مجله علوم جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، دوره ۱۹، شماره ۴۳، تابستان ۱۴۰۲، صص ۲۲۱-۲۰۳

ارزیابی آسیب پذیری شهرها از گسلهای پیرامونی با استفاده از روش Topsis در محیط GIS (مطالعه موردی : شهر بوشهر)

مجتبی محمدی

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

محمد ابراهیم عفیفی

دانشیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران(نویسنده مسئول)

afifi.ebrahim6353@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۱

چکیده

وقوع زلزله های شدید بشر را بر آن داشته است که در فکر تدوین یک برنامه زیر بنایی برای کاهش خطرات و آسیب های ناشی از آن باشد . ویژگی های زمین ساخت کشور ، زلزله را به عنوان یکی از مخرب ترین عوامل انهدام حیات انسانی مطرح نموده است . وجود سازندهای زمین شناسی ، با مقاومت ناهمگن ، استقرار شهر روی یک دشت آبرفتی با مقاومت کمتر نسبت به سنگ بستر ضخیم لایه ، احاطه شدن توسط گسلهای متعدد و وقوع زلزله های تاریخی و باستانی مخرب فراوان ، شرایط آسیب زایی در برابر نیروهای ارتعاشی حاصل از زلزله برای محدوده مورد مطالعه به وجود آورده است . در این تحقیق کاربرد مدل TOPSIS به عنوان فنون برجسته (MCDM) در ارزیابی آسیب پذیری مد نظر بوده است . در این تحقیق آسیب پذیری شهر بوشهر ، در برابر خطر زلزله ، از ناحیه پنج گسل مهم پیرامون شهر ، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت بر اساس نتایج به دست آمده به طور میانگین ۶۳۷ کیلومتر از محدوده شهر در اثر زلزله ایجاد شده از ناحیه گسل های مورد بررسی دارای رتبه آسیب پذیری بسیار زیاد خواهد بود که در این بین آسیب وارده از سناریوی گسل عسلویه بیشترین میزان و زاگرس دارای کمترین میزان بودند و میانگین ۲۰۸ کیلومتر از محدوده شهر در اثر زلزله ایجاد شده از ناحیه گسل های مورد بررسی دارای رتبه آسیب پذیری بسیار کم خواهد بود که در این بین آسیب وارده از سناریوی گسل برازجان بیشترین میزان و کازرون دارای کمترین میزان بودند .

کلمات کلیدی : زلزله ، آسیب پذیری ، مدل TOPSIS ،

مقدمه

گسترش شهر و شهرنشینی و افزایش تدریجی تعداد شهرهای بزرگ در جهان به خصوص در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران ، از یک طرف و رشد شهرها ، تمرکز و تجمع جمعیت و افزایش بارگذاری های محیطی و اقتصادی بر بستر آن ها از طرف دیگر، ضمن توجه بیشتر به شهرها ، منجر به پذیرش نقش ها و عملکردهای متعدد شده است.

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن دست به گریبان هستند ، موضوع حوادث طبیعی است . با توجه به ماهیت غیر مترقبه بودن غالب حوادث طبیعی و لزوم اتخاذ سریع و صحیح تصمیم ها و اجرای عملیات ، مبانی نظری و بنیادی ، دانشی را تحت عنوان مدیریت بحران به وجود آورده است.این دانش به مجموعه فعالیت هایی اتلاق می شود که قبل ، بعد و هنگام وقوع بحران کاهش اثرات این حوادث و کاهش آسیب پذیری انجام گیرد . این موضوع ارتباط خاصی با مباحث برنامه ریزی شهری و مدیریت شهری و جغرافیا دارد . با بکارگیری اصول و ضوابط شهرسازی و تبیین مفاهیم موجود در این دانش مانند فرم ، بافت و ساخت شهر ، کاربری اراضی شهری ، شبکه های ارتباطی و زیرساختهای شهری و غیره می توانیم تا حد زیادی اثرات و تبعات ناشی از حوادث طبیعی را کاهش دهیم .گستره جغرافیایی ایران از نظر احتمال وقوع این حوادث بویژه زلزله ، از آسیب پذیرترین بخشهای کره زمین است که هرساله وقوع این حوادث موجب خسارت های جانی و مالی فراوان می شود و گستره های شهری نیز همواره تجربه تلخی از بروز این گونه بلایا داشته اند و بنظر میرسد انجام برنامه ریزی خاص جهت مصون سازی هرچه بیشتر فضاهای شهری ضرورت دارد (احدنژاد روشتی ، ۱۳۸۹) . المدرسی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی خسارات ناشی از زلزله شهرستان اشکذر با استفاده از مدل Radius و GIS پرداختند . در این پژوهش برای تعیین آسیب پذیری ، از مدل رادیوس استفاده شد. داده های ورودی این مدل عبارتند از : ۱- اندازه و حد و مرز منطقه مورد مطالعه ۲- جمعیت کل منطقه ۳- تعداد کل ساختمان ۴- نوع خاک ۵- اطلاعات شریان های حیاتی ۶- انتخاب سناریوی زلزله و خروجی های این نرم افزار عبارتند از : شدت لرزه ای، خسارات وارده به ساختمان و شریانهای حیاتی و تلفات. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد خسارات ناشی از زلزله در دو سناریوی احتمالی وقوع زلزله در منطقه مورد مطالعه ناچیز است ، به گونه ای که در سناریو گسل جنوب غرب ، خسارات اندکی وارد می شود و در سناریوی گسل شرقی، میزان خسارت صفر است . ساسان پور و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی آسیب پذیری ساختمانهای شهر در برابر مخاطرات زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی : محله محتشم کاشان) پرداختند که نتایج تحقیق نشان می دهد از نظر آسیب پذیری ده درصد محله در آسیب پذیری خیلی کم ، ۱۹ درصد کم ، ۱۵ درصد متوسط ، ۴۷ درصد زیاد و ۱۹ درصد در آسیب پذیری خیلی زیاد قرار دارند ، که با توجه به تحلیل های انجام گرفته در این پژوهش می توان نتیجه گرفت که با در نظر گرفتن مشکلات کالبدی محله محتشم کاشان ، رویکرد مدیریت بحران زلزله یک راهکار موثر در راستای حفظ بافت و کاهش آسیب های وارده به این بافت در اثر وقوع زلزله خواهد بود . مدیری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی مدل سازی آسیب پذیری 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 آسیب پذیری خیلی زیاد و زیاد ، حدود ۳۰.۸ درصد کل مساحت منطقه در وضعیت متوسط و حدود ۳۳ درصد کل مساحت منطقه در وضعیت کم و خیلی کم از لحاظ آسیب‌پذیری در مواقع بحران قرار دارد؛ و توزیع فضایی آسیب‌پذیری مربوط به بخش شمال شرقی و شرق منطقه می‌باشد که دارای بافت مسکونی متراکمی می‌باشد . ابراهیمی و همکارن (۱۳۹۴) به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر بَردَسْکن در برابر زلزله با استفاده از مدل سلسله مراتبی وارون [1] پرداختند هدف از این پژوهش شناسایی میزان آسیب‌پذیری اجزاء و عناصر شهری با استفاده از مدل‌ها و روش‌های موجود در کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله می‌باشد که مدل‌سازی سناریوهای زلزله در شدت ۶ و ۸ مرکالی نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری بر اساس تعداد ساختمان‌ها به‌ترتیب در محلات ۳، ۱، ۶، ۵، ۴ و ۲ می‌باشد. مهم‌ترین دلایل این وضعیت نزدیکی به گسل، بالا بودن شتاب افقی زمین [2] ، بالا بودن تراکم ساختمانی بنا و پایین بودن کیفیت و مصالح ساختمانی است . عباسپور (۱۳۹۵) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود که هدف بررسی ساختار شهری ، شهر بستک در برابر خطرات زلزله می باشد که با توجه به نقشه های حاصله ساختارهای شهری بستک در مناطق گسلهای زیاد قرار دارند و در مناطق دارای خطر بالای زلزله استقرار یافته اند . کریم آبادی و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY- AHP در امنیت شهری (منطقه یک کلان شهر) پرداختند که نقشه پهنه بندی خطر زلزله نشان می دهد که بیشتر مساحت و گستره آن جزء پهنه های خطرناک وقوع زلزله محسوب می شوند که نیازمند توجه اساسی برای کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله است . ساربان (۱۳۹۳) به تحلیل اثرات وقوق زلزله بر مناطق روستایی شهرستان ورزقان (مطالعه موردی دهستان ازومدل شمالی) پرداختند که برای تجزیه و تحلیل داده ها از مدل تحلیل عاملی استفاده شد و نتایج این مدل نشان می دهد مهمترین اثرات وقوع زلزله در منطقه مورد مطالعه چهار مولفه (اقتصادی و معیشتی ، اجتماعی و خویشاوندی ، روانشناختی و فردی و کالبدی و محیطی) است که مقدار واریانس و واریانس تجمعی تبیین شده توسط این چهار عامل ۲۹ / ۷۹ می باشد . خاکپور و همکاران (۱۳۹۳) به مقایسه تطبیقی – تحلیلی میزان آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل های تحلیل سلسله مراتبی و فازی شهر لامرد پرداختند که نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این موضوع می باشد که روش فازی چند متغیره از توان بالاتری برای شناسایی بافت های شهری آسیب پذیر نسبت به روش تحلیل سلسله مراتبی دارا می باشد . همچنین مشخص گردید که در مدل فازی بیش ترین میزان آسیب پذیری مربوط به وضعیت آسیب پذیری بالا (بیش از ۳۸ درصد) و در مدل تحلیل سلسله مراتبی بیش ترین میزان آسیب پذیری مربوط به وضعیت آسیب پذیری متوسط (بیش از ۴۳ درصد) می باشد. پورطاهری و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی آسیب پذیری فیزیکی سکونتگاههای روستایی در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) با استفاده از مدل تصمیم گیری کوپراس (روستاهای دهستان چالان چولان شهرستان درود) پرداختند که نتایج تحقیقات آنان نشان می دهد با توجه به متنوع و گسسته بودن شاخص های آسیب پذیری فیزیکی ، این مدل می تواند در رتبه بندی آسیب پذیری سکونتگاهها در مقابل زلزله قابلیت زیادی داشته باشد ، و نتایج بدست آمده از آنجا که با واقعیت های تجربی و محلی منطبق است می تواند برای رتبه بندی میزان آسیب پذیری سکونتگاههای روستایی در برابر زلزله ابزار مناسبی باشد .رجبی

[1] IHPW
[2] PGA

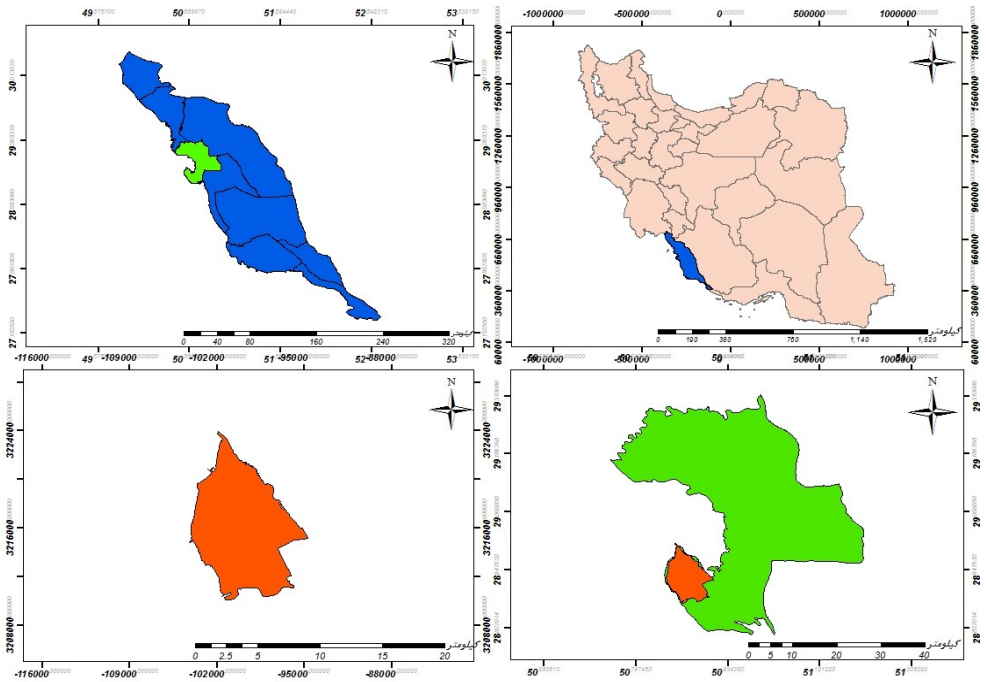
(۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان کاهش آسیب پذیری ناشی از زمین لرزه با توجه به ساختار شهری به تحلیل شکل مطلوب شهر پایدار (ایمن) و عوامل و عناصر شکل دهنده این شهر مانند فرم، ساختار، تراکم، کاربری، مکانیابی شهر و ... پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این پژوهش الزامات و تمهیدات شهرسازی در کاهش خسارات ناشی از حوادث طبیعی مانند زلزله می باشد . اکبر اصغری زمانی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان تأثیر بافت شهری در کاهش میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله پرداختند . مریم برومند (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان الگوی بافت شهری و نقش آن در کاهش آسیب های ناشی از زلزله (نمونه موردی : شهرک غرب و درکه- منطقه ۲ شهر تهران) به شناخت مسایل و مشکلات موجود در زمینه الگوهای رایج بافت شهری و چاره اندیشی نسبت به مشکلات ناشی از آن در برابر زلزله پرداختند . نتایج تحقیق نشان داد که بافت شطرنجی شرایط بهتری را در کاهش آسیبهای ناشی از زلزله نسبت به بافت ارگانیک فراهم می‌کند.خاکپور و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله ای تحت عنوان تحلیل میزان آسیب پذیری فیزیکی- کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله خیزی به این نتیجه رسیده اند که شهر مشهد از نظر زلزله خیزی در منطقه ای با خطر متوسط قرار گرفته است . سپس با استفاده از شاخص هایی نقشه های پهنه بندی آسیب پذیر در هنگام وقوع زلزله را تهیه کرده تا امکان اتخاذ راهکارهای لازم در حوزه سیاست گذاری مدیریت شهری میسر گردد .

سویل تودیس (۲۰۱۰) جهت مدیریت صحیح بحران در شهر ادنا در ترکیه با استفاده از مدل AHP در محیط GIS پرداخته و در نهایت به کلاس بندی شهر به لحاظ مناطق مساعد اقدام کرده است . تانگ و ون (۲۰۰۹) با استفاده از هوش مصنوعی و GIS خطر زلزله را در شهر دیانگ چین مورد ارزیابی قرار دادند . ابرت و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله پرداختند . هانیچ و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود به ریز پهنه بندی خطر زلزله را در شهر بخارست رومانی با استفاده از GIS پرداختند . اردیک و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیق خود خطر زلزله در ناحیه مرمره ترکیه بررسی کرده اند . راشد و ویک (۲۰۰۳) میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله را با استفاده از روش سلسله مراتبی و نرم افزار GIS ، مدل سازی کردند. رابی (۲۰۰۱) آسیب پذیری لرزه ای کویت و دیگر کشورهای عربی خلیج فارس را مورد مطالعه قرار داده است و در این بررسی سیستم های زیر ساختی را که مهمترین آنها سازه های بلند و تاسیسات ساحلی در کویت و دیگر کشورهای عربی خلیج فارس می باشد، مطالعه کرده اند .

به دلیل نزدیکی شهر بوشهر به کانون‌های مهم زلزله و کمربندهای زلزله ، در این تحقیق آسیب پذیری شهر بوشهر در برابر خطر زلزله مورد بررسی قرار می گیرد ، و از آنجایی که در ارزیابی آسیب پذیری شهر بوشهر در برابر زلزله ، عوامل متعددی دخیل هستند و مجموع هی این عوامل می تواند در افزایش یا کاهش ضریب آسیب پذیری ، نقش داشته باشند؛ لذا نیاز به استفاده از روشی که بتواند تلفیق منطقی بین این عوامل ایجاد کند لذا ضروری به نظر می رسد که در این راستا کاربرد مدل TOPSIS بعنوان یکی از فنون برجسته تصمیم چند معیاری (MCDM) در ارزیابی آسیب پذیری مورد مطالعه و بررسی قرار خواهد گرفت .

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان بوشهر یکی از جنوبی ترین استانهای کشور است که در جنوب غربی ایران و در فاصله ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۴ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه و ۸ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۷ دقیقه طول جغرافیایی واقع گردیده است . این استان از شمال به استانهای خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد ، از جنوب به خلیج فارس و استان هرمزگان ، از مشرق به استان فارس و از غرب به خلیج فارس محدود بوده و با ۶۲۵ کیلومتر مرز آبی، طولانی ترین همسایگی را با آبهای نیلگون خلیج فارس دارد . استان بوشهر با ۲۳۱۶۷/۵ کیلومتر مربع وسعت حدود ۱/۴ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده و از این لحاظ هفدهمین استان کشور محسوب می گردد . در سال ۱۳۸۵ استان بوشهر دارای ۹ شهرستان شامل بوشهر، تنگستان ، دشتستان ، دشتی، کنگان ، دیر ، گناوه ، دیلم و جم ونیز ۲۲ بخش ، ۴۳ دهستان و ۲۹ شهر بوده است (سالنامه آماری استان بوشهر ، ۱۳۸۵) . بوشهر شهری بندری و مرکز استان بوشهر از استان‌های جنوب غربی ایران است بوشهر بندری شبه جزیره‌ای در بخش مرکزی شهرستان بوشهر است که از سمت شمال ، غرب و جنوب به خلیج فارس محدود شده‌است ، این بندر در ارتفاع ۱۸ متری از سطح دریا و در منطقه ساحلی خلیج فارس واقع شده و آب و هوای نیمه بیابانی گرم دارد . میانگین دما در تیرماه (گرم‌ترین ماه سال) ۳۳ درجه سانتی‌گراد ، در دی‌ماه (سردترین ماه سال) ، ۱۴ درجه سانتی‌گراد ، در فروردین‌ماه ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در مهرماه ۲۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و میانگین سالانه دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد است .



نقشه ۱ موقعیت جغرافیایی شهر بوشهر در ایران ، استان و شهرستان (ترسیم کننده : نگارنده)

روش تحقیق

روش تحقیق با توجه به اهداف و ماهیت کاری متفاوت می باشد . در اجرای یک پژوهش روشهای گوناگونی با توجه به آن پژوهش وجود دارد ، چون هر تحقیقی با توجه به مسیری که دنبال می کند لازمه به کاربردن روشی است که به سر مقصد کمال برسد . روش تحقیق در این بررسی به صورت توصیفی – تحلیلی است . برای جمع آوری اطلاعات و داده های مورد نیاز از بررسی های اسنادی و کتابخانه ای استفاده می شود .

الف – روش کتابخانه ای (اسنادی)

در این مرحله جمع آوری آمار و اطلاعات و مطالعات انجام شده در سطح منطقه (شامل : پارامترهای اقلیمی ، ژئومورفولوژی ، زمین شناسی ، هیدروژئولوژی ، انسانی و محیطی) . بطور کلی در این مرحله از دو نوع منبع استفاده شده است :

❋ – استفاده از کتب، پایان نامه ها ،پایگاه های علمی مقالات برای مباحث پایه و اصول نظری

❋ – استفاده از انواع نقشه ها و شیپ فایلهای GIS

ب – مطالعات میدانی

شامل بازدید از منطقه مورد مطالعه جهت شناخت ویژگی های طبیعی ، محیطی ، اجتماعی و اقتصادی و تطبیق نقشه های موجود با منطقه . در این تحقیق کاربرد مدل Topsis در ارزیابی آسیب پذیری شهر بوشهر مد نظر می باشد که جهت ارزیابی ، آسیب پذیری شهر از از ناحیه ۵ گسل ۱ – گسل عسلویه ۲ – گسل کازرون ۳ – گسل برازجان ۴ – گسل زاگرس ۵ – گسل دشتی ، مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد . که ابتدا به بررسی و تهیه وقوع زلزله های گذشته شهر بوشهر پرداخته می شود و سپس پارامترها و معیارهای موثر در وقوع زلزله انتخاب و ماتریس آنها مشخص می گردد و در مرحله بعد نقشه آسیب پذیری شهر بوشهر از ناحیه ۵ گسل مذکور با استفاده از روش های Topsis تهیه و در مرحله آخر به مقایسه هر دو روش پرداخته می شود .

مدل تاپسیس (TOPSIS)

روش تاپسیس یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) است. در این روش تصمیم‌گیری تعدادی گزینه و تعدادی معیار برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند ، و یا اینکه به هر یک از آنها یک نمره کارایی اختصاص داده شود . فلسفه کلی روش تاپسیس این است که با استفاده از گزینه‌های موجود، دو گزینه فرضی تعریف می‌شوند . یکی از این گزینه‌ها مجموعه‌ای است از بهترین مقادیر مشاهده شده در ماتریس تصمیم‌گیری . این گزینه را اصطلاحاً ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) می‌نامیم . ضمن اینکه یک گزینه فرضی دیگر تعریف می‌شود که شامل بدترین حالت‌های ممکن باشد . این گزینه ایده‌آل منفی نام دارد . معیارها می‌تواند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند، همچنین واحد اندازه‌گیری آنها نیز می‌تواند متفاوت باشد.

معیار محاسبه نمرات در روش تاپسیس این است که گزینه‌ها تا حد امکان به گزینه ایده‌آل مثبت نزدیک و از گزینه ایده‌آل منفی دور باشد. بر این اساس یک نمره برای هر گزینه محاسبه می‌شود و گزینه‌ها مطابق این نمرات رتبه بندی می‌شوند. TOPSIS یکی از متداولترین روشها در تعیین میزان انفکاک از موقعیت ایده آل محسوب می شود . بر اساس این تکنیک ، بهترین گزینه ، گزینه ای است که به طور همزمان، نزدیکترین واحد به نقطه ی ایده آل و دورترین واحد از نقطه ی متصف به شرایط نامطلوب باشد .از امتیازات مهم این روش آن است که به طور همزمان میتوان از شاخصها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده نمود .با این حال لازم است در این مدل جهت محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمی بوده و در صورت کیفی بودن نسبت داده شده به معیارها ، میبایست آنها را به مقادیر کمی تبدیل نمود . TOPSIS را میتوان هم در محیط رستری و هم در محیط برداری مربوط به GIS به کار برد . اما این تکنیک به طور ویژه ای مناسب با ساختار داده های رستری است (مالچفسکی ، ۱۳۸۵) .

مرحله اول : تشکیل ماتریس داده ها (رابطه ۱) بر اساس n آلترناتیو و m شاخص ، که در آن معرف نمره خام پیکسل iام در معیار jام .

رابطه (۱)

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم : استاندارد نمودن داده ها و تشکیل ماتریس استاندارد از طریق رابطه زیر :

رابطه (۲)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}}$$

مرحله سوم : در این مرحله با استاندارد سازی داده ها، دامنه مقادیر را که در واحدهای اندازه گیری متفاوت (همچون واحد اندازه گیری رتبه ای ، درصدی و متریک) وجود دارند به یک دامنه ی استاندارد ، تبدیل و مقادیراستاندارد شده داده ها را به دست می آوریم . در چنین روندی لایه های نقشه استاندارد که قابل مقایسه و قابل ترکیب با هم هستند به دست می آید .

رابطه (۳)

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله چهارم : تعیین فاصله i امین آلترناتیو از آلترناتیو ایده آل (بالاترین عملکرد هر شاخص) که آن را با (A^*) نشان می دهند .

رابطه (۴)

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \middle| j \in J), (\min_i v_{ij} \middle| j \in J' \right\}$$

$$A^* = \left\{ v_1^*, v_2^*, \ldots, v_n^* \right\}$$

مرحله پنجم : تعیین فاصله i امین آلترناتیو از آلترناتیو حداقل (پایین ترین عملکرد هر شاخص) که آن را با (A^-) نشان می دهند .

رابطه (۵)

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \middle| j \in J), (\max_i v_{ij} \middle| j \in J' \right\}$$

$$A^- = \left\{ v_1^-, v_2^-, \ldots, v_n^- \right\}$$

مرحله ششم : تعیین معیار فاصله ای برای آلترناتیو (si*) ایده آل و آلترناتیو حداقل ($\overline{si}$)

رابطه (۶)

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2}$$

مرحله هفتم : تعیین ضریبی که برابر است با فاصله آلترناتیو حداقل تقسیم بر مجموع فاصله آلترناتیو حداقل $\overline{si}$ و فاصله آلترناتیو ایده آل si* که آن را ci* نشان داده و از رابطه زیر محاسبه می شود .

رابطه (۷)

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

مرحله هشتم : رتبه بندی آلترناتیوها بر اساس میزان si*

میزان فوق بین ۱ ≤ ci* ≤ ۰ در نوسان است . در این راستا ۱ = ci* نشان دهنده بالاترین رتبه و ۰ = ci* نیز نشان دهنده کمترین رتبه است .

ارزشگذاری و استانداردسازی دامنه تغییرات ثبت شده از معیارها

ارزشگذاری به این معناست که به مقادیر مشخص شده از معیارها بر حسب میزان مطلوبیت ، ارزشی تعلق گیرد . استاندارد نمودن داده ها نیز به معنی همسان کردن دامنه تغییرات استاندارد شده داده ها در دامنه هایی همچون0 تا 1 و 0 تا 255 میباشد ، زیرا معیارهای مورد استفاده در فرآیند ارزیابی ممکن است در واحدهای اندازه گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند (مانند زاویه ی اصطکاک در اندازه گیری مقاومت برشی خاک و متر در اندازه گیری فاصله از گسل) در نتیجه نمیتوان عملیاتهای ریاضی در فرایند همپوشی را بر روی آنها به انجام رسانید . در این پژوهش ، فرایند عملیاتی ارزشگذاری و استاندارد سازی به صورت توام و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی به انجام رسیده است . فهرست برخی از معیار مورد استفاده در این پژوهش و مبنای تئوریکی مطرح در ارزشگذاری و استاندارد سازی آنها عبارتند از :

الف . حداکثر توان لرزه زایی گسل

با توجه به جمع شدن انرژی کرنشی در گسلها و مکانیزم وقوع اکثر زلزله های تکتونیکی، طول گسل از مشخصه های اصلی یک زلزله به شمار می رود و نتایج اکثر محققان بر این امر استوار میباشد که رابطهای بین طول گسل و حداکثر توان لرزه زایی آن ارائه دهند . البته به طور حتم تمام طول گسل در امر ذخیره سازی انرژی مورد نظر نقش نخواهد داشت . در این رابطه به طور متوسط فرض میشود نصف طول یک گسل در روابط ملحوظ گردد (برگی ، ۱۳۸۲) .

جدول ۱ ماتریس معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب پذیری ناشی از زلزله

	پیکسل ۱	پیکسل ۲	. . .	پیکسل m
نوع مصالح	X I I	X 2 1	. . .	X m 1
کیفیت ابنیه	X I 2	X 2 2	. . .	X m 2
تراکم جمعیت	X I 3	X 2 3	. . .	X m 3
تعداد طبقات	. . .	. . .	. . .	. . .
تراکم ساختمان	. . .	. . .	. . .	. . .
بعد خانوار	. . .	. . .	. . .	. . .
ف. بیمارستان	. . .	. . .	. . .	. . .
ف. شیر آتش	. . .	. . .	. . .	. . .
ف. پست ه.ایی برق	. . .	. . .	. . .	. . .
ف. پمپ بنزین	. . .	. . .	. . .	. . .
کاربری اراضی	. . .	. . .	. . .	. . .
ف. ایستگاه آتش	. . .	. . .	. . .	. . .
معابر	. . .	. . .	. . .	. . .
حداکثر شتاب زلزله	. . .	. . .	. . .	. . .
ف. گسل	. . .	. . .	. . .	. . .
حداکثر توان زلزله	. . .	. . .	. . .	. . .
سازندهای سطحی	. . .	. . .	. . .	. . .
عمق سطح ایستابی	. . .	. . .	. . .	. . .
مدت تداوم زلزله	. . .	. . .	. . .	. . .
سرعت امواج برشی	X I n	X 2 n	. . .	X m n

(منبع : جمع بندی از بررسی های اسنادی و کتابخانه ای)

ب . سازندهای سطحی

براساس تجربیات حاصله از زلزله های که تاکنون در اکثر نقاط دنیا رخ داده اند و با بررسی علل اساسی و مؤثر در تخریب ساختمان ها بر اثر وقوع زلزله ، بیشتر متخصصان بر این اعتقاد هستند که خسارت های وارده بر ساختمانها به طور قابل ملاحظه ای بستگی به ساخت زمین محل سازه دارد (خانلری ، ۱۳۷۷) .

ثابت شده است که در بیشتر موارد خسارت ایجاد شده در چنین خاکهای نرم پنج تا ده برابر بیشتر از مناطق سنگی سخت مجاور است (روستایی ، ۱۳۸۶) .

پ . سرعت امواج عرضی

سرعت امواج زلزله بستگی به جرم مخصوص و خاصیت روان شدن سنگهایی دارد که از آنها عبور میکنند . سرعت امواج زلزله در سنگهای متراکم و صلب ، زیاد و در سنگهای سبکتر و نرمتر ، کم می باشد (لهانگ ، ۱۳۷۳) .

چ . عمق سطح ایستابی

وجود آب در خاک روی خواص مهندسی خاکها تأثیر بسزایی دارد . لذا با توجه به وجود آب در خاک ، چنانچه در هنگام وقوع زلزله ، خاک تحت تنش قرار گیرد ، فقط اجزاء و دانه های خاک در مقابل تغییر شکل یا شکست مقاومت می نمایند و آب بین منفذی هیچ گونه مقاومتی ندارد و نتیجتاً آب به صورت بی اثر عمل می نماید (خانلری ، ۱۳۷۷) .

ج . نوع مصالح

معیار نوع مصالح سازه ها یکی از معیارهای مهم و موثر در تعیین ضریب آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله محسوب می شود . در مورد نوع مصالح به کار رفته در سازه ها ، قاعدتاً سازه هایی که با مصالح دارای مقاومت و استاندارد بالا ساخته شده اند ایمنی مناسبی در برابر زلزله داشته و امنیت بالایی برای ساکنین فراهم میکنند .

ح . کیفیت ابنیه

این شاخص تاثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب پذیری ساختمان دارد . احتمال مقاومت ساختمان های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل زلزله نسبت به ساختمانهای مخروبه و مرمتی بیشتر است . قابل ذکر است که قدمت یک سازه الزاماً رابطهٔ مستقیمی با کیفیت ندارد ، اما در بیشتر موارد ساختمان های با سنی بیشتر از سی سال نیاز به

تعمیر اساسی دارند . در عین حال رعایت نکردن اصول آیین نامه زلزله در اجرای ساختمان نیز باعث کاهش کیفیت بنا می گردد .

خ . تراکم جمعیت

شاخصی که مشخص کننده بار جمعیتی در مواقع زلزله می باشد و در نتیجه با بیشتر شدن تراکم جمعیتی ، سرعت پناه گیری و خدمات رسانی و امداد پایین آمده و بالعکس .

ه . دسترسی به مراکز امداد و نجات

این شاخص بیشتر با زمان بعد از وقوع حادثه در ارتباط است . تعیین مکان مناسب جهت استقرار کاربری های گوناگون شهری به عوامل متعددی بستگی دارد . از مهم ترین فاکتورهای موثر در بحث کارایی سنجی مراکز امداد و نجات که تعیین کنند ه ی سطح عملکرد این مراکز در مواقع بحرانی است می توان به شاخص تراکم جمعیت ، مساحت و شعاع پوشش ، شبکه ی ترافیک و سطح سرویس دهی معابر اشاره داشت . از این رو دسترسی سریع و آسان به مراکز امداد و نجات موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات و خدمات رسانی می شود . به این ترتیب با دور شدن از این مراکز احتمال آسیب پذیری افزایش می یابد .

جدول ۲ وزن معیارها ، حاصل محاسبه با روش کریتیک

نام معیار	گسل عسلویه	گسل کازرون	گسل دشتی	گسل برازجان	گسل زاگرس
نوع مصالح	۰/۰۶۳	۰/۰۶۶	۰/۰۶۲	۰/۰۶۵	۰/۰۶۴
کیفیت ابنیه	۰/۰۵۹	۰/۰۶۲	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۵۷
تراکم جمعیت	۰/۰۶۰	۰/۰۶۳	۰/۰۶۰	۰/۰۶۵	۰/۰۵۷
بعد خانوار	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۲	۰/۰۶۲	۰/۰۶۲
ف. ایستگاه آتش نشانی	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲
ف. بیمارستان	۰/۰۴۹	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷
ف. شیرهای اتش نشانی	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
کاربری اراضی	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۰
معابر	۰/۰۶۶	۰/۰۶۱	۰/۰۵۸	۰/۰۵۶	۰/۰۵۵
تعداد طبقات۰/۰۵۸	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳
تراکم ساختمان	۰/۰۵۲	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶
ف. پمپ بنزین	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵
ف. پستهای هوایی برق	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸
سازنده های سطحی	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳
سرعت امواج عرضی	۰/۰۷۳	۰/۰۷۶	۰/۰۷۲	۰/۰۷۳	۰/۰۷۶
عمق سطح ایستابی	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵
فاصله از گسل	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۳	۰/۰۵۷
توان لرزه زایی گسل	۰/۰۵۹	۰/۰۳۹	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷	۰/۰۵۲
حداکثر شتاب زلزله	۰/۰۲۲	۰/۰۳۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۲
مدت تداوم زلزله	۰/۰۶۴	۰/۰۵۸	۰/۰۵۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۷

وزن دهی نقشه های معیار

بررسی روابط بین انواع عوامل و ویژگی های ، پارامترهای موثر در امر آسیب پذیری ناشی از زلزله ، نشان میدهد که غالب عوامل مؤثر در تعیین پهنه های آسیب پذیر ، از اهمیت یکسانی برخوردار نمی باشند . لذا برای ارزیابی دقیقتر ، لازم است تا اهمیت نسبی هر کدام از عوامل مشخص گردیده و براساس آن ضرایب ویژه ای به عنوان وزن در تجزیه و تحلیل اطلاعات اعمال شود . تاکنون روشهای متعددی در تعیین وزن استفاده شده است که روشهای مقایسه زوجی و CRITIC از جمله آنها میباشند . با پیش فرضهایی که در ذیل روش CRITIC وجود دارد در تحقیق حاضر از آن استفاده شده است ، زیرا که چیدمان معیارهای بیستگانه مورد استفاده برای ارزیابی ضریب آسیب پذیری از ناحیه هر کدام از گسلها به گونه ای بود که امکان تعیین درجه اهمیت در یک مقایسه دو به دو مشکل بود . در روش CRITIC داده ها براساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند (جهانی ، ۱۳۷۶) . با تأمل در کاربرد و فلسفه به کارگیری این روش میتوان گفت که مفروضات ذیل در تعیین وزن هر معیار، دخیل هستند :

الف . اگر پهنه های مختلف در یک محدوده جغرافیایی به لحاظ یک معیار وضعیت مشابهی داشته باشند ، آن معیار عاملی تعیین کننده در کلاس بندی و اولویت بندی پهنه ها، تلقی نمیشود این وضعیت می تواند به پایین آمدن وزن آن معیار کمک کند ، حتی اگر معیار مورد نظر ، فی نفسه از اهمیت زیادی برخوردار باشد .بنابراین میزان انحراف معیار در رابطه با هر یک از عاملهای مورد استفاده میتواند نشان از میزان همگنی یا ناهمگنی داشته باشد . در این راستا انحراف معیار پایینتر میتواند در تنزل وزن ، تأثیرگذار باشد .

ب . هر چقدر همبستگی مثبت معیارها با هم بیشتر باشد به همان نسبت در نظر گرفتن تغییرات عنوان معرف بر تغییرات معیار دیگر، توجیه پذیر میشود .

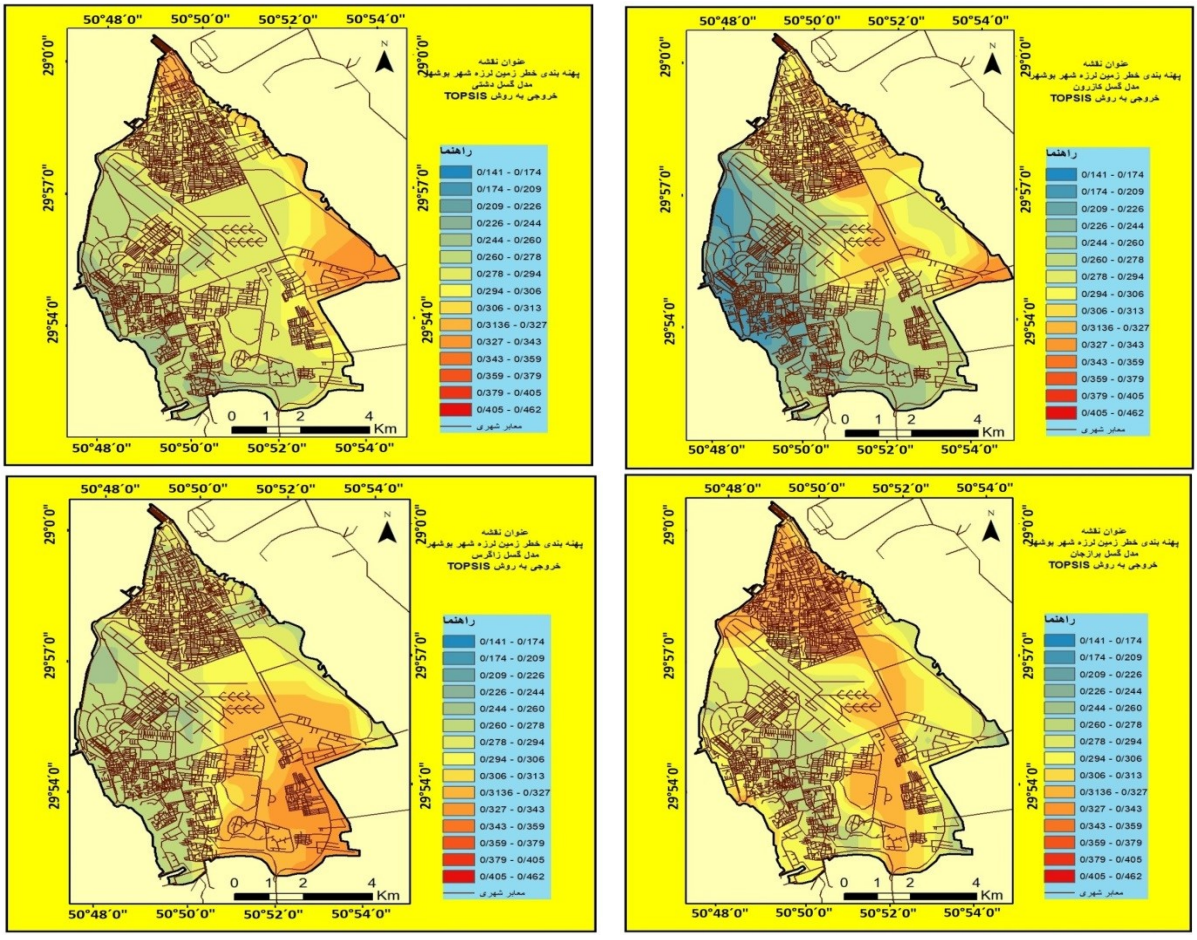
پ . اگر عاملی یا معیاری از یک طرف انحراف معیار بیشتری داشته باشد و از طرف دیگر سرجمع تضاد آن با معیارهای دیگر بیشتر باشد دایره میزان اطلاعات که در ذیل آن معیار نهفته شده است گسترده تر است و به پشتوانه دایره بازتر از میزان اطلاعات ، میتواند نقشی تعیین کننده تر در تمیز گزینه های مکانی به لحاظ سطح اولویت داشته باشد .

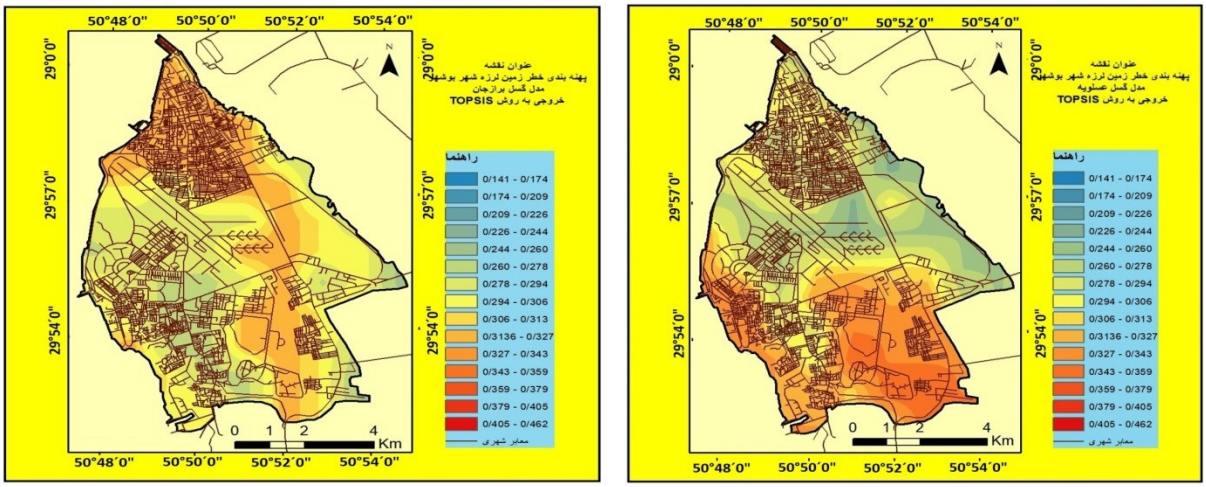
خروجی حاصل از به کارگیری مدل

در برآیند عملیاتی سازی مراحل و دستورالعملهای مطرح در فرایند بکارگیری مدل TOPSIS نقشه های پهنه بندی میزان آسیب پذیر شهر بوشهر در برابر زلزله به دست آمد . که امتیاز آنها در دامنه بین صفر و یک مشخص شدند . این نقشه ها به طور جداگانه با مبنا قرار دادن هر یک از گسلها به عنوان عامل ایجاد کننده زلزله به صورت

خروجی حاصل از روش TOPSIS در حد فاصل ۱ – ۰ و به ترتیب در رابطه با گسل های کازرون ، دشتی ، برازجان ، زاگرس و عسلویه تهیه شده اند .

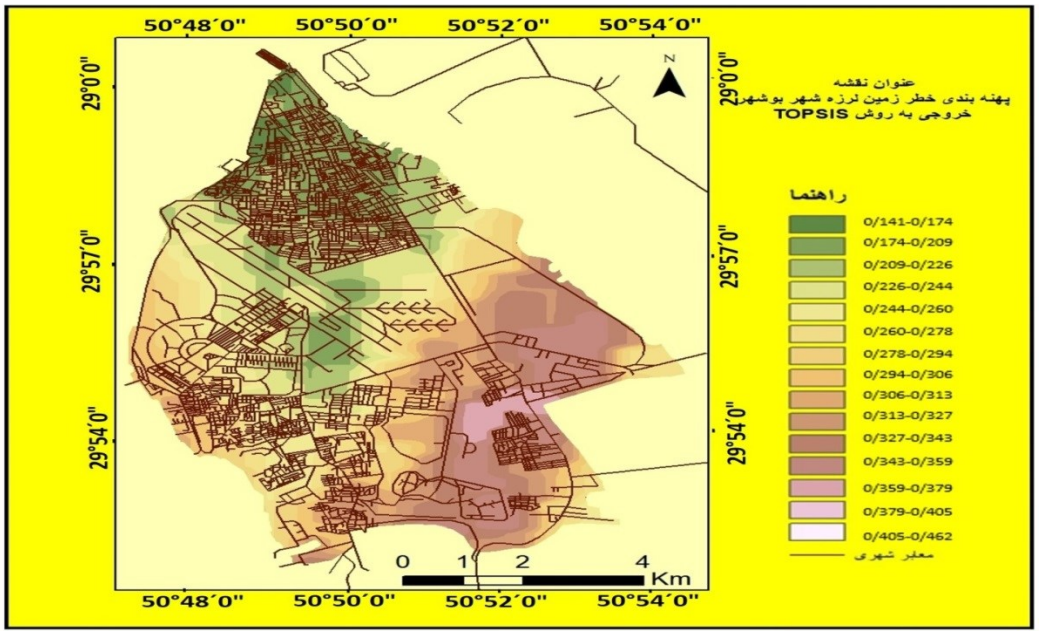
نقشه های ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ نشانگر نقشه های پراکندگی مرکز زلزله های محدوده شهر بوشهر و گسل های حاشیهٔ آن و نقشه های پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر بوشهر از ناحیه هر یک از گسلهای مورد مطالعه می باشد . به دلیل اینکه در فرایند فازی سازی نقشه معیارهای مورد استفاده ، فازی سازی معکوس مد نظر بوده است لذا در خروجی نهایی نیز پیکسل های دارای ارزش عددی نزدیک به یک شرایط نامطلوبی را به جهت آسیب پذیری دارند . در نقشه های تهیه شده فوق هر چقدر نمره پیکسل به عدد یک میل میکند ، نشان از نامطلوب بودن سر جمع شرایط آن پیکسل از ناحیه معیارهای بیست گانه مورد استفاده به لحاظ میزان آسیب پذیری در برابر خطر زلزله است و بالعکس . برای روشن شدن دقیقتر زوایای آسیب پذیری و همچنین امکان مقایسه نتایج به دست آمده از تحلیل سطوح آسیب پذیری شهر بوشهر در اثر فعال شدن گسلهای فوق الذکر، میزان آسیب زایی هر یک از آنها در شش رتبه آسیب پذیری ، از بسیار کم تا بسیار زیاد تهیه گردید که در قالب جدول (۴ – ۳) ارائه شده است .





نقشه ۲ پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر بوشهر در برابر خطر زلزله گسل کازرون ، دشتی ، برازجان ، زاگرس ، عسلویه و بوشهر بر مبنای خروجی TOPSIS

نقشه (۳) پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر بوشهر از ۵ گسل بررسی شده (کازرون ، دشتی ، برازجان ، زاگرس و عسلویه) می باشد چنانچه بر روی نقشه مشخص گردیده است قسمت های سبز رنگ بر روی نقشه که قسمت های شمالی شهر را شامل می گردند آسیب پذیری ناشی از این گسل ها بسیار کم می باشد و قسمت های شیری رنگ بر روی نقشه آسیب پذیری ناشی از گسل های مذکور بسیار زیاد است .



نقشه ۳ پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر بوشهر در برابر خطرات زلزله بر مبنای خروجی TOPSIS

جدول ۱ - میزان آسیب پذیری شهر بوشهر در برابر خطر زمین لرزه به تفکیک آسیب زایی هر گسل بر مبنای محاسبات بر روی خروجی حاصل از مدل TOPSIS

نام گسل	رتبه آسیب پذیری	۱	۲	۳	۴	۵	جمع
	میزان آسیب	خ.ک	ک	م	ز	خ. ز	
	نوع اطلاعات	۰/۱۴۱ – ۰/۱۷۴	۰/۲۴۴ – ۰/۲۶۰	۰/۳۰۶ – ۰/۳۱۳	۰/۳۴۳ – ۰/۳۵۹	۰/۴۰۵ – ۰/۴۶۲	
عسلویه	فراوانی	۵۵۶۰	۳۵۶۳۰	۶۹۸۲۲	۴۱۲۵۰	۱۸۱۰۰	۱۷۰۳۴۲
	درصد به کل	۴	۲۰/۱۰	۴۰	۲۵/۷	۱۰/۱	۱۰۰
	مساحت به کیلومتر	۴۲۵	۱۰۶۲	۱۸۹۷۰	۲۶۸۴	۶۱۴	۵۴۷۵
کازرون	فراوانی	۸۲۶۴	۴۶۹۴۰	۵۳۳۱۰	۴۶۱۴۸	۱۵۶۸۰	۱۷۰۳۴۲
	درصد به کل	۵/۷	۲۹/۴	۳۳/۱	۲۵/۵	۷/۳	۱۰۰
	مساحت به کیلومتر	۱۸۵	۱۴۲۳	۱۷۷۲	۱۴۴۵	۷۵۰	۵۴۷۵
برازجان	فراوانی	۸۳۰	۲۰۷۹۱	۸۱۸۸۷	۶۳۲۹۲	۳۷۴۲	۱۷۰۳۴۲
	درصد به کل	۰/۳۹	۹/۷۷	۴۲/۴	۳۲	۱۵/۴	۱۰۰
	مساحت به کیلومتر	۲۸۳	۱۵۷۵	۱۵۴۴	۱۴۲۷	۷۶۳	۵۴۷۵
زاگرس	فراوانی	۶۳۵۰	۳۹۶۸۰	۶۱۷۶۰	۴۲۴۳۸	۲۰۳۱۴	۱۷۰۳۴۲
	درصد به کل	۴/۷	۲۵/۹	۳۲/۴	۲۸/۱	۷/۹	۱۰۰
	مساحت به کیلومتر	۱۴۵	۱۰۲۶	۱۱۳۰	۱۰۶۰	۴۰۰	۵۴۷۵
دشتی	فراوانی	۴۰۵۲	۲۵۴۱۰	۶۱۱۵۰	۶۳۳۱۰	۱۶۴۲۰	۱۷۰۳۴۲
	درصد به کل	۳/۱	۱۳/۸	۲۵/۵	۴۶/۴	۱۱/۲	۱۰۰
	مساحت به کیلومتر	۱۰۹	۸۱۳	۱۹۴۰	۱۹۸۹	۶۴۰	۵۴۷۵

نتیجه گیری

زلزله پدیده ای است طبیعی که بی توجهی به آن خسارات جبران ناپذیری به دنبال خواهد داشت . وقوع زلزله های شدید بشر را بر آن داشته است که در فکر تدوین یک برنامه ی زیر بنایی برای کاهش خطرات و آسیب های ناشی از آن باشد . ویژگی های زمین ساخت کشور ، زلزله را به عنوان یکی از مخرب ترین عوامل انهدام حیات انسانی مطرح نموده است . بررسی های تاریخی نشان می دهد که مناطق وسیعی از کشورمان توسط این حادثه ی طبیعی متحمل آسیب های جانی و مالی گردیده است (فرج زاده اصل ، ۱۳۹۰) . عوامل متعددی (از نظر علل و نوع) باعث بروز زمین لرزه در سطح زمین می گردند که از جمله می توان بر زلزله های آتشفشانی ، زلزله های مصنوعی در اثر انفجارهای اتمی و زلزله های ناشی از فعالیت گسل اشاره کرد که در این بین فعالیت ناشی از گسل در ایجاد زمین لرزه های کشور بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است . همانطوری که ملاحظه میشود اختلاف زیادی در میزان آسیب پذیری شهر بوشهر از ناحیه گسلهای مورد بررسی وجود دارد و این می تواند به دلیل تفاوت در فاصله گسلها تا شهر باشد . به این ترتیب که اگر چه برازجان بزرگترین گسل در پهنه مورد مطالعه است ، ولی فاصله ی زیاد آن تا شهر بوشهر باعث شده است تا از میزان قدرت زلزله ایجاد شده توسط این گسل تا رسیدن به شهر کاسته شود . از طرف دیگر شاید گسل عسلویه کوتاه ترین گسل بین پنج گسل مورد بررسی باشد ، ولی فاصله نزدیک آن تا شهر بوشهر موجب شده است تا تحلیل کمتری در قدرت زلزله ایجاد شده توسط آن صورت پذیرد و زلزله با نسبت افت کمتری از آنچه در کانون زلزله در راستای گسل دارد به شهر وارد شود که در نهایت آسیب تقریباً برابر با میزان آسیب وارد شده از ناحیه گسلهای دیگر را باعث

خواهد شد . در کل براساس بررسی ها سناریوی گسل زاگرس بیشترین آسیب را برای منطقه به دنبال خواهد داشت و سناریوی گسل عسلویه کمترین میزان آسیب را وارد خواهد کرد . با توجه به نتایج تحقیق به طور میانگین ۶۳۷ کیلومتر از محدوده شهر در اثر زلزله ایجاد شده از ناحیه گسل های مورد بررسی دارای رتبه آسیب پذیری بسیار زیاد خواهد بود که در این بین آسیب وارده از سناریوی گسل عسلویه بیشترین میزان و زاگرس دارای کمترین میزان بودند و میانگین ۲۰۸ کیلومتر از محدوده شهر در اثر زلزله ایجاد شده از ناحیه گسل های مورد بررسی دارای رتبه آسیب پذیری بسیار کم خواهد بود که در این بین آسیب وارده از سناریوی گسل برازجان بیشترین میزان و کازرون دارای کمترین میزان بودند .

با توجه به نتایج به دست آمده مناطقی که دارای بافت های فرسوده و همین طور تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی بالایی هستند و به نوعی اصول مهندسی در ساخت و ساز ها مورد بی توجهی قرار گرفته ، باعث بالا رفتن میزان آسیبها به این نواحی شده است و این در حالی است که در شهرکهای نوساز که تا حدودی به رعایت آیین نامه های ساختمانی در ساخت و سازها ملزم شده اند به همان نسبت آسیب کمتری خواهد دید .

ارائه پیشنهادات

۱ – وضعیت آسیب پذیری بالا، در شرایط فعلی در بعضی از محدوده ها ، نتیجه عدم توجه کافی به اصول مندرج در آیین نامه های استاندارد ، در مسأله ساخت و ساز ساختمانها می باشد ، لذا توجه به این مسایل در محدوده های آسیب پذیر، در ساخت و سازهای بعدی باید با جدیت بیشتری صورت پذیرد و از ساخت و سازهای غیر اصولی در این نواحی باید با برخورد شایسته تری جلوگیری گردد .

۲ – در نظر گرفتن شهر به مثابه یک سیستم ، برخورد سیستماتیک با آن را طلب می کند .از این رو ضروری به نظر می رسد که سازمان های ذیربط ، در برخورد با مسائل مربوط به شهر و ایمنی شهری، تعامل و همکاری بیشتری با هم داشته باشد . تا ضمن کاهش دادن موازی کاری ها، بهره وری ها را افزایش دهند . به نوعی تشکیل یک اتاق فکر که به تحلیل و ضعیت موجود شهر در قبل ، حین و بعد از وقوع حادثه پرداخته تا ضمن آشکار شدن نقاط ضعف و قوت با تبادل اطلاعات بتواند برنامه ریزی عالمانه ، برای مواجهه با آسیب های احتمالی انجام دهند . برایند این نوع نگرش، بالا بردن ضریب ایمنی برای شهروندان تلقی می شود .

۳ – جهت کاهش آسیب پذیری ، اعمال نظارت دقیق بر اجرای صحیح ساختمان های جدید الاحداث و حصول اطمینان از رعایت آیین نامه در ساخت آنها در شهر بوشهر الزامی است .

۴ – استقرار خدمات مورد نیاز در شرایط اضطراری به منظور تامین و تسهیل دسترسی به خدمات در شهر بوشهر .

۵ – عدم ساخت و ساز در شیب های تند بویژه در قسمت های جنوبی شهر و اعمال ضوابط و مقرارت ساخت و ساز اصولی و مقاوم در کل پهنه شهر و هر گونه ساخت و ساز شهری .

منابع

۱ – ابراهیمی ، م . سلمانی مقدم ، م . امیر احمدی ، ا ، نوری ، م (۱۳۹۴) ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر بَردَسْکن در برابر زلزله با استفاده از مدل سلسله مراتبی وارون (IHPW) ، فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی ، دوره ۴ ، شماره ۶ ، ۱۳۷ – ۱۰۵ .

۲ – احدنژاد روشتی ، م . قرخلو ، م . زیاری ، ک (۱۳۸۹) مدلسازی آسیب پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی ، فصلنامه جغرافیا و توسعه ، شماره ۱۹ ، ص ۱۹۸ – ۱۷۱ .

۳ – اصغری زمانی ، ا (۱۳۹۱) تأثیر بافت شهری در کاهش میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله (مطالعه موردی : شهر تبریز) اولین کنفرانس ملی بهسازی و مقاوم سازی ، تهران .

۴ – المدرسی ، ع . میر دهقان اشکذری ، ا (۱۳۹۷) تخمین خسارات ناشی از زلزله با استفاده از مدل Radids و GIS (مطالعه موردی شهرستان اشکذر) ، فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی ، دوره ۷ ، شماره ۱۶ ، صفحه ۱۰۰ – ۸۰۰ .

۵ – برگی ، خ (۱۳۸۲) اصول مهندسی زلزله ، انتشارات دانشگاه تهران ، چاپ چهارم .

۶ – برومند ، م (۱۳۹۰) الگوی بافت شهری و نقش آن در کاهش آسیب های ناشی از زلزله ، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس ، سال سوم ، شماره هفت .

۷ – پور طاهری ، م (۱۳۹۳) ارزیابی روش های رتبه بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی (مطالعه موردی : استان یزد) پژوهش های روستایی ، شماره ۳ ، ص ۵۴ – ۳۱

۸ – جهانی ، ع (۱۳۷۷) قابلیتهای اطلاعات ماهوارهای و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات ارزیابی زمین مطالعه موردی حوزه آبریزی طالقان ، دانشگاه تربیت مدرس .

۹ – حیدری ساربان ، و (۱۳۹۳) تحلیل اثرات فوق زلزله بر مناطق روستایی شهر ورزقان (مطالعه موردی دهستان ازومد شمالی) ،فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی ، شماره ۱۱ ، ۶۰ – ۴۱ .

۱۰ – خاکپور ، ب . حیاتی ، س . کاظمی بی نیاز ، م . ربانی ابوالفضلی ، غ (۱۳۸۳) مقایسه تطبیقی – تحلیلی میزان آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل های تحلیل سلسله مراتبی شهر لامرد فصلنامه مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای .

۱۱ – خانلری ، غ (۱۳۷۷) زمین شناسی مهندسی ، انتشارات دانشگاه ابوعلی سینا ، چاپ اول .

۱۲ – روستایی ، ش . علیزاده ، ر (۱۳۹۱) پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه صوفی چای (مراغه) با استفاده از روش آنبلاگان ، فصلنامه فضای جغرافیایی ، سال ۱۲ ، شماره ۳۹ ، ص ۳۵ – ۱۷ .

۱۳ – رجبی ، س (۱۳۹۰) کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله با توجه به ساختار شهری ، اولین کنفرانس بین المللی ساخت و ساز شهری در مجاورت گسل های فعال ، تهران .

۱۴ – ساسان پور ، ف . شماعی ، ع . افسر ، م . سعید پور ، ش (۱۳۹۶) بررسی آسیب پذیری ساختمانهای شهر در برابر مخاطرات زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی : محله محتشم کاشان) ، فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی ، دوره ۶ شماره ۱۶ ، ۱۲۲ – ۱۰۳ .

۱۵ – عباسپور ، ناهید (۱۳۹۵) بررسی ساختار شهری بستک با تاکید بر پدیده زمین لرزه ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد لارستان .

۱۶ – فرج زاده اصل ، م (۱۳۹۰) ارزیابی آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی منطقه 9 ، شهرداری تهران) مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال سوم ، شماره نهم .

۱۷ – کریم آبادی ، م . نجفی ، ا (۱۳۹۴) ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY- AHP در امنیت شهری (منطقه یک کلان شهر) ، مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری ، شماره بیستم ، ۳۴ – ۱۷ .

۱۸ – مدیری ، م . شاطریان ، م . حسینی ، ا (۱۳۹۶) مدل سازی آسیب پذیری مناطق شهری در زمان وقوع زلزله با استفاده از GIS (نمونه موردی : منطقه سه کلان شهر تهران) ، فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی ، سال ششم ، شماره ۱۶ ، ۱۶۴ – ۱۴۳ .

19.Erdik, M. Demircioglu, M. Sesetyan, K. Durukal, E. Siyahi, B(2004). Earthquake hazard in Marmara Region, Turkey, soil Dynamics and Earthquake Engineering24 (2004) 605-631

20 . Hannich, Dieter. And all (2006). A GIS-based study of earthquake hazard as a tool for the microzonation of Bucharest, Engineering Geology 87(2006) 13-32.

21.Tang, A. Wen, A (2009). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, Computers & Geosciences 35 (2009) 871-879.

22. Rakvi K.,1997. Vulnerability reduction and the community-based approach, A Philippines study. In: M. Pelling(ed.). Natural disasters and development in a globalizing world. Routledge

23. Clark, KL, Larsen PB, Wang XX, Chang C. (1998), Association of the Arabidopsis CTR1 Raflike kinase with the ETR1 and ERS ethylene receptors, Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 95, 5401–5406.

24. Cutter, S. (1996), Vulnerability to Environmental Hazard, Progress in Human Geography, Vol.20, No. 4, 529-539