فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱٤، شماره ٤ (پیاپی ٤۹)، زمستان ۱۳۹۸
شاپای چاپی ۵۹٦۸- ۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۵۹۵X- ۲۵۳۸
http://jshsp.iaurasht.ac.ir

مقاله پژوهشی
صص. ۹۸۱-۹٦۷

تحلیل آسیب‌پذیری کاربری اراضی در برابر زلزله با کاربرد تلفیقی مدل‌های چندمتغییره (مطالعه موردی: شهرداری منطقه۲ تبریز)

حسن محمودزاده * – دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۷/۰۴/۲۴

چکیده

مجاورت بلافصل گسل شهر تبریز با محدوده‌ی شهرداری منطقه ۲، افزایش تعداد محلات و مناطق پرتراکم، افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی، پیچیدگی و ازیاد فاکتورهای موثر در پهنه بندی میزان خطر زلزله و نقش مکانی آنها در تشدید اثر آن، لزوم به کارگیری روش‌های چند متغیره تصمیم ساز جهت تعیین درجه آسیب‌پذیری را ضروری می سازد. هدف مقاله حاضر تعیین وضعیت آسیب‌پذیری در شهرداری منطقه۲ تبریز به روش تاپسیس و سا بوده که از روش‌های ارزیابی چند معیاره می باشد. طی این فرآیند ابتدا شاخص‌های طبیعی و انسانی مورد نیاز و تاثیرگذار در قالب ۱۵ شاخص شناسایی، تهیه و مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در نهایت نقشه تلفیقی میزان آسیب‌پذیری منطقه۲ شهرداری تبریز به ازای کاربری اراضی تولید شده است. بر اساس مدل نهایی تاپسیس و سا، از کل مساحت ۲۱۰٤/۸۳ هکتاری این منطقه شهرداری حدود ۷۲۹/٦۱ هکتار در مناطق با آسیب‌پذیری خیلی‌کم تا کم در قسمت‌های جنوبی، ۳۵۰/۰۸ هکتار در مناطق با آسیب‌پذیری متوسط در قسمت‌های مرکزی و ۱۰۲۵/۱٤ هکتار با آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی زیاد در قسمت‌های شمالی و شمال‌غربی قرار گرفته است. هم‌پوشانی نقشه کاربری اراضی با نقشه پهنه‌بندی خطر، ٤۰۰ هکتار از کاربری مسکونی را در این کلاس خطر مشخص می‌نماید بنابراین برنامه‌ریزی برای مکانیابی اماکن اسکان موقت، مقاوم‌سازی ساخت و سازها در طول زمان و اصلاح موقعیت استقرار کاربری‌های حساس نسبت به سایر کاربری‌ها بر اساس نقشه نهایی تحقیق بایستی انجام شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، آسیب‌پذیری، زلزله، مدل تاپسیس و سا، شهرداری منطقه ۲ تبریز

نحوه استناد به مقاله:
محمودزاده، حسن. (۱۳۹۸). تحلیل آسیب‌پذیری کاربری اراضی در برابر زلزله با کاربرد تلفیقی مدل‌های چندمتغییره (مطالعه موردی: شهرداری منطقه۲ تبریز). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۴(۴)، ۹۶۷-۹۸۱. http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_672115.html

* نویسنده مسئول
Email: hassan.mahmoudzadeh@gmail.com

مقدمه

زلزله از جمله بلایای طبیعی به شمار می‌رود که در اکثر مناطق جهان به وقوع می‌پیوندد. در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ میلادی، حدود ۱۱۰۰ زلزله مرگبار در ۷۵ کشور جهان رخ داده است. ایران با ۱۲۰ هزار نفر تلفات انسانی در زمره این کشورهاست. حدود ۶۰۰۰ زلزله میان سال‌های ۶۰۰ تا ۱۹۷۶ میلادی در ایران به ثبت رسیده است همچنین در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵ کشور ایران بیشترین تعداد زلزله را تجربه کرده است. (Karmai, 2012:2).

پژوهش حاضر به بررسی نقش ارزیابی خطر زلزله در شهرداری منطقه ۲ تبریز با استفاده از مدل‌های تاپسیس و سا در محیط GIS می‌پردازد. ضرورت طرح موضوع این پژوهش عبارت است از:۱- قرارگیری شهرداری منطقه ۲ در مجاورت خط گسل تبریز، روند ساخت و سازهای بی رویه با تراکم‌های بالا ۲- عدم توجه کافی به مسائل طبیعی و زمین‌ساختی منطقه ۳- مقاوم‌سازی آن هم محدود به اجرای ناقص آیین نامه۲۸۰۰ ۴- ساخت و سازهای اشتباه در ارتباط با فرم و شکل شهر در قسمت‌های شمالی منطقه ۵- عدم توجه به مکانیابی صحیح کاربری‌ها و محدودیت‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه.

درنتیجه مجاورت شهرداری منطقه ۲ تبریز روی مسیر اصلی گسل و عمل کردن زلزله در مقیاس گسترده و بدون حد و مرز اثرات خسارات این پدیده طبیعی را با همراهی عوامل فوق الذکر که عمدتاً محصول کارکردهای انسانی هستند را افزایش می‌دهد.

در سال های اخیر استفاده از روشهای چند متغیره در بررسی آسیب‌پذیری مناطق شهری بسیار مورد توجه بوده است که به تعدادی از آنها اشاره در طی جدول شماره ۱ آورده می شود:

جدول ۱. تعدادی از مطالعات استفاده شده از روشهای چند متغیره در بررسی آسیب‌پذیری مناطق شهری

ردیف	عنوان مطالعه	محدوده	مواد و روشها	نویسنده، سال چاپ
۱	تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی	محور شمال غرب شیراز	روش ترکیب خطی وزن دار و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تناسب زمین برای توسعه کالبدی بر پایه ۵ معیار شیب، جنس و قابلیت زمین، فاصله با شهر و فاصله با راه‌های اصلی ارزیابی شده و نقشه تناسب زمین در محدوده‌ی مذکور تهیه شده است.	Karam, 2005:93
۲	زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری	مناطق شهری تهران	با استفاده از نرم افزارهای SPSS و GIS به تحلیل و سطح بندی آماری با تأکید بر مقاومت مصالح و آسیب‌پذیری سازه‌ای در مقابل زلزله پرداخته شده است.	Zangiabadi & Tabrizi, 2006:115
۳	ارزیابی و رتبه بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله	شهر یزد	با مدل TOPSIS و GIS با وارد کردن متغیرهای اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی به سنجش خطرپذیری ناشی از این پدیده طبیعی در ۳ رتبه آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد نموده اند.	Malaki & et al, 2015:99
۴	مدیریت بحران و مکان یابی پایگاه‌های اسکان موقت	شهر پیرانشهر	با استفاده از الگوریتم فازی و مدل ANP پس از تعیین معیارهای موثر در امر مکان‌یابی اسکان موقت شامل لایه تراکم جمعیت، هم‌جواری کاربری‌ها، آسیب‌پذیری، دسترسی به راه، مراکز درمانی، مراکز آموزشی، مراکز انتظامی، فضای سبز، اراضی بایر و ایستگاه‌های آتش نشانی نقشه مناسب برای احداث پایگاه‌های موقت اسکان موقت را شامل ۴ پارک، ۷ مدرسه و چند قطعه زمین بایر به مساحت ۱۷ هکتار به عنوان بهترین مکان‌های با سازگاری بسیار بالابه عنوان پایگاه‌های اسکان موقت مکان یابی نمودند.	Ebrahimzadeh& Kashfi, 2015:85
۵	پهنه بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه	شهر تبریز	با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و هم‌پوشانی لایه ها اقدام به پهنه بندی خطر زلزله در گستره شهر نمودند که نتایج کلی مدل گویای استقرار پهنه های با خطر بالا در قسمت‌های شمالی و مرکز شهر می باشد.	Ghanbari & et al, 2013:35
۶	تفکیک تغییرات نواحی شهری: مبحث زلزله	شهر مرمره	شیوه‌های نوین سنجش از دور و پردازش شکل جهت تفکیک تغییرات نواحی آسیب دیده ناشی از زلزله به منظور مدیریت بهینه بحران با استفاده از مدل تحلیلی شی‌گرا و تصاویر با قدرت تفکیک بسیار بالا و روش‌های چند متغیره نواحی آسیب دیده و میزان آسیب (به تقریب) برآورد شده است.	Bitelli & et al, 2004
۷	تحلیل خطر بلایای طبیعی شهری با استفاده از GIS و سنجش از راه دور،	مطالعه موردی بخشی از شهر کوهیما ، هند	وی ابتدا نوع ساختمان‌ها را بر اساس میزان مقاومت‌شان در برابر زمین‌لرزه با شدت‌های متفاوت تقسیم بندی نموده، سپس به اقدام به وزن دهی و رتبه بندی آنها کرده است. بعد از آن بر اساس نوع رتبه و وزن داده شده و همچنین ارتفاع ساختمان و میزان جابجایی، شتاب ساختمان و شکاف مابین آنها میزان احتمال آسیب‌پذیری ساختارهای شهری را بر اساس شدت‌های لرزه ای متفاوت ارزیابی و برآورد نموده است.	Khatsü, 2005:101
۸	استفاده از روش تاپسیس در انتخاب سرپناه لرزه ثابت برای تخلیه در شهرها	محدوده‌ی آسیایی اقیانوس آرام	با استفاده از مدل تحلیل سلسه مراتبی و آنتروپی برای عوامل تحلیل خطر، محل، اندازه و امکانات نجات ساخته و در نهایت پناه‌گاه لرزه ثابت برای تخلیه را با استفاده از روش تاپسیس انتخاب کردند.	Chu & Su, 2012:391

با بررسی معیارها و روش‌های مورد استفاده در تحقیقات داخلی و خارجی می‌توان دریافت که بیشتر این تحقیقات از مدل های هم‌پوشانی، وزن‌دهی و تحلیل سلسله مراتبی و فازی بهره گرفته‌اند. وجه تمایز این مقاله استفاده تلفیقی از مدل های چند متغیره تصمیم‌گیری تاپسیس و سا و هم‌پوشانی آنها نسبت به پراکنش کاربری‌ها در فرایند پهنه‌بندی خطر زلزله در محدوده‌ی شهرداری منطقه ۲ می باشد.

روش پژوهش

برای انجام پژوهش حاضر از ۲ مدل تحلیل چند متغیره جهت تهیه نقشه‌ها و تلفیق آنها به شرح زیر استفاده شده است:

مدلTopsis [۱] : محققان و پژوهشگران علاقه زیادی به استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره در ارزیابی و رتبه بندی مسائل پیچیده و چند متغیره نشان می دهند(Behzadian & et al, 2012:13056).

روش های متعدد چند متغیره‌ای برای حل مشکلات تصمیم‌گیری در دنیای واقعی توسعه یافته، با این حال تکنیک تاپسیس به علت لحاظ کردن تشابه و در نظر گرفتن راه حل ایده آل نسبت به نقاط منفی و مثبت در حال حاضر یکی از محبوب ترین روشهای تصمیم‌گیری چند متغیره محسوب می شود(Dymova & et al, 2013:4844).

با توجه به اینکه روش تاپسیس یک ابزار قدرتمند و عملی برای انتخاب و رتبه بندی آلترناتیوهای مختلف می‌باشد به عنوان یکی از روش‌های تحلیلی در میان روش‌های پرشمار MCDM محسوب می شود(Shih & et al, 2007: 801).

مدل تاپسیس توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱، پیشنهاد شد. این مدل، یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است و از آن استفاده های زیادی می شود. در این روش نیز m گزینه به وسیلهء n شاخص، مورد ارزیابی قرار می گیرد. اساس این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه‌ی انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است. حل مساله با این روش، مستلزم طی ۶ گام زیر است:

۱- کمی کردن و بی مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم(N): برای بی مقیاس‌سازی، از بی مقیاس‌سازی نرم استفاده می شود.

۲- به دست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون(V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن ها (Wn×n) ضرب می کنیم، یعنی: $V=N\times Wn\times n$ (۱)

۳- تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی: راه حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی، به صورت زیر تعریف می شوند:

(W_j^+) راه حل ایده آل مثبت = [بردار بهترین مقادیر هر شاخصV]

(W_j^-) راه حل ایده آل منفی= [بردار بدترین مقادیر هر شاخصV]

((بهترین مقادیر)) برای شاخص‌های مثبت، بزرگترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچکترین مقادیر است و ((بدترین)) برای شاخص‌های مثبت، کوچکترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگترین مقادیر است.

۴- به دست آوردن میزان فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌آل های مثبت و منفی:

فاصله‌ی اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت (d_j^+) و فاصله‌ی هر گزینه تا ایده آل منفی (d_j^-)، بر اساس فرمول‌های زیر حساب می شود.

$$(d_j^+) = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Vij - (v_j^+)2} \qquad i=1,2,\ldots,m$$

$$(d_j^-) = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Vij - (v_j^-)2} \qquad i=1,2,\ldots,m \qquad (۲)$$

1. Technique of Order Preference by Similarity to Ideal Solution

۵- تعیین نزدیکی نسبی (CL*) یک گزینه به راه حل ایده آل: d_i^-

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (۳)$$

۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها: هر گزینه‌ای که CL آن بزرگتر باشد، بهتر است(Momeni, 2008:20).

بهزادیان و همکاران در پژوهشی ۹ حوزه مهم کاربرد مدل تاپسیس را با بررسی ۲۶۶ مقاله استخراج کرده است که عبارتند از : (۱) مدیریت زنجیره تامین و لجستیک (۲) طراحی، سیستم‌های مهندسی و تولید (۳) کسب و کار و مدیریت بازاریابی (۴) بهداشت، ایمنی، محیط زیست و مدیریت (۵) مدیریت منابع انسانی (۶) مدیریت انرژی (۷) مهندسی شیمی (۸) مدیریت منابع آب (۹) موضوعات دیگر که عمدتاً شامل کاربرد تکنیک‌های ترکیبی با این مدل بوده است (Behzadian & et al, 2012:13057).

مدل SAW [1] : تکنیک SAW یکی از پرکاربردترین تکنیک‌های چندمتغیره به کار می‌رود که در عین سادگی پایه برخی از مدل‌های چند متغیره نظیر AHP و promethee می‌باشد و از جمع کردن امتیاز نهایی آلترناتیوها بدست می‌آید(Hayaty & et al, 2014:160).

مدل مجموع ساده‌ی وزنی، یعنی سا یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. با محاسبه‌ی اوزان شاخص‌ها، می توان به راحتی از این روش استفاده کرد. برای استفاده از این روش، مراحل زیر ضرورت دارد:

۱-کمی کردن ماتریس تصمیم‌گیری

۲- بی مقیاس‌سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری

۳- ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها

۴- انتخاب بهترین گزینه (A*) با استفاده از معیار زیر:

$$A^* = \{Ai \mid Max \sum_{j=1}^{n} \times nijwj\} \quad (۴)$$

به بیانی دیگر، در روش SAW گزینه‌ای انتخاب می شود (A*) که حاصل جمع مقادیر بی‌مقیاس شده‌ی وزنی آن (nijwj)، از بقیه‌ی گزینه‌ها بیشتر باشد(Momeni, 2008:21).

همچنین جهت ارزیابی و پهنه بندی میزان خطر زلزله در شهرداری منطقه ۲ تبریز با استناد به تحقیقات انجام گرفته از متغیرهای فاصله از گسله، کیفیت مصالح، کیفیت ابنیه، تراکم ساختمانی، سن ابنیه، اندازه بلوک های ساختمانی، تعداد طبقات، تراکم جمعیت، شیب، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز حساس و خطرزا، فاصله از خطوط انتقال نیرو، دسترسی به شبکه خیابانها، قابلیت جابجایی در شرایط بحرانی و سازند زمین شناسی استفاده شده است (جدول شماره۲). برای تهیه و آماده‌سازی بانک اطلاعاتی لایه‌های فوق‌الذکر از نرم افزار ArcGIS10 و مدل تاپسیس و سا استفاده گردید.

جدول ۲. لایه های اطلاعاتی مورد استفاده و تابع مورد استفاده

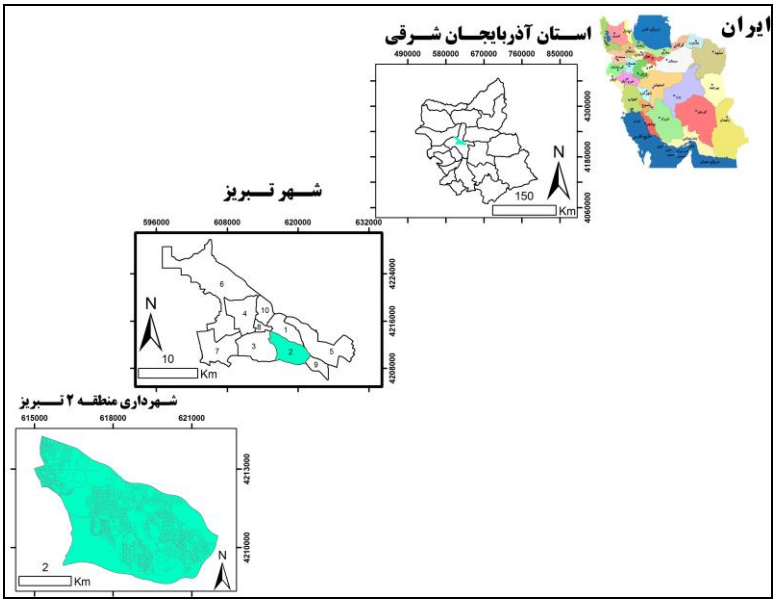
لایه	منبع و ماخذ مورد استفاده
فاصله از گسله	رقومی سازی نقشه های زمین شناسی تابع Distance
کیفیت مصالح	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
کیفیت ابنیه	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
تراکم ساختمانی	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
سن ابنیه	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
اندازه بلوک های ساختمانی	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
تعداد طبقات	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
تراکم جمعیت	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
شیب	نقشه توپوگرافی شهر تبریز
فاصله از مراکز درمانی	نقشه کاربری اراضی مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز تابع Distance

1. Simple Additive Weighted

فاصله از مراکز حساس و خطرزا	نقشه کاربری اراضی مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز تابع Distance
فاصله از خطوط انتقال نیرو	نقشه توپوگرافی شهر تبریز تابع Distance
دسترسی به شبکه خیابانها	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
قابلیت جابجایی در شرایط بحرانی	مرکز فناوری اطلاعات شهرداری تبریز
سازند زمین شناسی	رقومی سازی نقشه های زمین شناسی

قلمرو جغرافیایی پژوهش

منطقه ۲ شهرداری تبریز به عنوان یکی از مناطق ده‌گانه شهرداری کلانشهر تبریز به عنوان بزرگترین مادر شهر شمال غرب ایران با وسعتی حدود ۲۱۰۴ هکتار در موقعیت جغرافیایی ´۱۸ـ °۴۶ الی ´۲۳ـ °۴۶ طول شرقی و ´۲ـ °۳۸ الی ´۴ـ °۳۸ عرض شمالی در جنوب شهر تبریز واقع شده است(شکل ۱). این منطقه با محدوده عملکردی شرقی- غربی از سمت شمال به بلوار بسیج، بلوار ۲۹ بهمن، خیابان امام خمینی، از سمت شرق به بزرگراه شهید کسایی، از سمت غرب به بلوار ملاصدرا(ساری زمین)، خیابان شهید منتظری، خیابان آزادی، خیابان شهید جدیری از سمت جنوب به بزرگراه شهید کسایی و خط محدوده‌ی طرح جامع محدود شده است و بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ جمعیت این منطقه ۱۴۳۶۴۲ نفر می باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرداری منطقه۲تبریز (منبع: نگارندگان)

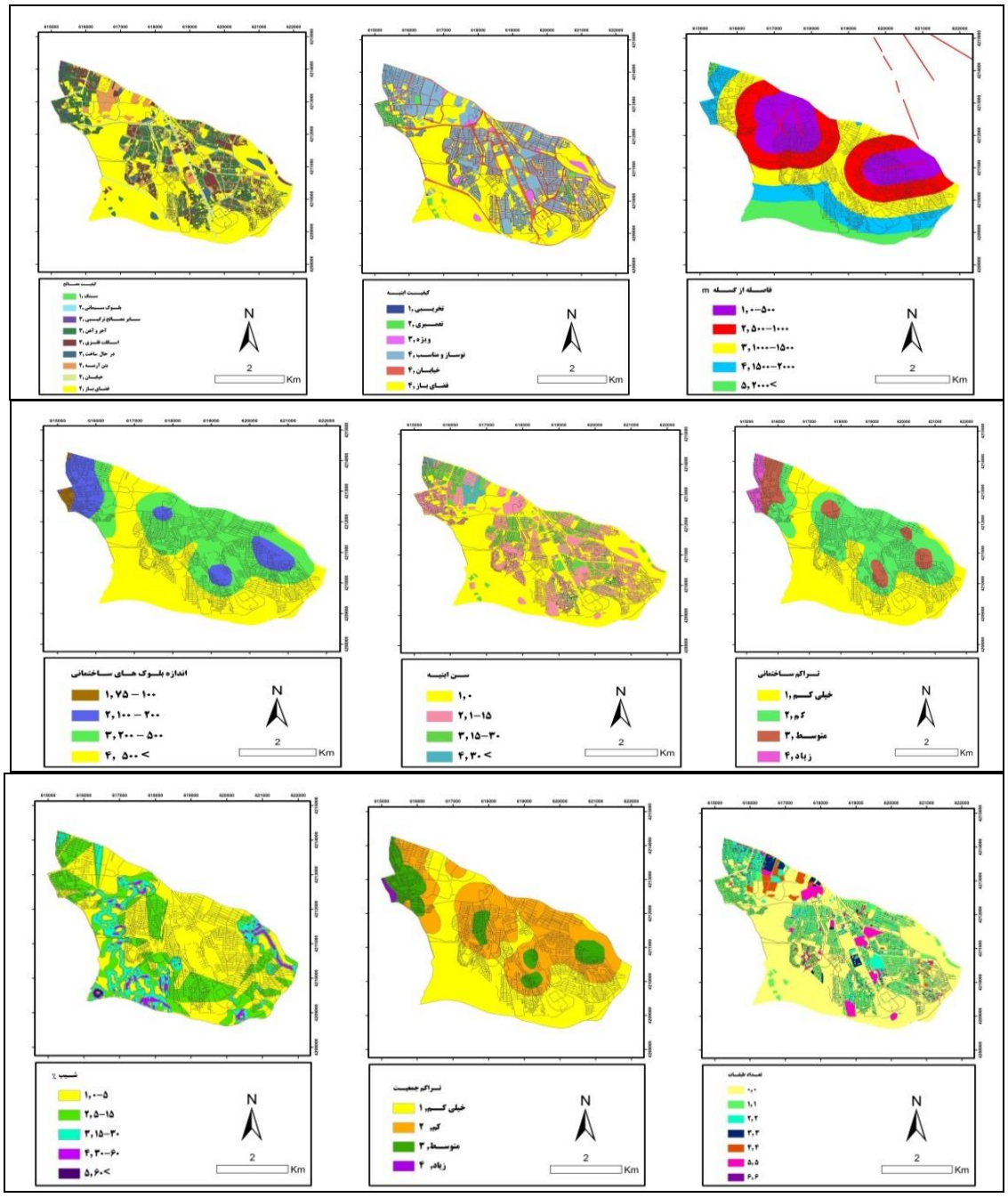
یافته ها و بحث

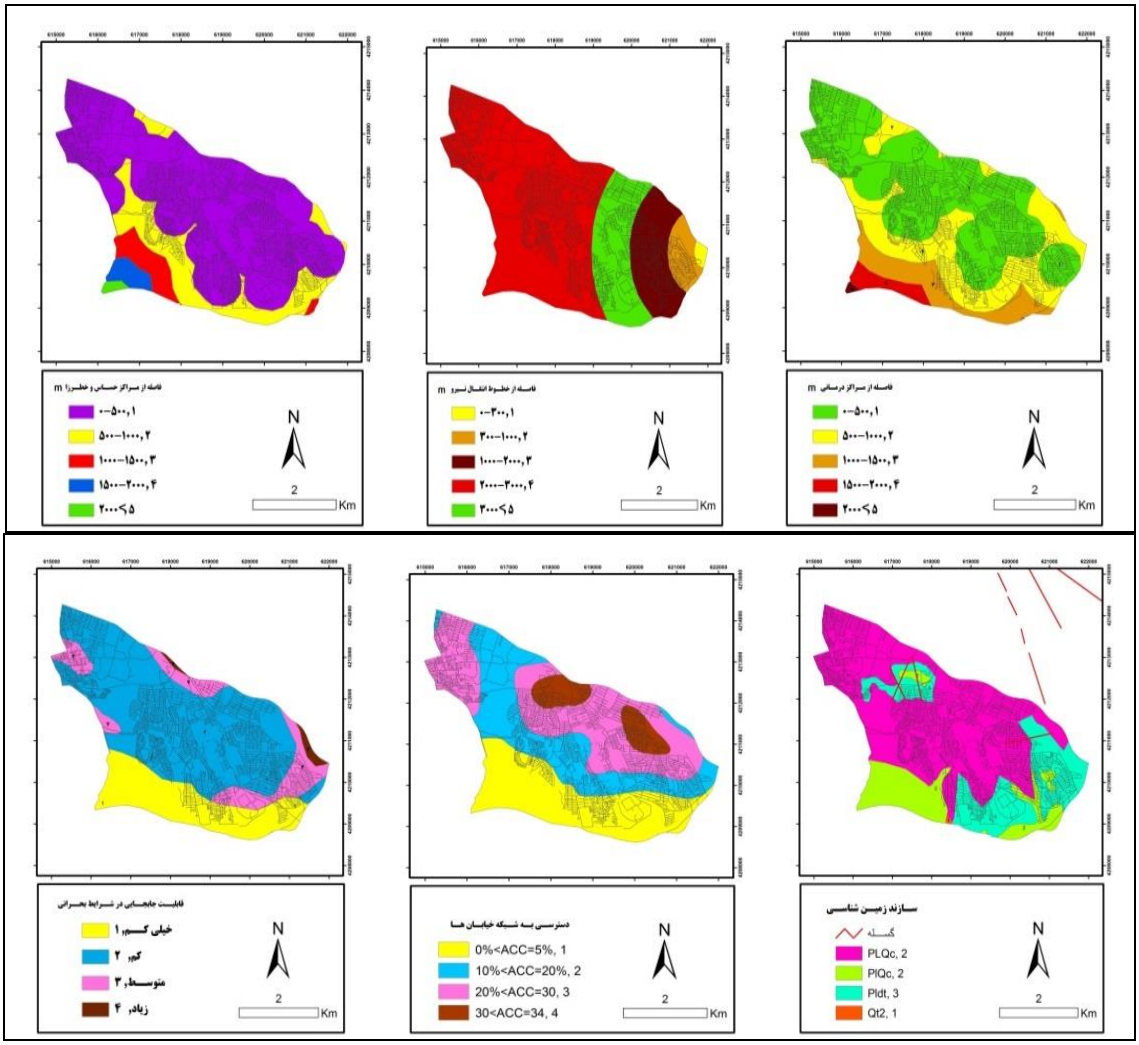
وجود معیارهای مختلف و گاه متضاد برای تصمیم‌گیری کاربرد روش‌های چند متغیره را الزامی می سازد. در این پژوهش نیز از معیارهای مختلف طبیعی و انسانی برای رسیدن به هدف استفاده گردید. طی این فرآیند ابتدا شاخص‌های طبیعی و انسانی مورد نیاز و تاثیرگذار در قالب ۱۵ شاخص فاصله از گسله، کیفیت مصالح، کیفیت ابنیه، تراکم ساختمانی، سن ابنیه، اندازه بلوک های ساختمانی، تعداد طبقات، تراکم جمعیت، شیب، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز حساس و خطرزا، فاصله از خطوط انتقال نیرو، دسترسی به شبکه خیابانها، قابلیت جابجایی در شرایط بحرانی و سازند زمین‌شناسی شناسایی، تهیه و ویرایش شدند (شکل های شماره ۲ و ۳). سپس با مطالعه تحقیقات صورت گرفته استاندارد مربوط به هر لایه مشخص و اعمال گردید. جدول شماره ۲ به معرفی تفصیلی لایه‌ها، ضوابط مربوط به آنها و نوع استانداردسازی لایه‌ها براساس مدل تاپسیس و سا می پردازد.

جدول ۲. معیارهای مورد استفاده در استانداردسازی نقشه ها

فاصله از گسله (متر)	کد امتیاز حالت کاهشی	کیفیت مصالح (جنس)	کد امتیاز حالت کاهشی	کیفیت ابنیه (کیفیت)	کد امتیاز حالت کاهشی
۰-۵۰۰	۱	سنگ	۱	تخریبی	۱
۵۰۰-۱۰۰۰	۲	بلوک سیمانی	۲	تعمیری	۲
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۳	آجر و آهن، اسکلت فلزی، در حال ساخت، سایر مصالح ترکیبی	۳	ویژه	۳
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۴	بتن آرمه، خیابان، فضای باز	۴	نوساز و مناسب، خیابان، فضای باز	۴
Farajzadeh & Basirat, 2006:59		Shieh & et al, 2010:37		Habibi & et al, 2008:29	
تراکم ساختمانی (تراکم)	کد امتیاز حالت افزایشی	سن ابنیه (سال)	کد امتیاز حالت افزایشی	اندازه بلوک های ساختمانی(متر مربع)	کد امتیاز حالت کاهشی
خیلی کم	۱	۰	۱	۷۵-۱۰۰	۱
کم	۲	۱-۱۵	۲	۱۰۰-۲۰۰	۲
متوسط	۳	۱۵-۳۰	۳	۲۰۰-۵۰۰	۳
زیاد	۴	۳۰<	۴	۵۰۰<	۴
Amirahmadi & Abbariki, 2014:140		Pourmohammadi & Mosayebzadeh, 2008:117		Pourmohammadi, & Karami, 2015:63	
تعداد طبقات (طبقه)	کد امتیاز حالت افزایشی	تراکم جمعیت (تراکم)	کد امتیاز حالت افزایشی	شیب (درصد)	کد امتیاز حالت کاهشی
۰	۰	خیلی کم	۱	۰-۵	۱
۱	۱	کم	۲	۵-۱۵	۲
۲	۲	متوسط	۳	۱۵-۳۰	۳
۳	۳	زیاد	۴	۳۰-۶۰	۴
۴، ۵، ۶	۴، ۵، ۶			۶۰<	۵
Pourmohammadi, & Karami, 2015:59		Karimi Kordabadi, & Najafi, 2015:29		Servati, & et al, 2010:29	
فاصله از مراکز درمانی(متر)	کد امتیاز حالت افزایشی	فاصله از مراکز حساس و خطرزا (متر)	کد امتیاز حالت کاهشی	فاصله از خطوط انتقال نیرو (متر)	کد امتیاز حالت کاهشی
۰-۵۰۰	۱	۰-۵۰۰	۱	۰-۳۰۰	۱
۵۰۰-۱۰۰۰	۲	۵۰۰-۱۰۰۰	۲	۳۰۰-۱۰۰۰	۲
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۳	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۳	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۳
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۴	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۴	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۴
۲۰۰۰<	۵	۲۰۰۰<	۵	۳۰۰۰<	۵
Foroughi & et al, 2011:185		PourMohammadi & Mosayebzadeh, 2008:134		Ghorbani & et al, 2013:8	
دسترسی به شبکه خیابانها(درصد)	کد امتیاز حالت کاهشی	قابلیت جابجایی در شرایط بحرانی(مقدار)	کد امتیاز حالت افزایشی	سازند زمین شناسی (درجه سختی سنگ)	کد امتیاز حالت افزایشی
۰-۵	۱	خیلی کم	۱	پادگانه های جوان و پشتهای آبرفتی	۱
۱۰-۲۰	۲	کم	۲	گنگلومرای نیمه سخت بهمراه لایه هایی از ماسه سنگ ، پومیس و سنگهای آذرآوری	۲
۲۰-۳۰	۳	متوسط	۳	نهشته های دانه ریز آوری و توف با لایه های دیاتومه و ماهی	۳
۳۰-۳۴	۴	زیاد	۴		
Mahdavinejad & Javanrudi, 2012:19		Hajizadeh, 2015:46		Vafaian, 1992:30	

برای اجرای مدل، لایه‌های ذکر شده در شکل شماره ۲ بعد از رقومی‌سازی و تشکیل بانک اطلاعاتی، بر اساس استانداردهای موجود و حالت افزایشی و کاهشی بودن نسبت به هدف تحقیق با ساختار Integer در محیط ArcGIS وارد و استانداردسازی گردید که در نقشه‌های شکل شماره ۲ به نمایش درآمده اند. (شکل شماره ۲).



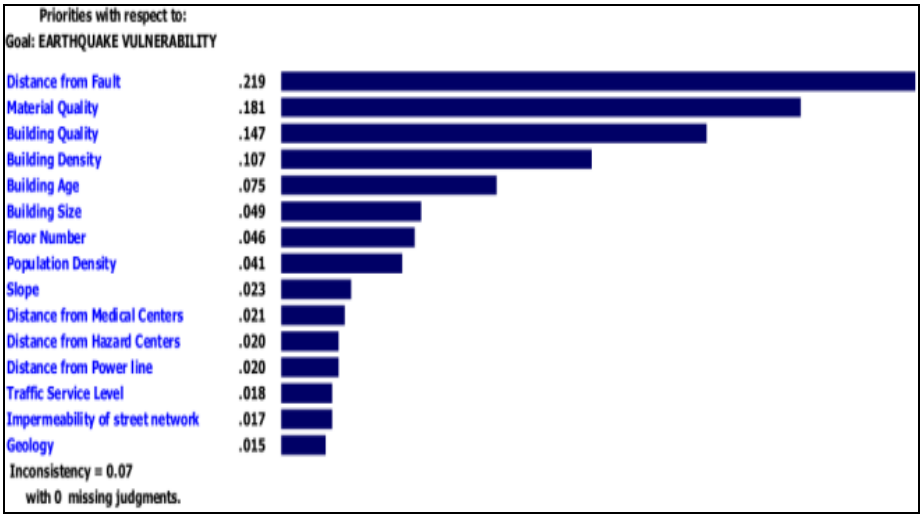


شکل ۲. مجموعه لایه های اطلاعاتی استاندارد شده برای پهنه بندی آسیب پذیری

جهت تکمیل فرآیند مدل، لایه های ذکر شده در شکل شماره ۲ بعد از رقومی سازی و تشکیل بانک اطلاعاتی، بر اساس استانداردهای موجود و حالت افزایشی و کاهشی بودن نسبت به هدف تحقیق با ساختار Integer در محیط ArcGIS وارد شد و استاندارد سازی گردید که در نقشه های شکل شماره ۲ به نمایش درآمده‌اند. (شکل شماره ۲). پس از تعیین کردن ضوابط لایه ها، محاسبات مربوط به مدل تاپسیس و سا در محیط نرم افزار ArcGIS تعریف شد.

سپس با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی درجه اهمیت لایه‌های یا وزن‌های مربوطه با تعریف ماتریس مقایسه دوتایی در محیط نرم افزار Export Choice و تعیین ارجحیت لایه‌ها نسبت به یکدیگر، وزن نهایی هر لایه با دوتایی در محیط نرم افزار Export Choice و تعیین ارجحیت لایه‌ها نسبت به یکدیگر، وزن نهایی هر لایه با ضریب ناپایداری ۰/۰۷ بدست آمد که با توجه به کمتر بودن آن از ۰/۱ برای ترسیم نقشه های آسیب‌پذیری بر روی لایه‌ها اعمال گردید. (شکل شماره ۳).

با توجه به قابل قبول بودن ضریب CR با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10 نقشه پهنه‌بندی میزان خطر زلزله در شهرداری منطقه۲تبریز استخراج گردید (شکل شماره ۵).



شکل ۳. وزن نهایی و ضریب ناپایداری در محیط نرم افزار Export Choice

نتیجه گیری

همان‌گونه که در نقشه نهایی نیز پیداست بر اساس مدل نهایی TOPSIS_SAW، از کل مساحت ۲۱۰۴/۸۳ هکتاری منطقه ۲ حدود ۷۲۹/۶۱ هکتار در مناطق با آسیب‌پذیری خیلی کم تا کم در قسمت‌های جنوبی، ۳۵۰/۰۸ هکتار در مناطق با آسیب‌پذیری متوسط در قسمت‌های مرکزی و ۱۰۲۵/۱۴ هکتار با آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی زیاد در قسمت‌های شمالی و شمال غربی منطقه واقع می‌باشند. (شکل شماره ۴ و جدول شماره ۳).

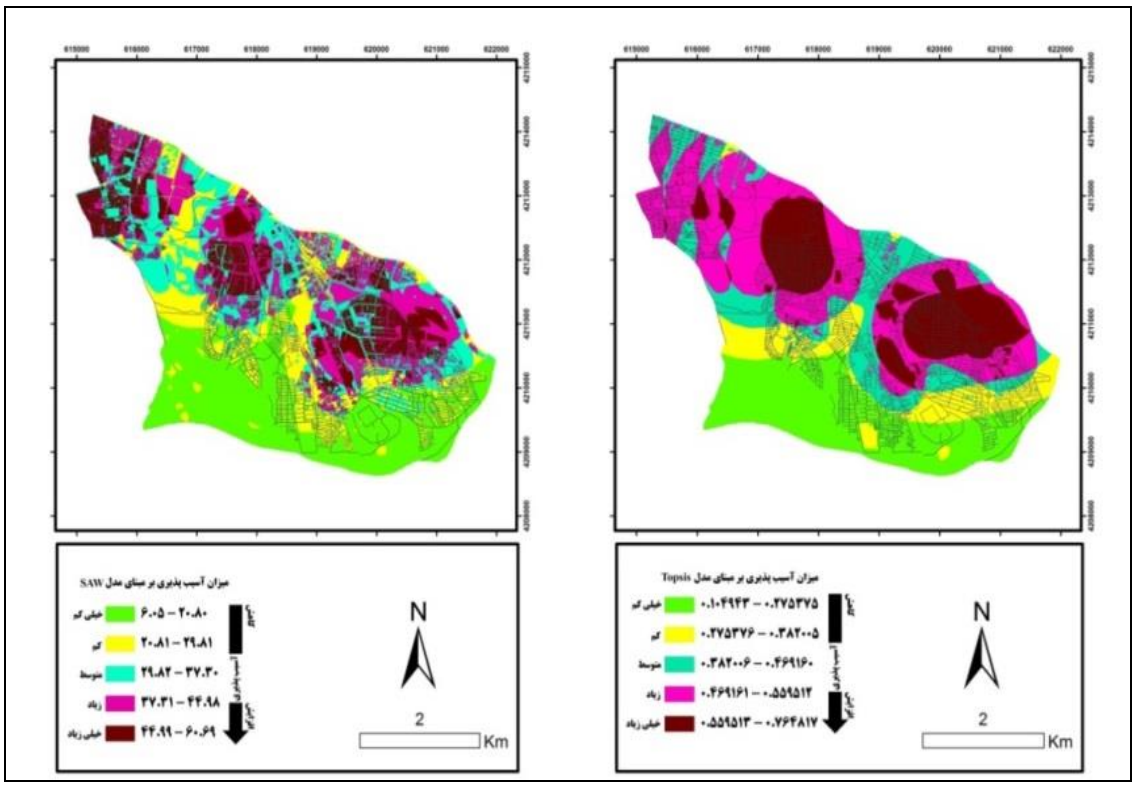
جدول ۳. مساحت کلاس کاربری اراضی شهرداری منطقه۲تبریز در پهنه‌های خطر

پهنه خطر اراضی / کاربری	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
پذیرایی و جهانگردی	۱/۳۵	۲/۰۷	۱/۸	۰/۶۳	۰
گورستان	۰/۱۸	۰	۰	۰	۰
آموزشی	۰	۸/۷۳	۲۳/۶۷	۲۰/۱۶	۱۷/۱
اداری	۰/۵۴	۰	۵/۲۲	۹/۵۴	۱۴/۹۴
اراضی کشاورزی	۴۸/۷۸	۰/۰۹	۱/۸	۰/۹	۰
اراضی بایر	۲۷۱/۰۸	۱۰۲/۲۴	۱۰۲/۲۴	۶۷/۶۸	۱۸/۲۷
باغات	۵/۶۷	۶/۷۵	۲۰/۹۷	۲/۷۹	۰/۶۳
تاسیسات و تجهیزات شهری	۸/۷۳	۱۱/۳۴	۲/۷	۲/۷۹	۱/۱۷
تجاری	۰/۰۹	۱/۰۸	۲/۱۶	۳/۷۸	۲/۴۳
شبکه حمل و نقل و پایانه مسافرتی	۱۲۹/۹۶	۹۸/۰۱	۱۶۰/۲۹	۵۶/۵۲	۵/۱۳
خدماتی	۰	۰/۴۵	۰/۵۴	۳/۷۸	۰/۶۳
درمانی	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۸	۹/۳۶	۱۰/۴۴
صنعتی و کارگاهی	۲/۸۸	۲/۵۲	۲/۴۳	۳/۹۶	۲/۹۷
فرهنگی	۰	۰/۰۹	۰/۲۷	۲/۳۴	۰/۹۹
فضای باز	۰	۳/۹۶	۰	۰	۰
فضای سبز	۱۱۸/۹۸	۲۱/۵۱	۱۹/۸۹	۷/۹۲	۰/۲۷
مخروبه	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۵۴	۰/۳۶	۰
مذهبی	۰	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۵۴

مسکونی	۱۶/۰۲	۷۴/۷۹	۷۲/۳۶	۱۸۲/۳۴	۲۱۷/۸۹
مسکونی– تجاری	۰	۰	۰/۵۴	۰/۸۱	۰/۲۷
نظامی و انتظامی	۰	۳۱/۱۴	۳۵/۶۴	۱/۲۶	۰/۵۴
ورزشی	۰/۳۶	۰/۰۹	۶/۳۹	۳/۱۵	۰

بررسی انطباقی تک تک متغیرها نسبت به نقشه نهایی پهنه‌بندی میزان خطر زلزله نشان می‌دهد موقعیت نسبی پهنه‌های خطر در هر ۲ نقشه نهایی پهنه بندی از موقعیت نسبتاً یکسانی برخوردار است و با توجه به ماهیت عملکردی۲ مدل به نظر می رسد از مدل تاپسیس جهت دریافت دیدی سریع از وضعیت آسیب‌پذیری منطقه و از نتایج مدل سا برای اولویت بندی اقدامات در خصوص اقدامات مقاوم سازی، اسکان موقت و انتقال کاربری و تاسیسات حساس تصمیم‌گیری نمود.

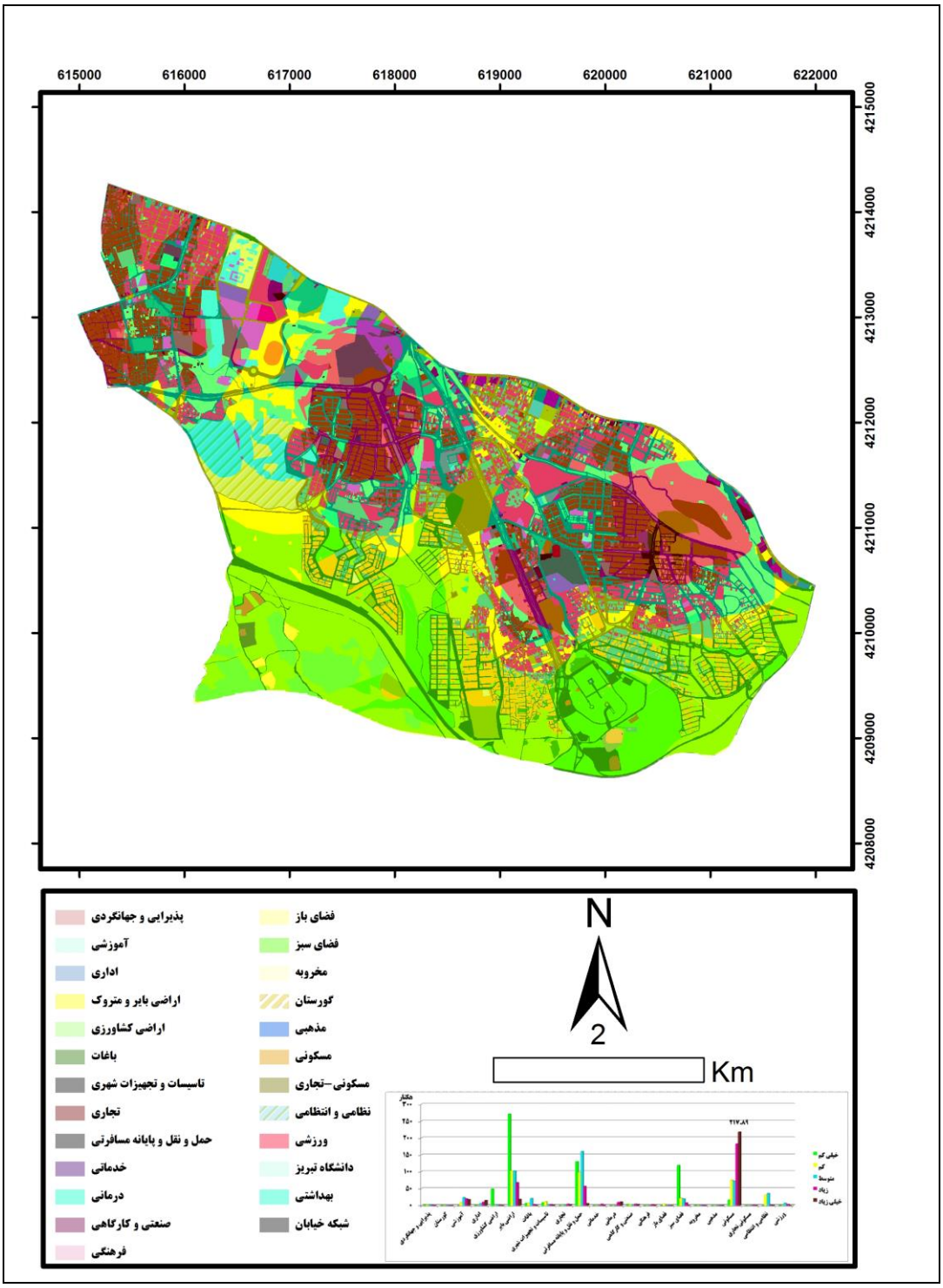
برای پی بردن به وضعیت نسبت قرار گیری کاربری اراضی به پهنه‌های خطر محاسبه شده، با هم‌پوشانی نقشه ریز کاربری اراضی منطقه۲ شهرداری تبریز با نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله به روش سا مشخص شد ۴۰۰ هکتار از کاربری مسکونی در پهنه خطر زیاد تا خیلی‌زیاد قرار گرفته که عدم توجه به راهکارهای کاهش خطر زلزله به دلیل تراکم جمعیتی و ساختمانی بالا میزان تلفات بالای جانی را در زلزله‌های احتمالی به دنبال خواهد داشت در سال‌های اخیر رشد شتابان شهرنشینی و گسترش شهرها در جهات مختلف که معمولاً بدون در نظر گرفتن اصول علم شهرسازی بوده و ملاحظات مخاطرات بوده، باعث بوجود آمدن خسارات مادی و معنوی و اتلاف سرمایه گذاری‌ها شده است.



شکل ٤. مقایسه نقشه نهایی درجه بندی میزان آسیب‌پذیری بر مبنای مدل TOPSIS و SAW در شهرداری منطقه۲

شهرداری منطقه ۲ تبریز در یکی از حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین مناطق دهگانه شهرداری تبریز به علت مجاورت با گسله تبریز با تراکم بالای جمعیتی واقع شده و ۱۴۳ هزار نفر جمعیت و طیف گسترده ای از مراکز خدماتی و صنعتی را در خود جای داده است که شناخت کیفیت و کمیت استقرار کاربری‌های مختلف در پهنه‌های مختلف خطر امری ضروری می‌باشد. بر اساس مدل نهایی پهنه‌بندی خطر، از کل مساحت ۲۱۰۴/۸۳ هکتاری منطقه۲ حدود ۷۲۹/۶۱ هکتار در مناطق با آسیب‌پذیری خیلی‌کم تا کم در

قسمت‌های جنوبی، ۳۵۰/۰۸ هکتار در مناطق با آسیب‌پذیری متوسط در قسمت‌های مرکزی و ۱۰۲۵/۱۴ هکتار با آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی‌زیاد در قسمت‌های شمالی و شمال‌غربی قرار گرفته است.



شکل ۵. هم‌پوشانی نقشه کاربری اراضی منطقه۲شهرداری تبریز با نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله

هم‌پوشانی نقشه کاربری اراضی با نقشه پهنه بندی خطر، ۴۰۰ هکتار از کاربری مسکونی را در این کلاس خطر مشخص می‌نماید بنابراین برنامه‌ریزی برای مکانیابی اماکن اسکان موقت، مقاوم‌سازی ساخت و سازها در طول زمان و اصلاح موقعیت استقرار کاربری‌های حساس نسبت به سایر کاربری‌ها بر اساس نقشه نهایی تحقیق بایستی انجام شود. با تدوین استراتژی‌های مناسب توسعه، نظارت در صدور تراکم‌های ساختمانی، هدایت مراکز سکونت و فعالیت به سوی اراضی حاشیه‌ای و امن مشخص شده در نقشه پهنه‌بندی می توان از تراکم کاربری‌ها در اراضی پرخطر کاست و ضمن حفاظت از محیط زیست شهر از منابع موجود به نحو مطلوب‌تری استفاده کرد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از گزارش نهایی طرح پژوهشی «کاربرد تلفیقی مدل چند متغیره TOPSIS/SAW در پهنه بندی میزان خطر زلزله در شهرداری منطقه ۲ تبریز» می‌باشد که از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تبریز اجرا گردیده و بدین وسیله نویسنده مراتب قدردانی خود را از مدیریت امور پژوهشی دانشگاه تبریز اعلام می دارند.

References

Amirahamdi, A., & Abbariki, Z. (2014). Sub Zoning of Earthquake Risk in Sabzevar City Using GIS. *Geography and Development Iranian Journal, 12*(35), 133-152. *(in Persian)*

Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications, 39*(17), 13051-13069.

Bitelli, G., Camassi, R., Gusella, L., & Mognol, A. (2004). Image change detection on urban area: the earthquake case. *In XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey,7*(12), 1-692.

Chu, J., & Su, Y. (2012). The application of TOPSIS method in selecting fixed seismic shelter for evacuation in cities. *Systems Engineering Procedia, 3*, 391-397.

Dymova, L., Sevastjanov, P., & Tikhonenko, A. (2013). A direct interval extension of TOPSIS method. *Expert Systems with Applications, 40*(12), 4841-4847.

Ebrahimzadeh, I., & Kashefi, D. (2015). Crisis management and optimum placement of temporary residence stations by using fuzzy logic and network analysis model (ANP): piranshahr city. *Geography and Environmental Hazards, 3*(12), 85-104. *(in Persian)*

Farajzadeh, M., & Basirat, F. (2006). Zoning of sensitization geological structures against earthquake forces in Shiraz region using GIS. *Geographical Research Quarterly,55*, 59-72. *(in Persian)*

Foroughi, S., Ahadinejad Roshti, M., & Moradi, B. (2011). *Assessing the vulnerability of cities against earthquakes in terms of distance from critical land uses using GIS Case study: deteriorated texture of Zanjan city*. The first National Conference on Earthquake and Risk Management with Vulnerability Approach for Vital Structures and Arteries

, Tehran, Ministry of Interior, Crisis Management Organization.

Ghanbari, A., Salaki Maleki, M.A., Ghasemi, M. (2008). Zoning of Cities Level against Vulnerability to Earthquake Danger (Case Study: Tabriz City). *Geography and Environmental Hazards, 5*, 21-35. *(in Persian)*

Ghorbani, R., Mahmoodzadeh, H., & Taghipour, A.A. (2013). Lands Suitability Analysis for Urban Development in the Metropolitan Area of Tabriz; Using Analytical Hierarchy Process (AHP). *Geography and Territorial Spatial Arrangement, 3*(8), 1-14. *(in Persian)*

Habibi, K., Poorahmad, A., Meshkini, A., Asgari, A., & Nazari Adli, S. (2008). Determining the effective structural/building factors in the vulnerability of Zanjan's old urban texture using FUZZY LOGIC & GIS, Journal of Beautiful Arts, 33(33), 27-36. *(in Persian)*

Hajizadeh, A. (2015). *Application of GIS in determining the location pattern of educational spaces in Tabriz District 4 in primary school in terms of natural hazards (floods and earthquakes).* MSc thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran. *(in Persian)*

Hayaty, M., Mohammadi, M. T., Rezaei, A., & Shayestehfar, M. R. (2014). Risk assessment and ranking of metals using FDAHP and TOPSIS. *Groundwater and the Environment*, *33*(2), 157-164.

Khatsü, P. (2005). *Urban Multi-Hazard Risk Analysis Using GIS and Remote Sensing: A Case Study of a Part of Kohima Town*, India.

Karam, A.A. (2005). Analysis of land suitability for physical development in northwestern axis of Shiraz using multi-criteria evaluation (MCE) approach in the environment of Geographic Information System (GIS). *Geographical Research Quarterly, 37*(54), 93-106. *(in Persian)*

Karimi Kordabadi, M., & Najafi, I. (2015). Earthquake risk assessment using AHP-FUZZY hybrid model in urban security improvement (Case study: Tehran metropolitan area one). *Journal of Research and Urban Planning, 6*(20), 17-34. *(in Persian)*

Karami. M.R. (2012). *Earthquake risk assessment and vulnerability of cities using geographic information systems. Case Study: Tabriz City.* Ph.D. dissertation, Tabriz University, Tabriz, Iran. *(in Persian)*

Mahdavinejad, M.J., & Javanrudi, K. (2012). Assessment of Reducing Earthquake Damage in Transportation Networks of Tehran Case Study: The Northern Vali-Asr Street. *Journal of Emergency Management, 1*(1), 13-21. *(in Persian)*

Maleki, S., Moddat, E., & Firoozi, M.A.(2015). Social vulnerability assessment and ranking of cities in earthquake TOPSIS Model and GIS(A case study City of Yazd). *The Journal of Spatial Planning, 18*(3), 99-12. *(in Persian)*

Momeni, M. (2008). *Research new topics in operations.* Tehran University Press, Second Edition. *(in Persian)*

Pourmohammadi, M.R., & Mosayebzadeh, A. (2008). The Vulnerability of Iranian Cities Against Earthquake and the Role of Neighborhood Participation in Providing Assistance for Them. *Geography and Development Iranian Journal, 6*(12), 117-144. *(in Persian)*

Pourmohammadi, M.R., & Karami, M.R. (2015). Integration of Kernel model (KDE) and AHP Model in order to Evaluate the Earthquake Risk in Urban Squatter and Timeworn Textures by Geographic Information System (GIS) A Case Study in Tabriz (municipal areas No. 1 and 5). *Journal of Geography and Planning, 18*(50), 55-88. *(in Persian)*

Servati, M.R., Khezri, S., & Rahmani, T. (2010). Natural Restrictions Evaluation of the Physical Development of Sanandaj City. *Physical Geography Research Quarterly, 41*(67), 13-29. *(in Persian)*

Shieh, E., habibi, K., & Torabi, K. (2010), Investigating of Urban Streets Network Vulnerability Against Earthquake, Using of IHWP & GIS; the Case STUDY : the 6TH Zone of Tehran. *Bach-E Nazar, 7*(13), 35-48. *(in Persian)*

Shih, H. S., Shyur, H. J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and computer modelling, 45*(7-8), 801-813.

Vafaian, M. (1992). *Rock mechanics*. University of Science and Technology Publications. *(in Persian)*

Zangi Abadi, A., & Tabrizi, N. (2006). Tehran earthquake and spatial vulnerability assessment of urban regions. *Geographical Research Quarterly, 56*, 115-130. *(in Persian)*

How to cite this article:
Mahmoudzadeh, H. (2020). Spatial analysis of earthquake risk vulnerabilities using combined multivariate models. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, *14*(4), 967-981.
http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_672115.html

Spatial Analysis of Earthquake risk Vulnerabilities Using Combined Multivariate Models

Hassan Mahmoudzadeh*
Associate Professor, Dep. of Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 31 October 2017 **Accepted:** 15 July 2018

EXTENDED ABSTRACT

Introduction
During the development of human civilization, man has always been involved with a variety of natural disasters and in many cases irreparable damage caused by these disasters on human society entered. Urban expansion, urbanization and increasing the number of areas and densely populated areas, increasing the load on the environment make necessary Zoning of the earthquake to assess the potential of damage. Due to the nature of the earthquake and the need to take quick and correct decisions for unexpected phenomena, we need the knowledge as a risk assessment during in now, before, after an earthquake, to mitigate the effects of the accident and reduce its vulnerability. Applying the principles of urban planning, such as form, texture and structure of the area, urban networks and infrastructure, geological structure and etc can greatly reduce the effects and consequences of earthquakes. This study investigates the role of risk assessment of earthquake in Region Two of Municipality of Tabriz using TOPSIS and SAW model in GIS Environment. The necessity of this research are: Close proximity to the fault of Tabriz in the Region two of the Municipality of Tabriz, Indiscriminate construction with high densities, insufficient attention to issues of natural and tectonic situation, mistake Construction regarding the form and shape of the city in the northern region, Lack of attention to the correct location of land use and the natural limitations of the study area. Region Two of Municipality of Tabriz as one of the ten largest metropolitan areas in North West of Iran with an area of about 2104 hectares lies at the geographical location of 46 18 to 46 23 East and 38 2 to 38 4 North in the southern city of Tabriz.

Methodology
For assessment and zoning of the earthquake in Region Two of Municipality of Tabriz, Distance from fault, material quality, construction quality, building density, building age, building blocks size, number of floors, population density, slope, distance from medical facilities, distance from dangerous and sensitive centers, distance from power line, accessibility to roads network, Movability in critical condition, and geological structure variables have been used. For preparation of database layers ArcGIS10 software with TOPSIS and SAW was used. Criterion of optimality is calculated according to method of Simple Additive Weighting (SAW). SAW method is best known and one of the simplest and widely used. Reference data are solution matrix and known significance quantity. Solution matrix cannot have non-numerical values. Besides, there must be defined criteria importance values (at least defined as equal sized). TOPSIS defines a “similarity index” (relative closeness) by combining the proximity to the positive-ideal solution and the remoteness of the negative-ideal solution. In this case “similarity index” would be KBIT. The chosen alternative should have the shortest distance from the positive-ideal solution and the longest distance from the negative-ideal solution. The criterion may be ordinal or cardinal. If criterion are ordinal (subjective), they must be quantified (equated to integer values).

* Corresponding Author
Email: hassan.mahmoudzadeh@gmail.com

Results and Discussion

Based on the TOPSIS and SAW, from the total area of 2104.83 hectares, about 729.61 hectares of vulnerability in areas with very low to low in the southern parts, 350.08 hectares in the vulnerabilities average in the center and 1025.14 hectares of vulnerability high to Very high in the northern and northwestern parts of the Region two. Overlaying of each variable to the earthquake hazard zoning map shows the relative position of danger zones in both the final map of the location is relatively equal. With regard to the nature of the two models appear TOPSIS model to get a quick view of the vulnerability of the area and the results of the SAW model to make decision about prioritization on retrofit actions, temporary housing and handling sensitive land uses. Overlap region two land use map with earthquake hazard zonation map was determined by SAW, 400 hectares of residential land use in high to very high risk zone that has been the lack of attention to earthquake risk reduction strategies for building and high population density.

Conclusion

In recent years, rapid growth of urbanization and urban sprawl in different directions, usually without regard to principles of urban planning and risk considerations, caused material and moral damages and loss of investment in the government. Region Two of Municipality of Tabriz located in the one of the most sensitive and vulnerable area because proximity to the fault of Tabriz with high density of population and 143 thousand people and a wide range of industrial and service centers in place that recognize establishment of quality and quantity in different zones of risk is necessary. In this study, the ability of multi-criteria decision analysis method with TOPSIS and SAW model to identify the risk and distribution of the land use for solving complex problems Revealed. The development of appropriate strategies, monitor the issuance of building density, conductivity residence and activity center on marginal lands can be reduced from accumulation land uses in high risk areas and lead to environmental protection and optimal use of existing resources in the city.

Keywords: Zoning, vulnerability, earthquakes, TOPSIS and SAW Model, District 2 Tabriz