



## Resilience: Conceptual Analysis of Cognitive Development and Operational Requirements in Coastal Infrastructure

Seyed Morteza Marashian<sup>1</sup>, Rouhollah Amirabadi<sup>2\*</sup>, Mahdi Adjami<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Candidate, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Qom; [m.marashian@stu.qom.ac.ir](mailto:m.marashian@stu.qom.ac.ir)

<sup>2</sup> Associate Professor, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Qom; [r.amirabadi@qom.ac.ir](mailto:r.amirabadi@qom.ac.ir)

<sup>3</sup> Assistant Professor, Water and Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Shahrood University of Technology; [adjami@shahroodut.ac.ir](mailto:adjami@shahroodut.ac.ir)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 12 Sep 2024

Last modification: 24 Apr 2025

Accepted: 15 May 2025

Available online: 15 May 2025

#### Article type:

Article type

#### Keywords:

Resilience

System

Hazard

Cognitive Ambiguity

Critical infrastructure

Comprehensiveness

### ABSTRACT

Resilience is a multidimensional, Inferable, and expandable concept. Over the past half-century of resilience studies, numerous definitions have been presented in various scientific fields. These definitions, which often overlap and have cognitive gaps, have been described based on a system's performance during hazardous events. The lack of a single, unified definition of resilience indicates the need for a deeper understanding of this concept, including examining the cognitive development process, paying attention to interdisciplinary studies, and attempting to reduce ambiguity surrounding resilience. The increasing focus on the performance of critical infrastructures as systems and their functioning during hazard events highlights the importance of implementing resilience. Moreover, coastal infrastructures have been selected as the vital arteries of a country to meaningfully connect this concept to operational resilience. In this study, an attempt has been made to categorize the definitions by content using the OBSERVATION-ASSERTION-ARGUMENT analytical tool. The cognitive advantage of analyzing resilience definitions is the structural analysis of emerging concepts' development processes. The definition of resilience has been carried out in two key parts, including structural analysis and development process. Additionally, in the coastal resilience section, the role of resilience as an operational requirement has been emphasized, indicating the importance of connecting the strategic and operational aspects of this concept. Besides providing a comprehensive understanding of resilience, the present study's process contributes to reducing content dispersion and cognitive ambiguity of the concept. This achievement is demonstrated through diverse and extensive coverage of resilience's cognitive areas, showcasing the concept's evolution, explaining the reasons for cognitive development, and proposing rules for resilient coastal infrastructure.

ISSN: 2645-8136



DOI:

**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>]



## تاب‌آوری: تحلیل مفهومی توسعه شناختی و الزامات عملیاتی در زیرساخت‌های ساحلی

سیدمرتضی مرعشیان<sup>۱</sup> ID، روح‌الله امیرآبادی<sup>۲</sup> ID\*، مهدی عجمی<sup>۳</sup> ID

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه قم؛ [m.marashian@stu.qom.ac.ir](mailto:m.marashian@stu.qom.ac.ir)

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه قم؛ [r.amirabadi@qom.ac.ir](mailto:r.amirabadi@qom.ac.ir)

<sup>۳</sup> استادیار، گروه مهندسی آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود؛ [adjami@shahroodut.ac.ir](mailto:adjami@shahroodut.ac.ir)

### چکیده

تاب‌آوری مفهومی چندوجهی، استنباط‌پذیر و توسعه‌پذیر است. در گستره نیم قرن مطالعات تاب‌آوری در حوزه‌های علمی مختلف تعاریف متعددی ارائه شده است. این تعاریف که اغلب دارای همپوشانی و شکاف شناختی هستند مطابق عملکرد سیستم در شرایط رخداد خطرات تدوین شده‌اند. عدم وجود تعریف یگانه از تاب‌آوری، ضرورت درک عمیق این مفهوم، بررسی روند توسعه شناختی، توجه به مطالعات بین‌رشته‌ای و تلاش در کاهش ابهام شناختی تاب‌آوری را نشان می‌دهد. افزایش توجه به عملکرد زیرساخت‌های حیاتی به عنوان سیستم و نحوه سرویس‌دهی آن‌ها حین رخداد خطر، اهمیت پیاده‌سازی تاب‌آوری را نشان می‌دهد. همچنین با هدف اتصال معنادار این مفهوم به تاب‌آوری عملیاتی، زیرساخت‌های ساحلی به عنوان شریان‌های حیاتی یک کشور انتخاب شده است. در این مطالعه تلاش شده است که با کمک ابزار تحلیلی مشاهده - ادعا - استدلال به طبقه‌بندی محتوایی تعاریف پرداخته شود. مزیت شناختی تحلیل تعاریف تاب‌آوری، ساختارشناسی فرآیند توسعه مفاهیم نوظهور است. تعریف‌شناسی تاب‌آوری در دو بخش کلیدی شامل تحلیل ساختاری و فرآیند توسعه صورت پذیرفته است. همچنین در بخش تاب‌آوری سواحل و چشم‌انداز آن، نقش تاب‌آوری به عنوان یک الزام عملیاتی برجسته شده است که بیانگر اهمیت اتصال وجه راهبردی به عملیاتی این مفهوم است. روند مطالعاتی حاضر علاوه بر درک جامع از مفهوم تاب‌آوری به کاهش پراکندگی محتوایی و ابهام شناختی این مفهوم کمک می‌کند. این دست‌آورد در قالب پوشش متنوع و گسترده حوزه‌های شناختی تاب‌آوری، نمایش سیر تکامل مفهوم، دلایل توسعه شناختی و پیشنهاد قواعد زیرساخت‌های ساحلی تاب‌آور ارائه شده است.

### اطلاعات مقاله

ناریخچه مقاله:

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۲۲

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۲۵

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

کلمات کلیدی:

تاب‌آوری

سیستم

خطر

ابهام شناختی

زیرساخت حیاتی

جامع‌نگر

DOI:

حق نشر: © ۲۰۲۵ توسط نویسندگان. این اثر برای انتشار با دسترسی آزاد، تحت شرایط و ضوابط مجوز (CC BY) ارسال شده است.

ISSN: 2645-8136



رخداد، مجزا از نوع خطر شامل یگانه یا چندگانه بودن خطرات می‌باشد و ترکیب با در نظر گرفتن انواع رخداد در هر نوع خطر بیان می‌شود. همچنین توالی به مدت زمان فاصله بین هر رخداد خطر در حالت وقوع همراه با تاخیر و آنی معرفی می‌شود که بیانگر اثرات رخداد آبشاری در ارزیابی تاب‌آوری سیستم است. همچنین در مطالعه حاضر سیستم در دامنه سطوح عملکردی<sup>۱۵</sup> کلیدی محیط-زیست، اجتماع و اقتصاد تعریف عملیاتی می‌شود و منطبق با رویکرد تاب‌آوری، رخداد خطر امکان کاهش عملکرد سیستم در سه سطح کلیدی ذکر شده را به همراه دارد.

ایجاد شرایط مرزی بین مفاهیم با کارکرد هم راستا، به درک مناسب تاب‌آوری کمک خواهد کرد. در ارتباط با ارزیابی عملکرد سیستم هنگام رخداد خطر دو مفهوم کلیدی مرتبط شامل خطرپذیری<sup>۱۶</sup> و آسیب‌پذیری<sup>۱۷</sup> نیز قابل بررسی هستند که با توجه به تمرکز مطالعه حاضر به تاب‌آوری از بررسی مفاهیم مرتبط اجتناب شده است.

فهم عمیق از تاب‌آوری نیازمند درک فلسفه پیدایش این مفهوم و در ادامه، دامنه کاربرد آن دارد. از دلایل ایجاد تعاریف متعدد در این حوزه لزوم پیاده‌سازی تاب‌آوری در ابعاد مختلف عملیاتی می‌باشد که گسترش روزافزون دانش این ضرورت را بیش از گذشته برجسته کرده است. از اولین ارائه مفهوم تاب‌آوری در حوزه بوم-شناسی حدود نیم قرن می‌گذرد که به دلیل ظرفیت مطالعاتی مورد نیاز در سایر حوزه‌های شناختی شامل زیست‌شناسی<sup>۱۸</sup>، جامعه-شناسی<sup>۱۹</sup>، اقتصاد<sup>۲۰</sup> و مهندسی نیز مطالعاتی صورت پذیرفته است.

دامنه کاربرد وسیع تاب‌آوری موجب ارائه تعاریف متعدد با درون مایه غالباً یکسان شده است. بررسی این مفهوم در قالب پژوهش تحلیلی و طبقه‌بندی شده، به فعالین حوزه تاب‌آوری این امکان را می‌دهد که متناسب با سیستم مورد ارزیابی، شناخت مناسبی از ظرفیت عملیاتی مفهوم تاب‌آوری داشته باشند. همچنین با توجه به وجود سه سطح عملیاتی محیط‌زیستی، جامعه‌شناسی و اقتصادی در سیستم‌های شهری ساحلی، لزوم بررسی تاب‌آوری به صورت جامع در این سیستم‌ها غیر قابل چشم‌پوشی است.

در این مقاله با توجه به پیشینه مطالعاتی تاب‌آوری به بررسی تحلیلی تعاریف ارائه شده از این مفهوم پرداخته می‌شود و تلاش شده است که برخلاف جامعیت<sup>۲۱</sup> موارد مورد بررسی، ابعادی از مفهوم تاب‌آوری مورد تحلیل قرار گیرد که در رابطه با بهره‌مندی عملیاتی مدیریت زیرساخت‌های ساحلی در زمان رخداد خطر کاربرد دارند.

رویکرد جامع‌نگر می‌تواند در درک گسترده از یک مفهوم با دامنه کاربردی گسترده کمک کند. این رویکرد با ایجاد یک فضای کل-نگر<sup>۲۲</sup> توانایی نمایش نقاط قوت و ضعف در رابطه با توسعه شناختی مفاهیم را دارد. به عنوان توضیح رویکرد جامع‌نگر، این رویکرد به

در این مطالعه به بررسی مفهوم تاب‌آوری<sup>۱</sup> از منظر تعریف‌شناسی و سپس اتصال ظرفیت راهبردی آن به تداوم عملکرد سیستم زیرساخت ساحلی پرداخته می‌شود. در حالت کلی تاب‌آوری به توانایی حفظ و بازگشت عملکرد سیستم، هنگام رخداد خطر اطلاق می‌گردد. منطبق بر تعریف ارائه شده، سیستم و خطر به صورت عام شامل هر سیستم و خطری می‌شود. در مقاله حاضر سیستم از اجزایی تشکیل شده است که با اهداف عملکردی مشخص در حال فعالیت و سرویس‌دهی هستند. جامعه هدف سیستم زیرساخت حیاتی<sup>۲</sup> مورد ارزیابی در حوزه تاب‌آوری می‌تواند شامل شبکه حمل و نقل ریلی و جاده‌ای، خطوط هوایی، شبکه بنادر، کشتیرانی و تاسیسات سازه‌ای مرتبط با موارد ذکر شده باشد. نتیجه بررسی تعریف‌شناسی تاب‌آوری، امکان پیاده‌سازی در تمامی سیستم‌ها را دارد. با این حال در مطالعه حاضر به اهمیت درک مفهوم تاب‌آوری در زیرساخت‌های ساحلی توجه ویژه‌ای شده است.

شهرهای ساحلی علاوه بر نقش راهبردی در توسعه تمدن بشریت از ضرورت ویژه‌ای در خصوص پیاده‌سازی تاب‌آوری برخوردار هستند. هدف از توجه به تاب‌آوری زیرساخت‌های ساحلی ضرورت مواجه با گستره خطرات و ارتقای ظرفیت تاب‌آورانه آن‌ها به عنوان یک سیستم است. چالش پیش‌رو تبیین ادبیات مفهوم تاب‌آوری در خصوص یک سیستم شهری متشکل از ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی است که منجر به تداوم شناخت مفهوم تاب‌آوری در خصوص موارد مذکور شده است.

میرو و نیوول در مطالعه‌ای گسترده از ادبیات تاب‌آوری شهری، تعریف ادامه را به عنوان یک گزاره کاربردی ارائه دادند. تاب‌آوری شهری به توانایی سیستم شهری (شامل شبکه‌های اجتماعی-بوم-شناسی<sup>۳</sup> - فنی آن در مقیاس‌های زمانی و مکانی) برای حفظ، سازگاری و بازگشت سریع به عملکرد قابل قبول در هنگام مواجهه با اختلال است [۱].

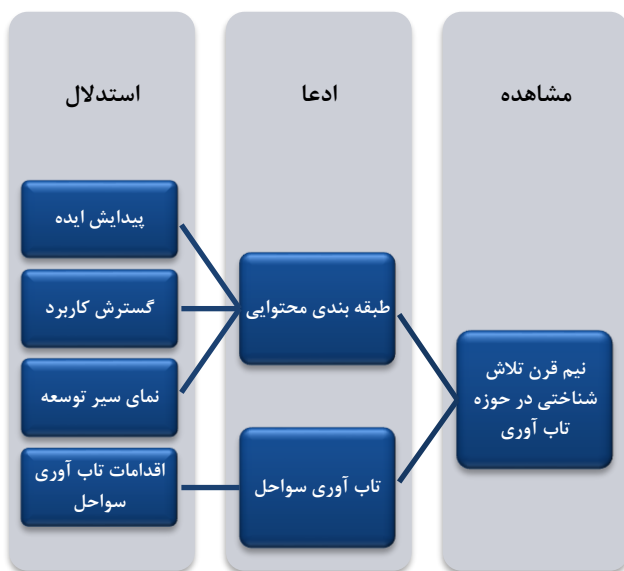
از طرفی خطر در مطالعه حاضر شامل طیف گسترده‌ای از حوادث موثر بر عملکرد زیرساخت حیاتی را شامل می‌شود. گستره خطرات مورد ارزیابی در حوزه تاب‌آوری از حیث نوع، خطرات طبیعی و بلایای غیرطبیعی را شامل می‌شود. خطرات طبیعی<sup>۴</sup> مانند زلزله<sup>۵</sup>، خشکسالی<sup>۶</sup>، سیل<sup>۷</sup> و طوفان<sup>۸</sup> هستند. همچنین بلایای غیرطبیعی<sup>۹</sup> مانند مرگ و میر و خسارات ناشی از فعالیت‌های انسانی را شامل می‌شود [۲]. از منظر شیوه رخداد، خطرات به دو دسته تصادفی<sup>۱۰</sup> و هدفمند<sup>۱۱</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند [۳]. خطرات تصادفی بیانگر اختلال گسترده در سرویس‌دهی سیستم هستند و خطرات هدفمند با دامنه تاثیر محدود و تخریب عمدی مانند حملات تروریستی را شامل می‌شوند. خطرات از نظر تعداد، ترکیب و توالی رخداد، حالات یگانه<sup>۱۲</sup>، چندگانه<sup>۱۳</sup> و آبشاری<sup>۱۴</sup> را پوشش می‌دهند [۴]. تعداد

روشی کامل و فراگیر برای یک موضوع با در نظر گرفتن عوامل، ابعاد و راه حل‌های پنهان اشاره دارد. به دلیل ماهیت یکپارچه مفهوم تاب‌آوری، رویکرد جامع‌نگر امکان بررسی پیوسته در زمینه‌های مختلف علمی وابسته به محیط شهری را فراهم خواهد کرد. همچنین از دیگر مزیت‌های شناختی استفاده از رویکرد جامع‌نگر در بررسی تحلیلی تاب‌آوری، ارائه فهم مشترک با کمترین پراکندگی محتوایی در ارتباط با سیستم و خطر است. به دلیل گستره شناختی موجود، همکاری بین‌رشته‌ای به پشبرد شناخت این مفهوم کمک خواهد کرد. در مطالعه حاضر با توجه به تاثیر این سطوح عملکردی در زیرساخت‌های ساحلی از تلاش‌های پژوهشی صورت پذیرفته در سایر علوم نیز استفاده خواهد شد. همچنین حوزه‌های شناختی که تاثیر کمتری در درک سیستمی تاب‌آوری دارند مانند روانشناسی مورد بحث و تحلیل قرار نخواهند گرفت. اساساً مفاهیم نوظهور ظرفیت ایجاد خلاقیت شناختی را به همراه دارند. این در صورتی است که توجه به دقت و ظرفیت ارزیابی کمی یک مفهوم، منجر به کاهش ابهام محتوایی خواهد شد [۵]. تعریف‌شناسی تاب‌آوری به فهم مشخص، صریح و درک کامل کمک خواهد کرد و با کاهش ابهام، ظرفیت ایجاد شرایط پیاده‌سازی به عنوان تاب‌آوری در عمل فراهم می‌شود. از دست‌آوردهای مطالعه حاضر می‌توان به شکل ۱ اشاره کرد.



شکل ۱- نوآوری و دست‌آوردهای تعریف‌شناسی تاب‌آوری

اصل به عنوان بنیان شناخت و توسعه علمی، قابل اتکا می‌باشد که در ادامه به بیان دامنه کاربرد آن‌ها در حوزه تعریف‌شناسی پرداخته می‌شود. مشاهده - ادعا - استدلال فرآیندی منطقی در راستای پیاده‌سازی یک استنتاج علمی است. گام اول با عنوان مشاهده منطبق بر پیشینه تحقیقاتی، دست‌آورد و گستره شناختی مفهوم تاب‌آوری است. در این گام سیر توسعه مفهوم تاب‌آوری از طریق ارائه تعاریف کلیدی تحلیل و بررسی می‌شود و در گام ادعا، فرآیند توسعه تعاریف تاب‌آوری با نگاه نقادانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. این مرحله چالش‌ها، سوالات کلیدی، نقاط ضعف و هم-پوشان دست‌آوردهای درک تاب‌آوری را نشان می‌دهد. گام استدلال به پاسخ موارد مطرح شده در گام ادعا به صورت اهمیت تعریف-شناسی و تاب‌آوری در عمل ارائه شده است. مزیت پژوهشی استفاده از تحلیل مبتنی بر مشاهده - ادعا - استدلال ایجاد نمای جامع‌نگر از نیم قرن تحقیقات تاب‌آوری است که به صورت پیوسته در مقاله حاضر استفاده شده است. شکل ۲ نشان دهنده حوزه کاربردی این سه اصل می‌باشد.



شکل ۲- گستره پیاده‌سازی ابزار منطقی مشاهده - ادعا - استدلال

### ۳- تعریف‌شناسی

از ارکان اصلی شناخت مفهوم تاب‌آوری، تعریف‌شناسی و بررسی تعاریف متعدد ارائه شده در زمینه علوم زیست‌بوم‌شناسی، جامعه-شناسی، اقتصاد، مهندسی و تاثیرات این تعاریف به دست‌آوردهای حوزه تاب‌آوری می‌باشد [۷]. مفهوم تاب‌آوری به عنوان یک ویژگی مهم سیستم‌های پیچیده و پویا در طیف گسترده‌ای از رشته‌ها توسط محققین برجسته در علوم اقتصاد، بوم‌شناسی، پدولوژی<sup>۲۳</sup>، روانشناسی، جامعه‌شناسی، مدیریت ریسک و نظریه شبکه تعریف شده است [۸-۱۴]. به منظور بررسی جامع سیر توسعه تعاریف ارائه شده در بخش ساختارشناسی ابزار تحلیلی و شیوه طبقه‌بندی

در ادامه به بررسی روش‌شناسی مطالعه، تعریف‌شناسی، ساختارشناسی، فرآیند توسعه، تاب‌آوری سواحل، چشم‌انداز زیرساخت‌های ساحلی تاب‌آور و در بخش نتیجه‌گیری به جمع‌بندی موارد مذکور پرداخته خواهد شد.

### ۲- روش‌شناسی

تمرکز اصلی این مقاله تعریف‌شناسی مفهوم تاب‌آوری به وسیله رویکرد جامع‌نگر می‌باشد. برای پیاده‌سازی این رویکرد از سه اصل منطقی مشاهده - ادعا - استدلال استفاده شده است [۶]. این سه

محتوایی توضیح داده شده و در بخش فرآیند توسعه، چگونگی رشد ۵۰ ساله درک تاب‌آوری بیان شده است.

### ۳-۱- ساختار شناسی

به منظور طبقه‌بندی محتوایی تعاریف ارائه شده در ادامه شیوه و سیر شناختی توسعه آن‌ها در شش حالت مطابق شکل ۳ تحلیل شده است. از طرفی این طبقه‌بندی به درک نحوه توسعه تاب‌آوری به عنوان یک مفهوم نوظهور در برابر سیستم‌ها و خطرات نوین کمک خواهد کرد که در ادامه به توضیح هر حالت به همراه مثال پرداخته می‌شود.



شکل ۳- حالات اصلی فرآیند توسعه شناختی مفهوم تاب‌آوری

حالت متعدد به این معنا است که محققین حوزه‌های گوناگون به بیان تعاریف مختلف با مضمون مشابه زده‌اند. از طرفی اغلب در یک حوزه مطالعاتی با رویکرد توسعه شناخت، تعریف جدید ارائه شده است. به عنوان مثال هولینگ با خواستگاه بوم‌شناسی در بازه‌های زمانی مختلف تعاریف متعددی را از تاب‌آوری ارائه داده است [۱۶ و ۱۵].

تقسیم‌بندی همپوشان و شکاف شناختی با انگیزه بررسی بلند مدت تعاریف لحاظ شده است. اغلب تعاریف پیشین نسبت به هم دارای درون‌مایه یکسان هستند. این در صورتی است که تمام ابعاد خطر را پوشش نمی‌دهند و ارتباط گسترده سیستم - خطر با تاب‌آوری، ضرورت توجه به شکاف شناختی را اثبات می‌کند. موارد مذکور در پژوهش بسیونیچ و همکاران قابل استنباط است. این محقق بیان می‌کند که در بررسی تعاریف تاب‌آوری مشخص می‌شود هیچ بینش منحصر به فردی در مورد چگونگی تعریف تاب‌آوری وجود ندارد. با

این حال، شباهت‌های خاصی را می‌توان در بین تعاریف تاب‌آوری مشاهده کرد [۱۷].

با هدف اثبات فایده‌گرایی تاب‌آوری، محققین این مفهوم را به وجه‌های مختلف مرتبط کرده‌اند که نتیجه این ارتباط توسعه نامتقارن به همراه تاثیرپذیری از ابعاد مفهومی مجزا شده است. این تنوع استفاده از مفاهیم مرتبط موجب ایجاد فضای چندوجهی در توضیح ماهیت ذاتی تاب‌آوری شده است. اثبات این گزاره در پژوهش باتس و همکاران مشهود است که به منظور ارزیابی جامع تاب‌آوری سیستم، این مفهوم را پنج‌وجهی فرض می‌کنند [۱۸]. طبق تعاریف ارائه شده، مفاهیم پرتکرار که باعث ارتباط چندوجهی با تاب‌آوری شده است شامل پایداری<sup>۲۴</sup>، حفظ عملکرد، شوک، مخاطرات طبیعی - تصادفی (اعم از خطر یگانه و چند خطر)، استقامت، بازیابی، سرعت واکنش، ظرفیت پیش‌بینی‌پذیری<sup>۲۵</sup>، ایمنی<sup>۲۶</sup>، زمان رخداد (قبل - حین - بعد)، پویایی<sup>۲۷</sup>، کمی و کیفی<sup>۲۸</sup>، سطوح عملکردی، پیچیدگی<sup>۲۹</sup> - آشفتگی<sup>۳۰</sup>، خطرپذیری - آسیب‌پذیری و سرویس‌دهی بی‌وقفه<sup>۳۱</sup> می‌باشد.

حالت توسعه‌پذیر به این معنا است که در تعاریف مربوط به سال‌های اخیر، پژوهشگران به دلیل مواجهه با خطرات و سیستم‌های جدید، تعاریفی نوین ارائه کرده‌اند. به عنوان مثال در مطالعه آلتبی و همکاران به دلیل ضرورت پوشش خطرات تصادفی - تصمدی، تعریف تاب‌آوری مرتبط با لزوم حفظ سطح عملکرد در راستای مواجهه با این خطرات تدوین شده است [۱۹]. همچنین آیدین و همکاران با هدف برجسته‌سازی لزوم توسعه شناختی تاب‌آوری بیان می‌کنند که توسعه‌پذیری این مفهوم در مواجهه با خطرات آتی اتفاق خواهد افتاد [۲۰]. لازم به ذکر است تعریف تاب‌آوری در برخی از پژوهش‌ها به صورت ترکیب چند حالت ارائه شده است. به عنوان مثال این مفهوم به صورت چندوجهی و توسعه‌پذیر در مطالعه آیدین و همکاران تدوین شده است. مبنای تعریف بر اساس دفتر کاهش خطر بلایای سازمان ملل متحد<sup>۳۲</sup> انتخاب شده و با ساختار چندوجهی شامل جامعه، خطر، مقاومت، جذب و تطبیق-پذیری نسبت به تاب‌آوری جانمایی مفهومی<sup>۳۳</sup> گردیده است.

طبقه‌بندی استنباط‌پذیر به این معنا است که با توجه به پیشینه و خواستگاه مطالعاتی، پژوهشگر برای ارزیابی سیستم مرتبط با حوزه تخصصی، برداشتی مرتبط با سایر حوزه‌ها ارائه داده است. ضرورت توجه به ظرفیت استنباط‌پذیر در یافته‌های ماراسکو و همکاران مشهود است. با این بیان که واژه تاب‌آوری متناسب با حوزه پژوهشی به‌طور متفاوتی تعریف می‌شود [۳۲]. به عنوان مثال در یافته‌های چن و همکاران تعریف تاب‌آوری با توجه به لزوم توجه به خطرات نوین در پهنه خلیج بزرگ چین<sup>۳۴</sup> با استنباط از مطالعات پیشین و توسعه محتوایی مواجه شده است [۲۱]. همچنین به صورت چندوجهی، بهره‌مندی از ظرفیت مفهوم آسیب‌پذیری در

کنار تاب‌آوری به عنوان شاخصه مهم ارزیابی کمی - کیفی و جامع‌نگر در سیستم‌های بزرگ مقیاس بیان شده است. از موارد حائز اهمیت استفاده از رویکرد تاب‌آوری اقتصادی در حوزه زیرسخت‌های مهندسی است. توجه به مواجهه دائمی سیستم حمل و نقلی با استرس‌ها و تهدیدهای خارجی، استنباط‌پذیری تعاریف نوین تاب‌آوری متناسب با حوزه کاربردی متفاوت را نشان می‌دهد [۲۲ و ۲۳].

### ۲-۳- فرآیند توسعه

در این بخش تعاریف تاب‌آوری مرتبط با حوزه‌های کاربردی مختلف بررسی شده و در ادامه به تحلیل سیر توسعه شناختی از خواستگاه انتزاع تا کنون پرداخته شده است. خواستگاه انتزاع<sup>۳۵</sup> به معنای فهم اولیه از یک مفهوم است. کارکرد به همراه استفاده از یک مفهوم را جهت‌دهی می‌کند و مشخص کننده دامنه ارزیابی و هدف عملیاتی<sup>۳۶</sup> یک مفهوم است. از طرفی در این بخش به این چالش پرداخته می‌شود که یک ایده تا پیاده‌سازی چه فرآیندی را طی می‌کند. پاسخ به این چالش ضمن تحلیل تعاریف کلیدی تاب‌آوری با طبقه‌بندی محتوایی انجام شده که ساختاری منسجم از روند توسعه تاب‌آوری را به نمایش گذاشته است.

تاب‌آوری مفهومی جامع، پیچیده، چندوجهی، بیانگر ظرفیت بقای سیستم در برابر تغییرات و مرتبط با پایداری است [۲۴]. این مفهوم در ابتدا سال ۱۹۷۳ توسط هولینگ، بوم‌شناس برجسته به صورت چندوجهی معرفی شد. هولینگ تاب‌آوری را به اندازه‌گیری پایداری سیستم و توانایی در جذب شک‌ها ارتباط داد. این تعریف بنیادین، اندازه‌گیری تداوم عملکرد و توانایی در جذب اختلال ضمن حفظ روابط بین اجزای سیستم در بوم‌شناسی شناخته می‌شود [۱۵]. تاب‌آوری در حالت توسعه‌پذیر مرتبط با دامنه کاربردی توسط گاندرسون - هولینگ و واکر و همکاران به ترتیب میزان اختلال جذب شده توسط سیستم قبل از تغییر ساختار و رفتار کلی سیستم و ظرفیت جذب تنش - حفظ ماهیت ذاتی سیستم شامل عملکرد، ساختار و بازخوردها تعریف شده است [۲۵ و ۱۶]. واکر و همکاران در طبقه‌بندی همپوشان - چندوجهی سه شاخصه اصلی تاب‌آوری را ظرفیت سیستم برای جذب اختلالات، خودساماندهی<sup>۳۷</sup>، یادگیری<sup>۳۸</sup> و سازگاری<sup>۳۹</sup> بیان کردند [۲۶]. همچنین هولینگ به صورت چندوجهی، توسعه‌پذیر و دارای شکاف شناختی در بازتعریف تاب‌آوری از رویکرد سیستمی و درک کمی استفاده کرد. در این تعریف تاب‌آوری ویژگی کمی سطوح یک اکوسیستم<sup>۴۰</sup> پویا است که به صورت متغیر در تمام ابعاد در حال رخ دادن است [۲۷]. کارپنتر و همکاران با رویکرد عملیاتی در ارائه تعریف، مفهوم تاب‌آوری را توانایی سیستم در حفظ هویت ذاتی در مواجهه با تغییرات داخلی، شوک و اختلالات بیرونی ارائه کردند

[۲۹ و ۲۸]. لازم به ذکر است این تعریف در طبقه‌بندی توسعه‌پذیر - همپوشان قرار می‌گیرد.

آدگر جامعه‌شناس برجسته، تاب‌آوری را توانایی جوامع برای مواجهه با استرس و آشفتگی‌های خارجی ناشی از تغییرات اجتماعی، سیاسی و محیطی تعریف می‌کند [۱۲]. این در صورتی است که به صورت مشخص به جانمایی مفاهیم مرتبط شامل ماهیت خطرات، عوامل محرک آشفتگی و استرس درونی اشاره نشده است. همچنین در حالت همپوشان بروک و پرینگز محققین حوزه بوم‌شناسی - اقتصاد به ترتیب احتمال انتقال بین موقعیت‌های مختلف سیستم به عنوان تابعی از مصرف - تصمیم‌سازی و توانایی حفظ ظرفیت تخصیص کارآمد منابع سیستم ضمن مقاومت در مواجهه با شوک - های محیطی را معرف تاب‌آوری دانستند [۳۱ و ۳۰]. آدگر و همکاران یک سیستم تاب‌آور با ماهیت زیست‌بوم - اجتماعی را ظرفیت سیستم برای جذب آشفتگی‌های تکرارپذیر به صورت حفظ ساختار، فرآیند و بازخوردهای اساسی تعریف کردند [۳۲]. لازم به ذکر است در حوزه مدیریت سیستم سازمانی، توانایی سازمان در شناسایی خطرات مختلف و مدیریت حوادث را تاب‌آوری می‌گویند [۳۳].

در رابطه با تاب‌آوری شرکت تجاری (بیانگر سطح عملکردی اقتصادی) به عنوان ساختاری پویا و در معرض چالش، چشم‌انداز ارائه شده توسط ولیکنگاس و همکاران در ادامه بیان شده است. شرکت‌های تجاری مانند موجودات طبیعی باید رشد کنند و مفهوم یک شرکت ثابت و بدون رشد در دنیای تجارت قابل قبول نیست [۳۴]. در یک ساختار اقتصادی تاب‌آوری یعنی واکنش به خطرات مختلف در حالتی که افراد و گروه‌ها بتوانند خود را از برخی زیان‌های مالی بازار حفظ کنند [۳۱]. به طور خاص فیکسل در زمینه کسب و کار، تاب‌آوری اقتصادی را به عنوان ظرفیت یک شرکت برای پایداری، سازگاری و رشد در مواجهه با تغییرات آشفته تعریف می‌کند [۷].

تاب‌آوری به صورت استنباط‌پذیر از زیست‌بوم موجودات طبیعی، در سیستم‌های اقتصادی تعدد خطرات و لزوم رقابت در فضای تجاری جزء شاخصه‌های اصلی پویایی شرکت‌ها بیان شده است. این در صورتی است که لزوماً موجودات طبیعی در مواجهه با خطرات، تاب‌آوری افزایشی را تجربه نمی‌کنند و به نظر می‌رسد ارائه این تعریف با توجه به پیشتازی مطالعات تاب‌آوری در حوزه بوم‌شناسی و انتظار انسان از تاب‌آوری افزایشی در محیط‌های اقتصادی باشد. تاب‌آوری افزایشی را می‌توان به صورت پیاده‌سازی تمهیدات لازم در پایش مستمر سطوح عملکردی قابل قبول سیستم شامل ایجاد چرخه‌های بازخورد - توسعه دانش توضیح داد. همچنین در اقتصاد، لزوم توجه به پویایی و افزایش تاب‌آوری مشهودتر از سایر حوزه‌ها است. این در صورتی است که در زیرساخت‌های حیاتی

رویکرد تاب‌آوری افزایشی نسبت به گسترش دامنه وقوع خطرات با خواستگاه تاب‌آوری اقتصادی است.

بسیونویج و همکاران، تاب‌آوری را توانایی و کارآمدی به هنگام یک سیستم - جامعه در خصوص مقاومت، جذب، انطباق‌پذیری و بازیابی رخداد خطر، از طریق حفظ، بازسازی ساختار و عملکرد اساسی آن تعریف کردند [۱۷]. در بررسی تعریف بسیونویج و همکاران با آلبنی و همکاران رویکردی مشابه در خصوص انتخاب شاخصه‌های اصلی تاب‌آوری شامل سیستم بزرگ مقیاس، انطباق‌پذیری و کارآمدی در هنگام مواجهه با خطرات، اقتباس شده است که ظرفیت چندوجهی تاب‌آوری در برابر پیچیدگی‌های شناختی سیستم را نشان می‌دهد. به عنوان تحلیل پژوهش بسیونویج و همکاران ماهیت تاب‌آوری شامل دو جنبه اساسی فعال و واکنشی خواهد بود که در طبقه‌بندی توسعه‌پذیر قرار خواهد گرفت. توسعه‌پذیری تعریف به دلیل مواجهه محقق با دو نوع رویداد خطر است. نوع اول ضرورت آنی واکنش و حفظ تاب‌آوری در برابر تداوم شوک‌های وارد شده به سیستم مانند تغییرات سهام، اعتصابات، حوادث خرد و اختلالات محلی زنجیره تامین خواهد بود و نوع دوم شامل خطرانی است که سیستم به صورت دائمی در مواجهه با آن نیست ولی در صورت رخداد، به طور قابل ملاحظه‌ای تاب‌آوری سیستم را کاهش می‌دهد. این خطرات زلزله، سیل و حملات نظامی و ... را شامل می‌شود. با توجه به گستره خطرات و ابعاد بیانگر تاب‌آوری، لزوم بررسی سطح عملکردی محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی قابل استنباط است. با این توضیح که نحوه پاسخ تاب‌آوری فعال و واکنشی در عملکرد اقتصادی سیستم حمل و نقلی ریلی با عملکرد اجتماعی متفاوت است.

ماراسکو و همکاران به صورت استنباط‌پذیر تاب‌آوری را توانایی سیستم برای پایداری در حالت عملیاتی حین مواجهه با تغییرات داخلی و خارجی تعریف کردند [۲۱]. این تعریف در حالت چند-وجهی نیز قابل تحلیل است. ارتباط شناختی با خطرپذیری نسبت به ارزیابی تاب‌آوری جوامع حین مواجهه با بلایا، بیانگر ظرفیت چندوجهی این مفهوم است. از دست‌آوردهای مطالعه ماراسکو و همکاران می‌توان به استنباط از رویکرد تاب‌آوری اقتصادی و تلاش در راستای افزایش تاب‌آوری سیستمی به وضعیتی بالاتر از زمان رخداد خطر اشاره کرد.

برون و همکاران به عنوان پیش‌تازان ارائه چهارچوب ارزیابی تاب‌آوری لرزه‌ای جامعه، این مفهوم را توانایی واحدهای اجتماعی در خصوص کاهش خطرات، کنترل اثرات بلایا حین وقوع رخداد، انجام فعالیت‌های بازیابی برای به حداقل رساندن اختلالات اجتماعی و کاهش اثرات زلزله‌های آتی تعریف کردند [۴۱]. در طبقه‌بندی چندوجهی و توسعه‌پذیر باتس و همکاران، با هدف ارزیابی تاب‌آوری حاکمیت در سه سطح محیط‌زیست، اجتماع و

بیشتر تلاش در راستای حفظ - بازگشت تاب‌آوری سیستمی به سطح قبل از رخداد است.

در رابطه با زیرساخت‌های حیاتی، تاب‌آوری معیاری از توانایی سیستم برای محافظت از پوشش امن<sup>۴۱</sup> عملکردی حین رخداد خطر یا توانایی آن برای سازگاری ایمن و کارآمد با تغییرات است. این محافظت به صورت مدیریت اثرات کاهش عملکرد قابل قبول زیرساخت، نشان داده می‌شود [۳۵ و ۳۳]. بریدکا عامل اصلی تاب‌آوری شبکه حمل و نقل هنگام رخداد بلایا را توانایی شبکه برای حفظ - بازیابی<sup>۴۲</sup> سرویس‌دهی حین واکنش کوتاه‌مدت و بازیابی طولانی مدت از رویداد مخرب بزرگ مقیاس معرفی می‌کند [۳۶]. برونو و همکاران تاب‌آوری را به عنوان توانایی سیستم برای کاهش و جذب شوک در صورت وقوع خطر و بازیابی سریع پس از رخداد تعریف کرده است [۳۷]. سیملاو و همکاران تاب‌آوری را حساسیت سیستم به حوادث با ظرفیت کاهش قابلیت سرویس‌دهی شبکه تعریف کرد. همچنین با بازتعریف این مفهوم در حالت توسعه‌پذیر، قابلیت سرویس‌دهی سیستم به صورت حداقلی - حداکثری (قابلیت سرویس‌دهی بی‌وقفه و خرابی مطلق حین رخداد خطر زلزله) را بیانگر تاب‌آوری می‌داند [۳۸]. در مطالعات هولناگل و همکاران، تاب‌آوری به عنوان توانایی ذاتی سیستم‌ها برای تنظیم عملکرد در مواجهه با اختلالات و تغییرات پیش‌بینی نشده در نظر گرفته شده است [۳۳]. به طور خاص، تاب‌آوری شبکه حمل و نقلی به عنوان توانایی سیستم در خصوص پیش‌بینی، جذب، انطباق-پذیری و بازیابی سریع پس از رویدادهای مخرب مانند بلایای طبیعی تعریف شده است [۳۹]. علاوه بر این، توانایی سیستم‌ها در سرویس‌دهی عملکردی بی‌وقفه حین رخداد اختلالات بیرونی - داخلی معرف تاب‌آوری می‌باشد که این امکان در صورت اختلال در سرویس‌دهی، به صورت بازیابی سریع نشان‌دهنده تاب‌آوری خواهد بود [۴۰].

آلبنی و همکاران تاب‌آوری را لازمه حفظ عملکرد سیستم پیچیده و توسعه‌یافته شهری در مواجهه با خطر تعریف می‌کنند و اشاره می‌کنند که افزایش تاب‌آوری متناسب با افزایش بلایا، یک ضرورت شناختی هم‌زمان با کاهش اثر بخشی سوابق تاریخی دانش بشر در مواجهه با خطرات است [۱۹]. در تحلیل دیدگاه آلبنی و همکاران، تاب‌آوری افزایشی چالش شناختی و آتی پژوهشگران این حوزه خواهد بود. همچنین طبقه‌بندی خطرات و افزایش دامنه وقوع، هم‌زمان با توسعه زیرساخت‌های شهری از دو جنبه قابل بررسی است. جنبه اول نشان‌دهنده ظرفیت استنباط‌پذیری نسبت به خواستگاه بوم‌شناسی است که در راستای شناخت تاب‌آوری سیستم‌های شهری و خطرات تعمدی (کمتر موضوع بحث در فضای بوم‌شناسی) قرار می‌گیرد. از طرفی جنبه تحلیلی دوم در خصوص

اقتصاد به تعریف پنج‌بعدی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری پرداختند [۱۸]. منطبق با نتایج مطالعه باتس و همکاران ضمن ترسیم چشم‌انداز این مفهوم در خصوص کشورهای درحال توسعه، حکمرانی تاب‌آور را توانایی یا ظرفیت یک کشور برای مقابله با شوک‌های نامطلوب بیان کردند. فورسلینی و همکاران، تاب‌آوری لرزه‌ای مرتبط با اتصال چندین سیستم با توالی رخداد را توانایی ارائه خدمات حین و بعد از رخداد خطر تعریف کردند [۴۲].

#### ۴- تاب‌آوری سواحل

در این بخش به اهمیت توجه به مفهوم تاب‌آوری در زیرساخت ساحلی پرداخته خواهد شد. به دلیل مواجهه سیستم‌های شهری مستقر در سواحل با خطرات منطقه‌ای و فراساحلی، نیاز به توجه گسترده‌تر به ضوابط تاب‌آوری است. اصول کلیدی دانش اقیانوس-شناسی ارائه شده توسط اداره ملی اقیانوسی و جوی<sup>۴۳</sup> آمریکا بیانگر تاثیر پیوسته شرایط اقیانوسی بر اقلیم و شرایط زیست بشر دارد که دانش محدود انسان از فعل و انفعالات زیست‌بوم متنوع آن موجب تهدیدات فزاینده‌ای بر زیرساخت‌های ساحلی نسبت به سیستم شهری با فاصله از آب‌های آزاد شده است [۴۳].

اصطلاح تاب‌آوری از زمان پیدایش تا کنون در حوزه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از این مفهوم به دلیل پیچیدگی و اهمیت حفظ عملکرد سیستم شهری در زمان رخداد خطرات و سازگاری با تغییرات در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در سیستم شهری و ساحلی هنگام مواجهه با خطر، تاب‌آوری به عنوان قابلیت مقاومت، تطبیق‌پذیری و بازیابی به موقع و کارآمد از اثرات خطر تعریف می‌شود [۴۴].

الزامات برنامه‌ریزی مواجهه با خطرات توسعه زیرساخت ساحلی از تحرکات شهرنشینی، تخریب محیط‌زیست و تغییرات اقلیمی تاثیر می‌پذیرد [۴۵]. به دلیل تاثیرپذیری خطوط ساحلی توسط جزر و مد، امواج، بادهای و طوفان‌ها، سواحل از پویاترین محیط‌های زیستی به حساب می‌آیند. وجود خطرات متعدد در کنار مزایای مناطق ساحلی شامل منابع غذایی، فرصت‌های اقتصادی و تسهیلات حمل و نقلی برای انسان موجب کاهش مهاجرت در ادوار مختلف به این محدوده‌ها نشده است. از طرفی گسترش شهرنشینی و توسعه زیرساخت‌های ساحلی بیش از گذشته لزوم ایجاد سواحل تاب‌آور را برجسته می‌کند [۴۶].

منشور اتحاد جهان در بحران شهری سازمان ملل متحد، با فوریت تاب‌آوری را به عنوان یک هدف اساسی در دستورالعمل شهرهای جدید طبقه‌بندی می‌کند. طبق موارد بیان شده واژه تاب‌آوری شهری به طور صریح در دستورالعمل اقدامات ۲۰۳۰ سازمان ملل برای اهداف توسعه پایدار<sup>۴۴</sup> به رسمیت شناخته شده است. برخی از این اهداف مرتبط به صورت سند چشم‌انداز سال ۲۰۳۰ در شکل ۴ ذکر شده‌اند [۴۷].

بند ۵-۱: ایجاد تاب‌آوری در برابر شرایط بد اقلیمی، شوک‌ها و بلایای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی برای جوامع آسیب‌پذیر

بند ۹-۱: ایجاد زیرساخت‌های تاب‌آور

بند ۱۱: افزایش ایمنی، ایجاد ظرفیت تاب‌آوری در سکونتگاه‌های انسانی

بند ۱۳-۱: بهبود تاب‌آوری و ظرفیت سازگاری در هنگام رخداد خطرات مرتبط با تغییرات آب و هوایی و بلایای طبیعی

شکل ۴- اهداف تاب‌آوری منشور اتحاد جهان در بحران شهری سازمان ملل

#### ۵- چشم‌انداز زیرساخت ساحلی تاب‌آور

در این بخش به بیان اقدامات توسعه بر مبنای تاب‌آوری در حوزه زیرساخت‌های ساحلی پرداخته می‌شود. بنادر به عنوان شریان اقتصادی در حکمرانی شناخته می‌شوند. استفاده بی‌وقفه از این شریان حیاتی همزمان با وجود رخدادهای گسترده بیانگر لزوم پیاده‌سازی رویکرد تاب‌آورانه در این مناطق است. این اقدامات به صورت سه گام اساسی در شکل ۵ به صورت خلاصه بیان شده‌اند و در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است.



شکل ۵- اقدامات توسعه بر مبنای تاب‌آوری در زیرساخت ساحلی

در گام اول پژوهشگران حوزه تاب‌آوری با همکاری بین رشته‌ای و گسترش دانش به تدوین چهارچوب ارزیابی بومی متناسب با سیستم زیرساخت ساحلی ملی خواهند پرداخت. این چهارچوب با شناسایی سطوح عملکردی، سیستم‌های زیرساختی حیاتی و خطرات منطقه‌ای ساحلی و فراساحلی به عنوان سند راهبردی به ذینفعان تاب‌آوری، اقدامات مواجهه با رخدادهای را ترسیم می‌کند.



<b>ایهام تعریف تاب‌آوری</b>
• عدم ارائه تعریف واحد با گذشت نیم قرن • تاب‌آوری به عنوان مفهومی واحد با تفسیرهای متنوع
<b>روش‌شناسی جامع نگر</b>
• تحلیل تعاریف و نمایش روند تکامل شناختی تاب‌آوری.
<b>ضرورت تحلیل بین‌رشته‌ای</b>
• افزایش درک عمیق و کاربردی تاب‌آوری در سیستم‌های پیچیده مانند زیرساخت‌های ساحلی
<b>پیوند تاب‌آوری با زیرساخت‌های ساحلی</b>
• نیاز به پیاده‌سازی یکپارچه تاب‌آوری در سیستم‌های بزرگ‌مقیاس
<b>رشد نامتوازن درک تاب‌آوری</b>
• بازتعریف مستمر مفهوم به دلیل مواجهه با خطرات نوین و سیستم‌های پیچیده
<b>فوریت عملیاتی در سطح بین‌الملل</b>
• لزوم توجه به اسناد بین‌المللی و بومی‌سازی راهبردها متناسب با شرایط محیطی
<b>چالش‌های ملی</b>
• رشد شهرنشینی، آلاینده‌گی و خطرات ساحلی به عنوان محرک‌های اصلی تقویت تاب‌آوری

شکل ۶- نگاه کلی به یافته‌های حاصل از تحلیل مفهومی تاب‌آوری

تلاش ارائه دهندگان تعریف تاب‌آوری بر این است که در فضای گسسته ناشی از دیدگاه‌های متفاوت (حوزه‌های علمی و کاربردی گسترده)، تعریف یا برداشتی مشخص بیان کنند. به نظر می‌رسد غالب ارائه دهندگان تعریف به این باور رسیده‌اند که تاب‌آوری مفهومی مشخص با زاویه برداشت‌های متفاوت است. گزاره بیان شده در تعاریف محققین پیشین قابل استنتاج است. به همین دلیل برخی از پژوهشگران موفق به ارائه تعریف مستقل شده‌اند و اغلب به استفاده از تعاریف پیشین اکتفا شده است.

تحلیل میان رشته‌ای در حوزه تاب‌آوری موجب درک یکپارچه، عمیق و افزایش ظرفیت کاربردی این مفهوم خواهد شد. زیرساخت‌های ساحلی به دلیل تعامل با زیست‌بوم متنوع، جمعیت ساکن و جریان اقتصادی حاکمیت با سه سطح عملکردی اساسی مرتبط می‌باشند. تنوع سیستم‌ها و خطرات در فضای محیط‌زیست، اجتماع و اقتصاد لزوم پیاده‌سازی یکپارچه تاب‌آوری در یک سیستم بزرگ مقیاس را به همراه دارد.

طبقه‌بندی تعاریف ضمن انسجام نیم قرن تلاش در رابطه با توسعه این مفهوم، به درک انگیزه فعالین - ذینفعان منطبق با پیشنهاد تعریف جدید از تاب‌آوری می‌انجامد. تاب‌آوری به عنوان یک مفهوم نوظهور در ابتدا از مواجهه پژوهشگر با ظرفیت پایداری در زیست-بوم پدید آمد. با توجه به لزوم بکارگیری تاب‌آوری در طراحی یک سیستم، پژوهشگر متناسب با سیستم مورد ارزیابی و خطر مرتبط با کاهش عملکرد به پذیرش تعاریف پیشین و یا بازتعریف این مفهوم پرداخته است. همچنین ارائه تعاریف نوین تا پیشنهاد تعریف واحد از این مفهوم در آینده قابل تصور است. مواجهه مستمر طراحان تاب‌آوری با سیستم‌ها - خطرات نوین و پیاده‌سازی تاب‌آوری در

همچنین سیستم در این چهارچوب متشکل از اجزای کلیدی شبکه بنادر و روابط همبستگی بین شبکه‌ای خواهد بود.

گام دوم بیانگر سطوح کلیدی عملکردی شامل محیط‌زیست - اجتماع - اقتصاد و حداقل سطح سرویس‌دهی مجاز حین رخداد خطر در شبکه ملی زیرساخت ساحلی است. سیستم‌های زیرساخت ساحلی همزمان در تعامل با سه رکن مذکور می‌باشند و تهدیدات موجب کاهش سرویس‌دهی این سطوح در ابعاد کلان خواهند شد. حفظ تاب‌آوری در تمامی ابعاد حائز اهمیت است. با این توضیح که به منظور حفظ چرخه اقتصادی شبکه بنادر، تخریب محیط‌زیست قابل قبول نمی‌باشد. رشد شهرنشینی امکان گسترش آلودگی‌های محیط‌زیستی را افزایش خواهد داد که این الزام در رابطه با توسعه اجتماعی یک محدوده نیز حائز توجه است. رویکرد تاب‌آورانه بر حفظ زیست‌بوم متنوع ساحلی در کنار رشد اقتصادی و توسعه شهری تاکید دارد.

گام سوم به پایش حلقه‌های بازخورد تاب‌آوری در یک محدوده تمرکز دارد. پایش تاب‌آوری از دو جنبه شامل رشد شناختی و تاب‌آوری لحظه‌ای دارای اهمیت است. این مفهوم در مواجهه با سیستم‌های نوین و خطرات متنوع قابلیت توسعه دارد. از طرفی ابزارهای ارزیابی تاب‌آوری با افزایش ظرفیت شناختی در حال تکامل هستند. چرخه‌های بازخورد به توجه دائمی در رابطه با پیاده‌سازی تاب‌آوری اشاره دارند. همچنین تاب‌آوری محدود به رخداد یک حادثه با دامنه تاثیر بزرگ نمی‌باشد و برای حفظ آن در تمامی سطوح نیازمند پایش و اقدامات آنی در خصوص شوک‌های مستمر به سیستم زیرساختی ساحلی است. تکرار سه گام بیان شده به عنوان یک چرخه علاوه بر رشد مفهوم تاب‌آوری از فضای راهبردی تا عملیاتی موجب ایجاد پهنه‌ای تاب‌آور مبتنی بر ضوابط توسعه پایدار ملی خواهد شد.

## ۶- نتیجه‌گیری

با گذشت حدود ۵۰ سال از ایده تاب‌آوری با خواستگاه بوم‌شناسی و کاربرد این مفهوم در سایر حوزه‌ها به خصوص زیرساخت‌های حیاتی، کماکان تلاش در فهم این کلیدواژه و ارائه تعریف ادامه دارد. به عنوان ابزار شناختی فهم تاثیر تاب‌آوری و نمایش چشم‌انداز کاربردی در مطالعه حاضر از اصول منطقی مشاهده - ادعا - استدلال استفاده شده است. تحقیق حاضر ضمن توجه گسترده به تعاریف ارائه شده و طبقه‌بندی محتوایی آن‌ها با هدف نمایش روند توسعه شناختی، به اتصال معنادار این مفهوم در قالب تاب‌آوری در عمل پرداخته است. لازم به ذکر است یافته‌های تحلیل صورت-پذیرفته منطبق با شکل ۶ و با توضیحات ادامه ارائه شده است.

- 23- Pedology
- 24- Sustainability
- 25- Predictability
- 26- Safety
- 27- Dynamic
- 28- Quantitative and Qualitative
- 29- Complexity
- 30- Chaotic
- 31- Non-Stop Service
- 32- UN Office for Disaster Risk Reduction
- 33- Conceptual Placement
- 34- Guangdong - Hong Kong - Macao Greater Bay Area
- 35- Origin of Abstraction
- 36- Operational Objective
- 37- Self-Organization
- 38- Learning
- 39- Adaptation
- 40- Ecosystem
- 41- Safe Envelope
- 42- Recovery
- 43- National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)
- 44- Sustainable Development Goals

#### ۷- مراجع

- 1- Meerow, S., & Newell, J. P. (2019). Urban resilience for whom, what, when, where, and why?. *Urban geography*, 40(3), 309-329.
- 2- Kern, W. S. (2010). The economics of natural and unnatural disasters. WE Upjohn Institute.
- 3- Chen, M., & Lu, H. (2020). Analysis of transportation network vulnerability and resilience within an urban agglomeration: Case study of the greater Bay Area, China. *Sustainability*, 12(18), 7410.
- 4- Argyroudis, S. A., Mitoulis, S. A., Hofer, L., Zanini, M. A., Tubaldi, E., & Frangopol, D. M. (2020). Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment: Case study on transport assets. *Science of the Total Environment*, 714, 136854.
- 5- Strunz, S. (2012). Is conceptual vagueness an asset? Arguments from philosophy of science applied to the concept of resilience. *Ecological economics*, 76, 112-118.
- 6- Mozaffar, M. R. (1996). Al-Mantegh (Logic).
- 7- Fiksel, J. (2003). Designing resilient, sustainable systems. *Environmental science & technology*, 37(23), 5330-5339.

زمینه‌های علمی مختلف دلیل اصلی بازتعریف و رشد نامتوازن درک این مفهوم خواهد بود.

تاب‌آوری مفهومی همراه با ابهام شناختی است که درک همزمان کمی و کیفی به کاهش ابهام کمک شایان خواهد کرد. از طرفی استفاده از رویکرد جامع‌نگر به کاهش ابهام شناختی تاب‌آوری منجر می‌شود. این رویکرد با بررسی تمام ابعاد موثر در فهم تاب‌آوری تصویری روشن از نقاط قوت و شکاف شناختی ترسیم می‌کند. ارائه تعاریف گسسته نسبت به سیستم و خطر مورد ارزیابی، موجب پیدایش مفهومی استنباط‌پذیر، پیچیده و مبهم شده است. این تنوع در ارائه تعریف می‌تواند به ارائه چهارچوب‌های ارزیابی متعدد با اهداف عملیاتی مشابه منجر شود. همچنین در فضای گسترده پژوهشی موجب اتلاف انرژی و سرمایه پژوهشگران - ذینفعان همراه با خطای شناختی خواهد شد.

در ارتباط با لزوم توجه به تاب‌آوری در زیرساخت‌های ساحلی اسناد و دستورالعمل‌های بین‌المللی متعددی وجود دارد که آینده تاب‌آوری را ضمن توسعه پایدار به تصویر می‌کشد. رشد شهرنشینی در سواحل، وجود تاسیسات و زیرساخت‌های مهم اقتصادی و آلاینده‌های محیط‌زیستی در کنار زیست‌بوم متنوع ساحلی در کنار دامنه گسترده خطرات ساحلی و فراساحلی اهمیت پیاده‌سازی تاب‌آوری را بیش از پیش برجسته کرده است. موارد مذکور از فوریت‌های عملیاتی در سطح بین‌الملل می‌باشند که بوسیله بومی‌سازی متناسب با شرایط محیطی ملی و منطقه‌ای می‌بایست در ابتدا در سطح راهبرد و در ادامه به صورت دستورالعمل‌های عملیاتی توسط ذینفعان حوزه تاب‌آوری اجرا شوند.

#### کلید واژگان

- 1- Resilience
- 2- Critical Infrastructure
- 3- Ecology
- 4- Natural Hazards
- 5- Earthquakes
- 6- Droughts
- 7- Floods
- 8- Storms
- 9- Unnatural Disasters
- 10- Random
- 11- Target
- 12- Singel Hazard
- 13- Multiple Hazards
- 14- Cascading
- 15- Performance Levels
- 16- Risk
- 17- Vulnerability
- 18- Biology
- 19- Sociology
- 20- Economics
- 21- Comprehensiveness
- 22- Holistic

- measures of system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 145, 47-61.
- 23- Aven, T. (2011). On some recent definitions and analysis frameworks for risk, vulnerability, and resilience. *Risk Analysis: An International Journal*, 31(4), 515-522.
  - 24- Brand, F. S., & Jax, K. (2007). Focusing the meaning (s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object. *Ecology and society*, 12(1).
  - 25- Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and society*, 11(1).
  - 26- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M., ... & Pritchard, R. (2002). Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation ecology*, 6(1).
  - 27- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4, 390-405.
  - 28- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: resilience of what to what?. *Ecosystems*, 4, 765-781.
  - 29- Carpenter, S. R., & Folke, C. (2006). Ecology for transformation. *Trends in ecology & evolution*, 21(6), 309-315.
  - 30- Brock, W. A., Mäler, K. G., & Perrings, C. (2000). *Resilience and sustainability: the economic analysis of non-linear dynamic systems*. Beijer International Institute of Ecological Economics.
  - 31- Perrings, C. (2006). Resilience and sustainable development. *Environment and Development economics*, 11(4), 417-427.
  - 32- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockstrom, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039.
  - 33- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (Eds.). (2006). *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Ashgate Publishing, Ltd..
  - 34- Vlikangas, L., & Hamel, G. (2003). The quest for resilience. *Harvard Business Review*, 81(9), 52-63.
  - 35- Hale, A., Guldenmund, F., & Goossens, L. (2017). Auditing resilience in risk control and safety management systems. In *Resilience Engineering* (pp. 289-314). CRC Press.
  - 36- Berdica, K. (2002). An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and
  - 8- Arthur, W. B. (2009). Complexity and the economy. In *Handbook of Research on Complexity*. Edward Elgar Publishing.
  - 9- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO: A journal of the human environment*, 31(5), 437-440.
  - 10- Lal, R. (1994). Sustainable land use systems and soil resilience.
  - 11- Bonanno, G. A. (2004). Loss, trauma, and human resilience: have we underestimated the human capacity to thrive after extremely aversive events?. *American psychologist*, 59(1), 20.
  - 12- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related?. *Progress in human geography*, 24(3), 347-364.
  - 13- Starr, R., Newfrock, J., & Delurey, M. (2003). Enterprise resilience: managing risk in the networked economy. *Strategy and business*, 30, 70-79.
  - 14- Callaway, D. S., Newman, M. E., Strogatz, S. H., & Watts, D. J. (2000). Network robustness and fragility: Percolation on random graphs. *Physical review letters*, 85(25), 5468.
  - 15- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems.
  - 16- Gunderson, L. H., and C. S. Holling, editors. (2002). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C., USA.
  - 17- Bešinović, N. (2020). Resilience in railway transport systems: a literature review and research agenda. *Transport Reviews*, 40(4), 457-478.
  - 18- Bates, S., Angeon, V., & Ainouche, A. (2014). The pentagon of vulnerability and resilience: A methodological proposal in development economics by using graph theory. *Economic Modelling*, 42, 445-453.
  - 19- Allenby, B., & Fink, J. (2005). Toward inherently secure and resilient societies. *science*, 309(5737), 1034-1036.
  - 20- Aydin, N. Y., Duzgun, H. S., Wenzel, F., & Heinimann, H. R. (2018). Integration of stress testing with graph theory to assess the resilience of urban road networks under seismic hazards. *Natural Hazards*, 91, 37-68.
  - 21- Marasco, S., Kammouh, O., & Cimellaro, G. P. (2022). Disaster resilience quantification of communities: A risk-based approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 70, 102778.
  - 22- Hosseini, S., Barker, K., & Ramirez-Marquez, J. E. (2016). A review of definitions and

- should be done. *Transport policy*, 9(2), 117-127.
- 37- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., ... & Von Winterfeldt, D. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake spectra*, 19(4), 733-752.
- 38- Cimellaro, G. P., Reinhorn, A. M., & Bruneau, M. (2010). Seismic resilience of a hospital system. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1-2), 127-144.
- 39- RESILIENCE, I. (2010). NATIONAL INFRASTRUCTURE ADVISORY COUNCIL.
- 40- ASME: Innovative Technological Institute (ITI). American Society of Mechanical Engineers. ASME ITI, LLC. Washington (2009).
- 41- Brown, G., Carlyle, M., Salmerón, J., & Wood, K. (2006). Defending critical infrastructure. *Interfaces*, 36(6), 530-544.
- 42- Forcellini, D. (2022). A novel methodology to assess seismic resilience (SR) of interconnected infrastructures. *Applied Sciences*, 12(24), 12975.
- 43- Runko Luttenberger, L., & Mandić, N. (2022). Coastal risks and resilience learning. *Pomorstvo*, 36(2), 195-203.
- 44- The Rockefeller Foundation, & ARUP. (2015). City Resilience Framework. Retrieved from <https://www.rockefellerfoundation.org/report/city-resilience-framework/>
- 45- Jha, A. K., Miner, T. W., & Stanton-Geddes, Z. (Eds.). (2013). *Building urban resilience: principles, tools, and practice*. World Bank Publications.
- 46- Beatley, T. (2012). *Planning for coastal resilience: Best practices for calamitous times*. Island Press.
- 47- Patel, R., & Nosal, L. (2016). Defining the resilient city. *New York: United Nations University Centre for Policy Research*.