Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

Online ISSN: 2588-5146
Homepage: https://khu.ac.ir

Assessing the Spatial-Physical Resilience of District 2 of Karaj Metropolitan Area Based on Sustainability Criteria in Facing Environmental Hazards

Alireza Rahimi Mahmoodabadi[1] | Navid Saeedi Rezvani[2]✉ | Iraj Ghasemi[3]

1. Department of Urban Planning, Ki.C., Islamic Azad University, Kish, Iran.
2. Corresponding Author, Department of Urban Planning, Faculty of Society and Media, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. E-mail: navidsaeidirezvani@yahoo.com
3. Department of Urban and Regional Planning, Research Institute of Humanities and Social Studies, Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 17 March 2025
Accepted 11 May 2025
Published online 29 June 2026

Keywords:
Environmental Hazards,
Urban Sustainability Vulnerabilities,
CoCoSo Technique,
Spatial-physical resilience,
Neighborhoods of District 2 of Karaj.

ABSTRACT

Objective: Urban resilience is a key component of sustainability, as it reduces vulnerability and creates a more stable and secure environment for cities. It plays a vital role in minimizing the impacts of environmental hazards. Accordingly, the present study aims to assess the resilience of neighborhoods in District 2 of Karaj in the face of environmental threats.

Methods: This research is descriptive-analytical in nature and applied in terms of purpose. The study evaluates the level of resilience in the neighborhoods of District 2 of Karaj and identifies their strengths and weaknesses against environmental hazards. The research utilizes a combination of statistical reports, documented sources, and field survey data collected through a questionnaire. The statistical sample includes 30 experts in urban crisis management in District 2 of Karaj, selected through the snowball sampling method. Data analysis was conducted using mean statistics, thematic analysis, and the CoCoSo (Combined Compromise Solution) technique.

Results: The results of the CoCoSo model revealed significant differences in spatial-physical resilience across the neighborhoods. Noroozabad (score: 8.968), Sarhadabad (score: 8.751), and the Industrial Town (score: 8.627) had the highest levels of resilience, whereas Koo-ye Banafsheh and Hematabad ranked lowest. Furthermore, spatial analysis of the building quality index confirmed the model results and emphasized the role of physical components in determining resilience levels.

Conclusions: The findings suggest that enhancing resilience in lower-scoring neighborhoods should be prioritized in urban policy-making. Targeted redevelopment, improved spatial organization, and strengthening critical infrastructure are essential actions to reduce vulnerability and improve sustainability in this area.

Cite this article: Rahimi Mahmoodabadi, A., Saeedi Rezvani, N., & Ghasemi, I. (2026). Assessing the Spatial-Physical Resilience of District 2 of Karaj Metropolitan Area Based on Sustainability Criteria in Facing Environmental Hazards. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 13 (1), 77-96. http//doi.org/10.22034/jsaeh.2026.7372

© The Author(s)
Publisher: Kharazmi University
DOI: http//doi.org/10.22034/jsaeh.2026.7372

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

In recent decades, rapid urbanization and unsustainable urban development have led to challenges such as increased population density, destruction of green spaces, environmental pollution, and declining quality of life. These issues have caused the erosion of infrastructure, increased vulnerability to natural disasters, and negatively impacted social equity. In response to these challenges, the concepts of urban resilience and urban sustainability have emerged as key solutions. Urban resilience refers to the ability of cities to withstand, adapt to, and recover from shocks, and includes two main dimensions: physical resilience (related to physical structures such as buildings and infrastructure) and spatial resilience (related to the organization and connectivity of urban spaces). These two dimensions are interconnected and together contribute to enhancing the overall resilience of cities. Urban sustainability, on the other hand, seeks to balance human needs with environmental limitations, emphasizing optimal resource management, economic improvement, and strengthening social cohesion. The combination of resilience and sustainability can lead to the creation of cities that are both environmentally sustainable and capable of withstanding various threats. Karaj metropolis has been studied as an example of an at-risk city. District 2 of this city, due to its rapid growth, high migration rates, population density, and deteriorated urban fabric, requires special attention to physical-spatial resilience. This research examines the physical-spatial resilience of District 2 in Karaj based on sustainability criteria to propose strategies for enhancing the area's resilience to natural and human-induced hazards.

Methods

This research adopts a descriptive-analytical method and is applied in terms of its purpose. The study aims to assess the spatial-physical resilience of neighborhoods in District 2 of Karaj using a combination of statistical data, documented reports, and expert surveys. The statistical population included 30 specialists in urban crisis management and resilience, selected through the snowball sampling method from municipal staff and related professionals. To evaluate the indicators of resilience—namely building stability, spatial organization, geographic features, and infrastructure sustainability—a structured questionnaire based on a five-point Likert scale was developed. The weight of each indicator was calculated using the Shannon Entropy method. Subsequently, the Combined Compromise Solution (CoCoSo) technique was applied for multi-criteria decision analysis and ranking of neighborhoods. Spatial mapping and visualization of the results were conducted using ArcGIS software.

Results

To analyze the spatial-physical resilience of District 2 in Karaj metropolis based on sustainability criteria, a multi-criteria decision-making approach was adopted. Initially, through a literature review and expert consultation, key components influencing spatial-physical resilience were identified. These components were categorized into four main dimensions: building stability, spatial organization, geographic features, and infrastructure sustainability. To evaluate and rank the resilience levels of neighborhoods, expert opinions were collected via a structured questionnaire using a five-point Likert scale. The weights of the indicators were calculated using the Shannon Entropy method, and the final prioritization was performed using the Combined Compromise Solution (CoCoSo) technique. The results indicated significant spatial differences in resilience levels across neighborhoods. For instance, Noroozabad, Sarhadabad, and the Industrial Town ranked highest, while Kouy-e Banafsheh and Hematabad

ranked lowest in terms of resilience. These rankings were consistent with the spatial distribution of physical conditions, as confirmed by supplementary spatial analyses (e.g., building quality and age maps). Overall, the findings support the application of spatial-physical resilience as a framework grounded in sustainability principles to enhance urban capacity, reduce vulnerabilities, and guide planning strategies against both natural and anthropogenic hazards.

Conclusion

The research findings reveal that sustainability in urban physical resilience primarily refers to the structural strength of buildings and compliance with construction standards. Ensuring that buildings are capable of withstanding hazards such as earthquakes, floods, and unexpected storms is crucial. Moreover, the resilience of urban infrastructure—including electricity, water supply, telecommunications, internet, and sewage systems—is essential to reducing urban vulnerability, especially given the increasing population density and the growing dependence on critical infrastructure. Therefore, resilience must be a central focus in urban management strategies. Expert evaluations further emphasized the importance of structural sustainability, highlighting the necessity of adhering to architectural design principles, addressing texture grading, and implementing renewal projects in deteriorated urban areas. These findings are consistent with previous studies by Shao et al. (2021), Biondini et al. (2015), Sarwar and Kashani Asl (2015), and Mohammadi Serin Dizj and Ahdanjad Rashti (2014), all of which stress the importance of these factors. Another essential dimension of physical resilience is spatial organization, which relates to facilitating access and planning emergency evacuation routes. According to expert opinions, a balanced distribution of land-use elements can significantly enhance a community's ability to cope with disasters. In evaluating the physical characteristics of urban areas, geographic features—such as proximity to fault lines and zones prone to land subsidence—also play a vital role. Construction in high-risk seismic zones substantially increases exposure to hazards. These findings align with the research by Mohammadi and Pashazadeh (2016), which emphasized that urban development should be directed away from fault lines to increase long-term urban resilience.

Keywords: Environmental Hazards, Urban Sustainability Vulnerabilities, CoCoSo Technique, Spatial-physical resilience, Neighborhoods of District 2 of Karaj.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Contact the authors for more information.

Acknowledgements

We would like to thank everyone who helped in carrying out this research.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This article has no financial support.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: ۵۱۴۶- ۲۵۸۸

Homepage: https://khu.ac.ir

سنجش تاب‌آوری کالبدی فضایی ناحیه ۲ کلانشهر کرج بر اساس معیارهای پایداری در برابر مخاطرات محیطی

علیرضا رحیمی محمودآبادی[۱] | نوید سعیدی رضوانی[۲]✉ | ایرج قاسمی[۳]

۱. گروه شهرسازی، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران.

۲. نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، دانشکده جامعه و رسانه، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. رایانامه: navidsaeidirezvani@yahoo.com

۳. گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات اجتماعی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۸

کلیدواژه‌ها:
آسیب‌پذیری،
پایداری،
تاب‌آوری،
تکنیک کوکوسو،
مخاطرات،
منطقه ۲ کرج.

چکیده

هدف: تاب‌آوری کلید پایداری شهر است و با کاهش آسیب‌پذیری، محیطی پایدار برای شهرها ایجاد می‌کند و نقش اساسی در کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی ایفا می‌کند. که از این رو هدف پژوهش حاضر می‌باشد.

روش پژوهش: روش پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. هدف، سنجش میزان تاب‌آوری محلات منطقه ۲ کرج و شناسایی نقاط ضعف و قوت آن در برابر مخاطرات محیطی می‌باشد. پژوهش با ترکیبی از داده‌های برگرفته از اسناد آماری و گزارشات مکتوب و داده‌های پرسشنامه حاصل از پیمایش می‌باشد. نمونه آماری پژوهش ۳۰ نفر از متخصصان مرتبط با مدیریت بحران منطقه ۲ کرج می‌باشند که با استفاده از روش گلوله برفی پرسشنامه میان آن‌ها توزیع گردید. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آماره‌های میانگین، تحلیل مضمون و تکنیک کوکوسو می‌باشد.

یافته‌ها: نتایج مدل کوکوسو نشان داد که تاب‌آوری کالبدی-فضایی در سطح محلات منطقه ۲ تفاوت معناداری دارد. محلات نوروزآباد با امتیاز ۸/۹۶۸، سرحدآباد با امتیاز ۸/۷۵۱ و شهر صنعتی با امتیاز ۸/۶۲۷ بالاترین میزان تاب‌آوری را دارا بودند، در حالی‌که کوی بنفشه و همت‌آباد در پایین‌ترین رتبه‌ها قرار گرفتند. همچنین تحلیل فضایی کوکوسو محلات، نتایج مدل را تأیید کرده و بر نقش مؤلفه‌ها در تعیین سطح تاب‌آوری تأکید دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش بیانگر آن است که ارتقای تاب‌آوری در محلات دارای امتیاز پایین‌تر باید در اولویت سیاست‌گذاری شهری قرار گیرد. نوسازی هدفمند، بهبود سازمان فضایی، و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های حیاتی از جمله اقداماتی است که می‌تواند منجر به کاهش آسیب‌پذیری و افزایش پایداری در این ناحیه گردد.

استناد: رحیمی محمودآبادی، علیرضا؛ سعیدی رضوانی، نوید؛ و قاسمی، ایرج (۱۴۰۵). سنجش تاب‌آوری کالبدی فضایی ناحیه ۲ کلانشهر کرج بر اساس معیارهای پایداری در برابر مخاطرات محیطی. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۳ (۱)، ۷۷-۹۶. http//doi.org/10.22034/jsaeh.2026.7372

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد شتابان شهرنشینی و توسعه ناپایدار شهری چالش‌های متعددی را برای شهرهای بزرگ به همراه داشته است. این چالش‌ها شامل افزایش تراکم جمعیت، گسترش بی‌رویه حومه‌ها، تخریب فضاهای سبز، کاهش کیفیت زندگی، افزایش آلودگی آب و هوا و مشکلات حمل‌ونقل می‌شود (گومز ریبیرو و آنتونیو پنا[1]، ۲۰۱۹: ۲۴۱). این پدیده‌ها نه تنها منجر به فرسایش زیرساخت‌های شهری و افزایش آسیب‌پذیری در برابر بحران‌های طبیعی مانند زلزله، سیل و تغییرات اقلیمی شده‌اند، بلکه بر عدالت اجتماعی و دسترسی برابر به منابع شهری نیز تأثیر منفی گذاشته‌اند و آینده شهرها را با مخاطراتی مواجه ساخته‌اند (اونگسا[2] و همکاران، ۲۰۲۵: ۱۰۲). در پاسخ به این چالش‌ها، مفاهیم تاب‌آوری و پایداری شهری به عنوان رویکردهای کلیدی در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری مطرح شده‌اند. تاب‌آوری شهری به توانایی یک سیستم شهری برای مقاومت، جذب، انطباق و بازیابی از اثرات یک خطر به موقع و به طور کارآمد اشاره دارد (مولسا[3] و همکاران، ۲۰۲۵). این مفهوم دارای ابعاد مختلفی است که دو بعد مهم آن کالبدی و فضایی هستند. تاب‌آوری کالبدی به توانایی ساختارها، زیرساخت‌ها و سیستم‌های فیزیکی شهر در مقاومت و بازیابی از شوک‌ها و استرس‌ها اشاره دارد. این بعد شامل مقاومت ساختمان‌ها، پایداری شبکه‌های حمل و نقل، و انعطاف‌پذیری سیستم‌های تأمین انرژی و آب می‌شود (شریفی و یاماگاتا[4]، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، تاب‌آوری فضایی بر چگونگی سازماندهی و ارتباط فضاهای شهری تمرکز دارد و شامل مواردی چون توزیع مناسب کاربری‌ها، دسترسی به فضاهای باز و سبز، و انعطاف‌پذیری در استفاده از فضاهای شهری می‌شود (گوپتا و دی[5]، ۲۰۲۵).

تفاوت اصلی بین تاب‌آوری کالبدی و فضایی در این است که تاب‌آوری کالبدی بیشتر بر جنبه‌های فیزیکی و ساختاری تمرکز دارد، در حالی که تاب‌آوری فضایی بر روابط و تعاملات بین فضاها و عناصر شهری تأکید می‌کند. با این حال، این دو مفهوم به شدت به هم مرتبط هستند و در کنار هم به افزایش تاب‌آوری کلی شهر کمک می‌کنند (علائیی و همکاران، ۱۴۰۳). تاب‌آوری شهری در برابر طیف وسیعی از تهدیدات طبیعی، اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی مورد توجه قرار می‌گیرد. اهمیت آن از این جهت است که شهرها به عنوان مراکز تجمع جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، در صورت آسیب‌پذیری می‌توانند خسارات جانی و مالی گسترده‌ای متحمل شوند و پایداری شهری، به عنوان مفهومی مکمل برای تاب‌آوری، به دنبال ایجاد تعادل بین نیازهای انسانی و محدودیت‌های محیطی است (سلگی و همکاران، ۱۴۰۲). این مفهوم بر مدیریت بهینه منابع طبیعی، بهبود بهره‌وری اقتصادی و تقویت همبستگی اجتماعی تأکید دارد تا بتواند فشارهای محیطی، اقتصادی و اجتماعی را کاهش دهد (قریشی و همکاران، ۱۴۰۲). معیارهای پایداری شامل مواردی چون کارایی انرژی، مدیریت پایدار منابع آب، حفاظت از تنوع زیستی، عدالت اجتماعی و مشارکت شهروندی می‌شودو ارتباط بین تاب‌آوری و پایداری در این است که هر دو به دنبال ایجاد شهرهایی هستند که بتوانند در برابر چالش‌های آینده دوام بیاورند و به توسعه خود ادامه دهند. در حالی که پایداری بر حفظ منابع تمرکز دارد، تاب‌آوری بر توانایی مقابله با شوک‌ها و بازیابی سریع تأکید می‌کند. ترکیب این دو رویکرد می‌تواند به ایجاد شهرهایی منجر شود که هم از نظر زیست‌محیطی پایدار باشند و هم در برابر تهدیدات مختلف تاب‌آوری بالایی داشته باشند (چن[6] و همکاران، ۲۰۲۵). پایداری شهری به مدیریت بهینه منابع، حفظ تعادل اکولوژیکی، و ارتقای کیفیت زندگی با تأکید بر عدالت اجتماعی و بهره‌وری اقتصادی اشاره دارد عدم پایداری فضاهای شهری منجر به تخریب محیط‌زیست، افزایش نابرابری‌های اجتماعی، و کاهش تاب‌آوری در برابر مخاطرات می‌شود، که توسعه بلندمدت شهرها را تهدید می‌کند (زینالی عظیم، ۱۴۰۱).

---

[1] Gomes Ribeiro & António Pena

[2] Ongesa

[3] Mulesa

[4] Sharifi & Yamagata

[5] Gupta & De

[6] Chen

در این میان، کلانشهر کرج به عنوان یکی از شهرهای در معرض خطر، نمونه‌ای قابل توجه برای مطالعه تاب‌آوری کالبدی–فضایی است. طی چند دهه گذشته، این شهر شاهد رشد قابل توجهی در عرصه جمعیت، فعالیت و کالبد شهری بوده است. نکته قابل توجه این است که ۷۸۵ هکتار از وسعت این شهر با جمعیتی ۶۵۷۸۲۴ نفر در معرض آسیب جدی هستند (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۳). این آمار نشان‌دهنده ضرورت توجه به تاب‌آوری و پایداری در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری کرج است.

کلانشهر کرج به‌عنوان یکی از مراکز مهم جمعیتی و اقتصادی ایران، با محدودیت‌های کالبدی–فضایی متعددی مواجه است که تاب‌آوری فضاهای شهری آن را تحت تأثیر قرار داده است. این محدودیت‌ها شامل تراکم بالای جمعیتی، گسترش بی‌رویه بافت‌های شهری، کمبود زیرساخت‌های مقاوم، و پراکندگی نامناسب کاربری‌های شهری است که آسیب‌پذیری شهر را در برابر مخاطرات محیطی مانند زلزله و سیل افزایش می‌دهد. در این میان، منطقه ۲ کلانشهر کرج و محلات آن به دلیل ویژگی‌های خاص خود، از جمله رشد سریع جمعیت، مهاجرپذیری بالا، تنوع قومیتی، و وجود بافت‌های فرسوده، به‌عنوان نمونه‌ای برجسته برای بررسی تاب‌آوری کالبدی–فضایی انتخاب شده است. این منطقه با موقعیت استراتژیک خود و قرارگیری در مسیر آزادراه تهران–کرج–قزوین، تراکم بالای ساخت‌وساز و فقدان زیرساخت‌های کافی، با چالش‌های جدی در حوزه تاب‌آوری مواجه است. تمرکز بر محلات منطقه ۲ از این جهت اهمیت دارد که این محلات، به دلیل شدت آسیب‌پذیری و نقش کلیدی در ساختار شهری کرج، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق برای تقویت تاب‌آوری کالبدی و فضایی هستند تا بتوانند در برابر مخاطرات محیطی مقاومت کرده و توسعه پایدار شهری را تضمین کنند. با توجه به این شرایط، سؤال اصلی پژوهش این است که تاب‌آوری کالبدی–فضایی محلات منطقه ۲ کلانشهر کرج بر اساس معیارهای پایداری در برابر مخاطرات محیطی چگونه است؟

پیشینه پژوهش

۱. پیشینه نظری

مفهوم تاب‌آوری در زبان لاتین با واژه "Resilience" به معنای "به طور ناگهانی و یکباره عقب‌نشینی کردن" مرتبط است. این واژه نخستین بار توسط هولینگ در سال ۱۹۷۳ در مطالعات اکولوژیکی به کار رفت (کاستانیو[1] و همکاران، ۲۰۲۲). دیدگاه‌های موجود، ریشه‌های تاب‌آوری و پایداری شهری را در تعادل بین انعطاف‌پذیری زیرساخت‌های کالبدی، مدیریت بهینه منابع طبیعی، و تقویت همبستگی اجتماعی جستجو می‌کنند رویکرد غالب، تاب‌آوری را به‌عنوان توانایی شهرها در جذب شوک‌های محیطی، انطباق با تغییرات، و بازیابی سریع تعریف می‌کند، در حالی که پایداری بر حفظ منابع محیطی و ارتقای عدالت اجتماعی برای نسل‌های آینده تأکید دارد. این دو مفهوم مکمل یکدیگرند و نیازمند برنامه‌ریزی یکپارچه برای کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات و تضمین توسعه بلندمدت هستند. چارچوب‌های ارزیابی تاب‌آوری، مانند آنچه در مطالعات اخیر پیشنهاد شده، بر معیارهایی چون کارایی زیرساخت‌ها، انعطاف‌پذیری فضایی، و مشارکت شهروندی تمرکز دارند(داتولا[2]، ۲۰۲۳).

تاب‌آوری از منظر پژوهشگران، به‌ویژه در حوزه مدیریت بحران و مخاطرات طبیعی، ابعاد مختلفی دارد. برخی آن را به‌عنوان ظرفیت یک سیستم برای حفظ و بازیابی عملکرد خود پس از بحران می‌دانند که این ظرفیت در قالب شاخص‌هایی همچون؛ پایداری ابنیه، سازمان فضایی منسجم، ویژگی‌های جغرافیایی مناسب و پایداری زیرساخت‌ها قابل ارزیابی است. برخی نیز تاب‌آوری را به توانایی سیستم‌های مختلف در کاهش احتمال شوک، کنترل اثرات بحران و بازیابی سریع عملکرد پس از حادثه تعریف می‌کنند که این امر مستلزم توجه به تمامی شاخص‌های ذکر شده به صورت یکپارچه است (علوی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین تاب‌آوری با تقویت زیرساخت‌ها و برنامه‌ریزی می‌تواند از پراکنده‌رویی جلوگیری کرده و توسعه پایدار را تضمین کند (پهلوانی و همکاران، ۱۴۰۲).

[1] Castaño

[2] Datola

تاب آوری کالبدی؛ به توانایی ساختارهای فیزیکی شهر در مقاومت، انطباق و بازیابی در برابر شوک‌ها و استرس‌های محیطی اشاره دارد که با تمرکز بر استحکام ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری سنجیده می‌شود (آیدین[1] و همکاران، ۲۰۲۵).

تاب‌آوری فضایی؛ تاب‌آوری فضایی مفهومی چندبعدی است که به قابلیت سیستم‌های فضایی برای جذب اختلالات، بازسازماندهی و حفظ عملکردهای اساسی خود می‌پردازد (شفیعی دستجردی و همکاران، ۱۴۰۱). این مفهوم به چگونگی چیدمان و ارتباط عناصر فضایی در یک اکوسیستم شهری اشاره دارد که ظرفیت سازگاری و انعطاف‌پذیری فضاها را در مواجهه با بحران‌ها تضمین می‌کند. (رحیمی، ۱۴۰۳) تاب‌آوری فضایی همچنین توانایی حفظ هویت فرهنگی–اجتماعی مکان را در فرایند بازیابی پس از بحران‌ها شامل می‌شود. مطالعات اخیر نشان می‌دهد این نوع تاب‌آوری به ویژگی‌های سیستمی فضاها مانند اتصال، تنوع، افزونگی و قابلیت سازگاری نیز وابسته است (یانگ و وانگ[2]، ۲۰۲۵). این رویکرد شهرها را در برابر مخاطرات طبیعی و انسانی مقاوم می‌کند و همزمان با گریز به ابعاد مختلف، پیوندهای اجتماعی–فرهنگی را تقویت می‌نماید (نظم‌فر و همکاران، ۱۴۰۳).

پایداری شهری؛ پایداری شهری به عنوان یک رویکرد جامع به دنبال ایجاد تعادل بین ابعاد مختلف توسعه شهری است. این مفهوم بر حفظ و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان در حال حاضر و آینده تمرکز دارد، در حالی که به حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی نیز توجه ویژه‌ای دارد. پایداری شهری با تاب‌آوری شهری ارتباط نزدیکی دارد، زیرا هر دو به دنبال ایجاد شهرهایی هستند که در برابر چالش‌های آینده مقاوم باشند (محمدی، ۲۰۱۶: ۱۰۵). معیارهای پایداری شهری را می‌توان در سه دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: ۱– معیارهای زیست‌محیطی: شامل حفاظت از منابع طبیعی، کاهش آلودگی‌ها، مدیریت پایدار پسماند، و حفظ تنوع زیستی. ۲– معیارهای اقتصادی: شامل ایجاد اشتغال پایدار، توزیع عادلانه منابع، و تقویت اقتصاد محلی. ۳– معیارهای اجتماعی: شامل عدالت اجتماعی، دسترسی برابر به خدمات شهری، مشارکت شهروندی و حفظ هویت فرهنگی. این معیارها در ارزیابی تاب‌آوری کالبدی–فضایی شهرها نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. به عنوان مثال، در بررسی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی مانند زلزله، توجه به معیارهای پایداری می‌تواند به طراحی و اجرای راهکارهایی منجر شود که نه تنها ایمنی فیزیکی شهر را افزایش می‌دهند، بلکه به بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی ساکنان نیز کمک می‌کنند (پاشاپور و پوراکرمی، ۱۳۹۶).

رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری؛ ارزیابی تاب‌آوری شهری نیازمند رویکردهای جامع و چندبعدی است. این رویکردها شامل ارزیابی آسیب‌پذیری برای شناسایی نقاط ضعف شهر، ارزیابی ظرفیت‌های موجود برای بررسی منابع و توانایی‌های جامعه، تحلیل سناریوهای آینده برای پیش‌بینی چالش‌های احتمالی، ارزیابی مشارکتی با دخیل کردن ذینفعان مختلف، و ارزیابی یکپارچه برای ترکیب جنبه‌های مختلف تاب‌آوری می‌شود. در این فرآیند، توجه به عدم قطعیت‌های آینده، انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی، و در نظر گرفتن دانش بومی و تجارب محلی در کنار داده‌های علمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (آگی[3] و همکاران، ۲۰۲۵).

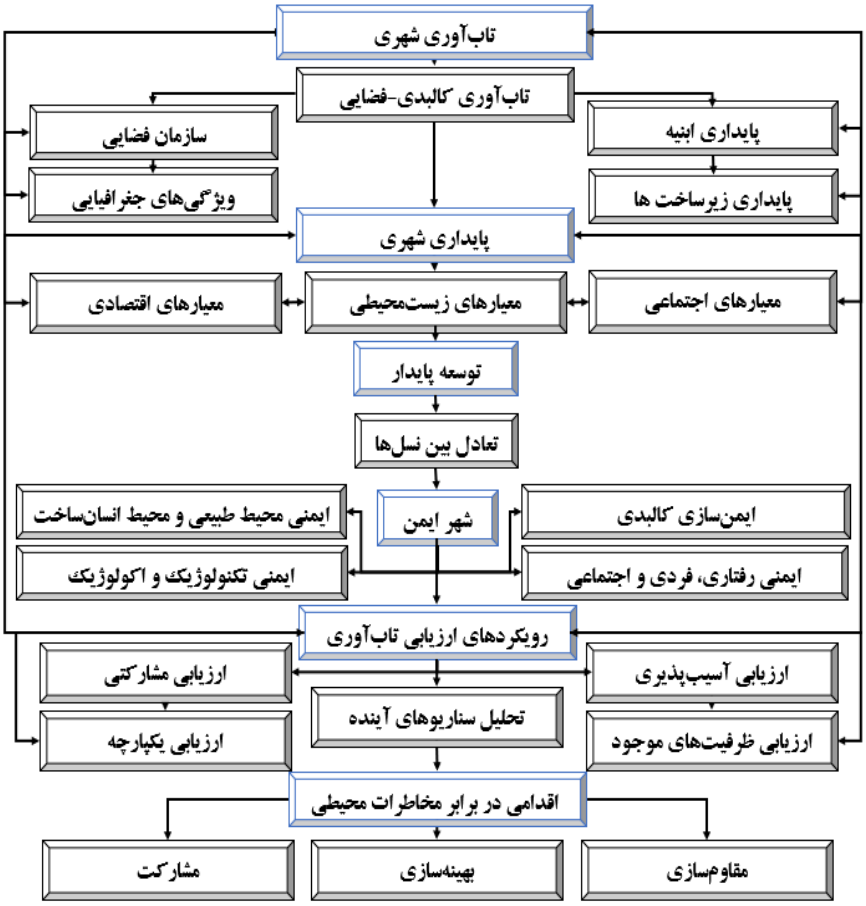
مخاطرات محیطی: مخاطرات محیطی به رویدادها یا شرایطی اطلاق می‌شود که می‌توانند تأثیرات منفی بر محیط طبیعی و انسان‌ساخت داشته باشند. این مخاطرات شامل دو دسته طبیعی (مانند سیل، زلزله، طوفان) و انسانی (مانند آلودگی‌های محیطی، ساخت‌وسازهای غیراصولی) هستند (فصیحی و همکاران، ۱۴۰۲). این پدیده‌ها می‌توانند باعث افزایش آسیب‌پذیری جوامع و محیط‌های شهری شوند و نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب برای کاهش تأثیرات آنها هستند (حاجیلو و رستمی، ۱۴۰۴). در ادامه به بررسی برخی نظریات و رویکردها مانند توسعه پایدار و پیرو آن شهر ایمن و ارتباط آن با تاب آوری شهری پرداخته می‌شود.

توسعه پایدار؛ رویکردی جامع و چندبعدی برای توسعه که هدف آن برآوردن نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل های آینده برای برآوردن نیازهایشان است(فرهنگی، ۱۴۰۳). این رویکرد بر تعادل و هماهنگی میان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی توسعه تأکید دارد. توسعه پایدار با بهره‌گیری از راهکارهایی مانند توسعه میان‌افزا، به دنبال حفظ منابع طبیعی، کاهش آلودگی و تخریب محیط‌زیست، و ایجاد فرصت‌های برابر برای همه انسان‌ها است (مه آبادی پور و همکاران، ۱۴۰۳).

[1] Aydin
[2] Yang & Wang
[3] Agyei

ایمن‌سازی شهری؛ به‌عنوان رویکردی برای مدیریت پیش از بحران، بر اهمیت دسترسی به اطلاعات و ارتقای فرهنگ ایمنی تأکید دارد. مدیریت مؤثر بحران مستلزم توسعه فرهنگی است که در آن ایمنی به‌عنوان اولویت جامعه و نهادها پذیرفته شود. اما در جامعه فعلی، فرهنگ ایمنی به‌اندازه کافی نهادینه نشده و متناسب با تهدیدات موجود رشد نکرده است. ایمنی شهری به معنای ایجاد مصونیت و آرامش خاطر شهروندان در برابر مخاطرات شهری است که در این ابعاد تعریف می‌شود: ایمنی رفتاری، فردی و اجتماعی؛ ایمنی محیط طبیعی و محیط انسان‌ساخت؛ ایمن‌سازی کالبدی: شامل مصونیت فضاهای شهری از خطراتی مانند زلزله و انفجار، با بهره‌گیری از ابزارهای برنامه‌ریزی شهری؛ ایمنی تکنولوژیک و اکولوژیک: بر توانایی تأمین منابع پایدار و کنترل چالش‌های زیست‌محیطی تأکید دارد (تائو[1]، ۲۰۱۰).

شهر ایمن و توسعه پایدار ارتباط نزدیک و تأثیر مستقیم بر تاب‌آوری شهری در چند بعد دارند. ایمنی شهری به معنای فراهم کردن محیطی مقاوم در برابر بحران‌ها است. این امر از طریق برنامه‌ریزی مؤثر، افزایش آگاهی اجتماعی و ارتقای فرهنگ ایمنی محقق می‌شود. توسعه پایدار، بر اصول اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأکید دارد و ایجاد شهرهای ایمن، بخشی از این توسعه به شمار می‌رود. شهرهای ایمن می‌توانند به افزایش تاب‌آوری در برابر خطرات طبیعی و انسان‌ساز کمک کنند. به عنوان مثال، زیرساخت‌های مناسب و فضاهای عمومی ایمن، موجب کاهش آسیب‌پذیری و بهبود کیفیت سکونت شهروندان می‌شود. در نهایت، پیوند بین ایمنی شهری و توسعه پایدار نشان‌دهنده ضرورت ایجاد محیط‌های زندگی امن و پایدار است که در آنها شهروندان توانایی مقابله با چالش‌ها و خطرات را داشته باشند. این ارتباط می‌تواند به تقویت تاب‌آوری و بهبود شرایط زندگی در شهرها منجر شود.



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

۲. پیشینه تجربی

[1] Tao

در خصوص مسئله و موضوع تحقیق، پژوهش‌هایی در جاهای مختلف دنیا انجام شده است. برخی از مهم‌ترین این پژوهش‌ها شامل موارد زیر است:

پژوهشی با عنوان «چارچوب چندمقیاسه و روش ترکیبی برای ارزیابی ظرفیت تاب‌آوری، انطباق و تحول جوامع روستایی» در مناطق روستایی کانادا انجام داد. این پژوهش با بهره‌گیری از روش ترکیبی کمی (تحلیل آماری شاخص‌ها) و کیفی (مصاحبه با ذی‌نفعان محلی) به بررسی جوامع روستایی مختلف پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که تصمیم‌گیری محلی، از طریق افزایش مشارکت جامعه و هماهنگی با نیازهای منطقه‌ای، به‌طور مؤثری شاخص‌های تاب‌آوری مانند انعطاف‌پذیری اقتصادی و اجتماعی را بهبود می‌بخشد (استیون[1]، ۲۰۱۶).

در پژوهش دیگری با عنوان «شکل شهر و مکان قرارگیری آن: عوامل کلیدی در تاب‌آوری کالبدی–فضایی» در شهرهای منتخب اروپا انجام دادند. این پژوهش با استفاده از روش تحلیل تطبیقی، ویژگی‌های کالبدی و جغرافیایی شهرها را بررسی کرد و نشان داد که شکل شهر و موقعیت مکانی آن به‌طور قابل‌توجهی بر تاب‌آوری کالبدی–فضایی در برابر مخاطرات محیطی تأثیر می‌گذارد (دهر و خیرفان[2]، ۲۰۱۷).

در پژوهشی تحت عنوان تاب‌آوری شهری: یک چارچوب مفهومی با استفاده از مرور نظام‌مند ادبیات موضوعی و توسعه یک چارچوب مفهومی، نتایج نشان داد که تاب‌آوری کالبدی–فضایی بر چهار رکن اساسی شامل مقاومت، بازیابی، سازگاری و تحول استوار است (گومز ریبیرو و آنتونیو پنا[3]، ۲۰۱۹).

در پژوهشی تحت عنوان تاب‌آوری شهری شهر شنتن تحت تغییرات اقلیمی با استفاده از تحلیل داده‌های آماری و مطالعه موردی شهر شنتن، نتایج نشان داد که وجود ارتباط قوی بین تاب‌آوری شهری، شهر هوشمند و برنامه‌ریزی کالبدی–فضایی وجود دارد (شائو[4] و همکاران، ۲۰۲۱).

در پژوهشی تحت عنوان تاب‌آوری شهری برای پایداری شهری: مفاهیم، ابعاد و دیدگاه‌ها با استفاده از مرور ادبیات و تحلیل محتوایی، نتایج نشان داده است که برای افزایش تاب‌آوری شهری به خصوص در حوزه کالبدی، نیاز است که شاخص‌های کلیدی تاب‌آوری شهری تحت سه مؤلفه اصلی شامل ظرفیت انطباقی (آموزش، سلامت، غذا و آب) ، ظرفیت جذب (حمایت جامعه، فضای سبز شهری، زیرساخت‌های حفاظتی، دسترسی به حمل‌ونقل) و ظرفیت تحول‌آفرین (ارتباطات) مد نظر قرار گیرد (زنگ[5] و همکاران، ۲۰۲۲).

در ایران هم پژوهش‌هایی در خصوص تاب‌آوری کالبدی توسط پژوهشگران مختلفی انجام شده است. برخی از مهمترین این پژوهش‌ها در این بخش بررسی می‌شود.

در پژوهشی تحت عنوان سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری بافت‌های فرسوده شهری در برابر مخاطرات محیطی (نمونه موردی: بافت فرسوده کلان‌شهر کرج) با استفاده از روش تحلیلی–تجزیه‌وتحلیلی، نتایج نشان داد که بافت فرسوده شهر کرج از نظر ابعاد تاب‌آوری آسیب‌پذیر است. همچنین، نتایج آزمون تحلیل مسیر نشان داد که بعد کالبدی به صورت مستقیم ۰/۵۲۳ درصد در تاب‌آوری بافت فرسوده شهر کرج تأثیرگذار است (اسدی عزیزآبادی و همکاران، ۱۳۹۷).

در پژوهشی با عنوان «رتبه‌بندی تاب‌آوری کالبدی–فضایی مناطق شهری: مطالعه موردی کلان‌شهر کرج» در کلان‌شهر کرج انجام داد. این پژوهش با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به ارزیابی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری پرداخت و نشان داد که قطعه‌بندی منظم، عرض استاندارد معابر، و کیفیت عمومی بناها بیشترین تأثیر را بر تاب‌آوری کالبدی–فضایی مناطق شهری دارند (نصیری هنده خاله، ۱۳۹۸).

---

[1] Steven

[2] Dehr & Kheirfan

[3] Gomes Ribeiro & António Pena

[4] Shao

[5] Zeng

در پژوهشی تحت عنوان تحلیل وضعیت شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیلی-تحلیل داده‌ها، نتایج نشان دادند که شاخص‌های کالبدی و شاخص خصوصیات زمین، بستر و حریم در تاب‌آوری کالبدی و پایداری شهری دارای بیشترین اهمیت است (حسین زاده مقدم و همکاران، ۱۴۰۰).

در پژوهشی تحت عنوان مدل ارزیابی و سیاست‌گذاری پایداری ساختار فضایی شهر شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل شهری با استفاده از روش تحلیلی-تصمیم‌گیری، نتایج نشان دادند که بهبود ظرفیت تحمل شهر منجر به توسعه آتی ساختار فضایی شهر شیراز شده است (موسی کاظمی و همکاران، ۱۴۰۲).

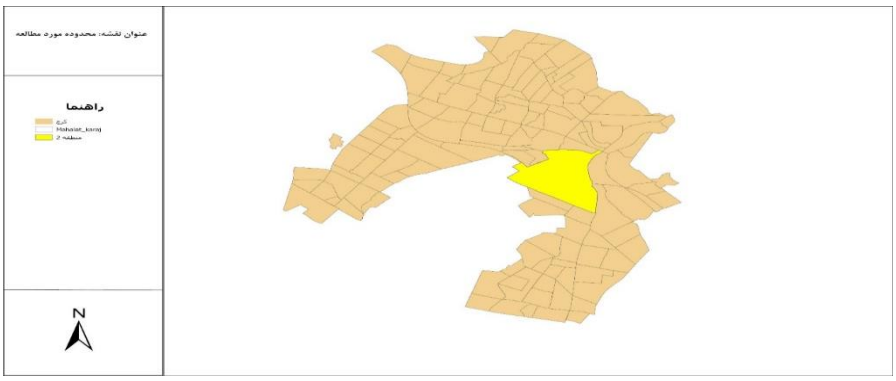
در پژوهشی تحت عنوان تحلیل فضایی تاب‌آوری شبکه معابر منطقه ۲ کلان‌شهر کرج در برابر مخاطرات محیطی با تاکید بر زلزله با استفاده از روش تحلیل فضایی و GIS، نتایج نشان دادند که میزان تاب‌آوری محلات و نواحی منطقه ۲ که در مسیر راه‌ها و مسیرهای ارتباطی بین مراکز مدیریت بحران قرار دارند، نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است و در این پژوهش به دسترسی راه‌های اصلی و تقویت زیرساخت‌ها در افزایش تاب‌آوری بر مبنای پایداری تأکید شده است (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۳).

مرور پیشینه تجربی نشان می‌دهد که تاب‌آوری کالبدی-فضایی با رویکرد پایداری شهری، آسیب‌پذیری شهرها را کاهش داده و ظرفیت تحمل آن‌ها را در برابر مخاطرات طبیعی در بلندمدت افزایش می‌دهد. با وجود اینکه تاب‌آوری اغلب بر راهکارهای کوتاه‌مدت و میان‌مدت تمرکز دارد، ترکیب آن با پایداری می‌تواند شهرها را برای توسعه ایمن و بلندمدت آماده کند. پژوهش حاضر با تمرکز بر سنجش تاب‌آوری کالبدی-فضایی محلات منطقه ۲ کلان‌شهر کرج، خلأ موجود در بررسی همه‌جانبه محلات شهری با معیارهای پایداری را پر می‌کند. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً به جنبه‌های کلی تاب‌آوری پرداخته‌اند، این پژوهش با بهره‌گیری از تکنیک‌های پیشرفته تصمیم‌گیری چندمعیاره، مانند روش کوکوسو، به تحلیل دقیق و یکپارچه شاخص‌های کالبدی و فضایی در مقیاس محلی می‌پردازد. این رویکرد، به‌عنوان نوآوری پژوهش، امکان ارزیابی جامع‌تر و ارائه راهکارهای عملی برای افزایش تاب‌آوری محلات در برابر مخاطرات محیطی را فراهم می‌کند.

روش‌شناسی پژوهش

۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

منطقه ۲ شهر کرج، دارای مساحتی برابر با ۱۱۱۹ هکتار است. این منطقه، طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ دارای جمعیتی معادل ۱۲۰۴۱۴ نفر است. این منطقه شامل محلات؛ همت آباد، کوی بنفشه، خلج آباد، اکبر آباد، کوی شقایق، حسین آباد، شهرک ذوب آهن، سرحدآباد، شهر صنعتی، شهرک شیخ سعدی، نوروز آباد، بلوار چمران، قلمستان، فردوسی و شکرآباد است (شکل **شکل ۲**).



شکل ۲. موقعیت منطقه ۲ شهر کرج

۲. داده‌ها و روش کار

روش پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. این پژوهش با ترکیبی از داده‌های استفاده شده برگرفته از اسناد آماری و گزارشات مکتوب و نیز داده‌های پرسشنامه حاصل از پیمایش صورت گرفته است. جامعه آماری پژوهش تعداد ۳۰

نفر از متخصصان مرتبط با مدیریت بحران و تاب‌آوری شهری کرج و محلات منطقه ۲ آن بوده است که همگی از کارمندان شهرداری و آتش نشانی بوده اند. روش نمونه‌گیری با استفاده از روش گلوله برفی بوده است زیرا دسترسی به متخصصان در طی مراحل پژوهش دشوار بود. روش اندازه‌گیری برخی از شاخص‌هایی که داده‌های آن در پایگاه داده‌های مکانی و آرشیوهای شهرداری و مرکز آمار موجود نبود به صورت پرسشنامه با طیف پنج گزینه‌ای لیکرت مورد بررسی قرار گرفت. بعد از جمع آوری پرسشنامه ها با استفاده از روش آنتروپی شانون اقدام به وزن دار کردن هر شاخص خواهد شد و به عنوان ورودی، داخل تکنیک کوکوسو در نرم‌افزار Excel خواهد شد و در ادامه با طی کردن مراحل چند گانه کوکوسو و براساس استراتژی سه گانه تکنیک، محلات منطقه ۲ براساس تاب آوری و شاخص های آن رتبه بندی و بررسی خواهند شد.

همانطور که ذکر گردید تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل مضمون[1]، تکنیک کوکوسو و برای سنجش وضعیت شاخص‌ها از آزمون تی تک استفاده شده است.

تحلیل مضمون در این پژوهش در چند مرحله به شرح زیر انجام شده است:

- آشنایی با داده‌ها: در این مرحله، داده‌ها به دقت مطالعه شد تا با محتوای آن‌ها آشنایی ایجاد شود. این شامل خواندن مکرر و جستجوی معانی و الگوها در داده‌ها بوده است.
- ایجاد کدهای اولیه: پس از آشنایی با داده‌ها، کدهای اولیه برای ویژگی‌های خاصی که مورد توجه بوده است، ایجاد گردید. این کدها به عنوان واحدهای تحلیل عمل می‌کنند.
- جستجوی مضامین اصلی: در این مرحله، به دنبال شناسایی مضامین اصلی از میان کدهای اولیه گردید که این کار توانست الگوهای معناداری را نمایان کند.
- شکل‌گیری مضامین سازنده: مضامین اصلی تعریف و سازمان‌دهی شد تا ساختار کلی تحلیل مشخص شود.
- تعریف و نامگذاری مضامین: هر مضمون به دقت تعریف شد و نام‌گذاری گردید تا مفهوم آن به وضوح مشخص گردد.
- تهیه گزارش: در نهایت، گزارشی از یافته‌ها تهیه شد که شامل تحلیل نهایی مضامین و تفسیر آن‌ها بوده است.

جدول ۱: شاخص‌های بررسی پژوهش و منابع مرتبط

شاخص	توضیحات	منبع
پایداری ابنیه	کیفیت ساخت و ساز، استاندارد سازی، مقاومت برابر بلایای طبیعی	شیائو[2] و همکاران (۲۰۲۵)
سازمان فضایی	طراحی شهری، توزیع کاربری‌ها، دسترسی به خدمات عمومی	آمقوی[3] و همکاران (۲۰۲۵)
ویژگی‌های جغرافیایی	موقعیت جغرافیایی، خطرات طبیعی محلی (مانند سیل، زلزله)، شرایط آب‌وهوا	هان[4] و همکاران (۲۰۲۵)
پایداری زیرساخت‌ها	کیفیت و عملکرد شبکه‌های آب، برق، گاز، تلفن، حمل‌ونقل	گلیزر[5] (۲۰۲۲)

یافته‌های پژوهش

۱. تحلیل مضامین

برای تحلیل تاب‌آوری کالبدی محلات منطقه ۲ کلان‌شهر کرج بر اساس معیارهای پایداری ابتدا با مرور ادبیات مربوط به تاب‌آوری شهری و بهره‌گیری از روش کیفی تحلیل مضمون، کلیه مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تاب‌آوری کالبدی – فضایی شهر شناسایی شده و با تحلیل رابطه میان مضامین مهم‌ترین موضوعات تأثیرگذار بر تاب‌آوری کالبدی –فضایی شهر به صورت مضامین فراگیر انتخاب گردید. این مضامین شامل «مقاومت و پایداری»، «سازمان فضایی»، «ویژگی‌های جغرافیایی» و «پایداری زیرساخت‌ها» بوده است. با توجه به ترکیب این مؤلفه‌ها مشخص شد که تاب‌آوری کالبدی – فضایی از چهار بعد تشکیل شده است.

[1] Thematic Analysis
[2] Xiao
[3] Amegavi
[4] Han
[5] Glaeser

در این بخش با توجه به کدهای اولیه به دست آمده، به کدگذاری محوری پرداخته شده است. برای این منظور کدهای باز در صورت تکرار حذف و در صورت تشابه معنی با هم ادغام می‌شوند و مقوله‌های اولیه به دست می‌آیند. در جدول تحلیل کدهای اولیه و چگونگی کدگذاری محوری نشان داده شده است

جدول ۲. کدگذاری محوری و تشکیل مقولات اولیه

ردیف	کدهای باز	مقولات اولیه
۱	کیفیت بنا/ نوع سازه بنا/ عمر بنا/ نمای بنا/ دانه‌بندی/ رعایت اصول طراحی/ پناهگاه/ بافت فرسوده	مقاومت و پایداری
۲	تراکم ساختمانی/ ویژگی‌های کالبدی/ کاربری زمین	سازمان فضایی
۳	بستر/ شیب/ تکرر مخاطره‌ها/ گسل‌ها	ویژگی‌های جغرافیایی
۴	پل‌های معابر/ زیرساخت‌ها از جمله خطوط لوله و جاده	پایداری زیرساخت‌ها

بررسی کدهای باز و همچنین کدهای محوری، نشان می‌دهد که برای رسیدن به تاب‌آوری کالبدی – فضایی بر مبنای پایداری نیاز است که عوامل مؤثر در تاب‌آوری کالبدی – فضایی مدنظر قرار گیرد. معیارها و مؤلفه‌های هر کدام از شاخص‌های تاب‌آوری بر مبنای پایداری شامل موارد زیر است:

مقاومت و پایداری بافت ساختمان‌ها؛ از دیگر وجوه الگوی تاب‌آوری کالبدی – فضایی است که در آن سعی می‌شود برخی از ویژگی‌های بافت‌های مورد استفاده برای اسکان و فعالیت دارای ایمنی و مقاومت کافی را داشته باشد.

سازمان فضایی شهری؛ توازن و نحوه پراکندگی کاربری‌ها و چگونگی عمل فضای کالبدی شهری را مدنظر قرار می‌دهد. توزیع متوازن تراکم، شبکه‌های ارتباطی و سایر عناصر و سهولت دسترسی به این عناصر می‌تواند امنیت و ایمنی در شهر و در نهایت تاب‌آوری کالبدی – فضایی را بهتر و مطلوب‌تر کند.

ویژگی‌های جغرافیایی؛ از دیگر معیارهای مورد توجه در تاب‌آوری کالبدی – فضایی است که در آن به بستر و نشستگاه شهر، عوامل مخاطره زا، گسل و سایر عناصری که ممکن است منبع و منشأ جغرافیایی داشته باشد اما می‌تواند بر تاب‌آوری کالبدی – فضایی تأثیر گذار باشد مدنظر قرار می‌گیرد.

پایداری زیرساخت‌ها؛ از دیگر معیارهای مورد توجه بوده است. در این معیار پل‌های معابر، زیرساخت‌ها از جمله خطوط لوله و جاده مدنظر است.

سنجش اعتبار الگوی تاب‌آوری کالبدی- فضایی از منظر متخصصان

در این بخش از پژوهش به ارزیابی تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پایداری از منظر کارشناسان و متخصصان شهری در حوزه مدیریت شهری کلان‌شهر کرج و همچنین چندین نفر از متخصصان شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری پرداخته شده است. نتایج حاصل گویای آن است، که ۸۶/۷ درصد از افراد مطالعه شده مرد و ۱۳/۳ درصد را زنان تشکیل می‌دهد. از نظر مشخصه تحصیلی ۵۰ درصد افراد دارای مدرک تحصیلی دکتری و ۴۳/۳ درصد دارای مدرک فوق لیسانس و تنها ۶/۷ درصد دارای مدرک لیسانس می‌باشد. سابقه کار دیگر مشخصه‌ای بود که از پرسشگران سؤال به عمل آمد. نتایج حاصل گویای آن است که بیشترین تعداد افراد با سابقه کار ۱ الی ۵ سال دارای فراوانی بیشتری می‌باشند. این افراد ۳۳/۳ درصد از حجم جامعه را به خود اختصاص داده‌اند. ۳۰ درصد از افراد عنوان کرده‌اند که دارای سابقه کار ۵ الی ۱۰ سال هستند. تخصص و رشته تحصیلی دیگر مشخصه‌ای است که داده‌های آن برداشت و ثبت شد. طبق این مؤلفه ۴۳/۳ درصد از افراد عنوان کرده‌اند که دارای رشته شهرسازی هستند. همچنین ۳۳/۳ درصد از افراد عنوان کرده‌اند که دارای مدرک جغرافیای شهری و ۱۳/۳ درصد دارای تخصص برنامه‌ریزی شهری هستند؛ بنابراین ۴۶/۶ درصد از افراد دارای تخصص جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری می‌باشند. طبق این یافته‌ها مشخص شد که بیشترین افراد مورد مطالعه دارای رشته‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و همچنین شهرسازی هستند.

سنجش وضعیت شاخص‌ها از منظر متخصصان با توجه به شرایط محلات منطقه ۲ کرج

برای سنجش وضعیت شاخص‌های پایداری و تاب‌آوری کالبدی – فضایی، در ابتدا به میزان موافقت و مخالفت کارشناسان و متخصصان مورد مطالعه با هریک از معیارهای مورد نظر پرداخته شده است. در این سنجش از طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت که در آن

عدد ۱ نماینده کاملا مخالفم، ۲ مخالفم، ۳ ممتنع هستم، ۴ موافقم و ۵ کاملا موافقم می‌باشد. به عبارت دیگر الگوی تدوین شده در مرحله اول به صورت پرسشنامه در اختیار کارشناسان به تعداد ۳۰ نفر قرار گرفت و نتایج آن در سه بخش ارائه شده است. در بخش سنجش شاخص‌های پایداری ابنیه مشخص شد که میزان موافقت افراد مورد مطالعه شده با نقش شاخص‌های مورد نظر در تاب‌آوری کالبدی – فضایی بین ۳/۹ تا ۵ بوده است. یعنی با شاخص‌های مدنظر برای سنجش و ارائه الگوی تاب‌آوری کالبدی – فضایی با رویکرد پایداری موافق و کاملا موافق هستند. حتی میانگین به دست آمده نیز برابر با ۴/۴۵ به دست آمد و این میانگین حاکی از موافقت زیاد کارشناسان و متخصصان مورد مطالعه نسبت به نقش شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی – فضایی در پایداری ابنیه بوده است. همچنین میانگین ابعاد سازمان فضایی، ویژگی‌های جغرافیایی و پایداری زیرساخت‌ها به ترتیب ۴/۴۳، ۴/۵۷ و ۴/۷ به دست آمد و این مقادیر نشان از نقش و اهمیت زیاد عوامل مورد نظر در تاب‌آوری کالبدی – فضایی شهری است. جدول (۳) معیارهای الگوی تاب‌آوری کالبدی – فضایی در بعد پایداری را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج توصیفی معیارهای الگوی تاب‌آوری کالبدی- فضایی در بعد پایداری

مؤلفه	شاخص‌ها	میانگین	انحراف از معیار
پایداری ابنیه	کیفیت بنا	۴/۳	۰/۲۳
	نوع سازه بنا	۴/۱	۰/۴۵
	عمر بنا	۳/۹	۱/۹
	نمای بنا	۴/۵	۰/۷
	دانه‌بندی	۴/۷	۰/۶
	رعایت اصول طراحی	۵	۰/۹
	نوسازی بافت فرسوده	۴/۷	۰/۳۴
میانگین		۴/۴۵	–
سازمان فضایی	توزیع مناسب تراکم ساختمانی	۳/۹	۰/۲۳
	اصلاح ویژگی‌های کالبدی	۴/۵	۰/۶
	توزیع مناسب عناصر کاربری زمین	۴/۹	۰/۳۲
میانگین		۴/۴۳	–
ویژگی‌های جغرافیایی	مطالعات بستر	۵	۰/۱۲
	جلوگیری از ساخت و سازها در شیب‌های تند	۴/۶	۰/۵۶
	استفاده از مطالعات برگشت‌پذیری مخاطره‌ها	۳/۹	۰/۱۱
	توجه به حریم گسل‌ها	۴/۸	۰/۴۵
میانگین		۴/۵۷	–
پایداری زیرساخت‌ها	استانداردسازی سقوط از بالا	۴/۷	۰/۸۹
	مقاومت زیرساخت‌ها از جمله خطوط لوله و جاده	۴/۹	۰/۷۸
میانگین		۴/۸	–

۲. یافته‌های حاصل از تکنیک کوکوسو

به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی محلات ناحیه ۲ کلانشهر کرج از منظر میزان تاب‌آوری کالبدی–فضایی، از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره کوکوسو (CoCoSo) استفاده شده است که شامل پنج گام اصلی می‌باشد. در این پژوهش، اوزان شاخص‌های تاب‌آوری شامل پایداری ابنیه، سازمان فضایی، ویژگی‌های جغرافیایی و پایداری زیرساخت‌ها با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون محاسبه و به عنوان ورودی مدل CoCoSo به‌کار گرفته شدند.

سپس با طی مراحل مختلف این مدل، محلات ناحیه ۲ از نظر سطح تاب‌آوری کالبدی–فضایی ارزیابی و رتبه‌بندی گردیدند.

۲–۱. گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

در این مرحله، مقادیر عملکرد هر محله در برابر شاخص‌های چهارگانه تاب‌آوری، در قالب یک ماتریس تصمیم تنظیم گردید. این مقادیر بر اساس داده‌های کمی حاصل از منابع آماری، اطلاعات میدانی، و نظر خبرگان گردآوری شده‌اند. سپس با استفاده از روش آنتروپی شانون، وزن نهایی هر شاخص محاسبه شد و در ادامه وارد فرآیند تصمیم‌گیری CoCoSo گردید.

جدول ۴. ماتریس تصمیم کوکوسو

*	پایداری ابنیه	سازمان فضایی	ویژگی‌های جغرافیایی	پایداری زیرساخت‌ها
همت آباد	۰۰/۲	۵۰/۵	۷۵/۵	۵۰/۳
کوی بنفشه	۷۵/۰	۲۵/۴	۰۰/۳	۵۰/۳
خلج آباد	۷۵/۴	۵۰/۵	۷۵/۳	۵۰/۴
اکبر آباد	۲۵/۲	۵۰/۳	۵۰/۲	۰۰/۶
کوی شقایق	۷۵/۲	۵۰/۲	۵۰/۳	۵۰/۳
حسین آباد	۵۰/۴	۲۵/۴	۵۰/۲	۵۰/۵
شهرک ذوب آهن	۲۵/۳	۲۵/۳	۲۵/۴	۷۵/۴
سرحدآباد	۰۰/۵	۰۰/۳	۲۵/۳	۲۵/۴
شهر صنعتی	۵۰/۴	۷۵/۳	۷۵/۳	۵۰/۵
شهرک شیخ سعدی	۵۰/۳	۵۰/۳	۵۰/۳	۰۰/۴
نوروز آباد	۰۰/۵	۲۵/۳	۰۰/۳	۲۵/۵
بلوار چمران	۵۰/۳	۷۵/۴	۵۰/۳	۰۰/۴
قلمستان	۲۵/۴	۷۵/۴	۲۵/۳	۵۰/۳
فردوسی	۷۵/۴	۵۰/۴	۲۵/۲	۵۰/۷
جهت معیار	+	-	+	+
وزن معیار	۲۷۳/۰	۰۳۵/۰	۰۹۷/۰	۰۹۹/۰
Max	۵/۰۰	۵/۵۰	۵/۷۵	۷/۵۰
Min	۰/۷۵	۲/۵۰	۲/۲۵	۳/۵۰
Max-min	۴/۲۵	۳/۰۰	۳/۵۰	۴/۰۰

۲-۲. گام دوم: نرمال سازی

نرمال سازی تقریباً در تمام روش‌های تصمیم گیری چند معیاره صورت می‌گیرد. در این گام بر اساس روابط زیر ماتریس تصمیم نرمال می‌شود. از رابطه اول برای معیارهای مثبت و از رابطه دوم برای معیارهای منفی استفاده می‌شود. در روابط زیرmax Xij و Xij min در واقع بیشترین و کمترین مقدار هر ستون معیار هستند. بر اساس این نرمالسازی تمامی درایه‌ها بین عدد ۰ و ۱ قرار می‌گیرند.

جدول۵. نرمال سازی ماتریس

*	پایداری ابنیه	سازمان فضایی	ویژگی‌های جغرافیایی	پایداری زیرساخت‌ها
همت آباد	۰/۲۹	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰
کوی بنفشه	۰/۰۰	۰/۴۲	۰/۲۱	۰/۰۰
خلج آباد	۰/۹۴	۰/۰۰	۰/۴۳	۰/۲۵
اکبر آباد	۰/۳۵	۰/۶۷	۰/۰۷	۰/۶۳
کوی شقایق	۰/۴۷	۱/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۰
حسین آباد	۰/۸۸	۰/۴۲	۰/۰۷	۰/۵۰
شهرک ذوب آهن	۰/۵۹	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۳۱
سرحدآباد	۱/۰۰	۰/۸۳	۰/۲۹	۰/۱۹
شهر صنعتی	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۴۳	۰/۵۰
شهرک شیخ سعدی	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۳۶	۰/۱۳
نوروز آباد	۱/۰۰	۰/۷۵	۰/۲۱	۰/۴۴
بلوار چمران	۰/۶۵	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۱۳
قلمستان	۰/۸۲	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۰۰
فردوسی	۰/۹۴	۰/۳۳	۰/۰۰	۱/۰۰
شکرآباد	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۳۸

۲-۳. گام سوم: محاسبه مقادیر مجموع وزنی (S) و ضرب وزنی (P)

در این مرحله، مقادیر مجموع وزنی (S) و ضرب وزنی (P) برای هر محله از منطقه ۲ کلانشهر کرج محاسبه شده است. وزن شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی-فضایی (پایداری ابنیه، سازمان فضایی، ویژگی‌های جغرافیایی، و پایداری زیرساخت‌ها) که از طریق روش آنتروپی شانون به‌دست آمده‌اند، به عنوان ورودی به مدل وارد شدند. مقدار Si بیانگر مجموع وزن‌دار شاخص‌ها برای هر محله است که بر اساس منطق روش SAW (مجموع ساده وزنی) محاسبه شده و مقدار Pi نشان‌دهنده ضرب وزن‌دار شاخص‌ها است که بر مبنای منطق روش WPM (ضرب وزنی) به‌دست آمده است. محاسبه این دو مقدار، نقش کلیدی در ترکیب اطلاعات برای تعیین رتبه نهایی محلات ایفا می‌کند.

جدول ۶. محاسبه مقادیر S

*	پایداری ابنیه	سازمان فضایی	ویژگی‌های جغرافیایی	پایداری زیرساخت‌ها	S
همت آباد	۰/۱۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۸۷	۰/۰۰۰	۰/۲۰۲
کوی بنفشه	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹
خلج آباد	۰/۳۷۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷	۰/۰۲۲	۰/۴۲۹
اکبر آباد	۰/۱۳۹	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶	۰/۰۵۶	۰/۲۱۸
کوی شقایق	۰/۱۸۵	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۰۰۰	۰/۲۴۱
حسین آباد	۰/۳۴۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۴۵	۰/۴۰۸
شهرک ذوب آهن	۰/۲۳۱	۰/۰۱۹	۰/۰۵۰	۰/۰۲۸	۰/۳۲۸
سرحدآباد	۰/۳۹۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷	۰/۴۵۵
شهر صنعتی	۰/۳۴۶	۰/۰۱۵	۰/۰۳۷	۰/۰۴۵	۰/۴۴۳
شهرک شیخ سعدی	۰/۲۵۴	۰/۰۱۷	۰/۰۳۱	۰/۰۱۱	۰/۳۱۳
نوروز آباد	۰/۳۹۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۹	۰/۴۶۹
بلوار چمران	۰/۲۵۴	۰/۰۰۶	۰/۰۳۱	۰/۰۱۱	۰/۳۰۳
قلمستان	۰/۳۲۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۰/۳۵۵
فردوسی	۰/۳۷۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۸۹	۰/۴۶۷
شکرآباد	۰/۳۹۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۳۴	۰/۴۴۱

جدول ۷. محاسبه مقادیر P

*	پایداری ابنیه	سازمان فضایی	ویژگی‌های جغرافیایی	پایداری زیرساخت‌ها	P
همت آباد	۰/۶۱۸	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۶۱۸
کوی بنفشه	۰/۰۰۰	۰/۹۷۸	۰/۸۷۵	۰/۰۰۰	۱/۸۵۳
خلج آباد	۰/۹۷۶	۰/۰۰۰	۰/۹۲۹	۰/۸۸۳	۲/۷۸۹
اکبر آباد	۰/۶۶۴	۰/۹۹۰	۰/۷۹۵	۰/۹۵۹	۳/۴۰۸
کوی شقایق	۰/۷۴۴	۱/۰۰۰	۰/۹۱۴	۰/۰۰۰	۲/۶۵۸
حسین آباد	۰/۹۵۲	۰/۹۷۸	۰/۷۹۵	۰/۹۴۰	۳/۶۶۵
شهرک ذوب آهن	۰/۸۱۲	۰/۹۹۳	۰/۹۵۳	۰/۹۰۱	۳/۶۵۸
سرحدآباد	۱/۰۰۰	۰/۹۹۵	۰/۸۹۷	۰/۸۶۱	۳/۷۵۳
شهر صنعتی	۰/۹۵۲	۰/۹۸۶	۰/۹۲۹	۰/۹۴۰	۳/۸۰۷
شهرک شیخ سعدی	۰/۸۴۳	۰/۹۹۰	۰/۹۱۴	۰/۸۳۰	۳/۵۷۷
نوروز آباد	۱/۰۰۰	۰/۹۹۳	۰/۸۷۵	۰/۹۲۹	۳/۷۹۶
بلوار چمران	۰/۸۴۳	۰/۹۶۵	۰/۹۱۴	۰/۸۳۰	۳/۵۵۳
قلمستان	۰/۹۲۷	۰/۹۶۵	۰/۸۹۷	۰/۰۰۰	۲/۷۸۹
فردوسی	۰/۹۷۶	۰/۹۷۲	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۲/۹۴۹
شکرآباد	۱/۰۰۰	۰/۹۷۲	۰/۷۹۵	۰/۹۱۶	۳/۶۸۴

۲-۴. گام چهارم: تعیین نمره ارزیابی محلات منطقه ۲ از منظر شاخص‌های تاب آوری بر اساس سه استراتژی

در این مرحله، سه رابطه به کار می‌رود:

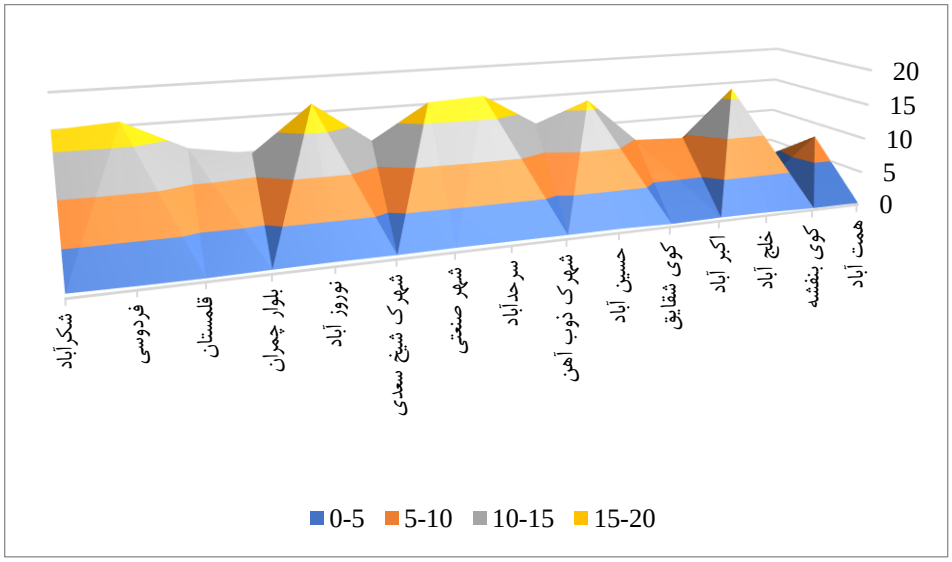
۱. رابطه نخست میانگین حسابی امتیازات حاصل از مدل‌های WSM و WPM را ارائه می‌دهد؛
۲. رابطه دوم، مقایسه‌ای نسبی میان نواحی با بهترین مقادیر WSM و WPM انجام می‌دهد؛
۳. و رابطه سوم به‌صورت مصالحه‌ای میان این دو مدل عمل می‌کند.

در رابطه سوم، مقدار λ توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود و در حالت λ=0.5 توازن مناسبی بین دو مدل برقرار می‌گردد.

جدول۸. نمره ارزیابی محلات منطقه ۲ بر اساس ۳ استراتژی مدل کوکوسو

نواحی ارزیابی (سه استراتژی)	Ka	Kb	Kc
همت آباد	۰/۲۶۳	۷/۹۲۷	۰/۴۴۵
کوی بنفشه	۰/۲۷۲	۲/۱۴۵	۰/۴۶۰
خلج آباد	۰/۴۶۵	۱۶/۴۱۱	۰/۷۸۶
اکبر آباد	۰/۵۲۴	۹/۵۵۴	۰/۸۸۶
کوی شقایق	۰/۴۱۹	۹/۸۹۹	۰/۷۰۸
حسین آباد	۰/۵۸۹	۱۶/۲۲۷	۰/۹۹۵
شهرک ذوب آهن	۰/۵۷۶	۱۳/۴۷۴	۰/۹۷۴
سرحدآباد	۰/۶۰۸	۱۷/۹۰۶	۱/۰۲۸
شهر صنعتی	۰/۶۱۴	۱۷/۵۲۲	۱/۰۳۸
شهرک شیخ سعدی	۰/۵۶۲	۱۲/۹۳۱	۰/۹۵۰
نوروز آباد	۰/۶۱۶	۱۸/۴۱۳	۱/۰۴۲
بلوار چمران	۰/۵۵۷	۱۲/۵۵۳	۰/۹۴۲
قلمستان	۰/۴۵۴	۱۳/۸۵۷	۰/۷۶۸
فردوسی	۰/۴۹۴	۱۷/۸۲۰	۰/۸۳۴
شکرآباد	۰/۵۹۶	۱۷/۳۶۴	۱/۰۰۷

جدول شماره (۸) بیانگر نمرات ارزیابی محلات منطقه ۲ کرج بر اساس سه استراتژی مدل کوکوسو است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هر محله دارای مقادیر متفاوتی در سه استراتژی Ka، Kb و Kc است که نشان‌دهنده عملکرد نسبی محلات با توجه به شاخص‌های تاب آوری می‌باشد. این تفاوت‌ها بازتابی از وزن‌دهی شاخص‌ها و میزان تحقق آن‌ها در هر محله است و امکان تحلیل چندبعدی عملکرد محلات را در قالب مدل کوکوسو فراهم می‌سازد.



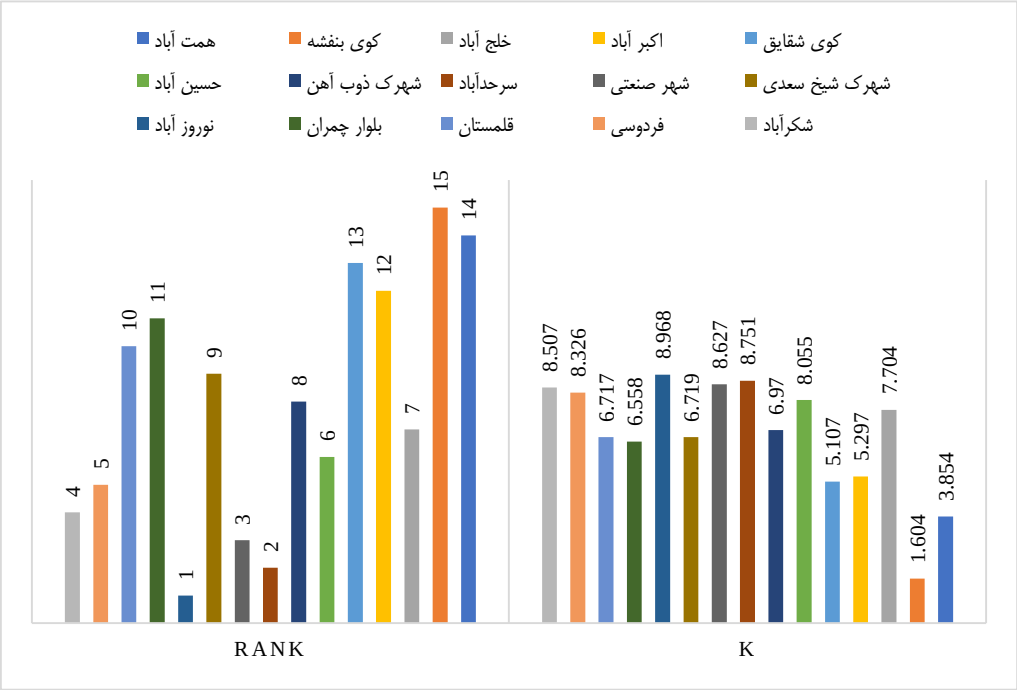
شکل ۳. ارزیابی محلات براساس سه استراتژی

۲-۴. گام پنجم: تعیین امتیاز نهایی و رتبه‌بندی محلات منطقه ۲ بر اساس شاخص‌های تاب آوری شهری

در این مرحله، با استفاده از رابطه نهایی مدل CoCoSo و با در نظر گرفتن سه استراتژی مرحله قبل، امتیاز نهایی هر محله محاسبه می‌شود. این رابطه ترکیبی از میانگین حسابی و میانگین هندسی استراتژی‌هاست. هرچه مقدار نهایی (K) برای یک محله بیشتر باشد، آن محله از منظر تاب آوری در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارد.

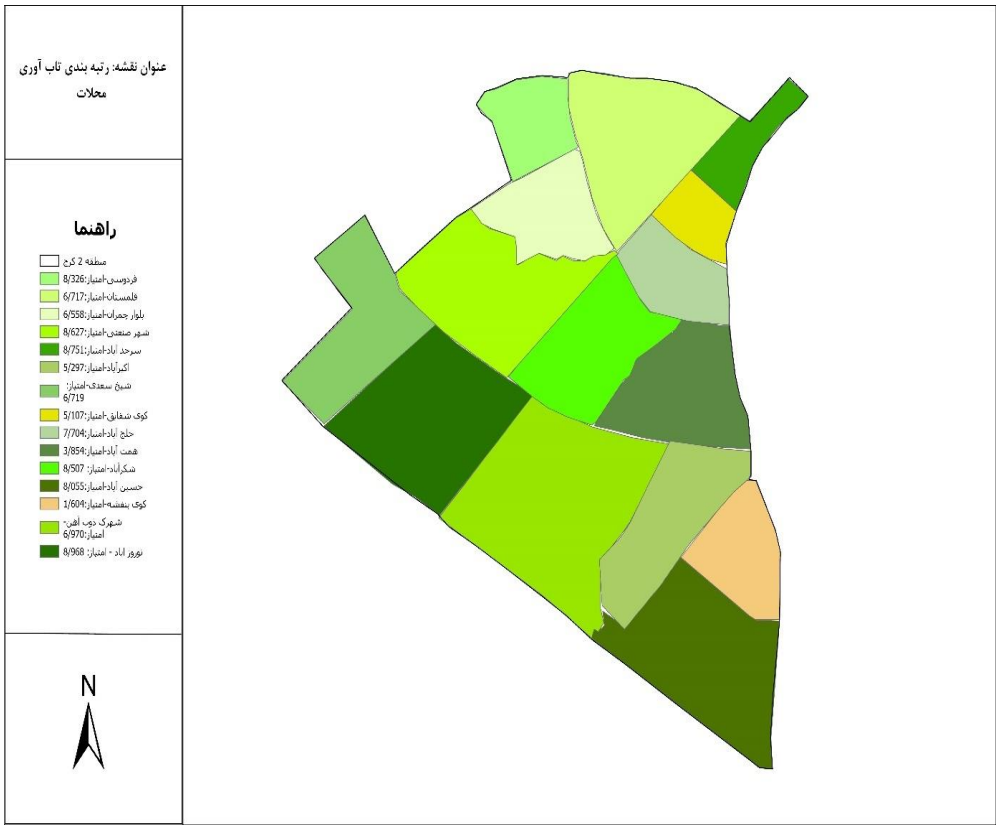
جدول ۹. امتیاز پایانی نواحی براساس تاب آوری

نواحی ارزیابی	K	Rank
همت آباد	۳/۸۵۴	۱۴
کوی بنفشه	۱/۶۰۴	۱۵
خلج آباد	۷/۷۰۴	۷
اکبر آباد	۵/۲۹۷	۱۲
کوی شقایق	۵/۱۰۷	۱۳
حسین آباد	۸/۰۵۵	۶
شهرک ذوب آهن	۶/۹۷۰	۸
سرحدآباد	۸/۷۵۱	۲
شهر صنعتی	۸/۶۲۷	۳
شهرک شیخ سعدی	۶/۷۱۹	۹
نوروز آباد	۸/۹۶۸	۱
بلوار چمران	۶/۵۵۸	۱۱
قلمستان	۶/۷۱۷	۱۰
فردوسی	۸/۳۲۶	۵
شکرآباد	۸/۵۰۷	۴



شکل ۴. امتیاز پایانی محلات

نتایج نشان می‌دهد که محله نوروزآباد با امتیاز ۸/۹۶۸، بالاترین سطح تاب‌آوری کالبدی–فضایی را در میان محلات منطقه ۲ داراست و پس از آن سرحدآباد و شهر صنعتی در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. در مقابل، کوی بنفشه (۱/۶۰۴) و همت‌آباد (۳/۸۵۴) پایین‌ترین امتیازها را کسب کرده‌اند که نشان‌دهنده ضعف جدی در شاخص‌های کالبدی، زیرساختی یا سازمان فضایی آن‌هاست. توزیع نمرات نیز بیانگر تفاوت‌های معنادار فضایی میان محلات است و بر ضرورت برنامه‌ریزی تفکیکی و محله‌محور برای ارتقای تاب‌آوری در نواحی ضعیف‌تر تأکید دارد.



شکل ۵. رتبه بندی محلات براساس امتیاز کوکوسو

بحث

رویکرد پایداری شهری در پی افزایش ظرفیت و مقاومت مؤلفه‌های کالبدی شهر و هدایت آن به سمت تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت است. تحقق این هدف، نیازمند شناخت دقیق اجزای کالبدی شهر و تحلیل یکپارچه نحوه عملکرد آن‌ها در برابر بحران‌هاست. در این پژوهش، تاب‌آوری کالبدی–فضایی شهری در چهار بعد اصلی شامل پایداری ابنیه، سازمان فضایی، ویژگی‌های جغرافیایی و پایداری زیرساخت‌ها بررسی شده است. تحلیل یافته‌ها با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری CoCoSo و وزن‌دهی به شاخص‌ها از طریق آنتروپی شانون، نشان داد که تاب‌آوری در سطح محلات منطقه ۲ کلانشهر کرج توزیع یکنواختی ندارد. محلات نوروزآباد، سرحدآباد و شهر صنعتی به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند که حاکی از عملکرد مطلوب آن‌ها در شاخص‌های کالبدی و فضایی است. در مقابل، کوی بنفشه و همت‌آباد پایین‌ترین رتبه‌ها را به خود اختصاص دادند که بیانگر ضعف در زیرساخت‌ها، سازمان فضایی نامناسب و کیفیت پایین ابنیه است. یافته‌های پژوهش در بخش‌هایی با مطالعات پیشین هم‌راستا است. به‌طور مثال، پژوهش‌های شائو[1] و همکاران (۲۰۲۱) و بیوندینی[2] و همکاران (۲۰۱۵) نیز بر نقش تعیین‌کننده پایداری ابنیه و کیفیت ساخت‌وساز در ارتقای تاب‌آوری شهری تأکید داشته‌اند. همچنین، در پژوهش‌های داخلی از جمله شعبانی (۱۴۰۳) و

[1] Shao
[2] Biondini

حسین‌زاده مقدم (۱۴۰۰)، بر ضرورت نوسازی بافت‌های فرسوده، رعایت اصول طراحی و توجه به دانه‌بندی کالبدی در مدیریت بحران تأکید شده است؛ یافته‌هایی که با نتایج حاصل از این تحقیق نیز همسو هستند. در حوزه سازمان فضایی، کارشناسان مشارکت‌کننده در پژوهش نیز بر این باور بودند که تسهیل دسترسی، پیش‌بینی مسیرهای تخلیه اضطراری، و توزیع متوازن کاربری‌ها در افزایش ظرفیت تاب‌آوری شهروندان نقش بسزایی دارد. این نتایج با مطالعات نظری موجود انطباق داشته و به‌ویژه در مدل‌سازی شبکه‌های واکنش سریع در زمان بحران، اهمیت دارد. ویژگی‌های جغرافیایی نیز از عوامل تأثیرگذار در سطح تاب‌آوری محلات شناسایی شدند. نزدیکی برخی محلات به گسل‌ها یا مناطق فرونشست‌پذیر، میزان ریسک و احتمال آسیب‌پذیری آن‌ها را افزایش داده است؛ نتیجه‌ای که با یافته‌های پژوهش اسدی عزیزآبادی و همکاران (۱۳۹۷) هم‌خوانی دارد، چراکه در آن پژوهش نیز توسعه شهری در فاصله مناسب از گسل‌ها به عنوان یکی از الزامات تاب‌آوری مطرح شده است. در مجموع، این تحلیل‌ها نشان می‌دهد که ارتقای تاب‌آوری در سطح محله نیازمند رویکردی محله‌محور، داده‌محور و ترکیبی از ابعاد کالبدی و فضایی است. محلات با امتیاز پایین‌تر باید در اولویت سیاست‌گذاری و مداخلات شهری قرار گیرند و در مقابل، محلات دارای تاب‌آوری بالا می‌توانند به عنوان نمونه‌های موفق در برنامه‌ریزی تطبیقی مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحلیل تاب‌آوری کالبدی–فضایی محلات منطقه ۲ کلان‌شهر کرج بر اساس شاخص‌های پایداری و با در نظر گرفتن مخاطرات محیطی، نشان داد که این ناحیه با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و کالبدی خود، با ترکیبی از فرصت‌ها و چالش‌ها در سطح محلات مواجه است. نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره CoCoSo نشان داد که میزان تاب‌آوری در بین محلات منطقه ۲ توزیع یکنواختی ندارد؛ به‌طوری‌که برخی محلات نظیر نوروزآباد، سرحدآباد و شهر صنعتی از تاب‌آوری بالاتری برخوردارند، در حالی که محلاتی مانند کوی بنفشه و همت‌آباد دارای امتیاز پایین‌تری هستند و از نظر کالبدی و زیرساختی نیازمند توجه ویژه‌اند. این تفاوت‌ها بیانگر آن است که تحلیل‌های منطقه‌ای در حوزه تاب‌آوری، بدون در نظر گرفتن مقیاس محله‌ای، نمی‌توانند تصویری دقیق از وضعیت موجود ارائه دهند. یافته‌ها همچنین تأکید دارند که عواملی مانند کیفیت ساخت‌وساز، توزیع مناسب کاربری‌ها، دسترسی به شریان‌های اصلی و موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌ها، تأثیر مستقیمی بر تاب‌آوری محلات دارند.

بررسی دقیق‌تر محلات کم‌تاب‌آور مانند کوی بنفشه، همت‌آباد، اکبرآباد و کوی شقایق نشان می‌دهد که این محلات با چالش‌های مشترکی از جمله فرسودگی بافت شهری، مقاومت پایین سازه‌ها، شبکه معابر نامناسب و کمبود فضاهای باز مواجه هستند. در کوی بنفشه، وضعیت نامناسب زیرساخت‌های شهری و تراکم بالای ساختمانی، آسیب‌پذیری در برابر زلزله را افزایش داده است. همت‌آباد با مشکلات جدی کالبدی و جمعیتی و فضاهای ایمن شهری مواجه است که در زمان وقوع بحران، مدیریت اسکان اضطراری را با دشواری روبرو می‌کند. در اکبرآباد، معابر کم‌عرض و دسترسی محدود به شریان‌های اصلی، امکان تخلیه سریع و امدادرسانی موثر را کاهش می‌دهد. کوی شقایق نیز با مشکل جدی عدم مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و نبود سیستم‌های هشدار اولیه در برابر مخاطرات طبیعی روبروست. در نتیجه، تدوین و اجرای راهبردهای توسعه پایدار و برنامه‌ریزی محله‌محور برای ارتقای تاب‌آوری کالبدی–فضایی منطقه ۲، به‌ویژه در محلات با امتیاز پایین‌تر، امری ضروری است. این راهبردها می‌توانند با تمرکز بر نوسازی بافت‌های فرسوده، بهبود زیرساخت‌ها، افزایش فضاهای سبز و تقویت سازمان فضایی شهر، به کاهش آسیب‌پذیری و افزایش آمادگی شهری در برابر مخاطرات طبیعی کمک کنند.

در نهایت برای محلات کم‌تاب‌آور، راهکارهای اختصاصی شامل موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- **تقویت مقاومت ابنیه در محلات دارای تاب‌آوری پایین:** با توجه به امتیاز پایین برخی محلات مانند کوی بنفشه و همت‌آباد، لازم است پروژه‌های نوسازی و مقاوم‌سازی ابنیه در این نواحی در اولویت قرار گیرد. اجرای دقیق مقررات ملی ساختمان و نظارت بر کیفیت ساخت‌وساز، به‌ویژه در مناطق پرریسک، ضروری است.

- **بهبود سازمان فضایی با رویکرد محله‌محور:** بازنگری در نحوه توزیع کاربری‌های شهری در محلات کم‌برخوردار، با هدف تسهیل دسترسی به خدمات، بهبود مسیرهای تخلیه اضطراری و کاهش گسست فضایی، می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای تاب‌آوری فضایی ایفا کند.
- **ملاحظات جغرافیایی در توسعه شهری:** نتایج پژوهش نشان داد که نزدیکی به گسل‌ها و پهنه‌های فرونشست‌پذیر در کاهش امتیاز برخی محلات مؤثر بوده است. بنابراین، توسعه کالبدی جدید باید به سمت مناطق امن‌تر هدایت شده و ضوابط ساخت‌وساز در پهنه‌های خطرپذیر با دقت اجرا شود.
- **تقویت زیرساخت‌های حیاتی در نواحی آسیب‌پذیر:** شناسایی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های آسیب‌پذیر در محلات با امتیاز پایین، و اجرای پروژه‌های مقاوم‌سازی شبکه‌های حمل‌ونقل، برق، آب و مخابرات، برای ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات ضروری است.
- **نوسازی هدفمند بافت‌های فرسوده:** نوسازی باید بر مبنای داده‌های تحلیلی صورت گیرد و ابتدا در محلاتی اجرا شود که دارای بیشترین میزان فرسودگی و کمترین امتیاز تاب‌آوری هستند. رعایت اصول طراحی پایدار و توجه به دانه‌بندی بافت در این فرآیند حیاتی است.
- **افزایش مشارکت شهروندان در محلات آسیب‌پذیر:** تقویت مشارکت اجتماعی در فرآیند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی به‌ویژه در نواحی با تاب‌آوری پایین، ضمن ارتقای حس تعلق، موجب ارتقای آمادگی عمومی در برابر بحران‌ها خواهد شد.
- **تحلیل و برنامه‌ریزی محله‌محور در سیاست‌گذاری شهری:** با توجه به تفاوت محسوس سطح تاب‌آوری میان محلات، پیشنهاد می‌شود رویکردهای مدیریت شهری از تحلیل‌های کلی‌نگر به سمت تحلیل‌های محله‌محور و داده‌محور سوق داده شوند تا منابع و اقدامات به‌صورت هدفمند تخصیص یابند.

با اتخاذ این رویکردها، محلات منطقه ۲ کلان‌شهر کرج می‌توانند در راستای یک نمونه‌های موفق از توسعه پایدار و تاب‌آور در برابر چالش‌های آینده گام بردارند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان در انجام و انتشار این پژوهش علمی، اصول اخلاقی را رعایت کرده‌اند و این امر مورد تأیید است.

مشارکت نویسندگان

مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری نویسنده اول می‌باشد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر از حمایت مالی هیچ سازمان و یا موسسه‌ای برخوردار نبوده است.

سپاسگزاری

از تمام کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند تشکر بعمل می‌آید.

منابع

اسدی عزیزآبادی، مهسا؛ زیاری، کرامت الله و وطن خواهی، محسن (۱۳۹۷). سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری بافت های فرسوده شهری در برابر مخاطرات محیطی (نمونه موردی؛ بافت فرسوده کلان شهر کرج). *نشریه پژوهش و برنامه ریزی شهری*، ۳۵(۱)، ۲۲۲۸-۵۲۲۹.

پاشاپور، حجت اله و پوراکرمی، محمد (۱۳۹۶). سنجش ابعاد کالبدی تاب آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی: منطقه ۱۲ شهر تهران). *مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی*، ۱۲(۴) (پیاپی ۴۱)، ۹۸۵-۱۰۰۲.

پهلوانی، مریم؛ زنگانه، احمد؛ پریزادی، طاهر و سلیمانی، محمد (۱۴۰۲). تبیین الگوهای پراکنده رویی پیراشهر کرج. *توسعه فضاهای پیراشهری*، ۵(۱)، ۱۴۹-۱۷۲. https://doi.org/10.22034/jpusd.2023.357381.1227

حاجیلو، فتانه، و رستمی (۱۴۰۴). رویکردشناسی تاب‌آوری اجتماعی برای کاهش مخاطرات. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۱(۳)، ۲۵۹-۲۷۲.

حسین‌زاده مقدم، غلامرضاعلی؛ جودکی، حمیدرضا و زیاری، یوسفعلی (۱۴۰۰). تحلیل وضعیت شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران در برابر زلزله. *فصلنامه معماری و شهرسازی پایدار*، از مقالات در دست انتشار و انتشار به صورت آنلاین ۱-۲۱.

رحیمی (۱۴۰۳). تاب‌آوری فضایی در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک: کلید سازگاری با چالش‌های معاصر. *نشریه دانشجویی زیست سپهر*، ۱۷(۲)، ۶۴-۷۷.

زینالی، عظیم (۱۴۰۱). ارزیابی پایداری شهری و محیطی از طریق رشد هوشمند شهری نمونه موردی: شهر جلفا. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۲(۱)، ۱۹-۳۹.

سلگی، علی؛ سعیدی رضوانی، نوید و احمدیان، رضا (۱۴۰۲). اولویت‌بندی متغیرها در فرایند بهسازی بافت‌های فرسودهٔ شهری و مدیریت بحران در شهرملارد. *مطالعات ساختار و کارکرد شهری*، ۱۰(۳۶)، ۳۵-۶۲. https://doi.org/10.22080/usfs.2023.24512.2314

شعبانی، سعید؛ نصیری‌هنده‌خاله، اسماعیل و جلالیان، اسحاق (۱۴۰۳). تحلیل فضایی تاب‌آوری شبکه معابر منطقه ۲ کلانشهر کرج در برابر مخاطرات محیطی با تاکید بر زلزله. *مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی*، ۵(۲)، ۱۸۷-۲۰۴. https://doi.org/10.22034/gsma.2024.715808

شفیعی دستجردی، مسعود؛ لک، آزاده و غفاری، علی (۱۴۰۱). تدوین مدل ارزیابی فرم شهری با رویکرد تاب آوری فضایی. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۰(۲)، ۱-۲۷. https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2022.333648.1610

علائی، صمد؛ توکلان، علی و سرور، رحیم (۱۴۰۳). ارائه راهبردهای ارتقاء تاب آوری شهری در شهرهای اقماری حوزه کلانشهر تهران (مطالعه موردی: شهر اسلامشهر). *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۸(۲)، ۷۳-۸۸. https://doi.org/10.22034/jget.2023.374317.1463

علوی، سیدمحسن؛ مسعود، محمد و کریمی، اسدالله (۱۳۹۹). تاب آوری زیرساخت آب رسانی شهری: با رویکرد تحلیل زمانی در راستای بازیابی عملکرد خطوط آب رسانی به شهروندان (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۲ تهران). *پژوهشهای جغرافیای انسانی*، ۵۲(۲)، ۵۳۳-۵۵۰. https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.233691.1007468

فصیحی، حبیب‌اله؛ و پریزادی، طاهر (۱۴۰۲). بررسی مخاطرات طبیعی و انسانی و آسیب‌پذیری بافت تاریخی در محله فردوسی شهر تهران. *سامانه نشریات علمی*، ۱۰(۴)، ۱۱۳-۱۲۸.

قریشی، غزاله سادات؛ پارسی، حمید رضا و نوریان، فرشاد (۱۳۹۹). تحلیلی بر قلمرو نظری شهر هوشمند تاب آور و تدوین چارچوب کاربست آن. *نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی*، ۲۵(۴)، ۵۵-۶۹. https://doi.org/10.22059/jfaup.2021.329235.672671

موسی کاظمی، سید مهدی؛ علی اکبری، اسماعیل و زمانی، حسین (۱۴۰۲). مدل ارزیابی و سیاست گذاری پایداری ساختار فضایی شهر شیراز بر مبنای ظرفیت تحمل شهری. *فصلنامه شهر پایدار*، ۶ (۲)، ۱-۲۰.

مه آبادی پور، محمد مهدی، زنگانه، احمد و تلخابی، حمیدرضا (۱۴۰۳). ظرفیت سنجی و رتبه‌بندی نواحی شهر ورامین با رویکرد توسعه میان افزا. *توسعه پایدار محیط جغرافیایی*، ۶(۱۱)، ۱-۲۰. https://doi.org/10.48308/sdge.2025.237840.1224

نصیری هنده خاله، اسماعیل (۱۳۹۸). رتبه‌بندی تاب‌آوری کالبدی-فضایی مناطق شهری (مطالعه موردی: کلان شهر کرج). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه های انسانی*، ۱۴(۳)، ۶۴۱-۶۶۰.

نظم فر، حسین، زنگانه، احمد و مه آبادی پور، محمد مهدی (۱۴۰۳). ارزیابی و رتبه بندی تاب‌آوری شهری در مناطق پیراکلانشهری. *توسعه فضاهای پیراشهری*. https://doi.org/10.22034/jpusd.2025.493945.1327

References

Agyei, F., Asibey, M. O., & Cobbinah, P. B. (2025). Uncertain climate futures: Cultivating 3 A resilience in urban Ghana. *Environmental Science & Policy*, 163, 103952. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103952

Amegavi, G. B., Nursey-Bray, M., & Suh, J. (2025). Advancing social equity in urban resilience planning: challenges and opportunities. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-21. https://doi.org/10.1080/09640568.2025.2463558

Aydin, N. Y., Celik, K., Gecen, R., Kalaycioglu, S., & Duzgun, S. (2025). Rebuilding Antakya: Cultivating urban resilience through cultural identity and education for post-disaster reconstruction in Turkey. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 117, 105196. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105196

Castaño-Rosa, R., Pelsmakers, S., Järventausta, H., Poutanen, J., Tähtinen, L., Rashidfarokhi, A., & Toivonen, S. (2022). Resilience in the built environment: Key characteristics for solutions to multiple crises. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104259. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104259

Chen, H., Tan, X., Zhang, Y., Hu, B., Xu, S., Dai, Z., ... & Luo, D. (2025). The Application of Variable Weight Theory on the Suitability Evaluation of Urban Underground Space Development and Utilization for Urban Resilience and Sustainability. *Buildings*, 15(3), 387. https://doi.org/10.3390/buildings15030387

Datola, G. (2023). Implementing urban resilience in urban planning: A comprehensive framework for urban resilience evaluation. *Sustainable Cities and Society*, 98, 104821.

Glaeser, E. L. (2022). Urban resilience. *Urban Studies*, 59(1), 3-35. https://doi.org/10.1177/00420980211052230

Gomes_Ribeiro, P., & AntónioPena, L. (2019). Urban resilience: A conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*, 50(101625), 239-251. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101625

Gupta, A., & De, B. (2025). Blue space resilient urban planning to enhance severely distressed thermal environment. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 137, 103804. https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103804

Han, H., Bai, X., & Dong, L. (2025). Global policy stocktakes of urban climate resilience: A literature review. Resources, *Conservation and Recycling*, 212, 107923. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107923

Mohammadi, A., and Pashazadeh, A. (2016). Measuring urban resilience against the risk of earthquakes, a case study: Ardabil city. *Earth Science Research Quarterly*, 8(30), 112-126. (in persian) https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2022-0001

Mulesa, O., Ondrejicka, V., Yehorchenkov, O., Yehorchenkova, N., Jamecny, L., & Marusynets, M. (2025). Development of a Semi-Automated Decision-Making Method for the Resilience of Urban Healthcare Systems in Crisis Situations. *Urban Science*, 9(1), 15. https://doi.org/10.3390/urbansci9010015

Ongesa, T. N., Ugwu, O. P. C., Ugwu, C. N., Alum, E. U., Eze, V. H. U., Basajja, M., ... & Ejemot-Nwadiaro, R. I. (2025). Optimizing emergency response systems in urban health crises: A project management approach to public health preparedness and response. *Medicine*, 104(3), e41279. https://doi.org/10.1097/md.0000000000041279

Shao, W., Su, X., Lu, J., Jiahong, L., Yang, Z., Mei, C., Lu, J. (2021). Urban Resilience of Shenzhen City under Climate Change. *Atmosphere*, 12(5), 537-555. https://doi.org/10.3390/atmos12050537

Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2014). Resilient urban planning: Major principles and criteria. Available online at www.sciencedirect.com. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.154

Steven, J. (2016). A multi-scalar, mixed methods framework for assessing rural communities' capacity for resilience, adaptation, and transformation. *Journal Community Development*. (124), 140-158. https://doi.org/10.1080/15575330.2016.1250103

Tao, R., Coleman, M. C., Pennington, J. D., Ozden, O., Park, S. H., Jiang, H., ... & Gius, D. (2010). Sirt3-mediated deacetylation of evolutionarily conserved lysine 122 regulates MnSOD activity in response to stress. *Molecular cell*, 40(6), 893-904. https://doi.org/10.1016/j.molcel.2010.12.013

Xiao, Y., Yang, H., Chen, L., Huang, H., & Chang, M. (2025). Urban resilience assessment and multi-scenario simulation: A case study of three major urban agglomerations in China. Environmental Impact Assessment Review, 111, 107734. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107734

Yang, Y., & Wang, Y. (2025). Building Spatial Resilience for Rural Communities: A case study of two typical villages in Jiangsu, China. *International review for spatial planning and sustainable development*, 13(1), 34-52.

Zeng, X., yuanchun, Y., San, Y., Yang, L., & Sarker, M. (2022). Urban Resilience for Urban Sustainability: Concepts, Dimensions, and Perspectives. *Sustainability*, 14(5), 2481-2498. https://doi.org/10.3390/su14052481