Assessing Urban Resilience and Vulnerability in Damavand: A Combined Approach of Indexing and Spatial Mapping

Case Study

Mohammad Vahidi Borji[1], Mahdi Khalesi[1], Sahar Nedae Tousi[2*], Vahideh Ebrahimnia[3]

1- Master Student in urban planning, urban and regional planning and design Department, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahid Beheshti University
2- Associate Professor, urban and Regional Planning and Design Department, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahid Beheshti University
3- Assistant Professor, urban and regional planning and design Department, Faculty of Architecture and urbanism, Shahid Beheshti University

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2024-11-27
Revised: 2025-03-16
Accepted: 2025-03-16

Keywords
Damavand city
GIS
Natural disasters
Spatial mapping
Urban Resilience index

ABSTRACT

Introduction

Urban resilience is a concept that emphasizes the ability of cities to absorb, adapt to, and recover from environmental and social crises. Due to its geographical location within the Alborz mountain range, Damavand faces threats such as earthquakes, floods, and landslides. Weak spatial planning and inefficient infrastructure further exacerbate its vulnerability. Urban resilience, as a key concept in urban planning, refers to the ability of an urban system to withstand, adapt to, and recover from environmental, social, and economic hazards. In Iran, the importance of this concept is amplified due to the frequent occurrence of natural disasters such as earthquakes, floods, and droughts, particularly in cities with sensitive geographical locations. Damavand, located within the Alborz mountain range and near active fault lines, is exposed to risks such as earthquakes, floods, and landslides. In addition to these environmental challenges, this region's dynamic mix of urban and rural settlements has added further complexity to resilience planning. Previous research has emphasized the importance of integrated planning and the reinforcement of urban infrastructure, highlighting the effective role of disaster management programs, collaboration between urban and rural areas, and the use of modern technologies in enhancing urban resilience. Additionally, the use of multi-criteria analysis methods and Geographic Information Systems (GIS) for assessing the physical vulnerability of cities has been emphasized in international research. This study aims to analyze the urban resilience of Damavand using indexing and spatial mapping methods to identify vulnerable neighborhoods and provide recommendations for enhancing resilience.

Materials and Methods

This study employed indexing and spatial mapping methods for resilience, combining spatial analysis and resilience indicators to identify vulnerable zones and propose effective solutions. ArcGIS Pro software was used for data analysis, and the research process was carried out in several main stages.

First, a conceptual and operational model of urban resilience was designed. This model was developed through document review and analysis of the research background to identify the main components of resilience, including environmental resilience, economic dynamism, spatial efficiency, and social diversity. Each of these components was evaluated using selected indicators.

Next, the required data were extracted from various sources, including the 2016 census, spatial data and GIS layers, satellite imagery, and information from relevant organizations. These data were processed in the ArcGIS environment, and thematic maps and necessary information layers for analysis

* Corresponding author: s.n.tousi@gmail.com

were prepared.

For the spatial analysis of resilience indicators, relevant indicators for each component were selected and analyzed separately. These analyses included Kernel Density analysis for indicators such as population density, urban green spaces, and commercial and agricultural land uses, Network Analysis to examine access to emergency services and transportation stations, and Connectivity analysis using Space Syntax (depthMapX) to evaluate the connectivity of the street network. Additionally, land use change analysis was conducted using Google Earth Engine to identify uncontrolled land use changes. Finally, an overlay analysis combined different indicators to produce the final urban resilience maps.

In the final stage, the prepared maps for each resilience component were reviewed. Each map was prepared in raster format, and areas with the highest and lowest levels of resilience were identified. A composite resilience map was extracted by overlaying the four raster maps, where green indicates the highest resilience score and red indicates the lowest urban resilience score. To analyze the relationship between resilience indicators, spatial regression analysis and scatter plots were prepared. These analyses helped identify spatial patterns and provide practical recommendations for enhancing urban resilience.

Findings

This study examined the relationship between the composite urban resilience index and four key components—environmental resilience, economic dynamism, spatial efficiency, and social diversity—in the neighborhoods of Damavand. Scatter plots and spatial regression models were used to analyze these relationships, providing significant insights into resilience patterns in the city.

The assessment of environmental resilience revealed that this factor plays a decisive role in improving the spatial resilience of neighborhoods. Neighborhoods with higher environmental sustainability experience greater resilience. In contrast, areas facing environmental degradation, soil erosion, and pressure on ecological resources are more vulnerable. Spatial regression analysis showed that neighborhoods with more vegetation and suitable environmental infrastructure have greater stability against natural disasters and ecological changes.

In the area of economic dynamism, the findings indicate that neighborhoods with stable economic activities, suitable commercial infrastructure, and job diversity exhibit higher levels of resilience. On the other hand, despite overall high resilience in some neighborhoods, economic inequalities were observed, which may be due to differences in access to economic opportunities and employment infrastructure. Economically dynamic neighborhoods show greater flexibility in facing economic crises and less dependence on limited financial resources.

The relationship between spatial efficiency and urban resilience was also significantly positive. Neighborhoods with coherent spatial planning, adequate access to urban services, and efficient transportation infrastructure have higher resilience levels. In contrast, irregular land use distribution, inefficient communication networks, and a lack of functional public spaces were identified as factors that can reduce resilience in some neighborhoods. Particularly in areas with high population density and a lack of integrated transportation systems, the likelihood of vulnerability to urban crises increases.

The analysis of social diversity showed that this component plays an important role in enhancing resilience. Neighborhoods with diverse ethnic, cultural, and economic populations perform better in facing crises due to stronger social capital, greater intergroup interactions, and high social participation. In contrast, neighborhoods with less social cohesion are often more vulnerable and cannot manage social and economic crises. Additionally, despite high social diversity in some neighborhoods, challenges such as cultural tensions or a lack of cooperation among local groups were observed, highlighting the importance of social policies in enhancing neighborhood resilience.

Conclusion

This study's results indicate that Damavand's urban resilience is influenced by four key components: environmental resilience, economic dynamism, spatial efficiency, and social diversity. Neighborhoods with efficient urban infrastructure, physical cohesion, and diverse land uses have higher resilience levels, while areas with topographic constraints, uneven development, and insufficient infrastructure are more vulnerable. Specifically, the Gilavand neighborhood, due to its strategic location, access to urban infrastructure, and economic dynamism, showed the highest resilience. At the same time, Cheshmeh A'la and Shahrak Avishan, due to their distance from service centers, uncontrolled villa construction, and environmental challenges, had the lowest resilience levels. The neighborhoods of Oureh, Ruhafza, Farameh, and Hesar were at a moderate level, attributed to their favorable access to urban services and public transportation. Accordingly, strategies such as strengthening environmental infrastructure, sustainable development of urban spaces, optimizing land use, enhancing the local economy, and increasing social capital can help improve the resilience of Damavand. This study, by presenting a combined approach based on resilience indexing and spatial mapping, provides a model for analysis and planning in similar cities and can serve as a basis for future decision-making to reduce vulnerability and enhance urban resilience.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Vahidi Borji M. Khalesi M. Nedae Tousi S. Ebrahimnia V. Assessing Urban Resilience and Vulnerability in Damavand: A Combined Approach of Indexing and Spatial Mapping. Urban Economics and Planning Vol 6(1):76-95. [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2025.490142.1563

ارزیابی تاب‌آوری و آسیب‌پذیری شهری دماوند با رویکرد ترکیبی نمایه‌سازی و نگاشت فضایی

مطالعهٔ موردی

محمد وحیدی برجی[۱]؛ مهدی خالصی[۲*]؛ سحر ندایی طوسی[۲]؛ وحیده ابراهیم‌نیا[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی (برنامه‌ریزی شهری) دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی
۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه برنامه‌ریزی و طراحی شهری و منطقه‌ای دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی
۳- استادیار و عضو هیئت علمی گروه برنامه‌ریزی و طراحی شهری و منطقه‌ای دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

کلمات کلیدی

تاب‌آوری شهری
جی‌آی‌اس
سوانح طبیعی
شهر دماوند
نگاشت فضایی

چکیده

مقدمه

تاب‌آوری شهری به ظرفیت سیستم برای جذب آشفتگی‌ها، سازماندهی مجدد و حفظ همان عملکرد، ساختار و بازخوردها برای تحقق پایداری گفته می‌شود. آسیب‌پذیری بالای شهر دماوند در برابر سوانح طبیعی زلزله و سیل، به لحاظ قرارگیری در میان رشته‌کوه‌های البرز از یک سو و ناکارآمدی شیوه‌های برنامه‌ریزی و مداخله در توسعهٔ فضایی از سوی دیگر، باعث تاب‌آوری پایین آن شده است. با توجه به تفاوت وضعیت آسیب‌پذیری و ظرفیت تاب‌آوری پهنه‌های مختلف شهر در برابر سوانح، تحلیل و نگاشت فضایی وضعیت تاب‌آوری در برابر بحران‌ها ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی پایدار توسعهٔ فضایی به شمار می‌رود. در این زمینه، هدف پژوهش به ارزیابی وضعیت و نگاشت فضایی تاب‌آوری شهری در دماوند اختصاص یافته است؛ با این نیت که پهنه‌های آسیب‌پذیر از این منظر شناسایی و شیوه‌های مؤثر مواجهه با آن ارائه شود. در این زمینه، از روش‌شناسی نمایه‌سازی تاب‌آوری در ترکیب با نگاشت فضایی به مدد روش‌های تحلیل آمار فضایی با استفاده از نرم‌افزار جی‌آی‌اس بهره‌گیری شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از روش‌شناسی نمایه‌سازی تاب‌آوری در ترکیب با نگاشت فضایی به مدد روش‌های تحلیل آمار فضایی با استفاده از نرم‌افزار جی‌آی‌اس بهره گرفته است. بر این‌اساس، نخست به روش مرور اسنادی مدل مفهومی ـ عملیاتی تاب‌آوری شهری طراحی و سپس بر اساس آن وضعیت با استفاده از روش‌های آمار فضایی سنجش و ترسیم شد. در نهایت، از تحلیل چهار مؤلفهٔ اصلی تاب‌آوری، شامل تاب‌آوری محیطی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی و تنوع اجتماعی و با استفاده از نمودارهای پراکندگی و تحلیل‌های فضایی، نتایج در سطح محله‌ها مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد نیاز از منابع مختلفی شامل سرشماری سال ۱۳۹۵، داده‌های مکانی و لایه‌های جی‌آی‌اس، تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات گردآوری‌شده از سازمان‌های مرتبط استخراج شدند. این داده‌ها در محیط جی‌آی‌اس پردازش شدند و نقشه‌های موضوعی و لایه‌های اطلاعاتی لازم برای تحلیل تهیه شد.

برای تحلیل فضایی مقوله‌های تاب‌آوری، شاخص‌های مرتبط با هر یک از مؤلفه‌ها انتخاب و تحلیل‌های فضایی به صورت جداگانه انجام پذیرفت. این تحلیل‌ها شامل تحلیل تراکم کرنل برای شاخص‌هایی مانند تراکم جمعیت، فضاهای سبز شهری و کاربری‌های تجاری و کشاورزی، تحلیل شبکه برای بررسی دسترسی به خدمات امدادی و ایستگاه‌های حمل‌ونقل، و تحلیل اتصال‌پذیری با استفاده از اسپیس سینتکس (depthMapX) برای ارزیابی هم‌پیوندی شبکهٔ معابر بود. همچنین، تحلیل تغییرات کاربری زمین با استفاده از Google Earth Engine برای شناسایی تغییرات بی‌رویه کاربری زمین انجام شد. در نهایت، هم‌پوشانی برای ترکیب شاخص‌های مختلف و تولید نقشه‌های نهایی

* نویسندهٔ مسئول: s.n.tousi@gmail.com

تاب‌آوری شهری صورت گرفت.

در مرحلهٔ نهایی، نقشه‌های تهیه‌شده برای هر یک از مؤلفه‌های تاب‌آوری بررسی شدند. هر نقشه به صورت رستری تهیه و مناطق با بالاترین و پایین‌ترین میزان تاب‌آوری مشخص شد. با هم‌پوشانی چهار نقشهٔ رستری، نقشهٔ تاب‌آوری تلفیقی استخراج شد که در آن رنگ سبز نشان‌دهندهٔ بالاترین امتیاز تاب‌آوری و رنگ قرمز نشان‌دهندهٔ پایین‌ترین امتیاز تاب‌آوری شهری بود. برای تحلیل ارتباط بین شاخص‌های تاب‌آوری، تحلیل رگرسیون فضایی و نمودارهای پراکندگی داده‌ها تهیه شد. این تحلیل‌ها به شناسایی الگوهای فضایی و ارائهٔ پیشنهادهای کاربردی برای افزایش تاب‌آوری شهری کمک کرده‌اند.

یافته‌ها

این پژوهش با بررسی رابطهٔ میان شاخص تلفیقی تاب‌آوری شهری و چهار مؤلفهٔ کلیدی شامل تاب‌آوری محیطی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی و تنوع اجتماعی در محله‌های شهر دماوند، از نمودارهای پراکندگی داده‌ها و مدل‌های رگرسیون فضایی استفاده کرده است که نتایج مهمی را دربارهٔ الگوهای تاب‌آوری در این شهر ارائه می‌دهد. بررسی تاب‌آوری محیطی نشان داد این عامل نقش تعیین‌کننده‌ای در بهبود تاب‌آوری فضایی محله‌ها دارد. محله‌هایی که دارای پایداری محیطی بالاتر هستند، تاب‌آوری بیشتری را نیز تجربه می‌کنند. در مقابل، مناطقی که با چالش‌هایی مانند تخریب محیط زیستی، فرسایش خاک و فشار بر منابع اکولوژیکی مواجه هستند، از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردارند. نتایج تحلیل رگرسیون فضایی نشان داد محله‌هایی با پوشش گیاهی بیشتر و زیرساخت‌های محیطی مناسب، پایداری بیشتری در برابر بحران‌های طبیعی و تغییرات اکولوژیکی دارند. در حوزهٔ پویایی اقتصادی، یافته‌ها بیانگر آن است که محله‌هایی که از فعالیت‌های اقتصادی پایدار، زیرساخت‌های تجاری مناسب و تنوع شغلی برخوردارند، سطح تاب‌آوری بالاتری را نشان می‌دهند. از سوی دیگر، در برخی محله‌ها، با وجود برخورداری از تاب‌آوری کلی بالا، نابرابری‌های اقتصادی مشاهده می‌شود که می‌تواند ناشی از تفاوت در دسترسی به فرصت‌های اقتصادی و زیرساخت‌های اشتغال باشد. محله‌هایی که از لحاظ اقتصادی پویاتر هستند، انعطاف‌پذیری بیشتری در مواجهه با بحران‌های اقتصادی داشته و وابستگی کمتری به منابع مالی محدود دارند.

رابطهٔ کارآمدی فضایی و تاب‌آوری شهری نیز به طور معناداری مثبت ارزیابی شد. محله‌هایی که از برنامه‌ریزی فضایی منسجم، دسترسی مناسب به خدمات شهری و زیرساخت‌های حمل‌ونقل کارآمد برخوردارند، سطح تاب‌آوری بالاتری دارند. در مقابل، پراکندگی نامنظم کاربری‌ها، شبکه‌های ارتباطی ناکارآمد و کمبود فضاهای عمومی کارکردی به عنوان عواملی شناخته شدند که می‌توانند موجب کاهش تاب‌آوری در برخی محله‌ها شوند. به‌ویژه در مناطقی که تراکم بالای جمعیتی و فقدان نظام حمل‌ونقل یکپارچه وجود دارد، احتمال آسیب‌پذیری در برابر بحران‌های شهری افزایش می‌یابد.

تحلیل تنوع اجتماعی نشان داد این مؤلفه نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری دارد. محله‌هایی که دارای ترکیب جمعیتی متنوع از نظر قومی، فرهنگی و اقتصادی هستند، به دلیل سرمایهٔ اجتماعی قوی‌تر، تعاملات میان‌گروهی بیشتر و مشارکت اجتماعی بالاتر، در مواجهه با بحران‌ها عملکرد بهتری دارند. در مقابل، محله‌هایی که از انسجام اجتماعی کمتری برخوردارند، اغلب آسیب‌پذیرتر هستند و توانایی مدیریت بحران‌های اجتماعی و اقتصادی در آن‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر این، در برخی محله‌ها، به خلاف برخورداری از تنوع اجتماعی بالا، چالش‌هایی مانند تنش‌های فرهنگی یا نبود همکاری مناسب میان گروه‌های محلی مشاهده شد که نشان‌دهندهٔ اهمیت سیاست‌گذاری اجتماعی در افزایش تاب‌آوری محله‌ها است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تاب‌آوری شهری دماوند تحت تأثیر چهار مؤلفهٔ کلیدی تاب‌آوری محیطی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی و تنوع اجتماعی قرار دارد. محله‌هایی که از زیرساخت‌های شهری کارآمد، انسجام کالبدی و تنوع کاربری برخوردارند، سطح تاب‌آوری بالاتری دارند، در حالی که منطقه‌های دارای محدودیت‌های توپوگرافی، توسعهٔ نامتوازن و کمبود زیرساخت‌ها، آسیب‌پذیرترند. به طور خاص، محلهٔ گیلاوند به دلیل موقعیت استراتژیک، دسترسی مناسب به زیرساخت‌های شهری و پویایی اقتصادی، بالاترین تاب‌آوری را نشان می‌دهد، در حالی که چشمه اعلا و شهرک آویشن به دلیل فاصله از مراکز خدماتی، گسترش بی‌رویهٔ ویلاسازی و چالش‌های محیطی، پایین‌ترین میزان تاب‌آوری را دارند. محله‌های اوره، روح‌افزا، فرامه و حصار نیز در سطحی متوسط قرار گرفتند که این امر به دسترسی مطلوب به خدمات شهری و حمل‌ونقل عمومی نسبت داده شد. بر این‌اساس، راهکارهایی همچون تقویت زیرساخت‌های محیطی، توسعهٔ پایدار فضاهای شهری، بهینه‌سازی کاربری زمین، تقویت اقتصاد محلی و افزایش سرمایهٔ اجتماعی می‌تواند به افزایش تاب‌آوری شهر دماوند کمک کند. این پژوهش با ارائهٔ رویکردی ترکیبی مبتنی بر نمایه‌سازی تاب‌آوری و نگاشت فضایی، الگویی برای تحلیل و برنامه‌ریزی در سایر شهرهای مشابه فراهم می‌کند و می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های آینده در راستای کاهش آسیب‌پذیری و بهبود تاب‌آوری شهری باشد.

مقدمه

تاب‌آوری شهری به‌مثابه یک مفهوم محوری در سطح جهانی پدیدار شده که ناشی از تشدید چالش‌هایی مانند تغییرات آب‌وهوایی، شهرنشینی سریع و ناپایداری‌های اجتماعی ـ اقتصادی است. شهرهای سراسر جهان با نیاز به توسعهٔ سیستم‌های تاب‌آور دست‌وپنجه نرم می‌کنند تا بتوانند در برابر این تهدیدهای چندوجهی مقاومت کنند و با آن سازگار شوند. در ایران، بحث تاب‌آوری شهری به‌ویژه به دلیل حساسیت کشور به مخاطره‌های طبیعی مانند زلزله، سیل و خشکسالی مطرح است. در میان این نگرانی‌ها، موقعیت جغرافیایی دماوند در میان رشته‌کوه‌های البرز آن را در معرض خطرات محیط زیستی خاصی از جمله زلزله، سیل، رانش زمین و تخریب محیط زیست قرار می‌دهد. علاوه بر این، چشم‌انداز اجتماعی ـ اقتصادی شهر که با ترکیبی از پویایی شهری و روستایی مشخص می‌شود، لایه‌هایی از پیچیدگی را به برنامه‌ریزی تاب‌آوری آن اضافه می‌کند. پرداختن به تاب‌آوری فضایی دماوند برای تضمین توسعهٔ پایدار و حفاظت از سرمایه‌های تاریخی و فرهنگی آن بسیار مهم است. افزایش تاب‌آوری فضایی در شهر دماوند نه‌تنها مستلزم آماده‌سازی برای شوک‌های فوری، بلکه تقویت سازگاری و پایداری بلندمدت در مواجهه با تغییرات مستمر است.

هر یک از مخاطره‌ها به دلیل بی‌توجهی به مسائل ایمنی و برنامه‌ریزی نادرست شهری، تا کنون خسارت‌های قابل توجهی به این شهر وارد کرده‌اند. یکی از خطرات مهم طبیعی در دماوند، وقوع زلزله است که به دلیل نزدیکی این شهر به گسل‌های فعال، همواره تهدیدی جدی برای جان و مال شهروندان محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر، زلزله‌های متعددی در منطقهٔ دماوند رخ داده است که برخی از آن‌ها خسارت‌های زیادی به ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری وارد کرده‌اند. به عنوان مثال، زلزلهٔ سال ۱۳۹۹ که در نزدیکی این شهر رخ داد، باعث تخریب و آسیب‌دیدگی تعداد زیادی از ساختمان‌های مسکونی و تجاری شد. این حادثه نشان داد بسیاری از ساختمان‌ها در دماوند فاقد استانداردهای لازم برای مقاومت در برابر زلزله هستند. بی‌توجهی به مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و استفاده از مصالح نامرغوب، خسارت‌های مالی و جانی را در این منطقه افزایش داده است. سیل نیز به‌مثابه یکی از مخاطره‌های طبیعی که دماوند با آن مواجه است، در سال‌های اخیر خسارت‌های زیادی به زیرساخت‌ها و زمین‌های کشاورزی این منطقه وارد کرده است. در سال ۱۴۰۱، سیلی شدید در این شهر رخ داد که باعث تخریب پل‌ها، جاده‌ها، و زمین‌های کشاورزی شد. این حادثه نشان داد سیستم مدیریت آب و سیلاب در دماوند نیازمند بازنگری جدی و اجرای طرح‌های کنترلی پایدارتر است.

با توجه به اهمیت و ضرورت موضوع مورد بحث، پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام گرفته است. پژوهش ارزیابی رویکرد تاب‌آوری جامعه نسبت به مخاطره‌های طبیعی در شهرستان دماوند، ضرورت ارتقای آمادگی و ظرفیت سازگاری جامعه در مواجهه با تهدیدهای محیط زیستی را برجسته می‌کند. یافته‌های کلیدی پژوهش نشان می‌دهد جامعهٔ دماوند دارای سطح متوسطی از تاب‌آوری است، اما با چالش‌های مهمی از جمله زیرساخت‌های ناکافی، آگاهی عمومی محدود، و ناکافی بودن برنامه‌های مدیریت بلایا مواجه هستند (Salmani et al., 2015). مطالعهٔ دیگری تحت عنوان «تدوین سناریوهای تاب‌آوری در برابر زلزله بر مبنای پیوندهای روستایی ـ شهری»، سناریوهای تاب‌آوری در برابر زلزله را بر اساس پیوندهای روستا ـ شهری برای شهرستان‌های شمیرانات، دماوند و فیروزکوه توسعه می‌دهد. این پژوهش با تجزیه‌وتحلیل ارتباط متقابل بین مناطق روستایی و شهری، عوامل کلیدی که بر تاب‌آوری تأثیر می‌گذارند را شناسایی می‌کند. یافته‌ها در این زمینه اهمیت برنامه‌ریزی و همکاری یکپارچه بین مناطق روستایی و شهری را برای افزایش آمادگی کلی در برابر بلایا برجسته می‌کند (Kazemi, 2019).

مقالهٔ «برنامه‌ریزی راهبردی برای کاهش آسیب‌پذیری اجتماعی در بحران زلزله منطقهٔ مورد مطالعه: شهرستان دماوند» به بررسی چگونگی کاهش آسیب‌پذیری اجتماعی در مقابل زلزله از طریق برنامه‌ریزی استراتژیک پرداخته است. این پژوهش نشان می‌دهد عوامل اجتماعی مختلفی مانند سطح آگاهی عمومی، همکاری اجتماعی، و توانمندی‌های مدیریتی می‌توانند در کاهش آسیب‌پذیری‌های اجتماعی در زمان بحران‌های زلزله مؤثر باشند (Fallahi & Zanjani, 2014). پژوهش پایان‌نامه «برآورد خطر زمین‌لرزه و گسل در محدودهٔ شهر دماوند و کاربرد آن در برنامه‌ریزی شهری با هدف کاهش آسیب‌پذیری» به بررسی خطرات زمین‌لرزه و فعالیت‌های گسل در منطقهٔ دماوند می‌پردازد. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی ریسک زمین‌لرزه‌ها و تأثیرات احتمالی آن‌ها بر مناطق شهری، و ارائهٔ راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری شهر دماوند است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد منطقهٔ دماوند به دلیل موقعیت جغرافیایی و وجود گسل‌های فعال، در معرض خطر بالای زمین‌لرزه قرار دارد. تحلیل‌ها و مدل‌سازی‌های انجام‌شده در این پژوهش، ضعف‌ها و آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری دماوند را مشخص می‌کند و بر اهمیت برنامه‌ریزی دقیق و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها تأکید دارد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد برای کاهش آسیب‌پذیری شهر دماوند در برابر زمین‌لرزه، نیاز به اجرای استراتژی‌های خاصی مانند بهبود ساختارهای مقاومتی، توسعهٔ زیرساخت‌های ایمنی و ایجاد سیستم‌های هشدار زودهنگام است (Hosein Mardi & Ramazani, 2017). همچنین، پژوهش‌های بین‌المللی متعددی در زمینهٔ تعریف و شاخص‌سازی و سنجش وضعیت تاب‌آوری شهری وجود دارد. مقالهٔ «تاب‌آوری شهری: بررسی سیستماتیک» میرو و همکاران با بررسی متون موجود در این موضوع، تاب‌آوری شهری را به‌خوبی تعریف و مفهوم‌سازی می‌کنند. نویسندگان تاب‌آوری شهری را «توانایی یک سیستم شهری ـ و همهٔ شبکه‌های اجتماعی، اکولوژیکی، اجتماعی و فنی تشکیل‌دهندهٔ آن در مقیاس زمانی و مکانی ـ برای حفظ یا بازگشت سریع به عملکردهای مورد نظر در مواجهه با یک اختلال، برای انطباق با تغییرات و تغییر سیستم‌هایی که ظرفیت انطباقی فعلی یا آینده را محدود می‌کند» تعریف می‌کنند. این تعریف عناصر مشترک موجود در متون را در بر می‌گیرد و هم‌زمان بر پیوستگی شبکه‌های مختلف (اجتماعی، محیط زیستی و فنی) در سیستم‌های شهری تأکید می‌کند. این پژوهش بر ماهیت پیچیده و چندوجهی تاب‌آوری شهری و بر اهمیت ادغام بینش‌ها از رشته‌های مختلف، از جمله برنامه‌ریزی شهری، علوم محیطی، و علوم اجتماعی، برای توسعهٔ استراتژی‌های تاب‌آوری جامع تأکید دارد. این پژوهش تنوع قابل توجهی را در تعاریف و مفهوم‌سازی تاب‌آوری شهری و در نتیجه، نیاز به یک تعریف مشترک را برای تسهیل یک برنامه‌ریزی تاب‌آوری منسجم‌تر و مؤثرتر در مطالعات مختلف نشان می‌دهد.

مطالعهٔ انجام‌شده توسط پاریزی و همکاران در سال ۲۰۲۲ یک چارچوب تحلیل چندمعیارهٔ مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را معرفی می‌کند که برای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر زلزله طراحی شده است. نویسندگان با تشخیص آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری مانند ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و شبکه‌های ارتباطی، بر ضرورت افزایش تاب‌آوری شهری برای کاهش خطرات بلایا تأکید می‌کنند. این چارچوب ویژگی‌های تاب‌آوری را با شاخص‌های کالبدی ادغام می‌کند و از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (Interpretive Structural Modelling (ISM)) برای درک و تفسیر روابط بین این شاخص‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)) برای تعیین اهمیت نسبی آن‌ها استفاده می‌کند. شاخص‌های کالبدی شناسایی‌شده عبارت‌اند از: استحکام ساختمان‌ها، تراکم ساختمان، نسبت ابعاد و عرض خیابان (Parizi et al., 2022).

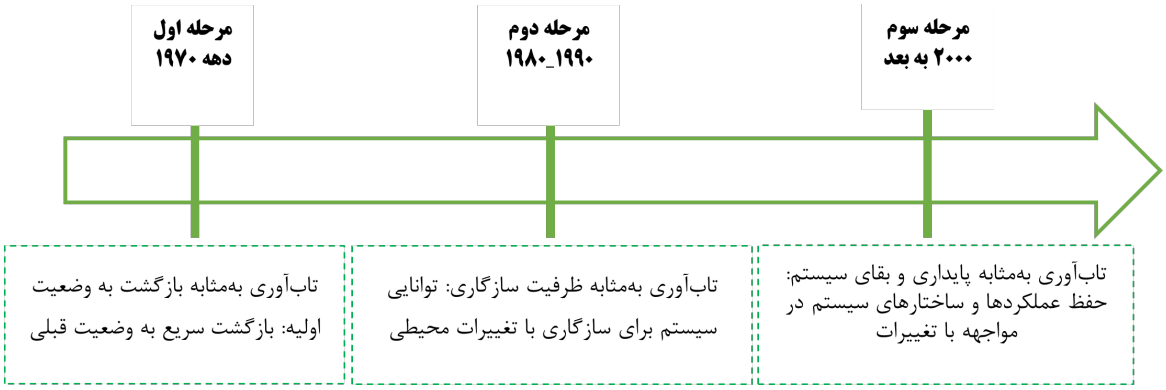
پژوهش دیگر با عنوان «چارچوب ارزیابی فضایی تاب‌آوری کالبدی شهری با در نظر گرفتن مراحل مختلف مدیریت ریسک بلایا (Disaster Risk Management (DRM))» چارچوب ارزیابی فضایی جامعی را ارائه می‌کند که برای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهری در مراحل مختلف مدیریت ریسک بلایا طراحی شده است. نویسندگان رویکرد چندوجهی برای ارزیابی تاب‌آوری شهری با ادغام سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information

(Systems (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ایجاد کردند. این چارچوب برای مراحل مختلف مدیریت ریسک بلایا از جمله پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بازیابی اعمال می‌شود. این مطالعه شاخص‌های تاب‌آوری، مانند استحکام ساختمان، افزونگی زیرساخت‌ها، دسترسی و فضاهای باز را شناسایی می‌کند و اهمیت نسبی و روابط آن‌ها را با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری و فرایند تحلیل شبکه‌ای (Analytic Network Process (ANP)) ارزیابی می‌کند (Parizi et al., 2024).

بر اساس مقدمهٔ پیش‌گفته، هدف پژوهش به ارزیابی وضعیت و نگاشت فضایی تاب‌آوری شهری در دماوند اختصاص یافته است. با این نیت که پهنه‌های آسیب‌پذیر از این منظر شناسایی و شیوه‌های مؤثر مواجهه با آن ارائه شود. در این زمینه، از روش‌شناسی نمایه‌سازی تاب‌آوری (Resilience indexing) در ترکیب با نگاشت فضایی (Spatial mapping) به مدد روش‌های تحلیل آمار فضایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS بهره‌گیری شده است. بر این‌اساس، نخست به روش مرور اسنادی مدل مفهومی ـ عملیاتی تاب‌آوری شهری طراحی و سپس بر اساس آن وضعیت با استفاده از روش‌های آمار فضایی سنجش و ترسیم شد.

مبانی نظری و روشی مرتبط با تاب‌آوری شهری و شیوه‌های سنجش و نگاشت فضایی

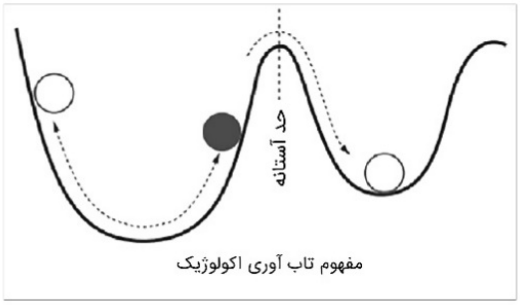
تعاریف متعددی از تاب‌آوری شهری در متون وجود دارد. لیو و همکاران (۲۰۲۲) از تاب‌آوری شهری به‌مثابه ظرفیت مناطق شهری برای مقاومت، انطباق با چالش‌ها و شوک‌های مختلف، مانند بلایای طبیعی، بحران‌های اقتصادی، و تحولات اجتماعی، با حفظ عملکردها و ساختارهای اساسی تعریف می‌کنند. در حالی که میرو و نیوول (۲۰۱۹) تاب‌آوری شهری را توانایی شهرها برای جذب، بازیابی و آماده شدن برای شوک‌های آینده (اقتصادی، محیطی، اجتماعی و نهادی) در نظر می‌گیرند که هدف آن، ایجاد محیط‌های شهری پایدار و قابل زندگی است. از سویی، تاب‌آوری شهری به سازگاری و استحکام سیستم‌های شهری اشاره دارد که آن‌ها را قادر می‌سازد تا به استرس‌های مزمن (مانند فقر و نابرابری) و شوک‌های حاد (مانند زلزله و سیل) پاسخ دهند و پس از رخداد آن‌ها بازیابی شوند (Shamsuddin, 2023).



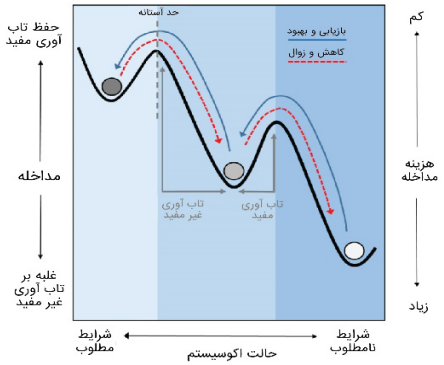
شکل ۱. تحولات تعاریف تاب‌آوری طی زمان

تاب‌آوری شهری شامل ظرفیت سیستم شهری برای جذب آشفتگی، سازماندهی مجدد و حفظ همان عملکرد، ساختار و بازخوردها برای اطمینان از پایداری است (Liu et al., 2022). شمس‌الدین در پژوهش خود تاب‌آوری شهری را توانایی سیستمی مناطق شهری برای آماده‌سازی، پاسخ‌گویی و بازیابی از رویدادهای مخرب و هم‌زمان حفظ عملیات حیاتی و حفاظت از رفاه ساکنان تعریف می‌کند. در مقالهٔ لیو و همکاران تاب‌آوری شهری به‌مثابه توانایی جوامع شهری برای بازیابی سریع از شوک‌ها و استرس‌ها با استفاده از منابع و ظرفیت‌های محلی برای اطمینان از حداقل اختلال در خدمات و زیرساخت‌ها تعریف می‌شود.

نظریهٔ گوی و کاسه تاب‌آوری (Bowl and Ball Resiliency Theory)، مفهوم و رابطهٔ میان پایداری و تاب‌آوری سیستم را نشان می‌دهد (به شکل ۲ و ۳ مراجعه شود). در این مدل که توسط هالینگ (Holling, 1973) و در اواسط دههٔ ۱۹۷۰ میلادی توسعه یافته است، کاسه نشان‌دهندهٔ فضای حالت یک سیستم است و شکل و عمق کاسه میزان تاب‌آوری سیستم را نشان می‌دهد. کاسهٔ عمیق‌تر نشان‌دهندهٔ سیستم پایدارتر است و یک کاسهٔ کم‌عمق نشان‌دهندهٔ سیستم با پایداری محدود است که مستعد اختلالات جزئی است. گوی درون کاسه نماد وضعیت فعلی سیستم است. هنگامی که سیستم با اختلال مواجه می‌شود، توپ داخل کاسه حرکت می‌کند و انعطاف‌پذیری سیستم با توانایی آن در بازگشت به حالت تعادل خود نشان داده می‌شود. یکی از جنبه‌های مهم این نظریه، مفهوم آستانه (Concept of Threshold) است.



شکل ۲. نمودار مفهومی گوی و کاسه که توسط هالینگ (۱۹۷۳) معرفی شد و برای نمایش تاب‌آوری اکولوژیکی استفاده می‌شود (Holling, 1973)



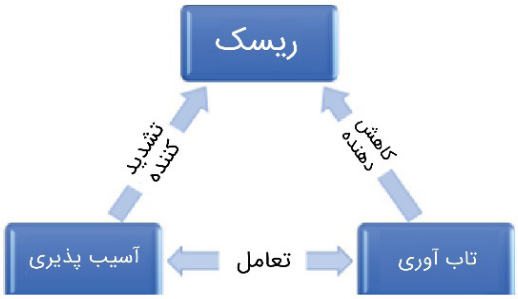
شکل ۳. گوی و کاسه نشان‌دهندهٔ تاب‌آوری اکولوژیکی و تغییرات در ویژگی‌های اکوسیستم (Holling, 1973)

آستانه نشان‌دهندهٔ نقطهٔ اوجی است که در آن نقطهٔ اختلال می‌تواند توپ را به لبهٔ کاسه فشار دهد و به تغییر اساسی منجر شود؛ به نحوی که سیستم به حالت پایداری دیگری (کمتر یا بیشتر) تغییر کند. عبور از این آستانه به سمت کاسهٔ پایین‌تر به معنای کاهش قابل توجه میزان تاب‌آوری است. شناسایی و درک این آستانه‌ها برای مدیریت سیستم و پیشگیری از تغییرات فاجعه‌بار ضروری است. در برنامه‌ریزی شهری، شناخت آستانه‌ها می‌تواند به طراحی شهرهایی که آمادگی بیشتری برای رویدادها و اختلالات شدید دارند، تضمین توسعهٔ پایدار و تاب‌آوری بالاتر در برابر بحران‌های بالقوه کمک کند (Lance H. Gunderson & Crawford S. Holling, 2002). به‌مثابه جمع‌بندی تعاریف مرورشده در جدول ۱ تلخیص شده است:

جدول ۱. تلخیص تعاریف موجود از تاب‌آوری شهری

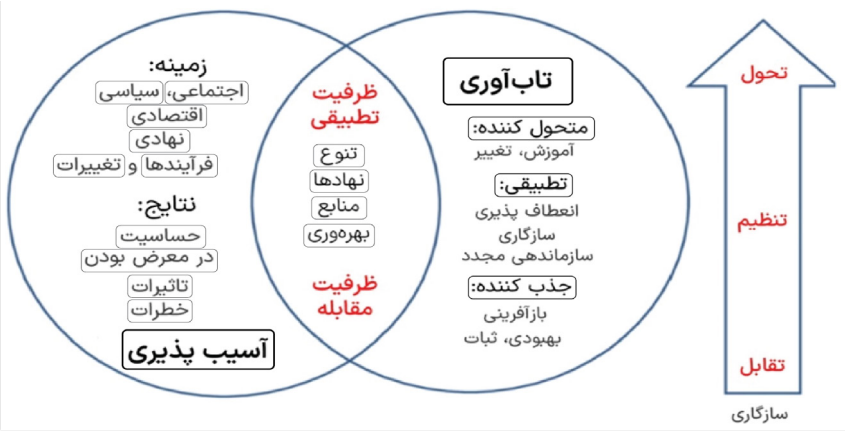
ردیف	تعاریف تاب‌آوری شهری	منابع
۱	«... درجه‌ای که شهرها پیش از سازماندهی مجدد حول مجموعهٔ جدیدی از ساختارها و فرایندها، تغییر را تحمل می‌کنند»	(Alberti et al., 2009)
۲	«... تاب‌آوری متخصصان را بر آن می‌دارد تا نوآوری و تغییر را برای کمک به بهبودی از استرس‌ها و شوک‌هایی که ممکن است قابل‌پیش‌بینی یا غیرقابل‌پیش‌بینی باشند، در نظر بگیرند.»	(Tyler & Moench, 2012)
۳	«تاب‌آوری شهری برای کاهش اثرات سیل حیاتی است، زیرا به شهرها اجازه می‌دهد تا حوادث سیل را جذب کنند، سازگار بشوند و خود را بازیابی کنند.»	(Kuzniecow Bacchin et al., 2011)
۴	«... شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های فیزیکی و جوامع انسانی»	(Godschalk, 2003)
۵	«این یک مفهوم چندبعدی است که جنبه‌های مختلفی از زیرساخت‌ها، نهادها و توانایی جامعهٔ یک شهر برای مقابله با حوادث سیل و بازگشت به عملکرد عادی خود را پس از رویداد در بر می‌گیرد.»	(Mabrouk et al., 2024)the interrelationships between urban form indices (UFIs
۶	«برای حفظ یک نظام پویا، حکمرانی شهری همچنین نیاز به ایجاد ظرفیت‌های دگرگون‌کننده برای رویارویی با عدم قطعیت‌ها و تغییرات دارد.»	(Ernstson et al., 2010)
۷	«تاب‌آوری شهری به توانایی یک شهر برای مقاومت، بازیابی و سازگاری با تأثیرات سیل‌های طولانی‌مدت شهری، از جمله آسیب به زیرساخت‌ها، خسارت‌های اقتصادی، و اختلالات اجتماعی اشاره دارد.»	(Li et al., 2021)
۸	«... ظرفیت سیستم‌ها برای سازماندهی مجدد و بازیابی از تغییرات و اختلالات بدون تغییر به حالت‌های دیگر ... سیستم‌هایی که "ایمن برای شکست" هستند»	(Ahern, 2011)
۹	«تاب‌آوری شهری ظرفیت یک شهر برای حفظ عملکردهای اساسی، ثبات اجتماعی و اقتصادی و یکپارچگی محیط زیستی خود در مواجهه با سیل، از طریق سازگاری با اثرات سیل‌ها و بازیابی از آن از طریق سیستم‌های اجتماعی ـ اکولوژیکی انعطاف‌پذیر و پویا است.»	(Liao et al., 2016)
۱۰	" ... ظرفیت شهر برای تحمل سیل و سازماندهی مجدد در صورت بروز آسیب‌های فیزیکی و اختلالات اجتماعی ـ اقتصادی به‌منظور جلوگیری از مرگ‌ومیر و صدمات و حفظ هویت اجتماعی ـ اقتصادی فعلی"	(Liao, 2012)

رابطهٔ میان تاب‌آوری، آسیب‌پذیری و ریسک: تاب‌آوری، آسیب‌پذیری و ریسک مفاهیم به‌هم‌پیوسته‌ای هستند که نقش مهمی در درک نحوهٔ واکنش سیستم‌ها، جوامع و شهرها به تهدیدها و چالش‌های مختلف دارند (شکل ۴). تاب‌آوری به ظرفیت یک سیستم برای جذب اختلالات، انطباق، و ادامهٔ عملکرد مؤثر به خلاف چالش‌ها اشاره دارد. آسیب‌پذیری حالتی است که یک سیستم در معرض آسیب، به دلیل قرار گرفتن در آن موقعیت و ناتوانی در مقابله با آن‌ها از خود نشان می‌دهد (Adger, 2006). آسیب‌پذیری زیاد احتمال تخریب قابل توجه یک سیستم طی رویدادهای نامطلوب را افزایش می‌دهد و آن را به عاملی حیاتی در درک و مدیریت ریسک‌ها تبدیل می‌کند. آسیب‌پذیری اغلب تحت تأثیر عوامل اجتماعی ـ اقتصادی، محیطی و نهادی قرار می‌گیرد و میزان خسارت‌های احتمالی را مشخص می‌کند (S. L. Cutter & others, 2003).



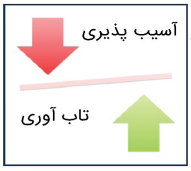
شکل ۴. چارچوب ریسک، آسیب‌پذیری و تاب‌آوری (UNISDR, 2009)

ریسک تابعی از احتمال وقوع یک رویداد خطرناک و پیامدهای بالقوهٔ آن رویداد است (UNISDR,2009). ریسک با تأثیر متقابل بین آسیب‌پذیری و قرار گرفتن در معرض خطرات تعیین می‌شود. همان‌طور که آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد، خطر نیز افزایش می‌یابد، مگر اینکه افزایش متناظری در تاب‌آوری وجود داشته باشد (Birkmann,2007). بنابراین، کاهش آسیب‌پذیری از طریق اقداماتی مانند بهبود زیرساخت‌ها یا برابری اجتماعی می‌تواند به طور قابل توجهی خطر را کاهش دهد. تاب‌آوری با افزایش توانایی سیستم برای مقابله و بازیابی از خطرات به‌مثابه یک محافظ در برابر خطر عمل می‌کند، در حالی که آسیب‌پذیری با افزایش احتمال آسیب، خطر را تشدید می‌کند (Folke,2006). ظرفیت تطبیقی (Adaptive capacity)، مفهوم اصلی دیگری در مطالعات تاب‌آوری و آسیب‌پذیری است که بر توانایی تنظیم و یادگیری در پاسخ به تغییرات تأکید دارد. در واقع، ظرفیت تطبیقی همپوشانی بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری است که نشان می‌دهد هر دو عامل به توانایی واحد برای مقابله و سازگاری با تغییرات کمک می‌کنند. این ظرفیت تحت‌تأثیر عواملی مانند تنوع، عملکرد نهادها، منابع و بهره‌وری است (به شکل ۵ مراجعه شود).



شکل ۵. پیوند مفاهیم تاب‌آوری و آسیب‌پذیری از طریق ظرفیت تطبیقی(PDF) Farming System Evolution and Adaptive Capacity: Insights for Adaptation Support, n.d.)

از سوی دیگر، برخی از منابع ارتباط میان تاب‌آوری و آسیب‌پذیری را رابطهٔ الاکلنگی و نوسانی تعریف کرده‌اند (شکل ۶)؛ زیرا با افزایش آسیب‌پذیری، تاب‌آوری معمولاً کاهش می‌یابد و به‌عکس. این دو مفهوم رابطهٔ معکوس دارند و باید به صورت یکپارچه مدیریت شوند. ضمن اینکه این دو مفهوم ثابت نیستند و می‌توانند بر اساس عوامل متعددی مانند شرایط محیطی، حکمرانی، انسجام اجتماعی و ثبات اقتصادی در نوسان باشند (S. L. Cutter et al., 2014). این نوسان پویا برای درک چگونگی واکنش سیستم‌های مختلف به تغییرات و اختلالات حیاتی است افزایش تاب‌آوری اغلب شامل کاهش آسیب‌پذیری با پرداختن به عوامل زمینه‌ای است که به آسیب‌پذیری یک سیستم کمک می‌کنند، مانند زیرساخت‌های ضعیف، نابرابری اقتصادی، یا دسترسی ناکافی به منابع هدف سیاست‌های مؤثر کاهش آسیب‌پذیری و همزمان افزایش تاب‌آوری است، بنابراین رویکردی متعادل و پایدار برای مدیریت ریسک و تضمین ثبات بلندمدت در مواجهه با عدم اطمینان ایجاد می‌کند (Wisner et al., 2004).



شکل ۶. ارتباط معکوس میان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری (DasGupta & Shaw, 2015)

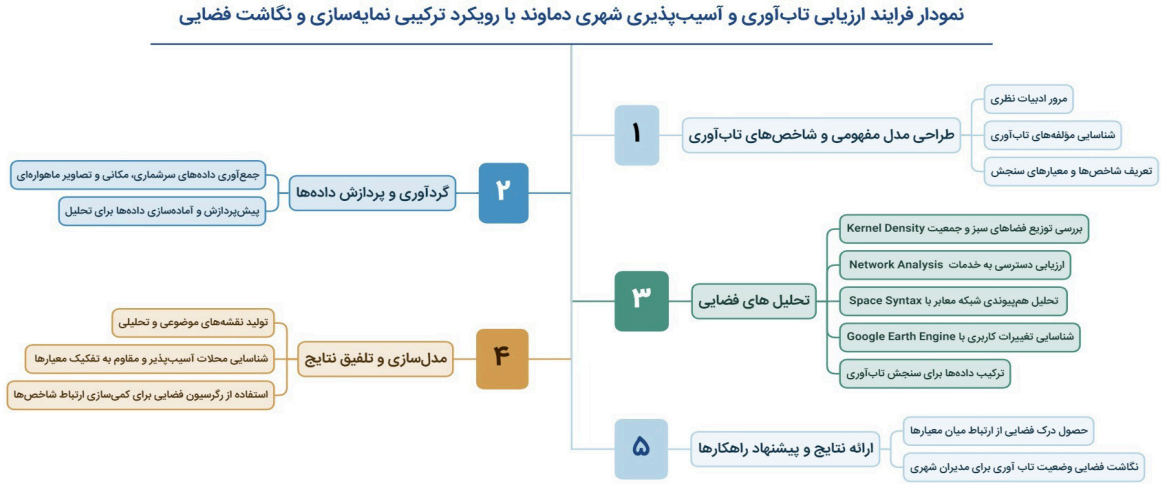
مدل‌های عملیاتی ـ سنجشی تاب‌آوری شهری: پژوهشگران متعددی برای عملیاتی‌سازی و سنجش وضعیت تاب‌آوری به ارائهٔ مدل‌های مربوطه اقدام کرده‌اند. در پژوهش‌ها از ابعاد گوناگون مفهوم تاب‌آوری به منظور سنجش و ارزیابی وضعیت شاخص‌سازی شده‌اند. در جدول ۲ به برخی از پرکاربردترین روش‌های سنجش و ارزیابی تاب‌آوری اشاره شده است.

جدول ۲. شیوه‌های سنجش و عملیاتی‌سازی مفهوم تاب‌آوری شهری به روایت مبانی نظری

ردیف	روش سنجش و ارزیابی	تشریح روش	منابع
۱	نگاشت و تحلیل فضایی Mapping and Spatial Analysis	نگاشت و تحلیل فضایی شامل استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تجسم و تجزیه‌وتحلیل توزیع مکانی شاخص‌های تاب‌آوری است. این روش امکان شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و ارزیابی روابط فضایی بین عوامل مختلف تاب‌آوری را فراهم می‌کند. ابزارهای مبتنی بر GIS می‌تواند چندین لایه از داده‌ها، از جمله شاخص‌های کالبدی، اجتماعی و اقتصادی را برای ارائهٔ تصویری جامع از تاب‌آوری شهری ادغام کنند.	S. Cutter et al., 2010;) Lhomme et al., 2013; Parizi (et al., 2024
۲	نمایه‌سازی تاب‌آوری Resilience Indexing	نمایه‌سازی تاب‌آوری شامل ایجاد شاخص‌های ترکیبی است که ابعاد مختلف تاب‌آوری را در یک شاخص واحد جمع می‌کند. این شاخص‌ها می‌توانند جنبه‌های مختلف تاب‌آوری مانند تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی و محیط زیستی را اندازه‌گیری کنند. این فرایند معمولاً شامل انتخاب شاخص‌های مرتبط، هم‌مقیاس‌سازی داده‌ها و تجمیع آن‌ها در قالب یک شاخص تلفیقی است که مقیاس ساده و قابل مقایسه تاب‌آوری را ارائه می‌دهد.	[13], [33]
۳	مدل‌سازی ساختاری تفسیری Interpretive Structural (Modeling (ISM	ISM روشی است که برای شناسایی و خلاصه کردن روابط میان متغیرهای خاص که در یک سیستم پیچیده تعریف شده‌اند استفاده می‌شود. در زمینهٔ تاب‌آوری شهری، ISM به درک ارتباطات بین عوامل مختلف تاب‌آوری و نحوهٔ تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر کمک می‌کند. این روش به‌ویژه برای توسعهٔ مدل‌های ساختاری مفید است که می‌تواند تصمیم‌گیری و توسعهٔ سیاست را هدایت کند.	Parizi et al., 2022; Warfield,) (1974
۴	تحلیل سناریو Scenario Analysis	تحلیل سناریو شامل ایجاد و تجزیه‌وتحلیل سناریوهای فرضی مختلف برای درک خطرات احتمالی آینده و استراتژی‌های تاب‌آوری است. این روش به برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا تأثیرات تغییرات و عدم قطعیت‌های مختلف بر تاب‌آوری شهری را بررسی کنند. سناریوها می‌توانند از بلایای طبیعی تا تغییرات اجتماعی ـ اقتصادی متغیر باشند و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها به توسعهٔ استراتژی‌های انعطاف‌پذیری سازگار و انعطاف‌پذیر کمک می‌کند.	Ahern, 2011; Godschalk,) (2003; Lempert et al., 2006
۵	تحلیل شبکه‌ها و ارتباطات اجتماعی Social Network Analysis ((SNA	SNA روابط و تعاملات درون یک جامعه را بررسی می‌کند تا بفهمد چگونه ارتباطات اجتماعی به تاب‌آوری کمک می‌کند. این روش شبکه‌های اجتماعی را برای شناسایی بازیگران کلیدی، قدرت ارتباطات و آسیب‌پذیری‌های احتمالی در شبکه ترسیم می‌کند. این بینشی در مورد اینکه چگونه سرمایه اجتماعی و انسجام جامعه می‌توانند از تاب‌آوری حمایت کنند، ارائه می‌دهد.	Ernstson et al., 2010; Tyler &) (Moench, 2012

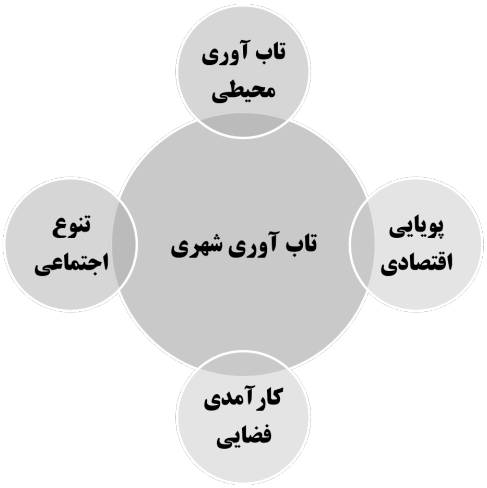
روش‌شناسی و مدل مفهومی پژوهش

بر اساس مبانی نظری و روشی مرورشدهٔ ارزیابی وضعیت و نگاشت فضایی تاب‌آوری شهری در دماوند در دستور کار قرار دارد. با این نیت که پهنه‌های آسیب‌پذیر از این منظر شناسایی و شیوه‌های مؤثر مواجهه با آن ارائه شود. در این‌رابطه از روش‌شناسی نمایه‌سازی تاب‌آوری (Resilience indexing) در ترکیب با نگاشت فضایی (Spatial mapping) به مدد روش‌های تحلیل آمار فضایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS بهره‌گیری شده است. در شکل ۷ فرایند ارزیابی تاب‌آوری در پنج مرحله تنظیم شده است.



شکل ۷. نمودار فرایند پژوهش

بر این‌اساس، نخست به روش مرور اسنادی مدل مفهومی ـ عملیاتی تاب‌آوری شهری طراحی و سپس بر اساس آن وضعیت با استفاده از روش‌های آمار فضایی سنجش و ترسیم شد. در جدول ۳ نیز در نتیجهٔ مرورهای اسنادی، شاخص‌های تاب‌آوری شهری به‌کاررفته از پژوهش‌های مرتبط گردآوری شده است که بر شاخص‌های آسیب‌پذیری در برابر خطر سیل و زلزله در مقوله‌های تنوع اجتماعی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی و تاب‌آوری محیطی اشاره دارد.



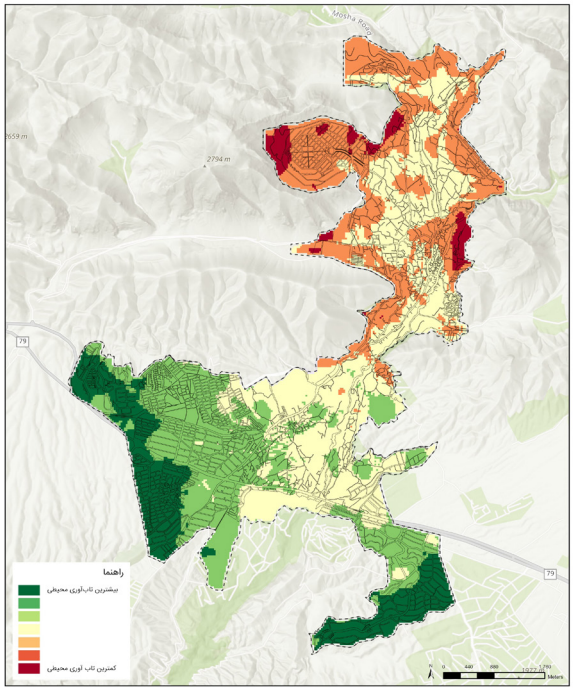
شکل ۸. مدل مفهومی پژوهش

جدول ۳. مدل مفهومی و عملیاتی پژوهش: شاخص‌ها و معیارهای نظری سنجش تاب‌آوری شهری

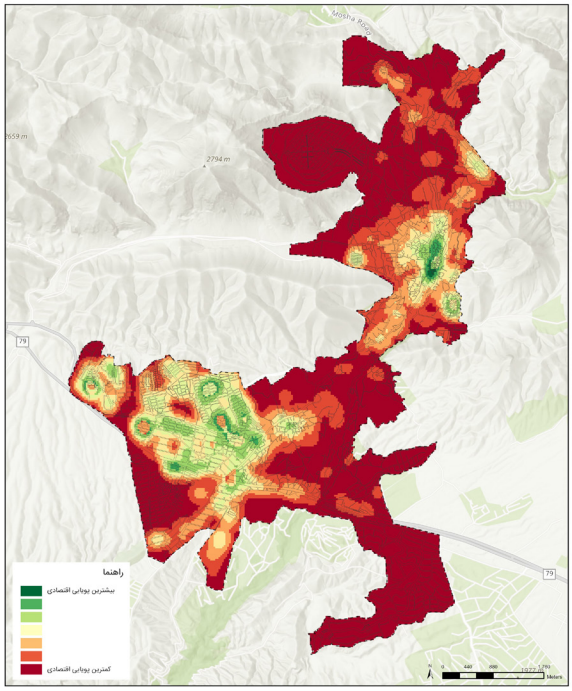
مقوله	معیار	شاخص	روش سنجش شاخص	اثر	منبع
تنوع اجتماعی	ساختار جمعیتی	تراکم جمعیتی	ابزار Kernel Density در ArcGIS و جمعیت سرشماری ۱۳۹۵	-	(Song et al., 2018)
		نسبت جنسی	نسبت جمعیت مرد به زن	+	DasGupta & Shaw, 2015;) (Kammouh et al., 2019
	مشارکت اجتماعی	جمعیت سالمندان	تعداد افراد دارای سن بیشتر از ۶۵ سال	-	(Hung et al., 2016)
		نرخ باسوادی	نسبت تعداد افراد باسواد به جمعیت بالای ۶ سال	+	(Li et al., 2016)
		جمعیت مهاجر	تعداد ساکنین مهاجر	-	(Burton, 2015)

مقوله	معیار	شاخص	روش سنجش شاخص	اثر	منبع
پویایی اقتصادی	اشتغال و فعالیت‌های اقتصادی	نرخ اشتغال	نسبت تعداد شاغلان به جمعیت فعال	+	(S. Cutter et al., 2010)
		درصد کاربری تجاری	مساحت کاربری تجاری و به‌کارگیری ابزار Kernel Density در ArcGIS	+	(S. Cutter et al., 2010)
	مشارکت اقتصادی	جمعیت فعال	مجموع افراد دارای شغل و جویای کار در واحد سطح	+	(S. Cutter et al., 2010)
		مالکیت مسکن	تعداد خانوار ساکن در مسکن ملکی	+	(S. Cutter et al., 2010)
کارآمدی فضایی	دسترسی به خدمات و زیرساخت	دسترسی به خدمات و امکانات امدادی (آتش‌نشانی)	تحلیل Network بر اساس سطح دارای دسترسی در فاصلهٔ کمتر از ۴ دقیقه از ایستگاه‌های آتش نشانی	+	(Sharifi & Yamagata, 2016)
		دسترسی به خدمات و امکانات امدادی (بهداشتی، درمانی و هلال‌احمر)	تحلیل Network بر اساس سطح دارای دسترسی در فاصله از مراکز امدادی (خدمات بهداشتی ـ درمانی، هلال‌احمر)	-	(DasGupta & Shaw, 2015; Moghadas et al., 2019)
		دسترسی به ایستگاه‌های شبکه حمل‌ونقل	تحلیل Network بر اساس سطح دارای دسترسی در فاصله از ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	+	(Song et al., 2018)
		هم‌پیوندی شبکهٔ ارتباطی	تحلیل Connectivity با استفاده از Space Syntax(depth-MapX) و شبکه معابر OSM که با توجه به تعداد اتصالات مستقیم و گره‌ها در گراف، هم‌پیوندی در شبکه را بررسی می‌کند و در نهایت با استفاده از تحلیل‌های فضایی ArcGIS الگوها و پراکندگی آن مشخص می‌شود.	+	(Chakraborty & Ji, 2022; Kotzee & Reyers, 2016; Sharifi & Yamagata, 2016)
	وضعیت کمی و کیفی کاربری‌ها	کاربری مسکونی در مناطق دارای خطر	تراکم کاربری مسکونی در مناطق دارای خطر (در محدودهٔ حریم رودخانه‌ها و گسل‌ها)	-	(Sharifi & Yamagata, 2016)
		فضاهای باز و عمومی شهری	تحلیل توزیع فضاهای سبز و باز شهری	+	(Fu & Wang, 2018; Sharifi & Yamagata, 2016)
		اختلاط کاربری	سنجش Entropy با استفاده داده کاربری زمین و مدل‌سازی با پایتون	+	(Mavoa et al., 2018; Sharifi & Yamagata, 2016; Zhang & Zhao, 2017)"}
		کیفیت مسکن ناپایدار	توزیع فضایی ساکنان در مسکن دارای مصالح ناپایدار	+	(Sherrieb et al., 2010)
تاب‌آوری محیطی	ساختار طبیعی	میانگین ارتفاعی DEM	بر اساس توپوگرافی و تهیهٔ نقشهٔ میانگین ارتفاعی	-	(Song et al., 2017)
		شیب زمین	سنجش Slope بر اساس داده‌های GIS نقاط ارتفاعی و توپوگرافی	-	(Song et al., 2017)
	ظرفیت محیطی	فضاهای سبز شهری	مساحت فضاهای سبز شهری و ابزار Kernel Density در ArcGIS	+	(Delgado-Ramos & Guibrunet, 2017; Fu & Wang, 2018; Sharifi & Yamagata, 2016; Song et al., 2018)
		وجود باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی	مساحت زمین‌های کشاورزی و ابزار Kernel Density در ArcGIS	+	(Hung et al., 2016)
		تغییرات بی‌رویه کاربری زمین	بر اساس تحلیل تصاویر ماهوارهٔ Sentinel از تغییر کاربری طبیعی به مصنوع، از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ و تحلیل فضایی توزیع تغییرات کاربری زمین با استفاده از Google Earth Engine	-	(Kammouh et al., 2019; Moghadas et al., 2019)
		محدوده‌های در خطر زلزله	تحلیل فضایی فاصله از گسل‌ها و نقاط دارای زمین‌لغزش	-	(Sharifi & Yamagata, 2016)
		حریم رودخانه‌ها	تحلیل فضایی فاصله از رودخانه‌ها بر اساس حریم مصوب طرح جامع (سه درجه خطر (۲۰ متر، ۴۳.۳ متر، ۸۶.۷ متر))	-	(Kammouh et al., 2019)

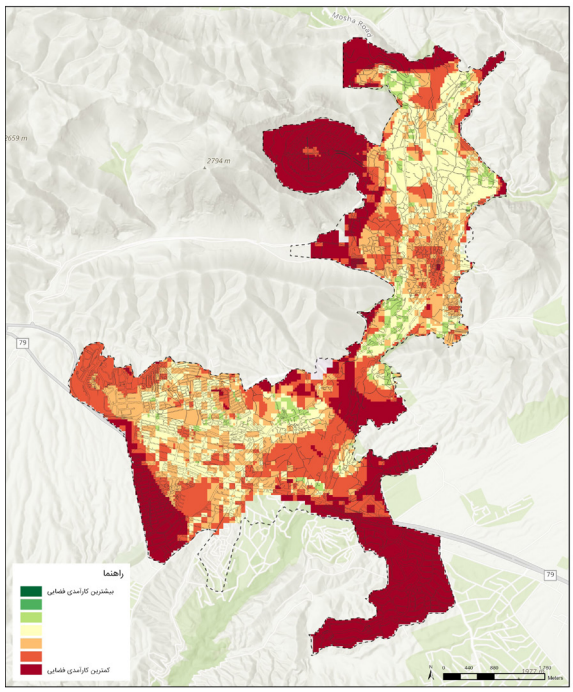
پس از تدقیق مؤلفه‌ها و شاخص‌های سنجش تاب‌آوری شهری و بهره‌گیری از داده‌های موجود، تحلیل‌های فضایی روی هر یک از شاخص‌ها انجام شد. سپس نقشه‌های هر شاخص به‌صورت رستری تهیه شد. در نهایت، با استفاده از ابزار هم‌پوشانی وزنی، امکان هم‌پوشانی و تهیهٔ نقشه برای هر مقوله فراهم شد. همان‌طور که در نقشه‌های ۱ تا ۴ مشاهده می‌شود، نگاشت فضایی برای مقوله‌های تاب‌آوری محیطی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی و تنوع اجتماعی صورت گرفته است. رنگ سبز نشان‌دهندهٔ بالاترین امتیاز در تحقق هر یک از مقوله‌ها و رنگ قرمز نشان‌دهندهٔ کمترین امتیاز است. در نهایت، با هم‌پوشانی چهار نقشهٔ رستری، نقشهٔ نهایی نگاشت فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری به شرح شکل ۵ به دست آمده است. از آنجا که عوامل اجتماعی وابسته به تراکم جمعیت هستند، مناطقی که هنوز کاربری‌های مسکونی در آن‌ها ایجاد نشده‌اند، به‌مثابه مناطقی با کمترین میزان تاب‌آوری شناسایی می‌شوند. همچنین، مناطقی با کاربری بایر از نظر کارآمدی فضایی، امتیاز بسیار پایینی دریافت می‌کنند.



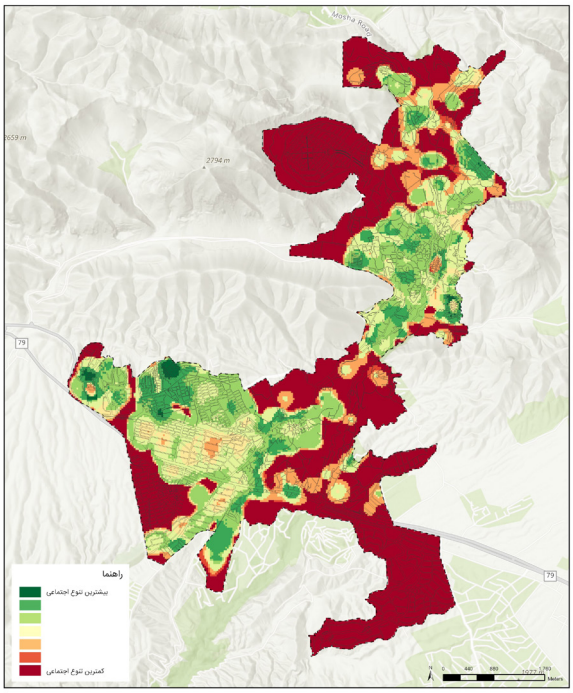
نقشهٔ ۱. تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری محیطی



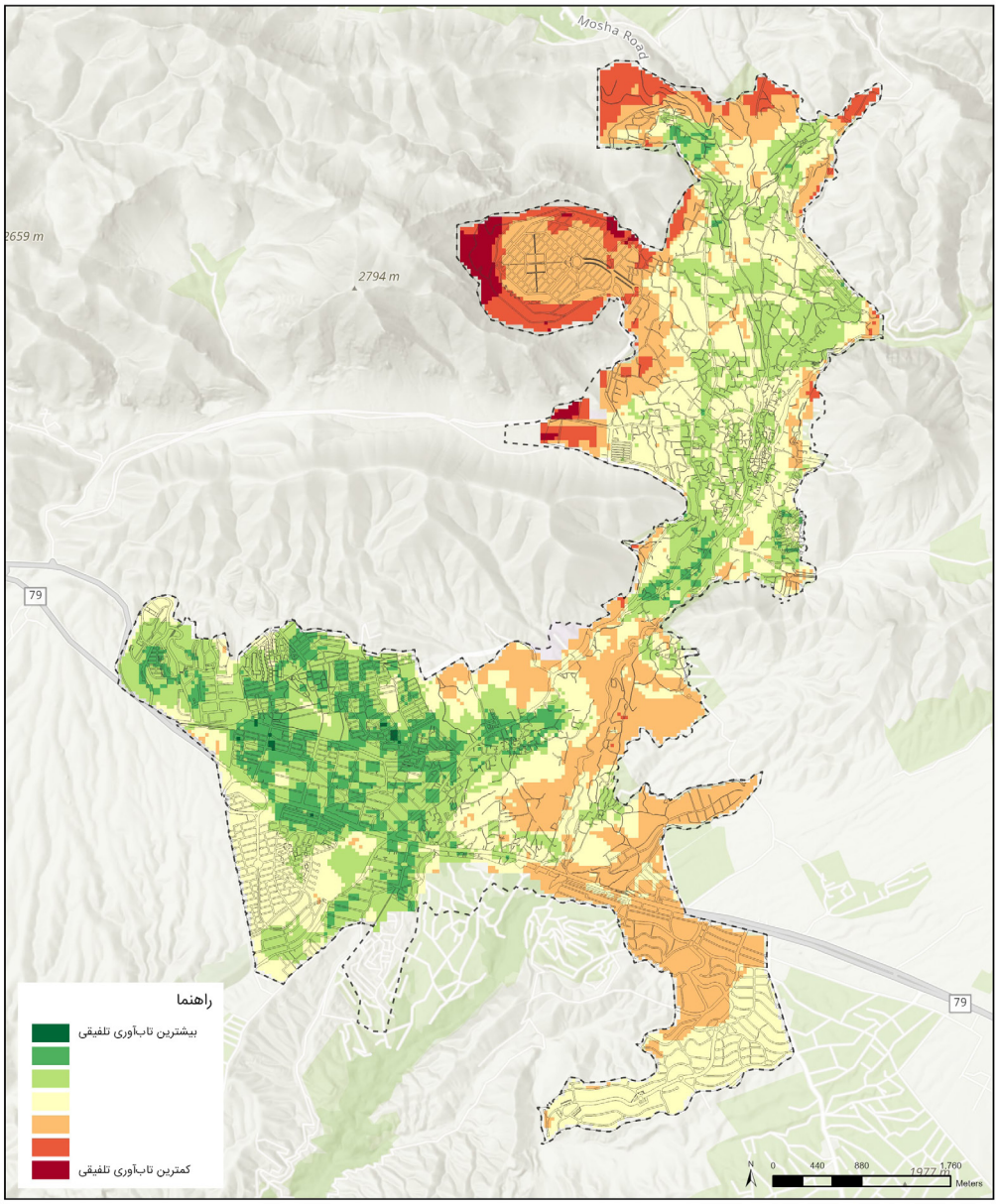
نقشهٔ ۲. تحلیل فضایی مؤلفه‌های پویایی اقتصادی



نقشهٔ ۳. تحلیل فضایی مؤلفه‌های کارآمدی فضایی



نقشهٔ ۴. تحلیل فضایی مؤلفه‌های تنوع اجتماعی



نقشهٔ ۵. تحلیل فضایی وضعیت تلفیقی تاب‌آوری شهری دماوند

یافته‌ها

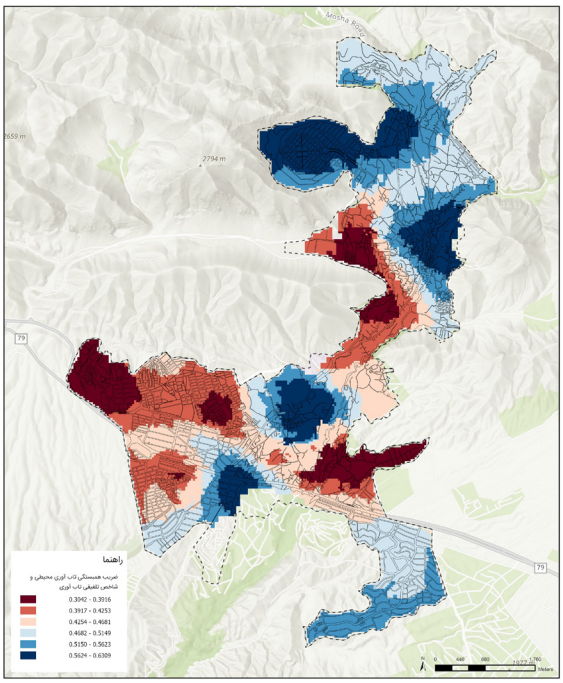
در ادامه ارتباط میان شاخص تلفیقی تاب‌آوری و معیارهای تاب‌آوری محیطی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی و تنوع اجتماعی در قالب نمودار پراکندگی داده‌ها و تحلیل رگرسیون فضایی نمایش داده شده است. با بررسی پراکندگی نقاط و همچنین تفکیک رنگ داده‌ها بر اساس محله‌های شهر دماوند به بررسی خط روند داده‌ها و تجمع نقاط مرتبط به هر محله، تحلیل‌های موضوعی زیر بیان می‌شود:

الف) تحلیل رابطهٔ دوسویه تاب‌آوری محیطی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

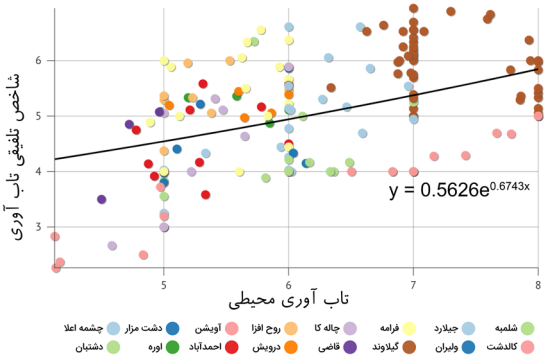
مطابق شکل ۹، محله‌هایی که در بالا و سمت راست خط روند قرار دارند، از پایداری محیطی بالا و تاب‌آوری مناسبی برخوردارند. این محله‌ها ساختارهای طبیعی و ظرفیت‌های محیطی تاب‌آورتری دارند. در سطوح پایین تاب‌آوری، محله‌هایی با شاخص‌های نسبتاً پایین‌تر دیده می‌شود که در موقعیت‌هایی با ساختارهای طبیعی نامناسب و تخریب‌شده محیط زیست قرار دارند. با این‌حال، برخی نقاط در این نمودار نشان می‌دهند که حتی محله‌هایی با شاخص تلفیقی تاب‌آوری پایین، ممکن است همچنان از پایداری محیطی نسبتاً خوبی برخوردار باشند که می‌توانند به وجود منابع طبیعی بکر و دست‌نخورده در این پهنه‌ها مرتبط باشد. این نمودار به‌خوبی نشان‌دهندهٔ اهمیت تاب‌آوری محیطی در بهبود تاب‌آوری فضایی محله‌ها است و به نظر می‌رسد که سیاست‌های محیط زیستی مستحکم می‌توانند تاب‌آوری کل شهر را به طور قابل توجهی افزایش دهند.

بر اساس این تحلیل، همبستگی مثبت و قوی میان دو شاخص تاب‌آوری

محیطی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری در محله‌هایی که به سمت رنگ‌های آبی تیره متمایل هستند، مشاهده می‌شود؛ به این معناست که در این پهنه‌ها (محله‌های جیلارد، احمدآباد، شهرک آویشن و بخش‌هایی از محله‌های قاضی و درویش)، تغییر در تاب‌آوری محیطی تأثیر مستقیمی بر وضعیت نهایی تاب‌آوری داشته و هرگونه کاهش یا افزایش در مؤلفه‌های محیطی، به طور هم‌زمان بر تاب‌آوری کلی آن منطقه نیز اثرگذار است. به طور خاص، مناطقی که در وضعیت آبی تیره قرار دارند، از نظر محیط زیستی دچار چالش‌های اساسی مانند کاهش پوشش گیاهی، فرسایش خاک، توسعهٔ نامتوازن شهری، محدودیت توپوگرافیک و شیب زیاد اراضی و فشار بر منابع اکولوژیکی هستند که این عوامل موجب افزایش آسیب‌پذیری کلی و کاهش تاب‌آوری شهری شده است. در این پهنه‌ها، نبود یکپارچگی در سیاست‌گذاری‌های محیطی و توسعهٔ کالبدی، به تشدید ناپایداری‌های ساختاری و اجتماعی منجر شده که خود باعث ایجاد چرخهٔ معیوبی از آسیب‌پذیری چندبُعدی است.



نقشهٔ ۶. رگرسیون فضایی تاب‌آوری محیطی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

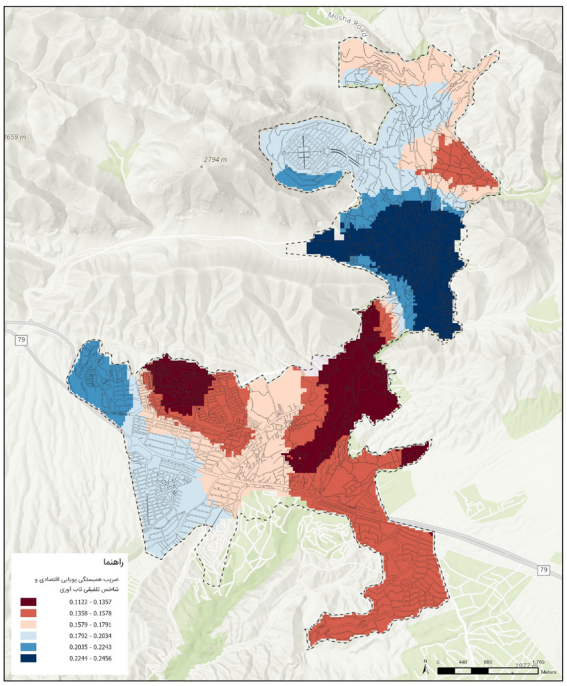


شکل ۹. نمودار پراکندگی تاب‌آوری محیطی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

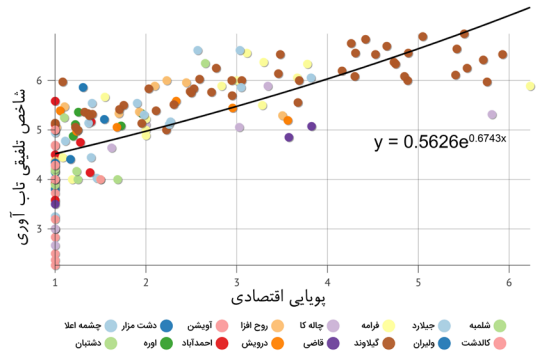
ب) تحلیل رابطهٔ دوسویه پویایی اقتصادی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

شکل ۱۰ در قالب رابطه نمایی نشان می‌دهد با افزایش امتیاز تلفیقی تاب‌آوری، پویایی اقتصادی محله‌ها افزایش می‌یابد. بر این اساس، محله‌هایی که از تاب‌آوری بالاتری برخوردارند، به طور معمول از نظر اقتصادی پویاتر هستند که می‌توانند به دلیل ظرفیت‌های اقتصادی بهتر، تنوع مشاغل و مشارکت اقتصادی بیشتر در این محله‌ها باشد. از طرفی، نقاط داده‌ای در سطوح پایین‌تر تاب‌آوری به نسبت یکنواخت‌تر هستند و اختلاف کمتری میان محله‌ها وجود دارد، اما در سطوح بالاتر تاب‌آوری، برخی محله‌ها بسیار پویاتر از سایر محله‌ها هستند و این وضعیت تا حدی بیانگر شکاف‌های اقتصادی ـ تفاوت در دسترسی به فرصت‌های اقتصادی- است.

بر اساس این تحلیل و نقشهٔ ۷، در مناطقی که به سمت رنگ‌های آبی تیره متمایل هستند، همبستگی قوی‌تری بین دو متغیر پویایی اقتصادی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری برقرار است؛ به این معناست که در این نواحی (شامل بافت مرکزی شهر و نیز غرب محلهٔ گیلاوند)، افزایش یا کاهش در شاخص پویایی اقتصادی، تأثیر مستقیمی بر تاب‌آوری کلی آن منطقه دارد. این محله‌ها بیشتر شامل بخش‌هایی هستند که به دلیل دسترسی مناسب به زیرساخت‌های تجاری، وجود فعالیت‌های اقتصادی پایدار، تراکم بالای اشتغال و نیز دسترسی مناسب به شریان‌های تجاری شهری و فراشهری از سطح تاب‌آوری بالاتری برخوردارند. در این پهنه‌ها، ارتباط تنگاتنگی میان توسعهٔ اقتصادی و ارتقای تاب‌آوری شهری برقرار است، به گونه‌ای که سیاست‌های اقتصادی مؤثر می‌تواند به افزایش ظرفیت‌های تاب‌آورانه در برابر بحران‌های مختلف منجر شود.



نقشهٔ ۷. رگرسیون فضایی پویایی اقتصادی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

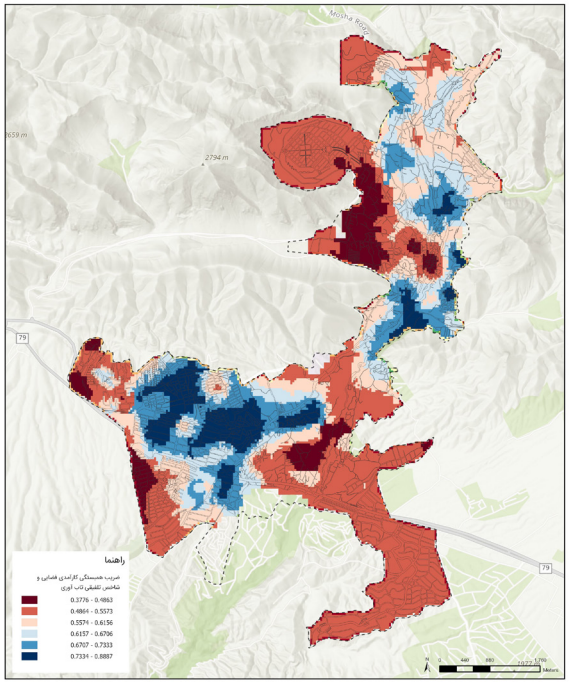


شکل ۱۰. نمودار پراکندگی میان مقولهٔ پویایی اقتصادی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

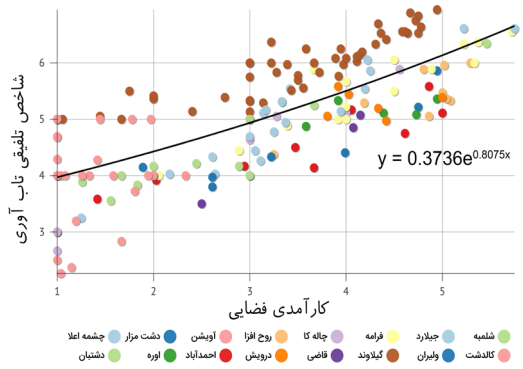
ج) تحلیل رابطهٔ دوسویه کارآمدی فضایی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

خط روند به شرح شکل ۱۱ نشان می‌دهد با افزایش امتیاز تاب‌آوری، کارآمدی فضایی نیز افزایش می‌یابد. کارآمدی فضایی به معنای استفادهٔ بهینه از فضاهای شهری برای مسکن، حمل‌ونقل، خدمات عمومی و فضاهای سبز است. محله‌هایی که در بالا و سمت راست خط روند قرار دارند، از کارآمدی فضایی بالاتری برخوردارند و به صورت کارآمد از فضاهای شهری استفاده می‌کنند. در این محله‌ها، طراحی شهری بهینه و استفادهٔ مؤثر از زیرساخت‌ها دیده می‌شود. از طرفی، محله‌هایی که در سطوح پایین‌تر کارآمدی فضایی و تاب‌آوری قرار دارند، نشان می‌دهند عدم کارآمدی فضایی ممکن است یکی از عوامل کاهش تاب‌آوری باشد. در این محله‌ها، چالش‌هایی مانند ترافیک سنگین، زیرساخت‌های ناکافی یا دسترسی ضعیف به خدمات عمومی وجود دارد که می‌تواند بر تاب‌آوری کلی آن‌ها تأثیر منفی بگذارد.

در نواحی آبی تیره نقشهٔ ۸، شامل محلهٔ نوساز گیلاوند و نیز بخش‌هایی از بافت مرکزی قدیمی شهر، هرگونه بهبود در الگوهای کارآمدی فضایی، مانند دسترسی به خدمات شهری، ساماندهی نظام حمل‌ونقل، بهینه‌سازی کاربری زمین و تراکم مطلوب جمعیتی، تأثیر مستقیمی بر افزایش تاب‌آوری کلی منطقه دارد. در این بخش‌ها، یکپارچگی عملکردی میان زیرساخت‌های شهری و سازمان فضایی به کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ظرفیت انطباق‌پذیری در برابر مخاطره‌های شهری منجر شده است. به بیان دیگر، برنامه‌ریزی فضایی هماهنگ و یکپارچه، نقش کلیدی در تقویت تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی این مناطق ایفا می‌کند. از سوی دیگر، نقاط قرمزرنگ عمدتاً شامل محله‌هایی با شبکه‌های ارتباطی ناکارآمد، پراکندگی نامنظم کاربری‌ها، تمرکزگرایی یا عدم تعادل در توزیع زیرساخت‌های خدماتی و کمبود فضاهای عمومی کارکردی هستند. در این پهنه‌ها، حتی اگر مداخله‌های فضایی مانند ایجاد زیرساخت‌های جدید صورت گیرد، تأثیر آن بر تاب‌آوری شهری چندان قابل توجه نخواهد بود.



نقشهٔ ۸. رگرسیون فضایی کارآمدی فضایی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

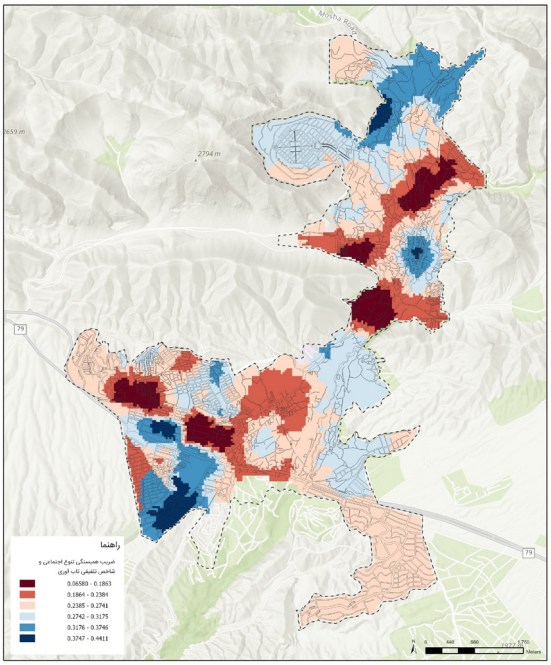


شکل ۱۱. نمودار پراکندگی میان مقولهٔ کارآمدی فضایی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

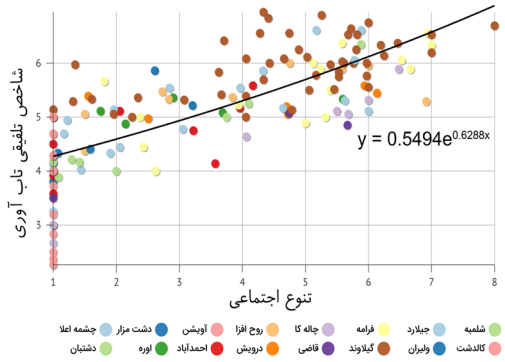
د) تحلیل رابطهٔ دوسویهٔ تنوع اجتماعی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری

تنوع اجتماعی می‌تواند شامل تنوع قومی، زبانی، فرهنگی و حتی اقتصادی باشد و نشان‌دهندهٔ آن است که محله‌هایی با جمعیت‌های متنوع‌تر، قادر به مقابلهٔ بهتر با شوک‌ها و استرس‌های اجتماعی هستند. نقاطی که در سمت راست نمودار ۱۲ با تاب‌آوری بالا و تنوع اجتماعی بالا قرار دارند، به دلیل برخورداری از تنوع اجتماعی به رواداری و مشارکت، انعطاف‌پذیری و توان مقابله محله‌ها با بحران‌ها کمک می‌کنند. از سوی دیگر، در محله‌های با تاب‌آوری پایین و تنوع اجتماعی کمتر، ممکن است انسجام اجتماعی ضعیف‌تر توانایی مواجهه با بحران‌ها را کاهش دهد. همچنین، برخی محله‌های با تنوع اجتماعی بالا، اما دارای تاب‌آوری پایین مشاهده می‌شوند که به وجود تنش‌های اجتماعی یا نبود همکاری مناسب بین گروه‌های مختلف محلی اشاره می‌کند. این موضوع نیازمند بررسی دقیق‌تر ساختارهای اجتماعی و نهادهای محلی در این محله‌ها است.

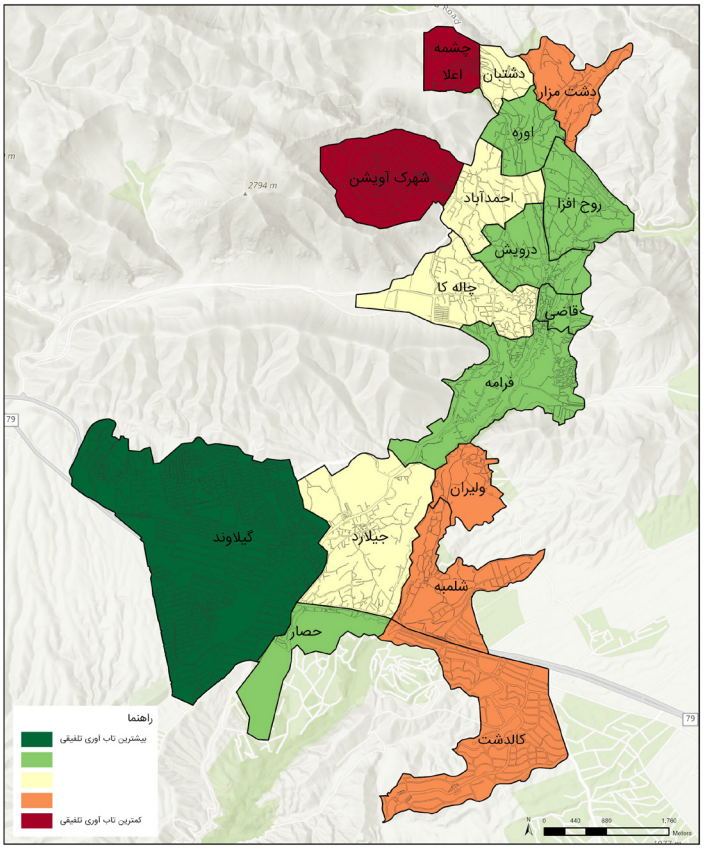
نقاط آبی تیره (همبستگی مثبت) در نقشهٔ ۹ بیانگر آن است که وجود گروه‌های اجتماعی متنوع از نظر قومیت، فرهنگ، سطح درآمد و سبک زندگی، به شکل‌گیری شبکه‌های اجتماعی پویا، افزایش سرمایه اجتماعی و ارتقای ظرفیت‌های انطباق‌پذیری در برابر بحران‌های شهری منجر شده است. در این نواحی از شهر، مشارکت عمومی، همبستگی اجتماعی و تعاملات میان‌گروهی نقش مهمی در افزایش ظرفیت پاسخ‌گویی و بازیابی شهری دارند، به طوری که در مواقع بحرانی، جوامع محلی قادر به بسیج منابع و اتخاذ راهبردهای جمعی برای کاهش آسیب‌پذیری خواهند بود. البته الگوی فضایی غالبی را نمی‌توان برای آن در نظر گرفت. از سوی دیگر، تمرکز گروه‌های همگن در یک منطقه، ضعف در شبکه‌های حمایتی محلی، و محدودیت در ایجاد فرصت‌های برابر اجتماعی و اقتصادی از جمله عواملی هستند که موجب کاهش انعطاف‌پذیری سیستم شهری در برابر تغییرات و بحران‌ها می‌شوند که در نقاط قرمز تیره بیشتر مشاهده می‌شوند.



نقشهٔ ۹. رگرسیون فضایی تنوع اجتماعی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری



شکل ۱۲. نمودار پراکندگی میان مقولهٔ تنوع اجتماعی و شاخص تلفیقی تاب‌آوری



نقشهٔ ۱۰. تحلیل فضایی وضعیت تلفیقی تاب‌آوری شهری محله‌های شهر دماوند

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت و نگاشت فضایی تاب‌آوری شهر دماوند و تحلیل ارتباط آن با چهار مؤلفهٔ اصلی تاب‌آوری شامل تاب‌آوری محیطی، پویایی اقتصادی، کارآمدی فضایی، و تنوع اجتماعی در سطح محله‌ای انجام شد. تحلیل‌های آمار فضایی انجام‌شده در چارچوب مفهومی، نشان داد تاب‌آوری شهری پدیده‌ای چندبعدی و پیچیده است که به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل محیطی، اجتماعی، اقتصادی، و فضایی قرار دارد. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل نمودارهای پراکندگی و نقشه‌های رستری نشان دادند محله‌هایی با تاب‌آوری محیطی بالا، به دلیل برخورداری از منابع طبیعی پایدار، نسبت به بحران‌های محیط زیستی مقاوم‌تر هستند. هم‌زمان، پویایی اقتصادی در محله‌هایی با تاب‌آوری بالاتر نیز بیشتر بوده و به شکلی نمایی با شاخص تلفیقی تاب‌آوری ارتباط دارد. این امر تأیید می‌کند که رشد اقتصادی و تنوع فرصت‌های شغلی می‌توانند به بهبود تاب‌آوری شهری کمک شایانی کنند. همچنین، محله‌های با کارآمدی فضایی بالا، با استفادهٔ بهینه از فضاهای شهری و زیرساخت‌های مناسب، به دلیل طراحی شهری بهینه و مدیریت کارآمد منابع فضایی نقش کلیدی در افزایش تاب‌آوری ایفا می‌کنند. تنوع اجتماعی نیز به‌مثابه عاملی مؤثر در تاب‌آوری اجتماعی محله‌ها شناسایی شد؛ محله‌های دارای تنوع بیشتر جمعیتی قادرند با انعطاف‌پذیری بیشتری به چالش‌های اجتماعی و بحران‌ها پاسخ دهند.

تحلیل هم‌پوشانی لایه‌های مختلف مؤلفه‌های تاب‌آوری در سطح شهر دماوند نشان می‌دهد محلهٔ گیلاوند بالاترین سطح تاب‌آوری را در مقیاس محله‌ای دارد. موقعیت استراتژیک این محله در مجاورت محور مواصلاتی تهران – فیروزکوه، همراه با توسعهٔ کالبدی مبتنی بر الگوی شبکه‌ای منسجم، تراکم متناسب جمعیتی، و بهره‌مندی از زیرساخت‌های کارآمد خدمات شهری، موجب شکل‌گیری پایداری نسبی در برابر مخاطره‌ها شده است. دسترسی مناسب به مراکز تجاری، آموزشی، و بهداشتی، به همراه فقدان محدودیت‌های توپوگرافی، جایگاه این محله را در مقایسه با سایر محله‌های شهر، در موقعیت مطلوب‌تری از نظر تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی، و کالبدی قرار داده است. این شرایط نشان می‌دهد محلهٔ گیلاوند نه‌تنها به عنوان یک قطب سکونتی با استانداردهای کیفی بالا مطرح است، بلکه ظرفیت تبدیل شدن به یک هستهٔ کلیدی در برنامه‌های آمایش سرزمین و توسعهٔ پایدار شهری را نیز دارد.

در سطح دوم تاب‌آوری، محله‌های اوره، روح‌افزا، فرامه و حصار به دلیل نزدیکی به مرکز تاریخی دماوند، تنوع کاربری‌های خدماتی، و حضور قابل توجه جمعیت بومی، از وضعیت مطلوبی برخوردارند. این محله‌ها با بهره‌گیری از شبکهٔ حمل‌ونقل کارآمد، دسترسی به بازارهای محلی، و پتانسیل‌های محیط زیستی نظیر باغ‌ها و فضاهای سبز، امکان شکل‌گیری اقتصاد محلی پایدار و تاب‌آور را فراهم کرده‌اند. علاوه بر این، محله‌های قاضی و درویش که در قلب بافت مرکزی دماوند قرار دارند، از منظر زیرساخت‌های خدماتی، فرهنگی و اجتماعی، تاب‌آوری بالایی را نشان می‌دهند. قرارگیری در محدودهٔ مراکز اداری و تجاری، انسجام فضایی و کالبدی، و ارتباط مؤثر با سایر بخش‌های شهر، از جمله عوامل کلیدی در افزایش ظرفیت انعطاف‌پذیری این مناطق در مواجهه با مخاطره‌های طبیعی و اقتصادی است.

محله‌هایی نظیر جیلارد، احمدآباد و دشتبان از نظر تاب‌آوری در سطح میانی قرار می‌گیرند. این محلات، به واسطهٔ کاربری‌های مختلط شهری، امکان توزیع کارکردهای اقتصادی متنوع را دارند، اما ضعف در برنامه‌ریزی جامع و عدم انسجام کالبدی موجب شده است که پایداری آن‌ها در برابر تهدیدهای شهری، به سطحی پایین‌تر از مناطق مرکزی تنزل پیدا کند. به طور خاص، محلهٔ چاله‌کا به عنوان یک نمونهٔ بارز از عدم تعادل در توسعهٔ محله‌ای شناخته می‌شود؛ بخش شرقی آن به دلیل نزدیکی به بافت مرکزی از زیرساخت‌های مناسبی برخوردار است، در حالی که بخش غربی آن به علت استقرار صنایع و فاصله از خدمات شهری، با ضعف‌هایی نظیر کاهش کیفیت زیست‌پذیری مواجه است. این ناهمگنی نشان‌دهندهٔ اهمیت برنامه‌ریزی یکپارچه در مقیاس محله‌ای برای توزیع عادلانهٔ خدمات و امکانات است.

محله‌های ولیران، شلمبه و کالدشت نیز در زمرهٔ مناطق با تاب‌آوری پایین طبقه‌بندی می‌شوند. این محله‌ها، به دلیل دوری از مراکز خدماتی، محدودیت‌های توپوگرافی، و الگوی پراکندهٔ استقرار، انسجام عملکردی ضعیفی دارند. تراکم پایین جمعیتی، عدم پیوستگی شبکهٔ معابر، و محدودیت‌های زیرساختی در این مناطق، مانع از شکل‌گیری همبستگی اجتماعی و اقتصادی شده است. این شرایط نشان می‌دهد سیاست‌های مدیریت شهری باید با تمرکز بر توسعهٔ زیرساخت‌های اساسی، بهبود دسترسی به خدمات عمومی، و ارتقای کیفیت محیط زیستی، زمینه را برای افزایش تاب‌آوری این محله‌ها فراهم کنند.

در مقابل، محله‌های چشمه اعلا و شهرک آویشن پایین‌ترین سطح تاب‌آوری را در میان محله‌های دماوند نشان می‌دهند. چشمه اعلا، با قرارگیری در ارتفاعات، دارای محدودیت‌های توپوگرافی قابل توجهی است که مانع از شکل‌گیری توسعهٔ پایدار در این منطقه شده است. نبود جمعیت ساکن دائمی، روند فزایندهٔ تخریب باغ‌ها و گسترش بی‌رویهٔ ویلاسازی، ناپایداری اکولوژیکی و اقتصادی را در این محله تشدید کرده است. از سوی دیگر، شهرک آویشن، با داشتن شیب زیاد زمین، بافت نوساز و جمعیت کم ساکن دائمی، به عنوان یک پهنهٔ جدید در توسعهٔ شهری دماوند، همچنان با چالش‌های بنیادی در تأمین خدمات زیربنایی و ایجاد هویت محله‌ای مواجه است. این عوامل، آسیب‌پذیری این محله‌ها را در برابر بحران‌های محیط زیستی و اجتماعی افزایش داده و بر ضرورت تدوین سیاست‌های مدیریت ریسک در این مناطق تأکید دارند.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تاب‌آوری محله‌های دماوند به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل متعددی نظیر موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های توپوگرافیک، انسجام کالبدی، میزان دسترسی به زیرساخت‌ها، و سطح بهره‌مندی از خدمات شهری قرار دارد. محله‌هایی که از شبکهٔ حمل‌ونقل مناسب، تراکم متعادل جمعیتی، و تنوع کاربری برخوردارند، نسبت به سایر مناطق، ظرفیت بیشتری برای مدیریت بحران و پایداری دارند. در مقابل، محله‌هایی که با محدودیت‌های طبیعی و زیرساختی مواجه‌اند، نیازمند مداخله‌های برنامه‌ریزی‌شده در حوزهٔ مدیریت ریسک، توسعهٔ اجتماعی، و بهبود شرایط محیط زیستی هستند.

این پژوهش با استفاده از ابزارهای تحلیل فضایی و داده‌محور، نشان می‌دهد یکپارچه‌سازی این مؤلفه‌ها می‌تواند بهبود تاب‌آوری کلی شهر را به طور مؤثری تسهیل کند و به توسعهٔ سیاست‌های کارآمدتر و آینده‌نگرانه‌تر برای شهر دماوند و دیگر مناطق مشابه منجر شود. دستاورد اصلی این پژوهش، ارائهٔ یک رویکرد ترکیبی از نمایه‌سازی تاب‌آوری و نگاشت فضایی برای تحلیل و ارزیابی وضعیت تاب‌آوری شهر دماوند در مقیاس محله‌ای است. این پژوهش نه‌تنها به شناسایی محلات آسیب‌پذیر پرداخت، بلکه با استفاده از تحلیل‌های آماری و فضایی، ارتباط میان مؤلفه‌های مختلف تاب‌آوری شامل محیطی، اقتصادی، فضایی، و اجتماعی را مشخص کرد.

در تشریح تمایز و نوآوری پژوهش می‌توان اذعان داشت که این مطالعه کوشید از ترکیب دو روش نمایه‌سازی تاب‌آوری (Resilience Indexing) و نگاشت فضایی (Spatial Mapping) برای حصول درک بهتر فضایی از وضعیت بهره گیرد که در بسیاری از مطالعات مشابه، مانند پژوهش (S. Cutter et al., 2010) که بر سنجش شاخص‌های مختلف تاب‌آوری جوامع تأکید دارد، به صورت جداگانه استفاده شده‌اند. استفاده از داده‌های محلی و ابزارهای تحلیل فضایی برای ارائهٔ نقشه‌های دقیق و مقایسه‌ای از وضعیت تاب‌آوری در سطح محله‌ای و تمرکز بر تحلیل چندبعدی و ارتباط میان مؤلفه‌های تاب‌آوری، مانند پویایی اقتصادی و کارآمدی فضایی، به درک عمیق‌تری از روابط بین این عوامل کمک کرده است، مشابه با پژوهش (Meerow & Newell, 2019) که بر تعاریف و ابعاد مختلف تاب‌آوری شهری تأکید دارد. همانند سایر مطالعات در حوزهٔ تاب‌آوری، ازجمله Sharifi & Yamagata (۲۰۱۶) که به بررسی تاب‌آوری

انـرژی پرداخته‌انـد، ایـن پژوهش نیـز بر اهمیـت رویکرد جامـع و چندبعـدی تأکید دارد؛ گرچـه اسـتفاده از چهـار مؤلفهٔ اصلی تـاب‌آوری (محیطی، اقتصـادی، فضایی، و اجتماعـی) و تحلیـل ارتبـاط آن‌هـا، شـکاف موجـود در تحلیل‌هـای تک‌بعـدی یا فاقد جامعیت را پر کرده است.

نتایـج به‌دسـت‌آمده از ایـن مطالعـه، ابزارهایـی عملیاتـی بـرای سیاسـت‌گذاران و برنامه‌ریـزان شـهری فراهـم می‌کنـد تـا بتواننـد تصمیمـات بهتـری بـرای کاهش آسـیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شـهری اتخـاذ کنند و منابع را به شـیوهٔ مؤثرتری تخصیـص دهنـد. ارائـهٔ نقشـه‌های تحلیلـی دقیـق، می‌توانـد بـه عنـوان مرجعـی بـرای طراحـی برنامه‌هـای بازآفرینـی شـهری و کاهش خطـرات در شـهر دماوند و شهرهای مشابه به کار رود.

مشارکت نویسندگان

درصـد مشـارکت نویسـندهٔ نخسـت ۳۰ درصـد، نویسـندهٔ دوم ۲۰ درصد، نویسـندهٔ سـوم ۳۰ درصـد و نویسـندهٔ چهـارم ۲۰ درصـد اسـت (مقالـهٔ حاضـر بـه کوشـش تمامـی نویسـندگان و نتیجـهٔ کار گروهـی کارگاه برنامه‌ریـزی شـهری ۱ گـروه برنامه‌ریـزی شـهری و منطقـه‌ای دانشـکدهٔ معماری و شهرسـازی دانشـگاه شـهید بهشتی است.).

تشکر و قدردانی

مقاله حامی مادی و معنوی ندارد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), 268–281. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. Landscape and Urban Planning, 100(4), 341–343. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021

Alberti, M., Marzluff, J., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunnen, C. (2009). Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems. BioScience, 53, 1169–1179. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1169:IHIEOA]2.0.CO;2

Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. Environmental Hazards, 7(1), 20–31. https://doi.org/j.envhaz.2007.04.002

Burton, C. G. (2015). A Validation of Metrics for Community Resilience to Natural Hazards and Disasters Using the Recovery from Hurricane Katrina as a Case Study. Annals of the Association of American Geographers, 105(1), 67–86. https://doi.org/10.1080/00045608.2014.960039

Chakraborty, S., & Ji, S. (2022). Space syntax analysis of Total connectivity through the evolution of Bag Bazar Street, Kolkata (1746-2020). 2022 IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES), 1, 513–518. https://doi.org/10.1109/SPICES52834.2022.9774258

Cutter, S., Burton, C., & Emrich, C. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. Journal of Homeland Security and Emergency Management . J HOMEL SECUR EMERG MANAG, 7. https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732

Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. Global Environmental Change, 29, 65–77. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005

Cutter, S. L. & others. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. Social Science Quarterly, 84(2), 242–261. https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002

DasGupta, R., & Shaw, R. (2015). An indicator based approach to assess coastal communities' resilience against climate related disasters in Indian Sundarbans. Journal of Coastal Conservation, 19(1), 85–101. https://doi.org/10.1007/s11852-014-0369-1

Delgado-Ramos, G. C., & Guibrunet, L. (2017). Assessing the ecological dimension of urban resilience and sustainability. International Journal of Urban Sustainable Development. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19463138.2017.1341890

Ernstson, H., Van Der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Meffert, D. J., Davis, G., Alfsen, C., & Elmqvist, T. (2010). Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems. AMBIO, 39(8), 531–545. https://doi.org/10.1007/s13280-010-0081-9

Fallahi, A., & Zanjani, N. (2014). Strategic planning to reduce social vulnerability in earthquake crisis (case study: Damavand county). First international conference and fourth national conference on urban development. https://civilica.com/doc/300478[In Persian]

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change, 16(3), 253–267.

Fu, X., & Wang, X. (2018). Developing an integrative urban resilience capacity index for plan making. Environment Systems and Decisions, 38(3), 367–378. https://doi.org/10.1007/s10669-018-9693-6

Godschalk, D. R. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. Natural Hazards Review, 4(3), 136–143. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136)

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4(1), 1–23.

Hosein Mardi, S., & Ramazani, R. (2017). Estimation of earthquake and fault hazard in damavand city and its application in urban planning to reduce vulnerability. Shahrood university of technology. https://shahroodut.ac.ir/fa/thesis/thesis.php?thid=QE336[In Persian]

Hung, H.-C., Yang, C.-Y., Chien, C.-Y., & Liu, Y.-C. (2016). Building resilience: Mainstreaming community participation into integrated assessment of resilience to climatic hazards in metropolitan land use management. Land Use Policy, 50, 48–58. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.08.029

Kammouh, O., Zamani Noori, A., Cimellaro, G. P., & Mahin, S. A. (2019). Resilience Assessment of Urban Communities. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, 5(1), 04019002. https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001004[In Persian]

Kazemi, N. (2019). Developing Earthquake Resiliency Scenarios based on Rural-Urban Linkages (Case Study: Shemiranat, Damavand and Firouzkoh). Journal of Housing and Rural Environment, 38(166). https://doi.org/10.22034/38.166.137[In Persian]

Kotzee, I., & Reyers, B. (2016). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. Ecological

Indicators, 60, 45–53. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.018

Kuzniecow Bacchin, T., Veerbeek, W., Pathirana, A., & Zevenbergen, C. (2011). Spatial metrics modeling to analyse correlations between urban form and surface water drainage performance. https://www.researchgate.net/publication/260597932_Spatial_metrics_modeling_to_analyse_correlations_between_urban_form_and_surface_water_drainage_performance

Lance H. Gunderson & Crawford S. Holling (Eds.). (2002). Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems. https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00041-7

Lempert, R. J., Groves, D. G., Popper, S. W., & Bankes, S. C. (2006). A general, analytic method for generating robust strategies and narrative scenarios. Management Science, 52(4), 514–528. https://doi.org/10.1287/mnsc.1050.0472

Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y., & Laganier, R. (2013). Analyzing resilience of urban networks: A preliminary step towards more flood resilient cities. Natural Hazards and Earth System Sciences, 13(2), 221–230. https://doi.org/10.5194/nhess-13-221-2013

Li, X., Erpicum, S., Mignot, E., Archambeau, P., Pirotton, M., & Dewals, B. J. (2021). Influence of urban forms on long-duration urban flooding: Laboratory experiments and computational analysis. Journal of Hydrology. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127034

Li, X., Wang, L., & Liu, S. (2016). Geographical Analysis of Community Resilience to Seismic Hazard in Southwest China. International Journal of Disaster Risk Science, 7(3), 257–276. https://doi.org/10.1007/s13753-016-0091-8

Liao, K.-H. (2012). A Theory on Urban Resilience to Floods—A Basis for Alternative Planning Practices. Ecology and Society, 17(4), art48. https://doi.org/10.5751/ES-05231-170448

Liao, K.-H., Le, T. A., & Nguyen, K. V. (2016). Urban design principles for flood resilience: Learning from the ecological wisdom of living with floods in the Vietnamese Mekong Delta. Landscape and Urban Planning, 155, 69-78. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.01.014

Liu, Z., Chen, H., Liu, E., & Hu, W. (2022). Exploring the resilience assessment framework of urban road network for sustainable cities. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 586, 126465. https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126465

Mabrouk, M., Han, H., Mahran, M. G. N., Abdrabo, K. I., & Yousry, A. (2024). Revisiting Urban Resilience: A Systematic Review of Multiple-Scale Urban Form Indicators in Flood Resilience Assessment. Sustainability, 16(12), 5076. https://doi.org/10.3390/su16125076

Mavoa, S., Eagleson, S., Badland, H., Gunn, L., Boulange, C., Stewart, J., & Giles-Corti, B. (2018). Identifying appropriate land-use mix measures for use in a national walkability index. Journal of Transport and Land Use, 11. https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1132

Meerow, S., & Newell, J. P. (2019). Urban resilience for whom, what, when, where, and why? Urban Geography, 40, 309–329. https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1206395

Moghadas, M., Asadzadeh, A., Vafeidis, A., Fekete, A., & Kötter, T. (2019). A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran. International Journal of Disaster Risk Reduction, 35, 101069. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101069[In Persian]

Parizi, S. M., Taleai, M., & Sharifi, A. (2022). A GIS-Based Multi-Criteria Analysis Framework to Evaluate Urban Physical Resilience against Earthquakes. Sustainability, 14(9), 5034. https://doi.org/10.3390/su14095034

Parizi, S. M., Taleai, M., & Sharifi, A. (2024). A spatial evaluation framework of urban physical resilience considering different phases of disaster risk management. Natural Hazards, 1-36. https://doi.org/10.1007/s11069-024-06703-0

Farming System Evolution and Adaptive Capacity: Insights for Adaptation Support. (n.d.). Retrieved November 15, 2024, from https://www.researchgate.net/publication/262362314_Farming_System_Evolution_and_Adaptive_Capacity_Insights_for_Adaptation_Support

Salmani, M., Badri, S. A., Motov, S., Kazemi Thani, A., & Nasrin. (2015). Evaluation of society resiliency approach against natural hazards (case study: Damavand district). Environmental Hazards Management, 2(4), 393–409. https://doi.org/10.22059/jhsci.2015.58266[In Persian]

Shamsuddin, S. (2023). Urban in question: Recovering the concept of urban in urban resilience. Sustainability, 15(22), 15907. https://doi.org/10.3390/su152215907

Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2016). Urban resilience assessment: Multiple dimensions, criteria, and indicators. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39812-9_13

Sherrieb, K., Norris, F., & Galea, S. (2010). Measuring capacities for community resilience. Social Indicators Research, 99, 227–247. https://doi.org/10.1007/s11205-010-9576-9

Song, J., Bo, H., & Li, R. (2017). measuring recovery to build up metrics of flood resilience based on pollutant discharge data: A case study in east china. https://doi.org/10.3390/w9080619

Song, J., Huang, B., & Li, R. (2018). Assessing local resilience to typhoon disasters: A case study in Nansha, Guangzhou. PLOS ONE, 13(3), e0190701. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190701

Tyler, S., & Moench, M. (2012). A framework for urban climate resilience. Climate and Development, 4(4), 311–326. https://doi.org/10.1080/17565529.2012.745389

UNISDR. (2009). UNISDR terminology on disaster risk reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

Warfield, J. N. (1974). Developing interconnection matrices in structural modeling. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 4(1), 81–87. https://doi.org/10.1109/TSMC.1974.5408524

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. N. (2004). At risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters (2nd ed.). Routledge.

Zhang, M., & Zhao, P. (2017). The impact of land-use mix on residents' travel energy consumption: New evidence from Beijing. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 57, 224–236. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.020