



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه علمی فضای جغرافیایی

دوره بیست و ششم، شماره ۹۴
تابستان ۱۴۰۵، صفحات ۲۶-۱

محمد حاجیان^۱
سعید ملکی^{۲*}
زهره سلطانی^۳

ارائه بسته سیاست گذاری تاب آوری شبکه‌ای شهرهای ساحلی خلیج فارس با رویکرد ترکیبی SEM-Fuzzy DEMATEL

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰

چکیده

شهرهای ساحلی خلیج فارس به دلیل قرارگیری در پهنه‌های حساس محیطی طبیعی و انسانی، با چالش‌های تاب آوری پیچیده‌ای مواجه هستند که رویکردهای سنتی توان پاسخ‌گویی به ماهیت شبکه‌ای آن‌ها را ندارند. پژوهش حاضر با هدف شناسایی روابط علی میان ابعاد پنج‌گانه تاب آوری شبکه‌ای و دسته‌بندی آن‌ها به ابعاد زمینه‌ای و پیامدی در شهرهای ساحلی خلیج فارس انجام شده است. این پژوهش با رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) انجام شد. در بخش کیفی، از مصاحبه با ۱۷ خبره و تحلیل محتوا استفاده گردید. در بخش کمی، از روش دیمتل فازی داده‌محور بهره گرفته شد و ماتریس روابط مستقیم فازی بر اساس ضرایب مسیر استاندارد جهت‌دار مدل معادلات ساختاری تشکیل گردید. یافته‌ها نشان داد بعد نهادی-مدیریتی با بالاترین مقدار D-R (+۰,۶۹۲) و همچنین بالاترین مرکزیت D+R (۳,۶۵۶۰)، هم تأثیرگذارترین بعد و پیشران اصلی شبکه و هم محوری‌ترین بعد آن است. بعد اقتصادی با مرکزیت D+R (۳,۴۳۸) و D-R مثبت (+۰,۱۴۲) در جایگاه دوم اهمیت و در زمره ابعاد زمینه‌ای قرار می‌گیرد. بعد کالبدی-زیرساختی با پایین‌ترین مقدار D-R (-۰,۶۶۳) تأثیرپذیرترین بعد و تجلی عینی تاب آوری است. قوی‌ترین رابطه علی، تأثیر بعد نهادی-مدیریتی بر بعد اجتماعی (۰,۴۸۶) است. نتیجه‌گیری نشان می‌دهد ارتقای تاب آوری شهرهای ساحلی خلیج فارس مستلزم تقویت نظام نهادی به‌عنوان پیشران اصلی و اتخاذ رویکردی یکپارچه و مکان‌ویژه است. بر اساس یافته‌ها، بسته سیاست‌گذاری در سه سطح راهبردی (حکمرانی و سرمایه اجتماعی)، میانجی (اقتصاد)، و عملیاتی (محیط زیست و زیرساخت‌های کالبدی) تدوین گردید.

واژگان کلیدی: تاب آوری شبکه‌ای، دیمتل فازی، شهرهای ساحلی، خلیج فارس، بسته سیاست‌گذاری.

^۱ دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

^۲ گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول) malekis@scu.ac.ir

^۳ گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

مقدمه و بیان مساله

شهرهای ساحلی از مهم‌ترین کانون‌های جمعیتی، اقتصادی و زیست‌محیطی جهان به شمار می‌روند، اما هم‌زمان در زمره آسیب‌پذیرترین سکونتگاه‌ها در برابر مخاطرات محیطی قرار دارند. در دهه‌های اخیر، تشدید تغییرات اقلیمی، افزایش سطح آب دریاها، وقوع مخاطرات حادی، رشد سریع شهرنشینی و تمرکز فزاینده‌ی جمعیت، صنایع و زیرساخت‌های حیاتی در نواحی ساحلی، مخاطرات این شهرها را به‌طور چشمگیری افزایش داده است (IPCC, 2021; MacManus et al., 2022). در چنین شرایطی، مخاطرات محیطی دیگر به‌صورت رویدادهایی منفرد عمل نمی‌کنند، بلکه از طریق وابستگی‌های متقابل میان زیرسیستم‌های شهری، مجموعه‌ای از اثرات زنجیره‌ای و آبشاری ایجاد می‌کنند که می‌تواند عملکرد کل سیستم شهری را مختل سازد (Pescaroli & Alexander, 2018; Helbing, 2013). از این‌رو، ارتقای تاب‌آوری شهرهای ساحلی به یکی از مهم‌ترین اولویت‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری شهری در سطح جهانی تبدیل شده است. منطقه‌ی خلیج فارس به دلیل ویژگی‌های خاص اقلیمی، اکولوژیکی و اقتصادی، یکی از حساس‌ترین پهنه‌های ساحلی جهان در برابر مخاطرات مرکب به شمار می‌رود. محدود بودن تبادل آب، افزایش دمای سطح دریا، فشارهای ناشی از توسعه‌ی صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، رشد سریع شهرنشینی و تمرکز زیرساخت‌های راهبردی، این منطقه را در معرض هم‌زمانی مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت قرار داده است (Lachkar et al., 2024). در ایران نیز تمرکز نامتوازن خدمات شهری، ضعف هماهنگی نهادی و افزایش فشار بر منابع طبیعی، آسیب‌پذیری شهرهای ساحلی را تشدید کرده و ضرورت بازنگری در الگوهای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری را دوچندان ساخته است (امان‌پور و حاجی‌پور، ۱۳۹۹؛ شجاع و حمیدیان‌پور، ۱۴۰۲). در این میان، شهرهای بوشهر، ماهشهر و عسلویه به دلیل جایگاه راهبردی در اقتصاد ملی، تمرکز صنایع انرژی، بنادر تجاری و زیرساخت‌های حیاتی، نمونه‌هایی مناسب برای بررسی تاب‌آوری شهرهای ساحلی محسوب می‌شوند. اگرچه این شهرها از نظر ساختار اقتصادی و عملکرد شهری تفاوت‌های قابل‌توجهی دارند، اما هر سه با مجموعه‌ای از مخاطرات ساحلی، اقلیمی، صنعتی و زیست‌محیطی روبه‌رو هستند که مدیریت آن‌ها نیازمند رویکردی یکپارچه و فراتر از نگرش‌های بخشی است (ملکی و حاجی‌پور، ۱۴۰۲؛ صفایی‌پور و گنخکی، ۱۴۰۱). در پاسخ به این شرایط، مفهوم تاب‌آوری شهری طی دو دهه‌ی اخیر به یکی از مهم‌ترین چارچوب‌های نظری و کاربردی در برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است. با این حال، بخش قابل‌توجهی از پژوهش‌های موجود، تاب‌آوری را از طریق ارزیابی شاخص‌ها یا سنجش جداگانه‌ی ابعاد مختلف بررسی کرده‌اند و کمتر به روابط متقابل و سازوکارهای علی میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی، زیست‌محیطی و کالبدی پرداخته‌اند (Meerow et al., 2016; Elmqvist et al., 2019). در مقابل، رویکرد تاب‌آوری شبکه‌ای، شهر را به‌عنوان یک سیستم پیچیده و سازگار در نظر می‌گیرد که عملکرد آن حاصل تعامل مستمر میان اجزای مختلف است (Batty, 2013; Folke et al., 2023).

مرور ادبیات نشان می‌دهد که سه خلاً اساسی در مطالعات تاب‌آوری شهری وجود دارد. نخست، غلبه‌ی رویکردهای بخشی که ارتباط میان ابعاد مختلف تاب‌آوری را نادیده گرفته‌اند. دوم، استفاده‌ی گسترده از مدل‌های ایستا که قادر به تبیین پویایی و تحول‌پذیری سیستم‌های شهری در شرایط بحران نیستند (Davoudi et al., 2012). سوم، فقدان تحلیل روابط علی میان ابعاد تاب‌آوری؛ به‌گونه‌ای که اغلب پژوهش‌ها به رتبه‌بندی شاخص‌ها محدود شده‌اند و مشخص نکرده‌اند کدام ابعاد نقش پیشران، کدام نقش اثرپذیر و کدام نقش واسطه را در ساختار تاب‌آوری ایفا می‌کنند (Sharifi, 2022). این خلاً به‌ویژه در مطالعات مربوط به شهرهای ساحلی خلیج فارس که با مخاطرات مرکب و وابستگی‌های متقابل گسترده مواجه‌اند، محسوس‌تر است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی SEM-Fuzzy DEMATEL درصدد است تا با تحلیل روابط علی میان ابعاد نهادی-مدیریتی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی-زیرساختی، پیشران‌های اصلی تاب‌آوری شهرهای ساحلی خلیج فارس را شناسایی کرده و بر مبنای آن، بسته‌ای سیاستی برای ارتقای تاب‌آوری این شهرها در برابر مخاطرات محیطی ارائه کند. بر این اساس، سؤال اصلی پژوهش آن است که روابط علی میان ابعاد تاب‌آوری شبکه‌ای در شهرهای ساحلی خلیج فارس چگونه است و چگونه می‌توان بر اساس این روابط، بسته‌ای سیاستی برای ارتقای تاب‌آوری تدوین کرد؟

مرور ادبیات و مبانی نظری

مفهوم تاب‌آوری شهری و سیر تحول آن

مفهوم تاب‌آوری طی پنج دهه گذشته تحول قابل توجهی را تجربه کرده و از یک مفهوم صرفاً مهندسی به چارچوبی جامع برای تحلیل سیستم‌های پیچیده اجتماعی-اکولوژیکی تبدیل شده است. در نخستین رویکردها، تاب‌آوری به توانایی یک سیستم برای بازگشت سریع به وضعیت اولیه پس از وقوع اختلال اطلاق می‌شد که با عنوان «تاب‌آوری مهندسی» شناخته می‌شود (Holling, 1973). با توسعه مطالعات بوم‌شناختی، این مفهوم فراتر از بازگشت به تعادل اولیه تعریف شد و بر ظرفیت سیستم برای جذب اختلال، حفظ عملکردهای اساسی و ادامه فعالیت بدون فروپاشی ساختاری تأکید یافت (Folke, 2006). در دهه‌های اخیر، با گسترش نظریه سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی، تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت سیستم برای مقاومت، سازگاری، یادگیری و تحول در برابر مخاطرات و عدم قطعیت‌ها شناخته می‌شود (Folke et al., 2016). در این چارچوب، شهرها سیستم‌هایی پویا، چندلایه و به‌هم‌پیوسته هستند که عملکرد آن‌ها حاصل تعامل مستمر میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی، کالبدی و زیست‌محیطی است. بر همین اساس، گزارش ششم هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم، تاب‌آوری را توانایی سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی برای مقابله با مخاطرات، حفظ عملکردهای اساسی، سازگاری با شرایط جدید و ایجاد ظرفیت تحول در مواجهه با بحران‌ها تعریف می‌کند (IPCC, 2022). این تعریف، مبنای نظری پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد.

رویکرد شبکه‌ای به تاب‌آوری شهری

پیچیدگی روزافزون شهرها موجب شده است که رویکردهای سنتی تحلیل تاب‌آوری، توان تبیین رفتار واقعی سیستم‌های شهری را نداشته باشند. در پاسخ به این محدودیت، رویکرد شبکه‌ای شهر را نه مجموعه‌ای از اجزای مستقل، بلکه شبکه‌ای از عناصر به‌هم‌پیوسته می‌داند که عملکرد کل سیستم از الگوی تعاملات میان آن‌ها شکل می‌گیرد (Batty, 2013). در این رویکرد، تاب‌آوری خاصیتی ظهوری است که از روابط متقابل، بازخوردها و وابستگی‌های میان زیرسیستم‌های شهری حاصل می‌شود (Gao et al., 2016). در شهرهای ساحلی، این وابستگی‌ها به‌مراتب پیچیده‌تر است؛ زیرا مخاطرات طبیعی، تغییرات اقلیمی، فشارهای صنعتی و توسعه شهری به‌صورت هم‌زمان عمل می‌کنند. ازاین‌رو، شهر ساحلی را می‌توان «شبکه‌ای از شبکه‌ها» دانست که اختلال در هر یک از این زیرشبکه‌ها می‌تواند از طریق اثرات آبشاری سایر بخش‌های سیستم را نیز تحت تأثیر قرار دهد (Buldyrev et al., 2010).

ابعاد تاب‌آوری شبکه‌ای در شهرهای ساحلی

بر پایه ادبیات نظری، تاب‌آوری شبکه‌ای شهرهای ساحلی بر تعامل پنج بعد اصلی استوار است.

بعد نهادی-مدیریتی: شامل کیفیت حکمرانی، هماهنگی بین‌سازمانی، برنامه‌ریزی راهبردی، مدیریت بحران، تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و شفافیت مدیریتی است. این بعد ظرفیت سازماندهی و هدایت سایر اجزای سیستم شهری را تقویت می‌کند (Folke et al., 2005; Davoudi et al., 2012).

بعد اجتماعی: بر سرمایه اجتماعی، مشارکت شهروندان، اعتماد عمومی، انسجام اجتماعی، آگاهی از مخاطرات و همکاری جمعی تأکید دارد و نقش مهمی در افزایش ظرفیت انطباق و تسریع بازیابی شهر پس از بحران ایفا می‌کند (Adger, 2000; Aldrich & Meyer, 2015).

بعد اقتصادی: شامل تنوع فعالیت‌های اقتصادی، پایداری اشتغال، دسترسی به منابع مالی، انعطاف‌پذیری بازار و کاهش وابستگی اقتصادی است. این بعد ظرفیت تأمین منابع لازم برای سرمایه‌گذاری در کاهش خطرپذیری و بازسازی پس از بحران را فراهم می‌کند (Hallegatte et al., 2011).

بعد زیست‌محیطی: بر حفاظت از اکوسیستم‌های ساحلی، مدیریت منابع آب، مدیریت پسماند، توسعه زیرساخت‌های سبز و حفظ کیفیت محیط‌زیست تأکید دارد. سلامت اکوسیستم‌های ساحلی، پایداری عملکرد سایر ابعاد شهری را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Costanza et al., 2014).

بعد کالبدی-زیرساختی: شامل کیفیت ساختمان‌ها، شبکه حمل‌ونقل، سامانه‌های آب و فاضلاب، انرژی، ارتباطات و سایر زیرساخت‌های حیاتی است که نقش اساسی در تداوم عملکرد شهر هنگام وقوع بحران دارند (Cutter et al., 2011).

2003). بنابراین، شناخت روابط متقابل میان این ابعاد، گامی اساسی برای طراحی سیاست‌های مؤثر ارتقای تاب‌آوری است.

سازوکارهای کلیدی تاب‌آوری شبکه‌ای در شهرهای ساحلی

تاب‌آوری شبکه‌ای در شهرهای ساحلی بر چهار سازوکار کلیدی استوار است که هر یک نقشی حیاتی در تقویت ظرفیت سیستم شهری برای مواجهه با مخاطرات محیطی ایفا می‌کنند.

۱. تنوع و افزونگی: وجود گزینه‌ها و مسیرهای جایگزین برای انجام عملکردهای حیاتی شبکه، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک سیستم تاب‌آور است. در شهرهای ساحلی، تنوع در منابع تأمین آب، مسیرهای دسترسی، گونه‌های اقتصادی و شبکه‌های ارتباطی، مانع از فروپاشی کامل سیستم در صورت اختلال در یک بخش می‌شود (Bruneau et al., 2003). افزونگی عملکردی، امکان بازتوزیع بار و ادامه‌ی فعالیت‌های اساسی را حتی در شرایط بحران فراهم می‌آورد.

۲. پیوندپذیری و جریان اطلاعات: کیفیت و کمیت ارتباطات میان گره‌های شبکه، تعیین‌کننده‌ی سرعت واکنش و هماهنگی در شرایط اضطراری است. در شهرهای ساحلی، جریان مؤثر اطلاعات میان نهادهای مدیریتی، جوامع محلی و زیرساخت‌های امدادی، امکان تصمیم‌گیری به‌موقع و تخصیص بهینه‌ی منابع را تسهیل می‌کند (Ganin et al., 2017). شبکه‌های ارتباطی قوی، از انتشار اختلالات جلوگیری کرده و بازیابی را تسریع می‌کنند.

۳. پیمانه‌ای بودن: تقسیم سیستم شهری به زیرشبکه‌ها یا خوشه‌های نسبتاً مستقل، از گسترش اختلال به کل سیستم جلوگیری می‌کند. در شهرهای ساحلی، پیمانه‌ای بودن به‌معنای وجود محلاتی با شبکه‌های خدمات مستقل (آب، برق، دسترسی‌های اضطراری) است که در صورت بروز بحران در یک منطقه، سایر مناطق بتوانند به‌طور مستقل به فعالیت خود ادامه دهند (Newman, 2010). این ویژگی، ظرفیت خودسازگاری و بازیابی محلی را افزایش می‌دهد.

۴. یادگیری تطبیقی و بازخورد: توانایی شبکه برای شناسایی تغییرات، درس‌گیری از تجربیات گذشته و اصلاح ساختارها و فرایندها بر اساس بازخوردهای دریافتی، از مهم‌ترین مؤلفه‌های تاب‌آوری شبکه‌ای است (Folke et al., 2005). در شهرهای ساحلی، یادگیری تطبیقی به‌معنای بازنگری مستمر سیاست‌ها، اصلاح طرح‌های مدیریت بحران و ارتقای ظرفیت نهادی بر اساس تجارب مواجهه با مخاطرات پیشین است. سیستم‌هایی که فاقد این ظرفیت باشند، در مواجهه با مخاطرات مشابه، بارها آسیب‌پذیری خود را بازتولید می‌کنند (Davoudi et al., 2012).

پیشینه تجربی

در سطح بین‌المللی، پژوهش‌های متعددی به بررسی ابعاد مختلف تاب‌آوری شهرهای ساحلی پرداخته‌اند. آلمحیری و همکاران (۲۰۲۴) در یک مطالعه مروری نظام‌مند بر روی ۴۸ مقاله مرتبط با شهرهای ساحلی کشورهای شورای

همکاری خلیج فارس، شش مخاطره اقلیمی اصلی شامل سیلاب، افزایش دما، بالا آمدن سطح دریا، طوفان‌های گردوغبار، طوفان‌های دریایی و جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای را شناسایی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که ابعاد زیرساختی (۵۰،۷ درصد) بیش‌ترین توجه را در مطالعات داشته‌اند، در حالی که ابعاد محیط‌زیستی (۱۴،۵ درصد)، حکمرانی و سیاست‌گذاری (۸،۷ درصد) و اقتصادی (۲،۹ درصد) کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این یافته بیانگر خلأ جدی در توجه به رویکردهای یکپارچه و شبکه‌ای در مطالعات منطقه خلیج فارس است. دونگ و کانگ (۲۰۲۴) با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری چندسطحی در شهر بندری بوسان، کره جنوبی، نشان دادند که تاب‌آوری اجتماعی-اقتصادی و سرمایه اجتماعی به‌صورت غیرمستقیم و از طریق کاهش آسیب‌پذیری ادراک‌شده و افزایش احساس ایمنی، بر رفاه ذهنی شهروندان تأثیر می‌گذارند. یافته‌های آن‌ها تأکید دارد که صرفاً سرمایه‌گذاری بر زیرساخت‌های فیزیکی بدون توجه به ابعاد اجتماعی و روانی، نمی‌تواند تاب‌آوری پایدار ایجاد کند. این پژوهش، نقش واسطه‌ای سرمایه اجتماعی و حکمرانی را در تاب‌آوری شهری به‌روشنی نشان می‌دهد. پراتاما و همکاران (۲۰۲۳) با کاربرد مدل‌سازی معادلات ساختاری در سه شهر ساحلی اندونزی (باندآچه، ماتارام و آمبون)، نشان دادند که تحصیلات، تجربه مواجهه با مخاطرات و دسترسی به اطلاعات، ۸۹ درصد از تغییرات آمادگی جوامع ساحلی را تبیین می‌کنند و این عوامل به‌صورت مستقیم بر تاب‌آوری اجتماعی اثرگذارند. این پژوهش، اهمیت بعد اجتماعی و سرمایه انسانی را در کنار ابعاد زیرساختی برجسته می‌سازد. در ایران نیز، پژوهش‌های متعددی به موضوع تاب‌آوری شهرهای ساحلی پرداخته‌اند، اما بخش عمده آن‌ها بر سنجش شاخص‌ها یا تحلیل تک‌بعدی متمرکز بوده‌اند. حسارکی‌زاد و مرادپور (۱۴۰۳) با استفاده از ۲۱ شاخص در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و کالبدی، تاب‌آوری سکونتگاه‌های ساحلی استان گیلان را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که شهرهای رضوانشهر، آستارا، رشت، لاهیجان و بندرانزلی دارای تاب‌آوری کافی و شهرهای آستانه اشرفیه، رودسر، تالش، ماسال و لنگرود دارای تاب‌آوری ناکافی هستند. آن‌ها بر تقویت شبکه‌های اجتماعی، مشارکت شهروندی و مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها به‌عنوان راهکارهای ارتقای تاب‌آوری تأکید کردند. گنخکی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای بر روی بافت فرسوده شهر ساحلی دیر، به تحلیل تاب‌آوری کالبدی-فضایی در برابر سیلاب پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که ضعف زیرساخت‌های زهکشی، تراکم بالای بافت فرسوده و نبود هماهنگی نهادی از مهم‌ترین عوامل کاهش تاب‌آوری در این شهر هستند. آن‌ها بر ضرورت بازآفرینی شهری با رویکرد یکپارچه و مشارکتی تأکید کردند. فروزان‌مهر و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای بر روی شهر ساحلی کنارک (استان سیستان و بلوچستان)، چهار بعد اصلی کالبدی-زیرساختی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی را به‌عنوان ابعاد کلیدی تاب‌آوری شناسایی کردند و با استفاده از تحلیل فضایی GIS نشان دادند که محلات مختلف شهر از سطح تاب‌آوری متفاوتی برخوردارند. آن‌ها توسعه شبکه‌های زهکشی، استقرار سامانه هشدار سریع و بازنگری ساختار نهادی را به‌عنوان اولویت‌های اصلی پیشنهاد کردند. مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که علی‌رغم توجه فزاینده به تاب‌آوری شهری، سه خلأ اساسی در پژوهش‌های موجود وجود دارد: (۱) غلبه رویکردهای بخشی و تک‌بعدی که به روابط متقابل میان ابعاد تاب‌آوری نپرداخته‌اند

(Meerow et al., 2016; Sharifi, 2022)؛ (۲) فقدان تحلیل شبکه‌ای که مشخص کند کدام ابعاد نقش پیشران، کدام نقش میانجی و کدام نقش پیامدی در ساختار تاب‌آوری ایفا می‌کنند؛ و (۳) کمبود پژوهش‌هایی که یافته‌های تحلیلی را به بسته‌های سیاستی عملیاتی تبدیل کنند. این خلأها به‌ویژه در شهرهای ساحلی خلیج فارس که با مخاطرات مرکب مواجه‌اند، محسوس‌تر است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی درصدد پر کردن این خلأها و ارائه الگویی شبکه‌ای همراه با بسته سیاستی برای شهرهای ساحلی خلیج فارس است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های آمیخته (کیفی-کمی) با رویکرد اکتشافی متوالی است. این پژوهش از نظر هدف توسعه‌ای-کاربردی و از نظر روش گردآوری اطلاعات، پیمایشی می‌باشد. پژوهش در دو فاز کیفی و کمی انجام شده است که در فاز کیفی، ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شبکه‌ای شناسایی شده و در فاز کمی، روابط علی میان ابعاد با استفاده از روش دیمتل فازی تحلیل گردیده است. جامعه‌ی آماری پژوهش، خبرگان شامل اساتید دانشگاه و مدیران ارشد سازمان‌های مرتبط با مدیریت شهری و مدیریت بحران در شهرهای بوشهر، ماهشهر و عسلویه هستند. ماتریس روابط مستقیم فازی (Z) در این پژوهش، با رویکرد داده‌محور و بر اساس ضرایب مسیر استاندارد مدل معادلات ساختاری تشکیل شده است. بدین ترتیب که ضریب مسیر استاندارد (β) هر دو بعد، به‌عنوان مقدار میانی (m) عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شده و کران‌های بالا و پایین (l و u) از انحراف معیار ضرایب مسیر محاسبه شده‌اند. بنابراین، ماتریس Z در این پژوهش یک ماتریس داده‌محور است (Du & Zhou, 2019; Fang et al., 2021). ابزار گردآوری داده‌ها در بخش کیفی، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و در بخش کمی، پرسشنامه محقق‌ساخته بر اساس نتایج بخش کیفی بود. روایی و پایایی ابزار پژوهش در بخش کیفی از طریق روایی محتوایی و پایایی درون‌کدگذار و میان‌کدگذار و در بخش کمی از طریق روایی محتوا و پایایی بازآزمون تأیید گردید. ضریب آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه برابر با ۰,۹۰ محاسبه شد. در بخش کیفی از روش تحلیل محتوا مبتنی بر کدگذاری و نرم‌افزار MAXQDA استفاده شد. فرآیند کدگذاری در سه مرحله (باز، محوری و انتخابی) انجام شد و در مجموع ۱۱۸ کد اولیه و ۱۸ مقوله مفهومی در قالب پنج بعد اصلی (نهادی-مدیریتی، اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و کالبدی-زیرساختی) شناسایی گردید. برای تحلیل کمی از روش دیمتل فازی بهره گرفته شده است. این روش، مجموعه‌ای از عوامل علی که نقش تأثیرگذار بر یک مفهوم را دارند در کنار مجموعه‌ای از عوامل معلولی که نقش پیامدهای آن مفهوم را دارند، شناسایی و تحلیل می‌نماید. از آنجا که هدف پژوهش حاضر شناسایی روابط علی و دسته‌بندی ابعاد تاب‌آوری شبکه‌ای به ابعاد زمینه‌ای، مؤثر و پیامدی است، این روش بهترین تکنیک جهت تحلیل داده‌های آن به شمار می‌رود. برای تعیین کران‌های بالا و پایین اعداد فازی مثلثی از انحراف معیار استفاده شد (Du & Zhou, 2019; Fang et al., 2021) و برخلاف فاصله اطمینان، نیازی به انتخاب سطح اطمینان توسط پژوهشگر

ندارد و عینیت تحلیل را افزایش می‌دهد. تمامی محاسبات دیمتل فازی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB (نسخه R2023a) و بسته Fuzzy Logic Toolbox انجام شده است.

روش دیمتل فازی

برای تحلیل کمی از روش دیمتل فازی بهره گرفته شده است. علت استفاده از روش دیمتل فازی آن است که این روش، مجموعه‌ای از عوامل علی که نقش تأثیرگذار بر یک مفهوم را دارند در کنار مجموعه‌ای از عوامل معلولی که نقش پیامدهای آن مفهوم را دارند، شناسایی و تحلیل می‌نماید. در پژوهش حاضر، برخلاف روش کلاسیک که در آن ماتریس روابط مستقیم بر اساس رویکرد خبرگانی (قضاوت ذهنی خبرگان) تکمیل می‌شود، از رویکرد ترکیبی داده‌محور (SEM-DEMATEL) بهره گرفته شده است. در این رویکرد با استفاده از ضرایب مسیر استاندارد (β) مدل ساختاری به‌عنوان مقدار میانی (m) عدد فازی در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر، ضرایب مسیر استخراج شده، به‌عنوان ورودی داده‌محور جایگزین رویکرد خبرگانی در تشکیل ماتریس اولیه دیمتل مورد استفاده قرار گرفته است. این روش که در پژوهش‌های معتبر مورد استفاده قرار گرفته است (Du & Zhou, 2019; Liou et al., 2021)، بر این اصل استوار است که ضرایب مسیر در مدل، برآوردی عینی و تجربی از شدت روابط علی میان متغیرها ارائه می‌دهند و می‌توانند به‌عنوان جایگزینی برای رویکرد خبرگانی در تشکیل ماتریس روابط مستقیم دیمتل به کار روند. این رویکرد، ضمن حذف سوگیری‌های ناشی از قضاوت‌های فردی، از پشتوانه‌ی آماری قوی (۲۸۰ نمونه) بهره می‌برد و عینیت و تکرارپذیری تحلیل را افزایش می‌دهد. برای تعیین کران پایین (l) و کران بالا (u)، از انحراف معیارهای واقعی ابعاد استفاده شده است

گام اول: تشکیل ماتریس روابط مستقیم فازی

در این پژوهش، برخلاف روش کلاسیک که در آن ماتریس Z بر اساس قضاوت خبرگان تکمیل می‌شود، این ماتریس از خروجی مدل ساختاری استخراج شده است. برای تبدیل ضرایب مسیر استاندارد (β_{ij}) به اعداد فازی مثلثی (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})، از فرمول‌های زیر استفاده شده است. خطای استاندارد خود ضریب مسیر بین دو بعد i و j است.

$$u_{ij} = \beta_{ij} + SE\beta_{ij} \quad -1$$

$$m_{ij} = \beta_{ij} \quad -2$$

$$l_{ij} = \beta_{ij} - SE\beta_{ij} \quad -3$$

این روش که در پژوهش‌های Du & Zhou (۲۰۱۹) و Fang et al. (۲۰۲۱) به کار رفته است، عدم قطعیت مربوط به برآورد هر رابطه‌ی علی را به‌طور جداگانه لحاظ می‌کند و برخلاف رویکردهای مبتنی بر انحراف معیار متغیرها،

$$\tilde{z}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

دقت بالاتری در مدل سازی عدم قطعیت دارد.» پس از تعیین معیارها (ابعاد تاب آوری) و جمع آوری داده‌ها، ماتریس روابط مستقیم فازی (Z) به صورت زیر تشکیل می‌شود که در آن :

-۴

گام دوم: نرمال سازی ماتریس روابط مستقیم فازی

در این گام، از طریق فرمول نرمال سازی که مقیاس‌های فاکتورها را به مقیاس‌های قابل مقایسه تبدیل می‌کند، ابتدا مقدار r از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad -5$$

می‌شود:

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r} \right)$$

سپس، ماتریس نرمال شده X از طریق رابطه زیر محاسبه

-۶

گام سوم: محاسبه ماتریس روابط کامل فازی

بر اساس این بخش، ماتریس T روابط کل بین زوجها را منعکس می‌کند که هر یک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{T} = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad -7$$

گام چهارم: دی فازی سازی

برای تبدیل اعداد فازی مثلثی به اعداد قطعی، از روش میانگین حسابی استفاده شده است و درایه‌ها به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$t_{ij} = \frac{l_{ij} + m_{ij} + u_{ij}}{3}$$

-۸

گام پنجم: محاسبه بردارهای تأثیر گذاری و تأثیر پذیری

در این گام، مجموع سطرها (D) و ستون‌ها (R) ماتریس روابط کل محاسبه می‌شود. مجموع سطرها (D) نشانگر میزان تأثیر گذاری هر عامل بر پدیده مورد مطالعه می‌باشد و مجموع ستون‌ها (R) نشان‌دهنده میزان تأثیر پذیری آن از پدیده مورد مطالعه است.

گام ششم: محاسبه شاخص‌های نهایی

مقدار $D+R$ (بردار برتری/مرکزیت) بیانگر مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عامل موردنظر است. هرچه مقدار $D+R$ بیشتر باشد، ارتباط آن عامل با سایر عوامل بیشتر است. مقدار $D-R$ (بردار ارتباط/علیت) بیانگر اثرگذاری هر عامل بر پدیده مورد بررسی است: $D-R=Di-Ri$ و $D+R=Di+Ri$

اگر مقدار $D-R$ مثبت باشد، آن عامل در گروه عوامل علی قرار می‌گیرد و اگر منفی باشد، در گروه عوامل معلولی طبقه‌بندی می‌شود.

گام هفتم: تعیین آستانه و ترسیم نمودار علی

برای شناسایی روابط معنادار میان ابعاد، آستانه (α) با استفاده از میانگین کل مقادیر ماتریس روابط کامل (T) محاسبه می‌شود:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}}{n^2}$$

-۹-

روابطی که مقدار آن‌ها از آستانه بزرگ‌تر باشد، به‌عنوان روابط معنادار در نظر گرفته می‌شوند. در نهایت، نمودار علی در محور عمودی ترسیم می‌شود. $D-R$ در محور افقی و مقادیر $D+R$ با قرار دادن مقادیر

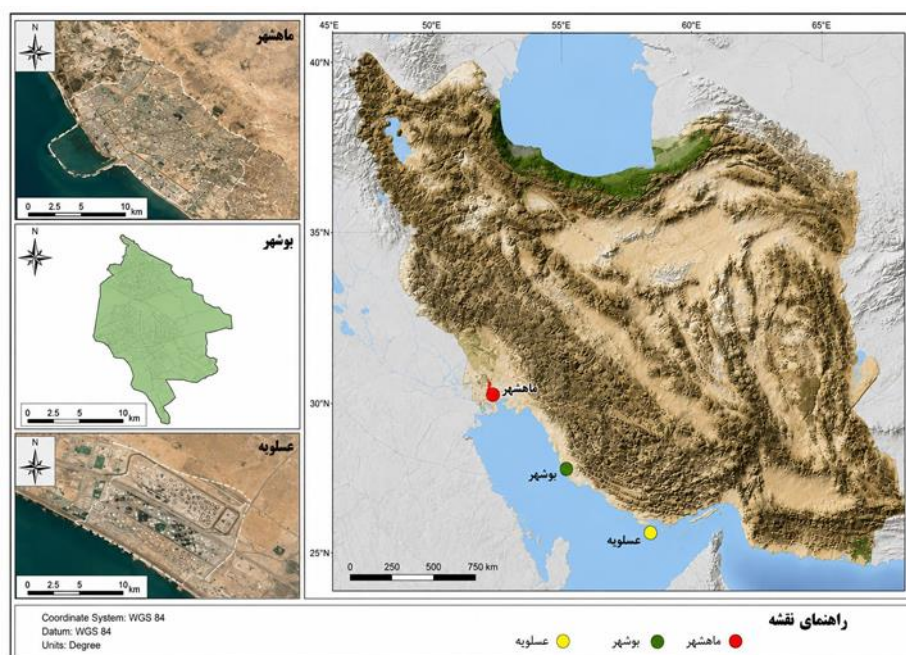
دسته‌بندی ابعاد بر اساس نقش علی

براساس علامت مقدار $D-R$ (علیت)، ابعاد پژوهش در دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند: دسته‌ی زمینه‌ای، شامل ابعادی که $D-R$ مثبت دارند و نقش پیشران و تأثیرگذار در شبکه ایفا می‌کنند؛ و دسته‌ی پیامدی (Effect)، شامل ابعادی که $D-R$ منفی دارند و بیشتر تأثیرپذیرند تا تأثیرگذار. مقدار $D+R$ (مرکزیت) نیز به‌صورت مکمل برای رتبه‌بندی شدت ارتباط هر بعد با سایر ابعاد شبکه به کار می‌رود.

محدوده مورد مطالعه

پژوهش حاضر در سه شهر ساحلی بوشهر، ماهشهر و عسلویه، واقع در کرانه‌های شمالی خلیج فارس انجام شده است. شهر بوشهر (مرکز استان بوشهر) با جمعیتی بالغ بر ۲۲۳ هزار نفر، بر روی شبه‌جزیره‌ای کم‌ارتفاع قرار گرفته و اقتصاد آن مبتنی بر فعالیت‌های بندری، تجارت دریایی، گردشگری ساحلی و شیلات است. این شهر در معرض مخاطرات ساحلی کالبدی نظیر فرسایش ساحلی، سیلاب‌های ناگهانی، طوفان‌های دریایی و تنش گرمایی رطوبتی قرار دارد. شهر ماهشهر (در استان خوزستان) با جمعیتی حدود ۱۶۳ هزار نفر، در کرانه‌ی شمال‌غربی خلیج فارس و در ارتفاع تنها ۳ متر از سطح دریا واقع شده و اقتصاد آن به‌شدت به صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و فعالیت‌های بندری وابسته است. این شهر با مخاطرات ترکیبی طبیعی صنعتی نظیر آلودگی شدید هوا، نشت مواد شیمیایی و

تخریب اکوسیستم‌های آبی مواجهه است. شهر عسلویه (در استان بوشهر) با جمعیتی حدود ۱۳ هزار نفر (علاوه بر نیروی کار شناور)، میزبان بزرگترین میدان گازی جهان (پارس جنوبی) و انبوهی از تأسیسات پالایشگاهی و پتروشیمی است و اقتصاد آن کاملاً انرژی محور می‌باشد. عسلویه با مخاطرات صنعتی ساحلی نظیر آلودگی شدید هوا، حوادث صنعتی، کمبود منابع آب و گرمای شدید مواجه است. انتخاب این سه شهر، با هدف افزایش دامنه‌ی تغییرات داده‌ها و تقویت قابلیت تعمیم‌پذیری الگوی پیشنهادی صورت گرفته است.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

یافته‌های پژوهش

در این بخش، یافته‌های حاصل از اجرای رویکرد دیمتل فازی ارائه می‌شود. در این پژوهش، از ضرایب مسیر استاندارد مدل SEM به عنوان مقدار میانی (m) اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. ضرایب مسیر در SEM، جهت‌دار بوده و شدت تأثیر مستقیم هر متغیر بر متغیر دیگر را پس از کنترل سایر متغیرها نشان می‌دهند؛ بنابراین، انتخاب طبیعی‌تری برای مدل‌سازی روابط علی در دیمتل فازی محسوب می‌شوند. برای تعیین کران‌های بالا و پایین، از انحراف معیار ضرایب مسیر استفاده شده است. فرآیند تحلیل شامل تشکیل ماتریس روابط مستقیم فازی، نرمال‌سازی، محاسبه ماتریس روابط کامل، دی‌فازی‌سازی، استخراج شاخص‌های تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، تعیین آستانه، شناسایی روابط معنادار و دسته‌بندی ابعاد می‌باشد. کلیه محاسبات با استفاده از نرم‌افزار MATLAB R2023a و بسته Fuzzy Logic Toolbox انجام شده است.

ماتریس همبستگی پیرسون (داده‌های ورودی)

ماتریس همبستگی پیرسون میان ابعاد پنج گانه تاب‌آوری در جدول ۱ ارائه شده است. این ماتریس بر اساس داده‌های ۲۸۰ پرسشنامه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استخراج شده است.

جدول ۱: ماتریس همبستگی پیرسون میان ابعاد تاب‌آوری

کالبدی-زیرساختی	زیست‌محیطی	اقتصادی	اجتماعی	نهادی-مدیریتی	نهادی-مدیریتی
۰,۴۶۱	۰,۴۴۲	۰,۴۵۲	۰,۴۸۱	۱,۰۰۰	نهادی-مدیریتی
۰,۴۸۲	۰,۴۵۹	۰,۵۰۰	۱,۰۰۰	۰,۴۸۱	اجتماعی
۰,۵۴۹	۰,۵۱۹	۱,۰۰۰	۰,۵۰۰	۰,۴۵۲	اقتصادی
۰,۴۹۰	۱,۰۰۰	۰,۵۱۹	۰,۴۵۹	۰,۴۴۲	زیست‌محیطی
۱,۰۰۰	۰,۴۹۰	۰,۵۴۹	۰,۴۸۲	۰,۴۶۱	کالبدی-زیرساختی

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج ماتریس همبستگی نشان می‌دهد که تمامی روابط بین ابعاد پنج‌گانه تاب‌آوری، مثبت و معنادار هستند (سطح معناداری ۰,۰۱). بالاترین همبستگی مربوط به رابطه‌ی بین بعد اقتصادی و کالبدی-زیرساختی (۰,۵۴۹) است که نشان‌دهنده‌ی وابستگی شدید زیرساخت‌های فیزیکی به وضعیت اقتصادی شهرهای ساحلی خلیج فارس می‌باشد. کمترین همبستگی مربوط به رابطه‌ی بین نهادی-مدیریتی و زیست‌محیطی (۰,۴۴۲) است که نشان می‌دهد نهادهای مدیریتی منطقه، هنوز به‌طور کامل به مسائل زیست‌محیطی به‌عنوان یک اولویت راهبردی نگاه نمی‌کنند. این یافته‌ها، پیش‌نیاز لازم برای ورود به تحلیل علی در گام بعدی را فراهم می‌آورند.

ماتریس روابط مستقیم فازی (Z)

جدول ۲-ماتریس ضرایب مسیر استاندارد (β) مستخرج از مدل SEM

از/به	نهادی	اجتماعی	اقتصادی	زیست‌محیطی	کالبدی
نهادی	-	۰,۶۴	۰,۵۸	۰,۴۳	۰,۵۶
اجتماعی	۰,۱۲	-	۰,۵۲	۰,۲۶	۰,۵۶
اقتصادی	۰,۲۲	۰,۳۷	-	۰,۳۸	۰,۶۳
زیست‌محیطی	۰,۱۴	۰,۲۹	۰,۴۲	-	۰,۲۵
کالبدی	۰,۰۸	۰,۱۳	۰,۱۹	۰,۲۵	-

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از استخراج ماتریس ضرایب مسیر استاندارد مدل، این ماتریس به‌عنوان ورودی برای تشکیل ماتریس روابط مستقیم فازی (Z) استفاده شد.

جدول ۳: ماتریس روابط مستقیم فازی

کالبدی	زیست محیطی	اقتصادی	اجتماعی	نهادی-مدیریتی	
(۰.۶۳, ۰.۵۶, ۰.۴۹)	(۰.۵۱, ۰.۴۳, ۰.۳۵)	(۰.۶۴, ۰.۵۸, ۰.۵۲)	(۰.۷۱, ۰.۶۴, ۰.۵۷)	(۰.۰۰)	نهادی-مدیریتی
(۰.۶۲, ۰.۵۶, ۰.۵۰)	(۰.۳۳, ۰.۲۶, ۰.۱۹)	(۰.۵۸, ۰.۵۲, ۰.۴۶)	(۰.۰۰)	(۰.۱۷, ۰.۱۲, ۰.۰۷)	اجتماعی
(۰.۶۸, ۰.۶۳, ۰.۵۸)	(۰.۴۵, ۰.۳۸, ۰.۳۱)	(۰.۰۰)	(۰.۴۳, ۰.۳۷, ۰.۳۱)	(۰.۲۷, ۰.۲۲, ۰.۱۷)	اقتصادی
(۰.۳۳, ۰.۲۵, ۰.۱۷)	(۰.۰۰)	(۰.۴۸, ۰.۴۲, ۰.۳۶)	(۰.۳۶, ۰.۲۹, ۰.۲۲)	(۰.۲۰, ۰.۱۴, ۰.۰۸)	زیست محیطی
(۰.۰۰)	(۰.۳۲, ۰.۲۵, ۰.۱۸)	(۰.۲۵, ۰.۱۹, ۰.۱۳)	(۰.۱۸, ۰.۱۳, ۰.۰۸)	(۰.۱۲, ۰.۰۸, ۰.۰۴)	کالبدی

منبع: یافته های پژوهش

ماتریس روابط مستقیم فازی (Z) با استفاده از ضرایب مسیر استاندارد مدل به عنوان مقدار میانی و خطای استاندارد هر مسیر برای تعیین کران های بالا و پایین تشکیل شده است. بررسی این ماتریس نشان می دهد که بیشترین مقدار میانی (m) مربوط به تأثیر بعد نهادی-مدیریتی بر بعد اجتماعی (۰.۶۴)، تأثیر اقتصادی بر کالبدی (۰.۶۳) و تأثیر نهادی بر اقتصادی (۰.۵۸) است. این الگو نشان می دهد که نهادهای مدیریتی، قوی ترین تأثیرات را بر سایر ابعاد دارند و بعد اقتصادی نیز نقش پل ارتباطی مهمی ایفا می کند. در مقابل، کمترین تأثیرات مربوط به تأثیر کالبدی بر سایر ابعاد (مقادیر بین ۰.۰۸ تا ۰.۱۹) است که نشان دهنده ی نقش معلولی زیرساخت های فیزیکی در شبکه ی تاب آوری می باشد.

نرمال سازی ماتریس روابط مستقیم فازی

جدول ۴: ماتریس نرمال شده فازی

کالبدی	زیست محیطی	اقتصادی	اجتماعی	نهادی-مدیریتی	
(۰.۰۸۵, ۰.۱۶۹, ۰.۲۵۴)	(۰.۰۶۶, ۰.۱۳۰, ۰.۱۹۳)	(۰.۰۸۸, ۰.۱۷۵, ۰.۲۶۳)	(۰.۰۹۷, ۰.۱۹۳, ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰)	نهادی-مدیریتی
(۰.۰۸۵, ۰.۱۶۹, ۰.۲۵۴)	(۰.۰۳۹, ۰.۰۷۹, ۰.۱۱۸)	(۰.۰۷۹, ۰.۱۵۷, ۰.۲۳۶)	(۰.۰۰)	(۰.۰۱۸, ۰.۰۳۶, ۰.۰۵۴)	اجتماعی
(۰.۰۹۷, ۰.۱۹۰, ۰.۲۸۴)	(۰.۰۵۷, ۰.۱۱۵, ۰.۱۷۲)	(۰.۰۰)	(۰.۰۵۷, ۰.۱۱۲, ۰.۱۶۶)	(۰.۰۳۳, ۰.۰۶۶, ۰.۱۰۰)	اقتصادی
(۰.۰۳۹, ۰.۰۷۶, ۰.۱۱۲)	(۰.۰۰)	(۰.۰۶۳, ۰.۱۲۷, ۰.۱۹۰)	(۰.۰۴۵, ۰.۰۸۸, ۰.۱۳۰)	(۰.۰۲۱, ۰.۰۴۲, ۰.۰۶۳)	زیست محیطی
(۰.۰۰)	(۰.۰۴۸, ۰.۰۳۳, ۰.۰۱۸)	(۰.۰۸۵, ۰.۰۵۷, ۰.۰۳۰)	(۰.۰۵۷, ۰.۰۳۹, ۰.۰۲۱)	(۰.۰۲۴, ۰.۰۱۲, ۰.۰۳۶)	کالبدی

منبع : یافته های پژوهش

ماتریس نرمال شده ی فازی (X) با تقسیم هر عدد فازی بر حداکثر مجموع سطرها ($r=0.331$) محاسبه شده است. نتایج نرمال سازی نشان می دهد که بعد نهادی-مدیریتی با بیشترین مقادیر نرمال شده (حداکثر ۰.۲۹۰ برای تأثیر بر اجتماعی)، بالاترین وزن را در شبکه ی روابط دارد. در مقابل، بعد کالبدی-زیرساختی با کمترین مقادیر نرمال شده

(حداکثر ۰,۰۸۵)، کمترین تأثیر را بر سایر ابعاد دارد. این یافته، اولین نشانه‌ی تجربی از نقش پیشران نهادی و نقش پیامدی کالبدی است.

جدول ۵: ماتریس دی فازی شده روابط کامل

کالبدی-زیرساختی	زیست محیطی	اقتصادی	اجتماعی	نهادی-مدیریتی	
۰,۴۴۳	۰,۳۷۸	۰,۴۵۲	۰,۴۸۶	۰,۴۱۵	نهادی-مدیریتی
۰,۳۴۹	۰,۲۶۲	۰,۳۵۴	۰,۲۹۵	۰,۲۸۱	اجتماعی
۰,۴۲۸	۰,۳۳۸	۰,۳۲۵	۰,۳۵۷	۰,۳۴۲	اقتصادی
۰,۲۶۶	۰,۲۳۷	۰,۲۹۳	۰,۲۶۴	۰,۲۴۶	زیست محیطی
۰,۲۰۵	۰,۲۲۴	۰,۱۹۳	۰,۱۹۸	۰,۲۰۵	کالبدی-زیرساختی

منبع: یافته‌های پژوهش

ماتریس دی فازی شده‌ی روابط کامل (T) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار تأثیر کل، متعلق به رابطه‌ی نهادی-مدیریتی بر اجتماعی (۰,۴۸۶) است که حاکی از نقش کلیدی حکمرانی در شکل‌دهی به سرمایه‌ی اجتماعی است. پس از آن، رابطه‌ی نهادی بر اقتصادی (۰,۴۵۲) و نهادی بر کالبدی (۰,۴۴۳) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مقابل، کمترین تأثیر کل مربوط به تأثیر کالبدی بر سایر ابعاد (بین ۰,۱۹۳ تا ۰,۲۲۴) است که نشان‌دهنده‌ی نقش معلولی و وابسته‌ی زیرساخت‌های فیزیکی در شبکه‌ی تاب‌آوری است. این ماتریس، مبنای اصلی برای محاسبه‌ی شاخص‌های تأثیرگذاری و تأثیرپذیری در گام بعدی است.

محاسبه شاخص‌های تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

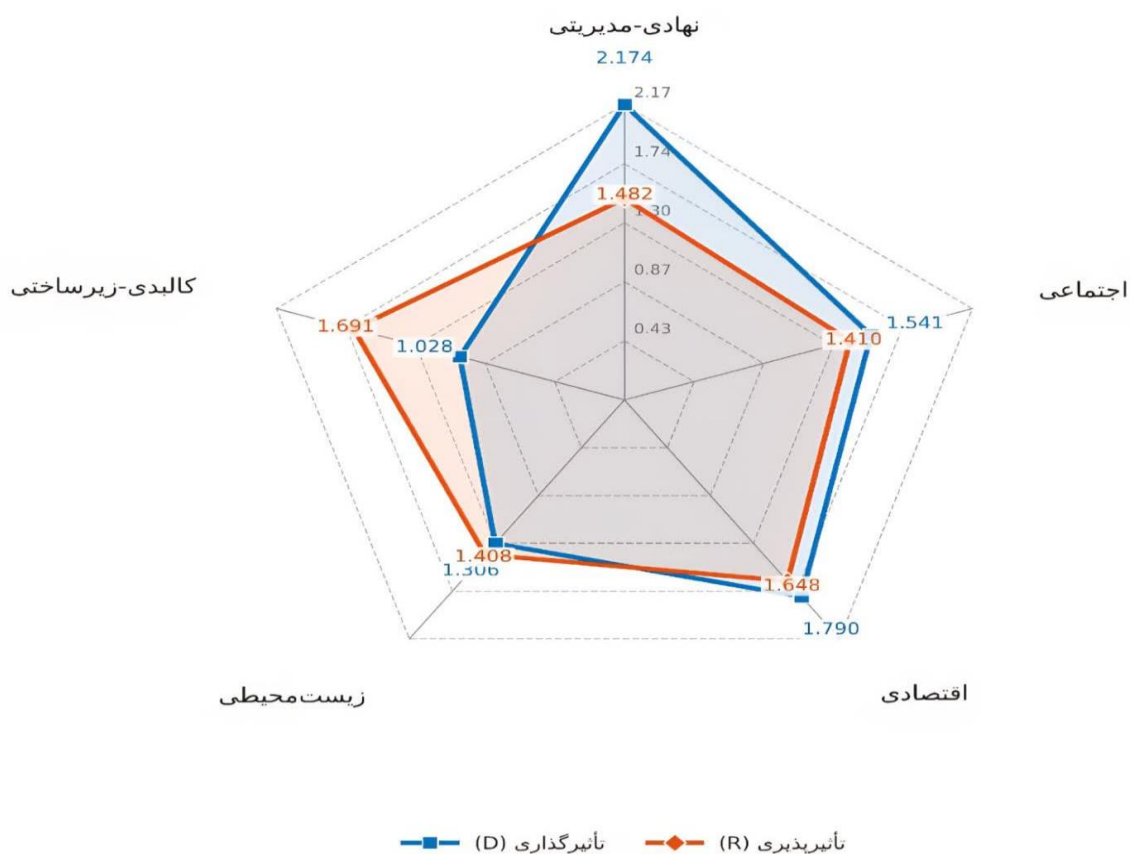
بر اساس ماتریس دی فازی شده، بردارهای D (مجموع سطرها = تأثیرگذاری) و R (مجموع ستون‌ها = تأثیرپذیری) محاسبه شد.

رتبه‌بندی ابعاد بر اساس شاخص‌های کلیدی

جدول ۶: رتبه‌بندی ابعاد بر اساس شاخص‌های D، R، D+R و D-R

بعد	(تأثیرگذاری) D	(تأثیرپذیری) R	(مرکزیت) D+R	(علت) D-R
نهادی-مدیریتی	۲,۱۷۴	۱,۴۸۲	۳,۶۵۶	۰,۶۹۲
اجتماعی	۱,۵۴۱	۱,۴۱۰	۲,۹۵۱	۰,۱۳۱
اقتصادی	۱,۷۹۰	۱,۶۴۸	۳,۴۳۸	۰,۱۴۲
زیست محیطی	۱,۳۰۶	۱,۴۰۸	۲,۷۱۴	-۰,۱۰۲
کالبدی-زیرساختی	۱,۰۲۸	۱,۶۹۱	۲,۷۱۹	-۰,۶۶۳

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۲. نمودار مقایسه ابعاد از حیث تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

پس از مقایسه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری ابعاد (شکل ۲)، در گام بعدی شدت روابط علی میان آن‌ها با استفاده از ماتریس روابط کامل (T) محاسبه شد. بر اساس آستانه تعیین شده ($\alpha = 0.316$)، ۱۰ رابطه معنادار شناسایی گردید که در شکل ۳ به صورت نزولی (از قوی‌ترین به ضعیف‌ترین) نمایش داده شده است.

جدول ۷- روابط معنادار میان ابعاد (بالای آستانه ۰.۳۱۶)

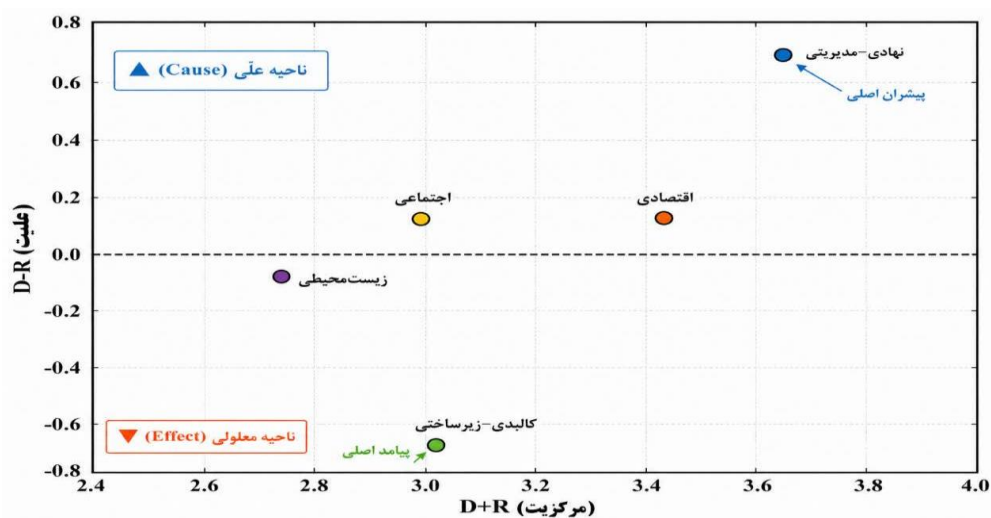
رتبه	رابطه	مقدار T
۱	نهادی ← اجتماعی	۰,۴۸۶
۲	نهادی ← اقتصادی	۰,۴۵۲
۳	نهادی ← کالبدی	۰,۴۴۳
۴	اقتصادی ← کالبدی	۰,۴۲۸
۵	نهادی ← زیست محیطی	۰,۳۷۸
۶	اقتصادی ← اجتماعی	۰,۳۵۷
۷	اجتماعی ← اقتصادی	۰,۳۵۴
۸	اجتماعی ← کالبدی	۰,۳۴۹
۹	اقتصادی ← زیست محیطی	۰,۳۳۸
۱۰	اقتصادی ← نهادی	۰,۳۴۲

منبع: یافته های پژوهش



شکل ۳. نمودار روابط معنا دار در شبکه تاب آوری

پس از شناسایی قوی ترین روابط علی در شبکه تاب آوری (شکل ۳)، در گام بعدی موقعیت هر یک از ابعاد پنج گانه بر اساس دو شاخص مرکزیت ($D+R$) و علیت ($D-R$) تعیین شده است. بر این اساس، شکل ۴ آرایش فضایی ابعاد را در نمودار علی نشان می دهد و مشخص می کند که کدام ابعاد نقش پیشران (علی) و کدام نقش پیامدی (معلولی) در شبکه تاب آوری ایفا می کنند.



شکل ۴. نمودار علی ابعاد تاب آوری شبکه ای بر اساس تحلیل دیتمل فازی

موقعیت هر یک از ابعاد پنج گانه تاب آوری در این نمودار بر اساس دو شاخص مرکزیت ($D+R$) در محور افقی و علیت ($D-R$) در محور عمودی تعیین شده است. ابعاد واقع در نیم بالای نمودار ($D-R > 0$) نقش علی و پیشران

دارند و ابعاد واقع در نیم پایین ($D-R < 0$) نقش معلولی و پیامدی ایفا می‌کنند. بر اساس این نمودار، بعد نهادی-مدیریتی با بالاترین مقدار $D-R$ (+۰,۶۹۲) به عنوان پیشران اصلی و بعد کالبدی-زیرساختی با کمترین مقدار $D-R$ (-۰,۶۶۳) به عنوان تأثیرپذیرترین بعد شناسایی شد. همچنین بعد اقتصادی با $D+R=۳,۴۳۸$ به عنوان هسته مرکزی و بعد زیست محیطی با $D-R=-۰,۱۰۲$ به عنوان سپر طبیعی شناخته می‌شوند.

دسته‌بندی ابعاد بر اساس نقش علی

تحلیل حساسیت نسبت به آستانه (α) در بازه‌ی ۰,۳۰۰ تا ۰,۴۰۰ نشان داد که در تمامی سطوح، بعد نهادی-مدیریتی با بالاترین $D-R$ (+۰,۶۹۲) به عنوان پیشران اصلی و بعد کالبدی-زیرساختی با کمترین $D-R$ (-۰,۶۶۳) به عنوان تأثیرپذیرترین بعد شناسایی شدند. این نتایج نشان‌دهنده‌ی پایداری یافته‌ها نسبت به تغییرات آستانه است.

جدول ۸: دسته‌بندی ابعاد تاب آوری

اولویت	نقش	D+R	D-R	بعد	دسته
اول	پیشران اصلی و موتور محرکه شبکه	۳,۶۵۶	+۰,۶۹۲	نهادی-مدیریتی	(Cause) زمینه‌ای
اول	تسهیل‌گر و بستر مشارکت	۲,۹۵۱	+۰,۱۳۱	اجتماعی	(Cause) زمینه‌ای
دوم	هسته مرکزی و حلقه اتصال	۳,۴۳۸	+۰,۱۴۲	اقتصادی	(Cause) زمینه‌ای
دوم	سپر طبیعی و پایداری اکولوژیک	۲,۷۱۴	-۰,۱۰۲	زیست محیطی	(Effect) پیامدی
سوم	تجلی عینی و نتیجه نهایی	۲,۷۱۹	-۰,۶۶۳	کالبدی-زیرساختی	(Effect) پیامدی

منبع: یافته‌های پژوهش

رتبه‌بندی نهایی ابعاد

جدول ۹: رتبه‌بندی نهایی ابعاد تاب آوری

ردیف	شاخص	مقدار	بعد مرتبط
۱	بیشترین مقدار D (تأثیرگذاری)	۲,۱۷۴	نهادی-مدیریتی
۲	بیشترین مقدار R (تأثیرپذیری)	۱,۶۹۱	کالبدی-زیرساختی
۳	بیشترین مقدار D+R (مرکزیت)	۳,۶۵۶	نهادی-مدیریتی
۴	بیشترین مقدار D-R (علیت مثبت)	+۰,۶۹۲	نهادی-مدیریتی
۵	بیشترین مقدار D-R (علیت منفی)	-۰,۶۶۳	کالبدی-زیرساختی
۶	قوی‌ترین رابطه علی	۰,۴۸۶	نهادی ← اجتماعی
۷	تعداد روابط معنادار	۱۰	-
۸	مقدار آستانه	۰,۳۱۶	-
۹	تأثیرگذارترین بعد	-	نهادی-مدیریتی
۱۰	تأثیرپذیرترین بعد	-	کالبدی-زیرساختی

منبع: یافته‌های پژوهش

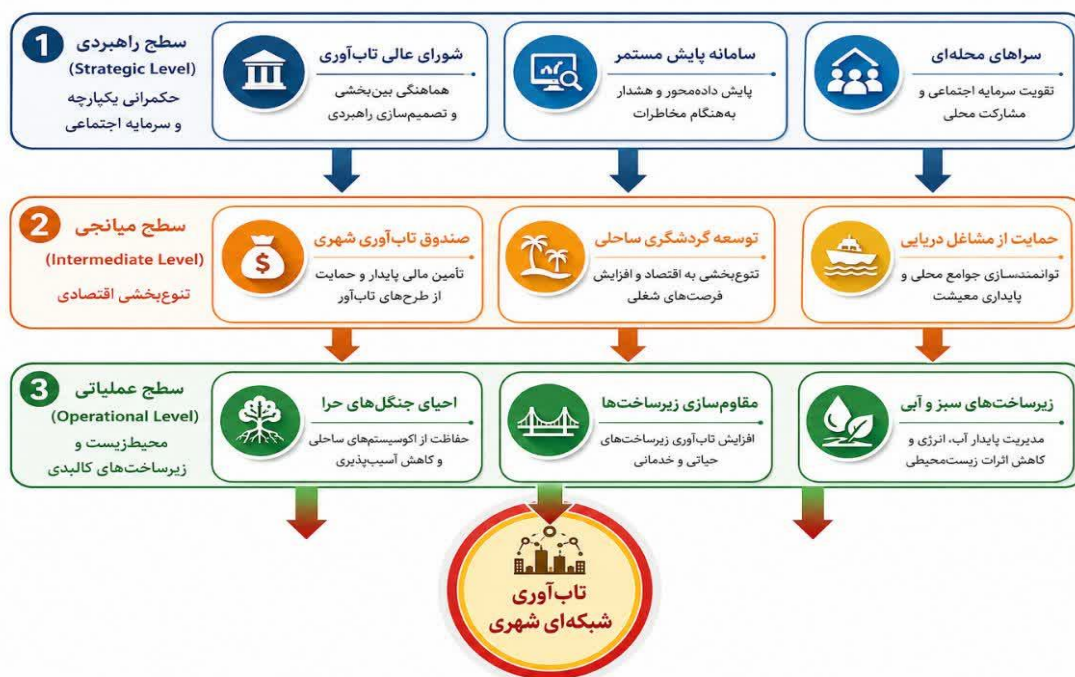
بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف شناسایی روابط علی میان ابعاد پنج گانه تاب‌آوری شبکه‌ای و دسته‌بندی آن‌ها به ابعاد زمینه‌ای و پیامدی در شهرهای ساحلی خلیج فارس انجام شد.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بعد نهادی-مدیریتی با بالاترین مقدار $D-R$ (۰,۶۹۲+) و همچنین بالاترین مرکزیت $D+R$ (۳,۶۵۶)، هم در بالاترین و هم در مرکزی‌ترین نقطه‌ی نمودار قرار دارد؛ این یافته تأییدکننده‌ی نقش این بعد به‌عنوان پیشران اصلی و در عین حال محوری‌ترین بعد شبکه‌ی تاب‌آوری است. این یافته بیانگر آن است که کیفیت حکمرانی، هماهنگی بین‌سازمانی، برنامه‌ریزی راهبردی و شفافیت مدیریتی، نقش تعیین‌کننده‌ای در فعال‌سازی و هدایت سایر ابعاد تاب‌آوری ایفا می‌کنند. به عبارت دیگر، نهادها و ساختارهای مدیریتی، موتور محرکه‌ی شبکه‌ی تاب‌آوری هستند و بدون تقویت آن‌ها، سایر ظرفیت‌های شهری نمی‌توانند به‌طور مؤثر عمل کنند. این یافته با نتایج پژوهش‌های (Folke et al., 2005) و (Davoudi et al., 2012) هم‌خوانی دارد که بر نقش کلیدی نهادها در ایجاد ظرفیت سازگاری و یادگیری در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی تأکید کرده‌اند. همچنین، پژوهش (Garschagen et al., 2024) در منطقه‌ی خلیج فارس نشان داد که راهکارهای سازگاری با مخاطرات محیطی باید در سطوح نهادی طراحی شوند تا اثربخشی لازم را داشته باشند. در سطح داخلی نیز پژوهش فیروزی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد که کیفیت مدیریت بحران و هماهنگی نهادی از مهم‌ترین پیشران‌های تاب‌آوری در شهرهای مرزی هستند. این یافته، رویکردهای سنتی را که تاب‌آوری را بیشتر بر ابعاد کالبدی و اقتصادی متمرکز می‌کردند به چالش می‌کشد و بر ضرورت تحلیل نهادی و حکمرانی در مطالعات تاب‌آوری تأکید می‌گذارد. قوی‌ترین روابط علی شناسایی‌شده در مدل، تأثیر بعد نهادی-مدیریتی بر بعد اجتماعی (۰,۴۸۶) و تأثیر بعد نهادی-مدیریتی بر بعد کالبدی-زیرساختی (۰,۴۴۳) است؛ این دو رابطه به‌روشنی نقش حیاتی حکمرانی را هم در تقویت سرمایه‌ی اجتماعی و هم در مقاوم‌سازی زیرساخت‌های شهری نشان می‌دهند. بعد اقتصادی با مرکزیت $D+R$ برابر ۳,۴۳۸ (دومین مقدار پس از بعد نهادی-مدیریتی) و $D-R$ مثبت (۰,۱۴۲+)، در دسته‌ی ابعاد زمینه‌ای قرار می‌گیرد و نقش واسطه‌ای مهمی در انتقال اثرات از ابعاد پیشران (نهادی و اجتماعی) به ابعاد پیامدی (زیست‌محیطی و کالبدی) ایفا می‌کند. این یافته با پژوهش (Hallegatte et al., 2011) هم‌خوانی دارد که نشان داد سرمایه‌گذاری نهادی و اقتصادی، پیش‌نیاز اصلی کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در شهرهای ساحلی است. بنابراین بعد اقتصادی در این ساختار، پل ارتباطی میان ظرفیت‌های نهادی-اجتماعی و زیرساخت‌های فیزیکی محسوب می‌شود. بعد اجتماعی با $D-R$ مثبت (۰,۱۳۱+) و مرکزیت ۲,۹۵۱، به‌عنوان دومین بعد زمینه‌ای شناخته شد. این بعد از طریق دو مسیر بر تاب‌آوری اثر می‌گذارد: مسیر مستقیم، که نقش بی‌واسطه‌ی سرمایه‌ی اجتماعی را در کاهش تلفات و افزایش همبستگی اجتماعی هنگام بحران نشان می‌دهد؛ و مسیر غیرمستقیم از طریق بعد اقتصادی، که نشان می‌دهد جامعه‌ای با سرمایه‌ی اجتماعی بالا می‌تواند از طریق مشارکت در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و پیگیری مطالبات زیرساختی،

به‌طور غیرمستقیم نیز به تاب‌آوری کمک کند. این یافته با پژوهش‌های (Adger, 2000) و (Aldrich & Meyer, 2015) هم‌خوانی دارد که بر نقش سرمایه‌ی اجتماعی در افزایش ظرفیت انطباق و تسریع بازیابی پس از بحران تأکید کرده‌اند. بعد زیست‌محیطی با D-R منفی (۰,۱۰۲-) و مرکزیت ۲,۷۱۴، در دسته‌ی ابعاد پیامدی قرار می‌گیرد. این جایگاه از سه عامل نشأت می‌گیرد: نخست، وابستگی شدید معیشت مردم منطقه به دریا و منابع طبیعی؛ دوم، قرارگیری این شهرها در معرض مستقیم مخاطرات محیطی؛ و سوم، فشارهای صنعتی و آلودگی‌های زیست‌محیطی که به‌ویژه در ماهشهر و عسلویه تهدیدی جدی محسوب می‌شوند. این یافته با پژوهش‌های (Costanza et al., 2014) و (Zscheischler et al., 2018) هم‌خوانی دارد که نشان دادند اکوسیستم‌های ساحلی به‌عنوان سپرهای طبیعی عمل می‌کنند و تخریب آن‌ها آسیب‌پذیری شهرها را در برابر مخاطرات افزایش می‌دهد. اگرچه این بعد از منظر ساختار علی شبکه بیشتر تأثیرپذیر است تا تأثیرگذار، اهمیت راهبردی آن به‌عنوان زیرساخت طبیعی حفاظتی همچنان بااهمیت باقی می‌ماند. بعد کالبدی-زیرساختی با پایین‌ترین مقدار D-R (۰,۶۶۳-) و بالاترین مقدار R (۱,۶۹۱)، به‌عنوان تأثیرپذیرترین بعد شبکه شناسایی شد. این یافته نشان می‌دهد که زیرساخت‌های فیزیکی، هرچند برای تداوم عملکرد شهر در شرایط بحران حیاتی هستند، در ساختار علی این مدل بیشتر به‌عنوان یک متغیر پیامدی عمل می‌کنند و خود نمی‌توانند منشأ تحول در سایر ابعاد باشند؛ به بیان دیگر، کالبد مقاوم، نتیجه‌ی نهایی حکمرانی خوب، اقتصاد پایدار و جامعه‌ی مشارکت جو است. این یافته با پژوهش‌های (Cutter et al., 2003) و (Bruneau et al., 2003) هم‌خوانی دارد که نشان دادند تاب‌آوری زیرساختی، بیش از آنکه به استحکام فیزیکی وابسته باشد، به ظرفیت نهادی و اقتصادی برای نگهداری و بازسازی وابسته است.

در مجموع، نتیجه‌گیری میشود که ساختار علی به‌دست‌آمده نشان می‌دهد ارتقای تاب‌آوری شبکه‌ای شهرهای ساحلی خلیج فارس مستلزم مداخله‌ی اولویت‌دار در ابعاد زمینه‌ای (نهادی-مدیریتی، اجتماعی و اقتصادی) است، چرا که این ابعاد نه‌تنها خود تأثیرگذارترین حلقه‌های شبکه‌اند، بلکه از طریق آن‌ها اثرات به ابعاد پیامدی (زیست‌محیطی و کالبدی-زیرساختی) منتقل می‌شود. سرمایه‌گذاری مستقیم و منفرد در زیرساخت‌های فیزیکی، بدون تقویت هم‌زمان نظام حکمرانی، سرمایه‌ی اجتماعی و بنیه‌ی اقتصادی، بنا بر یافته‌های این پژوهش، نمی‌تواند تاب‌آوری پایدار ایجاد کند.



شکل ۵. نمودار لایه‌های سیاستگذاری

ارائه بسته سیاستگذاری و پیشنهادات

الف) پیشنهادات ساختاری، نهادی و یکپارچه‌ساز (مشترک برای سه شهر)

ردیف	حوزه	سیاست	اقدام اجرایی	اولویت
۱	حکمرانی	استقرار نظام حکمرانی یکپارچه تاب‌آوری	تشکیل «شورای عالی تاب‌آوری شهرهای ساحلی»	فوری
۲	نهادی	الزام به برنامه‌ریزی مبتنی بر داده	تدوین سامانه پایش مستمر شاخص‌های تاب‌آوری	فوری
۳	نهادی	تقویت هماهنگی بین‌سازمانی	طراحی و اجرای مانورهای سالانه مشترک	فوری
۴	حکمرانی	شفافیت و پاسخگویی نهادی	انتشار سالانه «گزارش تاب‌آوری شهر»	میان‌مدت
۵	اجتماعی	توانمندسازی جوامع محلی	راه‌اندازی «سراهای تاب‌آوری محله‌ای»	فوری
۶	اجتماعی	ارتقای آگاهی عمومی از مخاطرات	گنجاندن آموزش مدیریت بحران در کتب درسی	میان‌مدت
۷	اقتصادی	تنوع‌بخشی به اقتصاد شهرهای ساحلی	توسعه صنایع گردشگری، شیلات و خدمات دریایی	میان‌مدت
۸	اقتصادی	ایجاد صندوق تاب‌آوری شهری	تأمین اعتبار برای مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها	میان‌مدت
۹	زیست محیطی	احیا و حفاظت از اکوسیستم‌های ساحلی	برنامه احیای جنگل‌های حرا و تالاب‌ها	میان‌مدت

۱۰	زیرساختی	مقاوم سازی زیرساخت های حیاتی	بازنگری استانداردهای ساخت وساز در پهنه های ساحلی	میان مدت
۱۱	زیست محیطی	توسعه زیرساخت های سبز و آبی	احداث کمربند سبز ساحلی و پارک های سیلابی	بلند مدت

ب) پیشنهادات مکان ویژه (بر اساس الگوهای غالب شهرها)

شهر بوشهر (با تأکید بر الگوی جامعه محور):

۱- نهادینه سازی مشارکت شهروندی و تقویت سازمان های مردم نهاد محلی

۲- توسعه تعاونی های معیشتی بومی و تنوع بخشی به اقتصاد محلی

شهر ماهشهر (با تأکید بر الگوی زیرساخت پایه):

۱- مقاوم سازی، زون بندی و پدافند غیرعامل در شریان های حیاتی شهری

۲- ساماندهی فضایی-کالبدی سکونتگاه های غیررسمی و بافت های ناکارآمد

شهر عسلویه (با تأکید بر الگوی صنعت پایه):

۱- الزام صنایع بزرگ به ایفای مسئولیت های اجتماعی در مسیر پایداری شهری

۲- ایجاد حریم سبز هوشمند و کمربند حفاظتی میان منطقه صنعتی و بافت مسکونی

References

- Amanpour, S., & Hajipour, N. (2020). Comparative analysis of physical indicators of a safe city in Ahvaz metropolis using GeoDa and GIS (Case study: Kianpars, Golestan, and Sepidar neighborhoods). *Safe City Quarterly*, 3(9), 1–21. (In Persian.)
- Firoozi, M. A., Maleki, S., & Amanpour, S. (2020). Identifying the drivers affecting the resilience of border cities (Case study: Abadan). *Regional Planning*, 10(39), 91–104. (In Persian.)
- Karimi Kardabadi, M., & Zanganeh Ethenailou, M. (2014). Maritime balances and their economic and security hazards in coastal areas (Case study: Bandar Abbas coasts). *Geography: International Scientific-Research Quarterly of the Iranian Geographical Association*, 12(42), 191–209. (In Persian.)
- Maleki, S., & Hajipour, K. (2023). Analysis of drought risk and water insecurity in coastal industrial cities of the Persian Gulf. *Regional Planning Journal*, 13(48), 23–42. (In Persian.)
- Safaeipour, M., & Gonakhki, M. (2022). Optimal scenarios for improving the environmental resilience of coastal cities using a futures studies approach (Case study: Deyr). *Geography and Planning*, 26(80), 135–150. (In Persian.)
- Setoodehpour, A., Maddadi, A., & Safarzadehpour, S. (2020). Geomorphological monitoring of shoreline fluctuations in Bushehr Port. *Geographical Research*, 35(2), 177–187. (In Persian.)
- Shoja, F., & Hamidianpour, M. (2023). Forecasting the consequences of climate change for tourism development along the southern coasts (Case study: Kish Island). *Tourism and Development Quarterly*, 12(4). (In Persian.)
- Abhijith, R., Bijulal, D., Subramoniam, S., & Ravi, V. (2025). Demystifying behavioural biases influencing sustainable investing decisions: A hybrid PLS-SEM and fuzzy DEMATEL approach. *Social Responsibility Journal*, 21(9), 2034-2052. <https://doi.org/10.1108/SRJ-02-2025-0150>
- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347-364. <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>
- Aldrich, D. P., & Meyer, M. A. (2015). Social capital and community resilience. *American Behavioral Scientist*, 59(2), 254-269. <https://doi.org/10.1177/0002764214550299>
- Batty, M. (2013). *The new science of cities*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9399.001.0001>
- 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. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>
- Buldyrev, S. V., Parshani, R., Paul, G., Stanley, H. E., & Havlin, S. (2010). Catastrophic cascade of failures in interdependent networks. *Nature*, 464(7291), 1025-1028. <https://doi.org/10.1038/nature08932>
- Charłampowicz, J., Mańkowski, C., & Saikouk, T. (2025). The role of environmental management in European inland freight transport enterprises. *Journal of Environmental Management*, 374, 124105. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124105>

- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., ... & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Davoudi, S., Shaw, K., Haider, L. J., Quinlan, A. E., Peterson, G. D., Wilkinson, C., ... & Davoudi, S. (2012). Resilience: A bridging concept or a dead end? *Planning Theory & Practice*, 13(2), 299-333. <https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124>
- Du, Y. W., & Zhou, W. (2019). New improved DEMATEL method based on both subjective experience and objective data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 83, 57-71. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.05.001>
- Elmqvist, T., Andersson, E., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Bai, X., Bettencourt, L., ... & Wilkinson, C. (2019). Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, 2(4), 267-273. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0250-1>
- Fang, C. C., Liou, J. J. H., Huang, S. W., Wang, Y. C., Huang, H. H., & Tzeng, G. H. (2021). A hybrid, data-driven causality exploration method for exploring the key factors affecting mobile payment usage intention. *Mathematics*, 9(11), 1185. <https://doi.org/10.3390/math9111185>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.002>
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 20. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Folke, C., et al. (2023). Resilience and transformation: A review. *Ecological Economics*, 205, 107724. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107724>
- Fontela, E., & Gabus, A. (1976). The DEMATEL observer. DEMATEL 1976 Report. Battelle Geneva Research Center. Gao, J., Barzel, B., & Barabási, A.-L. (2016). Universal resilience patterns in complex networks. *Nature*, 530(7590), 307-312. <https://doi.org/10.1038/nature16948>
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R. J., & Corfee-Morlot, J. (2011). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3(9), 802-806. <https://doi.org/10.1038/nclimate1979>
- Helbing, D. (2013). Globally networked risks and how to respond. *Nature*, 497(7447), 51-59. <https://doi.org/10.1038/nature12047>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Lachkar, Z., Mehari, M., Paparella, F. F., & Burt, J. A. (2024). Acceleration of warming, deoxygenation, and acidification in the Arabian Gulf driven by weakening of summer winds. *Geophysical Research Letters*, 51(24), e2024GL109898. <https://doi.org/10.1029/2024GL109898>

- MacManus, K., Balk, D., Engin, H., McGranahan, G., & Inman, R. (2021). Estimating population and urban areas at risk of coastal hazards, 1990–2015: how data choices matter. *Earth System Science Data*, 13(12), 5747–5801. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5747-2021>
- Martinez, J., et al. (2020). Social-ecological resilience in coastal urban systems facing climate uncertainty. *Ecology and Society*, 25(3), 12. <https://doi.org/10.5751/ES-11654-250312>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Nguyen, P. H., et al. (2022). A hybrid grey DEMATEL and PLS-SEM model to investigate COVID-19 vaccination intention. *Computers, Materials & Continua*, 72(3), 5059–5078. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.027630>
- Pescaroli, G., & Alexander, D. (2018). Understanding compound, interconnected, interacting, and cascading risks: A holistic framework. *Risk Analysis*, 38(11), 2245–2257. <https://doi.org/10.1111/risa.13128>
- Prakash, G., & Srivastava, S. (2019). Developing a care coordination model using a hybrid DEMATEL and PLS-SEM approach. *IIM Kozhikode Society & Management Review*, 8(1), 34–49. <https://doi.org/10.1177/2277975218812958>
- Raymond, C., Matthews, T., & Tuholske, C. (2024). Evening humid-heat maxima near the southern Persian/Arabian Gulf. *Communications Earth & Environment*, 5, 591. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01763-3>
- Seker, S., Aydin, N., & Tuzkaya, U. R. (2024). What is needed to design sustainable and resilient cities: Neutrosophic fuzzy based DEMATEL for designing cities. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 108, 104569. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104569>
- Sharifi, A. (2022). Urban resilience: A vague or an evolutionary concept? *Sustainable Cities and Society*, 81, 103840. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103840>
- Wang, Y., & Chen, H. (2023). The role of smart technologies in enhancing climate resilience of coastal cities. *Sustainable Cities and Society*, 94, 104550. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104550>
- Zscheischler, J., Westra, S., van den Hurk, B. J. J. M., Seneviratne, S. I., Ward, P. J., Pitman, A., ... & Zhang, X. (2018). Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*, 8(6), 469–477. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>

Presenting a Policy Package for Network Resilience of Persian Gulf Coastal Cities Using a Hybrid Fuzzy-SEM and DEMATEL Approach

Mohammad Hajian - PhD student - - - PhD student, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. - mohammadhajian1362@gmail.com

Saeid Maleki - Professor - - - Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. - malekis@scu.ac.ir

Zahra Soltani - Associate Professor - - - Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. - z.soltani@scu.ac.ir

Abstract

Coastal cities in the Persian Gulf face multiple interconnected challenges arising from environmental pressures, climate change, economic fluctuations, and socio-institutional vulnerabilities. Strengthening urban resilience in these areas requires an integrated policy framework capable of identifying influential factors and understanding the complex relationships among them. The present study aims to develop a policy package for enhancing the network resilience of Persian Gulf coastal cities using a hybrid analytical approach. The research employs a mixed-method design, combining qualitative identification of resilience components with quantitative modeling techniques. Data were collected through expert opinions, and the relationships among the identified factors were analyzed using Fuzzy DEMATEL and Structural Equation Modeling (SEM). The findings indicate that institutional and managerial factors play a fundamental role in strengthening network resilience, acting as key drivers that influence other dimensions of resilience. The results also highlight the importance of integrated governance, inter-organizational coordination, adaptive planning, and strengthening social, economic, and environmental capacities in coastal cities. Based on the obtained relationships, a comprehensive policy package is proposed to improve resilience mechanisms and support sustainable development in Persian Gulf coastal areas. The proposed framework can assist urban policymakers and planners in designing effective strategies for managing complex challenges in coastal cities.

Keywords: Network Resilience; Coastal Cities; Persian Gulf; Policy Package; Fuzzy DEMATEL; Structural Equation Modeling (SEM); Urban Sustainability

Introduction

Coastal cities are among the most complex urban systems due to their economic, environmental, social, and geopolitical importance. Persian Gulf coastal cities, because of their strategic location and dependence on maritime activities, energy resources, and economic interactions, are exposed to various risks and uncertainties. Environmental degradation, climate change impacts, population growth, economic dependency, and institutional fragmentation have increased the necessity of developing resilience-based approaches for managing these urban systems. Traditional urban management approaches are often unable to address the interconnected nature of contemporary challenges; therefore, a network-oriented perspective is required to enhance coordination, adaptability, and long-term sustainability.

Urban resilience is not merely the ability of a city to resist disturbances but also includes the capacity to adapt, reorganize, and continue essential functions after facing crises. In this context, identifying the influential components of resilience and understanding causal relationships among them can provide valuable insights for policy development. Therefore, this study aims to present a policy package for improving the network resilience of Persian Gulf coastal cities through an integrated analytical framework.

Methodology

This research adopts a mixed-method approach. In the qualitative stage, the main dimensions and indicators affecting network resilience in coastal cities were identified through theoretical foundations and expert perspectives. In the quantitative stage, the relationships among the identified factors were examined using advanced decision-making techniques. Fuzzy DEMATEL was applied to determine causal relationships and the degree of influence among resilience components, while Structural Equation Modeling (SEM) was employed to validate the conceptual model and assess the relationships between latent variables.

The statistical population consisted of experts and specialists in the fields of urban planning, regional management, coastal studies, and related disciplines. Expert judgments were collected and analyzed to identify the most influential factors shaping network resilience. The combination of fuzzy logic and structural modeling enabled the research to overcome uncertainty in expert evaluations and provide a more realistic understanding of complex urban relationships.

Findings

The findings demonstrate that network resilience in Persian Gulf coastal cities is influenced by multiple interconnected dimensions. Among the identified factors, institutional and managerial dimensions have the highest level of influence and function as fundamental drivers of resilience development. Effective governance structures, coordination among organizations, strategic planning capabilities, and adaptive management approaches are considered essential foundations for improving resilience.

The results also reveal that environmental, social, and economic factors have significant relationships with network resilience. Environmental management and protection of coastal ecosystems contribute to long-term sustainability, while social participation and community capacity enhance the ability of cities to respond to disturbances. Furthermore, economic diversification and strengthening local capacities reduce vulnerability caused by excessive dependence on specific economic activities.

The causal analysis indicates that some factors act as driving variables, while others are mainly affected by the system structure. This finding emphasizes that resilience policies should not focus only on physical infrastructure but must also address governance mechanisms, institutional capacities, social networks, and adaptive decision-making processes.

Conclusion

Based on the research findings, a comprehensive policy package is proposed for strengthening the network resilience of Persian Gulf coastal cities. This package emphasizes improving institutional coordination, developing integrated coastal management systems, increasing stakeholder participation, strengthening environmental protection mechanisms, and enhancing adaptive urban planning.

The study highlights that achieving resilient coastal cities requires a shift from fragmented management approaches toward network-based governance. Policymakers should prioritize collaborative decision-making, knowledge sharing among organizations, and the development of flexible strategies capable of responding to future uncertainties.

The proposed model provides a practical framework for urban managers and policymakers to evaluate resilience capacities and design targeted interventions. Furthermore, the findings contribute to the literature on coastal urban resilience by integrating fuzzy decision-making methods and structural modeling approaches to explain the complex dynamics of resilience in strategic coastal regions.