



Prioritization of Smart Spatial Governance Dimensions in the Iranian Context with a Conceptual Emphasis on the National Geography Laboratory: A Hybrid Fuzzy Delphi–DEMATEL–DANP Approach Inspired by the OECD Experience

Mohammad Sajjad Norouzi^{1*} | Majid Fakhri²

1. Corresponding Author, Department of Geography and Urban Planning, Zanjan University, Zanjan, Iran. Email: Sajjad.nihat@gmail.com

2. Department of Strategic Management in Passive Defense, AJA University of Command and Staff, Tehran, Iran. Email: M.fakhri@chmail.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received: June 03, 2025

Revised: September 10, 2025

Accepted: September 16, 2025

Published online: September 22, 2026

Keywords:

Smart spatial governance,
Geospatial artificial intelligence (GeoAI),
Data governance,
OECD,
DANP.

ABSTRACT

The rapid transformations in geospatial data, Geographic Artificial Intelligence (GeoAI), and digital technologies have challenged traditional governance paradigms and underscored the need to transition toward smart spatial governance. The present study was conducted with the aim of refining, contextualizing, and prioritizing the overarching dimensions of smart spatial governance within the Iranian context, while also conceptualizing the role of a National Geography Laboratory as a potential intermediary mechanism linking data, analysis, and policymaking. In terms of purpose, the study is applied–developmental; methodologically it adopts a sequential exploratory mixed-methods design. In the first stage, through a targeted review of the literature, OECD and UN-GGIM documents, and other relevant frameworks, 62 initial indicators were identified across 10 dimensions. These indicators were reviewed based on three contextual criteria—institutional compatibility, legal–governance compatibility, and data–infrastructural compatibility—and subsequently refined using the Fuzzy Delphi method with the participation of 25 experts. This process resulted in the confirmation of 50 indicators within the same 10 dimensions. Subsequently, the causal–effect relationships and relative importance of the 10 main dimensions were examined using DEMATEL and DANP. The DEMATEL results indicated that “Strategic Governance and Leadership” was the most important causal factor, whereas “Effectiveness and Outcomes of Spatial Governance” represented the most important outcome variable of the system. Meanwhile, “Geospatial Coordination and Integration Mechanisms” exhibited the highest level of network interaction with the other dimensions. The DANP results likewise showed that this dimension ranked first, with a weight of 0.176, followed by “Strategic Governance and Leadership,” with a weight of 0.164, and “Data Governance and Legal Frameworks,” with a weight of 0.138. In this study, DANP was implemented at the level of the 10 principal dimensions, and no independent network weights were calculated for the 50 sub-indicators. Scenario-based sensitivity analysis further demonstrated that, within the assumed range of variations, the ranking of the three leading dimensions remained unchanged. Given the judgment-based nature of the data and the absence of external validation in a real-world implementation setting, the findings are interpreted as an Iran-specific, prioritized conceptual framework, rather than as a definitive executive, organizational, or legal model for the National Geography Laboratory. The results indicate that the realization of smart spatial governance in Iran is not merely a technological issue; rather, it depends substantially on institutional coordination, strategic leadership, and data governance.

Cite this article: Norouzi, M. S. & Fakhri, M. (2026). Prioritization of Smart Spatial Governance Dimensions in the Iranian Context with a Conceptual Emphasis on the National Geography Laboratory: A Hybrid Fuzzy Delphi–DEMATEL–DANP Approach Inspired by the OECD Experience. *Town and Country Planning*.18 (1), 167-192. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.415555.670558>



© Authors retain the copyright and full publishing rights.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.415555.670558>

Publisher: University of Tehran Press.



انتشارات دانشگاه تهران

آمایش سرزمین

شاپا الکترونیکی: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

سایت نشریه: <https://jtcp@ut.ac.ir/>

اولویت‌بندی ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران با تأکید مفهومی بر آزمایشگاه ملی جغرافیا: رویکرد ترکیبی فازی دلفی DEMATEL-DANP با الهام از تجربه OECD

محمد سجاد نوروزی^{۱*} | مجید فخری^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: sajjad.nihat@gmail.com
۲. گروه مدیریت راهبردی پدافند غیر عامل، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران. رایانامه: M.fakhri@chmail.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

کلیدواژه:

آزمایشگاه ملی جغرافیا،

حکمرانی داده،

حکمرانی فضایی هوشمند،

DANP،

OECD.

تحولات شتابان در حوزه داده‌های ژئواسپیشال، هوش مصنوعی مکانی (GeoAI)، و فناوری‌های دیجیتال الگوهای سنتی حکمرانی را با چالش مواجه کرده و ضرورت گذار به حکمرانی فضایی هوشمند را برجسته ساخته است. پژوهش حاضر با هدف پالایش، زمینه‌مند کردن، و اولویت‌بندی ابعاد کلان حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران و تبیین جایگاه مفهومی آزمایشگاه ملی جغرافیا به عنوان یک سازکار واسطه بالقوه میان داده و تحلیل و سیاست‌گذاری انجام شد. پژوهش از نظر هدف کاربردی-توسعه‌ای و از حیث روش آمیخته اکتشافی متوالی است. در مرحله نخست، با استفاده از مرور هدفمند پیشینه، اسناد OECD و UN-GGIM، و سایر چارچوب‌های مرتبط ۶۲ شاخص اولیه در قالب ۱۰ بعد شناسایی شد. این مجموعه بر اساس سه معیار زمینه‌ای شامل سازگاری نهادی، سازگاری حقوقی-حکمرانی، سازگاری داده‌ای-زیرساختی بازمی‌بینی و سپس با استفاده از روش فازی دلفی و مشارکت ۲۵ خبره پالایش شد. حاصل این فرایند تثبیت ۵۰ شاخص در قالب همان ۱۰ بعد بود. در ادامه، روابط علی-معلولی و اهمیت نسبی ۱۰ بعد اصلی با استفاده از DEMATEL و DANP بررسی شد. نتایج DEMATEL نشان داد «حکمرانی و رهبری راهبردی» مهم‌ترین عامل علی و «اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی» مهم‌ترین متغیر پیامدی سیستم است؛ درحالی‌که «سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال» بیشترین تعامل شبکه‌ای را با سایر ابعاد دارد. نتایج DANP نیز نشان داد که این بعد با وزن ۰/۱۷۶ در رتبه نخست و پس از آن «حکمرانی و رهبری راهبردی» با وزن ۰/۱۶۴ و «حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی» با وزن ۰/۱۳۸ قرار دارند. در این پژوهش، DANP در سطح ۱۰ بعد اصلی اجرا شد و برای ۵۰ شاخص فرعی وزن شبکه‌ای مستقل محاسبه نشد. تحلیل حساسیت سناریویی نیز نشان داد که در دامنه تغییرات مفروض رتبه سه بعد نخست حفظ می‌شود. با توجه به قضاوت‌محور بودن داده‌ها و نبود اعتبارسنجی بیرونی در یک بستر اجرایی واقعی، یافته‌های پژوهش به عنوان یک چارچوب مفهومی و اولویت‌بندی‌شده ایران محور تفسیر می‌شوند و نه به عنوان الگوی اجرایی، سازمانی، یا حقوقی نهایی برای آزمایشگاه ملی جغرافیا. نتایج نشان می‌دهد که تحقق حکمرانی فضایی هوشمند در ایران بیش از آنکه مسئله‌ای صرفاً فناورانه باشد به هماهنگی نهادی، رهبری راهبردی، و حکمرانی داده وابسته است.

استناد: نوروزی، محمد سجاد و فخری، مجید (۱۴۰۵). اولویت‌بندی ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران با تأکید مفهومی بر آزمایشگاه ملی جغرافیا: رویکرد ترکیبی فازی دلفی DEMATEL-DANP با الهام از تجربه OECD. *آمایش سرزمین*، ۱۸ (۱): ۱۶۷-۱۹۲. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.415555.670558>

© نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.415555.670558>



مقدمه

تحولات شتابان فناوری‌های دیجیتال، گسترش داده‌های ژئواسپیشال، توسعه روش‌های نوین تحلیل فضایی، و ظهور هوش مصنوعی مکانی جایگاه اطلاعات جغرافیایی را در سیاست‌گذاری عمومی و تصمیم‌گیری سرزمینی دگرگون ساخته است. داده‌های مکانی در گذشته عمدتاً برای ترسیم، ثبت، و پایش پدیده‌های جغرافیایی به کار می‌رفتند. اما امروزه ظرفیت آن‌ها برای آشکارسازی تفاوت‌های مکانی، تحلیل روابط میان پدیده‌ها، پیش‌بینی روندها، و پشتیبانی از تصمیم‌گیری اهمیت بیشتری یافته است. از این‌رو، ارزش اطلاعات جغرافیایی تنها به حجم و دقت و به‌هنگام بودن آن وابسته نیست، بلکه به توان نظام حکمرانی برای تبدیل داده به دانش و شواهد قابل استفاده در سیاست‌گذاری نیز بستگی دارد (OECD, 2024a; United Nations-GGIM, 2024). اهمیت این تحول زمانی آشکارتر می‌شود که بدانیم بخش مهمی از مسائل عمومی معاصر ماهیتی فضایی دارند. نابرابری‌های منطقه‌ای، تغییرات کاربری زمین، تنش آبی، فرونشست، مخاطرات محیطی، و دسترسی نامتوازن به خدمات در مکان‌های مختلف پیامدهای یکسانی ایجاد نمی‌کنند. از این‌رو، سیاست‌گذاری مؤثر نمی‌تواند بدون توجه به تفاوت‌های مکانی و روابط میان مکان‌ها انجام گیرد. در رویکرد سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان، اطلاعات فضایی باید از سطح توصیف وضعیت فراتر رود و از مرحله تعریف مسئله تا طراحی، اجرا، و ارزیابی سیاست در فرایند تصمیم‌گیری عمومی وارد شود (OECD, 2024a, 2025). در همین زمینه، سازمان ملل متحد بر تقویت ظرفیت‌های ملی برای مدیریت، هماهنگی، اشتراک‌گذاری، و استفاده مؤثر از اطلاعات مکانی تأکید کرده است. چارچوب یکپارچه اطلاعات مکانی سازمان ملل متحد (UN-IGIF) نیز نشان می‌دهد که توسعه ظرفیت اطلاعات مکانی صرفاً یک موضوع فنی نیست و به وجود سازکارهای مناسب نهادی، سیاستی، حقوقی، مدیریتی، و انسانی نیاز دارد (UN-GGIM, 2020; United Nations-GGIM, 2024). بنابراین، گذار از زیرساخت داده‌های مکانی به حکمرانی فضایی هوشمند مستلزم برقراری پیوند منسجم میان داده، نهاد، فناوری، و فرایند سیاست‌گذاری است. ظهور هوش مصنوعی مکانی (GeoAI) این ظرفیت را بیش از پیش گسترش داده است. تلفیق هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، و علوم جغرافیایی امکان استخراج الگوهای پیچیده، تحلیل داده‌های ناهمگون، پیش‌بینی روندها، و شبیه‌سازی فرایندهای فضایی را فراهم می‌کند (Janowicz et al., 2020; Li et al., 2023). با این حال، فناوری به‌تنهایی تضمین‌کننده حکمرانی هوشمند نیست و استفاده از الگوریتم‌ها می‌تواند با چالش‌هایی مانند سوگیری، حریم خصوصی، تمرکز داده، و ابهام در مسئولیت‌پذیری همراه باشد (Kitchin, 2021). از این‌رو، ظرفیت‌های GeoAI زمانی ارزش سیاستی پیدا می‌کنند که درون یک چارچوب نهادی و حقوقی منسجم و در ارتباط با نیازهای تصمیم‌گیری به کار گرفته شوند. بر این اساس، حکمرانی فضایی هوشمند را می‌توان نظامی از تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری فضایی دانست که در آن داده‌ها و اطلاعات مکانی، ظرفیت‌های تحلیلی، و فناوری‌های نوین در پیوند با سازکارهای نهادی، حقوقی، و مدیریتی برای پشتیبانی از سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان به کار گرفته می‌شوند. در این رویکرد، فناوری هدف نهایی نیست، بلکه بخشی از آرایش حکمرانی برای شناخت مکان، هماهنگی میان بازیگران، و ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری است. تحقق چنین حکمرانی‌ای مستلزم تعامل میان رهبری راهبردی، حکمرانی داده، زیرساخت‌های مکانی، فناوری، سرمایه انسانی، هماهنگی نهادی، و ظرفیت تحلیل سیاستی است.

این مسئله در زمینه ایران اهمیت ویژه‌ای دارد. زیرا چالش‌های موجود صرفاً به کمبود فناوری یا داده بازمی‌گردد و بخش مهمی از آن به نحوه سازمان‌دهی و هماهنگی ظرفیت‌های موجود مربوط است. پراکندگی مسئولیت‌ها میان دستگاه‌ها، تفاوت در رویه‌های تولید و نگهداری داده، محدودیت دسترسی و اشتراک‌گذاری اطلاعات، و برخی چالش‌های نهادی و حقوقی می‌تواند مانع تبدیل داده‌های مکانی به شواهد منسجم سیاستی شود (Rajabifard et al., 2021; Kalantari Eskouei et al., 2019). در چنین شرایطی، مسئله اساسی آن است که چه ابعاد و ظرفیت‌هایی باید در اولویت قرار گیرند تا ارتباط میان داده، تحلیل، نهاد، و سیاست‌گذاری فضایی در سطح ملی تقویت شود. در همین بستر، مفهوم «آزمایشگاه ملی جغرافیا» به عنوان یک ظرفیت بالقوه و سازکار واسطه برای پیوند میان داده، تحلیل، و سیاست‌گذاری مطرح می‌شود؛ نه به عنوان یک سازمان از پیش طراحی شده، بلکه به عنوان یک ظرفیت نهادی-تحلیلی که جایگاه آن در شبکه حکمرانی فضایی باید شناسایی و اولویت‌بندی شود. تجربه سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) در حوزه تحلیل ژئواسپیشال و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان مرجع مفهومی مناسبی برای

شناسایی برخی مؤلفه‌های این حوزه فراهم می‌کند. با این حال، این تجربه در پژوهش حاضر به عنوان الگوی آماده انتقال در نظر گرفته نشده است. زیرا تفاوت در ساختار اداری، نظام حقوقی، ظرفیت‌های نهادی، و شرایط داده‌ای میان کشورها انتقال مستقیم چنین تجربه‌ای را محدود می‌کند. از این رو، زمینه‌مند کردن مؤلفه‌های استخراج شده با سه معیار انجام شده است: سازگاری نهادی به قابلیت انطباق مؤلفه‌ها با ساختار اداری و توزیع وظایف اشاره دارد؛ سازگاری حقوقی-حکمرانی به الزامات مالکیت، دسترسی، اشتراک‌گذاری، و امنیت داده مربوط می‌شود؛ و سازگاری داده‌ای-زیرساختی به وضعیت استانداردسازی و کیفیت و ظرفیت پردازش و یکپارچه‌سازی داده‌ها توجه دارد. این سه معیار صرفاً به عنوان چارچوب تحلیلی پژوهشگر برای بازبینی و پالایش محتوایی شاخص‌ها پیش از ورود به مرحله نهایی فرایند دلفی مورد استفاده قرار گرفتند و به عنوان متغیرهای مستقل دارای وزن کمی یا مؤلفه‌های وارد شده در محاسبات تصمیم‌گیری در نظر گرفته نشدند. با وجود گسترش مطالعات مرتبط با زیرساخت داده‌های مکانی، حکمرانی داده، GeoAI، و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان میان این جریان‌های پژوهشی همچنان شکافی قابل توجه وجود دارد. بخش مهمی از مطالعات داخلی بر ابعاد فنی و زیرساختی متمرکزند و پیوند میان اطلاعات مکانی و سیاست‌گذاری عمومی را کمتر بررسی کرده‌اند. در مقابل، بسیاری از مطالعات بین‌المللی در زمینه‌های نهادی و حقوقی متفاوت از ایران انجام شده‌اند. همچنین، این مؤلفه‌ها غالباً به صورت جداگانه بررسی شده‌اند و کمتر پژوهشی به شناسایی و اولویت‌بندی هم‌زمان روابط میان ابعاد کلان حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران پرداخته است. بنابراین، خلأ اصلی پژوهش فقدان چارچوبی منسجم برای پالایش و زمینه‌مند کردن و اولویت‌بندی این ابعاد متناسب با شرایط ایران است.

هدف پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی ابعاد کلان حکمرانی فضایی هوشمند و تبیین جایگاه آزمایشگاه ملی جغرافیا به عنوان یک ظرفیت بالقوه برای پیوند میان داده، تحلیل، و سیاست‌گذاری در زمینه ایران است. نوآوری پژوهش در پالایش و زمینه‌مند کردن یک چارچوب پیشینی، شناسایی روابط علی-معلولی میان ابعاد، اولویت‌بندی ۱۰ بعد کلان حکمرانی فضایی هوشمند، و بررسی پایداری نسبی این اولویت‌بندی از طریق تحلیل حساسیت ساده نهفته است. گفتنی است چارچوب حاضر اعتبارسنجی بیرونی از طریق اجرای آزمایشی در یک دستگاه، استان، یا مسئله واقعی سیاست‌گذاری را شامل نمی‌شود. از این رو، یافته‌های این پژوهش شایسته است نه به مثابه الگویی قطعی و اجرایی یا نسخه‌ای نهایی برای سازمان‌دهی آزمایشگاه ملی جغرافیا، بلکه در مقام چارچوبی مفهومی، نظام‌مند، و اولویت‌بندی‌شده برای جهت‌دهی به مطالعات آتی و پشتیبانی از فرایندهای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در این حوزه تفسیر شوند. بر این مبنا، یافته‌های پژوهش در ادامه با تکیه بر نتایج فازی دلفی، DANP، DEMATEL، و تحلیل حساسیت ارائه و تفسیر می‌شوند و سپس در پرتو مباحث OECD و برخی تجارب بین‌المللی مورد مقایسه مفهومی قرار می‌گیرند. این مقایسه نه به عنوان اعتبارسنجی بیرونی چارچوب و نه به عنوان یک مقایسه کمی رسمی میان کشورها، بلکه به عنوان ابزاری برای تفسیر یافته‌ها و آشکار کردن هم‌سویی‌ها و تفاوت‌های زمینه‌ای، و روشن‌تر ساختن جایگاه چارچوب پیشنهادی در مباحث موجود به کار گرفته می‌شود. بدین ترتیب، پژوهش حاضر می‌کوشد از یک سو بر شکاف میان تولید اطلاعات مکانی و استفاده سیاستی از آن در ایران پرتو بیفکند و از سوی دیگر مبنایی تحلیلی برای گفت‌وگوی علمی و سیاستی درباره الزامات حکمرانی فضایی هوشمند و ظرفیت ملی تحلیل ژئواسپیشال فراهم آورد.

مبانی نظری تحقیق

حکمرانی فضایی هوشمند: مفهوم و بنیان نظری

تحول از دولت الکترونیک و حکمرانی داده‌محور به الگوهای هوشمند حکمرانی هم‌زمان با گسترش داده‌های عظیم، فناوری‌های دیجیتال، اینترنت اشیا، سنجش از دور، و هوش مصنوعی مفهوم حکمرانی را از یک ساختار صرفاً اداری به نظامی چندبازایگری، شبکه‌ای، و مبتنی بر داده تبدیل کرده است. در این میان، فضا و مکان به دلیل آنکه بسیاری از مسائل عمومی در قالب تفاوت‌ها و روابط مکانی بروز می‌یابند جایگاهی اساسی در فرایند تصمیم‌گیری پیدا کرده‌اند. مسائلی نظیر تغییرات اقلیمی، فرونشست زمین، بحران آب، نابرابری منطقه‌ای، مهاجرت، و تاب‌آوری شهری ماهیتی فضایی دارند و سیاست‌گذاری مؤثر درباره آن‌ها مستلزم شناخت هم‌زمان روابط اجتماعی، اقتصادی، محیطی، و مکانی است (Batty, 2022). حکمرانی فضایی هوشمند را نمی‌توان صرفاً

توسعه فنی سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی یا گسترش کاربرد فناوری در مدیریت شهری تلقی کرد. این مفهوم در نقطه تلاقی دو جریان نظری مهم شکل می‌گیرد: نخست، مباحث حکمرانی هوشمند که بر استفاده از فناوری، داده، و ظرفیت‌های نوآورانه برای بهبود تصمیم‌گیری و مشارکت تأکید دارد (Meijer & Bolívar, 2016) و دوم، مطالعات برنامه‌ریزی فضایی و حکمرانی سرزمینی که بر هماهنگی میان بازیگران، سیاست‌ها، و نهادها در سطوح مختلف فضایی تمرکز می‌کند (Faludi, 2018). وجه تمایز حکمرانی فضایی هوشمند آن است که فناوری و داده را نه به عنوان هدف، بلکه به عنوان بخشی از یک آرایش نهادی برای فهم مکان، هماهنگی سیاست‌ها، و پشتیبانی از تصمیم‌گیری عمومی در نظر می‌گیرد. در چنین چارچوبی، «هوشمندی» زمانی در حکمرانی فضایی تحقق می‌یابد که ظرفیت تولید و دسترسی به داده، توان تحلیل و تفسیر فضایی، قابلیت پیش‌بینی و شبیه‌سازی، و سازکارهای نهادی و مدیریتی در یک نظام منسجم به یک‌دیگر متصل شوند. بنابراین، حکمرانی فضایی هوشمند ماهیتی چندبعدی دارد و موفقیت آن را نمی‌توان تنها بر اساس میزان توسعه فناوری‌های ژئواسپاتیال ارزیابی کرد. این دیدگاه مبنای نظری مهمی برای پژوهش حاضر فراهم می‌سازد. زیرا نشان می‌دهد توسعه یک چارچوب بومی برای حکمرانی فضایی هوشمند باید هم‌زمان ابعاد نهادی، حقوقی، داده‌ای، فناورانه، انسانی، و سیاستی را دربرگیرد.

حکمرانی چندسطحی و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان

یکی از پایه‌های نظری مهم برای تبیین حکمرانی فضایی هوشمند نظریه حکمرانی چندسطحی است. این رویکرد بر آن است که تصمیم‌گیری عمومی دیگر به یک سطح منفرد از دولت محدود نیست، بلکه حاصل تعامل میان بازیگران و نهادهایی در سطوح ملی، منطقه‌ای، محلی، و در مواردی فراملی است (Hooghe & Marks, 2023). در حوزه فضایی، اهمیت این دیدگاه دوچندان است. زیرا تولید، نگهداری، تحلیل، و استفاده از داده‌های مکانی معمولاً میان سازمان‌ها و سطوح مختلف حکمرانی توزیع شده است. از این رو، یکپارچگی سیاست فضایی در گرو وجود سازکارهایی برای هماهنگ‌سازی داده‌ها، منابع، و تصمیم‌ها میان این سطوح است (ESPON, 2022). با وجود اهمیت نظری این رویکرد، کاربرد آن در نظام‌های اداری متمرکز با محدودیت‌هایی همراه است. در کشورهایی که ساختار تصمیم‌گیری عمدتاً متمرکز است و سطوح محلی و منطقه‌ای از استقلال محدودی برخوردارند، تحقق حکمرانی چندسطحی بیش از آنکه به تقسیم قدرت وابسته باشد، به ایجاد سازکارهای هماهنگی نهادی، استانداردسازی داده، و تعریف نقش‌های روشن میان دستگاه‌ها وابسته است. این نکته در زمینه ایران اهمیت ویژه‌ای دارد و نشان می‌دهد که صرف الهام از الگوهای چندسطحی کشورهای غیر متمرکز، بدون توجه به ساختار متمرکز اداری، می‌تواند به نتایج محدودی بینجامد. در امتداد این دیدگاه، رویکرد سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان بر این فرض استوار است که مناطق و مکان‌ها دارای ظرفیت‌ها و محدودیت‌ها و مسیرهای توسعه متفاوت‌اند و سیاست‌های یکسان الزاماً پیامدهای یکسانی ایجاد نمی‌کنند (OECD, 2024a). این رویکرد با مباحث انسجام سرزمینی نیز پیوند دارد. زیرا هدف سیاست فضایی صرفاً افزایش رشد نیست، بلکه کاهش شکاف‌های مکانی و فراهم کردن دسترسی متوازن به فرصت‌ها و خدمات است (European Commission, 2021). از این منظر، داده‌های مکانی می‌توانند به عنوان زبان مشترک میان نهادها و سطوح مختلف حکمرانی عمل کنند و امکان مقایسه وضعیت مناطق و ارزیابی آثار سیاست‌ها را افزایش دهند.

داده‌های مکانی، هوش جغرافیایی، و GeoAI

اگر حکمرانی فضایی هوشمند را یک نظام تصمیم‌گیری در نظر بگیریم، داده‌های مکانی منابع بنیادین این نظام محسوب می‌شوند. داده‌های جغرافیایی اطلاعاتی هستند که موقعیت، ویژگی‌ها، و روابط فضایی پدیده‌ها را ثبت می‌کنند و از منابعی مانند GIS، تصاویر ماهواره‌ای، سنجش از دور، سامانه‌های موقعیت‌یابی، و حسگرهای اینترنت اشیا تولید می‌شوند. اهمیت فزاینده این داده‌ها موجب شده است UN-GGIM تقویت ظرفیت‌های ملی برای مدیریت، یکپارچه‌سازی، اشتراک‌گذاری، و استفاده مؤثر از اطلاعات مکانی را از الزامات اساسی حکمرانی نوین بداند (United Nations-GGIM, 2024). با این حال، داده به‌تنهایی به معنای هوشمندی نیست. مفهوم «هوش جغرافیایی» زمانی شکل می‌گیرد که داده‌های مکانی در فرایندی تحلیلی به دانش و بینش قابل استفاده برای تصمیم‌گیری تبدیل شوند. توسعه GeoAI این ظرفیت را با تلفیق یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، و

روش‌های مکانی گسترش داده و امکان استخراج الگوهای پیچیده و پیش‌بینی و شبیه‌سازی فضایی فراهم کرده است (Janowicz et al., 2020; Li et al., 2023). اتکای صرف به فناوری می‌تواند مسئله‌ساز باشد. استفاده از الگوریتم‌ها ممکن است با سوگیری تکنوکراتیک، کاهش توجه به ارزش‌های اجتماعی، مسائل حریم خصوصی، مالکیت داده، و نابرابری دسترسی همراه شود (Kitchin, 2021). بنابراین، ارزش واقعی GeoAI در حکمرانی فضایی زمانی آشکار می‌شود که فناوری درون یک چارچوب نهادی و حقوقی مشخص قرار گیرد و خروجی‌های تحلیلی آن بتوانند در فرایندهای معتبر تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرند. این استدلال پیوند نظری میان بعد فناورانه پژوهش و ابعاد نهادی و حقوقی آن را توضیح می‌دهد.

نهادگرایی و حکمرانی داده در حکمرانی فضایی هوشمند

نظریه نهادگرایی بر این فرض استوار است که عملکرد سازمان‌ها و سیاست‌ها تنها از فناوری و منابع مادی تأثیر نمی‌پذیرد، بلکه قواعد رسمی، هنجارها، ترتیبات سازمانی، و سازکارهای تصمیم‌گیری نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (Scott, 2014). از این منظر، حتی پیشرفته‌ترین زیرساخت‌های داده و ابزارهای GeoAI در صورت فقدان قوانین روشن، تقسیم کار نهادی، مسئولیت‌پذیری، و سازکارهای همکاری میان‌سازمانی الزاماً به حکمرانی فضایی کارآمد منجر نمی‌شوند. در بستر کشورهایی با ساختار اداری متمرکز و پیچیدگی‌های اجرایی بالا اهمیت قواعد غیر رسمی، فرهنگ سازمانی، و ظرفیت اجرایی نیز برجسته می‌شود. قواعد رسمی به‌تنهایی کافی نیستند؛ بلکه توانایی نهادها در اجرای این قواعد، هماهنگی عملیاتی میان دستگاه‌ها، و ایجاد اعتماد برای اشتراک داده نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند. این نکته به‌ویژه در زمینه ایران که مطالعات پیشین بر ضعف هماهنگی نهادی و اشتراک‌گذاری داده تأکید داشته‌اند اهمیت دارد (Rajabifard et al., 2021). در حوزه اطلاعات مکانی، این مسئله در قالب «حکمرانی داده» نمود پیدا می‌کند. حکمرانی داده مجموعه‌ای از قواعد، نقش‌ها، مسئولیت‌ها، و سازکارهای حقوقی و مدیریتی و فناورانه است که کیفیت، دسترسی‌پذیری، امنیت، قابلیت اشتراک، و استفاده مسئولانه از داده‌ها را تنظیم می‌کند (OECD, 2024b). از این رو، حکمرانی فضایی هوشمند را باید حاصل تعامل میان فناوری و نهاد دانست. سرمایه انسانی، ظرفیت نهادی، حکمرانی داده، و چارچوب حقوقی شرایط نهادی لازم برای کارکرد مؤثر زیرساخت داده و GeoAI را فراهم می‌سازند. این استدلال از نظر نظری جایگاه ابعاد «حکمرانی و رهبری راهبردی»، «حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی»، و «سرمایه انسانی و ظرفیت نهادی» را در چارچوب پژوهش توضیح می‌دهد.

آزمایشگاه ملی جغرافیا به عنوان سازکار پیونددهنده داده، دانش، و سیاست

در پیوند میان مباحث حکمرانی فضایی، سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان، GeoAI، و حکمرانی داده مفهوم آزمایشگاه جغرافیا اهمیت می‌یابد. کارکرد چنین ساختاری را نباید صرفاً در ایجاد یک مرکز فنی برای پردازش داده‌های مکانی جست‌وجو کرد؛ بلکه اهمیت آن در ظرفیت ایجاد پیوند میان داده‌های ژئواسپاتیال، دانش تحلیلی، فناوری‌های نوین، شبکه ذی‌نفعان، و نیازهای سیاستی است. در این معنا، آزمایشگاه جغرافیا می‌تواند به عنوان یک سازکار واسط میان «داده» و «تصمیم» عمل کند. تجربه OECD در حوزه تحلیل ژئواسپاتیال نمونه‌ای مهم برای فهم این کارکرد است. فعالیت‌های مرتبط با Urban Analytics، شاخص‌های ژئواسپاتیال، دوقلوهای دیجیتال، و تحلیل‌های زیرملی نشان می‌دهد که استفاده سیاستی از داده‌های مکانی نیازمند تعامل میان ظرفیت‌های تحلیلی، نهادهای تولیدکننده داده، و کاربران سیاستی است. ارزش الگوی OECD در این پژوهش نه به عنوان یک ساختار نهادی قابل انتقال عیناً، بلکه به عنوان یک الگوی مفهومی برای فهم چگونگی پیوند میان داده، تحلیل، و سیاست مورد توجه قرار می‌گیرد. در زمینه ایران، طرح مفهوم آزمایشگاه ملی جغرافیا از همین منظر قابل تبیین است. این ساختار می‌تواند در سطح مفهومی به‌عنوان یک هسته هماهنگ‌کننده برای تبدیل داده‌های مکانی به دانش سیاستی در نظر گرفته شود. اما شکل نهادی، حدود وظایف، و رابطه آن با دستگاه‌های موجود به شرایط حقوقی، مدیریتی، و نهادی کشور وابسته خواهد بود. بنابراین، پژوهش حاضر در پی آن نیست که یک ساختار سازمانی نهایی و اجرایی ارائه کند؛ بلکه می‌کوشد ابعاد کلیدی و روابط میان آن‌ها را برای شکل‌گیری چنین ظرفیتی شناسایی و اولویت‌بندی کند.

تلفیق مبانی نظری و صورت‌بندی چارچوب مفهومی پژوهش

برآیند مباحث نظری نشان می‌دهد حکمرانی فضایی هوشمند یک پدیده تک‌بعدی و فناورانه نیست، بلکه حاصل تعامل چند دسته ظرفیت مکمل است. در سطح نخست، حکمرانی و رهبری راهبردی جهت کلی نظام را تعیین و هماهنگی میان بازیگران را امکان‌پذیر می‌کند. در سطح دوم، حکمرانی داده، چارچوب‌های حقوقی، و ظرفیت‌های نهادی شرایط لازم برای تولید، اشتراک، و استفاده مسئولانه از داده را فراهم می‌سازند. در سطح سوم، زیرساخت داده‌های مکانی، فناوری‌های نوین ژئواسپاتیال، و GeoAI ظرفیت پردازش و تحلیل داده را ایجاد می‌کنند. در سطح چهارم، مشارکت ذی‌نفعان و ظرفیت تحلیل سیاستی، داده و دانش تولیدشده را به فرایند سیاست‌گذاری پیوند می‌دهند. در نهایت، اثربخشی حکمرانی فضایی را می‌توان به عنوان پیامد تعامل این عناصر در نظر گرفت. بر این اساس، آزمایشگاه ملی جغرافیا در چارچوب نظری پژوهش نه به عنوان جایگزین همه ابعاد فوق، بلکه به عنوان یک سازکار پیونددهنده میان آن‌ها مفهوم‌پردازی می‌شود. فرض نظری پژوهش آن است که وجود یک هسته هماهنگ‌کننده برای تولید و به‌کارگیری هوش مکانی می‌تواند تعامل میان داده، فناوری، ظرفیت انسانی، حکمرانی داده، و سیاست‌گذاری را تقویت کند. اما اهمیت و جایگاه این ساختار تنها در بستر سایر ابعاد قابل تبیین است. این تلفیق با ماهیت شبکه‌ای حکمرانی فضایی هوشمند سازگار است و توجیه نظری استفاده از روش‌هایی همچون DEMATEL و DANP را فراهم می‌کند. زیرا در این نظام ابعاد مختلف نه به صورت عناصر مستقل و خطی بلکه در قالب روابط متقابل و اثرگذاری‌های دوطرفه عمل می‌کنند. در نتیجه، چارچوب نظری پژوهش حاضر بر چهار گزاره اساسی استوار است:

۱. تصمیم‌گیری فضایی هوشمند نیازمند ادغام داده و دانش مکانی با فرایند سیاست‌گذاری است؛
 ۲. تحقق این ادغام به ظرفیت‌های نهادی، حقوقی، و حکمرانی داده وابسته است؛
 ۳. فناوری‌هایی نظیر GeoAI زمانی ارزش سیاستی پیدا می‌کنند که در یک نظام حکمرانی منسجم به کار گرفته شوند؛
 ۴. یک ساختار واسطه مانند آزمایشگاه ملی جغرافیا می‌تواند در صورت انطباق با شرایط نهادی و حقوقی ایران نقش پیونددهنده میان داده، تحلیل، و سیاست‌گذاری ایفا کند.
- این چارچوب نظری مبنای استخراج و پالایش شاخص‌های پژوهش و سپس تحلیل روابط و اولویت نسبی ابعاد در مراحل فازی دلفی، DEMATEL، و DANP قرار می‌گیرد.

پیشینه تحقیق

مرور پیشینه نشان می‌دهد که مطالعات مرتبط با حکمرانی فضایی هوشمند، زیرساخت داده‌های مکانی، هوش مصنوعی ژئواسپاتیال (GeoAI)، و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان طی دهه اخیر رشد قابل توجهی داشته است. با این حال، مسیر تحول این حوزه از پژوهش‌های صرفاً فناورانه و زیرساختی به سمت رویکردهای حکمرانی‌محور، نهادی، و تصمیم‌سازی هوشمند، به‌ویژه پس از سال ۲۰۱۸، شتاب بیشتری گرفته است. بررسی نظام‌مند مطالعات نشان می‌دهد که تحقیقات انجام‌شده را می‌توان در دو جریان اصلی شامل مطالعات داخلی و مطالعات بین‌المللی دسته‌بندی کرد. در ایران، نخستین جریان مطالعاتی پیرامون داده‌های مکانی عمدتاً بر توسعه زیرساخت داده‌های مکانی ملی (NSDI) متمرکز بوده است. در این زمینه، منصوریان و ولدان‌زوج (۲۰۰۸) با ارائه چارچوب اولیه NSDI ایران بر ضرورت ایجاد هماهنگی میان سازمان‌های متولی داده‌های مکانی تأکید کردند. اگرچه این پژوهش نقش مهمی در شکل‌گیری مطالعات NSDI کشور داشت، تمرکز آن عمدتاً بر ابعاد فنی و سازمانی بود و موضوع حکمرانی داده و بهره‌برداری سیاستی از اطلاعات مکانی کمتر مورد توجه قرار گرفت. در ادامه، شهیدی نژاد و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی وضعیت زیرساخت داده مکانی ایران نشان دادند که چالش اصلی کشور نه کمبود فناوری، بلکه ضعف سازکارهای نهادی، نبود استانداردهای یکپارچه، و فقدان فرهنگ اشتراک‌گذاری داده میان دستگاه‌های اجرایی است. نتایج این پژوهش نشان داد که توسعه زیرساخت‌های فنی بدون اصلاح ساختارهای مدیریتی و حقوقی نمی‌تواند به شکل‌گیری حکمرانی فضایی مؤثر منجر شود. کلانتری اسکویی و همکارانش (۲۰۱۹)، با ارزیابی میزان آمادگی NSDI ایران بر اساس مدل‌های بین‌المللی، وضعیت کشور را در سطحی متوسط ارزیابی کردند. یافته‌های آنان نشان داد که عوامل سازمانی، قوانین و مقررات،

سرمایه انسانی، و تأمین مالی تأثیر بیشتری نسبت به زیرساخت‌های فناورانه بر عملکرد NSDI دارند. این مطالعه یکی از محدود پژوهش‌هایی است که به اهمیت مؤلفه‌های حکمرانی در کنار فناوری اشاره می‌کند. اما همچنان چارچوبی برای بهره‌گیری از داده‌های مکانی در فرایند سیاست‌گذاری عمومی ارائه نمی‌دهد. در حوزه برنامه‌ریزی فضایی، پژوهش‌های حبیبی و همکارانش (۲۰۲۰)، زیاری و همکارانش (۲۰۲۱)، و سعیدی رضوانی و همکارانش (۲۰۲۲) نشان داده‌اند که تصمیم‌گیری‌های توسعه منطقه‌ای در ایران همچنان عمدتاً مبتنی بر داده‌های بخشی و غیر مکان‌محور است. این مطالعات تأکید دارند که نبود نظام یکپارچه تحلیل فضایی موجب تداوم نابرابری‌های منطقه‌ای، توزیع نامتوازن خدمات عمومی، و ناکارآمدی سیاست‌های سرزمینی شده است. در سال‌های اخیر، با گسترش کاربرد سنجش از دور، یادگیری ماشین، و هوش مصنوعی تحقیقات جدیدتری نیز در کشور انجام شده است. مثلاً، پژوهش احمدی و همکارانش (۲۰۲۳) در حوزه پایش فرونشست زمین و مطالعه نوری و همکارانش (۲۰۲۴) در زمینه مدل‌سازی خشک‌سالی با استفاده از یادگیری عمیق نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای و الگوریتم‌های هوش مصنوعی ظرفیت بالایی برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های ملی دارند. با وجود این، این پژوهش‌ها عمدتاً ماهیت فنی داشته و کمتر به سازکارهای نهادی، حقوقی، و حکمرانی مورد نیاز برای تبدیل داده به سیاست عمومی پرداخته‌اند. بررسی انتقادی مطالعات داخلی نشان می‌دهد که سه خلأ اساسی در مطالعات ایران وجود دارد. نخست، بیشتر تحقیقات بر توسعه زیرساخت‌های فنی متمرکز بوده‌اند و کمتر به حکمرانی داده‌های مکانی توجه کرده‌اند. دوم، ارتباط میان GeoAI و سیاست‌گذاری عمومی در مطالعات داخلی بسیار محدود است. سوم، تاکنون هیچ پژوهشی به توسعه یک چارچوب بومی برای حکمرانی فضایی هوشمند ایران نپرداخته است. در سطح بین‌المللی، پژوهش‌ها از مرحله توسعه زیرساخت داده مکانی عبور کرده و وارد مرحله حکمرانی داده‌محور شده‌اند. یکی از مهم‌ترین مطالعات در این حوزه پژوهش رجبی فرد و ویلیامسون^۱ (۲۰۱۹) است که نشان داد نسل جدید SDIها از نقش سنتی خود به عنوان مخازن داده فراتر رفته و به پلتفرم‌های پشتیبان حکمرانی دیجیتال تبدیل شده‌اند. آنان استدلال می‌کنند که ارزش واقعی SDI نه در تولید داده، بلکه در توانایی آن برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری عمومی است. کیتچین (۲۰۲۱) در کتاب زندگی داده‌ها^۲ با نقد رویکردهای داده‌محور صرف نشان داد که موفقیت حکمرانی هوشمند تنها به فناوری وابسته نیست، بلکه به ظرفیت نهادی، شفافیت، اعتماد عمومی، و سازکارهای پاسخگویی بستگی دارد. این دیدگاه بعدها در مباحث حکمرانی فضایی هوشمند نیز مورد توجه قرار گرفت. بتی (۲۰۲۲) در کتاب شهر محاسبه پذیر^۳ مفهوم شهر محاسباتی را مطرح کرد و نشان داد که تلفیق کلان‌داده‌ها، مدل‌سازی فضایی، شبیه‌سازی، و هوش مصنوعی می‌تواند برنامه‌ریزی شهری را از یک فرایند واکنشی به یک فرایند پیش‌بینی‌محور تبدیل کند. وی توسعه دوقلوی دیجیتال^۴ را یکی از مهم‌ترین روندهای آینده حکمرانی شهری معرفی می‌کند. در حوزه GeoAI، لی و همکارانش (۲۰۲۳) با بررسی تجربیات چین در پروژه مغز شهری^۵ نشان دادند که ترکیب داده‌های مکانی بلادرنگ، هوش مصنوعی، و اینترنت اشیا موجب بهبود مدیریت ترافیک، کاهش زمان پاسخگویی بحران، و ارتقای کارایی خدمات شهری شده است. با این حال، پژوهش یادشده نسبت به خطر تمرکز داده، سوگیری الگوریتمی، و کاهش حریم خصوصی شهروندان هشدار می‌دهد. نتایج مطالعه پلدون^۶ و همکارانش (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که دوقلوهای دیجیتال از طریق تلفیق داده‌های بلادرنگ، اینترنت اشیا، و مدل‌های شبیه‌سازی امکان مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها، افزایش تاب‌آوری شهری، و ارزیابی سناریوهای سیاستی را فراهم می‌کنند. با وجود این، پراکندگی داده‌ها، نبود استانداردهای مشترک، و ضعف هماهنگی نهادی همچنان از مهم‌ترین موانع توسعه این فناوری در بسیاری از کشورها محسوب می‌شود. در سطح حکمرانی و سیاست‌گذاری، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) طی سال‌های اخیر نقش مهمی در توسعه رویکردهای نوین جغرافیا ایفا کرده است. گزارش‌های OECD (۲۰۲۳ - ۲۰۲۵) نشان می‌دهد که آزمایشگاه جغرافیای این سازمان با تمرکز بر پروژه‌هایی نظیر Urban Analytics، Building Data Together، Leveraging Mobility Data و

1. Williamson

2. Data Lives

3. The Computable City

4. Digital Twin

5. Urban Brain

6. Peldon

توسعه شاخص‌های زیرملی تلاش کرده است داده‌های مکانی را به بینش‌های سیاستی قابل استفاده برای دولت‌ها تبدیل کند. یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد که ارزش واقعی داده‌های مکانی نه در تولید داده، بلکه در توانایی آن‌ها برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری عمومی، ارتقای عدالت فضایی، و بهبود حکمرانی سرزمینی نهفته است.

تحلیل شکاف پژوهشی و جایگاه پژوهش حاضر

بررسی انتقادی مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که تحقیقات موجود با وجود پیشرفت‌های چشمگیر همچنان با چند خلأ اساسی مواجه است. نخست آنکه اغلب پژوهش‌های داخلی بر ابعاد فنی GIS، سنجش از دور، و زیرساخت داده مکانی تمرکز داشته و کمتر به ابعاد توسعه یک چارچوب بومی برای حکمرانی فضایی هوشمند ایران پرداخته‌اند. دوم آنکه مطالعات بین‌المللی عمدتاً تجربه کشورهای توسعه‌یافته را بررسی کرده‌اند و کمتر به بومی‌سازی این الگوها برای کشورهای دارای ساختار نهادی متفاوت پرداخته‌اند. سوم آنکه بیشتر پژوهش‌ها Digital Twin، SDI، GeoAI، و حکمرانی فضایی را به صورت مجزا مطالعه کرده‌اند و چارچوبی یکپارچه برای پیوند این مؤلفه‌ها ارائه نکرده‌اند. چهارم آنکه در مباحث موجود استفاده از روش DANP برای طراحی ساختار نهادی آزمایشگاه‌های جغرافیا بسیار محدود است. بر این اساس، نوآوری پژوهش حاضر صرفاً در مطالعه OECD نیست، بلکه در اولویت‌بندی و تبیین روابط متقابل ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران با تأکید بر استقرار آزمایشگاه ملی جغرافیا نهفته است. این پژوهش با تلفیق نظریه حکمرانی چندسطحی، رویکرد سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان، ظرفیت‌های GeoAI، تجربیات OECD Laboratory for Geospatial Analysis، و رویکرد DEMATEL-DANP چارچوبی ایران‌محور برای شناسایی و تبیین روابط متقابل و اولویت‌بندی ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند با تأکید بر الزامات استقرار آزمایشگاه ملی جغرافیا ارائه می‌کند.

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی- توسعه‌ای و از حیث رویکرد آمیخته اکتشافی متوالی^۱ است. منطق روش‌شناختی پژوهش بر توالی چهار مرحله اصلی استوار است: ۱. استخراج چارچوب اولیه از پیشینه علمی، اسناد تخصصی، و تجربه‌های بین‌المللی؛ ۲. پالایش و زمینه‌مند کردن چارچوب اولیه با استفاده از فاز دلفی؛ ۳. تحلیل روابط متقابل و ساختار علی- معلولی میان ابعاد اصلی با استفاده از DEMATEL؛ و ۴. تعیین اهمیت نسبی ابعاد در ساختار شبکه‌ای با استفاده از رویکرد DANP همراه با تحلیل حساسیت. در این پژوهش، بومی‌سازی به معنای انتقال مستقیم یا بازتولید یک الگوی بین‌المللی از جمله تجربه OECD نیست؛ بلکه به معنای ارزیابی و تعدیل مؤلفه‌های استخراج‌شده بر اساس شرایط نهادی، حقوقی- حکمرانی، مدیریتی، و داده‌ای ایران است. بدین ترتیب، تجربه OECD و سایر الگوهای بین‌المللی در مرحله نخست نقش مرجع مفهومی و منبع استخراج مؤلفه‌ها را ایفا می‌کنند؛ درحالی‌که تشخیص تناسب، حذف، ادغام، اصلاح، و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها در زمینه ایران از طریق قضاوت خبرگان ایرانی انجام می‌شود. خروجی پژوهش یک چارچوب ایران‌محور و اولویت‌بندی‌شده از ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند است و یک الگوی تفصیلی سازمانی یا حقوقی برای تأسیس و استقرار آزمایشگاه ملی جغرافیا نیست.

استخراج چارچوب اولیه

در مرحله نخست، پیشینه علمی و اسناد تخصصی مرتبط با حکمرانی فضایی هوشمند، زیرساخت داده‌های مکانی، حکمرانی داده، هوش جغرافیایی (GeoAI)، سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان، و تجربه‌های نهادی بین‌المللی بررسی شد. منابع علمی از پایگاه‌های ScienceDirect، Scopus، Web of Science و اسناد تخصصی منتشرشده توسط OECD، UN-GGIM، بانک جهانی، و نهادهای مرتبط با حکمرانی ژئواسپاتیال در کشورهای منتخب مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین، اسناد و فعالیت‌های مرتبط با OECD در زمینه‌هایی از قبیل Geospatial Data Governance، Urban Analytics، Place-Based Policy Intelligence، Subnational Indicators، و Digital Twins به عنوان منابع زمینه‌ای برای شناسایی مؤلفه‌های اولیه بررسی شدند. برای

1. exploratory sequential mixed method

جلوگیری از وابستگی چارچوب اولیه به یک منبع منفرد شاخص‌ها از طریق تلفیق سه دسته منبع شامل: الف) پیشینه علمی و پژوهش‌های داوری‌شده؛ ب) اسناد و چارچوب‌های رسمی نهادهای بین‌المللی و ملی؛ و ج) تجربه‌های نهادی منتخب در حوزه حکمرانی اطلاعات مکانی و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان استخراج و سپس از نظر مفهومی تجمیع و پالایش اولیه شدند. در این مرحله، مؤلفه‌های تکراری یا دارای همپوشانی مفهومی ادغام و شاخص‌ها در قالب ابعاد هم‌خانواده طبقه‌بندی شدند. حاصل این مرحله شناسایی ۶۲ شاخص اولیه در قالب ۱۰ بعد مفهومی بود. این مجموعه به عنوان چارچوب پیشینی وارد مرحله فازی دلفی شد. بنابراین، دلفی در پژوهش حاضر برای کشف یک ساختار کاملاً جدید به کار نرفت، بلکه برای ارزیابی، پالایش، و زمینه‌مند کردن چارچوبی مورد استفاده قرار گرفت که پیش‌تر بر مبنای پیشینه، اسناد تخصصی، و تجربه‌های بین‌المللی شکل گرفته بود.

زمینه‌مند کردن و پالایش چارچوب با روش فازی دلفی

پنل خبرگان شامل ۲۵ نفر از اعضای هیئت علمی، پژوهشگران، مدیران، و کارشناسان ارشد حوزه‌های GIS، GeoAI، برنامه‌ریزی فضایی، حکمرانی داده، سیاست‌گذاری عمومی و زیرساخت داده‌های مکانی بود که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. معیارهای انتخاب خبرگان شامل برخورداری از تخصص مرتبط، سابقه حرفه‌ای و پژوهشی در حوزه موضوعی پژوهش، و آشنایی با مسائل حکمرانی فضایی و داده‌های مکانی در ایران بود. نمونه خبرگان پژوهش شامل ۲۵ متخصص با ترکیب تخصصی میان‌رشته‌ای در حوزه‌های GIS و علوم اطلاعات مکانی (۸ نفر)، سنجش از دور (۴ نفر)، برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای (۴ نفر)، مدیریت و سیاست‌گذاری عمومی (۳ نفر)، علوم داده و هوش مصنوعی (۳ نفر) و فناوری اطلاعات و سیستم‌های مکانی (۳ نفر) بود. از نظر سابقه حرفه‌ای، ۱۶ درصد بین ۵ تا ۱۰ سال، ۲۸ درصد بین ۱۰ تا ۱۵ سال، ۳۲ درصد بین ۱۵ تا ۲۰ سال و ۲۴ درصد بیش از ۲۰ سال سابقه داشتند؛ بنابراین، ترکیب خبرگان از حیث تنوع تخصص و تجربه حرفه‌ای، متناسب با ماهیت میان‌رشته‌ای پژوهش بود. فرایند فازی دلفی در دو دور انجام شد. در هر دور، خبرگان میزان اهمیت شاخص‌ها را با استفاده از طیف پنج‌درجه‌ای زبانی شامل «بسیار کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد»، و «بسیار زیاد» ارزیابی کردند. پاسخ‌های زبانی به اعداد فازی مثلثی تبدیل و پس از تجمیع، با استفاده از روش مرکز-سطح^۱ غیر فازی شدند. در دور دوم، بازخورد حاصل از دور نخست در اختیار خبرگان قرار گرفت تا ارزیابی‌های خود را بازبینی کنند. برای تعیین قواعد تصمیم‌گیری در مرحله فازی دلفی، معیارهای پذیرش و همگرایی پیش از تحلیل نهایی داده‌ها تعریف شدند. مقدار غیر فازی شده ۰٫۷۰ به عنوان حداقل سطح اهمیت لازم برای پذیرش شاخص در نظر گرفته شد. همچنین، تغییر کمتر از ۰٫۲۰ در میانگین ارزیابی یک شاخص بین دو دور دلفی به عنوان معیار عملیاتی همگرایی بین‌دوری مورد استفاده قرار گرفت. این مقادیر در این پژوهش صرفاً به عنوان قواعد تصمیم‌گیری عملیاتی از پیش تعیین‌شده برای غربالگری شاخص‌ها و بررسی همگرایی ارزیابی‌ها به کار گرفته شدند و به عنوان آستانه‌های جهان‌شمول یا الزام‌آور برای تمامی مطالعات فازی دلفی تلقی نمی‌شوند. در دور دوم، شاخص‌هایی که از نظر سطح اهمیت به معیار پذیرش دست نیافتند یا از نظر محتوایی با سایر مؤلفه‌ها همپوشانی داشتند، برای حذف یا ادغام یا اصلاح مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت، ۱۲ شاخص از مجموعه ۶۲ شاخص اولیه حذف یا با شاخص‌های دارای محتوای مشابه ادغام شدند و چارچوب نهایی شامل ۵۰ شاخص در قالب ۱۰ بعد اصلی تثبیت شد. بنابراین، خروجی این مرحله یک چارچوب پالایش‌شده و زمینه‌مند است که از تعامل میان چارچوب پیشینی، معیارهای زمینه‌ای ایران، و قضاوت تخصصی خبرگان حاصل شده است.

سنجش توافق خبرگان

در این پژوهش، تصمیم‌گیری درباره پذیرش شاخص‌ها بر اساس مقدار غیر فازی‌شده و بررسی همگرایی بین دو دور بر اساس تغییر میانگین ارزیابی‌ها انجام شد. مقدار ۰٫۷۰ به عنوان معیار عملیاتی پذیرش و اختلاف کمتر از ۰٫۲۰ به عنوان معیار عملیاتی همگرایی بین‌دوری به کار گرفته شد. این قواعد صرفاً برای ایجاد یک مبنای تصمیم‌گیری شفاف و یکسان در فرایند پالایش چارچوب مورد استفاده قرار گرفتند و نباید به عنوان شاخصی برای اثبات توافق کامل خبرگان یا روایی مستقل چارچوب تفسیر

1. center of area

شوند. در این پژوهش، ضریب Kendall's W به عنوان شاخص مستقل توافق گزارش نشده است. زیرا مقدار آن در مستندات آماری موجود به صورت کامل و قابل بازسازی ثبت نشده بود. از این رو، برای جلوگیری از ارائه شاخصی که امکان راستی‌آزمایی آن وجود ندارد میزان توافق خبرگان بر اساس معیارهای عملیاتی فازی دلفی و میزان همگرایی بین دو دور گزارش شده است. این رویکرد به معنای اثبات توافق کامل یا حذف خطای قضاوت خبرگان نیست، بلکه صرفاً مبنای تصمیم‌گیری برای پالایش چارچوب و بررسی ثبات نسبی ارزیابی‌ها در دو دور را فراهم می‌کند.

تحلیل روابط علی- معلولی با DEMATEL

پس از نهایی شدن ۱۰ بعد اصلی، به منظور شناسایی روابط متقابل و ساختار علی- معلولی میان ابعاد از تکنیک DEMATEL استفاده شد. در این مرحله، ۲۵ خبره شدت تأثیر هر بعد بر سایر ابعاد را بر اساس مقیاس پنج‌سطحی صفر تا چهار ارزیابی کردند؛ به گونه‌ای که صفر بیانگر «عدم تأثیر» و چهار بیانگر «تأثیر بسیار زیاد» بود. پس از جمع‌آوری قضاوت‌ها، ماتریس روابط مستقیم از طریق تجمیع ارزیابی‌های خبرگان تشکیل و بر اساس روال استاندارد DEMATEL نرمال‌سازی شد. در این ماتریس، هر درایه شدت تأثیر بعد سطر بر بعد ستون را نشان می‌دهد. با استفاده از ماتریس نرمال‌شده روابط مستقیم، ماتریس روابط کل محاسبه شد و سپس برای هر بعد مجموع اثرگذاری (D)، مجموع اثرپذیری (R)، میزان برجستگی یا اهمیت شبکه‌ای (D+R)، و خالص اثرگذاری (D-R) به دست آمد. مقدار D-R برای تعیین جایگاه نسبی هر بعد در گروه عوامل علی یا معلولی و مقدار D+R برای شناسایی ابعاد دارای تعامل و برجستگی بیشتر در شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش، DEMATEL صرفاً در سطح ۱۰ بعد اصلی اجرا شد و روابط میان ۵۰ شاخص فرعی به صورت مستقل مدل‌سازی نشد. از این رو، نتایج DEMATEL بیانگر ساختار روابط میان ابعاد کلان حکمرانی فضایی هوشمند است و نباید به عنوان شبکه روابط مستقل میان شاخص‌های فرعی تفسیر شود. ماتریس روابط مستقیم، ماتریس روابط کل، و محاسبات مربوط به شاخص‌های D، R، D+R، و D-R در پیوست‌های پژوهش ارائه شده‌اند تا امکان بررسی و بازبینی محاسبات فراهم باشد.

تعیین اهمیت نسبی ابعاد با رویکرد DANP

به منظور لحاظ کردن وابستگی‌های متقابل میان ابعاد و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها در ساختار شبکه‌ای، از رویکرد DANP^۱ استفاده شد. در این رویکرد، ماتریس روابط کل حاصل از DEMATEL به عنوان مبنای تعیین شدت وابستگی میان ابعاد مورد استفاده قرار گرفت و بر اساس آن سوپرماتریس شبکه‌ای تشکیل شد. در مرحله نخست، ماتریس روابط حاصل از DEMATEL برای ایجاد ساختار وابستگی میان ۱۰ بعد مورد استفاده قرار گرفت. سپس سوپرماتریس بدون وزن تشکیل و با اعمال وزن‌های مربوط به ساختار شبکه سوپرماتریس موزون به دست آمد. در ادامه، سوپرماتریس موزون با توان‌های متوالی به خود ضرب شد تا به وضعیت حدی و همگرایی محاسباتی برسد. معیار توقف در محاسبات تغییر کمتر از ۰,۰۰۱ میان دو تکرار متوالی در نظر گرفته شد.

در این پژوهش، رویکرد DANP برای تعیین اهمیت نسبی و روابط شبکه‌ای در سطح ۱۰ بعد اصلی حکمرانی فضایی هوشمند به کار گرفته شد. بدین ترتیب، سوپرماتریس شبکه‌ای بر اساس روابط متقابل میان ابعاد تشکیل و وزن‌های نهایی این ابعاد از وضعیت حدی سوپرماتریس استخراج شد. پس از تعیین وزن ابعاد، اولویت نسبی ۵۰ شاخص فرعی در درون هر بعد بر اساس نتایج پالایش فازی دلفی و وزن‌دهی نسبی درون‌بعدی محاسبه شد. در نتیجه، ساختار وزن‌دهی پژوهش از دو سطح تشکیل می‌شود: وزن شبکه‌ای در سطح ابعاد که مستقیماً از DANP حاصل شده است و وزن نسبی شاخص‌های فرعی در هر بعد که بر مبنای نتایج فازی دلفی تعیین شده است. این نحوه ترکیب امکان ارائه یک رتبه‌بندی سلسله‌مراتبی از ابعاد و شاخص‌های فرعی را فراهم می‌کند، بدون آنکه برای شاخص‌های فرعی ادعای اجرای مستقل شبکه DANP مطرح شود. پس از تعیین وزن نهایی ابعاد در چارچوب DANP، برای تکمیل ساختار اولویت‌بندی، وزن نسبی شاخص‌های فرعی در هر یک از ۱۰ بعد بر اساس نتایج فازی دلفی محاسبه شد. در این مرحله، شاخص‌های متعلق به هر بعد به صورت درون‌بعدی و بر اساس میزان

اهمیت حاصل از ارزیابی خبرگان نرمال سازی شدند. سپس وزن نهایی هر شاخص فرعی از ترکیب وزن بعد مربوطه با وزن نسبی آن شاخص در همان بعد به دست آمد. بنابراین، وزن نهایی شاخص ها در سطح کل چارچوب از ترکیب «اهمیت شبکه ای بعد» و «اهمیت نسبی شاخص درون همان بعد» حاصل می شود. این رویکرد امکان مقایسه شاخص های فرعی در چارچوب کلی پژوهش را فراهم می سازد، درحالی که نقش DANP به تعیین وزن شبکه ای ابعاد اصلی محدود باقی می ماند. این وزن دهی نسبی صرفاً برای رتبه بندی درون بعدی شاخص ها انجام شده است. وزن های به دست آمده در DANP بر مبنای قضاوت خبرگان و ساختار روابط حاصل از DEMATEL قرار دارند. از این رو، این اوزان برآوردهایی وابسته به قضاوت تخصصی پندل محسوب می شوند.

تحلیل حساسیت و ارزیابی پایداری رتبه بندی

به منظور بررسی پایداری نسبی رتبه بندی ابعاد کلان حاصل از رویکرد DANP در برابر تغییرات محدود در اوزان، تحلیل حساسیت سناریویی با اعمال تغییر $\pm 10\%$ درصد در وزن های نهایی انجام شد. از آنجا که اوزان نهایی ابعاد بر مبنای قضاوت خبرگان و ساختار روابط حاصل از DEMATEL به دست آمده اند، هدف از این تحلیل بررسی میزان تغییرپذیری رتبه بندی ها در برابر تغییرات مفروض در اوزان و نه ارائه یک اعتبارسنجی مستقل برای چارچوب پژوهش بود. در سناریوی پایه، رتبه بندی بر اساس اوزان نهایی حاصل از DANP انجام شد. سپس در سناریوهای حساسیت تغییرات $\pm 10\%$ درصد اعمال و رتبه بندی ابعاد مجدداً محاسبه شد. برای قابلیت مقایسه بین سناریوها، اوزان تعدیل شده پس از اعمال تغییرات به صورت مجدد نرمال سازی شدند تا مجموع اوزان برابر با یک باقی بماند. نتایج نشان داد سه بعد نخست در تمامی سناریوهای آزمون شده جایگاه خود را در میان سه رتبه اول حفظ کردند. نتایج این آزمون صرفاً بیانگر پایداری نسبی رتبه بندی در دامنه سناریوهای مورد بررسی است و به معنای اثبات پایداری مطلق، اعتبار بیرونی، یا استقلال نتایج از قضاوت خبرگان نیست. جزئیات محاسبات و خروجی سناریوهای تحلیل حساسیت در پیوست مربوط ارائه شده است.

منطق تفسیر و اعتبار نتایج

هم سویی نتایج DEMATEL و DANP در این پژوهش صرفاً به عنوان نشانه ای از سازگاری درونی نتایج حاصل از یک رویکرد تلفیقی تفسیر می شود و اعتبارسنجی مستقل مدل محسوب نمی شود. از آنجا که وزن های DANP بر مبنای ماتریس روابط حاصل از DEMATEL محاسبه شده اند، دو مرحله از نظر داده و مبنای محاسباتی کاملاً مستقل نیستند. بنابراین، مشابهت رتبه بندی یا جایگاه ابعاد در این دو مرحله به تنهایی نمی تواند شاهد مستقلی برای اثبات اعتبار بیرونی مدل باشد. اوزان حاصل از روش DANP برآوردهایی مبتنی بر قضاوت و ادراک خبرگان هستند و از ساختار روابط و تأثیرگذاری متقابل استخراج شده در مرحله DEMATEL مشتق می شوند. از این رو، هم جهتی احتمالی میان برخی یافته های DEMATEL و DANP را نمی توان به منزله نوعی اعتبارسنجی مستقل و متقابل میان این دو روش تلقی کرد. در مقابل، تحلیل حساسیت سناریویی با هدف بررسی میزان پایداری نسبی رتبه بندی ها در مواجهه با تغییرات محدود و کنترل شده در اوزان انجام شده است. بنابراین، یافته های این تحلیل صرفاً باید به عنوان شواهدی درباره رفتار و ثبات نسبی رتبه بندی در سناریوهای مورد آزمون تفسیر شوند و نمی توان آن ها را دلیلی قطعی بر استحکام نهایی، روایی بیرونی، یا قابلیت تعمیم چارچوب پیشنهادی به شرایط و زمینه های دیگر دانست.

دامنه اعتبار پژوهش

اعتبار نتایج این پژوهش عمدتاً در سه سطح مورد توجه قرار دارد: نخست، اعتبار محتوایی چارچوب شاخص ها از طریق مرور پیشینه، اسناد تخصصی، و پالایش خبرگان؛ دوم، سازگاری زمینه ای چارچوب با شرایط ایران از منظر نهادی، حقوقی، مدیریتی، و داده ای؛ و سوم، تبیین روابط متقابل و اهمیت نسبی میان ۱۰ بعد اصلی از طریق DEMATEL و DANP همراه با تحلیل حساسیت.

با این حال، پژوهش حاضر شامل اعتبارسنجی بیرونی چارچوب از طریق اجرای آزمایشی آن در یک دستگاه اجرایی، استان، یا مسئله واقعی سیاست‌گذاری نیست. همچنین، تحلیل حساسیت انجام‌شده از نوع سناریویی و محدود است و صرفاً پایداری نسبی رتبه‌بندی ابعاد را در دامنه سناریوهای مورد آزمون بررسی می‌کند. از این‌رو، نمی‌توان از آن پایداری مطلق رتبه‌بندی یا تعمیم‌پذیری مستقل نتایج را استنباط کرد. افزون بر این، مقایسه با OECD و کشورهای منتخب در این پژوهش در مقام یک سنجش تطبیقی^۱ رسمی و کمی میان کشورها انجام نشده است و این تجربه‌ها عمدتاً برای استخراج مؤلفه‌ها و تفسیر یافته‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

یافته‌های تحقیق

ویژگی‌های خبرگان پژوهش

در این پژوهش، به منظور اولویت‌بندی و تبیین ساختار روابط میان ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند با تأکید بر استقرار آزمایشگاه ملی جغرافیا، از نظرات ۲۵ نفر از خبرگان دانشگاهی و اجرایی فعال در حوزه‌های فناوری اطلاعات مکانی، GIS، سنجش از دور، حکمرانی داده، برنامه‌ریزی فضایی، GeoAI، و سیاست‌گذاری عمومی استفاده شد. انتخاب خبرگان به روش نمونه‌گیری هدفمند و بر اساس معیارهایی شامل تخصص مرتبط با موضوع پژوهش، تجربه حرفه‌ای و پژوهشی، آشنایی با نظام حکمرانی فضایی، و تجربه در زمینه تولید یا مدیریت یا تحلیل داده‌های مکانی انجام گرفت. با توجه به ماهیت تخصص‌محور پژوهش، تنوع تخصصی اعضای پنل، پوشش هم‌زمان دیدگاه‌های دانشگاهی و اجرایی، و معیارهای ورود به پنل تعداد ۲۵ نفر برای تشکیل پنل تخصصی مناسب تشخیص داده شد. از میان ۲۵ خبره، ۱۸ نفر (۷۲ درصد) دارای مدرک دکتری و ۷ نفر (۲۸ درصد) دارای مدرک کارشناسی ارشد بودند. همچنین ۱۷ نفر (۶۸ درصد) بیش از ۱۰ سال سابقه تخصصی در حوزه‌های مرتبط با پژوهش داشتند. ترکیب مشارکت‌کنندگان شامل اعضای هیئت علمی، پژوهشگران، و متخصصان دستگاه‌های اجرایی مرتبط با داده‌های مکانی، برنامه‌ریزی فضایی، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، و سیاست‌گذاری بود. این ترکیب، امکان بهره‌گیری هم‌زمان از دانش نظری و تجربه اجرایی را در شناسایی و غربالگری ابعاد و شاخص‌ها و همچنین ارزیابی روابط متقابل میان آن‌ها فراهم ساخت. تمامی ۲۵ خبره در هر دو دور فرایند فازی دلفی مشارکت داشتند و در این مرحله ریزش نمونه مشاهده نشد. همچنین همین ۲۵ خبره در مرحله ارزیابی روابط متقابل ابعاد با استفاده از تکنیک DEMATEL مشارکت کردند. بر این اساس، تداوم مشارکت اعضا و تنوع تخصصی پنل مبنای مناسبی برای فرایند اجماع‌سازی، پالایش چارچوب اولیه، و تحلیل روابط متقابل میان ابعاد فراهم ساخت.

نتایج فازی دلفی و پالایش چارچوب اولیه

در گام نخست پژوهش، به منظور پالایش، غربالگری، و زمینه‌مند کردن ابعاد و شاخص‌های استخراج‌شده برای حکمرانی فضایی هوشمند از تکنیک فازی دلفی^۲ استفاده شد. انتخاب این روش با توجه به ماهیت نوظهور موضوع و ضرورت بهره‌گیری از قضاوت تخصصی خبرگان در ارزیابی تناسب و اهمیت مؤلفه‌های شناسایی‌شده صورت گرفت. چارچوب اولیه پیش از ورود به فرایند نهایی دلفی بر اساس مرور هدفمند و ساختاریافته پیشینه علمی، اسناد، و چارچوب‌های مرتبط با OECD و UN-GGIM، راهبردهای ملی ژئواسپاتیال کشورهای منتخب و مطالعات مرتبط منتشرشده در پایگاه‌های علمی تدوین شد. در این مرحله، ۶۲ شاخص اولیه در قالب ۱۰ بعد مفهومی شناسایی و برای ارزیابی خبرگان آماده شد. پیش از عرضه پرسشنامه به خبرگان، شاخص‌های استخراج‌شده از منظر سه معیار زمینه‌ای مورد بازبینی و تعدیل محتوایی قرار گرفتند. معیار نخست «سازگاری نهادی» بود که بر میزان انطباق هر شاخص با ساختار اداری و ترتیبات نهادی موجود در ایران و امکان تحقق کارکرد مربوطه در میان دستگاه‌ها و نهادهای موجود تمرکز داشت. بر این اساس، شاخص‌هایی که مستلزم ترتیبات نهادی متفاوت با ساختار اداری ایران بودند، در صورت امکان، در سطحی کلی‌تر بازتعریف شدند و موارد دارای همپوشانی یا ناسازگاری محتوایی برای حذف یا ادغام در نظر گرفته شدند. معیار دوم «سازگاری حقوقی- حکمرانی» بود. در این مرحله، شاخص‌ها از نظر انطباق مفهومی با الزامات مالکیت،

1. benchmark

2. fuzzy delphi method

دسترسی، اشتراک‌گذاری، امنیت، و استفاده از داده‌های مکانی مورد بررسی قرار گرفتند. در مواردی که یک شاخص به ترتیبات حقوقی بسیار جزئی یا مشخصی وابسته بود که فراتر از دامنه پژوهش حاضر قرار داشت مفهوم آن در سطحی عمومی‌تر و متناسب با چارچوب حکمرانی داده بازتعریف شد. معیار سوم «سازگاری داده‌ای- زیرساختی» بود که به میزان تناسب شاخص‌ها با سطح بلوغ داده‌ای، فناوریانه، و زیرساختی موجود یا قابل تصور در زمینه ایران توجه داشت. در این مرحله، مؤلفه‌هایی که مستلزم زیرساخت‌های بسیار خاص یا ظرفیت‌های فناوریانه‌ای بودند که در شرایط کنونی کشور قابل اتکا نبودند در صورت امکان تعدیل یا در سطحی عمومی‌تر بازتعریف شدند. این سه معیار صرفاً به عنوان چارچوب تحلیلی پژوهشگر برای بازبینی و زمینه‌مند کردن محتوای شاخص‌های استخراج‌شده پیش از اجرای دلفی مورد استفاده قرار گرفتند و به عنوان ابعاد مستقل، متغیرهای دارای وزن، یا مؤلفه‌های واردشده به محاسبات DEMATEL و DANP در نظر گرفته نشدند. بنابراین، نقش آن‌ها محدود به بررسی اولیه تناسب مفهومی شاخص‌ها با زمینه ایران و آماده‌سازی چارچوب پیشینی برای ارزیابی خبرگان بود. پس از این بازبینی اولیه، فرایند فازی دلفی در دو دور متوالی با مشارکت ۲۵ نفر از خبرگان پژوهش انجام شد. در هر دو دور، خبرگان میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها را بر اساس طیف پنج‌درجه‌ای زبانی شامل «بسیار کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد»، و «بسیار زیاد» ارزیابی کردند. پاسخ‌های زبانی خبرگان به اعداد فازی مثلثی تبدیل و پس از تجمیع مقدار فازی هر شاخص محاسبه شد. سپس، برای تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی از روش غیر فازی‌سازی مرکز- سطح استفاده شد. در دور نخست، شاخص‌ها بر اساس قواعد تصمیم‌گیری عملیاتی از پیش تعیین‌شده ارزیابی شدند. شاخص‌هایی که در این مرحله نیازمند بازنگری تشخیص داده شدند در دور دوم مجدداً در معرض ارزیابی خبرگان قرار گرفتند. بر اساس نتایج دور نخست، ۹ شاخص در وضعیت نیازمند بازنگری قرار گرفتند. در دور دوم، بازخورد حاصل از مرحله نخست در اختیار اعضای پل قرار گرفت و از آنان خواسته شد با توجه به نتایج قبلی ارزیابی خود را بازبینی کنند. پس از پایان دور دوم، تصمیم‌گیری درباره حفظ، اصلاح، ادغام، یا حذف شاخص‌ها با در نظر گرفتن هم‌زمان اهمیت ارزیابی‌شده، میزان تغییرات میان دو دور، و بررسی همپوشانی محتوایی میان شاخص‌ها انجام شد. در این فرایند، ۱۲ شاخص از مجموعه ۶۲ شاخص اولیه در پالایش نهایی حذف یا با شاخص‌های دارای محتوای مشابه ادغام شدند. لازم است تأکید شود که عدد ۱۲ با عدد ۹ یکسان نیست. عدد ۹ نشان‌دهنده شاخص‌هایی است که در دور نخست برای ارزیابی مجدد به دور دوم بازگردانده شدند، درحالی‌که عدد ۱۲ بیانگر مجموع مواردی است که پس از تکمیل فرایند دو دور دلفی و بازبینی محتوایی در چارچوب نهایی حفظ نشدند یا با مؤلفه‌های مشابه ادغام شدند. بنابراین، این دو عدد بیانگر دو مرحله متفاوت در فرایند پالایش هستند. در نهایت، از مجموع ۶۲ شاخص اولیه ۵۰ شاخص در قالب ۱۰ بعد اصلی باقی ماندند. این ۵۰ شاخص به عنوان چارچوب پالایش‌شده پژوهش مبنای ادامه تحلیل قرار گرفتند. در مرحله بعد، روابط متقابل میان ۱۰ بعد اصلی با استفاده از DEMATEL بررسی شد و سپس اهمیت نسبی این ۱۰ بعد در ساختار شبکه‌ای با رویکرد DANP تعیین شد. گفتنی است در این مرحله DANP در سطح ۱۰ بعد اصلی اجرا شد و ۵۰ شاخص فرعی مستقیماً وارد یک سوپر ماتریس مستقل نشدند.

جدول ۱. نتایج نهایی پالایش شاخص‌ها در فرایند فازی دلفی (ماخذ: یافته‌های پژوهش (نتایج پرسشنامه فازی دلفی))

وضعیت	درصد حفظ شاخص‌ها	تعداد شاخص نهایی	تعداد شاخص اولیه	بعد
تأیید	۷۱/۴	۵	۷	حکمرانی و رهبری راهبردی (C1)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	زیرساخت داده‌های مکانی (C2)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	سرمایه انسانی و ظرفیت نهادی (C4)
تأیید	۷۱/۴	۵	۷	فناوری‌های نوین ژئواسپیشال (C5)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال (C6)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	مشارکت و اکوسیستم ذی‌نفعان (C7)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	تحلیل سیاستی مبتنی بر مکان (C8)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	نوآوری و هوشمندسازی تصمیم‌گیری (C9)
تأیید	۸۳/۳	۵	۶	اثر بخشی حکمرانی فضایی (C10)
تأیید نهایی	80.6	50	62	جمع کل

نتایج فازی دلفی نشان داد در میان ابعاد مورد بررسی سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپشال (C6) با میانگین فازی ۰.۹۱۴، حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3) با میانگین ۰.۸۸۱، و حکمرانی و رهبری راهبردی (C1) با میانگین ۰.۸۷۳ در میان ابعاد دارای بالاترین مقادیر ارزیابی شده قرار دارند. این الگو نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان موضوعاتی مانند هماهنگی میان‌دستگاهی، حکمرانی داده، و جهت‌گیری راهبردی در چارچوب حکمرانی فضایی هوشمند از اهمیت بالایی برخوردارند. همچنین، نتایج ارزیابی خبرگان نشان داد که مؤلفه‌های فناورانه از جمله GeoAI، کلان‌داده‌های مکانی، رایانش ابری، و سایر فناوری‌های ژئواسپاتیل زمانی می‌توانند ظرفیت سیاستی خود را نشان دهند که در پیوند با زیرساخت‌های داده‌ای، ترتیبات نهادی، و قواعد مناسب حکمرانی داده قرار گیرند. بنابراین، یافته‌های دلفی از یک نگاه صرفاً فناورانه به حکمرانی فضایی هوشمند حمایت نمی‌کنند و بر ضرورت توجه هم‌زمان به ابعاد نهادی، حقوقی، داده‌ای، انسانی، و فناورانه تأکید دارند. در مجموع، فرایند فازی دلفی منجر به پالایش چارچوب اولیه از ۶۲ به ۵۰ شاخص در قالب ۱۰ بعد اصلی شد. این ۵۰ شاخص، چارچوب پالایش شده و زمینه‌مند پژوهش را تشکیل دادند و در ادامه روابط متقابل میان ابعاد اصلی و اهمیت نسبی آن‌ها مورد تحلیل قرار گرفت. از آنجا که هدف این مرحله ارزیابی و پالایش محتوایی چارچوب پیشینی بود، نتایج فازی دلفی صرفاً به عنوان مبنایی برای تثبیت شاخص‌های مورد مطالعه و آماده‌سازی مراحل بعدی تحلیل تفسیر می‌شوند و به‌تنهایی به معنای اثبات اعتبار بیرونی چارچوب نیستند.



شکل ۱. ابعاد و شاخص‌های نهایی چارچوب پژوهش پس از فازی دلفی (ماخذ: نگارنده (برگرفته از OECD, 2024))

نتایج تحلیل DEMATEL و ساختار علی – معلولی ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند

پس از نهایی‌سازی ۱۰ بعد اصلی و ۵۰ شاخص فرعی در مرحله فازی دلفی، در گام بعدی به منظور تحلیل ساختار روابط درونی میان ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند و شناسایی نقش هر یک از مؤلفه‌ها در شبکه پیچیده حکمرانی فضایی، از تکنیک DEMATEL استفاده شد. انتخاب این روش مبتنی بر ماهیت به‌شدت تعاملی، بازخوردی، و غیر خطی نظام‌های حکمرانی فضایی است؛ جایی که اثرگذاری متغیرها صرفاً یک‌طرفه نیست و روابط علی-معلولی به صورت شبکه‌ای و چندلایه شکل می‌گیرند. در این پژوهش، داده‌های حاصل از ۲۵ نفر از خبرگان حوزه GIS، برنامه‌ریزی فضایی، حکمرانی داده، و علوم تصمیم‌گیری بر اساس مقیاس استاندارد ۰ تا ۴ (از «عدم تأثیر» تا «تأثیر بسیار زیاد») جمع‌آوری شد. پس از تجمیع نظرات خبرگان، ماتریس اولیه روابط مستقیم میان ابعاد تشکیل شد. در ادامه، ماتریس روابط مستقیم با استفاده از روش استاندارد DEMATEL نرمال‌سازی شد. در این ماتریس، مقدار هر خانه نشان‌دهنده شدت اثرگذاری بعد سطر بر بعد ستون است. مقادیر این ماتریس بر اساس مقیاس پنج‌سطحی صفر تا چهار تعیین شد که در آن صفر بیانگر عدم تأثیر و چهار نشان‌دهنده تأثیر بسیار

زیاد است. ماتریس کامل روابط مستقیم در جدول A1 پیوست ارائه شده است؛ به گونه‌ای که مقدار نرمال‌سازی بر اساس بیشینه مجموع سطری (۳۰) انجام گرفت. سپس ماتریس روابط کل^۱ از طریق رابطه استاندارد محاسبه شد:

$$T = X(1 - X)^{-1}$$

در این مرحله، مجموع اثرگذاری هر بعد بر سایر ابعاد (D)، مجموع اثرپذیری (R)، و شاخص‌های ترکیبی برجستگی (D+R) و خالص اثر (D-R) استخراج شد. شاخص D+R نشان‌دهنده میزان اهمیت و نقش محوری هر بعد در کل سیستم است، درحالی‌که D-R جهت اثرگذاری (علی یا معلولی بودن) را مشخص می‌کند. بر اساس ماتریس روابط کل نرمال‌شده، ساختار وابستگی میان ابعاد و معیارها استخراج و سوپرماتریس بدون وزن تشکیل شد. سپس با لحاظ وزن‌های خوشه‌ای، سوپرماتریس موزون تشکیل شد. جدول‌های کامل این مراحل در پیوست‌های A2 و A3 ارائه شده است. با اعمال توان‌های متوالی بر سوپرماتریس موزون، مقادیر به وضعیت پایدار همگرا شدند. معیار توقف همگرایی تغییر کمتر از ۰.۰۰۱ میان دو تکرار متوالی بود. پس از دستیابی به سوپرماتریس حدی، وزن نهایی ابعاد و معیارها استخراج شد.

جدول ۲. نتایج نهایی تحلیل DEMATEL (روابط علی- معلولی ابعاد) (مأخذ: یافته‌های تحقیق)

رتبه بر اساس D	بعد	D	R	D+R	D-R	نوع
۱	C6	۳/۹۲۸	۳/۹۲۲	۷/۸۵۰	+۰/۰۰۶	پیوندی- مرکزی
۲	C1	۳/۸۸۰	۲/۷۱۸	۶/۵۹۸	+۱/۱۶۲	علت قوی
۳	C5	۳/۲۵۲	۳/۲۴۷	۶/۴۹۹	+۰/۰۰۵	پیوندی
۴	C3	۳/۱۵۱	۲/۸۳۰	۵/۹۸۱	+۰/۳۲۱	علت
۵	C4	۳/۰۱۴	۲/۸۳۰	۵/۸۴۴	+۰/۱۸۴	علت
۶	C9	۳/۰۸۴	۳/۱۴۳	۶/۲۲۷	+۰/۰۵۹	پیوندی- متمایل به معلول
۷	C8	۲/۹۳۵	۳/۱۳۱	۶/۰۶۶	-۰/۱۹۶	معلول
۸	C2	۲/۸۵۵	۲/۸۴۷	۵/۷۰۲	+۰/۰۰۸	پیوندی
۹	C7	۲/۵۹۹	۲/۵۹۴	۵/۱۹۳	+۰/۰۰۵	پیوندی
۱۰	C10	۱/۴۲۱	۲/۸۵۷	۴/۲۷۸	-۱/۴۳۶	معلول نهایی

بر اساس نتایج جدول ۲، ساختار علی- معلولی مدل نشان‌دهنده یک نظام کاملاً شبکه‌ای و چندمرکزی است که در آن چند بعد نقش پیشران و برخی دیگر نقش پیامدی دارند. در میان ابعاد مختلف، بعد C1 (حکمرانی و رهبری راهبردی) با بیشترین مقدار خالص اثرگذاری ($D-R = +1.162$) به عنوان مهم‌ترین عامل علی سیستم شناسایی شد. این نتیجه نشان می‌دهد که وجود راهبرد ملی، نهاد راهبر، هماهنگی بین‌دستگاهی، و حمایت سیاستی دولت نقش بنیادین در شکل‌دهی سایر ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند دارد. به عبارت دیگر، بدون تقویت زیرساخت‌های حکمرانی و رهبری سایر اجزای سیستم از انسجام و اثربخشی کافی برخوردار نخواهند بود. در مقابل، بعد C10 (اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی) با کمترین مقدار $D-R (-1.436)$ به عنوان معلول نهایی سیستم شناخته شد. این نتیجه نشان می‌دهد که پیامدهایی نظیر بهبود کیفیت تصمیم‌گیری، افزایش شفافیت، کاهش نابرابری فضایی، و ارتقای تاب‌آوری سرزمینی نه به عنوان محرک بلکه به عنوان خروجی نهایی تعامل سایر ابعاد در سیستم ظاهر می‌شوند. از منظر ساختاری، بعد C6 (سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال) با بالاترین مقدار $D+R (7.850)$ در موقعیت هسته مرکزی شبکه قرار دارد. این بدان معناست که این بعد بیشترین میزان تعامل را با سایر مؤلفه‌ها دارد و نقش «گره اتصال‌دهنده» را در معماری حکمرانی فضایی هوشمند ایفا می‌کند. در واقع، در این ساختار سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال به عنوان یکی از مهم‌ترین بسترهای اتصال داده، فناوری، تحلیل، و سیاست‌گذاری عمل می‌کند و آزمایشگاه ملی ژئواسپیشال پیشنهادی می‌تواند در قالب این سازکار نقش گره واسط و پیوندی شبکه را ایفا کند. ابعاد C3 (حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی) و C4 (سرمایه انسانی و ظرفیت نهادی) نیز در گروه عوامل علی قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده اهمیت زیرساخت‌های نهادی و انسانی در تحقق حکمرانی فضایی هوشمند است. این یافته تأکید می‌کند که بدون وجود قوانین شفاف در حوزه داده، امنیت اطلاعات، مالکیت داده، و همچنین نیروی انسانی متخصص در حوزه‌های GIS و GeoAI امکان توسعه پایدار نظام حکمرانی فضایی وجود نخواهد داشت. در

1. total relation matrix – T

مقابل، ابعادی نظیر C2 (زیرساخت داده‌های مکانی)، C7 (اکوسیستم ذی‌نفعان)، و C8 (تحلیل سیاستی مبتنی بر مکان) در ناحیه معلول یا وابسته قرار گرفته‌اند که نشان می‌دهد این مؤلفه‌ها بیش از آنکه نقش محرک داشته باشند تحت تأثیر سایر ابعاد سیستم قرار دارند. از منظر سیاستی، این ساختار بیانگر آن است که مسیر تحقق حکمرانی فضایی هوشمند در ایران باید از تقویت «هسته‌های نهادی و راهبردی» آغاز شود و سپس به توسعه زیرساخت‌های فناورانه و تحلیلی گسترش یابد. این الگو با تجربیات بین‌المللی نظیر OECD Geospatial Framework و مدل‌های حکمرانی داده در کشورهای پیشرو همخوانی دارد که در آن‌ها ابتدا ساختار حکمرانی و نهادهای هماهنگ‌کننده شکل گرفته و سپس فناوری‌های پیشرفته ژئواسپیشال توسعه یافته‌اند. در مجموع، نتایج DEMATEL مبنای تحلیلی لازم برای ورود به مرحله تحلیل شبکه‌ای ANP را فراهم می‌کند و ساختار علت-معلول میان ابعاد را به عنوان پایه وزن‌دهی نهایی در مدل DANP مشخص می‌سازد.

نتایج DANP و اولویت‌بندی ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند

پس از شناسایی ساختار روابط علی-معلولی میان ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند با استفاده از تکنیک DEMATEL، در گام بعد اهمیت نسبی ابعاد در ساختار شبکه‌ای پژوهش با استفاده از رویکرد DANP تعیین شد. انتخاب این رویکرد با توجه به وجود وابستگی متقابل میان ابعاد پژوهش صورت گرفت. زیرا در چنین ساختاری اهمیت هر بعد صرفاً تابع جایگاه مستقل آن نیست و می‌تواند از روابط و تعاملات آن با سایر ابعاد تأثیر بپذیرد. در این چارچوب، ماتریس روابط کل حاصل از DEMATEL مبنای تعیین شدت وابستگی میان ۱۰ بعد اصلی قرار گرفت. سپس بر اساس این روابط سوپرماتریس بدون وزن تشکیل و با اعمال وزن‌های متناظر سوپرماتریس موزون ایجاد شد. در ادامه، سوپرماتریس موزون با توان‌های متوالی تکرار شد تا تغییر مقادیر آن میان دو تکرار متوالی به کمتر از ۰.۰۰۱ برسد. این مقدار به عنوان معیار توقف محاسباتی تعیین شد و دستیابی به آن بیانگر رسیدن سوپرماتریس به وضعیت حدی از نظر همگرایی عددی است. سوپرماتریس‌های میانی و جزئیات کامل محاسبات، به دلیل حجم بالای داده‌ها، در پیوست پژوهش ارائه شده‌اند. گفتنی است DANP در پژوهش حاضر صرفاً در سطح ۱۰ بعد اصلی اجرا شده است و وزن‌های حاصل از آن نشان‌دهنده اهمیت نسبی این ابعاد کلان هستند. برای ۵۰ شاخص فرعی سوپرماتریس مستقل و وزن شبکه‌ای مجزا محاسبه نشده است. وزن‌های شاخص‌های فرعی ارائه‌شده در پیوست G بر اساس یک سازگار وزن‌دهی دومرحله‌ای به دست آمده‌اند؛ به این صورت که ابتدا وزن هر بعد از DANP تعیین و سپس وزن نسبی شاخص‌های درون هر بعد بر اساس نتایج فازی دلفی محاسبه و در وزن بعد مربوطه اعمال شده است. بنابراین، این وزن‌ها صرفاً برای رتبه‌بندی نسبی شاخص‌های فرعی در چارچوب پژوهش به کار رفته‌اند و از نظر روش‌شناختی معادل وزن‌های حاصل از اجرای مستقل ANP یا DANP در سطح ۵۰ شاخص نیستند.

جدول ۳. وزن‌های نهایی ابعاد مدل بر اساس سوپرماتریس حدی (DANP) (مأخذ: یافته‌های تحقیق)

رتبه	کد بعد	عنوان بعد	وزن نهایی
۱	C6	سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال	۰/۱۷۶
۲	C1	حکمرانی و رهبری راهبردی	۰/۱۶۴
۳	C3	حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی	۰/۱۳۸
۴	C5	فناوری‌های نوین ژئواسپیشال	۰/۱۱۱
۵	C2	زیرساخت داده‌های مکانی (NSDI)	۰/۱۰۶
۶	C4	سرمايه انسانی و ظرفیت نهادی	۰/۰۹۳
۷	C7	اکوسیستم و مشارکت ذی‌نفعان	۰/۰۸۲
۸	C9	نوآوری و هوشمندسازی تصمیم‌گیری	۰/۰۶۸
۹	C8	تحلیل سیاستی مبتنی بر مکان	۰/۰۵۰
۱۰	C10	اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی	۰/۰۳۲
جمع	—	—	۱/۰۰۰

۱. اوزان جدول وزن شبکه‌ای ۱۰ بعد اصلی حاصل از DANP را نشان می‌دهند. اولویت شاخص‌های فرعی در سطح ۵۰ شاخص به صورت درون‌بعدی و با استفاده از وزن نسبی حاصل از فازی دلفی و وزن بعد مربوطه تعیین شده است.

بر اساس جدول ۳، سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال (C6) با وزن ۰.۱۷۶ در رتبه نخست قرار گرفته است. این جایگاه نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان ظرفیت‌های مرتبط با هماهنگی میان دستگاه‌ها، یکپارچه‌سازی داده‌های مکانی، و ایجاد پیوند میان ظرفیت‌های تحلیلی و نیازهای سیاست‌گذاری از اهمیت بالایی در چارچوب حکمرانی فضایی هوشمند برخوردارند. در این پژوهش C6 یک مفهوم کارکردی در سطح حکمرانی است و با یک سازمان مشخص یا با «آزمایشگاه ملی جغرافیا» هم‌ارز تلقی نمی‌شود. از این منظر، آزمایشگاه ملی جغرافیا می‌تواند در صورت فراهم شدن الزامات نهادی و حقوقی و داده‌ای یکی از سازکارهای بالقوه برای تقویت بخشی از این ظرفیت باشد. با این حال، ساختار سازمانی، جایگاه حقوقی، و حدود وظایف چنین ساختاری در این پژوهش تعیین نشده است. حکمرانی و رهبری راهبردی (C1) با وزن ۰.۱۶۴ در رتبه دوم قرار گرفته است. این رتبه بر اهمیت جهت‌گیری راهبردی، هماهنگی بین‌دستگاهی، تعیین اولویت‌های ملی، و وجود سازکارهای راهبری در چارچوب حکمرانی فضایی هوشمند دلالت دارد. از دیدگاه خبرگان، برخورداری از زیرساخت‌های داده‌ای و فناوری‌های پیشرفته، در صورت نبود جهت‌گیری راهبردی و هماهنگی میان نهادهای مسئول، برای شکل‌گیری یک نظام منسجم حکمرانی فضایی کافی نیست. حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3) با وزن ۰.۱۳۸ در رتبه سوم قرار گرفته است. این جایگاه بر اهمیت قواعد و ترتیبات مربوط به مالکیت، دسترسی، اشتراک‌گذاری، امنیت، و استفاده مسئولانه از داده‌های مکانی تأکید دارد. در زمینه کاربرد فناوری‌هایی مانند GeoAI، وجود سازکارهای روشن برای حکمرانی داده می‌تواند زمینه لازم برای استفاده منسجم و مسئولانه از ظرفیت‌های اطلاعاتی و تحلیلی را فراهم سازد. در رتبه‌های چهارم و پنجم، به ترتیب فناوری‌های نوین ژئواسپیشال (C5) با وزن ۰.۱۱۱ و زیرساخت داده‌های مکانی (C2) با وزن ۰.۱۰۶ قرار گرفته‌اند. این الگو نشان می‌دهد که فناوری‌هایی مانند GeoAI، سنجش از دور، اینترنت اشیا، کلان‌داده‌های مکانی و رایانش ابری همراه با زیرساخت‌های لازم برای تولید، نگهداری، تبادل، و یکپارچه‌سازی داده‌ها از اجزای مهم حکمرانی فضایی هوشمند هستند. با این حال، در رتبه‌بندی کلان پژوهش در کنار ظرفیت‌های راهبردی، نهادی، و تنظیم‌گرانه قرار گرفته‌اند. بنابراین، یافته‌ها بر ضرورت پیوند ظرفیت‌های فناورانه با ترتیبات نهادی و حکمرانی داده تأکید دارند. سرمایه انسانی و ظرفیت نهادی (C4) با وزن ۰.۰۹۳ در رتبه ششم قرار گرفته است. این جایگاه اهمیت برخورداری از نیروی انسانی متخصص، ظرفیت سازمانی، و توانایی نهادها برای جذب و به‌کارگیری فناوری‌ها و روش‌های نوین تحلیل مکانی را نشان می‌دهد. پس از آن، اکوسیستم و مشارکت ذی‌نفعان (C7) با وزن ۰.۰۸۲ و نوآوری و هوشمندسازی تصمیم‌گیری (C9) با وزن ۰.۰۶۸ قرار گرفته‌اند. این ترتیب نشان می‌دهد که مشارکت دانشگاه‌ها، دستگاه‌های اجرایی، بخش خصوصی، و سایر بازیگران همراه با ظرفیت نوآوری از عناصر مکمل چارچوب حکمرانی فضایی هوشمند محسوب می‌شوند. در دو رتبه پایانی، تحلیل سیاستی مبتنی بر مکان (C8) با وزن ۰.۰۵۰ و اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی (C10) با وزن ۰.۰۳۲ قرار گرفته‌اند. قرار گرفتن C10 در پایین‌ترین رتبه را می‌توان با ماهیت پیامدی این بعد تفسیر کرد. زیرا اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی در چارچوب مفهومی پژوهش عمدتاً به عنوان برآیند تعامل سایر ابعاد در نظر گرفته شده است. بنابراین، وزن پایین‌تر C10 به معنای کم‌اهمیت بودن پیامدهای حکمرانی نیست، بلکه جایگاه آن را در ساختار وابستگی مورد مطالعه نشان می‌دهد. در مجموع، نتایج DANP نشان می‌دهد که سه بعد «سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال»، «حکمرانی و رهبری راهبردی»، و «حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی» در سطح ابعاد کلان از بالاترین اهمیت نسبی برخوردارند. این الگو نشان می‌دهد که تحقق حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران صرفاً به توسعه فناوری‌های ژئواسپیشال وابسته نیست و تقویت هماهنگی میان بازیگران، جهت‌گیری راهبردی، و ترتیبات مناسب حکمرانی داده نیز اهمیت اساسی دارد. در تفسیر ارتباط نتایج DANP و DEMATEL برخی هم‌جهتی‌ها در جایگاه ابعاد مشاهده می‌شود. مثلاً C1 و C3 در هر دو مرحله در سطوح بالایی قرار گرفته‌اند، درحالی‌که C8 و C10 در بخش پایین‌تر رتبه‌بندی قرار دارند. با این حال، این هم‌جهتی صرفاً برای تفسیر منسجم‌تر یافته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان اعتبارسنجی مستقل یا شاهی برای روایی بیرونی چارچوب تلقی نمی‌شود. دلیل این احتیاط آن است که ساختار روابط مورد استفاده در DANP بر پایه ماتریس روابط حاصل از DEMATEL شکل گرفته است و این دو مرحله از نظر مبنای محاسباتی کاملاً مستقل نیستند. بنابراین، مشابهت مشاهده‌شده میان برخی نتایج صرفاً بیانگر سازگاری درونی و انسجام تفسیری نتایج دو مرحله از یک رویکرد تلفیقی

است. بر این اساس، خروجی این مرحله یک اولویت‌بندی در سطح ۱۰ بعد کلان حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران است. این نتایج اهمیت نسبی و جایگاه ابعاد مختلف را در ساختار شبکه‌ای مورد مطالعه نشان می‌دهند و می‌توانند مبنایی برای بحث‌های سیاستی و مطالعات بعدی قرار گیرند. در عین حال، یافته‌های حاضر به معنای ارائه ساختار سازمانی نهایی، تقسیم کار حقوقی، یا الگوی اجرایی تفصیلی برای آزمایشگاه ملی جغرافیا نیستند. همچنین، با توجه به قضاوت‌محور بودن داده‌های مورد استفاده و نبود اعتبارسنجی بیرونی در یک بستر اجرایی واقعی این نتایج باید در محدوده دامنۀ پژوهش و به عنوان یک چارچوب ایران‌محور و اولویت‌بندی‌شده تفسیر شوند. بررسی پایداری نسبی رتبه‌بندی در برابر تغییرات محدود در وزن‌ها نیز در بخش تحلیل حساسیت ارائه شده است.

تلفیق نتایج فازی دلفی، DEMATEL، DANP و تبیین چارچوب اولویت‌بندی‌شده حکمرانی فضایی هوشمند

بر اساس یافته‌های حاصل از مراحل فازی دلفی، DEMATEL، و DANP چارچوب اولویت‌بندی‌شده ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند با تأکید بر استقرار آزمایشگاه ملی جغرافیا در ایران تبیین شد. در این چارچوب، ۱۰ بعد نهایی‌شده در مرحله فازی دلفی بر اساس روابط متقابل و اهمیت نسبی آن‌ها در ساختار شبکه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. گفتنی است نتایج DANP وزن و اولویت نسبی ۱۰ بعد اصلی حکمرانی فضایی هوشمند را در ساختار شبکه‌ای پژوهش مشخص کرد. بر اساس این اوزان، سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپشیا (C6) با وزن ۰.۱۷۶ در رتبه نخست قرار گرفت و پس از آن حکمرانی و رهبری راهبردی (C1) با وزن ۰.۱۶۴ و حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3) با وزن ۰.۱۳۸ قرار گرفتند. در سطح شاخص‌های فرعی نیز اولویت‌بندی درون هر بعد بر اساس وزن نسبی استخراج‌شده از مرحله فازی دلفی و با لحاظ وزن بعد مربوطه انجام شد. بدین ترتیب، چارچوب نهایی پژوهش از یک ساختار دوسطحی شامل اولویت شبکه‌ای ابعاد و اولویت نسبی شاخص‌های درون هر بعد تشکیل می‌شود. از این‌رو، چارچوب حاصل را باید یک ساختار اولویت‌بندی‌شده در سطح ابعاد کلان تلقی کرد و جزء یک نظام ارزیابی یا وزن‌دهی عملیاتی در سطح شاخص‌ها قرار ندارد. نتایج DANP نشان می‌دهد که ساختار حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران ماهیتی شبکه‌ای- نهادی دارد و ابعاد مختلف از اهمیت و نقش یکسانی برخوردار نیستند. در این میان، C6 (سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپشیا) با وزن ۰.۱۷۶ در رتبه نخست قرار گرفت و اهمیت بالای هماهنگی بین‌دستگاهی، یکپارچه‌سازی داده‌ها، و پیوند میان ظرفیت‌های داده‌ای، فناوریانه، و تصمیم‌سازی را نشان داد C1 (حکمرانی و رهبری راهبردی) با وزن ۰.۱۶۴ در رتبه دوم قرار گرفت و اهمیت راهبری ملی، جهت‌گیری راهبردی، و هماهنگی نهادی را برجسته ساخت. C3 (حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی) نیز با وزن ۰.۱۳۸ در جایگاه سوم قرار گرفت که نشان‌دهنده اهمیت تنظیم‌گری داده، امنیت، حریم خصوصی، و سازکارهای دسترسی و اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی است. در رتبه‌های میانی C5 (فناوری‌های نوین ژئواسپشیا) با وزن ۰.۱۱۱ و C2 (زیرساخت داده‌های مکانی) با وزن ۰.۱۰۶ قرار گرفتند. این جایگاه نشان می‌دهد که فناوری و زیرساخت‌های داده‌ای اگرچه از اجزای مهم حکمرانی فضایی هوشمند محسوب می‌شوند، کارکرد آن‌ها در چارچوب مورد مطالعه به ظرفیت‌های نهادی و حکمرانی داده و سازکارهای هماهنگی وابسته است. پس از آن، C4 (سرمايه انسانی و ظرفیت نهادی) با وزن ۰.۰۹۳، C7 (اکوسیستم و مشارکت ذی‌نفعان) با وزن ۰.۰۸۲، و C9 (نوآوری و هوشمندسازی تصمیم‌گیری) با وزن ۰.۰۶۸ قرار گرفتند. C8 (تحلیل سیاستی مبتنی بر مکان) با وزن ۰.۰۵۰ و C10 (اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی) با وزن ۰.۰۳۲ در انتهای رتبه‌بندی قرار گرفتند. جایگاه C10 با توجه به ماهیت پیامدی این بعد قابل تفسیر است. زیرا اثربخشی حکمرانی فضایی در این چارچوب بیشتر به عنوان پیامد تعامل و عملکرد سایر ابعاد در نظر گرفته می‌شود.

بر این اساس، سه بعد C1، C6، و C3 بالاترین اهمیت نسبی را در میان ابعاد مورد بررسی دارند. با این حال، این رتبه‌بندی باید در چارچوب قضاوت ۲۵ خبرۀ منتخب و در سطح ۱۰ بعد اصلی تفسیر شود و به عنوان یک اولویت‌بندی قطعی و مستقل از عدم قطعیت قضاوت‌ها تلقی نشود. همچنین، به دلیل آنکه DANP بر پایه ساختار روابط حاصل از DEMATEL شکل گرفته است هم‌سویی رتبه‌ها در دو روش صرفاً نشان‌دهنده سازگاری تفسیری نتایج است و اعتبارسنجی مستقل چارچوب محسوب نمی‌شود. در این چارچوب، آزمایشگاه ملی جغرافیا به عنوان یک سازکار نهادی- تحلیلی بالقوه برای تحقق و تقویت بخشی از ظرفیت‌های مرتبط با هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپشیا مفهوم‌پردازی می‌شود. بنابراین، C6 با مفهوم آزمایشگاه ملی جغرافیا

هم‌ارز نیست، بلکه بیانگر ظرفیتی از حکمرانی است که چنین آزمایشگاهی می‌تواند در تحقق آن نقش واسط و هماهنگ‌کننده ایفا کند. بر این اساس، یافته‌های پژوهش بیشتر بر تعیین جایگاه و اهمیت این ظرفیت در معماری حکمرانی فضایی هوشمند متمرکزند و به معنای طراحی تفصیلی ساختار سازمانی یا الگوی اجرایی نهایی آزمایشگاه نیستند.

هم‌سویی نتایج DANP و DEMATEL

مقایسه یافته‌های دو مرحله نشان می‌دهد که برخی ابعاد، از جمله C1، C3، و C6 در هر دو تحلیل از جایگاه برجسته‌ای برخوردارند و ابعاد C8 و C10 نیز در بخش‌های پایین‌تر رتبه‌بندی قرار گرفته‌اند. با این حال، این هم‌سویی به دلیل وابستگی روش‌شناختی دو مرحله صرفاً به عنوان سازگاری تفسیری نتایج تلفیقی پژوهش قابل تفسیر است. از آنجا که در رویکرد DANP ساختار وابستگی میان ابعاد بر مبنای ماتریس روابط حاصل از DEMATEL شکل گرفته است، مقایسه نتایج دو روش نمی‌تواند به عنوان اعتبارسنجی مستقل یا تأیید بیرونی مدل تلقی شود. بنابراین، هم‌جهتی مشاهده‌شده تنها نشان‌دهنده آن است که یافته‌های حاصل از تحلیل روابط علی- معلولی و اولویت‌بندی شبکه‌ای در چارچوب داده‌ها و قضاوت‌های مورد استفاده در پژوهش از انسجام تفسیری برخوردارند. در مجموع، نتایج مرحله DANP نشان می‌دهد که حکمرانی فضایی هوشمند در ایران بیش از آنکه یک مسئله فناورانه باشد، یک مسئله نهادی- حکمرانی با محوریت نهادسازی داده و تحلیل است. در این ساختار سه رکن اصلی شامل:

- سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال (C6) به عنوان هسته مرکزی تولید هوش مکانی
 - حکمرانی و رهبری راهبردی (C1) به عنوان نیروی هدایت‌کننده سیستم
 - و حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3) به عنوان بستر قانونی و نهادی
- سه ستون اصلی تحقق نظام حکمرانی فضایی هوشمند را تشکیل می‌دهند.

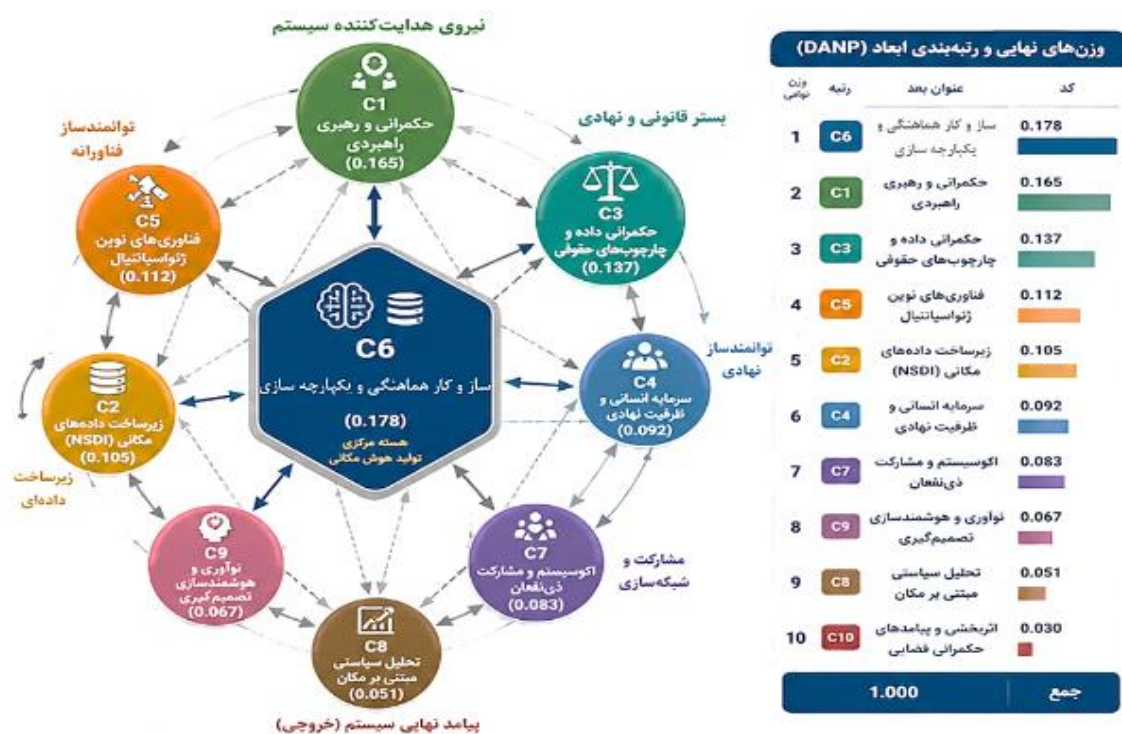
این ساختار، اولویت‌بندی ابعاد حکمرانی فضایی هوشمند با تأکید بر استقرار آزمایشگاه ملی جغرافیا در ایران را شکل می‌دهد و مبنای تحلیل‌های تطبیقی در بخش بحث و مقایسه با OECD و کشورهای پیشرو قرار می‌گیرد. نتایج تحلیل علی- معلولی نشان می‌دهد که آزمایشگاه ملی ژئواسپیشال در ساختار پیشنهادی نه به عنوان یک محرک اولیه و نه به عنوان یک پیامد نهایی بلکه به عنوان یک گره واسط و پیوندی در شبکه حکمرانی فضایی عمل می‌کند. به بیان دیگر، این آزمایشگاه در حد فاصل میان عوامل نهادی، داده‌ای، و فناورانه از یک سو و خروجی‌های سیاستی و تصمیم‌گیری فضایی از سوی دیگر قرار می‌گیرد و ظرفیت آن را دارد که اثر ناشی از عوامل بالادستی را به قابلیت‌های تحلیلی و فناورانه و سیاستی تبدیل و به سطوح تصمیم‌گیری منتقل کند. از این منظر، جایگاه آزمایشگاه در مدل پیشنهادی صرفاً به عنوان یک واحد فناورانه یا مقصد نهایی حکمرانی فضایی تعریف نمی‌شود، بلکه به عنوان یک سازکار واسط برای تبدیل ظرفیت‌های نهادی و فناورانه به ارزش سیاستی و تصمیم‌گیری فضایی تبیین می‌شود.

بحث و مقایسه تطبیقی

مقایسه تطبیقی مدل با OECD و کشورهای منتخب

نتایج حاصل از مدل DANP نشان داد که در میان ابعاد ده‌گانه حکمرانی فضایی هوشمند، آزمایشگاه پیشنهادی بومی جغرافیا (C6)، حکمرانی و رهبری راهبردی (C1)، و حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3) بیشترین وزن و اهمیت را دارند. این یافته بیانگر آن است که موفقیت حکمرانی فضایی هوشمند بیش از آنکه وابسته به فناوری باشد به وجود ساختارهای نهادی، نظام راهبری منسجم، و سازکارهای حکمرانی داده بستگی دارد. این نتایج با رویکرد اخیر سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) همخوانی دارد. بررسی اسناد و گزارش‌های منتشرشده OECD تا زمان انجام پژوهش نشان می‌دهد که ارزش داده‌های مکانی صرفاً در تولید و نگهداری داده خلاصه نمی‌شود، بلکه در ظرفیت تبدیل داده‌های ژئواسپیشال به شواهد، شاخص‌ها، و بینش‌های قابل استفاده در سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان را فراهم می‌کند و با منطق ایجاد آزمایشگاه تحلیل ژئواسپیشال در مکانی، تحلیل ژئواسپیشال، و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان را فراهم می‌کند و با منطق ایجاد آزمایشگاه تحلیل ژئواسپیشال در مدل پیشنهادی پژوهش حاضر هم‌سو است. بر این اساس، قرار گرفتن بعد C6 در رتبه نخست پژوهش حاضر بیانگر اهمیت

ایجاد یک نهاد ملی هماهنگ‌کننده برای یکپارچه‌سازی داده‌ها و تولید دانش سیاستی در ایران است. برای روشن‌تر شدن سازکار زمینه‌مند کردن تجربه‌های بین‌المللی و به‌ویژه تجربه OECD، در این پژوهش میان «کارکردهای مشاهده‌شده در تجربه OECD» و «ابعاد متناظر در چارچوب ایران‌محور» تمایز گذاشته شده است. به این ترتیب، انتقال تجربه به صورت یک به یک و سازمانی در نظر گرفته نشده، بلکه هر کارکرد بر اساس میزان سازگاری مفهومی آن با شرایط نهادی، حقوقی- حکمرانی، و داده‌ای- زیرساختی ایران بازتفسیر شده است. جدول ۴ این فرایند را در سطح کارکردی نشان می‌دهد.



شکل ۲. جایگاه مفهومی آزمایشگاه ملی جغرافیا در چارچوب پیشنهادی حکمرانی فضایی هوشمند (مأخذ: نگارنده یافته‌های پژوهش بر اساس OECD, 2024)

جدول ۴. تطبیق کارکردی مؤلفه‌های مرتبط با تجربه OECD با ابعاد چارچوب ایران‌محور پژوهش (مأخذ: یافته‌های پژوهش، با الهام و اقتباس مفهومی از OECD, 2024 & 2025)

کارکرد/ مؤلفه مشاهده‌شده در تجربه OECD	بعد متناظر در چارچوب پژوهش	نحوه زمینه‌مند شدن در ایران	وضعیت استفاده در پژوهش
هماهنگی و یکپارچه‌سازی اطلاعات ژئواسیاتیال	C6 سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسیاتیال	تأکید بر هماهنگی میان دستگاه‌های تولیدکننده و استفاده‌کننده داده و کاهش پراکندگی اطلاعات	حفظ و زمینه‌مند شده
تحلیل ژئواسیاتیال برای پشتیبانی از سیاست‌گذاری	C8 تحلیل سیاستی مبتنی بر مکان	تأکید بر استفاده از تحلیل‌های مکانی در فرایند تصمیم‌سازی عمومی	حفظ با بازتعریف متناسب با زمینه
حکمرانی و دسترسی به داده	C3 حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی	توجه به دسترسی، اشتراک‌گذاری، امنیت، مالکیت، و استفاده مسئولانه از داده	حفظ و زمینه‌مند شده
زیرساخت داده و قابلیت یکپارچه‌سازی	C2 زیرساخت داده‌های مکانی	انطباق با سطح موجود استانداردسازی، کیفیت، و قابلیت تبادل داده در ایران	حفظ و تعدیل شده
شبکه‌سازی میان ذی‌نفعان و نهادها	C7 اکوسیستم و مشارکت ذی‌نفعان	توجه به همکاری میان دستگاه‌های اجرایی، دانشگاه، بخش خصوصی، و سایر ذی‌نفعان	حفظ و زمینه‌مند شده
کاربرد فناوری‌ها و روش‌های نوین تحلیل مکانی	C5 و C9	در نظر گرفتن ظرفیت واقعی و قابل اتکای فناوری و تحلیل هوشمند در شرایط ایران	حفظ با سطح‌بندی مفهومی
تولید شواهد و بینش سیاستی از داده‌های مکانی	C8 و C10	تمرکز بر پیوند میان داده، تحلیل، و پیامدهای سیاستی بدون ادعای اعتبارسنجی اجرایی	حفظ در سطح مفهومی

همان‌گونه که جدول نشان می‌دهد، تجربه OECD در این پژوهش به عنوان یک الگوی نهادی آماده انتقال مورد استفاده قرار نگرفته است. آنچه از این تجربه استخراج شده، مجموعه‌ای از کارکردها و مؤلفه‌های مرتبط با هماهنگی داده، تحلیل ژئواسپیشال، شبکه‌سازی ذی‌نفعان، و پشتیبانی از سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان است. این مؤلفه‌ها پیش از ورود به فرایند نهایی فازی دلفی از منظر سه معیار سازگاری نهادی، سازگاری حقوقی-حکمرانی، و سازگاری داده‌ای-زیرساختی بازبینی شده و سپس در معرض ارزیابی خبرگان ایرانی قرار گرفته‌اند. بنابراین، رابطه میان تجربه OECD و چارچوب نهایی پژوهش رابطه «الهام مفهومی و زمینه‌مندشدن» است، نه رابطه انتقال مستقیم ساختار یا سازمان. همچنین، تخصیص یک مؤلفه OECD به یک بعد پژوهش به معنای یکسانی کامل مفاهیم نیست، بلکه بیانگر نزدیک‌ترین همخوانی کارکردی در چارچوب تحلیلی مطالعه حاضر است.

مقایسه نتایج با تجربه بریتانیا نیز نشان‌دهنده همگرایی قابل توجهی است. در بریتانیا، تأسیس Geospatial Commission و اجرای national data strategy موجب شکل‌گیری نظامی یکپارچه برای مدیریت داده‌های مکانی شده است. مشابه این تجربه ابعاد C1 و C6 در مدل حاضر نقش هدایت راهبردی و هماهنگی بین‌دستگاهی را بر عهده دارند. با این حال، برخلاف بریتانیا که زیرساخت نهادی نسبتاً تثبیت‌شده‌ای دارد، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در ایران نهادسازی و تنظیم‌گری داده همچنان پیش‌شرط اصلی توسعه حکمرانی فضایی هوشمند محسوب می‌شود. این تفاوت مستقیماً با معیار سازگاری نهادی قابل توضیح است: ساختار غیر متمرکز بریتانیا امکان تفویض اختیار به کمیسیون ژئواسپیشال^۱ را فراهم کرده، درحالی‌که ساختار متمرکز ایران پیش‌نیاز نهادسازی راهبری ملی (C1) را در اولویت قرار می‌دهد. تجربه سنگاپور نیز مؤید اهمیت فناوری‌های نوین در حکمرانی داده‌محور است. راهبرد smart nation با اتکا به دوقلوهای دیجیتال، اینترنت اشیا، و تحلیل‌های بلادرنگ توانسته است داده‌های مکانی را به یکی از ارکان اصلی مدیریت شهری تبدیل کند. یافته‌های پژوهش حاضر نیز اهمیت ابعاد فناوری‌های نوین جغرافیا (C5) و هوشمندسازی تصمیم‌گیری (C9) را تأیید می‌کند. با این حال، وزن بالاتر ابعاد نهادی در مدل ایران نشان می‌دهد که مسیر تحول کشور از مرحله نهادسازی و حکمرانی آغاز می‌شود و سپس به سمت هوشمندسازی پیشرفته حرکت خواهد کرد. در ژاپن نیز راهبرد society 5.0 بر ادغام فضای فیزیکی و سایبری از طریق داده‌های کلان، هوش مصنوعی، و سامانه‌های هوشمند تأکید دارد. اگرچه ابعاد C6 و C9 با اهداف این راهبرد هم‌سو هستند، تفاوت اساسی آن است که مدل ژاپن بر بستر نهادی و قانونی تثبیت‌شده شکل گرفته است؛ درحالی‌که نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در ایران حکمرانی راهبردی (C1) و حکمرانی داده (C3) باید پیش از توسعه گسترده فناوری‌های پیشرفته تقویت شوند. به طور کلی، مقایسه تطبیقی نتایج با تجربیات OECD، بریتانیا، سنگاپور، و ژاپن نشان می‌دهد که سه مؤلفه نهاد مرکزی تحلیل جغرافیا، حکمرانی داده، و رهبری راهبردی در تمامی الگوهای موفق نقش بنیادین دارند. با این حال، تفاوت اصلی ایران با کشورهای پیشرو در آن است که چالش‌های نهادی، حقوقی، و هماهنگی بین‌دستگاهی هنوز به طور کامل برطرف نشده‌اند. از این رو، چارچوب پیشنهادی این پژوهش را می‌توان الگویی مفهومی از مسیر گذار نهادی^۲ تلقی کرد که با ترسیم توالی و اولویت نسبی مؤلفه‌ها بر فراهم‌سازی و تقویت بسترهای نهادی، حکمرانی داده، و ظرفیت‌های تصمیم‌سازی فضایی پیش از استقرار و بهره‌گیری گسترده از فناوری‌های پیشرفته GeoAI تأکید دارد. بدین ترتیب، این چارچوب در پی ارائه یک الگوی اجرایی و تفصیلی برای سازمان‌دهی ساختار سازمانی آزمایشگاه ملی جغرافیا نیست، بلکه چارچوبی راهنما برای فهم منطق و توالی الزامات نهادی و سیاستی مورد نیاز در مسیر تحقق آن به شمار می‌آید. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که چارچوب پیشنهادی نه تنها از سازگاری تطبیقی مناسبی در مقایسه با تجارب بین‌المللی برخوردار است، بلکه با توجه به شرایط نهادی، حقوقی، و مدیریتی ایران چارچوبی بومی و اولویت‌بندی‌شده برای هدایت مطالعات و سیاست‌گذاری‌های آتی در حوزه حکمرانی فضایی هوشمند ارائه می‌کند؛ بدون آنکه مدعی ارائه یک الگوی اجرایی، سازمانی، یا حقوقی نهایی باشد. این ویژگی مهم‌ترین وجه تمایز چارچوب حاضر با الگوهای موجود بین‌المللی محسوب می‌شود.

1. geospatial commission

2. institutional transition pattern

نتیجه

یافته‌های حاصل از فرایند فازی دلفی، DEMATEL و DANP نشان می‌دهد که حکمرانی فضایی هوشمند در زمینه ایران را نمی‌توان صرفاً به توسعه فناوری‌های ژئواسپیشال، هوش مصنوعی مکانی، و زیرساخت‌های داده‌ای تقلیل داد. نتایج پژوهش بر اهمیت هم‌زمان ابعاد راهبردی، نهادی، حقوقی، داده‌ای، فناورانه، و تحلیلی تأکید دارد و نشان می‌دهد که هماهنگی میان این ظرفیت‌ها برای شکل‌گیری یک چارچوب منسجم حکمرانی فضایی اهمیت اساسی دارد. بر این اساس، فناوری در چارچوب حاضر نه به عنوان هدف نهایی بلکه به عنوان یکی از ظرفیت‌های توانمندساز در ارتباط با حکمرانی داده، رهبری راهبردی، ظرفیت نهادی، و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان در نظر گرفته می‌شود. از نظر روش‌شناختی، پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از فازی دلفی یک چارچوب پیشینی مشتمل بر ۶۲ شاخص را پالایش و زمینه‌مند کرد و در نهایت ۵۰ شاخص را در قالب ۱۰ بعد اصلی تثبیت کرد. سپس، روابط متقابل و ساختار علی-معلولی میان این ۱۰ بعد با استفاده از DEMATEL بررسی و اهمیت نسبی همین ۱۰ بعد با رویکرد DANP تعیین شد. بر اساس داده‌های موجود وزن‌دهی شاخص‌های فرعی در سطح ۵۰ شاخص به صورت مستقل با ANP یا DANP انجام نشده و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس ترکیب وزن بعد حاصل از DANP و وزن نسبی درون‌بعدی مبتنی بر نتایج فازی دلفی انجام شده است. از این‌رو، خروجی پژوهش باید در درجه نخست به عنوان یک اولویت‌بندی در سطح ابعاد کلان تفسیر شود. نتایج DEMATEL نشان داد که حکمرانی و رهبری راهبردی (C1) با مقدار خالص اثرگذاری (D-R=+1.162) در میان عوامل علی جایگاه برجسته‌ای دارد. این یافته نشان می‌دهد که جهت‌گیری راهبردی، هماهنگی بین‌دستگاهی، و ظرفیت راهبردی ملی از جمله عواملی هستند که می‌توانند بر سایر اجزای چارچوب اثرگذار باشند. در مقابل «اثربخشی و پیامدهای حکمرانی فضایی» (C10) با مقدار (D-R=-1.436) در انتهای طیف علی-معلولی قرار می‌گیرد و ماهیت پیامدی آن را در ساختار مورد مطالعه نشان می‌دهد. همچنین، «سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال» (C6) با مقدار برجستگی (D+R=7.850) بیشترین میزان تعامل را با سایر ابعاد داشته است. بنابراین، اهمیت C6 در نتایج حاصل از تحلیل DEMATEL بیش از آنکه ناظر بر وجود یک سازمان مشخص، نهاد معین، یا ساختار نهادی از پیش تعریف‌شده باشد، بیانگر جایگاه محوری و نقش اثرگذار این بُعد در شبکه روابط و تعاملات متقابل میان ابعاد مورد مطالعه است. نتایج DANP نیز نشان داد که سازکار هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال (C6)، حکمرانی و رهبری راهبردی (C1)، و حکمرانی داده و چارچوب‌های حقوقی (C3) به ترتیب با اوزان ۰.۱۷۶، ۰.۱۶۴، و ۰.۱۳۸ در سه رتبه نخست قرار دارند. این یافته‌ها بر اهمیت هماهنگی و یکپارچه‌سازی، جهت‌گیری راهبردی، و تنظیم روابط مرتبط با داده‌های مکانی در چارچوب حکمرانی فضایی هوشمند تأکید می‌کنند. در این میان، جایگاه بالای C6 نشان می‌دهد که ظرفیت هماهنگی میان داده‌ها، نهادها، و فرایندهای تحلیلی از اهمیت بالایی برخوردار است. بر همین اساس، مفهوم «آزمایشگاه ملی جغرافیا» در این پژوهش می‌تواند به عنوان یکی از ظرفیت‌های بالقوه برای تقویت بخشی از این کارکردها مورد توجه قرار گیرد. با این حال، یافته‌های پژوهش به طور مستقل ساختار سازمانی، جایگاه حقوقی، تقسیم وظایف یا الگوی اجرایی مشخصی برای چنین آزمایشگاهی تعیین نمی‌کند. از نظر نظری، سهم اصلی پژوهش در پیوند دادن چند جریان مطالعاتی شامل حکمرانی فضایی، حکمرانی داده، زیرساخت داده‌های مکانی، GeoAI، و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان در قالب یک چارچوب ایران‌محور است. در این چارچوب، تجربه OECD نه به عنوان الگویی آماده برای انتقال، بلکه به عنوان یک مرجع مفهومی برای شناسایی برخی مؤلفه‌ها و کارکردهای مرتبط با تحلیل ژئواسپیشال و سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان مورد استفاده قرار گرفته است. زمینه‌مند کردن این مؤلفه‌ها نیز بر مبنای سه معیار سازگاری نهادی، سازگاری حقوقی-حکمرانی، و سازگاری داده‌ای-زیرساختی انجام شد و این معیارها به عنوان متغیرهای مستقل یا ابعاد دارای وزن وارد محاسبات تصمیم‌گیری نشدند. از این‌رو، ارزش پژوهش در انتقال مستقیم تجربه OECD نیست، بلکه در بازبینی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های آن در پرتو شرایط مورد مطالعه در ایران قرار دارد. با توجه به یافته‌های پژوهش، از منظر سیاستی می‌توان استدلال کرد که توجه به هماهنگی بین‌دستگاهی، حکمرانی داده، رهبری راهبردی، توسعه ظرفیت انسانی، و تقویت زیرساخت‌های تحلیل مکانی می‌تواند از اولویت‌های مهم برای حرکت به سوی حکمرانی فضایی هوشمند در ایران باشد. در این میان، تقویت سازکارهای هماهنگی و یکپارچه‌سازی می‌تواند به ایجاد پیوند میان دستگاه‌های تولیدکننده و استفاده‌کننده از داده‌های مکانی کمک کند و ظرفیت‌هایی مانند آزمایشگاه ملی جغرافیا، در صورت فراهم شدن الزامات لازم، می‌تواند در آینده در

این حوزه مورد بررسی قرار گیرند. با این حال، این دلالت‌های سیاستی نباید به عنوان یک نقشه راه اجرایی آزمون‌شده یا برنامه‌نهایی استقرار آزمایشگاه تلقی شوند؛ زیرا پژوهش حاضر برای تعیین جزئیات سازمانی، حقوقی، بودجه‌ای، اجرایی، و زمانی چنین ساختاری طراحی نشده است. هم‌جهتی برخی نتایج DEMATEL و DANP از جمله جایگاه بالای برخی ابعاد مانند C1 و C3 و قرار گرفتن C8 و C10 در سطوح پایین‌تر از نظر تفسیری قابل توجه است. با این حال، این هم‌جهتی صرفاً به عنوان نشانه‌ای از سازگاری درونی و انسجام تفسیری نتایج دو مرحله مورد توجه قرار می‌گیرد و به عنوان اعتبارسنجی مستقل چارچوب تلقی نمی‌شود. علت این امر آن است که ساختار مورد استفاده در DANP بر مبنای ماتریس روابط حاصل از DEMATEL شکل گرفته است و بنابراین این دو مرحله از نظر مبنای محاسباتی مستقل نیستند. به همین دلیل، مشابهت میان نتایج این دو روش نمی‌تواند جایگزین یک ارزیابی مستقل از اعتبار بیرونی چارچوب شود. تحلیل حساسیت انجام‌شده در پژوهش نیز با اعمال تغییرات $\pm 10\%$ درصدی در اوزان نهایی پایداری نسبی رتبه‌های اول تا سوم را در سناریوهای آزمون‌شده نشان داد. این یافته بیانگر آن است که در دامنه محدود تغییرات مفروض سه بعد نخست جایگاه خود را حفظ کرده‌اند. با این حال، این تحلیل از نوع سناریویی و در سطح خروجی است و به بررسی حساسیت ساختار روابط اولیه خبرگان در ورودی DEMATEL نمی‌پردازد. بنابراین، نتایج حاصل از این تحلیل را باید صرفاً به عنوان شواهدی از ثبات نسبی رتبه‌بندی‌ها در سناریوهای مشخص‌شده تفسیر کرد و از تعمیم آن به عنوان اثباتی قطعی بر پایداری مطلق اوزان، استحکام نهایی چارچوب، یا استقلال نتایج از قضاوت‌های خبرگان اجتناب کرد. نتایج پژوهش باید با توجه به چند محدودیت تفسیر شوند. نخست، داده‌های تحلیلی بر قضاوت ۲۵ خبره منتخب و نمونه‌گیری هدفمند استوار است. از این رو، امکان سوگیری انتخاب و تفاوت در تجربه و دیدگاه اعضای پنل وجود دارد و تعمیم نتایج به کل نظام حکمرانی فضایی کشور باید با احتیاط انجام شود. دوم، نتایج DEMATEL و DANP ماهیتی قضاوت‌محور دارند و بنابراین می‌توانند تحت تأثیر ادراکات و تجربه تخصصی خبرگان قرار گیرند. سوم، تحلیل حساسیت اجراشده محدود به تغییرات مفروض در اوزان نهایی است و حساسیت ورودی‌های اولیه قضاوتی و تغییرات ساختار روابط در DEMATEL به صورت مستقل آزمون نشده است. چهارم، چارچوب حاصل در یک دستگاه اجرایی، استان، یا مسئله واقعی سیاست‌گذاری به صورت مستقل اعتبارسنجی نشده است. بنابراین، عملکرد آن در محیط واقعی و میزان قابلیت تعمیم آن هنوز نیازمند بررسی تجربی است. پنجم، هرچند نتایج محاسباتی اصلی و ماتریس‌های مورد استفاده در پیوست‌ها ارائه شده‌اند، ارائه کامل تمامی داده‌های خام قضاوتی خبرگان در متن اصلی محدود بوده است. افزون بر این، پژوهش ماهیتی مقطعی دارد و تغییرات زمانی در روابط میان ابعاد و تحولات احتمالی در شرایط نهادی، داده‌ای، و فناوری را در بر نمی‌گیرد. با توجه به این محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی از پنل‌های خبرگی بزرگ‌تر و متنوع‌تر، روش‌های پیشرفته‌تر تحلیل حساسیت، داده‌های تجربی و واقعی، و مطالعات موردی در مقیاس‌های مختلف استفاده کنند. اجرای چارچوب در یک مسئله مشخص سیاست‌گذاری، یک سازمان، یا یک مقیاس فضایی معین می‌تواند امکان ارزیابی تجربی عملکرد آن را فراهم سازد. همچنین، پژوهش‌های آینده می‌توانند روابط میان ۵۰ شاخص فرعی را به صورت مستقل و در قالب یک ساختار شبکه‌ای کامل بررسی کنند تا تفاوت میان وزن‌های سطح ابعاد و وزن‌های سطح شاخص‌ها با دقت بیشتری آشکار شود. مقایسه نظام‌مندتر با سایر تجربه‌های بین‌المللی نیز می‌تواند به روشن‌تر شدن ابعاد زمینه‌ای و نهادی حکمرانی فضایی هوشمند کمک کند. در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که حرکت از مدیریت پراکنده داده‌های مکانی به سوی حکمرانی فضایی هوشمند در ایران صرفاً یک تحول فناورانه نیست، بلکه فرایندی چندبعدی است که به تعامل میان رهبری راهبردی، حکمرانی داده، هماهنگی و یکپارچه‌سازی ژئواسپیشال، زیرساخت‌های داده‌ای، ظرفیت انسانی، و فناوری‌های نوین نیاز دارد. چارچوب ارائه‌شده با اولویت‌بندی ۱۰ بعد اصلی و تبیین روابط میان آن‌ها تصویری منسجم از اهمیت نسبی این ظرفیت‌ها در زمینه ایران فراهم می‌کند. در این چارچوب، آزمایشگاه ملی جغرافیا را می‌توان یک ظرفیت بالقوه برای تقویت برخی کارکردهای هماهنگی، تحلیل و پیوند میان داده، و سیاست‌گذاری دانست. با این حال، تعیین شکل و جایگاه واقعی چنین ظرفیتی نیازمند بررسی‌های نهادی، حقوقی، اجرایی، و تجربی مستقل است. از این رو، دستاورد اصلی پژوهش حاضر نه ارائه یک الگوی سازمانی نهایی، بلکه فراهم کردن یک چارچوب مفهومی، ایران‌محور، و اولویت‌بندی‌شده برای ادامه پژوهش و گفت‌وگوی علمی و سیاستی درباره الزامات حکمرانی فضایی هوشمند است.

منابع

- شهیدی‌نژاد، م. ج.، آل‌شیخ، ع. ا.، و کلانتری اسکویی، ع. (۱۳۹۴). ارزیابی زیرساخت داده‌های مکانی ملی با استفاده از مدل BSC. نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، ۵(۳)، ۱۵۱-۱۶۴.
- کلانتری اسکویی، ع.، مدیری، م.، آل‌شیخ، ع. ا.، و حسینی، ر. (۱۳۹۵). ارزیابی زیرساخت اطلاعات مکانی ملی ایران بر اساس مدل آمادگی SDI. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۵(۹۹)، ۴۳-۵۷.
- شهیدی‌نژاد، م. ج.، آل‌شیخ، ع. ا.، و کلانتری اسکویی، ع. (۱۳۹۴). ارزیابی زیرساخت داده‌های مکانی ملی با استفاده از مدل BSC. نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، ۵(۳).
- کلانتری اسکویی، ع.، مدیری، م.، آل‌شیخ، ع. ا.، و حسینی، ر. (۱۳۹۳). ارائه‌ی چارچوبی برای ارزیابی ریسک در سامانه‌ی اطلاعات مکانی (GIS) و زیرساخت داده‌های مکانی (SDI) بخشی بر اساس منطق فازی. دوفصلنامه مدیریت بحران، ۳(۱).
- داداش‌پور، ه. و شجاعی، د. (۱۴۰۱). نابرابری فضایی و رابطه‌ی مرکز-پیرامون در ایران: ارائه‌ی یک مدل نظری با استفاده از روش نظریه‌پردازی لینهام. مجله علمی آمایش سرزمین، ۱۴(۱)، ۲۵-۵۹.
- سعیدی رضوانی، ه. و نوریان، ف. (۱۳۹۳). «شهرسازی عدالت‌محور»: رهیافتی پیشرو در برنامه‌ریزی شهری. نشریه مطالعات شهری، ۱۲، ۴۷-۵۸.
- زیاری، ک. و یوسفی، ث. (۱۴۰۵). تحلیل فضایی بازسازی شهری ایران از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۹۵، ۹۱-۱۱۱.
- Ahmadi, M., Hosseini, R., & Naderi, A. (2023). Application of machine learning and remote sensing data in monitoring land subsidence in Iran. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 15(2), 45–61. (in Persian)
- Shahidinejad, M. J., Alesheikh, A. A., & Kalantari Oskouei, A. (2015). Assessment of the national spatial data infrastructure using the BSC model. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 5(3), 151–164.
- Batty, M. (2022). *The computable city: Histories, technologies, stories, predictions*. MIT Press.
- Cabinet Office of Japan (2023). *Society 5.0 implementation strategy 2023*. Government of Japan.
- Caprotti, F. & Liu, D. (2022). Platform urbanism and the Chinese smart city: The co-production and territorialisation of Hangzhou City Brain. *GeoJournal*, 87(3), 1559–1573. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10320-2>
- ESPON (2022). *Territorial evidence supporting European territorial cohesion*. ESPON EGTC.
- European Commission (2021). *Territorial cohesion: Supporting balanced development across Europe*. Publications Office of the European Union.
- Faludi, A. (2018). *The poverty of territorialism: A neo-medieval view of Europe and European planning*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788973618>
- Habibi, K., Rahnama, M. R., & Tavakoli, N. (2020). Spatial planning challenges and regional inequalities in Iran. *Geographical Research Quarterly*, 35(2), 45–62. (in Persian)
- Hooghe, L. & Marks, G. (2023). *Multilevel governance and European integration*. 2nd ed. Rowman & Littlefield.
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625–636. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>
- Kalantari Eskouei, M., Hosseini, S. A., & Ahmadi, H. (2019). Assessment of Iran's national spatial data infrastructure (NSDI) readiness based on international models. *Journal of Geographical Information Systems of Iran*, 11(2), 45–62. (in Persian)
- Kitchin, R. (2021). *Data lives: How data are made and shape our world*. Bristol University Press.
- Li, W., Wang, S., & Zhang, X. (2023). GeoAI applications for smart governance and urban analytics: A review of emerging practices. *Computers, Environment and Urban Systems*, 99, 101913.
- Mansourian, A. & Valadan Zoej, M. J. (2008). Developing national spatial data infrastructure in Iran: Challenges and opportunities. *Journal of Spatial Science*, 53(2), 45–58.
- Meijer, A. & Rodríguez Bolívar, M. P. (2016). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392–408. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>
- National Research Council (2022). *Advancing geospatial data and intelligence for national resilience*. National Academies Press.
- Nouri, S., Karimi, M., & Mohammadi, F. (2024). Drought modeling using deep learning and satellite data. *Environmental Research Quarterly*, 18(1), 77–95. (in Persian)
- OECD (2023). *Place-based policy intelligence for sustainable regional development*. Organisation for Economic Co-operation and Development.

- (2024a). *Building place-based policy intelligence: The role of geospatial data and analytics*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- (2024b). *Data governance in the public sector: Strengthening access, sharing and use*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- (2025). *Building data together: Proceedings of an OECD Geospatial Lab workshop*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/725f7274-en>
- OECD. (n.d.). *The OECD Laboratory for Geospatial Analysis*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/en/about/programmes/the-oecd-laboratory-for-geospatial-analysis.html>
- OECD. (2024b). *Data governance in the public sector: Strengthening access, sharing and use*. OECD Publishing.
- Peldon, D., Banihashemi, S., Le Nguyen, K., & Derrible, S. (2024). Navigating urban complexity: The transformative role of digital twins in smart city development. *Sustainable Cities and Society*, 111, 105583. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105583>
- Rajabifard, A., Kalantari, M., & Williamson, I. P. (2021). Spatial data infrastructures and data governance for sustainable development. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 15, 1–18.
- Rajabifard, A., Williamson, I. P., & Feeney, M. E. F. (Eds.). (2003). *Developing spatial data infrastructures: From concept to reality*. CRC Press.
- Rodríguez-Pose, A. (2018). The revenge of the places that don't matter (and what to do about it). *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 11(1), 189–209. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsy024>
- Saeedi Rezvani, M., Hosseini, S. A., & Zare, M. (2022). Regional development policies and spatial justice in Iran. *Iranian Journal of Regional Planning*, 12(4), 79–98. (in Persian)
- Saudi Vision 2030 (2024). *Vision 2030 annual report 2024*. Kingdom of Saudi Arabia.
- Scott, W. R. (2014). *Institutions and organizations: Ideas, interests, and identities*. 4th ed. SAGE Publications.
- UK Geospatial Commission. (2023). *UK geospatial strategy 2030*. UK Government.
- United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). (2024). *Future geospatial information ecosystem*. United Nations.
- (2020). *Integrated geospatial information framework: Part 1—Overarching strategy*. United Nations.
- Ziari, K., Mahdavi, M., & Gharakhlou, M. (2021). Spatial inequality and regional planning in Iran: Challenges and prospects. *Geographical Studies Quarterly*, 40(1), 21–39. (in Persian)