University of Guilan

Urban Planning Knowledge

ISSN: 2645-5412

Analyzing the Hidden Structures of Spatial Intelligence and the Formation of Local Communities: A usage of Space Syntax in the Central Fabric of Bojnord City

Mostafa Behzadfar [1], **Atefeh Sedaghati** [2*]

1. Professor, Department of Urban Design & Planning, Faculty of Urbanism, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran
2. Postdoctoral Researcher, Department of Urban Design & Planning, Faculty of Urbanism, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

Highlights:

This study uncovers the hidden layers of spatial intelligence embedded within the road network of Bojnord's central urban fabric.

Space syntax analysis (using axial mapping and Depthmap) reveals four structural dimensions of the network: global integration, movement flows, local connectivity, and geometric configuration.

ARTICLE INFO

UPK, 2026
VOL. 10, Issue 1, PP, 36-55
Received: 14 Nov 2025
Accepted: 05 Jun 2026

Article Type:
Research article

Keywords: Spatial intelligence; roads syntax analysis; Axial map; Urban neighborhoods

Cite this article:
Behzadfar, M., Sedaghati, A. (2026). Analyzing the Hidden Structures of Spatial Intelligence and the Formation of Local Communities: A usage of Space Syntax in the Central Fabric of Bojnord City. Urban Plan Knowl, 10(1), 36-55.

DOI:
10.22124/UPK.2026.32273.2089

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: In contemporary urban design, the role of spatial configuration in shaping local interactions and fostering urban communities has gained increasing attention. The concept of spatial intelligence reflects the ability of urban space to guide behavior, movement, and social interaction—an area that still requires extensive investigation at both urban and neighborhood scales. This study aims to uncover the hidden structures of spatial intelligence and examine their relationship with the formation of local communities in the city of Bojnord.
Methodology: Street-network data for the central urban fabric of Bojnord were processed using the Space Syntax method and Depthmap software. Network indicators were analyzed across four main categories: (1) movement and accessibility, (2) routes and flow, (3) local and network properties, and (4) geometric characteristics, forming a comprehensive analytical framework for interpretation.
Results: The results reveal that segments with high integration, accessibility, and choice values constitute the core of the network, guiding major movement flows and shaping residents' social interactions. Secondary segments with moderate levels of connectivity and control create localized nodes of sociability at the neighborhood scale. A comparative analysis with the city's neighborhood map indicates that areas adjacent to the primary urban corridors benefit most from spatial integration and network connectivity, whereas peripheral neighborhoods play a more limited role. After generating the axial map and conducting the initial analysis of connectivity and line length, the next stage involved performing graph analysis in Depthmap. Through this process, the complete spatial graph of the street network was generated, and an analytical table containing configurational metrics and related variables was obtained (Table 1).

***Corresponding Author:** atefeh_sedaghati@mail.iust.ac.ir

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ISSN: 2645-5412

This table served as the basis for a more detailed examination of the hidden relational structures within the spatial network and for assessing the role of each line in shaping movement patterns and the formation of local communities in the central urban fabric of Bojnord.

Table 1. Graph Analysis of the Central Urban Fabric of Bojnord

Attribute	Minimum	Average	Maximum
Choice R2	0	494.272	8892
Choice [Norm] R2	0	0.00227124	0.0567308
Connectivity	0	142.937	565
Control	0.0755556	0.999426	2.97365
Controllability	0.026455	0.210617	1
Entropy R2	0.182935	0.713067	1.04776
Harmonic Mean Depth R2	35.2174	321.003	1031.79
Integration [HH] R2	1.69825	8.17055	13.0109
Integration [P-value] R2	1.69825	8.17055	13.0109
Integration [Tekl] R2	0.758654	0.920418	1
Intensity R2	0.263716	0.940924	3.66718
Line Length	16.5071	612.256	3168.17
Mean Depth R2	1	1.78823	1.97354
Node Count R2	1	638.21	1445
Relativised Entropy R2	0.221348	1.97898	2.66791

Discussion: A These patterns reflect the embedded spatial intelligence of the urban fabric, indicating that the street network and built form can autonomously organize daily movement, social flows, and local interactions without relying solely on institutional decisions or advanced technologies. The comparative analysis of the street network in the central fabric of Bojnord and the existing neighborhood map demonstrates that neighborhoods located adjacent to major urban corridors, such as Shahid Taleghani, Imam Khomeini, and Shahid Beheshti, contain a substantial portion of the core street network and exhibit the highest levels of spatial integration, accessibility, and network connectivity. Owing to their strategic location along these principal corridors, these neighborhoods play a central role in shaping movement flows and local social interactions. Their main streets predominantly appear within the red and orange ranges of the axial map, indicating a high degree of spatial significance (e.g., Shariati-e Shomali, Chaharshanbeh Bazaar, Ghiam, and Jajarmi neighborhoods). In contrast, neighborhoods located at a relative distance from these primary corridors, represented by the blue spectrum of the axial map, benefit less from spatial integration and network connectivity. Consequently, they play a more limited role in directing everyday movement flows and fostering local social interactions (e.g., Dehkhoda, Mirza Kuchak Khan, and Energy neighborhoods). This pattern demonstrates that the spatial configuration of the central street network not only identifies the principal urban corridors and the core movement structure but also highlights the functional differentiation among neighborhoods based on their relative positions within the network. These findings provide a valuable basis for identifying local sociability hotspots and guiding urban design interventions aimed at strengthening neighborhood-level connectivity and enhancing social cohesion.

Conclusion: The findings highlight the latent spatial intelligence embedded within the central urban fabric of Bojnord and demonstrate that the street-network structure, even in the absence of smart technologies, possesses an inherent capacity to facilitate social interaction and strengthen neighborhood cohesion. The study provides a practical analytical framework for identifying urban potentialities and supporting sustainable, context-sensitive urban regeneration strategies. The spatial analysis, when overlaid with the neighborhood map, indicates that neighborhoods adjacent to major corridors such as Taleghani, Imam Khomeini, and Shahid Beheshti exhibit the highest levels of accessibility and network connectivity, thereby playing a central role in local social flows and neighborhood activities. In contrast, peripheral neighborhoods with lower spatial indices benefit less from these advantages and possess a more limited capacity to foster social interaction. These findings suggest that the spatial structure of traditional and medium-sized Iranian cities, such as Bojnord, holds considerable potential for strengthening local communities and facilitating sustainable urban regeneration. Compared with previous studies conducted in historic Iranian cities and international contexts, the primary contribution of this research lies in the explicit linkage it establishes between quantitative spatial-configuration indicators, street-network structure, and the latent spatial intelligence embedded in social interactions and urban movement patterns. The findings demonstrate that even within traditional urban fabrics, and in the absence of advanced technologies, spatial configurations themselves can generate a form of urban intelligence. This provides a robust basis for targeted planning and urban design interventions aimed at enhancing social cohesion and improving overall urban performance.

ISSN: 2645-5412

تحلیل ساختارهای پنهان هوشمندی فضایی و شکل‌گیری اجتماعات محلی؛ کاربرد روش چیدمان فضا در بافت مرکزی شهر بجنورد

مصطفی بهزادفر [۱]، **عاطفه صداقتی** [۲*]

۱. استاد، گروه شهرسازی، دانشکده شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۲. پژوهشگر پست دکتری شهرسازی، گروه شهرسازی، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران، ایران

نکات برجسته:

این مطالعه، لایه‌های پنهان هوش فضایی نهفته در شبکه معابر بافت مرکزی شهر بجنورد را آشکار می‌سازد.

تحلیل چیدمان فضا (با استفاده از نقشه‌برداری محوری و نرم‌افزار Depthmap چهار بعد ساختاری شبکه را نمایان می‌کند: یکپارچگی سراسری، جریان‌های حرکتی، اتصال محلی و پیکربندی هندسی.

اطلاعات مقاله

دانش شهرسازی، ۱۴۰۵

دوره ۱۰، شماره ۱، صفحات ۵۵-۳۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۵

نوع مقاله:

پژوهشی

کلید واژه‌ها تحلیل چیدمان مسیرها، محلات شهری، نقشه محوری، هوشمندی فضایی.

ارجاع به این مقاله:

بهزادفر، مصطفی، صداقتی، عاطفه. (۱۴۰۵). تحلیل ساختارهای پنهان هوشمندی فضایی و شکل‌گیری اجتماعات محلی؛ کاربرد روش چیدمان فضا در بافت مرکزی شهر بجنورد، دانش شهرسازی، ۱۰(۱)، ۳۶-۵۵.

DOI:
10.22124/upk.2026.32273.2089

چکیده

بیان مسئله: در طراحی شهری معاصر، نقش چیدمان فضایی در شکل‌گیری تعاملات محلی و اجتماعات شهری اهمیت زیادی دارد. مفهوم «هوشمندی فضایی» نشان‌دهنده توانایی فضا در هدایت رفتار، تعامل و حرکت ساکنان است، آنچه در بررسی در مقیاس شهری و محله‌ای هنوز جای مطالعه بسیار دارد.

هدف: این پژوهش با هدف کشف ساختارهای پنهان هوشمندی فضایی و بررسی رابطه آن با شکل‌گیری اجتماعات محلی در شهر بجنورد انجام شد.

روش: داده‌های شبکه معابر بافت مرکزی از طریق روش چیدمان فضا و نرم‌افزار دپس‌مپ پردازش شدند و شاخص‌های شبکه‌ای در چهار دسته اصلی شامل حرکتی و دسترسی، مسیر و جریان، محلی و شبکه، و هندسی تحلیل گردیدند.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهند که محورهای با یکپارچگی و دسترسی و انتخاب مسیر بالا، هسته مرکزی شبکه را شکل می‌دهند و جریان‌های حرکتی و تعاملات اجتماعی ساکنان را هدایت می‌کنند؛ محورهای فرعی با اتصالات محلی و کنترل متوسط نقاط اجتماع‌پذیر محله‌ای را ایجاد می‌کنند. تحلیل تطبیقی با نقشه محلات نشان می‌دهد که محلات مجاور محورهای اصلی، بیشترین بهره‌مندی از شبکه و هم‌پیوندی فضایی را دارند، در حالی که محلات پیرامونی از نقش محدودتری برخوردارند. این الگوها بیانگر هوشمندی فضایی نهفته در بافت است؛ یعنی شبکه معابر و ساختار کالبدی بافت می‌تواند خود به‌صورت توزیع‌شده، جریان‌های اجتماعی، حرکت روزمره و تعاملات محلی را هدایت و هماهنگ کند، بدون آنکه تماماً تابع تصمیمات نهادی یا فناوری‌های نوین باشد.

نتیجه‌گیری: این نتایج، هوشمندی فضایی نهفته در بافت مرکزی شهر را برجسته می‌کند و نشان می‌دهد که ساختار شبکه معابر، حتی بدون فناوری‌های پیشرفته، قابلیت هدایت تعاملات اجتماعی و تقویت پیوند محله‌ای را دارد. پژوهش حاضر ابزاری عملی برای شناسایی ظرفیت‌های بالقوه شهری و طراحی بازآفرینی پایدار شهری فراهم می‌آورد.

نویسنده مسئول: atefeh_sedaghati@mail.iust.ac.ir

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

این مقاله برگرفته از دوره پسا دکتری نویسنده دوم با عنوان «مسکن هوشمند و نقش ترجیحات فرهنگی در تغییر الگوی تعامل اجتماعی محله» در دانشگاه علم و صنعت ایران به راهنمایی نویسنده اول، انجام شده است.

بیان مسئله

در دهه‌های اخیر، مفهوم هوشمندی در شهر بیشتر با فناوری دیجیتال پیوند خورده (Jalali, Pourjafar, Safavi & Ranjbar, 2025: 183; Waziri, Bani Khalifi & Mofidi Shemirani, 2024; Anabestani, Kalantari & Niknami, 2024; 71 ;Schneider, 2020 & Stübinger Sarker, 2022)، اما در واقع نوعی هوشمندی فضایی و اجتماعی نیز در بطن ساختارهای کالبدی وجود دارد (Acedo, Painho, Casteleyn & Roche, 2018; Komninos, 2011: 172) که به تعامل انسان و فضا شکل می‌دهد. در این چارچوب، بافت‌های میانی شهرها اغلب حامل ردپای این هوشمندی پنهان‌اند، جایی که سازمان فضایی و روابط اجتماعی به‌طور طبیعی هم‌زیستی (Hannachi & Pour Sarrajian, 2014: 159; Kalantari & Pour Ahmad, 2006: 24; Sultanzadeh, 2006) پیدا کرده‌اند. رابطه انسان و محیط نه صرفاً به معنای کنش‌های فیزیکی در یک فضا، بلکه به عنوان فرایندی پیچیده، پویا و چندلایه، مطمح نظر قرار می‌گیرد که حاصل برهم‌کنش عناصر کالبدی، فعالیت‌های انسانی و معانی ذهنی است. آنچه در نظریه‌های شهری و روانشناسی محیطی، مورد بحث و بررسی قرار دارد؛ مثلاً از نگاه نظریه مکان کانتر، مکان تنها یک فضای فیزیکی نیست بلکه پدیده‌ای اجتماعی– فرهنگی است که تعامل مستمر میان کالبد، فعالیت و تصورات را سبب می‌گردد. در واقع، در چنین تعریفی از مکان، تجربه زیسته افراد از طریق حضور در فضا، انجام فعالیت و درک ذهنی، معنا می‌یابد (Hedayatian & Einifar, 2025: 4). با وجود اهمیت این لایه‌های فضایی، در بسیاری از مطالعات شهری ایران ازجمله در شهر بجنورد، تحلیل‌های کالبدی و اجتماعی و ادراک‌های ذهنی شهروندی، جدا از هم انجام می‌شود و پیوند آن‌ها کمتر مورد واکاوی قرار گرفته است. در نتیجه، پویایی فضاهایی که به‌طور طبیعی بستر شکل‌گیری اجتماعات محلی هستند، در سیاست‌گذاری‌های شهری نادیده می‌ماند. این پژوهش با هدف کشف ساختارهای پنهان هوشمندی فضایی و تبیین رابطه آن با شکل‌گیری اجتماعات محلی در بافت مرکزی شهر بجنورد انجام شده‌است.

از دیگر سو، در جهان امروزی، توسعه نه از برون بلکه در درون شکل می‌یابد و اهمیت شهرها به عنوان بستر عینی این واقعیت به امری انکارناپذیر تبدیل گشته است. در واقع، نیاز است تا توسعه از دل شهرها بیش از پیش مورد توجه برنامه‌ریزان و طراحان شهری قرار بگیرد و دامنه‌ی این توسعه، با تقلیل نظری به واژه رشد و گسترش شهری، به اراضی بکر پیرامون شهرها، کشیده نشود. شهر بجنورد برخلاف توسعه منسجم وفشرده در بافت میانی شهر، به یکباره با رشد فزاینده به محیط طبیعی پیرامونی خود، مواجه است. آنچنان که طبق پژوهش صداقتی و همکاران (Sedaghati, madahi & talebkhah, 2021: 1582)، از طریق تشکیل ماتریس زنجیره مارکوف و نقشه‌های ایجادشده کلاس کاربری‌ها در سالهای ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱، و پیش‌بینی و مدلسازی کاربری زمین شهر بجنورد در افق سال ۲۰۳۱، شهر بجنورد دارای رشد شهری پراکنده به بافت پیرامون خود همراه با تغییر کاربری مداوم، است. این در حالی است که شهر بجنورد و به ویژه بافت مرکزی آن، پتانسیل مناسبی برای بهره‌مندی از توسعه مجدد و توسعه درونزا یا طراحی‌های میان‌افزا دارد.

مراکز شهری، عنصر حساس هر شهر هستند و بافت مرکزی هر شهر درواقع کانون هر تغییر و تحولی در گذر زمان، بر شهر و مردمان ساکن در آن است. این بخش، واجد پیچیدگی ناشی از قرارگیری و تمرکز فعالیت‌های گوناگون در کنار هم و در فضایی نسبتاً محدود است. هیلیر (۱۹۷۱)، در نظریه چیدمان فضایی خود، به ماشین بودن فضا می‌اندیشد و بستری برای درک روابط شهری و ساختار و استخوانبندی اصلی شهرها و ریخت شناسی آن مهیا می‌سازد که براساس روابط اجتماعی حاکم در شهر به‌ویژه در معابر اصلی و هم‌پیوندتر شهر است (Ashrieh, Valipour & Amiri, 2016: 430). در این روش، فرم شهر نمایانگر نه‌تنها کالبد شهر بلکه فرایندهای غیر کالبدی (اقتصادی، اجتماعی و سیاسی) نمودیافته در کالبد تلقی می‌گردد و در آن شبکه معابر شهری، از اجزای مهم و پایدار آن، محسوب می‌گردد (Afaghpoor & Badr, 2022). در واقع این روش پیکره‌بندی، ترکیب‌بندی و ساخت شهر را هم‌زمان به‌صورت کمی تحلیل می‌نماید که می‌تواند بستری برای تحلیل‌های کیفی شهری باشد.

در این راستا، از روش «چیدمان فضا» به‌عنوان ابزاری تحلیلی برای فهم الگوهای پیوند، نفوذپذیری و مرکزیت فضاها استفاده شده است. بافت مرکزی بجنورد به‌عنوان ناحیه‌ای در حال گذار میان بافت سنتی و جدید، واجد پیچیدگی‌های اجتماعی و فضایی خاصی است. حضور الگوهای هم‌زیستی محلی، ترکیب فضاهای عمومی و نیمه‌خصوصی، و تغییر تدریجی در نظام معابر، این محدوده را به نمونه‌ای مناسب برای تحلیل رابطه فضا و اجتماع بدل کرده است. نوآوری این مقاله در آن است که هوشمندی فضایی را نه به‌عنوان نتیجه مداخله فناورانه، بلکه به‌مثابه کیفیتی درون‌زا در سازمان فضایی شهر می‌نگرد. بدین‌ترتیب، نتایج این پژوهش می‌تواند به درک عمیق‌تر از ظرفیت‌های کالبدی برای بازآفرینی اجتماع‌محور در شهرهای میانی [ایران] کمک کند.

مبانی نظری

درک هوشمندی فضایی و شکل‌گیری ساختارهای شهری و اجتماعات محلی

در ساختار شهرهای سنتی و تاریخی ایران، فضاها و عناصر شهری در ارتباطی نسبتاً منسجم با شبکه‌ی ارتباطی پیرامون خود شکل گرفته‌اند. این نظم فضایی، حاصل تعامل میان کالبد و فرهنگ است؛ زیرا شکل‌گیری فضاها و مسیرها در پیوندی مستقیم با الگوهای رفتاری و نظام ارزشی جامعه انجام می‌گرفت. در چنین شهرهایی، رشد و دگرگونی کالبدی نه بر پایه‌ی تصمیمات سریع یا نیازهای زودگذر، بلکه در روندی تدریجی و هماهنگ با تحولات مادی و معنوی ساکنان تحقق می‌یافت (Sultanzadeh, 2006: 29).

در عصر حاضر، شهرها با حجم وسیعی از داده‌ها و فعالیت‌های پیچیده روبه‌رو هستند و مدیریت سنتی و خطی آن‌ها پاسخگو نیست. مفهوم شهر هوشمند، با محوریت هوشمندی فضایی[1]، چارچوبی برای سازماندهی فضاها و فعالیت‌های شهری ارائه می‌دهد تا کیفیت زندگی و تاب‌آوری بلندمدت شهر حفظ شود. هوشمندی فضایی شامل فرآیندهای شناختی و اطلاعاتی مانند جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، پیش‌بینی، هشدارهای بلادرنگ، یادگیری، هوش جمعی و حل مسئله توزیع‌شده است و به‌وسیله علوم اطلاعات جغرافیایی[2] پشتیبانی می‌شود که وظیفه فراهم کردن چارچوب نظری و ابزارهای عملی برای تحلیل و نمایش داده‌ها را بر عهده دارند. این هوشمندی امکان ایجاد هماهنگی میان جنبه‌های فضایی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی شهر و میان ساکنان آن را فراهم می‌کند و با بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال و مدل‌سازی فضایی، امکان تحلیل و تصمیم‌گیری دقیق برای توسعه پایدار فراهم می‌آید (Gruen, 2013: 3-6). تحلیل بافت‌های شهری به عنوان واحدهای بنیادی و کوچک مقیاس، یکی از مهم‌ترین مسیرها برای درک هوشمندی فضایی در ساختار شهرها است. رویکردهای نوین بر اساس تحلیل شبکه‌ای و دیدگاه پیاده، امکان شناسایی انواع بافت و زیرفضاهای شهری و بررسی سازمان فضایی آن‌ها را فراهم می‌کنند. برای نمونه، استفاده از شاخص‌های خیابان، تحلیل ژئواستاتیکی[3] و خوشه‌بندی بیزی[4] به محققان اجازه می‌دهد تا الگوهای فضایی و تعاملات میان فضاها و مسیرها را به صورت کمی و دقیق ارزیابی کنند (Araldi & Fusco, 2019). در همین راستا، ترکیب تحلیل کمی چیدمان فضا[5] و کیفی شناخت فضایی[6] نشان می‌دهد که هوشمندی فضایی شهری نه تنها در ساختار کالبدی، بلکه در تعامل ساکنان با فضا و تصمیمات حرکتی آن‌ها تجلی می‌یابد (Esposito, Santoro & Camarda, 2020: 1-2). بنابراین، آنچه می‌توان از سایر پژوهش‌ها نیز آموخت و به کاربست این است که ساختار فضایی در شهرها و سکونتگاه‌ها منعکس‌کننده نظم اجتماعی است و انواع مختلف الگوهای فضایی، حاصل تعامل بین فرم‌های ساختمانی و الگوهای سکونت، با بنیان نظری و شناخت اجتماعی شکل می‌گیرند (Hillier, Leaman, Stansall & Bedford, 1976). شهرها، چه ارگانیک و چه هندسی، توسط شهود هندسی انسان شکل می‌گیرند و درک ساختار و عملکرد آن‌ها بدون توجه به الگوهای هندسی نهفته در فضا ممکن نیست (Hillier, 2012). به عنوان مثال، تحلیل چیدمان فضا در مرکز شهر کلکته، نشان می‌دهد ساختار فضایی نامنسجم می‌تواند به افت پویایی اجتماعی و تداوم زوال کالبدی منجر شود (Chakraborty & Dey, 2024). مطالعه‌ی دیگری در فوجو[7] (چین) اثبات می‌کند که افزایش اتصال فضاها تجربه عمومی در محله را بهبود می‌بخشد، تقویت محور اصلی محله تأثیر آن را در سطح گسترده‌تر افزایش می‌دهد، و استفاده محافظتی از ساختمان‌های تاریخی همراه با بهبود امکانات خدماتی باعث افزایش حیات شهری می‌شود (Fu, Tang, Zeng, Feng & Wu, 2025). در ایران نیز مطالعات بسیاری از روش چیدمان فضا استفاده کرده‌اند که البته کاربرد و هدف‌های متفاوتی داشته‌اند. از جمله در شهر قزوین، مولفه‌های چیدمان فضا بر کیفیت تعاملات اجتماعی در فضاهای تجاری سنتی و مدرن مؤثرند، با این تفاوت که در بازار سنتی عواملی مانند هم‌پیوندی، عمق و انتخاب نقش بیشتری دارند و در مجتمع‌های تجاری مدرن وضوح، اتصال و دسترسی اثرگذارتر هستند(beigmohammadi, charkhcian & Soheili, 2025). مطالعه دیگری در ارومیه، در نتایج خود اشاره می‌دارد که تحلیل ساختارهای فضایی می‌تواند الگوهای نابرابری را شناسایی و بازطراحی فضایی شهر را هدایت کند (Hosseinzadeh, Naghibi & Abedini, 2026). در نمونه بافت قدیم و جدید شهر سبزوار، نیز نشان داده می‌شود که هسته تاریخی شهر سبزوار دارای هم‌پیوندی و عمق فضایی متوسط است که در دوره‌های تاریخی بعدی شهر، با تخریب بازار و احداث خیابان‌های مختلف، از ساختار منسجم بازار به‌عنوان هم‌پیوندترین فضای شهری، کاسته شده‌است (Soltanifard, Hataminezhad, Abbaszadrgan & Pourahmad, 2015: 163,164). در نمونه زنجان، تجزیه و تحلیل نتایج و مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که

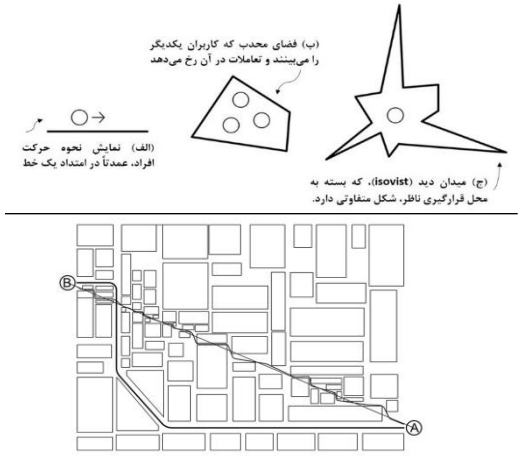
1. Spatial Intelligence
2. Geo-Spatial Information Sciences
3. geostatistical analysis
4. Bayesian clustering
5. Space Syntax
6. Spatial Cognition
7. Fuzhou

معابر مورد بررسی در برخی از شاخص‌های کلیدی (مانند یکپارچگی فضایی و اتصال) با طرح تفصیلی مصوب مطابقت ندارند و این می‌تواند به دلیل ناکارآمدی طرح تفصیلی در پیش‌بینی نیازهای واقعی باشد. در همین پژوهش، برخی از خیابان‌ها دارای محدودیت‌هایی در عرض، ناهماهنگی در کیفیت معابر و ضعف در اتصال با جاده‌های اصلی شناخته شده‌اند (Norouzi, Ardalan & Khatibi, 2025: 57). همچنین کاربست روش چیدمان فضا در نمونه خانه‌های بندر کنگ، هویدا می‌سازد که می‌توان درجه هم‌پیوندی، الگوهای فضایی و رفتار اجتماعی ساکنان را به‌صورت دقیق ارزیابی و مقایسه کرد (Araghizadeh, Ghoddousifar & Nikghadam, 2024). مقایسه مدل‌های نقشه عمق با مشاهدات در پژوهش همدانی گلشن و همکاران نیز نشان می‌دهد که پیکربندی طرح‌های مسکونی رابطه علی و معلولی با شکل‌گیری ساختار فضایی–کالبدی دارد. تحلیل یکپارچه‌سازی، مبتنی بر چارچوب روش‌شناختی–مفهومی چیدمان فضا، قادر به پیش‌بینی الگوهای کلی حرکت ساکنان است. با این حال، وقتی صحبت از الگوهای رفتاری می‌شود، نشانه‌ریختی–کالبدی بین فیزیک و رفتار می‌تواند پیش‌بینی دقیق‌تری ارائه دهد (Hamedani Golshan, Motalebi & Behzadfar, 2020).

سلطانی و همکاران نیز در پژوهش خود با کاربرد روش چیدمان فضا، و به منظور شناسایی چگونگی و میزان تأثیر ریخت‌شناسی خیابان‌های محله بر الگوهای رفت‌وآمد دانش‌آموزان، اشاره می‌دارند که ویژگی‌های محیط ساخته‌شده (مانند تراکم، تنوع و طراحی) بر انتخاب روش حمل‌ونقل کودکان در طول گشت‌وگذارهای مدرسه تأثیر می‌گذارد (Soltani, Javadpoor, Shams & Mehdizadeh, 2022). در پژوهش دیگری، ویژگی‌های فضایی و قابلیت دید فضاهای تجاری به‌مثابه‌ی عوامل کلیدی مؤثر بر سرزندگی فضا، با استفاده از روش چیدمان فضا، و برای ترکیب تحلیل گرافیکی قابلیت دید فضاهای تجاری و ویژگی‌های فضایی جهت تحلیل کمی رفتار مصرف‌کننده، مبنا قرار گرفته‌است (Lian & Li, 2023). کاربرد روش چیدمان فضا منحصر به موارد ذکر شده نیست. در پژوهش غنازی و همکاران با هدف ارزیابی مکان‌های خدمات شهری برای ارتقای رفاه شهروندان و تضمین توسعه مؤثر شهری، محققان اشاره می‌دارند که بسیاری از رویکردهای فعلی بر تحلیل فضایی، صرفاً بر ویژگی‌های فیزیکی تأکید دارند و ابعاد اجتماعی که به همان اندازه حیاتی هستند را نادیده می‌گیرند. از آنجا که وقتی عوامل اجتماعی در نظر گرفته می‌شوند، بیشتر در مقیاس‌های کوچک‌تر عمل می‌کنند، مقاله ایشان با اولویت‌بندی ادغام عوامل اجتماعی در کنار تحلیل فضایی در سطح جامعه، به این شکاف می‌پردازد. نتیجتاً این پژوهش، پویایی رفتار اجتماعی را در تحلیل فضایی گنجانده و برنامه‌ریزی شهری فراگیر را ترویج می‌دهد (Qanazi, Hijazi, Shahrour &Meouche, 2024). آلبی از همین روش برای شناسایی رفتار پیاده و ساختار خیابان بهره می‌برد. وی اشاره می‌دارد که پیاده‌روی در محله‌ها از بسیاری جهات از جمله سلامت مفید بوده است، اما برای اهداف برنامه‌ریزی، نیاز به در نظر گرفتن عواملی است که بر رفتار پیاده‌روی تأثیر می‌گذارند. یافتن عوامل قابلیت پیاده‌روی به بیش از یک ابزار اندازه‌گیری نیاز دارد، زیرا شامل فرم شهری و اقتصاد–اجتماعی می‌شود. روش چیدمان فضا در بررسی فرم شهری (ساختار خیابان) در پژوهش آلبی، به کار گرفته شده است و عامل اجتماعی–اقتصادی با استفاده از تحلیل رگرسیون، در محله‌هایی با ویژگی‌های متضاد اندازه‌گیری شده است (Alabi, 2021). طبق پژوهش ونگ و همکاران نیز استفاده از روش چیدمان فضا در یادگیری عمیق می‌تواند پشتیبانی روش‌شناختی برای تحقیقات برنامه‌ریزی شهری دقیق‌تر فراهم کند و مرجعی برای برنامه‌ریزی شهری آینده که دیدگاه انسانی را در بر می‌گیرد، فراهم کند (Wang, Han, He & Jung, 2022). در راستای فضای شهری هوشمند و هم‌جهت با هدف توسعه پایدار شماره ۱۱، اسریرنگام ، ایده‌هایی را برای ایجاد شهرها و سکونتگاه‌های انسانی فراگیر، ایمن، تاب‌آور و پایدار پیشنهاد می‌کنند. تحقیق ایشان از روش چیدمان فضایی به عنوان ابزاری برای تحلیل شهری و اصول شبکه‌های خیابانی پایدار که توسط کنگره شهرسازی نوین برای پاسخ به مسائل ارتباطی تدوین شده است، استفاده می‌کند ((Srirangam, Gunasagaran, Mari, Ng & Kusumo, 2023)). برخی پژوهش‌های متاخر نیز از کاربرد روش چیدمان فضایی به عنوان مجموعه‌ای از نظریه‌ها و تکنیک‌ها برای تحلیل سکونتگاه‌ها و ساختمان‌های شهری نام برده‌اند و از ترکیب آن با برنامه‌های مرتبط با هوش مصنوعی، برای اعلان اتصالات بین خطوط محوری یا فضاهای محدب (نظیر چنین نتیجه‌گیری‌هایی: روابط فرامکانی بین مجتمع‌های مسکونی و منطقه مرکزی یا توسط یک شبکه حلقه‌ای توزیعی یا توسط یک شبکه هوشمند از مسیرهای عابر پیاده به حداکثر می‌رسد (Fernandes, 2023))، صحبت کرده‌اند.

در مجموع، یافته‌های نظری یادشده و پیشینه مرور شده، نشان می‌دهند که سازمان فضایی شهرها حاصل پیوند میان منطق کالبدی و الگوهای رفتاری و ادراکی ساکنان است. برای تحلیل این پیوند در مقیاس فضایی شهر بجنورد (نمونه این مطالعات)، نیاز به روشی است که بتواند رابطه‌ی بین ساختار کالبدی و الگوهای حرکتی و اجتماعی را به‌صورت کمی و قابل تفسیر آشکار کند. روش چیدمان فضا که در مبانی فوق نیز ذکر آن رفت، به‌عنوان یکی از کارآمدترین رویکردهای تحلیلی در این زمینه (Askarizad, Lamíquiz Daudén & Garau, 2024; Mehrinejad Khotbehsara, Yu, Somasundaraswaran, Askarizad, & Kolbe-Alexander, 2025; Keleş, Takva & Çakıcı, 2025)، امکان بررسی ساختارهای پنهان ارتباطی در فضاهای شهری و تحلیل الگوهای هم‌پیوندی میان مسیرها،

میدان‌ها و فضاهای تجمعی را فراهم می‌سازد. روش چیدمان فضا که نخستین‌بار توسط هیلیر و هنسن معرفی شد (Hillier and Hanson, 1984)، بر تحلیل روابط میان فضاها بر اساس قابلیت دید و ادراک انسان استوار است. در این روش، فضاها به‌صورت شبکه‌ای از خطوط محوری[1] یا گره‌های ارتباطی ترسیم می‌شوند تا نحوه‌ی اتصال و پیوستگی آن‌ها سنجیده شود. این خطوط بیانگر ساده‌ترین مسیرهای حرکتی و ارتباطی در محیط شهری‌اند و تحلیل آن‌ها امکان شناسایی میزان دسترسی، نفوذپذیری و تمرکز حرکت را فراهم می‌سازد. در این میان، تحلیل ایزوویست‌ها[2] (محدوده‌ی دید یک ناظر از یک نقطه مشخص در فضا) نیز برای ارزیابی میدان دید کاربران در فضاهای باز و عمومی به‌کار می‌رود(Benedikt, 1979) (شکل۱- بالا). بر اساس این رویکرد، درک فضایی و رفتار حرکتی انسان‌ها صرفاً تابع فاصله‌ی فیزیکی نیست، بلکه به ساختار پیوستگی فضایی و تعداد تغییر مسیرها بستگی دارد؛ به‌گونه‌ای که اغلب افراد مسیرهایی را انتخاب می‌کنند که از نظر توپولوژیکی ساده‌تر و از نظر ادراکی قابل‌پیش‌بینی‌تر باشند، نه الزاماً کوتاه‌تر از نظر متریک (شکل۱- پایین) (Dettlaff, 2014). این ویژگی، اساس تمایز روش چیدمان فضا از سایر روش‌های تحلیل کالبدی را تشکیل می‌دهد.



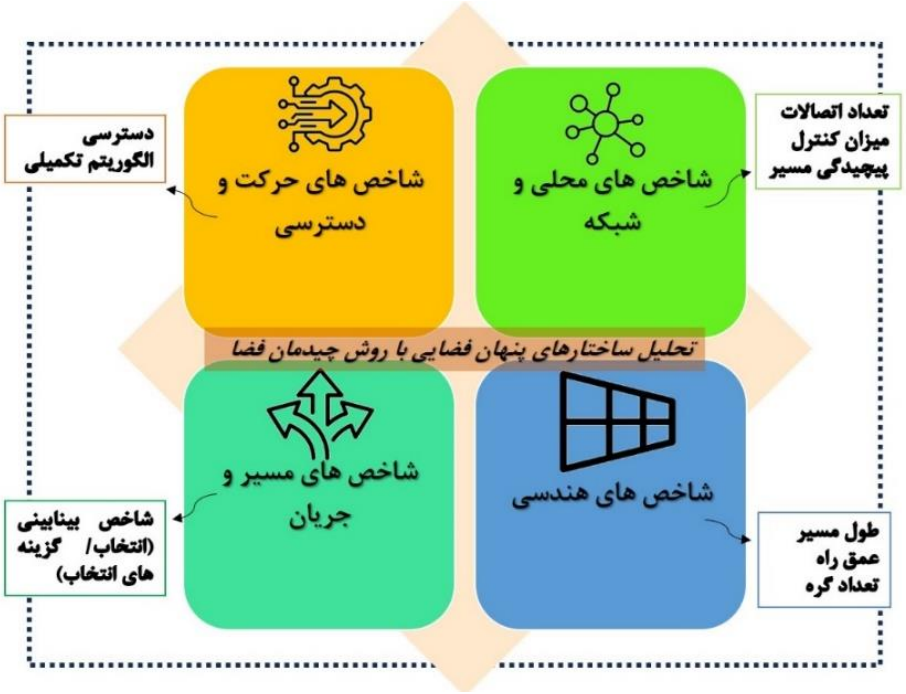
شکل۱. ساده‌سازی مفاهیم استفاده شده در روش چیدمان فضا (شکل بالا)/ نحوه حرکت عابرین با کمترین تعداد تغییر جهت ممکن (شکل پایین)
برگرفته از: Dettlaff, 2014: 284, 285

آسیدو و همکاران در پژوهش خود اذعان می‌دارند که اگر شهر را صرفاً مجموعه‌ای از فناوری‌ها نبینیم، می‌توان نوعی *هوشمندی شهری* را در روابط فضایی بین حس *مکان* و *سرمایه اجتماعی* بیابیم. این پیوندها نشان می‌دهند که فضا خود به‌نوعی می‌اندیشد و روابط اجتماعی را شکل می‌دهد (Acedo, Painho, Casteleyn & Roche, 2018). نظریه چیدمان فضا و شناخت فضا، رابطه میان رفتار اجتماعی و ساختار فضایی را مورد بررسی قرار می‌دهد و مؤلفه‌هایی مانند عمق، هم‌پیوندی، دسترسی، اتصال، وضوح، کنترل، انتخاب و ادراک فضایی را برای تحلیل تجربیات کاربران ارائه می‌کند (beigmohammadi, charkhcian & Soheili, 2025: 64). این رویکرد به پژوهشگران امکان می‌دهد تا با استفاده از شاخص‌های شبکه‌ای و تحلیل ساختار فضایی، الگوهای تعاملات اجتماعی، جریان حرکت و کیفیت تجربه کاربران در محیط‌های شهری و معماری را به‌طور کمی و نظام‌مند بررسی کنند (Batty, 2022). در یکی از کامل‌ترین منابع فارسی در ارتباط با روش چیدمان فضا، مفاهیم نظری این روش به خوبی بسط داده شده‌است. مطالعه مذکور در تعریف روش چیدمان فضا، اینگونه اشاره می‌دارد که روش چیدمان فضا ارتباط کلیه فضاهای شهری را با یکدیگر تجزیه و تحلیل می‌کند و نتایج را به‌صورت پارامترهای ریاضی و گرافیکی ارائه می‌دهد. پارامترهای ریاضی برای ایجاد مدلی که عملکرد و رفتار استفاده‌کننده از فضا را نشان دهد و مدل گرافیکی به عنوان ابزاری در دست طراح شهری برای تجزیه و تحلیل چیدمان فضا، موثر است. وی برخی مفاهیم مهم کاربردی این روش را اشاره نموده‌است: ترتیبات فضایی نظیر عمق، خطوط محوری، هم‌پیوندی، خوانایی و حرکت طبیعی (Abaszadegan, 2002: 66-67). اما شاخص های دیگری هم به عنوان خروجی در این روش وجود دارند که عبارتند از: شاخص بینابینی، تعداد اتصالات، میزان کنترل، پیچیدگی مسیر، میانگین فاصله، طول مسیر، عمق راه، تراکم دسترسی، تعداد گره و دسترسی (Hillier & Hanson, 1984).

این همه در حالیست که، بنابر پژوهش (Komninos, 2011)، «شهر هوشمند» فقط مجموعه‌ای از سنسور و فناوری نیست؛ بلکه یک سیستم چندلایه از هوشمندی انسانی، نهادی و فضایی است که در بطن ساختار کالبدی و اجتماعی شهر شکل می‌گیرد. وی در مطالعه‌ی

1. Axial Maps
2. Isovists

خود به بررسی هوشمندی فضایی شهرها، استفاده از فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی (ICTs)، و چارچوب‌های نهادی‌ای می‌پردازد که از اکوسیستم‌های نوآوری شهری پشتیبانی می‌کنند و توان حل مسئله را در سطوح شهری و اجتماعی افزایش می‌دهند. این در حالی است که مطالعات اخیر در شهر بجنورد (نمونه این مطالعات) نیز هوشمندی را در انسجام و هم پیوندی فضایی نمی‌بینند و بیشتر مطالعه‌نظری این موضوع مبنای بحث و بررسی است. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای درباره‌ی سنجش وضعیت شهر بجنورد بر پایه شاخص‌های شهر هوشمند، اگرچه ابعاد اجتماعی و کالبدی شهر به‌صورت جداگانه بررسی شده‌اند، اما ارتباط میان سازمان فضایی شهر و پویایی‌های اجتماعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در همین پژوهش، نتایج تحلیل‌ها نشان داده‌است که دو شاخص «خلاقیت» و «جهان‌شهرگرایی» با وجود اهمیت بالا، از دید ساکنان در وضعیت مطلوبی قرار ندارند؛ از این‌رو بهبود آن‌ها از گام‌های اولیه برای تقویت جامعه‌ی هوشمند در این شهر محسوب می‌شود (Abbasi, Vatanparast & Mafi, 2023). مطالعه‌ای در سه بافت شهری بجنورد نشان می‌دهد که شاخص‌های رشد هوشمند مانند قابلیت پیاده‌روی و تنوع کاربری تا حد زیادی با شاخص‌های چیدمان فضا، از جمله هم‌پیوندی و یکپارچگی گذرها، مرتبط هستند. تحلیل با استفاده از نرم‌افزاردپس مپ[1] آشکار می‌سازد که فضاهای با اتصال و یکپارچگی بیشتر، پیاده‌روی و تعاملات کاربران را تسهیل می‌کنند، در حالی که تأثیر آن‌ها بر دسترسی به حمل‌ونقل عمومی کمتر مشاهده شده است (Roozkhosh, Moulavi & Salaripour, 2020). به رغم اینکه محققان پیشین هوشمندی شهری (نمونه شهر بجنورد) را همراه با مشکلات مطرح کرده‌اند (به عنوان مثال در بافت قدیمی هم‌پیوندی بهتر شبکه معابر را تایید لکن اشاره داشته‌اند بهسازی این بافت ضرورتی انکار ناپذیر است)، شواهد فضایی نشان می‌دهد که بافت قدیمی می‌تواند به عنوان یک ظرفیت بالقوه برای بازآفرینی و بازطراحی پایدار شهری تلقی شود. این دیدگاه ما را بر آن می‌دارد تا ساختار نهفته در بافت قدیمی (موجود در بخش مرکزی شهر بجنورد) را به عنوان یک نقطه قوت و ظرفیت شهری بالقوه در تحلیل‌های آتی مدنظر قرار دهیم؛ آنچه در این پژوهش مطمح‌نظر پژوهشگران قرار گرفته است. در همین راستا، چارچوب مفهومی تحلیل ساختارهای پنهان فضایی مبتنی بر روش چیدمان فضا و با تاکید بر مطالعات هیلیر و هنسن (Hillier and Hanson, 1984) و همچنین در نظر گرفتن متغیرهای دریافتی از نرم افزار دپس مپ، به صورت شکل۲، برای طی فرایند تحلیل در این نوشتار، مدنظر قرار گرفته است.



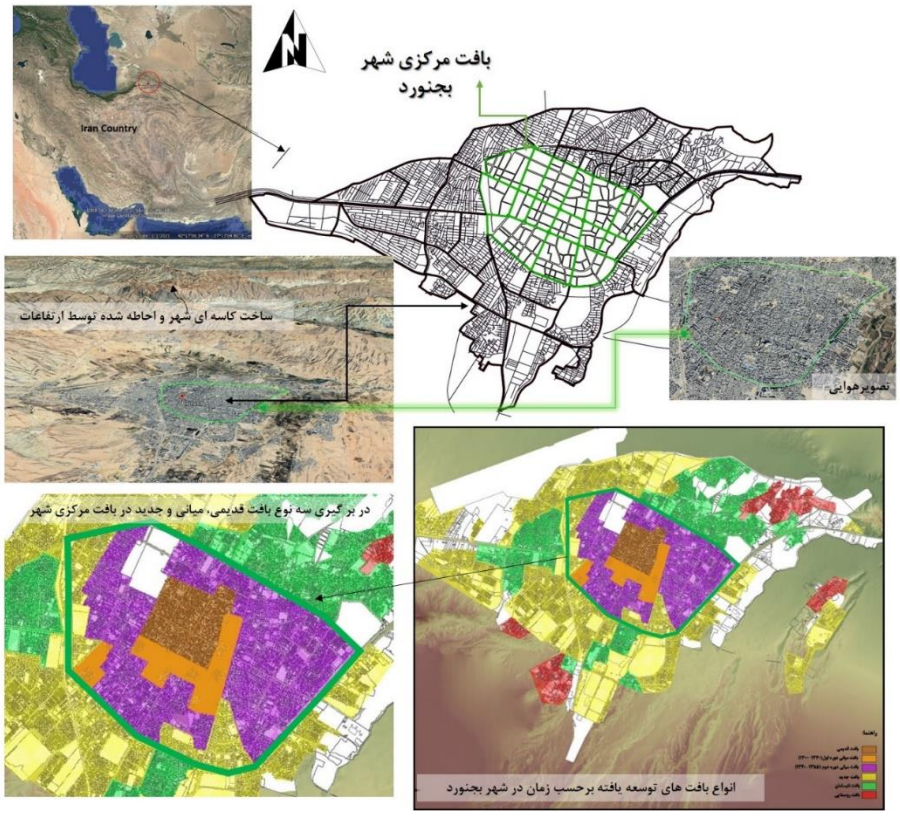
شکل۲. مدل مفهومی تحلیل ساختارهای پنهان فضایی با روش چیدمان فضا

روش پژوهش

1. Depthmap

این پژوهش از رویکرد توصیفی- تحلیلی بهره گرفته و با تمرکز بر تحلیل ساختارهای فضایی و هوشمندی پنهان در بافت مرکزی شهر بجنورد انجام شد. برای شناسایی الگوهای پیوند، مرکزیت و نفوذپذیری فضاها، از روش چیدمان فضا و نرم‌افزار دپس مپ (نسخه UCL Depthmap شماره ۱۰) استفاده شد. شاخص‌های مورد بررسی شامل چهار دسته اصلی شاخص های محلی و شبکه، شاخص های حرکت و دسترسی، شاخص های هندسی و شاخص های مسیر و جریان منطبق بر شکل۲، ارائه شده در بخش مبانی نظری می باشد.

نمونه مورد مطالعه بافت مرکزی شهر بجنورد واقع در استان خراسان شمالی است. متاسفانه علی‌رغم توسعه هماهنگ و متوازن بافت مرکزی شهر بجنورد به عنوان شاکله اصلی شهر، بافت پیرامون به دلیل الحاق روستاها، سکونتگاههای غیر رسمی، توسعه‌های منفصل و از هم گسیخته و نفوذ به اراضی پیرامون شهری، هماهنگی و انسجام لازم را ندارد تا بدانجا که حتی شهر بجنورد دارای دو طرح تفصیلی اصلی است که به همین تفکیک بافت مرکزی و بافت پیرامون، معرفی می‌گردد[1]. انتخاب بافت مرکزی شهر بجنورد به‌دلیل دربرگیری هسته اصلی و تاریخی شهر بجنورد نیز است. همچنین از سه نوع بافت قدیمی، میانی و جدید در شهر بجنورد، بافت مرکزی دو نوع بافت قدیمی و میانی را در بر دارد. هرچند توسعه‌های اخیر و نوسازی های مکرر، بافت مرکزی شهر را نیز دستخوش تغییرات بسیار نموده و به عبارت دیگر این بافت هر سه نوع بافت قدیمی، میانی و جدید شهر را شامل می‌شود. شکل۳، موقعیت بافت مرکزی شهر بجنورد را در سطوح جغرافیایی متفاوت، نشان می دهد.



شکل۳. موقعیت بافت مرکزی شهر بجنورد (نمونه موردی مطالعه حاضر)، عکس هوایی و نقشه وضع موجود شبکه معابر

برگرفته از: Naghsh Jahan Pars Consultants, 2010; Google Earth, 2025

آنچنان که در شکل۳ (بخش پایینی تصویر) نیز نمودار است، شهر بجنورد به لحاظ تاریخی و از منظر ریخت‌شناسی شهری، به تفکیک دارای چند نوع بافت شکل‌یافته است: الف- بافت قدیمی/ با رنگ قهوه‌ای: (هسته تاریخی شهر حول ساربان محله، سبزه میدان و محور شهید بهشتی شمالی)، ب- بافت میانی نوع اول/ با رنگ نارنجی: (مربوط به سالهای ۱۳۰۰ تا ۱۳۴۰ شمسی)، پ- بافت میانی نوع دوم/با رنگ بنفش: (مربوط به سالهای ۱۳۴۰ تا ۱۳۵۵)، ت- بافت جدید/ با رنگ زرد: مربوط به توسعه‌های اخیرتر شهر، د- بافت نابسامان شهری/

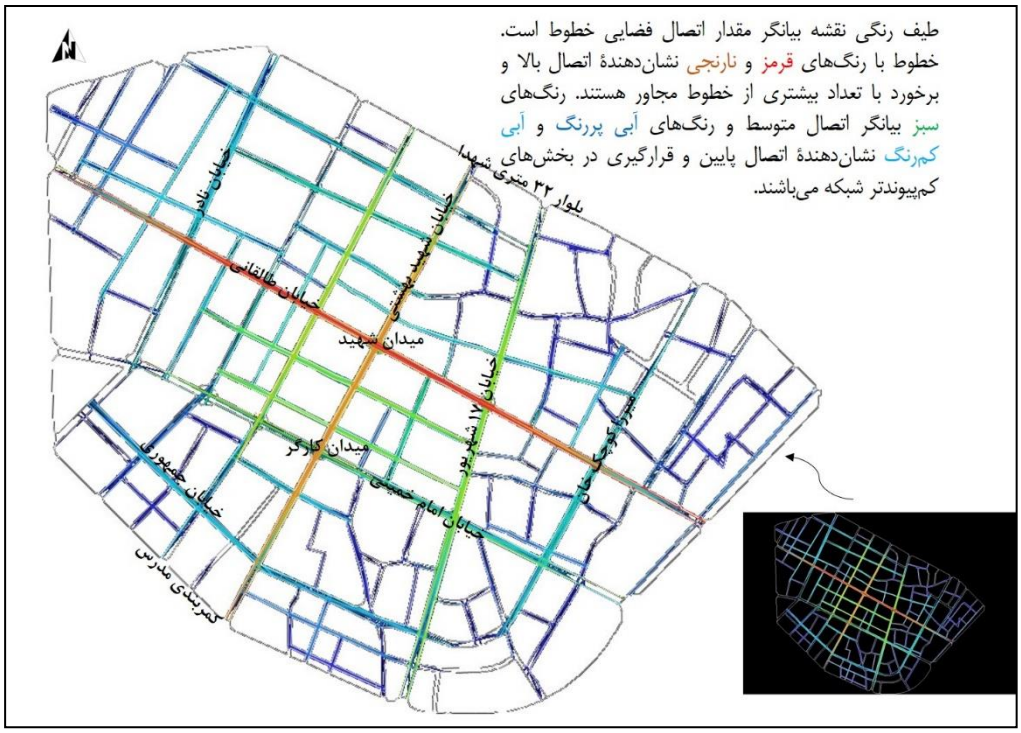
۱. هر چند در سال ۱۴۰۳ تلاش هایی برای یکپارچه سازی دو طرح تفصیلی مذکور در شهرداری مرکز و اداره راه و شهرسازی خراسان شمالی در حال انجام است (که هنوز تصویب و ابلاغ رسمی نشده است.)

با رنگ سبز: که در بافت پیرامون شهر قرار دارند و ه- بافت روستایی/ رنگ قرمز: مربوط به روستاهای در حال الحاق یا الحاق‌شده به شهر بجنورد. محدوده مورد مطالعه این نوشتار، بافت مرکزی شهر بجنورد است که نوع بافت‌های قدیمی (تاریخی)، میانی نوع اول و دوم و جدید را در بر دارد.

یافته‌ها و بحث

برای آغاز تحلیل، محدوده بافت مرکزی شهر بجنورد که به‌عنوان عرصهٔ مطالعه انتخاب شده است، ابتدا در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) آماده‌سازی شد. پس از پالایش هندسه‌ها و یکپارچه‌سازی لایه‌ها، فایل مربوطه به محیط نرم‌افزار اتوکد[1] منتقل شد تا ساختار شبکه معابر با دقت بیشتر بازسازی و برای پردازش فضایی هموارسازی شود. خروجی نهایی در قالب فایل[2] DXF استخراج و پس از انجام تنظیمات اولیه، به نرم‌افزار دپس مپ[3] وارد شد.

در گام نخست تحلیل، نقشه خطوط محوری[4] به‌عنوان اولین خروجی اصلی تولید شد (شکل۴)؛ نقشه‌ای که ساختار خطی شبکه حرکت را به ساده‌ترین صورت ممکن بازنمایی کرده و امکان محاسبه شاخص‌های پایه‌ای هوشمندی فضایی، از جمله یکپارچگی و اتصال را فراهم می‌سازد. این نقشه مبنای لایه‌های تحلیلی بعدی و سنجش الگوهای پنهان هوشمندی فضایی در بافت مرکزی بجنورد قرار گرفت.



شکل۴. نقشه خطوط محوری بافت مرکزی شهر بجنورد (در تحلیل اتصالات شبکه معابر)

همانطور که از نقشه خطوط محوری و اتصالات مشخص است، خیابان طالقانی که از مرکز اصلی شهر (میدان شهید) گذر می‌کند، خیابان اصلی و محوری‌ترین خیابان در بافت مرکزی شهر بجنورد شناسایی شده است. خیابان شهید بهشتی (محور متقاطع) نیز در رده بعدی، بیشترین نقش محوری را در این مجموعه ایفا می‌نماید. هر چه از ساخت مرکزی در بافت مورد بررسی دورتر میشویم، هر چند که هنوز در بافت مرکزی شهر قرار داریم، لکن از محوری بودن مسیر کاسته می‌شود به حدی که مشاهده می‌شود محورهای ۱۷ شهریور، امام خمینی، در رده‌های بعدی و سایر معابر، با هم پیوندی و اتصالات کمتر، نمایش داده شده‌اند. تحلیل اولیه نقشه خطوط محوری بر اساس مقادیر

1. AutoCAD

۲. فرمت تبادل داده‌های ترسیمی بین نرم‌افزارهای CAD وGIS، مخفف این واژگان: Drawing Exchange Format
۳. نرم‌افزار تحلیل چیدمان فضا و استخراج شاخص‌های پیکربندی شبکه معابر (Depth Map)
۴. نقشه‌ای متشکل از طولانی‌ترین خطوط دید و حرکت برای تحلیل چیدمان فضایی (Axial Map)

اختصاص‌یافته در محیط دپس مپ نشان می‌دهد که شاخص تعداد اتصالات[1] در شبکه فضایی بافت مرکزی بجنورد دارای حداقل مقدار صفر، حداکثر ۵۶۵ و میانگین ۱۴۲/۹۳ است. این توزیع گسترده بیانگر وجود تفاوت معنادار میان خطوط با نقش‌های ساختاری متفاوت است؛ به‌گونه‌ای که بخشی از خطوط در وضعیت کاملاً ایزوله[2] قرار گرفته و در مقابل، تعداد محدودی از خطوط دارای سطح بسیار بالای اتصال بوده و نقش ستون فقرات حرکتی را ایفا می‌کنند. همچنین شاخص طول مسیر[3] نیز تنوع قابل توجهی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری که حداقل طول خطوط ۱۶ واحد، میانگین ۶۱۲ واحد و حداکثر طول ۳۱۶۸ واحد ثبت شده است. این مقادیر نشان می‌دهد که شبکه فضایی ترکیبی از خطوط بسیار کوتاه (عمدتاً در بافت‌های ریزدانه و محلات میانی) و خطوط بسیار بلند (در نقش شریان‌های اصلی و پیونددهنده) را در خود جای داده‌است. این تنوع طولی، مبنای ساخت الگوهای متفاوت اتصال و نقش‌پذیری فضایی در ساختار شهری بجنورد است.

پس از استخراج نقشه خطوط محوری و تحلیل اولیه شاخص‌های تعداد اتصالات و طول مسیر، مرحله بعد اجرای تحلیل گراف[4] در نرم‌افزار دپس مپ است. با اجرای این فرایند، ساختار کامل گراف فضایی شبکه معابر تولید شد و جدول تحلیلی مربوط به شاخص‌های پیکربندی و متغیرهای مرتبط، به‌دست آمد (جدول شماره ۱). این جدول مبنای تحلیل دقیق‌تر روابط پنهان در شبکه فضایی و سنجش نقش‌پذیری هر خط در شکل‌دهی به الگوهای حرکت و شکل‌گیری اجتماعات محلی در بافت مرکزی شهر بجنورد قرار گرفت.

جدول۱ . تحلیل گراف در بافت مرکزی شهر بجنورد

مورد بررسی ویژگی		حداقل - کمینه	میانگین	حداکثر - بیشینه
Choice R2	شاخص بینابینی	۰	۴۹۴/۲۷۲	۸۸۹۲
Choice [Norm] R2	شاخص بینابینی نرمال شده	۰	۰/۰۰۲۲۷۱۲۴	۰/۰۵۶۷۳۰۸
Connectivity	تعداد اتصالات	۰	۱۴۲/۹۳۷	۵۶۵
Control	میزان کنترل	۰/۰۷۵۵۵۵۶	۰/۹۹۹۴۲۶	۲/۹۷۳۶۵
Controllability	میزان کنترل نرمال شده	۰/۰۲۶۴۵۵	۰/۲۱۰۶۱۷	۱
Entropy R2	پیچیدگی مسیر	۰/۱۸۲۹۳۵	۰/۷۱۳۰۶۷	۱/۰۴۷۷۶
Harmonic Mean Depth R2	میانگین فاصله	۳۵/۲۱۷۴	۳۲۱/۰۰۳	۱۰۳۱/۷۹
Integration [HH] R2	دسترسی	۱/۶۹۸۲۵	۸/۱۷۰۵۵	۱۳/۰۱۰۹
Integration [P-value] R2	دسترسی نرمال شده	۱/۶۹۸۲۵	۸/۱۷۰۵۵	۱۳/۰۱۰۹
Integration [Tekl] R2	دسترسی- الگوریتم تکرارشده	۰/۷۵۸۶۵۴	۰/۹۲۰۴۱۸	۱
Intensity R2	تراکم دسترسی	۰/۲۶۳۷۱۶	۰/۹۴۰۹۲۴	۳/۶۶۷۱۸
Line Length	طول مسیر	۱۶/۵۰۷۱	۶۱۲/۲۵۶	۳۱۶۸/۱۷
Mean Depth R2	عمق راه- میانگین	۱	۱/۷۸۸۲۳	۱/۹۷۳۵۴
Node Count R2	تعداد گره	۱	۶۳۸/۲۱	۱۴۴۵
Relative Entropy R2	پیچیدگی- توزیع پراکندگی	۰/۲۲۱۳۴۸	۱/۹۷۸۹۸	۲/۶۶۷۹۱

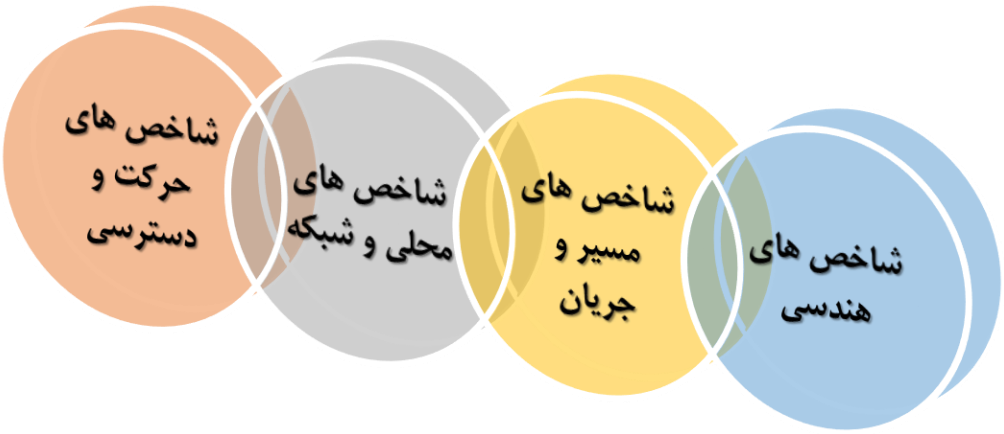
نتایج بدست آمده در قالب چهار دسته زیر (شکل۵) مورد تحلیل قرار گرفته اند:

1. Connectivity

۲. خطوطی در شبکه فضایی که هیچ اتصال مستقیمی با خطوط دیگر ندارند و مقدار اتصالات آن‌ها صفر است؛ این خطوط در تحلیل چیدمان فضا معمولاً نشان‌دهندهٔ بن‌بست‌ها، فضاهای کم‌نفوذ یا عناصر جداافتاده از شبکه حرکتی هستند.

3. Line Length

4. Graph Analysis



شکل۵. چهار دسته اصلی تحلیل بافت شهری با داده های دپس مپ و تحلیل چیدمان فضا

۱- شاخص های حرکتی و دسترسی

تحلیل شاخص‌های حرکتی و دسترسی در بافت مرکزی بجنورد بر اساس خروجی‌های دپس مپ نشان می‌دهد که ساختار شبکه معابر دارای یک هسته مرکزی نسبی است. شاخص پیکربندی شبکه یا میزان دسترسی کلی هر محور[1]، میانگین ۸.۱۷ و حداکثر ۱۳.۰۱ را نشان می‌دهد، بدین معنا که محورهای مرکزی بافت، بیشترین قابلیت عبور و رفت‌وآمد را دارند و هسته‌ای روشن از دسترسی و تعامل اجتماعی را شکل می‌دهند؛ محورهای با رنگ قرمز در نقشه نمایانگر این خطوط کلیدی هستند. نسخه نرمال‌شده این شاخص[2] نتایج مشابهی ارائه می‌کند و نشان‌دهنده همان تفکیک ساختاری محورهای مرکزی و پیرامونی است. همچنین شاخص دسترسی با الگوریتم دیگر[3]، با مقادیر بین ۰.۷۵ تا ۱، محورهای با بالاترین دسترسی نسبی را مشخص می‌کند و تأیید می‌کند که بخش محدودی از شبکه معابر نقش ستون فقرات حرکت شهری و تمرکز تعاملات محلی را ایفا می‌کند. این تحلیل نشان می‌دهد که شبکه حرکتی بافت مرکزی، با وجود خطوط ایزوله و کم‌پیوند، یک سازمان فضایی متمرکز و نسبتاً کارآمد دارد که امکان شکل‌گیری اجتماعات محلی و جریان‌های اجتماعی را تسهیل می‌کند.

۲- شاخص های مسیر و جریان

تحلیل شاخص‌های مسیر و جریان[4] در بافت مرکزی شهر بجنورد نشان می‌دهد که شبکه معابر دارای چند محور کلیدی است که بیشترین حجم جریان عبور احتمالی را هدایت می‌کنند. شاخص بینابینی[5] با حداکثر مقدار ۸۸۹۲ و میانگین ۴۹۴ بیانگر محورهایی است که نقش مسیرهای اصلی پیوند اجتماعی و حرکت روزمره ساکنان را ایفا می‌کنند. نسخه نرمال‌شده[6] به دلیل فرآیند استانداردسازی عدد کوچکی (۰.۰۰۲) نشان می‌دهد، اما نسبت‌ها و الگوی توزیع مشابه نسخه اصلی است. نکته مهم این است که محورهایی با عدد شاخص بینابینی (انتخاب مسیر) بالا حتی اگر از نظر دسترسی و پیکربندی در سطح متوسط باشند، نقش اساسی به‌عنوان «راه‌های بین‌محله‌ای» و مسیرهای پیونددهنده شبکه را ایفا می‌کنند و بنابراین جریان‌های اجتماعی و حرکتی محلی را شکل می‌دهند.

۳- شاخص های محلی و شبکه

شاخص‌های محلی و شبکه در بافت مرکزی شهر بجنورد، ساختار فضایی و نقش محورها در پیونددهی شبکه را روشن می‌کنند. شاخص اتصالات که تعداد اتصالات مستقیم هر محور را نشان می‌دهد، میانگین ۱۴۲.۹ و حداکثر ۵۶۵ دارد؛ این مقادیر حاکی از وجود محورها و

1. Integration [HH]
2. Integration [P-value]
3. Integration [Tek]
4. Choice
5. Choice [R2]
6. Choice [Norm]

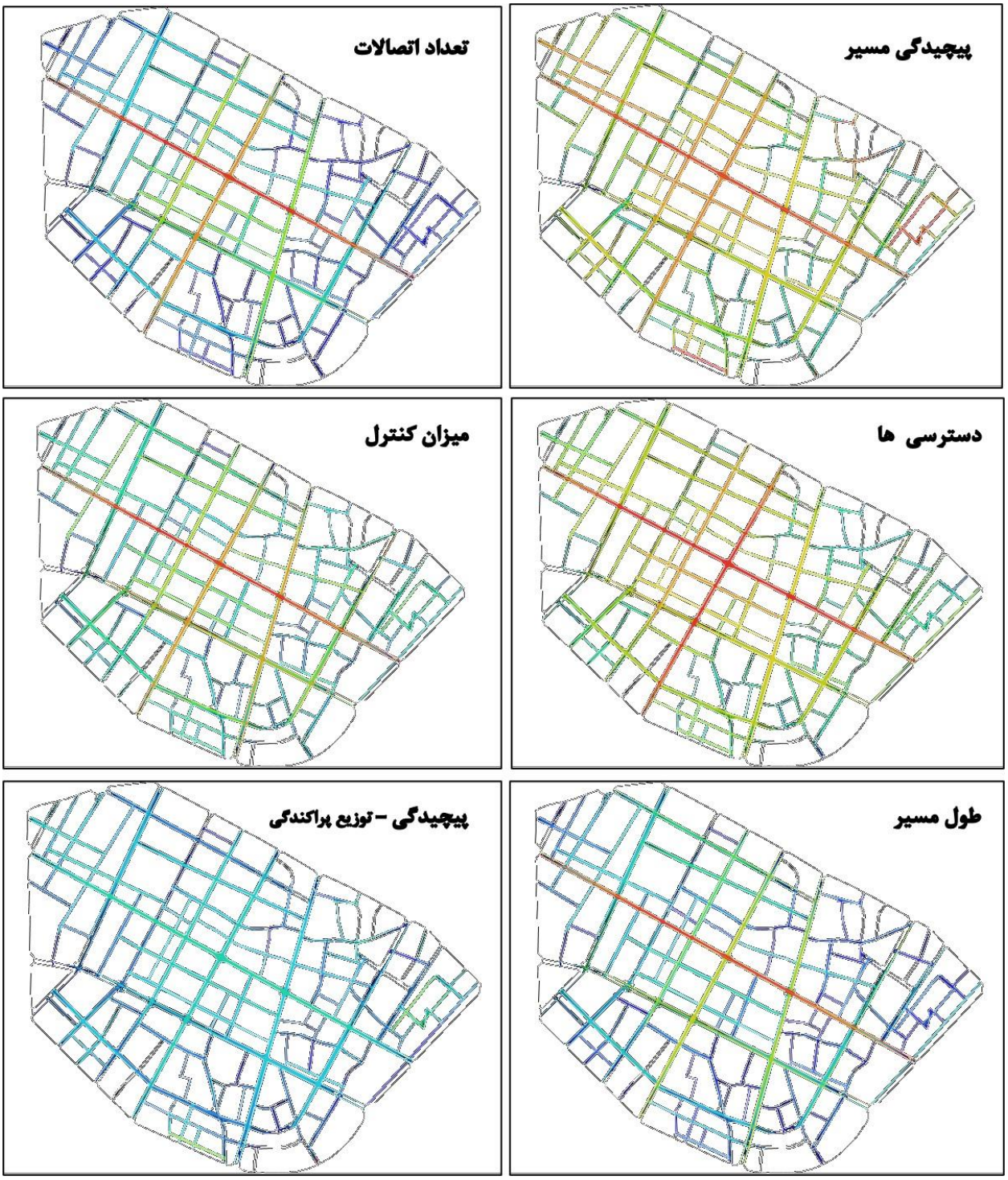
مسیرهایی است که به شدت به شبکه وصل شده و به‌عنوان نقاط کلیدی ارتباطی عمل می‌کنند. شاخص میزان کنترل،[1] میزان نفوذ و قدرت هر محور در هدایت مسیرهای همسایه را اندازه‌گیری می‌کند و حداکثر مقدار ۲.۹۷، نشان می‌دهد که برخی محورها نقش «هسته‌های اجتماع‌پذیر» و تاثیرگذار در جریان‌های حرکتی پیرامونی را دارند. نسخه نرمال‌شده این شاخص[2] با میانگین ۰.۲، نشان می‌دهد که بیشتر محورها قدرت کنترل متوسطی دارند. شاخص‌های میزان پیچیدگی[3] و عدم قطعیت مسیرها[4] با حداکثر مقدار ۲.۶۶، نشان‌دهنده این است که بافت با وجود تنوع و پیچیدگی، ساختاری نسبتاً قابل فهم و قابل پیش‌بینی برای حرکت و تعاملات اجتماعی ارائه می‌دهد.

۴- شاخص های هندسی شبکه معابر

شاخص‌های هندسی شبکه معابر بافت مرکزی شهر بجنورد، ویژگی‌های کالبدی و ساختاری خطوط و گره‌ها را روشن می‌کنند. شاخص طول مسیر، نشان‌دهنده طول محاسبه شده برای هر محور است و حداکثر مقدار ۳۱۶۸ واحد بیانگر وجود خیابان‌ها و محورهای طولانی در بافت مرکزی است که به‌عنوان ستون فقرات دسترسی عمل می‌کنند (در شهر بجنورد محور اصلی طالقانی صرفاً در این رده قرار دارد). شاخص میانگین عمق راه[5] که میانگین فاصله هر محور تا سایر محورها را اندازه‌گیری می‌کند، میانگین ۱.۷۸ را نشان می‌دهد و بیانگر آن است که بیشتر محورها از نظر گرافی نسبتاً نزدیک به هسته مرکزی قرار دارند و دسترسی مناسبی فراهم می‌کنند. شاخص تعداد گره[6] با میانگین ۶۳۸ و حداکثر ۱۴۴۵ نشان می‌دهد که شبکه از نظر تعداد گره‌ها حجم کافی دارد و امکان حرکت پیاده و ارتباط محلی در سطح مناسبی برقرار است. این شاخص‌ها در کنار تحلیل‌های حرکتی و دسترسی، تصویر جامع‌تری از ساختار فضایی و عملکرد شبکه معابر ارائه می‌دهند.

تحلیل کلی شبکه معابر بافت مرکزی شهر بجنورد نشان می‌دهد که ساختار فضایی دارای هسته مرکزی مشخص و محورهای اصلی است؛ محورهایی که دسترسی (هم پیوندی) و انتخاب (بینابینی) بالا دارند (با رنگ قرمز و نارنجی در نقشه) نقش ستون فقرات حرکتی و اجتماعی شهر را ایفا می‌کنند. در کنار این محورهای کلان، محورهایی با تعداد اتصالات بالا و میزان کنترل متوسط نقاط مهم تعامل محلی و هسته‌های اجتماع‌پذیر را شکل می‌دهند و فرصت‌های لازم برای شکل‌گیری فعالیت‌های اجتماعی و تعاملات محله‌ای را فراهم می‌کنند. شاخص‌های میزان پیچیدگی و عمق راه نشان می‌دهند که شبکه با وجود مسیرهای متعدد و دسترسی نسبتاً خوب، پیچیدگی معقولی دارد و برخی محورها ممکن است نسبتاً جدا یا کم‌پیوند باشند، که بیانگر ترکیب هماهنگ خطوط اصلی و مسیرهای خرد در شبکه است. شکل۶، برخی از شاخص‌های مهم تحلیل چیدمان فضا را به صورت گراف های شبکه ارتباطی در ساختار بافت مرکزی شهر بجنورد نشان می دهد.

1. Control
2. Controllability
3. Entropy R2
4. Relativised Entropy R2
5. Mean Depth R2
6. Node Count R2

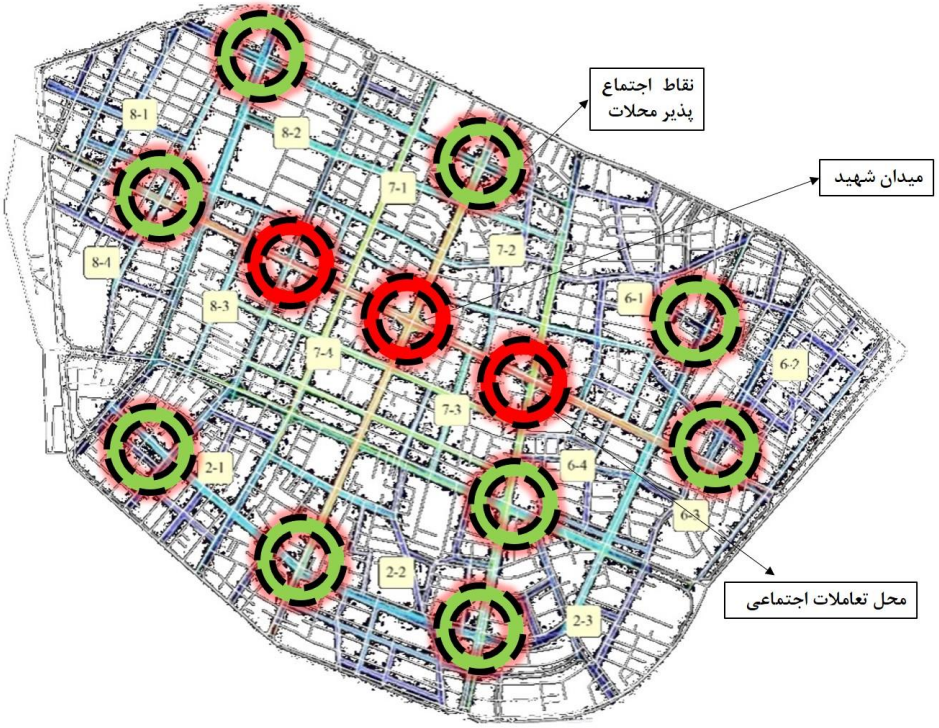


طیف رنگی نقشه بیانگر مقدار شاخص مورد نظر در خطوط است. خطوط با رنگ‌های **قرمز** و **نارنجی** نشان‌دهندهٔ مقدار بالا و برخورداری میزان بیشتری از شاخص نسبت به خطوط مجاور هست. رنگ‌های **سبز** بیانگر مقدار متوسط و رنگ‌های **آبی پررنگ** و **آبی کم‌رنگ** نشان‌دهندهٔ مقدار محاسبه شده پایین می‌باشد.

شکل ۶. گراف‌های تحلیلی برخی ازشاخص‌های اصلی چیدمان فضا در الگوی شبکه معابر بافت مرکزی شهر بجنورد

علاوه بر تحلیل و گراف‌های اشاره شده از روش چیدمان فضا در بافت مرکزی شهر، تطبیق تحلیل با نقشه محلات موجود شهر بجنورد، امکان بررسی محورهای خردتر و مقیاس محلی حرکت پیاده را فراهم می‌کند و به تحلیل دقیق‌تر نقاط اجتماع‌پذیر و مسیرهای پیاده‌محور کمک می‌کند، که اهمیت بالایی برای شکل‌گیری اجتماعات محلی و فعالیت‌های روزمره ساکنان دارد (شکل۷).

شماره محله	نام محله
۲-۱	فردوسی
۲-۲	آزادی (حنایی)
۲-۳	نواب صفوی
۶-۱	۱۷ شهریور شمالی
۶-۲	دهخدا
۶-۳	انرژی
۶-۴	میرزاکوچک خان
۷-۱	شریعتی شمالی (صفا)
۷-۲	چهارشنبه بازار
۷-۳	جاجرمی
۷-۴	قیام (دوچنار)
۸-۱	صیاد شیرازی
۸-۲	ارتش
۸-۳	میرزا رضا کرمانی
۸-۴	هنر (واقفی)



شکل۷. انطباق ساختار گراف چیدمان فضا با ساختار فعلی محلات شهر بجنورد در بافت مرکزی شهر

تحلیل تطبیقی شبکه معابر بافت مرکزی بجنورد با نقشه محلات موجود نشان می‌دهد که محلات مجاور محورهای اصلی حرکتی مانند محور شهید طالقانی، امام خمینی و شهید بهشتی، بخش عمده‌ای از هسته اصلی شبکه معابر را در خود جای داده و بیشترین میزان یکپارچگی و دسترسی پذیری و پیوند شبکه‌ای را نشان می‌دهند. این محلات به دلیل قرارگیری در امتداد محورهای کلیدی، نقش مرکزی در جریان‌های حرکتی و تعاملات اجتماعی محلی ایفا می‌کنند و محورهای آن‌ها عمدتاً در طیف رنگی قرمز و نارنجی قرار دارند که نمایانگر اهمیت بالا در شبکه است (محلاتی نظیر شریعتی شمالی، چهارشنبه بازار، قیام و جاجرمی). در مقابل، محلاتی که در فاصله نسبی از این محورهای اصلی قرار گرفته‌اند و شاخص‌های آن‌ها در طیف آبی نقشه خطوط محوری قرار می‌گیرد، از نظر پیوند و دسترسی به شبکه کمتر بهره‌مند هستند و نقش کمتری در هدایت جریان‌های حرکتی و شکل‌دهی به تعاملات اجتماعی محلی دارند (محلاتی نظیر دهخدا، میرزا کوچک خان، انرژی). این الگو نشان می‌دهد که ساختار شبکه معابر بافت مرکزی نه‌تنها محورهای کلان و هسته‌های حرکتی را مشخص می‌کند، بلکه تمایز عملکردی محلات بر اساس موقعیت نسبی آن‌ها در شبکه را نیز آشکار می‌سازد و می‌تواند مبنایی برای تحلیل نقاط اجتماع‌پذیر و طراحی مداخلات شهری برای بهبود پیوند محله‌ای باشد.

این یافته‌ها، همسو با نتایج روزخوش و همکاران (Roozkhosh et al, 2020)، موید این نکته است که در بافت قدیمی شهر بجنورد، هم‌پیوندی بهتر شبکه معابر وجود دارد لکن در راستای این یافته ایشان که بهسازی بافت قدیمی شهر بجنورد را ضرورتی انکار ناپذیر دانسته‌اند، نشان می‌دهد که منطبق بر شواهد فضایی، بافت قدیمی شهر بجنورد می‌تواند به عنوان یک ظرفیت بالقوه برای بازآفرینی و بازطراحی پایدار شهری تلقی شود (همانطور که سلطانی‌فرد و همکاران (Soltanifard et al, 2015) نیز در بافت قدیمی شهر سبزوار به ساختار منسجم شهر اشاره دارند) و ساختار پنهان هوشمندی فضایی آن در راستای عملکرد بهتر شبکه اجتماعی و تعاملات اجتماعی شهر

بجنورد، به کار گرفته شود. آنچنان که ونگ و همکاران[1] (2022) و شری‌رنگام و همکاران[2] (2023) نیز بر چنین کاربردی از روش چیدمان فضا، در مطالعات برنامه‌ریزی و طراحی شهری، تاکید کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

تحلیل ساختارهای پنهان فضایی بافت مرکزی شهر بجنورد، با استفاده از روش چیدمان فضا و شاخص‌های شبکه‌ای به‌دست‌آمده از نرم‌افزار دپس‌مپ، نشان می‌دهد که این بافت دارای هسته مرکزی منسجم و محورهای کلیدی حرکتی و اجتماعی است. محورهای دارای یکپارچگی و شاخص بینابینی بالا، به‌عنوان ستون فقرات شبکه، جریان‌های حرکتی و تعاملات اجتماعی را سازماندهی می‌کنند، در حالی که محورهای فرعی با اتصالات محلی و کنترل متوسط، نقاط اجتماع‌پذیر و هسته‌های محله‌ای را شکل می‌دهند. این الگوها بیانگر هوشمندی فضایی نهفته در بافت است؛ یعنی شبکه معابر و ساختار کالبدی بافت می‌تواند خود به‌صورت توزیع‌شده، جریان‌های اجتماعی، حرکت روزمره و تعاملات محلی را هدایت و هماهنگ کند، بدون آنکه تماماً تابع تصمیمات نهادی یا فناوری‌های نوین باشد.

تطبیق تحلیل فضایی با نقشه محلات نشان می‌دهد که محلات مجاور محورهای اصلی مانند طالقانی، امام خمینی و شهید بهشتی، بیشترین میزان دسترسی و پیوند شبکه‌ای را دارند و نقش مرکزی در جریان‌های اجتماعی و فعالیت‌های محله‌ای ایفا می‌کنند. در مقابل، محلات پیرامونی با شاخص‌های پایین‌تر، از این مزیت کمتر برخوردارند و امکان شکل‌دهی جریان‌های اجتماعی محدودتری دارند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ساختار فضایی شهرهای سنتی و میانی ایران، مانند بجنورد، ظرفیت بالقوه‌ای برای تقویت اجتماعات محلی و بازآفرینی پایدار دارد. لذا می‌توان در پژوهش‌های آتی، نمونه سایر شهرهای میانی کشور به ویژه منطبق بر بافت های تاریخی و سنتی آن را مبنای بررسی، مطالعه و مقایسه‌های تطبیقی قرار داد.

در مقایسه با مطالعات پیشین در شهرهای میانی (Roozkhosh et al, 2020) و تاریخی ایران (Sultanzadeh, 2006; Kalantari & Pour Ahmad, 2006: 24) و نمونه‌های بین‌المللی (Hillier, 2012; Fu et al, 2025) همچنین مطالعات زیادی که بر کاربرد روش چیدمان فضا برای تحلیل الگوی حرکتی- فضایی و تحلیل اجتماعی تاکید داشته اند (Askarizad et al, 2024; Mehrinejad Khotbehsara et al, 2025; Keleş et al, 2025)، دستاورد اصلی این پژوهش، ارتباط روشن میان شاخص‌های کمی چیدمان فضا، ساختار شبکه معابر و هوشمندی فضایی بالقوه در تعاملات اجتماعی و حرکت شهری است. این نشان می‌دهد که حتی در بافت‌های سنتی و بدون فناوری‌های پیشرفته، الگوهای فضایی خود می‌توانند نوعی هوشمندی شهری را ایجاد کنند که امکان برنامه‌ریزی و مداخلات هدفمند برای ارتقای پیوند اجتماعی و عملکرد شهری را فراهم می‌آورد. این پژوهش تأکید دارد که تحلیل ساختارهای پنهان فضایی نه تنها ابزاری برای درک کالبدی شهر برای به ویژه طراحان شهری است، بلکه مبنایی برای شناسایی ظرفیت‌های بالقوه شهری، تقویت تعاملات محله‌ای و برنامه‌ریزی بازآفرینی پایدار شهری در بافت‌های میانی و یا مرکزی شهرهای مشابه فراهم می‌کند.

در همین راستا میتوان راهکارها و پیشنهاداتی برای لحاظ تاثیر ساختارهای پنهان هوشمندی فضایی در راستای نیل و تقویت شکل‌گیری اجتماعات محلی در شهرها [ی میانی]، در نظر گرفت. ساماندهی و طراحی شبکه معابر شهری و برنامه‌ریزی تعاملی و انطباقی کاربری زمین و ترافیک بافت محلی، در همین زمینه، قابل ذکر است. این پیشنهاد می‌تواند موجبات توزیع مطلوب کاربری و مدیریت جریان حرکت در راستای افزایش تعاملات اجتماعی محلات شهری را سبب گردد. همچنین می‌توان در شبکه‌های گذربندی محلی، طول پیوند، تعداد تقاطع‌ها، پتانسیل جابه‌جایی در شعاع دلخواه و تصمیمات مرتبط با تسهیل حرکت در بافت و بدین ترتیب مرکزیت و یکپارچگی شبکه را مدیریت و هدایت کرد. نتیجه آنکه مسیر حرکت پیاده، شدت کاربری‌های عمومی (نظیر تجاری، خدماتی، سبز و تفریحی) و پیکربندی بافت بدین واسطه، قابل کنترل و طراحی خواهد بود تا ساختار منسجم، هم‌پیوند و خوانا برای افزایش تعاملات اجتماعی و امکان حضور پذیری بیشتر اجتماعات محلی، فراهم گردد. نهایتاً بایستی در نظر داشت که تصمیمات مرتبط با شبکه معابر و طراحی الگوی تعاملات اجتماعی در شهرها، تصمیم تک‌جانبه و منفک نیست و ضرورت دارد تا سایر عوامل مرتبط با کیفیت محیط شهری که تضمین کننده نهایی حضورپذیری و اجتماع‌پذیری فضاهای شهری است، نیز مدنظر سیاستگذار قرار بگیرد.

[1] Wang, et al.
[2] Srirangam et al.

References

Abaszadegan, M. (2002). Space arrangement method in the urban design process. *Urban Management Quarterly*, *3*(9), 64–75. (in persian) URL: https://www.sid.ir/paper/453546/fa

Abbasi, A., Vatanparast, M., & Mafi, E. (2023, November 14). *Analysis of Bojnord City Status Based on Smart Society Indicators. New Attitudes in Human Geography Quarterly*, [Online First]. (In Persian) URL: https://journals.iau.ir/article_707572.html?lang=en

Acedo, A., Painho, M., Casteleyn, S., & Roche, S. (2018). Place and city: Toward urban intelligence. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *7*(9), 346. Doi: https://doi.org/10.3390/ijgi7090346

Afaghpoor, A. and Badr, S. (2022). Develop an Analytical Framework for Studying Street Pattern; Comparative Study of Street Network Pattern in Self-Organized Districts of Tehran. Human Geography Research, *54*(4), 1341-1361. Doi: https://doi.org/10.22059/jhgr.2021.325951.1008329

Alabi, M. O. (2021). Space syntax: evaluating the influence of urban form and socio-economy on walking behaviour in neighbourhoods of Akure, Nigeria. Urban, planning and transport research, *9*(1), 579-597. Doi: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21650020.2021.2003234

Anabestani, A. , Kalantari, M. and Niknami, N. (2024). Spatial Analysis of Smart City Indicators Based on the *Internet* of Things (IoT) in the Metropolis of Mashhad. *Spatial Planning*, *13*(4), 71-96. (In Persian) Doi:https://doi.org/10.22108/sppl.2023.138037.1732

Araghizadeh,Z. , Ghoddousifar,S. H. and Nikghadam,N. (2024). Assessing the degree of interconnection of the space system using the space arrangement technique (Case study: Houses in Bandar Kong). *Islamic Art Studies*, *20*(52), 522-535. (In Persian) Doi:10.22034/ias.2022.341785.1957

Araldi, A., & Fusco, G. (2019). From the street to the metropolitan region: Pedestrian perspective in urban fabric analysis. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, *46*(7), 1243-1263. Doi: https://doi.org/10.1177/2399808319832612

Ashrieh, R., Valipour, E. & Amiri, M., (2016). Examining the role of "space syntax" theory in modifying the form and shape of the city, 4th International Conference on Modern Research ‘s in Civil Engenering, Architectural & Urban Development, Spain: Barcelona. URL: https://www.sid.ir/FileServer/SF/6571395H0427

Askarizad, R., Lamíquiz Daudén, P. J., & Garau, C. (2024). The application of space syntax to enhance sociability in public urban spaces: A systematic review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *13*(7), 227. Doi: https://doi.org/10.3390/ijgi13070227

Batty, M. (2022). Integrating space syntax with spatial interaction. *Urban Informatics*, *1*(1), 4. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s44212-022-00004-2

beigmohammadi,M. , charkhcian,M. and Soheili,J. (2025). Explaining the components of spatial configuration affecting social interactions in contemporary commercial centers of Qazvin city. *Safe City*, *8*(1), 59-73. (In Persian) Doi: https://doi.org/10.22034/ispdrc.2024.2027624.1096

Benedikt, M. (1979), ‘To take hold of space: isovists and isovist fields’, Environment and Planning B: Planning and Design 6(1), 47– 65. Doi: https://doi.org/10.1068/b060047

Chakraborty, B., & Dey, P. (2024). Spatial characterisation of blighted urban areas using space syntax analysis: the case of historic city centre of Kolkata, India. *GeoJournal*, *89*(5), 231. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10708-024-11221-4

Dettlaff, W. (2014). Space syntax analysis–methodology of understanding the space. *PhD Interdisciplinary Journal*, *1*, 283-291. URL: https://www.academia.edu/download/109566330/01_2014_30-dettlaff.pdf

Esposito, D., Santoro, S., & Camarda, D. (2020). Agent-based analysis of urban spaces using space syntax and spatial cognition approaches: A case study in Bari, Italy. *Sustainability*, *12*(11), 4625. Doi: https://doi.org/10.3390/su12114625

Fernandes, P. A. (2023). Space Syntax with logic programming: An application to a modern estate. Urban Science, 7(3), 78. Doi: https://doi.org/10.3390/urbansci7030078

Fu, J. M., Tang, Y. F., Zeng, Y. K., Feng, L. Y., & Wu, Z. G. (2025). Sustainable historic districts: Vitality analysis and optimization based on space syntax. *Buildings*, *15*(5), 657. Doi: https://doi.org/10.3390/buildings15050657

Google Earth [Geospatial data] (2025). Retrieved November 14, 2025, from URL:https://earth.google.com

Gruen, A. (2013). SMART Cities: The need for spatial intelligence. *Geo-Spatial Information Science*, *16*(1), 3-6. Doi: https://doi.org/10.1080/10095020.2013.772802

Hamedani Golshan, H. , Motalebi, G. and Behzadfar, M. (2020). Developing a Mixed Theoretical Framework from the Interaction of the Space- Syntax Theory and the Behavior Setting Theory in Order to Compare the Behavioral-Movement Patterns within the Residential Environments of Tehran: Case Study of Nārmak, Yoosefābād and Shahrake Gharb. *Urban Planning Knowledge*, *3*(4), 91-110. Doi: https://doi.org/10.22124/upk.2020.13909.1248

Hannachi, P., & Pour Sarrajian, M. (2014). *Revitalization of historic urban fabric* (2nd ed.). Tehran University Press. (No. 3283) (Original work published 2012). (In Persian)

Hedayatian, M., & Einifar, A. (2025). Conceptual Framework of Social Interactions in Urban Open Spaces: A Meta-Synthesis Analysis of the concepts of Presence, Sociability, and Environmental Quality, Motaleate Shahri, 2025, *14*(55), 3-18. Doi: http://doi.org/10.22034/urbs.2025.142266.5094

Hillier, B. (2012). Studying cities to learn about minds: Some possible implications of space syntax for spatial cognition. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *39*(1), 12-32. Doi: https://doi.org/10.1068/b34047t

Hillier, B. and J. Hanson (1984), The social logic of space, Cambridge University Press, Cambridge.

Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P., & Bedford, M. (1976). Space syntax. *Environment and Planning B: Planning and design*, *3*(2), 147-185. Doi: https://doi.org/10.1068/b030147

Hosseinzadeh, R., Naghibi,F. and Abedini,A. (2026). An Optimal Model for Access to Urban Services in the Spatial Structure of Urmia Based on the New Urbanism Approach. (e226936). (In Persian) Doi: 10.22034/jget.2025.533384.1633

Jalali, A., Pourjafar, M., Safavi, A. and Ranjbar, E. (2025). Exploring the Impacts of Technology on Enhancing the Quality of Urban Public Spaces within the Framework of Smart Cities, Case Study: Iran Mall, Tehran. *Iranian Urban Design Studies*, *1*(2), 183-210. (In persian) Doi: https://doi.org/10.22099/iuds.2025.52261.1028

Kalantari, H., & Pour Ahmad, A. (2006). *Fanoon va tajrobeh-ye barname rizi-ye meremat-e baft-e tarikhi-ye shahrha* [Techniques and experiences in planning for historic urban fabric restoration]. Tehran:

Pazhouheshgah-e Oloum-e Ensani, Farhang va Motale'at-e Ejtemai, Jihad-e Keshavarzi; Sazman-e Entesharat-e Jihad-e Daneshgahi. (Original work published 2005). (In Persian)

Keleş, B. N., Takva, Ç., & Çakıcı, F. Z. (2025). Accessibility analysis of public buildings with graph theory and the space syntax method: government houses. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, *24*(1), 199-213. Doi: https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2292083

Komninos, N. (2011). Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. *Intelligent Buildings International*, *3*(3), 172-188. Doi: https://doi.org/10.1080/17508975.2011.579339

Lian, H., & Li, G. (2023). Correlation analysis of retail space and shopping behavior in a commercial street based on space syntax: a case of shijiazhuang, China. *Buildings*, *13*(11), 2674. URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/13/11/2674

Mehrinejad Khotbehsara, E., Yu, R., Somasundaraswaran, K., Askarizad, R., & Kolbe-Alexander, T. (2025). The walkable environment: a systematic review through the lens of Space Syntax as an integrated approach. *Smart and Sustainable Built Environment*. Doi: https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2024-0049

Naghsh Jahan Pars Consultants. (2010). Comprehensive development and urban plan of Bojnord: Volume III, morphological studies [Studies in physical form]. Tehran. (In persian)

Norouzi, A., Ardalan, D., & Khatibi (2025). Evaluation of deteriorated urban fabric pathways in detailed plans based on physical indicators using space syntax technique, (case study: Masjed Yeri Paein neighborhood, Zanjan), Space Ontology International Journal, 14(2), 53, 57-73. Doi: 10.71879/soij.2025.1199414

Qanazi, S., Hijazi, I. H., Shahrour, I., & Meouche, R. E. (2024). Exploring urban service location suitability: Mapping social behavior dynamics with space syntax theory. *Land*, *13*(5), 609. URL: https://www.mdpi.com/2073-445X/13/5/609

Roozkhosh,F. , Moulavi,M. and Salaripour,A. (2020). Investigating the Relationship between Smart Growth Parameters and the Theory of Space Syntax in a Variety of Urban Contexts (Case study: Bojnourd). *Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*, *9*(4), 313-322. Doi: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224991.1398.9.4.1.6

Sarker, I. H. (2022). Smart City Data Science: Towards data-driven smart cities with open research issues. *Internet of Things*, *19*, 100528. Doi: https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100528

Sedaghati, A. , madahi, A. and talebkhah, H. (2022). Modeling and forecasting the process of physical expansion and development of Bojnord city. *Human Geography Research*, *54*(4), 1563-1585. Doi: 10.22059/jhgr.2021.329110.1008364

Soltani, A., Javadpoor, M., Shams, F., & Mehdizadeh, M. (2022). Street network morphology and active mobility to school: Applying space syntax methodology in Shiraz, Iran. *Journal of Transport & Health*, *27*, 101493. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101493

Soltanifard, H., Hataminezhad, H., Abbaszadrgan M. & Pourahmad, A. (2015). Analysis of Urban Historic Core Transformation by Applying Space Syntax Theory (1907- 2007), Journal of Geographic Space, 48(14). URL: http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1532-en.html

Srirangam, S., Gunasagaran, S., Mari, T., Ng, V., & Kusumo, C. M. L. (2023). Spatial intelligence: integration of land use to connectivity in the context of eastern urbanism. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 17(1), 184-202 . Doi: https://doi.org/10.1108/ARCH-12-2021-0355

Stübinger, J., & Schneider, L. (2020). Understanding smart city—A data-driven literature review. *Sustainability*, *12*(20), 8460. Doi: https://doi.org/10.3390/su12208460

Sultanzadeh, H. (2006). Urban spaces in the historical texture of Iran (3rd ed.). Tehran: Daftar-e Pajooheshhaye Farhangi. (Original work published 1991). (In Persian)

Wang, L., Han, X., He, J., & Jung, T. (2022). Measuring residents' perceptions of city streets to inform better street planning through deep learning and space syntax. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *190*, 215-230. Doi: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.06.011

Waziri,M. , Bani Khalifi,N. and Mofidi Shemirani,S. M. (2024). Investigating the concept of a smart city: Integrating Information Technology to Improve Quality of Life and Urban Services. (e725742). *Architectural Technologies Studies*, *3*(4), e725742. (In persian) Doi: https://doi.org/10.22034/ats.2024.725742