فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱۲، شماره ۴ (پیاپی ۴۱)، زمستان ۱۳۹۶
شاپای چاپی ۵۹۶۸- ۲۵۳۵ شاپای الکترونیکی ۵۹۵X- ۲۵۳۸
http://jshsp.iaurasht.ac.ir
صص.۸۷۳-۸۵۷

ارزیابی متغیرهای کالبدی آسیب پذیری لرزه ای بناهای شهری با استفاده از مدل TOPSIS (مطالعه موردی: ناحیه منفصل شهری بابابریز سنندج)

کتایون بهزاد افشار* – استادیارگروه فیزیک، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
پرویز اکبری – دانشجوی دکتری شهرسازی، گروه شهرسازی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۶/۰۹/۱۸

چکیده

وقوع زلزله باعث خسارت های زیادی به بناهای شهری شده که ناشی از عدم توجه به شناخت عوامل اساسی در آسیب پذیری در برابر زلزله می باشد، از اینرو لازم است که به بررسی و تحلیل متغیرهای تأثیر گذار کالبدی در آسیب پذیری لرزه ای پرداخته و نقش هر کدام را در جهت کاهش آسیب پذیری مشخص نمود. هدف این مقاله مطالعه اصولی و مشخص کردن و شناسایی نقاط آسیب پذیر در برابر خطر زلزله در ناحیه با توجه به معیارهای سازه ای مانند (نوع سازه و مصالح، کیفیت ،قدمت و عمر ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، کاربری زمین، معابر)، است تا آسیب ناشی از زلزله در ناحیه منفصل شهری بابا ریز سنندج را کاهش داده و فراهم آوردن امکان برنامه ریزی درست بوده است. روش تحقیق، توصیفی- تحلیلی و موردی است. تکنیک گردآوری آمار و اطلاعات، با استفاده از روش ها اسنادی می باشد. و از مدلTOPSIS، نرم افزارهای GIS و Excel برای جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. بیشترین آسیب پذیری به ترتیب در ناحیه ۲، ۴،۳ می باشد و ناحیه ۱ از کمترین آسیب پذیری برخوردار است. بطورکلی می توان گفت، شمال غربی شهر و بافت مرکزی شهر جزء نواحی پرخطر و نواحی شرقی جز نواحی کم خطر در زمان وقوع زلزله می باشند. با توجه به متغیرهای کالبدی (سازه ای)، بیشترین احتمال آسیب پذیری کالبدی موثر را به ترتیب معابر، سازه و مصالح، تعداد طبقات ساختمانی را در آسیب پذیری از زلزله خواهند داشت، و کمترین نقش را کیفیت و عمر ساختمان و کاربری زمین خواهند بود.

واژه‌گان کلیدی: آسیب پذیری لرزه ای، بناهای شهری،کالبدی ، مدل TOPSIS، شهر سنندج

نحوه استناد به مقاله:
بهزاد افشار، کتایون، اکبری، پرویز. (۱۳۹۶). ارزیابی متغیرهای کالبدی آسیب پذیری لرزه ای بناهای شهری با استفاده از مدل TOPSIS (مطالعه موردی: ناحیه منفصل شهری بابابریز سنندج) . *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۲(۴)، ۸۵۷-۸۷۳.
http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_538280.html

* نویسنده مسئول: Email: katayoun.behzadafshar@iausr.ac.ir

مقدمه

علی رغم اینکه مسئله آسیب پذیری بناهای شهری کشور در برابر زلزله، موضوع جدیدی نیست، اما کم توجهی و فقدان وجود برنامه‌های جامع در زمینه ایمن سازی آن‌ها باعث شده هنگام بروز سوانح، بناهای زیادی تخریب و به شهرها صدمات جبران ناپذیری وارد گردد. از نگاه کلی، اقدامات در زمینه کاهش آسیب پذیری کالبدی بناها می‌بایست در دو بخش نرم‌افزاری (مدیریتی- ایمن سازی) و سخت افزاری (مهندسی- مقاوم سازی)، در قالب دیدی کل نگر و یکپارچه انجام پذیرند. این مقاله فرآیندی را معرفی نماید که طی آن با ارزیابی دقیق آسیب پذیری کالبدی لرزه‌ای بناهای شهری، سطوح مداخله کالبدی به صورت روشمند برای بناها انجام پذیرد. با وجود چنین فرآیندی از هدر رفت منابع و امکانات، جابه جایی بی مورد سکونتگاه‌ها و اتخاذ تصمیمات آنی و غیر روش مند جلوگیری به عمل آمده و ابهامات در زمینه تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در خصوص آینده شهر نیز برطرف می‌شود. دراین راستا، مقاله پیش رو در پی پاسخ دادن به سوال‌های زیراست:

- آسیب پذیری لرزه‌ای کالبدی ناحیه منفصل شهری باباریز سنندج در برابر زلزله احتمالی در کدام محلات است؟
- کدام یک از متغیرهای کالبدی (سازه‌ای) بیشترین احتمال آسیب پذیری را دارند؟

معیارهایی چون دوری و نزدیکی به گسل، شتاب افقی زمین، تعداد طبقات، دانه بندی قطعات، دوری و نزدیکی به مراکز درمانی، عمق سطح ایستابی، تراکم ساختمانی بنا، میرزان محصوریت معابر، قدمت ابنیه، فاصله از مراکز و تاسیسات خطرزا، عرض گذرگاه، دوری و نزدیکی به فضاهای بی‌کالبد، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، مصالح ابنیه و هم واری کاربری‌ها درکاهش یا افزایش آسیب‌ها و خسارت‌های ناشی از شدت زلزله تاثیر به سزایی دارند (Akashesh,1383: 495). به همین دلیل هدف این مقاله مطالعه اصولی و مشخص کردن و شناسایی نقاط آسیب پذیر در برابر خطر زلزله در منطقه با توجه به معیارهای سازه‌ای مانند (نوع سازه و مصالح، کیفیت، قدمت و عمر ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، کاربری زمین، معابر)، است تا آسیب ناشی از زلزله در منطقه منفصل شهری بابا ریز سنندج را کاهش داده و امکان برنامه‌ریزی درست را فراهم آورد.

مفاهیم و تعاریف آسیب پذیری از نظر تعداد بی شمار و از نظر لغوی متفاوت‌ند ولی درساده ترین حالت و پرکاربردترین حالت به معنای، درجه زیان حاصل شده از یک پدیده بالقوه آسیب رسان به کار رفته است. و امروزه این توصیف از آسیب پذیری، مفهومی محدود، فنی و آسیب پذیری عبارت است از میزانی کوتاه تر عمده فیزیکی از آن می‌باشد (Smith, 2013: 16). مهم ترین عواملی که در هنگام بروز زلزله منجر به بروز بحران می‌شود، آسیب پذیری کالبدی شهر می‌باشد (Server,1395: 89). آسیب پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسارت پیش بینی شده برای هر عنصر در معرض خطرات مصیبت بار، با شدت معین، گفته می‌شود. تحلیل آسیب پذیری فرآیند برآورد آسیب پذیری عناصر طبیعی معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع خطرات مصیبت بار هستند (Fischer& Scharnberger,1996: 8). به تعریف دیگر، آسیب پذیری عبارت است، از میزانی از خسارت به یک عنصر معین در معرض خطر یا مجموعه‌ای از چنین عناصری که در اثر وقوع یک عامل خطرآفرین ناشی می‌شود. آسیب پذیری پدیده‌ای ایستا نیست، بلکه به عنوان یک فرآیند پویای جامعی درنظر گرفته می‌شود؛ که احتمال ضرر و زیان عوامل فوق را تغییر می‌دهد و بر آن‌ها اثر می‌گذارد (Okay, 2005: 67). ارزیابی خطرپذیری لرزه‌ای با اطلاعات مربوط به چهار عنصر که عبارت‌اند از: عنصر اول؛ خطرات لرزه‌ای و اصلی (مانند شکست گسل یا ارتعاشات زمین) یا خطرات ثانویه (مانند سیل، روان ارایی، زمین لغزش) و نهایتاً خطرات متعاقب (مانند سیل و..) تقسیم بندی کرد. عنصر دوم: یعنی در معرض خطر بودن، ترکیبی از کلیه سازه‌ها و محتویات آن‌ها، وقفه در مشاغل، تعداد افراد می‌باشد. عنصر سوم، یعنی مکان؛ میزان در خطر بودن را نسبت به سرمنشا و نوع خطر مشخص می‌کند. عنصر چهارم، یعنی آسیب پذیری؛ به صورت میزان خسارت‌های وارد آمده به یک عنصر در معرض خطر یا به مجموعه‌ای از چندین عناصر که از یک زمین لرزه با بزرگی و شدت مشخص نتیجه می‌گردد، تعریف می‌شود (Wise,1387: 11-17). با توجه به وضعیت لرزه خیز بودن ایران و آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، امروزه یکی از رویکردهای مورد توجه برنامه‌ریزان شهری در برخورد با این پدیده، پرداختن به مسأله ایمن سازی شهرها و انجام اقدامات پیشگیرانه به منظور کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله می‌باشد (Ghade rahmati et al,1390: 2). همچنین ارزیابی آسیب پذیری کالبدی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود در مناطق شهری قبل از وقوع زلزله درکاهش خطر ومدیریت با برنامه‌ریزی کمک خواهد نمود (Ghade rahmati et al, 1392: 85) با توجه به گسل‌های فراوان و پر خطر که توسط داده‌های رقومی ماهواره‌ای در منطقه سنندج شناسایی گردیده (Safari et al,1393: 265). همچنین ساخت سکونتگاه‌هایی با کم‌ترین اصول شهرسازی

سازه‌ایی، تراکم بالای جمعیت در بافت فرسوده شهری، افزایش بی رویه جمعیت و رشد شهر، تجربه‌های تلخ ناشی از زلزله در دهه اخیر و ضرورت و اهمیت این پژوهش را نشان می‌دهد. امید است بتوان با ارائه راهکارهای مناسب در جهت کاهش آسیب پذیری مساکن شهری قدم برداشت.

زلزله پدیده‌ای طبیعی است که رخداد آن به خودی خود، الزاماً نتایج نامطلوب و ناگواری در پی ندارد ؛ بلکه آنچه سبب آسیب و اطلاق واژۀ بلا به آن است، خسارات وارده و پیامدهای زیان بار ناشی از عدم آمادگی برای مقابله و رویارویی با این پدیدۀ طبیعی است. ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و قرار گرفتن روی کمربند آلپ هیمالیا، یکی از کشورهای لرزه خیز جهان به شمار می رود (Jahangiri,1385: 155-156). زلزله، عاملی طبیعی است که اثرات بلند مدت اجتماعی و اقتصادی بر محیط پیرامون خود می‌گذارد. ماهیت پیچیده و متغیر این تاثیرات را می‌توان به ماهیت متغیر توزیع خطر (به ویژه شدت لرزش)، تعداد جمعیت در معرض خطر، آسیب پذیری محیط مصنوع و میزان مقاومت جوامع نسبت داد (Wald et al, 2011: 125). بیشتر خسارت فیزیکی و اقتصادی چنین حوادثی نبود برنامه‌ریزی و ضعف در استانداردهای ساختمانی و زیرساخت‌ها است (Linares & Alexander, 2012: 1). اکثر سازه‌های احداث شده در ایران از جمله منطقه ناحیه منفصل شهری باباریز سنندج به علت مسایلی از قبیل طراحی بر اساس آیین نامه‌های قدیمی که مفاهیم لرزه‌ای درآن‌ها به صورت امروزی درک نشده بود، تغییر در کاربری ساختمان، اضافه نمودن طبقات جدید به ساختمان‌های موجود، مصالح نامرغوب، عدم وجود تکنسین‌های متخصص، عدم نظارت صحیح، عدم امکان دسترسی به مدارک فنی یا عدم اطلاعات کافی از برخی عوامل طبیعی مثل خوردگی، در مقابل بارهای اعمالی به ویژه زلزله ضعیف و آسیب پذیر می‌باشند. به دلیل شرایط آب‌وهوایی حاکم برمنطقه، سازه‌های آن و بخصوص سازه‌های فولادی و بتن مسلح آن زودتر ازمناطق دیگر آسیب می‌بینند که این امر شرایط آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهری را بحرانی‌تر می‌سازد. زلزله همواره تأثیر مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی گذاشته و هزینه‌های هنگفتی را بر جامعه انسانی وارد ساخته است (Pour mohammadi & Mosayeb zadeh, 2009: 122).

تجربه زلزله‌های اخیر نشان داده که بخش عمده‌ای از آسیب‌های ناشی از زلزله می‌تواند به دلیل عدم رعایت اصول و ضوابط شهرسازی باشد که خود متأثر از عدم تخمین صحیح از آسیب پذیری شهرها در اثر وقوع زمین زلزله احتمالی است (Azizi & Akbari,1387: 26). به عبارتی دیگر آنچه موجب افزایش تلفات در زلزله می‌شود، زلزله نبوده بلکه ساختمان‌های غیر مقاوم یا کم مقاومتی است که دراثر غفلت و عدم احساس مسئوولیت در انجام وظایف توسط دست اندرکاران ساخت و سازها اعم از قانون گذاران، تدوین کنندگان آیین نامه‌های لرزه‌ای و ضوابط شهری و شهرسازی، طراحان در رابطه با آسیب پذیری کالبدی ابنیه و مالکان است (Ahad Nejad Rooshti et al,1389: 2).

آسیب پذیری پدیده‌ای ایستا نیست بلکه به عنوان یک فرآیند پویای جامعی در نظر گرفته می‌شود که احتمال ضرر و زیان عوامل فوق را تغییر می‌دهد و بر درجه زیان و ضرر حاصله: در واقع آسیب پذیری در زلزله، آن‌ها اثر می‌گذارد (Sotoudeh,1380:18). بنابراین، برآورد ریسک و ارزیابی آسیب پذیری لرزهای یک شهر نیز از موضوعات مهم و اساسی محسوب می‌شود. به عبارت دیگر، ریسک ترکیبی از خطر و آسیب پذیری است و از آنجا که آسیب پذیری ممکن است صورت‌های گوناگونی هم چون آسیب پذیری جانی، عملکردی، اجتماعی، مالی و یا ترکیبی از این موارد را به خود بگیرد، تخمین برآورد ریسک نیاز به رهیافتی جامع نگر دارد و لازم است تا در آن از روش، معیار و تخصص‌های گوناگونی استفاده گردد، تا بتوان کاهش خطرات، جلوگیری آسیب پذیری و مدیریت بحران در بلایا و خطرات طبیعی از جمله زلزله را مور مطالعه و بررسی قرار داد. همچنین به نوعی برقراری این ارتباط ها به مثابه ابزاری در کاهش آسیب پذیری شهرها و تهیه برنامه‌ها و تقلیل خسارت عمل می‌کند (Maleki,1392: 129). ساختار شهر از طرفی نمایانگر هماهنگی کالبد شهر با شرایط و عوامل طبیعی، اقتصادی، اجتماعی، اداری و نظامی است و از طرف دیگر گویای فعالیت‌های اصلی شهر می‌باشد. در نتیجه ساختار شهر از جوانب مختلف قابل بررسی است. ساختار کالبدی شهر تحت تاثیر ساختار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی آن است، ساختار کالبدی شهر، زمینه غالب فضاهای پر و خالیست که در واقع الگو را بوجود می‌آورد ومتأثر از عملکرد شهر می‌باشد. در ارتباط با آسیب پذیری لرزهای شهرها بررسی ساختار کالبدی بافت‌های شهری با تاکید بر تاثیرپذیری از زمین‌لرزه اهمیت ویژه‌ایی دارد (Soltani,1365: 45).

شاخص‌های ارزیابی آسیب پذیری:

۱. شاخص‌های سازه‌ای (کالبدی)

– شکل سازه
– نوع مصالح به کار رفته در سازه
– عمر سازه
– ضریب تشدید ارتعاش لرزهای سازه
– کیفیت ساخت و اجرای سازه
۲. شاخص‌های برنامه‌ریزی
– تراکم جمعیت
– شبکه‌های ارتباطی
– همجواری کاربری‌ها
– تاسیسات زیر بنایی
– بررسی میزان سازگاری زمین با کاربری آن (Jalil pour,1389: 51).

سن یا قدمت بنا در ارتباط با فرسودگی به لحاظ کالبدی است. هرچه عمر ساختمان‌ها بیشتر باشد، مقاومت ساختمان‌ها در برابر زلزله کاهش می‌یابد؛ بنابراین آسیب پذیری نیز بیشتر می‌شود (Graeme, 2005: 78). نوع مصالح بکار رفته در ساخت واحدهای مسکونی نشان دهنده آسیب پذیری آن‌ها در برابر زلزله می‌باشد. ساختمان‌ها از لحاظ مصالح استفاده شده به چهار دسته به شرح ذیل تقسیم بندی می‌شوند:

– ساختمان‌های مرکب: دارای اسکلت فلزی یا بتنی می‌باشند و بر اساس استانداردها و آیین نامه‌های لازم جهت بالا بردن مقاومت ساختمان‌ها در برابر زلزله ساخته شده‌اند.

– ساختمان‌های مسلح: این ساختمان‌ها دارای ویژگی‌های کاملاً مسلح است اما با استانداردهای جدید هنوز فاصله زیادی با ساختمان‌های مرکب دارند. مصالح بکار رفته در این دسته از ساختمان‌ها شامل آجر و آهن یا سنگ و آهن است.

– ساختمان‌های نیمه مسلح: این ساختمان مانند دسته قبلی هستند با این تفاوت که از عناصری برای مقاومت آن استفاده شده است. این ساختمان‌ها با مصالحی نظیر آجر یا سنگ و آجر، بلوک سیمانی، آجر و چوب، سنگ و چوب ساخته می‌شوند.

– ساختمان‌های غیرمسلح: از متداول ترین نوع ساختمان‌های آسیب پذیر ایران از نظر مصالح بکار رفته می‌باشند و خشتی یا خشت و سیمان می‌باشند (Mohammadi et al, 1389: 130).

با توجه به پژوهش‌های انجام گرفته درطرح کالبد ملی ایران توسط وزارت مسکن و شهر سازی، کشور ایران به پهنه‌هایی با خطر بسیار بالا، نسبتاً متوسط، نسبتاً پایین و پایین، تقسیم شده است. که به لحاظ جمعیتی ۵۰ درصد جمعیت شهر نشین کشور در پهنه هایی زندگی می‌کنند که دارای خطر نسبتاً بالا، بالا و بسیار بالا است. به عبارتی نقشه پهنه بندی خطر نسبی زلزله در ایران گویای آن است که بخش اعظم مناطق مسکونی کشور در محدوده خطر نسبتاً بالا و قریب به تمام سرزمین در محدوده خطر نسبتاً متوسط رو به بالا قرار دارد و تنها در محدوده کوچکی از کشور (آبادان، خرمشهر، بندر امام خمینی، ماهشهر و هویزه)، خطر نسبی زلزله پایین است (Kavab Consulting Engineers,1369: 52). روستایی (۱۳۹۰) خطر گسل تبریز برکاربری‌های مختلف اراضی شهری را پهنه بندی کرده است. در این پژوهش شهر تبریز به پهنه‌های با خطر بسیار بالا، بالا، نسبتاً بالا، متوسط، نسبتاً پایین و پایین تقسیم بندی شده است. شهابی (۱۳۹۰) خطر زمین لرزه را در استان کردستان با استفاده از روش تحلیل چند معیارهٔ فضایی بررسی کرده است. وی در این پژوهش با مدل تحلیل چند معیاره، رخداد زمین لرزه را در استان کردستان به تفکیک شهرستان پهنه بندی کرده است. فرجزاده اصل (۱۳۹۰) به ارزیابی آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله در منطقهٔ ۹ شهرداری تهران پرداخته است. این پژوهش با توجه به روش‌های مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی و با بهره گیری از مدل تاپسیس فازی و نرم افزارهای مبتنی بر رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است که نتایج حاصله حاکی از آسیب پذیر بودن منطقه ۹ تهران در برابر زلزله و کارایی مدل تاپسیس فازی در ارزیابی آسیب پذیری منطقهٔ مورد مطالعه است. شیعه (۱۳۸۹) آسیب پذیری منطقهٔ ۶ شهر تهران را در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله معکوس و نیز با در نظرگرفتن شاخص‌های درجه محصوریت، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، کاربری زمین، (GIS) و (IHWP) منطقه و کیفیت ابنیه بررسی کرد و برآوردی از میزان آسیب پذیری شهر تهران در مقابل زلزله ارائه (PGA) پیشینهٔ شتاب داد. شیعه به این نتیجه رسیده است که مناطق با تراکم جمعیت بالا، تراکم ساختمان بالا،

کیفیت ابنیهٔ پایین و فاصلهٔ زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر قطعه‌ها، امتیاز آسیب پذیری بالاتری دارند. احدنژاد (۱۳۸۹) به مدل سازی آسیب پذیری ساختمانی شهر زنجان در مقابل زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی پرداخته و با استفاده از این روش، به ارائهٔ سناریوهای زلزله در شدت های مختلف و ریز پهنه بندی آسیب‌های وارده به ساختمان‌ها و تلفات انسانی و خسارات اقتصادی وارده به شهر زنجان پرداخته است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که منطقهٔ ۳ شهر زنجان، به دلیل فرسودگی بافت و استفاده از مصالح کم دوام در ساخت وسازها، آسیب پذیری بالایی دارد. استفاده کرد و در مدل خود از اطلاعاتی مانند، توپوگرافی و GIS کاوا (۱۹۹۹) برای تهیهٔ یک نقشهٔ آسیب پذیری از محل گسل‌های منطقه، محل تأسیسات زیربنایی و پراکنش جمعیت برای مدل سازی آسیب پذیری استفاده کرد (Esfandeyari et al, 2012) و مدل سازی ضریب آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله را با استفاده از روش تاپسیس مدل سازی کردند. راشد و ویک (۲۰۰۳) میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله را با استفاده از روش سلسله مراتبی و نرم افزار GIS، مدل سازی کردند. راشد و ویک میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله را با استفاده از روش GIS و نرم افزار AHP مطالعه قرار دادند. مدل سازی کردند. آنیونیونی (۲۰۰۷) تأثیرات زلزله بر تأسیسات صنعتی را با استفاده از اطلاعات زلزله‌های پیشین بررسی و الگویی را ارائه کرده است. لانتادا، پوجدس و باربت (۲۰۰۹) در پژوهشی ضمن مدل سازی آسیب پذیری شهر بارسلون به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در شهر پرداختند. تانگ و ون (۲۰۰۹) با استفاده از هوش خطر زلزله را در شهر دیانگ چین ارزیابی کردند.

روش پژوهش

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی- تحلیلی است. تکنیک گردآوری آمار و اطلاعات، با استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای، استفاده از جداول آمارنامه‌ها، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ و طرح جامع شهر می‌باشد. از مدلTOPSIS، نرم‌افزارهای GIS و Excel و نیز برای جهت تجزیه وتحلیل اطلاعات استفاده شده است. مراحل انجام پژوه در زیر بیان شده است:

مرحله اول: ارائه شاخص‌ها و معیارهای کد بندی عوامل درونی و بیرونی تاثیر گذار در آسیب پذیری کالبدی (سازه‌ای) برای مشخص کردن محلات آسیب پذیر در برابر زلزله انتخاب شده: به منظور بررسی آسیب پذیری ابتدا شناخت متغیرهای مناسب با مطالعات کتابخانه‌ای و نظرخواهی از کارشناسان صورت گرفته و ۵ متغیر شناسایی شدند.

کاربری اراضی: سه کاربری حمل ونقل، درمانی و فضای باز با توجه به اهمیت آن‌ها در زمان وقوع زلزله به عنوان شاخص انتخاب شدند. کاربری‌های غالب شامل کاربری مسکونی، کاربری تجاری، کاربری آموزشی، کاربری اداری، کاربری بهداشتی و درمان، کاربری ورزشی می‌باشد.

کیفیت وعمر ابنیه : از لحاظ کیفیت ابنیه ساختمان‌های مخروبه، قابل نگهداری و مرمتی، نوساز، تخریبی و درحال ساخت می‌باشد. و عمر ساختمان‌ها از ۰-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۳۰، و بیشتر از۳۰سال در نظر گرفته می‌شود.

نوع سازه و مصالح ساختمانی: این شاخص که نشان دهنده مقاومت ساختمان در برابر زلزله است در ۳ دسته (آجر و آهن، اسکلت فلزی، آجر و بلوک، بلوک و چوب و خشت وگل) تقسیم بندی شدند.

عرض معابر: در ۵ کلاس (پایین تر از ۶ متر، ۶ تا ۹، ۹ تا ۱۴،۱۴ تا ۲۵، ۲۵ تا ۲۳ و بالاتر از ۲۳ متر)

تعداد طبقات: ساختمان‌های موجود از ۱ تا ۴ طبقه دسته بندی شدند.

مرحله دوم: تعیین اهمیت و رتبه بندی داده‌ها پس از شناسایی لایه‌های موردبررسی، بر مبنای میزان اهمیت هر عامل در آسیب پذیری، هر یک از شاخصه‌های انتخاب شده رتبه بندی شدند. با توجه به نظرات کارشناسان، اولویت بندی شاخص‌های ذکرشده در کلاس‌ها یا طبقه‌های مختلف انجام گرفت. درنهایت سطح‌بندی محلات در شاخص‌ها با استفاده از تکنیک تاپسیس انجام پذیرفت. و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تشکیل پایگاه اطلاعات آسیب پذیری ناحیه منفصل شهری باباریز سنندج به منظور ارتباط داده‌های مذکور بهره گرفته و در این راستا به تولید نقشه‌های اولیه بر اساس شاخص‌ها آن اقدم گردید.

مدل تاپسیس

یون و هوانگ، روش تصمیم گیری تاپسیس TOPSIS را بر اساس این اصل توسعه دادند که گزینه انتخاب شده بایستی از راه حل ایده‌آل مثبت، کمترین فاصله و از راه حل ایده‌آل منفی، بیشترین فاصله را داشته باشد، این اصل درفرآیند تصمیم‌گیری انسان‌ها اصلی شهودی و پذیرفتنی است. این روش تصمیم گیری از پشتوانه ریاضی قوی برخوردار است و همانند بسیاری از روش‌های علمی، دانستن و رعایت مفروضات، محدوده و شرایط اعتبار قوانین و صحت فرمول‌های پیشنهاد شده، محدوده دقت نتایج و شرایط قابل قبول بودن جواب‌ها بسیار حایز اهمیت است. مفروضات زیربنایی این روش عبارت‌اند از:

الف) مطلوب بودن هر شاخص باید به طور یکنواخت، افزاینده یا کاهنده باشده، به عبارت دیگر، مطلوبیت شاخص اعم از کیفی یا کمی با تغییر مقدار آن افزاینده یا کاهنده است. شاخص‌ها باید به طور یکنواخت کاهنده یا افزاینده باشند تا بتوان بهترین ارزش موجود آن‌ها را نشان دهنده ایده آل مثبت و بدترین ارزش آن‌ها را نشان دهنده ایده‌آل منفی تلقی کرد.

ب) شاخص‌ها باید به گونه‌ای باشند که مستقل از یکدیگر فرض شوند.

ج) فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود.

الگوریتم روش تاپسیس

گام ۱) مدل سازی ایجاد ماتریس تصمیم (D) وتبدیل آن به یک ماتریس کمی با عناصر بی مقیاس شده. گام ۲) مشخص کردن بردارw به عنوان بردار اوزان شاخص‌ها با استفاده از یکی از روش‌های وزن دهی، مانند آنتروپی و بردار ویژه. گام ۳) ایجاد ماتریس بی مقیاس وزنی v: . گام ۴) مشخص کردن گزینه ایده‌آل (A+) و گزینه ضد ایده‌آل (A-): گام ۵) تعیین فاصله متریک گزینه‌ها از گزینه ایده‌آل (d+j) و از گزینه ضد ایده‌آل (d-j) با استفاده از روش اقلیدسی: گام ۶) محاسبه نزدیکی نسبی گزینه iام به راه حل ایده‌آل: گام ۷) رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس ترتیب نزولی، در نهایت بیشترین بیانگر گزینه برتر خواهد بود.

جدول ۱. ماتریس شاخص‌ها و معیارهای تاثیر گذار در آسیب پذیری کالبدی(سازه‌ای) زلزله

معیار	زیر معیار
نوع مصالح	اسکلت آهنی، بتنی،آجر آهن،آجرچوب،خشت وچوب
کیفیت بنا	نوساز،مرمتی،تخریبی،مخروبه
تعداد طبقات	یک،دو،سه،چهار،پنج
کاربری اراضی	مسکونی،تجاری،آموزشی درمانی،تاسیسات و تجهیزات
دسترسی به شبکه معابر	۸-۱۲،۱۲-۱۶،۱۶-۲۴،۰-۴،۴-۸

محدوده مورد مطالعه

منطقه منفصل شهری باباریز سنندج در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و۱۸ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۱۵ درجه طول غربی از نصف النهار تهران قرار دارد. دارای مساحت چهل هکتار در شش کیلومتری شمال شهر سنندج قرار دارد. متوسط ارتفاع باباریز از سطح دریا معادل۱۵۰۰متر می‌باشد که در پست ترین نقطه۶۰۰ متر و در آبیدر بعنوان بلندترین نقطه ۲۵۰۰ متر است. جهت شیب کلی در حوزه باباریز از شمال به جنوب است. بر اساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه در منطقه زاگرس، سنندج در پهنه خطر نسبی پایین تا متوسط قرار دارد و احتمال وقوع زلزله‌های ویرانگر در آن کم می‌باشد. در مجموع حداکثر شدت نواحی تحت فشار منطقه در سنندج بین ۶ تا ۷ درجه مرکالی در تغییر می‌باشد. در حالی که در برخی نواحی شهرستان این میزان تا حدود ۱۰ درجه مرکالی نیز احتمال وقوع زلزله را دارا است. ۶ و ۷ درجه ریشتر به ترتیب ۱۳/۵ در کل قطعه دوره وقوع مکرر زلزله‌هایی با بزرگی ۵، ۶ و ۲۴ و ۹۳ سال می‌شود. لذا احتمال اعمال شدت‌هایی با ۸ و ۹ درجه مرکالی در نواحی پیرامونی آن امکان پذیر است. محدوده منطقه منفصل شهری باباریز تقریباً در محدوده نقاط زلزله خیز با شدت زیاد قرار گرفته است (Maleki, 2007: 115-124).

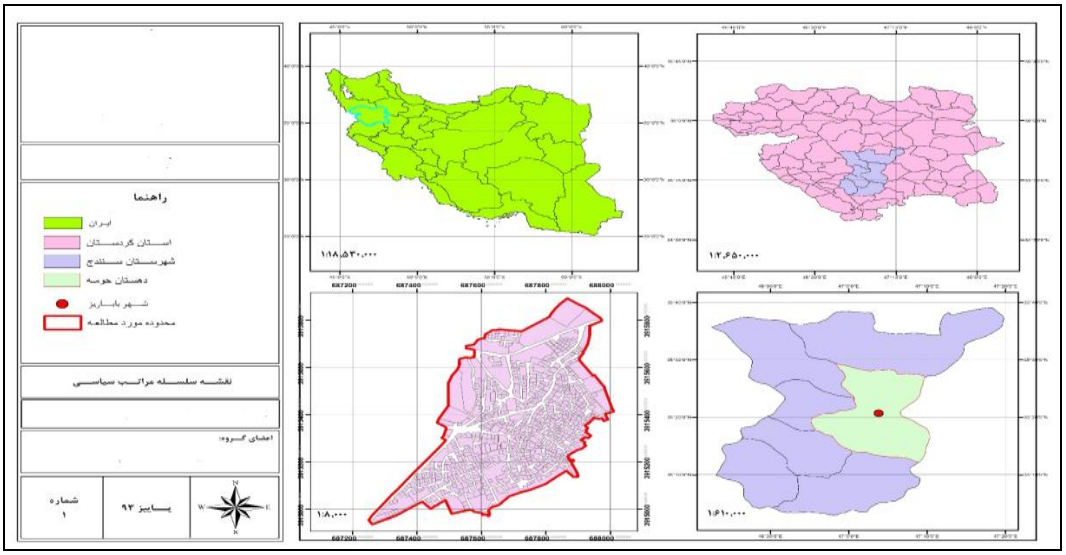
منطقه منفصل شهری باباریز براساس تقسیم بندی محلات شهری به چهار محله تقسیم می‌شود که مشخصات هر کدام به صورت زیر می‌باشد:

محله ۱: این محله در قسمت شرقی شهر قرار دارد و دارای بافت نامنظم (ارگانیک)، که جز بافت قدیمی شهر محسوب می‌شود.

محله ۲: این محله در شمال غربی شهر واقع شده و بافت جدید و اکثرا نوساز شهر را تشکیل می‌دهد و در بین بیشتر اهالی شهر به محله شهرک شهرت دارد. این محله دارای بافت نیمه منتظم و منتظم است.

محله ۳: این محله در قسمت جنوبی شهر واقع شده و دارای بافت نیمه منتظم و منتظم می‌باشد.

محله ۴: این قسمت اطراف محدود مورد مطالعه بوده که در محدوده شهر اصلی می‌باشد. در این مطالعه داری معیار یکسان جهت درک سه محله اصلی می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت استان کردستان و منطقه منفصل شهری باباریز

شکل ۲. پهنه بندی خطر زلزله خیزی استان کردستان و منطقه منفصل شهری باباریز

کاربری اراضی: کاربری‌های غالب در باباریز شامل کاربری مسکونی ۳۱/۲ درصد، کاربری تجاری ۳/۰۳ درصد، کاربری آموزشی ۲/۳۶ درصد، کاربری اداری ۰/۲۵ درصد، کاربری بهداشتی و درمان ۰/۰۷، کاربری ورزشی ۱/۹۹ درصد می‌باشد (شکل۳).

کیفیت وعمر ابنیه: محله ۱: از لحاظ کیفیت ابنیه محله ۱ از کل ساختمان‌های موجود در این محله ۲۹/۱۳ درصد ساختمان‌های مخروبه، ۲۸/۲۶ درصد ساختمان‌های قابل نگهداری و مرمتی، ۲۳/۹۱ درصد ساختمان‌های نوساز، ۱۸/۷ درصد ساختمان‌های

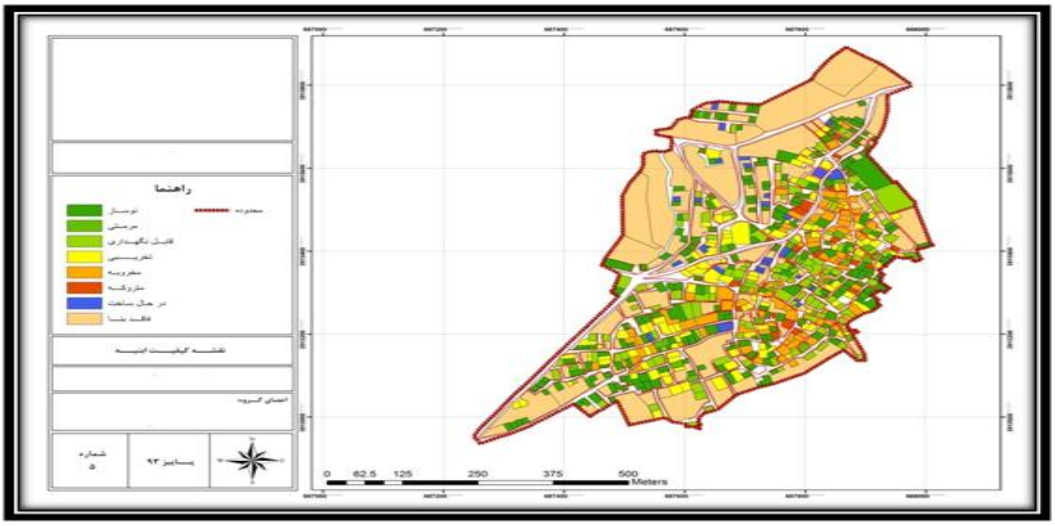
تخریبی و درحال ساخت می‌باشد. با توجه به درصدهای به دست آمده از نقشه‌ها بیشتر ساختمان‌های این محله مخروبه و قابل نگهداری است و این مطلب نشان دهنده قدیمی بودن محله است (اشکال ۴ و ۵).

محله ۲: این محله دارای ۲۲/۱ درصد اراضی بایر، ۳۷/۳۶ درصد ساختمان‌های نوساز، ۱۳/۱۵ درصد ساختمان تخریبی، ۷/۳۶ درصد ساختمان درحال ساخت و ۲۰ درصد باقی مانده را سایر کیفیت‌ها تشکیل می‌دهند. با توجه به درصدهای به دست آمده از نقشه‌ها بیشتر ساختمان‌های این محله نوساز است.

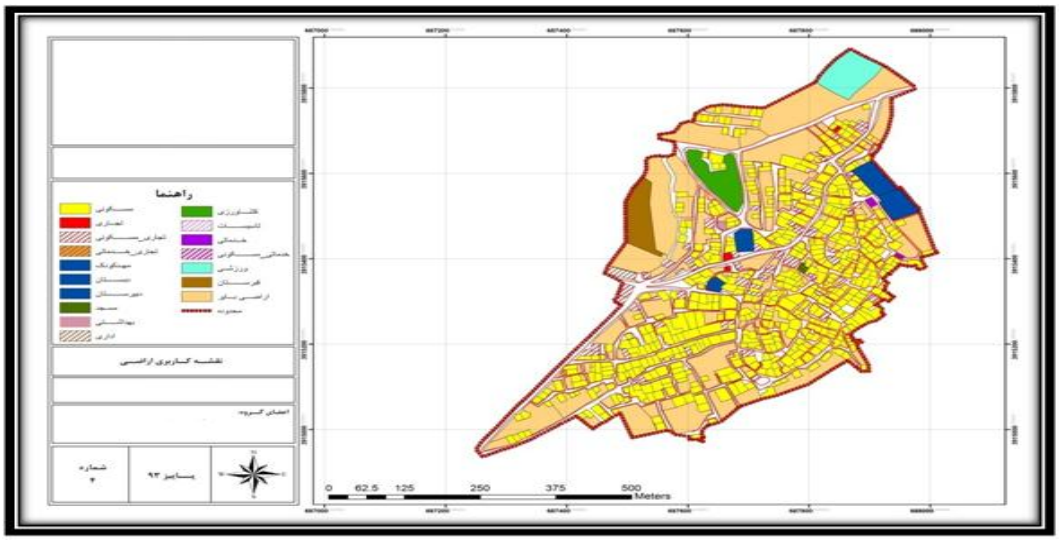
محله ۳: این محله دارای ۱۰/۵۵ درصد، ساختمان مخروبه، ۱۷/۷۷ درصد ساختمان قابل نگهداری، ۳۶/۱۱ درصد ساختمان نوساز و ۱۹/۴۴ درصد اراضی بایر می‌باشد. با توجه به درصدهای به دست آمده از نقشه‌ها بیشتر ساختمان‌های این محله نوساز است. با توجه به نقشه به ترتیب محله ۱ و محله ۳ دارای بیشترین ساختمان با عمر ۳۰ سال و بیشتر از آن است.

مصالح ساختمانی: اکثریت مصالح بکار رفته در ساخت وساز ساختمان‌ها آجر و آهن، آجر و چوب می‌باشد (شکل۶).

تعداد طبقات: ساختمان‌هایی با تعداد طبقات ۱ بیشترین و ساختمان‌های ۴ طبقه کمترین تعداد را در سطح شهر دارند.



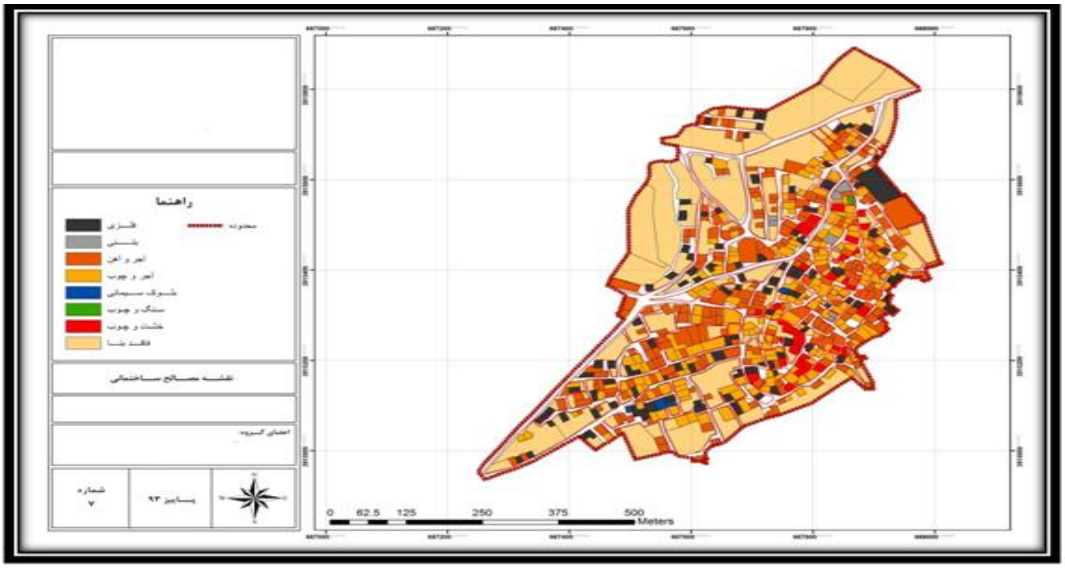
شکل ۳. کاربری اراضی منطقه منفصل شهری باباریز



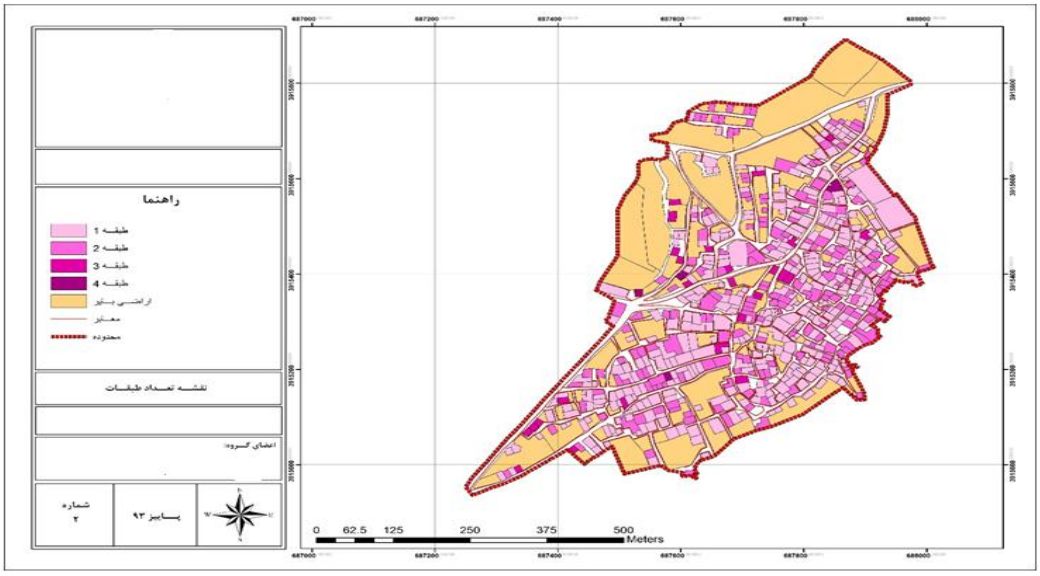
شکل ۴. کیفیت ابنیه منطقه منفصل شهری باباریز

وضع معابر: خیابان اصلی باباریز که ازمرکز شهر عبور می‌کند عرضی برابر ۸ تا ۱۲ متر دارد. این معبر به دلیل اینکه تنها راه ارتباطی روستای کوله هرد به باباریز و شهر سنندج است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل ساخت و سازهای غیر قانونی وغیر اصولی در باباریز این معبر در بعضی از قسمت‌ها دارای مسیر پیاده رو نبوده و از این جهت مشکلات عمده‌ای را برای ساکنین شهر به بار آورده است. معابر دیگر شهر از اهمیت کمتر برخوردار بوده و فاقد مسیرهای پیاده جداگانه هستند این معابر محلات مختلف شهر را به مرکز شهر و خیابان اصلی ربط می‌دهند از همین رو وضعیت آسفالته بودن چندان رضایت بخشی را نداشته و در اکثر قسمت‌ها خاکی بوده همین امر در فصول مختلف سال مشکلاتی را به بار می‌آورد.

شکل ۵. عمر ابنیه منطقه منفصل شهری باباریز



شکل ۶. مصالح ساختمانی منطقه منفصل شهری باباریز



شکل ۷. تعداد طبقات، منطقه منفصل شهری باباریز

یافته‌ها و بحث

بر اساس این مفهوم که گزینه‌های مناسب، گزینه‌هایی هستند که حداقل فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و دورترین فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل شاخص، مورد n گزینه به وسیله ی m منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشند. در این روش ارزیابی قرار می‌گیرد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، کوتاه تر یکنواخت افزایشی یا کاهشی است. حال جهت بررسی آسیب پذیری نواحی مختلف شهر، مستلزم طی کردن مراحل زیر می‌باشد:

مرحله (۱): در ابتدا با نظر کارشناسان به شاخص‌ها امتیازهای لازم داده شده و سپس با استفاده از رابطه زیر امتیازها محاسبه شده است.

رابطه (۱)
$$N_{ij} = \frac{N_i}{\sqrt{\sum {N_i}^2}}$$

جدول۲. امتیاز دهی به شاخص‌ها

نوع سازه و مصالح	کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
۱۰	۸	۱۰	۸	۹	۱
۵	۶	۸	۷	۵	۲
۹	۷	۱۰	۸	۷	۳
۱	۱	۱	۱	۱	۴

جدول ۳. محاسبه امتیاز هر یک از شاخص‌ها

نوع سازه و مصالح	کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
۰/۴۱۶	۰/۳۸۰	۰/۳۵۷	۰/۳۴۷	۰/۴۲۸	۱
۰/۲۰۸	۰/۲۸۵	۰/۲۸۵	۰/۳۰۴	۰/۲۳۸	۲
۰/۳۷۵	۰/۳۳۳	۰/۳۵۷	۰/۳۴۷	۰/۳۳۳	۳
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۴

رابطه (۲):

$$P_{ij} = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

مرحله (۲): دراین مرحله برای تشکیل ماتریس بی مقیاس از طریق آنتروپی شانون به اوزان سازی پرداخته شده که طبق رابطه زیر وزن هریک از شاخص‌ها به دست آمده است.

جدول ۴. اوزان شاخص‌ها با استفاده از آنتروپی شانون

نوع سازه و مصالح	کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
۰/۴۰۰۰	۰/۳۶۳۶	۰/۳۴۴۸	۰/۳۳۳۳	۰/۴۰۹۱	۱
۰/۲۰۰۰	۰/۲۷۲۷	۰/۲۷۵۹	۰/۲۹۷۱	۰/۲۲۷۳	۲
۰/۳۶۰۰	۰/۳۱۸۲	۰/۳۴۴۸	۰/۳۳۳۳	۰/۳۱۸۲	۳
۰/۰۴۰۰	۰/۰۴۵۵	۰/۰۳۴۵	۰/۰۴۱۷	۰/۰۴۵۵	۴

مرحله (۳): در این مرحله با استفاده از آنتروپی شانون، ماتریس بی مقیاس شده طبق رابطه زیر محاسبه گردیده است.

رابطه (۳):

$$E_j = -\frac{1}{\ln m}\sum_{i=1}^{m}(n_U \ln n_U) \qquad K = \frac{1}{Ln4}$$

جدول ۵. ماتریس انتروپی شانون بی مقیاس شده

نوع سازه و مصالح		کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
۰/۸۵۴۸		۰/۸۸۵۱	۰/۸۶۹۷	۰/۸۸۳۱	۰/۸۷۰۸	Ej
۰/۱۴۵۲	۰/۶۳۶۵	۰/۱۱۴۹	۰/۱۳۰۳	۰/۱۱۶۹	۰/۱۲۹۲	Dj
۰/۲۲۸۲	۱/۰۰۰۰	۰/۱۸۰۵	۰/۲۰۴۷	۰/۱۸۳۷	۰/۲۰۲۹	Wj
۳		۴	۲	۵	۱	رتبه

مرحله (۴): برای تشکیل ماتریس بی مقیاس باید بر طبق رابطه زیر عمل نمود.

$$D_j = 1 - E_j \qquad W_j = \frac{D_j}{\sum D_i}$$

رابطه (۴)

مرحله(۵): بر طبق رابطه ۴ ماتریس بی مقیاس از ضرب اعداد حاصله از رابطه ۱ و۴ به دست می‌آید.

جدول ۶. ماتریس بی مقیاس

نوع سازه و مصالح		کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
		۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Ws DM
۰/۰۴۰۶	۰/۷۰۰۰	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۰۵	۰/۰۱۸۰	λjWj	Dj
۰/۲۸۳۶	۰/۱۴۳۱	۰/۱۲۸۴	۰/۱۴۳۰	۰/۱۲۶۱	W'j	Wj
۲		۴	۳	۵	رتبه	رتبه

جدول ۷. محاسبه امتیاز هر یک از مولفه‌ها برای ضرب در ماتریس

نوع سازه و مصالح	کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
۲/۸۳۶	۱/۰۲۷	۱/۴۳	۱/۰۰۸	۲/۸۷۰	۱
۱/۴۱۸	۰/۷۷۰۴	۱/۱۴۴	۰/۸۸۲	۱/۵۹۴	۲
۲/۵۵۲	۰/۸۹۸۸	۱/۴۳	۱/۰۰۸	۲/۲۳۲	۳
۰/۲۸۳۶	۰/۱۲۸۴	۱/۱۴۳	۰/۱۲۶۱	۰/۳۱۸۹	۴

جدول ۸. ماتریس بی مقیاس شده موزون

نوع سازه و مصالح	کیفیت وعمر ساختمان	تعداد طبقات ساختمان	کاربری زمین	معابر	شاخص/منطقه
۰/۶۴۷۱	۰/۱۸۵۳	۰/۲۹۲۷	۰/۱۸۵۱	۰/۵۸۲۳	۱
۰/۳۲۳۵	۰/۱۳۹۰	۰/۲۳۴۱	۰/۱۶۲۰	۰/۳۲۳۴	۲
۰/۵۸۲۳	۰/۱۶۲۲	۰/۲۹۲۷	۰/۱۸۵۱	۰/۴۵۲۸	۳
۰/۰۶۷۴	۰/۰۲۳۱	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۳۱	۰/۰۶۴۷	۴

مرحله (۶): در مرحله آخر که جهت محاسبه میزان فاصله هر ناحیه از ایده‌آل مثبت و منفی می‌باشد از طریق رابطه‌های زیر این فاصله ها مشخص می‌شوند.

$$J^{+} = Max\, V_{ij}, MinV_{ij}, MinV_{ij}, MinV_{ij}, MinV_{ij}, MinV_{ij}$$
$$J^{+} = Min\, V_{ij}, MaxV_{ij}, MaxV_{ij}, MaxV_{ij}, MaxV_{ij}, MaxV_{ij}$$

رابطه (۵):

$$D_j^{+} = \sqrt{\sum v_{ij} - v_j^{+}}^{2}$$
$$D_j^{-} = \sqrt{\sum v_{ij} - v_j^{-}}^{2}$$

مرحله (۷): در این مرحله میزان تاپسیس هر ناحیه مشخص می‌شود، سپس با احتساب امتیاز نهایی هر یک از نواحی، اعداد به دست آمده رتبه بندی می‌شوند.

رابطه (۶):

$$CL = \frac{D_j^{-}}{D_j^{-} + D_j^{+}}$$

جدول ۹. میزان تاپسیس و رتبه نواحی

رتبه	میزان تاپسیس	نواحی
۱	۰/۸۰۷	۱
۳	۰/۶۳۳	۲
۲	۰/۶۹۸	۳
۴	۰/۲۹۷	۴

حال در انتها با توجه به کوچک ترین و بزرگ ترین عدد میزان تاپسیس (دامنه اعداد) نواحی شهر را بر اساس ۴ طیف تقسیم بندی می‌کنیم.

جدول ۱۰. آسیب پذیری نواحی ناحیه منفصل شهری باباریز سنندج

میزان آسیب پذیری	ناحیه	درجه آسیب پذیری
کم	۱	۰,۷<α <۰,۱
متوسط	۳	۰,۵<α <۰,۳
زیاد	۲	۰,۳<α <۰,۱
خیلی زیاد	۴	۰,۱α<

همان طور که می‌بینیم میزان آسیب پذیری هر ناحیه از نتایج به دست آمده مشخص گردیده و بیش ترین آسیب پذیری در ناحیه ۲ و ۴ می‌باشد و ناحیه ۱ از کمترین آسیب پذیری برخوردار است. کلی می‌توان گفت، شمال غربی شهر و بافت مرکزی شهر جزء مناطق پرخطر و نواحی شرقی جز مناطق کم خطر در زمان وقوع زلزله می‌باشند. با توجه به متغیرهای کالبدی موثر بیشترین نقش را به ترتیب معابر، سازه و مصالح، تعداد طبقات ساختمانی را درآسیب پذیری از زلزله خواهند داشت، و کمترین نقش را کیفیت و عمر ساختمان وکاربری زمین خواهند داشت. با توجه به محاسبات صورت گرفته در مراحل چندگانه مدل مورد نظر منطقه ۲ کمترین فاصله را با ایده مثبت و بیشترین فاصله را با ایده‌آل منفی و منطقه ۱ بیشترین فاصله را با ایده‌آل مثبت و کمترین فصله را با ایده‌آل منفی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به ضرورت موضوع و بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید در منطقه منفصل شهری باباریز سنندج بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لرزه در منطقه زاگرس، سنندج در پهنه خطر نسبی پایین تا متوسط قرار دارد و احتمال وقوع زلزله‌های ویرانگر در آن کم می‌باشد. در مجموع حداکثر شدت نواحی تحت فشار منطقه در سنندج بین ۶ تا ۷ درجه مرکالی در تغییر می‌باشد. در حالی که در برخی نواحی شهرستان این میزان تا حدود ۱۰ درجه مرکالی نیز احتمال وقوع زلزله را دارا است. ۶ و ۷ درجه ریشتر به ترتیب ۱۳/۵ در کل قطعه دوره وقوع مکرر زلزله‌هایی با بزرگی ۵، ۶ و ۲۴ و ۹۳ سال می‌شود. لذا احتمال اعمال شدت‌هایی با ۸ و ۹ درجه مرکالی در نواحی پیرامونی آن امکان پذیر است. محدوده منطقه منفصل شهری باباریز تقریباً در محدوده نقاط زلزله خیز با شدت زیاد قرار گرفته است. اگر میزان شدت زلزله به ۶ مرکالی نیز برسد تنها منطقه ۲، حدود ۴ درصد ساختمان‌های آن آسیب می‌بینند. اما اگر میزان شدت زلزله بیشتر از ۷ ریشتر باشد بیش از ۶۵ درصد ساختمان‌های منطقه ۲ در معرض آسیب زلزله قرار دارند. همچنین ناحیه ۳ میزان خسارت ساختمانی آن زیر ۳۰ درصد و منطقه ۱ زیر ۱۸ درصد می‌باشد. از لحاظ آماری میزان TOPSIS بدست آمده در منطقه ۱ برابر ۰/۸۰۷ درصد و در منطقه ۲ برابر ۰/۶۳۳۰ در منطقه ۳ میزان ۰/۶۹۸ درصد و در نهایت در ناحیه ۴ برابر ۰/۲۹۷ بوده است. در نتیجه منطقه ۲، ۴ و ۱ منطقه منفصل شهری باباریز سنندج به ترتیب به عنوان آسیب پذیرترین و مقاوم ترین منطقه به لحظ کالبدی در برابر زلزله می‌باشند. برنامه‌ریزی نقش عمده‌ای در کاهش آسیب پذیری شهر در برابر زلزله دارد و در میان سطوح گوناگون برنامه‌ریزی کالبدی شهر؛ نوع سازه و مصالح، کیفیت، قدمت وعمر ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، کاربری زمین، معابر ازجمله عوامل مهمی هستند که نقش مهمی در کاهش اثرات و تبعات ناشی از زلزله دارند. در پژوهش حاضر با استفاده از شاخص‌های استاندارد، میزان آسیب پذیری محلات مختلف ناحیه منفصل شهری باباریز سنندج تعیین و با در نظر گرفتن هدف این مقاله که مشخص کردن و شناسایی نقاط آسیب پذیر در برابر خطر زلزله در منطقه با توجه به معیارهای سازه‌ای مانند (نوع سازه و مصالح، کیفیت، قدمت وعمر ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، کاربری زمین، معابر)، است در پی پاسخ دادن به سوال‌های پژوهش نتایج حاصل از روش‌ها و تلفیق آن‌ها با سیستم اطلاعات جغرافیایی، محلات آسیب پذیری مشخص شده است. میزان آسیب پذیری هر ناحیه از نتایج به دست آمده مشخص گردیده که بیشترین آسیب پذیری به ترتیب در ناحیه ۲، ۴،۳ می‌باشد و ناحیه ۱ از کمترین آسیب پذیری برخوردار است. به طورکلی می‌توان گفت، شمال غربی شهر و بافت مرکزی شهر جزء مناطق پرخطر و نواحی شرقی جز مناطق کم خطر در زمان وقوع زلزله می‌باشند. با توجه به متغیرهای کالبدی (سازه‌ای)، بیشترین احتمال آسیب پذیری کالبدی موثر را به ترتیب معابر، سازه و مصالح، تعداد طبقات ساختمانی را درآسیب پذیری از زلزله خواهند داشت، و کمترین نقش را کیفیت و عمرساختمان و کاربری زمین خواهند بود. بنابراین اقداماتی که در این خصوص می‌توان انجام داد عبارتند از:

– کاهش شفافیت در نمای ساختمان‌ها و متناسب با اقلیم و محیط جهت کاهش خسارت.
– آگاهی هر چه بیشتر مسئولین و مدیران در خصوص اثرات زلزله در شهر در فرآیند قبل و بعد از زلزله.
– ارزیابی دقیق تر خسارت ناشی از زلزله در شهر(خسارت وارده به اماکن عمومی، شریان حیاتی و غیره).
– کوشش هر چه بیشتر جهت ارتقای ظرفیت و توانایی‌های مدیریت بحران.

– یکی از بحث‌های اساسی در زمان حال توسعه پایدار می‌باشد و این هدف به خودی خود و تنها در یک شاخص به وجود نمی‌یآید ؛ در نتیجه پیشنهاد می‌گردد به ویژگی‌های کالبدی مناطق و ارتباط آن با دیگر عناصر توجه بیشتری گردد تا به توان هدف مورد نظر دست یافت.

References

Ahad Nejad Roosti, M., Gharakhlo, M., & Ziari K.A. (2010). Modeling Urban Vulnerability to Earthquake, Case Study: Zanjan City. *Geography and Development Quarterly*, 8 (19), 171-198. (*In Persian*)

Ahad Nezhad, M. (2009). Modeling and vulnerability of cities against earthquakes in a case study of Zanjan city", Ph.D. in Geography and Urban Planning, Guidance Mehdi Gharakhloo, University of Tehran. (*In Persian*)

Ahadnejad Rooshti, M., Zolfi, A., Nowroozi, M., & Jalili, K. (2012). Assessment of Urban Vulnerability to Earthquake (Case Study of Khoramdar Township). *Geography Quarterly and Zagros Landscape Planning*, 3 (7), 81-97. (*In Persian*)

Ahad Nejad, M., Farajzadeh Asl, M., & Amini, J. (2011). Evaluation of the vulnerability of urban housing to earthquakes in the case study, District 9 of Tehran Municipality. *Urban and Regional Studies and Research*, 3 (9), 19-38. (*In Persian*)

Akashesh, B. (1383). Rudbar Forecast, Bam Yesterday, Tomorrow. Abstract of the articles of the Conference on Neighborhood Development in the Perspective of Sustainable Development, Tehran Municipality. (*In Persian*)

Alexander, D. (2002). *Principles of Emergency and manegments*. oxford university press.

Antonioni, G., Gigliola, S., & Valerio C. (2007). A methodology for the quantitative risk assessment of major accidents triggered by seismic events. *Journal of Hazardous Materials*, 147 (1-2), 49-58.

Azizi, M. M., Akbari, R. (2008). Urban considerations in measuring the vulnerability of cities to earthquakes. *Journal of Fine Arts*, 34, 25-36. (*In Persian*)

Cova, T. J. (2005). GIS in emergency management, Geographic Information Systems: Principle Techniques, University of Utah content, 845-858.

Esfandiari Darabad, F., Ghaffari Guilan, A., & Lotfi, Kh. (2014). Modeling the vulnerability of cities to earthquakes using topsis method in GIS environment, Case study: Ardabil city. *Quantitative geomorphology research*, 2 (4), 17-36. (*In Persian*)

Fischer, H., scharnberger ch., & Geiger. (1966). Redusing seismis vulnerability in low tomoderate risk areas. *Disaster preventron and management*, 5 (4), MCB university,4-22.

Ghade rahmati, Z., Gandmkar, A., & Khoshkampour, A. (2014). Evaluation of Impact Variables on Urban Urban Vulnerability to Earthquake Case Study: Borujerd City. *Environmental Planning Quarterly*,6(22), 313-81. (*In Persian*).

Graeme, F. (2005). *Geographic Information System for Geoscientist, Modeling with GIS*. New York: Carter Publisher.

Hatami Nejad, H., Fathi, H; Ashgabadi, F. (2009). Estimation of Seismic Vulnerability in a Case Study City, Tehran 11th District. *Human Geography Research*,42(68),1-20. (*In Persian*)

Iran Statistics Center. (2011). Public Census and Housing. (*In Persian*)

Jahangiri, K, Azin SA, Mohammad K, Rahimi Forushani A. (2010). Analysis of Some Factors Affecting the Readiness of the People of Tehran against the Earthquake in 2006. *Hakim Health Research Journal*,13(3), 155-180. (*In Persian*)

Jalilpur, Shahnaz (2013). Evaluation of internal factors affecting the vulnerability of urban buildings against earthquakes using GIS. Case study: The old texture of Khoy city. *Quarterly Journal of Environment*,6(20),23-53. (*In Persian*)

Kavab Consulting Engineers. (1991). *National and Regional Municipal Design*. Tehran: Ministry of Housing and Urban Development. (*In Persian*)

Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A. (2009). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation, Journal of Hazardous Materials, 51,501-524.

Lolang, O. (1995). Transformation of Seismographs, Translated by Seyyed Jalaleddin Fatemi and Ahmad Abbasnejad, Kerman. Shahid Bahonar University Press. (*In Persian*)

Maleki, A. (2008). Seismic hazard zonation and prioritization of housing improvement in the province of Kurdistan. *Geographical Research Quarterly*, 59, 115-124. (*In Persian*)

Maleki, S., Movadat, E. (2014). Evaluation of Seismic Vulnerability Spectrum in Cities Based on Different Intensity Scenarios Using Models of Dd, TOPSIS and GIS Models (Case Study of Yazd City). *Geographical Quarterly and Environmental Risks*,2(5), 127-142. (*In Persian*)

Mohammadi Ahmadiani, J., Sahraeian, Z., & Khosravi, F. (2002). The Role of Factors Influencing the Physical Vulnerability of Jahrom City Against Earthquakes. *Applied Geosciences Research*,10(11), 121-143. (*In Persian*).

Pourmohammadi M. R., Mosayebzadeh, A. (2008). Vulnerability of Iranian cities against earthquakes and the role of neighborhood participation in their relief. *Geography and Development*, 6 (12), 117-144. (*In Persian*)

Rashed, k., & weeks, j. (2003). Assessing vulnerability to Earthquake Hazard through spatial international. *journal of geographic information science multi criteria Analysis of urban Areas*, 17 (6), 547-576.

Rosta, Sh. (2012). Zoning the risk of the fault of Tabriz for various land use. *Geography and Development*, 9 (21), 27-41. (*In Persian*)

UNDP (2004) Reducing disaster risk, A challenge for development. A global report, New York, Prevention and Recovery. NY 10017, USA: Bureau for Crisis.

Safari, H.A., Ghasemi, M.R., & Bahrami, M. (2015). Seismicity study of present-day movements in Sanandaj-Sirjan structural zone using remote sensing and GIS technologies. *Journal of Law*, 95(2),240-271. (*In Persian*)

Server, H., & Kashani Asl, A. (2017). Evaluation of the damage of the city of Ahar to the earthquake crisis. *Journal of Environmental Studies*,9(34), 87-108. (*In Persian*)

Shahabi, H., & Gholizadeh, H. (2011). Seismic hazard zonation by multi-criteria analysis. *Geography and Development*, 9 (21), 65-80. (*In Persian*)

Shi, I. (2011). Investigating the vulnerability of cities against earthquakes using the inverse hierarchical analysis method of IHWP and GIS" Case Study of Tehran Municipality 6. Proceedings of the Fourth International Congress of Geographers of the World, p: 14. (*In Persian*)

Smith, K. (2000). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. 3rd Ed, NewYork: Routledge, Techniques, 845-858.

Soltani, H. (1987). *History of City and Urbanization in Iran*. First Printing, Tehran, Payame Noor University Press. (*In Persian*)

Sotoudeh, B. (2002). Land Use Planning and Correction of Roads for Earthquake Safety. Case Study: Gardens of Ferdows District. Tehran Municipality, Master's Thesis, Geography and Urban Planning, University of Tehran. P: 160. (*In Persian*)

Tang, A., & Wen, A. (2009). An Intelligent Simulation system for Earthquake Disaster Assessment. *computers &Geosciences*, 35 (5), 871- 879.

Wald, A., Scarpignato, C., Kamm, M.A, Mueller-Lissner S, Helfrich I, Schuijt C, Bubeck J, Limoni C, Petrini O.(2011). The burden of constipation on quality of life: results of a multinational survey. *Aliment Pharmacol Ther*. 26, 227-236.

Wang, X., & Vom Hofe, R. (2007). *Research Methods in Urban and Regional Planning*. Springer, New York.

Wise, Y. (2008). *Attitudes toward Urban Planning and Urban Planning in Seismotectonic Areas*. Tehran: International Institute of Seismology and Earthquake Engineering. (*In Persian*)

How to cite this article:
Behzad Afshar, K., Akbari, P. (2018). Evaluation of Seismic Vulnerability of Urban Sprawl Physical Variables Using TOPSIS Model (Case Study: Urban Separate Area Babariz Sanandaj). *Journal of Studies of Human Settlements Planning, 12* (4), 857-873. http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_538280.html

Evaluation of Seismic Vulnerability of Urban Sprawl Physical Variables Using TOPSIS Model (Case Study: Urban Separate Area Babariz Sanandaj)

Katayoun Behzad Afshar*
Assistant professor, Dep. of Physics, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Parviz Akbari
Ph.D. Candidate of Urban Planning, Dep. of Urban Planning, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 22/06/2017 **Accepted:** 09/12/2017

EXTENDED ABSTRACT

Introduction
The occurrence of the earthquake has caused a lot of damage to urban structures due to the lack of attention to the identification of the basic factors in vulnerability to earthquakes. Therefore, it is necessary to study and analyze the physical variables in seismic vulnerability and the role of each which measures to reduce vulnerability. This article introduces a process in which accurate levels of seismic physical vulnerability of urban structures, physical levels of physical interventions are carried out in a constructive manner. In spite of such a process, the waste of resources and facilities, the displacement of uninhabitable settlements and the adoption of immediate and unwise approaches are avoided and ambiguities in decision making and planning for the future of the city are also resolved. In this regard, the following article seeks to answer the following questions:
- What is the seismic vulnerability of Sanandaj Babaris urban detachment in the neighborhood of the possible earthquake?
Which of the structural variables are most likely to be vulnerable?
The purpose of this paper is to study the principle of identifying vulnerabilities to earthquake hazards in the region with respect to structural measures such as the type of structure and materials, the quality, the age and composition of the building, the number of building floors, land use, and passageways. Reduced earthquake damage and provided the right planning. Also, the construction of settlements with the lowest urban-structural principles, high population density in urban marginal urbanization, increasing population and urban growth, in the urbanized area of Baba Riz Sanandaj and the bitter experiences of the earthquake caused by the earthquake in the last decade, the importance of this research is shown.

Methodology
Research method is descriptive-analytical and case study. The technique of collecting statistics and information, using the library methods, is the use of statistics sheets. The TOPSIS model utilizes GIS and excel software as well as information analysis.

Results and Discussion
According to the necessity of the subject and the findings of the research, the investigations revealed that in the urbanized area of Babariz Sanandaj, based on the earthquake hazard zonation map in the Zagros region, Sanandaj is located in the low to moderate danger zone and the probability of earthquakes devastating It is low. In total, the maximum intensity of areas

* Corresponding Author: Email: katayoun.behzadafshar@iausr.ac.ir

under pressure in the area in Sanandaj is between 6 and 7 degrees Celsius in the change. While in some districts of the city, this rate is up to about 10 degrees Celsius, and the earthquake is likely to occur. 6th and 7th magnitude magnitudes are 13.5 percent in the entire period of frequent occurrence of earthquakes of magnitude 5, 6, 24, and 93 years. Therefore, it is possible to apply intensities of 8 and 9 degrees in the periphery. The boundary range of the Bábárz urban area is located near the high severity of earthquake points. If the severity of the earthquake reaches 6 mercilesses, only Zone 2, about 4% of its buildings will be damaged. However, if the magnitude of the earthquake is greater than 7, more than 65% of the buildings in area 2 are vulnerable to earthquake damage. Also, area 3 has a structural damage less than 30% and area 1 below 18%. Statistically, the TOPSIS level in the region was 1.807% and in the region 2, 0.6330 in area 3, 0.698% in area 3, and in the area of 4, it was 0.297.

Conclusion

As a result, the 2nd, 4th and 1th zone of Sanandaj city of Babariz are the most vulnerable and most resistant areas in earthquake. In this study, using standard indices, the vulnerability of different neighborhoods of Babaris urban area of Sanandaj was determined. Considering the purpose of this paper, the identification and identification of vulnerable points against the earthquake risk in the region according to structural criteria such as (Type of structure and materials, quality, age and building's magnitude, number of building floors, land use, passageways), the results of the methods and their integration with the GIS are specified in the vulnerability neighborhoods after answering the research questions. The vulnerability level of each area was determined from the results, with the highest vulnerability in the region 2, 4.3, and zone 1 has the least vulnerability. In general, the northwest of the city and the central texture of the city are high risk areas and eastern regions, except for low-risk areas at the time of the earthquake. According to structural (structural) variables, the most likely physical damages in the order of roads, structures and materials, the number of construction classes will be inaccuracy of the earthquake, and the least important role will be the quality and life of the building and land users. According to the calculations performed in multiple stages, the model of the proposed region 2 has the least distance with the positive ideal and the maximum distance with the negative ideal and the region 1 has the maximum distance with the positive ideal and the minimum interval with a negative ideal. Of course, It was noted that urban planning and utilization by locating urban activities and functions, allocating adequate and suitable spaces for different uses, preventing increased density in areas with high vulnerability, restoration and erosion of buildings, separation and the aggregation of parts plays the most role in decreasing the vulnerability of cities.

Key words: seismic vulnerability of urban buildings, physical, model of TOPSIS, Sanandaj city