Journal of Safe City

Online ISSN: 2676-556X

Journal Homepage: www.ispdrc.ir

Research Paper

Prioritizing Port Resilience Drivers and Strategies: A Case Study of Chabahar Port

Abdollah Jafari[a, a]. *Director of Health, Safety and Environment (HSE), Ports and Maritime Organization, Tehran*

Javad Talebimatin[b b]. Head of Passive Defense and Crisis Management Department, Ports and Maritime Organization, Tehran

Fereshteh Shanbehpoor[c c]. *Crisis Management Expert, Ports and Maritime Organization, Tehran*

Received: 21 May 2025 Received in revised form: 20 July 2025 Accepted: 5 August 2025 p.p:169 –185

https://doi.org/ 10.22034/ispdrc.2025.2061322.1185

Abstract

Port resilience to various threats such as natural disasters, terrorist attacks, supply chain disruptions, and cyberattacks depends on effective passive defense strategies. These strategies include strengthening infrastructure with disaster-resistant design, establishing early warning systems and crisis management plans, training and preparing personnel, diversifying supply sources and logistics chains, and deploying advanced security systems to counter cyber and terrorist attacks. Disruptive events are increasingly challenging the operations and infrastructure of ports around the world, emphasizing the need for resilience programs to maintain operational continuity during crises. Passive defense, as a preparedness to deal with various natural and unnatural disasters and accidents, is an approach that can enhance port resilience. The aim of this paper is to identify and explain the drivers of resilience with respect to the passive defense approach. In this regard, the DEMATEL multi-criteria decision-making method has been used to achieve the aforementioned goal, and to demonstrate its effectiveness, a case study for Chabahar Port, as a sensitive port in the country, focusing on various stakeholders, has been presented. The findings show that the highest and lowest rankings of the main drivers of resilience in Chabahar Port include flexibility and information security, respectively. Also, the highest and lowest ranking of sub-drivers are respectively related to the crisis management group from the main driver of agility and energy resource redundancy from the main driver of redundancy. These results provide practical and applicable implications for specific port operations and provide a clear path for implementing resilience strategies.

Keywords: Resilience, DEMATEL, Multi-Criteria Decision Making, Sensitive Ports, Port Operations.

Corresponding author (Email: fshanbehpoor@pmo.ir)

نشریه علمی شهـــر ایمـــن

شاپا الکترونیکی: 556X-2676

Journal Homepage: www.ispdrc.ir

مقاله پژوهشی

اولویت‌بندی محرک‌ها و استراتژی‌های تاب‌آوری بنادر: مطالعه موردی بندر چابهار

جعفری، عبداله، سازمان بنادر و دریانوردی،ایران، تهران

طالبی متین، جواد، سازمان بنادر و دریانوردی،ایران، تهران

شنبه پور، فرشته*، سازمان بنادر و دریانوردی،ایران، تهران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۲/۳۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴ ص.ص ۱۸۵-۱۶۹

https://doi.org/ 10.22034/ispdrc.2025.2061322.1185

چکیده

تاب‌آوری بنادر در برابر تهدیدات مختلف مانند حوادث طبیعی، حملات تروریستی، اختلالات زنجیره تأمین و حملات سایبری به استراتژی‌های مؤثر پدافند غیرعامل وابسته است. این استراتژی‌ها شامل تقویت زیرساخت‌ها با طراحی مقاوم در برابر بلایا، ایجاد سیستم‌های هشدار زودهنگام و برنامه‌های مدیریت بحران، آموزش و آمادگی کارکنان، تنوع‌بخشی در منابع تأمین و زنجیره‌های لجستیکی، و به‌کارگیری سیستم‌های امنیتی پیشرفته برای مقابله با حملات سایبری و تروریستی هستند. رویدادهای مخرب به طور فزاینده‌ای عملیات و زیرساخت‌های بنادر جهان را به چالش می‌کشد و بر نیاز به برنامه‌های مقاوم‌سازی برای حفظ تداوم عملیات در طول بحران تأکید می‌کند. پدافند غیرعامل به‌عنوان یک آمادگی برای مقابله با حوادث و بلایای مختلف طبیعی و غیرطبیعی، رویکردی است که می‌تواند تاب‌آوری بنادر را ارتقا دهد. هدف این مقاله شناسایی و تبیین محرک‌های تاب‌آوری با توجه به رویکرد پدافند غیرعامل می‌باشد. در این راستا، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره دی متل برای دستیابی به هدف ذکر شده استفاده شده است و برای نشان دادن اثربخشی آن، یک مطالعه موردی برای بندر چابهار به عنوان بندری حساس در کشور با تمرکز بر ذینفع‌های مختلف ارائه شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که بالاترین و پایین‌ترین رتبه‌بندی محرک‌های اصلی تاب‌آوری در بندر چابهار به ترتیب شامل انعطاف‌پذیری و امنیت اطلاعات است. همچنین، بالاترین و پایین‌ترین رتبه‌بندی محرک‌های فرعی به ترتیب مربوط به گروه مدیریت بحران از محرک اصلی چابکی و افزونگی منابع انرژی از محرک اصلی افزونگی است. این نتایج مفاهیم عملی و کاربردی را برای عملیات بندر مشخص و مسیر راه روشنی را برای اجرای استراتژی‌های تاب‌آوری ارائه می‌کند.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری، دیمتل، تصمیم‌گیری چندمعیاره، بنادر حساس، عملیات بندری.

نویسنده مسئول:fshanbehpoor@pmo.ir

۱. مقدمه

زنجیره تأمین دریایی با حمل ۸۰ درصد تجارت جهانی، نقش حیاتی در اقتصاد بین‌المللی دارد (Xu et al., 2023). در این زنجیره، بنادر به‌عنوان گره‌های کلیدی، عملیات دریایی و زمینی را پیوند می‌دهند (Li et al., 2022; Zhang et al., 2023). با این حال، وابستگی متقابل ذینفعان (مقامات بندری، اپراتورها، و سازمان‌های دولتی) بنادر را در برابر تهدیداتی مانند بلایای طبیعی، حملات سایبری، اعتصابات کارگری، و تغییرات ژئوپلیتیکی آسیب‌پذیر کرده است (Bu et al., 2023; Notteboom & Haralambides, 2023).

علاوه بر این، بنادر به عنوان اجزای جدایی‌ناپذیر زنجیره تأمین جهانی، به ویژه در معرض تأثیرات عمیق رویدادهای مخرب جهانی هستند (Gu and Liu, 2023). برای مثال، طوفان هاروی (۲۰۱۷)، عملیات بندر هیوستون را به مدت حدود دو هفته مختل کرد و خسارات اقتصادی قابل‌توجهی به همراه داشت (Bonney, 2017)، اعتصابات بنادر ساحل غربی آمریکا در ۲۰۱۵ عملیات بندری را مختل کرد و خسارتی بالغ بر ۲.۵ میلیارد دلار به همراه داشت (Notteboom, 2016). همه‌گیری کووید-۱۹ نیز با ایجاد محدودیت‌های نیروی انسانی و قرنطینه، عملیات بنادر متعددی از جمله در کره جنوبی و چین را مختل کرد (Xu et al., 2023; Gu & Liu, 2023). این اختلالات، ضرورت تاب‌آوری بنادر را برای حفظ تداوم عملیات برجسته می‌کند (Li et al., 2025; Das et al., 2022). بنابراین، بنادر باید تاب‌آور شوند و توانایی بهبود سریع پس از رویدادهای معمول و مخرب مانند خرابی تجهیزات، تأخیر در حمل‌ونقل کالا، حملات سایبری، حوادث پیش‌بینی‌نشده، ژئوپلیتیک، تغییرات مقررات، طوفان، سیل، بیماری‌های عفونی، اعتصاب‌های کارگری یا حملات تروریستی با حفظ ظرفیت عملیاتی را توسعه دهند.

بنادر به دلیل نقش استراتژیک، در معرض تهدیدات متنوعی هستند که زنجیره تأمین جهانی را مختل می‌کنند. با وجود مطالعات پیشین در تاب‌آوری زنجیره تأمین (Liu et al., 2023; Gu et al., 2023)، چارچوب‌های اختصاصی برای اولویت‌بندی محرک‌های تاب‌آوری بنادر محدود است (Zhang et al., 2023; Wang & Zhou, 2024).

پدافند غیرعامل، با تمرکز بر پیشگیری و آمادگی، می‌تواند این شکاف را پر کند، اما روابط پیچیده میان محرک‌ها نیازمند تحلیل دقیق است (Das et al., 2022). این مطالعه از محرک‌های اصلی که به محرک‌های فرعی تجزیه شده‌اند برای مدل‌سازی تاب‌آوری استفاده می‌کنند. در حقیقت، این محرک‌های فرعی استراتژی‌های خاصی را برای افزایش تاب‌آوری عملیات بندری نشان می‌دهند. مدل‌سازی تاب‌آوری بر اساس این استراتژی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا امکان توسعه برنامه‌های هدفمند برای افزایش تاب‌آوری در عملیات بندری را فراهم می‌کنند. هدف از ایجاد اولویت برای راهبردهای محرک‌های فرعی یا تاب‌آوری، ایجاد نقشه راه برای پیاده‌سازی این محرک‌ها و ارائه ابزارهای قدرتمند به بنادر برای برنامه‌ریزی و اجرای استراتژی‌های مقاوم‌سازی بندر است. برای این منظور، از رویکرد مبتنی بر تصمیم‌گیری چند معیاره دیمتل (DEMATEL) استفاده شده است، که ابزار قدرتمندی برای مطالعه روابط علت و معلولی بین متغیرها در سیستم‌های پیچیده است.

بندر چابهار، از نظر اقتصادی و ژئوپلیتیکی اهمیتی حیاتی دارد و این پژوهش با هدف شناسایی و رتبه‌بندی محرک‌های تاب‌آوری بندری از طریق رویکرد پدافند غیرعامل و روش DEMATEL، چارچوبی برای تخصیص بهینه منابع در شرایط بحرانی ارائه می‌دهد تا با تحلیل روابط میان محرک‌ها، استراتژی‌های عملی برای مقاوم‌سازی عملیات این بندر در برابر تهدیدات تدوین شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

▪ تاب‌آوری

تاب‌آوری به توانایی یک سیستم برای مقاومت در برابر اختلالات، سازگاری با تغییرات، و بازیابی سریع عملکرد پس از رویدادهای مخرب اشاره دارد (Kim et al., 2021). در زمینه بنادر، تاب‌آوری بندری به‌عنوان ظرفیت یک بندر برای حفظ عملیات اصلی، پاسخگویی به تهدیدات، و بازگشت سریع به حالت عادی تعریف می‌شود (Shaw et al., 2017). این مفهوم شامل سه بعد کلیدی است: آمادگی (پیش‌بینی و پیشگیری از تهدیدات از طریق زیرساخت‌های مقاوم)، پاسخگویی (مدیریت مؤثر بحران در زمان اختلال)، بازیابی و بازسازی سریع عملیات با حداقل خسارت (Gu & Liu, 2023). بنادر به دلیل نقش استراتژیک در زنجیره تأمین جهانی، که ۸۰ درصد تجارت جهانی را حمل می‌کند، با چالش‌های خاصی مانند آسیب‌پذیری زیرساخت‌های فیزیکی (اسکله‌ها، جرثقیل‌ها)، سیستم‌های اطلاعاتی (شبکه‌های دیجیتال)، و عملیات لجستیکی (حمل‌ونقل و انبارداری) مواجه‌اند (Kashav et al., 2022; Zhang et al., 2023). برای مثال، بندر سنگاپور با استفاده از سیستم‌های هوشمند نظارت، آمادگی خود را در برابر بلایای طبیعی تقویت کرده است (Li et al., 2025). تاب‌آوری بندری نیازمند هماهنگی میان ذینفعان (مقامات بندری، اپراتورها، و سازمان‌های دولتی) و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین است (Wang & Zhou, 2024).

▪ پدافند غیرعامل

پدافند غیرعامل مجموعه‌ای از اقدامات پیشگیرانه و غیرنظامی است که با هدف کاهش خسارات و آسیب‌پذیری‌های ناشی از بحران‌ها یا تهدیدات جنگی، حفاظت از نیروی انسانی، تأسیسات و تجهیزات حیاتی و حساس، و تضمین تداوم فعالیت‌های زیرساختی و مدیریت کشور طراحی و اجرا می‌شود (اربابی سبزواری و همکاران، ۱۴۰۲). بنادر از زیرساخت‌های حیاتی کشور محسوب می‌شوند و نقش کلیدی در جابجایی کالا و مسافر و همچنین سهم قابل‌توجهی در اقتصاد ملی ایفا می‌کنند. به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل به‌عنوان یک خط‌مشی اصولی، راهکاری مؤثر برای مقابله با تهدیدات احتمالی و افزایش تاب‌آوری بنادر است (خوزستانی و معروف‌نژاد، ۱۴۰۳). در بنادر، پدافند غیرعامل شامل طراحی زیرساخت‌های مقاوم، استقرار سیستم‌های هشدار زودهنگام، آموزش کارکنان برای مدیریت بحران، و ایجاد افزونگی در منابع (مانند ژنراتورهای اضطراری یا مسیرهای لجستیکی جایگزین) است.

برای مثال، بندر روتردام با استفاده از حسگرهای محیطی و پروتکل‌های اضطراری، تاب‌آوری خود را در برابر سیل تقویت کرده است (Gu & Liu, 2023).

استراتژی‌های تاب‌آوری بندر

استراتژی‌های تاب‌آوری بندری مجموعه اقداماتی هستند که برای تقویت توانایی بنادر در مقابله با تهدیدات و حفظ تداوم عملیات طراحی می‌شوند (Li et al., 2025). این استراتژی‌ها بر اساس محرک‌های تاب‌آوری، مانند چابکی، انعطاف‌پذیری، و امنیت اطلاعات، شکل می‌گیرند (Das et al., 2022). چابکی شامل واکنش سریع به اختلالات از طریق تیم‌های مدیریت بحران و پروتکل‌های اضطراری است، مانند آنچه در بندر هنگ‌کنگ برای مدیریت طوفان‌های فصلی استفاده می‌شود (Gu & Liu, 2023). انعطاف‌پذیری به تطبیق با شرایط متغیر، مانند تغییر مسیرهای حمل‌ونقل در زمان تحریم‌ها، اشاره دارد (Chen & Huang, 2022). امنیت اطلاعات با استقرار فایروال‌های پیشرفته و سیستم‌های رمزنگاری، بنادر را در برابر حملات سایبری محافظت می‌کند (Zhang et al., 2023). افزونگی، مانند تأمین ژنراتورهای خورشیدی یا انبارهای موقت، از توقف عملیات جلوگیری می‌کند (Das et al., 2021). همکاری میان ذینفعان، از طریق پلتفرم‌های دیجیتال مانند سیستم یکپارچه تبادل اطلاعات، هماهنگی را بهبود می‌بخشد (Yontar, 2023). برای بندر چابهار، استراتژی‌های تاب‌آوری شامل تقویت زیرساخت‌های مقاوم، آموزش کارکنان، و همکاری بین‌المللی با بنادر منطقه‌ای (مانند گوادر و مسقط) است تا در برابر تهدیدات ژئوپلیتیکی و طبیعی مقاوم شود. این استراتژی‌ها با تحلیل روابط میان محرک‌ها از طریق روش‌هایی مانند DEMATEL، اولویت‌بندی و اجرا می‌شوند. شناسایی محرک‌ها و استراتژی‌های کلیدی که تاب‌آوری را تقویت می‌کنند، برای توسعه کارآمد عملیات بندر ضروری است. اولویت‌بندی این عوامل و درک کامل روابط پیچیده آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (Chen & Huang, 2022). دستیابی به تاب‌آوری در یک سیستم مستلزم اولویت‌بندی عواملی است که با ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی بر تاب‌آوری تأثیر مثبت می‌گذارند (Shaw et al., 2017). اولویت‌بندی محرک‌ها سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا بر حیاتی‌ترین عوامل برای دستیابی به تاب‌آوری سیستم تمرکز کنند (Das et al., 2022). یک محرک ویژگی‌ای است که به‌صورت مثبت بر سیستم محیطی تأثیر می‌گذارد و هر محرک می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم روی دیگر محرک‌ها اثرگذار باشد. برای مثال، اشتراک‌گذاری اطلاعات مربوط به سیستم‌های هشدار اولیه می‌تواند برای همکاری مفید باشد و افزونگی دسترسی می‌تواند انعطاف‌پذیری حمل‌ونقل را افزایش دهد (Yontar, 2023). با توجه به این تعاملات درهم‌تنیده، انتخاب‌های استراتژیک و اولویت‌بندی نقاط اهرمی تاب‌آوری بندر برای تصمیم‌گیرندگان حیاتی است. برخی پژوهشگران نتایجی درباره تاب‌آوری بندر ارائه کرده‌اند و چارچوب‌هایی برای تحلیل محرک‌های تاب‌آوری بندر و روابط متقابل آن‌ها توسعه داده‌اند (Kim et al., 2021; Gu & Liu, 2023). با این حال، این مطالعات باید اولویت‌بندی محرک‌ها و استراتژی‌های تاب‌آوری بنادر را در بر بگیرند. برخی تلاش‌ها برای توسعه روش‌هایی با هدف اولویت‌بندی محرک‌های تاب‌آوری انجام شده، اما این تلاش‌ها تنها بر زنجیره تأمین متمرکز بوده‌اند. به‌طور مشابه، برخی محققان چارچوب‌های مرجع و طرح‌های سلسله‌مراتبی برای ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین ارائه کرده‌اند (Liu et al., 2023; Gu et al., 2023). این مطالعات به‌جای تمرکز بر یک یا چند بازیگر خاص در زنجیره تأمین، استراتژی‌های تاب‌آوری را به‌صورت جامع در نظر گرفته‌اند. این رویکرد ضعفی برای بنادر ایجاد می‌کند، زیرا طراحی برنامه‌های خاص برای بخش‌های حیاتی مانند زیرساخت‌های فیزیکی، سیستم‌های اطلاعاتی، و عملیات لجستیکی بندر را دشوار

می‌سازد. بنابراین، شکاف موجود فقدان چارچوبی برای اولویت‌بندی استراتژی‌های تاب‌آوری در بنادر است. مطالعات پیشین عمدتاً بر تاب‌آوری زنجیره تأمین تمرکز داشته‌اند و کمتر به بنادر پرداخته‌اند:

Kashav و همکاران (۲۰۲۲) موانع زنجیره تأمین دریایی، مانند کمبود زیرساخت‌های دیجیتال، را بررسی کردند، اما کاربرد این یافته‌ها در بنادر محدود بود.

Kim و همکاران (۲۰۲۱) چارچوبی برای سنجش تاب‌آوری بنادر ارائه دادند که بر معیارهای کمی مانند زمان بازیابی تمرکز داشت، اما اولویت‌بندی محرک‌ها را پوشش نداد. **Li و همکاران (۲۰۲۵)** با تحلیل داده‌های شبکه‌ای، تاب‌آوری بندر سنگاپور را بررسی کردند و بر نقش فناوری‌های هوشمند تأکید داشتند.

Gu و Liu (۲۰۲۳) به اهمیت دیجیتالی‌سازی در بنادر هوشمند، مانند استفاده از اینترنت اشیا برای نظارت بر عملیات، اشاره کردند.

برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر زنجیره تأمین کلی یا جنبه‌های خاص (مثل امنیت سایبری) تمرکز داشتند، این پژوهش با ترکیب پدافند غیرعامل و روش DEMATEL، چارچوبی جامع برای تحلیل روابط پیچیده محرک‌های تاب‌آوری بندری ارائه می‌دهد.

۳. روش‌شناسی مطالعه

این پژوهش از رویکرد کمی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به نام DEMATEL انجام شد. DEMATEL برای تحلیل روابط علت و معلولی میان عوامل پیچیده، مانند محرک‌های تاب‌آوری بندری، مناسب است، زیرا امکان شناسایی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم را فراهم می‌کند (Chen & Huang, 2022). این روش به‌ویژه برای اولویت‌بندی محرک‌ها و تعیین نقاط اهرمی در سیستم‌های پیچیده بندری مؤثر است. رویکرد کمی با هدف ارائه نتایج قابل‌اعتماد و قابل‌تکرار انتخاب شد تا روابط میان محرک‌های تاب‌آوری بندر چابهار به‌صورت عینی تحلیل شود.

در این مطالعه یک روش پنج مرحله‌ای که در شکل ۱ نشان داده شده است برای اولویت‌بندی محرک‌های فرعی تاب‌آوری بندر بر اساس یک رویکرد چند معیاره پیشنهاد شده است. هدف اصلی شناسایی حیاتی‌ترین روابط بین متغیرها با استفاده از دیمتل است تا متعاقباً یک ماتریس دسترسی و پیشین ساخته شود. لازم به ذکر است که این ماتریس برای سایر ارزیابی‌ها به عنوان ورودی استفاده خواهد شد.

جامعه آماری شامل کارشناسان حوزه مدیریت بندری، مهندسی زیرساخت‌های بندری، و پدافند غیرعامل در سازمان بنادر و دریانوردی بود که با عملیات بندر چابهار آشنایی داشتند. نمونه‌گیری هدفمند انجام شد تا خبرگانی با تجربه و تخصص مرتبط انتخاب شوند. نمونه نهایی شامل ۱۵ کارشناس با معیارهای زیر بود:

- حداقل ۱۰ سال تجربه در زمینه مدیریت بندری، مهندسی، یا پدافند غیرعامل.
- مشارکت یا آگاهی از عملیات بندر چابهار (مانند برنامه‌ریزی، لجستیک، یا مدیریت بحران).
- تنوع تخصص: ۶ نفر (۴۰٪) در مدیریت بندری، ۵ نفر (۳۳٪) در پدافند غیرعامل، و ۴ نفر (۲۷٪) در مهندسی زیرساخت.

انتخاب خبرگان از طریق معرفی توسط سازمان بنادر و دریانوردی انجام شد. فرآیند دلفی در دو دور برای تأیید معیارها و اجماع نظرات خبرگان اجرا شد تا اطمینان حاصل شود که نمونه نماینده جامعه آماری است

مرحله ۱: انتخاب اولیه محرک‌ها

محرک‌های فرعی دسته‌هایی هستند که محرک‌های اصلی به آن‌ها تقسیم می‌شوند. محرک‌ها ساختارهایی هستند که توسعه تاب آور بنادر را امکان‌پذیر می‌کنند. محرک‌های اصلی تاب‌آوری در این مقاله که از مطالعات معتبر و بر اساس تجربه کارشناسان برداشت شده است شامل: چابکی، همکاری، مشاهده‌پذیری، انعطاف‌پذیری، مدیریت تداوم، اشتراک‌گذاری اطلاعات، امنیت اطلاعات، افزونگی، امنیت زیرساخت و مدیریت ریسک است. در این مطالعه استراتژی تاب‌آوری بر اساس هر دو محرک اصلی و فرعی بررسی خواهد شد.

مرحله ۲: اعتبارسنجی

برای ایجاد یک لیست نهایی از محرک‌های فرعی که در تحقیق در نظر گرفته می‌شوند باید یک فرآیند اعتبار سنجی میان متخصصان در محیط بندر خاص که در آن روش استفاده می‌شود، انجام شود. از کارشناسان باید در مورد میزان ارتباط محرک‌های فرعی با تاب‌آوری عملیات بندر پرسیده شود و پاسخ‌های آن‌ها باید در مقیاس لیکرت طبقه‌بندی شود: بی‌تأثیر (۰)، تقریباً تأثیرگذار (۱)، (۲)، بسیار تأثیرگذار (۳) و شدیداً تأثیرگذار (۴). از این ارزیابی‌های کارشناسی باید یک جدول تکرار ساخته شود و محرک‌ها بر اساس اهمیت وزنی آن‌ها توزیع شوند.

مرحله ۳: طراحی مدل تصمیم‌گیری

تصمیمات در زمینه بندر یک سیستم پیچیده را تشکیل می‌دهند زیرا این اکوسیستم شامل سهامدارانی مانند مقامات بندری، پایانه‌های بندری، اپراتورها، سازمان‌های دولتی، سیستم حمل‌ونقل و شرکت‌های خصوصی است. هنگامی که فهرست نهایی وابستگی‌های ذینفعان مرتبط با بندر برای تجزیه‌وتحلیل تاب‌آوری مشخص شد، انتخاب سهامداران بندر بسیار با اهمیت می‌شود. دامنه مطالعه بسته به زمینه خاصی که روش پیشنهادی در آن اعمال می‌شود، می‌تواند متفاوت باشد. این انتخاب شامل تصمیم‌گیری در مورد تمرکز تجزیه‌وتحلیل‌ها یا گسترش آن‌ها به تمام طرفین است. برای تشکیل ساختار فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره، باید بازیگران بندری با زمینه مشابه برای انجام مطالعه انتخاب شوند زیرا محرک‌های انعطاف‌پذیری بندر و روابط متقابل آن‌ها می‌تواند در زمینه‌های مختلف تغییر کند. به عنوان مثال، محرک‌های بنادر واقع در سواحل شرقی ایالات‌متحده با محرک‌های انعطاف‌پذیری بنادر واقع در مدیترانه اسپانیا متفاوت است. علاوه بر این، هنگام در نظر گرفتن مقامات بندری، چندین شکل متمایز از حکمرانی در سطح بندر مشخص شده است که شامل بازیگران سطوح حاکمیتی، مقامات ملی، مقامات منطقه‌ای و مقامات محلی بند است. این انتخاب به طور چشمگیری بر فرآیند جمع‌آوری داده‌ها برای مطالعات تاب‌آوری تأثیر می‌گذارد.

مرحله ٤: استفاده از روش دیمتل

همان‌طور که در بالا اشاره شد، چارچوب تصمیم‌گیری چند معیاره دارای یک معماری با استراتژی‌های مختلف است که به ذینفعان مختلف بندر می‌پردازد. روش کلاسیک دی متل که مبتنی بر تجزیه‌وتحلیل عاملی برای تصمیم‌گیری در سیستم‌های پیچیده است، بررسی روابط علی و همبستگی‌های منطقی بین عوامل متعدد را ارائه می‌کند. روش دی متل چندین مزیت کلیدی در تجزیه‌وتحلیل و حل مسائل پیچیده ارائه می‌دهد. اولاً، شناسایی و ارزیابی روابط علی مستقیم و غیرمستقیم بین عوامل یا متغیرها را ممکن می‌سازد که برای درک ساختار اساسی موضوعات پیچیده ضروری است. یکی دیگر از مزایای حیاتی دی متل توانایی آن در تمایز بین عوامل علی و معلولی است. این تمایز برای تصمیم‌گیری مؤثر جهت رسیدگی به علل ریشه‌ای مشکلات بسیار مهم است.

تکنیک دی متل به‌گونه‌ای است که می‌تواند روابط درونی محرک‌ها را به دست آورد، به این ترتیب نتایج به دست آمده حاصل از تحقیق‌ها به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. گام‌های به دست آوردن ماتریس روابط درونی محرک‌ها از طریق روش دی متل به شرح زیر است:

مرحله اول پیاده‌سازی دیمتل، تشکیل ماتریس مقایسات زوجی میان محرک فرعی (۱۰ محرک اصلی) شناسایی شده می‌باشد. برای تحقق این امر لازم است تا ارزیابی هر خبره نسبت به تأثیر هر محرک روی محرک دیگر مشخص شود؛ این کار از طریق امتیازدهی هر درایه ماتریس و با استفاده از اعداد ۰ تا ۴ انجام می‌شود.

هر درایه ماتریس بیانگر آن است که هر محرک در هر ردیف چه تأثیری بر هر محرک در هر ستون می‌گذارد. بدین ترتیب، با گردآوری امتیازات جمع‌آوری شده از هر خبره، به تعداد جامعه نمونه ماتریس $n\times n$ خواهیم داشت. پس از جمع‌آوری ماتریس‌های ارسال شده به خبرگانِ تعیین شده لازم است تا بین تمامی جواب‌های دریافت شده میانگین گرفته شود که این ماتریسِ میانگین به عنوان مبنای اصلی کار قرار خواهد گرفت. برای بررسی تأثیرگذاری محرک‌ها روی هم از طیف کلامی جدول ۱ استفاده شده است.

جدول ۱: طیف مورد استفاده در تکنیک دی متل.

بدون تأثیر	تأثیر خیلی کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
۰	۱	۲	۳	٤

مدل دیمتل به مقایسه زوجی بین محرک‌ها به عنوان اطلاعات ورودی نیاز دارد. برای این منظور، تعداد مشخصی از کارشناسان انتخاب شدند. ابتدا ماتریس ارتباطات مستقیم بین محرک‌های فرعی بر اساس ادغام نظرات نفرات خبره و میانگین حسابی محاسبه می‌گردد. برای نرمال کردن ماتریس به دست آمده ابتدا باید مجموع سطر و ستون ماتریس ارتباطات مستقیم را به دست آورده و سپس از بین اعداد مجموع، بیشترین مقدار محاسبه می‌شود. سپس جهت نرمال‌سازی، تمام درایه‌های ماتریس ارتباط مستقیم بر عدد به دست آمده تقسیم می‌شود. برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل بر اساس رابطه، ابتدا ماتریس همانی تشکیل و سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. درنهایت ماتریس نرمال در ماتریس معکوس ضرب می‌شود.

$$T = N \times \left(I - N\right)^{-1} \qquad (۱)$$

(ماتریس همانی یا یکه ماتریسی است که تمامی درایه‌های آن غیر از قطر اصلی صفر است).

در ادامه، برای محاسبه ماتریس روابط داخلی باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا یا و همان نقشه شبکه روابط (NRM)را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آن‌ها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگ‌تر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعد از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچک‌تر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود.

در روابط علی چهار جنبه با اهمیت قابل مشاهده است:

- ✓ میزان تأثیرگذاری متغیرها: جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است.
- ✓ میزان تأثیرپذیری متغیرها: جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است.
- ✓ بنابراین بردار افقی (D+R) میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.
- ✓ بردار عمودی (D-R) قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

مرحله ٤-١: تجزیه سلسله مراتبی

تجزیه سلسله مراتبی شامل تجزیه افقی و عمودی است. هدف تجزیه افقی ساختاربندی قوانین یا دیدگاه‌های مختلفی است که از طریق آن‌ها عوامل مرتبط هستند و تجزیه عمودی با هدف تجزیه مسئله به زیرسیستم‌های مختلف است.

مرحله ٤-٢: تجزیه‌وتحلیل تأثیر مستقیم

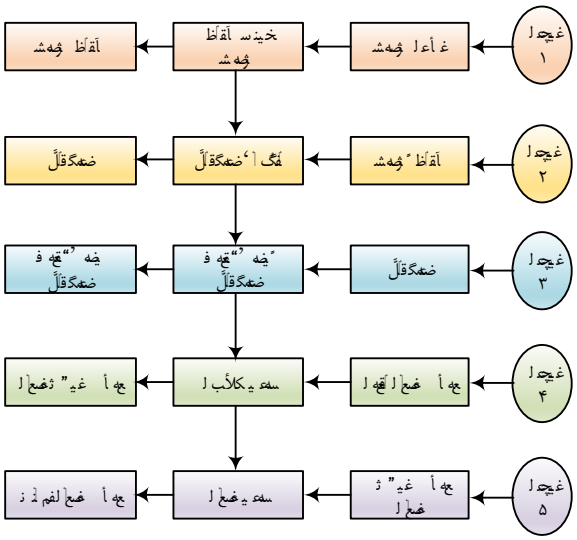
ماتریس رابطه مستقیم اولیه برای هر زیرسیستم از ساختار سلسله مراتبی تعریف شده ایجاد می‌شود. این ماتریس با استفاده از قضاوت متخصصین تکمیل می‌شود. از مقیاس ۰ تا ۴ در ارزیابی میزان تأثیر مستقیم بین یک جفت عامل، یعنی ۰، ۱، ۲، ۳، و ۴ پیروی می‌کند که به ترتیب نشان دهنده بی‌تأثیر (۰)، تقریباً تأثیرگذار (۱)، (۲)، بسیار تأثیرگذار (۳) و شدیداً تأثیرگذار (۴) است. قضاوت کارشناسی شامل ارزیابی هر محرک فرعی زوجی توسط گروهی از متخصصان بندر است که موقعیت‌های آن‌ها باید در سطح مدیریتی باشد.

مرحله ٤-٣: ساخت ماتریس فوق‌العاده مستقیم

ماتریس فوق‌العاده مستقیم به عنوان ماتریسی تعریف می‌شود که شامل تمام تأثیرات مستقیم بین همه عوامل در یک سیستم پیچیده تحت یک قانون خاص است. با استفاده از سوپر ماتریس، مدل کلاسیک دی متل برای محاسبه ماتریس رابطه کل و تعیین ضرایب علیت و برجستگی هر محرک فرعی اعمال می‌شود.

مرحله ٤-٤: شناسایی عوامل بحرانی

با استفاده از ماتریس رابطه کل، با محاسبه برجستگی و علت خالص هر عامل، اهمیت نسبی هر عامل در سیستم محاسبه می‌شود. بر اساس این نتایج، تعیین می‌شود که کدام محرک‌های فرعی تأثیر زیادی بر سایرین دارند و بنابراین، ما مشخص می‌شود که کدام محرک‌های فرعی مقدم هستند و کدام یک پیامد. با استفاده از این اطلاعات، می‌توان یک سلسله مراتب بین هر محرک‌های فرعی ایجاد کرد و در نتیجه اجرای آن‌ها را برای تحقق تاب‌آوری بندر اولویت‌بندی کرد. علاوه بر این، با برتری دادن یا مرتبط بودن هر محرک فرعی در پایانه‌های بندری، می‌توان یک تحلیل مقایسه‌ای بین وضعیت تاب‌آوری فعلی پایانه‌های بندر مرکزی انجام داد و ابزاری ساخت که بتواند بعداً در سطح عملی برای مقایسه سطوح انعطاف‌پذیری در میان بسیاری از پایانه‌های بندری در هر زمینه جهانی استفاده شود.



شکل ۱. روش‌شناسی برای اولویت‌بندی محرک‌های فرعی تاب‌آوری بندر.

٤. تحلیل مبتنی بر مطالعه موردی

روش بیان شده در بخش قبل برای بنادر سراسر جهان قابل اعمال است. با این حال، یک مطالعه عملی در بندر چابهار انجام شده است. کاربرد این روش در زیر نشان داده شده است.

انتخاب اولیه استراتژی‌های تاب‌آوری بنادر

استراتژی‌های تاب‌آوری بندر با هدف تقویت تاب‌آوری سیستم و آماده‌سازی آن برای هر رویداد مخرب جمع‌بندی شده است. در این راستا در مجموع ۲۲ محرک اولیه فهرست شده که توسط گروهی از متخصصان در عملیات بندری تائید شده است.

جدول ۲ تمام استراتژی‌های مورد استفاده برای مدل‌سازی تاب‌آوری بندر را نشان می‌دهد که بر اساس محرک‌های مربوطه آن‌ها گروه‌بندی شده‌اند.

جدول ۲. چارچوب محرک‌های فرعی تاب‌آوری بندر.

ردیف	محرک‌های اصلی	محرک‌های فرعی	کد	توضیحات
۱	چابکی	یک طرح تخلیه سریع برای افراد و منابع	A1	قبل از مشارکت در قراردادهای مشترک، در حال طراحی پروتکل‌هایی برای تخلیه سریع و به موقع کارکنان بندر، جابجایی تجهیزات، وسایل نقلیه داخلی و انواع خاصی از محموله‌های حیاتی از یک پایانه بندری در معرض تهدید به بندر دیگر یا مکان‌های ذخیره‌سازی جایگزین هستیم.
		گروه‌های مدیریت بحران	A2	تشکیل گروه‌های موقت با مسئولیت‌های تعریف شده برای مدیریت اضطراری. وظایف این گروه‌ها ارزیابی سریع شدت اختلال و ایجاد و آغاز اقدامات واکنشی لازم برای کاهش تأثیر رویداد مخرب بر عملیات بندر است. این فرد باید در واکنش به رویدادهای مخرب آموزش ببیند.
۲	همکاری	مکانیسم‌های همکاری برای اقدام مشترک	B1	پروتکل‌ها به طرف‌های ذینفع (عمومی و خصوصی) اجازه می‌دهند تا به شرایط اضطراری که شامل به اشتراک گذاشتن منابع است، مانند امکانات، ماشین‌آلات، اطلاعات، و غرامت، برای غلبه بر بحران در صورت لزوم واکنش نشان دهند.
		جامعه بندری	B2	ساختار سازمانی که بازیگران دولتی و خصوصی را که در عملیات تجارت خارجی شرکت می‌کنند، مانند مقامات بندری، دریایی و گمرکی، پایانه‌های بندری، عوامل گمرکی، اتحادیه‌ها، حامل‌ها، شرکت‌های کشتیرانی، راه‌آهن، انبارهای کانتینری خالی، انبارهای اوراق قرضه، تدارکات، اپراتورها، ژنراتورهای بار و دیگران را گرد هم می‌آورد.
		قرارداد همکاری با سایر بنادر	B3	طبق یک توافقنامه همکاری، توافق‌نامه‌های مربوط به مسیرهای انحراف کشتی جایگزین، مانند اینکه کشتی که باید در پایانه بندر A پهلو بگیرد، می‌تواند در پایانه B بندرگاه پهلو بگیرد.
۳	انعطاف‌پذیری	تغییر زمان اعزام و حمل و دریافت بار	C1	انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی عملیات بندری و لجستیکی برای مهار تأثیر یک رویداد مخرب. تغییر زمان اعزام یا پذیرش بار در پایانه بندر به دلیل مشکلات دسترسی جاده در مبدأ محموله. تغییر زمان ورود یا خروج کشتی‌ها به دلیل تأخیر ناشی از مسائل مربوط به لغو ورود یا مشکلات ناشی از شرایط آب و هوایی. برنامه‌ریزی مجدد به دلیل کمبود کانتینر یا اشتباه در رویه‌های گمرکی.
		دسترسی از راه دور به اطلاعات	C2	دسترسی از راه دور به اطلاعات خارج از پایانه بندر (مانند اطلاعات تسهیلات بندر، وضعیت بندر، خدمات عمومی، ذخیره‌سازی، بارگیری و تخلیه). پایانه باید فرآیندهای دیجیتالی سازی اطلاعات را برای اطمینان از دسترسی از راه دور آغاز یا تقویت کند.
		نیروی کار چند منظوره	C3	پایگاه کارگران واجد شرایط و چند منظوره برای تنظیم ظرفیت کاری در عملیات بندری در مواقعی که کارکنان کافی برای انجام وظایف حیاتی برای تداوم عملیات بندری در صورت بروز اختلال وجود ندارد.
		روش‌های جایگزین حمل‌ونقل	C4	انعطاف‌پذیری پایانه در مورد اتصال حالت‌های مختلف حمل‌ونقل در صورت بروز یک رویداد مخرب، تضمین می‌کند که بندر حداقل دو گزینه برای خروج یا ورود محموله، از طریق زمین یا دریا دارد.
		کار انعطاف‌پذیر	C5	انعطاف‌پذیری در ساعات و روش کار. هنگامی که یک بحران رخ می‌دهد، یک کارگر اداری در پایانه بندر می‌تواند کار خود را در هر مکان و هر زمان انجام دهد.
۴	مدیریت پیوستگی	برنامه‌ریزی تداوم کسب‌وکار	D1	رویه‌های ازسرگیری فعالیت‌های حیاتی. این طرح باید با یادگیری از بحران‌های گذشته، به‌روزرسانی منظم، و تمرین‌ها و شبیه‌سازی‌ها برای بهبود واکنش اطمینان حاصل کند.
۵	مدیریت ریسک	مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی	E1	مجموعه‌ای از فعالیت‌ها برای مهار اثرات حوادث در طول عملیات انجام شده است. این مورد شامل: کنترل‌ها (سیستم‌های آتش‌نشانی، پروتکل‌های اقدام سریع)، تأمین منابع، آموزش، آگاهی، سیاست‌ها و رویه‌ها برای کاهش خطر حوادثی مانند انفجار، آتش‌سوزی، آلودگی شیمیایی و فروپاشی زیرساخت‌ها (کشتی‌ها، ماشین‌آلات، کانتینر، محموله).

۶	تبادل اطلاعات	ارتباطات و زنجیره‌ای از تماس‌ها	F1	پروتکل‌های ارتباطی با علاقه‌مندان مانند خدمات هواشناسی، اپراتورهای بندری، عوامل دریایی، سازمان‌های نظارتی، سازمان‌های امدادی، پلیس و مراجعین، ازجمله از طریق فهرست تماس و ترتیب تماس‌های لازم برای حضور در رویداد.
		تبادل الکترونیکی متمرکز اطلاعات (سیستم یکپارچه تبادل اطلاعات بندری)	F2	استراتژی‌های ارتباط الکترونیکی با اپراتورهای حمل‌ونقل، واردکنندگان، صادرکنندگان، مقامات بندری، گمرکات و سایر مقامات از طریق PCS، یا سیستم دیگری که تبادل اطلاعات و مجوزهای دیجیتال را برای تسهیل دسترسی از راه دور به اطلاعات و انعطاف‌پذیری کار ۷/۲۴ بهبود می‌بخشد.
۷	افزونگی	ذخیره‌سازی اطلاعات پشتیبان	G1	اطمینان از پشتیبان گیری از پایگاه داده‌های حیاتی عملیات پورت، بازیابی سریع و قابل اعتماد داده‌ها را در صورت لزوم، در صورت نقض احتمالی یا از دست دادن داده‌ها تضمین می‌کند.
		افزونگی منابع انرژی	G2	حفظ منابع مختلف تولید انرژی، اعم از خورشیدی، بادی یا نیروگاهی. به همین ترتیب حفظ موجودی سوخت کافی برای کار با ماشین‌آلات بندر ضروری است.
		افزونگی تجهیزات حیاتی کار	G3	رزرو تجهیزات حیاتی مانند جرثقیل، کامیون‌های داخلی، تجهیزات کامپیوتری و غیره.
۸	امنیت زیرساخت	طرح تعمیر و نگهداری	H1	فعالیت‌های تعمیر و نگهداری زیرساخت پایانه بندر (محل، سخت‌افزار، نرم‌افزار) و تجهیزات حیاتی، ازجمله تعمیر سریع آن پس از تحت تأثیر قرار گرفتن و در دسترس بودن قطعات یدکی ضروری برای تداوم عملیات. علاوه بر این، فعالیت‌های نگهداری پیشگیرانه و پیش‌بینی کننده که کنترل‌های ایجاد شده را برای مدیریت ایمنی و سلامت در کار تضمین می‌کنند، در صورت لزوم انجام می‌شوند.
		کمیته‌های امنیت خارجی	H2	مشارکت در کمیته‌های محلی برای امنیت فیزیکی بندر با مقامات و سایر طرف‌های ذینفع، جریان بهتر ارتباطات و اطلاعات را در مواقع اضطراری امکان‌پذیر می‌کند.
۹	امنیت اطلاعات	کنترل حملات سایبری	I1	کنترل‌ها از شکست سیستم‌ها و شبکه‌های داده در صورت حملات سایبری، جلوگیری از نقض داده‌ها، سرقت داده‌ها و در دسترس نبودن اطلاعات، ازجمله پیامدهای دیگر جلوگیری می‌کند. پایانه باید از یک سیاست و استراتژی روشن برای حساس کردن کارگران بندر در فرهنگ امنیت اطلاعات اطمینان حاصل کند.
۱۰	مشاهده‌پذیری	علائم هشداردهنده اولیه شرایط بندر	J1	علائم هشدار اولیه برای سونامی، توقف، اعتصاب، امواج جزر و مدی، محدودیت‌های حرکتی و غیره، به اطلاعات بی‌درنگ در مورد پارامترهایی مانند قابلیت کشتیرانی، سرعت باد، اندازه موج، عمق کانال‌های دسترسی و قابلیت اطمینان در برنامه‌ریزی کشتی اشاره دارد.
		علائم هشداردهنده اولیه شرایط پایانه بندر	J2	سیگنال‌های هشدار اولیه بر اساس اطلاعات بلادرنگ در مورد تجهیزات و فرآیندهای حیاتی برای تداوم عملیات در پایانه بندر.

۵. مطالعه موردی و ارزیابی نتایج

مرحله اول: انتخاب بندر تحت مطالعه

بندر چابهار تنها بندر حساس ایران است و یکی از مجهزترین و پیشرفته‌ترین بنادر اقیانوسی کشور ایران است. این بندر در جنوب استان سیستان و بلوچستان، در کرانه دریای مَکران و اقیانوس هند واقع شده است. چابهار تنها بندر اقیانوسی ایران است که دارای دو اسکله مجهز با ظرفیت ۸.۵ میلیون تن کالا در سال می‌باشد و امکان پهلوگیری کشتی‌های اقیانوس‌پیما را فراهم می‌کند.
این بندر به دلیل موقعیت راهبردی خود، که نزدیک‌ترین دسترسی کشورهای محصور در خشکی آسیای میانه (افغانستان، ترکمنستان، ازبکستان، تاجیکستان، قرقیزستان و قزاقستان) به آب‌های آزاد است، از اهمیت فراوانی برخوردار است. به همین دلیل، سرمایه‌گذاری و توسعه‌های گسترده‌ای در آن انجام شده است، ازجمله ساخت اسکله، افزایش ظرفیت بارگیری کشتی‌ها، ساخت راه‌آهن به سمت آسیای میانه و احداث فرودگاه بین‌المللی.

چابهار یکی از مهم‌ترین چهارراه‌های کریدور شمال–جنوب بازرگانی جهانی محسوب می‌شود. در حال حاضر بیش از ۶۰ درصد از کالاهای اساسی کشور از این بندر وارد می‌شود و تنها بندری از ایران است که از هرگونه تحریم معاف است.
با توجه به نکات ذکر شده، بندر چابهار به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است و تمامی اطلاعات درخواستی مبتنی بر آن خواهد بود. برای استخراج داده‌های مورد نیاز از نظرات افراد متخصص در حوزه‌های پدافند غیرعامل، فنی و مهندسی، دریایی و بندری بهره گرفته شده است. تمامی فرآیند مورد نیاز برای پیاده‌سازی روش در بخش ۲، مرحله ۴ ارائه شده است.

مرحله دوم: تحلیل و ارزیابی نتایج

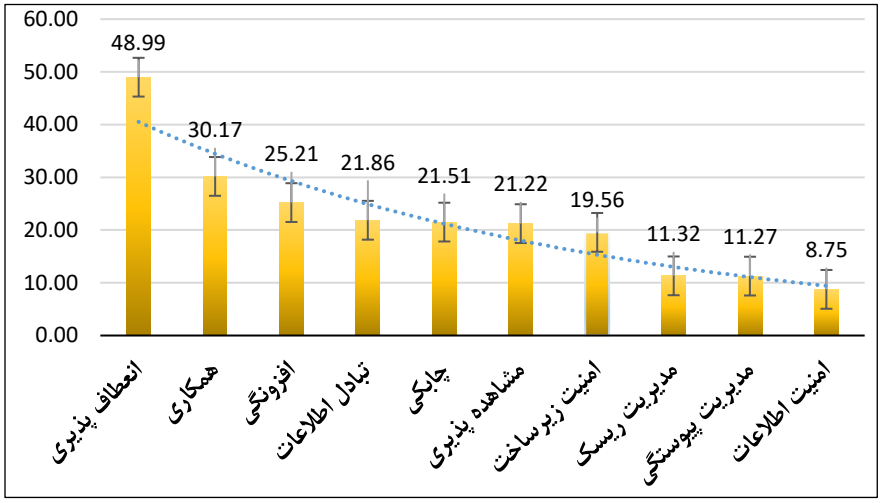
در پژوهش حاضر پرسشنامه مقایسه زوجی برای ارزیابی تأثیر محرک‌های فرعی (مقیاس لیکرت ۰–۴) استفاده شد. روایی محتوایی توسط متخصصین تأیید شد. پایایی نیز با آلفای کرونباخ (۰.۸۲) بررسی شد. در ادامه با توجه به نکات ارائه شده در بخش ۲، مرحله ۴ و توضیحات بخش پیش، نتایج اهمیت و تأثیرگذاری محرک‌های فرعی در جدول ۳ نشان داده شده است. شاخص D نشان‌دهنده تأثیرگذاری محرک‌های فرعی است. هرچقدر عدد D یک محرک بیشتر باشد آن محرک دارای تأثیرگذاری بیشتری در سیستم است که بر این اساس محرک «ارتباطات و زنجیره‌ای از تماس‌ها» دارای بیشترین تأثیرگذاری است. شاخص R نشان‌دهنده تأثیرپذیری محرک‌ها می‌باشد، هرچقدر عدد R یک محرک بیشتر باشد آن محرک دارای تأثیرپذیری بیشتری در سیستم است که بر این اساس محرک «تیم‌های مدیریت بحران» بیشترین تأثیرپذیری را دارد. همچنین، شاخص D+R میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم است. هرچه مقدار D+R محرکی بیشتر باشد، آن محرک تعامل بیشتری با سایر محرک‌های سیستم دارد. بر این اساس محرک

«تیم‌های مدیریت بحران» و «ارتباطات و زنجیره‌ای از تماس‌ها» بیشترین تعامل را با سایر محرک‌های فرعی مورد مطالعه دارند. معیارهای «افزونگی منابع انرژی و افزونگی تجهیزات حیاتی کار» از کمترین تعامل با سایر محرک‌ها برخوردار است. بردار عمودی (D-R) نیز قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

برای بررسی همه‌جانبه بندر چابهار، نتایج اهمیت و تأثیرگذاری محرک‌های اصلی این بندر در شکل ۲ نشان داده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، انعطاف‌پذیری در بندر چابهار دارای بالاترین رتبه است و در این میان، امنیت اطلاعات پایین‌ترین رتبه را کسب کرده است. نکته قابل تأمل این است که سه محرک تبادل اطلاعات، چابکی و مشاهده‌پذیری از وزن تقریباً یکسانی برخوردار بوده‌اند. همچنین، مدیریت ریسک و مدیریت پیوستگی نیز دارای شرایط مشابهی می‌باشند. بنابراین، در مورد محرک‌های ذکر شده پیشنهاد می‌شود از روش‌های اعتبار سنجی و یا تجدید پرسشنامه‌های محدود به محرک‌های ذکر شده استفاده شود.

جدول ۳. اهمیت و تأثیرگذاری محرک‌های فرعی بندر چابهار.

محرک‌ها	D	R	D+R	D-R
A1	۵/۶۵	۴/۱۶	۹/۸۱	۱/۴۹
A2	۵/۷۳	۵/۹۶	۱۱/۶۹	−۰/۲۲
B1	۴/۸۸	۵/۴۷	۱۰/۳۵	−۰/۵۹
B2	۴/۵۶	۵/۶۱	۱۰/۱۸	−۱/۰۵
B3	۴/۸۶	۴/۷۸	۹/۶۴	۰/۰۷
C1	۵/۵۲	۵/۳۵	۱۰/۸۷	۰/۱۷
C2	۴/۸۶	۴/۹۶	۹/۸۲	−۰/۱۱
C3	۴/۷۲	۴/۸۴	۹/۵۶	−۰/۱۳
C4	۴/۵۶	۴/۸۰	۹/۳۶	−۰/۲۴
C5	۴/۶۹	۴/۶۹	۹/۳۸	۰/۰۱
D1	۵/۶۴	۵/۶۳	۱۱/۲۷	۰/۰۲
E1	۵/۶۱	۵/۷۱	۱۱/۳۲	−۰/۰۹
F1	۵/۸۳	۵/۷۴	۱۱/۵۷	۰/۰۹
F2	۵/۳۴	۴/۹۵	۱۰/۲۹	۰/۳۹
G1	۴/۵۴	۴/۱۱	۸/۶۵	۰/۴۲
G2	۳/۹۱	۴/۰۳	۷/۹۴	−۰/۱۲
G3	۴/۲۶	۴/۳۷	۸/۶۳	−۰/۱۱
H1	۵/۰۵	۴/۴۲	۹/۴۷	۰/۶۳
H2	۴/۹۰	۵/۱۹	۱۰/۰۹	−۰/۲۸
I1	۴/۶۲	۴/۱۳	۸/۷۵	۰/۴۹
J1	۴/۷۹	۵/۲۰	۹/۹۹	−۰/۴۱
J2	۵/۴۰	۵/۸۳	۱۱/۲۳	−۰/۴۲



شکل ۲. وزن نسبی و رتبه محرک‌های اصلی تاب‌آوری بندر چابهار.

٦. نتیجه گیری و پیشنهادات پژوهش

قرارگیری بنادر در خط ساحلی، آن‌ها را در معرض مستقیم تهدیدات و حملات دریایی دشمن قرار می‌دهد. بنابراین، توسعه بنادر کشور، علاوه بر اهمیت آن در توسعه شهری و اقتصادی، نیازمند اقدامات پدافند غیرعامل است تا آسیب‌پذیری این مراکز حیاتی کاهش یابد و در صورت بروز تهدیدات، چرخه اقتصادی کشور دچار وقفه نشود. روش‌های پدافند غیرعامل در بنادر طی دوره‌های مختلف با توجه به امکانات موجود و نیازهای زمانی مورد توجه بوده و در زمان خود کارآمد بوده‌اند. این اقدامات پدافندی برای حفاظت از بنادر، به‌ویژه بنادر حساس، حیاتی و استراتژیک، امری بدیهی و ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه انجام شده در مورد بندر چابهار به عنوان تنها بندر حساس در کشور نشان می‌دهد که محرک «ارتباطات و زنجیره‌ای از تماس‌ها» دارای بیشترین تأثیرگذاری، محرک «تیم‌های مدیریت بحران» بیشترین تأثیرپذیری، محرک‌های «تیم‌های مدیریت بحران» و «ارتباطات و زنجیره‌ای از تماس‌ها» بیشترین تعامل با سایر محرک‌های فرعی، و محرک‌های «افزونگی منابع انرژی و افزونگی تجهیزات حیاتی کار» از کمترین تعامل با سایر محرک‌ها برخوردار هستند. نتایج اهمیت و تأثیرگذاری محرک‌های اصلی این بندر نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری در بندر چابهار دارای بالاترین رتبه و امنیت اطلاعات پایین‌ترین رتبه را کسب کرده است.

بر اساس یافته‌های پژوهش که نشان داد **انعطاف‌پذیری** مهم‌ترین محرک‌های تاب‌آوری بندر چابهار هستند، پیشنهادهای زیر برای تقویت تاب‌آوری بندری با رویکرد پدافند غیرعامل ارائه می‌شود:

- تقویت تیم‌های مدیریت بحران
- ارتقای زیرساخت‌های ارتباطی
- تقویت امنیت سایبری

۷. منابع

۱. اربابی سبزواری، آ.، حسین‌پور پروشی، ح.، و ادیبی سعدی‌نژاد، ف. (۱۴۰۳). آینده‌پژوهی عوامل پدافند غیرعامل و اثرات آن بر لبه فضایی شهرها (مورد مطالعه منطقه ۱۵ شهرداری تهران). مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۲۱(۸۲)، ۱۲۱-۱۳۷.

۲. خوزستانی، ل.، و معروف‌نژاد، ع. (۱۴۰۳). شناسایی و ارزیابی راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری بنادر با تأکید بر پدافند غیرعامل: مطالعه موردی بندرگاه امام خمینی (ره). *مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۸(20)*، ۱۵-۳۲ .

3. Bonney J (2017). Hurricane, floods cripple Texas ports, freight networks. Journal of Commerce. 27 August. Available at: https://www.joc.com/trucking-logistics/logistics-industry-feels-impact-texas-hurricane-floods_20170827.html.

4. Bu, Z., Liu, J., & Zhang, X. (2023). Factors affecting the resilience of subway operations using improved DEMATEL model. Kybernetes. Advance online publication. https://doi.org/10.1108/K-02-2023-0251

5. Chen, J.-K., & Huang, T.-Y. (2022). The multi-level hierarchical structure of the enablers for supply chain resilience. Sustainability, 14(19), 12116. https://doi.org/10.3390/su141912116
6. Das, D., et al. (2022). Building supply chain resilience in the era of COVID-19. Operations Management Research, 15(1), 249-267. https://doi.org/10.1007/s12063-021-00216-0.
7. Gu, B., & Liu, J. (2023). Port resilience analysis based on the HHM-FCM approach. Ocean & Coastal Management, 243, 106741. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106741
8. Gu B, J. Liu, and J. Chen, "Scenario-based strategies evaluation for the maritime supply chain resilience," Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 124, p. 103948, 2023/11/01/ 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103948.
9. J.-K. Chen and T.-Y. Huang, "The Multi-Level Hierarchical Structure of the Enablers for Supply Chain Resilience Using Cloud Model-DEMATEL–ISM Method," Sustainability, vol. 14, no. 19, p. 12116, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/19/12116.
10. Kim, S., et al. (2021). The framework for measuring port resilience. Sustainability, 13(21), 11883. https://doi.org/10.3390/su132111883
11. Li, W., et al. (2022). Enhancing resilience through port coalitions. Transportation Research Part A, 157, 1-23. https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.01.005
12. Li, Y., et al. (2025). A novel method of assessing port resilience and its positive ramifications. Maritime Policy & Management, 52(2), 189-207. https://doi.org/10.1080/03088839.2023.2178609
13. Liu, J., et al. (2023). Enablers for maritime supply chain resilience. Transportation Research Part A, 175, 103777. https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103777
14. Notteboom, T. (2016). The impact of port labor disputes on global supply chains: The 2015 West Coast port crisis. Maritime Policy & Management, 43(5), 547-562. https://doi.org/10.1080/03088839.2016.1164651

15. Notteboom, T., & Haralambides, H. (2023). Port management and governance in a post-COVID-19 era: Quo vadis? Maritime Economics & Logistics, 25(3), 329-352. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00262-8
16. Shaw, D. R., et al. (2017). Multi-level port resilience planning in the UK. Technological Forecasting and Social Change, 121, 126-138. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.10.069
17. V. Kashav, C. P. Garg, R. Kumar, and A. Sharma (2022). "Management and analysis of barriers in the maritime supply chains (MSCs) of containerized freight under fuzzy environment," Research in Transportation Business & Management, vol. 43, p. 100793, 2022/06/01/ 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100793.
18. W. Li, A. Asadabadi, and E. Miller-Hooks, "Enhancing resilience through port coalitions in maritime freight networks," Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 157, pp. 1-23, 2022/03/01/ 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.01.015.
19. Wang, J., & Zhou, H. (2024). Port digitalization and resilience: A comparative study of Singapore and Gwadar. Maritime Economics & Logistics, 26(1), 45-67. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00266-4
20. Xu, L., et al. (2023). Data-driven approach for port resilience evaluation. Transportation Research Part E, 167, 103231. https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.103231
21. Yontar, E. (2023). Systematic analysis and optimization of operational delay factors in port supply chains using a hybrid DEMATEL-OPA-DGRA approach. Transportation Research Part E, 170, 103324. https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.103324
22. Zhang, Y., et al. (2023). The impact of digital development on port security resilience. Sustainability, 15(12), 9456. https://doi.org/10.3390/su15129456