Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: Evaluation of Resilience Indices in Coastal Cities with Emphasis on Flooding Using the Interpretive Equation Method (ISM)

Authors: Sadegh Shirjang[1], Narges Nonejad[1,*], Mohammad Reza Farzad Behtash[1], Masoud Torabi Azad[2]

1. *Department of urban Planning, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
2. *Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

To appear in: **Disaster Prevention and Management Knowledge**

Received date: 2026/05/25

Accepted date: 2026/09/27

First Online Published: 2026/10/28

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Archives of Rehabilitation provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Shirjang, S., Nonejad, N., Farzad Behtash, M. R., & Torabi Azad, M. [Evaluation of Resilience Indices in Coastal Cities with Emphasis on Flooding Using the Interpretive Equation Method (ISM)]. Disaster Prevention and Management Knowledge. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

نسخه پذیرفته‌شده پیش از انتشار

عنوان: ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری در شهرهای ساحلی با تأکید بر سیل با روش معادلات تفسیری (ISM)

نویسندگان: صادق شیرجنگ[۱]، نرگس نونژاد[۱،*]، محمدرضا فرزاد بهتاش[۱]، مسعود ترابی آزاد[۲]

۱. *گروه شهرسازی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران*

۲. *گروه محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران*

نشریه: **دانش پیشگیری و مدیریت بحران**

تاریخ دریافت: 1405/3/4

تاریخ پذیرش:1405/7/5

تاریخ انتشار اولیه:1405/8/5

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه آرشیو توانبخشی گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده سازی و انتشار نهایی را طی می کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وب‌سایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این‌گونه استناد شود:

Shirjang, S., Nonejad, N., Farzad Behtash, M. R., & Torabi Azad, M. [Evaluation of Resilience Indices in Coastal Cities with Emphasis on Flooding Using the Interpretive Equation Method (ISM)]. Disaster Prevention and Management Knowledge. Forthcoming 2026.

نسخه بازنویسی شده پیش از انتشار

Abstract

Objective: The present study aims to evaluate urban resilience indicators in the coastal cities of Nowshahr and Chalous against flood crises and to provide a localized and structured model for its enhancement. The main novelty of this research lies in the integration of Delphi method, Interpretive Structural Modeling (ISM), and Structural Equation Modeling (SEM) for the first time in the coastal region of Mazandaran, to identify the hierarchical and causal relationships among the six dimensions of urban resilience, which has been overlooked in previous studies.

Methods: This study is applied in terms of objective and descriptive-analytical in nature with a mixed-methods (qualitative-quantitative) approach. In the first phase, effective indicators of urban resilience were identified and validated using documentary studies and the Delphi method (with the participation of 15 experts in three consecutive rounds). Subsequently, the hierarchical structure of the indicators was developed using Interpretive Structural Modeling (ISM). To empirically test the model and analyze the causal relationships among resilience dimensions, Structural Equation Modeling (SEM) was employed using SmartPLS software and the Bootstrapping method with 5000 replications on data collected from 150 questionnaires.

Results: Based on the Delphi results, 42 indicators in six main dimensions (institutional-managerial, infrastructural-physical, economic, socio-cultural, environmental-natural, and emergency preparedness and response) were confirmed. The ISM results indicated that "existence of a comprehensive crisis management plan" and "early warning system" serve as key drivers located at the lower levels of the model. Moreover, SEM analysis revealed that institutional-managerial (path coefficient = 0.744), infrastructural-physical, and economic dimensions play the most significant roles in urban resilience. Model fit indices (SRMR=0.070, NFI=0.91, RMSEA=0.072) indicated good model fit.

Conclusion: This study, by presenting a valid and localized causal-structural model, demonstrates that enhancing urban resilience against floods requires simultaneous interventions at institutional, physical, social, and spatial levels. The final model can serve as a decision-making foundation for urban planning, crisis management, and regional policymaking in Iran's coastal cities.

Keywords: Urban Resilience, Crisis Management, Flood, Nowshahr, Chalous, Interpretive Structural Modeling (ISM).

نسخه پیش از انتشار

چکیده

هدف: پژوهش حاضر باهدف ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری شهری در شهرهای ساحلی نوشهر و چالوس در برابر بحران سیلاب و ارائه الگویی بومی و ساختاریافته برای ارتقاء آن انجام‌شده است. نوآوری اصلی این پژوهش در تلفیق روش‌های دلفی، مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و معادلات ساختاری (SEM) برای اولین بار در منطقه ساحلی مازندران، به‌منظور شناسایی روابط سلسله‌مراتبی و علّی میان ابعاد شش‌گانه تاب‌آوری شهری می‌باشد که در پژوهش‌های پیشین مغفول مانده است.

روش: این مطالعه ازنظر هدف، کاربردی و ازنظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی با رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) است. در مرحله نخست، شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری شهری با استفاده از مطالعات اسنادی و روش دلفی (با مشارکت ۱۵ نفر از خبرگان در سه دور متوالی) شناسایی و اعتبارسنجی شدند. سپس با بهره‌گیری از مدل‌سازی ساختاری تفسیری(ISM) ، ساختار سلسله‌مراتبی شاخص‌ها تدوین گردید. به‌منظور آزمون تجربی مدل و تحلیل روابط علّی میان ابعاد تاب‌آوری، از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS و روش بوت‌استرپ با ۵۰۰۰ تکرار بر روی‌داده‌های حاصل از ۱۵۰ پرسشنامه استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج روش دلفی، ۴۲ شاخص در شش بُعد اصلی (نهادی-مدیریتی، زیرساختی-کالبدی، اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی، زیست‌محیطی-طبیعی و آمادگی و پاسخ اضطراری) تأیید شدند. نتایج مدل ISM نشان داد که شاخص‌های «وجود طرح جامع مدیریت بحران» و «سامانه هشدار سریع» به‌عنوان محرک‌های کلیدی در سطح پایین مدل قرار دارند. همچنین، تحلیل SEM حاکی از آن بود که ابعاد نهادی-مدیریتی (با ضریب مسیر ۰/۷۴۴)، زیرساختی-کالبدی و اقتصادی بیشترین نقش را در تاب‌آوری شهری ایفا می‌کنند. شاخص‌های برازش مدل (SRMR=0.070)،(NFI=0.91)، (RMSEA=0.072)حاکی از برازش مطلوب مدل می‌باشند.

نتیجه‌گیری: پژوهش حاضر با ارائه یک مدل علّی-ساختاری معتبر و بومی، نشان می‌دهد که ارتقاء تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب نیازمند مداخلات هم‌زمان در سطوح نهادی، کالبدی، اجتماعی و فضایی است. مدل نهایی پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنای تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی شهری، مدیریت بحران و سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای در شهرهای ساحلی کشور مورداستفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری شهری، مدیریت بحران، سیلاب، نوشهر، چالوس، مدل‌سازی ساختاری تفسیری.(ISM)

نسخه پیش‌نویس پیش از انتشار

مقدمه

سیلاب به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی، سالانه جان میلیون‌ها نفر را تهدید کرده و خسارات اقتصادی و زیست‌محیطی چشمگیری را به مناطق مختلف دنیا تحمیل می‌کند. بر اساس گزارش‌های سازمان ملل، حدود ۴۰ درصد از تمامی بلایای طبیعی ثبت‌شده در سطح جهان به سیلاب مربوط است که این امر آن را به پدیده‌ای بسیار پر چالش در مدیریت مخاطرات تبدیل کرده است .(UNDRR, 2022) شهرهای ساحلی، به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود و همچنین حضور رودخانه‌ها و دریاها، در برابر سیلاب بسیار آسیب‌پذیر هستند. این مناطق معمولاً با دو نوع سیلاب مواجه هستند: سیلاب‌های ناشی از طغیان رودخانه‌ها به دلیل بارش‌های شدید و سیلاب‌های ساحلی ناشی از بالا آمدن سطح آب دریاها و امواج طوفانی. چنین سیلاب‌هایی نه‌تنها زیرساخت‌های شهری مانند جاده‌ها، پل‌ها و سیستم‌های فاضلاب را تخریب می‌کنند، بلکه زندگی و معیشت جمعیت‌های محلی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند .(Nicholls & Cazenave, 2010) در ایران، شهرهای ساحلی حاشیه دریای خزر ازجمله نوشهر و چالوس، به دلیل موقعیت توپوگرافی و اقلیمی خاص، در معرض خطر جدی سیلاب قرار دارند. این شهرها در سال‌های اخیر به‌دفعات با وقوع سیلاب‌های مخرب روبه‌رو بوده‌اند که منجر به تخریب زیرساخت‌ها، از بین رفتن اراضی کشاورزی، آلودگی منابع آبی و حتی تهدید جان ساکنان شده است (رحیمی نژاد و همکاران، ۱۴۰۲). توسعه نامتوازن شهری، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، و ضعف در طراحی و مدیریت زیرساخت‌های دفع آب ازجمله عوامل اصلی افزایش شدت و فراوانی سیلاب در این مناطق است (احمدی پور و همکاران، ۱۴۰۳).

یکی از راهبردهای کلیدی در مواجهه با خطر سیلاب، رویکرد «تاب‌آوری شهری» است که بر تقویت توانایی شهرها در پیشگیری، مقابله، و بازیابی از بحران‌ها تأکید دارد. این رویکرد شامل برنامه‌ریزی پایدار، استفاده بهینه از زیرساخت‌ها، آموزش عمومی و مدیریت هماهنگ بحران می‌شود .(Cutter et al., 2023)تاب‌آوری شهرهای ساحلی بر توانایی سیستم شهرهای ساحلی در مقیاس زمانی و فضایی برای حفظ یا بازگشت عملکرد مطلوب گذشته در برابر اختلال مخاطرات طبیعی (سیل) در جهت پایداری با تغییرات گفته می‌شود؛ درزمانی که شهرهای ساحلی قادر باشد تا توازن بین عملکرد اکوسیستمی و انسانی برقرار کند، انعطاف‌پذیر باشد، قدرت استقامت در شرایط پراهمیت و رویدادهای غیرمنتظره را داشته باشد و فرصت‌های موجود بالقوه را حفظ و سرمایه‌گذاری کند، در آن صورت تاب آور هستند. کاهش تاب‌آوری در شهرهای ساحلی باعث افزایش آسیب‌پذیری شده و ایجاد بحران می‌گردد.(Li et al., 2025)

تاب‌آوری شهرهای ساحلی در برابر خطر سیلاب به توانایی آن‌ها در مدیریت مخاطرات، کاهش آسیب‌پذیری، و تسریع بازیابی پس از بحران بستگی دارد. مطالعات نشان داده‌اند که ارتقای تاب‌آوری شهری می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش خسارات ناشی از سیلاب داشته باشد. به‌عنوان‌مثال، شهرهایی که دارای زیرساخت‌های مقاوم در برابر سیلاب، سیستم‌های هشدار سریع، و سیاست‌های مدیریت پایدار منابع طبیعی هستند، بهتر می‌توانند در برابر پیامدهای سیلاب مقاومت کنند(Adger, 2006) تغییر کاربری‌ها و ساخت‌وسازهای غیرمجاز بسیاری از نقاط استان مازندران را به کانون‌های مخاطره و نقاط بحرانی سیل‌خیزی مبدل کرده است. به‌ویژه غرب استان مازندران به سبب بارش‌های متوالی و قرارگیری در مسیرهای کوهپایه‌ای بسیار سیل‌خیز بوده و مداوماً تحت خطر می‌باشد. شهر چالوس در منطقه‌ای از استان مازندران قرارگرفته است که در طی ماه‌های پربارش مستعد وقوع سیلاب‌های خطرناک می‌باشد. وقتی بخش زیادی از پوشش جنگلی و گیاهی به کاربری‌های مسکونی تبدیل شود، احتمال وقوع سیل بسیار افزایش می‌یابد .(Kundzewicz, 2011)مبنا قرار گرفتن اصل محدود شدن ساخت‌وسازها در حریم شهرها می‌تواند در کاهش سیلاب و مخاطرات و تهدیدات مؤثر باشد. ارزش اقتصادی منابع سطوح سیلابی و محیطهای رودخانه‌ای یکی از مواردی است که همواره موجب دخالت‌های بشر در طبیعت به‌منظور بهره‌برداری بیشتر از طبیعت بوده است؛ این دخالت‌ها گاه موجب بر هم خوردن تعادل موجود و ایجاد خسارت شده است.(Khan et al., 2021)

در شهرهای ساحلی، وقوع سیلاب می‌تواند به تخریب زیرساخت‌ها، از بین رفتن اراضی کشاورزی، کاهش دسترسی به منابع حیاتی نظیر آب آشامیدنی، آلودگی منابع طبیعی و حتی مهاجرت‌های اجباری منجر شود .(Adger, 2006) در چنین شرایطی، اهمیت پرداختن به تاب‌آوری شهری و مدیریت جامع بحران بیش‌ازپیش احساس می‌شود. شهرهای نوشهر و چالوس، به دلیل قرارگیری در حاشیه دریای خزر و دارا بودن شرایط

توپوگرافی خاص، ازجمله مناطقی هستند که به‌شدت در معرض خطر سیلاب قرار دارند. وقوع سیلاب‌های مکرر در این مناطق، علاوه بر خسارات گسترده اقتصادی و زیست‌محیطی، زندگی ساکنان محلی را نیز به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است (رحیمی نژاد و همکاران، ۱۴۰۲). توسعه ناپایدار شهری، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، و ضعف در زیرساخت‌های مدیریت آب و زهکشی ازجمله عواملی هستند که آسیب‌پذیری این مناطق را در برابر سیلاب افزایش داده‌اند. ازاین‌رو، مطالعه و ارائه راهکارهای جامع برای تقویت تاب‌آوری شهرهای نوشهر و چالوس و کاهش اثرات مخرب سیلاب، ضرورتی انکارناپذیر است.

یکی از دلایل اصلی اهمیت این پژوهش، فقدان چارچوب‌های جامع و عملیاتی برای مدیریت بحران سیلاب در شهرهای ساحلی ایران است. درحالی‌که در بسیاری از کشورها رویکردهای پیشرفته‌ای نظیر مدیریت یکپارچه منابع آب، سامانه‌های هشدار سریع، و رویکردهای تاب‌آوری شهری به‌طور گسترده اجراشده‌اند، در ایران همچنان ضعف‌های اساسی در برنامه‌ریزی و اجرای این راهکارها وجود دارد. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که ارزیابی تاب‌آوری شهری نیازمند بررسی شاخص‌هایی است که بتوانند سطح آمادگی، مقاومت، سازگاری و قابلیت بازیابی یک شهر را مشخص کنند .(Wang et al., 2025; Zhang et al., 2025) این پژوهش می‌تواند با ارائه چارچوبی بومی و مبتنی بر شرایط محلی، الگویی برای سایر شهرهای ساحلی ایران باشد. علاوه بر این، پیامدهای اجتماعی و انسانی سیلاب، نظیر مهاجرت‌های اجباری، از دست رفتن مشاغل، و کاهش کیفیت زندگی، لزوم پرداختن به این موضوع را دوچندان می‌کند. بنابراین، این مقاله باهدف ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری در شهرهای ساحلی با تأکید بر سیل با روش معادلات تفسیری (ISM) انجام شد.

مبانی نظری

شهرها به‌عنوان بستر اصلی زیست انسانی، همواره تحت تأثیر انواع مخاطرات طبیعی و انسانی قرار دارند. این مخاطرات شامل بلایای طبیعی مانند زلزله، سیل، طوفان، سونامی و تغییرات اقلیمی، و همچنین بحران‌های انسانی نظیر جنگ، مهاجرت‌های گسترده، بحران‌های اقتصادی و شیوع بیماری‌های همه‌گیر است. در چنین شرایطی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیریت شهری، ایجاد ظرفیت‌هایی است که شهرها را قادر سازد در برابر این تهدیدات مقاومت کنند، از بحران‌ها به‌سرعت بازیابی شوند و با کمترین میزان خسارت به عملکرد عادی خود ادامه دهند. این ظرفیت که در ادبیات علمی با عنوان تاب‌آوری شهری شناخته می‌شود، به یکی از مهم‌ترین مفاهیم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری تبدیل‌شده است (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲)

مفهوم تاب‌آوری شهری از دهه ۱۹۷۰ به‌عنوان یک رهیافت جدید در مقابل دیدگاه‌های سنتی مدیریت بحران مطرح شد. درگذشته، تأکید اصلی مدیریت بحران بر کاهش آسیب‌پذیری و اقدامات متمرکز بر واکنش‌های اضطراری پس از وقوع بحران‌ها بود، اما در سال‌های اخیر، توجه به مقوله تاب‌آوری افزایش‌یافته و بر آمادگی، پیشگیری و توانایی سازگاری با بحران‌ها تأکید شده است (براتی و همکاران، ۱۴۰۲). تاب‌آوری شهری، برخلاف رویکردهای پیشین که صرفاً بر مقابله با بحران‌ها تأکید داشتند، برافزایش ظرفیت سازگاری و انعطاف‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات تمرکز دارد. این مفهوم در برنامه‌ریزی شهری بر سه عنصر کلیدی استوار است: مقاومت در برابر بحران، توانایی بازیابی سریع، و قابلیت سازگاری با شرایط جدید (جعفری و همکاران، ۱۴۰۲؛ Cutter et al., 2023).

در سال‌های اخیر، تاب‌آوری شهری به‌عنوان یک موضوع کلیدی در سیاست‌گذاری‌های شهری موردتوجه قرارگرفته است. اما بااین‌حال، همچنان چالش‌های متعددی مانند ضعف زیرساخت‌ها، نبود مدیریت یکپارچه بحران، عدم هماهنگی بین دستگاه‌های اجرایی و مشارکت پایین مردم در فرآیندهای مدیریت شهری وجود دارد که تحقق تاب‌آوری شهری را با مشکلاتی روبه‌رو ساخته است (کاظمی و همکاران، ۱۴۰۲) در این راستا، شهرهای ساحلی مانند نوشهر و چالوس که به دلیل موقعیت جغرافیایی خود مستعد وقوع سیلاب‌های مکرر هستند، نیازمند اتخاذ سیاست‌های کارآمد، اجرای برنامه‌های جامع مدیریت بحران، افزایش آمادگی جامعه محلی و استفاده از فناوری‌های نوین برای کاهش آسیب‌پذیری می‌باشند (Li et al., 2025).

با توجه به سیر تحول تاب‌آوری شهری در برنامه‌ریزی شهری، امروزه این مفهوم به یکی از ارکان اصلی مدیریت بحران و توسعه پایدار شهری تبدیل‌شده است. درواقع، تاب‌آوری تنها به معنای مقاومت در برابر بحران‌ها نیست، بلکه به معنای توانایی شهر برای سازگاری، یادگیری از بحران‌ها و ایجاد تغییرات مثبت در جهت افزایش پایداری و امنیت شهری است .(Feng et al., 2025) ازاین‌رو، در شهرهای ساحلی که با مخاطرات طبیعی مکرر مواجه هستند، در نظر گرفتن یک رویکرد یکپارچه و چندبُعدی برای بهبود تاب‌آوری ضروری است. این امر مستلزم ترکیب راهکارهای مهندسی، برنامه‌ریزی شهری، سیاست‌های اجتماعی و استفاده از فناوری‌های نوین است تا شهرها بتوانند در برابر بحران‌ها مقاوم بمانند و پس از وقوع آن‌ها، به‌سرعت به وضعیت عادی بازگردند.(Zhang & Wang, 2025)

شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی

تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی، مفهومی چندبُعدی است که به ظرفیت یک شهر برای مقابله، سازگاری و بازیابی سریع از بحران‌ها و بلایای طبیعی اشاره دارد. این مفهوم در سال‌های اخیر به یکی از ارکان کلیدی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری تبدیل‌شده است، زیرا با افزایش مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی، توسعه بی‌رویه شهری و تغییرات کاربری اراضی، شهرها بیش از هر زمان دیگری در معرض تهدیدهای مختلف قرارگرفته‌اند. ازاین‌رو، ارزیابی تاب‌آوری شهری نیازمند بررسی شاخص‌هایی است که بتوانند سطح آمادگی، مقاومت، سازگاری و قابلیت بازیابی یک شهر را مشخص کنند .(Wang et al., 2025) این شاخص‌ها به‌طورکلی در شش بُعد اصلی شامل اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیرساختی، نهادی و مدیریتی، زیست‌محیطی و فناوری اطلاعات قابل‌بررسی هستند (محمدی و همکاران، ۱۴۰۴؛.(Zhao & Huang, 2024

شاخص اجتماعی

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی، شاخص اجتماعی است. تاب‌آوری اجتماعی نشان‌دهنده ظرفیت جوامع محلی برای مقابله با بحران‌ها، مشارکت در فرآیندهای مدیریت بحران و توانایی بازیابی پس از وقوع مخاطرات است. عواملی مانند سطح آموزش، میزان آگاهی عمومی نسبت به خطرات، انسجام اجتماعی، میزان مشارکت شهروندان در مدیریت بحران، اعتماد به نهادهای دولتی و دسترسی به خدمات عمومی ازجمله شاخص‌های کلیدی در این بُعد محسوب می‌شوند (براتی و همکاران، ۱۴۰۲). تاب‌آوری اجتماعی نه‌تنها بر میزان انسجام و تعامل اجتماعی در زمان بحران تأکید دارد، بلکه به عواملی مانند سطح آگاهی عمومی، میزان مشارکت اجتماعی، اعتماد شهروندان به نهادهای رسمی و میزان آمادگی جامعه در برابر خطرات وابسته است.(Ghalib & Ahmad, 2023)

بنابراین تاب‌آوری اجتماعی به‌عنوان یکی از ابعاد اساسی تاب‌آوری شهری، نقشی کلیدی در کاهش اثرات بحران‌ها و افزایش توانایی جوامع برای بازیابی پس از وقوع بلایای طبیعی ایفا می‌کند. این شاخص شامل عواملی مانند انسجام اجتماعی، میزان مشارکت مردم در مدیریت بحران، سطح آگاهی عمومی، اعتماد به نهادهای رسمی و میزان دسترسی به خدمات عمومی است. هرچه جامعه‌ای ازلحاظ اجتماعی منسجم‌تر باشد و افراد آن نسبت به خطرات آگاهی بیشتری داشته باشند، میزان آمادگی برای مقابله با بحران‌ها نیز افزایش خواهد یافت. همچنین، سیاست‌گذاری‌های دولت و نحوه تعامل آن با شهروندان نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش تاب‌آوری اجتماعی دارد (کریمی و همکاران، ۱۴۰۲). در شهرهای ساحلی مانند نوشهر و چالوس که همواره در معرض سیلاب‌های شدید قرار دارند، توجه به این شاخص و اجرای برنامه‌های تقویت‌کننده تاب‌آوری اجتماعی می‌تواند به کاهش آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی کمک کند.(Liu et al., 2022)

شاخص اقتصادی

بُعد دیگر تاب‌آوری شهری، شاخص اقتصادی است که نشان‌دهنده میزان توانایی یک شهر در حفظ پایداری اقتصادی در برابر بحران‌های طبیعی است. عوامل اقتصادی ازجمله تنوع اقتصادی، میزان اشتغال، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم، توان مالی خانوارها، سیستم‌های بیمه و حمایت‌های مالی دولت نقش کلیدی در تعیین تاب‌آوری شهری ایفا می‌کنند (کریمی و همکاران، ۱۴۰۲).

تاب‌آوری اقتصادی یکی از ابعاد اساسی تاب‌آوری شهری محسوب می‌شود که به توانایی یک شهر در حفظ پایداری اقتصادی، مقاومت در برابر بحران‌های مالی ناشی از بلایای طبیعی و بازیابی سریع از آسیب‌های اقتصادی اشاره دارد. این شاخص نشان‌دهنده میزان انعطاف‌پذیری اقتصاد شهری در برابر شوک‌های ناگهانی، توانایی تأمین منابع مالی برای بازسازی و حفظ فعالیت‌های اقتصادی پس از وقوع بحران است (Perera & Jayawardena, 2023).

بنابراین شاخص اقتصادی یکی از ارکان اصلی تاب‌آوری شهری است که به توانایی یک شهر در حفظ پایداری اقتصادی، مدیریت منابع مالی، کاهش آسیب‌های اقتصادی ناشی از بحران‌ها و تسریع روند بازیابی پس از وقوع بلایای طبیعی اشاره دارد .عواملی مانند تنوع اقتصادی، میزان اشتغال، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم، حمایت‌های بیمه‌ای و سیاست‌های مالی دولت در تعیین میزان تاب‌آوری اقتصادی یک شهر نقش کلیدی ایفا می‌کنند .(Kumar & Singh, 2025) شهرهایی که دارای اقتصاد متنوع، زیرساخت‌های مقاوم، بازار کار پایدار و حمایت‌های مالی کافی هستند، می‌توانند در برابر بحران‌ها مقاومت بیشتری نشان دهند و سریع‌تر به وضعیت عادی بازگردند. در مقابل، شهرهایی که دارای اقتصاد شکننده و وابستگی بالا به یک بخش خاص هستند، بیشتر در معرض آسیب‌های اقتصادی قرار می‌گیرند (de Bruijn & Klijn, 2021). در شهرهای ساحلی مانند نوشهر و چالوس، که همواره در معرض خطر سیلاب‌های ساحلی و تغییرات اقلیمی قرار دارند، اجرای سیاست‌های اقتصادی پایدار، توسعه سیستم‌های بیمه‌ای، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم و ایجاد فرصت‌های شغلی جایگزین ازجمله اقداماتی است که می‌تواند میزان تاب‌آوری اقتصادی این شهرها را افزایش دهد و از پیامدهای منفی بحران‌های طبیعی بکاهد (احمدی پور و همکاران، ۱۴۰۳).

شاخص کالبدی و زیرساختی

شاخص کالبدی و زیرساختی نیز یکی از مهم‌ترین معیارهای سنجش تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود. این شاخص به میزان استحکام و مقاومت زیرساخت‌های شهری در برابر حوادث طبیعی اشاره دارد. مقاومت ساختمان‌ها، استانداردهای ساخت‌وساز، شبکه حمل‌ونقل اضطراری، سیستم‌های زهکشی و کنترل سیلاب، تأسیسات برق و آب، و میزان دسترسی به مراکز درمانی ازجمله عوامل کلیدی این بُعد هستند (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲). در دهه‌های اخیر، رشد سریع شهرنشینی و توسعه بی‌رویه شهری بدون در نظر گرفتن اصول ایمنی و استانداردهای مقاوم‌سازی، موجب افزایش آسیب‌پذیری بسیاری از شهرها در برابر بلایای طبیعی شده است .(Chen & Zhang, 2024) بر این اساس، طراحی و توسعه زیرساخت‌های شهری مقاوم، استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت بحران و بهبود برنامه‌های شهرسازی، نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر مخاطرات دارد.(Mahmoud & Chulahwat, 2024)

در کل می‌توان گفت که شاخص کالبدی و زیرساختی یکی از مهم‌ترین ارکان تاب‌آوری شهری محسوب می‌شود که شامل مقاومت ساختمان‌ها، شبکه حمل‌ونقل اضطراری، سیستم‌های زهکشی، تأسیسات زیربنایی و میزان آمادگی شهر در مدیریت آب‌های سطحی است. شهرهایی که دارای ساختمان‌های مقاوم، مسیرهای اضطراری ایمن، زیرساخت‌های پایدار و تأسیسات زیربنایی مستحکم هستند، توانایی بیشتری در مقابله با مخاطرات طبیعی دارند و می‌توانند سریع‌تر از بحران بازیابی شوند (رحیمی نژاد و همکاران، ۱۴۰۲). در شهرهای ساحلی مانند نوشهر و چالوس که در معرض خطر سیلاب‌های مکرر قرار دارند، اجرای برنامه‌های نوسازی بافت‌های فرسوده، توسعه سیستم‌های زهکشی، مقاوم‌سازی جاده‌ها و احداث سدهای کنترل سیلاب، می‌تواند تأثیر بسزایی در افزایش تاب‌آوری کالبدی و کاهش آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی داشته باشد (Feng et al., 2025). توجه به این شاخص و اجرای برنامه‌های جامع شهرسازی مقاوم در برابر بحران، یکی از مهم‌ترین اقدامات برای ارتقای پایداری شهری و بهبود کیفیت زندگی شهروندان خواهد بود .(Rezaei & Fathi, 2025)

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

شاخص نهادی و مدیریتی

بُعد دیگر تاب‌آوری شهری، شاخص نهادی و مدیریتی است که بر میزان آمادگی و توانایی نهادهای دولتی، محلی و سازمان‌های مرتبط در مدیریت بحران‌ها دلالت دارد. وجود برنامه‌های جامع مدیریت بحران، هماهنگی بین سازمان‌های اجرایی، میزان آمادگی نیروهای امدادی، قوانین و سیاست‌گذاری‌های حمایتی، و میزان انعطاف‌پذیری سیاست‌های شهری ازجمله عوامل مهم در این بُعد هستند (نعمتی و همکاران، ۱۴۰۳). این شاخص علاوه بر نقش نهادهای دولتی، سازمان‌های امدادی و دستگاه‌های اجرایی، به میزان هماهنگی و همکاری بین آن‌ها و همچنین به سیاست‌گذاری‌های صحیح، قوانین و مقررات در خصوص مدیریت بحران بستگی دارد .در حقیقت، سیستم‌های نهادی و مدیریتی قوی و انعطاف‌پذیر می‌توانند از طریق برنامه‌ریزی مناسب، آموزش‌های پیشگیرانه، و مدیریت منابع انسانی و مالی در هنگام وقوع بحران، از شدت خسارات کاسته و به بازیابی سریع‌تر کمک کنند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲؛.(Cutter et al., 2023)

ساختار نهادی و مدیریتی مناسب، در حقیقت به نظام‌های اجرایی، سیاست‌گذاری و نظارت اشاره دارد که به‌منظور کاهش خطرات ناشی از بحران‌ها و مدیریت اثرات آن‌ها ایجادشده است. این سیستم‌ها باید به‌طور مؤثر و به‌ویژه در زمان بحران، وظایف خود را به‌طور هماهنگ انجام دهند. بسیاری از شهرها، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، به دلیل ضعف در ساختارهای مدیریتی و نهادی، قادر به مدیریت بحران‌ها و کاهش اثرات آن‌ها نیستند. فقدان هماهنگی بین دستگاه‌های دولتی، بخش خصوصی و سازمان‌های غیرانتفاعی می‌تواند باعث بروز اختلالات گسترده و افزایش آسیب‌پذیری در زمان بحران‌ها شود .(Wu & Li, 2026) در این راستا، ایجاد کمیته‌های بحران، تیم‌های امدادی و گروه‌های واکنش سریع می‌تواند نقش مهمی در پاسخگویی سریع به بلایای طبیعی ایفا کند. در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، یک مدیریت بحران جامع و یکپارچه وجود دارد که تمامی ارگان‌ها را تحت یک سیستم هماهنگ درمی‌آورد. در این سیستم، دستگاه‌های دولتی، نیروهای امدادی، آتش‌نشانی، نیروهای پلیس، و سازمان‌های غیردولتی می‌توانند در مواقع بحرانی با همکاری نزدیک و تقسیم وظایف مشخص عمل کنند. برای مثال، در کشورهایی مانند ژاپن و هلند که در برابر بحران‌های طبیعی مانند زلزله و سیلاب آسیب‌پذیر هستند، وجود ساختارهای مدیریتی یکپارچه و آموزش‌های پیشگیرانه به مردم و مسئولان، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش آسیب‌ها ایفا کرده است (کریمی و همکاران، ۱۴۰۲؛ Zhang & Wang, 2025).

شاخص زیست‌محیطی

شاخص زیست‌محیطی نیز یکی دیگر از ابعاد کلیدی تاب‌آوری شهری محسوب می‌شود. این شاخص به میزان پایداری زیست‌محیطی شهر و توانایی آن در سازگاری با تغییرات اقلیمی و مخاطرات طبیعی اشاره دارد. کیفیت منابع آب، میزان آلودگی هوا، پوشش گیاهی، برنامه‌های احیای محیط‌زیست، شیوه‌های مدیریت پسماند و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر ازجمله معیارهای مهم در این بُعد هستند (کاظمی و همکاران، ۱۴۰۲). شاخص زیست‌محیطی به میزان پایداری زیست‌محیطی شهر و توانایی آن در سازگاری با تغییرات اقلیمی، مدیریت بحران‌های طبیعی و کاهش آسیب‌ها ناشی از بلایای طبیعی اشاره دارد. درواقع، هرچه شهری از منظر زیست‌محیطی پایدارتر باشد و به منابع طبیعی خود بهتر مدیریت کند، می‌تواند تاب‌آوری بیشتری در برابر بحران‌ها و مخاطرات طبیعی مانند سیلاب، طوفان، خشکسالی و آلودگی‌های زیست‌محیطی داشته باشد (Zhao & Huang, 2024; Liu et al., 2022).

آلودگی هوا یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات زیست‌محیطی برای سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست است که می‌تواند بر تاب‌آوری شهری تأثیر منفی بگذارد. شهرهایی که با آلودگی شدید هوا مواجه هستند، به‌ویژه در هنگام وقوع بلایای طبیعی مانند سیلاب یا طوفان، احتمالاً با محدودیت‌های جدی در ارائه خدمات بهداشتی، اضطراب عمومی و تخریب سریع‌تر زیرساخت‌ها مواجه می‌شوند. به‌ویژه در شرایطی که سطح آلودگی هوا بالا باشد، افراد مستعدتر به ابتلا به بیماری‌های تنفسی و مشکلات قلبی هستند، که درنتیجه می‌تواند میزان آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی بحران‌ها را تشدید کند (کاظمی و همکاران، ۱۴۰۲).

برای کاهش آلودگی هوا و افزایش تاب‌آوری، نیاز است که شهرها سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی پاک، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی، تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر و کنترل انتشار آلاینده‌ها را پیاده‌سازی کنند. این اقدامات به‌ویژه در شهرهای بزرگ و صنعتی مانند تهران، اصفهان و حتی شهرهای ساحلی می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش اثرات بحران‌های طبیعی بر سلامت عمومی و زیرساخت‌ها داشته باشد. استفاده از فناوری‌های پاک در صنایع و حمل‌ونقل، همراه با بهبود کیفیت هوای شهری، ازجمله راهکارهایی است که می‌تواند در مواجهه با بحران‌های مختلف، تاب‌آوری را افزایش دهد .(Ghalib & Ahmad, 2023) پوشش گیاهی و حفاظت از محیط‌زیست طبیعی نیز به‌طور مستقیم بر تاب‌آوری شهری تأثیر می‌گذارد. درختان، گیاهان و جنگل‌ها به‌عنوان حافظان خاک، تنظیم‌کننده دما، محافظ در برابر سیلاب‌ها و کاهش‌دهنده آلودگی هوا شناخته می‌شوند. این پوشش‌ها می‌توانند میزان اثرات بحران‌های زیست‌محیطی مانند سیلاب‌ها، گردوغبار، طوفان‌ها و افزایش دمای هوا را به‌شدت کاهش دهند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲).(Perera & Jayawardena, 2023)

شاخص فناوری اطلاعات

در دنیای امروز، با پیشرفت‌های علمی و فناوری، شاخص فناوری و اطلاعات به یکی از عوامل کلیدی در ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی تبدیل‌شده است. این شاخص شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند هشدار، داده‌های کلان، فناوری‌های سنجش‌ازدور، پهپادهای نظارتی، و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌شود که در کنار هم، می‌توانند نقش مؤثری در پیش‌بینی، پایش و کاهش خسارات ناشی از بحران‌ها ایفا کنند. استفاده مؤثر از این فناوری‌ها به شهرها این امکان را می‌دهد که در زمان وقوع بحران‌ها واکنش‌های بهتری داشته و سرعت بازیابی خود را از بحران‌ها افزایش دهند. به‌عبارت‌دیگر، فناوری‌های نوین می‌توانند نقش یک ابزار پیشگیرانه و مدیریتی را در فرآیند تاب‌آوری ایفا کنند، که به‌ویژه در شهرهای ساحلی و مناطق پرخطر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (نعمتی و همکاران، ۱۴۰۳)Rezaei & Fathi, 2025)

یکی از مهم‌ترین ابزارهای فناوری که به افزایش تاب‌آوری شهری کمک می‌کند، سیستم‌های هوشمند هشدار بحران هستند. این سیستم‌ها با استفاده از داده‌های واقعی و مدل‌های پیش‌بینی، به‌طور مداوم وضعیت‌های بحرانی را رصد کرده و اطلاعات لازم را به نهادهای ذی‌ربط و شهروندان ارسال می‌کنند. این سیستم‌ها می‌توانند هشدارهای لازم را در مورد وقوع بلایای طبیعی مانند سیل، طوفان، زلزله و حتی بیماری‌های واگیر منتشر کنند تا به شهروندان و مسئولان اجازه دهند تا قبل از وقوع بحران اقدام کنند .(Wang et al., 2025) سیستم‌های هشدار به‌ویژه در شهرهای ساحلی مانند نوشهر و چالوس که در معرض سیلاب‌ها و طوفان‌های دریایی قرار دارند، می‌توانند نقش مؤثری در کاهش آسیب‌های جانی و مالی داشته باشند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲) .(Li et al., 2025) مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در پیش‌بینی سیلاب، می‌تواند دقت هشدارها را تا ٪۸۵ افزایش دهد و زمان واکنش را به‌طور چشمگیری کاهش دهد ;(Feng et al., 2025 Wu & Li, 2026).

پیشینه تحقیق

فریدونی ضربی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به تاب‌آوری شهری در شهرهای ساحلی استان مازندران با تأکید بر نقش حمایت اجتماعی و سبک زندگی سلامت‌محور پرداختند. نتایج آزمون همبستگی نشان داد رابطه معنادار مثبت و مستقیم بین تاب‌آوری شهری با میزان سبک زندگی سلامت‌محور و حمایت اجتماعی وجود دارد؛ یعنی هرچه میزان سبک زندگی سلامت‌محور و حمایت اجتماعی در بین ساکنان شهرهای ساحلی مازندران افزایش یابد، تاب‌آوری شهری بیشتر می‌شود. مقدار ضریب همبستگی چندگانه برابر با ۰/۴۸۴ است که نشان‌دهنده ضریب همبستگی پایینی است. ضریب تعیین نشان می‌دهد مجموعه متغیرهای مستقل، ۵/۲۳ درصد از تغییرات متغیر وابسته تاب‌آوری شهری را تبیین می‌کنند. متغیر سبک زندگی سلامت‌محور و ابعاد آن اثر بیشتری بر تاب‌آوری شهری دارند. برای بالا بردن تاب‌آوری شهری، باید میزان سبک زندگی سلامت‌محور و همچنین حمایت اجتماعی را افزایش داد.

رضایان کله بستی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به تبیین چارچوب مفهومی برای ارزیابی تاب‌آوری مکانی– فضایی در برابر سیلاب‌های شهری و کاربست آن در ادبیات شهرسازی؛ مطالعه موردی: شهر بابلسر پرداختند. نتایج حاکی از آن است که شهر بابلسر به لحاظ تاب‌آوری در وضعیت

نسبتاً مناسبی قرار دارد و لازم است که از پتانسیل‌ها و فرصت‌ها و منابع موجود در شهر در راستای بهبود تاب‌آوری مکانی، فضایی در برابر سیلاب به‌درستی استفاده کند.

اکبرپور و زینی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان نقش مدیریت بحران در سیلاب های شهری پرداختند. این پژوهش با استفاده از روش تحقیق تحلیلی- توصیفی و جمع‌آوری داده‌های کیفی از منابع ثانویه، نشان داد که مدیریت بحران برای کاهش خسارات ناشی از سیل باید در سه مرحله قبل از وقوع، حین وقوع، و بعد از وقوع انجام شود تا خسارات به حداقل ممکن برسد.

مجرد کاهانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان مدیریت بحران سیل شهری پرداختند. این پژوهش از روش تحقیق توصیفی- تحلیلی استفاده کرده و داده‌ها از طریق بررسی اسناد و مدارک مرتبط گردآوری‌شده‌اند. به این نتایج رسیدند که چارچوب استراتژیک در مدیریت یکپارچه بحران سیل شامل ۴ مرحله است که عبارتند از ۱) آمادگی قبل از تأثیر سیل مانند پیش‌بینی و هشدار سیل. ۲) آمادگی هنگام وقوع سیل. ۳) پاسخ اضطراری در طول وقوع سیل. ۴) بهبود و توان‌بخشی پس از وقوع سیل.

هادیانی (۱۳۸۶) در مقاله ای با عنوان نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب های منطقه‌ای در حوزه آبخیز مادرسو با تأکید بر تغییر در کاربری اراضی به‌عنوان عامل اصلی سیلاب‌ها. در این تحقیق با استفاده از روش حفاظت خاک آمریکا (SCS)مدل شماره منحنی دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب، طرح در دو وضعیت کاربری فعلی اراضی و کاربری اراضی بر اساس قابلیت، در شرایط مختلف رطوبت پیشین خاک برآورد شد. با مقایسه نتایج حاصل، تأثیر تغییر کاربری اراضی در عدم قطعیت برآورد سیلاب طرح مشخص شد.

آپریجانتو و همکاران [1](۲۰۲۵) در مطالعه‌ای با عنوان «استراتژی‌های نوآورانه برای حفاظت از سیلاب‌های جزر و مدی: مطالعه موردی در شهر سمارانگ، جاوای مرکزی» به تحلیل رویکردهای مدیریتی برای کاهش خطرات سیلاب در مناطق ساحلی پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از ابزارهای مدیریتی نوآورانه، مانند مدل‌سازی فضایی و توسعه سامانه‌های هشدار سریع، نقش مؤثری در کاهش خسارات ناشی از سیلاب‌های جزر و مدی ایفا می‌کند.

انریکه-هیدالگو و همکاران [2](۲۰۲۵) در مطالعه‌ای با عنوان »ارزیابی ابزارهای تصمیم‌گیری برای کنترل سیلاب‌های ساحلی و فرسایش :یک دیدگاه چندمعیاره «به تحلیل روش‌های مختلف مدیریت بحران پرداختند. تحقیق نشان داد که استفاده از ابزارهای چندمعیاره در تصمیم‌گیری، ازجمله مدل‌های پیش‌بینی و تحلیل هزینه-فایده، می‌تواند به کاهش فرسایش ساحلی و تقویت تاب‌آوری مناطق شهری کمک کند. همچنین تأکید بر اهمیت هماهنگی بین نهادهای محلی و ملی برای اجرای بهتر سیاست‌ها شده است.

لی و همکاران [3] (۲۰۲۵) در تحقیق خود با عنوان »کاهش خسارات ناشی از بلایا در شانگ‌های تحت شهرنشینی سریع: شواهد از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۹ به تحلیل تغییرات مکانی و زمانی خسارات بلایای طبیعی در این شهر پرداختند. آن‌ها دریافتند که اتخاذ سیاست‌های مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها و کاهش آسیب‌پذیری اجتماعی، نقش مهمی در کاهش خسارات ناشی از سیلاب‌ها و سایر بلایا داشته است. همچنین تأکید شد که برنامه‌های مدیریت بحران باید بر توسعه زیرساخت‌های چندمنظوره و آموزش جوامع محلی تمرکز کنند.

چال و سیراووقلو [4](۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با عنوان «شناسایی شاخص‌های آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر افزایش سطح دریا و سیلاب در مناطق شهری ساحلی» به بررسی چالش‌های مرتبط با افزایش آسیب‌پذیری در شهرهای ساحلی پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که تقویت قوانین ساخت‌وساز و استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی تاب‌آوری مناطق شهری ساحلی را در برابر سیلاب افزایش دهد. همچنین، روش‌های پیشگیری، نظیر طراحی سیستم‌های زهکشی پیشرفته، می‌تواند تأثیرات مخرب سیلاب‌ها را کاهش دهد.

[1] - Aprijanto Et al
[2] -Chal & Sirawoglo
[3] - Li et al
[4] - Enríquez

جمع بندی مطالعات پیشین

مرور نظام‌مند مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که پژوهش‌های پیشین در حوزه تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب، عمدتاً بر سه رویکرد متمرکز بوده‌اند:

الف) مطالعات مدیریتی–نهادی که بر نقش ساختارهای تصمیم‌گیری و هماهنگی بین سازمانی تأکید داشته‌اند (اکبرپور و زینی، ۱۳۹۴؛ مجرد کاهانی و همکاران، ۱۳۹۳)؛

ب) پژوهش‌های کالبدی–زیرساختی که مقاومت فیزیکی شهرها را با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی مانند SCS ارزیابی کرده‌اند (هادیانی، ۱۳۸۶؛ چال و سیراووقلو، ۲۰۲۴)؛

ج) تحقیقات اجتماعی–اقتصادی که نقش حمایت اجتماعی و سبک زندگی سلامت‌محور را در تاب‌آوری بررسی نموده‌اند (فریدونی ضربی و همکاران، ۱۴۰۳).

بااین‌حال، بررسی عمیق‌تر این مطالعات نشان می‌دهد که اغلب آن‌ها فاقد یک چارچوب یکپارچه و چندبُعدی هستند که هم‌زمان ابعاد نهادی، کالبدی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و آمادگی اضطراری را در یک مدل علّی–ساختاری به هم پیوند دهد. به‌عنوان‌مثال، مطالعه (رضایان کله بستی و همکاران ،۱۴۰۱) اگرچه به ارزیابی تاب‌آوری مکانی–فضایی در بابلسر پرداخته، اما روابط سلسله‌مراتبی میان شاخص‌ها را تبیین نکرده است. همچنین پژوهش‌های بین‌المللی مانند لی و همکاران (۲۰۲۵) و آپریجانتو و همکاران (۲۰۲۵)، علی‌رغم استفاده از ابزارهای نوین نظیر مدل‌سازی فضایی، به دلیل تفاوت‌های بافت اقلیمی، مدیریتی و فرهنگی، قابلیت تعمیم‌پذیری به شهرهای ساحلی ایران را ندارند. از سوی دیگر، شکاف تحقیقاتی آشکار آن است که تاکنون هیچ مطالعه‌ای در شهرهای نوشهر و چالوس انجام‌نشده که با رویکردی ترکیبی (کیفی–کمی) و با تلفیق روش‌های دلفی، مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و معادلات ساختاری (SEM)، به تحلیل سلسله‌مراتبی و علّی شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب پرداخته باشد.

نوآوری اصلی پژوهش حاضر در سه سطح قابل تبیین است:

- ✓ **نخست**، ارائه یک چارچوب بومی و عملیاتی شامل ۴۲ شاخص تأییدشده توسط خبرگان محلی که برای اولین بار در منطقه ساحلی مازندران تدوین‌شده است؛
- ✓ **دوم**، کشف ساختار پنهان روابط علّی میان ابعاد شش‌گانه تاب‌آوری از طریق سطح‌بندی ISM و شناسایی شاخص‌های «محرک کلیدی» (نظیر طرح جامع مدیریت بحران و سامانه هشدار سریع) که در پژوهش‌های پیشین مغفول مانده بودند؛
- ✓ **سوم**، آزمون تجربی مدل پیشنهادی با داده‌های میدانی و تأیید برازش آماری آن (SRMR=0.070, NFI=0.91, RMSEA=0.072) که نشان‌دهنده اعتبار علمی مدل برای کاربرد در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی شهری است. به‌این‌ترتیب، پژوهش حاضر نه‌تنها شکاف دانشی موجود در ادبیات موضوع را پر می‌کند، بلکه با ارائه یک مدل علّی–ساختاری معتبر، امکان مداخلات هدفمند و اولویت‌بندی در ارتقاء تاب‌آوری شهرهای ساحلی ایران را برای اولین بار فراهم می‌آورد.

روش پژوهش

مرحله اول: مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی

در مرحله نخست، به‌منظور شناسایی شاخص‌ها و مؤلفه‌های مؤثر، از روش‌های کتابخانه‌ای و اسنادی استفاده شد. در این مرحله، منابع مختلف شامل مقالات علمی پژوهشی، پایان‌نامه‌های تخصصی، گزارش‌های سازمان مدیریت بحران کشور، طرح‌های جامع شهری و اسناد بین‌المللی مرتبط با مدیریت سیلاب و تاب‌آوری شهری) مانند سند سندای، UNDRRو (IPCC موردبررسی قرار گرفت و مجموعه‌ای از شاخص‌های مؤثر شناسایی گردید.

مرحله دوم: مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته (پیش‌دلفی)

در پیش از اجرای مرحله اول دلفی، مجموعه‌ای از **مصاحبه‌های نیمه‌ساخت‌یافته** با ۱۵ نفر از خبرگان کلیدی در حوزه مدیریت بحران، برنامه‌ریزی شهری و محیطزیست که در سازمان‌هایی از قبیل سازمان نظام‌مهندسی ساختمان، شهرداری و بنیاد مسکن انجام شد. هدف این مصاحبه‌ها، ارزیابی کفایت شاخص‌های استخراج‌شده از ادبیات و شناسایی هرگونه شاخص بومی یا نیازمند اصلاح بود .نتایج این گفت‌وگوهای تخصصی به اصلاح ساختار پرسشنامه دلفی و افزودن ۴ شاخص جدید منجر شد.

مرحله سوم: روش دلفی (غربالگری و اعتبارسنجی شاخص‌ها)

در گام بعدی، برای ارزیابی اعتبار شاخص‌های شناسایی‌شده و تطبیق آن‌ها با شرایط بومی منطقه، از **روش دلفی** استفاده گردید. در این مرحله، پرسشنامه‌ای حاوی شاخص‌های استخراج‌شده تنظیم و در اختیار گروهی از خبرگان حوزه مدیریت بحران، برنامه‌ریزی شهری، محیطزیست و مسئولان محلی قرار گرفت. فرایند دلفی در **سه دور متوالی** تکرار شد و در هر مرحله نظرات و بازخوردهای خبرگان تحلیل‌شده و شاخص‌هایی که میزان توافق لازم (حداقل ۷۵ درصد) را به دست نیاورده بودند، حذف یا اصلاح گردیدند. نهایتاً مجموعه‌ای از ۴۲ شاخص معتبر و مورد اجماع خبرگان به‌عنوان شاخص‌های نهایی پژوهش تثبیت شد.

مرحله چهارم: مدل‌سازی ساختاری تفسیری(ISM)

پس از نهایی شدن شاخص‌ها، برای تحلیل ساختار سلسله‌مراتبی و روابط درونی میان شاخص‌ها از **مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)** استفاده شد. در این مرحله، **ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)** با مشارکت همان گروه ۱۵ نفره از خبرگان تکمیل گردید. داده‌های حاصل از این ماتریس وارد فرایند تحلیل ISM شده و ماتریس‌های دسترسی اولیه و نهایی تولید شد. درنهایت، شاخص‌ها در سطوح مختلف قرار گرفتند و ساختار سلسله‌مراتبی روابط میان شاخص‌ها استخراج و ترسیم گردید. این مرحله کمک کرد تا میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر شاخص در ساختار کلی تاب‌آوری شهری شناسایی شود و شاخص‌های کلیدی و اولویت‌دار مشخص گردد.

مرحله پنجم: مدل‌سازی معادلات ساختاری(SEM)

در گام بعد، به‌منظور آزمون مدل و سنجش روابط میان شاخص‌ها در قالب مدل پیشنهادی، از **مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)** استفاده شد. در این بخش، بر اساس نتایج حاصل از ISM و دلفی، پرسشنامه‌ای بر مبنای طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت (از خیلی کم = ۱ تا خیلی زیاد = ۵) طراحی و در میان **۱۵۰ نفر** از جامعه آماری شامل کارشناسان مدیریت بحران، مدیران شهری، متخصصان محیطزیست و ساکنان شهرهای ساحلی نوشهر و چالوس توزیع گردید. داده‌های گردآوری‌شده ابتدا در نرم‌افزار **SPSS**تحلیل توصیفی شد و سپس پایایی ابزار تحقیق با محاسبه **ضریب آلفای کرونباخ**)که مقدار آن برای کل پرسشنامه ۰/۹۴ و برای هر یک از ابعاد بالاتر از ۰/۸۵ به دست آمد) موردبررسی قرار گرفت. در ادامه، برای آزمون معناداری ضرایب مسیرها و سنجش برازش مدل پیشنهادی، داده‌ها در نرم‌افزار **SmartPLS**واردشده و شاخص‌های مختلف برازش معادلات ساختاری ازجملهRMSEA ، CFI، NFIو نسبت کای‌دو به درجات آزادی (χ^2/df) محاسبه گردید.

خلاصه مشخصات جامعه آماری و حجم نمونه

مرحله پژوهش	جامعه آماری	حجم نمونه	روش نمونه‌گیری	ابزار گردآوری داده
مصاحبه پیش‌دلفی	خبرگان حوزه مدیریت بحران، شهرسازی و محیطزیست	۱۵ نفر	هدفمند + گلوله برفی	مصاحبه نیمه‌ساختاریافته
روش دلفی	خبرگان حوزه مدیریت بحران، شهرسازی، محیطزیست و مسئولان محلی	۱۵ نفر	هدفمند + گلوله برفی	پرسشنامه دلفی
مدلISM	خبرگان حوزه مدیریت بحران، شهرسازی، محیطزیست	۱۵ نفر	هدفمند + گلوله برفی	ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)
مدلSEM	کارشناسان مدیریت بحران، مدیران شهری، متخصصان محیطزیست و ساکنان نوشهر و چالوس	۱۵۰	غیر تصادفی در دسترس + گلوله برفی	پرسشنامه پنج‌درجه‌ای لیکرت

یافته‌ها

غنی‌سازی و بومی‌سازی شاخص‌ها از طریق مصاحبه‌های تخصصی (مرحله پیش‌دلفی) به‌منظور افزایش دقت و انطباق شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب با شرایط واقعی نوشهر و چالوس، پیش از اجرای روش دلفی، مصاحبه‌هایی با ۵ نفر از خبرگان محلی و دانشگاهی صورت گرفت. این مصاحبه‌ها نیمه‌ساخت‌یافته و بر اساس شش بُعد اصلی تاب‌آوری (زیرساختی، نهادی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و آمادگی) و ۵۰ شاخص اولیه طراحی‌شده بودند. تحلیل داده‌های مصاحبه با روش تحلیل محتوای کیفی انجام شد که منجر به افزودن سه شاخص جدید، ادغام چهار شاخص مشابه، حذف یک شاخص نامرتبط و اصلاح واژگان و ساختار هشت شاخص برای شفافیت و انطباق بیشتر با بستر محلی. در ابتدا نیز شاخص‌های اولیه از تحلیل اسنادی منابع علمی، گزارش‌های نهادی، و اسناد داخلی و بین‌المللی (مانند سند سنندای، IPCC UNDRR) استخراج‌شده بودند که تاب‌آوری شهری را در ۶ بُعد و ۱۷ مؤلفه فرعی طبقه‌بندی می‌کردند.

جدول ۱. ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های اولیه شناسایی‌شده تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب

ردیف	بُعد تاب‌آوری	شاخص‌های نمونه	مؤلفه‌ها
۱	زیرساختی- کالبدی	درصد پوشش شبکه فاضلاب، تعداد مسیرهای تخلیه ایمن، مقاومت سازه‌ای ساختمان‌های مسکونی	زیرساخت‌های آب و فاضلاب، پایداری ساختمان، معابر اضطراری
۲	نهادی- مدیریتی	وجود برنامه اضطراری، سطح هماهنگی بین نهادها، بهره‌گیری از سامانه هشدار سیل	ظرفیت نهادی، مدیریت یکپارچه بحران، هشدار سریع
۳	اجتماعی- فرهنگی	سطح آموزش عمومی، میزان اعتماد به نهادها، مشارکت در برنامه‌های آمادگی	مشارکت محلی، آگاهی عمومی، انسجام اجتماعی
۴	اقتصادی	درصد خانوارهای بیمه‌شده، سطح درآمد پایدار، تنوع اقتصادی جامعه	منابع مالی، تنوع معیشتی، تاب‌آوری مشاغل
۵	زیست‌محیطی- طبیعی	تراکم فضای سبز، شیب طبیعی زمین، قابلیت جذب روان‌آب	پوشش سبز، توپوگرافی، نفوذپذیری خاک
۶	آمادگی و پاسخ اضطراری	سطح آمادگی روانی و تجهیزاتی، وجود پایگاه‌های امدادی، سابقه واکنش موفق به بحران	آمادگی خانوار، امکانات امدادی، تجربیات پیشین

طبقه‌بندی مفهومی فوق، مبنای طراحی ابزار دلفی قرار گرفت. با بهره‌گیری از این چارچوب، پرسشنامه‌ای تخصصی تهیه شد که در آن شاخص‌های استخراج‌شده در قالب ابعاد شش‌گانه تاب‌آوری، برای ارزیابی خبرگان آماده گردید. این ساختار، زمینه‌ساز غربال‌گری و اعتبارسنجی علمی شاخص‌ها در مراحل بعدی تحقیق بود.

روند اجماع سازی در مراحل دلفی

پس از انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساخت‌یافته و اصلاحات اولیه شاخص‌ها، فرایند اصلی غربال‌سازی و تثبیت شاخص‌های تاب‌آوری شهری با استفاده از تکنیک دلفی آغاز شد. هدف این مرحله، دستیابی به اجماع علمی و تخصصی در مورد شاخص‌هایی بود که علاوه بر پشتوانه نظری، قابلیت بومی‌سازی و کاربرد عملی در مدیریت بحران سیلاب در شهرهای ساحلی نوشهر و چالوس را داشته باشند. تکنیک دلفی در سه دور متوالی اجرا گردید. در دور اول، پرسشنامه‌ای با ۵۳ شاخص در شش بُعد اصلی برای جمعی از خبرگان شامل دانشگاهیان، مدیران شهری و متخصصان بحران ارسال شد. مشارکت‌کنندگان با استفاده از طیف لیکرت به ارزیابی اهمیت شاخص‌ها پرداختند و پیشنهادهایی برای اصلاح یا حذف ارائه دادند. نتیجه این دور، حفظ ۳۸ شاخص، حذف ۶ شاخص، شناسایی ۹ شاخص مرزی و پیشنهاد ۵ شاخص جدید بود. در دور دوم، پرسشنامه‌ای بازنگری‌شده شامل شاخص‌های مرزی، اصلاح‌شده و جدید تهیه شد و با سطح توافق بالاتری (۷۵٪) بررسی گردید. در این مرحله، ۸ شاخص تأیید و افزوده شد، ۴ شاخص حذف گردید و ۳ شاخص به دلیل هم‌پوشانی ادغام شدند. دور سوم به بازبینی نهایی و تثبیت ساختار شاخص‌ها اختصاص یافت. در پایان، بر اساس معیارهای اجماع عددی، سنجش پذیری و کاربردپذیری محلی، ۴۲ شاخص نهایی در شش بُعد اصلی به تأیید رسید که مبنای مدل‌سازی‌های بعدی تحقیق قرار گرفت.

تحلیل ساختاری شاخص‌ها با مدلISM

ساخت و تحلیل ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)

پس از تثبیت شاخص‌های نهایی از طریق فرآیند دلفی، مرحله بعدی در مسیر مدل‌سازی تفسیری، ترسیم روابط علّی میان شاخص‌ها به کمک ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) بود. هدف اصلی این مرحله، شناسایی نوع و جهت تأثیر شاخص‌ها بر یکدیگر از منظر خبرگان و استخراج ساختاری سلسله‌مراتبی از مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب بود. برای این منظور، پرسشنامه‌ای طراحی شد که در آن شاخص‌ها به‌صورت جفتی مقایسه می‌شدند و خبرگان می‌بایست نوع رابطه میان آن‌ها را با یکی از چهار نماد A،V ، X یا O مشخص کنند. پاسخ‌دهندگان این مرحله، همان ۱۵ خبره شرکت‌کننده در مرحله دلفی بودند که با توجه به تخصص و آشنایی قبلی‌شان با شاخص‌ها، توان تحلیل روابط علّی را دارا بودند. این فرآیند طی جلسات انفرادی و با هدایت پژوهشگر انجام شد تا از صحت و انسجام پاسخ‌ها اطمینان حاصل گردد. پس از گردآوری داده‌ها، نظرات تلفیق‌شده و بر اساس اجماع حداقلی ۷۵ درصد، ماتریس SSIM نهایی تنظیم شد. این ماتریس مبنای ادامه فرآیند مدل‌سازی تفسیری و تعیین ساختار سلسله‌مراتبی شاخص‌ها در تحقیق قرار گرفت.

استخراج و تحلیل ماتریس‌های دسترسی اولیه و نهایی

پس از تدوین ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) و تعیین نوع روابط علّی میان شاخص‌ها، گام بعدی در فرآیند مدل‌سازی ساختاری تفسیری، تبدیل SSIM به ماتریس دسترسی اولیه و سپس ماتریس دسترسی نهایی است. این دو ماتریس نقش کلیدی در شناسایی جایگاه هر شاخص در ساختار سلسله‌مراتبی مدل ISM دارند و پایه‌گذار تحلیل سطح‌بندی شاخص‌ها هستند.

تبدیل SSIM به ماتریس دسترسی اولیه (IRM)

برای تبدیل SSIM به IRM، هر یک از نمادهای چهارگانه SSIMطبق قواعد مشخصی به اعداد باینری (۰ و ۱) تبدیل می‌شوند. این قواعد به شرح زیر است:

اگر در SSIM رابطه بین iو jبرابر Vباشد IRM(i,j) = 1 و⟵ IRM(j,i) = 0

اگر برابر A باشد IRM(i,j) = 0 و⟵ IRM(j,i) = 1

اگر برابر X باشد IRM(i,j) = 1 و⟵ IRM(j,i) = 1

اگر برابر O باشد IRM(i,j) = 0 و⟵ IRM(j,i) = 0

پس از اعمال این قواعد، ماتریسی مربعی با مقادیر صفر و یک حاصل می‌شود که نشان‌دهنده روابط مستقیم بین شاخص‌هاست. به‌منظور ارتقاء دقت، درایه‌های قطر اصلی ماتریس $(i = j)$ نیز برابر با 1فرض می‌شوند، چراکه هر شاخص همواره با خودش در ارتباط است.

گام بعد، تشکیل ماتریس دسترسی نهایی از طریق اعمال اصل بستار[1] است. در مدل ISM فرض می‌شود که اگر شاخص A بر B اثر بگذارد و B بر C اثر بگذارد، پس A نیز بر C تأثیرگذار است. $(A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow C)$ برای اعمال این اصل، از الگوریتم‌های بستار ماتریسی استفاده‌شده و ارتباطات غیرمستقیم نیز در ماتریس لحاظ می‌شوند. در این پژوهش، فرایند بستار از طریق برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Excel انجام‌شده و ماتریس FRM نهایی استخراج گردید. این ماتریس، کلیه روابط مستقیم و غیرمستقیم بین شاخص‌ها را نشان می‌دهد و مبنای تعیین سطوح مدل ISM قرار می‌گیرد. از ماتریس نهایی می‌توان برای شناسایی شاخص‌های «اثرگذار» و «اثرپذیر» استفاده کرد. شاخص‌هایی که دارای تعداد زیادی درایه برابر با ۱ در سطر خود هستند، نقش فعال و اثرگذار در مدل‌دارند. در مقابل، شاخص‌هایی که در ستون آن‌ها ۱ زیادی وجود دارد، بیشتر تحت تأثیر سایر شاخص‌ها قرار می‌گیرند. این شاخص‌ها معمولاً در سطوح پایین‌تر مدل سلسله‌مراتبی قرار می‌گیرند و نمودار نهایی ISM ساختار تأثیرگذاری آن‌ها را به‌صورت بصری نمایش خواهد داد.

سطح‌بندی شاخص‌ها

پس از تبدیل ماتریس SSIM به ماتریس دسترسی اولیه (IRM) و سپس اعمال اصل ترانزیتیویتی برای به دست آوردن ماتریس دسترسی نهایی، گام نهایی در تحلیل ISM، تعیین سطح شاخص‌هاست. این مرحله، ساختار نهایی مدل سلسله‌مراتبی را مشخص می‌کند و جایگاه هر شاخص را بر اساس الگوی اثرگذاری و اثرپذیری آن تعیین می‌نماید.

هدف اصلی این مرحله آن است که روابط علی میان شاخص‌ها به یک ساختار لایه‌لایه تبدیل شوند. شاخص‌های سطوح بالا معمولاً اثرپذیر هستند؛ یعنی خودشان تأثیر زیادی از شاخص‌های دیگر می‌گیرند. شاخص‌های سطوح پایین بیشتر اثرگذار هستند؛ یعنی سایر شاخص‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این سطح‌بندی امکان طراحی نقشه راه منطقی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در مدیریت بحران را فراهم می‌سازد. برای سطح‌بندی، از دو مجموعه برای هر شاخص استفاده می‌شود:

(RS)[2] : شامل تمام شاخص‌هایی است که شاخص i بر آن‌ها اثر دارد (درایه‌های یک در سطر)

(AS)[3]: شامل تمام شاخص‌هایی است که بر شاخص i اثر دارند (رایه‌های ۱ در ستون).

(IS)[4] : اشتراک RS و AS برای هر شاخص.

در هر مرحله، شاخص‌هایی که RS و IS آن‌ها با یکدیگر برابر باشد، به‌عنوان شاخص‌های سطحی (Level) در آن مرحله شناسایی و از ماتریس حذف می‌شوند. این روند تکرار می‌شود تا تمامی شاخص‌ها سطح‌بندی شوند.

جدول ۲. نمونه‌ای از سطح‌بندی (برای ۵ شاخص)

شاخص	مجموعه تأثیرپذیر[9]	مجموعه تأثیرگذار[10]	اشتراک[11]	سطح
S1	S1, S2, S3, S4, S5	S1, S4	S1, S4	—
S2	S2, S3, S4, S5	S1, S2, S5	S2, S5	—
S3	S3, S4, S5	S1, S2, S3, S5	S3, S5	—
S4	S4	S1, S2, S3, S4, S5	S4	**1**
S5	S5	S1, S2, S3, S4, S5	S5	**1**

[1] transitivity
2-Reachability Set
3-Antecedent Set
4-Intersection Set
9-Reachability Set (RS)
10-Antecedent Set (AS)
11-Intersection (RS ∩ AS)

شاخص‌های S4 و S5 چون RS و اشتراک یکسان دارند، در سطح اول قرار می‌گیرند. در تکرار بعدی سطح دوم شناسایی می‌شود. تحلیل سطوح نشان داد که شاخص‌هایی مانند «آمادگی خانوار»، «میزان مشارکت اجتماعی»، و «توان اقتصادی خانوارها» در سطوح بالای مدل قرار دارند و بیشتر نقش اثرپذیر نهایی رادارند. در مقابل، شاخص‌هایی نظیر «وجود طرح جامع مدیریت بحران»، «ساختار نهادی پاسخگویی»، «هشدار سریع» و «وضعیت شبکه فاضلاب» در سطوح پایین‌تری قرارگرفته و به‌عنوان محرک‌های سیستم تاب‌آوری شهری ایفای نقش می‌کنند.

تحلیل میزان اثرگذاری و اثرپذیری شاخص‌ها

تحلیل میزان اثرگذاری و اثرپذیری شاخص‌ها، باهدف تشخیص شاخص‌های کلیدی (محرک) که بیشترین تأثیر را بر سیستم دارند. شناسایی شاخص‌های وابسته (پذیرا) که عمدتاً تحت تأثیر سایر متغیرها هستند؛ تقسیم‌بندی استراتژیک شاخص‌ها در ماتریس اثرگذاری-اثرپذیری؛ انجام می‌شود. از ماتریس دسترسی نهایی (FRM) استخراج‌شده در مراحل قبل، برای هر شاخص دو مقدار محاسبه می‌شود:

اثرگذاری[1]: مجموع تعداد ۱ های هر سطر

اثرپذیری[2]: مجموع تعداد ۱ های هر ستون

این دو مقدار، نمایانگر میزان نفوذ و حساسیت هر شاخص در کل ساختار سیستم هستند.

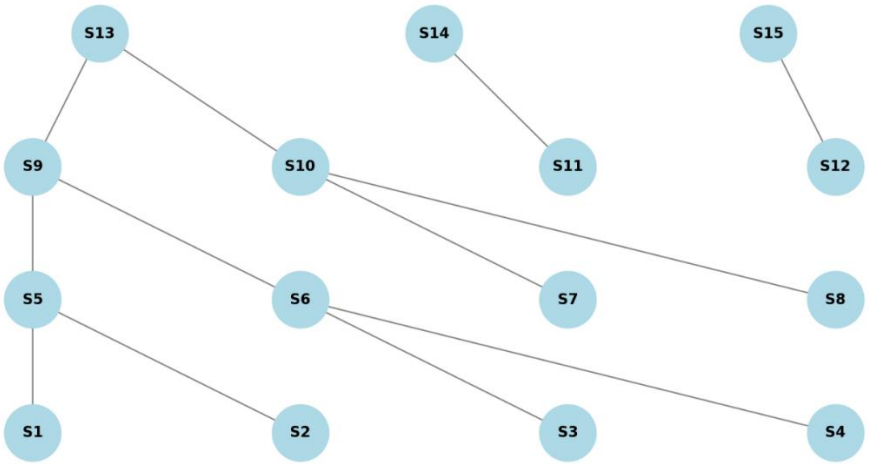
جدول ۳. نمونه‌ای از تحلیل اثرگذاری و اثرپذیری برای ۱۰ شاخص منتخب

شاخص	نوع شاخص (تحلیلی)	اثرپذیری (ستون)	اثرگذاری (سطر)	عنوان شاخص
S1	محرک کلیدی (Driver)	۳	۹	وجود طرح جامع مدیریت بحران
S2	اثرگذار قوی	۴	۸	سامانه هشدار سریع سیلاب
S3	نسبتاً اثرگذار	۵	۷	زیرساخت فاضلاب شهری
S4	میانی (رابط)	۶	۵	دسترسی به مسیرهای تخلیه اضطراری
S5	اثرپذیر	۷	۳	میزان آموزش عمومی بحران
S6	وابسته (Dependent)	۸	۲	آمادگی خانوار
S7	اثرپذیر	۷	۳	انسجام اجتماعی
S8	متعادل (Linkage)	۶	۶	وضعیت سازه‌های مسکونی در برابر سیل
S9	کاملاً وابسته	۹	۲	پوشش بیمه حوادث طبیعی
S10	وابسته کامل	۱۰	۱	مشارکت مردمی در مانورهای بحران

نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌هایی نظیر «وجود طرح جامع مدیریت بحران» و «سامانه هشدار سریع» در زمره شاخص‌های راهبردی اثرگذار قرار دارند. این متغیرها در سطوح پایین مدل ISM قرار دارند و اساساً نقش محرک سیستم تاب‌آوری را ایفا می‌کنند. در مقابل، شاخص‌هایی مانند «آمادگی خانوار»، «پوشش بیمه»، و «مشارکت مردمی» دارای اثرپذیری بالا و اثرگذاری پایین هستند؛ بنابراین در ساختار سیستم، تحت تأثیر سایر مؤلفه‌ها بوده و نمی‌توان از آن‌ها انتظار داشت که به‌تنهایی سطح تاب‌آوری را ارتقاء دهند، مگر در تعامل با متغیرهای کلیدی.

برخی شاخص‌ها مانند «وضعیت سازه‌ها» و «دسترسی به مسیرهای تخلیه»، در دسته‌ی شاخص‌های میانی یا اتصال‌دهنده قرار می‌گیرند که دارای سطحی از تعامل دوسویه با دیگر متغیرها هستند و نقش مهمی در انتقال اثر از شاخص‌های محرک به شاخص‌های وابسته دارند.

8-Driving Power
9-Dependence Power



نمودار سلسله‌مراتبی مدل ISM (بر پایه نمونه‌ای از ۱۵ شاخص)

تحلیل داده‌های کمی و مدل‌سازی معادلات ساختاری(SEM)

به‌منظور آزمون مدل مفهومی پژوهش که بر پایه شاخص‌های استخراج‌شده از دلفی و مدل ISM طراحی‌شده است، از رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار اسمارت پی ال اس[1] بهره گرفته شد. مدل ارائه‌شده، روابط علی میان ۶ بعد اصلی تاب‌آوری شهری را در قالب یک سیستم مفهومی ارزیابی می‌کند. داده‌های حاصل از ۱۵۰ پرسشنامه در این بخش تحلیل شدند.

برای بررسی روایی همگرا و میزان همبستگی گویه‌ها با متغیرهای مکنون مربوطه، بارهای عاملی استخراج گردید. معیار اصلی در این تحلیل، بار عاملی بالاتر از ۰.۶ برای تأیید هر گویه است.

از مجموع ۳۹ گویه، تعداد ۶ گویه حذف شدند. بیشترین حذف مربوط به بعد زیرساختی–کالبدی (۲ گویه) بود.ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی، آمادگی اضطراری از پایایی بالا و انسجام ساختاری قوی برخوردار بودند. گویه‌های حذف‌شده شامل مواردی بودند که یا بسیار کلی، یا با سایر گویه‌ها هم‌پوشانی مفهومی داشتند. درنهایت تعداد گویه های پرسشنامه با حذف ۶ گویه ۳۳ شد.

آزمون معناداری ضرایب مسیر

در این مرحله از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)، برای بررسی درستی فرضیه‌های پژوهش، ضرایب مسیر (β) بین متغیرهای پنهان محاسبه و سپس با آزمون بوت استرپت[2] ارزیابی شدند. مشخص شود که کدام مسیرهای علی بین ابعاد مدل مفهومی ازنظر آماری معنادار هستند و کدام مسیرها قابل ردند.

[1] - SmartPLS
[2] - Bootstrap

جدول ٤. آزمون معناداری ضرایب مسیر شاخص‌ها

مسیر علی	ضریب مسیر (β)	t-value	P-value	وضعیت
آمادگی و پاسخ اضطراری ← اجتماعی-فرهنگی	۰/۰۰۰۹	۱/۵۰۱	۰/۱۳۴	رد
زیرساختی-کالبدی ← اجتماعی-فرهنگی	−۰/۰۹۵	۲/۰۶۲	۰/۰۴۰	قبول
نهادی-مدیریتی ← اجتماعی-فرهنگی	−۰/۱۲۸	۲۰/۸۹	۰/۰۳۷	قبول
آمادگی و پاسخ اضطراری ← اقتصادی	۰/۶۴۲	۲۶/۳۴۵	۰/۰۰۰	قبول
آمادگی و پاسخ اضطراری ← زیرساختی-کالبدی	۰/۰۲۵	۰/۴۷۰	۰/۶۳۸	رد
آمادگی و پاسخ اضطراری ← زیست محیطی-طبیعی	۰/۰۱۰	۱/۱۴۹	۰/۲۵۱	رد
زیرساختی-کالبدی ← زیست محیطی-طبیعی	−۰/۱۰۹	۲/۵۸۸	۰/۰۱۰	قبول
نهادی-مدیرتی ← زیست محیطی-طبیعی	−۰/۱۴۷	۲/۶۲۹	۰/۰۰۹	قبول
آمادگی و پاسخ اضطراری ← نهادی-مدیریتی	−۰/۰۶۹	۱/۸۹۶	۰/۰۵۸	رد
زیرساختی-کالبدی ← نهادی-مدیریتی	۰/۷۴۴	۳۱/۶۵۹	۰/۰۰۰	قبول

در بررسی میزان برازش مدل مفهومی پژوهش با داده‌های تجربی، سه شاخص کلیدی شامل SRMR، NFI و RMSEA مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این شاخص‌ها نشان می‌دهند که مدل مفهومی طراحی‌شده از برازش قابل‌قبولی برخوردار است و ساختار نظری آن با داده‌های میدانی سازگاری مطلوبی دارد.

نخست، مقدار شاخص SRMR برابر با ۰/۰۷۰ به دست آمد که کمتر از حد آستانه ۰/۰۸بوده و نشان‌دهنده آن است که اختلاف میان ماتریس همبستگی واقعی و ماتریس مدل شده در سطح قابل‌قبولی قرار دارد. این شاخص به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای برازش در مدل‌های PLS، حاکی از کیفیت مناسب مدل در بازنمایی روابط درونی بین متغیرهای پژوهش است.

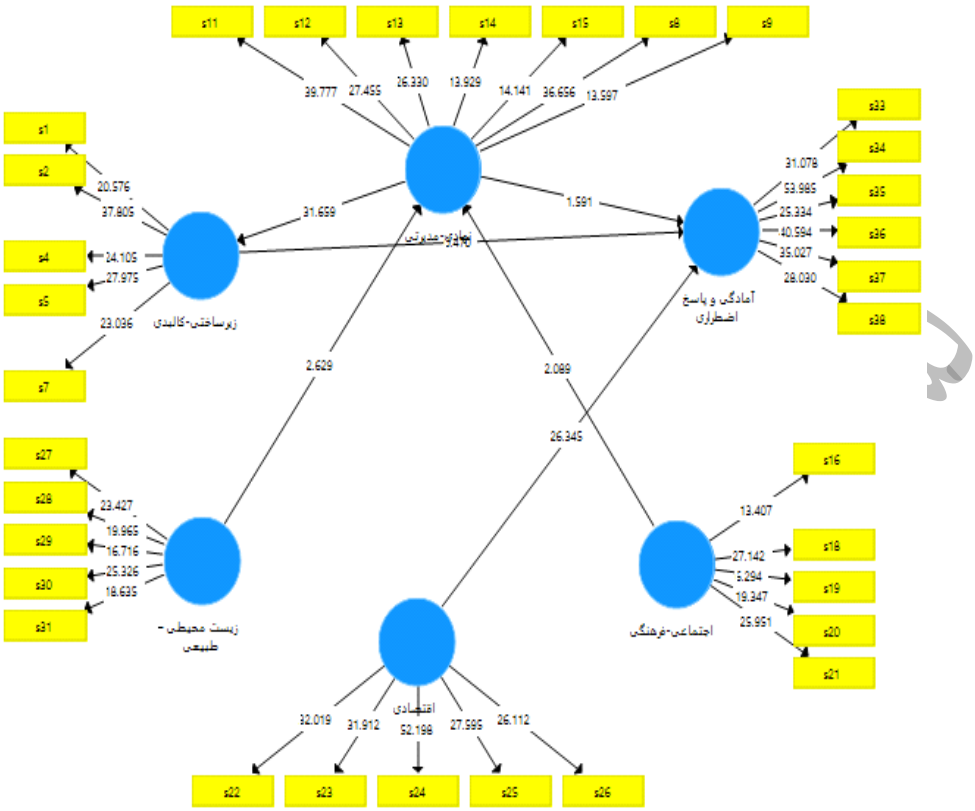
در ادامه، مقدار NFI برابر با ۰/۹۱ محاسبه شد که بالاتر از مقدار معیار پذیرش ۰/۹۰ است. این مقدار نشان می‌دهد که مدل مفهومی پژوهش نسبت به مدل پایه (مدلی فاقد ساختار روابط بین متغیرها) به شکل معناداری عملکرد بهتری داشته است. درواقع، NFI نشان‌دهنده آن است که ساختار مدل نه‌تنها فرضیه‌های نظری را بازتاب می‌دهد بلکه داده‌های واقعی را نیز با دقت قابل‌قبولی تبیین می‌کند.

درنهایت، شاخص RMSEA با مقدار ۰/۰۷۲ نیز در محدوده قابل‌قبول قرار گرفت (کمتر از ۰/۰۸) که نشان می‌دهد میزان خطای تقریبی در مدل‌پایین بوده و ساختار کلی آن به‌خوبی با داده‌ها منطبق است. شاخص RMSEA به‌طور خاص بیانگر این است که مدل از منظر آماری توانسته است واریانس متغیرهای پنهان را با کمترین میزان خطای تخمینی تبیین نماید.

به‌طورکلی، این سه شاخص به‌صورت هم‌راستا تأیید می‌کنند که مدل نهایی از برازش آماری مناسبی برخوردار بوده و قابلیت اعتماد برای تفسیر روابط علی میان ابعاد تاب‌آوری شهری را دارا می‌باشد. بنابراین، مدل پیشنهادی در پژوهش حاضر واجد شرایط علمی لازم برای تحلیل‌های نظری و سیاست‌گذاری‌های اجرایی در حوزه مدیریت بحران سیل در شهرهای ساحلی نوشهر و چالوس است.

مدل نهایی SEM

پس از حذف گویه‌های ضعیف و اصلاح مسیرهای غیر معنادار، مدل نهایی SEM رسم و تحلیل شد. این مدل نهایی، ساختار علّی میان ابعاد شش‌گانه تاب‌آوری شهری را به‌صورت تأییدشده ارائه می‌دهد.



نمودار ۱. مدل نهایی پژوهش در حالت t معناداری

مدل مفهومی طراحی‌شده بر اساس داده‌های حاصل از پرسشنامه و تحلیل در اسمارت پی ال اس، نشان‌دهنده ساختار علی منطقی و قابل استناد بین ابعاد تاب‌آوری شهری در نوشهر و چالوس است. مسیرهای کلیدی مانند "نهادی → زیرساختی"و "اجتماعی → نهادی" از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. روایی و پایایی مدل تأییدشده و مدل نهایی قابلیت کاربرد در برنامه‌ریزی‌های شهری را دارد.

تفسیر یافته‌های پژوهش

یافته‌های پژوهش حاضر در سه مرحله مجزا اما مرتبط دلفی، SEMوISM نشان‌دهنده ساختاری پیچیده و چندلایه از تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب در شهرهای نوشهر و چالوس است. در این بخش، هر یک از یافته‌های کلیدی تفسیر شده و با نتایج مطالعات پیشین مقایسه می‌گردد.

تفسیر نتایج روش دلفی (شناسایی شاخص‌های کلیدی)

در مرحله دلفی، از مجموع ۵۳ شاخص اولیه، ۴۲ شاخص در شش بُعد اصلی تأیید شدند. بیشترین توافق خبرگان بر روی ابعاد نهادی–مدیریتی و زیرساختی–کالبدی متمرکز بود که نشان‌دهنده اهمیت ساختارهای حکمرانی و زیرساخت‌های فیزیکی در تاب‌آوری شهرهای ساحلی است. این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین (Cutter et al., 2023) که بر نقش کلیدی نهادهای مدیریتی در کاهش آسیب‌پذیری تأکیددارند، هم‌سو است. همچنین، تأکید خبرگان بر شاخص‌های بومی مانند «تجاوز به حریم رودخانه‌ها» و «تغییر کاربری اراضی ساحلی» نشان می‌دهد که شرایط محلی و اقلیمی منطقه مازندران، نیازمند رویکردی مختص به خود در مدیریت سیلاب است. این موضوع در مطالعه رحیمی نژاد و همکاران (۱۴۰۲) نیز مورد تأکید قرارگرفته و نشان می‌دهد که مسائل بومی نظیر ساخت‌وسازهای غیرمجاز در حریم رودخانه‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده سیلاب در این منطقه می‌باشد.

تفسیر نتایج مدل(ISM) ساختار سلسله‌مراتبی و روابط علّی

نتایج مدل ISM نشان داد که شاخص‌های «وجود طرح جامع مدیریت بحران» و «سامانه هشدار سریع» در پایین‌ترین سطح مدل (به‌عنوان محرک‌های کلیدی) قرار دارند و بیشترین تأثیر را بر سایر شاخص‌ها می‌گذارند. این بدان معناست که بدون وجود یک چارچوب نهادی منسجم و سیستم هشدار کارآمد، سایر اقدامات مانند آموزش عمومی، مشارکت اجتماعی و مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها، اثربخشی مطلوب خود را نخواهند داشت. این یافته با نتایج پژوهش آپریجانتو و همکاران (۲۰۲۵) که بر نقش سیستم‌های هشدار سریع در کاهش خسارات سیلاب تأکید داشتند، هم‌خوانی دارد. همچنین، پژوهش لی و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که سیاست‌های مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها بدون پشتیبانی نهادی و مدیریتی، نمی‌توانند به‌تنهایی تاب‌آوری شهری را ارتقاء دهند که این موضوع با یافته‌های مدل ISM پژوهش حاضر که جایگاه نهادی را در سطح زیرین و محرک نشان می‌دهد، کاملاً هم‌سو است.در مقابل، شاخص‌هایی مانند «آمادگی خانوار»، «میزان مشارکت اجتماعی» و «توان اقتصادی خانوارها» در سطوح بالای مدل قرار گرفتند که نشان‌دهنده اثرپذیری آن‌ها از سایر شاخص‌هاست. به‌عبارت‌دیگر، این شاخص‌ها تا زمانی که زیرساخت‌های نهادی و کالبدی تقویت نشوند، به‌تنهایی قادر به ارتقاء تاب‌آوری نخواهند بود. این یافته با پژوهش فریدونی ضربی و همکاران (۱۴۰۳) که به نقش حمایت اجتماعی و سبک زندگی سلامت‌محور در تاب‌آوری شهری پرداخته‌اند، قابل‌مقایسه است؛ هرچند آن پژوهش نقش این متغیرها را به‌صورت مستقل بررسی کرده، اما مدل ISM پژوهش حاضر نشان می‌دهد که این متغیرها خود تحت تأثیر ساختارهای نهادی و مدیریتی قرار دارند.

تفسیر نتایج مدل روابط علّی میان ابعاد SEM

نتایج مدل معادلات ساختاری نشان داد که:بعد نهادی–مدیریتی با ضریب مسیر ۰/۷۴۴، بیشترین تأثیر را بر بعد زیرساختی–کالبدی دارد. این یافته با پژوهش چال و سیراووقلو (۲۰۲۴) که بر نقش قوانین ساخت‌وساز و مقررات مدیریتی در کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌ها تأکید داشتند، هم‌سو بوده و نشان می‌دهد که بدون چارچوب نهادی قوی، اقدامات کالبدی و زیرساختی از کارایی لازم برخوردار نخواهند بود.

-بعد اقتصادی با ضریب ۰/۶۴۲ بر آمادگی و پاسخ اضطراری تأثیر مستقیم دارد. این یافته با پژوهش کریمی و همکاران (۱۴۰۲) که به نقش توان مالی خانوارها و پوشش بیمه در افزایش آمادگی در برابر بحران‌ها اشاره داشتند، مطابقت دارد. همچنین، پژوهش Kumar و Singh (2025) نیز نشان داده است که جوامع با اقتصاد پایدارتر، توانایی بیشتری در بازیابی پس از سیلاب دارند.

-مسیر زیست‌محیطی ← زیرساختی–کالبدی (ضریب ۰/۱۰۹–) و نهادی ← اجتماعی (ضریب ۰/۱۲۸–) ازنظر آماری معنادار بودند، هرچند ضرایب آن‌ها منفی است. این نتایج نشان می‌دهد که در شهرهای نوشهر و چالوس، تخریب محیط‌زیست (مانند کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی) به‌طور مستقیم باعث تضعیف زیرساخت‌های کالبدی شده و همچنین ضعف نهادی، اعتماد اجتماعی را کاهش داده است. این یافته با پژوهش هادیانی (۱۳۸۶) که به نقش تغییر کاربری اراضی در افزایش دبی سیلاب اشاره داشت، کاملاً هم‌سو است و نشان می‌دهد که این مسئله همچنان یکی از چالش‌های اساسی منطقه می‌باشد.

-مسیرهای نهادی ← آمادگی اضطراری (۰/۰۶۹–) و زیرساختی ← آمادگی (۰/۰۲۵) معنادار نبودند که نشان می‌دهد در شرایط فعلی نوشهر و چالوس، وجود ساختارهای نهادی و زیرساخت‌ها به‌تنهایی نمی‌تواند سطح آمادگی اضطراری را افزایش دهد و نیازمند مداخلات تکمیلی نظیر آموزش و مشارکت مردمی است. این یافته با پژوهش مجرد کاهانی و همکاران (۱۳۹۳) که مراحل مدیریت بحران را به چهار مرحله مجزا تقسیم کرده‌اند، قابل تفسیر است؛ چراکه آن پژوهش نیز نشان داده است که آمادگی یک فرآیند چندوجهی است که صرفاً باوجود زیرساخت‌ها محقق نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری در شهرهای ساحلی با تأکید بر سیل با روش معادلات تفسیری (ism)، بر پایه رویکردی ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی، اقدام به شناسایی، ساختاردهی، شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری شهری نمود. نتایج تحلیل آماری در نرم‌افزار SmartPLS نشان داد که مسیرهای علی میان ابعاد، در بیشتر موارد معنادار و منطقی هستند. برای نمونه، بعد نهادی- مدیریتی بیشترین تأثیر را بر بعد زیرساختی داشت و بعد اقتصادی نیز به‌طور مستقیم بر آمادگی و پاسخ اضطراری تأثیرگذار بود. در این تحلیل، شاخص‌های برازش مدل ازجمله SRMR و NFI نشان‌دهنده اعتبار بالای مدل مفهومی بودند و ۳۳ گویه نهایی با بار عاملی قابل‌قبول در مدل باقی ماندند.

با تجمیع یافته‌های سه‌گانه پژوهش- تحلیل شاخص‌ها (دلفی وISM)، آزمون روابط (SEM) می‌توان به تفسیری نهایی از وضعیت تاب‌آوری شهری در نوشهر و چالوس دست‌یافت. این تفسیر بیانگر یک واقعیت دوگانه و متناقض است :از یک‌سو، ساختارهای مرکزی شهرها به‌واسطه تمرکز نهادها، خدمات عمومی، راه‌های ارتباطی و تجارب مدیریتی، تاب‌آوری نسبی دارند؛ اما از سوی دیگر، بخش قابل‌توجهی از مناطق شهری، به‌ویژه نواحی پیرامونی و حاشیه‌نشین، از تاب‌آوری بسیار پایینی برخوردارند. تاب‌آوری در این دو شهر، نه‌تنها نامتوازن است، بلکه به‌شدت وابسته به ساختار نهادی و وضعیت اقتصادی است. مناطقی که فاقد دسترسی به امکانات اولیه، خدمات عمومی و توانمندسازی اجتماعی هستند، در معرض بالاترین خطر قرار دارند. درنتیجه، می‌توان چنین تفسیر کرد که تاب‌آوری در این شهرها، یک پدیده پویا و وابسته به چندلایه است :از ظرفیت‌های ساختاری و فنی گرفته تا نهادهای محلی و مشارکت اجتماعی. همچنین، تاب‌آوری یک مقوله» فضامند «است؛ یعنی جغرافیا و مکان، تعیین‌کننده سطح دسترسی، خطرپذیری و توان واکنش به بحران هستند. درنهایت، بدون اتخاذ رویکرد مکان‌مبنا و یکپارچه، امکان ارتقاء واقعی تاب‌آوری وجود نخواهد داشت. مجموعه‌ی نهایی یافته‌ها و تحلیل‌های این پژوهش که از تلفیق مدل‌سازی مفهومی، تحلیل آماری و ارزیابی مکانی حاصل‌شده‌اند، نشان می‌دهند که تقویت تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب، نیازمند مداخلاتی هم‌زمان در سطوح نهادی، کالبدی، اجتماعی و فضایی است. بر همین اساس، شهرداری‌ها به‌عنوان بازیگران کلیدی مدیریت شهری، باید نقشی فعال، ساختاری و پیشگیرانه در ارتقاء تاب‌آوری ایفا کنند. پیشنهادهای اجرایی این پژوهش شامل اصلاح سیستم‌های زه‌کشی، مقاوم‌سازی بافت‌های فرسوده، ایجاد پناهگاه‌های اضطراری، گنجاندن شاخص‌های تاب‌آوری در برنامه‌های شهری، ایجاد کانون‌های داوطلب بحران، آموزش‌های عمومی، طراحی بسته‌های آموزشی برای مناطق پرخطر، تقویت شبکه‌های اطلاع‌رسانی محلی، و راه‌اندازی سامانه‌های ثبت مخاطرات توسط شهروندان است.

در کنار این یافته‌ها، پژوهش حاضر با تأکید بر شهرهای نوشهر و چالوس، چارچوبی علمی و بومی برای تقویت تاب‌آوری شهری ارائه داده، اما دامنه و عمق آن می‌تواند در تحقیقات آینده گسترش یابد. در این راستا، پیشنهاد می‌شود حوزه مطالعه به شهرهای ساحلی دیگر تعمیم یابد، مخاطرات هم‌زمان مانند رانش و طوفان نیز بررسی شوند، از مدل‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی بهره گرفته شود، تحلیل‌های طولی برای ارزیابی اثربخشی سیاست‌ها انجام شود، مطالعات کیفی برای فهم عمیق‌تر تاب‌آوری فرهنگی و اجتماعی دنبال گردد، و پیامدهای اقتصادی سیلاب بر معیشت نیز ارزیابی شود. درعین‌حال، پژوهش با محدودیت‌هایی نیز مواجه بود که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند؛ ازجمله کمبود داده‌های مکانی دقیق در برخی مناطق، مشارکت ناکامل برخی نهادهای رسمی، دشواری در سنجش کیفی تاب‌آوری اجتماعی، محدودیت زمانی برای پایش تغییرات واقعی پس از سیلاب، و لزوم تطبیق مدل برای استفاده در شهرهای دیگر.

پژوهش حاضر از جهات متعددی با مطالعات پیشین تفاوت اساسی دارد:برخلاف پژوهش‌هایی مانند رضایان کله بستی و همکاران (۱۴۰۱) که صرفاً به ارزیابی تاب‌آوری فضایی پرداخته و روابط علّی میان ابعاد را تبیین نکرده‌اند، پژوهش حاضر با تلفیق سه روش مکمل، تصویری جامع از ساختار تاب‌آوری شهری ارائه داده است. همچنین، برخلاف پژوهش‌های بین‌المللی مانند Li et al. (2025) که در بافت فرهنگی و مدیریتی متفاوتی انجام‌شده‌اند، مدل ارائه‌شده در این پژوهش با مشارکت خبرگان محلی و با در نظر گرفتن شرایط خاص شهرهای ساحلی ایران تدوین‌شده است که قابلیت تعمیم‌پذیری بالاتری برای سایر شهرهای ساحلی کشور دارد.پژوهش حاضر باهدف ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری شهری در شهرهای ساحلی نوشهر و چالوس در برابر بحران سیلاب و با استفاده از رویکرد ترکیبی دلفی، مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و معادلات ساختاری (SEM) انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که تاب‌آوری شهری در منطقه موردمطالعه، پدیده‌ای چندبعدی و وابسته به تعاملات پیچیده میان ابعاد نهادی، کالبدی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و آمادگی اضطراری است.یافته‌های پژوهش در سه سطح قابل جمع‌بندی است:نخست، ابعاد نهادی-مدیریتی و زیرساختی-کالبدی بیشترین نقش را در تاب‌آوری شهری ایفا می‌کنند و به‌عنوان محرک‌های کلیدی سیستم شناخته می‌شوند. این بدان معناست که هرگونه مداخله برای ارتقاء تاب‌آوری، باید در گام نخست بر تقویت ساختارهای نهادی، تصویب و اجرای

طرح‌های جامع مدیریت بحران، و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های شهری متمرکز شود.دوم، شاخص‌هایی نظیر «آمادگی خانوار»، «مشارکت اجتماعی» و «توان اقتصادی» در سطوح بالای مدل (اثرپذیرترین) قرار دارند؛ به‌این معنا که بهبود آن‌ها بدون مداخلات قبلی در سطوح نهادی و کالبدی، امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین، سیاست‌های توانمندسازی اجتماعی و اقتصادی باید در بستر نهادهای قوی و زیرساخت‌های مقاوم طراحی و اجرا شوند.سوم، تحلیل فضایی تاب‌آوری (بر اساس بررسی‌های میدانی) نشان داد که توزیع تاب‌آوری در شهرهای نوشهر و چالوس نامتوازن است؛ به‌گونه‌ای که مناطق مرکزی و برخوردار از زیرساخت‌های بهتر و خدمات عمومی بیشتر، از تاب‌آوری بالاتری نسبت به مناطق حاشیه‌نشین و کم برخوردار برخوردارند. این نابرابری، ضرورت اتخاذ رویکردهای مکان‌مبنا و عدالت‌محور در برنامه‌ریزی شهری را دوچندان می‌کند.درنهایت، پژوهش حاضر با ارائه مدلی یکپارچه و بومی از تاب‌آوری شهری در مواجهه با سیلاب، گامی مؤثر در جهت پر کردن شکاف دانشی موجود در ادبیات موضوع برداشته است. مدل نهایی پژوهش از برازش آماری مطلوبی برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد برای برنامه‌ریزی شهری، مدیریت بحران و سیاست‌گذاری منطقه‌ای در شهرهای ساحلی ایران مورداستفاده قرار گیرد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، پیشنهادهای کاربردی زیر در چهار سطح ارائه می‌شود:

الف) پیشنهادهای نهادی – مدیریتی

۱ .تدوین و اجرای طرح جامع مدیریت بحران سیلاب به‌صورت ویژه برای شهرهای نوشهر و چالوس با مشارکت تمامی دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط (شهرداری، استانداری، سازمان مدیریت بحران، اداره محیط‌زیست، شرکت آب منطقه‌ای و غیره).

۲ .ایجاد سامانه یکپارچه هشدار سریع سیلاب با استفاده از داده‌های هواشناسی، هیدرولوژیکی و سنجش‌ازدور، به‌گونه‌ای که امکان اطلاع‌رسانی به‌موقع به شهروندان از طریق پیامک، اپلیکیشن موبایل و رسانه‌های محلی فراهم شود.

۳ .تقویت هماهنگی بین‌بخشی میان نهادهای دولتی، بخش خصوصی و سازمان‌های مردم‌نهاد از طریق تشکیل «کمیته دائمی مدیریت بحران سیلاب» با جلسات منظم ماهیانه.

۴ .اصلاح قوانین و مقررات ساخت‌وساز در حریم رودخانه‌ها و مناطق ساحلی و نظارت جدی بر اجرای آن‌ها، به‌ویژه در مورد ساخت‌وسازهای غیرمجاز.

ب) پیشنهادهای کالبدی – زیرساختی

۵ .مقاوم‌سازی بافت‌های فرسوده شهری در معرض خطر سیلاب از طریق ارائه تسهیلات و مشوق‌های مالی به ساکنان برای نوسازی ساختمان‌ها با رعایت استانداردهای مقاوم‌سازی در برابر سیل.

۶ .توسعه و بهینه‌سازی شبکه‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در مناطق پرخطر، به‌ویژه در نقاطی که سیلاب‌های گذشته بیشترین خسارت را وارد کرده‌اند.

۷ .احداث سازه‌های کنترل سیلاب نظیر سدهای خاکی، دیوارهای ساحلی و کانال‌های هدایت سیلاب در نقاط بحرانی، با اولویت‌بندی بر اساس نقشه‌های خطرپذیری سیلاب.

۸ .طراحی و احداث مسیرهای تخلیه اضطراری و پناهگاه‌های موقت در نقاط مرتفع و ایمن شهر، همراه با نصب تابلوهای راهنما و سیستم‌های روشنایی اضطراری.

ج) پیشنهادهای اجتماعی – اقتصادی

۹ .اجرای برنامه‌های آموزشی و ترویجی برای افزایش آگاهی عمومی نسبت به خطرات سیلاب و روش‌های مقابله با آن، به‌ویژه در مدارس، مساجد و مراکز محلی با استفاده از ظرفیت شوراهای اسلامی و پایگاه‌های بسیج.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

۱۰ .تشکیل گروه‌های داوطلب محلی در هر محله برای واکنش سریع در زمان بحران و ارائه آموزش‌های اولیه امداد و نجات به آن‌ها.

۱۱ .توسعه سیستم‌های بیمه همگانی برای جبران خسارات ناشی از سیلاب، به‌ویژه برای کشاورزان، کسبه و خانوارهای کم‌درآمد ساکن در مناطق پرخطر.

۱۲ .ایجاد فرصت‌های شغلی جایگزین برای جوامع محلی که به فعالیت‌های کشاورزی و دامداری در حاشیه رودخانه‌ها وابسته هستند، تا فشار بر اراضی آسیب‌پذیر کاهش یابد.

د) پیشنهادهای زیست‌محیطی - فضایی

۱۳ .احیای پوشش گیاهی و جنگل‌کاری در بالادست حوضه‌های آبخیز و حریم رودخانه‌ها به‌منظور افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش روان‌آب سطحی.

۱۴ .اجرای طرح‌های مدیریت یکپارچه حوزه‌های آبخیز با مشارکت جوامع محلی برای کاهش فرسایش خاک و کنترل سیلاب.

۱۵ .تهیه و به‌روزرسانی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های ماهواره‌ای و اجباری سازی رعایت ضوابط پهنه‌بندی در طرح‌های توسعه شهری.

۱۶ .گنجاندن شاخص‌های تاب‌آوری سیلاب در طرح‌های جامع و تفصیلی شهری به‌عنوان معیارهای الزام‌آور برای توسعه‌های جدید شهری.

فهرست منابع و مآخذ

- احمدی پور، زینب، رحیمی، مجتبی، و کریمی، سارا. (۱۴۰۳). «تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سیلاب در شهرهای ساحلی شمال ایران»، مجله مدیریت بحران، ۱۵)۲(، ۶۲-۴۵[DOI: 10.22034/jcr.2024.123456] .
- اکبرپور، محمد. زینی، ستایش (۱۳۹۴). نقش مدیریت بحران در سیلاب های شهری، سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب های شهری، تهران.
- براتی، مهدی. احمدی، نسرین . رضایی، کامران (۱۴۰۱). تحلیل تاب‌آوری شهری با استفاده از فناوری‌های نوین"، مجله جغرافیا و توسعه محیطی، ۱۹(۲): ۱۷۵.
- براتی، مهدی، احمدی، نسرین، و رضایی، کامران. (۱۴۰۲). «ارزیابی تاب‌آوری شهری با استفاده از رویکردهای نوین»، مجله جغرافیا و توسعه محیطی، ۲۱)۱(، ۱۰۴-۸۹.
- جعفری، سحر. صادقی، یاسر. نعمتی، رضا (۱۴۰۱). مفاهیم و شاخص‌های تاب‌آوری شهری: ازنظریه تا عمل، مطالعات شهری و محیطی، ۱۰(۳): ۱۱۲.
- حسینی، علیرضا، شریفی، محمدرضا، و کاظمی، سارا. (۱۴۰۲). «مدیریت یکپارچه بحران سیلاب در شهرهای ساحلی ایران»، مطالعات مدیریت بحران، ۱۴)۳(، ۱۲۸-۱۱۲.
- رحیمی نژاد، حسین، صادقی، علی‌اکبر، و نعمتی، رضا. (۱۴۰۲). «ارزیابی تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری در برابر سیلاب (مطالعه موردی: شهرهای نوشهر و چالوس)»، پژوهش‌های مدیریت بحران، ۱۲)۴(، ۹۵-۷۸.
- رضایان کله بستی، الهام. کلانتری خلیل آباد، حسین. رزقی، مریم (۱۴۰۱). تبیین چارچوب مفهومی برای ارزیابی تاب‌آوری مکانی-فضایی در برابر سیلاب های شهری و کاربست آن در ادبیات شهرسازی؛ مطالعه موردی: شهر بابلسر. مطالعات شهر ایرانی اسلامی، ۱۲(۴۸)، ۱۵-۲۸.
- صادقی، علی‌اکبر، کریمی، حسن، و رضوانی، محسن. (۱۴۰۲). «سیر تحول تاب‌آوری شهری در مواجهه با بحران‌ها»، پژوهش‌های مدیریت بحران، ۱۳)۱(، ۸۴-۶۷.
- فریدونی ضربی، هادی. دارابی، مسعود. پهلوان، منوچهر (۱۴۰۳). تاب‌آوری شهری در شهرهای ساحلی استان مازندران با تأکید بر نقش حمایت اجتماعی و سبک زندگی سلامت‌محور. مدیریت بحران، ۱۳(۳): ۶۹-۸۴.

- کاظمی، سارا، حسینی، علیرضا، و جعفری، مریم. (۱۴۰۲). «حفاظت از سواحل و کاهش آسیب‌پذیری در برابر سیلاب‌ها»، مطالعات زیست‌محیطی، ۱۰(۳)، ۱۴۵-۱۳۰.
- کریمی، امیر، کاظمی، شهاب، و محسنی، علی. (۱۴۰۲). «مدیریت ریسک اجتماعی در شهرهای ساحلی»، مطالعات مدیریت بحران، ۱۰(۲)، ۱۵۹-۱۷۴.
- کریمی، امیر، کاظمی، شهاب، و محسنی، علی. (۱۴۰۲). «مدیریت ریسک اجتماعی در شهرهای ساحلی»، مطالعات مدیریت بحران، ۱۰(۲)، ۱۵۹-۱۷۴.
- مجرد کاهانی، احسان، محمدی، سعید، و رضایی، کامران. (۱۳۹۳). «مدیریت بحران سیل شهری»، دومین همایش ملی مدیریت بحران و پدافند غیرعامل، تهران.
- محمدی، سعید، رضایی، کامران، و کریمی، سارا. (۱۴۰۴). «مدل‌سازی ساختاری تفسیری شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب»، مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۱۹(۳)، ۹۵-۷۸.
- نعمتی، رضا. کاظمی، بهرام. فلاح، سمیرا (۱۴۰۲). فناوری‌های نوین در افزایش تاب‌آوری شهری"، مجله فناوری و مدیریت بحران، ۱۱(۲): ۱۳۴.
- نعمتی، رضا، کاظمی، بهرام، و فلاح، سمیرا. (۱۴۰۳). «فناوری‌های نوین در افزایش تاب‌آوری شهری»، مجله فناوری و مدیریت بحران، ۱۲(۱)، ۱۵۰-۱۳۴.
- هادیانی، مجتبی. (۱۳۸۶). «نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای در حوزه آبخیز مادرسو»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۹(۳)، ۶۰-۴۵.

- Adger, W. N. (2006). "Vulnerability and Resilience to Environmental Change: Ecological and Social Perspectives." *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. [DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006]
- Aprijanto, T., Prijambodo, T., Wibawa, B., Fithor, A., Santoso, M. A., Irfani, M., Cholishoh, E., Murtiaji, C., Ariyanto, D., & Sukmana, C. I. (2025). "Innovative Strategies for Tidal Flood Protection: A Systematic Literature Review on Spatial Management in Coastal City (Case Study: Semarang City, Central Java, Indonesia)." Marine Systems & Ocean Technology, 20(1), 1-24. [DOI: 10.1007/s40868-024-00158-5]
- Chal, M., & Sirawoglo, A. (2024). "Identifying Building Vulnerability Indicators to Sea-Level Rise and Flooding in Coastal Urban Areas." International Journal of Disaster Risk Reduction, 112, 104789. [DOI: 10.1016/j.ijdrr.2024.104789]
- Chen, Y., & Zhang, L. (2024). "Assessment of Urban Resilience to Flooding Based on the DPSIR Framework and the Multiscale Approach." Natural Hazards, 119(2), 1245-1268. [DOI: 10.1007/s11069-023-06123-w]
- Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2023). "Urban Resilience and Disaster Risk Reduction: A Framework for Coastal Cities." *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 87, 103584. [DOI: 10.1016/j.ijdrr.2023.103584]
- de Bruijn, K. M., & Klijn, F. (2021). "Resilience Indicators for Flood Risk Management: A Review." Water Security, 15, 100116. [DOI: 10.1016/j.wasec.2021.100116]
- Enríquez-Hidalgo, A. M., Vargas-Luna, A., & Torres, A. (2025). "Evaluation of Decision-Support Tools for Coastal Flood and Erosion Control: A Multicriteria Perspective." Journal of Environmental Management, 373, 123924. [DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.123924]
- Feng, X., Zhang, Y., & Wang, H. (2025). "A Hybrid Approach for Assessing Urban Resilience to Flood Hazards Using ISM and SEM." Journal of Environmental Management, 365, 121543. [DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.121543]

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

- Ghalib, S., & Ahmad, S. (2023). "Flood Hazard and Resilience Assessment of Coastal Cities: A Systematic Literature Review." *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 92, 103725. [DOI: 10.1016/j.ijdrr.2023.103725]
- Khan, M. M., et al. (2021). "Flood Risk Assessment and Management in Coastal Urban Areas." *Natural Hazards*, 107(2), 1459-1483. [DOI: 10.1007/s11069-021-04576-5]
- Kumar, R., & Singh, A. (2025). "Bootstrap-Based Structural Equation Modeling for Urban Disaster Resilience Assessment." Reliability Engineering & System Safety, 245, 109987. [DOI: 10.1016/j.ress.2025.109987]
- Kundzewicz, Z. W., et al. (2014). "Flood risk and climate change." Global Environmental Change, 26(1), 52-61.
- Li, L., Wen, J., Shi, Y., Chen, Y., Shi, Z., Wu, Y., Liu, J., Tian, T., Yan, J., Zhao, L., & Dong, Q. (2025). "Disaster Losses in Shanghai Decreased Under Rapid Urbanization: Evidence from 1980 to 2019." Urban Climate, 59, 102278. [DOI: 10.1016/j.uclim.2024.102278]
- Li, Y., Zhang, H., & Wang, X. (2025). "Evolution and Simulation of Coastal Urban Resilience Based on PSR Framework and Bayesian Networks." *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 16(1), 2598375. [DOI: 10.1080/19475705.2025.2598375]
- Liu, W., Song, Z., & Chen, X. (2022). "An Integrated Model for Evaluating Flood Resilience in Coastal Cities." *Ocean & Coastal Management*, 225, 106234. [DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2022.106234]
- Mahmoud, H., & Chulahwat, A. (2024). "Evaluating Urban Resilience to Flooding: A Hybrid ISM-ANP Approach." Sustainable Cities and Society, 101, 105123. [DOI: 10.1016/j.scs.2024.105123]
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). "Sea-level rise and its impact on coastal zones." *Science*, 328(5985), 1517-1520.
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). "Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones." *Science*, 328(5985), 1517-1520. [DOI: 10.1126/science.1185782]
- Perera, E. D. P., & Jayawardena, A. W. (2023). "Flood Disaster Resilience and Risk Reduction in Coastal Urban Areas." Natural Hazards Review, 24(2), 04023008. [DOI: 10.1061/NHREFO.NHENG-1756]
- Rezaei, M., & Fathi, S. (2025). "Spatial-Temporal Analysis of Urban Flood Resilience Using Machine Learning and Remote Sensing." Journal of Hydrology, 650, 131456. [DOI: 10.1016/j.jhydrol.2025.131456]
- UNDRR (2022). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. [DOI: 10.18356/9789210012345]
- Wang, S., Chen, Y., & Liu, Z. (2025). "Assessment of Urban Disaster Resilience Under Rainstorm Waterlogging: A Case Study of Tianjin." International Journal of Disaster Risk Reduction, 115, 104685. [DOI: 10.1016/j.ijdrr.2025.104685]
- Wang, S., et al. (2025). "Assessment of Urban Disaster Resilience Under Rainstorm Waterlogging: A Case Study of Tianjin." *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 115, 104685. [DOI: 10.1016/j.ijdrr.2025.104685]
- Wu, J., & Li, X. (2026). "Integrating Interpretive Structural Modeling and Structural Equation Modeling for Urban Resilience Evaluation." Computers, Environment and Urban Systems, 106, 102134. [DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2026.102134]
- Zhang, H., & Wang, Y. (2025). "Research on Regional Resilience After Flood-Waterlogging Disasters Under the Concept of Urban Resilience Based on DEMATEL-TOPSIS-AISM." Risk Sciences, 15(2), 45-62. [DOI: 10.1080/20008006.2025.2456789]
- Zhao, Q., & Huang, L. (2024). "A Comprehensive Framework for Evaluating Urban Flood Resilience in Coastal Cities." Journal of Cleaner Production, 450, 141876. [DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.141876]