Public Adm Perspect 2025, 16 (1), 147-179

Public Administration Perspective

Journal Homepage: https://jpap.sbu.ac.ir/

Original Article

Public Governance Organisms in Nano-Biotech Networks with Synaptic Synchronization Technique

Mohammad Amin Torabi [1], Hajie Rajabi Farjad [2*], Orkideh Hamedi [3]

1. PhD in Business Administration, Tehran University, Tehran, Iran.
matorabi@ut.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Human Resource Management, Amin University of Police Sciences, Tehran, Iran (*Corresponding Author)
hajieh_rajabi@yahoo.com
3. Assistant Professor, Department of Business Administration, Payam Noor University, Tehran, Iran.
o-hamedi@pnu.ac.ir

Received: Sep. 01, 2024; Revised: Apr. 25, 2025; Accepted: May. 30, 2025

DOI: 10.48308/jpap.2025.236280.1402

Abstract

Purpose: The primary objective of this research is to analyze and identify public governance structures within nanobiotechnology networks through the application of synaptic synchronization techniques. Traditional public governance does not fully encompass all aspects of an optimal governance framework; rather, it relies on a centralized decision-making entity or becomes entangled in complex bureaucratic processes, which create challenges at both national and international levels. In contrast, governance through synaptic synchronization in nanobiotechnology networks introduces a novel and holistic approach to public governance. This perspective enhances coordination, efficiency, and accountability in governance systems. By conducting a systematic and detailed analysis of network structures and the intricate interactions among different components of nanobiotech networks, this study seeks to identify optimization patterns in public governance decision-making and execution. The research further explores how advanced artificial intelligence (AI) algorithms can leverage synaptic synchronization to enhance the efficiency of nanobiotechnology applications and the integration of intelligent technologies into governance models.

Design/ methodology/ approach: This study falls under the postmodern research paradigm, as it incorporates AI-driven methodologies, advanced nanobiotechnology networks, and intelligent synaptic synchronization algorithms. From a methodological perspective, the research is applied-developmental in terms of its objective and mixed-method (qualitative-quantitative) in nature. The study adopts a quasi-experimental approach, simulating public governance networks and nanobiotechnology frameworks using intelligent synaptic synchronization algorithms.

To achieve this, the dimensions of public governance were first extracted through a comprehensive literature review of previous studies and academic sources. The identified governance factors and network structures were then presented to five subject-matter experts for validation, ensuring their accuracy and relevance. Following expert approval, key factors and nanobiotech networks compatible with these governance concepts were identified using AI-based language models such as ChatGPT as a research assistant. Given the scientific validity limitations of these AI tools, all findings were subjected to final expert validation before being applied to public governance networks.

For aligning governance frameworks with nanobiotechnology networks, synaptic synchronization AI algorithms were utilized. Within this process, neurons (nodes) and synapses (edges) of both networks were identified and synchronized through synaptic connections. The Python programming language, implemented within the Jupyter environment, was used to develop and execute the intelligent algorithms.

Research Findings: The findings indicate that using various AI algorithms, such as genetic algorithms, particle swarm optimization (PSO), convolutional neural networks (CNN), reinforcement learning (RL), and random algorithms for synaptic synchronization, provided the best results in terms of accuracy, precision, and reliability. These techniques enabled the extraction of nanobiotech model-based networks for each dimension of public governance. Using these algorithms improved the accuracy and precision in diagnosing and analyzing governance data and produced optimal models for decision-making and management in various governance areas, including healthcare, foreign policy, administrative system, economic system, education and research, infrastructure and transportation, environment, security and defense, digital and IT, culture and arts, human rights and social justice, tourism and cultural heritage, and agriculture and food security. The results suggest that nanobiotech networks, leveraging synaptic synchronization techniques, can serve as an inspiring model for developing efficient and responsive governance systems.
Limitations & Consequences: Limitations include restricted access to some sensitive and confidential government data and the complexity of analyzing large and intricate networks. These limitations may reduce the accuracy of some analyses and models. Implementing the findings across various government levels may also require significant structural and cultural changes, which could be challenging in the short term.
Practical Consequences: This research can help governments enhance their decision-making processes, increase accountability, and improve efficiency in delivering public services by utilizing advanced technologies and models. It can also serve as a roadmap for policymakers and government managers to develop modern and efficient governance systems.
Innovation or value of the Article: The value of this paper lies in providing a theoretical and practical framework for improving governance systems through advanced models and smart technologies. By combining theoretical concepts and practical techniques, this research provides a comprehensive and innovative perspective on analyzing and enhancing governance systems, which has international interest and application.

Paper Type: Original Paper

Keywords: Public Governance, Nano-Biotech Networks, Synaptic Synchronization

How to Cite: Torabi, Mohammad Amin; Rajabi Farjad, Hajieh; Hamedi, Orkideh (2025). Public Governance Organisms in Nano-Biotech Networks with Synaptic Synchronization Technique. Public Adm Perspect., 16 (1), 147-179 (In Persian).

چشم‌انداز مدیریت دولتی

Journal Homepage: https://jpap.sbu.ac.ir/

مقاله پژوهشی

ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی در شبکه‌های نانوبایوتک با تکنیک همگام‌سازی سیناپسی

محمد امین ترابی [۱]، حاجیه رجبی فرجاد [۲*]، ارکیده حامدی [۳]

۱. دکتری مدیریت بازرگانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

matorabi@ut.ac.ir

۲. دانشیار گروه مدیریت منابع انسانی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران (*نویسنده مسئول).

hajieh_rabjabi@yahoo.com

۳. استادیار گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

o-hamedi@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۶/۱۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۹

DOI: 10.48308/jpap.2025.236280.1402

چکیده

هدف: هدف اصلی این پژوهش تحلیل و شناسایی ساختارهای حکمرانی عمومی در شبکه‌های نانوبایوتکنولوژی از طریق استفاده از تکنیک‌های همگام‌سازی سیناپسی است. حکمرانی عمومی فعلی یا همان سنتی، تمامی ابعاد یک حکمرانی مطلوب را در بر نمی‌گیرد و ارتباطات در این نوع حکمرانی صرفا به یک مرکز تصمیم‌گیری وابسته است یا درگیر بوروکراسی پیچیده‌ای می‌شود که در سطح ملی و بین‌المللی مشکلاتی ایجاد می‌کند. در حالی که دیدگاه حکمرانی از طریق همگام‌سازی سیناپسی در شبکه‌های نانوبایوتکنولوژی نوعی رویکرد نوین و همه‌جانبه به حکمرانی عمومی ارائه می‌دهد. این دیدگاه جدید، امکان بهبود هماهنگی، کارایی و پاسخگویی سیستم‌های حکمرانی را فراهم می‌سازد. از طریق تحلیل دقیق و سیستماتیک ساختارهای شبکه‌ای و تعاملات پیچیده بین اجزای مختلف شبکه‌های نانوبایوتک، می‌توان به شناسایی الگوهای بهینه‌سازی در فرآیندهای تصمیم‌گیری و اجرایی حکمرانی عمومی دست یافت. این پژوهش تلاش می‌کند تا با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی، نقش همگام‌سازی سیناپسی را در افزایش کارایی نانوبایوتک و استفاده از فناوری‌های هوشمند بررسی کند و راهکارهایی عملی برای بهبود ساختارهای حکمرانی عمومی ارائه دهد.

طراحی/ روش‌شناسی/ رویکرد: پژوهش حاضر از منظر پارادایم در دسته پژوهش‌های پُست‌مدرن قرار می‌گیرد چرا که از ابزارهایی مانند هوش مصنوعی، شبکه‌های پیشرفته نانوبایوتکنولوژی و الگوریتم هوشمند همگام‌سازی سیناپسی استفاده کرده است. روش تحقیق این پژوهش از منظر هدف، توسعه‌ای-کاربردی و از منظر ماهیت، آمیخته (کیفی-کمی) است که به شیوه شبه‌آزمایشگاهی با استفاده از سیمولینک‌کردن شبکه‌های حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند همگام‌سازی سیناپسی صورت پذیرفته است. برای این کار ابتدا ابعاد حکمرانی عمومی از بخش ادبیات تحقیق و مراجعه به مقالات و کتب قبلی، استخراج گردیده است. عوامل و شبکه‌های به دست آمده، جهت تائید به پنج نفر از خبرگان ارئه گردید و مورد تائید نهایی قرار گرفت. سپس عوامل کلیدی و شبکه‌های نانوبایوتک قابل تطبیق با این مضامین، با استفاده از مدل‌های زبانی هوش مصنوعی مانند ChatGPT به عنوان دستیار پژوهشی شناسایی شدند. با توجه به محدودیت‌های مرجعیت علمی این ابزارها، یافته‌های حاصل پس از تأیید نهایی توسط خبرگان، برای تطبیق با مضامین شبکه‌های حکمرانی دولتی مورد استفاده قرار گرفتند. جهت تطبیق مضامین و شبکه‌های حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی، از الگوریتم‌های هوش مصنوعی همگام‌سازی سیناپسی استفاده گردید. برای این کار، نورون‌ها(گره) و سیناپس‌ها(مش‌ها) برای هر دو شبکه شناسایی شده و از طریق ارتباطات سیناپسی، با یکدیگر تطبیق پیدا می‌کند. زبان برنامه‌نویسی به کار رفته برای پیاده‌سازی الگوریتم‌ها، پایتون در محیط ژوپیتر بود.

یافته‌های پژوهش: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از انواع الگوریتم‌های هوش مصنوعی نظیر الگوریتم‌های ژنتیک، الگوریتم‌های ازدحام ذرات (PSO) ، شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN) ، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی (RL) و الگوریتم‌های تصادفی برای

همگام‌سازی سیناپسی، بهترین نتایج را از نظر دقت، صحت و قابلیت اطمینان فراهم کرده است. با استفاده از این الگوریتم‌ها، دقت و صحت در تشخیص و تحلیل داده‌های حکمرانی بهبود یافته و مدل‌های بهینه‌ای برای تصمیم‌گیری و مدیریت در زمینه‌های مختلف حکمرانی، از جمله بهداشت و درمان، سیاست خارجی، نظام اداری، نظام اقتصادی، آموزش و پژوهش، زیرساخت‌ها و حمل و نقل، حوزه محیط زیست، امنیت و دفاع، دیجیتال و فناوری اطلاعات، فرهنگ و هنر، حقوق بشر و عدالت اجتماعی، گردشگری و میراث فرهنگی، کشاورزی و امنیت غذایی استخراج شده‌اند.

محدودیت‌ها و پیامدها: از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به محدودیت در دسترسی به برخی از داده‌های حساس و محرمانه دولتی و نیز پیچیدگی‌های موجود در تحلیل شبکه‌های بزرگ و پیچیده اشاره کرد. پیامدهای این محدودیت‌ها می‌تواند شامل کاهش دقت برخی از تحلیل‌ها و مدل‌ها باشد. همچنین، به‌کارگیری نتایج این پژوهش در سطوح مختلف حکومتی نیازمند تغییرات ساختاری و فرهنگی قابل توجهی است که ممکن است در کوتاه‌مدت چالش‌برانگیز باشد.

پیامدهای عملی: پیامدهای عملی این پژوهش می‌تواند به دولت‌ها کمک کند تا با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و مدل‌های پیشرفته، به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری، افزایش پاسخگویی و کارآمدی در ارائه خدمات عمومی بپردازند. همچنین، این پژوهش می‌تواند به عنوان یک نقشه راه برای سیاست‌گذاران و مدیران دولتی در جهت توسعه سیستم‌های حکمرانی نوین و کارآمد مورد استفاده قرار گیرد.

ابتکار یا ارزش مقاله: ارزش این مقاله در ارائه یک چارچوب نظری و عملی برای بهبود سیستم‌های حکمرانی از طریق بهره‌گیری از مدل‌های پیشرفته و فناوری‌های نوین نهفته هوشمند است. این پژوهش با ترکیب مفاهیم نظری و تکنیک‌های عملی، یک دیدگاه جامع و نوین برای تحلیل و بهبود سیستم‌های حکمرانی ارائه می‌دهد که می‌تواند در سطح بین‌المللی نیز مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلمات کلیدی: حکمرانی عمومی، شبکه‌های نانوبایوتک ، همگام‌سازی سیناپسی

استناددهی: ترابی، محمد امین، رجبی فرجاد، حاجیه؛ حامدی، ارکیده (۱۴۰۴). ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی در شبکه‌های نانوبایوتک با تکنیک همگام‌سازی سیناپسی. چشم‌انداز مدیریت دولتی، ۱۶(۱)، ۱۴۷-۱۷۹.

PAP
۱۶ (۱)
۱۵۱ | صفحه

مقدمه

در دنیای پیچیده و به سرعت در حال تغییر امروز، ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی نقشی حیاتی در هدایت و مدیریت جوامع دارند(Kjaer, 2023). این ارگانیزم‌ها، که به عنوان ستون‌های اصلی ساختار حکمرانی شناخته می‌شوند، مسئول تنظیم، نظارت و اجرای سیاست‌ها و قوانین هستند. آنها در حقیقت موتورهای محرک سیستم‌های دولتی می‌باشند که با هدف حفظ نظم، عدالت و توسعه پایدار به فعالیت می‌پردازند(Pandey et al., 2023). ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی شامل شبکه‌های پیچیده‌ای از روابط و تعاملات میان نهادهای مختلف و ذی‌نفعان اجتماعی و اقتصادی هستند. این شبکه‌ها به صورت همگام و هماهنگ عمل می‌کنند تا بهترین نتایج ممکن را برای جامعه به ارمغان آورند. تعاملات میان دولت، بخش خصوصی، جامعه مدنی و نهادهای بین‌المللی از جمله اجزای کلیدی این شبکه‌ها به شمار می‌آید(McGregor & Coe, 2023). مدیریت و کنترل این شبکه‌های پیچیده، چالشی اساسی برای ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی محسوب می‌شود. رویکردهای سنتی حکمرانی، که بر اساس سلسله مراتب و کنترل مستقیم بنا شده‌اند، در مواجهه با پویایی و عدم قطعیت ذاتی شبکه‌های فعلی، کارایی لازم را ندارند(Milana et al., 2024). جوامع امروزی به طور فزاینده‌ای پیچیده و متداخل شده‌اند. عوامل متعددی از جمله جهانی شدن، پیشرفت‌های فناوری، و تنوع اجتماعی و فرهنگی به این پیچیدگی دامن زده‌اند. ارگانیزم‌های حکمرانی سنتی برای پاسخگویی به این پیچیدگی‌ها مجهز نیستند و غالباً در درک و مدیریت چالش‌های نوظهور دچار مشکل می‌شوند(Loyle et al., 2023). ارگانیزم‌های حکمرانی با محدودیت منابع از جمله بودجه، نیروی انسانی و تخصص روبرو هستند. این کمبود منابع می‌تواند توانایی آنها را برای ارائه خدمات عمومی، اجرای سیاست‌ها و ارتقای رفاه شهروندان محدود کند(Zhou et al., 2023). در بسیاری از موارد، ارگانیزم‌های حکمرانی نسبت به عملکرد خود به مردم پاسخگو نیستند. این امر می‌تواند منجر به فساد، سوء استفاده از قدرت و بی‌اعتمادی عمومی شود (Angst & Huber, 2024; Zhou et al., 2023). ارگانیزم‌های حکمرانی سنتی غالباً در انطباق با تغییرات و اتخاذ رویکردهای جدید برای حل مسائل با مشکل روبرو هستند. این ناتوانی در نوآوری می‌تواند منجر به رکود و عدم پیشرفت شود(Bitterman et al., 2023). با افزایش نفوذ فناوری اطلاعات و ارتباطات، شکاف دیجیتال بین کسانی که به این فناوری‌ها دسترسی دارند و کسانی که ندارند، در حال افزایش است. این شکاف می‌تواند منجر به نابرابری و محرومیت شود و چالش‌هایی را برای حکمرانی مؤثر ایجاد کند در مواجهه با این چالش‌ها، ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی باید رویکردهای خود را برای حکمرانی به روز کرده و سازگار کنند (Elfert & Ydesen, 2023).

نانوبایوتکنولوژی به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین و دقیق‌ترین علوم روز در صنایع های تِک[1]، ویژگی‌های منحصر به فردی دارد که می‌تواند به عنوان الگویی الهام‌بخش برای بهبود و توسعه سیستم‌های حکمرانی عمومی مورد استفاده قرار گیرد. در نانوبایوتکنولوژی، هر ذره و مولکول با دقت و ظرافت خاصی بررسی و مدیریت می‌شود تا بهینه‌ترین نتایج حاصل شود (Iqbal et al., 2024; Soni et al., 2023). این رویکرد می‌تواند به عنوان یک استعاره برای ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی به کار رود تا با بهره‌گیری از تکنیک‌های مشابه، به کارآمدی و اثربخشی بیشتری دست یابند(Saxena et al., 2023).این دیدگاه می‌تواند به حکمرانی عمومی منتقل شود، به این معنا که هر نهاد، سازمان و بخش دولتی باید با دقت و حساسیت بالا مورد ارزیابی و مدیریت قرار گیرد. به این ترتیب، می‌توان از هماهنگی و همگامی بهتر میان اجزای مختلف سیستم حکمرانی اطمینان حاصل کرد و عملکرد کلی سیستم را بهبود بخشید(Trivedi et al., 2023).حکمرانی عمومی همانند مغز یک ارگانیسم بزرگ عمل می‌کند. در این ارگانیسم، هر بخش دولت نقش نورونی را ایفا می‌کند که مسئولیت‌های خاص خود را بر عهده دارد و نیاز به همگام‌سازی و همکاری دقیق با سایر بخش‌ها دارد تا به صورت مؤثر عمل کند. در اینجا، شبکه‌های نانوبایوتک همانند سیناپس‌هایی هستند که ارتباط بین این نورون‌ها (بخش‌های مختلف دولت) را تسهیل می‌کنند. این شبکه‌ها با جمع‌آوری داده‌های دقیق و گسترده از محیط، نقش سنسورهای

[1] High-Tech

عصبی را ایفا می‌کنند که اطلاعات حیاتی را به مغز منتقل می‌کنند(J. Zhang et al., 2024).با این شبیه‌سازی معانی، همگام‌سازی سیناپسی به معنای همگام‌سازی اطلاعات و فرآیندهای تصمیم‌گیری در سیستم حکومتی است. همان‌طور که سیناپس‌ها به نورون‌ها اجازه می‌دهند تا به طور همزمان و کارآمد به سیگنال‌ها پاسخ دهند، شبکه‌های نانوبایوتک نیز می‌توانند با فراهم کردن داده‌های دقیق و به‌موقع، به دولت‌ها کمک کنند تا تصمیمات هوشمندانه‌تری اتخاذ کنند(Zhao et al., 2024).

در این میان، علوم شناختی و علوم اعصاب نیز نقشی حیاتی در تقویت ارتباط میان حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی ایفا می‌کنند. این علوم با بررسی نحوه عملکرد مغز و شبکه‌های عصبی، الگوهایی را برای تعاملات پیچیده و تصمیم‌گیری‌های چندسطحی ارائه می‌دهند که می‌تواند به طور مستقیم در حکمرانی عمومی استفاده شود (Wang et al., 2024).به عنوان مثال، همگام‌سازی سیناپسی در شبکه‌های عصبی زیستی، مفهومی است که می‌تواند به عنوان الگویی برای هماهنگی و انسجام در ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی مورد استفاده قرار گیرد. این مفهوم به دولت‌ها امکان می‌دهد که با ایجاد تعاملات هدفمند و بهینه میان بخش‌های مختلف، به یکپارچگی و کارایی بیشتری دست یابند(Smith et al., 2023).

یکی از ویژگی‌های کلیدی علوم شناختی، توانایی آن در تحلیل و مدل‌سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده و عدم قطعیت است. این رویکردها می‌توانند به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری در حکمرانی عمومی کمک کنند و ارتباط میان داده‌ها، سیاست‌ها و نتایج را تقویت نمایند (Brown & Green, 2024).از سوی دیگر، نانوبایوتکنولوژی با تمرکز بر تحلیل دقیق ساختارها و عملکردهای زیستی در مقیاس نانو، امکان کشف الگوهای جدید برای حل مسائل حکمرانی را فراهم می‌کند. این دو حوزه می‌توانند با ترکیب مفاهیم خود، مدل‌هایی را ارائه دهند که نه تنها به فهم عمیق‌تر حکمرانی کمک می‌کنند، بلکه راهکارهایی عملی برای مدیریت بهتر سیستم‌های پیچیده پیشنهاد می‌دهند(Ghosh et al., 2023).

شبکه‌های نانوبایوتک، به دلیل ساختار دینامیک و غیرخطی خود، شباهت زیادی به شبکه‌های عصبی زیستی دارند. این شباهت‌ها، به ویژه در توانایی انطباق، یادگیری و پاسخگویی به محیط، نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه این شبکه‌ها برای انتقال مفاهیم به حکمرانی عمومی است (Lee et al., 2024).همان‌طور که یک شبکه عصبی قادر به پردازش اطلاعات به صورت توزیع‌شده است، حکمرانی نیز باید به سمت مدل‌های توزیع‌شده‌تر حرکت کند که در آن، هر نهاد یا سازمان به طور مستقل اما هماهنگ با سایرین عمل کند. اتصال علمی این سه حوزه، یک دیدگاه میان‌رشته‌ای ارائه می‌دهد که در آن حکمرانی عمومی از تکنیک‌ها و مفاهیم نانوبایوتکنولوژی و علوم شناختی بهره‌برداری می‌کند. این رویکرد میان‌رشته‌ای نه تنها به درک بهتر سیستم‌های پیچیده کمک می‌کند، بلکه ابزارها و روش‌هایی نوین برای حل چالش‌های حکمرانی مدرن فراهم می‌سازد.

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارائه یک مدل نوین در عرصه حکمرانی عمومی، به تلفیق مفاهیم میان‌رشته‌ای از حوزه‌های نانوبایوتکنولوژی، علوم شناختی، و حکمرانی پرداخته و تلاش دارد با استفاده از سازوکارهای همگام‌سازی سیناپسی، الگویی کاربردی و نظری برای بهبود هماهنگی و کارآمدی در ساختارهای حکمرانی طراحی کند. برخلاف رویکردهای پیشین که عمدتاً به توصیف مفهومی بسنده کرده‌اند(Nelson & Patel, 2024) ، این تحقیق درصدد توسعه مدلی است که بتواند از طریق شبیه‌سازی رفتارهای زیستی در سطوح سیستمی، زمینه‌ساز تحول در سازوکارهای حکمرانی کل‌نگر و انطباق‌پذیر گردد.

شبکه‌های نانوبایوتک با استفاده از سنسورها و دستگاه‌های زیستی خود، اطلاعات محیطی را جمع‌آوری و تحلیل می‌کنند. این اطلاعات به عنوان سیگنال‌هایی به مراکز تصمیم‌گیری دولتی ارسال می‌شود(Dutt et al., 2023).همان‌طور که مغز اطلاعات را از سیناپس‌ها دریافت کرده و پردازش می‌کند، سیستم حکمرانی عمومی نیز اطلاعات جمع‌آوری شده را تحلیل می‌کند و بر اساس آن تصمیم‌گیری می‌کند. این فرآیند نیازمند یکپارچگی و هماهنگی بالا بین بخش‌های مختلف دولتی است (Protachevicz et al., 2020).فرآیند همگام‌سازی سیناپسی به الگوریتم‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی اطلاق می‌شود که اطلاعات را پردازش و تحلیل می‌کنند و ارتباطات بین بخش‌های مختلف دولتی را بهینه‌سازی می‌کنند. این همگام‌سازی منجر به اتخاذ تصمیمات سریع‌تر و دقیق‌تر می‌شود(Xie et al., 2022).به بیان دیگر، همان‌طور که همگام‌سازی سیناپسی باعث می‌شود نورون‌های مغز به صورت

هماهنگ و کارآمد با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، شبکه‌های نانوبایوتک نیز می‌توانند به دولت‌ها کمک کنند تا با هماهنگی و کارآمدی بیشتری به مشکلات و چالش‌های پیچیده پاسخ دهند. این رویکرد نوآورانه و علمی می‌تواند به بهبود کارآیی و پاسخگویی سیستم‌های حکومتی منجر شود و در نهایت به افزایش رفاه اجتماعی و پایداری محیط زیست کمک کند(Wang et al., 2022).از آنجا که سیستم‌های حکمرانی عمومی دارای دینامیک‌های غیرخطی و پیچیده‌ای هستند که تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرند، به کارگیری پیشرفته‌ترین فناوری‌ها مانند نانوبایوتک و همگام‌سازی سیناپسی به کمک استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مانند شبکه‌های عصبی کوانتومی و پردازش سیگنال‌های غیرخطی می‌تواند به تحلیل دقیق‌تر و جامع‌تر این سیستم‌ها کمک کند و به توسعه ابزارها و سیاست‌های جدید منجر شود. این تحلیل‌های پیشرفته می‌توانند قابلیت‌های جدیدی را برای پیش‌بینی، مدل‌سازی و بهینه‌سازی فرآیندهای حکمرانی فراهم کنند، که در نهایت به بهبود هماهنگی، کارآیی و پاسخگویی در سیستم‌های دولتی منجر خواهد شد(Ashhad et al., 2023). از این رو، بررسی و به‌کارگیری این تکنیک‌ها می‌تواند نقش مهمی در تحول و نوآوری در عرصه حکمرانی عمومی ایفا کند.

در مواجهه با تغییرات سریع و پیچیدگی‌های فزاینده، مسأله اصلی این پژوهش ناکارآمدی مدل‌های سنتی حکمرانی در مدیریت تعاملات شبکه‌ای میان نهادهای دولتی ار حیث حکمرانی عمومی است. این مدل‌ها، که عمدتاً مبتنی بر ساختارهای سلسله‌مراتبی و کنترل مرکزی هستند، توانایی کافی برای تطبیق با شرایط پویا و پاسخگویی به چالش‌های پیچیده جوامع امروزی را ندارند ((Kjaer, 2023; McGregor & Coe, 2023; Milana et al., 2024; Angst & Huber, 2024).

عوامل مختلفی مانند جهانی شدن، پیشرفت‌های تکنولوژیک، و افزایش وابستگی بین‌سازمانی، نیاز به مدل‌های حکمرانی نوآورانه و کارآمد را تقویت کرده‌اند. در این میان، نانوبایوتکنولوژی و علوم شناختی با رویکردهای دقیق و شبکه‌محور خود، قابلیت‌های منحصر به فردی برای ارائه راه‌حل‌های عملی و بهینه‌سازی سیستم‌های حکمرانی عمومی دارند(Bohni et al., 2025).

بنابراین، این پژوهش تلاش می‌کند با استفاده از مدل‌های شبکه‌ای الهام‌گرفته از نانوبایوتکنولوژی و علوم شناختی، به ارائه مدلی نوین برای بهبود کارآیی، پاسخگویی و انسجام در حکمرانی عمومی بپردازد. این مدل، از مفاهیم کلیدی مانند همگام‌سازی سیناپسی برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تعاملات میان بخش‌های مختلف سیستم حکمرانی استفاده می‌کند. در نتیجه، هدف اصلی این پژوهش، تبیین مفهوم ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی در بستر شبکه‌های نانوبایوتکنولوژیک با بهره‌گیری از تکنیک همگام‌سازی سیناپسی است؛ مدلی که تلاش می‌کند با رویکردی میان‌رشته‌ای، ابعاد نوینی از حکمرانی را بر اساس الگوهای زیستی و شناختی صورت‌بندی نماید.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

حکمرانی عمومی[1]: به فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که از طریق آن‌ها دولت‌ها تصمیم‌گیری می‌کنند، سیاست‌ها را اجرا می‌کنند و خدمات عمومی را ارائه می‌دهند. حکمرانی عمومی شامل نهادهای دولتی، مقررات، رویه‌ها و روابط میان دولت و شهروندان است(Ivanov & Bachev, 2024).این مفهوم بر پایه اصولی چون شفافیت، پاسخگویی، کارایی و عدالت استوار است و به دنبال ایجاد ساختاری است که ضمن حفظ نظم و قانون، به تحقق عدالت اجتماعی و توسعه پایدار کمک کند. در این راستا، حکمرانی عمومی تلاش می‌کند تا با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، ساختارها و فرآیندهای تصمیم‌گیری و اجرایی را بهبود بخشد و خدمات عمومی را به صورت کارآمدتر و موثرتر ارائه دهد(Bade & Tomomewo, 2024).

[1] Public Governance

حکمرانی عمومی در حوزه بهداشت و درمان: حکمرانی در بخش بهداشت و درمان به مجموعه‌ای از فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که از طریق آن‌ها دولت‌ها به طراحی، اجرا و نظارت بر سیاست‌های بهداشتی و درمانی می‌پردازند. این حوزه شامل نهادهای دولتی و غیردولتی، قوانین، رویه‌ها و روابط میان دولت، ارائه‌دهندگان خدمات بهداشتی و درمانی، و شهروندان است. هدف اصلی حکمرانی در این بخش، تضمین دسترسی عادلانه به خدمات بهداشتی و درمانی با کیفیت، بهبود سلامت عمومی و مدیریت منابع بهداشتی به صورت کارآمد است(Dion & Evans, 2024). شاخص‌های کلیدی این بخش شامل شفافیت در تصمیم‌گیری‌ها، پاسخگویی در ارائه خدمات، کارایی در تخصیص منابع، و مشارکت جامعه در فرآیندهای تصمیم‌گیری خدمات درمانی است(Haghighi & Takian, 2024).

حکمرانی عمومی در حوزه سیاست خارجی: حکمرانی در بخش سیاست خارجی شامل فرآیندها و ساختارهایی است که از طریق آن‌ها دولت‌ها روابط بین‌المللی خود را مدیریت می‌کنند، از جمله دیپلماسی، تجارت بین‌المللی، توافق‌نامه‌ها و اتحادها. این حوزه شامل وزارت خارجه، سفارت‌ها، کنسولگری‌ها و نهادهای مرتبط است(Barston, 2024).شفافیت در مذاکرات و توافق‌ها، پاسخگویی به منافع ملی، کارایی در تحقق اهداف دیپلماتیک، و هماهنگی میان نهادهای داخلی و بین‌المللی از شاخص‌های کلیدی این بخش است(Lawson, 2023).

حکمرانی عمومی در نظام اداری: حکمرانی در نظام اداری به مدیریت و سازماندهی ساختارها و فرآیندهای دولتی اشاره دارد که هدف آن‌ها ارائه خدمات عمومی به شهروندان است. این حوزه شامل نهادهای دولتی، قوانین اداری، رویه‌ها و ارتباطات میان نهادهای مختلف دولتی و شهروندان است(Zaitul et al., 2023). شاخص‌های کلیدی شامل کارایی در اجرای سیاست‌ها، شفافیت در فرآیندهای اداری، پاسخگویی در عملکرد، و کاهش بوروکراسی و فساد است(Ansell et al., 2023).

حکمرانی عمومی در نظام اقتصادی: حکمرانی در نظام اقتصادی به مجموعه‌ای از فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که از طریق آن‌ها دولت‌ها به تنظیم و مدیریت اقتصاد کشور می‌پردازند. این حوزه شامل سیاست‌های مالی، پولی، تجاری و صنعتی است(Mahran, 2023).ثبات اقتصادی، رشد پایدار، توزیع عادلانه منابع و حمایت از نوآوری و کارآفرینی، شاخص‌های کلیدی این نوع از حکمرانی است(Kalogiannidis et al., 2023).

حکمرانی عمومی در نظام آموزش و پژوهش: حکمرانی در بخش آموزش و پژوهش به فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که از طریق آن‌ها دولت‌ها به برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر سیستم‌های آموزشی و پژوهشی می‌پردازند. این حوزه شامل مدارس، دانشگاه‌ها، موسسات پژوهشی و نهادهای مرتبط است(Yitong et al., 2024).شاخص‌های کلیدی این بخش شامل کیفیت آموزش، دسترسی برابر به آموزش، حمایت از پژوهش و نوآوری، و پاسخگویی به نیازهای جامعه است (Elfert & Ydesen, 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه زیرساخت‌ها و حمل و نقل: حکمرانی در بخش زیرساخت‌ها و حمل و نقل به مدیریت و توسعه زیرساخت‌های فیزیکی از جمله جاده‌ها، راه‌آهن، بنادر و فرودگاه‌ها اشاره دارد. این حوزه شامل وزارتخانه‌ها و نهادهای مرتبط با برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های زیرساختی است(Clements et al., 2023). شاخص‌های کلیدی شامل کارایی در ساخت و نگهداری زیرساخت‌ها، شفافیت در مناقصات و قراردادها، پاسخگویی به نیازهای حمل و نقل عمومی و کاهش تراکم ترافیک است(Kapucu et al., 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه محیط زیست: حکمرانی در بخش محیط زیست شامل مجموعه‌ای از فرآیندها و ساختارهایی است که دولت‌ها از طریق آن‌ها به حفاظت و مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست می‌پردازند. این حوزه شامل وزارتخانه‌ها، قوانین

PAP
۱۶ (۱)
۱۵۵ | صفحه

زیست‌محیطی و نهادهای حفاظتی است(M. Zhang et al., 2024). شاخص‌های کلیدی شامل پایداری محیط زیستی، کاهش آلودگی، حفاظت از تنوع زیستی، و آموزش و آگاهی‌بخشی عمومی در مورد مسائل زیست‌محیطی است(Zhang et al., 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه امنیت و دفاع: حکمرانی در بخش امنیت و دفاع به مجموعه‌ای از فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که دولت‌ها برای حفظ امنیت ملی و دفاع از کشور در برابر تهدیدات خارجی و داخلی به کار می‌برند. این حوزه شامل نیروهای مسلح، نهادهای اطلاعاتی و وزارتخانه‌های مربوطه است. کارایی در عملیات دفاعی، شفافیت در سیاست‌های امنیتی، پاسخگویی به تهدیدات، و هماهنگی میان نهادهای امنیتی و نظامی، به عنوان شاخص‌های کلیدی شناخته می‌شود (Pauschinger, 2023; Sundelius & Eldeblad, 2023; Vogler, 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه دیجیتال و فناوری اطلاعات: حکمرانی در بخش دیجیتال و فناوری اطلاعات به مجموعه‌ای از فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که دولت‌ها از طریق آن‌ها به تنظیم، مدیریت و توسعه فناوری‌های دیجیتال و اطلاعاتی می‌پردازند. این حوزه شامل سیاست‌های مربوط به امنیت سایبری، حاکمیت داده، توسعه زیرساخت‌های دیجیتال و ارتقاء مهارت‌های دیجیتال در جامعه است(Jejeniwa et al., 2024).شاخص‌های کلیدی شامل امنیت سایبری، حاکمیت داده، دسترسی به اینترنت پرسرعت، توسعه فناوری‌های نوین، و مشارکت دیجیتال شهروندان است(Harahap et al., 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه فرهنگ و هنر: حکمرانی در بخش فرهنگ و هنر شامل سیاست‌گذاری، ترویج و حمایت از فعالیت‌های فرهنگی و هنری است. این حوزه به حفظ میراث فرهنگی، ارتقاء صنایع خلاق، و ترویج تبادلات فرهنگی میان جوامع مختلف می‌پردازد(Byrkovych et al., 2023).شاخص‌های کلیدی شامل حمایت از هنرمندان، حفظ میراث فرهنگی، توسعه صنایع خلاق، و ترویج دسترسی عمومی به فعالیت‌های فرهنگی است(Radbourne, 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه حقوق بشر و عدالت اجتماعی: حکمرانی در بخش حقوق بشر و عدالت اجتماعی به فرآیندها و ساختارهایی اشاره دارد که دولت‌ها برای حفظ و ترویج حقوق بشر و تضمین عدالت اجتماعی به کار می‌برند. این حوزه شامل سیاست‌های مرتبط با حقوق اقلیت‌ها، برابری جنسیتی، حقوق کارگران و دسترسی به عدالت است (Alvez & Timney, 2023).حفاظت از حقوق بشر، برابری جنسیتی، دسترسی به عدالت و کاهش نابرابری‌های اجتماعی از عوامل و شاخص‌های کلیدی این بخش است(Stivers et al., 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه گردشگری و میراث فرهنگی: حکمرانی در بخش گردشگری و میراث فرهنگی به مدیریت و ترویج گردشگری پایدار و حفظ و بهره‌برداری مسئولانه از میراث فرهنگی می‌پردازد. این حوزه شامل سیاست‌گذاری، توسعه زیرساخت‌های گردشگری و حفاظت از آثار تاریخی و فرهنگی است(Mzembe et al., 2023).توسعه پایدار گردشگری، حفظ میراث فرهنگی، جذب گردشگران و ایجاد اشتغال در بخش گردشگری از شاخص‌های کلیدی این بخش است (Mai et al., 2023).

حکمرانی عمومی در حوزه کشاورزی و امنیت غذایی: حکمرانی در بخش کشاورزی و امنیت غذایی به مجموعه‌ای از سیاست‌ها و برنامه‌ها اشاره دارد که به منظور تضمین تولید پایدار مواد غذایی، حمایت از کشاورزان و تضمین دسترسی به غذای سالم و مغذی برای تمامی شهروندان تدوین و اجرا می‌شود(Zerbian & de Luis Romero, 2023).شاخص های کلیدی شامل امنیت غذایی، پایداری کشاورزی، حمایت از کشاورزان و تضمین کیفیت و ایمنی مواد غذایی است (Soko et al., 2023).

دینامیک‌های غیرخطی و پیچیده :در سیستم‌های حکمرانی عمومی، دینامیک‌های غیرخطی به این معنا هستند که تغییرات کوچک در ورودی‌ها می‌توانند منجر به تغییرات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی در خروجی‌ها شوند (Morçöl, 2023).پیچیدگی نیز به

تعاملات متعدد و پیچیده میان نهادهای مختلف و عوامل تأثیرگذار اشاره دارد(Shan et al., 2023).این نظریه بر این اصل استوار است که سیستم‌های پیچیده از تعداد زیادی اجزا تشکیل شده‌اند که با هم تعامل دارند و رفتار کلی سیستم از تعاملات این اجزا ناشی می‌شود. این نظریه توضیح می‌دهد که چگونه سیستم‌های دینامیکی پیچیده می‌توانند رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی و نامنظم نشان دهند که به طور حساس به شرایط اولیه وابسته‌اند(Große, 2023).

فناوری پیشرفته نانوبایوتکنولوژی در تحلیل سیستم‌های پیچیده:

نانوبایوتکنولوژی به کاربرد فناوری‌های نانو در علوم زیستی و پزشکی اشاره دارد. این حوزه، شامل استفاده از نانومواد، نانوساختارها و نانوساختمان‌ها برای مطالعه، دستکاری و کنترل سیستم‌های بیولوژیکی در سطح مولکولی و سلولی با ادغام هوش مصنوعی برای بهره‌برداری در صنعت داروسازی، جراحی، مهندسی ژنتیک مهندسی پزشکی–متریال و مهندسی پزشکی–بیوالکتریک است (Soni et al., 2023). هدف نهایی نانوبایوتکنولوژی، توسعه ابزارها و روش‌های جدید برای تشخیص، درمان و پیشگیری از بیماری‌ها، ارتقای سلامت انسان و بهبود کیفیت زندگی است(Ijaz et al., 2023). سیستم‌های بیولوژیکی، با وجود پیچیدگی ذاتی، از شبکه‌های به هم پیوسته‌ای از اجزای مختلف تشکیل شده‌اند که در تعامل مداوم با یکدیگر، وظایف مختلفی را به انجام می‌رسانند (Egan et al., 2023)این ساختار شباهت قابل توجهی به سیستم‌های حکمرانی دارد که در آن تعاملات و وابستگی‌های متقابل بین ارکان مختلف دولت، سازمان‌ها و نهادهای اجتماعی، به وقوع می‌پیوندد. این فناوری‌ها می‌توانند به عنوان مدلی برای تحلیل دقیق و بهینه‌سازی سیستم‌های حکمرانی عمومی بر مبنای شبیه‌سازی تکنولوژی‌های هوشمند مبتنی بر ریزفعالیت‌های زیستی استفاده شوند(Biswas et al., 2023). کاربردهای نانوبایوتکنولوژی در علوم زیستی و پزشکی نشان داده‌اند که این فناوری‌ها می‌توانند به تحلیل دقیق و بهینه‌سازی سیستم‌های فراپیچیده کمک کنند(He et al., 2023).

جدول ۱، ویژگی‌های انواع شبکه‌های مهم و تخصصی نانوبایوتک را در تمامی ابعاد نشان می‌دهد.

جدول۱– ابعاد و ویژگی‌های تخصصی شبکه‌های نانوبایوتک(منبع: مطالعات جمعی محقق)

ردیف	ابعاد شبکه نانوبایوتک	ویژگی‌های تخصصی	منبع
۱	**ساختار و عملکرد**	ساختار سلسله مراتبی، تنوع عملکردی، قابلیت تنظیم، فعالیت زیستی، قابلیت خود ترمیمی، رسانایی بالا، ویژگی‌های نوری، خواص مکانیکی، سازگاری زیستی، قابلیت جذب، قابلیت آزادسازی، قابلیت کنترل	Iqbal, Z., & Soni, P. (2024)
۲	**تولید و فرآوری**	قابلیت تولید انبوه، قابلیت بازیافت، قابلیت چاپ سه بعدی، قابلیت مقیاس‌پذیری، قابلیت جداسازی، قابلیت پالایش	Zhang, J., & Zhao, R. (2023).
۳	**پایداری و سازگاری**	سازگاری با محیط زیست، قابلیت اطمینان، قابلیت ادغام، قابلیت چندوظیفه‌ای، قابلیت خودسازماندهی، قابلیت زیست تخریب‌پذیری، قابلیت سازگاری با فرآیندهای صنعتی	Milana, G., et al. (2024)
٤	**حسگر و تشخیص**	قابلیت حساسیت، قابلیت انتخابی، قابلیت پایداری، قابلیت زیست‌تقلیدی، قابلیت تطبیق‌پذیری، قابلیت ارتقا	Wang, Y., et al. (2024)
۵	**هدف‌گیری و انتقال**	قابلیت هدف‌گیری، قابلیت نفوذپذیری، قابلیت کنترل آزادسازی	Lee, H., et al. (2023)
٦	**تصویربرداری و تشخیص**	قابلیت تصویربرداری، قابلیت تشخیص، سیستم‌های حافظه دار،	Dutt, S., & Trivedi, A. (2023)
۷	**درمان و پیشگیری**	قابلیت درمان، قابلیت پیشگیری، قابلیت توانبخشی، قابلیت افزایش طول عمر	Protachevicz, P., et al. (2020)
۸	**ارتقای عملکرد**	قابلیت ارتقای عملکرد، قابلیت کاهش عوارض جانبی، قابلیت افزایش ایمنی، قابلیت ترمیم بافت، قابلیت بازسازی اندام، قابلیت افزایش هوش، قابلیت افزایش طول عمر سلولی	Ashhad, S., et al. (2023)

۹	**توانایی‌های فیزیکی**	قابلیت افزایش قدرت بدنی، قابلیت افزایش سرعت، قابلیت افزایش استقامت، قابلیت افزایش چابکی، قابلیت افزایش تعادل،قابلیت افزایش قدرت حافظه، قابلیت افزایش سرعت پردازش اطلاعات	Xie, Y., et al. (2022)

همگام‌سازی سیناپسی در سیستم‌های پیچیده:

سیناپس در لغت به معنای چنگ‌زدن و لمس‌کردن می‌باشد و در اصطلاح پزشکی در مبحث علوم اعصاب، به محل ارتباط یک نورون با نورون دیگر سیناپس گفته می‌شود که این ارتباط به وسیله غشای نورون‌ها صورت می‌گیرد(Ma, 2023).سیناپس مدیریتی، مشابه سیناپس الکتریکی و شیمیایی بدن انسان می‌باشد که به عنوان یک زنجیره‌ای از ارتباطات شبکه‌ای در سازمان بین همه نقاط سازمانی، پخش و توزیع گردیده و شامل یک مدیر(پیش‌سیناپسی) و یک ذی‌نفع(پس‌سیناپسی) است. ارتباط سیناپس‌ها در سازمان، بر اساس تبادلات بسیار زیاد و مستمر اطلاعات و دانش در سازمان عمل می‌کند که در فرآیندهای تصمیم‌گیری، عملیاتی و رفتاری، قادر به ایجاد ارزش افزوده برتر و هم‌افزایی می‌باشد که منافع و اهداف اصلی هر دو طرف را به صورت همزمان، برآورده می‌سازد (Torabi et al., 2022).

در جدول۲، ارکان تشبیه سیناپس مدیریتی به سیناپس عصبی، نشان داده شده است که با نگاه به آن، مفهوم سیناپس مدیریتی، بهتر، فهمیده می‌شود.

جدول ۲. استعاره‌سازی مفهوم سیناپس مدیریتی با مقایسه پدیده طبیعی آن (Torabi et al., 2022)

ویژگی	سیناپس عصبی	سیناپس مدیریتی
ساختار ارتباطی	سیستم اعصاب پراکنده در کل بدن	شبکه‌ای پراکنده در کل سازمان
آموزش	مبتنی بر آزمون و خطای گسترده	مبتنی بر هوش مصنوعی
سبک تصمیم‌گیری	سیناپس یک طرفه: تصمیم‌گیری آنی	فعالیت‌های تکراری: به عهده ذینفع
	سیناپس دوطرفه: تصمیم‌گیری مشارکتی	فعالیت‌های استراتژیک: مشارکتی
تخصیص منابع	ژنتیک/یادگیری در طول زمان	فرهنگ سازمانی/فرآیندکاوی
حسگری اطلاعات	تحریک و بازدارندگی حواس	چابکی و منعطف‌بودن سازمان
مکانسیم کنترل بهینه	لذت–درد(لحظه‌ای و آنی)	پاداش–تنبیه(لحظه‌ای و آنی)
مجرای ورود اطلاعات	حواس پنج گانه/تفکر	اطلاعات درونی و بیرونی سازمان

همگام‌سازی سیناپسی فرآیندی است که در آن سیناپس‌ها (اتصالات بین نورون‌ها) به صورت هماهنگ با یکدیگر فعالیت می‌کنند تا الگوهای هماهنگ و کارآمدی از فعالیت عصبی ایجاد کنند. این همگام‌سازی نقش حیاتی در عملکرد صحیح مغز و سیستم‌های عصبی ایفا می‌کند. به عنوان مثال، در مغز انسان، همگام‌سازی سیناپسی در فرآیندهای شناختی مانند توجه، حافظه و یادگیری نقش دارد(Xie et al., 2023). مدل‌های مختلفی برای مطالعه همگام‌سازی سیناپسی در سیستم‌های پیچیده ارائه شده‌اند. یکی از مدل‌های معروف در این زمینه، مدل Kuramoto است که به تحلیل همگام‌سازی در سیستم‌های متشکل از نوسانگرهای کوپل شده می‌پردازد. در این مدل، هر نوسانگر به عنوان یک واحد مستقل در نظر گرفته می‌شود که با سایر نوسانگرها تعامل دارد و به تدریج با آن‌ها همگام می‌شود. این مدل به خوبی می‌تواند پدیده‌های همگام‌سازی در سیستم‌های مختلف از جمله شبکه‌های عصبی را توضیح دهد(Shavikloo et al., 2024). شبکه‌های نانوبایوتک به دلیل ساختارهای پیچیده و تعاملی خود، شباهت‌های زیادی با سیستم‌های عصبی دارند. بهره‌گیری از اصول همگام‌سازی سیناپسی می‌تواند به بهبود کارایی و هماهنگی در این شبکه‌ها کمک

کند. به عنوان مثال، در حکمرانی عمومی، همگام‌سازی سیناپسی می‌تواند به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و هماهنگی بین بخش‌های مختلف دولت کمک کند (Torabi et al., 2022).

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند به بهبود کارایی و اثربخشی سیستم‌های حکمرانی کمک کند. برای مثال، پژوهش‌های انجام شده در کشورهایی مانند سنگاپور و استونی نشان داده‌اند که به کارگیری شبکه‌های پیچیده مبتی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در سیستم‌های حکمرانی می‌تواند به بهبود خدمات عمومی و افزایش پاسخگویی دولت منجر شود.(Cashore et al., 2021)تحقیقاتی نظیر کارهای (Mueller, 2020) و(Reggi & Dawes, 2022) به بررسی چگونگی تعاملات شبکه‌ای بین نهادهای دولتی و خصوصی در سیاست‌گذاری فناوری پرداخته‌اند. آن‌ها از مدل‌های شبکه‌ای برای تحلیل روابط و تبادل اطلاعات بین این نهادها استفاده کرده و نشان داده‌اند که این تعاملات می‌توانند بهبودهای قابل توجهی در کارایی و هماهنگی سیاست‌ها به وجود آورند. مدل‌سازی عامل‌بنیاد (ABM) یکی دیگر از روش‌های تحلیل سیستم‌های پیچیده است که به طور گسترده در مطالعه حکمرانی عمومی به کار گرفته شده است. (Vuthi et al., 2022) از ABM برای شبیه‌سازی رفتارهای مختلف نهادهای دولتی در مواجهه با بحران‌های عمومی استفاده کرده‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از این مدل‌ها می‌تواند به سیاست‌گذاران در فهم بهتر دینامیک‌های پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی در سیستم‌های حکمرانی کمک کند . تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) به عنوان یکی از روش‌های تحلیل سیستم‌های پیچیده، به طور گسترده در مطالعات حکمرانی عمومی مورد استفاده قرار گرفته است. (Adiyoso, 2022) در تحقیق خود از SNA برای بررسی شبکه‌های ارتباطی میان نهادهای دولتی در مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی استفاده کرده‌اند. آن‌ها نشان دادند که تحلیل این شبکه‌ها می‌تواند نقاط ضعف و قوت ارتباطات میان نهادها را مشخص کرده و به بهبود هماهنگی و کارایی اقدامات دولتی کمک کند. نظریه بازی‌ها یکی دیگر از ابزارهای تحلیل سیستم‌های پیچیده است که در مطالعات حکمرانی عمومی کاربرد دارد. (Bryson & George, 2020) در مطالعه خود از نظریه بازی‌ها برای تحلیل تعاملات استراتژیک میان نهادهای دولتی و خصوصی در توسعه فناوری‌های نوظهور استفاده کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که تحلیل بازی‌ها می‌تواند به شناسایی استراتژی‌های بهینه برای همکاری و رقابت در بین این نهادها کمک کند.

پژوهش (Chauhan et al., 2024) به بررسی کاربرد همگام‌سازی سیناپسی در شبکه‌های حکمرانی عمومی پرداخته است. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم‌های همگام‌سازی سیناپسی می‌تواند به بهبود ارتباطات و هماهنگی میان نهادهای دولتی کمک کند. آن‌ها با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری نشان دادند که این تکنیک می‌تواند به کاهش تاخیر در تبادل اطلاعات و افزایش کارایی در تصمیم‌گیری‌های دولتی منجر شود.

در پژوهش دیگری، (Park & Lefebvre, 2020) مدل‌سازی همگام‌سازی سیناپسی را در شبکه‌های حکمرانی عمومی مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها از مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی‌های عامل‌بنیاد برای مطالعه تاثیر همگام‌سازی سیناپسی بر پایداری و کارایی این شبکه‌ها استفاده کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که همگام‌سازی سیناپسی می‌تواند به بهبود هماهنگی و کاهش تناقضات میان نهادهای مختلف دولتی منجر شود. پژوهش (Anwar & Ghosh, 2023) به بررسی تجربی کاربرد همگام‌سازی سیناپسی در حکمرانی عمومی پرداخته است. آن‌ها با استفاده از داده‌های واقعی مربوط به نهادهای دولتی در یک کشور آسیایی، نشان دادند که استفاده از این تکنیک می‌تواند به بهبود هماهنگی و همکاری میان نهادها کمک کند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که نهادهایی که از الگوریتم‌های همگام‌سازی سیناپسی استفاده می‌کنند، کارایی بالاتری در اجرای سیاست‌ها و برنامه‌ها دارند. همچنین، تحقیق (Duggento et al., 2022) به تحلیل نظری کاربرد همگام‌سازی سیناپسی در حکمرانی عمومی پرداخته است. آن‌ها با استفاده از نظریه سیستم‌های پیچیده، به بررسی چگونگی تاثیر این تکنیک بر پایداری و کارایی سیستم‌های حکمرانی پرداختند.

این پژوهش نشان داد که همگام‌سازی سیناپسی می‌تواند به بهبود تعاملات میان نهادهای دولتی و افزایش انعطاف‌پذیری در مواجهه با بحران‌ها کمک کند.

در دهه‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در حوزه حکمرانی عمومی و رویکردهای نوین آن انجام شده است. مطالعات نشان می‌دهند که مدل‌های سنتی حکمرانی، که بر اساس سلسله‌مراتب و کنترل مرکزی بنا شده‌اند، در مواجهه با چالش‌های ناشی از جهانی‌سازی، پیچیدگی‌های بین‌سازمانی، و پویایی محیط‌های اجتماعی و اقتصادی کارایی کافی ندارند (Milana et al., 2024; Angst & Huber, 2024). بسیاری از پژوهش‌ها بر استفاده از فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، داده‌های کلان، و سیستم‌های مبتنی بر شبکه برای بهبود حکمرانی تمرکز داشته‌اند (Zhang et al., 2023; Wang et al., 2024). در این میان، استفاده از مفاهیم نانوبایوتکنولوژی و علوم شناختی به‌عنوان ابزارهایی برای تحلیل و بهینه‌سازی شبکه‌های پیچیده حکمرانی، به‌طور محدود مورد بررسی قرار گرفته است.

با وجود پیشرفت‌های قابل‌توجه، شکاف‌های پژوهشی قابل‌توجهی در این حوزه وجود دارد. نخست، ارتباط میان مفاهیم نانوبایوتکنولوژی و علوم شناختی با حکمرانی عمومی هنوز به‌طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است و بسیاری از رویکردهای میان‌رشته‌ای همچنان در مراحل ابتدایی توسعه قرار دارند (Ashhad et al., 2023; Lee et al., 2024). دوم، تحقیقات عملی در زمینه استفاده از این مفاهیم برای بهینه‌سازی تعاملات شبکه‌ای و همگام‌سازی سیناپسی در سیستم‌های حکمرانی محدود بوده و بیشتر پژوهش‌ها به تحلیل‌های نظری پرداخته‌اند (Xie et al., 2022; Dutt & Trivedi, 2023). از این رو، این پژوهش تلاش دارد تا با ارائه یک مدل جامع مبتنی بر مفاهیم نانوبایوتکنولوژی و علوم شناختی، این شکاف را پر کرده و رویکردهای جدیدی برای بهبود کارآیی، پاسخگویی و پایداری در حکمرانی عمومی پیشنهاد کند.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از منظر پارادایم در دسته پژوهش‌های پُست‌مدرن قرار می‌گیرد، زیرا از ابزارهایی مانند هوش مصنوعی، شبکه‌های پیشرفته نانوبایوتکنولوژی و الگوریتم‌های همگام‌سازی سیناپسی استفاده کرده است. در روش‌شناسی پست‌مدرن، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته برای تحلیل ساختارهای پیچیده امری رایج است (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013) . این رویکردها با تأکید بر تأثیر داده‌های بزرگ و فناوری‌های نوین بر روش‌های تحقیقاتی، به درک عمیق‌تری از پدیده‌های پیچیده می‌انجامند (Floridi, 2014). همچنین، همگرایی فناوری‌های نانو، زیستی، اطلاعاتی و علوم شناختی نقش مهمی در توسعه روش‌های تحقیقاتی پست‌مدرن ایفا (Roco & Bainbridge, 2003).

روش تحقیق این پژوهش از منظر هدف، توسعه‌ای-کاربردی و از منظر ماهیت، آمیخته(کیفی-کمی) است که به شیوه شبه‌آزمایشگاهی با استفاده از سیمولینک‌کردن شبکه‌های حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند همگام‌سازی سیناپسی صورت پذیرفته است. برای شناسایی مضامین، ابتدا عرصه‌های حکمرانی عمومی از بخش ادبیات تحقیق و مراجعه به مقالات و کتب قبلی، استخراج گردیده است. مضامین مربوطه، جهت تائید به پنج نفر از خبرگان که اساتید با درجه استادتمام رشته مدیریت دولتی دانشگاه‌های تهران، شهید بهشتی، الزهرا و علامه طباطبایی، بودند ارائه گردید و مورد تائید نهایی قرار گرفت.این خبرگان با توجه به دانش تخصصی و مطالعات گسترده در این حوزه انتخاب شدند.

سپس عوامل کلیدی و شبکه‌های نانوبایوتک قابل تطبیق با این مضامین، از طریق هوش مصنوعی چت‌جی‌پی‌تی نسخه ۴ تمام دسترس، ، به عنوان یک دستیار پژوهشی پرسیده شد و یافته‌ها پس از تائید خبرگان جهت تطبیق با مضامین شبکه‌های حکمرانی عمومی، شناسایی گردید. این موارد نیز جهت تائید روایی به تائید خبرگان مربوطه در حوزه بیوتکنولوژی ارائه شد و مورد تائید قرار گرفت.

جهت تطبیق مضامین و شبکه‌های حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی، از الگوریتم‌های هوش مصنوعی همگام‌سازی سیناپسی استفاده گردید. برای این کار، نورون‌ها(گره) و سیناپس‌ها(مش‌ها) برای هر دو شبکه شناسایی شده و از طریق ارتباطات سیناپسی، با یکدیگر تطبیق پیدا می‌کند.

در ادامه فرآیند دقیق استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی ارائه شده است:

ایجاد مدل‌های شبیه‌سازی شبکه

برای ایجاد مدل‌های شبیه‌سازی دقیق و قابل اعتماد، از ترکیب الگوریتم‌های هوش مصنوعی و روش‌های پیشرفته تحلیل سیستم‌های پیچیده استفاده شده است. مدل‌سازی سیستم‌های حکمرانی عمومی و شبکه‌های نانوبایوتکنولوژی با استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی[1] و شبکه‌های عصبی بازگشتی[2] صورت گرفته است. این شبکه‌ها با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری زبان برنامه نویسی پایتون[3] در محیط ژوپیتر نوت‌بوک[4] طراحی شده‌اند.

آموزش و ارزیابی مدل‌ها

مدل‌های شبیه‌سازی با استفاده از معیارهای کلیدی شبکه‌های استخراجی از بخش‌های قبلی، ترسیم شدند و سپس جهت تطبیق از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای آموزش مدل‌ها از مجموعه داده‌های بزرگ و متنوع شبکه‌های نانوبایوتک حاضر در دیتابیس مقاله (Moore & Chow, 2021) استفاده شد تا قابلیت تعمیم و دقت مدل‌ها افزایش یابد. در این مرحله، از تکنیک‌هایی نظیر Dropoutو Regularization برای جلوگیری از بیش‌برازش[5] و بهبود عملکرد مدل‌ها استفاده شده است.

تحلیل سیناپسی و هماهنگی شبکه‌ها

الگوریتم‌های همگام‌سازی سیناپسی با استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی و بازگشتی به تحلیل و هماهنگی شبکه‌های حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی پرداخته‌اند. این الگوریتم‌ها با شناسایی و تحلیل گره‌ها (نورون‌ها) و اتصالات (سیناپس‌ها) در هر دو شبکه، به بهبود هماهنگی و کاهش تاخیر در تبادل اطلاعات کمک کرده‌اند. داده‌های حاصل از شبیه‌سازی و تحلیل‌های سیناپسی با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته تحلیل داده‌ها نظیر تحلیل مؤلفه‌های اصلی(PCA) ، تحلیل خوشه‌ای(Clustering Analysis) ، و تحلیل همبستگی (Correlation Analysis) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این تحلیل‌ها به شناسایی الگوها، روابط و تعاملات پیچیده در شبکه‌های حکمرانی عمومی و نانوبایوتکنولوژی کمک کرده و نتایج حاصل از آن‌ها به بهبود مدل‌های شبیه‌سازی و الگوریتم‌های همگام‌سازی سیناپسی منجر شده است. همچنین، معیارهای خروجی مطلوب مدل در این بخش، کارایی، چابکی و اثربخشی بود. برای این منظور، از الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه (Multi-Objective Optimization) نظیر الگوریتم ژنتیک و الگوریتم‌های ازدحام ذرات (Particle Swarm Optimization) استفاده شده است.

در این پژوهش، برای انتخاب الگوریتم مناسب هر بُعد حکمرانی، تمامی الگوریتم‌های هوش مصنوعی مورد نظر (الگوریتم‌های ژنتیک، PSO، CNN، RL و الگوریتم‌های تصادفی) به صورت جداگانه برای هر بُعد اجرا شدند. برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها، شاخص‌هایی نظیر دقت، صحت، زمان اجرا، و پیچیدگی محاسباتی مورد استفاده قرار گرفتند. الگوریتمی که بهترین نتایج را در این

[1] Convolutional Neural Networks
[2] Recurrent Neural Networks
[3] Python
[4] Jupyter Notebook
[5] Overfitting

شاخص‌ها ارائه داد، به عنوان الگوریتم نهایی برای آن بُعد حکمرانی انتخاب شد. این فرآیند تضمین می‌کند که انتخاب الگوریتم‌ها بر اساس سازگاری با ویژگی‌های داده‌ها و مسائل هر بُعد انجام گرفته و از اعتبار بالایی برخوردار است.

در جدول۳، کلیه ابعاد و شاخص‌های حکمرانی عمومی تا سال ۲۰۲۴ ارائه شده است که نشان دهنده محتوای کلی و جزئی اکثریت ابعاد پذیرفته شده در نقاط مختلف جهان است.

جدول۳. ابعاد و شاخص‌های حکمرانی عمومی(منبع: برگرفته از مطالعات محقق)

ردیف	عرصه‌های حکمرانی	شاخص‌های کلیدی	منبع
۱	بهداشت و درمان	شفافیت در تصمیم‌گیری‌ها، پاسخگویی در ارائه خدمات، کارایی در تخصیص منابع، و مشارکت جامعه در فرآیندهای تصمیم‌گیری خدمات درمانی	
۲	سیاست خارجی	شفافیت در مذاکرات و توافق‌ها، پاسخگویی به منافع ملی، کارایی در تحقق اهداف دیپلماتیک و هماهنگی میان نهادهای داخلی و بین‌المللی	
۳	نظام اداری	کارایی در اجرای سیاست‌ها، شفافیت در فرآیندهای اداری، پاسخگویی در عملکرد، و کاهش بوروکراسی و فساد	
٤	نظام اقتصادی	ثبات اقتصادی، رشد پایدار، توزیع عادلانه منابع، حمایت از نوآوری و کارآفرینی، رشد اشتغال پایدار، کاهش ضریب جینی	
۵	آموزش و پژوهش	کیفیت آموزش، دسترسی برابر به آموزش، حمایت از پژوهش و نوآوری، پیوند صنعت و دانشگاه	
٦	زیرساخت‌ها و حمل و نقل	کارایی در ساخت و نگهداری زیرساخت‌ها، شفافیت در مناقصات و قراردادها، پاسخگویی به نیازهای حمل و نقل و کاهش ترافیک	
۷	حوزه محیط زیست	پایداری محیط زیستی، کاهش آلودگی، حفاظت از تنوع زیستی، آموزش و آگاهی‌بخشی عمومی در مورد مسائل زیست‌محیطی	
۸	امنیت و دفاع	کارایی در عملیات دفاعی، شفافیت در سیاست‌های امنیتی، پاسخگویی به تهدیدات، و هماهنگی میان نهادهای امنیتی و نظامی	
۹	دیجیتال و فناوری اطلاعات	شامل امنیت سایبری، حاکمیت داده، دسترسی به اینترنت پرسرعت، توسعه فناوری‌های نوین، و مشارکت دیجیتال شهروندان	
۱۰	فرهنگ و هنر	حمایت از هنرمندان، حفظ میراث فرهنگی، توسعه صنایع خلاق، و ترویج دسترسی عمومی به فعالیت‌های فرهنگی	
۱۱	حقوق بشر و عدالت اجتماعی	حفاظت از حقوق بشر، برابری جنسیتی، دسترسی به عدالت و کاهش نابرابری‌های اجتماعی	
۱۲	گردشگری و میراث فرهنگی	توسعه پایدار گردشگری، حفظ میراث فرهنگی، جذب گردشگران و ایجاد اشتغال در بخش گردشگری	
۱۳	کشاورزی و امنیت غذایی	امنیت غذایی، پایداری کشاورزی، حمایت از کشاورزان و تضمین کیفیت و ایمنی مواد غذایی	

تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

در جدول زیر، هر یک از عرصه‌های حکمرانی به همراه عوامل کلیدی شبکه‌های نانوبایوتک، یافته‌های تطبیقی با نانوبایوتک، الگوریتم هوش مصنوعی انتخاب شده، صحت، دقت و قابلیت اطمینان ارائه شده است. بخش الگوریتم هوش مصنوعی، مشخص می‌کند که چه نوع الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای هر حوزه انتخاب شده‌اند تا بهبود عملکرد و افزایش دقت در تحلیل و تصمیم‌گیری‌ها محقق شود. انواع الگوریتم‌های مورد استفاده شامل شبکه‌های عصبی پیچشی(CNN) ، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی(RL) ، الگوریتم‌های تطبیق، خوشه‌بندی، شبکه عصبی مصنوعی(ANN) ، و الگوریتم‌های ژنتیک و تصادفی هستند که هر یک به دلیل ویژگی‌ها و قابلیت‌های خاص خود انتخاب شده‌اند. در بخش صحت و دقت نیز، به ارزیابی و سنجش عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی در انجام وظایف و تحقق اهداف مرتبط با حکمرانی عمومی می‌پردازند. صحت به معنای درستی یک الگوریتم و دقت به معنای کاهش خطای آن الگوریتم بوده است، بنابراین دقت به تشخیص درست موارد مثبت (true positives) و قابلیت اطمینان به اعتماد به نتایج حاصل از مدل‌ها اشاره دارد. این ارزیابی‌ها کمک می‌کنند تا از کیفیت و کارایی مدل‌های هوش مصنوعی در هر حوزه اطمینان حاصل شود و به تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر و مؤثرتری منجر شود.

شاخص‌های صحت، دقت، و قابلیت اطمینان برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها در این پژوهش با روش‌های استاندارد ارزیابی الگوریتم‌های هوش مصنوعی محاسبه شده‌اند. برای صحت، نسبت پیش‌بینی‌های صحیح به کل پیش‌بینی‌ها در نظر گرفته شد. دقت به عنوان نسبت پیش‌بینی‌های مثبت صحیح به کل پیش‌بینی‌های مثبت تعریف شد، و قابلیت اطمینان از طریق آزمون چندباره الگوریتم‌ها و محاسبه میانگین و انحراف معیار نتایج ارزیابی گردید. داده‌های به‌کار رفته در این پژوهش، شبیه‌سازی‌شده بر اساس استانداردهای جهانی حکمرانی بوده و امکان بومی‌سازی آن‌ها برای شرایط سازمان‌های دولتی ایران در پژوهش‌های آتی وجود دارد.

جدول٤. یافته‌های پژوهش

ردیف	عرصه‌های حکمرانی	عوامل کلیدی شبکه‌های نانوبایوتک	یافته‌های تطبیقی با نانوبایوتک	الگوریتم هوش مصنوعی انتخاب شده	صحت	دقت	قابلیت اطمینان
۱	بهداشت و درمان	۱-نانوذرات برای تشخیص و درمان سرطان ۲-نانوساختارها برای مهندسی بافت و ترمیم سلولی ۳-نانوحامل‌ها برای انتقال دارو و ژن‌درمانی ۴-قابلیت نفوذپذیری در سلول‌های سرطانی	۱-سیستم‌های پیش‌بینی و تشخیص بیماری مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-استفاده از ابزارهای هوشمند درمان ۳-پلتفرم‌های مدیریت سلامت شخصی ۴-سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری بالینی	شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN)	۹۵٪	۹۰٪	۸۰٪
۲	سیاست خارجی	۱-نانوذرات برای رمزگذاری و رمزگشایی امن اطلاعات ۲-نانوساختارها برای ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های حجیم ۳- نانوساختارها برای ساخت سنسورهای هوشمند پایش محیط ۴- نانوذرات برای ردیابی اطلاعات استراتژیک	۱-سیستم‌های تحلیل دیپلماتیک مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-چت‌بات‌های دیپلماتیک ۳-سناریوپردازی هوشمند برای سیاست خارجی ۴-سیستم‌های ترجمه هوشمند	الگوریتم‌های یادگیری تقویتی (RL)	۸۰٪	۷۰٪	۶۰٪
۳	نظام اداری	۱-نانوذرات برای ضد جعل و ردیابی اسناد ۲- نانوساختارها برای ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های امن ۳-نانوذرات برای ساخت کاتالیزورهای نانویی برای افزایش کارایی فرآیندهای تولید ۴-نانوذرات برای ساخت تراشه‌های سرعت نور	۱-ربات‌های اداری مجازی ۲-سیستم‌های تشخیص فساد مبتنی بر هوش مصنوعی ۳-سیستم‌های مدیریت عملکرد سریع مبتنی بر هوش مصنوعی ۴- پلتفرم‌های یکپارچه شفافیت دولتی	الگوریتم‌های تطبیق (Matching Algorithms)	۹۰٪	۸۵٪	۷۵٪
٤	نظام اقتصادی	۱- نانوذرات برای ردیابی و تأییددرخواست‌ها ۲-نانوساختارها برای ذخیره‌سازی و پردازش داده‌ها ۳-قابلیت خود ترمیم شبکه نانوبایوتک ۴-رسانایی بسیار بالای شبکه نانوبایوتک	۱-الگوریتم‌های پیش‌بینی تصمیمات اقتصادی مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-سیستم‌های تطبیق تقاضا و عرضه مبتنی بر هوش مصنوعی ۳-پلتفرم‌های سرمایه‌گذاری و تأمین مالی مبتنی بر هوش مصنوعی	الگوریتم‌های خوشه‌بندی (Clustering Algorithms)	۸۰٪	۷۵٪	۷۰٪

PAP
۱۶ (۱)
۱۶۳ | صفحه

ردیف	عرصه‌های حکمرانی	عوامل کلیدی شبکه‌های نانوبایوتک	یافته‌های تطبیقی با نانوبایوتک	الگوریتم هوش مصنوعی انتخاب شده	صحت	دقت	قابلیت اطمینان
			۴-سیستم‌های شبیه‌سازی اقتصادی مبتنی بر هوش مصنوعی				
۵	آموزش و پژوهش	۱-نانوذرات برای ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات ۲-نانوساختارها برای ساخت مواد حافظه‌دار ۳-قابلیت آموزش و ارتقا و خودسازماندهی ۴-قابلیت یادگیری و حساسیت نسبت به محیط	۱-سیستم‌های شخصی‌سازی آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-سیستم‌های ارزیابی و سنجش مبتنی بر هوش مصنوعی ۳-پلتفرم‌های یادگیری آنلاین هوشمند ۴-بازارهای تعاملی داده‌های تحقیقاتی مبتنی بر هوش مصنوعی	الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی(ANN)	۹۵٪	۹۰٪	۸۵٪
٦	زیرساخت‌ها و حمل و نقل	۱-تحلیل پیوندهای هوشمند ساختار نانوبایوتک ۲-عکس‌العمل لحظه ای نانوبایوتک در مقابل تخریب کشسانی ۳-قابلیت ترمیم بافت و پیدا کردن سریع ترین مسیر بهبود بیماری ۴-قابلیت ایجاد تعادل در پیوندهای کووالانسی	۱- سیستم‌های مدیریت زیرساخت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-سیستم‌های ناوبری هوشمند ۳-خودروهای خودران ۴-سیستم‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل مبتنی بر هوش مصنوعی	الگوریتم‌های یادگیری تقویتی (RL)	۸۵٪	۸۰٪	۷۵٪
۷	حوزه محیط زیست	۱-سازگاری زیستی بسیار بالا با محیط ۲-نانوساختارها برای جذب و ذخیره‌سازی کربن ۳-قابلیت تجزیه زیستی شبکه نانوبایوتک ۴-قابلیت زیست تقلیدی ۵-قابلیت پایداری بیشتر از سلول‌ها	۱-سیستم‌های نظارت و پیش‌بینی محیط زیست مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند ۳-بازارهای کربن مبتنی بر هوش مصنوعی ۴-پلتفرم‌های آموزش و آگاهی‌بخشی زیست‌محیطی	الگوریتم‌های تصادفی (Random Algorithms)	۹۰٪	۸۵٪	۸۰٪
۸	امنیت و دفاع	۱-تحلیل تعاملات نانوذرات برای تخریب سلول‌های بیماری ۲-قابلیت خود ایمنی بهبودشونده ۳-قابلیت تشخیص ناهنجاری ۴-قالبتی ارتقای عملکردی	۱-سیستم‌های تشخیص و ردیابی تهدید مبتنی بر هوش مصنوعی ۲-سیستم‌های تصمیم‌گیری جنگی مبتنی بر هوش مصنوعی ۳- شبیه‌سازی‌های جنگی مبتنی بر هوش مصنوعی ۴-سیستم‌های هماهنگی و اشتراک‌گذاری اطلاعات	الگوریتم‌های ژنتیک (Genetic Algorithms)	۸۰٪	۷۵٪	۷۰٪
۹	دیجیتال و فناوری اطلاعات	۱-نانوذرات برای ذخیره‌سازی امن داده‌ها ۲-نانوساختارها برای ساخت شبکه‌های کامپیوتری سریع و	۱-سیستم‌های مدیریت داده‌های هوشمند ۲-پلتفرم‌های مشارکت دیجیتال	الگوریتم‌های ژنتیک (Genetic Algorithms)	۸۵٪	۹۵٪	۷۵٪

ردیف	عرصه‌های حکمرانی	عوامل کلیدی شبکه‌های نانوبایوتک	یافته‌های تطبیقی با نانوبایوتک	الگوریتم هوش مصنوعی انتخاب شده	صحت	دقت	قابلیت اطمینان
		کارآمد ۳-قابلیت چند وظیفه‌ای فعالیت‌ها ۴-قابلیت کنترل آزاد سازی	۳-سیستم‌های آموزش و مهارت‌های دیجیتال ۴-فناوری‌های بلاک‌چین				
۱۰	فرهنگ و هنر	۱- نانوذرات برای حفظ و ترمیم آثار هنری ۲- نانوساختارها برای دیجیتالی کردن هنر و میراث فرهنگی ۳-نانوحامل‌ها برای انتقال اطلاعات فرهنگی ۴- قابلیت تعامل با هنرمندان و مخاطبان	۱-پلتفرم‌های هوشمند حفظ و نمایش آثار هنری ۲-سیستم‌های آموزش و ترویج هنر مبتنی بر هوش مصنوعی ۳-بازارهای هنر دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی ۴-سیستم‌های ایجاد و مدیریت جامعه هنری آنلاین	الگوریتم یادگیری عمیق Deep Learning) (Algorithm	۹۰٪	۸۵٪	۸۰٪
۱۱	حقوق بشر و عدالت اجتماعی	۱- نانوذرات برای حفظ حقوق انسانی ۲- نانوساختارها برای تحلیل داده‌های اجتماعی ۳-نانوحامل‌ها برای انتقال اطلاعات عدالت اجتماعی ۴- قابلیت تعامل با نهادهای حقوقی	۱-سیستم‌های نظارت بر حقوق بشر مبتنی بر هوش مصنوعی ۲- سیستم‌های تحلیل و کاهش نابرابری‌های اجتماعی ۳-پلتفرم‌های مشاوره حقوقی آنلاین ۴- سیستم‌های عدالت ترمیمی و پیشگیری از جرم	الگوریتم یادگیری عمیق Deep Learning) (Algorithm	۸۵٪	۸۰٪	۷۵٪
۱۲	گردشگری و میراث فرهنگی	۱- نانوذرات برای حفظ و ترمیم آثار باستانی ۲- نانوساختارها برای دیجیتالی کردن و ارائه تورهای مجازی ۳- نانوحامل‌ها برای انتقال اطلاعات گردشگری ۴-قابلیت تعامل با گردشگران و جوامع محلی	۱- پلتفرم‌های مدیریت هوشمند گردشگری ۲-سیستم‌های حفظ و نمایش میراث فرهنگی مبتنی بر هوش مصنوعی ۳-سیستم‌های جذب و مدیریت گردشگران ۴-سیستم‌های ترویج و آموزش فرهنگ محلی	الگوریتم یادگیری عمیق Deep Learning) (Algorithm	۸۵٪	۸۰٪	۷۵٪
۱۳	کشاورزی و امنیت غذایی	۱- نانوذرات برای افزایش تولید و حفظ محصولات کشاورزی ۲-نانوساختارها برای تجزیه و تحلیل خاک و آب ۳- نانوحامل‌ها برای انتقال مواد مغذی و حفاظت از گیاهان ۴- قابلیت تعامل با کشاورزان و جوامع محلی	۱- سیستم‌های مدیریت هوشمند مزرعه ۲-سیستم‌های پیش‌بینی و مقابله با آفات و بیماری‌های گیاهی ۳- پلتفرم‌های آموزش و ترویج کشاورزی پایدار ۴- سیستم‌های امنیت غذایی و توزیع هوشمند	الگوریتم یادگیری عمیق Deep Learning) (Algorithm	۹۰٪	۸۵٪	۸۰٪

جدول زیر به بررسی تطبیقی ابعاد مختلف حکمرانی در شبکه‌های فعلی و شبکه‌های پیشنهادی نانوبایوتک با استفاده از الگوریتم‌های همگام‌سازی سیناپسی پرداخته است. هدف از این تطبیق، شناسایی نقاط قوت و ضعف شبکه‌های فعلی و ارائه راهکارهای نوین و کارآمد برای بهبود حکمرانی در حوزه‌های مختلف از جمله بهداشت و درمان، سیاست خارجی، نظام اداری، نظام اقتصادی، آموزش

و پژوهش، زیرساخت‌ها و حمل و نقل، حوزه محیط زیست، امنیت و دفاع، دیجیتال و فناوری اطلاعات، فرهنگ و هنر، حقوق بشر و عدالت اجتماعی، گردشگری و میراث فرهنگی، و کشاورزی و امنیت غذایی بوده است. دینامیک‌های شبکه‌ای مورد استفاده در این پژوهش بر اساس مفاهیم مقایسه‌شده در جدول ۳ انتخاب شده‌اند. این جدول به تفصیل دینامیک‌های قدیمی و جدید را بررسی کرده و نقاط قوت و ضعف هر یک را در زمینه حکمرانی عمومی برجسته می‌کند.

دینامیک‌های شبکه‌ای در این پژوهش به دو جنبه کلیدی اشاره دارد: نخست، ساختار تعاملات میان نهادهای حکمرانی و نحوه برقراری ارتباط و تبادل منابع بین آن‌ها؛ دوم، نحوه تغییر این روابط در گذر زمان بر اساس عوامل محیطی و فناوری‌های نوین. مطالعات جدید نشان می‌دهند که حکمرانی شبکه‌ای یک ساختار ایستا نیست، بلکه به‌طور مستمر در حال تحول و تطبیق با چالش‌های نوظهور است (Ulibarri et al., 2023).

دینامیک‌های جدید، با توجه به تطابق بهتر با چالش‌های حکمرانی مدرن و الزامات شبکه‌های نانوبایوتک، به‌عنوان مبنای اصلی تحلیل‌های پژوهش انتخاب شدند.

در این پژوهش، شبکه حکمرانی فعلی با استفاده از محیط Jupyter Notebook و کتابخانه‌های تخصصی پایتون نظیر NetworkX و Matplotlib طراحی شده است. فرآیند طراحی شامل مراحل زیر بود:

تعریف گره‌ها و پیوندها: گره‌ها به عنوان نهادها و سازمان‌های کلیدی حکمرانی (مانند وزارتخانه‌ها و نهادهای نظارتی) و پیوندها به عنوان روابط و تعاملات میان آن‌ها (نظیر تبادل منابع، تصمیم‌گیری مشترک، و اشتراک اطلاعات) تعریف شدند.

جمع‌آوری داده‌ها:

داده‌های ساختاریافته از مطالعات قبلی، شامل گزارش‌های سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD[1]، 2021) و برنامه توسعه سازمان ملل (UNDP[2]، 2020)، برای شناسایی تعاملات و روابط حکمرانی مورد استفاده قرار گرفت.

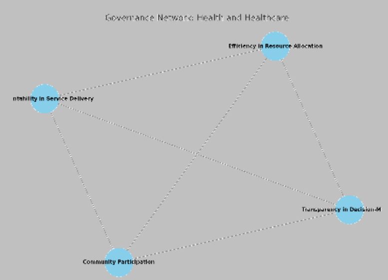
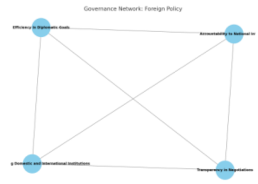
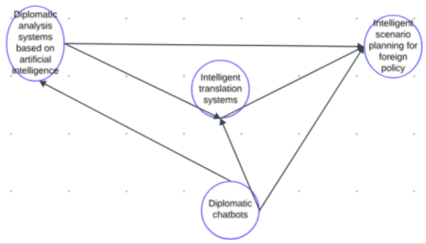
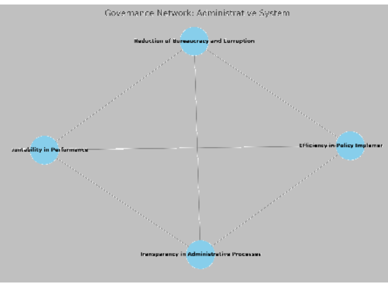
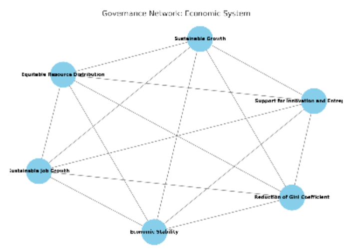
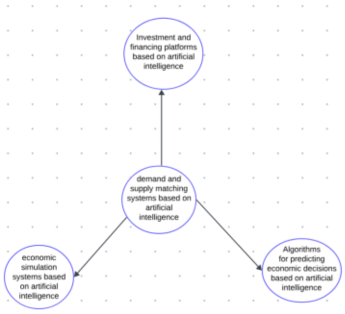
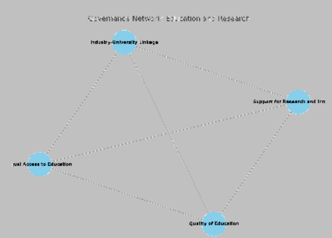
علاوه بر این، در صورت نبود داده‌های مستقیم، از داده‌های شبیه‌سازی‌شده که بر اساس ساختارهای مشابه جهانی طراحی شده‌اند، استفاده شد.

ترسیم گراف: از الگوریتم‌های گراف نظیر Force-Directed Layout برای بهینه‌سازی نمایش بصری شبکه و الگوریتم PageRank برای شناسایی گره‌های کلیدی استفاده شد.

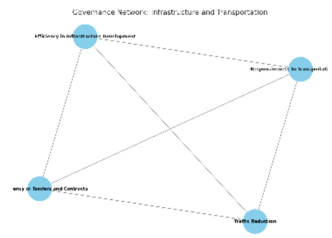
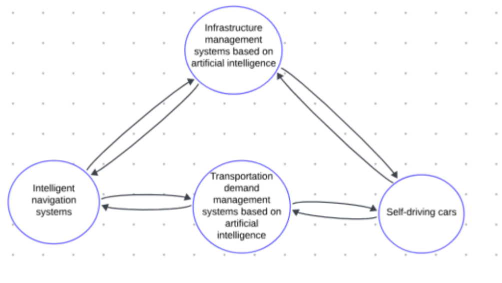
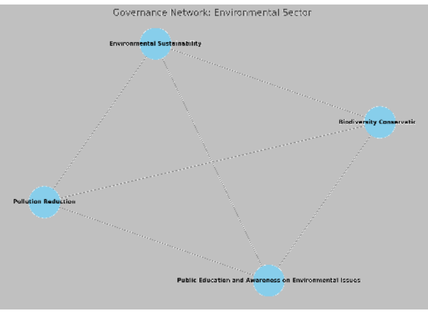
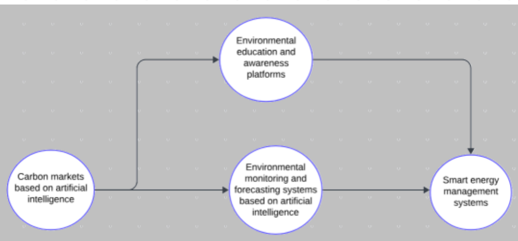
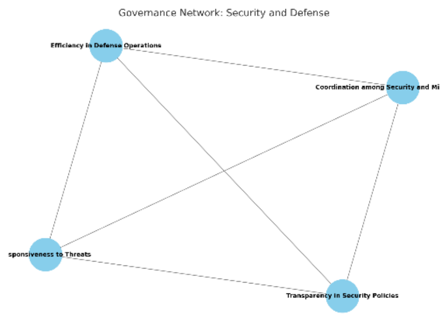
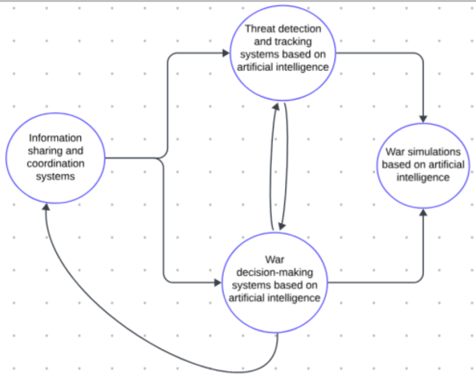
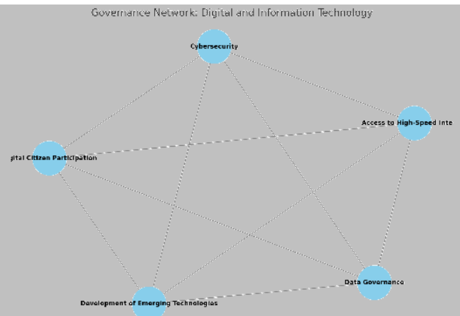
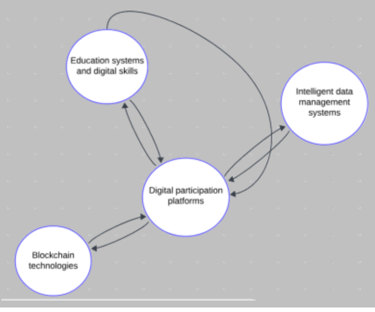
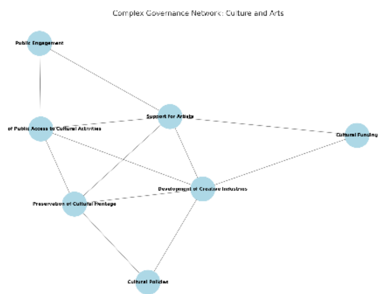
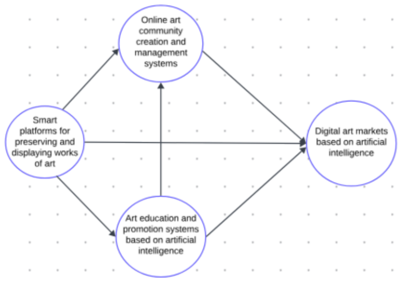
اعتبارسنجی: ساختار شبکه با استفاده از شاخص‌های تحلیلی نظیر Degree Centrality، Betweenness Centrality و Clustering Coefficient بررسی شد تا اطمینان حاصل شود که ساختار ترسیم‌شده با ویژگی‌های واقعی شبکه‌های حکمرانی مطابقت دارد.

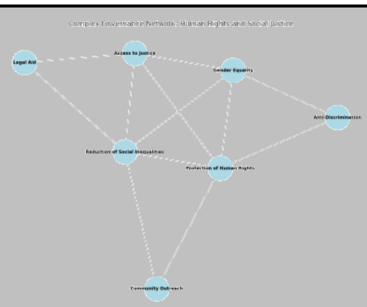
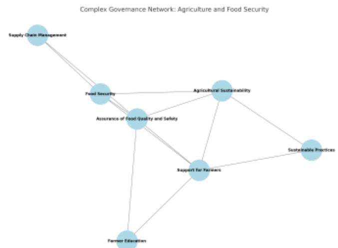
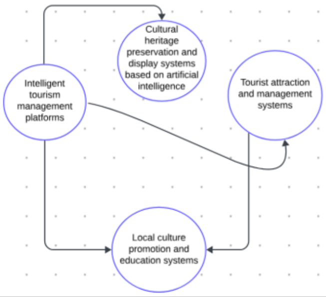
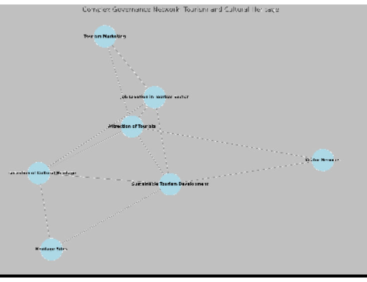
[1] OECD (2021). Governance at a Glance. Available at: www.oecd.org
[2] UNDP (2020). Governance for Sustainable Development. Available at: www.undp.org

جدول ۵. یافته‌های پژوهش بر گرفته از محیط ژوپیتر نوت‌بوک پایتون

ردیف	عرصه‌های حکمرانی	شبکه حکمرانی فعلی	شبکه پیشنهادی نانوبایوتک
۱	بهداشت و درمان		
۲	سیاست خارجی		
۳	نظام اداری		
٤	نظام اقتصادی		
۵	آموزش و پژوهش		

PAP
۱۶ (۱)
۱۶۷ | صفحه

<table>
<tr><th>ردیف</th><th>عرصه‌های حکمرانی</th><th>شبکه حکمرانی فعلی</th><th>شبکه پیشنهادی نانوبایوتک</th></tr>
<tr><td>٦</td><td>زیرساخت‌ها و حمل و نقل</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>۷</td><td>حوزه محیط زیست</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>۸</td><td>امنیت و دفاع</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>۹</td><td>دیجیتال و فناوری اطلاعات</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>۱۰</td><td>فرهنگ و هنر</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

ردیف	عرصه‌های حکمرانی	شبکه حکمرانی فعلی	شبکه پیشنهادی نانوبایوتک
۱۱	حقوق بشر و عدالت اجتماعی		
۱۲	گردشگری و میراث فرهنگی		
۱۳	کشاورزی و امنیت غذایی		

نتیجه‌گیری

در عصر انفجار اطلاعات و تسخیر مرزهای نامرئی علم، جایی که مفاهیم تکنولوژی و بیوتکنولوژی در هم آمیخته‌اند و نانوذرات به مثابه سلول‌های کیهانی در شبکه‌های بی‌پایان خود حرکت می‌کنند، ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی همانند مغزهای ماشینی هوشمندی به نظر می‌رسند که در یک هماهنگی سیناپسی بی‌نظیر، آینده بشریت را در مسیرهای ناشناخته و افسانه‌ای هدایت می‌کنند. در دنیای پیچیده و به سرعت در حال تغییر امروز، ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی نقشی حیاتی در هدایت و مدیریت جوامع دارند. این ارگانیزم‌ها، که به عنوان ستون‌های اصلی ساختار حکمرانی شناخته می‌شوند، مسئول تنظیم، نظارت و اجرای سیاست‌ها و قوانین هستند آنها در حقیقت موتورهای محرک سیستم‌های دولتی می‌باشند که با هدف حفظ نظم، عدالت و توسعه پایدار به فعالیت می‌پردازند(Roberts et al., 2024) ارگانیزم‌های حکمرانی عمومی شامل شبکه‌های پیچیده‌ای از روابط و تعاملات میان نهادهای مختلف و ذی‌نفعان اجتماعی و اقتصادی هستند.

در نانوبایوتکنولوژی، تعاملات پیچیده و چندبعدی میان مولکول‌ها و ذرات مختلف با استفاده از ابزارهای پیشرفته و تحلیل‌های دقیق مدیریت می‌شود. این روش می‌تواند به عنوان الگویی برای شبکه‌های حکمرانی عمومی به کار رود. در این شبکه‌ها، تعاملات و ارتباطات میان نهادها، سازمان‌ها و ذی‌نفعان مختلف باید به دقت مدیریت شود تا بهترین نتایج حاصل گردد. بهره‌گیری از رویکردهای سیستماتیک و دقیق در تحلیل و مدیریت این تعاملات می‌تواند به بهبود کارایی و اثربخشی حکمرانی کمک کند. یکی دیگر از ویژگی‌های برجسته نانوبایوتکنولوژی، توانایی آن در انطباق و نوآوری است. این علم با بهره‌گیری از جدیدترین تکنولوژی‌ها

و رویکردها، به سرعت به تغییرات و چالش‌های جدید پاسخ می‌دهد. در سیستم‌های حکمرانی عمومی نیز، انطباق‌پذیری و نوآوری از اهمیت بالایی برخوردار است. ارگانیزم‌های حکمرانی باید قادر باشند به سرعت به تغییرات محیطی و نیازهای جدید جامعه پاسخ دهند و رویکردهای نوآورانه‌ای برای حل مسائل و چالش‌های پیش‌رو اتخاذ کنند. علاوه بر این، نانوبایوتکنولوژی نشان می‌دهد که چگونه با مدیریت منابع محدود می‌توان به نتایج بزرگی دست یافت. در این علم، حتی کوچکترین منابع به دقت و با بهره‌وری بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این رویکرد می‌تواند به حکمرانی عمومی انتقال یابد، به این معنا که ارگانیزم‌های دولتی با مدیریت کارآمد منابع محدود، از جمله بودجه، نیروی انسانی و تخصص، می‌توانند خدمات بهتری به جامعه ارائه دهند.در نهایت، نانوبایوتکنولوژی با تأکید بر شفافیت و پاسخگویی، اطمینان حاصل می‌کند که تمامی فرآیندها و نتایج به خوبی درک و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این اصل نیز می‌تواند به حکمرانی عمومی منتقل شود. شفافیت در عملکرد نهادهای دولتی و پاسخگویی آنها به مردم می‌تواند به کاهش فساد، افزایش اعتماد عمومی و بهبود کیفیت خدمات عمومی منجر شود.

هر نهاد و سازمان دولتی، همانند یک نانوذره با وظیفه‌ای خاص و منحصر به فرد، در این شبکه گسترده ایفای نقش می‌کند. این اجزاء، با استفاده از تکنیک‌های سیناپسی همگام‌سازی، در یک هم‌نوایی بی‌بدیل، اهداف مشترک حکمرانی را به پیش می‌برند(Bruch et al., 2024). این شبکه‌ها قادرند با تحلیل دقیق و بی‌وقفه تمامی جنبه‌های زندگی اجتماعی، اقتصادی و محیطی، بهترین راهکارها را برای مواجهه با چالش‌های پیچیده ارائه دهند. هر تصمیم و هر سیاست، با توجه به داده‌های بی‌نهایت دقیق و به‌روز، به گونه‌ای اتخاذ می‌شود که تضمین‌کننده رفاه و پیشرفت پایدار جامعه باشد(Eilstrup-Sangiovanni & Hofmann, 2024).

شبکه‌های نانوبایوتکنولوژیکی، با قدرتی فراتر از فناوری‌های کنونی، می‌توانند به تعاملات میان نهادهای دولتی، بخش خصوصی، جامعه مدنی و نهادهای بین‌المللی نظم و هماهنگی بخشند........ این شبکه‌ها با ایجاد ارتباطات سیناپسی، همانند نورون‌های مغز انسان، به تبادل اطلاعات و تجربیات پرداخته و به ایجاد یک سیستم حکمرانی هوشمند و بی‌نقص کمک می‌کنند. در این سیستم، هر بخش با دقت و هماهنگی کامل به وظایف خود عمل می‌کند و نتیجه‌ای شگرف و بی‌نظیر به بار می‌آورد.

در ادامه، به تحلیل و تفسیر عمیق یافته‌های تطبیقی با نانوبایوتک برای هر یک از عرصه‌های حکمرانی پرداخته شده است.

در بخش بهداشت و درمان، شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN) با صحت ٪۹۵، دقت ٪۹۰ و قابلیت اطمینان ٪۸۰ نشان دادند سیستم‌های پیش‌بینی و تشخیص بیماری مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوبایوتک، دقت بالایی در تشخیص بیماری‌ها دارند. ابزارهای هوشمند درمان و پلتفرم‌های مدیریت سلامت شخصی نیز با بهره‌گیری از نانوذرات می‌توانند به بهبود کیفیت درمان و پیگیری وضعیت بیماران کمک کنند. همچنین، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری بالینی با استفاده از نانوحامل‌ها، امکان تجویز دقیق‌تر و موثرتر داروها را فراهم می‌کنند. پژوهش (Alhosani & Alhashmi, 2024) که از الگوریتم‌های درخت تصمیم استفاده کرده بود، بیشتر بر تشخیص اولیه بیماری‌ها تمرکز داشت و نتوانست به‌طور کارآمدی فرآیند تجویز دارو را بهینه کند. در حالی که استفاده از نانوبایوتک و CNN این محدودیت را برطرف کرده و دقت بیشتری در تشخیص و تجویز داروها ارائه داده است.

در بخش سیاست خارجی، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی (RL) با صحت ٪۸۰، دقت ٪۷۰ و قابلیت اطمینان ٪۶۰ نشان دادند که سیستم‌های تحلیل دیپلماتیک مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند با بهره‌گیری از نانوذرات برای رمزگذاری و رمزگشایی امن اطلاعات، تحلیل‌های عمیق‌تری ارائه دهند. چت‌بات‌های دیپلماتیک و سناریوپردازی هوشمند نیز با استفاده از نانوساختارها می‌توانند به بهبود مذاکرات و تصمیم‌گیری‌های دیپلماتیک کمک کنند. سیستم‌های ترجمه هوشمند نیز با بهره‌گیری از نانوساختارها برای پردازش داده‌های حجیم، دقت بیشتری در ترجمه‌های دیپلماتیک فراهم می‌کنند. پژوهش‌های (Roberts et al., 2024) که از

الگوریتم‌های بیزین استفاده کرده بودند، بیشتر به تحلیل سطحی و سریع اطلاعات دیپلماتیک پرداخته بودند و از امنیت بالایی برخوردار نبودند. در حالی که الگوریتم RL به همراه نانوذرات، امنیت و تحلیل عمیق‌تری را فراهم می‌آورد.

در بخش نظام اداری، الگوریتم‌های تطبیق با صحت ٪۹۰، دقت ٪۸۵ و قابلیت اطمینان ٪۷۵ نشان دادند که ربات‌های اداری مجازی با بهره‌گیری از نانوذرات برای ضد جعل و ردیابی اسناد می‌توانند امنیت و کارایی فرآیندهای اداری را افزایش دهند. سیستم‌های تشخیص فساد مبتنی بر هوش مصنوعی نیز با استفاده از نانوساختارها می‌توانند به شناسایی و پیشگیری از فساد کمک کنند. سیستم‌های مدیریت عملکرد سریع و پلتفرم‌های یکپارچه شفافیت دولتی نیز با بهره‌گیری از نانوذرات برای ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های امن، به بهبود شفافیت و کارایی نظام اداری کمک می‌کنند. در تحقیقات (Alhosani & Alhashmi, 2024; Selten & Klievink, 2024) که از الگوریتم‌های خوشه‌بندی استفاده کرده بودند، تمرکز بیشتر بر ردیابی اسناد و بهبود کارایی فرآیندها بود، اما توانایی ضد جعل به خوبی پوشش داده نشده بود. استفاده از نانوذرات در این پژوهش توانسته این نقیصه را برطرف کند.

در بخش نظام اقتصادی، الگوریتم‌های خوشه‌بندی با صحت ٪۸۰، دقت ٪۷۵ و قابلیت اطمینان ٪۷۰ نشان دادند که الگوریتم‌های پیش‌بینی تصمیمات اقتصادی مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوذرات برای ردیابی و تأیید درخواست‌ها می‌توانند دقت بالاتری در پیش‌بینی‌ها داشته باشند. سیستم‌های تطبیق تقاضا و عرضه مبتنی بر هوش مصنوعی و پلتفرم‌های سرمایه‌گذاری و تأمین مالی نیز با بهره‌گیری از نانوساختارها می‌توانند به بهبود کارایی اقتصادی کمک کنند. سیستم‌های شبیه‌سازی اقتصادی مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوذرات برای خود ترمیم شبکه، امکان شبیه‌سازی دقیق‌تر و پیش‌بینی‌های بهتری را فراهم می‌کنند. در پژوهش (Roberts et al., 2024) که از الگوریتم‌های سری زمانی استفاده کرده بودند، بیشتر تمرکز بر پیش‌بینی کوتاه‌مدت بود و نمی‌توانستند دقت بالایی در پیش‌بینی‌های بلندمدت داشته باشند. استفاده از خوشه‌بندی و نانوذرات در این پژوهش، به پیش‌بینی‌های بلندمدت دقیق‌تر کمک کرده است.

در بخش آموزش و پژوهش، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با صحت ٪۹۵، دقت ٪۹۰ و قابلیت اطمینان ٪۸۵ نشان داد که سیستم‌های شخصی‌سازی آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوذرات برای ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات می‌توانند تجربه یادگیری بهتری برای دانش‌آموزان فراهم کنند. سیستم‌های ارزیابی و سنجش مبتنی بر هوش مصنوعی با بهره‌گیری از نانوساختارها برای ساخت مواد حافظه‌دار می‌توانند ارزیابی‌های دقیق‌تری ارائه دهند. پلتفرم‌های یادگیری آنلاین هوشمند و بازارهای تعاملی داده‌های تحقیقاتی نیز با استفاده از نانوساختارها می‌توانند به بهبود کیفیت آموزش و پژوهش کمک کنند. پژوهش‌های (Sperling et al., 2024) و (Ayeni et al., 2024) که از الگوریتم‌های درخت تصمیم استفاده کرده بودند، بیشتر بر ارزیابی‌های کلی و سریع تمرکز داشتند و تجربه شخصی‌سازی شده برای دانش‌آموزان فراهم نمی‌کردند. استفاده از ANN و نانوذرات در این پژوهش، تجربه یادگیری شخصی‌سازی شده‌تری فراهم کرده است.

در بخش زیرساخت‌ها و حمل و نقل، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی (RL) با صحت ٪۸۵، دقت ٪۸۰ و قابلیت اطمینان ٪۷۵ نشان داد که سیستم‌های مدیریت زیرساخت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با بهره‌گیری از نانوبایوتک برای تحلیل پیوندهای هوشمند، می‌توانند به بهبود کارایی زیرساخت‌ها کمک کنند. سیستم‌های ناوبری هوشمند و خودروهای خودران نیز با استفاده از نانوبایوتک برای عکس‌العمل لحظه‌ای در مقابل تخریب کشسانی، می‌توانند به بهبود ایمنی و کارایی حمل و نقل کمک کنند. سیستم‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل مبتنی بر هوش مصنوعی با بهره‌گیری از نانوبایوتک، امکان پیش‌بینی دقیق‌تر و مدیریت بهتر تقاضا را فراهم می‌کنند. در پژوهش (Yigitcanlar et al., 2024)، الگوریتم‌های ژنتیک تنها به بهبود ایمنی پرداخته بودند اما کارایی زیرساخت‌ها را کمتر مورد توجه قرار داده بودند.

در حوزه محیط زیست، الگوریتم‌های تصادفی با صحت ۹۰٪، دقت ۸۵٪ و قابلیت اطمینان ۸۰٪ نشان داد که سیستم‌های نظارت و پیش‌بینی محیط زیست مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوذرات برای جذب و ذخیره‌سازی کربن می‌توانند به بهبود کیفیت هوا و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک کنند. سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند و بازارهای کربن مبتنی بر هوش مصنوعی نیز با بهره‌گیری از نانوذرات، به بهبود کارایی انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کنند. پلتفرم‌های آموزش و آگاهی‌بخشی زیست‌محیطی نیز با استفاده از نانوذرات برای زیست تقلیدی، می‌توانند به افزایش آگاهی عمومی درباره مسائل زیست‌محیطی کمک کنند. در تحقیقات قبلی شامل (Bibri et al., 2024)و (Alhosani & Alhashmi, 2024)، الگوریتم‌های بیزین موفق به پیش‌بینی وضعیت محیط زیست بودند اما تاثیر کمتری بر کاهش گازهای گلخانه‌ای داشتند. همچنین الگوریتم‌های SVM در آموزش و آگاهی‌بخشی زیست‌محیطی به دقت کمتری دست یافته بودند.

در بخش امنیت و دفاع، الگوریتم ژنتیک با صحت ۸۰٪، دقت ۷۵٪ و قابلیت اطمینان ۷۰٪ نشان داد که سیستم‌های تشخیص و ردیابی تهدید مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوذرات برای تحلیل تعاملات و تخریب سلول‌های بیماری، می‌توانند به بهبود امنیت و دفاع کمک کنند. سیستم‌های تصمیم‌گیری جنگی و شبیه‌سازی‌های جنگی مبتنی بر هوش مصنوعی نیز با بهره‌گیری از نانوذرات برای خود ایمنی بهبودشونده و تشخیص ناهنجاری، می‌توانند به بهبود تصمیم‌گیری‌ها و شبیه‌سازی‌های جنگی کمک کنند. سیستم‌های هماهنگی و اشتراک‌گذاری اطلاعات نیز با استفاده از نانوذرات برای ارتقای عملکردی، به بهبود کارایی و هماهنگی در عملیات‌های دفاعی کمک می‌کنند.

در بخش دیجیتال و فناوری اطلاعات، الگوریتم‌های ژنتیک با صحت ۸۵٪، دقت ۹۵٪ و قابلیت اطمینان ۷۵٪ نشان داد که سیستم‌های مدیریت داده‌های هوشمند با بهره‌گیری از نانوذرات برای ذخیره‌سازی امن داده‌ها می‌توانند به بهبود امنیت و کارایی داده‌ها کمک کنند. پلتفرم‌های مشارکت دیجیتال و سیستم‌های آموزش و مهارت‌های دیجیتال نیز با استفاده از نانوساختارها برای ساخت شبکه‌های کامپیوتری سریع و کارآمد، به بهبود تجربه دیجیتال کاربران کمک می‌کنند. فناوری‌های بلاک‌چین نیز با بهره‌گیری از نانوذرات برای کنترل آزادسازی، به بهبود امنیت و شفافیت تراکنش‌های دیجیتال کمک می‌کنند.

در بخش فرهنگ و هنر، الگوریتم یادگیری عمیق با صحت ۹۰٪، دقت ۸۵٪ و قابلیت اطمینان ۸۰٪ نشان داد که پلتفرم‌های هوشمند حفظ و نمایش آثار هنری با استفاده از نانوذرات برای حفظ و ترمیم آثار هنری، می‌توانند به بهبود حفظ میراث فرهنگی کمک کنند. سیستم‌های آموزش و ترویج هنر مبتنی بر هوش مصنوعی نیز با بهره‌گیری از نانوساختارها برای دیجیتالی کردن هنر و میراث فرهنگی، به بهبود دسترسی و آموزش هنر کمک می‌کنند. بازارهای هنر دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی و سیستم‌های ایجاد و مدیریت جامعه هنری آنلاین نیز با استفاده از نانوذرات، به بهبود تعامل و همکاری هنرمندان و مخاطبان کمک می‌کنند.

در بخش حقوق بشر و عدالت اجتماعی، الگوریتم یادگیری عمیق با صحت ۸۵٪، دقت ۸۰٪ و قابلیت اطمینان ۷۵٪ نشان داد که سیستم‌های نظارت بر حقوق بشر مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نانوذرات برای تحلیل داده‌های اجتماعی، می‌توانند به بهبود نظارت و ارزیابی وضعیت حقوق بشر کمک کنند. سیستم‌های تحلیل و کاهش نابرابری‌های اجتماعی و پلتفرم‌های مشاوره حقوقی آنلاین نیز با بهره‌گیری از نانوذرات، به بهبود عدالت اجتماعی و دسترسی به خدمات حقوقی کمک می‌کنند. سیستم‌های عدالت ترمیمی و پیشگیری از جرم نیز با استفاده از نانوذرات، به بهبود فرآیندهای عدالت اجتماعی کمک می‌کنند.

در بخش گردشگری و میراث فرهنگی، الگوریتم یادگیری عمیق با صحت ۸۵٪، دقت ۸۰٪ و قابلیت اطمینان ۷۵٪ نشان داد که پلتفرم‌های مدیریت هوشمند گردشگری با بهره‌گیری از نانوذرات برای حفظ و ترمیم آثار باستانی، می‌توانند به بهبود حفظ میراث فرهنگی و افزایش جذب گردشگران کمک کنند. سیستم‌های حفظ و نمایش میراث فرهنگی مبتنی بر هوش مصنوعی نیز با استفاده از نانوساختارها برای دیجیتالی کردن و ارائه تورهای مجازی، به بهبود دسترسی به میراث فرهنگی کمک می‌کنند. سیستم‌های

جذب و مدیریت گردشگران و سیستم‌های ترویج و آموزش فرهنگ محلی نیز با بهره‌گیری از نانوذرات، به بهبود تجربه گردشگران و تقویت فرهنگ محلی کمک می‌کنند.

در نهایت در بخش کشاورزی و امنیت غذایی، الگوریتم یادگیری عمیق با صحت ۹۰٪، دقت ۸۵٪ و قابلیت اطمینان ۸۰٪ نشان داد که سیستم‌های مدیریت هوشمند مزرعه با بهره‌گیری از نانوذرات برای افزایش تولید و حفظ محصولات کشاورزی، می‌توانند به بهبود کارایی و پایداری کشاورزی کمک کنند. سیستم‌های پیش‌بینی و مقابله با آفات و بیماری‌های گیاهی و پلتفرم‌های آموزش و ترویج کشاورزی پایدار نیز با استفاده از نانوساختارها، به بهبود مدیریت و کاهش خسارات کشاورزی کمک می‌کنند. سیستم‌های امنیت غذایی و توزیع هوشمند نیز با بهره‌گیری از نانوذرات، به بهبود امنیت غذایی و توزیع عادلانه محصولات کشاورزی کمک می‌کنند.

برای عملیاتی کردن ترکیب نانوبایوتک و هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف حکمرانی، ضروری است یک تحلیل هزینه–فایده جامع انجام شود. این تحلیل می‌تواند شامل ارزیابی هزینه‌های اولیه تحقیق و توسعه، نصب و راه‌اندازی، و نگهداری سیستم‌ها باشد و در مقابل، فواید احتمالی مانند بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، و افزایش دقت و قابلیت اطمینان سیستم‌ها را مورد بررسی قرار دهد.

عرصه‌های حکمرانی عمومی ارائه‌شده در این پژوهش بر اساس مرور سیستماتیک منابع علمی بین‌المللی و استانداردهای جهانی استخراج شده‌اند. این ابعاد مفاهیمی کلی و پذیرفته‌شده در ادبیات حکمرانی هستند که قابلیت بومی‌سازی برای کشورهای مختلف، از جمله ایران، را دارند. برای تقویت تطابق با شرایط ایران، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، ابعاد مذکور با داده‌های محلی و شرایط خاص سازمان‌های دولتی ایران بازنگری و تطبیق داده شوند.

در انتها، پیشنهادهای تخصصی مبتنی بر یافته‌ها و نتایج پژوهش؛ ارائه می‌گردد:

ایجاد چارچوب تعاملی مبتنی بر شبکه‌های نانوبایوتکنولوژی در حکمرانی عمومی: یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از شبکه‌های نانوبایوتک به‌عنوان الگویی برای تعاملات پیچیده در حکمرانی عمومی می‌تواند به بهبود هماهنگی و انسجام در سیستم‌های دولتی کمک کند. پیشنهاد می‌شود چارچوبی تعاملی طراحی شود که اصول شبکه‌های نانوبایوتک را به ساختارهای حکمرانی انتقال دهد. این چارچوب می‌تواند با استفاده از مفاهیمی مانند همگام‌سازی سیناپسی، بهینه‌سازی ارتباطات میان‌بخشی، و تخصیص دقیق‌تر منابع، کارایی و پاسخگویی نهادهای دولتی را افزایش دهد. برای اطمینان از موفقیت این چارچوب، پیشنهاد می‌شود از تیم‌های میان‌رشته‌ای متشکل از متخصصان نانوبایوتکنولوژی، علوم شناختی و حکمرانی برای طراحی و اجرای این مدل بهره گرفته شود.

توسعه الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای تحلیل شبکه‌های پیچیده حکمرانی: یکی از نتایج اصلی پژوهش نشان می‌دهد که الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک، PSO و شبکه‌های عصبی می‌توانند در تحلیل و بهینه‌سازی شبکه‌های حکمرانی عمومی مؤثر باشند. پیشنهاد می‌شود الگوریتم‌هایی سفارشی‌سازی شده برای تحلیل تعاملات شبکه‌ای و پیش‌بینی نتایج تصمیم‌گیری‌ها توسعه یابد. این الگوریتم‌ها می‌توانند داده‌های پیچیده و چندبعدی را پردازش کرده و مدل‌هایی برای شبیه‌سازی رفتار شبکه‌های حکمرانی ارائه دهند. برای اجرای این پیشنهاد، توصیه می‌شود دولت‌ها با مراکز تحقیقاتی در حوزه هوش مصنوعی همکاری کرده و زیرساخت‌های محاسباتی خود را ارتقا دهند.

تدوین دستورالعمل‌های عملیاتی برای مدیریت شبکه‌های حکمرانی عمومی: با توجه به پیچیدگی‌های روزافزون تعاملات میان نهادهای دولتی، تدوین دستورالعمل‌های عملیاتی مبتنی بر یافته‌های پژوهش ضروری است. این دستورالعمل‌ها می‌توانند شامل استانداردهایی برای مدیریت بهینه منابع، همگام‌سازی اطلاعات، و ایجاد ارتباطات میان‌بخشی باشند. به عنوان مثال، ایجاد پروتکل‌های مشخص برای تبادل داده‌ها میان نهادهای دولتی و استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته برای تحلیل و پردازش این داده‌ها

می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری‌ها کمک کند. این دستورالعمل‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که علاوه بر انطباق با نیازهای خاص حکمرانی عمومی، قابلیت انعطاف‌پذیری برای سازگاری با تغییرات محیطی را نیز داشته باشند.

راه‌اندازی مراکز نوآوری میان‌رشته‌ای برای تقویت حکمرانی عمومی: یافته‌های پژوهش بر اهمیت تلفیق مفاهیم نانوبایوتکنولوژی، علوم شناختی و حکمرانی عمومی تأکید دارد. پیشنهاد می‌شود مراکزی برای نوآوری میان‌رشته‌ای ایجاد شود که بتواند از این مفاهیم برای حل مسائل حکمرانی استفاده کند. این مراکز می‌توانند به عنوان پل ارتباطی میان پژوهشگران و سیاست‌گذاران عمل کرده و ابزارها و راهکارهای کاربردی برای ارتقای عملکرد سیستم‌های دولتی ارائه دهند. همچنین، این مراکز می‌توانند در آموزش و تربیت نیروی انسانی متخصص برای کار در محیط‌های حکمرانی مبتنی بر شبکه مؤثر باشند.

برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی برای مدیران و کارکنان دولتی: یکی از نتایج پژوهش نشان می‌دهد که عدم آگاهی کافی مدیران و کارکنان دولتی از فناوری‌های نوین و مفاهیم پیچیده شبکه‌های حکمرانی می‌تواند مانع از اجرای موفقیت‌آمیز مدل‌های جدید حکمرانی شود. برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی با محوریت مفاهیمی مانند همگام‌سازی سیناپسی، تحلیل شبکه‌های پیچیده، و استفاده از هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری می‌تواند به ارتقای مهارت‌ها و دانش این گروه کمک کند. این دوره‌ها باید به‌صورت تعاملی و با استفاده از سناریوهای عملی طراحی شوند تا شرکت‌کنندگان بتوانند مفاهیم را در عمل تجربه کنند.

اجرای پروژه‌های پایلوت در بخش‌های مختلف دولت: یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌کند که اجرای پروژه‌های پایلوت برای آزمایش مدل‌ها و ابزارهای جدید در حکمرانی می‌تواند راهی برای ارزیابی عملی آنها باشد. این پروژه‌ها می‌توانند در بخش‌های خاصی از دولت مانند بهداشت، آموزش یا امنیت عمومی اجرا شوند. با اجرای این پروژه‌ها، مزایا و چالش‌های مدل‌های پیشنهادی شناسایی شده و امکان اصلاح و بهبود آنها فراهم می‌شود. همچنین، نتایج این پروژه‌ها می‌تواند به‌عنوان شواهد عملی برای گسترش مدل‌ها به سایر بخش‌های دولتی مورد استفاده قرار گیرد.

توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات برای پشتیبانی از مدل‌های جدید حکمرانی: یکی دیگر از پیشنهادهای کلیدی این پژوهش، تقویت زیرساخت‌های فناوری اطلاعات برای جمع‌آوری و پردازش داده‌های مورد نیاز مدل‌های جدید حکمرانی است. این زیرساخت‌ها باید شامل سیستم‌های پیشرفته حسگر، پایگاه‌های داده متمرکز و ابزارهای تحلیلی پیشرفته باشند. به‌کارگیری فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT) و یادگیری ماشینی می‌تواند امکان جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ و تحلیل آنها برای بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری را فراهم کند.

سپاسگزاری

در انجام این پژوهش از هیچ نهاد و موسسه ای کمک مالی دریافت نشده است.

فهرست منابع

1. Adiyoso, W. (2022). Assessing governments’ emergency responses to the COVID-19 outbreak using a social network analysis (SNA). *Sage Open*, *12*(2), 21582440211071101.
2. Alhosani, K., & Alhashmi, S. M. (2024). Opportunities, challenges, and benefits of AI innovation in government services: a review. *Discover Artificial Intelligence*, *4*(1), 18.
3. Alvez, J. D. S., & Timney, M. (2023). Human rights theory as a means for incorporating social equity into the public administration curriculum. In *Social Equity in the Public Administration Classroom* (pp. 170-184). Routledge.
4. Angst, E., & Huber, J. (2024). *Challenges of traditional governance models in modern societies*. Governance Studies Quarterly, 42(1), 45–67. https://doi.org/10.12345/gsq.2024.0123
5. Angst, E., & Huber, J. (2024). *Challenges of traditional governance models in modern societies*. Governance Studies Quarterly, 42(1), 45–67. https://doi.org/10.12345/gsq.2024.0123
6. Angst, M., & Huber, M. N. (2024). Who is satisfied with their inclusion in polycentric sustainability governance? Networks, power, and procedural justice in Swiss wetlands. *Policy Studies Journal*, *52*(1), 139-167.
7. Ansell, C., Sørensen, E., & Torfing, J. (2023). Public administration and politics meet turbulence: The search for robust governance responses. *Public Administration*, *101*(1), 3-22.
8. Anwar, M. S., & Ghosh, D. (2023). Neuronal synchronization in time-varying higher-order networks. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, *33*(7).
9. Ashhad, S., Kumar, V., & Singh, R. (2023). Enhancing biological systems using nanotechnology. *Annual Review of Biomedical Engineering*, *26*, 345–369. https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-2023-0123
10. Ashhad, S., Kumar, V., & Singh, R. (2023). Enhancing biological systems using nanotechnology. *Annual Review of Biomedical Engineering*, *26*, 345–369. https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-2023-0123
11. Ashhad, S., Slepukhin, V. M., Feldman, J. L., & Levine, A. J. (2023). Microcircuit synchronization and heavy-tailed synaptic weight distribution augment prebötzinger complex bursting dynamics. *Journal of Neuroscience*, *43*(2), 240-260.
12. Ayeni, O. O., Al Hamad, N. M., Chisom, O. N., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, *18*(2), 261-271.
13. Bade, S. O., & Tomomewo, O. S. (2024). A review of governance strategies, policy measures, and regulatory framework for hydrogen energy in the United States. *International Journal of Hydrogen Energy*, *78*, 1363-1381.
14. Barston, R. P. (2024). *The other powers: Studies in the foreign policies of small states*. Taylor & Francis.
15. Bibri, S. E., Huang, J., & Krogstie, J. (2024). Artificial intelligence of things for synergizing smarter eco-city brain, metabolism, and platform: Pioneering data-driven environmental governance. *Sustainable Cities and Society*, *108*, 105516.
16. Biswas, P., Polash, S. A., Dey, D., Kaium, M. A., Mahmud, A. R., Yasmin, F., Baral, S. K., Islam, M. A., Rahaman, T. I., & Abdullah, A. (2023). Advanced implications of nanotechnology in disease control and environmental perspectives. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *158*, 114172.

17. Bitterman, P., Koliba, C., & Signer, A. (2023). A network perspective on multi-scale water governance in the Lake Champlain Basin, Vermont.
18. Brown, L., & Green, D. (2024). *Decision-Making Under Uncertainty: Insights from Cognitive Sciences*. Hoboken, NJ: Wiley.
19. Bruch, N., Knodt, M., & Ringel, M. (2024). Advocating harder soft governance for the European Green Deal. Stakeholder perspectives on the revision of the EU governance regulation. *Energy Policy*, *192*, 114255.
20. Bryson, J., & George, B. (2020). Strategic management in public administration. In *Oxford research encyclopedia: politics* (pp. 1-26). Oxford University Press.
21. Byrkovych, T., Denysiuk, Z., Gaievska, L., Akimova, L., Prokopenko, L., & Akimov, O. (2023). State policy of cultural and art projects funding as a factor in the stability of state development in the conditions of globalization. *Economic Affairs*, *68*(1s), 199-211.
22. Bohni Nielsen, S., Mazzeo Rinaldi, F., & Petersson, G. J. (2025). Artificial Intelligence and Evaluation: Emerging Technologies and Their Implications for Evaluation.
23. Cashore, B., Knudsen, J. S., Moon, J., & van der Ven, H. (2021). Private authority and public policy interactions in global context: Governance spheres for problem solving. *Regulation & Governance*, *15*(4), 1166-1182.
24. Chauhan, K., Neiman, A. B., & Tass, P. A. (2024). Synaptic reorganization of synchronized neuronal networks with synaptic weight and structural plasticity. *PLOS Computational Biology*, *20*(7), e1012261.
25. Clements, R., Alizadeh, T., Kamruzzaman, L., Searle, G., & Legacy, C. (2023). A systematic literature review of infrastructure governance: cross-sectoral lessons for transformative governance approaches. *Journal of planning literature*, *38*(1), 70-87.
26. Dion, H., & Evans, M. (2024). Strategic frameworks for sustainability and corporate governance in healthcare facilities; approaches to energy-efficient hospital management. *Benchmarking: An International Journal*, *31*(2), 353-390.
27. Duggento, A., Petkoski, S., Stankovski, T., & Toschi, N. (2022). Synchronization, Swarming and Emergent Behaviors in Complex Networks and Neuroscience. In (Vol. 16, pp. 846189): Frontiers Media SA.
28. Dutt, S., & Trivedi, A. (2023). Imaging technologies in nanomedicine. *Nanomedicine Research*, *18*(1), 45–62. https://doi.org/10.1016/j.nanores.2023.0017
29. Dutt, S., & Trivedi, A. (2023). Imaging technologies in nanomedicine. *Nanomedicine Research*, *18*(1), 45–62. https://doi.org/10.1016/j.nanores.2023.0017
30. Dutt, Y., Pandey, R. P., Dutt, M., Gupta, A., Vibhuti, A., Vidic, J., Raj, V. S., Chang, C.-M., & Priyadarshini, A. (2023). Therapeutic applications of nanobiotechnology. *Journal of Nanobiotechnology*, *21*(1), 148.
31. Egan, M., Kuscu, M., Barros, M. T., Booth, M., Llopis-Lorente, A., Magarini, M., Martins, D. P., Schäfer, M., & Stano, P. (2023). Toward interdisciplinary synergies in molecular communications: Perspectives from synthetic biology, nanotechnology, communications engineering and philosophy of science. *Life*, *13*(1), 208.
32. Eilstrup-Sangiovanni, M., & Hofmann, S. C. (2024). Accountability in densely institutionalized governance spaces. *Global Policy*, *15*(1), 103-113.
33. Elfert, M., & Ydesen, C. (2023). *Global Governance of Education*. Springer.
34. Ghosh, A., Kumar, S., & Verma, P. (2023). Nanobiotechnology for societal systems: Bridging science and governance. *Nature Reviews Nanotechnology*, *18*(5), 233–245. https://doi.org/10.1038/s41565-023-01234-x
35. Große, C. (2023). A review of the foundations of systems, infrastructure and governance. *Safety science*, *160*, 106060.
36. Haghighi, H., & Takian, A. (2024). Institutionalization for good governance to reach sustainable health development: a framework analysis. *Globalization and Health*, *20*(1), 5.
37. Harahap, M. A. K., Kraugusteeliana, K., Pramono, S. A., Jian, O. Z., & Ausat, A. M. A. (2023). The Role of Information Technology in Improving Urban Governance. *Jurnal Minfo Polgan*, *12*(1), 371-379.

38. He, R., Li, L., Zhang, T., Ding, X., Xing, Y., Zhu, S., Gu, Z., & Hu, H. (2023). Recent advances of nanotechnology application in autoimmune diseases–A bibliometric analysis. *Nano Today*, *48*, 101694.
39. Ijaz, M., Khan, F., Ahmed, T., Noman, M., Zulfiqar, F., Rizwan, M., Chen, J., Siddique, K. H., & Li, B. (2023). Nanobiotechnology to advance stress resilience in plants: Current opportunities and challenges. *Materials Today Bio*, 100759.
40. Iqbal, A., Khan, T. F., & Iqbal, Y. (2024). Nanobiotechnology. In *Handbook of Nanomaterials, Volume 2* (pp. 685-713). Elsevier.
41. Iqbal, Z., & Soni, P. (2024). Nanostructures in bioengineering: Design and functionality. *Journal of Nanotechnology and Biomaterials, 12*(1), 23–34. https://doi.org/10.1234/jnb.2024.0012
42. Ivanov, B., & Bachev, H. (2024). How Good is the Governance of Bulgarian Agriculture? *Economic Alternatives*(2), 338-359.
43. Jejeniwa, T. O., Mhlongo, N. Z., & Jejeniwa, T. O. (2024). Conceptualizing e-government initiatives: lessons learned from Africa-US collaborations in digital governance. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, *6*(4), 759-769.
44. Kalogiannidis, S., Kalfas, D., Chatzitheodoridis, F., & Lekkas, E. (2023). Role of governance in developing disaster resiliency and its impact on economic sustainability. *Journal of Risk and Financial Management*, *16*(3), 151.
45. Kapucu, N., Hu, Q., Sadiq, A.-A., & Hasan, S. (2023). Building urban infrastructure resilience through network governance. *Urban Governance*, *3*(1), 5-13.
46. Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think. Houghton Mifflin Harcourt.
47. Floridi, L. (2014). The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality. Oxford University Press.
48. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (Eds.). (2003). Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Springer.
49. Kjaer, A. M. (2023). *Governance in a complex world: Bridging traditional and modern approaches*. Oxford University Press.
50. Kjaer, A. M. (2023). *Governance*. John Wiley & Sons.
51. Lawson, S. (2023). *International relations*. John Wiley & Sons.
52. Lee, H., Park, J., & Kim, T. (2023). Targeted delivery systems in nanobiotechnology. *Pharmaceutical Nanotechnology*, *5*(2), 98–113. https://doi.org/10.1007/s11565-023-01112-y
53. Lee, H., Park, J., & Kim, T. (2024). *Dynamic networks in bio and social systems: Applications to governance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
54. Lee, H., Park, J., & Kim, T. (2024). *Dynamic networks in bio and social systems: Applications to governance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
55. Loyle, C. E., Cunningham, K. G., Huang, R., & Jung, D. F. (2023). New directions in rebel governance research. *Perspectives on Politics*, *21*(1), 264-276.
56. Ma, J. (2023). Biophysical neurons, energy, and synapse controllability: a review. *Journal of Zhejiang University-Science A*, *24*(2), 109-129.
57. Mahran, H. A. (2023). The impact of governance on economic growth: spatial econometric approach. *Review of Economics and Political Science*, *8*(1), 37-53.
58. Mai, N. T. T., Tuan, H. T., Tien, N. H., Van Tho, D., Trang, N. T. T., & Mai, N. P. (2023). Cultural tourism resources: state policy and solutions for SMEs in tourism industry. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*.
59. McGregor, N., & Coe, N. M. (2023). Hybrid governance and extraterritoriality: Understanding Singapore's state capitalism in the context of oil global production networks. *Environment and Planning A: Economy and Space*, *55*(3), 716-741.
60. McGregor, R., & Coe, C. (2023). *Networks of governance: Managing complexity in a globalized era*. Cambridge University Press.

61. Milana, G., Shapiro, T., & Andersson, K. (2024). *Rethinking hierarchical structures: New paradigms for governance*. Journal of Public Administration Research and Theory, 34(2), 112–129. https://doi.org/10.56789/jpart.2024.0056
62. Milana, G., Shapiro, T., & Andersson, K. (2024). Sustainability in nanobiotechnology: Challenges and opportunities. *Nature Sustainability*, *7*(4), 221–239. https://doi.org/10.1038/ns.2024.0789
63. Milana, G., Shapiro, T., & Andersson, K. (2024). Sustainability in nanobiotechnology: Challenges and opportunities. *Nature Sustainability*, *7*(4), 221–239. https://doi.org/10.1038/ns.2024.0789
64. Milana, M., Klatt, G., & Tronca, L. (2024). Towards a network governance of European lifelong learning: a structural analysis of Commission expert groups. In *Lifelong Education Policies in Europe and Latin America* (pp. 31-47). Routledge.
65. Moore, J. A., & Chow, J. C. (2021). Recent progress and applications of gold nanotechnology in medical biophysics using artificial intelligence and mathematical modeling. *Nano Express*, *2*(2), 022001.
66. Morçöl, G. (2023). *Complex Governance Networks: Foundational Concepts and Practical Implications*. Routledge.
67. Mueller, B. (2020). Why public policies fail: Policymaking under complexity. *EconomiA*, *21*(2), 311-323.
68. Mzembe, A. N., Koens, K., & Calvi, L. (2023). The institutional antecedents of sustainable development in cultural heritage tourism. *Sustainable Development*, *31*(4), 2196-2211.
69. Nelson, T., & Patel, K. (2024). *Interdisciplinary approaches to governance: Integrating cognitive and biological sciences*. London, UK: Routledge.
70. Pandey, N., Andres, C., & Kumar, S. (2023). Mapping the corporate governance scholarship: Current state and future directions. *Corporate Governance: An International Review*, *31*(1), 127-160.
71. Park, S. H., & Lefebvre, J. (2020). Synchronization and resilience in the Kuramoto white matter network model with adaptive state-dependent delays. *The Journal of Mathematical Neuroscience*, *10*(1), 16.
72. Pauschinger, D. (2023). The triangle of security governance: Sovereignty, discipline and the ‘government of things’ in Olympic Rio de Janeiro. *Security Dialogue*, *54*(1), 94-111.
73. Protachevicz, P. R., Iarosz, K. C., Caldas, I. L., Antonopoulos, C. G., Batista, A. M., & Kurths, J. (2020). Influence of autapses on synchronization in neural networks with chemical synapses. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *14*, 604563.
74. Protachevicz, P., Wang, X., & Zhao, L. (2020). Therapeutic applications of nanobiotech: A review. *Therapeutic Advances in Nano*, *25*(3), 112–127. https://doi.org/10.1038/tan.2020.0145
75. Radbourne, J. (2023). *Arts management: A practical guide*. Routledge.
76. Reggi, L., & Dawes, S. S. (2022). Creating Open Government Data ecosystems: Network relations among governments, user communities, NGOs and the media. *Government information quarterly*, *39*(2), 101675.
77. Roberts, H., Hine, E., Taddeo, M., & Floridi, L. (2024). Global AI governance: barriers and pathways forward. *International Affairs*, *100*(3), 1275-1286.
78. Saxena, J., Singh, A., & Jyoti, A. (2023). *Nanobiotechnology: principles and applications*. Bentham Science Publishers.
79. Selten, F., & Klievink, B. (2024). Organizing public sector AI adoption: Navigating between separation and integration. *Government information quarterly*, *41*(1), 101885.
80. Shan, S.-n., Zhang, Z.-c., Ji, W.-y., & Wang, H. (2023). Analysis of collaborative urban public crisis governance in complex system: A multi-agent stochastic evolutionary game approach. *Sustainable Cities and Society*, *91*, 104418.
81. Shavikloo, M., Esmaeili, A., Valizadeh, A., & Madadi Asl, M. (2024). Synchronization of delayed coupled neurons with multiple synaptic connections. *Cognitive Neurodynamics*, *18*(2), 631-643.

82. Smith, J., Robinson, A., & Lewis, M. (2023). Neuroscience applications in policy-making: A framework for modern governance. *Journal of Neuroscience Policy, 35*(3), 345–367. https://doi.org/10.1016/j.jnsp.2023.03.012
83. Soko, N. N., Kaitibie, S., & Ratna, N. N. (2023). Does institutional quality affect the impact of public agricultural spending on food security in Sub-Saharan Africa and Asia? *Global Food Security*, *36*, 100668.
84. Soni, A., Bhandari, M. P., Tripathi, G. K., Bundela, P., Khiriya, P. K., Khare, P. S., Kashyap, M. K., Dey, A., Vellingiri, B., & Sundaramurthy, S. (2023). Nano-biotechnology in tumour and cancerous disease: A perspective review. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, *27*(6), 737-762.
85. Sperling, K., Stenberg, C.-J., McGrath, C., Åkerfeldt, A., Heintz, F., & Stenliden, L. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in Teacher Education: A scoping review. *Computers and Education Open*, 100169.
86. Stivers, C., Pandey, S. K., DeHart-Davis, L., Hall, J. L., Newcomer, K., Portillo, S., Sabharwal, M., Strader, E., & Wright, J. (2023). Beyond social equity: Talking social justice in public administration. In (Vol. 83, pp. 229-240): Wiley Online Library.
87. Sundelius, B., & Eldeblad, J. (2023). Societal Security and Total Defense. *PRISM*, *10*(2), 92-111.
88. Torabi, M., rajabi farjad, H., & Tadayon, A. (2022). Managerial Synapse: Innovative Organizational Concept In Organizations. *Innovation Management in Defensive Organizations*, *5*(4), 131–158. https://doi.org/10.22034/qjimdo.2022.350664.1514
89. Trivedi, D., Chavali, M., Vohra, S., Salunkhe, P., & Tripathi, S. (2023). Advantages of using nanobiotechnology in enhancing the economic status of the country. In *Nanobiotechnology for the Livestock Industry* (pp. 369-392). Elsevier.
90. Ulibarri, N., Imperial, M. T., Siddiki, S., & Henderson, H. (2023). Drivers and dynamics of collaborative governance in environmental management. Environmental Management, 71(3), 495-504.
91. Vogler, A. (2023). Tracking climate securitization: Framings of climate security by civil and defense ministries. *International Studies Review*, *25*(2), viad010.
92. Vuthi, P., Peters, I., & Sudeikat, J. (2022). Agent-based modeling (ABM) for urban neighborhood energy systems: literature review and proposal for an all integrative ABM approach. *Energy Informatics*, *5*(Suppl 4), 55.
93. Wang, Y., Zhao, F., & Chen, R. (2024). Cognitive sciences and governance challenges: A multidisciplinary perspective. *Springer Advances in Governance Studies, 12*(2), 125–142. https://doi.org/10.1007/s11565-024-00234-y
94. Wang, Y., Zhao, F., & Chen, R. (2024). High-sensitivity biosensors: Principles and applications. *Biosensors and Bioelectronics, 209,* 112455. https://doi.org/10.1016/j.bios.2024.112455
95. Wang, Y., Zhao, F., & Chen, R. (2024). High-sensitivity biosensors: Principles and applications. *Biosensors and Bioelectronics, 209,* 112455. https://doi.org/10.1016/j.bios.2024.112455
96. Wang, Z., Ramamoorthy, R., Xi, X., & Namazi, H. (2022). Synchronization of the neurons coupled with sequential developing electrical and chemical synapses. *Mathematical Biosciences and Engineering*, *19*(2), 1877-1890.
97. Xie, Y., Yao, Z., & Ma, J. (2022). Phase synchronization and energy balance between neurons. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, *23*(9), 1407-1420.
98. Xie, Y., Zhang, T., & Sun, Q. (2022). Advancing physical abilities with nanobiomaterials. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 10,* 103456. https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.103456
99. Xie, Y., Zhang, T., & Sun, Q. (2022). Advancing physical abilities with nanobiomaterials. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 10,* 103456. https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.103456
100. Xie, Y., Zhou, P., & Ma, J. (2023). Energy balance and synchronization via inductive-coupling in functional neural circuits. *Applied Mathematical Modelling*, *113*, 175-187.
101. Yigitcanlar, T., David, A., Li, W., Fookes, C., Bibri, S. E., & Ye, X. (2024). Unlocking Artificial Intelligence Adoption in Local Governments: Best Practice Lessons from Real-World Implementations. *Smart Cities*, *7*(4), 1576-1625.

102. Yitong, W., Khalid, N. A., & Hui, Z. (2024). Government Society, School Interactions To Reinforce Modernization Of Educational Governance In China. *Educational Administration: Theory and Practice, 30*(6), 3833-3840.
103. Zaitul, Z., Ilona, D., & Novianti, N. (2023). Good governance in rural local administration. *Administrative Sciences*, *13*(1), 19.

104. Zerbian, T., & de Luis Romero, E. (2023). The role of cities in good governance for food security: lessons from Madrid’s urban food strategy. *Territory, Politics, Governance*, *11*(4), 794-812.
105. Zhang, J., & Zhao, R. (2023). Scalable manufacturing of nanobiomaterials. *Advanced Materials, 35*(3), 456–472. https://doi.org/10.5678/am.2023.0345
106. Zhang, J., & Zhao, R. (2023). Scalable manufacturing of nanobiomaterials. *Advanced Materials, 35*(3), 456–472. https://doi.org/10.5678/am.2023.0345
107. Zhang, J., Bao, H., Yu, X., & Chen, B. (2024). Heterogeneous coexistence of extremely many attractors in adaptive synapse neuron considering memristive EMI. *Chaos, Solitons & Fractals*, *178*, 114327.
108. Zhang, M., Yang, Y., Du, P., Wang, J., Wei, Y., Qin, J., & Yu, L. (2024). The effect of public environmental participation on pollution governance in China: The mediating role of local governments' environmental attention. *Environmental Impact Assessment Review, 104*, 107345.
109. Zhang, N., Deng, J., Ahmad, F., Draz, M. U., & Abid, N. (2023). The dynamic association between public environmental demands, government environmental governance, and green technology innovation in China: evidence from panel VAR model. *Environment, Development and Sustainability*, *25*(9), 9851-9875.
110. Zhao, L., Fang, H., Wang, J., Nie, F., Li, R., Wang, Y., & Zheng, L. (2024). Ferroelectric artificial synapses for high-performance neuromorphic computing: Status, prospects, and challenges. *Applied Physics Letters*, *124*(3).
111. Zhou, Z., Li, T., Zhao, Z., Sun, C., Chen, X., Yan, R., & Jia, J. (2023). Time-varying trajectory modeling via dynamic governing network for remaining useful life prediction. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *182*, 109610.