

پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر سنندج ناشی از زلزله با استفاده از دو مدل

تحلیل سلسله مراتبی و مدل تاپسیسی

هادی نبیری^۱

کمال خالق پناه^۲

محمد رضا کرمی^۳

خه‌بات احمدی^۴

چکیده

فاجعه زلزله برای توسعه جامعه یک تهدید بزرگ محسوب می‌شود و متغیرهای محیطی بر میزان آسیب‌پذیری ناشی از آن تأثیر می‌گذارند. هدف این مقاله پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهر سنندج بر اساس متغیرهای تأثیرگذار است. در این راستا، نقشه نهایی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری طبیعی منطقه و معیارهای کالبدی (کیفیت سازه‌ها، تراکم، کاربری، کیفیت بر اساس مصالح مصرفی، فاصله از معابر اصلی و فرعی، فاصله از مراکز درمانی، آتش‌نشانی و فرودگاه) و معیارهای اجتماعی تأثیرگذار مورد استفاده قرار گرفتند. معیارهای اجتماعی مورد بررسی واقع شده است. متغیرها که مجموعاً ۱۵ معیار هست در سیستم اطلاعات جغرافیایی به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل شدند سپس با استفاده از دو مدل تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیسی همپوشانی انجام گرفت. در نهایت، میزان آسیب‌پذیری در پنج گروه از آسیب‌پذیری بسیار کم تا بسیار زیاد طبقه‌بندی شد. با مقایسه نتایج دو مدل، مشخص گردید که پهنه‌های آسیب‌پذیری، تقریباً مشابه هم‌دیگر هستند با

Email:nayyerihadi@yahoo.com

۱- عضو هیات علمی گروه ژئومورفولوژی دانشگاه کردستان.

۲- عضو هیات گروه جامعه‌شناسی دانشگاه کردستان.

۳- استادیار رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه پیام نور.

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مخاطرات دانشگاه کردستان.

این تفاوت که بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی، مناطق دارای آسیب‌پذیری بسیار زیاد، دارای درصد و پراکندگی کم‌تری نسبت به مدل تاپسیس است. همچنین، مطابق با مدل تحلیل سلسله مراتبی بیش‌ترین پراکندگی در نواحی با آسیب‌پذیری بسیار کم رخ داده است. درحالی‌که طبق مدل تاپسیس نواحی با آسیب‌پذیری متوسط بیش‌ترین وسعت را دارا است. مطابق با هر دو مدل مذکور مشخص شد نواحی دارای بیش‌ترین آسیب‌پذیری در شمال شهر قرار گرفته‌اند.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، پهنه‌بندی، زلزله، مدل تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس، سنج.

مقدمه

وقوع مخاطرات طبیعی به بروز تغییراتی در شرایط زیست‌محیطی می‌انجامد که سبب گسسته شدن روند زندگی عادی می‌شود و تأثیر مخربی بر جوامع انسانی می‌گذارد (Wisner, 2004: 75). مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله به‌عنوان تهدیدی در حال رشد، همواره در زمینه‌های مربوط به توسعه جامعه مطرح‌اند و خسارت‌های ناشی از آن‌ها، به‌رغم بهبود ظرفیت‌های جوامع به‌طور روزافزونی در حال رشد است (پورطاهری و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۳). زلزله‌های مخرب چند دهه اخیر نشان می‌دهد که هیچ نقطه از ایران از خطر زلزله در امان نیست. از نظر زمین‌ساختی ایران در مرکز آخرین کمربند کوهزایی کره زمین (آلپ- هیمالیا) واقع شده است در نتیجه حرکات لرزه آرام نگرفته است (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۲۱-۱۲۰). این کشور در زمره کشورهایی با سطح آسیب‌پذیری بالا در برابر مخاطرات لرزه جای می‌گیرد، به‌طوری‌که ۳۲ درصد از مساحت، ۷۰ درصد از جمعیت و ۶۷ درصد از تولید ناخالص کشور در مناطق واقع در معرض خطر زلزله قرار دارند (WDI, 2004: 84). برای کاهش آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی علاوه بر شناخت ماهیت طبیعی و مکانی- فضای مخاطرات، باید تفاوت‌های اجتماعی- فضای آسیب‌پذیری جوامع را شناخت زیرا آسیب واقعی وابسته به در معرض خطر بودن و خصیصه‌های واحد دریافت‌کننده است. شناخت مناسب آسیب‌پذیری مبنای لازم را برای تدوین سیاست‌های مناسب کاهش آسیب‌پذیری و ارتقاء تاب‌آوری فراهم می‌آورد (قدیری و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۰). این مقاله با هدف پهنه‌بندی



میزان آسیب‌پذیری شهر سنندج تدوین شده است، پهنه‌بندی که بتواند میزان آسیب‌پذیری محدوده را در برابر خطر زلزله نشان دهد و خلأ تحقیقاتی موجود در دیگر تحقیقات مشابه را جبران کند. در زمینه آسیب‌پذیری و مخاطرات ناشی از زلزله تحقیقاتی صورت گرفته است که می‌توان به آن اشاره کرد از جمله: ثروتی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی تنگناهای طبیعی توسعه فیزیکی شهر سنندج پرداختند. شهابی و همکاران (۱۳۹۰) و ملکی (۱۳۸۵) به پهنه‌بندی خطر زلزله در استان کردستان پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که شهر سنندج در موقعیت با خطر متوسط قرار دارد. کرمی (۱۳۹۱) به بررسی ارزیابی خطر زلزله در شهر تبریز پرداخته است. ملکی (۱۳۸۶) به تقسیم‌بندی نواحی جغرافیایی به درجات مختلف بر حسب واکنش در مقابل بلایای طبیعی با تأکید بر نوع مصالح توجه نموده است. ولیزاده (۱۳۸۱) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و توابع تحلیل مکان اقدام به پهنه‌بندی خطر زلزله در شهر تبریز نموده است. امیراحمدی و آب‌باریکی (۱۳۹۳) به ریز پهنه‌بندی خطر زلزله شهر سبزوار پرداخته‌اند. ولی‌زاده (۱۳۸۰) و قنبری و همکاران (۱۳۹۲) آسیب‌پذیری شهر تبریز در برابر خطر زلزله بررسی کردند. کریمی و همکاران (۱۳۹۲) استان قزوین را مورد مطالعه قرار دادند. احدنژاد روشتی (۱۳۸۹) آسیب‌پذیری اجتماعی شهر زنجان را به‌عنوان یکی از ابعاد آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله مطالعه کردند. شیعه و همکاران (۱۳۸۹) به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی منطقه شش تهران، قدیری و افتخاری (۱۳۹۲) به بررسی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی محلات تهران و فرج‌زاده و بصیرت (۱۳۸۵) به پهنه‌بندی حساسیت تشکیلات زمین‌شناسی در برابر زلزله در منطقه شیراز پرداختند که به‌طور کلی این تحقیقات بر روی معیارهای طبیعی از جمله شیب، گسل، لیتولوژی و معیارهای کالبدی هم‌چون تراکم سازه، کاربری و اجتماعی تأکید کرده‌اند.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این مقاله شهر سنندج است که در طول شرقی ۵۵ و ۴۶ طولی ۵ و ۷۴ عرض شمالی، در غرب ایران قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل (۱) نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

پهنه‌بندی در سه زمینه طبیعی، کالبدی و اجتماعی صورت گرفته است. برای پهنه‌بندی طبیعی معیارهای فاصله از گسل، شیب، لیتولوژی و سطح ایستایی آب که اکثر محققان از آن استفاده نموده‌اند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۰؛ نگارش، ۱۳۸۲؛ اسمیت، ۱۹۹۲؛ نورزاده و جلال، ۱۳۸۹) مورد استفاده قرار گرفته است که در این تحقیق از لایه نهایی پهنه‌بندی طبیعی که قبلاً توسط احمدی (۱۳۹۳) تهیه شده، استفاده شده است. معیارهای مورد استفاده جهت پهنه‌بندی کالبدی شامل: مقاومت ساختمان‌ها بر اساس کیفیت، مقاومت بر اساس نوع مصالح مصرفی، کاربری اراضی، فاصله از فرودگاه، تراکم بافت ساختمانی، فاصله از آتش‌نشانی، فاصله از مراکز درمانی، موقعیت و فاصله از معابر اصلی و فرعی است. این معیارها براساس وزن‌های به‌کار رفته توسط شیعه و همکاران (۱۳۸۹) وزن‌دهی شدند.

متغیرهای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شامل دو بخش کلی: الف) متغیرهای خصیصه یا توصیفی ب) متغیر سرمایه‌های اجتماعی که بیان‌کننده میزان آگاهی افراد جامعه در ارتباط با زلزله است (احدنژاد روشتی، ۱۳۸۹: ۷۱). برای طراحی سؤالات جهت سنجش آسیب‌پذیری اجتماعی از الگوی پورطاهری و همکاران (۱۳۸۹: ۲۳) استفاده شد.

تعیین حجم و انتخاب نمونه‌ها (جهت سنجش میزان آسیب‌پذیری اجتماعی)

در طراحی پرسشنامه جهت میزان سنجش از مقیاس فاصله استفاده‌شده است (فلیک، ۱۳۹۱: ۲۳۸). حجم نمونه‌ها با استفاده از روش کوکران به‌دست آمد. نمونه‌ها از میان کل خانوارهای سطح شهر سنندج انتخاب شدند. از نظر طبقات اجتماعی شهر به پنج ناحیه متجانس بر اساس طرح تفصیلی شهر سنندج تقسیم‌شده است (طرح تفصیلی شهر سنندج، ۱۳۹۰) نمونه‌گیری بر اساس این تقسیمات انجام شد. داده‌های به‌دست‌آمده در محیط Spss به‌وسیله آزمون کروسکال-والیس مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج به‌صورت نقشه در محیط GIS نمایش داده شد. گزینه‌های پاسخ در هر سؤال به گونه‌ای چیده شده‌اند که در تمام آن‌ها به‌ترتیب گزینه «الف» بیشترین امتیاز و گزینه «ی» کم‌ترین امتیاز را دارد. به این ترتیب برای هر سؤال در هر منطقه یک مقدار کمی و قابل مقایسه به‌دست آمد که در محیط Spss با استفاده از روش کروسکال-والیس با همدیگر مقایسه شدند. در مجموع ۱۵ لایه اطلاعاتی (چهار لایه طبیعی، نه لایه کالبدی و دولایه اجتماعی) تهیه‌شده است این لایه‌ها توسط دو مدل تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی هم‌پوشانی شده‌اند.

مدل تاپسیس

برای اجرای این مدل مراحل انجام کار به‌شرح زیر صورت گرفت:

- تنظیم ماتریسی که ستون آن را معیارها و سطر آن را گزینه‌ها تشکیل می‌دهند.
- تبدیل داده‌های کیفی به کمی با استفاده از روش مقیاس‌سازی.
- بی‌بعد و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس فوق و ایجاد ماتریس بی‌بعد وزین.
- استخراج ایده‌آل پوینت‌های مثبت و منفی.

- تعیین فاصله هریک از معیارها از ایده‌آل‌ها و تعیین بهترین گزینه با استفاده از رابطه‌های زیر (کرم و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۵).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad \text{رابطه (۱) فاصله از ایده‌آل مثبت}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad \text{رابطه (۲) فاصله از ایده‌آل منفی}$$

$$C = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad \text{رابطه (۳) بهترین گزینه}$$

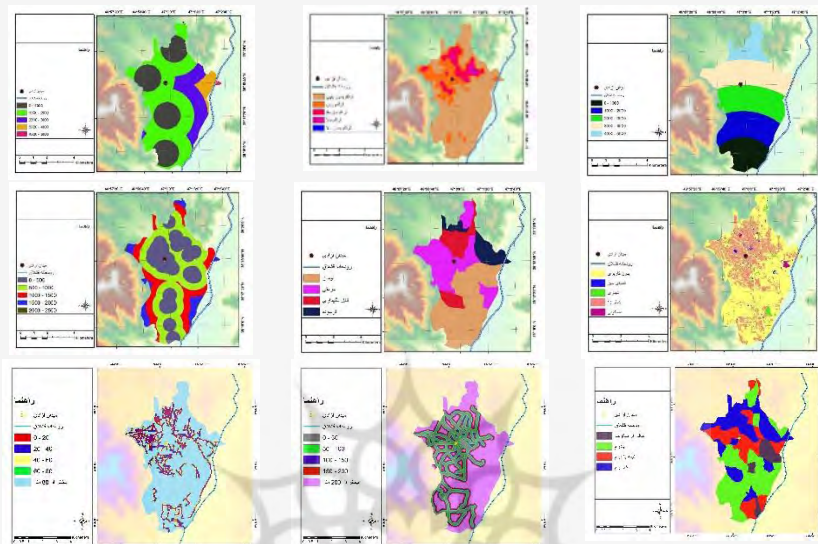
مدل تحلیل سلسله مراتبی

برای اجرای مدل تحلیل سلسله‌مراتبی مراحل کار به‌صورت زیر انجام شده است:

- ترسیم و تشریح درخت سلسله مراتبی؛
- تشکیل ماتریس و رتبه‌بندی پارامترها و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی؛
- تبیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها و در نهایت تعیین امتیاز نهایی و تهیه نقشه پهنه‌بندی.

یافته‌ها و بحث

معیارها و زیر معیارها وزن‌دهی شده‌اند برای وزن معیارها از تئوری تحقیق قبلی شیعه و همکاران (۱۳۸۹: ۱) استفاده گردید. لایه‌های مربوط به آن‌ها در محیط GIS ترسیم شد. برای پهنه‌بندی اجتماعی پرسش‌نامه تهیه شد، نتایج آن به محیط نرم‌افزار Spss وارد و با همدیگر مقایسه شدند. سپس نتایج حاصل به شکل نقشه جهت پهنه‌بندی اجتماعی ترسیم شدند (شکل ۲).



شکل (۲) لایه‌های پهنه‌بندی کالبدی از راست به چپ: فاصله از فرودگاه، تراکم سازه، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، کاربری، کیفیت سازه و فاصله از مراکز درمانی، کیفیت مصالح، فاصله از معابر اصلی، فاصله از معابر فرعی

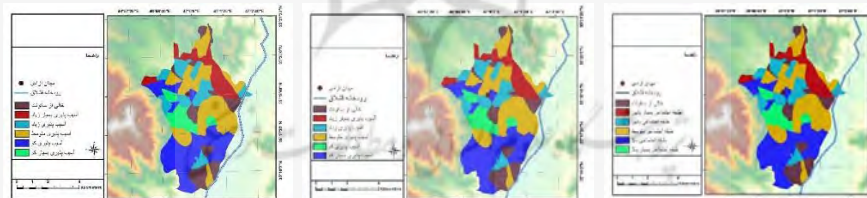
پهنه‌بندی لایه‌های مربوط به آسیب‌پذیری کالبدی با استفاده از مدل تاپسیس در این مرحله برای تعیین ضریب اهمیت هر کدام از لایه‌ها (معیارها)، وزن‌های تعیین‌شده در لایه‌های تهیه‌شده ضرب خواهد شد و لایه‌های بی‌بعد وزین تهیه می‌شود.

جدول (۱) رتبه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی پنج ناحیه در منطقه مورد مطالعه

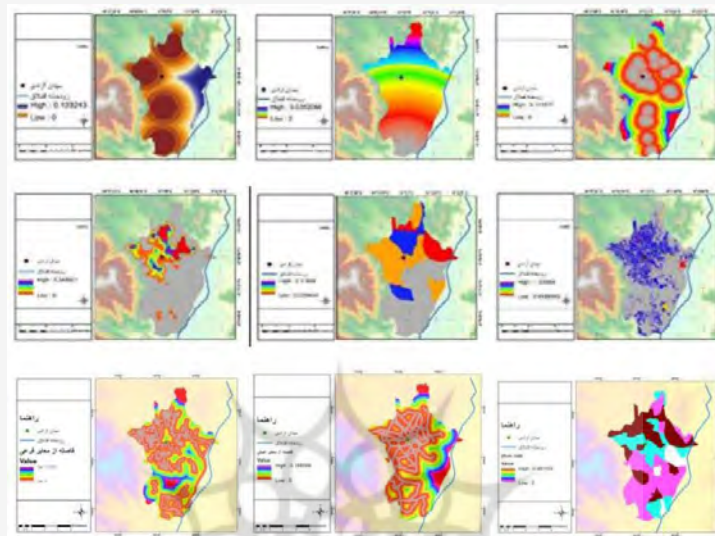
میانگین	۵۶/۸۶	۸۶/۵۰	۸۸/۲۱	۹۴/۹۲	۸۸/۵۰	مجموع
تعداد	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۱۶۵
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	

جدول (۲) بی‌بعدسازی لایه‌ها

ردیف	معیار	$\sum r_{ij}$	$\sqrt{\sum r_{ij}}$	امتیاز
۱	کیفیت سازه	۱۷۹	۱۳/۳۷۹	۰/۲۲۵
۲	تراکم	۱۷۵	۱۳/۲۲۸	۰/۱۵
۳	کاربری	۷۰۲۱	۸۳/۷۹۱	۰/۱۲۵
۴	فاصله از مرکز درمانی	۱۷۱	۱۳/۰۷۶	۰/۰۵۵
۵	فاصله از آتش‌نشانی	۱۰۳۲۸۶	۳۲۱/۳۸۱	۰/۰۴۵
۶	فاصله از فرودگاه	۱۵۳	۱۲/۳۶	۰/۰۲۶
۷	کیفیت مصالح	۱۴	۳/۷۴۱	۰/۲
۸	فاصله از معابر اصلی	۱۰۶۰۶۷۳	۱۰۲۹/۸۸	۰/۱
۹	فاصله از معابر فرعی	۸۰۸۶۶۲	۸۹۹/۲۵	۰/۶۵
				$\sum=۱$



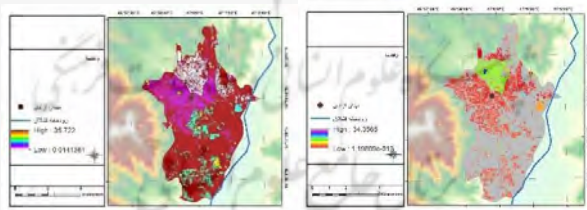
شکل (۳) از راست، لایه طبقات اجتماعی، آسیب‌پذیری خصیصه و آسیب‌پذیری اجتماعی



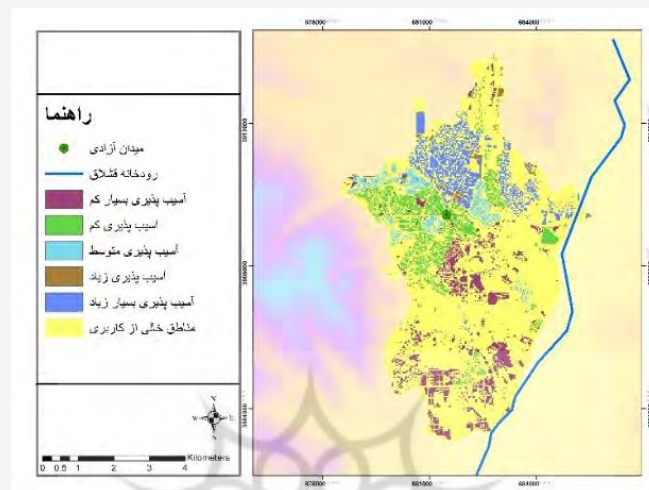
شکل (۴) لایه‌های مربوط به بی‌بعد وزین مورد استفاده جهت پهنه‌بندی کالبدی

استخراج ایده‌آل پوینت‌های مثبت و منفی

ایده‌آل پوینت‌های مثبت و منفی برای هر معیار با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ به دست آمد و نقشه مربوط به آن‌ها ترسیم شد (شکل ۵).



شکل (۵) ایده‌آل پوینت مثبت (سمت راست) و شکل (۶) ایده‌آل پوینت منفی (سمت چپ)

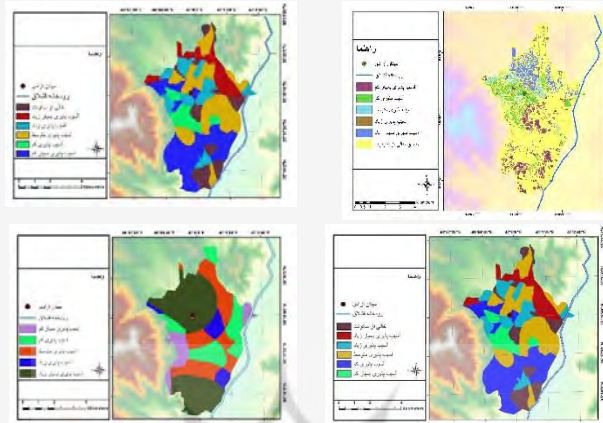


شکل (۶) آسیب‌پذیری کالبدی شهر سنندج بر اساس مدل تاپسیس

برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی منطقه از آنجا که لایه‌های مربوط به آسیب‌پذیری اجتماعی تنها شامل ۲ لایه است، بنابراین قابل همپوشانی نیستند با در نظر گرفتن وزن برای این دو لایه در همپوشانی نهایی لایه‌های مربوط به سه آسیب‌پذیری طبیعی، کالبدی و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفته است.

همپوشانی لایه‌های آسیب‌پذیری طبیعی، کالبدی و اجتماعی با مدل تاپسیس

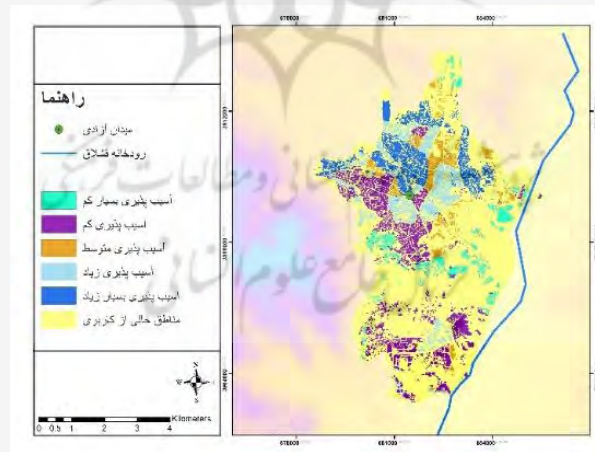
لایه‌ها هر سه معیار طبیعی، کالبدی و اجتماعی در سه مرحله همپوشانی شد و میزان آسیب‌پذیری منطقه بر اساس این معیارها در این سه زمینه سنجیده شد در نهایت هر ۳ گروه (طبیعی، کالبدی و اجتماعی) به صورت یکجا همپوشانی شدند تا میزان آسیب‌پذیری همه‌جانبه و جامع منطقه سنجیده شود.



شکل (۷) از راست آسیب‌پذیری کالبدی، خصیصه، اجتماعی و طبیعی شهر سنندج

جدول (۳) وزن دهی به معیارهای اصلی برای اجرای مدل تاپسیس

معیار	طبیعی	کالبدی	اجتماعی	خصیصه	Σ
امتیاز	۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۲	۱

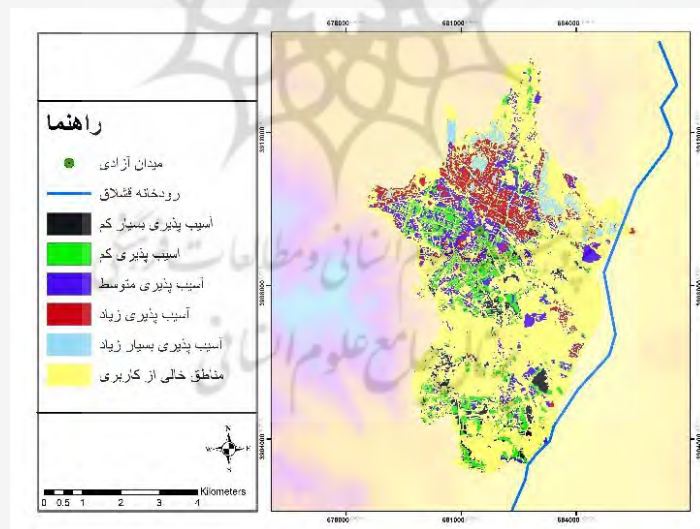


شکل (۸) آسیب‌پذیری (طبیعی، کالبدی و اجتماعی) سنندج بر اساس مدل تاپسیس

همپوشانی لایه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

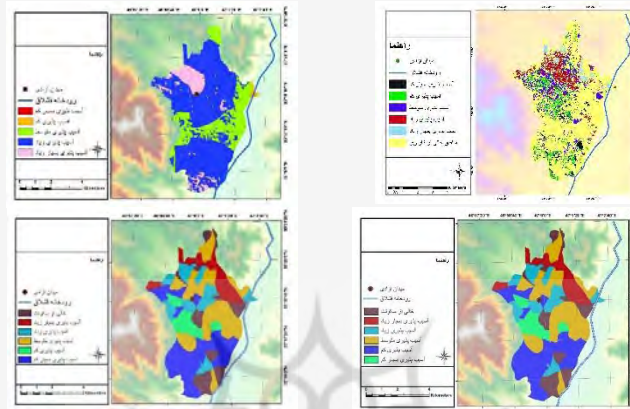
جدول (۴) اوزان لایه‌های معیار کالبدی حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی

شماره	معیار	امیتاز حاصل از AHP	وزن کارشناسی
۱	کیفیت سازه	۲۰	۹
۲	ترکم خانوار	۱۵/۵۵۶	۷
۳	کاربری	۱۳/۳۳۶	۶
۴	فاصله از مراکز درمانی	۶/۶۷۵	۳
۵	فاصله از آتش‌نشانی	۴/۴۴۵	۲
۶	فاصله از فرودگاه	۲/۲۲۲	۱
۷	کیفیت مصالح	۱۷/۷۷۲	۸
۸	فاصله از معابر اصلی	۱۱/۱۰۷	۵
۹	فاصله از معابر فرعی	۸/۸۸۷	۴



شکل (۹) لایه آسیب‌پذیری کالبدی شهر سنندج در برابر زلزله بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی

همپوشانی لایه‌های آسیب‌پذیری طبیعی، کالبدی و اجتماعی با استفاده از AHP

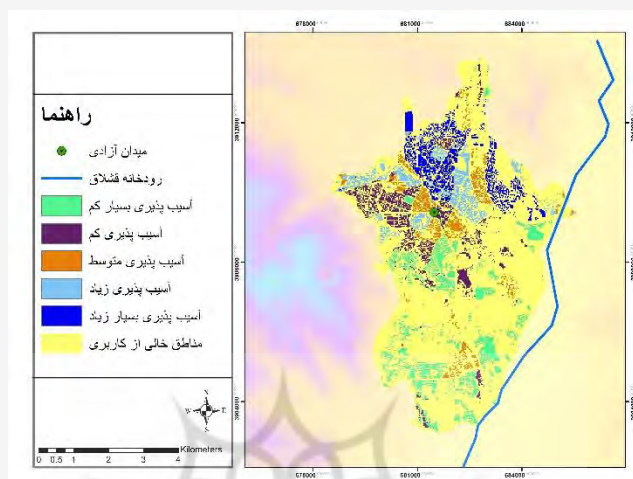


شکل (۱۰) آسیب‌پذیری کالبدی، طبیعی، اجتماعی و خصیصه

جدول (۵) وزن‌های کارشناسی و وزن‌های حاصل از مدل جهت همپوشانی نهایی

خصیصه	اجتماعی	کالبدی	طبیعی	وزن لایه
۳	۵	۷	۹	وزن کارشناسی
۱/۱۲۵	۱/۲۰۹	۱/۲۹۱	۱/۳۷۵	وزن حاصله از مدل
$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0018}{0.9} = 0.002 < 0.1 \text{ OK}$				Cr

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۱۱) لایه آسیب‌پذیری (طبیعی، کالبدی و اجتماعی) سنج‌ج بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی

نتیجه‌گیری

بر اساس نقشه آسیب‌پذیری کالبدی حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی منطقه مورد مطالعه، بیش‌ترین آسیب‌پذیری در قسمت‌های شمالی و کم‌ترین آسیب‌پذیری در نواحی جنوبی و تقریباً مرکزی شهر قرار دارد. قرارگیری قسمت اعظم منطقه در ناحیه با آسیب‌پذیری بسیار کم به‌علت زمین‌های خالی از کاربری در این نواحی است که بخش زیادی از منطقه را شامل می‌شود. مناطق با آسیب‌پذیری متوسط نیز بیش‌تر در قسمت‌های شرقی شهر واقع شده است. در مدل تاپسیس نقشه آسیب‌پذیری کالبدی در کل همان شرایط نقشه حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد، اما در جزئیات اختلافاتی وجود دارد، آسیب‌پذیری بسیار زیاد در هر دو نقشه در قسمت‌های شمالی که در مدل تاپسیس دارای گستردگی بیش‌تری است. هم‌چنین در مدل تاپسیس نواحی دارای آسیب‌پذیری بسیار کم دارای پراکندگی بسیار بیش‌تری نسبت به مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و هم‌چنین درصد بیش‌تری از منطقه را به‌خود اختصاص داده است. دو نقشه آسیب‌پذیری خصیصه و اجتماعی هر دو با همان ویژگی‌های نواحی پنج‌گانه همخوانی دارد با این تفاوت که در نقشه آسیب‌پذیری

اجتماعی کم‌ترین آسیب‌پذیری بر بالاترین طبقه اجتماعی (طبقه اجتماعی بسیار بالا) منطبق نیست بلکه کم‌ترین آسیب‌پذیری منطبق بر ناحیه است که در یک طبقه پایین‌تر و به‌عنوان طبقه اجتماعی بالا شناخته شده است. نقشه‌های نهایی حاصل از همپوشانی لایه‌های آسیب-پذیری طبیعی، کالبدی و اجتماعی بر اساس مدل تحلیل سلسله‌مراتبی آسیب‌پذیری بسیار کم در نواحی جنوبی و مرکزی منطقه نمایان است اما در مدل تاپسیس آسیب‌پذیری بسیار کم تنها در نواحی مرکزی و قسمت بسیار کوچکی در جنوب غرب منطقه مشاهده می‌شود. هر دو مدل نواحی دارای آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد را در نواحی شمالی منطقه نشان می‌دهند. در مجموع هر دو مدل میزان آسیب‌پذیری متوسط تا بسیار زیاد را در نواحی مشابه اما با پراکندگی متفاوت نشان می‌دهند.



منابع

- احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۸۹)، «ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله نمونه موردی شهر زنجان» *مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه، شماره ۷، سال دوم، صص ۷۱-۹۰.*
- احمدی، خهبات (۱۳۹۳)، «پهنه‌بندی مخاطره ژئومورفیک زلزله شهر سنندج و تحلیل تأثیربخش خصوصی در بروز آسیب‌پذیری بناهای شهری» پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.
- امیراحمدی، ابوالقاسم و زکیه آب باریکی (۱۳۹۳)، «ریزپهنه‌بندی خطر زلزله شهر سبزوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS»، *فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵، دوره ۱۲، صص ۱۳۲-۱۵۲.*
- پورطاهری، مهدی؛ عینالی، جمشید و رضا رکن‌الدین (۱۳۸۹)، «نقش ظرفیت‌سازی در کاهش تأثیرات مخاطرات طبیعی (زلزله) در مناطق روستایی با تأکید بر روش کمی (مطالعه موردی: مناطق زلزله‌زده شهرستان خدابنده)»، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۴، صص ۲۳-۳۹.*
- ثروتی، محمدرضا؛ خضری، سعید و توفیق رحمانی (۱۳۸۸)، «بررسی تنگناهای طبیعی توسعه فیزیکی شهر سنندج»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۷، صص ۱۳-۲۹.*
- شیعه، اسماعیل؛ حبیبی، کیومرث و کمال ترابی (۱۳۸۹)، «بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش سلسله مراتبی معکوس و GIS مطالعه موردی منطقه ۶ تهران»، *چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، صص ۱-۱۲.*
- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱)، «ژئومورفولوژی ایران»، جلد اول، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- طرح تفصیلی شهر سنندج (۱۳۹۰)، «سازمان مسکن و شهرسازی استان کردستان، شهر سنندج».
- فرج‌زاده، منوچهر و فروغ بصیرت (۱۳۸۵)، «پهنه‌بندی حساسیت تشکیلات زمین‌شناسی در مقابل زلزله منطقه شیراز» *پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵، صص ۵۹-۷۲.*
- فلیک، اووه (۱۳۹۱)، «درآمدی بر تحقیق کیفی» ترجمه هادی جلیلی، تهران، نشر نی.

- شهبابی، هومن؛ قلیزاده، محمدحسین و هادی نیری (۱۳۸۹). «پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با روش تحلیل چند معیاره‌ی فضایی»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۱، صص ۶۵-۸۰.
- قدیری، محمود؛ رکن‌الدین، رضا؛ پرهیزکار، اکبر و سیاوش شایان (۱۳۸۸). «تحلیلی بر دیدگاه‌های نظری آسیب‌پذیری جامعه نسبت به مخاطرات طبیعی» *فصلنامه مدرس علوم انسانی*، دوره ۱۳، شماره ۱، صص ۳۰-۶۲.
- قدیری، محمود و علیرضا رکن‌الدین افتخاری (۱۳۹۲). «رابطه ساخت اجتماعی شهرها و میزان آسیب‌پذیری در برابر خطر زلزله مطالعه موردی: محلات کلان‌شهر تهران»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، سال ۲۴ پیاپی ۵۰، شماره ۲، صص ۱۷۴-۱۵۳.
- قنبری، ابوالفضل؛ سالکی، محمدعلی و معصومه قاسمی (۱۳۹۲). «پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر خطر زلزله (نمونه موردی: شهر تبریز)»، *جغرافیا و مخاطرات طبیعی*، شماره پنجم، صص ۲۱-۳۵.
- کرم، امیر؛ قلی‌زاده، آیلا؛ آقاعلیجانی، مرضیه و حمیده افشارمنش (۱۳۹۲). «کاربرد مدل‌های تاپسیس و فازی در پهنه‌بندی خطر حرکات ریزشی (مطالعه موردی: شهرستان ماکو)»، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، سال دوم، شماره ۳، صص ۹۴-۷۵.
- کرمی، محمدرضا (۱۳۹۱). «ارزیابی خطر زلزله و آسیب‌پذیری شهرها با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)»، نمونه موردی شهر تبریز»، پایان‌نامه دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم محیطی و معماری، دانشگاه تبریز.
- کریمی، زینب؛ جعفری‌زاده، علیرضا؛ دولتی، اصغر و حسن خیرالهی (۱۳۹۲). «پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در استان قزوین با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی در محیط سیستم اطلاعات مکانی»، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصص علوم زمین.
- ملکی، امجد (۱۳۶۸). «پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مسکن داستان کردستان»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۹، صص ۱۱۵-۱۲۴.
- نورزاده، علی و مصطفی جلال (۱۳۸۹). «روانگرایی خاک یافته‌ها و دستاوردهای نوین»، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق.
- نگارش، حسین (۱۳۸۲). زلزله، شهرها و گسل‌ها»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۲۱، صص ۱۲-۲۵.

- ولی‌زاده کامران، خلیل (۱۳۸۰)، «پهنه‌بندی خطر زلزله در شهرستان تبریز با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS»، *نشریه فضای جغرافیایی*، شماره ۴، سال ۱۳۸۲، صص ۴۹-۶۶
- Thomos, L. Satty (1990), *Decision-making for leaders* , RWS publication; pp: 142-164
- WD I (2004), Natural Disaster Hotspot: A Global Risk Analysis (the world Bank) WDI for some contrise.
- Wisner, B. (2004), At Risk: Nautral hazards, Peoples Vulnerability and Disaster , 2 edation, Routledge.

