ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2024;39(3):269-277 10.58209/geores.39.3.269

Analysis of Environmental Factors on the Spatial Structure of Industrial Estates in Alborz Province Using the ELECTRE III Method

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Khaki M.[1]* *PhD*
Fathi M.[2] *PhD*
Mallaei M.[3] *MA*

How to cite this article
Khaki M, Fathi M, Mallaei M. Analysis of Environmental Factors on the Spatial Structure of Industrial Estates in Alborz Province Using the ELECTRE III Method. Geographical Researches. 2024;39(3):269-277.

[1]Department of Architecture, Faculty of Technical Engineering, Shamal University, Amol, Iran
[2]Department of Architecture, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran
[3]Department of Industrial Management, Ershad-Damavand University, Tehran, Iran

***Correspondence**
Address: Department of Architecture, Faculty of Technical Engineering, Shamal University, Emamzadeh Abdollah Street, Amol, Iran. Postal Code: 4416184596
Phone: -
Fax: +98 (11) 44203638
khaki@shomal.ac.ir

Article History
Received: June 06, 2024
Accepted: July 8, 2024
ePublished: July 18, 2024

ABSTRACT

Aims Industrial estates are essential for the economic advancement of a nation and should be examined from multiple angles. While the geographical environment of these estates has been extensively studied from multiple perspectives, their internal features have received comparatively less scrutiny. Hence, the objective of this paper is to ascertain the spatial preferences within the internal organization of industrial estates in Alborz Province by employing the Analytical Hierarchy Process (AHP) methodology.

Methodology This study was conducted in 2023 with a focus on practical applications. The study strategy was established by utilizing the Analytical Hierarchy strategy (AHP) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques to identify and prioritize variables. After conducting a literature review, 14 primary variables were selected using the Delphi technique. The SANNA system was then used to assess the priority of these variables in the geographical structure of the "Simin Dasht" and "Baharstan" industrial estates. The study methodology involved extracting spatial data using the space syntax method and giving it priority.

Findings The road network is the most important environmental factor in determining the spatial organization of industrial estates. Following the road network, the priority of other criteria, in descending order, includes visual connection, grain size, architectural quality, building density, external connection, climate, topography, infrastructure, and greenery. Furthermore, the current spatial arrangement of industrial estates in Alborz Province excels in terms of "visual connectivity" and "road infrastructure," but falls short in terms of "architectural excellence" and "green spaces".

Conclusion The spatial design of the area is primarily influenced by three key factors: accessibility and connection, physical structure, and geomorphology. Out all the sub-variables, visual connection, road network, and grain size are the most important.

Keywords Industrial Estates; Spatial Analysis; Multi-Criteria Decision Making

CITATION LINKS

[Alijani, 2015] Spatial analysis in geography ...; [Alipour *et al.*, 2020] Ranking quantitative and qualitative indicators of housing with using ELECTRE III ...; [Antoro *et al.*, 2024] Analysis of road performance due to trip generation from the development of Batang ...; [Antunes, 2023] Industrial housing clusters in nineteenth-century Lisbon ...; [Fathi *et al.*, 2023] The effect of the spatial structure and physical environment of science and technology parks in Alborz Province on increasing the performance of employees of ...; [Ferm *et al.*, 2021] Planning urban manufacturing, industrial building typologies, and built environments: Lessons ...; [Fernández & Ruiz, 2009] Descriptive model and evaluation system to locate ...; [Fonseca *et al.*, 2015] An agent-based model to assess the ...; [Genc *et al.*, 2020] Circular eco-industrial park design inspired by nature: An integrated non-linear optimization, location ...; [Han *et al.*, 2022] A comparative study on planning patterns of industrial bases in Northeast China ...; [Hou & Li 2013] Study of industry selection and spatial layout of the industrial park in urban fringe: A case study of Jixian industrial base ...; [Imani *et al.*, 2023] Spatial analysis of industrial ...; [Jiang *et al.*, 2024] External spatial morphology of creative industries parks in the industrial heritage category based on spatial syntax: Taking ...; [Jusuf *et al.*, 2014] Transformation of industrial planning in Singapore: Study on the microclimatic condition ...; [Karami *et al.*, 2022] Spatial analysis and locating the industrial town of Jolfa using AHP ...; [Khaliji & Zarabadi, 2015] Analysis of the industrial townsite selection by multi-criteria in Tabriz County by utilizing ...; [Leyva-Lopez & Fernandez-Gonzalez, 2003] A new method for group decision support ...; [Moghtader *et al.*, 2020] Developing a framework for promoting social interactions in the architecture of industrial towns ...; [Momeni & Razban, 2018] Performance evaluation model of industrial parks ...; [Norouzzadeh Gilmolk *et al.*, 2023] Design of cybernetic metamodel of cryptographic algorithms and ranking of its supporting components ...; [Rahmani *et al.*, 2020] Methodological principles and applications of the Delphi ...; [Shooshtari & Maroofnezhad, 2020] Ranking gas stations from the citizenships' viewpoints using the Vikor model (a case study of ...; [Sjaifuddin, 2020] Environmental management of industrial estate based on eco-industrial parks ...; [Wang *et al.*, 2017] Spatial form analysis of existing industrial buildings renovation ...; [Xue *et al.*, 2023] Spatial potential evaluation and spatial layout of industrial park ...; [Yuhong *et al.*, 2011] Landscape planning of the green network in Tai Po Industrial ...;

Copyright© 2024, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تحلیل عوامل محیطی در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی استان البرز با روش ELECTRE III

مازیار خاکی* PhD
گروه مهندسی معماری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، ایران
میلاد فتحی PhD
گروه معماری، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران
منیژه ملائی MA
گروه مدیریت صنعتی، موسسه آموزش عالی ارشاد دماوند، تهران، ایران

چکیده

اهداف: شهرک‌های صنعتی نقش بسیار مهمی در توسعه اقتصادی کشور ایفا می‌کنند و لازم است تا از ابعاد مختلف مورد مطالعه قرار گیرند. این شهرک‌ها تاکنون از ابعاد مختلف در سطح کلان در حوزه جغرافیایی بررسی شده‌اند؛ اما کمتر به ابعاد داخلی آنها توجه شده است؛ از این رو هدف این مقاله تعیین اولویت‌های فضایی در ساختار درونی شهرک‌های صنعتی استان البرز با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بود.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و در سال ۱۴۰۲ در شهرک‌های صنعتی استان البرز انجام شد. فرآیند پژوهش بر اساس شناخت متغیرها و اولویت‌بندی آنها بر اساس روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تصمیم‌گیری چندمعیاره تدوین شد. پس از شناسایی متغیرها در مطالعات اسنادی، با استفاده از الکتره، ۱۴ متغیر اصلی شناسایی و اولویت آنها در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی «سیمین‌دشت» و «بهارستان» بر پایه سیستم SANNA مشخص شد. داده‌های فضایی نیز با استفاده از روش نحو فضا استخراج و در فرآیند پژوهش اولویت‌بندی شدند.

یافته‌ها: اولویت عوامل محیطی در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی به‌ترتیب شبکه معابر، ارتباط بصری، دانه‌بندی، کیفیت معماری، تراکم ابنیه، ارتباط با خارج، اقلیم، توپوگرافی، زیرساخت و سبزینگی بود. همچنین ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی استان البرز موجود از نظر «ارتباط بصری» و «معابر» در بهترین وضعیت و از نظر شاخص «کیفیت معماری» و «سبزینگی» در نامناسب‌ترین وضعیت بودند.

نتیجه‌گیری: دسترسی و ارتباط، ساختار کالبدی و ژئومورفولوژی مهم‌ترین عوامل موثر بر ساختار فضایی آنها هستند. ارتباط بصری، شبکه معابر و دانه‌بندی در میان زیرمتغیرها بیشترین اولویت را دارند.

کلیدواژگان: شهرک صنعتی، تحلیل فضایی، تصمیم‌گیری چندمعیاره

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

*نویسنده مسئول: khaki@shomal.ac.ir

مقدمه

تحلیل فضایی به طور عمده متکی بر به‌کارگیری روش‌ها و فرآیندهای کمّی برای بررسی چیدمان فضایی پدیده‌ها یا پراکندگی آنها در سطح یک منطقه است. این نوع تحلیل را می‌توان به مثابه مطالعه دقیق و عمیق الگوهای نقطه‌ای، خطی و مساحتی روی نقشه دانست [Alijani, 2015]. با توجه به ماهیت داده‌محور تحلیل فضایی، حجم عظیمی از اطلاعات جزیی باید گردآوری، ادغام و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی دقیقی از عواملی که ممکن است در انتخاب مکان مناسب برای استقرار یک پروژه نقش داشته باشند، انجام شود. در این راستا، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و به‌کارگیری لایه‌های اطلاعاتی مختلف در مرحله مکان‌یابی و همچنین ارزیابی وضعیت موجود به کار گرفته می‌شود [Shooshtari & Maroofnezhad, 2020].

در ایران، شهرک‌های صنعتی با هدف سامان‌دهی به فعالیت‌های صنعتی و جلوگیری از تمرکز پیامدهای مخرب این فعالیت‌ها در محیط‌های انسانی احداث شده‌اند. در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در کشور، استقرار نامناسب و نامتوازن فعالیت‌های صنعتی در میان سایر کاربری‌ها است که علاوه بر ایجاد مزاحمت برای کاربری‌های مجاور، منجر به بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی در شهرهای مختلف کشور شده است [Karami *et al.*, 2022].

تحلیل فضایی یک فعالیت علمی و روشی از مطالعات مکانی در جغرافیا است که از طریق به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهای علمی و بهره‌گیری از علوم مختلف، شرایط محیطی زندگی را در ابعاد گوناگون آن شناسایی و زمینه‌های علمی لازم برای شناخت محیط و برنامه‌ریزی‌های محیطی را فراهم می‌آورد. برخی ویژگی‌ها، تحلیل فضایی را از سایر مطالعات مکانی در جغرافیا متمایز می‌کند. این ویژگی‌ها عبارتند از «نگاه جست‌وجوگر، ارزیاب و انتقادی به محیط و عوامل محیطی»، «نیاز به نگاهی همه‌سونگر و سیستمی به محیط»، «کاربردی‌بودن» و «مقدمه‌ای ضروری برای برنامه‌ریزی محیطی» [Imani *et al.*, 2023]. از این رو شناخت عوامل موثر در ساختار فضایی در بُعد داخلی و خارجی بسیار اهمیت دارد.

برای تحلیل فضایی و اولویت‌بندی، مدل‌ها و تکنیک‌های مختلفی وجود دارد. در تحلیل فضایی چون تمرکز این مقاله بر محدوده داخلی شهرک‌های صنعتی است، از روش نحو فضا (Space Synatax) و در اولویت‌ها از دو تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و الکتره (ELECTRE) استفاده شد.

شهرک‌های صنعتی به عنوان محل تمرکز فعالیت‌های صنعتی، نقشی اساسی در توسعه اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کنند. تحلیل فضایی و کالبدی این مناطق برای درک بهتر عملکرد و کارآیی آنها و نیز برنامه‌ریزی و طراحی مناسب آنها ضروری است. از این رو موضوع تحلیل فضایی شهرک‌های صنعتی از ابعاد گوناگونی در مطالعات مختلف بررسی شده است. مثلاً در مقاله *فرناندز* و *رویز* اثرات زیست‌محیطی به عنوان مهم‌ترین عامل در تحلیل فضایی واحدهای صنعتی معرفی شده است. این مطالعه با به‌کارگیری مدل AHP نشان می‌دهد که عوامل زیست‌محیطی و اقتصادی با وزن‌های ۳۵٪ و ۵۰٪ به‌ترتیب، بیشترین اهمیت را در شهرک‌های صنعتی در منطقه کانتابریا دارا هستند. علاوه بر این، یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که در میان مولفه‌های اقتصادی، اجتماعی، برنامه‌ریزی و زیست‌محیطی، نرخ بیکاری، وجود فعالیت‌های صنعتی در منطقه، مدیریت محیط زیست و ارتقای آن، مدیریت برنامه‌ریزی شهری،

حمل‌ونقل و آب و تصفیه فاضلاب به‌ترتیب بیشترین تاثیر را بر مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی دارند [Fernández & Ruiz, 2009].

جوزف و همکاران نیز در مطالعه خود، به بررسی جامع روش‌های مختلف تحلیل فضایی و کالبدی شهرک‌های صنعتی می‌پردازد. نویسندگان سه نوع اصلی الگوی فضایی را در شهرک‌های صنعتی شناسایی می‌کنند که شامل مجتمع، بلوکی و ترکیبی است. آنها همچنین، به بررسی عوامل مختلفی که بر شکل و عملکرد شهرک‌های صنعتی تاثیر می‌گذارند، از جمله نوع صنعت، فنّاوری، مقیاس، و شرایط محیطی می‌پردازند [Jusuf *et al.*, 2014].

ژو و همکاران در مطالعه خود در رابطه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان بستر اصلی، به مطالعه فرم فضایی (چیدمان فضایی) و کالبدی (فیزیکی) شهرک صنعتی شی‌چوان در چین پرداخته‌اند. هدف نهایی ایشان، تکمیل ساختار فضایی صنعتی برای سیستم فضایی آینده شهرستان شی‌چوان با تکیه بر ساختار سیستم فضایی عملیاتی در قالب سه عنصر صنعتی، فضایی و خدماتی بوده است [Xue *et al.*, 2023].

آنتونیز در مقاله خود به بررسی الگوهای فضایی در ساختمان‌های صنعتی معاصر می‌پردازد. نویسندگان سه نوع الگوی فضایی اصلی را شناسایی می‌کنند که شامل یکپارچه، غیریکپارچه و غیرمتعارف است. آنها همچنین، به بررسی عواملی که بر الگوهای فضایی در ساختمان‌های صنعتی تاثیر می‌گذارند، از جمله الزامات عملکردی، مقیاس، و فناوری می‌پردازند [Antunes, 2023].

جیانگ و همکاران در مقاله خود، از روش نحو فضایی برای تحلیل شکل خارجی شهرک‌های صنعتی خلاق در تیانجین، چین استفاده می‌کند. نویسندگان دریافتند که شکل خارجی این شهرک‌ها، ارتباط ضعیفی با الگوهای فضایی سنتی شهرها دارد. آنها همچنین، پیشنهادهایی برای بهبود شکل خارجی این شهرک‌ها ارایه می‌کنند، از جمله افزایش تنوع فضایی و ادغام بهتر با محیط اطراف [Jiang *et al.*, 2024].

همچنین *هان* و همکاران با شبیه‌سازی ساختار فضایی مبتنی بر شبکه معابر به همراه تحلیل داده‌ها، سه شهرک صنعتی در چین را ارزیابی کرده و رابطه معنادار بین ساختار فضایی و تحقق عملکردی در این شهرک‌ها را تایید کردند [Han *et al.*, 2022]. نتایج این مطالعه در کنار مقاله *جیانگ* و همکاران [Jiang *et al.*, 2024]، پایه معتبری برای توسعه تحلیل فضایی با تکنیک نحو فضا در شهرک‌های صنعتی است.

ایمانی و همکاران در مقاله خود با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) معیارها را ارزش‌گذاری کرده و در نهایت، با به‌کارگیری تکنیک منطق فازی، فضاهای مناسب برای استقرار شهرک‌های صنعتی جدید پیشنهاد کردند. یافته‌ها در این مقاله نشان می‌دهد که ترکیب منطق فازی با تحلیل فضایی GIS، ابزاری کارآمد برای پهنه‌بندی سامان‌دهی شهرک‌های صنعتی است. نزدیکی شهرک‌های صنعتی به راه‌های ارتباطی و دوری از گسل، به‌خوبی قابلیت و کارآیی مدل تحلیلی ارایه‌شده را اثبات می‌کند [Imani *et al.*, 2023].

اکثر مطالعات تدوین‌شده در خصوص مکان‌یابی و ویژگی‌های فضایی شهرک‌های صنعتی به ویژگی‌های کلان و بیرونی در شهرک صنعتی پرداخته‌اند؛ یا اگر به محدوده داخلی توجه کرده‌اند محدود به مطالعه معماری ساختمان‌ها بودند. مثلاً *وانگ* و همکاران در مطالعه خود، با استفاده از تکنیک نحو فضا و مبتنی بر متغیرهای اتصال، عمق و یکپارچگی، یک مدل فضایی از «بناهای پهنه صنعتی چانگ‌چینگ» در چین ارایه کردند. هدف از این کار، سنجش کمّی فرم فضایی و بررسی تاثیر چیدمان فضایی بر عملکرد، از طریق ارزیابی نفوذپذیری، سهولت دسترسی و میزان توزیع فضا بوده است [Wang *et al.*, 2017]. *فتحی* و همکاران نیز در مطالعه مشابهی درباره شهرک‌های علم فنّاوری نتیجه گرفتند که میزان تاثیر ساختار فضایی بر بهره‌وری کارکنان کمتر از «عوامل کالبدی»، اما بیشتر از «عوامل عملکردی» است. همچنین در زیرمتغیرهای ساختار فضایی، تاثیر متغیرهای «هم‌پیوندی»، «عمق» و «اتصال» بر بهره‌وری برابر نبود [Fathi *et al.*, 2023].

عوامل مختلفی بر شکل و عملکرد شهرک‌های صنعتی تاثیر می‌گذارند، از جمله نوع صنعت، فنّاوری، مقیاس، و شرایط محیطی. نتایج حاصل از تحلیل فضایی و کالبدی شهرک‌های صنعتی می‌تواند برای بهبود طراحی و چیدمان این مناطق، افزایش کارآیی آنها و ارتقای کیفیت زندگی کاری ساکنان آنها مورد استفاده قرار گیرد. در این میان دو موضوع مغفول مانده است. اول اینکه مطالعه‌ای برای شناخت عوامل درونی مانند ساختار فضایی، شبکه معابر و مواردی از این دست در این شهرها صورت نگرفته است و دوم، اولویت‌بندی این عوامل در شهرک‌های صنعتی مبهم است. از این رو هدف این مقاله تعیین اولویت‌های فضایی در ساختار درونی شهرک‌های صنعتی استان البرز با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی است.

روش‌شناسی

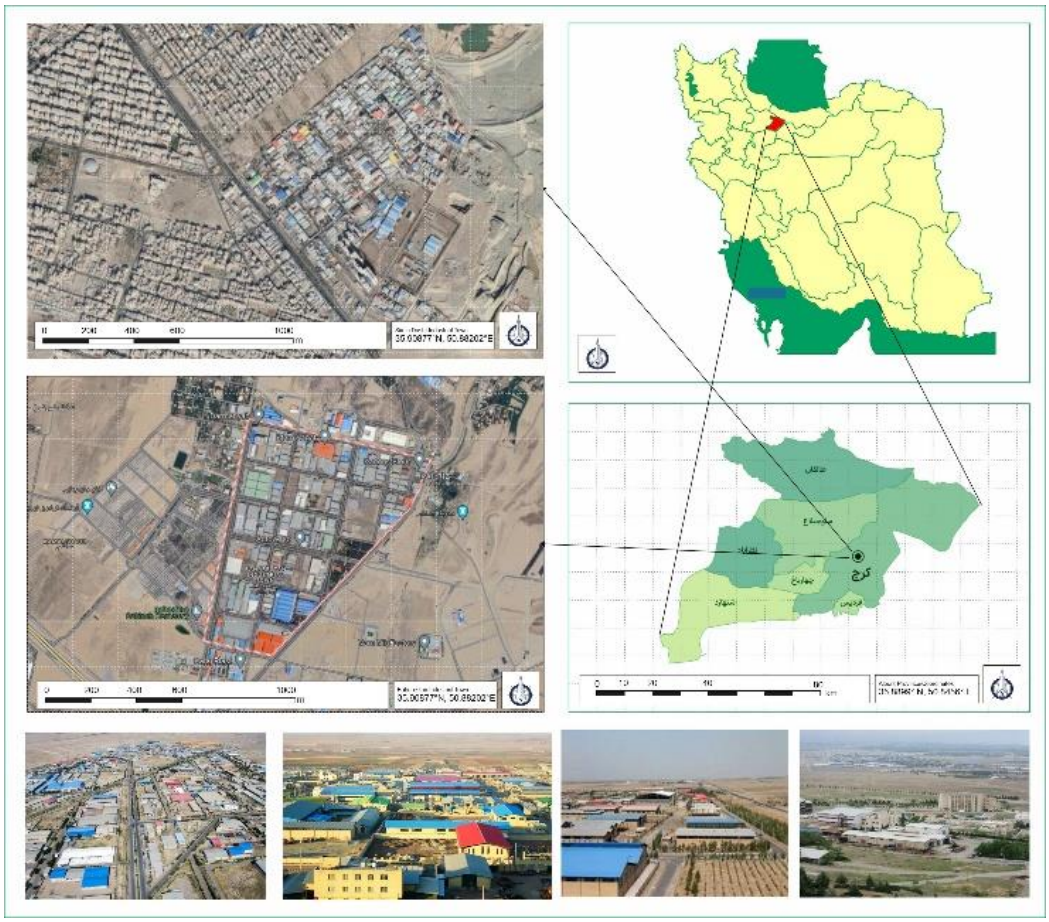
پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش در گروه پژوهش‌های کمّی و توصیفی بود. محدود مطالعه شامل دو شهرک صنعتی «سیمین‌دشت» و «بهارستان» در استان البرز بود. این دو شهرک صنعتی در فاصله ۱۵کیلومتری بخش مرکز شهر کرج قرار دارند. علاوه بر موقعیت قرارگیری، مقیاس و صنایع فعال این دو شهرک قرابتی دارد که مطالعه این دو را در یک پژوهش موجه کرده است (شکل ۱).

با بررسی سایر مطالعات، ۲۸ متغیر در ۵ دسته شناسایی شد. متغیرها با استفاده از روش دلفی متناسب با مدل نظری پژوهش طی چهار مرحله خلاصه شدند [Rahmani *et al.*, 2020]:

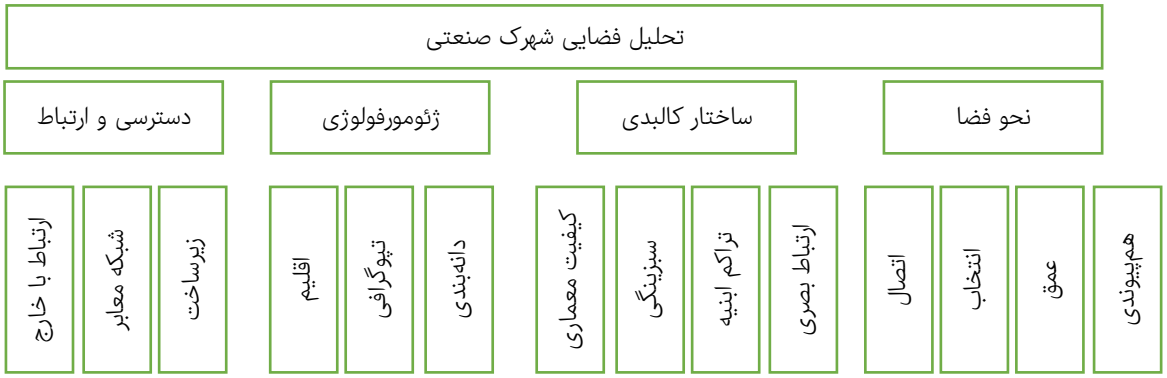
مرحله اول: تشکیل پانل دلفی (شامل ۱۴ نفر)؛ مرحله دوم: پرسش‌نامه و تحلیل آن (شامل ۵ گویه ویژگی ساختار فضایی، ۷ گویه کالبدی، ۳ گویه اقلیمی، ۷ گویه ژئومورفولوژی و ۶ گویه دسترسی)؛ مرحله سوم: سطح توافق با اولویت‌بندی گویه‌ها از دیدگاه اعضای پانل (پاسخ‌گویان با ۱۴ گویه از میان ۲۸ گویه خیلی موافق

بودند) و مرحله چهارم: سطح توافق با استانداردهای شناسایی‌شده از دیدگاه اعضای پانل (۱۴ زیرمعیار مبنای سنجش قرار گرفت که میزان موافقت اعضای پنل با هر یک از آنها بیش از ۷۵٪ بود). بنابراین این ۱۴ گویه ذیل چهار گروه «نحو فضا»، «ساختار کالبدی»، «ژئومورفولوژی» و «دسترسی و ارتباط» طبقه‌بندی شدند.

سپس به منظور تحلیل سلسله‌مراتبی متغیرها در قالب یک نمایش گرافیکی از مساله ترسیم شد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نمایش داده شدند (شکل ۲).



شکل ۱) نقشه تقریب به شهرک صنعتی بهارستان و سیمین‌دشت استان البرز



شکل ۲) ساختار سلسله‌مراتبی تحلیل فضایی شهرک‌های صنعتی استان البرز

به منظور بررسی نحو فضایی شهرک‌های صنعتی، از روش تحلیل محوری استفاده شد. با تهیه نقشه محوری قلمستان در مقیاس ۱/۲۰۰۰ شاخص‌های کلیدی "نحو فضایی" شامل هم‌پیوندی، عمق، انتخاب و اتصال، با استفاده از نرم‌افزار UCL.Depthmap.10 استخراج شدند. البته در این پژوهش، از روش تحلیل توپولوژیکال استفاده شد که در آن، شبکه معابر به صورت نسبی بررسی شده و مقیاس نقشه‌ها نقشی در تحلیل ایفا نمی‌کند. تحلیل اطلاعات در فرآیند اولویت‌بندی با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم SANNA انجام شد. این تکنیک چندمعیاره، بر اساس اکسل (Excel) با اتخاذ انواع مشخصه‌های کمّی و کیفی و وزن‌دهی آنها ابزارهای مناسبی در تحلیل تصمیم‌گیری است [Alipour *et al.*, 2020]. مسایل حل‌شده توسط SANNA با

ماتریکس استاندارد طبق معادله زیر تنظیم شد:

مرحله نخست: جایی که در آن X1, X2, ..., Xn متغیر هستند، Y1, Y2, ..., Yk معیار سنجش هستند و yij, i=1, 2, ..., n. J=1, 2, ..., k مقادیر سنجش هستند. هدف این آنالیز یافتن بهترین متغیر یا تنظیم متغیرها است [Norouzzadeh Gilmolk *et al.*, 2023]:

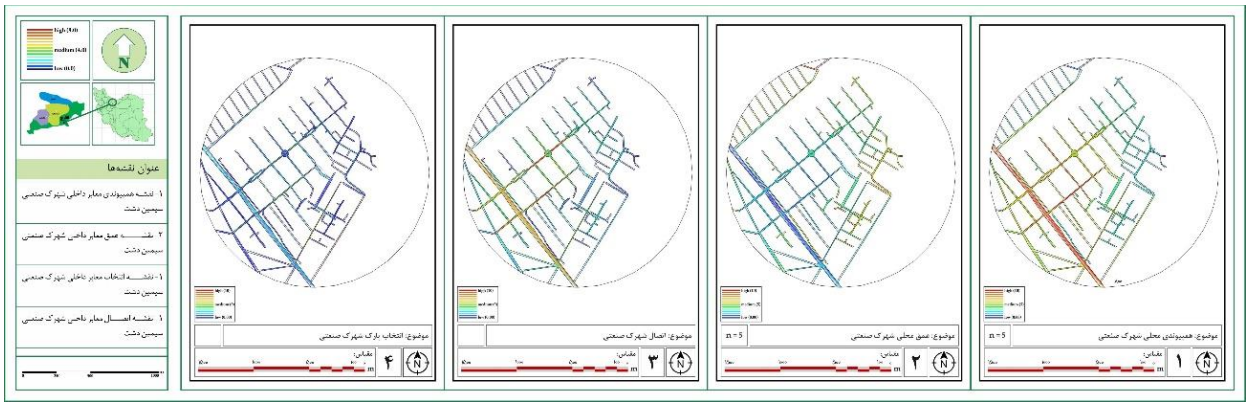
معادله ۱) ماتریس سانا

$$\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ 0 \\ 0 \\ x_n \end{matrix} \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & 0 & 0 & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & 0 & 0 & y_{2k} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ y_{n1} & y_{n2} & 0 & 0 & y_{nk} \end{bmatrix}$$

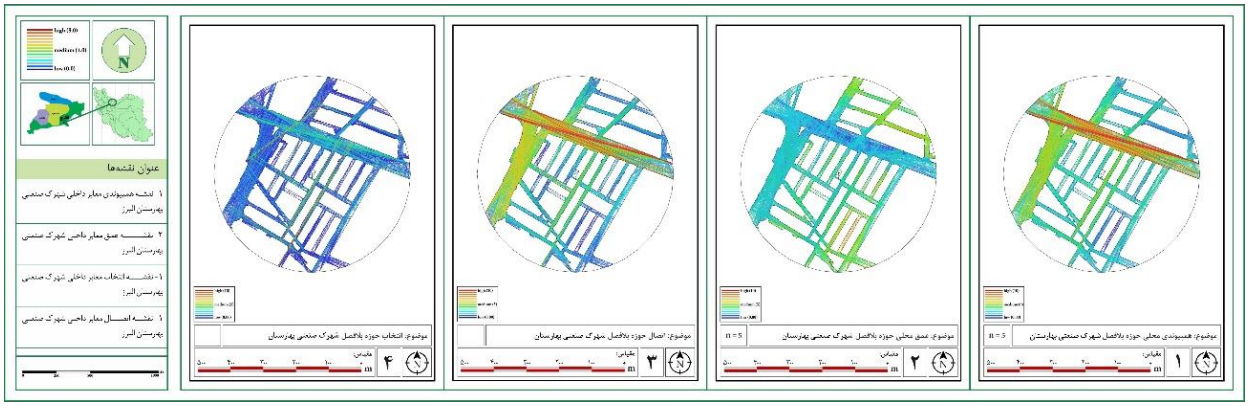
در مرحله دوم ماتریس تصمیم به صورت بی‌مقیاس ارایه شد. در مرحله سوم وزن معیارها تعیین شد و در مراحل با تشکیل ماتریس تصمیم وزن‌دار هنجارشده، ماتریس «هماهنگی»، «ناهمانگ» و «اعتباری» محاسبه شد [Leyva-Lopez & Fernandez-Gonzalez, 2003]. و در مرحله نهایی رتبه‌بندی مولفه‌های محیطی در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی مورد مطالعه ارایه شد.

یافته‌ها

تجزیه و تحلیل شامل دو بخش تحلیل نحو فضایی محدوده مطالعه و تحلیل اولویت متغیرها بود. با ترسیم نقشه محوری شهرک‌های سیمین‌دشت و بهارستان استان البرز، پارامترهای مختلف نحو فضایی استخراج شد. به منظور تحلیل در محدوده داخلی شهرک‌های صنعتی متغیرهای هم‌پیوندی، عمق، انتخاب و اتصال استخراج و در قالب گرافیکی ارایه شد (شکل ۳ و ۴). در این نقشه‌ها، هر خط (معبر) با رنگی از طیف گرم (قهوه‌ای) تا سرد (آبی تیره) روشن مشخص شد که رنگ گرم به معنای مقدار بیشتر (حداکثر ۱۰) و رنگ سرد به معنای مقدار کمتر (حداقل ۰) است.



شکل ۳) تحلیل نحو فضایی شهرک صنعتی سیمین‌دشت



شکل ۴) تحلیل نحو فضایی شهرک صنعتی بهارستان

مقایسه زوجی متغیرهای تحقیق و وزن نرمال هر یک در گروه خود ارایه شد (جداول ۱ تا ۴). در ماتریس مقایسه زوجی تشکیل یافته (جدول ۱)، معیار عمق در گروه «نحو فضا» بیشترین وزن را به خود اختصاص داد. سایر معیارهای به‌کاررفته به‌ترتیب دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بودند و با توجه به اهمیت آنها در موضوع تحلیل فضایی شهرک‌های صنعتی وزن‌دهی و اولویت‌بندی شدند.

در زیرمتغیرهای «ساختار کالبدی» تراکم ابنیه بیشترین وزن را به خود اختصاص داد، هرچند به صورت میانگین وزن نرمال این متغیر در چهار زیربخش پایین ارزیابی شدند (جدول ۲). در گروه «ژئومورفولوژی» اقلیم با وزن ۰/۴۵۷ بالاترین اولویت را داشت (جدول ۳). در این میان نیز زیرساخت در گروه «دسترسی و ارتباط» با وزن نرمال ۰/۵۰۱ بالاترین اولویت را داشت.

جدول ۱) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای به‌کاررفته در «نحو فضا» شهرک‌های صنعتی استان البرز

معیار	اتصال	هم‌پیوندی	عمق	انتخاب
۱. انتخاب (۰/۱۱۸±۰/۰۵۸)	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱
۲. عمق (۰/۴۱۹±۰/۱۱۸)	۲	۳	۱	
۳. هم‌پیوندی (۰/۳۲۷±۰/۰۹۳)	۳	۱		
۴. اتصال (۰/۲۰۴±۰/۱۰۴)	۱			

جدول ۲) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای به‌کاررفته در «ساختار کالبدی» شهرک‌های صنعتی استان البرز

معیار	۴	۳	۲	۱
۱. ارتباط بصری (۰/۲۷۰±۰/۱۲۱)	۱/۳	۱/۵	۲	۱
۲. سبزینگی (۰/۱۹۸±۰/۰۶۴)	۱/۲	۱/۲	۱	
۳. تراکم ابنیه (۰/۳۹۷±۰/۲۰۵)	۳	۱		
۴. کیفیت معماری (۰/۲۵۴±۰/۰۱۹)	۱			

جدول ۳) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای به‌کاررفته در «ژئومورفولوژی» شهرک‌های صنعتی استان البرز

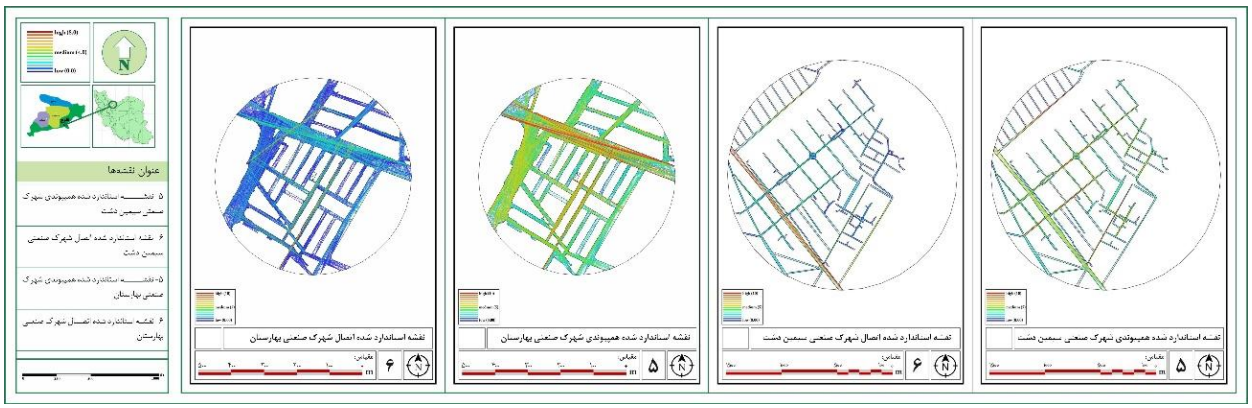
معیار	۳	۲	۱
۱. اقلیم (۰/۴۵۷±۰/۰۶۸)	۵	۳	۱
۲. توپوگرافی (۰/۳۰۷±۰/۲۱۶)	۱/۲	۱	
۳. دانه‌بندی (۰/۱۱۶±۰/۰۲۹)	۱		

جدول ۴) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای به‌کاررفته در «دسترسی و ارتباط» شهرک‌های صنعتی استان البرز

معیار	۳	۲	۱
۱. زیرساخت (۰/۴۳۱±۰/۰۵۱)	۲	۳	۱
۲. شبکه معابر (۰/۴۱۹±۰/۲۱۴)	۱/۲	۱	
۳. ارتباط با خارج (۰/۲۱۸±۰/۱۳۵)	۱		

شایان ذکر است نرخ سازگاری در تمام مقایسه‌های زوجی کمتر از ۰/۱ بود. این موضوع مبیّن دقت قابل پذیرش این مقایسه زوجی در پژوهش است. علاوه بر این اهمیت معیارهای کلی مطابق گزارش مستخرج از نرم‌افزار Expert Choice ورژن ۱۱ برابر با عدد یک بود که نشان‌دهنده نسبی‌بودن اهمیت آنها است.

پس از مقایسات زوجی بین مولفه‌ها و معیارها، با تشکیل دو سوپر ماتریس؛ یعنی وزنی غیروزنی (حد)، وزن نهایی هر یک از متغیرها به صورت کلان (نه به صورت تفکیک‌شده ذیل هر معیار) در چارچوب مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم SANNA استخراج شد و متناسب با آن نقشه استانداردشده ساختار فضایی تدوین و طراحی شد (شکل ۵). ارزش‌های ۹، ۷، ۵، ۳، ۱ به‌ترتیب نشانگر وضعیت کاملاً مطلوب، مطلوب، متوسط، نامطلوب و کاملاً نامطلوب، پهنه‌های شناسایی‌شده نسبت به معیارهای مورد بررسی بود (جدول ۵).



شکل ۵) نقشه استانداردشده نحو فضایی شهرک صنعتی سیمین‌دشت و بهارستان

جدول ۵) ماتریس تصمیم‌گیری متغیرهای محیطی در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی استان البرز

معیار	ارتباط بصری	سبزینگی	تراکم ابنیه	کیفیت معماری	اقلیم	توپوگرافی	دانه‌بندی	زیرساخت	شبکه معابر	ارتباط با خارج
هم‌پیوندی	۷	۵	۵	۵	۳	۹	۷	۷	۹	۵
عمق	۷	۵	۷	۹	۵	۷	۵	۵	۹	۷
اتصال	۹	۳	۷	۷	۳	۹	۳	۵	۷	۳
انتخاب	۷	۳	۹	۹	۷	۹	۷	۷	۹	۹

پس از مشخص‌شدن ماتریس تصمیم‌گیری متغیرهای محیطی در پیکره‌بندی فضایی شهرک‌های صنعتی، وزن هر یک از این متغیرها بدون درنظرگرفتن دسته‌بندی مبتنی بر نظر کارشناسانی که در پنل مشارکت داشتند، محاسبه شد. وزن هر یک از متغیرها به تفکیک عوامل محیطی و متغیرهای نحو فضایی مشخص شد که گویای وزن هر متغیر در پیکره‌بندی فضایی شهرک‌های صنعتی بهارستان و سیمین‌دشت بود (جدول ۶).

به منظور درک روشن وضعیت هر یک از متغیرهای محیطی در تحلیل فضایی شهرک‌های صنعتی مبتنی بر شاخص‌های نحو فضایی در طبقات چهارگانه طبقه‌بندی شدند که در آن عدد ۱ بیانگر کمترین میزان مطلوبیت و عدد ۵ بیشترین میزان مطلوبیت را نشان می‌داد. ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی استان البرز موجود از نظر شاخص ارتباط بصری و معابر در بهترین وضعیت و از نظر شاخص کیفیت معماری و سبزینگی در نامناسب‌ترین وضعیت بودند (جدول ۷). البته شاخص‌های شهرک سیمین‌دشت نسبت به شهرک بهارستان به طور متوسط بالاتر گزارش شد.

جدول ۶) ماتریس تصمیم‌گیری متغیرهای محیطی در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی استان البرز

معیار	زیرمعیار	وزن
محیطی	ارتباط بصری	۰/۴۳۳
	سبزینگی	۰/۲۱۶
	تراکم ابنیه	۰/۳۹۳
	کیفیت معماری	۰/۳۹۴
	اقلیم	۰/۳۶۱
	توپوگرافی	۰/۳۴۱
	دانه‌بندی	۰/۴۰۵
	زیرساخت	۰/۳۰۹
	شبکه معابر	۰/۴۸۲
	ارتباط با خارج	۰/۳۷۷
فضایی	هم‌پیوندی	۰/۳۰۹
	عمق	۰/۳۰۱
	اتصال	۰/۲۹۷
	انتخاب	۰/۲۱۶

جدول ۷) مطلوبیت متغیرهای محیطی نسبت به متغیرهای نحو فضایی در شهرک‌های صنعتی سیمین‌دشت و بهارستان

متغیر	انتخاب	عمق	هم‌پیوندی	اتصال	میانگین	انحراف‌معیار	نقش فضایی
ارتباط بصری	۳	۵	۴	۳	۰/۴۳۳	۰/۰۰۵	کاملاً مطلوب
سبزینگی	۲	۳	۱	۴	۰/۲۱۶	۰/۱۲۱	نامطلوب
تراکم ابنیه	۴	۲	۱	۴	۰/۳۹۳	۰/۰۶۴	مطلوب
کیفیت معماری	۱	۴	۲	۴	۰/۳۹۴	۰/۰۱۹	نامطلوب
اقلیم	۴	۲	۲	۱	۰/۳۶۱	۰/۰۱۹	مطلوب
توپوگرافی	۴	۴	۳	۱	۰/۳۴۱	۰/۰۵۱	متوسط
دانه‌بندی	۵	۵	۳	۴	۰/۴۰۵	۰/۲۰۵	کاملاً مطلوب
زیرساخت	۳	۴	۲	۳	۰/۳۰۹	۰/۱۳۵	متوسط
شبکه معابر	۵	۵	۴	۵	۰/۴۸۲	۰/۲۱۶	کاملاً مطلوب
ارتباط با خارج	۴	۴	۳	۴	۰/۳۷۷	۰/۲۱۴	مطلوب

بحث

هدف این مقاله تعیین اولویت‌های فضایی در ساختار درونی شهرک‌های صنعتی استان البرز با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تصمیم‌گیری چندمعیاره بود. برای تحقق این هدف اولویت عوامل محیطی بر اساس شاخص‌های نحو فضایی مشخص شدند. نتایج این مطالعه به صورت کلّی صرفاً با مطالعه *جیانگ* و همکاران [Jiang *et al.*, 2024] و *ژو* و همکاران [Xue *et al.*, 2023] قابل مقایسه است. زیرا هر دو مطالعه مبتنی بر تحلیل نحو فضایی به بررسی شهرک‌های صنعتی پرداخته‌اند. اما دیگر پژوهش‌ها یا از حیث تعریف تحلیل فضایی با مقاله حاضر تفاوت بنیادین دارند یا در نوع محدوده مطالعه. به عنوان نمونه یافته‌های مطالعه *جیانگ* و همکاران [Jiang *et al.*, 2024] نشان داده است ارتباط بصری در شهرک‌های صنعتی کلّی و شامل همگرایی کلّی است. این موضوع در مقاله حاضر نیز در خصوص ارتباط بصری و وزن بالای آن در شهرک‌های صنعتی قابل مشاهده بود. از طرف دیگر *ژو* و همکاران [Xue *et al.*, 2023]، عوامل موثر را در سه سطح صنعتی، فضایی و خدماتی تقسیم کرده که با طبقه‌بندی پژوهش حاضر تفاوت‌های جدی دارد. در کل می‌توان گفت مقایسه این سه مقاله گویای بداعت موضوع و لزوم مطالعات تکمیلی بیشتر به منظور ارایه راهبردهای کلان در این زمینه است.

در مورد نقش شبکه معابر در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی، یافته‌های این پژوهش با مطالعات خارجی مختلفی از جمله *آنتورو* و همکاران [Antoro *et al.*, 2024]، *هو* و *لی* [Hou & Li, 2013] و *هان* و همکاران [Han *et al.*, 2022] سازگار است. با این تفاوت که توجه اکثر مطالعات به بُعد ترافیکی شبکه معابر بوده است نه تحلیل فضایی. البته در پژوهش *جنک* و همکاران [Genc *et al.*, 2020] به بُعد فضایی طراحی شهرک‌های صنعتی مبتنی بر الگوی پایدار حلقه‌ای پرداخته شده است و اهمیت ابعاد فضایی آن با مقاله حاضر سازگاری نسبی دارد به صورتی که در هر دو پژوهش وزن متغیر هم‌پیوندی بالاتر از متوسط ارزیابی شده است.

در مورد اهمیت‌داشتن ارتباط بصری و منظر در ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی نتایج مطالعات *یانگ* و همکاران [Yuhong *et al.*, 2011] و *اسجافیدین* [Sjaifuddin, 2020] سازگار است، با این تفاوت که تمرکز این مطالعات و گروهی دیگر از مطالعات در این حوزه از جمله *فونسکا* و همکاران [Fonseca *et al.*, 2015]، *ایمانی* و همکاران [Imani *et al.*, 2023] بر عوامل زیست‌محیطی

بوده است. از این رو پژوهشی در ارتباط بین ابعاد زیست‌محیطی و فضایی منظر و کیفیات بصری در شهرک‌های صنعتی ضروری به نظر می‌رسد.

در مورد کیفیت معماری و مقولات مرتبط با آن مانند تراکم، دانه‌بندی و مواردی از این دست تاکنون مطالعه‌ای در ایران مشاهده نشده است. این در صورتی است که موضوع پایداری در تحلیل شهرک‌های صنعتی در مطالعات مختلفی از جمله *مومنی* و *رزبان* [Momeni & Razban, 2018]، *خلیجی* و *زرآبادی* [Khaliji & Zarabadi, 2015] بررسی شده است؛ اما به بُعد کالبدی در پایداری شهرک‌ها پرداخته نشده است. این موضوع در مطالعات خارجی نیز انگشت‌شمار است. مثلاً نتایج مطالعه *فرم* و همکاران [Ferm *et al.*, 2021] درباره عوامل کالبدی و ابعاد معماری با یافته مقاله حاضر سازگار و همسو است با این تفاوت که مطالعه *فرم* و همکاران بر شهرک‌های صنعتی اطراف لندن که دارای پیشینه تاریخی هستند انجام شده است که این موضوع در نظام شهرسازی ایران دارای پیشینه مشابه بسیار اندکی است.

همان‌طور که بیان شد گروهی از پژوهش‌ها با تعریف مشابه این مقاله از تحلیل فضایی به مساله پرداخته‌اند، اما محدوده مطالعه متفاوتی را برگزیده‌اند. برخی از این پژوهش‌ها به موضوعات مرتبط با این مقاله پرداخته‌اند. مثلاً *فتحی* و همکاران [Fathi *et al.*, 2023] در تحلیل فضایی پارک‌های علم و فناوری نتیجه گرفته‌اند که شاخص هم‌پیوندی بر کیفیت فضایی موثر است که با اولویت این متغیر در پژوهش حاضر سازگار است. علاوه بر این در برخی از پژوهش‌های داخلی موضوعات اجتماعی فضا در شهرک‌های صنعتی مورد مطالعه قرار گرفته است [Moghtader *et al.*, 2020] که در اولویت‌های خبرگان در مقاله حاضر قرار نگرفت.

یکی از محدودیت‌های این پژوهش مطالعه دو شهرک صنعتی در استان البرز است. از این رو پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی ساختار فضایی شهرک‌های صنعتی دیگر استان نیز تحلیل شود تا امکان مقایسه و رتبه‌بندی تمام شهرک‌ها از این حیث فراهم شود. محدودیت دیگر این پژوهش در تکنیک نحو فضا است. اگرچه این تکنیک روشی قابل مشاهده و عینی برای تحلیل ارایه می‌دهد، اما هر دو نگاشت محدب و محوری تنها می‌توانند روابط دوبعدی فضایی را توصیف کنند و عواملی سه‌بعدی مانند ارتفاع، توپوگرافی و کیفیت بصری را در نظر نمی‌گیرند. از این رو پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی برای تحلیل محدوده داخلی شهرک‌های صنعتی از روش‌های مکمل مانند تحلیل بصری مبتنی بر مشاهده نیز کمک گرفته شود.

نتیجه‌گیری

سه گروه از عوامل «دسترسی و ارتباط»، «ساختار کالبدی» و «ژئومورفولوژی» دارای بیشترین اهمیت هستند. البته در زیرمتغیرها این ترتیب برقرار نیست، به صورتی که بیشترین اولویت مربوط به «ارتباط بصری»، «شبکه معابر» و «دانه‌بندی» است. در میان دو شهرک بررسی‌شده نیز کیفیت فضایی شهرک سیمین‌دشت بر اساس متغیرهای این مقاله بالاتر از شهرک صنعتی بهارستان شناسایی شد.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: اصول و ضوابط اخلاق علمی همچون امانت‌داری، رازداری، صداقت و غیره مورد توجه نویسندگان قرار گرفته است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: مازیار خاکی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۳۵٪)؛ میلاد فتحی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/نگارنده بحث (۳۰٪)، منیژه ملائی (نویسنده سوم)، روش‌شناس/تحلیلگر آماری (۳۵٪)

منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

- Alijani B (2015). Spatial analysis in geography studies. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards. 2(3):1-14. [Persian]
- Alipour S, Meshkini A, Ahadnejad Roshti M (2020). Ranking quantitative and qualitative indicators of housing with using ELECTRE III decision-making mode. Journal of Geography and Planning. 24(71):273-295. [Persian]
- Antoro RD, Sumabrata RJ, Anumasta NT (2024). Analysis of road performance due to trip generation from the development of Batang Integrated Industrial Estate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1294(1):012004.
- Antunes G (2023). Industrial housing clusters in nineteenth-century Lisbon: Finding spatial patterns. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fathi M, Sajadzadeh H, Moini SM (2023). The effect of the spatial structure and physical environment of science and technology parks in Alborz Province on increasing the performance of employees of knowledge-based companies. Physical Social Planning. 10(3):33-48. [Persian]
- Ferm J, Panayotopoulos-Tsiros D, Griffiths S (2021). Planning urban manufacturing, industrial building typologies, and built environments: Lessons from inner London. Urban Planning. 6(3):350-367.
- Fernández I, Ruiz MC (2009). Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. Journal of Cleaner Production. 17(1):87-100.
- Fonseca F, Ramos RAR, Da Silva ANR (2015). An agent-based model to assess the attractiveness of industrial estates. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 18(4):13.
- Genc O, Kurt A, Yazan DM, Erdis E (2020). Circular eco-industrial park design inspired by nature: An integrated non-linear optimization, location, and food web analysis. Journal of Environmental Management. 270:110866.
- Han R, Liu D, Zhu G, Li L (2022). A comparative study on planning patterns of industrial bases in Northeast China based on spatial syntax. Sustainability. 14(2):1041.
- Hou QH, Li J (2013). Study of industry selection and spatial layout of the industrial park in urban fringe: A case study of Jixian industrial base of Fengdong new town. Advanced Materials Research. 869-870:193-200.
- Imani B, Molaei M, Hosseunpoor E (2023). Spatial analysis of industrial townships of Qazvin province. Geography and Human Relationships. 5(4):1-22. [Persian]

of cryptographic algorithms and ranking of its supporting components using ELECTRE III method. Signal and Data Processing. 19(4):71-83. [Persian]
- Rahmani A, Vaziri Nezhad R, Ahmadi Nia H, Rezaeian M (2020). Methodological principles and applications of the Delphi method: A narrative review. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 19(5):515-538. [Persian]
- Shooshtari R, Maroofnezhad A (2020). Ranking gas stations from the citizenships' viewpoints using the Vikor model (a case study of eastern part of Ahvaz metropolis). AMAYESH Journal. 13(48):41-62. [Persian]
- Sjaifuddin S (2020). Environmental management of industrial estate based on eco-industrial parks: A system dynamics modeling. Industrial Engineering & Management Systems. 19(1):211-227.
- Wang L, Xiao L, Zhang Z, Li S, Xu B (2017). Spatial form analysis of existing industrial buildings renovation based on space syntax. Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate. Singapore: Springer. p. 265-275.
- Xue T, Zhu S, Chen P, Wang J (2023). Spatial potential evaluation and spatial layout of industrial park based on space syntax. In: Structural Engineering and Industrial Architecture. Boca Raton: CRC Press. p. 350-354.
- Yuhong T, Jiaomei L, Chiyung J (2011). Landscape planning of the green network in Tai Po Industrial Estate in Hong Kong. Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring; 2011 Feb 19-20. Changsha: IEEE.
- Jiang Z, Qi Z, Chen L, Xu L, Wan D, Burak-Gajewski P, et al (2024). External spatial morphology of creative industries parks in the industrial heritage category based on spatial syntax: Taking Tianjin as an example. Buildings. 14(3):559.
- Jusuf SK, Wong NH, Wong ZY, Tan E (2014). Transformation of industrial planning in Singapore: Study on the microclimatic condition of different industrial estates. Building and Environment. 80:48-60.
- Karami F, Ghanbari A, Alirezaei M (2022). Spatial analysis and locating the industrial town of Jolfa using AHP and ELECTRE models. AMAYESH Journal. 55(14):1-33. [Persian]
- Khaliji MA, Zarabadi ZSS (2015). Analysis of the industrial townsite selection by multi-criteria in Tabriz County by utilizing decision making models. Regional Planning. 5(19):101-113. [Persian]
- Leyva-Lopez JC, Fernandez-Gonzalez E (2003). A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. European Journal of Operational Research. 148(1):14-27.
- Moghtader B, Etesam I, Matin M (2020). Developing a framework for promoting social interactions in the architecture of industrial towns in rural areas of Tehran. Islamic Art Studies. 17(39):440-450. [Persian]
- Momeni M, Razban S (2018). Performance evaluation model of industrial parks regarding to sustainability criteria. Quarterly Journal of Interdisciplinary Studies on Strategic Knowledge. 8(32): 185-216. [Persian]
- Norouzzadeh Gilmolk AM, Aref MR, Ramazani Khorshidoust R (2023). Design of cybernetic metamodel