGENCE STRATEGY**, Department of Defense, United States of America, 2018.
- [8] K. S. Hajela, **Policy Considerations for AI Governance**, ITU, 2018.
- [9] EUROPEAN COMMISSION, **COMMUNICATION FROM THE COMMISSION**, EUROPEAN COMMISSION, 2018.
- [10] E. Anggraeni., E.D. Hartigh., & M. Zegveld., **Business ecosystem as a perspective for studying the relations between firms and their business networks**, ECCON, pp.1-28, 2007.
- [11] I. V. Kastalli and A. Neely, **Collaborate To Innovate, How Business Ecosystems Unleash Business Value**, University of Cambridge., 2013.
- [12] P. Klimas and W. Czakon, **Species in the wild: a typology of innovation ecosystems**, *Review of Managerial Science*, pp. 249-282, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11846-020-00439-4>
- [13] D. d. Santos, A. Zen and B. A. Bittencourt, **From governance to choreography: coordination of innovation ecosystems**, *Innovation & Management*

بازیگران و کارکردهای آن‌ها، مبتنی بر جمع‌بندی و استخراج دانش نخبگانی بوده است و طبیعی است تابعی از تجربه، وضعیت کنونی بوم‌سازگان هوش مصنوعی و تصویر خبرگان از مسیر گذار خواهد بود و انتظار می‌رود در فرآیندی تکاملی حتی نهادهای بازیگر نیز دچار دگردیسی شوند یا نقشی پررنگ‌تر برعهده‌گرفته یا نقش خود را از دست دهند. همین تکاملی بودن موضوع، خود می‌تواند موجب ایجاد تفاوت این مقاله و پژوهش‌های پیشین شود. به‌عنوان نمونه نهادهای فرهنگی در زمان توسعه و هسته‌گذاری بوم‌سازگان هوش مصنوعی نیاز به توجه دارند و عملکرد آن‌ها بر توسعه هوش مصنوعی اثری به‌سزا خواهد داشت. حال‌آنکه در پژوهشی که توسط پژوهشگران عرصه سیاست‌گذاری علم و فناوری منتشر شده است، بوم‌سازگان نوآوری ملی به گروه‌های نهادی متفاوتی (در برخی موارد) در مقایسه با این پژوهش افزوده شده‌اند. به‌عنوان نمونه، در مطالعه‌ای که توسط افشاری مفرد و همکاران [۳۸] انجام شده، نهادهای مؤثر در نظام نوآوری ملی ایران به هشت دسته نهادی تقسیم شده‌اند (انطباق یافته بر اساس مطالعه [۳۹] که عبارتند از: سازمان‌های کسب‌وکاری، نهادهای سیاست‌گذاری دولتی، نهادهای آموزش عالی، سازمان‌های تحقیق و توسعه، نهادهای واسط، نهادهای مالی، نهادهای مدیریت تعارضات و تضمین امنیت، و نهادهای انتشار. اگرچه تشابه قابل‌توجهی بین دسته‌بندی ایشان با پژوهش حاضر وجود دارد، اما در جوهی نیز این دو پژوهش متفاوت‌اند؛ نخست اینکه نهادهای مالی در بوم‌سازگان هوش مصنوعی (به‌عنوان یک فناوری توسعه‌یافته مبتنی بر نیازهای کسب‌وکار و تقاضای اجتماعی) در مدل ارائه‌شده در توانمندسازها گنجانده شده است، جایی که نهادها نقش واسطه‌گری را نیز بر عهده می‌گیرند. زیرا نداشتن حاضر در تلاش است به زیست نوآوری به‌عنوان یک بوم‌مرز [۴۰] بنگرد و نه چارچوبی برای شکل‌دهی به تمام وجوه بوم‌سازگان علم و فناوری.

با توجه به اینکه در بوم‌سازگان‌های نوآوری، «تعامل»، نقشی اساسی دارد، و در این مقاله، مجال بررسی این تعاملات در بوم‌سازگان هوش مصنوعی نبود، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، به آن پرداخته شود. در این راستا مفهوم بوم‌مرز [۱۷] نیز می‌تواند مبنای کار قرار گیرد. همچنین

329. Doi: 20.1001.1.10283102.1389.18.1.11.6. {In Persian}
- [30] H. DanayiFard ., S, Alvani.,and A, Azar., **Qualitative Research Methodology: A comprehensive approach**, Ashraghi-Saffar, 2017. {In Persian}
- [31] S. A. Southerland, M. U. Smith and C. L. Cummins, **What do you mean by that? using structured interviews to assess science understanding**, in *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*, 2005, pp. 71-93. <https://doi.org/10.1016/B978-012498365-6/50006-8>
- [32] E. Adhabi and B. C. Anozie, **Literature Review for the Type of Interview in Qualitative Research**, *International Journal of Education*, 2017. <https://doi.org/10.5296/ije.v9i3.11483>
- [33] J. W. Creswell, W. E. Hanson, V. L. Clark Plano and A. Morales, **Qualitative research designs: Selection and implementation**, *The counseling psychologist*, vol. 35, no. 2, pp. 236-264, 2007. <https://doi.org/10.1177/0011000006287390>
- [34] H. HajiHoseini ., & Z. Karimian., **STI Policy Process and Its Governance**, *Journal of Science & Technology Policy*, 11(2), 71-86, 2019. Doi: 20.1001.1.20080840.1398.12.2.6.1. {In Persian}
- [35] S. Ghazinoory., **The need to maintain a balance between different institutions of the country's innovation system: Editorial**, *Journal of Science & Technology Policy*, 2023. DOI:10.22034/ISTP.2023.13973. {In Persian}
- [36] Hamzeh, A., Moazemi, M., Kavosi, S., & Zolfaghari, R., **Foundations of Conflict of Interest in the Policy and Structure of Higher Education in Iran after the Islamic Revolution**, *Journal of Political Studies*, 13(52), pp. 213-227. 2021. {In Persian}
- [37] Farasatkah, M., **Border activists**, *Gameno*, 2022. {In Persian}
- [38] M. Afshari-Mofrad, S. Ghazinoory and S. Nasri, **Measuring the efficiency, effectiveness and changeability of institutions for improving national innovation system**, *Asian Journal of Technology Innovation*, vol. 29, no. 2, 2021. <https://doi.org/10.1080/19761597.2020.1797517>
- [39] M. Cincera and H. Capron, **Assessing the Institutional Set-up of National Innovation Systems**, *Economics*, 2001.
- [40] S. Ghazinoory, F. Philips, M. Afshari-Mofrad and N. Bigdelou, **Innovation lives in ecotones, not ecosystems**, *Journal of Business Research*, 135, 572-580, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.06.067>
- Review*, Vol. 19 No. 1, pp. 26-38, 2022. <https://doi.org/10.1108/INMR-08-2020-0117>
- [14] A. Whicher and A. Walters, **Mapping Design for Innovation Policy in Wales and Scotland**, *The Design Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 109-129, 2017. <https://doi.org/10.1080/14606925.2016.1233006>
- [15] Esmailipour Masouleh, E., Afshari-Mofrad, M., and Bashiri, M, **Innovation ecosystem in Irans Automotive Industry; What it has, What it Lacks**, *Journal of Improvement Management*, vol.15, no.4, pp.105-127, 2022. Doi: 10.22034/jmi.2021.286062.2568. {In Persian}
- [16] M. Milard, **What Is an Innovation Ecosystem and How Are They Essential for Startups?**, 2018.
- [17] N. Bigdelou., H. Zare., and S. Ghazinoori, **The application of innovation ecotone theory to modify the structure of Iran's innovation ecosystem**, *Journal of Industry and University*, vol.13, no.49, pp.71-86, 2022. Doi: 20.1001.1.27170446.1399.13.49.5.1. {In Persian}
- [18] Accenture, **Embracing artificial intelligence**, *Accenture*, 2019.
- [19] M. G. Jacobides, S. Brusoni and F. Candelon, **The Evolutionary Dynamics of the Artificial Intelligence Ecosystem**, *Strategy Science*, vol. 6, 2021. <https://doi.org/10.1287/stsc.2021.0148>
- [20] A. Arenal, C. Armuna, C. Feijoo, S. Romos, Z. Xu and A. Moreno, **Innovation ecosystems theory revisited the case of artificial intelligence in China**, *Telecommunications Policy*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101960>
- [21] C. Stix, **A survey of the European Union's artificial intelligence ecosystem**, 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.02039>
- [22] University of TORONTO, **CANADASS AI ECOSYSTEM, GOVERNMENT INVESTMENT, PROPELS PRIVATE SECTOR GROWTH**, *University of TORONTO*, 2020.
- [23] L. Antebi, **Artificial Intelligence and National Security in Israel**, *INSS*, 2021.
- [24] V. Aggarwal, **How can India compete with US and China on Artificial Intelligence?** 2018
- [25] Republic of Turkiye Ministry of Industry and Technology, **National Artificial Intelligence strategy**, *Republic of Turkiye Ministry of Industry and Technology*, 2021.
- [26] O. Groth, M. Nitzberg, D. Zehr, T. Straube, T. Kaatz-Dubberke, F. Frische, M. Meilleur and S. Shersad, **Comparison of National Strategies to Promote Artificial Intelligence**, *Konrad-Adenauer-Stiftung*, 2019.
- [27] A. Kumar, **National AI Policy/Strategy of India and China: A Comparative Analysis.**, *Research and Information System for Developing Countries*, 2021.
- [28] OECD.ai, <https://www.oecd.ai/dashboards/countries>, 2020.
- [29] A. Delavar., **Qualitative Methodology**, *The Scientific Journal of Strategy*, vol. 18, no. 54. pp. 307-