

## پهنه بندی خطر زلزله در شهرستان بستک با استفاده از مدل FUZZY-AHP

علمی پژوهشی

وحید سهرابی<sup>۱</sup>، محمد ابراهیم عقیفی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲

صفحات: ۹۹ - ۱۱۳

### چکیده

ایران یکی از زلزله خیزترین کشورهای دنیاست و شهرهای آن در رابطه با این مخاطره طبیعی آسیب‌های فراوان دیده‌اند. شناخت نواحی در معرض این مخاطرات یکی از گام‌های اولیه در مدیریت مخاطرات و برنامه‌ریزی توسعه‌ای و عمرانی است. در این پژوهش هدف، پهنه‌بندی خطر زلزله در شهرستان بستک با استفاده از مدل FUZZY-AHP می‌باشد. روش تحقیق توصیفی - تحلیلی بود. در بحث توصیفی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی داده‌های مورد نیاز گردآوری شدند و در بحث تحلیلی، اقدام به تهیه نقشه گسل، زمین‌لرزه، ارتفاع، نقشه شبکه آبراه‌های و مسیل‌ها، نقشه مقدار شیب و... گردید و سپس با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) هریک از عوامل لایه‌ها ارزش‌گذاری شده و نهایتاً نقشه نهائی حاصل از همپوشانی با مدل AHP به دست آمد. شهرستان بستک به مرکزیت شهر بستک یکی از شهرستان‌های تابعه استان هرمزگان بوده که در بین مختصات جغرافیایی "۲۱ ۰۰° تا ۵۴° ۱۱' ۲۲" طول جغرافیایی و "۱۱° ۲۷' تا ۱۲° ۰۳' عرض جغرافیایی قرار گرفته است. از نظر کارشناسان پارامتر پمپ‌بنزین‌های مرکز شهر بالاترین وزن ۰.۱۹۵ و پارامتر زلزله کمترین وزن ۰.۰۱ را در مقایسه زوجی داشته است. نهایتاً نقشه نهائی حاصل از همپوشانی تمامی عوامل به دست آمد. باتوجه به نقشه‌های حاصله از همپوشانی مدل AHP و اعمال وزن‌ها در لایه‌های اطلاعاتی، کلاس‌های آسیب‌پذیری زلزله شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بود. مساحت کلاس‌ها به ترتیب ۱۱.۲۵، ۹.۵۳، ۱۳.۱۷، ۱۵.۶۹ و ۹.۵۸ به دست آمد. مساحت بالایی از محدوده مطالعه در معرض خطر زیاد قرار دارد؛ بنابراین می‌بایست راهکارهایی جهت مدیریت بحران در مواقع لزوم، اجرا نمود.

واژگان کلیدی: زلزله، شهرستان بستک، فازی، AHP

پژشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران؛ [sohrabiv@gmail.com](mailto:sohrabiv@gmail.com)  
<sup>۲</sup> دکتری ژئومورفولوژی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران؛ [afifi.ebrahim@gmail.com](mailto:afifi.ebrahim@gmail.com)

## مقدمه

مخاطرات طبیعی با انواع گوناگون و گستره نفوذشان، به‌عنوان پدیده‌هایی تکرارشدنی و مخرب، همواره در طول دوران حیات کره زمین وجود داشته‌اند و پس از پیدایش بشر نیز همیشه خطری جدی برای انسان بوده‌اند. در واقع حوادث طبیعی، زمانی مخاطره قلمداد می‌شوند که انسان‌ها از آنها متضرر و یا متأثر گردند. شهرها نیز به‌عنوان یک مکان تجمع برای جمعیت انسانی از وقوع این بلاهای طبیعی مستثنی نمی‌باشند و لازم است چاره‌اندیشی‌های جدی جهت کاهش آسیب‌پذیری این سکونتگاه‌ها در برابر بلاهای طبیعی صورت پذیرد (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۷). سرزمین ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی از جمله ده کشور سانحه خیز جهان به شمار می‌آید و همواره بر اثر بروز سوانحی چون سیل، زلزله، خشکسالی و غیره، خسارات جانی و مالی قابل توجهی به کشور وارد آمده است. از همین رو، سال‌هاست که راه‌های کاهش اثرات سوانح طبیعی در کشور مورد توجه قرار گرفته است و تلاش می‌شود تا همگام با تجربه‌های جهانی در این حوضه، شاخص ایمنی و آمادگی در برابر سوانح طبیعی ارتقای یابد (آقابابایی خوارزمی، ۱۳۸۸: ۳۲). زلزله از جمله مخاطراتی است که هر ساله جان هزاران نفر را در سرتاسر جهان تهدید کرده و انسان همواره در طول تاریخ راهکارهایی برای مقابله با خطرات ناشی از آن انتخاب نموده است. زلزله هنگامی تبدیل به سانحه می‌شود که راهکارهای مناسبی در جهت کاهش خطرات و تلفات در هنگام وقوع و بعد آن وجود نداشته باشد. این موضوع با دخالت‌های نسنجیده انسانی در محیط‌های طبیعی، از جمله ساخت‌وسازهای بی‌رویه در حریم گسل‌ها، تمرکز ساختمانی، کمبود فضاهای باز، همچنین عدم رعایت استانداردهای جهانی در ساخت‌وسازها، تراکم و توزیع نامناسب

جمعیت، عدم تناسب زیرساخت‌ها و کاربری‌های شهری و آموزش ناکافی شهروندان و... تشدید می‌شود (زنگی آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵: ۱۱۷). ایران بخشی از کمربند کوه‌زایی آلپ هیمالیا قفقاز به‌عنوان آخرین و جوان‌ترین نواحی کوه‌زایی جهان شناخته می‌شود. فلات ایران از نظر وقوع زلزله یکی از فعال‌ترین مناطق جهان بوده و از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده ۱۷.۶ درصد آن مربوط به ایران بوده است (حبیبی، ۱۳۸۷: ۱۰۹). یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش خطر زلزله وجود آمادگی قبلی جامعه برای برخورد با پدیده زلزله می‌باشد. (Kates، ۱۹۷۷: ۵۱). در ایران و در سال‌های اخیر، به‌خصوص بعد از وقوع زلزله‌های رودبار و بم و سرپل ذهاب، فعالیت‌های نسبتاً قابل توجهی در ابعاد مختلف مدیریت بحران، زلزله و کاهش آسیب‌های آن صورت گرفته است. با این وجود، در طرح‌های شهری، عدم توجه جدی به موضوع مدیریت بحران و آسیب‌پذیری شهرها در مقابل زلزله امری مشهود به نظر می‌رسد. (ترکانلو و خاجی، ۱۳۹۵: ۱)، امکان پیش‌بینی مکان زلزله در مناطقی مانند کشورمان با روش‌های حل معکوس و داده‌های میان‌لرزه‌ای را مورد بررسی قرار دادند (Martinelli & Cifani، ۲۰۱۴: ۸۷۷) در مقاله‌ای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و ارائه سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا، را مورد بررسی قرار داد. با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته شد. (Anand et al، ۲۰۱۵: ۱۱)، در پژوهشی به‌مرور، مکان‌یابی‌های محل اسکان موقت آسیب‌دیدگان پس از بحران پرداختند. (کریم‌پور و مؤمنی، ۱۳۹۵: ۱۲۵)، به مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله در شهر اصفهان پرداختند. (مدیری و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۴۳)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری مناطق شهری در زمان وقوع زلزله را در منطقه ۳ کلان‌شهر تهران بررسی کردند. نتایج نشان داد ۳۶.۲

در برابر زلزله در بافت تاریخی یزد ارائه دادند. (Jena et al, ۲۰۱۹: ۲۳)، به ارزیابی ریسک زلزله با استفاده از شبکه عصبی و روند سلسله‌مراتبی تحلیلی در استان آچه اندونزی پرداخت. (حسین‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۷)، به توسعه مدل پویای مدیریت بحران زلزله در تهران با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم (SD) پرداختند. (زنگی آبادی و دادبود، ۱۴۰۰: ۲۳)، تحلیل فضایی خوشه‌های آسیب‌پذیر بافت کالبدی شهر گرگان در برابر زلزله را با استفاده از آمار فضایی بررسی کردند. (Papadopoulos et al, ۲۰۲۱: ۱)، به بررسی لرزه‌نگاری و زمین‌شناسی (DInSAR) در زلزله شدید مارس ۲۰۲۱ در تسالی، یونان مرکزی پرداختند. (Yariyan et al, ۲۰۲۱: ۱)، به تهیه نقشه آسیب‌پذیری زلزله را با روش شبکه عصبی پرداختند.

### داده‌ها و روش‌ها

روش تحقیق در پژوهش حاضر از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی، از نظر ماهیت از نوع تحقیقات توصیفی - تحلیلی و از حیث گردآوری اطلاعات ترکیبی از روش‌های اسنادی - میدانی است. در مطالعه میدانی ابزار گردآوری اطلاعات با توجه به موضوع تحقیق از مشاهده مستقیم و مصاحبه جهت کسب اطلاعات موردنیاز استفاده شده است. در مطالعه کتابخانه‌ای، اطلاعات موردنیاز شامل اطلاعات آماری، مطالعات قبلی که در این زمینه انجام گرفته و همچنین گزارش‌ها، جمع‌آوری می‌شود که از طریق فیش‌برداری تهیه شده است. با توجه به رویکرد ترکیب قابلیت‌های GIS با مدل‌های قابل‌استفاده در حل مسائل شهری و به‌ویژه مکان‌یابی بهینه، تجزیه و تحلیل هم بر اساس پارامترهای موردنیاز برای مکان‌یابی مناسب پایگاه‌های مدیریت بحران در شرایط وقوع زلزله با استفاده از سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی

درصد از کل مساحت منطقه در وضعیت آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد قرار دارد. (گلی مختاری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۰۵)، به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری محدوده شهری کاشان در برابر خطر زلزله با استفاده از مدل IHPW پرداختند. (علوی و همکاران، ۱۳۹۶: ۷)، به ساماندهی توزیع فضایی (کالبدی) مراکز اسکان موقت در مدیریت بحران منطقه ۷ تهران پرداختند. (رئوف حیدری فر و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۰۷)، سنجش مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری در کرمانشاه را بررسی کردند. نتایج نشان داد مناطق ۱ و ۴ و ۵ کمترین تاب‌آوری را از نظر کارشناسان دارد. (ملکی و اسحاق وندی، ۱۳۹۸: ۱۷)، به سنجش و تحلیل فضایی - کالبدی مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری ایذه پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد ۴۱.۸۵ درصد از مساحت شهر بسیار ضعیف می‌باشد. (فیروزی و شنبه‌پور، ۱۳۹۹: ۲۱)، تحلیل شکوفایی شهری را با رویکرد آینده‌نگاری انجام دادند. (Li et al, ۲۰۱۷: ۳۰۲)، در شهر شانگهای چین، بررسی و برنامه‌ریزی پناهگاه‌های زلزله را به صورت سلسله‌مراتبی در قالب مطالعه موردی انجام دادند. (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۹: ۹۳)، تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش ELECTRE FUZZY در کلان‌شهر کرج انجام دادند. نتایج حاصله حاکی از آسیب‌پذیری در مناطق ۶، ۸، ۱، ۷ شهرداری کرج در برابر زلزله بود. (نوری و همکاران، ۱۳۹۹: ۱)، آینده‌پژوهی مدیریت ریسک در شهرها را با تأکید بر آسیب‌پذیری خطرات زلزله انجام دادند. (دانا و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۶۶)، ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۸ شهرداری تهران در برابر زلزله را انجام دادند. (ژاله و چاره‌جو، ۱۴۰۰: ۸۳)، سنجش و پهنه‌بندی میزان تاب‌آوری کالبدی محلات شهری در برابر زلزله را در منطقه ۱۲ تهران بررسی کردند. (امجد و سلطانی، ۱۴۰۰: ۱۷)، راهبردهایی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری بافت‌های تاریخی

کاربر ۲، S شکل ۳ و J شکل ۴) تعیین گردد. در نهایت جهت وزن‌دهی شاخص‌ها و متغیرها از مدل AHP نیز استفاده شد و نقشه پهنه‌بندی نهایی به دست آمد. این روش شامل سه‌گام اصلی در فرایند اجرایی نرم‌افزار GIS است. الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی (ب) محاسبه وزن‌های نهایی معیار (ج) تخمین نسبت توافق.

#### الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی:

هنگامی که معیارهای ارزیابی استاندارد شدند، باید وزن و اهمیت نسبی هر یک از آن‌ها را در رابطه با هدف موردنظر تعیین کرد. از آنجایی که نقش و اهمیت هر یک از معیارها در پهنه‌بندی یکسان نیست و به عبارت دیگر، محدودیتی که این عوامل در پهنه‌بندی نهایی ایجاد می‌کنند، باهم برابر نمی‌باشد و برخی از مشخصه‌ها به‌عنوان عامل کلیدی عمل می‌کنند (Malczewski, ۱۹۹۹: ۲۲۵). در واقع برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها، دوجه‌دو آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. مقایسه‌های دوجه‌دو در یک ماتریس  $n \times n$  است و این ماتریس، ماتریس مقایسه دوجه‌دوئی معیارها،  $A = [a_{ij}]_{n \times n}$  نامیده می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل "شروط معکوس" در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (اگر اهمیت A نسبت به J برابر k باشد، اهمیت عنصر J نسبت به A برابر  $1/k$  خواهد بود). در هر مقایسه دوجه‌دوئی، دو مقدار عددی  $a_{ij}$  و  $1/a_{ij}$  را خواهیم داشت. برای تعیین عوامل و معیارهای مؤثر در

(GIS) صورت گرفت. به‌طور کلی در این مطالعه از مواد و داده‌های زیر برای تولید معیارهای مورد استفاده در پژوهش استفاده شده است:

- ۱- استفاده از نرم‌افزار GIS
  - ۲- نقشه‌های مورد مطالعه به همراه لایه‌های گوناگون با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰
- لایه‌های مورد مطالعه واقع در شهر بستک شامل: ساختمان‌های اداری، مراکز درمانی، پل‌ها، ساختمان‌های محل سکونت، مسیل‌ها، گسل‌ها، شدت زلزله، شیب و جهت شب و... هستند. بعد از تهیه نقشه‌های مورد نیاز، کلیه نقشه‌های تولید شده در محیط ArcGIS گردآوری، ذخیره و بعد از وزن‌دهی روی هم گذاشته شده و نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله، در منطقه مورد مطالعه شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفته است و همچنین به اولویت‌بندی این مراکز امداد رسانی پرداخته شده است. متغیرها با استفاده از توابع عضویت فازی همسان شد. منطق فازی، زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌کند. بر اساس این منطق بین حالت قبول و غیر قابل قبول می‌توان درجات مختلف مقبولیت را تصور کرد که معمولاً دامنه‌ی تغییرات استاندارد سازی بین اعداد ۰ و ۱ (مقیاس اعداد حقیقی) و یا ۰ و ۲۵۵ (مقیاس بایت) است (Eastman, ۲۰۰۶: ۱۰۸). در این رابطه نیاز است که برای فازی نمودن نقشه‌های فاکتور، مقادیر آستانه معیارها (حداقل دو تا چهار نقطه:  $a, b, c, d$ )، نوع (کاهنده یکنواخت، افزایشنده یکنواخت، متقارن) و شکل تابع عضویت (خطی ۱، تابع تعریفی توسط

<sup>۲</sup> - User define

<sup>۳</sup> - Sigmoidal

<sup>۴</sup> - J- Shape

<sup>۱</sup> - Linear

### ب) محاسبه وزن‌های معیار

این مرحله شامل گام‌های زیر است:

۱- جمع کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دوتایی، ۲- تقسیم نمودن هر مولفه ماتریس بر مجموع ستونش (ماتریس حاصل "مقایسه دوتایی نرمال شده" نام دارد)، ۳- محاسبه میانگین مولفه‌ها در هر ردیف از ماتریس نرمال شده، یعنی تقسیم کردن مجموع امتیازات نرمال شده برای هر ردیف بر تعداد معیارها. این میانگین‌ها، تخمینی از وزن نسبی معیارهای مقایسه شونده را ایجاد می‌کند که این مرحله برای مساله مورد نظر دنبال شده و در نتیجه آن در جدول به عنوان وزن معیارها ارائه می‌گردد.

### ج) تخمین نسبت توافق

در این مرحله تعیین می‌شود که مقایسه‌های انجام شده بین معیارها سازگار هستند یا نه. این مرحله دربرگیرنده‌ی مراحل زیر است:

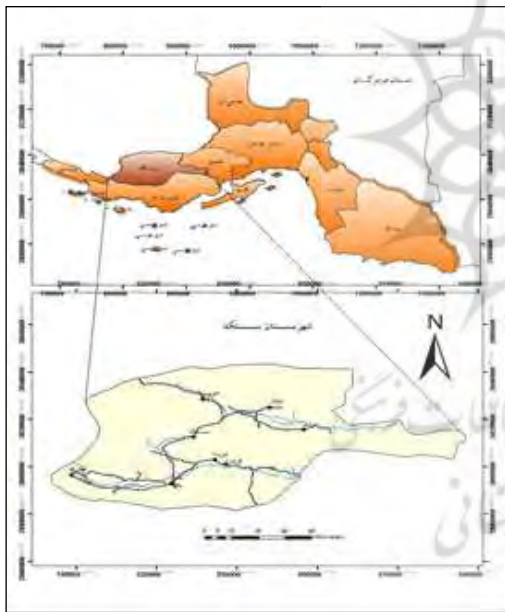
امر مکان‌گزینی و میزان اهمیت این معیارها نسبت به هم نیز از کتب، مطالعات و گزارش‌های انجام‌گرفته در این زمینه و همچنین نظرات مسئولین و متخصصین مربوطه استفاده گردیده که ماحصل آن استخراج عوامل یا معیارهایی است. از این‌رو باید این عوامل، ارزش‌گذاری و وزن‌دهی شوند. از میان روش‌های وزن‌دهی، روش مقایسه‌ی زوجی به دلیل داشتن مبنای تئوری قوی، دقت بالا و سهولت مورداستفاده قرار گرفته است. در این روش، مقایسه درجه اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر در یک مقیاس از ۱ تا ۹ مطابق با جدول ترجیحات ۳، انجام می‌شود، که در نهایت از این قیاس جفتی یک ماتریس به دست می‌آید. به واسطه مقایسه دودویی در روش AHP از طریق قضاوت‌هایی که به صورت شفاهی، عددی یا حتی گرافیکی انجام می‌گیرد وزن‌ها یا اولویت‌ها برای معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری استخراج می‌گردد که به شکل اعداد نسبی هستند (Saaty, 1980: 51).

جدول ۱: مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی

گزینه‌ها (52: Saaty, 1980)

| میزان اهمیت | تعریف                             |
|-------------|-----------------------------------|
| ۱           | اهمیت برابر                       |
| ۲           | اهمیت برابر تا متوسط              |
| ۳           | اهمیت متوسط                       |
| ۴           | اهمیت متوسط تا قوی                |
| ۵           | اهمیت قوی                         |
| ۶           | اهمیت قوی تا بسیار قوی            |
| ۷           | اهمیت بسیار قوی                   |
| ۸           | اهمیت بسیار قوی تا فوق‌العاده قوی |
| ۹           | اهمیت فوق‌العاده قوی              |

شهرستان بستک یکی از شهرستان های استان هرمزگان در جنوب ایران است. شهرستان بستک به مرکزیت شهر بستک یکی از شهرستانهای تابعه استان هرمزگان بوده که در بین مختصات جغرافیائی "۰۰" ۲۱° ۵۴' تا "۱۱" ۲۲° ۵۴' طول جغرافیایی و "۰۰" ۱۱° ۲۷' تا "۰۲" ۱۲° ۲۷' عرض جغرافیایی قرار گرفته است. جمعیت شهرستان بستک برابر با ۸۲۰۱۶ نفر بوده و جمعیت شهری معادل ۲۲٪ و جمعیت روستایی معادل ۷۸٪ بوده است. حدود وسعت شهرستان بستک با ۵۹/۲۲۵۲ کیلومتر مربع وسعت و در غرب استان هرمزگان واقع شده است.



شکل ۱: نمایی از شهرستان بستک در استان هرمزگان (منبع: نگارنده)

### یافته‌های تحقیق

#### • استخراج متغیرهای مؤثر در پهنه‌بندی

#### زلزله شهرستان بستک

در مکان‌یابی پارامترهای مختلفی بنا به ضرورت و موضوع، با نظر کارشناسان انتخاب می‌شوند که در این تحقیق سه دسته از متغیرها را مورد بررسی قرار

۱- تعیین بردار مجموع وزنی به وسیله ضرب کردن وزن اولین معیار در اولین ستون مقایسه دوتایی اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار در دومین ستون، سومین معیار در سومین ستون ماتریس اصلی و به همین ترتیب تا ضرب نمودن آخرین معیار و سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطرها، ۲- تعیین بردار توافق به وسیله تقسیم بردار مجموع وزنی بر وزن های معیار که قبلا تعیین گردید. پس از محاسبه بردار توافق، نیاز به محاسبه مقادیر دو عبارت دیگر داریم، لاندال (λ) که برابر میانگین مقادیر بردار توافق است و شاخص توافق CI که از رابطه ۳، به دست می آید.

(۳)

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

همچنین می‌توان "نسبت توافق" (CR) را از رابطه ۴، محاسبه نمود.

(۴)

$$CI = \frac{CI}{RI}$$

که در آن RI شاخص تصادفی است که برای مقادیر مختلف تعداد معیار (n) از طرق زیر به دست می آید. نسبت توافق (CR) به صورتی طراحی می شود که اگر  $CR \geq 0$  باشد سطح قابل توافق را نشان می دهد (Malczewski, ۱۹۹۹: ۲۲۷).

قلمرو جغرافیایی پژوهش

- گرفته است که عبارت‌اند از: ۱- متغیرهای طبیعی ۲- متغیرهای کالبدی ۳- متغیرهای مدیریتی - نهادی.
- متغیرهای طبیعی
- الف. گسل، ب. مسیل، ج. شیب زمین
- متغیرهای کالبدی
- الف. شبکه ارتباطی، ب. ترمینال‌ها (جایگاه اتوبوس)، ج. امکانات تجاری، د. پل، ذ. مراکز بیمارستانی، ر. جایگاه پمپ‌بنزین، ز. خطوط انتقال نیرو.

#### متغیرهای نهادی - مدیریتی

- الف. روستاها، ب. شهر، ج. امکانات اداری
- ۱- نقشه فاصله از رودخانه‌ها
- ۱۲- نقشه فاصله از مسیل‌ها
- ۱۳- نقشه فاصله از ترمینال‌ها

#### الف - نقشه شیب

شیب، ارتباط مستقیمی با ایجاد خطر زمین‌لغزش و زمین‌لرزه دارد. شیب یکی از مهم‌ترین عوامل تغییر و تحول ناهمواری‌های سطح زمین به شمار آمده و به این ترتیب در زندگی انسان و فعالیت‌های وی به طور مستقیم یا غیرمستقیم اثر می‌گذارد. شکل ۲، نقشه شیب فازی شده شهر بستک می‌باشد که بر اساس نقشه نقاط سبزرنگ دارای ارزش ساختاری بالایی در مقابل زلزله و نقاط قرمز رنگ دارای ارزش پایین هستند.

پس از شناسایی و آماده‌سازی کلیه معیارها و عوامل مؤثر در پهنه‌بندی زلزله، در این مرحله لازم است نقشه‌های فاکتور هر یک از لایه‌ها آماده شود. آماده‌سازی نقشه‌های فاکتور مشتمل بر دو مرحله پردازش و وزندهی به لایه‌های اطلاعاتی می‌باشد (شجاع عراقی، ۱۳۸۸: ۸۹). هر یک از نقشه‌های به‌دست‌آمده به وسیله منطق فازی به نقشه فازی تبدیل شدند. یعنی تمام نقشه‌ها در بازه بین صفر تا یک توزیع شدند. سپس به هر کدام از آن‌ها یک وزن اختصاص یافت. در نهایت وزن هر لایه در لایه فازی شده آن ضرب شد.

#### • تهیه نقشه‌های فازی شده

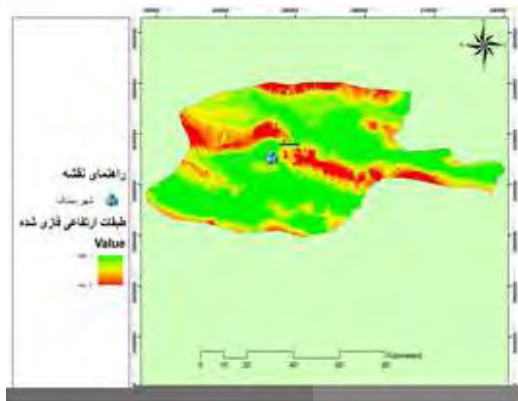
بدین ترتیب نقشه‌های به‌دست‌آمده فازی شده به ترتیب عبارت‌اند از:

۱- نقشه شیب

۲- نقشه گسل

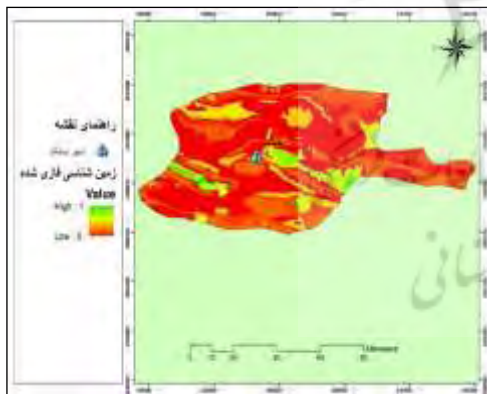
۳- نقشه طبقات ارتفاعی

رنگ سبز می‌باشند دارای ارزش زیادی در برابر زلزله بوده و نقاط قرمز رنگ از ارزش پایینی برخوردار هستند.



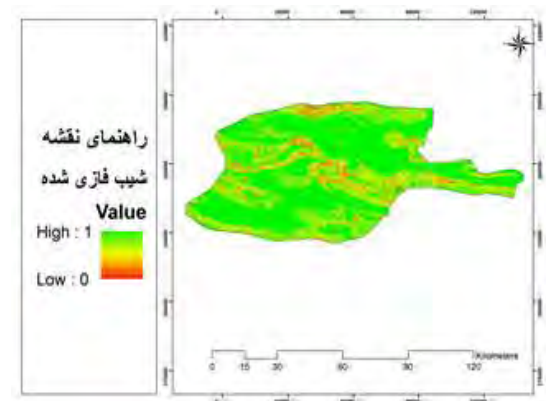
شکل ۴: طبقات ارتفاعی فاز شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

زمین‌شناسی یکی از پارامترهای مهم در وقوع زلزله می‌باشد و سازندهای حساس، موجب تخریب بیشتر می‌شوند. شکل ۵، نقشه فاز شده زمین‌شناسی شهرستان بستک را نشان می‌دهد.



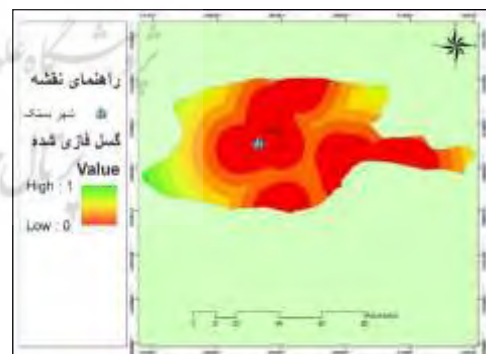
شکل ۵: زمین‌شناسی فاز شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

بیمارستان‌ها از جمله اماکن مهمی هستند که در سازماندهی و بهبود اوضاع به هنگام وقوع زلزله با ارائه خدمات بهداشتی درمانی می‌توانند در کاهش تلفات انسانی نقش مؤثری ایفا کنند. بر همین اساس جای‌گیری پایگاه‌های مدیریت بحران در شعاع دسترسی مناسب نسبت به مراکز درمانی باید



شکل ۲: شیب فاز شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

گسل‌ها یکی از پدیده‌های مهم ژئومورفولوژیکی هستند که از حرکات تکنونیک ناشی می‌شوند. گسل‌ها با فعالیت و حرکات خود علاوه بر این که می‌توانند ایجاد زلزله کنند، باعث جابه‌جایی عمودی یا افقی در منطقه نیز می‌شوند و اثرات تخریبی زیادی بر روی ساختمان‌ها و سایر مستحذات دارند. شکل ۳، نقشه فاز شده گسل‌های شهرستان بستک می‌باشد که باتوجه به نقشه نقاط سبز دارای ارزش زیادی در برابر زلزله بوده و نقاط قرمز رنگ دارای ارزش پایینی هستند.

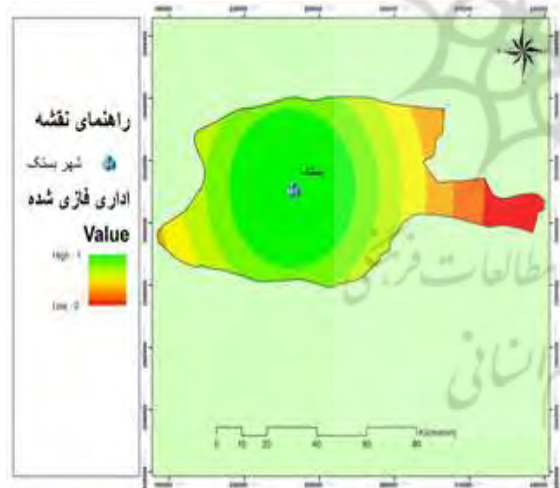


شکل ۳: گسل فاز شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

شکل زمین و ارتفاع آن در استقرار و ایجاد تأسیسات و زیربناها مؤثر است و لذا قاعده کلی که با افزایش ارتفاع امکان ایجاد زیربناها و تأسیسات با مشکل مواجه می‌شود، در اینجا نیز صادق است. شکل ۴، نقشه فاز شده طبقات ارتفاعی که بر روی نقشه به



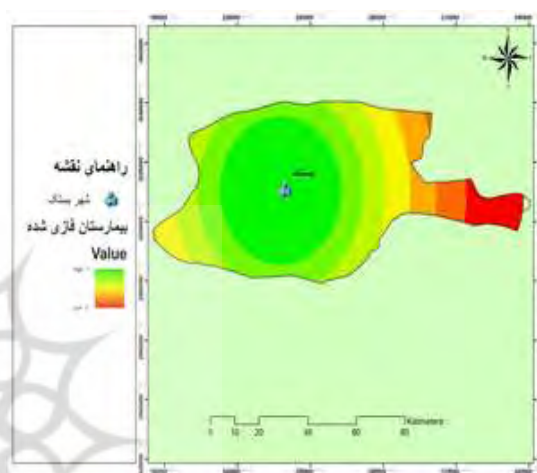
ساختمان‌های اداری در مدیریت بحران زلزله نقش برجسته تر و تخصصی‌تری نسبت به واحدهای دیگر به عهده می‌گیرند، به‌عنوان مثال هلال احمر در تخلیه، جستجو و نجات، ذخیره و توزیع احتیاجات آسیب‌دیدگان نقش کلیدی دارد. شهرداری و فرمانداری، در دادن هشدار به ساکنین نقش دارند. مراکز انتظامی سبب می‌شود تا این دو مرکز ارتباط مستقیم با هم به‌عنوان دو بازوی مدیریتی و اجرایی در حفظ و برقراری امنیت در دوره بحران و پس از آن موفق عمل کنند. همچنین مراکز آموزشی نیز پتانسیل خوبی به لحاظ مکان و وسعت و ساختمان دارند؛ اما تابع شرایط وجود امنیت و کارایی هستند. باتوجه به شکل ۸، نقاط سبز رنگ دارای بیشترین ارزش در ساختار شهری جهت مراکز اداری بوده و نقاط قرمز رنگ دارای ارزش کمتری می‌باشد.



شکل ۸: مناطق اداری فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

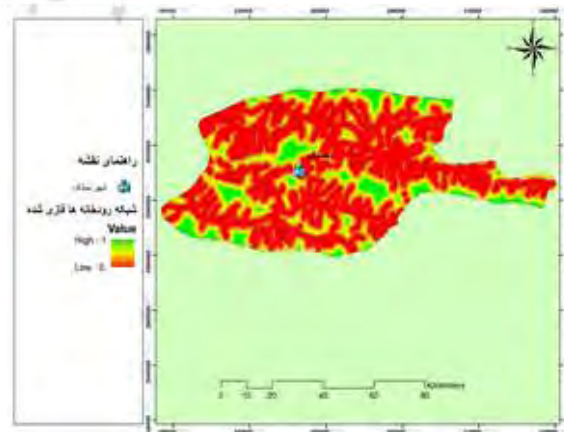
مسایلها در واقع مجرای عبور جریان‌های آب موقتی هستند که در طول سال معمولاً چند ساعت یا چند روز بیشتر آب ندارند و ناشی از رگبارهای شدید و یا ذوب برف در نواحی مجاور است. اگر بدون مطالعه به انجام ساخت‌وسازهای گوناگون در آنها اقدام شود، خسارات جانی و مالی فراوانی در پی خواهد داشت.

در نظر گرفته شود. بر روی شکل ۶، نقاط سبز رنگ که قسمت اعظم شهر بستک را تشکیل داده است دارای ارزش بالایی در ساختار شهری می‌باشد و نقاط قرمز رنگ که گوشه شرقی را تحت پوشش قرار داده دارای ارزش پایینی می‌باشد و بقیه نقاط دارای ارزش متوسط هستند.



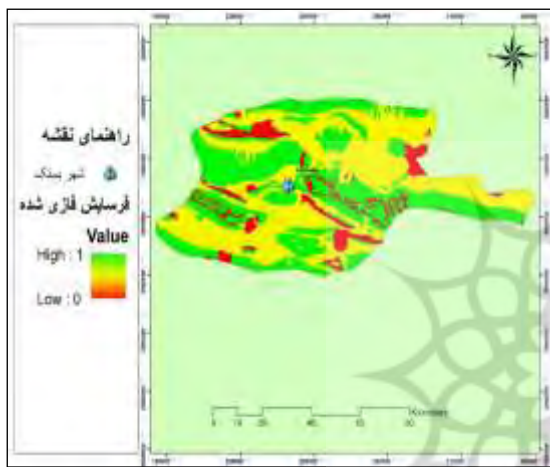
شکل ۶: بیمارستان فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

اگر ساخت‌وساز اماکن و استقرار تأسیسات و سازه‌های ثابت در کنار رودها با حفظ حریم و آگاهی از دوره‌های طغیان و میزان آن نباشد، تمام این سازه‌ها دائم را مورد تهدید رودخانه قرار خواهند گرفت. شکل ۷، شبکه رودخانه‌های فازی شده شهرستان را نشان می‌دهد.

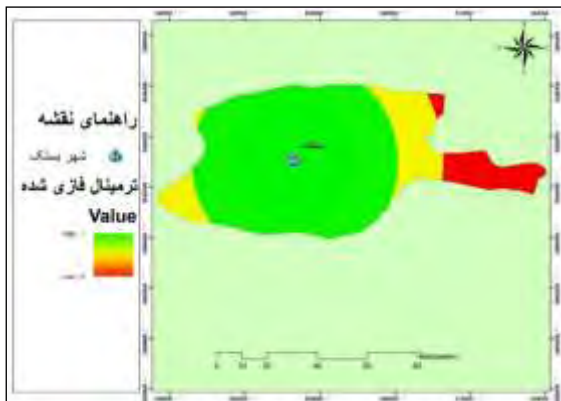


شکل ۷: شبکه رودخانه‌های فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

شکل ۱۱، بیانگر میزان سازگاری لایه فرسایش در طبقات مختلف می‌باشد با توجه به نقشه نقاط سبز دارای ارزش بالایی در ساختار شهری بوده و نقاط زرد رنگ که اکثر نقاط شهرستان بستک را تشکیل می‌دهند دارای ارزش متوسطی بوده و نقاط قرمز رنگ دارای ارزش پایینی در ساختار شهری بستک می‌باشد.

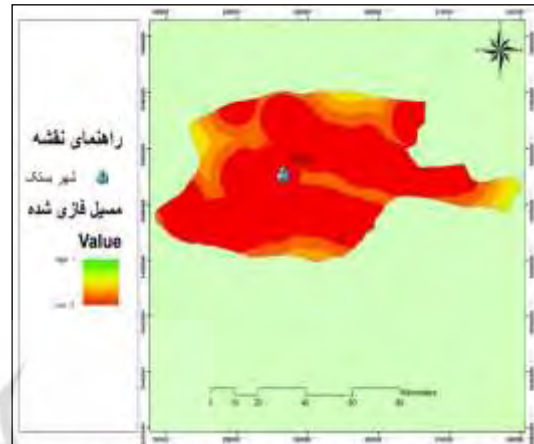


شکل ۱۱: فرسایش فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)  
 ترمینالها یکی دیگر از عناصر ساختار فضایی شهرها را تشکیل می‌دهند. شکل ۱۲، نقشه ترمینال فازی شده شهرستان بستک می‌باشد که بر اساس نتایج نقشه اکثر قسمتهای شهرستان بستک که به رنگ سبز هستند دارای ارزش بالایی در ساختار شهری بوده و نقاط قرمز رنگ دارای ارزش پایینی هستند.



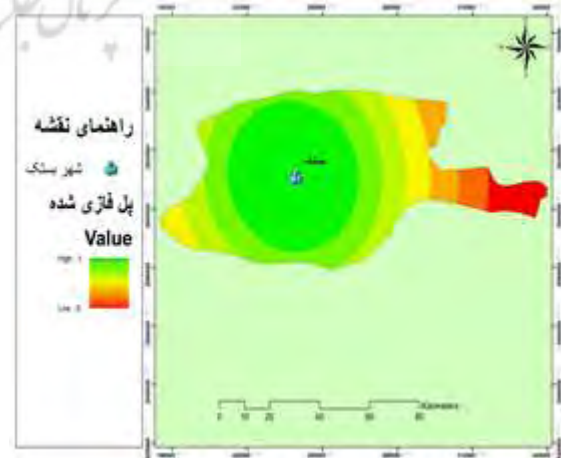
شکل ۱۲: ترمینال فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

اصولاً این اراضی نسبت به زمین‌های اطراف پست‌تر و در مواقع سیل، اولین مکان‌هایی هستند که در معرض سیل قرار می‌گیرند. شکل ۹، مسیل فازی شده شهرستان بستک می‌باشد که از نظر ساختار شهری در نقاط بارزش پایین هستند.

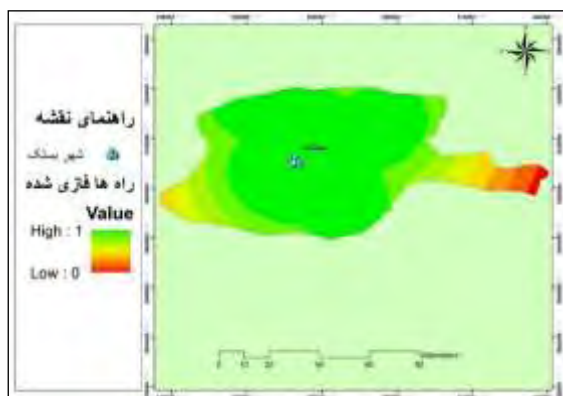


شکل ۹: مسیل فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

پل‌ها یکی دیگر از عناصر ساختار شهری هستند که راه‌های ارتباطی مهمی هستند که دسترسی‌ها را آسان کرده و در مواقع بروز بحران خدمات امداد و نجات را آسان‌تر می‌کنند. شکل ۱۰، سازگاری لایه فاصله از پل‌ها را نشان می‌دهد که نقاط سبز رنگ که اکثر مناطق شهرستان بستک را پوشش داده‌اند دارای ارزش بالایی و مناطق قرمز رنگ که قسمت‌های شرقی را تشکیل می‌دهند دارای ارزش پایینی می‌باشند.



شکل ۱۰: پل فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)



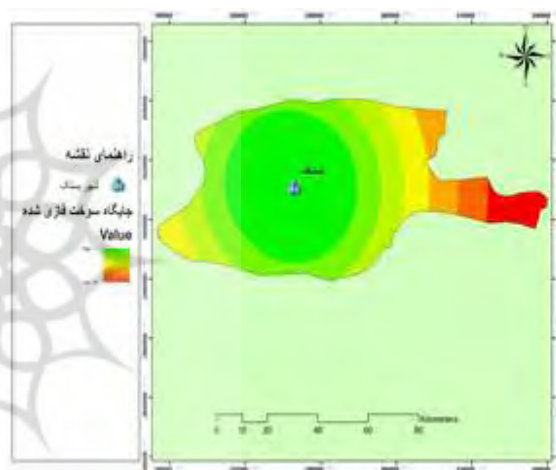
شکل ۱۴: راههای فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

جایگاه سوخت در مناطق زلزله زده دارای اهمیت بسیار توجهی است. زیرا در صورت بروز خطرات زلزله شدید و نقص در این جایگاهها، خطرات آتش سوزی اشکالات ثانویه ای ایجاد کرده و تأمین سوخت برای شهروندان و یا جهت امداد رسانی نیز مختل می گردد. کما اینکه در زلزله سال ۱۳۹۲ تنها جایگاه سوخت دچار اشکال شده بود و شهروندان را دچار مشکل نمود. شکل ۱۳، جایگاه سوخت فازی شده شهرستان بستک را نشان می دهد.

**نتایج و بحث**

**• نتایج وزن دهی لایه ها در مدل AHP**

پس از فازی سازی لایه ها، وزن دهی معیارها و شاخص های مؤثر در پهنه بندی زلزله محدوده مطالعاتی با استفاده از Expert Choice استفاده شد. سلسله مراتب مقایسه زوجی در نرم افزار تشکیل شد و مقایسه زوجی معیارها بر اساس پرسش نامه کارشناسان تشکیل گردید. شکل ۱۶ و ۱۷ وزن های نهایی به دست آمده نشان داده شده است.



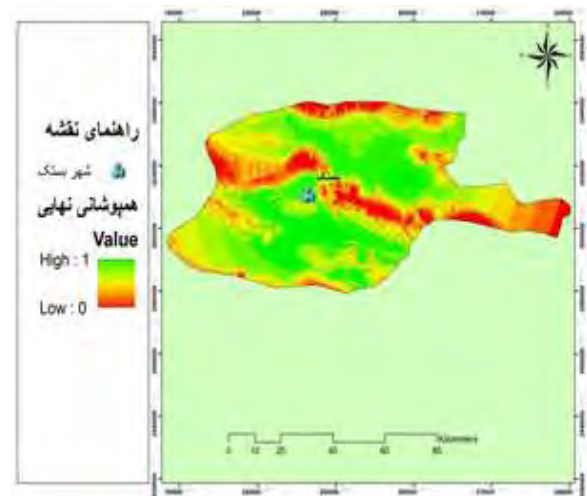
شکل ۱۳: جایگاه سوخت فازی شده شهرستان بستک (منبع: نگارنده)

| Subordinate Element | Sub  | Parent | Sub  | Parent | Sub  | Parent | Sub  | Parent | Sub  | Parent | Sub  | Parent | Sub  | Parent |
|---------------------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| مکانیابی            | 0.1  | 0.2    | 0.3  | 0.4    | 0.5  | 0.6    | 0.7  | 0.8    | 0.9  | 1.0    | 1.1  | 1.2    | 1.3  | 1.4    |
| تعمیرات             | 0.15 | 0.25   | 0.35 | 0.45   | 0.55 | 0.65   | 0.75 | 0.85   | 0.95 | 1.05   | 1.15 | 1.25   | 1.35 | 1.45   |
| آب                  | 0.2  | 0.3    | 0.4  | 0.5    | 0.6  | 0.7    | 0.8  | 0.9    | 1.0  | 1.1    | 1.2  | 1.3    | 1.4  | 1.5    |
| بهره                | 0.25 | 0.35   | 0.45 | 0.55   | 0.65 | 0.75   | 0.85 | 0.95   | 1.05 | 1.15   | 1.25 | 1.35   | 1.45 | 1.55   |
| مندی                | 0.3  | 0.4    | 0.5  | 0.6    | 0.7  | 0.8    | 0.9  | 1.0    | 1.1  | 1.2    | 1.3  | 1.4    | 1.5  | 1.6    |
| فازی                | 0.35 | 0.45   | 0.55 | 0.65   | 0.75 | 0.85   | 0.95 | 1.05   | 1.15 | 1.25   | 1.35 | 1.45   | 1.55 | 1.65   |
| تعمیرات             | 0.4  | 0.5    | 0.6  | 0.7    | 0.8  | 0.9    | 1.0  | 1.1    | 1.2  | 1.3    | 1.4  | 1.5    | 1.6  | 1.7    |
| تعمیرات             | 0.45 | 0.55   | 0.65 | 0.75   | 0.85 | 0.95   | 1.05 | 1.15   | 1.25 | 1.35   | 1.45 | 1.55   | 1.65 | 1.75   |
| تعمیرات             | 0.5  | 0.6    | 0.7  | 0.8    | 0.9  | 1.0    | 1.1  | 1.2    | 1.3  | 1.4    | 1.5  | 1.6    | 1.7  | 1.8    |
| تعمیرات             | 0.55 | 0.65   | 0.75 | 0.85   | 0.95 | 1.05   | 1.15 | 1.25   | 1.35 | 1.45   | 1.55 | 1.65   | 1.75 | 1.85   |
| تعمیرات             | 0.6  | 0.7    | 0.8  | 0.9    | 1.0  | 1.1    | 1.2  | 1.3    | 1.4  | 1.5    | 1.6  | 1.7    | 1.8  | 1.9    |
| تعمیرات             | 0.65 | 0.75   | 0.85 | 0.95   | 1.05 | 1.15   | 1.25 | 1.35   | 1.45 | 1.55   | 1.65 | 1.75   | 1.85 | 1.95   |
| تعمیرات             | 0.7  | 0.8    | 0.9  | 1.0    | 1.1  | 1.2    | 1.3  | 1.4    | 1.5  | 1.6    | 1.7  | 1.8    | 1.9  | 2.0    |
| تعمیرات             | 0.75 | 0.85   | 0.95 | 1.05   | 1.15 | 1.25   | 1.35 | 1.45   | 1.55 | 1.65   | 1.75 | 1.85   | 1.95 | 2.05   |
| تعمیرات             | 0.8  | 0.9    | 1.0  | 1.1    | 1.2  | 1.3    | 1.4  | 1.5    | 1.6  | 1.7    | 1.8  | 1.9    | 2.0  | 2.1    |
| تعمیرات             | 0.85 | 0.95   | 1.05 | 1.15   | 1.25 | 1.35   | 1.45 | 1.55   | 1.65 | 1.75   | 1.85 | 1.95   | 2.05 | 2.15   |
| تعمیرات             | 0.9  | 1.0    | 1.1  | 1.2    | 1.3  | 1.4    | 1.5  | 1.6    | 1.7  | 1.8    | 1.9  | 2.0    | 2.1  | 2.2    |
| تعمیرات             | 0.95 | 1.05   | 1.15 | 1.25   | 1.35 | 1.45   | 1.55 | 1.65   | 1.75 | 1.85   | 1.95 | 2.05   | 2.15 | 2.25   |
| تعمیرات             | 1.0  | 1.1    | 1.2  | 1.3    | 1.4  | 1.5    | 1.6  | 1.7    | 1.8  | 1.9    | 2.0  | 2.1    | 2.2  | 2.3    |
| تعمیرات             | 1.05 | 1.15   | 1.25 | 1.35   | 1.45 | 1.55   | 1.65 | 1.75   | 1.85 | 1.95   | 2.05 | 2.15   | 2.25 | 2.35   |
| تعمیرات             | 1.1  | 1.2    | 1.3  | 1.4    | 1.5  | 1.6    | 1.7  | 1.8    | 1.9  | 2.0    | 2.1  | 2.2    | 2.3  | 2.4    |
| تعمیرات             | 1.15 | 1.25   | 1.35 | 1.45   | 1.55 | 1.65   | 1.75 | 1.85   | 1.95 | 2.05   | 2.15 | 2.25   | 2.35 | 2.45   |
| تعمیرات             | 1.2  | 1.3    | 1.4  | 1.5    | 1.6  | 1.7    | 1.8  | 1.9    | 2.0  | 2.1    | 2.2  | 2.3    | 2.4  | 2.5    |
| تعمیرات             | 1.25 | 1.35   | 1.45 | 1.55   | 1.65 | 1.75   | 1.85 | 1.95   | 2.05 | 2.15   | 2.25 | 2.35   | 2.45 | 2.55   |
| تعمیرات             | 1.3  | 1.4    | 1.5  | 1.6    | 1.7  | 1.8    | 1.9  | 2.0    | 2.1  | 2.2    | 2.3  | 2.4    | 2.5  | 2.6    |
| تعمیرات             | 1.35 | 1.45   | 1.55 | 1.65   | 1.75 | 1.85   | 1.95 | 2.05   | 2.15 | 2.25   | 2.35 | 2.45   | 2.55 | 2.65   |
| تعمیرات             | 1.4  | 1.5    | 1.6  | 1.7    | 1.8  | 1.9    | 2.0  | 2.1    | 2.2  | 2.3    | 2.4  | 2.5    | 2.6  | 2.7    |
| تعمیرات             | 1.45 | 1.55   | 1.65 | 1.75   | 1.85 | 1.95   | 2.05 | 2.15   | 2.25 | 2.35   | 2.45 | 2.55   | 2.65 | 2.75   |
| تعمیرات             | 1.5  | 1.6    | 1.7  | 1.8    | 1.9  | 2.0    | 2.1  | 2.2    | 2.3  | 2.4    | 2.5  | 2.6    | 2.7  | 2.8    |
| تعمیرات             | 1.55 | 1.65   | 1.75 | 1.85   | 1.95 | 2.05   | 2.15 | 2.25   | 2.35 | 2.45   | 2.55 | 2.65   | 2.75 | 2.85   |
| تعمیرات             | 1.6  | 1.7    | 1.8  | 1.9    | 2.0  | 2.1    | 2.2  | 2.3    | 2.4  | 2.5    | 2.6  | 2.7    | 2.8  | 2.9    |
| تعمیرات             | 1.65 | 1.75   | 1.85 | 1.95   | 2.05 | 2.15   | 2.25 | 2.35   | 2.45 | 2.55   | 2.65 | 2.75   | 2.85 | 2.95   |
| تعمیرات             | 1.7  | 1.8    | 1.9  | 2.0    | 2.1  | 2.2    | 2.3  | 2.4    | 2.5  | 2.6    | 2.7  | 2.8    | 2.9  | 3.0    |
| تعمیرات             | 1.75 | 1.85   | 1.95 | 2.05   | 2.15 | 2.25   | 2.35 | 2.45   | 2.55 | 2.65   | 2.75 | 2.85   | 2.95 | 3.05   |
| تعمیرات             | 1.8  | 1.9    | 2.0  | 2.1    | 2.2  | 2.3    | 2.4  | 2.5    | 2.6  | 2.7    | 2.8  | 2.9    | 3.0  | 3.1    |
| تعمیرات             | 1.85 | 1.95   | 2.05 | 2.15   | 2.25 | 2.35   | 2.45 | 2.55   | 2.65 | 2.75   | 2.85 | 2.95   | 3.05 | 3.15   |
| تعمیرات             | 1.9  | 2.0    | 2.1  | 2.2    | 2.3  | 2.4    | 2.5  | 2.6    | 2.7  | 2.8    | 2.9  | 3.0    | 3.1  | 3.2    |
| تعمیرات             | 1.95 | 2.05   | 2.15 | 2.25   | 2.35 | 2.45   | 2.55 | 2.65   | 2.75 | 2.85   | 2.95 | 3.05   | 3.15 | 3.25   |
| تعمیرات             | 2.0  | 2.1    | 2.2  | 2.3    | 2.4  | 2.5    | 2.6  | 2.7    | 2.8  | 2.9    | 3.0  | 3.1    | 3.2  | 3.3    |
| تعمیرات             | 2.05 | 2.15   | 2.25 | 2.35   | 2.45 | 2.55   | 2.65 | 2.75   | 2.85 | 2.95   | 3.05 | 3.15   | 3.25 | 3.35   |
| تعمیرات             | 2.1  | 2.2    | 2.3  | 2.4    | 2.5  | 2.6    | 2.7  | 2.8    | 2.9  | 3.0    | 3.1  | 3.2    | 3.3  | 3.4    |
| تعمیرات             | 2.15 | 2.25   | 2.35 | 2.45   | 2.55 | 2.65   | 2.75 | 2.85   | 2.95 | 3.05   | 3.15 | 3.25   | 3.35 | 3.45   |
| تعمیرات             | 2.2  | 2.3    | 2.4  | 2.5    | 2.6  | 2.7    | 2.8  | 2.9    | 3.0  | 3.1    | 3.2  | 3.3    | 3.4  | 3.5    |
| تعمیرات             | 2.25 | 2.35   | 2.45 | 2.55   | 2.65 | 2.75   | 2.85 | 2.95   | 3.05 | 3.15   | 3.25 | 3.35   | 3.45 | 3.55   |
| تعمیرات             | 2.3  | 2.4    | 2.5  | 2.6    | 2.7  | 2.8    | 2.9  | 3.0    | 3.1  | 3.2    | 3.3  | 3.4    | 3.5  | 3.6    |
| تعمیرات             | 2.35 | 2.45   | 2.55 | 2.65   | 2.75 | 2.85   | 2.95 | 3.05   | 3.15 | 3.25   | 3.35 | 3.45   | 3.55 | 3.65   |
| تعمیرات             | 2.4  | 2.5    | 2.6  | 2.7    | 2.8  | 2.9    | 3.0  | 3.1    | 3.2  | 3.3    | 3.4  | 3.5    | 3.6  | 3.7    |
| تعمیرات             | 2.45 | 2.55   | 2.65 | 2.75   | 2.85 | 2.95   | 3.05 | 3.15   | 3.25 | 3.35   | 3.45 | 3.55   | 3.65 | 3.75   |
| تعمیرات             | 2.5  | 2.6    | 2.7  | 2.8    | 2.9  | 3.0    | 3.1  | 3.2    | 3.3  | 3.4    | 3.5  | 3.6    | 3.7  | 3.8    |
| تعمیرات             | 2.55 | 2.65   | 2.75 | 2.85   | 2.95 | 3.05   | 3.15 | 3.25   | 3.35 | 3.45   | 3.55 | 3.65   | 3.75 | 3.85   |
| تعمیرات             | 2.6  | 2.7    | 2.8  | 2.9    | 3.0  | 3.1    | 3.2  | 3.3    | 3.4  | 3.5    | 3.6  | 3.7    | 3.8  | 3.9    |
| تعمیرات             | 2.65 | 2.75   | 2.85 | 2.95   | 3.05 | 3.15   | 3.25 | 3.35   | 3.45 | 3.55   | 3.65 | 3.75   | 3.85 | 3.95   |
| تعمیرات             | 2.7  | 2.8    | 2.9  | 3.0    | 3.1  | 3.2    | 3.3  | 3.4    | 3.5  | 3.6    | 3.7  | 3.8    | 3.9  | 4.0    |
| تعمیرات             | 2.75 | 2.85   | 2.95 | 3.05   | 3.15 | 3.25   | 3.35 | 3.45   | 3.55 | 3.65   | 3.75 | 3.85   | 3.95 | 4.05   |
| تعمیرات             | 2.8  | 2.9    | 3.0  | 3.1    | 3.2  | 3.3    | 3.4  | 3.5    | 3.6  | 3.7    | 3.8  | 3.9    | 4.0  | 4.1    |
| تعمیرات             | 2.85 | 2.95   | 3.05 | 3.15   | 3.25 | 3.35   | 3.45 | 3.55   | 3.65 | 3.75   | 3.85 | 3.95   | 4.05 | 4.15   |
| تعمیرات             | 2.9  | 3.0    | 3.1  | 3.2    | 3.3  | 3.4    | 3.5  | 3.6    | 3.7  | 3.8    | 3.9  | 4.0    | 4.1  | 4.2    |
| تعمیرات             | 2.95 | 3.05   | 3.15 | 3.25   | 3.35 | 3.45   | 3.55 | 3.65   | 3.75 | 3.85   | 3.95 | 4.05   | 4.15 | 4.25   |
| تعمیرات             | 3.0  | 3.1    | 3.2  | 3.3    | 3.4  | 3.5    | 3.6  | 3.7    | 3.8  | 3.9    | 4.0  | 4.1    | 4.2  | 4.3    |
| تعمیرات             | 3.05 | 3.15   | 3.25 | 3.35   | 3.45 | 3.55   | 3.65 | 3.75   | 3.85 | 3.95   | 4.05 | 4.15   | 4.25 | 4.35   |
| تعمیرات             | 3.1  | 3.2    | 3.3  | 3.4    | 3.5  | 3.6    | 3.7  | 3.8    | 3.9  | 4.0    | 4.1  | 4.2    | 4.3  | 4.4    |
| تعمیرات             | 3.15 | 3.25   | 3.35 | 3.45   | 3.55 | 3.65   | 3.75 | 3.85   | 3.95 | 4.05   | 4.15 | 4.25   | 4.35 | 4.45   |
| تعمیرات             | 3.2  | 3.3    | 3.4  | 3.5    | 3.6  | 3.7    | 3.8  | 3.9    | 4.0  | 4.1    | 4.2  | 4.3    | 4.4  | 4.5    |
| تعمیرات             | 3.25 | 3.35   | 3.45 | 3.55   | 3.65 | 3.75   | 3.85 | 3.95   | 4.05 | 4.15   | 4.25 | 4.35   | 4.45 | 4.55   |
| تعمیرات             | 3.3  | 3.4    | 3.5  | 3.6    | 3.7  | 3.8    | 3.9  | 4.0    | 4.1  | 4.2    | 4.3  | 4.4    | 4.5  | 4.6    |
| تعمیرات             | 3.35 | 3.45   | 3.55 | 3.65   | 3.75 | 3.85   | 3.95 | 4.05   | 4.15 | 4.25   | 4.35 | 4.45   | 4.55 | 4.65   |
| تعمیرات             | 3.4  | 3.5    | 3.6  | 3.7    | 3.8  | 3.9    | 4.0  | 4.1    | 4.2  | 4.3    | 4.4  | 4.5    | 4.6  | 4.7    |
| تعمیرات             | 3.45 | 3.55   | 3.65 | 3.75   | 3.85 | 3.95   | 4.05 | 4.15   | 4.25 | 4.35   | 4.45 | 4.55   | 4.65 | 4.75   |
| تعمیرات             | 3.5  | 3.6    | 3.7  | 3.8    | 3.9  | 4.0    | 4.1  | 4.2    | 4.3  | 4.4    | 4.5  | 4.6    | 4.7  | 4.8    |
| تعمیرات             | 3.55 | 3.65   | 3.75 | 3.85   | 3.95 | 4.05   | 4.15 | 4.25   | 4.35 | 4.45   | 4.55 | 4.65   | 4.75 | 4.85   |
| تعمیرات             | 3.6  | 3.7    | 3.8  | 3.9    | 4.0  | 4.1    | 4.2  | 4.3    | 4.4  | 4.5    | 4.6  | 4.7    | 4.8  | 4.9    |
| تعمیرات             | 3.65 | 3.75   | 3.85 | 3.95   | 4.05 | 4.15   | 4.25 | 4.35   | 4.45 | 4.55   | 4.65 | 4.75   | 4.85 | 4.95   |
| تعمیرات             | 3.7  | 3.8    | 3.9  | 4.0    | 4.1  | 4.2    | 4.3  | 4.4    | 4.5  | 4.6    | 4.7  | 4.8    | 4.9  | 5.0    |
| تعمیرات             | 3.75 | 3.85   | 3.95 | 4.05   | 4.15 | 4.25   | 4.35 | 4.45   | 4.55 | 4.65   | 4.75 | 4.85   | 4.95 | 5.05   |
| تعمیرات             | 3.8  | 3.9    | 4.0  | 4.1    | 4.2  | 4.3    | 4.4  | 4.5    | 4.6  | 4.7    | 4.8  | 4.9    | 5.0  | 5.1    |
| تعمیرات             | 3.85 | 3.95   | 4.05 | 4.15   | 4.25 | 4.35   | 4.45 | 4.55   | 4.65 | 4.     |      |        |      |        |

کمک سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) هریک از عوامل لایه ها ارزش گذاری شد. نقشه ها با استفاده از توابع عضویت فازی همسان گردید. با مدل AHP معیارها وزن دهی شد. از نظر کارشناسان پارامتر پمپ بنزین های مرکز شهر بالاترین وزن ۰.۱۹۵ و پارامتر زلزله کمترین وزن ۰.۰۱ را در مقایسه زوجی داشته است. نهایتاً نقشه نهائی حاصل از همپوشانی تمامی عوامل بدست آمد. با توجه به نقشه های حاصله از همپوشانی مدل AHP و اعمال وزن ها در لایه های اطلاعاتی، کلاس های آسیب پذیری زلزله شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بود. مساحت کلاس ها به ترتیب ۱۱.۲۵، ۹.۵۳، ۱۳.۱۷، ۱۵.۶۹ و ۹.۵۸ به دست آمد. بنابراین کلاس آسیب پذیری زیاد بیشترین مساحت و کلاس آسیب پذیری کم کمترین مساحت را داشته است.

### منابع

۱. آقابابایی خوارزمی، م.، (۱۳۸۸)، تدوین الگوی چارچوب سازمانی برنامه مدیریت بحران زلزله احتمالی شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
۲. امجد، محمد، سلطانی، ایرج، (۱۴۰۰)، راهبردهایی به منظور کاهش آسیب پذیری بافت های تاریخی در برابر زلزله مطالعه موردی: بافت تاریخی شهر یزد، مدیریت بحران، دو فصلنامه پژوهشی، دوره ۸، شماره ۳، صص ۱۷-۳۲.
۳. ترکانلو، ابراهیم، خاجی، ناصر، (۱۳۹۵). امکان سنجی پیش بینی مکان وقوع زلزله های آینده با استفاده از حل معکوس داده های میان لرزه ای. نهمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۲۱ و ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۵، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴. حبیبی، کیومرث، (۱۳۸۷)، تعیین عوامل سازه ای/ ساختمانی مؤثر در آسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از Fuzzy Logic & GIS، هنرهای زیبا، ۳۳، دانشگاه تهران، ۲۷-۳۶.
۵. حسین زاده، مهناز، احمدی، علی، صمدی فروشانی، مرضیه، (۱۴۰۰)، توسعه مدل پویای مدیریت بحران زلزله در تهران با استفاده از رویکرد پویایی شناسی سیستم



شکل ۱۹: همپوشانی نهایی معیارهای تحقیق با مدل AHP (منبع: نگارنده)

پس از مقایسه زوجی مشاهده شد پارامتر پمپ بنزین های مرکز شهر بالاترین وزن ۰.۱۹۵ و پارامتر زلزله کمترین وزن ۰.۰۱ را داشته است. با به دست آمدن وزن ها در مدل AHP، وزن ها در لایه های همسان سازی شده اعمال گردید تا نقشه مناطق و پهنه های آسیب پذیر از نظر زلزله مشخص و الویت بندی گردد که در جدول ۲، نشان داده شده است.

### جدول ۲: مساحت کلاس های آسیب پذیری در مدل های

مورد استفاده در پژوهش بر حسب کیلومتر مربع (منبع: نگارنده)

| نام کلاس             | مدل فازی - AHP (هکتار) |
|----------------------|------------------------|
| آسیب پذیری خیلی کم   | ۱۱.۲۵                  |
| آسیب پذیری کم        | ۹.۵۳                   |
| آسیب پذیری متوسط     | ۱۳.۱۷                  |
| آسیب پذیری زیاد      | ۱۵.۶۹                  |
| آسیب پذیری خیلی زیاد | ۹.۵۸                   |

### نتیجه گیری

در این پژوهش جهت پرداختن به آسیب پذیری زلزله شهرستان بستک در برابر زلزله، اقدام به تهیه نقشه گسل، زمین لرزه، ارتفاع، نقشه شبکه آبراهه ای و مسیل ها، نقشه مقدار شیب و ... گردید. و سپس به

- (SD)، مخاطرات محیط طبیعی، دوره دهم، شماره ۲۷، صص ۶۷ - ۹۰.
۶. خدادادی، فاطمه. انتظاری، مژگان، ساسان پور، فرزانه، (۱۳۹۹). تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش FUZZY ELECTRE (مطالعه موردی: کلان‌شهر کرج)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۶، صص ۹۳-۱۱۳.
۷. دانا، تورج، الله آهی زاده، بهاره، حمصی، امیرهومن، آقامحمدی، حسین، (۱۳۹۹)، ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۸ شهرداری تهران در برابر زلزله، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دوره دهم، شماره دوم، صص ۱۶۵-۱۷۵.
۸. رئوف حیدری فر، محمد، حسینی سیاه گلی، مهناز، سلیمانی راد، اسماعیل، (۱۳۹۷)، سنجش مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری نمونه موردی: کلانشهر کرمانشاه، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال هفتم، شماره بیست‌وهشت، صص ۱۰۷-۱۲۵.
۹. زنگی‌آبادی، علی، دادبود، عبدالرضا، (۱۴۰۰)، تحلیل فضایی خوشه‌های آسیب‌پذیر بافت کالبدی شهر گرگان در برابر زلزله (با استفاده از آمار فضایی)، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دوره پنجاه و سوم، شماره ۱، صص ۲۳-۳۴.
۱۰. زنگی‌آبادی، علی، تبریزی، نازنین، (۱۳۸۵). زلزله‌ی تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۸، شماره ۵۶، تابستان ۱۳۸۵، صص ۱۱۵-۱۳۰.
۱۱. ژاله، مسعود، چاره جو، فرزین، (۱۴۰۰)، سنجش و پهنه‌بندی میزان تاب‌آوری کالبدی محلات شهری در برابر زلزله نمونه مورد مطالعه منطقه ۱۲ تهران، مدیریت بحران، دو فصلنامه پژوهشی، شماره نوزدهم، صص ۸۳-۹۸.
۱۲. علوی، سیدعلی، شاهرخی فر، زینب، گروسی، علیرضا، (۱۳۹۶)، ساماندهی توزیع فضایی (کالبدی) مراکز اسکان موقت در مدیریت بحران (مطالعه موردی: منطقه ۷ تهران)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال ششم، شماره بیست و سه، صص ۷-۲۴.
۱۳. فیروزی، محمدعلی، شنبه پور، فرشته، (۱۳۹۹)، تحلیل ساختاری شکوفایی شهری با رویکرد آینده‌نگاری (مطالعه موردی: کلان‌شهر اهواز)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال نهم، شماره سی‌وینج، صص ۲۱-۳۰.
۱۴. قنواتی، عزت‌الله، کرم، امیر، آقا علیخانی، مرضیه، (۱۳۹۱)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی سال ۲۳، پیاپی ۴۸، شماره ۴، صص ۱۳۸-۱۲۱.
۱۵. کریم پور، سارا، مومنی، مهدی، (۱۳۹۵)، مکان یابی اسکان موقت پس از زلزله (مطالعه موردی شهر اصفهان)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۵، شماره ۲۰، صص ۱۲۵-۱۳۸.
۱۶. گلی مختاری، لیلا، شکاری بادی، علی، بشکنی، زهرا، (۱۳۹۶)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری محدوده شهری کاشان در برابر خطر زلزله با استفاده از مدل IHPW، مجله مخاطرات طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷، صص ۱۰۵-۱۲۶.
۱۷. مدیری، مهدی، شاطریان، محسن، حسینی، سیداحمد، (۱۳۹۶)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری مناطق شهری در زمان وقوع زلزله (نمونه موردی: منطقه سه کلان‌شهر تهران)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره ۱۳، صص ۱۴۳-۱۶۴.
۱۸. ملکی، سعید، رضایی اسحق وندی، ساره، (۱۳۹۸)، سنجش و تحلیل فضایی - کالبدی مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری نمونه موردی: شهر ایذه، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال هشتم، شماره سی‌ویک، صص ۱۷-۳۲.
۱۹. نوری، حسن، عزت پناه، بختیار، ولی زاده، رضا، (۱۳۹۹)، آینده‌پژوهی مدیریت ریسک در شهرها با تأکید بر آسیب‌پذیری خطرات زلزله، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، سال دوازدهم، شماره چهل و دوم، صص ۳۹-۵۱.
۲۰. Anand A, Jethoo AS, Sharma G. (۲۰۱۵ Jun ۱۰). Selection of temporary rehabilitation location after disaster: a review. *European Scientific Journal, ESJ*; ۱۱(۱۰), pp۱۰-۲۲.
۲۱. Eastman, J.R. ۲۰۰۶. *Idrisi Andes guide to GIS and Image processing*, Clark University. ۳۲۸p
۲۲. Jena, Ratiranjan., Biswajeet, Pradham., Ghassan, Beydoun., Nizamuddin, Ardiansyah, Hizir, Sofyan d., Muzailin, Affan., (۲۰۱۹), *Integrated model for earthquake risk assessment using neural network and analytic hierarchy process: Aceh province, Indonesia*, journal homepage: [www.Elsevier.com/locate/gsf](http://www.Elsevier.com/locate/gsf)

<https://doi.org/10.1080/10107049.2021.1892208>

۲۳. kates, Rand Pijawka, D. (۱۹۷۷), "From Rubble to Mument, The Pace of Reconstruction following Disaster, ed. Eugene J. Hass. Roberts W. kates and Marten Bowden, The MIT press. Massachusetts, PP ۴۵-۵۹
۲۴. Li H, Zhao L, Huang R, Hu Q. (۲۰۱۷ Jan ۱۶). Hierarchical earthquake shelter planning in urban area: a case for Shanghai in China. International Journal .of Disaster Risk Reduction, pp ۳۰۶-۳۲۳
۲۵. Malczewski J and Jackson M, "Multicriteria spatial allocation of educational resources: an overview," Socio-Economic Planning Sciences, vol. ۳۴, no. ۳, pp. ۲۱۹-۲۳۵, Sep. ۲۰۰۰
۲۶. Martinelli A., Cifani G., ۲۰۱۴, Bulding Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano (Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, ۲۸, ۸۷۵-۸۸۹
۲۷. Papadopoulos, Gerassimos A., Apostolos, Agalos., Andreas, Karavias., Ioanna, Triantafyllou., Issaak, Parcharidis., Efthymios, Lekkas., (۲۰۲۱), Seismic and Geodetic Imaging (DInSAR) Investigation of the March ۲۰۲۱ Strong Earthquake Sequence in Thessaly, Central Greece, Geosciences ۲۰۲۱, ۱۱, ۳۱۱. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080311>
۲۸. Saaty, T.L. (۱۹۸۰). The Analytic Hierarchy .Process. McGraw. New York
۲۹. Yariyan, Peyman., Abbaspour, Rahim Ali., Karami, MohammadReza., Artemi., (۲۰۲۱), GIS-based seismic vulnerability mapping: a comparison of artificial neural networks hybrid models, Geocarto International, pp ۱-۲۴,

## Earthquake risk zoning in Bastak city using FUZZY-AHP model

Waheed Sohrabi<sup>۱</sup>, Muhammad Ibrahim Afifi<sup>۲</sup> Abstract<sup>۳</sup>

### Abstract

Iran is one of the most earthquake-prone countries in the world and its cities have suffered a lot in relation to this natural hazard. Identifying areas at risk is one of the first steps in risk management and development planning. In this study, the risk of earthquake risk zoning in Bastak city using FUZZY-AHP model. The research method was descriptive-analytical. In the descriptive discussion, the required data were collected using library and documentary studies, and in the analytical discussion, a map of faults, earthquakes, altitude, a map of the waterway network and canals, a slope value map, etc. were prepared. Then, with the GIS, each of the layer factors was evaluated and finally the final map obtained from the overlap with the AHP model was obtained. Bastak city is one of the subordinate cities of Hormozgan province to the center of Bastak city, which is located between the geographical coordinates  $21^{\circ} 04' 00''$  to  $22^{\circ} 04' 00''$  longitude  $27^{\circ} 11' 00''$  to  $27^{\circ} 12' 00''$  latitude. According to experts, the parameter of downtown gas stations had the highest weight of ۰,۱۹۵ and the earthquake parameter had the lowest weight of ۰,۰۱ in pairwise comparison. Finally, the final map was obtained by overlapping all the factors. According to the maps resulting from the AHP model overlap and the application of weights to the information layers, the earthquake vulnerability classes included very low, low, medium, high and very high. Class areas were ۱۱,۲۵, ۹,۵۳, ۱۳,۱۷, ۱۵,۶۹ and ۹,۵۸, respectively. A large area of the study area is at high risk. Therefore, strategies should be implemented to manage the crisis when necessary.

**Key words:** Earthquake, Bastak city, Fuzzy, AHP

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی