

ارزیابی تاب‌آوری بافت فرسوده شهر در برابر زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۲ شهرداری بندرعباس)

محمد ابراهیم عفیفی*^۱

۱. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران.

doi DOI:10.22124/gscj.2022.21511.1142

DOR:20.1001.1.27831191.1401.3.2.4.9

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۰۲

چکیده

شهر بندرعباس با ریسک‌پذیری بالایی در مقابل زلزله مواجه است که شناسایی و مقاوم‌سازی بافت فرسوده را ضروری می‌نماید. استقرار نامناسب کاربری‌ها، شبکه ارتباطی ناکارآمد، بافت فشرده، تراکم‌های بالا، توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و غیره نقش اساسی در افزایش آسیب‌های وارده در برابر زلزله دارند. این پژوهش به ارزیابی تاب‌آوری بافت فرسوده در مقابل زلزله با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در منطقه ۲ شهر بندرعباس می‌پردازد. بافت فرسوده شامل محلات نایبند، خواجه‌عطا، چاهستانی‌ها و کمربندی است. در روش AHP، بیشترین تاب‌آوری مساکن مربوط به نایبند شمالی با ۶۸/۶ درصد در طبقه تاب-آوری زیاد، نایبند جنوبی با ۴۵/۸ درصد و خواجه‌عطا با ۴۱ درصد مساکن در رده‌های بعدی قرار دارند. در حالی که چاهستانی‌ها و کمربندی به ترتیب ۴/۶ درصد و ۵/۷ درصد محله از تاب‌آوری مناسبی برخوردارند. تحلیل آسیب‌پذیری نیز نشان می‌دهد که ۲۸/۲ درصد ساختمان‌های کمربندی و ۱۰/۷ درصد از چاهستانی‌ها، آسیب‌پذیری بالایی دارند. در روش ANP، معیارهای شیب و فاصله از گسل، به ترتیب با وزن ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷ کمترین ارزش را دارند و معیارهای جنس مصالح و تعداد طبقات ساختمانی با وزن ۰/۱۱۹ و ۰/۰۷۲، مهم‌ترین شاخص‌ها هستند. در محیط GIS لایه‌ها هم‌پوشانی شده و نتایج نشان می‌دهد که ۶۹/۲ درصد از نایبند شمالی و ۴۰/۹ درصد خواجه‌عطا از تاب‌آوری بالایی برخوردارند. ۳۲/۸ درصد کاربری‌های کمربندی به شدت آسیب‌پذیر و ۴۳/۱ درصد آن نسبتاً آسیب‌پذیر است که رتبه اول آسیب‌پذیری و چاهستانی‌ها نیز رتبه دوم را دارد. مقایسه نتایج حاصل از دو روش تصمیم‌گیری، نشان‌دهنده عملکرد بهتر روش ANP می‌باشد.

واژگان کلیدی: بافت فرسوده، آسیب‌پذیری، تاب‌آوری، زلزله، AHP.

نکات برجسته:

- نوع مصالح به کار رفته در سازه، بیشتر از دیگر پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله دارای اهمیت می‌باشد.

۱. مقدمه

مخاطرات طبیعی با انواع گوناگون و گستره نفوذشان پدیده‌های تکرار شدنی و ویرانگر هستند که همواره در طول دوران حیات کره زمین وجود داشته و پس از پیدایش بشر نیز همیشه خطر جدی برای انسان‌ها بوده‌اند. بنابراین، می‌توان اذعان کرد که هیچ جامعه‌ای ادعای ایمن بودن از مخاطرات طبیعی را ندارد و انسان‌ها همواره با تأثیرات ذهنی و عینی زیان‌بار روبه‌رو هستند. با مرور پیشینه تاریخی حوادث رخ داده در کشور می‌توان دریافت که ایران به دلیل دارا بودن ساختارهای مکانی - فضایی ویژه، همواره بحران‌های طبیعی زیادی متحمل شده و در زمره آسیب‌پذیرترین نقاط جهان در برابر مخاطرات طبیعی بوده است (بیرودیان، ۱۳۸۵: ۱۵). واقعیت آن است که سوانح طبیعی به‌عنوان تهدیدی در حال رشد در ارتباط با رفاه و توسعه جوامع روستایی مطرح‌اند و خسارت‌های ناشی از سوانح طبیعی هم از دیدگاه تکرار و هم از نظر صدماتی که به بار می‌آورند، بر جامعه روستایی اثر می‌گذارند (پورطاهری، ۱۳۹۲: ۱). اصولاً زلزله در سطح زمین، آثار ژئومورفولوژیکی فراوانی نظیر ایجاد گسل، جابه‌جایی افقی و عمودی، ایجاد شکاف‌هایی به ابعاد مختلف، تحریک و تشدید حرکت مواد بر روی دامنه‌ها، انسداد و تغییر مسیر رودها و ... به وجود می‌آورند. بنابراین زلزله بطور مستقیم و غیر مستقیم موجب ناپایداری محیط می‌شود که در مکان‌گزینی سکونتگاه‌ها باید به آن توجه فراوان کرد (زمردیان، ۱۳۷۸: ۳۹). بدین ترتیب ضروری است که در این زمینه با اتخاذ رویکرد توسعه پایدار روستایی مبتنی بر مدیریت خطر، تدوین و بکارگیری شیوه‌های مناسب، به کاهش آثار نامطلوب مخاطرات طبیعی در مناطق اقدام کرد. پیامدهای مخاطرات طبیعی در واقع فقط از راه برنامه‌ریزی صحیح و استفاده از از شیوه‌ها و ابزارهای جدید مدیریتی کاهش می‌یابند، بنابراین لازم است به‌صورت نظام‌مند به شناخت و درک عمیق فرایندهای مؤثر در بروز مخاطرات و برنامه‌ریزی بهتر به منظور حذف یا کاهش ابعاد مختلف پیامدها و آسیب‌های ناشی از آن‌ها در داخل کشور پرداخت. در این زمینه بهره‌گیری از روش‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری برای سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی بهینه به منظور کاهش مخاطرات طبیعی، اهمیت فراوان دارد. معمولاً بر اثر وقوع زلزله‌های مهم، بخش‌هایی از زمین گسیخته می‌شود. گسیختگی زمین همراه با تحلیل و از بین رفتن انرژی است که از شدت زلزله می‌کاهد. یکی از مسائلی که بر اثر وقوع زلزله در زمین رخ می‌دهد، حرکت گسل‌های ایجادشده در اثر زلزله و گسیختگی طبقات مختلف زمین و شکستگی و برش در ساختمان‌ها است که منجر به ایجاد مناطقی با مقاومت کمتر و آسیب‌پذیرتر می‌گردد. محل استقرار سکونتگاه‌ها و سایر تأسیساتی که توسط انسان ایجاد می‌شود، کاملاً تحت تأثیر عوامل محیطی و زمین‌ساختی می‌باشد. امروزه با توجه به رشد سریع جمعیت که به تبع آن توسعه ساخت‌وسازها اجتناب‌ناپذیر گشته است، روز به روز فشار نیازهای بشر روی زمین زیادتر شده و بهره‌برداری از مناطق اطراف شهرها و روستاها برای ایجاد خانه و تأسیسات اقتصادی و صنعتی افزایش پیدا می‌کند. میزان خساراتی که در شهرهای مختلف در نتیجه ارتعاشات زمین‌لرزه به ساختمان‌ها وارد می‌شود، به عوامل متعددی بستگی دارد. از مهم‌ترین عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری در برابر زلزله می‌توان به عنوان نمونه به موارد زیر اشاره کرد: ۱- بزرگی، شدت و مدت زلزله، ۲- شرایط زمین‌شناسی منطقه، ۳- حداکثر توان لرزه‌زایی گسل‌ها، ۴- نوع گسل‌ها، ۵- فاصله از چشمه‌های لرزه‌زایی، ۶- وضعیت سازه‌های منطقه به جهت مقاومت، ۷- نزدیکی به نواحی با تراکم جمعیت بالا.

در ادبیات مربوط به مباحث زلزله، آسیب‌پذیری به‌صورت میزان تحمل، پایداری و یا نجات از اثرات یک بلای طبیعی در بلند مدت و به همان نسبت در کوتاه مدت تعریف شده است. به‌طور کلی می‌توان گفت آسیب‌پذیری در مقابل حوادث طبیعی مانند زلزله، تابعی از رفتارهای انسانی بوده که نشانگر درجه تأثیرپذیری یا قابلیت ایستادگی واحدهای اقتصادی - اجتماعی و یا دارایی‌های فیزیکی در برابر خطر طبیعی می‌باشد (برومند، ۱۳۹۰). وقتی که سانحه زلزله اتفاق می‌افتد، در مناطق روستایی آثار تخریبی زیادی را به لحاظ ابعاد محیطی، اجتماعی و اقتصادی بر جای می‌گذارد (پریشان، ۱۳۹۰: ۲)، و بی‌توجهی به آن در مکان‌گزینی سکونتگاه‌ها و عدم رعایت نکات فنی و ایمنی در ساخت تأسیسات و ساختمان‌ها می‌تواند اثرات زیان‌باری را به دنبال داشته باشد (نگارش، ۱۳۸۲: ۱۳۹).

۲. مبانی نظری

ایران از جمله کشورهایی است که گسل‌های فعال و خطرناک دارد و بسیاری از شهرها و مراکز جمعیتی، سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی، یا روی گسل‌ها یا در مجاورت آن‌ها واقع شده‌اند. گسل‌ها یکی از پدیده‌های مهم ژئومورفولوژیکی هستند که از حرکات تکنونیک ناشی می‌شوند. با توجه به سوابق لرزه‌خیزی کشور و همچنین نحوه ساختار شهری و احداث بناهای کشور در سال‌های

گذشته و داشتن ظرفیت بالا در اکثر شهرهای کشور برای زمین‌لرزه، ایجاب می‌کند که مسألهٔ مصون‌سازی جامعه از آثار زمین‌لرزه به طور جدی در دستور کار قرار گیرد. نابودی سرمایه‌های ملی و انسانی بر اثر زمین‌لرزه‌های مخرب، لزوم توجه به ساختار شهری و مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود و ضرورت وجود مقررات ملی برای ارزیابی ایمنی و مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود در برابر زمین‌لرزه را اجتناب‌ناپذیر می‌کند (رضوی، ۱۳۹۵).

۱.۲. ابعاد تاب‌آوری

تاب‌آوری دارای ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی می‌باشد.

(الف) اولین مؤلفه تاب‌آوری، بعد اجتماعی است که از تفاوت ظرفیت اجتماعی، در بین جوامع به دست می‌آید. به عبارت دیگر ظرفیت گروه‌های اجتماعی و جوامع در بازایی یافتن یا پاسخ مثبت دادن به سوانح است.

(ب) دومین مؤلفه، بعد اقتصادی است، در اقتصاد، تاب‌آوری به‌عنوان واکنش و سازگاری ذاتی افراد و جوامع در برابر مخاطرات به طوری که آن‌ها را قادر به کاهش خسارات زیان‌های بالقوه ناشی از مخاطرات سازد، تعریف می‌شود.

(ج) سومین مؤلفه، بعد نهادی است که حاوی ویژگی‌های مرتبط با تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است. در اینجا تاب‌آوری به وسیلهٔ ظرفیت جوامع برای کاهش خطر، اشتغال افراد محلی در تقلیل خطر، برای ایجاد پیوندهای سازمانی و بهبود و حفاظت از سیستم‌های اجتماعی در یک جامعه تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

(د) چهارمین مؤلفه، بعد کالبدی - محیطی (زیرساختی) است که اساساً ارزیابی واکنش جامعه و ظرفیت بازایی بعد از سانحه نظیر پناهگاه، واحدهای مسکونی خالی یا اجاره‌ای، و تسهیلات سلامتی می‌شود. همچنین این شاخص‌ها ارزیابی کلی از مقدار اموال خصوصی که ممکن است در برابر خسارت دائمی و زیان‌های اقتصادی احتمالی، به شکل ویژه‌ای آسیب‌پذیر باشند، در اختیار قرار می‌دهد. زیرساخت‌های آسیب‌پذیر، شامل خانه‌های کم‌دوام که به‌ویژه به یک حادثه فاجعه‌بار حساس هستند.

بافت فرسوده شهری نقطه آغازین رشد شهر و بیان‌گر فرهنگ هم‌زیستی مردمان یک مجتمع در ابتدای سکونت آن‌ها در یک مکان خاص است. بافت‌های فرسوده شهری، محلات فرسوده‌ای در فضای شهری می‌باشند که مسائل و پیچیدگی‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی و شیوه زندگی خاص خود را دارد. این محلات و بافت‌ها از یک سو دارای ریشه‌های سکونتی ارزشمند با غنای فرهنگی، اجتماعی و معماری است و از طرف دیگر به جهت فرسودگی شدید، نبود دسترسی مناسب به خدمات شهری و بهداشتی، وجود مشکلات اجتماعی و امنیتی و آسیب‌پذیری در برابر زلزله، سیل و آتش‌سوزی و نیز عدم تطابق با زندگی امروز شهری و شهرسازی مدرن دارای مشکلات رونمایی و زیرساختی هستند. وجود چنین مکان‌هایی در سطح شهر سبب می‌گردد تا ما با پدیده فرسودگی شهری یا پژمردگی شهری مواجه شویم. مراد از فرسودگی شهری همانا تنزل شرایط اجتماعی، اقتصادی و کالبدی بافت شهر است.

فرسودگی شهری دارای ابعاد مختلفی می‌باشد اما مهم‌ترین آن‌ها عبارت هستند از:

- فرسودگی کالبدی - سازه‌ای: این فرسودگی از افت کیفیت بناهای موجود در واحدهای همسایگی ناشی می‌شود و مهم‌ترین علل آن را می‌توان عدم نگهداری بنا یا نگهداری نامطلوب و نامناسب فضا دانست.
- فرسودگی کارکردی: این فرسودگی ناشی از زوال کارکردی در مناطق شهری است و بدین معنی است که مناطق در طول زمان نقش خود را در فضای شهری از دست می‌دهند.
- فرسودگی نسبی یا اقتصادی: این فرسودگی زمانی اتفاق می‌افتد که مردم سرمایه و توانایی خرید خود را خارج از محدوده بافت سرمایه‌گذاری نمایند؛ زیرا هزینه سرمایه‌گذاری در محلات تاریخی و فرسوده بیشتر از نقاط دیگر است.

۳. پیشینه پژوهش

پورطاهری و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس (روستاهای دهستان چلان چولان شهرستان درود) پرداختند که نتایج تحقیقات آنان نشان می‌دهد با توجه به متنوع و گسسته بودن شاخص‌های آسیب‌پذیری فیزیکی، این مدل می‌تواند در رتبه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها در مقابل زلزله قابلیت زیادی داشته باشد. نتایج به‌دست آمده از آنجا که با واقعیت‌های تجربی و محلی منطبق است، می‌تواند برای رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله ابزار مناسبی باشد. علوی و همکاران (۱۳۹۴)

به پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور در شهرستان تالش پرداختند. پس از اجرای عملیات پهنه‌بندی فضایی در مدل ویکور، مشخص گردید که از ۹۴۱ روستای شهرستان تالش ۴۱۱ روستا یعنی ۱۳ درصد از سکونتگاه‌های روستایی شهرستان در منطقه خطر بالای زلزله استقرار یافته‌اند. فاضل‌نیا و همکاران (۱۳۹۴) به پهنه‌بندی خطر مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر فاکتور زمین لغزش در دهستان دو هزار شهرستان تنکابن پرداختند که نتایج نشان می‌دهد ۲۵/۸۸ کیلومتر مربع از کل دهستان مورد مطالعه، دارای پتانسیل خطر خیلی کم و ۳۴/۵۰ کیلومتر مربع دارای پتانسیل خطر خیلی زیاد در دهستان دو هزار در شهرستان تنکابن می‌باشد که در این خصوص عامل انسانی به‌عنوان عامل اصلی در این رابطه محسوب می‌شود.

غضنفری (۱۳۹۵)، به بررسی نقش ژئومورفولوژی در مدیریت بحران زلزله لامرد پرداخته است و در نهایت پنج منطقه را برای مدیریت بحران زلزله پیشنهاد نمودند. سمیعی‌نژاد (۱۳۹۵) در پایان‌نامه ارشد خود به بررسی نقش ژئومورفولوژی در استقرار سکونتگاه‌های شهری و روستایی بخش جویم لارستان پرداختند. نتایج به‌دست آمده بر اساس معیار و زیر معیارها نقشه پهنه‌بندی بخش جویم در سه کلاس مناسب، متوسط و نامناسب می‌باشد. یار احمدی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی عوامل محیطی مؤثر بر شکل‌گیری و رخداد مخاطرات طبیعی سکونتگاه‌های روستایی دشت سیلاخور استان لرستان پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل ژئومورفیک در پراکندگی و استقرار روستاها، دشت‌های آبرفتی است. پایدارترین عامل اکولوژیک مؤثر بر پراکنش روستاها در دشت سیلاخور عامل شیب و ناپایدارترین عامل، وجود گسل‌های مختلفی است که باعث لرزه‌خیزی منطقه شده است. علی‌تاجر و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی نقش عوامل کالبدی در اجتماع‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی محله‌های حصار امام خمینی و دیزج همدان پرداختند که نتایج نشان می‌دهد محله حصار از وضعیت کالبدی مطلوب‌تری نسبت به محله دیزج برخوردار است که به نظر می‌رسد این عامل یکی از دلایل اجتماع‌پذیرتر بودن این محله نسبت به محله دیزج است. عباسپور (۱۳۹۵) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به بررسی ساختار شهری شهر بستک در برابر خطرات زلزله پرداخته است. رضوی (۱۳۹۵) در پایان‌نامه ارشد خود با ارائه الگویی مناسب به دنبال مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های مدیریت بحران در شرایط وقوع زلزله در شهر سپیدان می‌باشد. در مرحله اول به شناسایی عوامل مؤثر بر مکان‌گزینی پایگاه‌ها پرداخته شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS و پس از طی مراحل جمع‌آوری داده‌ها، تهیه نقشه فاصله لایه‌های اطلاعاتی، طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری درونی لایه‌ها و در نهایت وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌های ارزش‌گذاری شده به اولویت‌بندی نقاط شهر سپیدان برای ایجاد پایگاه‌های مدیریت بحران در شرایط وقوع زلزله پرداخته است. فتحی (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات طبیعی زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان خنج) پرداختند که پس از اجرای عملیات پهنه‌بندی مشخص گردید که ۱۴ روستا یعنی ۷۲ / ۱۷ درصد از سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات شدید زلزله هستند، قرار گرفته‌اند. ساسان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر در برابر مخاطرات زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی: محله محتشم کاشان) پرداختند که نتایج تحقیق نشان می‌دهد از نظر آسیب‌پذیری ده درصد محله در آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۹ درصد کم، ۱۵ درصد متوسط، ۴۷ درصد زیاد و ۱۹ درصد در آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار دارند. مدیری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی مدل‌سازی آسیب‌پذیری مناطق شهری در زمان وقوع زلزله با استفاده از GIS (نمونه موردی: منطقه سه کلان شهر تهران) پرداختند که نتایج آسیب‌پذیری بافت شهری منطقه ۳ تهران در صورت وقوع زلزله بدین صورت است که از مساحت ۲۲۹۶ هکتاری این منطقه، حدود ۳۶/۲ درصد از کل مساحت منطقه در وضعیت آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد و حدود ۳۳ درصد کل مساحت منطقه در وضعیت کم و خیلی کم از لحاظ آسیب‌پذیری در مواقع بحران قرار دارد. گلی‌مختاری و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری محدوده شهری کاشان در برابر خطر زلزله با استفاده از مدل IHPW پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد ۳۰ درصد محدوده شهری کاشان واقع در شمال غرب با خطر آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا مواجه است. حسینی‌خواه و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های جمعیتی در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهرستان دنا) پرداختند که نتایج پژوهش نشان می‌دهد ۷۹ / ۱۱ درصد از کل شهرستان دارای خطر لرزه‌خیزی بسیار بالا و ۴۰ / ۲۷ درصد دارای خطر لرزه‌خیزی بالا و ۳۲ درصد از کل شهرستان دارای خطر لرزه‌خیزی کم می‌باشد.

سویل تودیس^۱ (۲۰۱۶) جهت مدیریت صحیح بحران در شهر ادنا در ترکیه با استفاده از مدل AHP در محیط GIS به امکان‌سنجی مناطق خطرپذیر از لحاظ مخاطرات ژئومورفولوژیکی پرداخته و در نهایت به کلاس‌بندی شهر به لحاظ مناطق مساعد

اقدام کرده است. رابرت (۲۰۱۴) به بررسی آسی پذیرگی شهرها در برابر زلزله پرداختند. هانیچ^۱ و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود به ریز پهن‌بندی خطر زلزله در شهر بخارست رومانی با استفاده از GIS پرداختند. کینگ^۲ (۱۹۹۴) در پایان‌نامه دکتری خود به توسعه روشی برای استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت تحلیل مخاطرات لرزه‌ای و اثرات ثانویه آن شامل روان‌گرایی، زمین لغزش، و شکستگی و پارگی سطح گسل پرداخته است. در این روش، پایگاه داده زمینی ایجاد شده و مدل‌های آن از قابلیت به‌روزرسانی برخوردار می‌باشند. در قالب این تحقیق نقشه‌های خطر زلزله و مخاطرات ثانویه آن با استفاده از تکنیک GIS تولید و با استفاده از روش WA (روش میانگین متوسط) وزن‌دهی و تلفیق می‌گردند تا نقشه نهایی مخاطرات ناشی از زلزله تهیه می‌گردد. راکوی^۳ (۱۹۹۷) در پایان‌نامه دکتری خود با عنوان بررسی مکانی مخاطرات ژئوتکنیکی ناشی از زلزله، به توسعه یک سیستم ارزیابی خطر زلزله مبتنی بر GIS با عنوان (GIS - Quake) پرداخته است.

۴. روش پژوهش

در این پژوهش از روش توصیفی - تحلیلی انجام شده است. ابتدا معیارهای مؤثر در ارزیابی بافت فرسوده شهری منطقه موردی شناسایی می‌گردد. سپس با استفاده از روش مقایسه زوجی، معیارهای موجود با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در این صورت به هر معیار بر اساس درجه اهمیت، عددی بین ۱ تا ۹ (۱: اهمیت یکسان، ۲: برتری ضعیف یکی از متغیرها بر دیگری و ۹: با اهمیت‌ترین) اختصاص می‌یابد. تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به روش‌های مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و با بهره‌گیری از مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای و نرم‌افزار مبتنی بر رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد که مراحل انجام روش کار به صورت زیر می‌باشد:

۱. تعیین معیارهای مکان‌یابی با استفاده از نتایج بررسی‌ها و تحقیقات قبلی، جمع‌آوری اطلاعات براساس معیارهای مشخص شده

۲. تشکیل پایگاه داده و نقشه‌سازی معیارها

۳. وزن‌دهی معیارها: در این مرحله اولویت‌ها در قالب وزن‌ها وارد مدل تصمیم‌گیری می‌شوند. هدف از وزن‌دهی معیارها این است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیارهای دیگر بیان نمود. در این تحقیق از دو روش وزن‌دهی AHP و ANP استفاده می‌شود که به شرح مختصری از آنها پرداخته می‌شود.

۴. ارائه نتایج:

از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با اعمال وزن مربوطه، پهنه‌بندی بافت فرسوده شهری مشخص می‌شود.

۴.۱. اطلاعات پرسشنامه‌ای

پرسشنامه‌ها در قالب یک ماتریس مقایسه زوجی معیارها ارائه شد. پرسشنامه‌ها توسط ۲۵ نفر از متخصصین به روش نمونه‌گیری تصادفی تکمیل شد. میانگینی از ارزش هر یک از سلول‌های ماتریس گرفته شد. برای تحلیل روش AHP، داده‌ها وارد نرم‌افزار Expert Choise شده و برای اجرای روش ANP از نرم‌افزار Super Decisions استفاده گردید.

۴.۲. تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و GIS

در تجزیه و تحلیل مسائل شهری و زلزله می‌بایست به‌طور هم‌زمان حجم انبوهی از متغیرهای مکانی در نظر گرفته شده و تصمیم‌گیری‌ها بر اساس ارزش و وزن هر یک از آنها اتخاذ گردد. لذا در جهت بهینه‌سازی روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، استفاده از ابزار تحلیل‌گری که بتواند حجم انبوهی از داده‌های مکانی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، ضروری می‌نماید. بنابراین در این پژوهش از روش‌های وزن‌دهی AHP و ANP و توابع موجود در محیط نرم‌افزاری GIS استفاده می‌شود.

۴.۳. انتخاب معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری

عمده‌ترین قابلیت یک سامانه اطلاعات جغرافیایی، انجام تجزیه و تحلیل‌های مختلف بر روی اطلاعات مکانی می‌باشد. تحلیل‌های

1. Hanich
2. King
3. Rakvi

مورد استفاده در این تحقیق، وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی می‌باشد و در نهایت با استفاده از بازدید میدانی، نقشه‌نمایی ارزیابی می‌شود. برای انجام دادن هرگونه تحلیلی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی لازم است اطلاعات به صورت لایه‌های اطلاعاتی به سیستم معرفی شوند؛ بنابراین ابتدا برای اجرای روش‌های ذکر شده، باید اطلاعات مورد نیاز از منابع گوناگون استخراج شوند و به صورت لایه‌های اطلاعاتی درآیند.

تحلیل آسیب‌پذیری از عوامل مهم در فرایند مدیریت بحران زلزله است و شناخت شاخص‌های آن برای تحلیل خطرپذیری در فرایند مدیریت بحران مناطق در معرض خطر زلزله، امری ضروری است. لذا جهت شناخت عمیق‌تر ابعاد مختلف عناصر شهری و میزان آسیب‌پذیری هر یک، مجموعه‌ای از عوامل طبیعی، کالبدی و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفته و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه مورد مطالعه از برآیند آسیب‌پذیری این عناصر استخراج می‌گردد.

در تحقیق حاضر، با توجه به در نظر گرفتن عوامل کالبدی - فیزیکی و از طریق انجام مطالعات تحلیلی و نیز بررسی خصوصیات مسأله تصمیم‌گیری، تعداد ۹ شاخص به عنوان شاخص‌های آسیب‌پذیری در برابر زلزله تعیین شدند که عبارتند از: (Monica Garcia, 2019)

- جنس مصالح
- فاصله از گسل
- زمین‌شناسی
- تراکم جمعیت
- مساحت قطعات
- شیب
- دسترسی به فضای باز
- دسترسی به معابر

جهت ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری، هر معیار به صورت یک لایه نقشه، تحت‌عنوان نقشه معیار در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS آماده شد.

۴.۴. وزن‌دهی معیارها و قواعد تصمیم‌گیری چندمعیاری

هر یک از پارامترهای آسیب‌پذیری مذکور دارای اهمیت و تأثیرگذاری متفاوتی هستند. لذا جهت بیان اهمیت هر معیار نسبت به معیارهای دیگر، باید این معیارها وزن‌دهی شوند. در ادبیات تصمیم‌چندمعیاری، روش‌هایی نظیر رتبه‌بندی، درجه‌بندی، مقایسه دو به دو و تحلیل موازنه - جایگشتی در وزن‌دهی معیار بر پایه قضاوت‌های تصمیم‌گیران ارائه شده است. در صورتی که زمان و هزینه کم و به دست آوردن وزن‌ها به طریق آسان مهم‌ترین مسأله باشد، یکی از روش‌های رتبه‌بندی یا نسبتی توصیه می‌شود، اما هنگامی که دقت و اساس تئوری کار مسأله اصلی باشد، روش مقایسه دوتایی و یا تحلیل توازن مناسب می‌باشد (نجفی، ۱۳۹۹: ۸۹).

در تحقیق حاضر جهت وزن‌دهی معیارها از دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل شبکه‌ای استفاده می‌شود. این روش‌های چندمعیاری بر مبنای مقایسه زوجی بنا شده، که این امر، قضاوت و محاسبات را تسهیل نموده و میزان سازگاری و ناسازگاری قضاوت را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره است (دری، ۱۳۹۹: ۷۹).

۴.۵. روش AHP

۴.۶. ساختن سلسله‌مراتب

اولین گام در AHP ترسیم یک نمایش گرافیکی از مسأله است که در آن معیارهای مناسب برای دستیابی به هدف و گزینه‌های مورد نظر نشان داده می‌شود (امیری، ۱۳۹۲: ۷۹). مهم‌ترین بخش در این مرحله انتخاب معیارها و عوامل مؤثر بر هدف تصمیم است.

مقایسه زوجی و محاسبه وزن

مقایسه وزن‌دهی به عناصر در یک ماتریس $K * K$ ثبت می‌شود. مقایسه زوجی به صورت ارزش‌گذاری عنصر سطر نسبت به عنصر

ستون صورت می‌گیرد و برای ارزش‌گذاری نیز معمولاً از یک مقیاس فاصله‌ای از ۱ تا ۹ استفاده می‌شود.

۷.۴. محاسبه نرخ ناسازگاری

میزان قابل‌قبول ناسازگاری یک ماتریس یا سیستم، بستگی به تصمیم‌گیرنده دارد، اما ساعتی، عدد ۰/۱ را به‌عنوان حد قابل‌قبول ارائه می‌نماید و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است در قضاوت‌ها تجدیدنظر گردد (Bowen, 2018).

۸.۴. روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

در این روش، ابتدا عناصر مؤثر بر موضوع در داخل چند خوشه سازمان‌دهی می‌شوند. همه عناصر می‌توانند به عناصر داخل هر خوشه و به عناصر دیگر مرتبط باشند. یک عنصر می‌تواند به یک خوشه یا یک عنصر دیگر وابسته باشد. ضمن اینکه گزینه‌های تصمیم‌گیری نیز می‌توانند به عناصر وابسته باشند. مقایسات زوجی باید بین همه عناصر و خوشه‌های مرتبط به هم صورت گیرد. عناصر در ANP می‌توانند عناصر اصلی، عناصر میانی و عناصر سطوح پایین باشند. مقایسات زوجی همانند AHP و بر پایه میزان اهمیت و برتری یک عنصر یا خوشه بر عنصر یا خوشه دیگر و از دامنه امتیازی ۱ تا ۹ می‌باشد (Monica Garcia, 2019)

مدل از چهار مرحله تشکیل شده است:

مرحله اول ساختن مدل و سازمان‌دهی مسأله؛

مسأله باید به‌صورت شفاف بیان و به‌صورت یک سیستم منطقی یک شبکه تجزیه شود. ساختار این شبکه می‌تواند از طریق طوفان فکری یا دیگر روش‌های مناسب به دست می‌آید.

مرحله دوم، ماتریس‌های مقایسه زوجی و بردارهای اولویت؛

مشابه مقایسات AHP عناصر به‌صورت زوجی در جهت معیارهای کنترل مقایسه می‌شود. گروه‌ها نیز خودشان نیز به صورت زوجی با توجه به تأثیرگذاری آن‌ها در هدف با هم مقایسه می‌شوند. مقادیر اهمیت که توسط ساعتی پیشنهاد شده، تعیین می‌گردد. امتیاز یک اهمیتی معادل دو عنصر و امتیاز ۹ نشانگر نهایت اهمیت یک عنصر (یک سطر از ماتریس) در مقایسه با بقیه عناصر (یک ستون در ماتریس) می‌باشد. پس از هر مقایسه زوجی، تحلیل حساسیت و سازگاری برای سنجش میزان پایداری خروجی به انحرافات زیاد در ارزیابی‌ها، صورت می‌گیرد.

مرحله سوم تشکیل ماتریس تصمیم می‌باشد؛

مفهوم ماتریس تصمیم مشابه فرایند زنجیره‌ای مارکوف است. در حقیقت یک ماتریس تصمیم، یک ماتریس تقسیم شده به اجزای کوچک‌تر است که هر جزء ماتریس نمایانگر رابطه بین دو دسته در یک ماتریس است (Rashed 2019:300) و هر بخش از ماتریس، رابطه میان دو گره سطح تصمیم‌گیری را در کل مسأله تصمیم‌گیری نشان می‌دهد. تمامی روابط و تعاملات میان عناصر سطوح تصمیم‌گیری به وسیله مقایسات زوجی در ابر ماتریس ارزشیابی می‌شود اما در هنگام وارد کردن مقایسات زوجی انجام شده، میان عناصر سطوح تصمیم‌گیری در ابر ماتریس، اغلب جمع ستون‌ها بیشتر از یک می‌شود که به آن ابر ماتریس غیروزنی می‌گویند. با ضرب کردن وزن هر یک از خوشه‌ها در عناصر متناظر با آن‌ها، ابرماتریس وزنی به‌دست می‌آید. در نهایت برای دستیابی به وزن نهایی گزینه‌های مسأله و معیارهای تصمیم‌گیری و حل مسأله، ابرماتریس حددار باید محاسبه شود (Tudes2019:400).

مرحله چهارم گزینه‌ها می‌باشند؛

گزینه‌ها، آخرین بخش مدل تحلیل شبکه‌ای می‌باشد. در صورتی که بنا باشد چند گزینه برای انتخاب گزینه بهتر باشد، در این صورت گزینه‌ها نیز در فرایند تحلیل و مقایسات زوجی با معیارها دخالت داده باشد تا در نهایت وزن نهایی هر گزینه حاصل شود. عملکرد گزینه‌ها از طریق وزن‌های معیارها و زیرمعیارها ارزش‌گذاری شده و در اولویت‌های کلی برای هر گزینه اضافه می‌شوند. مدل، گزینه‌ها را بر اساس بیش‌ترین اهمیت تا کمترین اهمیت با توجه به قضاوت‌ها و ارزیابی‌های کارشناسان رده‌بندی می‌کند.

۹.۴. معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر بندرعباس، مرکز استان هرمزگان در جنوب ایران است که در بخش مرکزی شهرستان بندرعباس قرار دارد. شهر بندرعباس

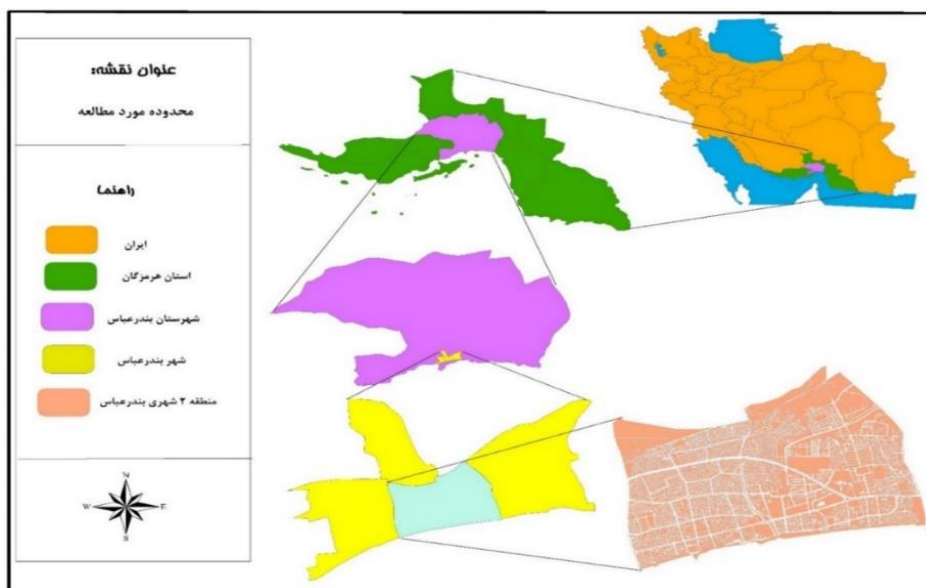
از شمال به ارتفاعات و کوه‌ها و از جنوب به دریا منتهی می‌شود؛ بنابراین موضوع شیب عمومی شهر در راستای شمال به جنوب می‌باشد. این پهنه در دو سمت شمال و جنوب به ارتفاعات پولادی و ساحل دریا محدود می‌شود که این مورد مهم‌ترین عامل شکل‌گیری شهر بوده است. ارتفاع متوسط این شهر ۱۰ متر می‌باشد (Tuzkaya, 2020: 300).

منطقه ۲ شهرداری بندرعباس در موقعیت جغرافیایی بین $29^{\circ} 56'$ تا $32^{\circ} 56'$ طول شرقی و $27^{\circ} 11'$ تا $27^{\circ} 14'$ عرض شمالی واقع شده است. منطقه ۲ اراضی حدفاصل بلوار شهدا در غرب و خور شیلات در شرق را شامل می‌گردد که به نوعی دربرگیرنده محدوده مرکزی و هسته اولیه شهر بندرعباس می‌باشد. این منطقه شامل ۸ ناحیه و ۱۱ محله است. تصویر ۱ موقعیت منطقه ۲ شهرداری بندرعباس را در شهر و شهرستان بندرعباس، استان هرمزگان و ایران نمایش می‌دهد.

خصوصیات بافت فرسوده منطقه ۲ بندرعباس

در دهه‌های گذشته نیز به واسطه مهاجرت‌های بی‌رویه، خانه‌هایی در قالب مسکن ارزان‌قیمت در محله‌های کوی ملت و ششصد دستگاه ساخته شد و در اختیار اقشار کم‌درآمد قرار گرفت ولی باز هم در سال‌های جنگ، پدیده مهاجرت‌ها از شهرهای جنگی به‌ویژه خوزستان شدت گرفت و زمین‌های زیادی تصرف شد و ده‌ها محله از جمله اسلام‌آباد، حسین‌آباد و کمربندی به شکل گسترده‌ای شبانه به شکل 'آلونک' ایجاد شد. امروز ساخت و سازهای غیرقانونی، توجه نکردن به بنای محکم و ساخت در زمین‌های پایین دست و بدون نقشه و نظارت قانونی، به یک معضل بزرگ تبدیل شده و مردم ساکن در این واحدها در شرایط سخت همچون زلزله، بارندگی، سیلاب و سایر حوادث طبیعی و غیرمترقبه، دسترسی برای خارج شدن از آن را ندارند. به علت بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و نزدیکی به دریا و همچنین دسترسی نداشتن به شبکه فاضلاب شهری، فاضلاب این محله‌ها در کوچه‌ها رها شده و یا در کانال‌ها به خورها وصل می‌شود که مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی برای شهروندان به‌وجود آورده و سلامت آن‌ها را به خطر می‌اندازد. برخی از افرادی که به سمت ناهنجاری‌های اجتماعی روی می‌آورند، به‌واسطه در دسترس نبودن امکانات و امکان تردد، این محله‌ها را به‌عنوان پاتق خود انتخاب می‌کنند. ساکنان این محله‌های شهر بندرعباس راه برون‌رفت حتی از منزل مسکونی خود را هم ندارند و از داشتن زیرساخت‌های اولیه از جمله خیابان و کوچه محروم بوده و تا اصلاحات هندسی و جانمایی صورت نگیرد، ایجاد امکانات شهری مانند فضای سبز، فضای آموزشی، ورزشی و فرهنگی نیز امکان پذیر نیست.

*رطوبت بالا و فرسودگی زود هنگام بناها در شهر بندرعباس شهرهای ساحلی به‌ویژه شهر بندرعباس که در طول سال در معرض خطر رطوبت، شرجی و گرما قرار دارند، زودتر دچار فرسودگی و استهلاک شده و بناهای آن از جمله زیرساخت‌های شهری، زودتر از بین می‌روند که باید هرچه سریع‌تر نسبت به نوسازی و بازسازی آن اقدام کرد. البته بندرعباس با بیش از پنج دهه سابقه مرکز استان هرمزگان، در ۳۰ سال اخیر دچار دگرگونی گسترده‌ای در زمینه ساخت و ساز و نوسازی شده و بخش زیادی از منظر و سیمای شهری آن تغییر کرده اما بافت قدیمی آن همچنان از وضعیت نامناسبی برخوردار است. در این سال‌ها واگذاری زمین و ساخت ساختمان و دورنمای شهر به سمت زمین‌های بکر و دست‌نخورده پیش رفته و نوعی مهاجرت از بافت قدیم به سمت مناطق جدید شکل گرفته و از ساخت و ساز و بازسازی بناهای قدیم غفلت شده و امروز تفاوت زیادی بین این ۲ منطقه به چشم می‌خورد. مهاجران از شهرهای دیگر و افرادی که تمکن مالی بیشتری دارند، تلاش کرده‌اند سکونت خود را در مناطق نوساز متمرکز کنند و خانه‌های قدیمی به دلیل شرایط ساخت و ساز و نداشتن دسترسی و زیرساخت‌های لازم را رها کرده‌اند و یا در این خانه‌ها افراد مسن و کم‌درآمد ساکن بوده که توان ساخت و نوسازی مجدد را ندارند. ۴۲٪ درصد شهر بندرعباس دارای بافت فرسوده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه ۲ شهرداری بندرعباس (منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

۵.۱. ارزیابی تاب‌آوری محلات بافت فرسوده منطقه ۲ بندرعباس با استفاده از روش AHP

معیارهای گوناگون در مکان‌یابی و پهنه‌بندی همسو نیستند، تصمیم‌گیری باید در یک فضای چندبعدی صورت پذیرد. در چنین شرایطی روش‌های ارزیابی چند معیاری، با توجه به این‌که در این روش‌ها فرض بر این است که هر یک از معیارها محور یا بعد جداگانه‌ای هستند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. ساختار سلسله‌مراتبی شامل هدف، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. سلسله‌مراتبی بودن به این دلیل است که عناصر تصمیم‌گیری (گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری) را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد (Whitaker-Rosann, 2017: 81). بنابراین معیارها در یک ماتریس قرار گرفته و مقایسه‌های دوتایی بین معیارها صورت می‌پذیرد، در واقع ماتریسی تشکیل گردیده که درایه‌های آن با توجه به میزان اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر به صورت دوه‌دو مقایسه می‌شود. پس از تشکیل ماتریس مقایسه، به ترتیب زیر وزن‌های نسبی معیارها به دست می‌آید:

گام اول: محاسبه مجموع مقادیر هر ستون در ماتریس مقایسه زوجی است (جدول ۱).

گام دوم: استانداردسازی اعداد ماتریس است، به این صورت که هر مؤلفه ماتریس حاصل از مقایسه زوجی به مجموع ستونش تقسیم شده و ماتریس مقایسه زوجی نرمال شده به دست می‌آید.

گام سوم: محاسبه میانگین مؤلفه‌ها در هر ردیف از ماتریس استاندارد شده است. یعنی تقسیم مجموع امتیازات استاندارد شده برای هر ردیف بر تعداد معیارها که حاصل هر یک ماتریس ستونی است. این میانگین‌ها تخمینی از وزن نسبی معیارهای مقایسه شده می‌باشد؛ که در این رابطه در نهایت وزن نهایی به دست می‌آید (جدول ۲)، وزن نهایی مبنایی برای تصمیم‌گیری بوده و به عنوان نسبت‌های کارایی هر معیار در رسیدن به هدف نهایی به کار گرفته می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مجموع ضریب اهمیت معیارها معادل ۱ است و این نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارهاست. یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها است. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود. به عبارت دیگر ماتریس مقایسه دوه‌دوئی معیارها باید مجدداً تشکیل شود. در این پژوهش نرخ ناسازگاری ۰/۰۳ بوده است یعنی سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است.

جدول ۱. ماتریس مقایسه زوجی معیارها

معیارها	جنس مصالح	تراکم جمعیت	تعداد طبقات	مساحت قطعات	فاصله از گسل	دسترسی به معابر	شیب	فضای باز	دسترسی به
جنس مصالح	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۹	
تراکم جمعیت	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
تعداد طبقات	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	
مساحت قطعات	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	
فاصله از گسل	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	
دسترسی به معابر	۰/۱۶۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	
شیب	۰/۱۴۳	۰/۱۶۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	
دسترسی به فضای باز	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۱۶۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	
مجموع	۲/۵	۴/۶۴	۷/۴۵	۱۱/۲۸	۱۶/۰۸	۲۱/۸۳	۲۸/۵	۳۷	

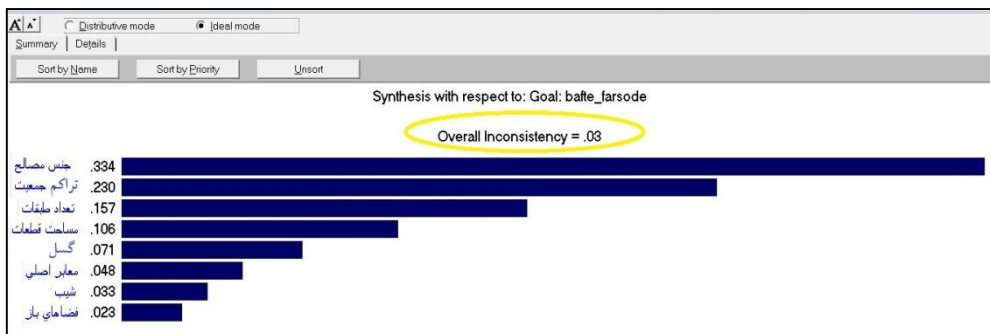
منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

جدول ۲. ماتریس نرمال و محاسبه وزن نهایی

معیارها	جنس مصالح	تراکم جمعیت	تعداد طبقات	مساحت قطعات	فاصله از گسل	دسترسی به معابر	شیب	فضای باز	دسترسی به	وزن نهایی
جنس مصالح	۰/۴	۰/۴۳۱	۰/۴۰۲	۰/۳۵۴	۰/۳۱۱	۰/۲۷۵	۰/۲۴۵	۰/۲۴۳	۰/۳۳۴	
تراکم جمعیت	۰/۲	۰/۲۱۵	۰/۲۶۸	۰/۲۶۶	۰/۲۴۸	۰/۲۲۹	۰/۲۱	۰/۱۸۹	۰/۲۳	
تعداد طبقات	۰/۱۳۲	۰/۱۰۷	۰/۱۳۴	۰/۱۷۷	۰/۱۸۶	۰/۱۸۳	۰/۱۷۵	۰/۱۶۲	۰/۱۵۷	
مساحت قطعات	۰/۱	۰/۰۷۱	۰/۰۶۷	۰/۰۸۸	۰/۱۲۴	۰/۱۳۷	۰/۱۴	۰/۱۳۵	۰/۱۰۶	
فاصله از گسل	۰/۰۸	۰/۰۵۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۶۲	۰/۰۹۱	۰/۱۰۵	۰/۱۰۸	۰/۰۷۱	
دسترسی به معابر	۰/۰۶۷	۰/۰۴۳	۰/۰۳۳	۰/۰۲۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۶	۰/۰۷	۰/۰۸۱	۰/۰۴۸	
شیب	۰/۰۵۷	۰/۰۳۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۲	۰/۰۲	۰/۰۲۳	۰/۰۳۵	۰/۰۵۴	۰/۰۳۳	
دسترسی به فضای باز	۰/۰۴۴	۰/۰۳۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۲۷	۰/۰۲۳	

منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

اجرای روش تحلیل سلسله‌مراتبی در این پژوهش به منظور محاسبه وزن مربوط به هر معیار انجام شده است. در نهایت پس از به‌دست آمدن وزن هر لایه نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۰۳ محاسبه گردید. تصویر ۲ نتایج مراحل انجام گرفته و وزن‌های نهایی در نرم‌افزار expert choice را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به نظر کارشناسان در تکمیل ماتریس مقایسه زوجی معیارهای جنس مصالح ساختمانی و تراکم جمعیت به ترتیب با امتیاز ۰/۳۳۴ و ۰/۲۳ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها و معیار فضاهای باز عمومی با وزن ۰/۰۲۳ کمترین اهمیت را در آسیب‌پذیری در برابر بحران زلزله دارند.



شکل ۲. نمودار وزنی معیارهای مورد بررسی در نرم‌افزار expert choice (منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها است. به عبارت دیگر در تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؟ مکانیزمی که ساعتی برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبه ضریبی بنام ضریب ناسازگاری (I.R) است که از تقسیم شاخص سازگاری (I.I) به شاخص تصادفی بودن (R.I) حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. به عبارت دیگر ماتریس مقایسه زوجی معیارها باید مجدداً تشکیل شود.

این مرحله شامل ۳ بخش است:

۱. محاسبه بردار ویژه (λ_{max})
۲. مقدار شاخص ناسازگاری (I.I)
۳. محاسبه نرخ ناسازگاری (I.R)

بردار ویژه

برای به‌دست آوردن بردار ویژه قدم‌های زیر باید برداشته شوند:

- مرحله ۱- ضرب ماتریس در بردار وزن
 - مرحله ۲- تقسیم اعداد به‌دست آمده از مرحله بالا بر وزن پارامترهای مربوطه
 - مرحله ۳- میانگین‌گیری از کلیه اعداد بدست آمده
- تمامی مراحل فوق در جدول ۳ محاسبه شده است.

جدول ۳: محاسبه بردار ویژه به تفکیک مراحل

پارامتر	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳
جنس مصالح	$(1 \times 0.334) + (2 \times 0.23) + (3 \times 0.157) + (4 \times 0.106) + (5 \times 0.071) + (6 \times 0.048) + (7 \times 0.033) + (8 \times 0.023) = 2.177$	$2.177 \div 0.334 = 6.518$	$6.518 \div 8 = 0.815$
تراکم جمعیت	$(0.157 \times 0.334) + (1 \times 0.23) + (2 \times 0.157) + (3 \times 0.106) + (4 \times 0.071) + (5 \times 0.048) + (6 \times 0.033) + (7 \times 0.023) = 1.91$	$1.91 \div 0.23 = 8.304$	$8.304 \div 8 = 1.038$
تعداد طبقات	$(0.106 \times 0.334) + (0.157 \times 0.23) + (1 \times 0.157) + (2 \times 0.106) + (3 \times 0.071) + (4 \times 0.048) + (5 \times 0.033) + (6 \times 0.023) = 1.13$	$1.13 \div 0.157 = 7.204$	$7.204 \div 8 = 0.901$
مساحت قطعات	$(0.071 \times 0.334) + (0.157 \times 0.23) + (0.106 \times 0.157) + (1 \times 0.106) + (2 \times 0.071) + (3 \times 0.048) + (4 \times 0.033) + (5 \times 0.023) = 0.876$	$0.876 \div 0.071 = 12.338$	$12.338 \div 8 = 1.542$
فاصله از گسل	$(0.048 \times 0.334) + (0.157 \times 0.23) + (0.106 \times 0.157) + (0.071 \times 0.106) + (1 \times 0.071) + (2 \times 0.048) + (3 \times 0.033) + (4 \times 0.023) = 0.587$	$0.587 \div 0.048 = 12.229$	$12.229 \div 8 = 1.529$

پارامتر	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳
دسترسی به معابر	$(0.167 \times 0.334) + (0.2 \times 0.23) + (0.25 \times 0.157) + (0.33 \times 0.106) + (0.5 \times 0.071) +$ $(1 \times 0.48) + (2 \times 0.33) + (3 \times 0.23) = 0.476$	$0.476 \div 0.48$	0.991666
شیب	$(0.143 \times 0.334) + (0.167 \times 0.23) + (0.2 \times 0.157) + (0.25 \times 0.106) + (0.33 \times 0.071) +$ $(0.5 \times 0.48) + (1 \times 0.33) + (2 \times 0.23) = 0.27$	$0.27 \div 0.33$	0.818181
دسترسی به فضای باز	$(0.111 \times 0.334) + (0.143 \times 0.23) + (0.167 \times 0.157) + (0.2 \times 0.106) + (0.25 \times 0.071) +$ $(0.33 \times 0.48) + (0.5 \times 0.33) + (1 \times 0.23) = 0.19$	$0.19 \div 0.23$	0.826086

منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

شاخص ناسازگاری

طبق فرمول زیر برای ماتریس‌های n بعدی به دست می‌آید:

$$I.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$I.I = \frac{9.26 - 8}{8 - 1} = 0.03$$

۲-۵. نرخ ناسازگاری

نرخ ناسازگاری با تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی بودن (I.R) محاسبه می‌شود.

$$I.R = \frac{I.I}{R.I}$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n) استخراج شد:

$$I.R = \frac{0.03}{1.41} = 0.02$$

$$I.R = 0.02 < 0.1 \quad \text{OK}$$

یعنی سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است.

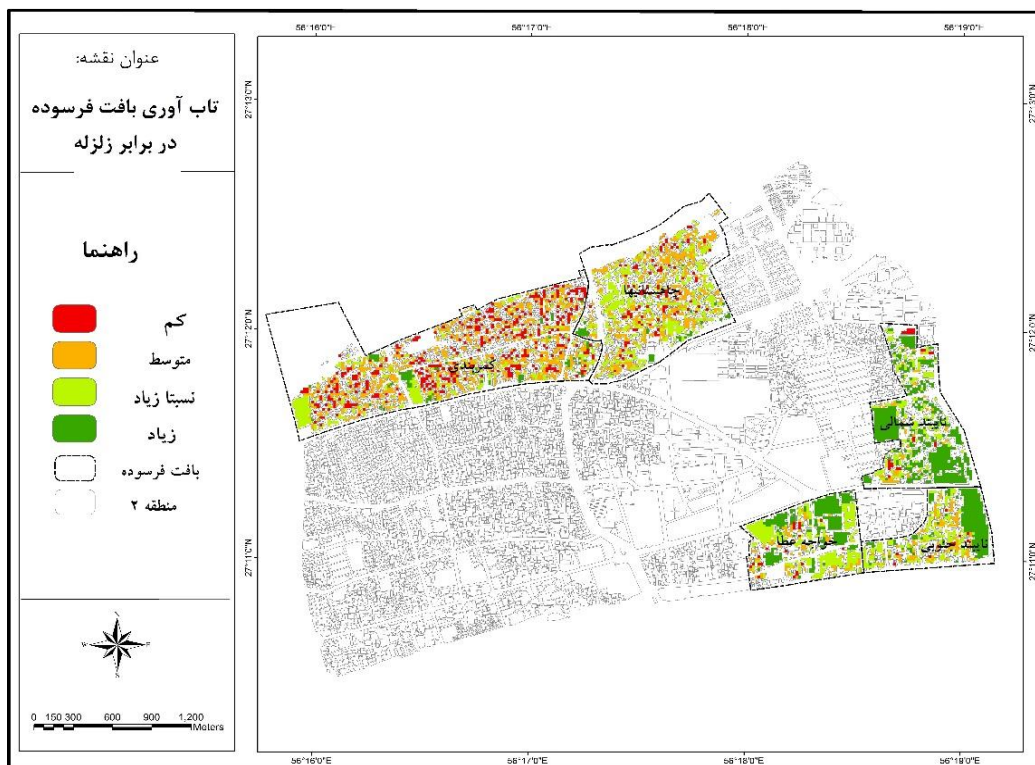
۶. یافته‌های پژوهش

۶.۱. پهنه‌بندی تاب‌آوری منطقه در برابر زلزله

تجربه زلزله‌های اخیر نشان داده است که نوع مصالح به کار رفته در سازه بیشتر از دیگر پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله دارای اهمیت می‌باشد. به طوری که هرچه در سازه از مصالح بادوامی استفاده شده باشد، شدت آسیب‌پذیری در برابر زلزله کاهش یافته و به همان نسبت تاب‌آوری ساختمان‌ها افزایش می‌یابد.

برای تهیه نقشه تاب‌آوری محدوده مورد مطالعه در برابر زلزله، ابتدا وزن معیارها با استفاده از مدل AHP مورد محاسبه قرار گرفت. سپس با استفاده از روش هم‌پوشانی وزنی (weighted Overlay) موجود در GIS، هر کدام از وزن‌ها در لایه‌های مربوطه ضرب شد.

برای نمایش ارزش نقشه نهایی در دامنه استاندارد، نقشه را با روش فازی نرمال کرده و دامنه‌ی اعداد بین ۰ تا ۱ قرار گرفت. سپس نقشه نرمال شده را با استفاده از روش Natural Breaks موجود در ابزار Reclassify، تاب‌آوری محلات به چهار طبقه کم، متوسط، نسبتاً زیاد و زیاد تقسیم شده است (شکل ۳).



شکل ۳. پهنه‌بندی تاب‌آوری محدوده در برابر زلزله به روش AHP (منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

بیشترین تاب‌آوری مسکن مربوط به محله نایبند شمالی با ۶۸/۶ درصد ساختمان‌ها در طبقه تاب‌آوری زیاد است. محلات نایبند جنوبی با ۴۵/۸ درصد و خواجه‌عطا با ۴۱ درصد مسکن در رده‌های بعدی از نظر تاب‌آوری در برابر وقوع زلزله دارند. کمترین میزان تاب‌آوری نیز مربوط به محلات چاهستانی‌ها و کمربندی به ترتیب با ۴/۶ درصد و ۵/۷ درصد محله می‌باشد. از طرفی در تحلیل آسیب‌پذیری، نتایج نشان می‌دهد که ۲۸/۲ درصد ساختمان‌های محله کمربندی و سپس ۱۰/۷ درصد از کاربری‌های محله چاهستانی‌ها، آسیب‌پذیری بالایی دارند.

در جدول ۴ به ارزیابی تاب‌آوری کاربری‌ها در سطح منطقه پرداخته شده است. بیشترین فراوانی تاب‌آوری مربوط به طبقه نسبتاً زیاد و کمترین آن به طبقه کم اختصاص دارد. به‌طور کلی حدود ۶۰ درصد منطقه، تاب‌آوری قابل قبولی در حوادث زلزله دارند.

جدول ۴. پهنه‌بندی تاب‌آوری منطقه در برابر زلزله با روش AHP

طبقات تاب‌آوری	مساحت	
	هکتار	درصد
کم	۲۲/۲	۱۲/۷۵
متوسط	۴۸/۶۸	۲۷/۹۵
نسبتاً زیاد	۵۵/۳۶	۳۱/۷۹
زیاد	۴۷/۸۷	۲۷/۴۹
جمع	۱۷۴/۱۷	۱۰۰

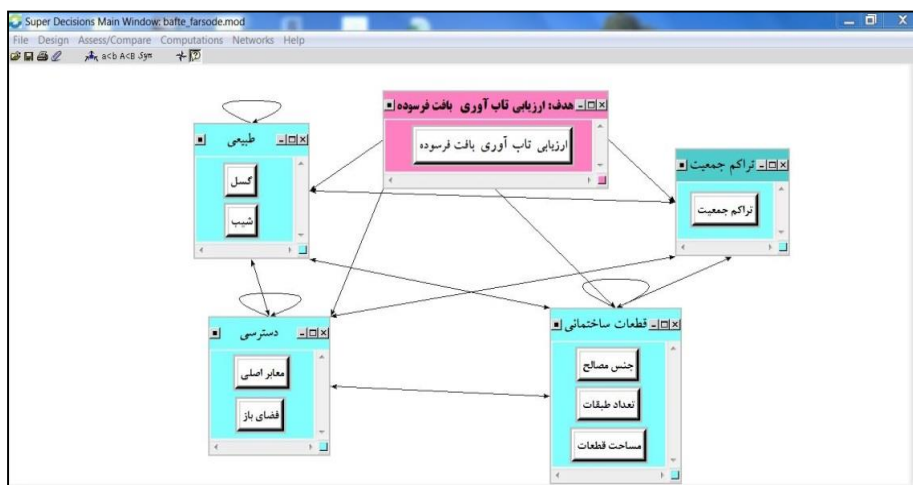
منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

۲.۶. ارزیابی تاب آوری محلات بافت فرسوده منطقه ۲ بندرعباس با استفاده از روش ANP

بعد از ارائه نتایج تحقیق با روش AHP، به منظور حصول اطمینان بیشتر از نتایج و مقایسه با یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری تحت‌عنوان ANP به تحلیل و ارزیابی هدف مطالعه حاضر می‌پردازد. بدین منظور مراحل روش ANP به ترتیب زیر اجرا می‌شود:

۳.۶. ایجاد شبکه در ANP

با توجه به بررسی منابع پیشین در ارتباط با آسیب‌پذیری مسکن، معیارها و شاخص‌ها در قالب چهار خوشه طبیعی، تراکم جمعیت، دسترسی و قطعات ساختمانی سازمان‌دهی شد. در داخل هر خوشه عناصر و معیارهای مربوطه جای گرفتند. عناصر هر خوشه ضمن آنکه در داخل خود به هم مربوط می‌شوند، برخی از آن‌ها ممکن است به عناصر سایر خوشه‌ها نیز وابسته باشند. این موضوع روابط بین خوشه‌ها و عناصر خوشه‌های مختلف را مشخص می‌کند. که در این تحقیق تمامی عناصر با یکدیگر در ارتباط هستند. شکل ۴ ساختار شبکه‌ای خوشه‌ها و عناصر در مدل ANP را نشان می‌دهد.



شکل ۴. ارتباط و وابستگی بین خوشه‌ها و معیارها (منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

۴.۶. مقایسه زوجی عناصر

فرایند مقایسه زوجی طی چند مرحله انجام می‌شود:

۵.۶. مقایسه زوجی خوشه‌ها

در این مرحله معیارهای کنترلی و خوشه‌ها با هم مقایسه می‌شوند. با توجه به ترجیحات تصمیم‌ساز وزن خوشه‌ها به دست می‌آید. در اینجا برای محاسبه وزن نسبی از بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی استفاده شده است. برای حصول اطمینان از سازگاری مقایسه‌های انجام شده، نرخ ناسازگاری (C.R.) محاسبه شده است و براساس شاخص‌های ال.ساعتی متناسب با تعداد سطرهای ماتریس وزن‌ها، این اطمینان حاصل شد که ماتریس‌ها سازگار هستند. جدول ۵ ماتریس مقایسه زوجی و وزن خوشه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی و وزن خوشه‌ها

خوشه‌ها	قطعات ساختمانی	تراکم جمعیت	دسترسی	طبیعی	وزن نسبی
قطعات ساختمانی	۱	۲	۳	۴	۰/۴۶۷
تراکم جمعیت	۰/۵	۱	۲	۳	۰/۳۷۷
دسترسی	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۰/۱۶
طبیعی	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۰/۰۹۵

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱

منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

۶.۶. مقایسه زوجی درون خوشه‌ها

در داخل هر خوشه مجموعه‌ای از معیارها قرار دارند که عناصر خوشه باهم مقایسه شدند. در مرحله بعد بر اساس محاسبه بردار ویژه، وزن نسبی عناصر ماتریس محاسبه شدند.

۶.۷. روابط بین عناصر خوشه‌ها

با توجه به اینکه برخی عناصر درون خوشه‌ها ممکن است به عناصر سایر خوشه‌ها وابسته باشند، در این صورت با توجه به معیار کنترلی ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شده، وزن ماتریس محاسبه می‌شود و نتیجه وارد ابرماتریس اولیه می‌شود.

۶.۸. تشکیل ابرماتریس اولیه و ابرماتریس وزنی

بعد از آن که مقایسه‌های زوجی انجام شد، نتایج حاصل وارد ابرماتریس می‌شود. ابرماتریس که از تلفیق ماتریس‌های مختلف به دست می‌آید، ابرماتریس اولیه است. به عبارتی این ابرماتریس با توجه به روابط بین معیارها، در نرم‌افزار Super Decisions محاسبه می‌شود. به عنوان مثال در مقایسه زوجی با توجه به معیارهای کنترلی تراکم جمعیت و فضاهای باز، معیار گسل ۳ برابر مهم‌تر از معیار شیب منظور گردیده است.

بنابراین در ابرماتریس اولیه به معیارهای گسل و شیب به ترتیب وزن ۰/۷۵ و ۰/۲۵ اختصاص یافته است. جمع عناصر هر ستون ابرماتریس بیش از یک می‌باشد. در مرحله بعد ابرماتریس نرمال شده و ابرماتریس وزنی بدست می‌آید.

۶.۹. محاسبه ابرماتریس حد یا وزن عمومی

برای آن که مقادیر ابرماتریس وزنی همگرا شوند، وزن‌ها آن قدر به توان می‌رسد تا عناصر آن همگرا شوند. بنابراین ابرماتریس در سه رقم اعشار در یک عدد ثابت به توان رسانده می‌شود و فرایند متوقف می‌شود. در این جدول داده‌های موجود در سطرهای ابرماتریس با یکدیگر برابر بوده و مجموع ستونی اعداد موجود برابر با یک می‌باشد. در این حالت داده‌های موجود در سطرهای ابرماتریس، میزان ضرایب اهمیت آن شاخص را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به جدول مذکور، شاخص‌های نوع مصالح و تراکم جمعیتی به ترتیب هر یک با ضریب اهمیت ۰/۲۵۶ و ۰/۲۱۷ بیشترین ارزش را دارند و شاخص‌های شیب و فضاهای باز عمومی به ترتیب هر یک با ضریب اهمیت ۰/۰۳ و ۰/۰۵۶ کمترین میزان اهمیت را در فرایند تصمیم‌گیری جهت ارزیابی تاب‌آوری مسکن بافت فرسوده در برابر زلزله به خود اختصاص دادند.

۶.۱۰. محاسبه وزن نهایی معیارها

در آخرین مرحله با توجه به وزن خوشه‌ها و ابرماتریس حد (وزن عمومی معیارها)، وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود (جدول ۶). کمترین وزن نهایی مربوط به معیارهای شیب و فاصله از گسل به ترتیب با اهمیت ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷ و بیشترین آن مربوط به معیارهای جنس مصالح و تعداد طبقات ساختمانی با وزن‌های ۰/۱۱۹ و ۰/۰۷۲ است. گرچه با توجه به وزن عمومی معیارها، شاخص تراکم جمعیتی در رتبه دوم قرار دارد، اما در محاسبه وزن نهایی معیارها، وزن خوشه‌ها مؤثر بوده است و اهمیت این شاخص تنزل یافته است.

جدول ۶. وزن نهایی معیارها

خوشه‌ها	وزن خوشه‌ها	عناصر	وزن عمومی	وزن نهایی
طبیعی	۰/۰۹۵	فاصله از گسل	۰/۰۷۲	۰/۰۰۷
		شیب	۰/۰۳	۰/۰۰۳
دسترسی	۰/۱۶	معايير اصلی	۰/۱۲	۰/۰۱۹
		فضای باز	۰/۰۵۶	۰/۰۰۹
قطعات ساختمانی	۰/۴۶۷	جنس مصالح	۰/۲۵۶	۰/۱۱۹
		تعداد طبقات	۰/۱۵۴	۰/۰۷۲
		مساحت قطعات	۰/۰۹	۰/۰۴۲
تراکم جمعیتی	۰/۲۷۷	تراکم جمعیت	۰/۲۱۷	۰/۰۶

(منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

۱۱.۶. نقشه‌سازی با مدل ANP

لایه‌های مختلف اطلاعاتی که در روش قبل مورد استفاده قرار گرفت، در محیط Arc GIS فراخوانی شدند. سپس بر اساس وزن نهایی معیارها و با استفاده از ابزار Raster Calculator لایه‌های اطلاعاتی هم‌پوشانی شدند. لایه خروجی نرمال شده و با استفاده از روش شکست‌های طبیعی^۱ موجود در ابزار Reclassify، طبقه‌بندی مجدد صورت گرفت. بدین ترتیب لایه خروجی نهایی به ۴ طبقه کم، متوسط، نسبتاً زیاد و زیاد از نظر پهنه‌بندی تاب‌آوری محلات هدف در برابر بحران زلزله تقسیم‌بندی گردید. نتایج این تحلیل به صورت شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵. پهنه‌بندی تاب‌آوری محدوده در برابر زلزله با مدل ANP (منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

جدول ۷ مساحت هر یک از طبقات تاب‌آوری محلات را در برابر رخداد زلزله ارائه می‌دهد. به طور کلی ۲۵/۷ درصد منطقه دارای تاب‌آوری زیاد و ۲۸/۹ درصد در گروه تاب‌آوری نسبتاً زیاد قرار دارند. از سوی دیگر در تحلیل آسیب‌پذیری می‌توان گفت که ۱۵/۸ درصد مساحت ساختمان‌ها آسیب‌پذیری بالایی دارند. همچنین حدود ۲۹/۸ درصد مسکن دارای آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد هستند. از این رو جمعاً ۴۵/۶ درصد ساختمان‌های محلات آسیب‌پذیرند.

جدول ۷. پهنه‌بندی تاب‌آوری منطقه در برابر زلزله با روش ANP

مساحت		طبقات تاب‌آوری
درصد	هکتار	
۱۵/۸	۲۷/۶	کم
۲۹/۸۵	۵۲	متوسط
۲۸/۹	۵۰/۳۵	نسبتاً زیاد
۲۵/۳۸	۴۴/۲۱	زیاد
۱۰۰	۱۷۴/۱۷	جمع

منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

نتایج نشان می‌دهد که ۶۹/۲ درصد از محله نایبند شمالی از تاب‌آوری بالایی برخوردارند. در مرتبه بعد محله خواجه‌عطا با ۴۰/۹ درصد مساحت، شرایط مناسبی داراست. محله کمربندی نیز که از لحاظ آسیب‌پذیری در رتبه اول قرار دارد، ۳۲/۸ درصد

کاربری‌های آن به شدت آسیب‌پذیر و ۴۳/۱ درصد نسبتاً آسیب‌پذیر است. محله چاهستانی‌ها رتبه دوم آسیب‌پذیری را دارد که جمعاً حدود ۵۰/۲ درصد ساختمان‌ها آسیب‌پذیرند.

۶. نتیجه‌گیری

در روش تحلیل سلسله‌مراتبی وزن معیارهای جنس مصالح ساختمانی و تراکم جمعیت به ترتیب با امتیاز ۰/۳۳۴ و ۰/۲۳ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها و معیار فضاهای باز عمومی با وزن ۰/۲۳ کمترین اهمیت را در آسیب‌پذیری در برابر بحران زلزله دارند. تجربه زلزله‌های اخیر نشان داده است که نوع مصالح به‌کار رفته در سازه بیشتر از دیگر پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله دارای اهمیت می‌باشد. به طوری که هرچه در سازه از مصالح بادوامی استفاده شده باشد، شدت آسیب‌پذیری در برابر زلزله کاهش یافته و به همان نسبت تاب‌آوری ساختمان‌ها افزایش می‌یابد. بیشترین تاب‌آوری مسکن مربوط به محله نایبند شمالی با ۶۸/۶ درصد ساختمان‌ها در طبقه تاب‌آوری زیاد، محلات نایبند جنوبی با ۴۵/۸ درصد و خواجه‌عطا با ۴۱ درصد مسکن در رده‌های بعدی از نظر تاب‌آوری در برابر وقوع زلزله دارند؛ در حالی که محلات چاهستانی‌ها و کمربندی به ترتیب ۴/۶ درصد و ۵/۷ درصد محله از تاب‌آوری مناسبی برخوردارند. از سوی دیگر نتایج حاصل از تحلیل آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که ۲۸/۲ درصد ساختمان‌های محله کمربندی و ۱۰/۷ درصد از کاربری‌های محله چاهستانی‌ها، آسیب‌پذیری بالایی دارند.

بعد از ارائه نتایج تحقیق با روش AHP، به منظور حصول اطمینان بیشتر و مقایسه نتایج، با یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری تحت‌عنوان ANP به تحلیل و ارزیابی تاب‌آوری محلات موردنظر پرداخته شد. با توجه به بررسی پیشینه تحقیق در ارتباط با آسیب‌پذیری مسکن شهری، معیارها و شاخص‌ها در قالب چهار خوشه طبیعی، تراکم جمعیت، دسترسی و قطعات ساختمانی سازمان‌دهی شد. در روش ANP، معیارهای شیب و فاصله از گسل به ترتیب با وزن ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷ کمترین ارزش را دارند و معیارهای جنس مصالح و تعداد طبقات ساختمانی با وزن ۰/۱۱۹ و ۰/۰۷۲، مهم‌ترین شاخص‌ها هستند. گرچه با توجه به وزن عمومی معیارها، شاخص تراکم جمعیتی در رتبه دوم قرار دارد، اما در محاسبه وزن نهایی معیارها، وزن خوشه‌ها مؤثر بوده و اهمیت این شاخص تنزل یافته و در رتبه سوم قرار گرفت. در محیط GIS لایه خروجی به ۴ طبقه کم، متوسط، نسبتاً زیاد و زیاد از نظر تاب‌آوری محلات هدف در برابر وقوع زلزله تقسیم‌بندی شده است که به طور کلی ۲۵/۷ درصد منطقه دارای تاب‌آوری زیاد و ۲۸/۹ درصد در گروه تاب‌آوری نسبتاً زیاد قرار دارند. در تحلیل آسیب‌پذیری نیز می‌توان گفت که ۱۵/۸ درصد ساختمان‌ها آسیب‌پذیری بالایی دارند. همچنین حدود ۲۹/۸ درصد مسکن دارای آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد هستند که جمعاً ۴۵/۶ درصد ساختمان‌های محلات آسیب‌پذیرند.

نتایج نشان می‌دهد که ۶۹/۲ درصد از محله نایبند شمالی و ۴۰/۹ درصد از محدوده خواجه‌عطا از تاب‌آوری بالایی برخوردارند. محله کمربندی که از لحاظ آسیب‌پذیری در رتبه اول قرار دارد، ۳۲/۸ درصد کاربری‌های آن به شدت آسیب‌پذیر و ۴۳/۱ درصد نسبتاً آسیب‌پذیر است. محله چاهستانی‌ها نیز رتبه دوم آسیب‌پذیری را دارد که حدود نیمی از ساختمان‌های آن آسیب‌پذیرند.

منابع

- امیر، حمیدرضا (۱۳۹۲). تلفیق روش ANP و TOPSIS فازی در محیط GIS به منظور بررسی توزیع بهینه پارک‌های درون شهری (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری بندرعباس). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان، صص. ۱۹۰ - ۱۷۰.
- برومند، مریم (۱۳۹۰). الگوی بافت شهری و نقش آن در کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله. فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، ۳ (۷)، صص. ۱۱۹-۱۳۴.
- بیرویدیان، نادر (۱۳۹۵). مدیریت بحران، اصول ایمنی در حوادث غیرمنتظره. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- پاشاپور، حجت‌اله و پور اکرمی، محمد (۱۳۹۲). سنجش ابعاد کالبدی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۱۲ تهران). مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های روستایی، ۱۲ (۴)، صص. ۹۸۵ - ۱۰۰۲.
- پورطاهری، مهدی؛ سجاسی‌قیداری، حمداله و صادق‌لو، طاهره (۱۳۹۰). ارزیابی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی (مطالعه موردی: استان زنجان). پژوهش‌های روستایی، ۲ (۳)، صص. ۵۴-۳۱.
- حسینی‌خواه، حسین و محمدی، جمال (۱۳۹۷). بررسی تحلیلی فضایی سکونتگاه‌های آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های جمعیتی در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهرستان دنا). مخاطرات محیط طبیعی، ۷ (۱۷)، صص. ۲۳۰ - ۲۱۳.

- دری، بهروز و حمزه‌ای، احسان (۱۳۹۹). تعیین استراتژی پاسخ به ریسک در مدیریت ریسک به‌وسیله تکنیک ANP (مطالعه موردی: پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی). مدیریت صنعتی، ۲ (۴)، صص. ۷۵-۹۲.
- رضوی، سید محسن (۱۳۹۵). بررسی نقش ژئومورفولوژی در مدیریت بحران زلزله شهر سپیدان با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد لارستان.
- زمردیان، محمد جعفر (۱۳۷۸). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ساسان‌پور، فرزانه؛ شمعی، علی؛ افسر، مجید و سعیدپور، شراره (۱۳۹۶). بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر در برابر مخاطرات زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی: محله محتشم کاشان). فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی، ۶ (۱۴)، صص. ۱۲۲ - ۱۰۳.
- سمیعی‌نژاد، مسعود (۱۳۹۵). نقش ژئومورفولوژی در استقرار سکونتگاه‌های شهری و روستایی (مطالعه موردی: بخش جویم لارستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد لارستان.
- عباس‌پور، ناهید (۱۳۹۵). بررسی ساختار شهری بستک با تاکید بر پدیده زمین لرزه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد لارستان.
- علوی، سید محسن و مسعود، محمد (۱۳۸۶). برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات ناشی از زلزله در نواحی با خطرپذیری بالا (نمونه موردی: محله چیدر تهران). سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی، تهران.
- علیتاجر، سعید؛ سجاده‌زاده، حسن؛ سعادت‌وقار، پوریا و شه‌بازی، مهرداد (۱۳۹۵). بررسی نقش عوامل کلیدی در اجتماع‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی محله‌های حصار امام خمینی و دیزج همدان. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۷ (۲۴)، صص. ۸۲-۶۱.
- غضنفری، حسین (۱۳۹۵). ژئومورفولوژی و نقش آن در مدیریت بلایای طبیعی در شهر لامرد با تاکید بر زلزله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد لارستان.
- فتحی، یوسف و عقیفی، محمد ابراهیم (۱۳۹۶). پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات طبیعی زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان خنج). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد لارستان، استاد راهنما دکتر محمد ابراهیم عقیفی.
- مختاری، لیلاگلی؛ شکاری‌بادی، علی و بشکنی، زهرا (۱۳۹۷). ارزیابی میزان آسیب‌پذیری محدوده شهری کاشان در برابر خطر زلزله با استفاده از مدل IHPW. مخاطرات محیط طبیعی، ۷ (۱۶)، صص. ۱۲۶ - ۱۰۵.
- نجفی، اسدالله (۱۳۹۹). به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در تحلیل چالش‌های ساختاری و محیط اجرایی سازمان در مدیریت پروژه‌ها. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۱، صص. ۳۰-۱۸.
- نگارش، حسین (۱۳۹۲). کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن. جغرافیا و توسعه، ۱ (۱)، صص. ۱۵۰-۱۳۳.
- یار احمدی، داریوش و شرفی، سیامک (۱۳۹۵). عوامل محیطی موثر بر شکل‌گیری و رخداد مخاطرات طبیعی سکونتگاه‌های روستایی دشت سیلاب‌خور استان لرستان. مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۸)، صص. ۱۳۶-۱۲۳.
- Bowen, W.M. (1993). AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman R. et al., Spread sheet models for urban and regional analysis, New Brunswick. center for urban policy Research. pp. 110-120
- Gulfem, T., Önüt, S., Tuzkaya, U. R., and Gülsün, B. (2020). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 88, pp. 80-90
- Hannich, D. (2020). A GIS-based study of earthquake hazard as a tool for the microzonation of Bucharest. *Engineering Geology*, 87, pp. 13-32.
- King, K. (2012). Vulnerability reduction and the community-based approach, A Philippines study. In: M. Pelling(ed.). Natural disasters and development in a globalizing world, ed. M. Pelling, pp. 170-184, New York: Routledge.
- Rabert, A. (2021). Nonlinear soil models for site response; European experience, International Workshop on the Uncertainties in Nonlinear Soil Properties and their Impact on Modeling Dynamic Soil Response March, pp. 18-19 .
- Rakvi, K. (2010). Vulnerability reduction and the community-based approach, A Philippines study. In: M. Pelling(ed.). Natural disasters and development in a globalizing world. New York: Routledge.
- Rashed, T., weeks, J. (2019). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 17 (6), pp. 55-65
- Sevill, T. (2016). Environmental geomorphology. In: A. S. Goudie. Encyclopedia of geomorphology. Routledge pub, 1.
- Tudes, S., Yigiter, N. D. (2019). Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: case study Adana -Turkey, Bull Eng Geol Environ, DOI 10.1007/s10064 -009 -0247 -5.
- Whitaker, R. (2017). Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process, *Mathematical and Computer Modelling*, 46, pp. 840-859.

References

- Abbaspour, N. (2016). *Investigation of Bastak urban structure with emphasis on earthquake phenomenon*. Master Thesis of Larestan Azad University. [In Persian]

- Alavi, S. M., Massoud, M. (2007). Planning to reduce earthquake damage in high risk areas (Case study: Chizar neighborhood of Tehran). 3rd International Conference on Comprehensive Crisis Management in Natural Disasters, Tehran. [In Persian]
- Alitajar, S., Sajjadzadeh, H., Saadati Weqar, P., and Shahbazi, M. (2015). Investigating the role of physical factors in the socialization of informal settlements in Hesar Imam Khomeini and Dizaj neighborhoods of Hamadan. *Urban Research and Planning*, 7 (24), pp. 82-61. [In Persian]
- Amiri, H. R. (2013). *Combining fuzzy ANP and TOPSIS methods in GIS environment to investigate the optimal distribution of inner city parks (Case study: District 1 of Bandar Abbas Municipality)*. M.Sc. Thesis, Remote Sensing Department and GIS, Hormozgan University, pp. 190 - 170. [In Persian]
- Beirudian, N. (2016). *Crisis management, safety principles in unexpected events*. Mashhad: Mashhad University Jihad Publications.
- Boroumand, M. (2011). Urban texture pattern and its role in reducing earthquake damage. *Zagros Vision Geography and Urban Planning Quarterly*, 3 (7), pp. 119-134. [In Persian]
- Bowen, W.M. (1993). AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman R. et al., Spread sheet models for urban and regional analysis, New Brunswick. *center for urban policy Research*. pp. 110-120
- Dori, B., Hamzeh, E. (2020). Determining the risk response strategy in risk management by ANP technique (Case study: North Azadegan oil field development project). *Industrial Management*, 2 (4), pp. 92-75. [In Persian]
- Fathi (2017). *Spatial zoning of rural settlements exposed to natural earthquake hazards using GIS (Case study: villages of Khanj city)*. Master Thesis of Larestan Azad University, Supervisor Dr. Mohammad Ebrahim Affi.
- Ghazanfari (2016). *Geomorphology and its role in natural disaster management in Lamerd city with emphasis on earthquake*, Larestan Azad University master's thesis. [In Persian]
- Gulfem, T., Önüt, S., Tuzkaya, U. R., and Gülsün, B. (2020). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 88, pp. 80-90
- Hannich, D. (2020). A GIS-based study of earthquake hazard as a tool for the microzonation of Bucharest. *Engineering Geology*, 87, pp. 13-32.
- Hosseinikhah, H., Mohammadi, J. (2018) Investigation of spatial analysis of vulnerability settlements to earthquakes (Case study: Dena county). *Natural Hazards*, 7 (17), pp. 230 - 213. [In Persian]
- King, K. (2012). Vulnerability reduction and the community-based approach, A Philippines study. In: M. Pelling(ed.). *Natural disasters and development in a globalizing world*, ed. M. Pelling, pp. 170–184, New York: Routledge.
- Mokhtari, L. g., Shekari Badi, A., and Beshkani, Z. (2018). Assessing the susceptibility of Kashan urban area to earthquake risk using IHPW model. *Natural Hazards*, 7 (16), pp. 126 - 105. [In Persian]
- Najafi, A. (2020). Using the network analysis process (ANP) in the analysis of structural challenges and the executive environment of the organization in project management. *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*, 1, pp. 30-18. [In Persian]
- Negaresh, H. (2013). Application of geomorphology in locating cities and its consequences. *Geography and Development*, 1 (1), pp. 150-133. [In Persian]
- Pashapour, H., Pour Akrami, M. (2013). Assessing the physical dimensions of urban resilience against natural earthquake hazards (Case study: District 12 of Tehran). *Rural Settlement Planning Studies*, 12 (4), pp. 1002 – 985. [In Persian]
- Pourtaheri, M., Sojasi Gheidari, H., and Sadegh Lou, T. (2011). Evaluation of natural hazard rating methods in rural areas (Case study: Zanjan province). *Rural Research*, 2 (3), pp. 54-31. [In Persian]
- Rabert, A. (2021). Nonlinear soil models for site response; European experience, International Workshop on the Uncertainties in Nonlinear Soil Properties and their Impact on Modeling Dynamic Soil Response March, pp. 18-19.
- Rakvi, K. (2010). Vulnerability reduction and the community-based approach, A Philippines study. In: M. Pelling(ed.). *Natural disasters and development in a globalizing world*. New York: Routledge.
- Rashed, T., weeks, J. (2019). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 17 (6), pp. 55-65
- Razavi, S. M. (2015). *Investigating the role of geomorphology in Sepian earthquake crisis management using GIS*. Larestan Azad University master's thesis. [In Persian]
- Samieenejad, M. (2015). *The Role of Geomorphology in the Establishment of Urban and Rural Settlements (Case Study: Joyem Department, Larestan)*. M.Sc. Thesis, Larestan Azad University. [In Persian]
- Sasanpour, F., Shamaei, A., Afsar, M., and Saeedpour, S. h. (2017). Investigation of vulnerability of city buildings against earthquake hazards using GIS (Case study: Mohtasham neighborhood of Kashan). *Quarterly Journal of Natural Environmental Hazards*, 6 (14), pp. 122 - 103. [In Persian]
- Sevill, T. (2016). Environmental geomorphology. In: A. S. Goudie. *Encyclopedia of geomorphology*. Routledge pub, 1.
- Tudes, S., Yigiter, N. D. (2019). Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: case study Adana -Turkey, *Bull Eng Geol Environ*, DOI 10.1007/s10064 -009 -0247 -5.
- Whitaker, R. (2017). Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process, *Mathematical and Computer Modelling*, 46, pp. 840–859.

- Yar Ahmadi, D., Sharafi, S. (2015). Environmental factors affecting the formation and occurrence of natural hazards in rural settlements of the floodplain of Lorestan province. *Natural Hazards*, 5 (8), pp. 136-123. [In Persian]
- Zomorrodian, M. J. (1999). *Application of natural geography in urban and rural planning*, fifth edition, Payame Noor University Press. [In Persian]

نحوه استناد به این مقاله:

عقیفی، محمد ابراهیم (۱۴۰۱). ارزیابی تاب‌آوری یافت فرسوده شهر در برابر زلزله با استفاده از GIG (مطالعه موردی: منطقه ۲ شهرداری بندر عباس). *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۳(۹)، صص. ۶۹-۸۸. DOI:10.22124/gscj.2022.21511.1142

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

