

ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی - فیزیکی در برابر زلزله (نمونه موردی: شهرستان های استان اردبیل)

فیروز جعفری* ، افشار حاتمی** ، سپیده نوری***

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۰

چکیده

شناخت میزان آسیب پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی و ریشه یابی علل تفاوت های اجتماعی فضایی آن، برای نیل به جامعه ای پایدار ضروری است. بر این اساس، شناخت مناسب از آسیب پذیری و الگوی اجتماعی- فضایی آن مبنای لازم را برای تدوین سیاست های مناسب کاهش آسیب پذیری و ارتقای تاب آوری فراهم می آورد. هدف این پژوهش ارزیابی و رتبه بندی میزان آسیب پذیری اجتماعی - فیزیکی شهرستان های استان اردبیل در برابر زلزله است. این تحقیق به لحاظ هدف کاربردی، و به لحاظ ماهیت و روش تحقیق توصیفی- تحلیلی می باشد. اطلاعات مورد نیاز تحقیق از گزارش های بخش جمعیت و مسکن مرکز آمار کشور برداشت شده است. برای رتبه بندی شهرستان ها از نظر توزیع شاخص ها، از روش تاپسیس و برای بیان رابطه بین متغیرها از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) استفاده شد. نتایج تحقیق بیانگر آن است که به لحاظ آسیب پذیری اجتماعی شهرستان پارس آباد در پهنه خیلی زیاد و شهرستان اردبیل در پهنه خیلی کم قرار دارند. در مقابل به لحاظ آسیب پذیری فیزیکی شهرستان مشکین در پهنه خیلی زیاد و شهرستان اردبیل در پهنه خیلی کم قرار دارند. نتایج تلفیق شاخص های اجتماعی و فیزیکی در مدل تاپسیس زلزله نشان داد که شهرستان اردبیل با امتیاز ۰.۵۸۰ در پهنه خیلی کم و شهرستان مشکین شهر با امتیاز ۰.۴۱۱ در پهنه خیلی زیاد از آسیب پذیری در برابر زلزله قرار دارند. در نهایت نتایج تحلیل رگرسیون وزن داری جغرافیایی بیانگر آن بود که بین جمعیت و آسیب پذیری رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد.

واژه های کلیدی: آسیب پذیری، زلزله، GWR، TOPSIS، استان اردبیل

مقدمه

در طول قرن بیستم حدود ۱۱۰۰ زلزله مرگبار در ۷۵ کشور جهان رخ داده و علاوه بر خسارات مادی عظیم، دست کم ۱/۵ میلیون نفر جان خود را بر اثر این رویداد طبیعی از دست داده اند (Nichols, ۲۰۰۵: ۱۳۷). کشور ایران روی کمر بند زلزله آلپ هیمالیا قرار گرفته و از جمله زلزله خیزترین کشورهای جهان محسوب می شود (همایونی، ۳۵:۱۳۸۵). بر اساس

fjafari58@gmail.com

afsharhatami@yahoo.com

sepideh.nooriv1@gmail.com

* استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول).

** دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی.

*** دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی.

گزارش سازمان ملل وجه غالب سوانح طبیعی در کشور ایران زلزله است. (Pealling and et al, ۲۰۰۴: ۳۵). از سوی دیگر زلزله پدیده‌ای است طبیعی که بی‌توجهی به آن خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال خواهد داشت و زمانی مخاطره‌آمیز و بحران‌آفرین است که جامعه واقع در معرض آن، نسبت به آن آسیب‌پذیر باشد (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰). آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن در نواحی خطرخیز نیز بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و فیزیکی آن‌ها در نقاط مختلف متفاوت است (احد نژاد روشتی، ۱۳۸۸: ۲). آسیب‌پذیری ناشی از آن همواره علاوه بر غافلگیری مسئولان، هزینه‌های زیادی را وارد کرده است (تاجیک، ۱۳۸۴: ۳۳). بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که در استان اردبیل استعداد فراوان برای پدیده رانش و زمین‌لغزش وجود دارد و رخداد آن با تلفات جانی نیز همراه بوده است.

متأسفانه بخش اعظم محدوده و کانون‌های جمعیتی در پهنه با خطر بالاتر نسبت به سایر نواحی استان استقرار یافته‌اند (گزارش طرح مجموعه شهری استان اردبیل، ۱۳۹۰: ۲۵). این منطقه به لحاظ قرارگیری در بین گسل‌های اصلی خزر و آستارا، قفقاز، آناطولی و راندگی اصلی زاگرس و گسل‌های منطقه‌ای (گسل‌های شرقی اردبیل، بزقوش، هروآباد، نئورگول) و گسل‌های اثرگذار ناحیه‌ای نظیر گسل‌های اصلی شمال باختری و جنوب خاوری توده سبلان در ردیف نواحی فعال تکتونیکی طبقه‌بندی و در پهنه زلزله با خطر نسبی بالا قرار گرفته است. وجود این مسئله مهم ضرورت کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله را مطرح می‌کند. برای کاهش آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار، علاوه بر شناخت ماهیت طبیعی و مکانی-فضایی مخاطرات، باید تفاوت‌های اجتماعی-فضایی آسیب‌پذیری جوامع و دلایل آن را نیز شناخت. چرا که مخاطرات طبیعی خودبه‌خود منجر به نتایج زیان‌بار نمی‌گردند، بلکه تنها نشان‌دهنده امکان وقوع آسیب هستند (قدیری، افتخاری، ۱۳۹۱: ۵۱). بر این اساس، شناخت مناسب از آسیب‌پذیری و الگوی اجتماعی-فضایی آن مبنای لازم برای تدوین سیاست‌های مناسب کاهش آسیب‌پذیری و ارتقای تاب‌آوری را فراهم می‌آورد. پس با توجه به این ضرورت، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی-فیزیکی شهرستان‌های استان اردبیل در برابر زلزله است. این ضرورت مبنای طرح این پرسش‌ها بوده است که پاسخ به این سؤالات اهداف این تحقیق را بیان می‌کند: ۱- میزان آسیب‌پذیری شهرستان‌های استان اردبیل در برابر زلزله چگونه است؟ ۲- کدام شهرستان‌ها در برابر زلزله آسیب‌پذیرتر هستند؟ ۳- آیا بین تراکم جمعیت و آسیب‌پذیری شهرستان‌ها رابطه‌ای وجود دارد؟

مبانی نظری تحقیق

مخاطرات طبیعی و آسیب‌پذیری

بر اساس برنامه‌های راهبردی بین‌المللی کاهش بلایای طبیعی سازمان ملل، تمام مخاطرات دو منشأ اصلی دارند: مخاطرات طبیعی و مخاطرات ناشی از فناوری (Moe and Pathranakul, ۲۰۰۶: ۳۹۶). خطر طبیعی، پدیده‌ای است که در محدوده سکونت بشر اتفاق افتاده، و ممکن است باعث وقوع بلایایی گردد. این قبیل مخاطرات به علل زمین‌شناختی، زیست‌شناختی، آب‌وهوا شناختی و یا

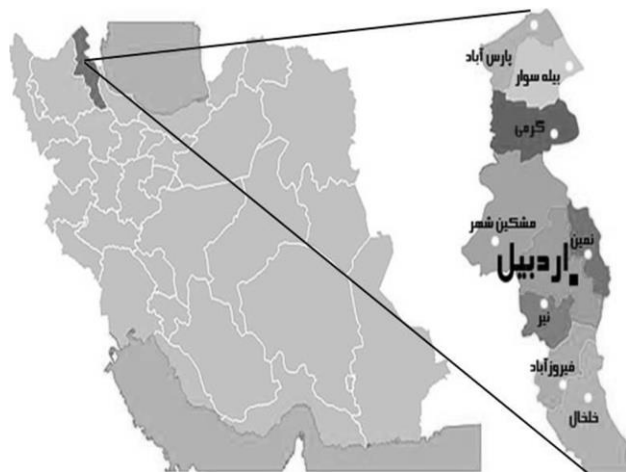
فرآیندهایی از این دست، در محیط زندگی به وجود می‌آیند (Smith, ۱۹۹۶: ۵). طبقه‌بندی‌های متفاوتی از دیدگاه‌های آسیب‌پذیری بیان شده که در زیر، سه دیدگاه متمایز از پژوهش در تبیین آسیب‌پذیری اجتماعی بیان می‌گردد: ۱- دیدگاه زیست-فیزیکی: آسیب‌پذیری به‌عنوان ریسک در معرض بودن (خطر محور و فن گرا)؛ ۲- دیدگاه ساخت اجتماعی: آسیب‌پذیری به‌عنوان ساخته‌ای اجتماعی (اجتماعی و انسان‌محور)؛ ۳- دیدگاه ترکیبی: (آسیب‌پذیری به‌عنوان اثرپذیری بالقوه یکپارچگی و پایداری).

آسیب‌پذیری اجتماعی

طبق تعریف سازمان ملل (۱۹۹۱) آسیب‌پذیری عبارت است از: درجه زیان یک عنصر معین یا دسته‌ای از عناصر در معرض ریسک، در نتیجه وقوع یک پدیده طبیعی با بزرگی معین و بیان شده بر روی مقیاسی از صفر (بدون آسیب‌پذیری) تا یک (آسیب‌پذیری کامل) (Houser and Egenning, ۱۹۹۳: ۱۴). به عبارت دیگر آسیب‌پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارت بر اثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ساختمان‌ها و مناطق جغرافیایی به کار می‌رود (زهرایی و ارشاد، ۱۳۸۴: ۲۸۷). هم‌چنین آسیب‌پذیری، میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی جوامع بشری برای مقابله با آثار مخاطرات طبیعی بر اساس موقعیت آن‌ها در جهان مادی و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع را آسیب‌پذیری شهری می‌گویند (احد نژاد و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۳). آسیب‌پذیری اجتماعی بر ساخت روابط ساختاری گروه‌ها و نیروی جامعه در برابر فشارهای مختلف، تصمیم و توانایی‌ها و ظرفیت جامعه و افراد در جهت پاسخ‌گویی و واکنش در برابر حوادث طبیعی است (فروغی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۴).

قلمرو پژوهش

قلمرو این پژوهش استان اردبیل با مساحتی معادل ۱۷۸۰۰ کیلومتر مربع، بین ۳۷° ۴۵' تا ۳۹° ۴۲' عرض شمالی از خط استوا و ۴۷° ۳۰' تا ۴۸° ۵۵' طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در شمال غرب ایران است. میانگین ارتفاع این شهر، بیش از ۱۴۰۰ متر از سطح دریاست، که پست‌ترین نقطه داخلی با ارتفاع ۱۰۰ متر در شهر پارس‌آباد و بيله سوار و بلندترین نقطه آن، سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر می‌باشد. همچنین، بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، این استان متشکل از ۱۰ شهرستان اردبیل، بيله سوار، پارس‌آباد، خلخال، سرعین، کوثر، مشکین‌شهر، نمین و نیر می‌باشد. این استان دارای ۲۹ بخش، ۲۶ شهر و ۷۱ دهستان می‌باشد (مرکز آمار ایران).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل

منبع: ترسیمات نگارندگان

بررسی رخدادهای مهم زلزله در استان اردبیل

قدیمی‌ترین زلزله‌ای که برای اردبیل در منابع تاریخی ثبت گردیده مربوط به زلزله‌ای است که در سال ۸۹۳ میلادی واقع شده است. در این زلزله هزاران نفر کشته شده و پس‌لرزه‌های آن تا یک سال پس از زلزله ادامه داشته است. زلزله ثبت شده دیگری، زلزله ۱۸۶۳ میلادی است که این زلزله نیز خسارات سنگینی به بار آورده است. در این زلزله جمع کشته‌شدگان بالغ بر ۱۰۰۰ نفر گزارش شده است. در ۴ ژانویه ۱۸۹۶ نیز زلزله شدیدی در منطقه خلخال روی داده است. در شب دوم ژانویه پیش‌لرزه ویرانگری در خلخال و روستاهای مسیر علیای سنگور چای تا پیرزمان و هل آباد رخ داد که ویرانی زیادی داشت، به طوری که شهرگیوی به کل ویران شد و ۸۰۰ نفر جان باختند. بنابراین تا قرن نوزدهم ۳ زلزله ویرانگر و بزرگ برای شهر اردبیل در منابع در دسترس آورده شده است. بین سال‌های ۱۹۷۴ تا سال ۲۰۰۶ میلادی یعنی در طی حدود ۳۲ سال تعداد ۹۳ رخ داد زلزله در استان و پیرامون آن به وقوع پیوسته که بیانگر حدود ۲.۹ یا تقریباً به‌طور متوسط سه زلزله در سال است. یعنی بر اثر زلزله به‌طور متوسط هر سال بدون توجه به خسارات به بار آمده سه بار استان اردبیل لرزیده است که بیانگر تعداد بالای زلزله در این ناحیه است (طرح آمایش استان، ۱۳۹۰: ۷۰).

پهنه‌بندی خطر زلزله

بر پایه اطلاعات موجود و سرچشمه‌های لرزه زایی استان و با استعانت از نقشه پیشینه شتاب افقی زمین، کل استان از نظر خطر لرزه‌خیزی در مطالعات طرح کالبدی پهنه‌بندی شده که نتیجه آن در شکل شماره (۲) آورده شده است. مشخصات هریک از پهنه‌ها به شرح زیر است:

پهنه با خطر نسبتاً بالا: این پهنه شامل اراضی‌ای است که از چشمه‌های لرزه‌خیزی منطقه دور هستند، ولی بایستی

در این اراضی سرمایه‌گذاری‌های کلان با احتیاط کامل

جدول ۱- مشخصات زلزله‌های رخ داده شده در استان طی سال ۱۹۷۴-۲۰۰۶

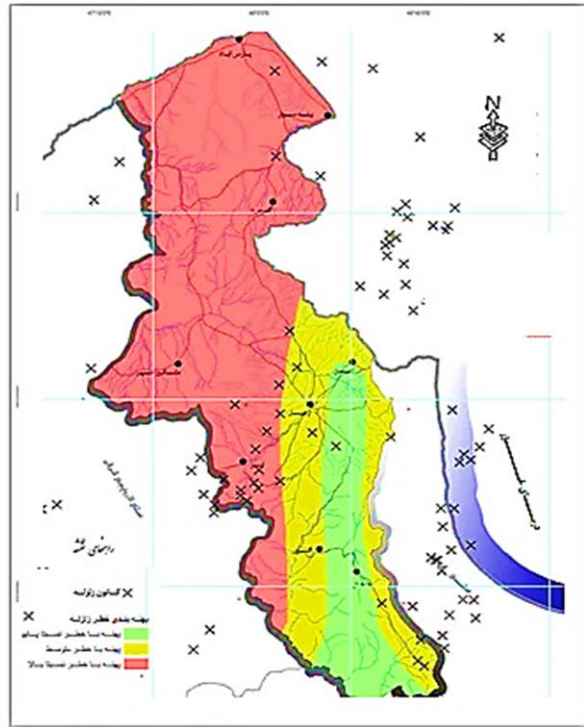
ردیف	سال	ماه	روز	عرض	طول	عمق کانون	بزرگی (ریشتر)
۱	۱۹۸۹	۶	۸	۳۷ و ۹	۴۷ و ۸۲	۱۰	۰
۲	۱۹۹۰	۴	۲۰	۳۷ و ۰۲	۴۹ و ۱۲	۱۰	۰
۳	۱۹۹۱	۹	۲۳	۳۷ و ۳۸	۴۷ و ۸۷	۳۳	۰
۴	۱۹۹۷	۳	۹	۳۷ و ۸۸	۴۸ و ۰۲	۱۰	۰
۵	۲۰۰۰	۱۱	۲۵	۳۹ و ۲۱	۴۸ و ۱	۳۳	۰
۶	۱۹۹۷	۷	۹	۳۸ و ۷۲	۴۸ و ۵۱	۲۶	۶

منبع: (طرح آمایش استان اردبیل، ۱۳۹۰: ۷۲)

صورت گیرد. مهم‌ترین اولویت در این پهنه، مقاوم‌سازی خانه‌های موجود در آن است.. وسعت این پهنه در حدود ۱۱۳۶۵۰۷ هکتار است و بر پایه بررسی‌های انجام گرفته، جمعیتی معادل ۳۴۲۵۸۹ نفر در این پهنه وجود دارد که آمار بالایی به لحاظ سکونتگاهی در چنین پهنه‌ای محسوب می‌شود. شهرهای پارس‌آباد، بیله‌سوار، مشگین و نیر در این پهنه قرار دارند.

پهنه با خطر متوسط: این پهنه از چشمه‌های لرزه‌زا به‌اندازه کافی دور است و احتمال خطر زلزله‌های ویرانگر در آن کم می‌باشد. در این پهنه توسعه با رعایت مقاومت ساختمان‌ها محدودیتی ندارد، بایستی مقاوم‌سازی ساختمان‌ها را در اولویت دوم پس از پهنه خطر قبلی در دستور کار قرار داد. وسعت این پهنه ۳۶۵۰۷۶ هکتار است و جمعیتی معادل ۱۲۶۵۷۰ نفر در این پهنه وجود دارد. در این پهنه شهرهای گیوی، اردبیل و نمین واقع شده‌اند.

پهنه با خطر نسبتاً پایین: این پهنه که دارای پایین‌ترین خطر به لحاظ رخداد زلزله است، مناسب‌ترین نواحی برای ایجاد شهرک‌های جدید می‌باشد. وسعت این پهنه ۲۷۸۴۱۴ هکتار است که جمعیتی معادل ۸۸۹۰۷ نفر را در خود جای داده‌اند. شهر خلخال در این پهنه قرار دارد.



شکل ۲- پهنه بندی خطر زلزله

منبع: (طرح آمایش استان، ۱۳۹۰)

روش و داده‌ها

مطالعه حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش تحقیق، توصیفی تحلیلی و به لحاظ بیان رابطه بین متغیرها از نوع اکتشافی و همبستگی است. در ابتدا با استفاده از روش کتابخانه‌ای و مراجعه به اسناد مرتبط با موضوع به بررسی مبانی نظری پرداخته شده سپس با استفاده از داده‌های خام بخش مسکن و اجتماعی استان اردبیل از مرکز آمار ایران، در راستای موضوع شاخص سازی شدند. شاخص‌های در سه بخش اجتماعی، فیزیکی و اجتماعی - فیزیکی تقسیم‌بندی شدند. هرکدام از شاخص‌ها برای سنجش بخشی (اجتماعی و فیزیکی) از آسیب‌پذیری در شهرستان‌های استان اردبیل انتخاب شده‌اند. شاخص‌های مورد نظر با مدل آنتروپی شانون، وزن‌دهی شده سپس وزن‌های حاصل از مدل آنتروپی شانون جهت پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرستان‌ها در برابر زلزله، وارد مدل تاپسیس شده و در ادامه رتبه‌بندی شدند. در نهایت، جهت نمایش توزیع پراکنش آسیب‌پذیری شهرستان‌ها و بیان رابطه بین متغیرها از نرم‌افزار GIS ۱۰.۳ رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR) استفاده شده است. جدول (۲) شاخص‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۲- معیارها و شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی و فیزیکی

معیار اجتماعی-اقتصادی			
متغیر	N	متغیر	N
ضریب بیکاران	۱۴	جمعیت	۱
جمعیت فعال از نظر اقتصادی	۱۵	جمعیت مردان	۲
جمعیت غیرفعال از نظر اقتصادی	۱۶	جمعیت زنان	۳
نرخ مشارکت منطقه	۱۷	نسبت جنسی	۴
ضریب اشتغال منطقه	۱۸	جمعیت ۰-۱۴ ساله	۵
ضریب حقوق‌بگیران عمومی	۱۹	جمعیت ۱۵-۶۴ ساله	۶
ضریب حقوق‌بگیران خصوصی	۲۰	جمعیت بیشتر از ۶۵ سال	۷
تعداد پزشک	۲۱	جمعیت باسواد ۶ ساله و بیشتر مرد	۸
تعداد پرستار	۲۲	جمعیت باسواد ۶ ساله و بیشتر زنان	۹
تعداد بهورز	۲۳	نسبت باسوادی	۱۰
خانوارهای ساکن در واحدهای مسکونی ملکی عرصه و اعیان	۲۴	تعداد خانوار	۱۱
خانوارهای ساکن در واحدهای مسکونی ملکی عرصه	۲۵	تراکم جمعیت	۱۲
خانوارهای ساکن در واحدهای مسکونی استیجاری	۲۶	ضریب شاغلان	۱۳
معیار فیزیکی			
تعداد واحدهای مسکونی با مصالح خشت و گل	۱۰	تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۱
تعداد واحدهای مسکونی فلزی	۱۱	تعداد مراکز درمانی و بیمارستان	۲
تعداد واحدهای مسکونی بتون ارمه	۱۲	تعداد واحدهای مسکونی آپارتمانی	۳
تعداد واحدهای مسکونی با مساحت کمتر از ۱۰۰ متر	۱۳	تعداد واحدهای مسکونی غیر آپارتمانی	۴
تعداد واحدهای مسکونی با مساحت ۱۰۰-۳۰۱	۱۴	تعداد واحدهای مسکونی با مصالح آجر و آهن	۵
تعداد واحدهای مسکونی با مساحت ۳۰۱-۵۰۱	۱۵	تعداد واحدهای مسکونی با مصالح آجر و چوب	۶
تعداد واحدهای مسکونی با مساحت بیشتر از ۵۰۱ متر	۱۶	تعداد واحدهای مسکونی با مصالح تمام آجر	۷
		تعداد واحدهای مسکونی با مصالح تمام چوب	۸
		تعداد واحدهای مسکونی با مصالح خشت و چوب	۹
معیار اجتماعی-فیزیکی			
نسبت خانوار به واحدهای مسکونی	۴	تعداد پارک	۱
		وسعت پارک‌های عمومی	۲

مدل تاپسیس

برای رتبه‌بندی بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی روش‌های گوناگونی وجود دارد که الزاماً جواب‌های یکسانی در پی ندارند. یکی از این روش‌های رتبه‌بندی که دارای قدرت بالایی در تفکیک گزینه‌هاست، مدل تاپسیس است (اپروینک و تنگ، ۲۰۰۴: ۶). فن رتبه‌بندی ترجیحاً بر اساس شباهت‌شان به راه‌حل ایده‌آل است که به صورت اختصار بانام تاپسیس شناخته می‌شود، که n گزینه را با m معیار رتبه‌بندی می‌کند (Campanharo and Krohling, ۲۰۱۱: ۲۵). این روش از جمله روش‌های فاصله محور است که اولین بار هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ آن را ارائه کردند. پایه نظری این تکنیک بر این رابطه استوار است که ابتدا ایده آل مثبت (بهترین حالت) و ایده آل منفی (بدترین حالت) را برای هر یک از شاخص‌ها بر اساس یک سری از تکنیک‌های یافته و سپس فاصله گزینه از ایده آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود. گزینه منتخب گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را از ایده آل منفی داشته باشد (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۹۰، ۶۲).

الف) الگوریتم تکنیک تاپسیس

قدم یکم-تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به ماتریس "فاقد مقیاس" با استفاده از فرمول زیر است:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad \text{قدم دوم - ایجاد ماتریس "فاقد مقیاس موزون"، برای این کار ماتریس ایجادشده در}$$

مرحله پیشین در وزن هرکدام از معیارهای بردار w ضرب می‌شود تا ماتریس فاقد مقیاس موزون به دست آید. بدین ترتیب:

$$v = N_D \cdot w_{max} = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad w = \{w_1, w_2, \dots\} \approx (DM \text{ از})$$

ب) ماتریس بی مقیاس شده وزین، درواقع ND ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن "بی مقیاس" و قابل مقایسه شده است، و $w \ n \times \ n$ ماتریس قطری است که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهند بود.

قدم سوم- مشخص کردن راه‌حل ایده آل مثبت و راه‌حل ایده آل منفی، برای گزینه ایده آل A + برای گزینه ایده آل منفی A - را تعریف می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \text{راه‌حل ایده آل مثبت} &= A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J') \mid i = 1, 2, \dots, m\} \\ &= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} \\ \text{راه‌حل ایده آل منفی} &= \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J') \mid i = 1, 2, \dots, m\} \\ &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \end{aligned}$$

قدم چهارم - محاسبه اندازه جدایی (فاصله):

فاصله گزینه i ام با ایده آل، با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_{i+} = \text{فاصله گزینه } i \text{ ام از ایده آل} = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{1/2}; i=1,2,\dots,m$$

$$d_{i-} = \text{فاصله گزینه } i \text{ ام از ایده آل منفی} = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{1/2}; i=1,2,\dots,m$$

قدم پنجم - محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده آل بر اساس فرمول زیر:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}}; 0 \leq cl_{i+} \leq 1; i = 1, 2, \dots, m$$

ملاحظه می شود که چنانچه $A_i = A$ شود، آنگاه $d_i = 0$ است و خواهیم داشت: $cl_{i+} = 1$ و در صورتی که $d_i = 0$ ، $cl_{i+} = 0$ خواهد شد. بنابراین هراندازه گزینه A_i به راه حل ایده آل نزدیک تر باشد، ارزش cl_{i+} به واحد نزدیک تر خواهد بود.

قدم ششم - رتبه بندی گزینه ها: بر اساس ترتیب نزولی می توان گزینه های موجود را از مسئله مفروض رتبه بندی کرد.

مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی

مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی (GWR) گسترش یافته چارچوب رگرسیون عمومی می باشد و جوهره اصلی GWR به صورت زیر است:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \epsilon_i$$

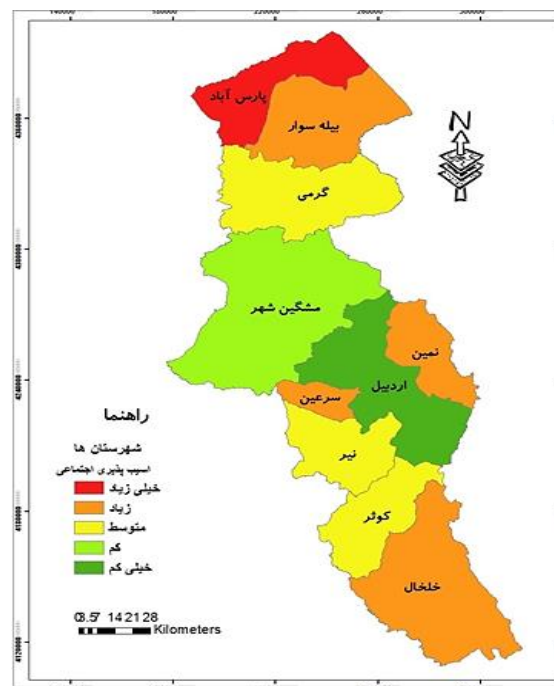
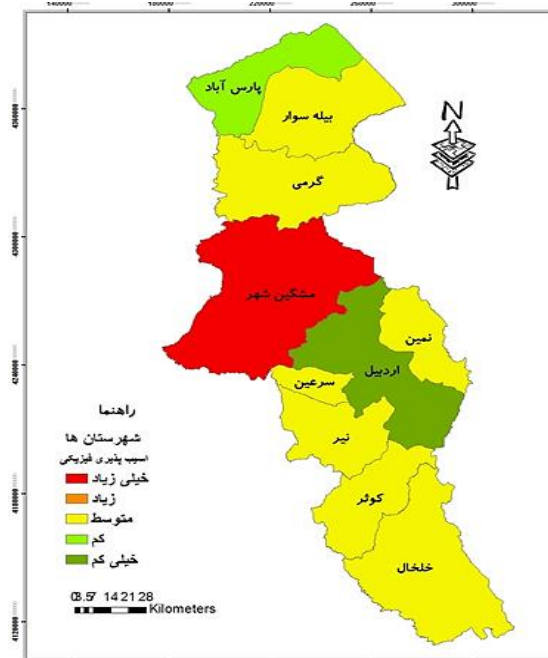
جایی که (v_i, u_i) مختصات i امین نقطه در فضا را تشکیل می دهد $\beta_k(u_i, v_i)$ تابعی پیوسته از $k(u, v)\beta$ در هر نقطه i است X_{i1}, \dots, X_{ip} متغیرهای توضیحی در نقطه i و ϵ_i جزء خطا می باشد. برای مجموعه داده های داده شده پارامترهای منطقه ای $k(u, v)\beta$ با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین زده می شود. وزن های w_{ij} برای $i=1, 2, \dots, n$ در هر موقعیت (v_i, u_i) به عنوان تابع پیوسته ای از فواصل بین نقاط i و دیگر نقاط داده ای به دست می آیند (ESRI, 2015: 2).

بحث و یافته ها

یافته های حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از روش های استفاده شده، در قالب پاسخ به پرسش های پژوهش ارائه شده اند.

سؤال اول: میزان آسیب پذیری اجتماعی-فیزیکی شهرستان های استان اردبیل در برابر زلزله؛ مرحله اول: در این قسمت با تأکید بر مبانی نظری ارائه شده در مورد مدل تاپسیس ابتدا به طور جداگانه به ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی و

فیزیکی شهرستان‌های استان اردبیل پرداخته شده است. نتایج حاصل از مدل جهت تهیه نقشه وارد محیط GIS شد. شکل‌های (۳ و ۴) نقشه پهنه‌بندی شهرستان‌ها بر اساس میزان آسیب‌پذیری بر مبنای شاخص‌های اجتماعی و شاخص‌های فیزیکی با استفاده از مدل تاپسیس را نشان می‌دهند. به لحاظ آسیب‌پذیری اجتماعی شهرستان پارس‌آباد در بالاترین سطح و شهرستان اردبیل در پایین‌ترین سطح قرار دارند. از لحاظ آسیب‌پذیری فیزیکی شهرستان مشکین‌شهر در بالاترین سطح و شهرستان اردبیل در پایین‌ترین سطح قرار دارند.



شکل ۳ و ۴- پهنه‌بندی آسیب‌پذیری فیزیکی و اجتماعی شهرستان‌ها

منبع: ترسیمات نگارندگان

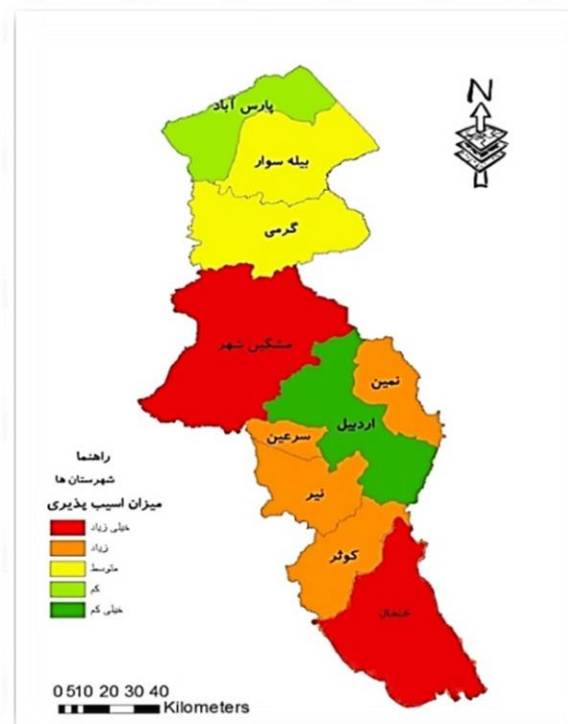
مرحله دوم: سپس با تلفیق شاخص‌های اجتماعی و فیزیکی شهرستان‌های استان اردبیل، با استفاده از مدل تاپسیس، بر اساس میزان آسیب‌پذیری در ۵ سطح، آسیب‌پذیری خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم پهنه‌بندی شدند. جدول (۴)، امتیازات نهایی و ترکیبی آسیب‌پذیری اجتماعی اقتصادی و فیزیکی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج جدول (۴)، شهرستان‌هایی که بیشترین و بالاترین امتیاز را کسب کرده به گزینه ایده‌آل ما نزدیک و از شرایط بهتری از هر دو شاخص مورد مطالعه برخوردار بوده، در نتیجه از آسیب‌پذیری کمتری برخوردار هستند، در مقابل شهرستان‌هایی که رتبه‌های پایین‌تری کسب نموده‌اند حاکی از نامطلوب بودن شاخص‌های آسیب‌پذیری در آنها می‌باشد. با توجه به نتایج جدول (۴)، شهرستان اردبیل با کسب امتیاز بالا ۰.۵۸۰ در سطح آسیب‌پذیری خیلی کم، شهرستان پارس‌آباد با کسب امتیاز ۰.۴۴۹ در سطح کم، شهرستان‌های گرمی و بیله سوار به ترتیب با امتیاز ۰.۴۳۱ و کسب رتبه سوم در سطح متوسط، شهرستان‌های سرعین، کوثر، نیر و نمین به ترتیب با امتیاز ۰.۴۲۹، ۰.۴۲۹، ۰.۴۲۸ و ۰.۴۲۸ با کسب رتبه پنجم تا هشتم در سطح زیاد، شهرستان‌های خلخال و مشکین‌شهر با کسب کمترین امتیاز ۰.۴۲۸ و ۰.۴۱۱ در رتبه نهم و دهم در سطح خیلی زیاد و آسیب‌پذیرترین شهرستان‌های استان هستند.

جدول ۴- سطح‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی فیزیکی

میزان آسیب‌پذیری	Ci	d-	d+	شهرستان
خیلی کم	۰.۵۸۰	۰.۱۳۰	۰.۰۹۴	اردبیل
کم	۰.۴۴۹	۰.۰۸۸	۰.۱۰۸	پارس‌آباد
متوسط	۰.۴۳۱	۰.۰۹۲	۰.۱۲۱	گرمی
	۰.۴۳۱	۰.۰۹۴	۰.۱۲۴	بیله سوار
زیاد	۰.۴۲۹	۰.۰۹۶	۰.۱۲۸	سرعین
	۰.۴۲۸	۰.۰۹۵	۰.۱۲۷	کوثر
	۰.۴۲۸	۰.۰۹۶	۰.۱۲۸	نیر
	۰.۴۲۸	۰.۰۹۱	۰.۱۲۲	نمین
خیلی زیاد	۰.۴۲۵	۰.۰۸۹	۰.۱۲۰	خلخال
	۰.۴۱۱	۰.۰۸۴	۰.۱۲۰	مشکین

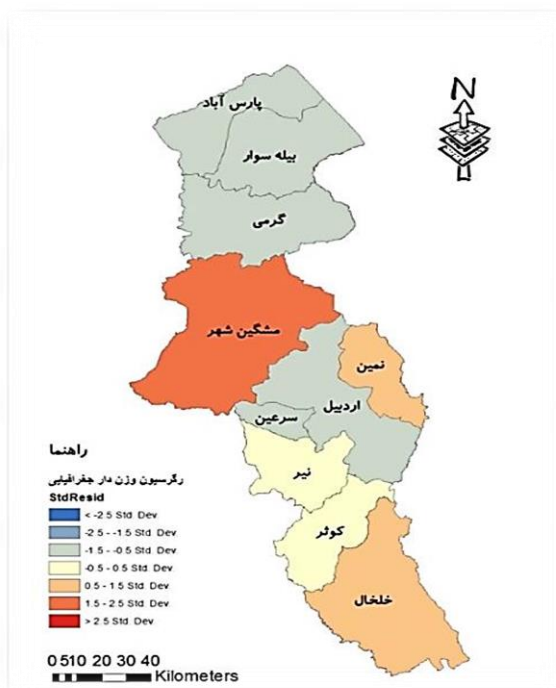
منبع: محاسبات نگارندگان

برای نمایش توزیع فضایی آسیب‌پذیری اجتماعی-فیزیکی شهرستان‌های استان اردبیل در برابر زلزله، نتایج حاصل از مدل تاپسیس وارد محیط GIS شده و شهرستان‌های استان در پنج سطح آسیب‌پذیری پهنه‌بندی شده‌اند:



شکل ۵- نقشه نهایی و همپوشانی شده آسیب‌پذیری اجتماعی و فیزیکی

سؤال دوم: رابطه بین جمعیت و میزان آسیب‌پذیری: در پاسخ به این پرسش از رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR) در محیط نرم‌افزاری GIS استفاده شد. نتایج حاصل از رگرسیون جغرافیایی بیانگر آن است که بین آسیب‌پذیری شهرستان‌های مشکین‌شهر با مقدار ارزش ۱.۸۳ خلخال با مقدار ارزش ۱.۱۷، نمین با مقدار ارزش ۰.۷۲ و نیر با ارزش ۰.۱۸ با میزان جمعیت آن‌ها رابطه معنی‌داری وجود دارد و آسیب‌پذیری به تناسب جمعیت افتاده است. این رابطه در مورد شهرستان‌های کوشار، سرعین، اردبیل و گرمی به ترتیب با مقدار انحراف معیار مشاهده شده ۰.۲۲-، ۰.۶۱-، ۰.۶۳-، و ۰.۶۹- کمتر می‌شود. در نهایت، به ترتیب در شهرستان‌های بيله سوار و پارس‌آباد از نظر جمعیت و آسیب‌پذیری رابطه‌ای وجود ندارد.



شکل ۶- تحلیل رگرسیون وزن دار جغرافیایی

منبع: ترسیمات نگارندگان

نتیجه گیری

بحث آسیب پذیری از موضوعاتی است که طی سال های اخیر در فرهنگ برنامه ریزی و مدیریت مخاطرات مطرح شده است و در حال حاضر با استقبال زیادی در محافل علمی همراه بوده است. آسیب پذیری گروه های مختلف مردم ساکن در نواحی خطر خیز نیز بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و فیزیکی آن ها در نقاط مختلف متفاوت است. برای کاهش آسیب پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار، علاوه بر شناخت ماهیت طبیعی و مکانی- فضایی مخاطرات، باید تفاوت های اجتماعی- فضایی آسیب پذیری جوامع و دلایل آن را نیز شناخت. چراکه مخاطرات طبیعی خودبه خود منجر به نتایج زیان بار نمی گردند، بلکه تنها نشان دهنده امکان وقوع آسیب هستند (قدیری، افتخاری، ۱۳۹۱: ۱۵۳). بر این اساس، شناخت مناسب از آسیب پذیری و الگوی اجتماعی- فضایی آن، مبنای لازم برای تدوین سیاست های مناسب کاهش آسیب پذیری و ارتقای تاب آوری را فراهم می آورد. با توجه به شاخص های اجتماعی- فیزیکی، روش تاپسیس برای تعیین میزان آسیب پذیری مورد استفاده قرار گرفت. شهرستان اردبیل با کسب امتیاز بالا ۰.۵۸۰ و رتبه اول، از آسیب پذیری خیلی کم برخوردار است. در سطح دوم شهرستان پارس آباد با کسب میزان تاپسیس ۰.۴۴۹ از آسیب پذیری کمتری برخوردار است. شهرستان های گرمی و بيله سوار به ترتیب با امتیاز ۰.۴۳۱ و کسب رتبه سوم و چهارم از آسیب پذیری متوسطی در برابر زلزله برخوردارند. شهرستان های سرعین، کوثر، نیر و نمین به ترتیب با امتیاز ۰.۴۲۹، ۰.۴۲۹، ۰.۴۲۸ و ۰.۴۲۸ با کسب رتبه پنجم تا هشتم از آسیب پذیری زیاد برخوردارند. در نهایت

شهرستان‌های خلخال و مشکین‌شهر با کسب کمترین امتیاز ۰.۴۲۸ و ۰.۴۱۱ در رتبه نهم و دهم آسیب‌پذیرترین شهرستان‌های استان بوده‌اند. نتایج رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی نشان داد که بین جمعیت، با آسیب‌پذیری، رابطه مستقیم و معنی‌دار وجود دارد. در شهرستان‌هایی که میزان جمعیت زیاد است، متعاقباً وقوع هرگونه حادثه طبیعی از جمله منجر به تلفات جانی و مالی بسیاری خواهد شد، به این مفهوم که شهرستان‌هایی که بیشترین جمعیت را دارند، دارای آسیب‌پذیری بالایی نیز هستند. سرانجام این که با مشخص شدن میزان تفاوت در سطوح آسیب‌پذیری و جایگاه هر یک از شهرستان‌ها در سطح استان بایستی با اتخاذ برنامه‌ای، نسبت به بهبود وضعیت شهرستان‌های آسیب‌پذیر اقدام شود. با استفاده از تکنیک‌های به‌کاربرده شده و نتایج به‌دست‌آمده برای شهرستان‌ها می‌توان به اتخاذ برنامه‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت و یا ضربتی اقدام نمود.

پیشنهادها

- در نظر گرفتن طرح‌های آموزشی و توانمندسازی اجتماعی-اقتصادی در برابر زلزله برای شهرستان‌هایی که به لحاظ آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح پایین قرار دارند.
- برنامه‌ریزی سکونتگاهی از جمله تهیه و اجرای طرح‌های بهسازی و نوسازی برای شهرستان‌هایی که به لحاظ آسیب‌پذیری فیزیکی در سطح پایین قرار دارند.
- استفاده از اطلاعات جمعیتی در اولویت‌بندی تهیه و اجرای طرح‌های توانمندسازی و برنامه‌ریزی سکونتگاهی.

منابع

- احد نژاد، محسن. (۱۳۸۸)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله مطالعه موردی شهر زنجان، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری به راهنمایی مهدی قرخلو، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تهران.
- تاجیک، محمدرضا. (۱۳۸۴)، مدیریت بحران، نقدی بر شیوه‌های تحلیل و تدبیر بحران در ایران، تهران: گفتمان فرهنگ.
- حکمت نیا، حسن؛ موسوی، میرنجف. (۱۳۹۰)، کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای، انتشارات علم و نوین، چاپ دوم.
- خلاصه گزارش طرح مجموعه شهری اردبیل. (۱۳۹۴)، اداره کل راه و شهرسازی استان اردبیل، ویرایش اول.
- زهرایی، سید مهدی؛ ارشاد، لیلی. (۱۳۸۴)، بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین، دومه‌نامه دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۳۹.

- فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ احدنژاد، محسن؛ امینی، جمال. (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله مطالعه موردی منطقه ۹ شهرداری تهران، *مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، ۳.
- فروغی، سلیمان؛ احدنژاد، محسن؛ مرادی، بهزاد. (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله برحسب فاصله از کاربری‌های حیاتی با استفاده از جی‌ای‌اس، نمونه موردی بافت قدیم زنجان، *اولین کنفرانس مدیریت بحران زلزله و آسیب‌پذیری اماکن در شریان‌های حیاتی*، تهران: وزارت کشور، سازمان مدیریت بحران کشور.
- قدیری، مجتبی؛ افتخاری، رکن‌الدین. (۱۳۹۳)، رابطه ساخت اجتماعی شهرها و میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله نمونه موردی محلات کلان‌شهر تهران، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۴.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۹۰)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
- مطالعات طرح آمایش استان اردبیل. (۱۳۹۰)، *خلاصه یافته‌های مطالعات آمایش استان مصوب شورای برنامه‌ریزی و توسعه استان اردبیل*، مهندسین مشاور رویان.
- همایونی، حمیدرضا. (۱۳۸۵)، بررسی مورفولوژیکی اجتماعی بافت قدیم شهرهای ایران در مواجهه با زلزله. مدیریت بحران. *مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله*، دانشگاه یزد.
- ESRI. (۲۰۱۵). *Arc GIS ۱۰.۳ Tutorials*. From: www.esri.com
- Houser, G., & Egenning, P. C. (۱۹۹۳). *Risk analysis, First Edition Earthquake Engineering Research Institute*. Oakland, USA.
- Krohling, R. A., & Campanharo, V. C. (۲۰۱۱). *Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea*. Expert Systems with Applications, ۳۸ (۴), ۴۱۹۰-۴۱۹۷.
- Moe, Tun Lin and Pathranakul, Pairote. (۲۰۰۶). *An integrated approach to natural disaster management Public project management and its critical success factors*, Disaster Prevention and Management, Vol. ۱۵ No. ۳, Emerald Group Publishing
- Nichols, Jonathan M. (۲۰۰۵). *A major urban earthquake: planning for Armageddon*, Landscape and Urban Planning, ۷۳, ۱۳۲-۱۴۶
- Pelling, Mark., Maskrey, A., Ruiz, P., Hall, P., Peduzzi, P., Dao, Q. H., & Kluser, S. (۲۰۰۴). *Reducing disaster risk: a challenge for development*.
- Smith, Keith. (۲۰۰۰). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*, ۳rd Ed.