

Designing an Artificial Intelligence Research and Development Governance Model through the Convergence of Policy-Making, Investment, and Innovation: A Qualitative Thematic Analysis

Najmeh Anbari¹, Reza Radfar^{1*}, Mohammad Kazem Sayadi²

1. Department of Technology Management, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. ICT Research Institute, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 08 Jul 2026

Accepted: 24 Oct 2026

First Available: 25 Oct 2026

Final Publication: 23 Jul 2027

Keywords

Artificial Intelligence

Governance; Research and

Development; Policy-Making;

Investment; Innovation; Thematic

Analysis; Convergence.

This study aimed to design and explain a governance model for artificial intelligence research and development (AI R&D), emphasizing the mechanisms through which policy-making, investment, and innovation converge within the Information and Communication Technology Research Institute. This applied, exploratory qualitative study employed thematic analysis. The study population comprised managers, senior experts, and researchers working at the Information and Communication Technology Research Institute. Fourteen experts were recruited through purposive and snowball sampling, and data were collected through in-depth semi-structured interviews until theoretical saturation was achieved. Data were analyzed following Braun and Clarke's six-phase thematic analysis procedure using MAXQDA. Credibility and trustworthiness were strengthened through participant review, coding review, comparison of expert perspectives, and repeated reference to the original data. Inter-coder reliability was assessed using Cohen's kappa coefficient. Analysis of the 14 interviews generated 4,708 initial coding instances, which were progressively refined and organized into 130 basic themes, 45 organizing themes, and 11 global themes. The final model comprised three principal governance domains: AI R&D policy governance, R&D investment governance, and AI innovation governance. The "convergence capability of policy-making, investment, and innovation" emerged as the central mechanism of the model and consisted of four dimensions: alignment of goals and priorities, joint decision-making and resource allocation, integration of information and processes, and feedback and adaptability. Institutional structure and organizational capacity, data governance and technical infrastructure, responsible AI, stakeholder participation, and risk and lifecycle governance were also identified as key enabling components. A kappa coefficient of 0.882 demonstrated a high level of coding agreement. Effective AI R&D governance requires a systematic linkage among policy priorities, resource allocation, innovation capabilities, and institutional, data, and technical mechanisms. Accordingly, establishing joint decision-making arrangements, aligning budgets with research priorities, and developing integrated monitoring, feedback, and adaptive mechanisms can strengthen coordination, accountability, risk management, and the creation of public value in AI research and development.

How to cite:

Anbari, N., Radfar, R., & Sayadi, M. K. (2027). Designing an Artificial Intelligence Research and Development Governance Model through the Convergence of Policy-Making, Investment, and Innovation: A Qualitative Thematic Analysis. *Study and Innovation in Education and Development*, 7(3), 1-28.

* Corresponding Author:

Reza Radfar

E-mail: r.radfar@srbiau.ac.ir



© 2027 the authors. Published by Institute for Knowledge, Development, and Research.

This is an open access article under the terms of the [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) License.

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Artificial intelligence (AI) has evolved from a specialized technological domain into a strategic capability with profound implications for research, innovation, organizational decision-making, public administration, and economic development. Its increasing capacity for learning, prediction, automation, and data-driven decision support has created substantial opportunities for organizations while simultaneously introducing new managerial, institutional, ethical, and regulatory challenges. The distinctive characteristics of AI, including adaptive learning, relative autonomy, scalability, and the opacity of some algorithmic processes, make its management fundamentally different from that of conventional information technologies and necessitate governance arrangements capable of integrating technical and organizational considerations (1). At the same time, the multidisciplinary nature of AI implies that its development cannot be governed exclusively through technical mechanisms; rather, research policy, organizational management, investment, regulation, ethics, innovation, and societal consequences must be considered in an integrated manner (2).

AI governance has therefore emerged as a framework for defining decision rights, responsibilities, processes, structures, and control mechanisms governing the development and use of AI. At the organizational level, AI governance concerns the arrangements through which AI-related activities are aligned with organizational goals, values, legal requirements, and ethical principles (3). Systematic reviews have further demonstrated that effective AI governance requires simultaneous attention to governance actors, objects of governance, lifecycle stages, and implementation mechanisms (4). Nevertheless, considerable uncertainty remains regarding how these principles should be operationalized in actual organizational decision-making processes, particularly in research and development (R&D) environments.

This issue is especially important in AI R&D because decisions concerning research priorities, project selection, funding, access to data and computational infrastructure, collaboration, technology transfer, and utilization of research outputs are strongly interdependent. Contemporary innovation policy has moved beyond a narrow emphasis on financing R&D toward systemic perspectives involving institutional interaction, learning, innovation systems, and transformative change (5). Mission-oriented innovation similarly emphasizes the need to coordinate policies, investments, and innovation activities around clearly defined strategic and societal objectives (6). Accordingly, effective governance of

AI R&D requires more than the independent management of research, funding, and innovation; it requires mechanisms that systematically connect policy priorities to resource allocation and subsequently to technological and public-value outcomes.

Existing research confirms the importance of such integration. Comparative studies of AI development policies have identified instruments such as R&D financing, human-capital development, regulation, networking, infrastructure, and demand stimulation as interconnected components of national AI strategies (7). Research on Iran's AI innovation ecosystem likewise highlights the significance of coordination among policymaking, financing, research, education, networking, infrastructure, and innovation actors (8). International evidence further suggests that sustained AI development depends on long-term research investment, infrastructure, skills, and effective mechanisms for transforming scientific outcomes into practical capabilities (9, 12). Analyses of governance strategies in the United States and Europe also indicate that government initiatives, market-oriented mechanisms, data policies, collaboration with the private sector, organizational capacity, and funding arrangements must operate coherently rather than as isolated interventions (10, 11).

Organizational capabilities constitute another important component of this governance challenge. Evidence from public organizations indicates that AI governance implementation is associated with clear responsibilities, appropriate organizational arrangements, and the preparedness of decision-makers, developers, and users (13). Similarly, AI governance maturity has been linked to the coordinated development of strategy and investment, organizational structure and culture, data governance, technical capacity, trust, and security (14). Data governance is particularly important because AI R&D depends on clear decision rights, accountability, data quality, access arrangements, and mechanisms for managing risks associated with data use (15).

Governance must also address the responsible development of AI. Global AI ethics frameworks show considerable convergence around principles such as transparency, fairness, accountability, privacy, and non-maleficence, while substantial gaps remain between these principles and their operational implementation (16). Responsible innovation emphasizes anticipation, reflexivity, inclusion, and responsiveness as essential characteristics of technology development (17), while more recent work on responsible AI governance emphasizes structural, relational, and procedural mechanisms for embedding responsibility throughout organizational activities (18). Risk-based approaches similarly require continuous monitoring and adaptation throughout the AI lifecycle rather than one-

time assessment at the beginning of a project (19, 20). However, governance tools do not necessarily provide balanced coverage of all organizational actors and lifecycle stages, particularly managerial decisions related to problem definition, resource allocation, deployment, and downstream use (24).

Despite the rapid expansion of AI governance research, systematic reviews continue to identify gaps concerning empirical implementation, organizational conditions, and the translation of governance principles into operational mechanisms (21, 22). Scientometric evidence also suggests that governance of AI and AI for governance have developed as related but conceptually distinct research streams, reinforcing the need for more precise analysis of governance mechanisms surrounding the development of AI itself (23). Therefore, the present study aimed to design an AI R&D governance model centered on the convergence of policy-making, investment, and innovation within the Information and Communication Technology Research Institute.

METHODS AND MATERIALS

This study was applied in purpose and exploratory qualitative in approach and employed thematic analysis. The study population consisted of managers, senior experts, and researchers working in the Information and Communication Technology Research Institute who possessed professional experience and specialized knowledge related to AI, R&D, innovation, investment, or governance processes. Participants were selected using purposive and snowball sampling. Fourteen experts participated in in-depth semi-structured interviews, and data collection continued until theoretical saturation was reached, such that the final interviews did not generate substantively new concepts or themes.

The interview questions were developed in accordance with the research objectives and focused on the governance of AI R&D, policy priorities, resource allocation, innovation processes, institutional arrangements, data and infrastructure, responsible AI, stakeholder participation, risk management, and the mechanisms connecting these areas. The interviews were transcribed and repeatedly reviewed before coding.

Data analysis followed the six-phase thematic analysis procedure, consisting of familiarization with the data, generation of initial codes, searching for themes, reviewing themes, defining and naming themes, and preparation of the final analytical framework. MAXQDA software was used to organize and code the qualitative data. Conceptually similar codes were grouped into basic themes, which were subsequently organized into organizing themes and overarching themes. Credibility and trustworthiness were enhanced

through participant review, coding review by a researcher familiar with qualitative methods, comparison of expert perspectives, and repeated reference to the original interview material. Coding reliability was also examined using a kappa agreement coefficient.

FINDINGS

Analysis of the 14 semi-structured interviews produced 4,708 initial coding instances. Through continuous comparison, conceptual refinement, merging of overlapping codes, and hierarchical organization, the data were classified into 130 basic themes, 45 organizing themes, and 11 overarching themes. The kappa coefficient was 0.882, indicating a high level of agreement in coding and supporting the reliability of the thematic structure.

The resulting model identified three core governance domains: AI R&D policy governance, R&D investment governance, and AI innovation governance. Policy governance included strategic direction and prioritization, adaptive regulation and standardization, evidence-based policymaking, and policy coordination and accountability. Investment governance encompassed alignment between budgets and project portfolios, sustainable and diversified financing, investment in strategic assets, and financial transparency and efficiency. Innovation governance included opportunity identification and experimentation, open and collaborative innovation, intellectual property and technology transfer, and adoption, scalability, and organizational ambidexterity.

The central mechanism of the model was the convergence capability of policy-making, investment, and innovation. This capability consisted of four dimensions: alignment of goals and priorities, joint decision-making and resource allocation, integration of information and processes, and feedback and adaptability. The findings indicated that policy priorities should be translated into project calls, budget allocations, and innovation portfolios; relevant organizational units should participate jointly in project-selection and resource-allocation decisions; policy, financial, technical, risk, and outcome information should be integrated; and project outcomes should feed back into subsequent policy and investment decisions.

Several enabling domains supported this central convergence mechanism. Institutional structure and organizational capacity included clear roles and decision rights, managerial commitment, human-capital development, organizational learning, and process maturity. Data, algorithm, and technical infrastructure governance involved data ownership, quality and access rules, model documentation and validation, computational

infrastructure, operational platforms, knowledge management, and reproducibility. Responsible AI included fairness, human rights, transparency, explainability, accountability, privacy, intellectual property, and appropriate human oversight.

Stakeholder participation and risk and lifecycle governance were also identified as essential components of the model. The analysis indicated that users, specialized organizational units, external partners, and other affected stakeholders should participate at relevant stages of project definition, development, validation, and evaluation. Risk management should extend throughout the lifecycle of AI projects and include technical, data-related, ethical, legal, organizational, and operational risks.

Finally, the model distinguished governance effectiveness from ultimate R&D outcomes and public value. Governance effectiveness was reflected in improved coordination, transparency, accountability, alignment of resources with priorities, adaptability, and risk control, whereas final outcomes concerned scientific advancement, technological development, innovation, utilization of research outputs, and creation of organizational and public value.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The findings demonstrate that AI R&D governance should be conceptualized as an integrated and dynamic organizational system rather than as a collection of independent policies or control instruments. The identification of policy governance, investment governance, and innovation governance as three core domains suggests that effective AI R&D depends on maintaining continuity between strategic intentions, resource commitments, and the transformation of research outputs into usable technologies and value-generating applications.

The most important contribution of the proposed model is the positioning of convergence capability as its central mechanism. This finding implies that the mere presence of appropriate policies, sufficient funding, or innovative technical teams does not guarantee effective governance. What matters is the organization's ability to align goals, make joint decisions, integrate information, and continuously adapt policies and resource allocations on the basis of implementation experience. Governance therefore operates as a feedback-oriented learning system rather than a linear sequence beginning with policy formulation and ending with innovation.

The model also emphasizes that convergence cannot operate effectively without institutional, technical, and ethical enabling conditions. Clear organizational roles, management commitment, skilled personnel, mature processes, reliable data, appropriate

computational infrastructure, documented models, and mechanisms for responsible AI collectively create the organizational environment in which integrated decision-making becomes feasible. Stakeholder participation further strengthens the model by ensuring that research priorities and technological solutions remain connected to actual user needs and potential societal effects.

Another important implication is the distinction between governance effectiveness and final R&D outcomes. A technically successful project does not necessarily indicate high-quality governance, just as an uncertain or unsuccessful experimental project does not necessarily represent governance failure. Governance quality should instead be assessed through the integrity of decision processes, coordination, transparency, accountability, risk management, learning, and adaptability. This distinction allows organizations to evaluate and improve governance processes independently from the inherent uncertainty associated with research and innovation.

Overall, the study concludes that effective AI R&D governance requires systematic integration of policy priorities, investment decisions, innovation processes, institutional capabilities, data and technical infrastructure, responsible AI principles, stakeholder participation, and lifecycle risk management. The proposed model provides an organizational framework through which research priorities can be translated into coherent portfolios of projects and investments, implementation experience can inform future decisions, and AI R&D activities can be directed toward scientific, technological, organizational, and public value. In practical terms, the establishment of joint decision-making mechanisms, alignment of budgets with research priorities, integrated monitoring systems, and formal feedback loops appears essential for transforming fragmented AI R&D activities into a coordinated, accountable, adaptive, and value-oriented governance system.

طراحی مدل حکمرانی تحقیق و توسعه در هوش مصنوعی با رویکرد همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری: مطالعه‌ای کیفی مبتنی بر تحلیل مضمون

نجمه عنبری^{۱*}، رضا رادفر^{۱*}، محمد کاظم صیادی^۲

۱. گروه مدیریت تکنولوژی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

چکیده

هدف پژوهش، طراحی و تبیین مدلی برای حکمرانی تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی با تأکید بر چگونگی همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات بود. پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر رویکرد، کیفی و اکتشافی بود و با روش تحلیل مضمون انجام شد. جامعه پژوهش شامل مدیران، کارشناسان ارشد و پژوهشگران فعال در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات بود که از میان آنان ۱۴ نفر با نمونه‌گیری هدفمند و گلوله‌برفی انتخاب شدند. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته تا دستیابی به اشباع نظری گردآوری شد. تحلیل داده‌ها بر اساس فرایند شش مرحله‌ای براون و کلارک و با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA انجام گرفت. برای افزایش اعتبار و اعتمادپذیری یافته‌ها از بازبینی مشارکت‌کنندگان، بازبینی کدگذاری، مقایسه دیدگاه‌های خبرگان و مراجعه مکرر به داده‌های اولیه استفاده شد و پایایی کدگذاری نیز با ضریب توافق کاپا ارزیابی شد. تحلیل ۱۴ مصاحبه به ثبت ۴۷۰۸ مورد کدگذاری اولیه منجر شد که پس از مقایسه مستمر، پالایش و سازمان‌دهی مفهومی در ۱۳۰ مضمون پایه، ۴۵ مضمون سازمان‌دهنده و ۱۱ مضمون فراگیر طبقه‌بندی شدند. مدل نهایی سه هسته اصلی شامل حکمرانی سیاست‌گذاری تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، حکمرانی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه و حکمرانی نوآوری هوش مصنوعی را دربر گرفت. «قابلیت همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری» به عنوان سازوکار مرکزی مدل و در چهار مؤلفه هم‌راستایی اهداف و اولویت‌ها، تصمیم‌گیری و تخصیص مشترک، یکپارچگی اطلاعات و فرایندها و بازخورد و انطباق‌پذیری شناسایی شد. افزون بر این، ساختار نهادی و ظرفیت سازمانی، حکمرانی داده و زیرساخت فنی، هوش مصنوعی مسئولانه، مشارکت ذی‌نفعان و حکمرانی ریسک و چرخه عمر از عناصر پشتیبان مدل بودند. ضریب کاپای ۰.۸۸۲ نیز توافق بالای کدگذاری را تأیید کرد. حکمرانی اثربخش تحقیق و توسعه هوش مصنوعی مستلزم پیوند نظام‌مند میان اولویت‌های سیاستی، تخصیص منابع، ظرفیت‌های نوآورانه و سازوکارهای نهادی، داده‌ای و فنی است؛ از این رو، استقرار سازوکارهای تصمیم‌گیری مشترک، هم‌راستاسازی بودجه با اولویت‌های پژوهشی و ایجاد نظام‌های یکپارچه پایش، بازخورد و انطباق می‌تواند هماهنگی، پاسخ‌گویی، مدیریت ریسک و تولید ارزش عمومی را در فعالیت‌های تحقیق و توسعه هوش مصنوعی تقویت کند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۰۲

تاریخ چاپ اولیه: ۱۴۰۵/۰۸/۰۳

تاریخ چاپ نهایی: ۱۴۰۶/۰۵/۰۱

کلیدواژه‌ها

حکمرانی هوش مصنوعی؛

تحقیق و توسعه؛

سیاست‌گذاری؛

سرمایه‌گذاری؛ نوآوری؛

تحلیل مضمون؛ همگرایی.

شیوه ارجاع‌دهی:

عنبری، نجمه، رادفر، رضا، و صیادی، محمدکاظم. (۱۴۰۶). طراحی مدل حکمرانی تحقیق و توسعه در هوش مصنوعی با رویکرد همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری: مطالعه‌ای کیفی مبتنی بر تحلیل مضمون. پژوهش و نوآوری در تربیت و توسعه، ۷(۳)، ۱-۲۸.

نویسنده مسئول:

رضا رادفر

پست الکترونیکی: r.radfar@srbiau.ac.ir



هوش مصنوعی در سال‌های اخیر از یک حوزه تخصصی محدود به علوم رایانه فراتر رفته و به یکی از فناوری‌های راهبردی اثرگذار بر ساختارهای اقتصادی، اجتماعی، صنعتی و حکمرانی تبدیل شده است. قابلیت سامانه‌های هوش مصنوعی در یادگیری از داده‌ها، شناسایی الگوها، خودکارسازی فرایندها، پشتیبانی از تصمیم‌گیری و توسعه محصولات و خدمات نوین، سبب شده است که کشورها، سازمان‌های عمومی، مراکز پژوهشی و بنگاه‌های اقتصادی به‌طور فزاینده‌ای توسعه ظرفیت‌های مرتبط با این فناوری را در دستور کار قرار دهند. با این حال، توسعه هوش مصنوعی صرفاً مسئله‌ای فنی یا فناورانه نیست، بلکه مجموعه‌ای از مسائل مرتبط با سیاست‌گذاری، تخصیص منابع، مسئولیت‌پذیری، تنظیم‌گری، مدیریت داده، اخلاق، توسعه قابلیت‌های سازمانی و تبدیل دانش پژوهشی به نوآوری را دربرمی‌گیرد. به همین دلیل، ادبیات جدید مدیریت هوش مصنوعی بر این نکته تأکید دارد که ظرفیت‌های منحصربه‌فرد این فناوری، از جمله یادگیری، خودمختاری نسبی، مقیاس‌پذیری و پیچیدگی برخی فرایندهای تصمیم‌گیری الگوریتمی، الگوهای سنتی مدیریت فناوری را با چالش مواجه کرده و ضرورت توسعه سازوکارهای حکمرانی متناسب با ویژگی‌های آن را افزایش داده است (1). همچنین، ماهیت چندرشته‌ای و تحول‌آفرین هوش مصنوعی موجب شده است که مسائل مرتبط با آن نه تنها در سطح فناوری، بلکه در حوزه‌های سیاست عمومی، مدیریت، اقتصاد، حقوق، اخلاق و نوآوری نیز مورد توجه قرار گیرد (2).

در چنین بستری، مفهوم حکمرانی هوش مصنوعی به مجموعه ساختارها، قواعد، فرایندها، نقش‌ها و سازوکارهایی اشاره دارد که از طریق آن‌ها توسعه، استقرار و بهره‌برداری از سامانه‌های هوش مصنوعی هدایت، هماهنگ، کنترل و ارزیابی می‌شود. از منظر سازمانی، حکمرانی هوش مصنوعی باید تعیین کند که چه کسانی اختیار تصمیم‌گیری دارند، چه مسئولیت‌هایی میان بازیگران مختلف توزیع می‌شود، تصمیم‌های فناورانه چگونه با اهداف و ارزش‌های سازمان هم‌راستا می‌شوند و چه سازوکارهایی برای پاسخ‌گویی، نظارت و کنترل پیامدها وجود دارد (3). مرور نظام‌مند ادبیات این حوزه نیز نشان می‌دهد که حکمرانی هوش مصنوعی را نمی‌توان به یک مجموعه ثابت از قواعد یا ابزارهای فنی فروکاست، بلکه باید آن را نظامی چندسطحی دانست که در آن بازیگران، موضوعات تحت حکمرانی، مراحل مختلف چرخه عمر فناوری و شیوه‌های مداخله به یکدیگر وابسته‌اند (4). از این رو، اثربخشی حکمرانی مستلزم آن است که میان جهت‌گیری‌های راهبردی، ساختارهای تصمیم‌گیری و اقدامات اجرایی پیوند برقرار شود و اصول کلی حکمرانی به ترتیبات عملیاتی قابل اجرا در سازمان تبدیل شوند.

اهمیت این موضوع در حوزه تحقیق و توسعه هوش مصنوعی دوچندان است؛ زیرا فعالیت‌های تحقیق و توسعه در نقطه اتصال میان تولید دانش، توسعه فناوری، تخصیص منابع و ایجاد ارزش قرار دارند. تصمیم درباره اینکه چه مسائل پژوهشی در اولویت قرار گیرند، چه پروژه‌هایی حمایت شوند، منابع مالی و فنی چگونه توزیع شوند، چه داده‌ها و زیرساخت‌هایی در اختیار تیم‌های پژوهشی قرار گیرد و نتایج پژوهش چگونه به محصولات، خدمات یا قابلیت‌های قابل بهره‌برداری تبدیل شوند، همگی تصمیماتی ماهیتاً حکمرانی

هستند. دیدگاه‌های تحول سیاست نوآوری نشان می‌دهند که سیاست علم، فناوری و نوآوری از تمرکز صرف بر تأمین مالی تحقیق و توسعه، به سمت درک نظام‌مندتری از روابط میان بازیگران، نهادها، یادگیری، جهت‌دهی به تغییر و حل مسائل اجتماعی حرکت کرده است (5). در همین راستا، رویکرد سیاست نوآوری مأموریت‌گرا تأکید می‌کند که جهت‌دهی به فعالیت‌های علمی و فناورانه زمانی اثربخش است که اهداف راهبردی به مجموعه‌ای هماهنگ از سرمایه‌گذاری‌ها، ظرفیت‌ها و اقدامات پژوهشی و نوآورانه تبدیل شوند (6). بنابراین، حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی باید فراتر از مدیریت منفرد پروژه‌ها، به نحوه اتصال اهداف سیاستی، تصمیم‌های سرمایه‌گذاری و فرایندهای نوآوری توجه کند.

یکی از مسائل کلیدی در این زمینه، هماهنگی میان سیاست‌گذاری توسعه هوش مصنوعی و ابزارهای اجرایی حمایت از آن است. بررسی برنامه‌های سیاستی کشورهای مختلف نشان داده است که توسعه هوش مصنوعی معمولاً از مجموعه متنوعی از ابزارها، شامل تأمین مالی تحقیق و توسعه، آموزش و توسعه سرمایه انسانی، حمایت از زیرساخت، تنظیم‌گری، شبکه‌سازی، همکاری میان دانشگاه و صنعت و تحریک تقاضای بازار بهره می‌گیرد (7). وجود چنین تنوعی در ابزارها، به‌خودی‌خود تضمین‌کننده اثربخشی نیست؛ زیرا در صورت نبود هماهنگی، ممکن است اولویت‌های سیاستی با الگوی تخصیص منابع یا مسیرهای بهره‌برداری از نتایج پژوهشی ناسازگار باشند. مطالعه سیاست‌های اکوسیستم نوآوری هوش مصنوعی در ایران نیز نشان داده است که توسعه این فناوری مستلزم حضور و تعامل مجموعه‌ای از بازیگران در حوزه‌های سیاست‌گذاری، آموزش، پژوهش، تأمین مالی، شبکه‌سازی، نوآوری و زیرساخت فنی است و کیفیت روابط میان این بازیگران می‌تواند نقش مهمی در عملکرد زیست‌بوم ایفا کند (8). از این منظر، مسئله اصلی تنها وجود سیاست یا منابع نیست، بلکه کیفیت اتصال میان جهت‌گیری سیاستی، تخصیص منابع و فعالیت‌های نوآورانه اهمیت اساسی پیدا می‌کند.

این ضرورت در مطالعات مربوط به سیاست‌های ملی و راهبردهای توسعه هوش مصنوعی نیز مشاهده می‌شود. تحلیل راهبرد تحقیقاتی هوش مصنوعی ایالات متحده نشان داده است که توسعه پایدار این حوزه نیازمند هماهنگی میان سرمایه‌گذاری بلندمدت در پژوهش، توسعه زیرساخت، آموزش نیروی انسانی، ارزیابی عملکرد و انتقال دستاوردها به عرصه کاربرد است (9). همچنین، بررسی راهبردهای حکمرانی هوش مصنوعی در ایالات متحده نشان می‌دهد که الگوهای دولت‌محور و سازوکارهای بازارمحور به‌صورت هم‌زمان در شکل‌دهی توسعه این فناوری نقش دارند و تعامل میان سیاست عمومی، بازیگران اقتصادی و نهادهای فناورانه یکی از مؤلفه‌های مهم حکمرانی محسوب می‌شود (10). در سطح اروپا نیز تحلیل ابتکارات سیاستی دولت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نشان داده است که راهبردهای ملی اغلب بر داده، همکاری با بخش خصوصی، توسعه کاربردها و ظرفیت‌های نهادی متمرکزند، اما میزان توجه به ظرفیت سازمانی و سازوکارهای تأمین مالی در میان کشورها یکسان نیست (11). این تفاوت‌ها بیانگر آن است که تحقق اهداف کلان هوش مصنوعی به چگونگی ترجمه آن‌ها به تصمیم‌های اجرایی در سطح سازمان‌ها وابسته است.

در کنار هماهنگی سیاست و سرمایه‌گذاری، نوآوری حلقه‌ای تعیین‌کننده در حکمرانی تحقیق و توسعه محسوب می‌شود؛ زیرا ارزش پژوهش زمانی تحقق می‌یابد که دانش ایجادشده بتواند به قابلیت فناورانه، محصول، خدمت، فرایند یا ارزش عمومی تبدیل شود. در این زمینه، توصیه بازنگری‌شده سازمان همکاری و توسعه اقتصادی درباره هوش مصنوعی، ضمن تأکید بر توسعه هوش مصنوعی قابل‌اعتماد، بر سرمایه‌گذاری پایدار در تحقیق و توسعه، داده‌ها، زیرساخت‌های محاسباتی، مهارت‌ها و همکاری میان بخش‌های مختلف تأکید می‌کند (12). چنین رویکردی نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری سه جریان مستقل نیستند، بلکه باید در قالب چرخه‌ای به هم پیوسته عمل کنند؛ به گونه‌ای که سیاست‌ها اولویت‌های تحقیق و توسعه را تعیین کنند، سرمایه‌گذاری ظرفیت اجرای آن‌ها را فراهم سازد و تجربه حاصل از نوآوری و بهره‌برداری نیز اطلاعات لازم برای بازنگری سیاست و تخصیص منابع بعدی را تولید کند. از این منظر، «همگرایی» را می‌توان به عنوان توانایی ایجاد ارتباط هدفمند، متقابل و بازخوردی میان این سه حوزه تعریف کرد.

با این حال، توسعه چنین همگرایی‌ای بدون برخورداری از ساختار و ظرفیت سازمانی مناسب امکان‌پذیر نیست. پژوهش‌های تجربی درباره سازمان‌های عمومی نشان داده‌اند که پیاده‌سازی حکمرانی هوش مصنوعی به عواملی مانند وضوح مسئولیت‌ها، آموزش و توانمندسازی تصمیم‌گیرندگان و توسعه‌دهندگان، ظرفیت‌های سازمانی و ایجاد ترتیبات مناسب برای نظارت و هماهنگی وابسته است (13). همچنین، مدل بلوغ حکمرانی هوش مصنوعی در شهرهای هوشمند نشان می‌دهد که راهبرد و سرمایه‌گذاری، ساختار و فرهنگ سازمانی، حکمرانی داده، ظرفیت فنی و اعتماد و امنیت باید به صورت هم‌زمان توسعه یابند تا سازمان بتواند از قابلیت‌های هوش مصنوعی به طور مؤثر بهره‌برداری کند (14). بنابراین، حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی صرفاً محصول تدوین یک سیاست یا ایجاد یک واحد سازمانی نیست، بلکه مستلزم توسعه ترکیبی از ظرفیت‌های مدیریتی، انسانی، نهادی و فنی است که امکان هماهنگی میان تصمیم‌های مختلف را فراهم کند.

حکمرانی داده نیز یکی از زیرساخت‌های اساسی چنین نظامی است. پژوهش‌های حوزه حکمرانی داده نشان می‌دهند که ارزش‌آفرینی از داده مستلزم تعیین روشن حقوق تصمیم‌گیری، مسئولیت‌ها، استانداردها، قواعد دسترسی و سازوکارهای کنترل کیفیت و امنیت است (15). این موضوع در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا کیفیت، دسترس‌پذیری، منشأ و امکان استفاده مشروع از داده‌ها مستقیماً بر قابلیت اجرای پروژه‌های پژوهشی و اعتبار خروجی‌های آن‌ها اثر می‌گذارد. همچنین، زیرساخت محاسباتی، محیط‌های آزمایشی، ابزارهای توسعه و سازوکارهای مدیریت چرخه عمر مدل‌ها، بخشی از دارایی‌های راهبردی تحقیق و توسعه محسوب می‌شوند. در نتیجه، تصمیم‌گیری درباره سرمایه‌گذاری در پروژه‌های هوش مصنوعی باید تنها بر بودجه مستقیم پروژه متمرکز نباشد، بلکه شرایط داده‌ای، زیرساختی و قابلیت‌های مشترک سازمان را نیز در نظر گیرد.

از سوی دیگر، حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی باید ملاحظات اخلاقی، اجتماعی و حقوقی را از مراحل نخست توسعه در فرایند تصمیم‌گیری وارد کند. مرور جهانی راهنماهای اخلاق هوش مصنوعی نشان داده است که اصولی مانند شفافیت،

عدالت، عدم آسیب، مسئولیت‌پذیری و حریم خصوصی در بسیاری از چارچوب‌ها تکرار می‌شوند، اما میان بیان این اصول و نحوه عملیاتی‌سازی آن‌ها فاصله قابل توجهی وجود دارد (16). چارچوب نوآوری مسئولانه نیز بر آینده‌نگری، بازاندیشی، مشارکت ذی‌نفعان و پاسخ‌گویی به تحولات به‌عنوان عناصر ضروری توسعه مسئولانه فناوری تأکید دارد (17). در امتداد همین دیدگاه، پژوهش‌های جدید درباره حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی بر ضرورت ترکیب سازوکارهای ساختاری، رابطه‌ای و رویه‌ای در سازمان تأکید کرده‌اند تا اصول کلی اخلاقی و حکمرانی بتوانند در تصمیم‌های واقعی طراحی، توسعه، استقرار و ارزیابی فناوری انعکاس یابند (18). بنابراین، در حکمرانی تحقیق و توسعه، انتخاب پروژه، تخصیص بودجه و تصمیم درباره ادامه یا توقف فعالیت‌ها باید علاوه بر معیارهای علمی و اقتصادی، ملاحظات مسئولانه و پیامدهای عمومی را نیز دربرگیرد.

ماهیت پویا و عدم قطعیت موجود در توسعه هوش مصنوعی، مدیریت ریسک را نیز به جزء جدایی‌ناپذیر حکمرانی تبدیل کرده است. چارچوب مدیریت ریسک هوش مصنوعی بر این اصل استوار است که ریسک‌ها باید در سراسر چرخه عمر سامانه‌ها شناسایی، اندازه‌گیری، مدیریت و پایش شوند و ساختارهای حکمرانی امکان بازنگری مستمر در تصمیم‌ها را فراهم کنند (19). چارچوب‌های یکپارچه حکمرانی نیز نشان داده‌اند که مخاطرات هوش مصنوعی می‌توانند ماهیت فناورانه، داده‌ای، اقتصادی، اجتماعی، اخلاقی و حقوقی داشته باشند و مدیریت آن‌ها نیازمند ترکیبی از اصول، قواعد و ابزارهای نظارتی است (20). بر این اساس، حکمرانی تحقیق و توسعه نمی‌تواند به تصمیم اولیه درباره تصویب پروژه محدود شود، بلکه باید سازوکارهایی برای ارزیابی مرحله‌ای، مشاهده تغییر شرایط، کنترل ریسک و بازتنظیم مسیر پروژه در طول چرخه عمر فراهم سازد. چنین سازوکارهایی از طریق ایجاد حلقه‌های بازخورد می‌توانند پیوند میان سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری را نیز تقویت کنند.

با وجود گسترش چشمگیر ادبیات حکمرانی هوش مصنوعی، هنوز چالش مهمی در تبدیل چارچوب‌های مفهومی به سازوکارهای اجرایی وجود دارد. مرور نظام‌مند مطالعات این حوزه، شکاف‌هایی را در زمینه شواهد تجربی مربوط به نحوه اجرای حکمرانی، تأثیر شرایط سازمانی و چگونگی عملیاتی‌سازی سازوکارهای آن شناسایی کرده است (21). مرور راهبردهای حکمرانی هوش مصنوعی طی سال‌های اخیر نیز نشان می‌دهد که اگرچه ابعاد اخلاقی، سیاستی، نهادی و ریسک‌محور به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفته‌اند، نیاز به الگوهایی که این ابعاد را در قالب سازوکارهای عملیاتی و هماهنگ سازمان دهند همچنان محسوس است (22). مطالعات علم‌سنجی نیز حاکی از شکل‌گیری دو جریان مرتبط اما متمایز در ادبیات، یعنی «حکمرانی هوش مصنوعی» و «هوش مصنوعی برای حکمرانی» است و نشان می‌دهد که موضوعاتی مانند اخلاق، حکمرانی داده، شفافیت و تنظیم‌گری در نقطه اتصال این جریان‌ها قرار گرفته‌اند (23). این وضعیت ضرورت تمرکز دقیق‌تر بر حکمرانی خود فرایند توسعه فناوری و به‌ویژه فعالیت‌های تحقیق و توسعه را برجسته می‌سازد.

یکی دیگر از محدودیت‌های ادبیات موجود آن است که بسیاری از ابزارهای حکمرانی مسئولانه به‌طور متوازن همه بازیگران و مراحل چرخه عمر را پوشش نمی‌دهند. مرور و فراتحلیل ابزارهای حکمرانی مسئولانه نشان داده است که توجه قابل‌ملاحظه‌ای به

نقش طراحان و توسعه‌دهندگان و مراحل داده و مدل‌سازی معطوف شده، درحالی‌که نقش مدیران، بهره‌برداران، تصمیم‌گیرندگان سازمانی و گروه‌های متأثر، و نیز مراحل تعریف مسئله، تخصیص منابع و استقرار فناوری، در بسیاری از ابزارها کمتر پوشش داده شده است (24). این شکاف برای سازمان‌های پژوهشی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا تصمیم‌هایی که پیش از آغاز توسعه فنی اتخاذ می‌شوند، از جمله انتخاب مسئله، تعیین اولویت، تخصیص بودجه، فراهم‌سازی زیرساخت و انتخاب شرکای پژوهشی، می‌توانند مسیر کامل پروژه و پیامدهای آن را شکل دهند. از این‌رو، حکمرانی تحقیق و توسعه باید از مرحله شکل‌گیری دستور کار پژوهشی آغاز شود و تا انتقال فناوری، بهره‌برداری، ارزیابی پیامدها و یادگیری سازمانی ادامه یابد.

برآیند مطالعات پیشین نشان می‌دهد که حکمرانی اثربخش هوش مصنوعی به هماهنگی میان مجموعه متنوعی از عناصر شامل راهبرد، ساختار، نقش‌ها، سرمایه انسانی، داده، زیرساخت، اخلاق، ریسک، مشارکت و ارزیابی وابسته است؛ با این حال، نحوه اتصال نظام‌مند این عناصر به تصمیم‌های سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری در سطح تحقیق و توسعه هنوز به‌طور کافی روشن نشده است. در بسیاری از چارچوب‌ها، سیاست‌گذاری در سطح ملی، حکمرانی مسئولانه در سطح اصول و قواعد، مدیریت داده در سطح زیرساخت و نوآوری در سطح زیست‌بوم به‌صورت نسبتاً مجزا بررسی شده‌اند. در نتیجه، هنوز نیاز به مدلی وجود دارد که نشان دهد در یک سازمان پژوهشی، اولویت‌های سیاستی چگونه به تصمیم‌های تخصیص منابع و سبد پروژه‌ها تبدیل می‌شوند، اطلاعات مالی و فنی چگونه با یکدیگر پیوند می‌یابند، تجربه پروژه‌ها چگونه به اصلاح سیاست و بودجه بازمی‌گردد و سازوکارهای نوآوری چگونه انتقال نتایج پژوهشی به کاربرد و ارزش عمومی را تسهیل می‌کنند. توجه به این روابط می‌تواند فاصله میان «حکمرانی به‌عنوان مجموعه‌ای از اصول» و «حکمرانی به‌عنوان فرایند واقعی تصمیم‌گیری سازمانی» را کاهش دهد و چارچوبی عملیاتی‌تر برای مدیریت تحقیق و توسعه هوش مصنوعی فراهم سازد.

بنابراین، هدف پژوهش حاضر طراحی مدل حکمرانی تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی با تأکید بر همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تبیین ابعاد و مؤلفه‌های حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی با رویکرد همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری انجام شده است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر رویکرد، کیفی است که با استفاده از روش تحلیل مضمون انجام شد. جامعه پژوهش شامل مدیران، کارشناسان ارشد و پژوهشگران فعال در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات بود. روش نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند (قضاوتی) و گلوله‌برفی در نظر گرفته شد؛ به‌گونه‌ای که مشارکت‌کنندگان بر اساس تخصص، تجربه حرفه‌ای، آشنایی با فرایندهای حکمرانی و برخورداری از دانش مرتبط با موضوع پژوهش انتخاب شدند. در این پژوهش، ۱۴ مصاحبه عمیق و نیمه‌ساختاریافته با خبرگان و متخصصان حوزه پژوهش انجام شد. مشارکت‌کنندگان با استفاده از روش نمونه‌گیری

هدفمند و گلوله‌برفی انتخاب شدند و فرایند گردآوری داده‌ها تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت؛ به گونه‌ای که در مصاحبه‌های پایانی، مفهوم یا مضمون جدیدی به داده‌های پیشین افزوده نشد. پرسش‌های مصاحبه نیز بر اساس اهداف پژوهش و مبانی نظری مرتبط با حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی تدوین شدند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از روش تحلیل مضمون براون و کلارک^۱ (۲۰۰۶) با بهره‌گیری از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شد. فرایند تحلیل در شش مرحله شامل آشنایی با داده‌ها، ایجاد کدهای اولیه، جست‌وجوی مضامین، بازبینی مضامین، تعریف و نام‌گذاری مضامین و تدوین گزارش نهایی انجام گرفت. ابتدا متن مصاحبه‌ها پیاده‌سازی و چندین بار مطالعه شد و سپس داده‌ها در نرم‌افزار MAXQDA سازمان‌دهی و کدگذاری شدند. در ادامه، کدهای دارای مشابهت و ارتباط مفهومی در قالب مضامین اولیه دسته‌بندی شدند و پس از بررسی انسجام درونی و تمایز مفهومی آن‌ها، مضامین اصلی استخراج شدند. مضامین نهایی با تأکید بر شناسایی سازوکارهای هماهنگی سیاست‌گذاری، تخصیص منابع، هدایت فعالیت‌های تحقیق و توسعه و تبدیل دستاوردهای پژوهشی به نوآوری مورد تفسیر قرار گرفتند. به منظور افزایش اعتبار و اعتمادپذیری یافته‌ها، از بازبینی مشارکت‌کنندگان، بررسی کدگذاری توسط پژوهشگر آشنا با روش‌های کیفی، مقایسه دیدگاه‌های خبرگان و مراجعه مکرر به داده‌های اولیه استفاده شد. همچنین، برای تقویت قابلیت انتقال‌پذیری یافته‌ها، ویژگی‌های مشارکت‌کنندگان و زمینه اجرای پژوهش مورد توجه قرار گرفت.

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مشارکت‌کنندگان در جدول شماره ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، از مجموع ۱۴ نفر از خبرگان، ۱۱ نفر مرد و ۳ نفر زن بودند. بیشترین فراوانی سابقه کاری به گروه ۱۰ تا ۱۵ سال (۸ نفر) اختصاص داشت. از نظر سنی، گروه‌های ۳۰ تا ۴۰ سال و ۴۱ تا ۵۰ سال هرکدام با ۵ نفر بیشترین فراوانی را داشتند. همچنین، ۸ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۶ نفر دارای مدرک دکتری بودند.

جدول ۱. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مشارکت‌کنندگان پژوهش

متغیر	سطوح متغیر	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۱	۷۸/۶
	زن	۳	۲۱/۴
	کل	۱۴	۱۰۰/۰
سابقه کاری	۱۰ تا ۱۵ سال	۸	۵۷/۱
	۱۶ تا ۲۰ سال	۳	۲۱/۴
	۲۱ تا ۳۰ سال	۳	۲۱/۴
	کل	۱۴	۱۰۰/۰
سن	۳۰ تا ۴۰ سال	۵	۳۵/۷

^۱ Braun & Clarke

۳۵/۷	۵	۴۱ تا ۵۰ سال	
۲۸/۶	۴	۵۱ سال و بیشتر	
۱۰۰/۰	۱۴	کل	
۵۷/۱	۸	کارشناسی ارشد	تحصیلات
۴۲/۹	۶	دکتری	
۱۰۰/۰	۱۴	کل	

در این پژوهش، برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه با خبرگان، از روش تحلیل مضمون براون و کلارک (۲۰۰۶) و نرم‌افزار **MAXQDA** استفاده شد. فرایند تحلیل شامل شش مرحله آشنایی با داده‌ها، ایجاد کدهای اولیه، جست‌وجوی مضامین، بازبینی مضامین، تعریف و نام‌گذاری مضامین و تدوین گزارش نهایی بود. در این فرایند، متن ۱۴ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته بررسی و در مجموع ۴۷۰۸ مورد کدگذاری اولیه ثبت شد. سپس با مقایسه مستمر داده‌ها، کدهای مشابه و مرتبط شناسایی و در قالب مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر طبقه‌بندی شدند.

الف) کدگذاری اولیه: در این مرحله، متن مصاحبه‌ها چندین بار مطالعه و واحدهای معنایی مرتبط با حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی شناسایی شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار **MAXQDA**، بخش‌های معنادار داده‌ها کدگذاری شدند. در مجموع، از ۱۴ مصاحبه انجام‌شده، ۴۷۰۸ مورد کدگذاری اولیه به دست آمد که فراوانی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. فراوانی موارد کدگذاری اولیه در مصاحبه‌ها

تعداد موارد کدگذاری	مصاحبه
۵۴۴	مصاحبه شماره ۱
۱۲۲	مصاحبه شماره ۲
۱۸۶	مصاحبه شماره ۳
۲۰۴	مصاحبه شماره ۴
۴۴۴	مصاحبه شماره ۵
۲۴۲	مصاحبه شماره ۶
۲۶۶	مصاحبه شماره ۷
۱۵۶	مصاحبه شماره ۸
۳۸۸	مصاحبه شماره ۹
۶۲۸	مصاحبه شماره ۱۰
۴۴۴	مصاحبه شماره ۱۱
۴۸۴	مصاحبه شماره ۱۲
۲۳۸	مصاحبه شماره ۱۳
۳۶۲	مصاحبه شماره ۱۴
۴۷۰۸	جمع

ب) شناسایی و سازمان‌دهی مضامین: در این مرحله، کدهای اولیه بر اساس شباهت‌ها، تفاوت‌ها و ارتباطات مفهومی بررسی شدند. کدهای دارای محتوای مشترک در قالب مضامین پایه قرار گرفتند و از طریق مقایسه و ترکیب مضامین مرتبط، مضامین سازمان‌دهنده شکل گرفتند. در ادامه، مضامین سازمان‌دهنده با توجه به اشتراکات مفهومی و ارتباط آن‌ها با اهداف پژوهش، در سطح مضامین فراگیر سازمان‌دهی شدند.

ج) بازبینی و پالایش مضامین: در این مرحله، مضامین استخراج‌شده از نظر انسجام درونی، تمایز مفهومی و تناسب با داده‌های اولیه مورد بازبینی قرار گرفتند. مضامین دارای هم‌پوشانی ادغام و موارد نیازمند اصلاح، بازتعریف شدند. همچنین، با مراجعه مجدد به متن مصاحبه‌ها، ارتباط مضامین با دیدگاه‌های خبرگان و پرسش‌های پژوهش بررسی شد.

د) تدوین چارچوب مفهومی پژوهش: در مرحله نهایی، مضامین پالایش‌شده با تأکید بر ابعاد و مؤلفه‌های حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی سازمان‌دهی شدند. در این مرحله، روابط مفهومی میان سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری بررسی و نتایج تحلیل برای تدوین چارچوب مفهومی حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۳، مضامین فراگیر، سازمان‌دهنده و پایه مدل حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی با رویکرد همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مضامین مدل حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی

مضامین فراگیر	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه
هسته اصلی: حکمرانی سیاست‌گذاری تحقیق و توسعه هوش مصنوعی	جهت‌گیری راهبردی و اولویت‌گذاری	وجود سند و نقشه‌راه مصوب R&D هوش مصنوعی، انطباق اولویت‌ها با مأموریت پژوهشگاه و اسناد ملی، شفافیت و سنجش‌پذیری اهداف
	تنظیم‌گری و استانداردگذاری تطبیقی	وجود قواعد روشن درباره داده، الگوریتم، مالکیت فکری و تأمین فناوری، تناسب مقررات با سطح ریسک، استفاده از محیط آزمون تنظیم‌گری
	سیاست‌گذاری شواهدمحور	استفاده از داده، پژوهش و نیازهای واقعی در تعیین دستور کار، تعیین شاخص‌های ارزیابی سیاست، اصلاح سیاست بر اساس بازخورد اجرای پروژه‌ها
	هماهنگی و پاسخ‌گویی سیاستی	شفافیت نقش نهادها و واحدها، وجود مرجع هماهنگ‌کننده، تعیین مسئول پاسخ‌گو برای هر سیاست
هسته اصلی: حکمرانی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه	هم‌راستایی بودجه و سبد پروژه‌ها	پیوند بودجه با اولویت‌های راهبردی، تعادل میان تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای، تخصیص مرحله‌ای منابع بر اساس سطح بلوغ فناوری
	پایداری و تنوع تأمین مالی	وجود بودجه چندساله و نسبتاً پایدار، تأمین مالی مشترک دولت، صنعت و دانشگاه، جذب سرمایه‌گذاری خطرپذیر
	سرمایه‌گذاری در دارایی‌های راهبردی	سرمایه‌گذاری در توان محاسباتی، ابر، آزمایشگاه و پلتفرم‌ها، سرمایه‌گذاری در تولید و آماده‌سازی داده، سرمایه‌گذاری در امنیت و MLOps
	شفافیت و کارایی مالی	شفافیت معیارهای تخصیص بودجه، ارزیابی هزینه - فایده و ارزش عمومی، کنترل هزینه، زمان و خروجی پروژه
هسته اصلی: حکمرانی نوآوری هوش مصنوعی	کشف فرصت و آزمایشگری	شناسایی نظام‌مند مسائل و نیازهای اولویت‌دار، توسعه نمونه اولیه، استفاده از پیلوت و سندباکس

نواوری باز و مشارکتی	اجرای پروژه‌های مشترک دانشگاه، صنعت و دولت، همکاری با شرکت‌های دانش‌بنیان و استارت‌آپ‌ها، استفاده مشترک از داده و زیرساخت
مالکیت فکری و انتقال فناوری	وجود سیاست روشن مالکیت فکری، ثبت و مدیریت اختراع، نرم‌افزار و دارایی داده‌ای، ارزیابی بازار و اعتبارسنجی محصول توسط کاربران
پذیرش، مقیاس‌پذیری و دوسوتوانی	پیشرفت پروژه‌ها در سطوح بلوغ فناوری، استقرار در محیط واقعی، تعادل میان نواوری اکتشافی و بهره‌بردارانه
سازوکار مرکزی: قابلیت همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری	تبدیل اولویت‌های سیاستی به فراخوان، بودجه و سبد پروژه، رفع تعارض میان سیاست، بودجه و برنامه نوآوری
تصمیم‌گیری و تخصیص مشترک	وجود شورای مشترک سیاست، سرمایه‌گذاری و نوآوری، مشارکت واحدهای تخصصی در انتخاب پروژه‌ها، تعریف دروازه‌های تصمیم مشترک
یکپارچگی اطلاعات و فرایندها	وجود داشبورد مشترک سیاست، بودجه، پروژه، ریسک و پیامد، قابلیت ردیابی تصمیم‌ها، اتصال داده‌های مالی به پیشرفت فنی و پیامدها
بازخورد و انطباق‌پذیری	انتقال نتایج پروژه‌ها به فرایند اصلاح سیاست، اصلاح بودجه بر اساس عملکرد و ریسک، بازبینی دوره‌ای سبد پروژه‌ها
توانمندساز: ساختار نهادی، رهبری و ظرفیت سازمانی	وجود دفتر یا واحد حکمرانی R&D و AI، تعیین مالک داده، مدل و پروژه، شفافیت ماتریس مسئولیت‌ها
رهبری و تعهد مدیریتی	حمایت مستمر مدیران ارشد، حضور فعال مدیران در تصمیم‌های کلیدی
سرمایه انسانی و یادگیری	وجود چارچوب شایستگی‌های موردنیاز، آموزش مستمر فنی، مدیریتی، حقوقی و اخلاقی، جذب و نگهداشت متخصصان
فرهنگ، آمادگی و بلوغ فرایندی	فرهنگ نوآوری و یادگیری از شکست، سنجش دوره‌ای بلوغ، وجود برنامه بهبود مستمر
توانمندساز: حکمرانی داده، الگوریتم و زیرساخت فنی	تعیین مالک و متولی داده، کنترل کیفیت و منشأ داده، قواعد دسترسی و اشتراک‌گذاری
حکمرانی الگوریتم و مدل	مستندسازی و استفاده از کارت مدل، اعتبارسنجی دقت، انصاف و توضیح‌پذیری، کنترل نسخه و تغییرات مدل
زیرساخت محاسباتی و عملیاتی	کفایت توان محاسباتی، ابر و آزمایشگاه، وجود پلتفرم امن و تعامل‌پذیر، استقرار فرایند MLOps
مدیریت دانش و بازتولیدپذیری	وجود مخزن کد، داده و مستندات، امکان بازتولید نتایج پژوهش، اشتراک و استفاده مجدد از دانش
توانمندساز: هوش مصنوعی مسئولانه، حقوقی و اخلاقی	ارزیابی سوگیری و تبعیض، رعایت عدالت و دسترس‌پذیری، حفظ اختیار و نظارت انسانی
شفافیت، توضیح‌پذیری و پاسخ‌گویی	ارائه توضیح متناسب با مخاطب، مستندسازی تصمیم‌های الگوریتمی، تعیین مسئول پاسخ‌گو
انطباق حقوقی و قراردادی	رعایت حریم خصوصی، مالکیت فکری و مقررات داده، درج شروط مسئولیت، ممیزی و دسترسی در قراردادهای آمادگی برای بازرسی و حسابرسی
مشروعیت اجتماعی و پایداری	سنجش اعتماد ذی‌نفعان، مشارکت افراد متأثر، وجود سازوکار شکایت، اعتراض و جبران
توانمندساز: مشارکت ذی‌نفعان و حکمرانی اکوسیستم	ترسیم نقشه ذی‌نفعان، مشارکت ذی‌نفعان از مراحل ابتدایی پروژه
همکاری دانشگاه، صنعت و دولت	تعداد و کیفیت پروژه‌های مشترک، شفافیت نقش طرف‌ها، اشتراک منابع، دانش و زیرساخت
هم‌آفرینی با کاربران و جامعه	استخراج نیاز کاربران، مشارکت کاربران در طراحی و آزمایش، سنجش رضایت و پذیرش
حکمرانی تأمین‌کنندگان و همکاری بین‌المللی	ارزیابی صلاحیت و ریسک تأمین‌کنندگان، شروط شفافیت، قابلیت انتقال و خروج در قرارداد، پایش مستمر طرف‌های ثالث

توانمندساز: حکمرانی ریسک، امنیت و چرخه عمر	طبقه‌بندی ریسک و ارزیابی اثر	طبقه‌بندی پروژه‌ها بر اساس کاربرد و سطح ریسک، ارزیابی اثر هوش مصنوعی و حریم خصوصی، ثبت ریسک‌ها و مسئول هر ریسک
	آزمون، تضمین و ممیزی	آزمون دقت، استحکام، امنیت و سوگیری، اعتبارسنجی مستقل، تصویب پیش از استقرار
	پایش مستمر و مدیریت رخدادهای	پایش افت عملکرد و تغییر داده، گزارش رخداد و خطا، وجود توقف اضطراری و بازگشت نسخه
ملاک میانی: اثربخشی حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی	تاب‌آوری و انطباق کنترل‌ها	مدل‌سازی تهدید، کنترل دسترسی و حفاظت از مدل و داده، پاسخ و بازیابی از رخداد
	انسجام و هم‌راستایی راهبردی	میزان انطباق تصمیم‌ها با اولویت‌ها، کاهش تعارض میان سیاست، بودجه و پروژه، تحقق اهداف تعیین‌شده
	کیفیت و چابکی تصمیم‌گیری	سرعت تصمیم‌گیری، اتکای تصمیم‌ها به شواهد، کیفیت تصمیم‌های ادامه، اصلاح یا توقف پروژه
	شفافیت، پاسخ‌گویی و هماهنگی	قابلیت ردیابی تصمیم‌ها، رضایت ذی‌نفعان از هماهنگی و پاسخ‌گویی
	بهره‌وری منابع و یادگیری نهادی	استفاده کارآمد از بودجه و زیرساخت، استفاده از تجربه پروژه‌های گذشته، بهبود مستمر فرایندها
پیامد نهایی: پیامدهای R&D و ارزش عمومی	پیامدهای علمی و دانشی	تعداد و کیفیت مقالات، تولید داده، کد و نرم‌افزار پژوهشی، بازتولیدپذیری نتایج
	پیامدهای فناورانه و نوآورانه	ارتقای سطح بلوغ فناوری، ایجاد محصول یا شرکت زایشی، نرخ استقرار و پذیرش
	پیامدهای اقتصادی و سرمایه‌گذاری	میزان جذب منابع بیرونی، بازده اقتصادی یا ارزش حاصل از سرمایه‌گذاری، افزایش بهره‌وری و درآمد تجاری‌سازی
	ارزش راهبردی و عمومی	حل مسائل اولویت‌دار کشور و پژوهشگاه، ارتقای کیفیت خدمات، افزایش اعتماد، عدالت و شمول
	بلوغ و آمادگی حکمرانی	ارتقای سطح بلوغ نسبت به خط پایه، نهادینه‌شدن فرایندها

جدول ۴، توزیع فراوانی کدگذاری مضامین فراگیر در ۱۴ مصاحبه را نشان می‌دهد. در این ماتریس، هر ۱۱ مضمون فراگیر در متن مصاحبه نخست نیز حضور دارند و فراوانی آن‌ها در مصاحبه‌های بعدی متفاوت است. این جدول، پراکندگی مضامین در مجموعه مصاحبه‌ها را نمایش می‌دهد؛ زمان نخستین شناسایی هر مضمون در فرایند تحلیل از آن قابل تعیین نیست.

برای بررسی کفایت داده‌ها، علاوه بر توزیع فراوانی مضامین، باید روند شکل‌گیری، بازتعریف و توقف ظهور مضامین جدید در جریان گردآوری و تحلیل مصاحبه‌ها بررسی شود. بنابراین، تکرار مضامین در این ماتریس به‌تنهایی برای تعیین نقطه اشباع یا تأیید اعتبار محتوایی مدل کافی نیست.

جدول ۴. توزیع فراوانی مضامین فراگیر در مصاحبه‌ها

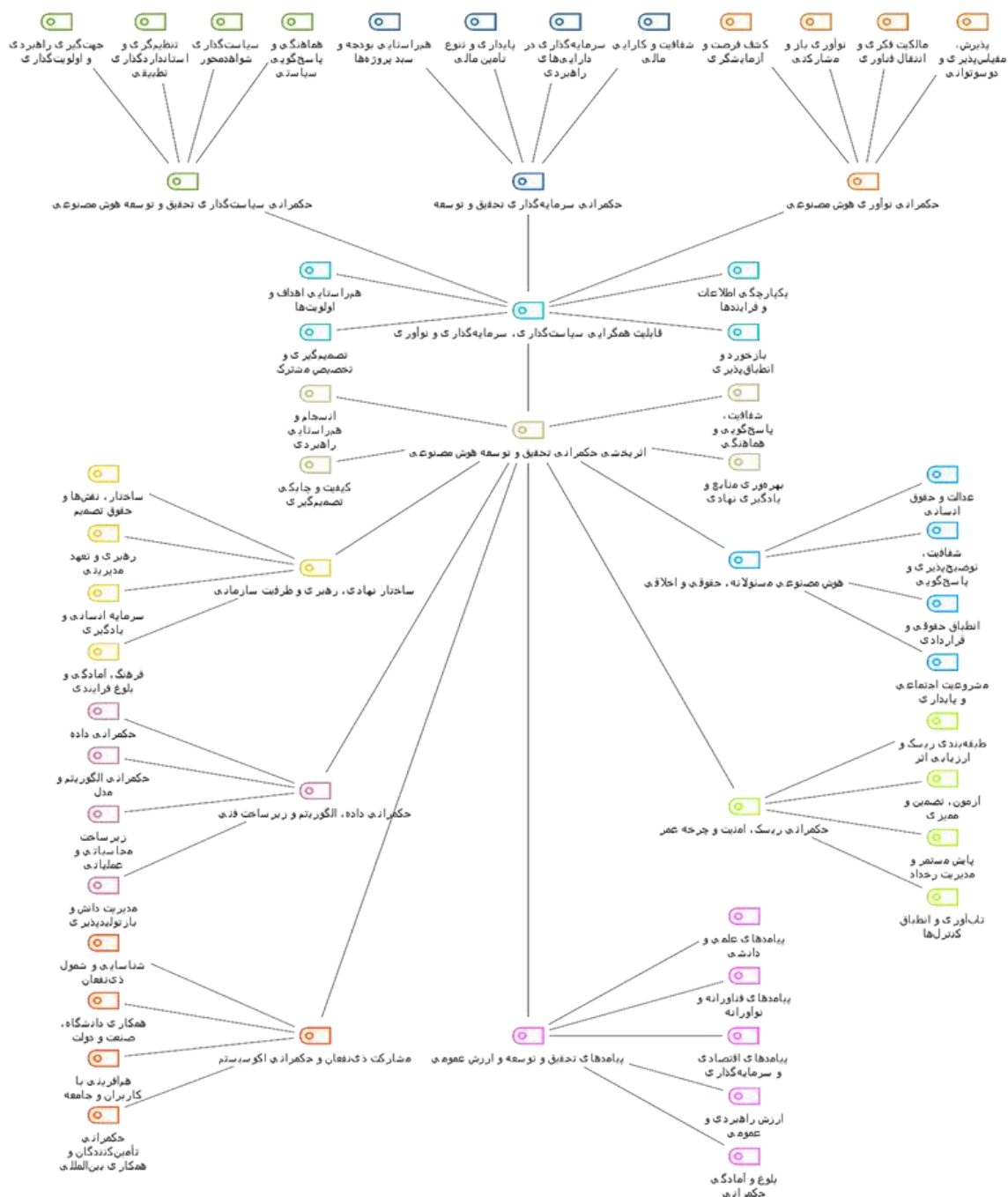
Code System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	SUM
حکمرانی سیاست‌گذاری تحقیق و توسعه هوش مصنوعی	59	10	14	21	14	30	2	32	6	54	131	10	8	11	432
حکمرانی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه	29	8	14	22	13	26		12	11	35	163	26		4	363
حکمرانی بازاریابی هوش مصنوعی	15	5	8	18	36	4	30	2	40	13	111	50		6	338
قابلیت همکاری سیاست‌گذاری سرمایه‌گذاری و بازاریابی	9	13	11	10	56	16	28	16	43	34	28	72	20	15	382
ساختار نهاد، رهبری و ظرفیت سازمانی	12	28	23	24	37	29	14	25	24	28		57	28	49	378
حکمرانی داده، الگوریتم و زیرساخت فنی	36	28	32	36	51	16	25	36	53	51		49	36	83	532
هوش مصنوعی مسئولانه، حقوقی و اخلاقی	69	12	23	5	72	34	37	11	46	73		49	44	52	523
مشارکت ذینفعان و حکمرانی اکوسیستم	47	13	29	53	38	21	21	12	53	70		46	33	26	462
حکمرانی ریسک، امنیت و پرتفه عمر	66	5	5	15	52	3	42	4	53	84		52	17	38	436
اثربخشی حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی	40		16		50	30	41	4	32	48		30	42	42	373
پیامدهای تحقیق و توسعه و ارزش عمومی	162		11		25	33	26	2	27	138		43	10	36	513
SUM	544	122	186	204	444	242	266	156	388	638	444	484	238	362	4708

جدول ۵، توزیع فراوانی ۴۵ مضمون سازمان‌دهنده را در ۱۴ مصاحبه نشان می‌دهد. این توزیع، امکان بررسی حضور و تکرار مؤلفه‌ها در مجموعه داده‌ها را فراهم می‌کند و باید در کنار شواهد متنی مصاحبه‌ها و مستندات فرایند تحلیل تفسیر شود.

جدول ۵. توزیع فراوانی مضامین سازمان‌دهنده در مصاحبه‌ها

Code System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	SUM
فرهنگ‌گذاری و رهبری و لایه‌گذاری	41	6	2	7	4			19		28	25			6	136
تفاهیم‌گذاری و استعاره‌گذاری و تفهیم‌گذاری	11			4	3					7	51			3	79
سیاست‌گذاری و سیاست‌گذاری و سیاست‌گذاری	5	2	6	3			2	13	6	12	29	10	8	2	89
هماهنگی و پاسخ‌گویی سیاستی	4	2	4	7	7	30				7	28				87
هماهنگی و یکره و سید و یکره	16			6	4	10				17	45	4		2	104
پایداری و پاسخ‌گویی	5		4	6	3			2		4	60	7			81
سرمایه‌گذاری در راهبردهای راهبردی	6	5	1	4	3			7	7	3	33	13		2	84
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	2	3	9	6	4	13		3	4	11	25	2			84
کشف فرصت و راهبردی	3	2	3	3	8		3	2	17	2	39	9		2	83
تولید بار و عمل‌گذاری	4			7	17		2		11	1	39	4		4	89
مکتب‌گذاری و تفهیم‌گذاری	5	3	2	3			8		2	2	52	18			77
پایداری، مشارکت‌پذیری و توسعه‌پذیری	2		3	3	11	4	17		10	8	12	19			89
فرهنگ‌گذاری و تفهیم‌گذاری	1	4	1	7				2			38			4	58
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	7	2			22	4	10	12	17			27	4	3	108
تولید بار و تفهیم‌گذاری	5	2	1	3	13	1	9		13	19		37	12	4	119
تولید بار و تفهیم‌گذاری	3		7		21	11	9	2	13	15		8	4	4	67
ساختار، تفهیم‌گذاری و تفهیم‌گذاری	12	10	4	7	25		3	3	16	14		23	8	7	130
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری			1	3		22			2	5			4	2	29
سرمایه‌گذاری و تفهیم‌گذاری		9	10	6	9	5		15	3	3		2	10	23	102
فرهنگ‌گذاری و تفهیم‌گذاری		9	2	8	5	2	11	7	3	6		32	6	15	106
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری		15	5	12	12		4	19	11	16		21		30	140
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری				15	27	13		12	1				11	18	67
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	25	13	21	9	4	2		10	9	19			18	12	142
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	11		6		8	1	23	7	21	15		28	7	23	149
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	21	4	3		17		15		10	23		52	4	13	142
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	22	5	6	1	6	4	18	7	25	20		3	9	6	146
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری		3	9	1	25	12	4	4	11	12		14	15	3	112
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	16		3	3	22	18				18		14	20	126	
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری				11		2			10	4		25	6	3	61
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	7	11	13	11	16	12	3	8	10	21		10	16	5	143
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	15		12	5	14	4	12	2	12	14		8	10	108	
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	25	2	4	26	8	3	6	2	21	31		11	3	8	180
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	8	1	4	6	10	2	7	1	21	12		21	13	15	123
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری				9			34		18	5		11	2	17	89
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	37	2			20		10	1	14	24		15		3	176
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	23	2	1		13		1	2		33		5		2	83
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	10				24	10	8		2	20		2	4	7	87
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	30		1		5	2	8	1	15	20		17	14	16	129
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری			6		11	3	11	2	11	5		10	14	14	79
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری			7		10	15	14	1	4	3		11	14	5	84
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	3		3			13	20	2	8	24		8	5	16	103
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	38				11	5	3		11	19		13	5	7	113
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	65				5					48					123
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	22				8	13	3		8	27		14			104
تسهیل‌گری و تفهیم‌گذاری	34		1		1					20		8		6	70
SUM	544	122	109	204	444	242	256	154	389	620	444	484	238	362	4708

شکل ۱، ساختار مفهومی مدل حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی با رویکرد همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری را نشان می‌دهد که با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA ۲۰۲۰ ترسیم شده است. در این شکل، مضامین فراگیر و سازمان‌دهنده و ارتباط مفهومی آن‌ها نمایش داده شده‌اند. این روابط، صورت‌بندی تفسیری یافته‌های کیفی‌اند و به معنای اثبات روابط علی یا اندازه‌گیری شدت اثر میان متغیرها نیستند.



شکل ۱. ساختار مفهومی مدل بر اساس تحلیل مضمون

برای بررسی توافق در دسته‌بندی کدها، از ضریب کاپا^۱ استفاده شد. یک ارزیاب دیگر از خبرگان حوزه پژوهش، بدون اطلاع از نحوه ادغام کدها توسط پژوهشگر، کدها را در مفاهیم دسته‌بندی کرد. سپس دسته‌بندی‌های دو ارزیاب با یکدیگر مقایسه و ضریب کاپا محاسبه شد. این شاخص، میزان توافق در دسته‌بندی را با در نظر گرفتن توافق مورد انتظار بر اثر تصادف نشان می‌دهد و به‌تنهایی تأییدکننده اعتبار یا اثربخشی مدل نیست.

1 kappa

جدول ۶. ضریب توافق کاپا در دسته‌بندی کدها

Sig	T ^b	خطای استاندارد	ارزش	کاپا	معیار توافق
۰.۰۰۱ >	۱۰۴.۸	۰.۸۹۰	۸۸۲.۰		تعداد کد
			۱۴		

جدول ۷. راهنمای تفسیر ضریب کاپا بر اساس لندیس و کوچ (۱۹۷۷)

وضعیت توافق	مقدار عددی ضریب کاپا
ضعیف	کمتر از صفر
اندک	از صفر تا ۰/۲۰
نسبی	بیشتر از ۰/۲۰ تا ۰/۴۰
متوسط	بیشتر از ۰/۴۰ تا ۰/۶۰
قابل توجه	بیشتر از ۰/۶۰ تا ۰/۸۰
تقریباً کامل	بیشتر از ۰/۸۰ تا ۱

مقدار گزارش شده ضریب کاپا برابر با ۰/۸۸۲ است که بر اساس راهنمای جدول ۷، در سطح توافق تقریباً کامل قرار می‌گیرد. این طبقه‌بندی، راهنمای توصیفی تفسیر توافق است و باید همراه با تعداد واحدهای مقایسه و نحوه کدگذاری تفسیر شود.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف طراحی مدل حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی با رویکرد همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری انجام شد. یافته‌های حاصل از تحلیل داده‌های کیفی نشان داد که حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی پدیده‌ای چندبعدی و فراتر از مدیریت فنی پروژه‌ها یا تخصیص منابع مالی است. تحلیل مضمون به شناسایی ۱۱ مضمون فراگیر شامل حکمرانی سیاست‌گذاری تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، حکمرانی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، حکمرانی نوآوری هوش مصنوعی، قابلیت همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری، ساختار نهادی و ظرفیت سازمانی، حکمرانی داده و زیرساخت فنی، هوش مصنوعی مسئولانه، مشارکت ذی‌نفعان، حکمرانی ریسک و چرخه عمر، اثربخشی حکمرانی و پیامدهای تحقیق و توسعه و ارزش عمومی منجر شد. این یافته نشان می‌دهد که حکمرانی اثربخش تحقیق و توسعه هوش مصنوعی از تعامل هم‌زمان ابعاد سیاستی، اقتصادی، سازمانی، فنی، اخلاقی و اجتماعی شکل می‌گیرد و نمی‌توان آن را با تمرکز منفرد بر یکی از این ابعاد توضیح داد. این نتیجه با دیدگاه برتنه و همکاران همسو است که مدیریت هوش مصنوعی را نیازمند بازاندیشی در شیوه‌های سنتی کنترل، تصمیم‌گیری و هماهنگی سازمانی می‌داند (۱). همچنین، با تأکید دویدی و همکاران بر ماهیت چندرشته‌ای هوش مصنوعی و ضرورت هماهنگی میان

پژوهش، سیاست، مدیریت و کاربردهای اجتماعی آن سازگار است (2). از منظر حکمرانی سازمانی نیز این یافته با تعریف منتیمکی و همکاران هم‌راستا است که حکمرانی هوش مصنوعی را مجموعه‌ای از ساختارها، فرایندها و سازوکارهایی برای هدایت فعالیت‌های هوش مصنوعی در راستای اهداف و ارزش‌های سازمان معرفی می‌کنند (3).

نخستین بخش مهم مدل، سه هسته اصلی حکمرانی سیاست‌گذاری، حکمرانی سرمایه‌گذاری و حکمرانی نوآوری بود. شناسایی این سه هسته بیانگر آن است که جهت‌گیری تحقیق و توسعه، تأمین و تخصیص منابع و تبدیل نتایج پژوهشی به کاربرد، باید به‌عنوان بخش‌هایی مرتبط از یک نظام حکمرانی در نظر گرفته شوند. در بعد سیاست‌گذاری، یافته‌ها بر وجود جهت‌گیری راهبردی و اولویت‌گذاری، تنظیم‌گری و استانداردگذاری تطبیقی، سیاست‌گذاری شواهدمحور و هماهنگی و پاسخ‌گویی سیاستی تأکید داشتند. چنین نتیجه‌ای با یافته‌های علینقیان و همکاران همسو است که نشان دادند توسعه هوش مصنوعی نیازمند ترکیبی از اهداف و ابزارهای سیاستی شامل حمایت از تحقیق و توسعه، آموزش، تنظیم‌گری، شبکه‌سازی و توسعه زیرساخت است (7). همچنین، یافته‌های صفدری رنجبر و همکاران درباره اکوسیستم نوآوری هوش مصنوعی ایران نشان داد که سیاست‌گذاری، پژوهش، تأمین مالی، آموزش، شبکه‌سازی و نوآوری باید در ارتباط با یکدیگر دیده شوند (8). از این منظر، یافته پژوهش حاضر این ادبیات را در سطح سازمانی تکمیل می‌کند و نشان می‌دهد که سیاست‌های کلان زمانی به حکمرانی مؤثر تحقیق و توسعه منجر می‌شوند که به معیارهای روشن برای اولویت‌بندی پروژه‌ها، تخصیص منابع و ارزیابی عملکرد تبدیل شوند.

در حوزه حکمرانی سرمایه‌گذاری، یافته‌ها بر هم‌راستایی بودجه و سبد پروژه‌ها، پایداری و تنوع تأمین مالی، سرمایه‌گذاری در دارایی‌های راهبردی و شفافیت و کارایی مالی تأکید داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی نباید صرفاً به تخصیص بودجه سالانه برای پروژه‌ها محدود شود، بلکه باید شامل سرمایه‌گذاری بلندمدت در داده، زیرساخت محاسباتی، آزمایشگاه‌ها، پلتفرم‌ها، امنیت و قابلیت‌های سازمانی نیز باشد. این یافته با توصیه سازمان همکاری و توسعه اقتصادی مبنی بر سرمایه‌گذاری پایدار در تحقیق و توسعه، داده، زیرساخت، مهارت و ظرفیت‌های لازم برای توسعه هوش مصنوعی قابل اعتماد همسو است (12). همچنین، گورسوی و کاکادیاریس در بررسی راهبرد تحقیقاتی هوش مصنوعی ایالات متحده بر ضرورت تداوم سرمایه‌گذاری پژوهشی، توسعه زیرساخت و پیوند سرمایه‌گذاری با اولویت‌های فناورانه تأکید کرده‌اند (9). بنابراین، یافته پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کارایی مالی در حکمرانی تحقیق و توسعه نه از طریق کاهش صرف هزینه‌ها، بلکه از طریق انطباق منابع با اهداف راهبردی، سطح بلوغ پروژه‌ها و ارزش مورد انتظار آن‌ها حاصل می‌شود.

هسته سوم مدل، حکمرانی نوآوری هوش مصنوعی بود که مؤلفه‌هایی همچون کشف فرصت و آزمایشگری، نوآوری باز و مشارکتی، مالکیت فکری و انتقال فناوری و پذیرش، مقیاس‌پذیری و دوستوانی را دربر می‌گرفت. این نتیجه نشان می‌دهد که فعالیت تحقیق و توسعه زمانی به پیامدهای مطلوب منجر می‌شود که سازوکار مشخصی برای عبور از مرحله تولید دانش به مرحله کاربرد، آزمایش، اعتبارسنجی، انتقال و مقیاس‌پذیری وجود داشته باشد. این برداشت با چارچوب شوت و اشتاین‌مولر همسو است که تحول

سیاست نوآوری را از حمایت صرف از تحقیق و توسعه به سمت نظام‌های نوآوری و تغییرات تحول آفرین توضیح می‌دهند (5). همچنین، با رویکرد مأموریت‌گرای مازوکاتو سازگاری دارد که بر جهت‌دهی سرمایه‌گذاری و نوآوری حول مسائل و اهداف مشخص و ایجاد تعامل میان بازیگران مختلف تأکید می‌کند (6). بر این اساس، نوآوری در مدل حاضر به‌عنوان پیامدی منفعل در انتهای فرایند تحقیق و توسعه تلقی نمی‌شود، بلکه بخشی از خود نظام حکمرانی است که باید از مراحل اولیه انتخاب مسئله و طراحی پروژه در تصمیم‌گیری حضور داشته باشد.

مهم‌ترین یافته پژوهش، شناسایی «قابلیت همگرایی سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری» به‌عنوان سازوکار مرکزی مدل بود. این قابلیت در چهار مؤلفه هم‌راستایی اهداف و اولویت‌ها، تصمیم‌گیری و تخصیص مشترک، یکپارچگی اطلاعات و فرایندها و بازخورد و انطباق‌پذیری تجلی یافت. این یافته حاکی از آن است که صرف وجود سیاست مناسب، منابع کافی و ظرفیت نوآوری، بدون ایجاد ارتباط نظام‌مند میان آن‌ها نمی‌تواند حکمرانی مؤثر را تضمین کند. به بیان دیگر، مزیت اصلی مدل پیشنهادی در تأکید بر روابط میان اجزاست، نه صرفاً وجود اجزا. بررسی راهبردهای ملی اروپایی نیز نشان داده است که سیاست‌های مرتبط با داده، همکاری بخش خصوصی، ظرفیت سازمانی و تأمین مالی هنگامی اثربخش‌ترند که در چارچوبی هماهنگ به اجرا درآیند (11). یافته‌های سلیمان‌زاده و همکاران نیز بر تعامل میان سازوکارهای دولت‌محور و بازارمحور در حکمرانی توسعه هوش مصنوعی تأکید دارند (10). از این رو، یافته پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در سطح سازمان پژوهشی باید ساختارهایی وجود داشته باشد که سیاست‌گذاران، مدیران منابع، متخصصان فنی و بازیگران نوآوری را در نقاط تصمیم‌گیری به یکدیگر متصل سازد.

مؤلفه بازخورد و انطباق‌پذیری در سازوکار همگرایی اهمیت ویژه‌ای دارد. بر اساس یافته‌ها، نتایج پروژه‌ها باید بتوانند به اصلاح سیاست‌ها، بازنگری تخصیص بودجه و تجدیدنظر در سبد پروژه‌ها منجر شوند. در نتیجه، حکمرانی تحقیق و توسعه یک فرایند خطی از سیاست‌گذاری به سرمایه‌گذاری و سپس نوآوری نیست، بلکه چرخه‌ای یادگیرنده است که در آن تجربه اجرا به تصمیم‌های بعدی بازمی‌گردد. این تفسیر با تأکید چارچوب مدیریت ریسک هوش مصنوعی بر پایش مستمر، یادگیری و انطباق در سراسر چرخه عمر فناوری همخوانی دارد (19). همچنین، ویرتز و همکاران بر ضرورت ادغام مدیریت مخاطرات فناورانه، اقتصادی، اجتماعی، حقوقی و اخلاقی در یک چارچوب یکپارچه حکمرانی تأکید دارند (20). بنابراین، انطباق‌پذیری در مدل حاضر صرفاً یک ویژگی مدیریتی نیست، بلکه مکانیسمی برای حفظ سازگاری میان اهداف، منابع، ریسک‌ها و تحولات فناورانه است.

یافته دیگر پژوهش به نقش ساختار نهادی، رهبری و ظرفیت سازمانی به‌عنوان یکی از توانمندسازهای اساسی مدل مربوط بود. وضوح نقش‌ها و حقوق تصمیم، تعهد مدیریتی، توسعه سرمایه انسانی، فرهنگ نوآوری و بلوغ فرایندی از عناصر اصلی این بعد بودند. این نتیجه تأیید می‌کند که حکمرانی مؤثر بدون تعیین مسئولیت و اختیار و بدون برخورداری از مدیران و کارشناسان دارای قابلیت‌های لازم تحقق نمی‌یابد. مطالعه دی‌آلمیدا و دوس سانتوس جونیور در سازمان‌های عمومی نشان داد که بلوغ حکمرانی هوش مصنوعی با آموزش و آمادگی تصمیم‌گیرندگان، توسعه‌دهندگان و کاربران و با ایجاد ظرفیت‌های سازمانی ارتباط دارد (13). همچنین،

مدل بلوغ آلماسی و آریاراتنام نشان می‌دهد که راهبرد و سرمایه‌گذاری، ساختار و فرهنگ سازمانی، ظرفیت فنی و اعتماد باید به شکل هماهنگ توسعه یابند (14). در نتیجه، ساختار نهادی در مدل حاضر نقش بستری دارد که از طریق آن قابلیت همگرایی می‌تواند به رویه‌های واقعی تصمیم‌گیری تبدیل شود.

حکمرانی داده، الگوریتم و زیرساخت فنی نیز از دیگر ابعاد مهم مدل بود. یافته‌ها بر تعیین مالک داده، کنترل کیفیت و منشأ داده، قواعد دسترسی و اشتراک‌گذاری، مستندسازی مدل، اعتبارسنجی، توضیح‌پذیری، زیرساخت محاسباتی، فرایندهای عملیاتی و بازتولیدپذیری نتایج تأکید کردند. این یافته با چارچوب آبراهام و همکاران همسو است که حکمرانی داده را متکی بر توزیع حقوق تصمیم‌گیری، تعیین مسئولیت‌ها و اعمال کنترل برای افزایش ارزش داده و کاهش مخاطرات آن می‌دانند (15). اهمیت این یافته در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی از آنجا ناشی می‌شود که داده و زیرساخت صرفاً منابع پشتیبان نیستند، بلکه مستقیماً قابلیت انجام پژوهش، مقایسه نتایج، بازتولید یافته‌ها و انتقال فناوری را تعیین می‌کنند. بنابراین، سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاری بدون توجه به ظرفیت داده‌ای و زیرساختی ممکن است به تصویب پروژه‌هایی منجر شود که از نظر اجرایی قابلیت تحقق ندارند.

هوش مصنوعی مسئولانه، مشارکت ذی‌نفعان و حکمرانی ریسک و چرخه عمر نیز جایگاه برجسته‌ای در مدل داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که موفقیت تحقیق و توسعه نباید فقط بر اساس شاخص‌های فنی یا اقتصادی سنجیده شود، بلکه عدالت، حقوق انسانی، شفافیت، توضیح‌پذیری، پاسخ‌گویی و رعایت الزامات حقوقی و اخلاقی نیز باید در تصمیم‌های پژوهشی وارد شوند. این یافته با نتایج جوبین و همکاران درباره همگرایی راهنماهای اخلاق هوش مصنوعی پیرامون اصولی مانند شفافیت، عدالت، مسئولیت‌پذیری و حریم خصوصی همخوان است (16). همچنین، چارچوب نوآوری مسئولانه بر آینده‌نگری، بازاندیشی، مشارکت و پاسخ‌گویی به‌عنوان ابعاد بنیادین توسعه فناوری تأکید دارد (17). پایاگیانیدیس و همکاران نیز نشان داده‌اند که حکمرانی مسئولانه هوش مصنوعی مستلزم ترکیب سازوکارهای ساختاری، رابطه‌ای و رویه‌ای است (18). بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر آن است که مسئولیت‌پذیری باید از مرحله تعریف مسئله و انتخاب پروژه آغاز شود و تا توسعه، استقرار، ارزیابی و بهره‌برداری ادامه یابد.

در همین راستا، شناسایی مشارکت ذی‌نفعان به‌عنوان یک مضمون مستقل تأکید می‌کند که حکمرانی تحقیق و توسعه نمی‌تواند صرفاً بر تصمیم‌های مدیران یا توسعه‌دهندگان استوار باشد. نیازهای بهره‌برداران، دیدگاه واحدهای تخصصی، الزامات صنعت، نظرات کاربران و تأثیرات احتمالی بر گروه‌های مختلف باید در مراحل مناسب چرخه تصمیم‌گیری وارد شود. این نتیجه با مرور بیرکستد و همکاران همسو است که فناوری، ذی‌نفعان، بستر فعالیت و سازوکارهای تنظیمی و فرایندی را از ابعاد اساسی حکمرانی هوش مصنوعی معرفی کرده‌اند (21). همچنین، مرور بتول و همکاران نشان می‌دهد که تحلیل حکمرانی نیازمند مشخص کردن بازیگران مسئول، موضوعات تحت حکمرانی، مراحل مداخله و سازوکارهای اجرایی است (4). افزون بر این، کونرت و همکاران نشان داده‌اند که ابزارهای حکمرانی مسئولانه در پوشش بازیگران و مراحل مختلف چرخه عمر توزیع متوازی ندارند و برخی نقش‌ها و مراحل کمتر مورد

توجه قرار گرفته‌اند (24). بر این اساس، مشارکت ذی‌نفعان در مدل حاضر می‌تواند به کاهش فاصله میان انتخاب مسائل پژوهشی و نیازهای واقعی بهره‌برداران کمک کند.

یکی دیگر از نتایج مهم، تفکیک «اثربخشی حکمرانی» از «پیامدهای تحقیق و توسعه و ارزش عمومی» بود. این تفکیک از نظر تحلیلی اهمیت زیادی دارد؛ زیرا کیفیت حکمرانی را نباید صرفاً با موفقیت نهایی یک فناوری سنجید. حکمرانی اثربخش می‌تواند با کیفیت تصمیم‌گیری، هماهنگی، شفافیت، پاسخ‌گویی، سرعت یادگیری، کنترل ریسک و انطباق میان سیاست و منابع ارزیابی شود؛ درحالی‌که پیامدهای نهایی ممکن است شامل تولید دانش، توسعه فناوری، نوآوری اقتصادی، ارتقای خدمات یا ایجاد ارزش عمومی باشند. این برداشت با جهت‌گیری مطالعات جدید حکمرانی که بر گذار از اصول کلی به مکانیسم‌های اجرایی و قابل ارزیابی تأکید دارند همسو است. مرور بشیر و راوی نشان داده است که چارچوب‌های راهبردی حکمرانی هوش مصنوعی به‌طور فزاینده‌ای بر پیوند میان جهت‌گیری‌های سیاستی، هماهنگی، اخلاق و مدیریت ریسک تمرکز دارند (22). همچنین، مطالعه علم‌سنجی آقاییاری و کریمیان نشان می‌دهد که حکمرانی هوش مصنوعی و کاربرد هوش مصنوعی در حکمرانی، اگرچه مرتبط‌اند، از نظر موضوع و سطح تحلیل باید از یکدیگر تفکیک شوند (23). این تفکیک در پژوهش حاضر امکان می‌دهد کیفیت سازوکارهای مدیریتی مستقل از موفقیت یا شکست کوتاه‌مدت یک پروژه فناورانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ارزش افزوده مدل پیشنهادی در یکپارچه‌کردن سه هسته سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نوآوری با یک سازوکار مرکزی همگرایی و مجموعه‌ای از توانمندسازهای نهادی، فنی، اخلاقی و مشارکتی است. این نتیجه با ادبیات موجود که بر چندبعدی بودن حکمرانی هوش مصنوعی تأکید دارد سازگار است، اما فراتر از آن نشان می‌دهد که در محیط تحقیق و توسعه، کیفیت ارتباط میان ابعاد اهمیت بیشتری از حضور منفرد آن‌ها دارد. مرورهای نظام‌مند پیشین نیز کمبود شواهد تجربی درباره نحوه عملیاتی‌شدن حکمرانی در سازمان‌ها و ارتباط میان ساختارهای رسمی و فرایندهای واقعی تصمیم‌گیری را از شکاف‌های این حوزه دانسته‌اند (4، 21). مدل حاضر تلاش می‌کند این فاصله را از طریق قرار دادن همگرایی در مرکز چارچوب کاهش دهد؛ به‌گونه‌ای که اهداف سیاستی به معیارهای انتخاب پروژه و بودجه تبدیل شوند، اطلاعات فنی و مالی در تصمیم‌گیری مشترک ادغام شوند، پیامدها و ریسک‌ها به‌طور مستمر پایش شوند و تجربه اجرای پروژه‌ها به اصلاح سیاست‌ها و سرمایه‌گذاری‌های بعدی بازگردد. در این معنا، حکمرانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی نه ساختاری ایستا، بلکه نظامی پویا، یادگیرنده و انطباق‌پذیر برای هدایت منابع و قابلیت‌های پژوهشی به‌سوی نوآوری و ارزش عمومی است.

پژوهش حاضر با چند محدودیت همراه بود که در تفسیر و تعمیم نتایج باید مورد توجه قرار گیرند. نخست، مطالعه ماهیتی کیفی داشت و داده‌ها بر اساس مصاحبه با ۱۴ نفر از مدیران، کارشناسان ارشد و پژوهشگران یک سازمان پژوهشی گردآوری شد؛ بنابراین، یافته‌ها تا حدی بازتاب‌دهنده تجربه‌ها، برداشت‌ها و شرایط نهادی همان بستر سازمانی هستند و تعمیم مستقیم آن‌ها به همه دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های فناوری یا سازمان‌های دولتی نیازمند احتیاط است. دوم، با وجود دستیابی به اشباع نظری و

استفاده از سازوکارهای افزایش اعتمادپذیری، ماهیت تفسیری تحلیل مضمون می‌تواند تحت تأثیر قضاوت پژوهشگر در فرایند کدگذاری، دسته‌بندی و نام‌گذاری مضامین قرار گیرد. سوم، مدل ارائه‌شده بر ادراک خبرگان و تجربه سازمانی استوار است و در این مرحله با داده‌های کمی، شاخص‌های عملکرد واقعی پروژه‌ها یا مقایسه طولی قبل و بعد از استقرار مدل اعتبارسنجی نشده است. چهارم، سرعت بالای تحول فناوری‌های هوش مصنوعی، تغییر مقررات، ظهور مدل‌های جدید و تحول در زیرساخت‌های داده و محاسبات ممکن است موجب تغییر اهمیت نسبی برخی مؤلفه‌های مدل در آینده شود. همچنین، دیدگاه برخی گروه‌های بیرونی نظیر شرکت‌های دانش‌بنیان، استارت‌آپ‌ها، بهره‌برداران نهایی و گروه‌های اجتماعی متأثر به صورت مستقیم در نمونه پژوهش حاضر منعکس نشده است.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، مدل ارائه‌شده در سازمان‌های پژوهشی، دانشگاه‌ها، شرکت‌های فناور، نهادهای دولتی و صنایع مختلف مورد اعتبارسنجی و مقایسه قرار گیرد تا میزان پایداری ابعاد و روابط آن در بسترهای نهادی متفاوت مشخص شود. استفاده از روش‌های کمی و آمیخته برای تدوین ابزار سنجش مؤلفه‌های مدل و آزمون روابط میان قابلیت همگرایی، توانمندسازهای سازمانی، اثربخشی حکمرانی و پیامدهای تحقیق و توسعه می‌تواند گام بعدی توسعه این چارچوب باشد. انجام مطالعات طولی نیز برای بررسی تأثیر استقرار سازوکارهای حکمرانی بر عملکرد واقعی پروژه‌ها، سرعت انتقال فناوری، کیفیت تصمیم‌گیری و ارزش عمومی توصیه می‌شود. همچنین، می‌توان نقش متغیرهای زمینه‌ای مانند بلوغ دیجیتال، نوع سازمان، اندازه سازمان، سطح عدم قطعیت فناوری و شدت مقررات را در موفقیت مدل بررسی کرد. مشارکت مستقیم شرکت‌های دانش‌بنیان، توسعه‌دهندگان، کاربران نهایی، تنظیم‌گران و سایر ذی‌نفعان در مطالعات آینده می‌تواند تصویری جامع‌تر از حکمرانی مشارکتی فراهم کند. علاوه بر این، طراحی شاخص‌های اختصاصی برای سنجش میزان هم‌راستایی سیاست و بودجه، یکپارچگی اطلاعات، کیفیت بازخورد، انطباق‌پذیری و ارزش عمومی می‌تواند قابلیت آزمون تجربی و مقایسه‌ای مدل را افزایش دهد.

در سطح عملی، پیشنهاد می‌شود سازمان‌های فعال در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی ابتدا یک ساختار مشخص برای حکمرانی مشترک سیاست، سرمایه‌گذاری و نوآوری ایجاد کنند و مسئولیت‌ها و حقوق تصمیم‌گیری هر واحد را به طور شفاف تعیین نمایند. تشکیل شورای مشترک برای ارزیابی و تصویب پروژه‌ها، پیوند مستقیم بودجه با اولویت‌های راهبردی، استفاده از تخصیص مرحله‌ای منابع بر اساس پیشرفت فنی و ریسک، و ایجاد داشبورد یکپارچه برای مشاهده هم‌زمان وضعیت سیاست، بودجه، پروژه، ریسک و پیامدها می‌تواند همگرایی تصمیم‌ها را تقویت کند. همچنین، توصیه می‌شود نظامی رسمی برای انتقال تجربه پروژه‌ها به اصلاح سیاست‌ها و بازنگری سبد سرمایه‌گذاری طراحی شود. توسعه استانداردهای حکمرانی داده و مدل، ثبت مسئولیت مالکیت داده و الگوریتم، تقویت زیرساخت‌های محاسباتی و مدیریت دانش، و تعریف الزامات مشخص برای شفافیت، عدالت، امنیت و نظارت انسانی باید بخشی از چرخه تصویب و اجرای پروژه‌ها باشد. مشارکت بهره‌برداران و ذی‌نفعان در تعریف مسئله، ارزیابی نمونه‌های اولیه و سنجش پیامدها نیز می‌تواند احتمال انتقال موفق دستاوردهای تحقیقاتی به محیط واقعی را افزایش دهد. در نهایت، ارزیابی عملکرد

نظام حکمرانی بهتر است علاوه بر خروجی‌های علمی و فناورانه، شاخص‌هایی نظیر کیفیت هماهنگی، پاسخ‌گویی، شفافیت تخصیص منابع، مدیریت ریسک، سرعت یادگیری سازمانی و میزان ایجاد ارزش عمومی را نیز دربرگیرد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاق

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

منابع

1. Berente N, Gu B, Recker J, Santhanam R. Managing artificial intelligence. MIS Quarterly. 2021;45(3):1433-50. doi: 10.25300/MISQ/2021/16274.
2. Dwivedi YK, Hughes L, Ismagilova E, Aarts G, Coombs C, Crick T, et al. Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. International Journal of Information Management. 2021;57:101994.
3. Mäntymäki M, Minkkinen M, Birkstedt T, Viljanen M. Defining organizational AI governance. AI and Ethics. 2022;2(4):603-9.
4. Batool A, Zowghi D, Bano M. AI governance: a systematic literature review. AI and Ethics. 2025;5(3):3265-79. doi: 10.1007/s43681-024-00653-w.
5. Schot J, Steinmueller WE. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. Research Policy. 2018;47(9):1554-67.
6. Mazzucato M. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change. 2018;27(5):803-15.
7. Alinaghian A, Safdari Ranjbar M, Mohammadi M. Policy Objectives and Instruments for Artificial Intelligence Development: An Inquiry into Policy Programs of Selected Countries. Rahyaft. 2021;31(3):95-122. doi: 10.22034/rahyaf.2022.10940.1280.
8. Safdari Ranjbar M, Alinaghian A, Ghaderi F. Examining Policies for the Development of the Artificial Intelligence Innovation Ecosystem in Iran. Quarterly Journal of Innovation Economy Ecosystem Studies. 2023;3(3):99-120. doi: 10.22111/innoeco.2022.43535.1036.
9. Gursay F, Kakadiaris IA. Artificial intelligence research strategy of the United States: critical assessment and policy recommendations. Frontiers in Big Data. 2023;6:1206139.

10. Soleimanzadeh S, Eslami M, Mousavi Shafaei M, Golmohammadi V. Artificial Intelligence Governance in the Digital Age: An Analysis of U.S. Strategies and Approaches. *Foreign Relations Quarterly*. 2024;16(2):193-224.
11. van Noordt C, Medaglia R, Tangi L. Policy initiatives for Artificial Intelligence-enabled government: An analysis of national strategies in Europe. *Public Policy and Administration*. 2025;40(2):215-53. doi: 10.1177/09520767231198411.
12. Oecd. Revised Recommendation of the Council on Artificial Intelligence. C/MIN(2024)16/FINAL. 2024.
13. De Almeida PGR, dos Santos Junior CD. Artificial intelligence governance: Understanding how public organizations implement it. *Government Information Quarterly*. 2025;42(1):102003. doi: 10.1016/j.giq.2024.102003.
14. Alrasbi O, Ariaratnam ST. The Organizational Transformation of Artificial Intelligence in Smart Cities: An Urban Artificial Intelligence Governance Maturity Model. *Urban Science*. 2026;10(1):63. doi: 10.3390/urbansci10010063.
15. Abraham R, Schneider J, Vom Brocke J. Data governance: A conceptual framework, structured review, and research agenda. *International Journal of Information Management*. 2019;49:424-38. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.008.
16. Jobin A, Ienca M, Vayena E. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*. 2019;1(9):389-99.
17. Stilgoe J, Owen R, Macnaghten P. Developing a framework for responsible innovation. *The Ethics of Nanotechnology, Geoengineering, and Clean Energy*; 2020. p. 347-59.
18. Papagiannidis E, Mikalef P, Conboy K. Responsible artificial intelligence governance: A review and research framework. *The Journal of Strategic Information Systems*. 2025;34(2):101885. doi: 10.1016/j.jsis.2024.101885.
19. Tabassi E. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). NIST AI 100-1. National Institute of Standards and Technology, 2023.
20. Wirtz BW, Weyerer JC, Kehl I. Governance of artificial intelligence: A risk and guideline-based integrative framework. *Government Information Quarterly*. 2022;39(4):101685.
21. Birkstedt T, Minkkinen M, Tandon A, Mäntymäki M. AI governance: themes, knowledge gaps and future agendas. *Internet Research*. 2023;33(7):133-67. doi: 10.1108/INTR-01-2022-0042.
22. Bashir H, Ravi MJ. A Systematic Review of Strategic Artificial Intelligence Governance Frameworks and Mechanisms in Studies from 2017-2025. *Virtual Space and Social Media Studies*. 2025;2(3):9-54. doi: 10.22083/cssms.2025.538964.1067.
23. Aghayari P, Karimmian Z. Governance and Artificial Intelligence: A Scientometric Narrative of Two Intertwined Stories. *Science and Technology Policy*. 2024;17(4):1-17. doi: 10.22034/jstp.2025.11814.1837.
24. Kuehnert B, Kim R, Forlizzi J, Heidari H. The "Who", "What", and "How" of Responsible AI Governance: A Systematic Review and Meta-Analysis of (Actor, Stage)-Specific Tools. *Proceedings of the 2025 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* 2025. p. 2991-3005.