



A systematic review of the application of composite index in measuring urban resilience

Esfandiar Zebardast¹, Seyedeh Sedigheh Rouhani²

1. Corresponding author, Professor, Department of Urban Planning, Faculty of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: zebardst@ut.ac.ir
2. PhD Candidate, Department of Urban Planning, Faculty of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: s.rouhani@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 31 May 2025
Received in revised form 3
September 2025
Accepted 1 November 2025
Available online 30 December
2025

Keywords:

Urban resilience,
Measurement,
Composite indicator,
Systematic review.

ABSTRACT

Objective: Alongside the increasing frequency of disasters in urban areas worldwide, attention to *urban resilience* as a mechanism for cities to cope with disturbances has grown. However, implementing and assessing urban resilience faces serious challenges. Among the methods for measuring urban resilience, the use of composite indicators has become highly common over the past two decades due to their numerical nature, transparent construction process, and ability for spatial-temporal comparison. Yet, comprehensive and widely agreed-upon criteria for developing composite indicators at the urban scale have not been provided. Therefore, this study aims to conduct a systematic review to extract and comprehensively analyze the components and methods of assessing urban resilience with a focus on composite indicators.

Method: Based on a systematic review of 80 selected studies from the WoS and Scopus citation databases, the foundations and multiple steps of constructing composite indicators for measuring urban resilience were examined. Data analysis was carried out using an analytical framework based on four pillars (contextual, theoretical and practical foundations, methodological, and content-related) and through thematic coding.

Results: Results show that from the perspective of fundamental foundations, most indicators (92.5%) were designed based on existing frameworks, predominantly with a capital-based approach (62.5%) and diagnostic purposes (70%). From the methodological perspective, most indicators reviewed were developed based on static (92.5%), inherent (61.25%), and ex-ante (83.75%) approaches, using top-down methods (72.5%). A deductive-hierarchical structural design formed the basis of organizing most indicators reviewed (77.5%). Cross-validation and external validation steps were observed in only 35% and 27.5% of the articles, respectively, and 76% of studies neglected robustness analysis. From a content perspective, no consensus framework exists regarding the number and type of elements forming the composite indicator or the number of variables used.

Conclusions: The gaps in using composite indicators for measuring urban resilience can be categorized into two main groups: intrinsic and procedural. Intrinsic challenges stem from unavoidable interdisciplinary issues related to the nature and origins of composite indicators. Procedural shortcomings include a lack of real disaster data, the cost and time required for collecting field and contextual data compared to secondary data, conflicts among stakeholder perspectives, and the absence of an agreed-upon framework for selecting the components of urban resilience composite indicators. Greater attention to validation steps, identifying sources of sensitivity, and using participatory methods can improve the reliability of measurement results by reducing methodological gaps.

Cite this article: Zebardast, E. , Rohani, S.S. (2025). A systematic review of the application of composite index in measuring urban resilience. *Housing and Rural Environment*, 44(192), 79-102. <https://doi.org/10.22034/44.192.79>

This article is derived from the PhD dissertation of the second author in Urban Planning, titled “Explaining the Relationship Between Disaster Resilience and Urban Sprawl,” supervised by the first author at the Faculty of Urban Planning, University of Tehran.



© Author(s) retain the copyright.

DOI: <https://doi.org/10.22034/44.192.79>

Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).

Introduction

Cities are increasingly exposed to natural and human-induced hazards, positioning urban resilience as an essential paradigm for adaptation and survival against such shocks. However, measuring this concept remains fraught with fundamental conceptual and methodological challenges due to its complex, multidimensional, and interdisciplinary nature. Among various approaches, composite indices have emerged as the most widely used tools for operationalizing and assessing urban resilience at the city scale. This study aims to examine the current landscape of research in the field and identify existing gaps through a systematic review. It comprehensively extracts and analyzes the dimensions, theoretical foundations, methodologies, and challenges in measuring urban resilience, with a focus on composite indices. The research addresses 3 core questions pertaining to theoretical, methodological, and content-related domains, targeting researchers, policymakers, and urban planners seeking practical tools for resilience assessment and enhancement. The rationale for this systematic review lies in its descriptive and critical synthesis approach, which is well-suited for theory building, identifying knowledge gaps, and informing practical applications in urban policy and planning.

Method

This research employed a systematic review methodology, adhering to the PRISMA framework. An initial search of the Web of Science and Scopus databases using relevant keywords identified 1,123 articles. After applying inclusion criteria and removing duplicates and irrelevant studies, 80 articles were selected for final analysis. A structured analytical framework was developed, comprising 25 criteria across 4 main pillars: “study context,” “theoretical and applied foundations,” “methodological elements,” and “content elements.” All selected articles underwent quantitative and qualitative analysis based on this framework.

Results

The systematic analysis of 80 scientific articles revealed that context-based measurement characteristics, the unit of analysis, and disaster type serve as key determinants influencing variable selection and the overall resilience assessment process. Notably, determining the optimal spatial scale poses a fundamental challenge owing to variability in suitable and available variables, intra-scale differences, boundary effects, and neighborhood influences. These findings underscore the need for flexible composite indices featuring a standardized core with calibration capabilities tailored to spatial scale and disaster type.

From a theoretical perspective, capital-based approaches dominate (62.5%), enabling rapid assessment but overlooking dynamic processes and cross-sectoral interactions. The prevalence of diagnostic objectives (70%) highlights a profound gap between measurement and actionable implementation. Thus, integrating dynamic models and incorporating monitoring and prescriptive pathways into index design is essential to bridge this divide.

Methodologically, static (92.5%), intrinsic (61.25%), ex-ante (83.75%), and expert-driven (72.5%) approaches predominate. However, limited attention to external validation

and robustness analysis (only 23.75% of articles) represents a major structural weakness. Recommended solutions include multi-temporal assessments, genuine stakeholder participation, and combined sensitivity and validation analyses.

Content analysis exposes the inherent challenge of simplifying the complex phenomenon of resilience into a single index; the lack of consensus on optimal variable counts, selection criteria, and segregated dimensional organization, despite resilience's cross-sectoral nature, can be misleading. In terms of content, infrastructure-physical, economic, and social-human dimensions exhibit the highest frequency in indices, whereas institutional and environmental dimensions receive considerably less attention.

Reliance on secondary and quantitative data (over half the studies), coupled with the neglect of qualitative and behavioral data, constitutes another critical limitation. The proposed strategies involve a standardized framework with participatory calibration, ongoing review based on local experiences, and the supplementation of quantitative data with primary and qualitative sources to achieve more comprehensive assessments.

Conclusions

Despite their unparalleled ability to simplify complexities and facilitate decision-making, composite indices confront 2 primary challenge categories: “inherent” (stemming from their methodological nature) and “procedural” (arising from implementation weaknesses). Enhancing their reliability and applicability necessitates a shift toward dynamic-participatory hybrid frameworks, multifaceted validation, and flexible multi-scale indices.

These findings hold significant theoretical and practical implications for researchers, policymakers, and urban planners developing or applying resilience measurement tools. They emphasize the need for cautious interpretation of results and warn against over-reliance on a single final score. Valid and replicable outcomes could model real-world urban phenomena, such as adaptive governance under uncertainty or equitable resource allocation during crises, warranting broader applications in policy design. Nonetheless, unresolved issues persist, including standardization across diverse contexts and the integration of emerging data sources (e.g., real-time sensors or community narratives).

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

CRedit authorship contribution statement

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Data availability statement

Not applicable

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study.

مروری سیستماتیک بر کاربری شاخص‌های ترکیبی در اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری

اسفندیار زبردست^۱، سیده صدیقه روحانی^۲

۱. نویسنده مسئول، استاد، گروه شهرسازی، دانشکده‌های زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: zebardst@ut.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، دانشکده‌های زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: s.rouhani@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف: به موازات فراوانی بیشتر سوانح در مناطق شهری در جهان، توجه به «تاب‌آوری شهری» به عنوان سازوکاری برای رویارویی شهرها با اختلالات افزایش یافته است. لیکن، پیاده‌سازی تاب‌آوری شهری و سنجش آن با چالش‌های جدی روبه‌رو است. از میان روش‌های سنجش تاب‌آوری شهری، استفاده از شاخص‌های ترکیبی به دلیل ماهیت عددی، فرایند ساخت روشن و امکان مقایسه مکانی-زمانی در دو دهه اخیر بسیار پرکاربرد بوده است ولی معیارهای جامع و موردتوافق گسترده برای ساخت شاخص ترکیبی در مقیاس شهری ارائه نشده است؛ لذا این پژوهش در پی انجام یک مطالعه مروری سیستماتیک برای استخراج و تحلیل جامع ارکان و روش‌های سنجش تاب‌آوری شهری با محوریت شاخص ترکیبی است.

روش پژوهش: بر مبنای یک مرور سیستماتیک با تمرکز بر ۸۰ پژوهش انتخاب‌شده از پایگاه‌های استنادی WoS و Scopus، مبانی و گام‌های چندگانه ساخت شاخص‌های ترکیبی برای سنجش تاب‌آوری شهری موردبررسی قرار گرفته‌اند. تحلیل داده‌ها با استفاده از یک چهارچوب تحلیلی مبتنی بر چهار رکن (زمینه‌ای، مبانی نظری و کاربردی، روش‌شناختی و محتوایی) و از طریق کدگذاری مضامین انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که از منظر مبانی پایه، اکثر شاخص‌ها (۹۲/۵ درصد) بر اساس چهارچوب‌های موجود و عمدتاً با رویکرد سرمایه‌محور (۶۲/۵ درصد) و اهداف تشخیصی (۷۰ درصد) طراحی شده‌اند. از منظر ارکان روش‌شناختی، غالب شاخص‌های بررسی‌شده بر مبنای رویکردهای ایستا (۹۲/۵ درصد)، ذاتی (۶۱/۲۵ درصد)، پیشینی (۸۳/۷۵ درصد) و با روش‌های از بالا به پایین (۷۲/۵ درصد) توسعه یافته‌اند و طرح ساختاری قیاسی-سلسله‌مراتبی مبنای سازمان‌دهی اغلب شاخص‌های بررسی‌شده (۷۷/۵ درصد) را تشکیل می‌دهد. گام‌های اعتبارسنجی متقابل و خارجی به ترتیب تنها در ۳۵ درصد و ۲۷/۵ درصد از مقالات مشاهده شد و ۷۶ درصد از مطالعات از تحلیل استحکام غفلت نموده‌اند. از منظر محتوایی، چهارچوبی مورد اجماع از نظر تعداد و نوع عناصر سازنده شاخص ترکیبی و تعداد متغیرهای استفاده‌شده وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: شکاف‌ها در کاربری شاخص‌های ترکیبی در اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری را می‌توان در دو گروه کلی ذاتی و رویه‌ای دسته‌بندی کرد. چالش‌های ذاتی، برخی مسائل اجتناب‌ناپذیر بین‌رشته‌ای است که به خاستگاه و ماهیت شاخص ترکیبی بازمی‌گردد. اما کاستی‌های رویه‌ای شامل کمبود داده‌های واقعی سوانح، هزینه و زمان جمع‌آوری داده‌های میدانی و زمینه‌ای در برابر داده‌های ثانویه، تعارضات میان دیدگاه‌های ذی‌نفعان و نبود چهارچوب مورد اجماع جهت گزینش عناصر شکل‌دهنده شاخص ترکیبی تاب‌آوری شهری است. توجه بیشتر به گام‌های اعتبارسنجی، شناسایی منابع حساسیت و بهره‌گیری از روش‌های مشارکتی می‌تواند با کاهش شکاف‌های روش‌شناختی موجب بهبود قابلیت اطمینان به نتایج اندازه‌گیری شود.

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹

کلیدواژه‌ها:

تاب‌آوری شهری،

اندازه‌گیری،

شاخص ترکیبی،

مرور سیستماتیک.

استناد: زبردست، اسفندیار؛ روحانی، سیده صدیقه. (۱۴۰۴). مروری سیستماتیک بر کاربری شاخص‌های ترکیبی در اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری. *مسکن و محیط روستا*.

۴۴ (۱۹۲)، ۷۹-۱۰۲. <https://doi.org/10.22034/44.192.79>

این مقاله برگرفته از رساله دکتری شهرسازی نگارنده دوم با عنوان «تبیین ارتباط تاب‌آوری سوانح و پراکنده‌رویی شهری» به راهنمایی نگارنده اول در دانشکده شهرسازی دانشگاه تهران است.



© نویسندگان.

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

مقدمه

شهرها با طیف فزاینده‌ای از سوانح طبیعی و انسان‌ساخت روبه‌رو هستند و تاب‌آوری شهری راهی برای بقا و سازگاری با شوک‌ها و استرس‌ها به شمار می‌رود. سنجش تاب‌آوری شهری به افراد اجتماع کمک می‌کند تا ضمن شناخت آسیب‌پذیری خود، بر روی اهداف مربوطه برای بهبود پاسخ به سوانح احتمالی، تأمین و توزیع مناسب منابع موردنیاز و ارزش‌های جمعی توافق کنند (Cutter, 2016; Reghezza-Zitt, 2021). اما نظر به ماهیت چندوجهی شهر و خاستگاه میان‌رشته‌ای تاب‌آوری، ارزیابی کامل و دقیق تاب‌آوری شهری با چالش‌های مفهومی و تجربی در مورد چگونگی درک، توصیف و شیوه سنجش مواجه است (Nguyen & Akerkar, 2020) و درحالی‌که طیفی از روش‌ها بر مبنای اهداف گوناگون تحقیقاتی و راهبردی توسعه یافته‌اند ولی توافقی از سوی محققان حاصل نشده و چهارچوب یا مدل مشترک و استاندارد برای اندازه‌گیری و پایش تاب‌آوری شهری در برابر سوانح وجود ندارد (Ainuddin & Routray, 2012).

از میان روش‌های گوناگون مورد استفاده برای اندازه‌گیری تاب‌آوری، «شاخص‌های ترکیبی» در دو دهه اخیر کاربرد گسترده‌ای در مقیاس شهری داشته‌اند ولی باتوجه‌به پیچیدگی مفهومی تاب‌آوری، معیارهای جامع و مورد توافق گسترده برای ساخت شاخص ترکیبی در مقیاس شهری وجود ندارد. لذا این پژوهش در پی انجام یک مطالعه مروری نظام‌مند برای استخراج تحلیل جامع ابعاد، ارکان و روش‌های سنجش تاب‌آوری شهری با محوریت شاخص ترکیبی و در پی پاسخ به پرسش‌های زیر است:

- از منظر پایه نظری؛ ارکان زیربنایی شکل‌دهنده فرایند اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری در مطالعات چه مواردی را شامل می‌شوند؟
- از منظر روش‌شناختی؛ ارکان حیاتی و پر کاربرد فرایند اندازه‌گیری شامل روش‌ها و فنون سنجش در گام‌های سنجش تاب‌آوری شهری بر مبنای شاخص ترکیبی تاب‌آوری کدام‌اند و در این حوزه چه چالش‌ها و شکاف‌هایی وجود دارد؟
- از منظر محتوایی؛ پرکاربردترین ابعاد و عناصر نشانگر مفهوم تاب‌آوری شهری در پژوهش‌ها کدام‌اند و چگونه گزینش و دسته‌بندی می‌شوند و با چه چالش‌هایی مواجه هستند؟

پیشینه پژوهش

در طول یک دهه اخیر برخی تحقیقات جهت تحلیل روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری تاب‌آوری انجام شده است. در نگاه کلی، تعدادی از پژوهشگران روش‌های اندازه‌گیری تاب‌آوری را در قالب چند دسته شامل شاخص، مدل، جعبه‌ابزار و کارت امتیازی از هم تفکیک نموده و به بررسی نقاط قوت و ضعف آن‌ها پرداخته‌اند (Cutter, 2016; Irajifar et al., 2015; Sharifi, 2016). استادتی‌زاده و همکاران، ۱۷ مقاله با موضوع سنجش تاب‌آوری اجتماع را از منظر محتوایی و نشانگرهای اساسی در قالب ابعاد پنج‌گانه تاب‌آوری بررسی کرده‌اند (Ostadtaghizadeh et al., 2015). مطالعه‌ای دیگر نشان‌دهنده تنوع زیادی در مراحل ساخت تعدادی از شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری، آسیب‌پذیری و ریسک شهری منتشر شده تا سال ۲۰۱۵ بوده است (Beccari, 2016). اسدزاده و همکاران (۲۰۱۷) نیز فرایند ساخت شاخص ترکیبی را در ۱۷ چهارچوب انتخابی اندازه‌گیری تاب‌آوری اجتماع بررسی نمودند. اگرچه تحقیقات پیشین، به تحلیل برخی گام‌های ساخت شاخص و استخراج عناصر سازنده آن پرداخته‌اند ولی نگاه جامع و دربرگیرنده هر دو بعد محتوایی و فرایندی در آن‌ها به کار گرفته نشده است. در این پژوهش تلاش شده درکی همه‌جانبه و چندبعدی از الزامات و کاستی‌های شاخص‌های ترکیبی در اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری ارائه شود.

روش‌شناسی پژوهش

هدف و تمرکز اصلی این مقاله، بازبینی الزامات و چالش‌های روش‌شناختی و محتوایی کاربرست شاخص‌های ترکیبی در روند اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری است. به‌منظور نیل به این هدف، این مقاله از تکنیک مرور سیستماتیک به‌عنوان روشی شفاف در گزارش روش و تسهیل تکرار فرایند آن برای دیگران به‌منظور گردآوری و ارزیابی مطالعات و کاهش‌دهنده میزان خطای ناشی از دخالت عوامل ذهنی و فردی در انتخاب متون (He et al., 2021) بهره گرفته است.

گام نخست؛ انتخاب مطالعات

ابتدا جستجوی گسترده‌ای شامل عبارات مرتبط با محوریت «تاب‌آوری»، «شهر» و «اندازه‌گیری» و محدود به سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۵ میلادی، از طریق پایگاه‌های علمی-استنادی Web of Science و Scopus انجام شد (جدول ۱)، سپس بر مبنای چهارچوب PRISMA مقالات مرتبط برای اهداف این مطالعه انتخاب شدند (شکل ۱).

جدول ۱. معیارهای گزینش

معیارهای دربرگیری	معیارهای کنار گذاردن
زبان انگلیسی	مقالات مروری و نظری
بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵	مقیاس فراشهری یا فردی (روان‌سنجی)
متمرکز بر شاخص ترکیبی	محدود به تاب‌آوری گروه‌های خاص
مقیاس شهری و زیرشهری	محدود به زیرسیستم‌های شهری
	محدود به مؤلفه‌های آسیب‌پذیری و ریسک



شکل ۱. روند گزینش مقالات

گام دوم؛ تدوین چهارچوب معیارهای تحلیل مضمون برای مرور مطالعات

پژوهش حاضر عناصر حاصل از مرور چهارچوب‌محور و تحلیل تماتیک استقرایی را در راستای بهره‌گیری از دانش تثبیت‌شده پیشین در عین حفظ انعطاف‌پذیری لازم برای شناسایی مفاهیم نوظهور تلفیق کرده است. این فرایند در مراحل متوالی و بازبینی‌شونده مطابق شکل ۲ به اجرا درآمد و چهارچوب تحلیلی جهت مرور سیستماتیک مقالات تدوین گردید (جدول ۲).



شکل ۲. روند تدوین چهارچوب تحلیلی جهت مرور سیستماتیک مقالات

جدول ۲. چهارچوب تحلیلی معیارها جهت مرور سیستماتیک مقالات

معیار تحلیل	رکن
واحد تحلیل	زمینه مطالعاتی
ماهیت سوانح	

معیار تحلیل		رکن	
چهارچوب نظری پایه		مبانی نظری و اجرایی	
هدف سنجش			
پویا یا ایستا		رویکرد روش شناختی پایه	رکن روش شناختی
ذاتی یا تطبیقی			
پیشینی یا پسینی			
پیشا یا پساسانحه			
مشارکتی یا متخصص محور			
ابزار محوری و مکمل		ابزار	
طرح ساختاری		گام‌های فرایند	
گزینش نشانگرها و سنجه‌ها			
تقلیل داده	گام‌های پردازش داده		
هم‌مقیاس‌سازی			
وزن‌دهی			
اعتبارسنجی			
ارزیابی استحکام			
جامعیت		رکن محتوایی	
منابع داده			
عناصر سازنده			

یافته های پژوهش

زمینه مطالعاتی

این بخش به عنوان نقطه آغاز و تعیین کننده دامنه و قلمرو ارزیابی، به دو پرسش بنیادین «برای چه کسی/چه چیزی؟» و «در برابر چه چیزی؟» پاسخ می گوید. فهرست مقالات گزینش شده به ترتیب سال انتشار به همراه موقعیت جغرافیایی، واحد تحلیل و نوع سانحه در جدول ۳ ارائه شده است. واکاوی پارامترهای مربوط به واحد تحلیل و چپستی سانحه موردنظر، چهارچوب مرجع ارزیابی را مشخص کرده و امکان شناسایی اهمیت انطباق ارکان روش شناختی ساخت و محتوایی شاخص ترکیبی با اقتضائات زمینه ای را فراهم می آورد.

جدول ۳. فهرست مقالات گزینش شده

ردیف	نام نویسندگان و سال	کشور	واحد تحلیل						سانحه						ردیف														
			محل و خرد	نواحی شهری	شهر و شهرستان	هیدرولوژیکی	ژئوفیزیکی	چند گانه اقلیمی	ترکیبی	محل و خرد	نواحی شهری	شهر و شهرستان	هیدرولوژیکی	ژئوفیزیکی		چند گانه اقلیمی	ترکیبی												
۱	Cutter et al., 2010	امریکا															۴۱	Kammouh et al., 2019	امریکا										
۲	Sherrieb et al., 2010	امریکا																۴۲	Cerè et al., 2019	چین									
۳	Joerin et al., 2012	هند																۴۳	Marzi et al., 2019	ایتالیا									
۴	Orencio & Fujii, 2013	فیلیپین																۴۴	Atrachali et al., 2019	کره جنوبی									
۵	Frazier et al., 2013	امریکا																۴۵	Moghadas et al., 2019	ایران									
۶	Cutter et al., 2014	امریکا																۴۶	Leandro et al., 2020	آلمان									
۷	Yoon & Kang, 2014	کره جنوبی																۴۷	Al Rifat & Liu, 2020	امریکا									
۸	Frazier et al., 2014	امریکا																۴۸	M. Zhang et al., 2020	چین									
۹	Kusumastuti et al., 2014	اندونزی																۴۹	Song et al., 2020	نپال									

ردیف	نام نویسندگان و سال	کشور	واحد تحلیل						سانحه						ردیف	نام نویسندگان و سال	کشور
			محلی و خرد	نواحی شهری	شهر و شهرستان	هیدرولوژیکی	ژئوفیزیکی	چند گانه اقلیمی	ترکیبی	محلی و خرد	نواحی شهری	شهر و شهرستان	هیدرولوژیکی	ژئوفیزیکی			
۱۰	Singh-Peterson et al., 2014	استرالیا													۵۰	Liu et al., 2020	چین
۱۱	Burton, 2014	امریکا													۵۱	Schaefer et al., 2020	آلمان
۱۲	Yu et al., 2015	کره جنوبی													۵۲	S. Zhu et al., 2021	چین
۱۳	Alshehri et al., 2015	عربستان													۵۳	T. Ji et al., 2021	فلسطین
۱۴	Kotzee & Reyers, 2015	آفریقای جنوبی													۵۴	Wang et al., 2021	چین
۱۵	Shim & Kim, 2015	ایران													۵۵	H. Zhang et al., 2021	چین
۱۶	Asadzadeh et al., 2015	ایران													۵۶	He et al., 2021	چین
۱۷	DasGupta & Shaw, 2015	هند													۵۷	H. Zhu & Liu, 2021	چین
۱۸	Suárez et al., 2016	اسپانیا													۵۸	Mavhura et al., 2021	زیمبابوه
۱۹	X. Li et al., 2016	چین													۵۹	Kumar & Mehany, 2021	امریکا
۲۰	Pfefferbaum et al., 2016	امریکا													۶۰	H. Li et al., 2021	چین
۲۱	Hung et al., 2016	تایوان													۶۱	Cerbaro et al., 2022	برزیل
۲۲	Tabibian & Rezapour, 2016	ایران													۶۲	Rezvani et al., 2022	امریکا
۲۳	Lam et al., 2016	امریکا													۶۳	Anelli et al., 2022	ایتالیا
۲۴	Cai et al., 2016	امریکا													۶۴	Marasco et al., 2022	ایتالیا
۲۵	Parsons et al., 2016	استرالیا													۶۵	J. Ji & Chen, 2022	چین
۲۶	Jülich, 2017	سوئیس													۶۶	Gerges et al., 2022	امریکا
۲۷	Karamouz & Zahmatkesh, 2017	امریکا													۶۷	Deng et al., 2022	چین
۲۸	Kontokosta & Malik, 2018	امریکا													۶۸	Imani et al., 2022	تایوان
۲۹	Serre & Heinzle, 2018	آلمان و فرانسه													۶۹	H. Zhang et al., 2022	اندونزی
۳۰	Yan et al., 2018	چین													۷۰	Narieswari et al., 2022	کره جنوبی
۳۱	Summers et al., 2018	امریکا													۷۱	J. X. Zhang et al., 2022	چین
۳۲	Kim & Song, 2018	کره جنوبی													۷۲	Huang et al., 2022	چین
۳۳	Mavhura & Manyena, 2018	زیمبابوه													۷۳	Ali & George, 2022	هند
۳۴	Bottazzi et al., 2018	سنگال													۷۴	Antronico et al., 2023	ایتالیا
۳۵	K. F. Chen & Leandro, 2019	آلمان													۷۵	X. Chen et al., 2023	چین
۳۶	Bertilsson et al., 2019	برزیل													۷۶	Jamali et al., 2023	ایران
۳۷	Shi et al., 2019	چین													۷۷	Bronfman et al., 2023	شیلی
۳۸	Oliver et al.,	مکزیک													۷۸	Dehghani et al.,	ایران

ردیف	نام نویسندگان و سال	کشور	واحد تحلیل		سانحه					ردیف	نام نویسندگان و سال	کشور
			محل و خرد	شهر و شهرستان	هیدرولوژیکی	ژئوفیزیکی	چند گانه اقلیمی	ترکیبی				
	2019											
۳۹	Feldmeyer et al., 2019	آلمان								۷۹	Csizovszky & Buzási, 2023	مجارستان
۴۰	Scherzer et al., 2019	نروژ								۸۰	Xu et al., 2024	چین

مبانی نظری و کاربردی

شفافیت مبانی نظری و منطق اجرایی، پیش‌نیاز ضروری برای هرگونه ارزیابی معتبر تاب‌آوری شهری محسوب می‌شوند و علت وجودی و اهداف غایی شکل‌گیری آن را تبیین می‌سازد. این بخش در پی پاسخ‌گویی به دو پرسش بنیادین در زمینه چهارچوب نظری پایه‌ای و هدف اصلی سنجش در پژوهش‌ها بوده است.

چهارچوب نظری پایه

مرور نظام‌مند ارکان نظری مقالات نشان‌دهنده سه گرایش اصلی تاب‌آوری شامل مهندسی (بازگشت به حالت اولیه)، بوم‌شناختی (حفظ عملکردهای اساسی سیستم در حین اختلال، بدون الزام بازگشت به حالت اولیه) و تطبیقی یا سازگار شونده (متمرکز بر بهبود، انطباق و سازمان‌دهی مجدد سیستم پس از سانحه) است. معمولاً مقالات به ترکیبی از این رویکردها به‌عنوان مبانی نظری ساخت شاخص اندازه‌گیری تاب‌آوری اشاره داشته‌اند که نشان‌دهنده تنوع مفهومی در مقالات و البته توجه به ابعاد پویا و انطباقی تعاریف تاب‌آوری نسبت به دیدگاه‌های صرفاً مهندسی است. هرچند در گذار از ارکان مفهومی به اندازه‌گیری شاخص‌مبنا به‌طور کلی حدود ۸۶ درصد از مطالعات، تاب‌آوری را ویژگی ثابت و مبتنی بر شرایط پایه مفهوم‌سازی نموده‌اند.

از منظر اتکا به چهارچوب‌های پیشین، اکثر مطالعات از یک رویکرد قیاسی برای سنجش تاب‌آوری شهری بهره برده‌اند. در این مسیر، پژوهش‌ها یا به‌صورت مستقیم و با رویکردی قیاسی-نظری، ابعاد و شاخص‌های خود را از مدل‌ها و چهارچوب‌های نظری تثبیت‌شده‌ای مانند DROP، BRIC، PEOPLE و RCI اقتباس کرده‌اند یا با اتخاذ رویکردی قیاسی-عملیاتی، به تعدیل و تلفیق چند چهارچوب موجود پرداخته و سپس با بهره‌گیری از داده‌های واقعی و روش‌های تجربی، آن‌ها را پالایش و عملیاتی ساخته‌اند تا پایه‌ای برای اندازه‌گیری فراهم آورند. در مقابل، سهم اندکی از مقالات از رویکرد استنتاجی-تلفیقی بهره جسته‌اند؛ رویکردی که در آن، نقطه آغاز، مواجهه با یک مسئله یا چالش عملی (مانند فقدان شاخص‌های استاندارد یا ناکارآمدی شاخص‌های جهانی در سطح محلی) است و سپس از طریق تلفیق نظام‌مند مشاهده و نظریه، به خلق یک مدل یا چهارچوب نوین می‌انجامد.

همچنین چهارچوب‌های پایه تاب‌آوری شهری را می‌توان از منظر عناصر ساختاری به چند گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود. رویکرد سرمایه‌محور، تاب‌آوری را حاصل تجمع سرمایه‌های مختلف در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی و زیرساختی می‌داند. چهارچوب فرایند-ظرفیت‌محور بر قابلیت‌ها و مکانیسم‌های پویای سیستم، مانند جذب، انطباق، مقاومت و بازیابی تأکید دارد. رویکرد ویژگی‌محور با تمرکز بر صفات و کیفیات ذاتی سیستم، شاخص‌هایی چون افزونگی، سرعت، انعطاف‌پذیری، تدبیر و پابرجایی را محاسبه می‌کند. از سوی دیگر، چهارچوب ریسک‌محور تاب‌آوری را بر اساس مدلی ترکیبی از خطر، در معرض قرارگیری و آسیب‌پذیری تحلیل می‌نماید. چهارچوب‌های ترکیبی با تلفیق جنبه‌های مختلف این رویکردها، در پی ارائه تصویری کامل‌تر و واقع‌بینانه‌تر از تاب‌آوری شهری هستند.

هدف

اهداف اصلی این مطالعات را می‌توان در پنج دسته شامل تشخیص جهت تعیین وضعیت پایه تاب‌آوری، پایش برای ردیابی

روندها در طول زمان، برنامه‌ریزی یا تجویز جهت اولویت‌بندی اقدامات، توسعه و اعتبارسنجی چهارچوب‌ها و شاخص‌های نوآورانه، و در نهایت ارزیابی اقدام برای سنجش میزان تأثیر پروژه‌های اجرا شده بر ارتقای تاب‌آوری سازمان‌دهی نمود.

جدول ۴. دسته‌بندی چهارچوب نظری پایه و اهداف سنجش در مقالات

معیار	گونه	درصد فراوانی	نمونه مقالات (شماره مقاله)	تمرکز محوری بر هدف	درصد فراوانی
پایه نظری	مهندسی	۶/۲۵	۳۷	تشخیص	۲۶,۲۵
	بوم‌شناختی	۱۵	۵۴	توسعه	۵
	تطبیقی	۱۸/۷۵	۱۸	تجویز	۲,۵
	ترکیبی	۶۰	۱۵	پایش	۱,۲۵
از منظر چهارچوب مرجع	قیاسی	۹۲/۵	۱۶,۴۷	تشخیص + توسعه	۲,۵
	استنتاجی-تلفیقی	۷/۵	۳۶, ۱۸	تشخیص + تجویز	۲۵
از منظر عناصر ساختاری چهارچوب پایه	سرمایه‌محور	۶۲/۵	۱۱	تشخیص + پایش	۸,۷۵
	فرایندی-ظرفیت‌محور	۷/۵	۱۳	تشخیص + ارزیابی اقدام	۲,۵
	ویژگی‌محور	۲/۵	۳۰	توسعه + تجویز	۳,۷۵
	ریسک‌محور	۲,۵	۶۳	ترکیبی	۲۲,۵
	ترکیبی	۲۵	۱۲		

ارکان روش‌شناختی

رویکردهای روش‌شناختی

رویکرد روش‌شناختی پایه از طریق واکاوی ابعادی همچون پویایی یا ایستایی، ذاتی یا تطبیقی بودن، رویکرد زمانی پیشینی یا پسینی و چرخه سانه در ارزیابی و همچنین مشارکتی یا متخصص‌محور بودن به تبیین ماهیت و جهت‌گیری کلان شاخص می‌پردازد (جدول ۵).

پویا یا ایستا: هرچند به‌طور کلی شاخص ترکیبی، با تجمیع مجموعه‌ای از داده‌ها در یک مقدار نهایی، تصویری ایستا و لحظه‌ای از وضعیت را به دست می‌دهد ولی برای تعیین جزئیات اینکه رویکرد یک مقاله در اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری پویا یا ایستا است، باید به تعریف تاب‌آوری، نوع متغیرها، روش محاسبه شاخص و تمرکز زمانی مقاله توجه کرد. رویکرد ایستا بر ویژگی‌های ثابت مانند زیرساخت‌ها یا داده‌های تاریخی (مثل تعداد بیمارستان‌ها یا فاصله جغرافیایی) تمرکز دارد و معمولاً داده‌های مقطعی را تحلیل می‌کند، درحالی‌که رویکرد پویا به انطباق، یادگیری، و تغییرات فعال (مانند آگاهی عمومی یا بهبود سیاست‌ها) توجه دارد و داده‌های سری زمانی یا فرایندهای دینامیک را بررسی می‌کند.

مقالات با رویکرد ایستا که به دلیل دسترسی آسان به داده‌های ثانویه و سادگی محاسباتی به‌ویژه در مقیاس‌های کلان، اکثریت قاطع مطالعات بررسی‌شده را شامل می‌شوند؛ عمدتاً با هدف ارزیابی پایه از تاب‌آوری، بر داده‌های مقطعی در یک بازه زمانی خاص، ویژگی‌های ذاتی و ثابت شهر متکی و به فرایندهای انطباقی، یادگیری و تحول سیستم در طول زمان کم‌توجه هستند.

مقالات محدودی که رویکرد پویا دارند از روش‌هایی مانند سنجش اثر مداخلات و معمولاً با کمک ابزارهای مکمل نظیر مدل‌های شبیه‌سازی در پی کاربری داده‌های سری زمانی و تحلیل روندهای بلندمدت، اندازه‌گیری تغییرات عملکرد سیستم در طول زمان، فرایندهای انطباقی و یادگیری پس از بحران هستند.

بخشی از مطالعات (حدود ۳۰ درصد) نیز از طریق سنجش متناوب شاخص‌ها، رویکردی شبه‌پویا (سنجش گسسته) را اتخاذ کرده‌اند، که به‌ویژه در مقیاس‌های خرد (مانند محله یا خانوار) به دلیل امکان دسترسی به داده‌های قابل پایش زمانی روشی مؤثر است. هرچند در ثبت دینامیک‌های زمانی تاب‌آوری، مانند روند پیوسته تغییرات در گذار بین مراحل سانه، ناکام است.

ذاتی یا تطبیقی: بر اساس مرور سیستماتیک، حدود ۶۰ درصد مقالات بر سنجش تاب‌آوری ذاتی تمرکز دارند که پتانسیل بالقوه متکی بر سرمایه‌های از پیش موجود و ثابت را می‌سنجد که جزء ساختاری سامانه هستند و به دلیل سهولت استانداردسازی و مقایسه، برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت مناسب‌اند. در مقابل، رویکردهای ترکیبی از طریق تلفیق تاب‌آوری تطبیقی که بر برخی

ظرفیت‌ها و توانایی‌های پویا نظیر یادگیری و یا تغییرات در اجزا در پی پاسخ به سانحه تأکید دارد با ظرفیت‌های ذاتی و پایه شهر، درک جامع‌تری ارائه می‌دهند.

پیشینی/پسینی: اکثر مطالعات بررسی‌شده، شاخص ترکیبی را با رویکرد پیشینی طراحی کرده‌اند که با استفاده از داده‌های پایه و سناریوسازی، در شناسایی نقاط ضعف و برنامه‌ریزی پیش از وقوع سانحه مؤثر هستند. رویکرد پسینی با تحلیل داده‌های تجربی، عملکرد واقعی در پی سانحه روی داده را می‌سنجد که به دلیل کمبود داده‌های سیستماتیک پس از بحران، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رویکرد زمانی چرخه سانحه: این معیار بر مراحل پیشاسانحه (آمادگی و پیشگیری)، حین سانحه (مقاومت و جذب شوک) و پساسانحه (بازیابی و سازگاری) تمرکز دارد. رویکرد ترکیبی کل چرخه را پوشش می‌دهد. ۵۶/۲۵ درصد مقالات، شاخص‌های ترکیبی را برای مرحله پیشاسانحه طراحی کرده‌اند، تنها ۵ درصد به مرحله حین سانحه پرداخته‌اند که به دلیل دشواری جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای، اغلب با شبیه‌سازی یا داده‌های غیرمستقیم سنجیده می‌شود.

مشارکتی/متخصص‌محور: غالب مقالات از رویکرد متخصص‌محور در طراحی شاخص‌های ترکیبی استفاده کرده‌اند که به دلیل استانداردسازی و کارایی، برای مقیاس‌های کلان مناسب است. با این حال، این رویکرد با نادیده گرفتن دانش و اولویت‌های محلی، می‌تواند به شاخص‌هایی با پذیرش اجتماعی محدود منجر گردد. رویکرد مشارکتی و ترکیبی اگرچه با درگیر کردن جامعه محلی از پتانسیل افزایش مشروعیت شاخص‌ها برخوردارند اما مشارکت بیان‌شده در اغلب مقالات به جمع‌آوری داده‌های خام محدود شده و در مراحل کلیدی مانند تعریف نشانگرها یا وزن‌دهی، نقش معناداری به جامعه محلی داده نشده است.

جدول ۵. دسته‌بندی رویکردهای پایه روش‌شناختی در مقالات

رویکرد	گونه	درصد فراوانی	مقالات نمونه (شماره مقاله)
پویا یا ایستا	ایستا	۹۲/۵	۶۳
	پویا	۷/۵	۴۸
ذاتی (پایه) یا تطبیقی	ذاتی	۶۱/۲۵	۷
	ترکیبی ذاتی و تطبیقی	۳۸/۷۵	۴
رویکرد زمانی ارزیابی	پیشینی	۸۳/۷۵	۱۱
	پسینی	۱۶/۲۵	۱۳
تمرکز گام زمانی چرخه سانحه	پیشاسانحه	۵۶/۲۵	۱۸
	حین سانحه	۵	۳۸
	ترکیبی (پیشا، حین، پسا)	۳۸/۷۵	۲۶
	متخصص‌محور	۷۲/۵	۴۳
مشارکتی یا تخصصی	مشارکتی	۱۲/۵	۵
	ترکیبی	۱۵	۷۳

ابزار پیاده‌سازی

باتوجه به هدف پژوهش حاضر اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری در تمام مقالات انتخاب‌شده، بر شاخص ترکیبی استوار است ولی برخی مقالات برای تکمیل اندازه‌گیری از برخی ابزارهای کیفی یا کمی مدل‌سازی به‌عنوان اجزای مکمل و ضروری، جهت فراهم آوردن چهارچوبی عملیاتی برای توسعه، محاسبه و اعتبارسنجی شاخص‌ها در برخی مراحل سنجش بهره‌برده‌اند که بر اعتبار و کاربرپذیری نتایج می‌افزاید.

جدول ۶. ابزارهای مورد استفاده

دسته‌بندی ابزارها	توضیح نقش ابزار مکمل	نمونه مقالات	درصد
شاخص ترکیبی	-	۱۸	۷۸/۷۵
شاخص ترکیبی + کیفی	جمع‌آوری داده‌های خام شاخص	۲۲	۱۲/۵
	تکمیل و اعتبارسنجی شاخص	۵	
	طراحی و تفسیر شاخص	۶۹	
شاخص ترکیبی + مدل	تأمین‌کننده داده	۴۶	۸/۷۵
	موازی	۲۸	

درصد	نمونه مقالات	توضیح نقش ابزار مکمل	دسته‌بندی ابزارها
	۶۲	سیستم نتایج شاخص ← مبنای تست سناریوها	محیط آزمایش

گام‌های ساخت شاخص

گام‌های فرایند ساخت شاخص ترکیبی با تشریح مراحل عملیاتی از طراحی ساختار اولیه تا تولید نتایج نهایی، چهارچوب نظام‌مندی برای ساخت شاخص و ارزیابی آن ارائه می‌دهد (جدول ۷).

طرح ساختاری: طرح ساختاری به چگونگی سازمان‌دهی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها برای اندازه‌گیری تاب‌آوری اشاره دارد. باتوجه به مقالات بررسی‌شده، این طرح‌ها را می‌توان در دو دسته کلی از کل به جز یعنی قیاسی-سلسله‌مراتبی و رویکرد از جزء به کل یا استقرایی جای داد.

شیوه گزینش نشانگرها و سنجه‌ها: اغلب مطالعات به دلیل سهولت پیاده‌سازی و عدم نیاز به حل تعارضات و اختلاف‌نظرها، از رویکرد بالا به پایین برای گزینش نشانگرهای تاب‌آوری شهری استفاده کرده‌اند. تعداد اندکی از مقالات از روش‌های مشارکتی (نظرسنجی ساکنان، کارگاه‌های محلی، یا مشارکت ذی‌نفعان غیرمختص) بهره برده‌اند.

گام‌های پردازش داده

وزن‌دهی: در نظر گرفتن وزن برابر با فرض تأثیر یکسان همه عوامل به دلیل سادگی، پرکاربردترین روش است، اما پیچیدگی‌های واقعی را نادیده می‌گیرد. روش‌های دانش‌مبنا با استفاده از نظر خبرگان دقت نظری را افزایش می‌دهند، اما مستعد ذهنیت و سوگیری هستند. در مقابل، روش‌های داده‌مبنا عینیت بیشتری ارائه می‌دهند، ولی برای اجرا به داده‌های باکیفیت و تحلیل‌های پیشرفته آماری نیاز دارند و اغلب عوامل کیفی و زمینه‌ای را در نظر نمی‌گیرند.

تقلیل داده: در زمینه ساده‌سازی و تمرکز بر مؤلفه‌های کلیدی، تحلیل عاملی با مزایای حذف افزونگی و حفظ واریانس داده‌ها، روشی غالب محسوب می‌شود. روش‌های مفهومی مبتنی بر قضاوت نیز به دلیل انعطاف و سادگی مرسوم هستند.

هم‌مقیاس‌سازی: برای قابلیت مقایسه مستقیم شاخص‌ها ضروری است. روش کمینه-بیشینه با استاندارد کردن داده‌ها در بازه ۰ تا ۱، بیشترین کاربرد را دارد.

اعتبارسنجی: پدیده‌هایی مانند تاب‌آوری به‌طور مستقیم قابل مشاهده نیستند، لذا ابعاد ارائه‌شده برای اندازه‌گیری آن‌ها، ساختارهای پنهان زیربنایی و نظری هستند که بر اساس تصمیماتی تا حدودی ذهنی تعریف و سنجیده می‌شوند (Shim & Kim, 2015). «اعتبارسنجی» برای پاسخ به این مسئله که مدل ارزیابی تا چه اندازه مفهوم نظری و واقعیت موردنظر را به‌خوبی بازتولید و شبیه‌سازی می‌کند، موردسنجش قرار می‌گیرد (Eddy et al., 2012). نتایج انواع گونه‌های اعتبارسنجی به تفکیک روش استفاده‌شده در جدول ۷ قابل مشاهده است.

جدول ۷. دسته‌بندی روش‌های به‌کاررفته در گام‌های ساخت شاخص ترکیبی در مقالات

معیار	گونه	درصد فراوانی	نمونه مقالات
گونه طرح ساختاری	قیاسی - سلسله‌مراتبی	۷۷/۵	۴۳
	استقرایی	۱۷/۵	۴۷
	نامشخص	۵	۲
روش گزینش نشانگرها	ادبیات‌محور	۳۰	۵۴
	داده‌مبنا	۲	۱۶
	ترکیب ادبیات و خبره	۳۳	۴۵
	ترکیب ادبیات و شاهدمبنا	۳	۲۷
تقلیل داده	ترکیب ادبیات و ادراکی	۱۲	۲۱
	تحلیل عاملی	۳۱/۲۵	۷
	روش مفهومی	۲۰	۳۹
	بیان/انجام‌نشده	۴۸/۷۵	۴۶
هم‌مقیاس‌سازی	کمینه-بیشینه	۶۱/۲۵	۲۶
	Z-score	۱۸/۷۵	۵۴

معیار	گونه	درصد فراوانی	نمونه مقالات
وزن دهی	طیفی/لیکرت	۱۰	۲۰
	سایر	۵	۴۳
	بیان/انجام نشده	۵	۳۹
	وزن برابر	۴۰	۳۸
	دانش مینا	۳۷/۵	۲۷
	داده مینا	۲۲/۵	۲۳
	بیان/انجام نشده	۱۰	۲۵
اعتبارسنجی	محتوایی	بازبینی و تأیید توسط متخصصان یا پنل دلفی	۴۸
		تأیید از طریق ابزار یا پرسش نامه استاندارد	۲۰
	متقابل	مقایسه با مطالعات یا شاخص های دیگر	۴۶
		مقایسه با داده ها یا مشاهدات میدانی	۶۱
		مقایسه روش های مختلف در همان مطالعه	۵۷
		استفاده از معیارهای آماری برای سنجش دقت	۳۳
	خارجی	مقایسه با داده های یک رویداد واقعی خاص	۲۸
		مقایسه با داده های میدانی/ گزارش های محلی	۱۶
		مقایسه با یک شاخص یا الگوی شناخته شده از واقعیت	۷
		ارزیابی عملکرد بر اساس نتایج عینی	۱۹
	تست استحکام	انجام نشده	۶۹
		روش ها و پارامترهای وزن دهی	۴۳
		پارامترهای خاص مدل و داده های ورودی	۲۷
		آزمون پایداری رتبه بندی با تغییر ساختار مدل	۴۷
		تحلیل ساختار درونی و روابط بین عناصر	۵۸

تحلیل استحکام: ساخت شاخص های ترکیبی فرایندی چندمرحله ای است که در طول هر مرحله، توسعه دهندگان شاخص با انتخاب هایی روبه رو می شوند. این انتخاب ها می تواند به طور قابل توجهی بر خروجی آن تأثیر بگذارد (Tate, 2012). فقدان تحلیل استحکام در حدود ۸۰ درصد مقالات بررسی شده در این پژوهش، شکاف بین ادعاهای نظری و کاربرد عملی را عمیق تر کرده و قابلیت اتکای شاخص های ترکیبی را در برابر تغییرات فرضیات چهارچوب اندازه گیری تضعیف می کند.

ارکان محتوایی

یک شاخص ترکیبی بیش از هر چیز، تحت تأثیر اجزای تشکیل دهنده و تا حد زیادی کیفیت نشانگرهای اساسی آن قرار می گیرد. انتخاب نشانگرها نیز تحت تأثیر هدف، چهارچوب مفهومی و طراحی ساختاری شاخص قرار دارند (Parsons et al., 2016).

بخش «ارکان محتوایی» با پاسخ به پرسش کلیدی «چیستی؟»، به واکاوی سه معیار اصلی می پردازد:

نخست، «جامعیت محتوایی» که میزان پوشش ابعاد گوناگون سیستم شهری را مورد ارزیابی قرار می دهد. دوم، «منابع داده» که به بررسی ماهیت و گونه داده های مورد استفاده (اولیه یا ثانویه) در ساخت شاخص می پردازد و سوم، «عناصر سازنده شاخص ترکیبی» که متغیرها و نشانگرهای بنیادینی که ساختمان نهایی شاخص را شکل می دهند، مشخص می سازد.

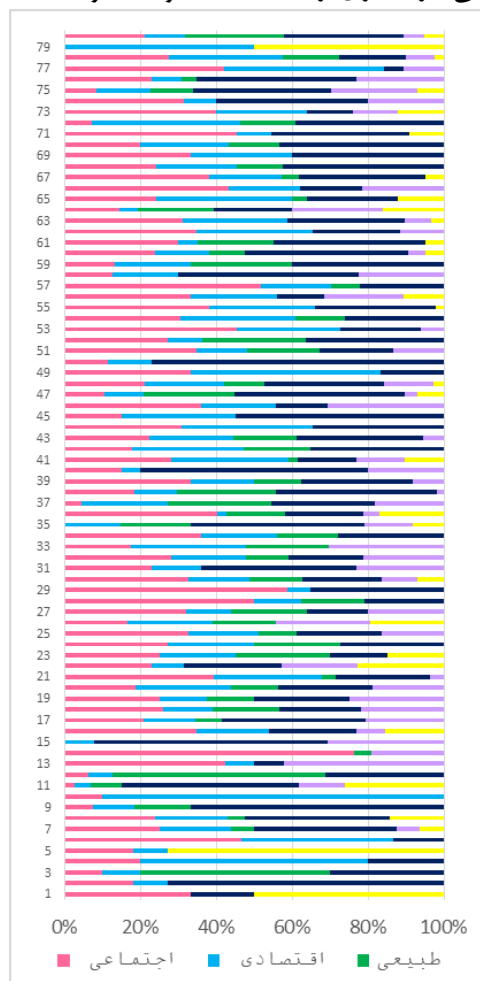
جامعیت محتوایی

در زمینه تفکیک مفهوم تاب آوری در قالب ابعاد چندگانه، مطالعات گوناگون از دسته بندی های متفاوتی استفاده کرده اند. کلی ترین دسته بندی شامل دو بعد اجتماعی و اقتصادی و بیشترین تعداد نیز شامل هفت بعد مجزا است.

جهت بررسی متغیرهای به کاررفته در ساخت شاخص ترکیبی، پس از کنار گذاردن موارد تکراری، ۸۶۸ متغیر متمایز شناسایی شد. تنوع بسیار زیاد متغیرها نشانگر عدم وجود اجماع بر چهارچوبی استاندارد از عناصر سنجنده است. طیفی از تعداد متغیر در مطالعات از ۵ تا ۱۱۵ مورد در قالب یک شاخص ترکیبی ارائه شده است. این ضریب تغییرات بالای تعداد سنجه های مقالات، نشان دهنده پراکندگی بسیار شدید در تعداد متغیرهای شاخص ها است. این موضوع، دستیابی به چهارچوبی استاندارد برای سنجش و اندازه گیری تاب آوری را با مشکل مواجه می کند.

از منظر جامعیت محتوایی، همان گونه که در شکل ۳ مشهود است، بعد زیرساختی به طور پیوسته و در اکثر قریب به اتفاق

مقالات، دارای بیشترین تعداد متغیر است. بعد اقتصادی نیز در بسیاری از مقالات به‌طور برجسته‌ای حضور دارد. بعد اجتماعی نیز گرچه در بسیاری از مقالات دیده می‌شود، اما تعداد متغیرهای آن معمولاً از ابعاد زیرساختی و اقتصادی کمتر است که این موضوع باتوجه به ماهیت کیفی و وابستگی بسیاری متغیرهای این بعد به منابع داده اولیه توجیه‌پذیر است. توجه به بعد نهادی بسیار پراکنده و نامتوازن است. بعد زیست‌محیطی، در بسیاری از مقالات غایب و یا محدود است.



شکل ۳. درصد فراوانی ابعاد در هر شاخص ترکیبی

منابع داده

از مجموع مقالات بررسی‌شده، ۵۲/۵ درصد کاملاً بر منابع ثانویه مانند شاخص‌های کلان اقتصادی-اجتماعی و داده‌های مکانی تکیه دارند. سایر مقالات به‌واسطه بهره‌گیری از پرسش‌نامه، مصاحبه و اطلاعات میدانی و اندازه‌گیری مستقیم وضعیت، از ترکیبی از منابع اولیه و ثانویه برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز استفاده کرده‌اند؛ اگرچه در این موارد ترکیبی نیز داده‌های ثانویه، منبع غالب متغیرها را شکل می‌دهند.

عناصر شکل‌دهنده شاخص ترکیبی

برای رسیدن به عناصری که بیشترین کاربرد را در بین شاخص‌های ترکیبی داشتند از فراوانی «نشانگرها» جهت تحلیل بهره برده می‌شود. به دلیل تنوع زیاد متغیرهای معطوف به یک مفهوم مشترک، نشانگرها، درک درست‌تری از چستی مفاهیم موردسنجش را در اختیار می‌نهند. بدین منظور در فرایندی از جز به کل، پس از استخراج کلیه متغیرهای به‌کاررفته و حذف متغیرهای تکراری، متغیرهای باقیمانده باتوجه به اجماع نسبی طبقه‌بندی‌های ارائه‌شده در مقالات موردبررسی، در قالب نشانگرها

دسته‌بندی شدند. جدول ۸، نشانگرها را با درصد فراوانی تکرار آن‌ها در مجموع شاخص‌ها و همچنین به تفکیک دسته‌بندی سوانح و واحد تحلیل مقالات نشان می‌دهد.

جدول ۸. درصد فراوانی تکرار نشانگرها در مجموع مقالات به تفکیک نوع سانحه و واحد تحلیل

نشانگر	درصد کل	نوع سانحه					واحد تحلیل	
		هیدرولوژیکی	ژئوفیزیکی	چندگانه اقلیمی	ترکیبی	محلی و خرد	نواحی شهری	شهر و شهرستان
شرایط سنی جمعیت	۶۱							
وضعیت اقتصادی خانوار (درآمد، زیر سطح فقر، دارایی‌های مولد، پس‌انداز)	۵۹							
زیرساخت‌های حمل‌ونقل	۵۹							
تراکم جمعیتی و مسکونی	۵۸							
وضعیت سواد و تحصیل	۵۱							
نرخ اشتغال و بیکاری	۵۰							
دسترسی به خدمات ارتباطی و اطلاعاتی (اینترنت، تلویزیون، تلفن)	۴۵							
درصد سطوح سبز و باز (طبیعی، پارک‌ها)	۴۴							
دسترسی به زیرساخت بهداشتی-درمانی	۴۴							
وضعیت اقتصادی شهر (GDP، دارایی‌ها، درآمدها، مالیات)	۴۳							
کیفیت سازه‌ای ابنیه (عمر و کیفیت ساخت)	۴۱							
ظرفیت افراد حرفه‌ای پزشکی	۴۱							
دسترسی به خدمات آتش‌نشانی	۴۰							
پوشش بیمه (سوانح-درمانی)	۳۹							
مالکیت مسکن	۳۸							
دسترسی به آب سالم (منابع طبیعی-شبکه شهری)	۳۵							
انسجام اجتماعی (پیوندهای خویشاوندی-محلی)	۳۴							
دسترسی به زیرساخت آموزشی	۳۳							
زیرساخت پیشگیری-استحکام در برابر سوانح (سدها، خاک‌ریزها و ...)	۳۲							
درصد جمعیت/ ابنیه در معرض خطر سوانح	۳۱							
مشارکت مدنی (در برنامه‌ریزی شهری و کاهش خطر)	۳۱							
سیستم‌های هشدار سریع	۳۰							
آموزش و آگاهی جمعی مرتبط با سوانح	۳۰							
ادغام ریسک سوانح در طرح‌های شهری	۲۹							
مقررات و ضوابط ساختمانی	۲۸							
نابرابری مالی در سطح شهری (جینی، شاخص محرومیت، نابرابری قومی/نژادی)	۲۸							
طرح‌ها و برنامه‌های کاهش ریسک سوانح	۲۸							
زیرساخت ارتباطی و اطلاع‌رسانی (آگاهی بخشی عمومی، دسترسی عمومی به داده‌های سوانح)	۲۸							
حمایت جمعی (کمک به خویشاوند و همسایه)	۲۶							
سازمان‌های حمایت اجتماعی ثبت‌شده	۲۶							
ساختار خانواده (بعد خانوار، وضعیت سرپرست)	۲۶							
سازمان مدنی غیردولتی و مردم‌نهاد	۲۵							
برابری جنسیتی (اشتغال، تحصیلات، درآمد)	۲۳							
بودجه/هزینه کاهش ریسک سوانح	۲۳							
فعالیت‌های داوطلبانه و مردم‌نهاد	۲۲							
آسیب‌پذیری مسکن (خانه متحرک، غیررسمی، حاشیه‌نشینی، فرسوده)	۲۲							
مشاغل آسیب‌پذیر و مقاوم (حساس به سوانح، طبقه خلاق)	۲۰							
دسترسی به پناهگاه	۲۰							
تنوع منابع اقتصاد شهری (عدم وابستگی تک منبع، سهم بخش غیررسمی)	۲۰							
دسترسی به سرپناه بالقوه (مسکن موقت، واحدهای خالی و اجاره‌ای)	۲۰							

واحد تحلیل		نوع سانه				درصد کل	نشانگر
شهر و شهرستان	محلی و خرد شهری	ترکیبی	چندگانه اقلیمی	ژئوفیزیکی	هیدرولوژیکی		
						۱۹	نگهداری و پایش مداوم زیرساخت حیاتی
						۱۹	وضع عمومی سلامت جامعه (جسمی-روانی)
						۱۹	طرح‌ها و برنامه‌های اضطراری
						۱۹	انسجام بین نهادهای شهری، همکاری با نهادهای فراشهری
						۱۸	اعتماد اجتماعی به حاکمیت و رهبران
						۱۸	زیرساخت تجاری-بازرگانی
						۱۸	مؤلفه‌های آسیب‌پذیری محلی (شیب، ارتفاع زمین و ..)
						۱۶	توانایی زبانی
						۱۶	مشارکت سیاسی
						۱۶	جمعیت نیازمند به کمک (معلولیت، بی‌سرپرست)
						۱۶	بودجه امدادی و پاسخ اضطراری
						۱۵	نسبت جنسیتی
						۱۵	وابستگی مذهبی (اماکن، گروه‌ها، فعالیت‌ها)
						۱۴	اعتماد اجتماعی به یکدیگر
						۱۴	دسترسی به خدمات فرهنگی/هنری/ورزشی
						۱۴	حفاظت از محیط‌زیست (درصد مناطق حفاظتی)
						۱۳	دسترسی به شبکه‌های اجتماعی
						۱۳	دسترسی به زیرساخت قابل اطمینان انرژی (برق-گاز)
						۱۲	تأمین مسکن (مقرون‌به‌صرفه، سرانه اتاق/مترآز)
						۱۲	طرح‌های حفاظت از محیط‌زیست
						۱۱	بودجه بازسازی شهری (وام)
						۱۱	وضعیت اقتصادی شرکت‌های اقتصادی (سودآوری، دارایی‌ها)
						۱۱	حفاظت از داده‌های حیاتی
						۱۱	دسترسی به زیرساخت امداد و نجات
						۱۱	ادراک ریسک و نگرانی
						۱۰	تعلق به مکان (سابقه سکونت)
						۱۰	دسترسی به خدمات پلیس
						۱۰	طرح‌ها و برنامه‌های بازسازی
						۹	طرح‌ها و برنامه‌های پیش‌بینی (پایش داده‌ها)
						۹	امنیت غذایی خانوار
						۹	وجود تجربه پیشین؛ یادگیری و مستندنگاری
						۹	دسترسی به منابع انرژی تجدیدپذیر
						۹	زیرساخت تخلیه
						۸	دسترسی به زیرساخت فاضلاب
						۶	نیروی انسانی ماهر برای پاسخ و مدیریت شرایط اضطراری
						۶	همکاری مؤثر نهادهای خصوصی-دولتی
						۵	مالکیت وسیله نقلیه
						۴	دسترسی به زیرساخت زباله
						۴	بودجه تحقیقات و توسعه
						۴	کاربست نوآوری و هوش مصنوعی کاهش ریسک
						۴	بهره‌گیری از دانش بومی در کاهش ریسک
						۴	ایمان و باورهای فردی
						۴	نرخ جرم و احساس امنیت

بحث

زمینه مطالعاتی

باتوجه به مرور سیستماتیک، واحد تحلیل و نوع سانحه عوامل تعیین کننده اصلی در انتخاب متغیرها و ابعاد هستند، درحالی که موقعیت جغرافیایی (کشور) نقش کم رنگ تری دارد. چهارچوب های نظری سرمایه محور عمدتاً در مقیاس های کلان و چهارچوب های فرایند-ظرفیت محور با نیاز به داده های کیفی و عملکردی، بیشتر در مقیاس خرد (محل) به کار رفته اند. در بحث فرایندی نیز نظر به اهمیت دسترسی به داده و سطح جزئیات مورد نیاز، یافته ها حاکی از کاربرد طرح استقرایی در مقیاس محلی و طرح ترکیبی در مقیاس ناحیه ای است. بر اساس همین امکانات و محدودیت های داده، در مقیاس محلی بیشتر از اعتبار متقابل، در مقیاس ناحیه ای از اعتبار محتوایی و در مقیاس شهرستان از اعتبار صوری استفاده شده است.

مبانی نظری و کاربردی

چهارچوب نظری

از نگاه عناصر ساختاری چهارچوب پایه غالب مطالعات از چهارچوب های ایستا و سرمایه محور برای سنجش استفاده می کنند که با تمرکز بر ابعاد چندگانه شهری و ارزیابی سریع و مقایسه ای برای برنامه ریزی شهری مناسب است، اما برهم کنش بین بخشی را نادیده می گیرد. رویکرد فرایندی-ظرفیت محور با تأکید بر مراحل سانحه، برای پایش پویا مانند مدیریت زیرساخت ها و سنجش پیامد یک پروژه مناسب است، اما اندازه گیری آن با محدودیت های روش و الزام به کاربرد ابزار مکمل و همچنین دسترسی به داده های گسترده مواجه است. رویکرد ریسک محور با کم توجهی به بسیاری از ارکان سازنده تاب آوری، بیشتر به عنوان معکوس «آسیب پذیری» در گام «مدیریت ریسک» مؤثر است. توجه به رویکرد قیاسی با تأکید بر ضرورت تطبیق شاخص های پیشین باتوجه به داده ها و زمینه های محلی و ایجاد تعادل بین اعتبار نظری و کاربردی بودن، امری مثبت و کارآمد در مطالعات است. هرچند تنوع چهارچوب های پایه استفاده شده و تعدیل آن ها در تناظر با اقتضائات محلی، مقایسه پذیری نتایج را دشوار می نماید. به طور کلی، نتایج نشان دهنده تنوع قابل توجه و عدم وجود چهارچوب نظری استاندارد برای اندازه گیری تاب آوری است که هرچند موجب نوآوری می شود ولی مقایسه پذیری و یکپارچگی مفهوم سازی پدیده تاب آوری را دشوار کرده است.

هدف

اکثر مطالعات با اهدافی صرفاً تشخیصی، نظیر اندازه گیری وضعیت موجود، شناسایی نقاط ضعف و رتبه بندی، به تولید دانشی ایستا و عمدتاً مبتنی بر چهارچوب های سرمایه محور محدود شده اند. اگرچه به دلیل استفاده از رویکردهای قطعی، شفافیت و مقایسه پذیری بالایی دارند، اما به دلیل داده های مقطعی و با توجه عدم تحلیل حساسیت، آثار زمانی را نادیده می گیرند. اهداف کاربردی تر، مانند پایش مداخلات یا ارائه راهکارهای تجویزی، تنها در بخش کوچکی از مقالات دنبال شده اند که این موضوع چالش شکاف بین «سنجش» و «عمل» را برجسته می سازد.

ارکان روش شناختی

رویکردهای روش شناختی

نتایج نشان می دهد که گرایش غالب در روش شناسی شاخص های ترکیبی تاب آوری، به سمت رویکردهای ایستا، ذاتی، پیشینی و متخصص محور است. این سلطه را از یک سو می توان به ماهیت شاخص ترکیبی مرتبط دانست و همچنین می توان ناشی از ملاحظات عملی همچون در دسترس بودن داده های ثانویه، سادگی محاسبات و سهولت استانداردسازی برای مقایسه پذیری در مقیاس کلان دانست. برای نمونه، غلبه سنجش ایستا و تاب آوری ذاتی نشان می دهد که ادبیات موجود عمدتاً بر پتانسیل بالقوه و تصاویر مقطعی از تاب آوری متمرکز است، درحالی که ماهیت پویا، تطبیقی و فرایند محور تاب آوری را تا حد زیادی نادیده می گیرد. این شکاف بین آنچه سنجیده می شود (ظرفیت ثابت) و آنچه در واقعیت رخ می دهد (فرایند پویای مقابله و بازیابی) یک محدودیت بنیادین و تا حدودی گریزناپذیر شاخص های ترکیبی محسوب می شود. استفاده از کلان داده ها مانند تصاویر ماهواره ای

با قدرت تفکیک زمانی بالا، داده‌های شبکه‌های اجتماعی، و اینترنت اشیا می‌تواند امکان پایش شبه‌پیوسته و ثبت روندهای تاب‌آوری را فراهم کند. برخی مطالعات با بهره‌گیری کلان‌داده‌ها پایش بهتری از وضعیت تاب‌آوری ارائه کرده‌اند (Kontokosta & Malik, 2018).

در زمینه بهره‌گیری از رویکردهای از پایین به بالا هرچند کاربرد رویکردهای ترکیبی در برخی از مقالات (۱۵ درصد) نشان‌دهنده مسیریابی برای زمینه‌گرایی شاخص‌ها از طریق تلفیق دانش تخصصی و جامعه‌ای است اما درمجموع رویکرد مشارکتی کم‌رنگ است (۱۲/۵ درصد). برای پوشش شکاف مشروعیت در شاخص‌های متخصص‌محور، ضروری است فرایندهای مشارکتی از مرحله جمع‌آوری داده‌های ذهنی فراتر رفته و در مراحل کلیدی مانند تعریف نشانگرها، وزن‌دهی و تفسیر نتایج نهادینه شوند. بهره‌گیری از پلتفرم‌های مشارکتی می‌تواند کمک‌کننده باشد، برای نمونه برخی پژوهشگران با به‌کارگیری روش GIS و مشارکت سه‌جانبه متخصصان، مقامات محلی و اعضای جامعه، به جمع‌آوری و تجسم دانش بومی و نیازهای محلی بر روی نقشه‌ها پرداخته‌اند (Pfefferbaum et al., 2015).

ابزار پیاده‌سازی

انتخاب ابزار، تحت تأثیر هدف اولیه مطالعه و در پیوند با رویکردهای روش‌شناسی قرار دارد و همچنین انتخاب یک ابزار تحلیلی به‌عنوان یک «عنصر مبنا» هدایتگر مراحل بعدی ساخت و سنجش شاخص ترکیبی است. نتایج مرور مقالات منتخب نشان می‌دهد مطالعاتی که صرفاً از شاخص ترکیبی استفاده می‌کنند، تمایل قوی به سنجش تاب‌آوری ذاتی، در مرحله پیش‌سازمانده، با رویکردی پیشینی و ایستا دارند و عمدتاً متخصص‌محور هستند. در مقابل، هنگامی که ابزارهای کیفی به شاخص ترکیبی افزوده می‌شوند، این رویکرد به سمت سنجش ابعاد تطبیقی، تمرکز بر مرحله پس‌سازمانده، با دیدگاهی پسینی و پویا متمایل شده و توازن بیشتری بین نظر متخصصان و مشارکت ذی‌نفعان برقرار می‌کند. ترکیب شاخص ترکیبی با مدل‌سازی، که ذاتاً یک ابزار پویا و پیشینی است، موجب اتخاذ رویکردی ترکیبی ذاتی-تطبیقی در مطالعات بوده که امکانات جدیدی را در تکمیل شاخص ترکیبی در اختیار تصمیم‌گیران شهری قرار داده‌اند.

گام‌های ساخت شاخص

طرح ساختاری: انتخاب طرح ساختاری، یک تصمیم استراتژیک است که به هدف پژوهش، ماهیت داده‌های در دسترس و سطح بلوغ چهارچوب نظری در زمینه مطالعه موردی بستگی دارد و خود به‌طور زنجیروار، انتخاب‌های روش‌شناختی بعدی در فرایند گزینش و کاهش نشانگرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلبه طرح ساختاری قیاسی-سلسله‌مراتبی به‌عنوان پارادایم مسلط در ساخت شاخص حاکی از تکامل و استانداردسازی نسبی در این حوزه است. بااین‌حال، وجود طرح‌های استقرایی و ترکیبی نشان‌دهنده تلاش‌های ارزشمند برای درک بهتر پیچیدگی‌های زمینه‌محور تاب‌آوری و توسعه روش‌های منعطف‌تر است. مطالعاتی که از طرح قیاسی-سلسله‌مراتبی استفاده کرده‌اند، در گام گزینش نشانگرها تمایل شدیدی به بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی (ادبیات و خبره) داشته‌اند. در مقابل، طرح‌های استقرایی که ذاتاً داده‌محور هستند، به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از روش‌های داده‌مبنا و خبره‌محور بهره‌برده‌اند تا اطمینان حاصل شود که نشانگرهای انتخاب‌شده، به‌طور تجربی قابل‌سنجش و معنادار هستند.

شیوه گزینش نشانگرها و سنجش‌ها: با توجه به نتایج مرور مقالات بررسی‌شده، غلبه رویکرد بالا به پایین به‌ویژه بررسی ادبیات و روش‌های متخصص‌محور، برآمده از تسلط پارادایم پوزیتیویستی، که عینیت و کمی‌سازی را اولویت می‌دهد و چالش‌های عملی روش‌های مشارکتی مانند هزینه بالا، زمان‌بر بودن، و پیچیدگی مدیریت تعارضات ذی‌نفعان است. روش‌های مشارکتی و ترکیبی با تلفیق داده‌های عینی و ذهنی، تصویر کامل‌تری ارائه می‌دهند، اما به دلیل پیچیدگی، کمتر استفاده شده‌اند. بنابراین یک چالش اصلی در زمینه انتخاب عنصر شاخص، فقدان مشارکت واقعی جامعه در طراحی شاخص‌ها است.

پردازش داده

کاهش داده: نتایج مرور مقالات نشان می‌دهد که روش تحلیل عاملی به دلیل مزایایی چون حذف افزونگی و شناسایی مؤلفه‌های اصلی با حفظ واریانس، یک روش پرکاربرد در کاهش داده است که برای داده‌های کمی با توزیع‌های آماری مشخص مناسب

است، اما الزامات داده‌ای، استفاده از آن را در مطالعات با منابع محدود کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، روش‌های مفهومی به دلیل سهولت و انعطاف‌پذیری در انتخاب شاخص‌ها بر اساس قضاوت متخصصان رایج‌اند، اما ممکن است به ذهنیت و سوگیری منجر شوند. استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر مانند تحلیل خوشه‌ای یا روش‌های یادگیری ماشین می‌تواند پویایی‌های سیستمی را بهتر مدل‌سازی کنند، اگرچه به داده‌های گسترده و زیرساخت محاسباتی نیاز دارند. لذا انتخاب روش مناسب این گام متناسب با شرایط زمینه و امکانات صورت می‌پذیرد.

هم‌مقیاس‌سازی: باتوجه‌به مقالات بررسی‌شده، روش کمیته-بیشینه به دلیل سادگی، تفسیر آسان و استانداردسازی داده‌ها که مقایسه مستقیم شاخص‌ها را تسهیل می‌کند غالب است. بااین‌حال، این روش در برابر داده‌های پرت حساس است و توزیع غیرخطی را نادیده می‌گیرد. Z-score برای داده‌های با توزیع نرمال مناسب‌تر است، اما پیچیدگی محاسباتی استفاده از آن را محدود می‌کند. روش‌های طیفی/لیکرت به دلیل انعطاف در داده‌های کیفی کاربرد دارند، اما استانداردسازی کمتری ارائه می‌دهند. وزن‌دهی: باتوجه‌به یافته‌های به‌دست‌آمده از تحلیل مقالات منتخب، «وزن‌دهی برابر» به دلیل سادگی و عدم نیاز به توجیه برای وزن‌های متفاوت غالب است، اما فرض تأثیر یکسان همه متغیرها، پیچیدگی‌های واقعی تاب‌آوری را ساده‌انگاری می‌کند. روش‌های دانش‌مبنا به دلیل استفاده از قضاوت متخصصان دقت نظری را افزایش می‌دهند، اما ذهنیت و سوگیری‌های احتمالی آن‌ها چالش‌برانگیز است. روش‌های داده‌مبنا نیز گرچه عینیت بیشتری ارائه می‌دهند، اما به داده‌های باکیفیت و تحلیل‌های آماری پیشرفته نیاز دارند. شکاف اصلی مشاهده‌شده در مطالعات، عدم شفافیت در بیان فرایند وزن‌دهی و فقدان تحلیل حساسیت برای ارزیابی تأثیر وزن‌ها بر نتایج است، که قابلیت اتکای شاخص‌ها را کاهش می‌دهد.

اعتبارسنجی: نتایج حاصل از مرور نظام‌مند ۸۰ مقاله نشان می‌دهد که مطالعات با هدف «توسعه یا اعتبارسنجی چهارچوب»، به‌طور معناداری از تنوع بیشتری در راهبردهای اعتبارسنجی بهره‌برده‌اند. پژوهش‌های مبتنی بر چهارچوب‌های نظری سرمایه‌محور مانند مدل‌های DROP و BRIC که بر سنجش سرمایه‌های عینی و کمی‌پذیر جامعه تأکید دارند، بیش از سایرین از روش «اعتبارسنجی متقابل» استفاده کرده‌اند. در حدود ۴۵ درصد از مقالات بررسی‌شده، هیچ‌گونه اعتبارسنجی مبتنی بر مقایسه با یک منبع خارجی (اعم از اعتبارسنجی متقابل با روشی دیگر یا اعتبارسنجی خارجی با داده‌های واقعی) گزارش نشده است. این شکاف مهم، نشان‌دهنده ضعف در آزمون عملکرد و کارایی چهارچوب‌های پیشنهادی در مواجهه با شرایط واقعی است. تحلیل استحکام: باتوجه‌به عدم اجماع بر بهینه‌ترین گزینش در هر یک از مراحل ساخت شاخص ازجمله طرح ساختاری، هم‌مقیاس‌سازی، وزن‌دهی و رتبه‌بندی، ضروری است جهت بهبود استحکام روش و جلوگیری از انحراف شدید نتایج رتبه‌بندی بر اساس انتخاب‌های ذهنی توسعه‌دهنده شاخص، منابع حساسیت و عدم قطعیت بررسی شوند. تحلیل استحکام برای ارزیابی تأثیر عدم قطعیت‌ها بر نتایج حیاتی است، اما به دلیل پیچیدگی محاسباتی و زمان‌بر بودن کمتر استفاده شده است. به‌طورکلی، فقدان تحلیل استحکام در بیش از ۷۶ درصد از مقالات، قابلیت اتکای شاخص‌های ترکیبی را در برابر تغییرات فرضیات چهارچوب تضعیف می‌کند.

ارکان محتوایی

در روش شاخص‌مبنا تلاش می‌شود با ساده‌سازی پدیده پیچیده‌ای مانند تاب‌آوری در قالب چند سرمایه، آن را مفهوم‌سازی و اندازه‌گیری نمود. لذا این مسئله طرح می‌شود که تا چه حد می‌توان پدیده چندبعدی مانند تاب‌آوری شهری را در قالب «یک شاخص واحد» بیان نمود و مقدار نهایی را در خدمت تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی شهری تفسیر کرد؟ باید توجه داشت ساده‌سازی در فرایند ساخت مدل‌ها و چهارچوب‌های اندازه‌گیری و بروز برخی ضعف‌های انتساب اعداد به مفاهیم پیچیده، اجتناب‌ناپذیر است. آنچه اهمیت دارد مسئله کنترل «میزان» ساده‌سازی مفهومی است تا ساخت شاخص از ماهیت واقعی پدیده تاب‌آوری فاصله نگیرد. جهت رفع این چالش، پژوهشگران در تحلیل یافته‌ها نیز بر لزوم توجه و بازگشت به مبانی نظری زیربنایی و اجزای سازنده هنگام تفسیر نتایج رقومی نهایی تأکید دارند. اما چالش‌هایی وجود دارد ازجمله تعداد زیاد مؤلفه و نشانگر، ضمن ایجاد مشکلات

هم‌پوشانی و دسترسی دشوار به داده‌ها، سخت شدن تفسیر نهایی با ارجاع دوباره به اجزای متعدد را به دنبال دارد. نتایج بررسی شاخص‌ها در این پژوهش نشان می‌دهد در مورد تعداد متغیرها معیار موردتوافقی وجود ندارد و استاندارد و نشانه روشی از حداقل و حداکثر تعداد و میزان تأثیر آن‌ها بر دقت نتیجه نهایی وجود ندارد. در این زمینه محدود کردن تعداد و کالبره کردن متغیرهای سنجنده نشانگرها از طریق روش‌های مشارکتی (کارشناسان بومی و مخاطبان محلی) و همچنین بازبینی پیوسته شاخص‌ها بر اساس تجربیات سوانح در حوزه جغرافیایی موردنظر، می‌تواند به گزینش مناسب‌ترین و پاسخ‌ده‌ترین نشانگرها باتوجه به اقتضائات مکانی و زمانی کمک نماید.

بیشتر مقالات، سازمان‌دهی متغیرها را بر اساس تفکیک ابعاد یا قلمروهای تاب‌آوری بنا نهاده‌اند. اگرچه گزارش جداگانه حوزه‌های شهری می‌تواند درکی از وضعیت شهر و کاستی‌ها در بخش‌های گوناگون ارائه دهد ولی باتوجه به ماهیت بینابخشی حوزه‌های شهری، تفکیک تاب‌آوری به ابعادی با مرزبندی صریح می‌تواند گمراه‌کننده باشد. همچنین در صورت بی‌توجهی به «اثر مرز» در مقایسه واحدهای خردتر و «اثر ناهمگونی درونی» در مقایسه واحدهای تحلیل کلان، کاربری نتایج در حوزه تصمیم‌گیری با چالش همراه خواهد بود.

در زمینه منابع داده، بیش از نیمی از مقالات، تنها از داده کمی و ثانویه استفاده کرده‌اند. بی‌توجهی به داده‌های دست‌اول و اطلاعات شناختی و رفتاری شهروندان، ممکن است منجر به تضعیف نتایج اندازه‌گیری در پیش‌بینی واکنش جمعی در برابر سوانح شود. بنابراین علی‌رغم سهولت دسترسی، کاربرد و تفسیر ساده‌تر نتایج بر اساس داده‌های کمی، پیشنهاد می‌شود داده‌های اولیه، کیفی و انسان‌محور به‌ویژه در مقیاس محلی در شاخص‌های تاب‌آوری شهری مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۹. چالش‌های شاخص ترکیبی از منظر وضعیت معیارهای چهارچوب تحلیلی

رکن	مبحث	چالش	الزامات / امکانات
زمینه‌ای	مقیاس مکانی بهینه	گزینش متغیرهای مناسب هر مقیاس	توسعه شاخص‌های ترکیبی چندمقیاسه با یک هسته استاندارد قابل مقایسه
		تفاوت‌های درون‌مقیاسی	تحلیل وابستگی‌های متقابل و برهمکنش‌ها بین واحدهای مطالعاتی
		اثر مرز و همسایگی	
مبانی	چهارچوب نظری و هدف	چیرگی چهارچوب‌های نظری سرمایه‌محور و بی‌توجهی به فرایندها و برهمکنش‌ها و شکاف بین سنجش و عمل در مطالعات کاربردی شهری	سنجش روابط متقابل ابعاد شهری و تقویت اندازه‌گیری با همراهی مدل‌های پویا و توجه به مسیرهای پایش و تجویز در طراحی شاخص
روش‌شناسی	رویکرد روش‌شناسی	ایستایی و تمرکز بر تاب‌آوری ذاتی و پیشینی با عدم حساسیت به پویایی زمانی	سنجش متغیرها در مقاطع زمانی چندگانه، بهره‌گیری از ابزار مکمل جهت تست سناریو مبتنی بر نتایج شاخص ترکیبی و تکنیک‌های شبیه‌سازی جهت تقویت داده‌های ورودی به شاخص
		خلأ روش‌های مشارکتی	بهره‌گیری از فرایندهای مشارکتی در همه مراحل تعریف نشانگرها، وزن‌دهی و تفسیر نتایج افزون بر جمع‌آوری داده
		عدم تعادل در پرداختن به چرخه زمانی چندگانه سازه	امکان استفاده از کلان‌داده‌ها برای تقویت داده‌های تجربی و چندزمانه چرخه سوانح
	گام‌های ساخت شاخص	چالش کاربری روش‌های بهینه وزن‌دهی، هم‌مقیاس‌سازی و رتبه‌بندی کم‌توجهی به اعتبارسنجی	تحلیل حساسیت و عدم قطعیت استفاده ترکیبی از روش‌های اعتبارسنجی (محتوایی، متقابل، خارجی)
محتوایی	ساده‌سازی مفهومی	ابهام مفهومی از پدیده پیچیده به شاخص واحد نبود توافق بر سر نشانگرها و سنجه‌های بهینه تاب‌آوری شهر	لزوم بازگشت به مبانی نظری و اجزای سازنده هنگام تفسیر نتایج رقومی نهایی لزوم کالبراسیون چهارچوب‌های جهانی با روش‌های مشارکتی و تطبیق با سوانح واقعی محلی
	ماهیت عناصر سازنده	عدم تعادل محتوایی	پوشش متوازن تمام ابعاد با توجه ویژه به ابعاد مغفول (نهادی، زیست‌محیطی)
		تمرکز بر منابع داده ثانویه و کمی	بهره‌گیری از کلان‌داده‌ها مانند شبکه‌های اجتماعی جهت تقویت داده‌های رفتاری واقعی

نتیجه‌گیری

برای اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری، رویکرد بی‌نقص، استاندارد و جهان‌شمولی وجود ندارد، این مسئله تدوین یک چهارچوب تحلیلی تاب‌آوری و ابزار اندازه‌گیری آن را با چالش‌های برآمده از انتخاب‌های توسعه‌دهندگان روش مواجه می‌کند که این مهم درباره تاب‌آوری در مقیاس شهری که برون‌دادهای سنجش آن، مبنای تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری مرتبط با برنامه‌ریزی شهرها واقع می‌شود، اهمیت دوچندان می‌یابد. از همین رو تلاش این مقاله بر آن بوده است تا باتوجه به کاربرد گسترده شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری شهری، بر مبنای مرور ۸۰ مقاله معتبر، به چالش‌های این روش اندازه‌گیری بپردازد.

شاخص‌های ترکیبی باتوجه به توانایی در ادغام مقادیر زیادی از اطلاعات در ساختاری با درک راحت، مفید هستند. با این حال، علی‌رغم ساده‌سازی و تسهیل سنجش مفاهیم پیچیده، فرایند تجمیع اطلاعات ناهمگن بسیار چالش‌برانگیز است و در معرض تهدیدهای متعددی قرار دارد. توسعه یک ابزار اندازه‌گیری تاب‌آوری که برآورده همه مقیاس‌ها و مکان‌ها و زمان‌ها باشد، امری دشوار و حتی ناممکن است و فرایند انتخاب بهینه‌ترین گام‌ها برای ایجاد شاخص می‌تواند کاملاً ذهنی باشد. به‌طور کلی، چالش‌های پیش‌روی شاخص‌های ترکیبی در اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری را می‌توان در دو گروه کلی چالش‌های ذاتی و رویه‌ای دسته‌بندی کرد.

چالش‌های ذاتی، برخی مسائل اجتناب‌ناپذیر بین‌رشته‌ای شاخص ترکیبی نظیر ساده‌سازی گریزناپذیر پدیده‌ها، غلبه کاربرد داده‌های کمی و روش عینی و ناتوانی در ارزیابی مستقیم و دربرگیری پویایی و وابستگی‌های میان زیرسیستم‌ها را شامل می‌شود که به خاستگاه و ماهیت شاخص ترکیبی بازمی‌گردد. برای کاهش اثرگذاری این چالش‌ها بر تصمیم‌گیری‌های شهری لازم است سایر روش‌های اندازه‌گیری تاب‌آوری (نظیر روش‌های مبتنی بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی عملکرد و روش‌های ادراکی و ذهنی) به‌عنوان مکمل جهت درک جامع، چندبعدی و پویا از تاب‌آوری شهرها در برابر سوانح مورد استفاده قرار گیرند.

از سوی دیگر، برخی چالش‌های شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری ناشی از ضعف‌های رویه‌ای در مراحل ساخت شاخص‌ها است که لازم است با شفافیت پژوهشگران در باب چپستی هدف و چهارچوب پایه و چگونگی سازمان‌دهی مراحل ساخت شاخص، از عدم قابلیت اطمینان به نتایج و ایجاد سوگیری و دست‌کاری‌ها در برون‌دادهای اندازه‌گیری جلوگیری شود. ازجمله مهم‌ترین کاستی‌ها در چهارچوب‌های موردبررسی در این مقاله، به عدم توجه کافی به دو مرحله مهم اعتبارسنجی و تحلیل استحکام مربوط است؛ زیرا با غلبه ذهنیت پژوهشگران در انتخاب گزینه‌های پیش‌روی مراحل ساخت شاخص، نتایج اندازه‌گیری از استحکام و اعتبار لازم برخوردار نخواهند بود و ممکن است در راستای حمایت از یک سیاست خاص مورد سوءاستفاده قرار گیرند. لذا توجه به این دو گام مهم در ساخت شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری، اعتماد به نتایج و کیفیت روش را بهبود می‌بخشد. همچنین بهره‌گیری از روش‌های مشارکتی نیز مشروعیت شاخص در اندازه‌گیری تاب‌آوری را افزایش خواهد داد.

بنابراین نظر به مطالعات بررسی‌شده در این پژوهش، شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری در جهت کاهش پیچیدگی، اندازه‌گیری روند پیشرفت و نگاشت وضعیت تاب‌آوری شهر و در پی آن تعیین اولویت‌ها جهت رفع نقاط ضعف شهرها در برابر سوانح، بسیار مفید بوده و به ابزاری مهم برای تصمیم‌گیرندگان شهری تبدیل شده‌اند؛ هرچند باتوجه به مجموعه محدودیت‌های ذکرشده، معیاری جامع، قطعی و مستقیم برای تاب‌آوری نیستند. همچنین باوجود بیان رقمی صریح و قابل‌فهم ولی به دلیل چالش پنهان شدن مجموعه‌ای از نشانگرها و متغیرها در پشت یک یا چند عدد، لازم است تفسیر نتایج اندازه‌گیری با احتیاط صورت گیرد و تحلیل و تصمیم‌گیری وضعیت تاب‌آوری شهر با بازگشت دوباره به جزئیات سازنده یعنی زیرشاخص‌ها و مؤلفه‌های شکل‌دهنده شاخص نهایی و توجه به چگونگی جهش از داده‌های خام به یک شاخص واحد انجام پذیرد و ابزاری کارآمدتر و قابل‌اطمینان در اختیار تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران شهری قرار دهد.

References

- Ainuddin, S., & Routray, J. K. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2(1), 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2012.07.003>
- Al Rifat, S. A., & Liu, W. (2020). Measuring community disaster resilience in the conterminous coastal United States. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(8), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijgi9080469>
- Ali, S., & George, A. (2022). Modelling a community resilience index for urban flood-prone areas of Kerala, India (CRIF). *Natural Hazards*, 113(1), 261–286. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05299-7>
- Alshehri, S. A., Rezgui, Y., & Haijiang. (2015). Disaster community resilience assessment method: a consensus-based Delphi and AHP approach. *Nat Hazards*.
- Anelli, D., Tajani, F., & Ranieri, R. (2022). Urban resilience against natural disasters: Mapping the risk with an innovative indicators-based assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 371(January). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133496>
- Antronico, L., Carone, M. T., & Coscarelli, R. (2023). An approach to measure resilience of communities to climate change: a case study in Calabria (Southern Italy). *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 28(4). <https://doi.org/10.1007/s11027-023-10056-7>
- Asadzadeh, A., Kötter, T., & Zebardast, E. (2015). An augmented approach for measurement of disaster resilience using connective factor analysis and analytic network process (F'ANP) model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 504–518. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.10.002>
- Atrachali, M., Ghafory-Ashtiany, M., Amini-Hosseini, K., & Arian-Moghaddam, S. (2019). Toward quantification of seismic resilience in Iran: Developing an integrated indicator system. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 39(101231), 1–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101231>
- Beccari, B. (2016). A Comparative Analysis of Disaster Risk, Vulnerability and Resilience Composite Indicators. *PLOS Curr. Disasters*, 1. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.453df025e34b682e9737f95070f9b970>
- Bertilsson, L., Wiklund, K., Tebaldi, I. D., Rezende, O. M., Verol, A. P., & Miguez, M. G. (2019). Urban flood resilience - A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. *Journal of Hydrology*, 573, 970–982. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.052>
- Bottazzi, P., Winkler, M. S., Boillat, S., Diagne, A., Sika, M. M. C., Kpangon, A., Faye, S., & Speranza, C. I. (2018). Measuring subjective flood resilience in Suburban Dakar: A before-after evaluation of the “Live with Water” project. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/su10072135>
- Bronfman, N. C., Castañeda, J. V., Guerrero, N. F., Cisternas, P., Repetto, P. B., Martínez, C., & Chamorro, A. (2023). A Community Disaster Resilience Index for Chile. *Sustainability (Switzerland)*, 15(8), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su15086891>
- Burton, C. G. (2014). 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*.
- Cai, H., Lam, N. S. N., Zou, L., Qiang, Y., & Li, K. (2016). Assessing community resilience to coastal hazards in the Lower Mississippi River Basin. *Water (Switzerland)*, 8(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/w8020046>
- Cerbaro, M., Morse, S., Murphy, R., Middlemiss, S., & Michelakis, D. (2022). Assessing Urban Vulnerability to Flooding: A Framework to Measure Resilience Using Remote Sensing Approaches. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su14042276>
- Cerè, G., Rezgui, Y., & Zhao, W. (2019). Urban-scale framework for assessing the resilience of buildings informed by a delphi expert consultation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 36, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101079>

- Chen, K. F., & Leandro, J. (2019). A Conceptual Time-Varying Flood Resilience Index for Urban Areas : Munich City. *Water*, 11. <https://doi.org/10.3390/w11040830>
- Chen, X., Jiang, S., Xu, L., Xu, H., & Guan, N. (2023). Resilience assessment and obstacle factor analysis of urban areas facing waterlogging disasters: a case study of Shanghai, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(24), 65455–65469. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26861-1>
- Csizovszky, A., & Buzási, A. (2023). Analysis of community resilience in Hungary – An adaptation of the basic resilience indicators for communities (BRIC), 2020. *Regional Statistics*, 13(4), 752–778. <https://doi.org/10.15196/RS130408>
- Cutter, S. L. (2016). The landscape of disaster resilience indicators in the USA. *Nat Hazards*, 80(2), 741–758. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1993-2>
- 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., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1), 1–24. <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
- DasGupta, R., & Shaw, R. (2015). An indicator based approach to assess coastal communities' resilience against climate related disasters in Indian Sundarbans. *Journal of Child and Family Studies*, 24(3), 85–101. <https://doi.org/10.1007/s11852-014-0369-1>
- Dehghani, A., Alidadi, M., & Soltani, A. (2023). Density and Urban Resilience, Cross-Section Analysis in an Iranian Metropolis Context. *Urban Science*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/urbansci7010023>
- Deng, G., Si, J., Zhao, X., Han, Q., & Chen, H. (2022). Evaluation of Community Disaster Resilience (CDR): Taking Luoyang Community as an Example. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 5177379. <https://doi.org/10.1155/2022/5177379>
- Eddy, D. M., Hollingworth, W., Caro, J. J., Tsevat, J., McDonald, K. M., & Wong, J. B. (2012). Model transparency and validation: A report of the ISPOR-SMDM modeling good research practices task force-7. *Medical Decision Making*, 32(5), 733–743. <https://doi.org/10.1177/0272989X12454579>
- Feldmeyer, D., Wilden, D., Kind, C., Kaiser, T., Goldschmidt, R., Diller, C., & Jörn Birkmann. (2019). Indicators for Monitoring Urban Climate Change Resilience and Adaptation. *Sustainability*.
- Frazier, T. G., Thompson, C. M., & Dezzani, R. J. (2014). A framework for the development of the SERV model: A Spatially Explicit Resilience-Vulnerability model. *Applied Geography*, 51, 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.04.004>
- Frazier, T. G., Thompson, C. M., Dezzani, R. J., & Butsick, D. (2013). Spatial and temporal quantification of resilience at the community scale. *Applied Geography*, 42, 95–107.
- Gerges, F., Nassif, H., Geng, X., Michael, H. A., & Boufadel, M. C. (2022). GIS-based approach for evaluating a community intrinsic resilience index. *Natural Hazards*, 111(2), 1271–1299. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05094-w>
- He, Z., Chen, H., Yan, H., Yin, Y., Qiu, Q., & Wang, T. (2021). Scenario-based comprehensive assessment for community resilience adapted to fire following an earthquake, implementing the analytic network process and preference ranking organization method for enriched evaluation ii techniques. *Buildings*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/buildings11110523>
- Huang, J., Sun, Z. M., & Du, M. Z. (2022). Differences and Drivers of Urban Resilience in Eight Major Urban Agglomerations: Evidence from China. *LAND*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/land11091470> WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- 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>
- Imani, M., Lo, S. L., Fakour, H., Kuo, C. Y., & Mobasser, S. (2022). Conceptual framework for

- disaster management in coastal cities using climate change resilience and coping ability. *Atmosphere*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/atmos13010016>
- Irajifar, L., Alizadeh, T., & Sipe, N. (2015). Neighbourhood Disaster Resilience Index: A Validation in the Context of Brisbane and Ipswich 2010/2011 Floods. *Proceedings of the State of Australian Cities Conference*.
- Jamali, A., Robati, M., Nikoomaram, H., Farsad, F., & Aghamohammadi, H. (2023). Urban Resilience Assessment Using Hybrid MCDM Model Based on DEMATEL-ANP Method (DANP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 51(4), 893–915. <https://doi.org/10.1007/s12524-023-01670-8>
- Ji, J., & Chen, J. (2022). Urban flood resilience assessment using RAGA-PP and KL-TOPSIS model based on PSR framework: A case study of Jiangsu province, China. *Water Science and Technology*, 86(12), 3264–3280. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.404>
- Ji, T., Wei, H. H., Shohet, I. M., & Xiong, F. (2021). Risk-based resilience concentration assessment of community to seismic hazards. *Natural Hazards*, 108(2), 1731–1751. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04753-2>
- Joerin, J., Shaw, R., Takeuchi, Y., & Krishnamurthy, R. (2012). Action-oriented resilience assessment of communities in Chennai, India. *Environmental Hazards*, 11(3), 226–241. <https://doi.org/10.1080/17477891.2012.689248>
- Jülich, S. (2017). Towards a Local-Level Resilience Composite Index: Introducing Different Degrees of Indicator Quantification. *International Journal of Disaster Risk Science*, 8(1), 91–99. <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0114-0>
- 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). <https://doi.org/10.1061/ajrua6.0001004>
- Karamouz, M., & Zahmatkesh, Z. (2017). Quantifying Resilience and Uncertainty in Coastal Flooding Events: Framework for Assessing Urban Vulnerability. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000724](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000724)
- Kim, D., & Song, S. K. (2018). Measuring changes in urban functional capacity for climate resilience: Perspectives from Korea. *Futures*, 102, 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.05.001> WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Kontokosta, C. E., & Malik, A. (2018). The Resilience to Emergencies and Disasters Index: Applying big data to benchmark and validate neighborhood resilience capacity. *Sustainable Cities and Society Journal*, 36, 272–285. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.025>
- Kotzee, I., & Reyers, B. (2015). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological Indicators*, 60, 45–53.
- Kumar, S., & Mehany, M. S. H. M. (2021). A standardized framework for quantitative assessment of cities' socioeconomic resilience and its improvement measures. *Socio-Economic Planning Sciences*, 101141. <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2021.101141>
- Kusumastuti, R. D., Viverita, Husodo, Z. A., Suardi, L., & Danarsari, D. N. (2014). Developing a resilience index towards natural disasters in Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10, 327–340. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.10.007>
- Lam, N. S. N., Reams, M., Li, K., Li, C., Mata, L. P., Building, E., Rouge, B., Building, E., Rouge, B., Building, E., Rouge, B., Orleans, N., Building, E., & Rouge, B. (2016). Measuring Community Resilience to Coastal Hazards along the Northern Gulf of Mexico. *Nat Hazards Rev*, 17(1), 1–29. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000193](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000193)
- Leandro, J., Chen, K. F., Wood, R. R., & Ludwig, R. (2020). A scalable flood-resilience-index for measuring climate change adaptation: Munich city. *Water Research*, 173, 115502. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115502>
- Li, H., Xu, E., & Zhang, H. (2021). High-resolution assessment of urban disaster resilience: a case study of Futian District, Shenzhen, China. *Natural Hazards*, 108(1), 1001–1024. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04717-6>
- Li, X., Lam, N., Qiang, Y., Li, K., Yin, L., Liu, S., & Zheng, W. (2016). Measuring County Resilience

- After the 2008 Wenchuan Earthquake. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(4), 393–412. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0109-2>
- Liu, B., Han, S., Gong, H., Zhou, Z., & Zhang, D. (2020). Disaster resilience assessment based on the spatial and temporal aggregation effects of earthquake-induced hazards. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 29055–29067. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09281-3>
- Marasco, S., Kammouh, O., & Cimellaro, G. P. (2022). Disaster resilience quantification of communities: A risk-based approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 70(January), 102778. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102778>
- Marzi, S., Mysiak, J., Essenfelder, A. H., Amadio, M., Giove, S., & Fekete, A. (2019). Constructing a comprehensive disaster resilience index: The case of Italy. *PLoS ONE*, 14(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221585>
- Mavhura, E., Manyangadze, T., & Aryal, K. R. (2021). A composite inherent resilience index for Zimbabwe: An adaptation of the disaster resilience of place model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 57, 102152. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102152>
- Mavhura, E., & Manyena, B. (2018). Spatial quantification of community resilience in contexts where quantitative data are scarce: The case of Muzarabani district in Zimbabwe. *Geo: Geography and Environment*, 5(2). <https://doi.org/10.1002/GEO2.65>
- 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.ijdr.2019.101069>
- Narieswari, L., Sitorus, S. R. P., Hardjomidjojo, H., & Putri, E. I. K. (2022). Spatial Dynamic Model of Index-Based Disaster Resilience. *Journal of Regional and City Planning*, 33(3), 405–420. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2022.33.3.7>
- Nguyen, H. L., & Akerkar, R. (2020). Modelling, Measuring, and Visualising Community Resilience: A Systematic Review. *Sustainability*, 12, 7896. <https://doi.org/10.3390/su12197896>
- Oliver, M. C., Jesús, L. de la C., Ian, P., Martinez-Preciado, M. A., Manuel, U. R. J., Edwards, R. M., Ivan, R. L. C., Pedro, R. A., & Velazco-Cruz Jorge, A. (2019). Disaster risk resilience in colima-villa de Alvarez, Mexico: Application of the resilience index to flash flooding events. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph16122128>
- Orencio, P. M., & Fujii, M. (2013). A localized disaster-resilience index to assess coastal communities based on an analytic hierarchy process (AHP) Article. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3, 62–75.
- Ostadtaghizadeh, A., Ardalan, A., Paton, D., Jabbari, H., & Khankeh, H. R. (2015). Community disaster resilience: A systematic review on assessment models and tools. *PLoS Currents Disasters*, 7. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.f224ef8efbdfcf1d508dd0de4d8210ed>
- Parsons, M., Glavac, S., Hastings, P., Marshall, G., McGregor, J., McNeill, J., Morley, P., Reeve, I., & Stayner, R. (2016). Top-down assessment of disaster resilience: A conceptual framework using coping and adaptive capacities. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.07.005>
- Pfefferbaum, R. L., Pfefferbaum, B., Nitiéma, P., Houston, J. B., & Horn, R. L. Van. (2015). Assessing Community Resilience: An Application of the Expanded CART Survey Instrument With Affiliated Volunteer Responders. *American Behavioral Scientist*, 59(2), 181–199.
- Pfefferbaum, R. L., Pfefferbaum, B., Zhao, Y. D., Van Horn, R. L., McCarter, G. S. “Mack,” & Leonard, M. B. (2016). Assessing community resilience: A CART survey application in an impoverished urban community. *Disaster Health*, 3(2), 45–56. <https://doi.org/10.1080/21665044.2016.1189068>
- Reghezza-Zitt, M. (2021). Is Resilience Measurable? In *The Well-being Transition: Analysis and Policy* (pp. 254–270). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67860-9>
- Rezvani, S. M., de Almeida, N. M., Falcão, M. J., & Duarte, M. (2022). Enhancing urban resilience evaluation systems through automated rational and consistent decision-making simulations.

- Sustainable Cities and Society*, 78(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103612>
- Schaefer, M., Thinh, N. X., & Greiving, S. (2020). How can climate resilience be measured and visualized? Assessing a vague concept using GIS-Based fuzzy logic. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020635>
- Scherzer, S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2019). A community resilience index for Norway: An adaptation of the Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 36, 101107. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101107>
- Serre, D., & Heinzlef, C. (2018). Assessing and mapping urban resilience to floods with respect to cascading effects through critical infrastructure networks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 30(October 2017), 235–243. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.02.018>
- Sharifi, A. (2016). A critical review of selected tools for assessing community resilience. *Ecological Indicators*, 69, 629–647. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.023>
- Sherrieb, K., Norris, F. H., & Galea, S. (2010). Measuring Capacities for Community Resilience. *Social Indicators Research*, 99(2), 227–247. <https://doi.org/10.1007/s11205-010-9576-9>
- Shi, Y., Zhai, G., Zhou, S., Lu, Y., Chen, W., & Deng, J. (2019). How can cities respond to flood disaster risks under multi-scenario simulation? A case study of Xiamen, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph16040618>
- Shim, J., & Kim, C. (2015). Measuring Resilience to Natural Hazards: Towards Sustainable Hazard Mitigation. *Sustainability*, 7, 14153–14185. <https://doi.org/10.3390/su71014153>
- Singh-Peterson, L., Salmon, P., Goode, N., & Gallina, J. (2014). Translation and evaluation of the Baseline Resilience Indicators for Communities on the Sunshine Coast, Queensland Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10, 116–126.
- Song, J., Huang, B., Li, R., & Pandey, R. (2020). Construction of the Scale-Specific Resilience Index to Facilitate Multiscale Decision Making in Disaster Management: A Case Study of the 2015 Nepal Earthquake. *Social Indicators Research*, 148(1), 189–223. <https://doi.org/10.1007/s11205-019-02188-8>
- Suárez, M., Gómez-Baggethun, E., Benayas, J., & Tilbury, D. (2016). Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities. *Sustainability (Switzerland)*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/su8080774>
- Summers, J. K., Harwell, L. C., Smith, L. M., & Buck, K. D. (2018). Measuring Community Resilience to Natural Hazards: The Natural Hazard Resilience Screening Index (NaHRSI)—Development and Application to the United States. *GeoHealth*, 2(12), 372–394. <https://doi.org/10.1029/2018GH000160>
- Tabibian, M., & Rezapour, M. (2016). Assessment of urban resilience; a case study of Region 8 of Tehran city, Iran. *Scientia Iranica*, 23(4), 1699–1707. <https://doi.org/10.24200/sci.2016.2240>
- Tate, E. (2012). Social vulnerability indices: A comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. *Natural Hazards*, 63(2), 325–347. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0152-2>
- Wang, P., Li, Y., & Zhang, Y. (2021). An urban system perspective on urban flood resilience using SEM: evidence from Nanjing city, China. *Natural Hazards*, 109(3), 2575–2599. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04933-0>
- Xu, W., Cai, X., Yu, Q., Proverbs, D., & Xia, T. (2024). Modelling Trends in Urban Flood Resilience towards Improving the Adaptability of Cities. *Water (Switzerland)*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/w16111614>
- Yan, Z. H. E. N. G., Xin-Lu, X. I. E., Chen-Zhen, L. I. N., Mou, W. A. N. G., & Xiao-Jia, H. E. (2018). *Development as adaptation: Framing and measuring urban resilience in Beijing*.
- Yoon, D. K., & Kang, J. E. (2014). A Measurement of Community Disaster Resilience in Korea. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(3), 436–460. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1016142>
- Yu, S., Kim, S. W., Oh, C. W., An, H., & Kim, J. M. (2015). Quantitative assessment of disaster resilience: An empirical study on the importance of post-disaster recovery costs. *Reliability*

- Engineering and System Safety*, 137, 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.res.2014.12.007>
- Zhang, H., Liu, X., Xie, Y., Gou, Q., Li, R., Qiu, Y., Hu, Y., & Huang, B. (2022). Assessment and Improvement of Urban Resilience to Flooding at a Subdistrict Level Using Multi-Source Geospatial Data: Jakarta as a Case Study. *Remote Sensing*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/rs14092010>
- Zhang, H., Yang, J., Li, L., Shen, D., Wei, G., Khan, H. ur R., & Dong, S. (2021). Measuring the resilience to floods: A comparative analysis of key flood control cities in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 59, 102248. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102248>
- Zhang, J. X., Wang, H. M., Huang, J., Sun, D. C., & Liu, G. F. (2022). Evaluation of Urban Flood Resilience Enhancement Strategies-A Case Study in Jingdezhen City under 20-Year Return Period Precipitation Scenario. *ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi11050285> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)
- Zhang, M., Yang, Y., Li, H., & PietervanDijk, M. (2020). Measuring urban resilience to climate change in three chinese cities. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12229735>
- Zhu, H., & Liu, F. (2021). A group-decision-making framework for evaluating urban flood resilience: a case study in yangtze river. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13020665>
- Zhu, S., Li, D., Huang, G., Chhipi-Shrestha, G., Nahiduzzaman, K. M., Hewage, K., & Sadiq, R. (2021). Enhancing urban flood resilience: A holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61, 102355. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102355>

DOI: <https://doi.org/10.22034/44.192.79>