تحلیل مخاطره زمین لرزه بر بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز با استفاده از مدل WASPAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

حسین نظم فر [۱]*, منیر شیرزاد گرجان،[۲] ابو الفضل قنبری[۳]

- دانشکده علوم اجتماعی ، دانشگاه محقق اردبیلی*۱

۲- دانشجوی دکتری ، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی ، دانشگاه تبریز

ایمیل نویسنده مسئول: nazmfar@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش:

چکیده

تحلیل وضع سکونتگاهای غیر رسمی در رابطه با وقوع یک بحران محتمل، نقش بسزای در مدیریت صحیح در هنگام وقوع بحران خواهد داشت. بر این اساس در مطالعه جاری سعی شده است تا با استفاده از روش WASPAS تخمین مناسبی ازمیزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز دربرابر زلزله به دست آید. شاخص های مورد استفاده در پژوهش شامل (مصالح ساختمانی، تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، مساحت قطعات، عرض معبر، زمین شناسی، فاصله از گسل، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از فضای باز عمومی، فاصله از تاسیسات شهری، نوع کاربری)می‌باشد. نتایج پژوهش بر آن دلالت دارد که ۵۷.۹۱ ٪از مساحت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری خیلی زیاد ۱۱.۰۵ ٪ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و ۲۷.۰۳ ٪ در معرض آسیب‌پذیری متوسط و فقط ٤.۰۱ ٪ در معرض آسیب‌پذیری کم قرار دارد. همچنین نتایج محاسبات مدل WASPAS نشان می‌دهد که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۵ در صورت وقوع زلزله با کسب رتبه ۱ از کمترین میزان آسیب پذیری برخوردار خواهد بود اما سکونتگاه های غیر رسمی منطقه ۱۰ با کسب رتبه ٦ بیشترین آسیب پذیری را خواهند داشت. سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق۱۰ و۱ در طیف آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. بنابراین برای مقابله با هر گونه خطرات ناشی از این مخاطرات ساخت و ساز باید با رعایت آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله صورت پذیرد. همچنین استفاده از مصالح مقاوم و با دوام همچون اسکلت فلزی و یا بتن‌آرمه باعث کاهش خطرات ناشی از لزلزله خواهد شد

واژگان کلیدی: "سکونتگاه غیر رسمی"، "زلزله"، "ریسک"، "بافت"، "تبریز"

۱-مقدمه

امروزه افزایش جهانی جمعیت منجربه توسعه شتابان شهرنشینی و رشد سکونتگاهای غیر رسمی شده است. این سکونتگاه ها اغلب در مناطقی که در معرض مخاطراتی مانند زمین لرزه قرار دارند توسعه پیدا کرده اند. هرچند مدل های فنی مدیریت زمین لرزه مشخص شده است، اما در کشورهای جهان سوم به دلیل پیچیدگی اجتماعی، اقتصادی و...این اقدامات اغلب با مشکلات فراوان همراه است(Smith et al،۲۰۲۰). رسیدگی به آسیب پذیری در سکونتگاه های غیررسمی که حوادث شدید طبیعی خطرات متعددی را برای میلیون ها نفر ایجاد می‌کند بسیار حیاتی است. درک تأثیرات استراتژی های تعدیل و سازگاری در بخش مسکن به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند تا گزینه‌هایی را انتخاب کنند که کیفیت زندگی را بهبود بخشد و شکاف های توسعه و برابری را در شهرها کاهش دهد. اقدامات سازگاری مانند نقشه برداری از خطرات، توسعه سیستم های هشدار سریع (EWS) ، برنامه های آمادگی و استراتژی های خطر پیشگیرانه به ویژه در سکونتگاه های غیررسمی می‌توانند از تصمیم گیرندگان و سهامداران در کاهش مواجهه و آسیب پذیری در برابر زلزله احتمالی حمایت کند (۲۰۱۸، Emma Purio et al) خطرات طبیعی فاجعه بار، مانند زلزله، تهدیدهای جدی برای زندگی انسان در سکونتگاه های غیر رسمی است. بنابراین، ارزیابی میزان احتمال و آسیب پذیری در مدیریت فاجعه ضروری است به منظور مدیریت شهر و کمک به تصمیم گیرندگان برای

شناخت تأثیر عوامل مختلف و درک کمبودها در هر منطقه، راهنماهای مناسب لازم است. وضعیت بحرانی ساختمان‌ها و پهنه بندی آن‌ها از نظر میزان آسیب-پذیری باید در مشاهدات دولت‌ها گنجانده شود و برنامه های کاهش خطر باید بهبود یابد. عدم توزیع فضای مناسب در داخل شهر و برنامه ریزی نامناسب توسعه شهری می تواند از عوامل آینده خطرناک باشد (Ratiranjan et al،۲۰۲۰). مخاطرات به عنوان یکی از مهمترین موضوعات به منظور مدیریت بحران و خطرپذیری، کم کردن ریسک و آسیب‌ها، افزایش دادن ایمنی و کیفیت زندگی می‌باشد(نظم فر و پاشازاده، ۱۳۹۷). آسیب‌پذیری فقط به دلیل خطر پذیری مناطق نبوده، بلکه به دلیل مسائل اجتماعی اقتصادی و - سیاسی هم هست، حادثه یک وضعیت نهایی است که از این مسائل ناشی می شود(نظم فر و همکاران، ١٣٩٤). شناسایی ریسک و تعیین میزان پیامدهای آن از اهمیت خاصی در برنامه ریزی های شهر برخوردار است مهم ترین اثر اهمیت و ضرورت تحلیل آسیب پذیری به منظور انتخاب درست برای راه حل های مقابله با خطرات ممکن است. نتایج ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری به جهت گیری صحیح در انتخاب راه حل ها و دفع تهدیدهای احتمالی کمک می کند. همچنین، می‌توان از آن در روند بازآفرینی سکونتگاه های غیر رسمی و اصلاح خط مشی‌های سازمان های ذی نفوذ استفاده کرد(شماعی و همکاران، ۱۳۹۹). مقابله با مخاطره زلزله و کاهش میزان آسیب‌پذیری ناشی از آن مستلزم تصمیم گیری صحیح و به موقع و انتخاب بهترین گزینه ها است. یکی از پارامترهای که در انتخاب روش تصمیم‌گیری می‌تواند مورد تحلیل قرار گیرد، بهره گیری از مدل های گوناگون تصمیم گیری است (پورطاهری و همکاران،١٣٩٤) . روش‌های تصمیم گیری چند معیاره، صورتی دیگر از برنامه ریزی مسئله محور می-باشند که با در نظر گرفتن پارامترهای موجود منجربه انتخاب بهترین گزینه می شوند. به دلیل کاربرد فراوان این روش‌ها در رتبه بندی مسائل، به روش-های تصمیم گیری چند معیاره مدل های رتبه بندی هم گفته می‌شود (اکبری و همکاران،١٣٨٧). به منظور افزایش دقت مدل های مذکور ترکیب آنها بهترین روش می‌باشد (Zavadskas ،۲۰۱۲). پژوهشگران بسیاری به منظور بررسی میزان دقت روش های ترکیبی، روش های مذکور را با مدل های ترکیبی مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که دقت مدل ها زمانی که ترکیب می‌شوند بسیار بیشتر می-شود. روش تولید وزنی تجمعیWASPAS نمونه ای از مدل های ترکیبی می‌باشد. که توانایی بالای در تصمیم گیری های پیچیده دارد (اسماعیل زاده و همکاران،١٣٩٥). تکنیک WASPAS که بر گرفته از جمله(Sessment –Aggregated Sum Product) As می‌باشد یک نمونه از روش های ترکیبی تصمیم-گیری است که در سال ۲۰۱۱ شناخته شد. این تکنیک از ادغام دو مدل جمع وزنی(WPS) و تولید وزنی(WSM) حاصل شده است. که در تحلیل تصمیم‌گیری های پیچیده دارای دقت و کارایی بالایی می‌باشد. بنابراین یکی از تکنیک های تصمیم گیری که می‌تواند در شناسایی آسیب‌پذیر ترین مناطق از نظر مخاطره زلزله توانایی بالای داشته باشد، تکنیک WASPAS می باشد. آسیب پذیری به دلیل خطر زلزله یکی از مهمترین مشکلات پیش روی شهرهای بزرگ ایران است. طبق نظر سازمان ملل متحد در مورد ایران، زلزله را دلیل اصلی مخاطرات مختلف طبیعی می‌داند، از نظر پهنه بندی زلزله خیزی در کشورمان۸ درصد از پهنه در معرض خطر بالا و ۷ درصد در معرض خطر نسبتا بالا و ۳۱ در صد در پهنه خطر متوسط قرار دارند که این خود نشان از آسیب-پذیری ایران در برابر زلزله می‌باشد(مهدوی نژاد و جوانرودی، ۱۳۹۱). همچنین به دلیل جمع شدن جمعیت کشور در مناطق شهری و به ویژه در کلانشهرها میزان آسیب‌پذیری آنها در هنگام بروز زلزله بیشتر می‌شود. هرچند جمعیت ایران حدود یک درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد ولی تلفات حاصله از زلزله در آن شش درصد تلفات دنیا می-باشد(بزاران لطفی و رحیمی ، ۱۳۹۷). بررسی زلزله های اخیر در کشور نیز گواهی بر مطالب مذکور است. به عبارتی این مسئله به عنوان یکی از مهمترین آسیب‌های بالقوه برای تمامی شهرهای ایران است. بنابراین انجام اقدام هایی برای کاهش خسارات ناشی از زمین لرزه، امری حتمی می باشد. در این بین کلانشهر تبریز در برابر مخاطره زلزله در پهنه آسیب پذیری بسیار بالا قرار دارد.شهر تبریز در کنار گسل قرار گرفته و در قسمت های نیز شهر بر روی آن بنا شده است. این شهر، به عنوان بزرگترین شهر شمالغرب کشور هدف مهاجرت کنندگان به این ناحیه است و به علت مطابقت نداشتن شرایط اجتماعی و

اقتصادی مهاجرت کنندگان با هزینه زمین و مسکن در داخل این شهر، به اراضی پیرامون شهر که دارای مشکلات فراوان طبیعی و توپوگرافی هستند کشیده می‌شوند. بنابراین ادامه این روند، منجربه ایجاد مساکن نامناسب و ناپایدار، سکونت افراد با درآمد حداقل، وجود مخاطراتی مانند رانش و لرزه، معابر باریک و نامناسب و ... را در سکونتگاه‌های غیر رسمی شهر به دنبال دارد. (عابدینی و همکاران، ١٣٩٥). یکی از مشکلات شهری در کلانشهر تبریز که از سال ١٣٤٠ به بعد آشکار شد، سکونتگاه های غیر رسمی می باشد. این شیوه از سکونت، در شهر تبریز با سرعت غیر قابل باور افزایش یافت. سکونتگاه ها غیر رسمی شهر تبریز ٤٠٠هکتار از مساحت این شهر را به خود اختصاص داده‌اند و دارای جمعیتی بیش از ٤٥٠ هزار نفر می باشند(ملکی و همکاران ، ١٣٩٦). این سکونتگاه ها در مجاورت گسل فعال تبریز توسعه پیدا کرده‌اند که از لحاظ نوع ابنیه و برنامه ریزی شهری در وضعیت غیر استاندارد قرار دارند و هنگام مواجه با مخاطره زلزله با وجود سطح بالای جمعیتی و سایر عوامل موثر در افزایش آسیب‌پذیری شاهد خسارات جبران ناپذیر خواهیم بود. بر این اساس هدف این پژوهش؛ بررسی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز از مخاطره زلزله و ارائه راهکاری مطلوب جهت کاهش آسیب‌پذیری این سکونتگاه‌ها می‌باشد. در رابطه با پیشینه تحقیق در زمینه آسیب‌پذیری بافت سکونتگاه ها ناشی از خطر زلزله مطالعاتی در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است، اما در مورد استفاده از مدل ترکیبی تصمیم‌گیریWASPAS مطالعات چندانی صورت نگرفته است. در ادامه به چند مورد اشاره می-شود: (بازدار و همکاران،١٣٩٩)، در مقاله ای به سنجش کمی آسیب‌پذیری استان ایلام در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های VIKOR و GIS پرداختند و نتیجه گرفتندکه شهرستان های استان از نظر تراکم جمعیتی، با سواد و غیره که هر کدام نقش موثری در آسیب‌پذیری دارند می‌توانند در رتبه آسیب ناشی از زلزله موثر واقع گردند. همچنین نتایج مدل-های VIKORو GIS حاکی از آن است که مناطقی که در این شاخص ها وضعیت آنها نسبت به دیگر مناطق بالاتر بوده به سود منطقه نمی‌باشد. (حسینی‌خواه و ضرابی، ١٣٩٨)، در پژوهشی نقش مدل ترکیبی تصمیم‌گیریWASPAS در شناسایی پهنه‌های لرزه خیز مراکز جمعیتی شهرستان بهمئی در استان کهگیلویه و بویراحمد مورد بررسی قرار دادند، نتایج پژوهش نشان داد که ١٦٠ کیلومتر مربع از بخش مرکزی شهرستان، معادل ١٨ درصد از بخش مرکزی در پهنه کم خطر و ٢١٢ کیلومتر مربع معادل ١٨ درصد در پهنه با خطر زیاد و ١٥ درصد از بخش مرکزی شهرستان در پهنه با خطر خیلی زیاد قرار دارد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که از مساحت ٥٠٦کیلومتر مربع بخش گرمسیری شهرستان،١٥٦/٠٦ کیلومتر مربع معادل ٨٤/٣٠درصد در پهنه بدون خطر، ٤٤ درصد در پهنه با خطر کم و ٦ درصد از بخش گرمسیری شهرستان در پهنه با خطر خیلی زیاد قرار دارد. بیشترین مساحت بخش مرکزی شهرستان در پهنه با خطر متوسط و بیشترین مساحت بخش گرمسیری شهرستان در پهنه با خطر کم قرار دارد. همچنین تحلیل فضایی آسیب پذیری سکونتگاه‌های روستایی نشان می‌دهد که، ٦ درصد از روستاها و آبادی ها در پهنه خطر خیلی زیاد، ٨ درصد در پهنه با خطر زیاد، ٤٧درصد در پهنه با خطر کم و ٤٢ روستا در پهنه بدون خطر زلزله قرار دارد. (٢٠٢٠ ، Guoa and Kapucub) در مقاله ای به ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی در برابر فاجعه زلزله شهر هانژونگ، چین پرداخته‌اند، این مطالعه آسیب پذیری اجتماعی محلی در برابر زلزله را در سطح شهرستان (منطقه شهری) ، با تمرکز ویژه بر شهر هانژونگ ارزیابی می‌کند. یک مدل مبتنی بر فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی خشن برای ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی پیشنهاد شده است. محققان براساس معیارهای مشتق شده از ادبیات، آسیب پذیری اجتماعی را برای هر شهرستان بر اساس داده‌های سرشماری ارزیابی کردند. این تحقیق برخی از پیامدها را نیز برای کاهش استراتژی ها و استراتژی های کاهش خطر فراهم می کند. (٢٠٢٠،Rutherjan et al)، در مقاله‌ای به ارزیابی خطر زلزله با استفاده از شبکه عصبی و سلسله مراتب تحلیلی: استان آچه، اندونزی پرداخته‌اند، نتایج پژوهش ایشان نشان می دهد که مناطق مرکزی و جنوب شرقی شهر دارای طبقه بندی خطر متوسط تا بسیار زیاد هستند، در حالی که سایر مناطق شهر تحت طبقه بندی خطر کم زلزله بسیار کم قرار می-گیرند. یافته‌های این تحقیق برای سازمان های دولتی و تصمیم گیرندگان، به ویژه در برآورد ابعاد خطر در

مناطق شهری و مطالعات آینده برای پیش بینی استراتژی های آمادگی مفید است.

(Abunyewah et al،٢٠١٨)، در پژوهشی به بررسی سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر ریسک بلایا پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که برنامه‌ریزی و ارتباط محیطی و کاربری اراضی ویژگی‌های سکونتگاه‌های غیررسمی را که کلید مدیریت مقابله با مخاطرات در سکونتگاه‌های غیرسمی است، تحت تأثیر قرار می‌دهند. در رابطه با پیشینه تحقیق همچنین می‌توان به موارد دیگری نیز مانند: پاشاپور و همکاران(١٣٩٨)، حیدری(١٣٩٧)، حیدریان و همکاران (١٣٩٦)، زنگنه شهرکی و همکاران (١٣٩٦)،Yariyan et all (٢٠٢٠)،Jena et all (٢٠٢٠) اشاره کرد. با مرور پیشینه پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که پژوهش های متعددی در رابطه با مخاطره زلزله صورت گرفته است، اما در زمینه بررسی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی در برابر مخاطره زلزله مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است. و در اغلب موارد از مدل AHP بهره گرفته شده است. همچنین پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز تنها چند محله از سکونتگاه های غیر رسمی شهر را بررسی کرده اند. در نتیجه بررسی تمام محلات سکونتگاه-های غیررسمی شهر تبریز و استفاده از تکنیک WASPASو سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به منظور سنجش میزان آسیب‌پذیری ازخطر زلزله نوآوری تحقیق به شمار می‌رود.

مبانی نظری

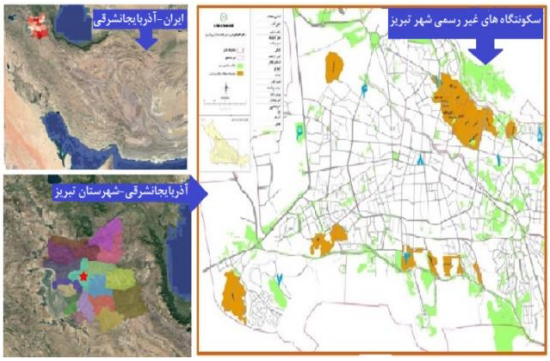
سکونتگاه غیر رسمی

سکونتگاه غیر رسمی، ناظر بر محل اسکان بخشی از جمعیت شهری در جهان سوم است که خارج از بازار رسمی زمین و مسکن و بر پایه قواعد و قول و قرار های خاص خود، به دست خود ساکنان این گونه مکان ها ساخته شده است(لطفی، ١٣٩٧).گزینش مفاهیم گوناگون از یکسو بر توصیف و شناخت سیر تحول این پدیده دلالت می کند و از سوی دیگر، می تواند بیانگر راه حل برگزیده ای برای مواجه با آن نیز باشد. در دهه هفتاد (میلادی) اصطلاحات تصرف عدوانی، سکونتگاه های برنامه ریزی نشده یا غیرقانونی، بر راه حل هایی دلالت می کردند که عمدتاً بر سیاست تخریب این سکونتگاه ها و جابجایی اجباری ساکنان آن مبتنی بود.در اواخر دهه هشتاد، به تدریج پس از طرح شدن مفهوم بخش غیررسمی اقتصاد از سوی سازمان جهانی کار، به مثابه بخشی از بازار اشتغال، اصطلاح سکونتگاه های غیررسمی نیز به تدریج رایج شد تا از این رهگذر در حکم بخشی از بازارهای غیررسمی زمین و مسکن که نیاز اقشار کم درآمد شهری از دیدگاهی حقوقی، و در نتیجه مخالفت با تخریب و تجدید اسکان اجباری دلالت می کرد، و از سوی دیگر می توانست با این سوء تعبیر همراه شود که رسمی کردن و بهسازی این گونه سکونتگاه ها به معنای تعمیم معیارها و قوانینِ شهرسازیِ با برنامه رسمی است.

٢-روش انجام تحقیق

- محدوده مورد مطالعه

کلانشهر تبریز از لحاظ مختصات جغرافیایی در٤٦ درجه و ١٨ دقیقه طول شرقی و ٣٨ درجه و ٤ دقیقه عرض شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. حدود ٤٠٠ هکتار از مساحت ١٤٠٠ هکتاری شهر تبریز را سکونتگاهای غیر رسمی تشکیل می‌دهد (شکل١). سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در محلات: احمد آباد، ایده‌لو، سیلاب، سیلاب قوشخانه، اسماعیل بقال، لوتی ابراهیم، قربانی، منبع‌بزرگ، یوسف‌آباد، محلات آخر طالقانی و آخر مارالان ، محله بهشتی ، محله لاله و آخماقیه و همچنین محلات خلیل آباد، چهل متری و منبع کوچک واقع شده‌اند.



شکل١- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

- روش تحقیق

روش پژوهش حاضر توصیفی- تحلیلی و هدف آن کاربردی می‌باشد. داده های مورد استفاده در پژوهش: بلوک آماری، نقشه زمین شناسی، نقشه توپوگرافی١/٢٥٠٠٠، نقاط ارتفاعی رقومی ده متری، نقشه گسل محدوده، نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه و بررسی های میدانی می‌باشند. همچنین با هدف مشخص شدن وضعیت آسیب‌پذیری بافت

سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از مخاطره زلزله شاخص های(عرض معبر، کیفیت ابنیه، جنس مصالح، تعداد طبقات، فاصله از فضای باز عمومی، فاصله از تاسیسات شهری، فاصله از مراکز درمانی، تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، فاصله از گسل، جنس زمین شناسی، مساحت قطعات، کاربری اراضی) با توجه به امکان دسترسی به داده ها، به عنوان معیارهای نهایی انتخاب شدند. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار GIS ARC و مدل WASPAS که یکی از جدید ترین و کارآمد ترین روش های رتبه بندی می‌باشد استفاده شده است.

تکنیک WASPAS

تکنیک واسپاس توسطZavadskas در سال ۲۰۱۲ اعلام شده است (زاوادسکاس،۲۰۱۲). این روش، یکی از روش‌های نسبتا جدید تصمیم‌گیری چند معیاره با دقت بسیار بالا است که در واقع برگرفته از دو مدل (مدل مجموع وزنی) و (مدل ضرب وزنی) می باشد. (زاوادسکاس،۲۰۱۲).مراحل محاسبات روش مذکور به شرح زیر است:

- تشکیل آرایه تصمیم‌گیری باتوجه به وضع موجود.
- میزان سازی و بی قاعده کردن آرایه تصمیم گیری.
- حساب کردن وزن هر یک از ظابطه با یکی از روش‌های وزن‌دهی نظیر آنتروپی شانون، AHP و یا ANP
- برآورد veriəns مقادیر معیارهای استاندارد شده.
- محاسبه veriəns اهمیت نسبی نمونه ها و تعیین مقادیر بردار ویژه.
- انجام رتبه بندی نهایی.

در روش WASPAS مانند سایر روش های تصمیم-گیری چند معیاره، حل مسئله با ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری شروع می‌شود:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{M1} & X_{M2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

ماتریس تصمیم‌گیری

در ماتریس تصمیم گیری فوق، m نشان دهنده تعداد گزینه‌ها و n نشان دهنده تعداد معیارها است. پس از تشکیل این ماتریس، معیارهای مثبت و منفی در آن به ترتیب با استفاده از روابط (۱) و (۲)، نرمال سازی می‌شوند.اندازه های مثبت، اندازه های هستند که زیاد شدن آن ها برای سیستم مفید باشد و اندازه های منفی اندازه های هستند که کم شدن آن ها برای سیستم مفید باشد. به این مرحله، بی قاعده سازی می‌گویند که دلیل ضرورت انجام آن، متفاوت بودن جنس و واحد معیارها می‌باشد.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max_i x_{ij}} \qquad (۱)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{min_i x_{ij}}{x_{ij}} \qquad (۲)$$

که در این رابطه $\bar{X}\ ij$ نرمال‌سازی شده x_{ij} و i وj به ترتیب اندکس گزینه‌ها و معیارها می‌باشند. در ادامه باید وزن معیارها با یکی از روش‌های وزن‌دهی به دست آیند(W_j). سپس مقادیر $Q_i^{(1)}$ و $Q_i^{(2)}$ که به ترتیب مربوط به جمع و ضرب وزنی می‌باشند، با استفاده از روابط (۳) و (٤) به دست می‌آیند.

$$Q_i^{(1)} = y_{ijSUM} = \sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij}\, w_j$$

$$i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \qquad (۳)$$

$$Q_i^{(2)} = y_{ijmult} = \prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{wj} \qquad (۴)$$

گام بعدی حاسبه معیار مشترک است رابطه (۵) که در این مرحله با به نسبت مساوی و از طریق فرمول ۳ و ٤ اهمیت گزینه ها محاسبه می شود.

$$Q_i = 0.5 Q_i^{(1)} + 0.5 Q_i^{(2)} \qquad (۵)$$

بر اساس مقدار Q_i میتوان مقادیررو طبقه بندی نمود.

اما دقت و تاثیرگذاری روش, واسپاس در این است که مهم بودن گزینهi ام از طریق محاسبه لاندا در فرمول زیر محاسبه شود.

به منظور افزایش دقت و اثربخشی رتبه بندی فرآیند تصمیم گیری، در روش WASPAS، یک معادله تعمیم یافته تر برای تعیین اهمیت نسبی کل گزینه i ام ، مانند رابطه (٦) ایجاد می‌شود:

$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1-\lambda) Q_i^{(2)} = \lambda \sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij}\, w_j + (1-\lambda) \prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{wj}$$

$$(\lambda = 0.0.1 \dots 1) \quad \text{رابطه (٦)}$$

$$Q_i{}^{\lambda} = \lambda i \sum_{j=1}^{n} y_{ijSUM} + (1-\lambda i) \prod_{j=1}^{n} y_{ijmult} \qquad (٧)$$

$$\lambda = \frac{\sigma^2(Q_i^{(2)})}{\sigma^2\left(Q_i^{(1)}\right) + \sigma^2\left(Q_i^{(2)}\right)} \qquad (٨)$$

$$\sigma^2\left(Q_i^{(2)}\right) = \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\left(\prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{wjwj}\right)}{(\bar{x}_{ij})^{wj} (\bar{x}_{ij})^{(1-wj)}} \right)^2 \sigma^2\left(\bar{x}_{ij}\right) \qquad (٩)$$

$$\sigma^2\left(Q_i^{(2)}\right) = \sum_{j=1}^{n} w_j^2\, \sigma^2\left(\bar{x}_{ij}\right) \qquad (١٠)$$

$$\sigma^2\left(\bar{x}_{ij}\right) = (0.05\bar{x}_{ij})^2 \qquad (١١)$$

در نهایت، گزینه‌ها می‌توانند بر مبنای ارزش Q رتبه بندی شوند. مقدار بهینه λ بر اساس معادلات بالا به دست می‌آید. مقدارλ ، سهم معادله جمع وزنی و معادله ضرب وزنی در معادله نهایی را مشخص می‌کند(یزدانی و همکاران، ٢٠١٦).

٣-نتایج

پس از مشخص شدن معیارهای مورد بررسی در آسیب‌پذیری بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز(عرض معبر، کیفیت ابنیه، جنس مصالح، جنس زمین شناسی، نوع کاربری، مساحت قطعات، تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، فاصله از تاسیسات شهری، فاصله از گسل، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از فضای باز عمومی، تعداد طبقات)، وزن هر معیار بر اساس روش آنتروپی شانون مشخص شد(جدول١).

جدول١- وزن معیارهای پژوهش با استفاده از روش آنتروپی شانون

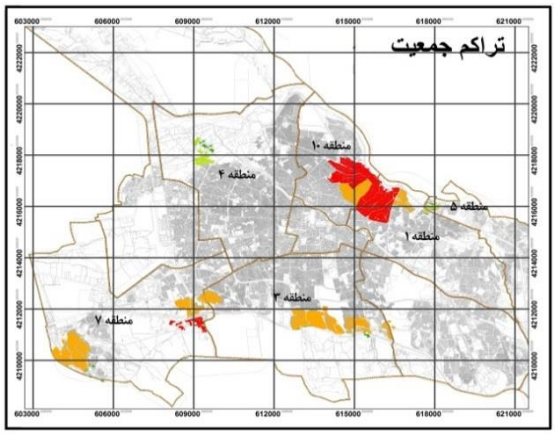
معیار	وزن
عرض معبر	٠.٠٩٥١
کیفیت ابنیه	٠.٠٧٢١
جنس مصالح	٠.٠٧٥١
کاربری اراضی	٠.٠٦٤١
تعداد طبقات	٠.٠٩٤١
مساحت قطعات	٠.٠٨٥١
زمین شناسی	٠.٠٥٢١
فاصله از تاسیسات	٠.٠٨٣١
فاصله از فضاهای باز	٠.٠٦٢٨
فاصله از مراکز درمانی	٠.٠٦٥٨
فاصله از گسل	٠.٠٦٣١
تراکم جمعیت	٠.٠٩٦٤
تراکم ساختمان	٠.٠٩١١

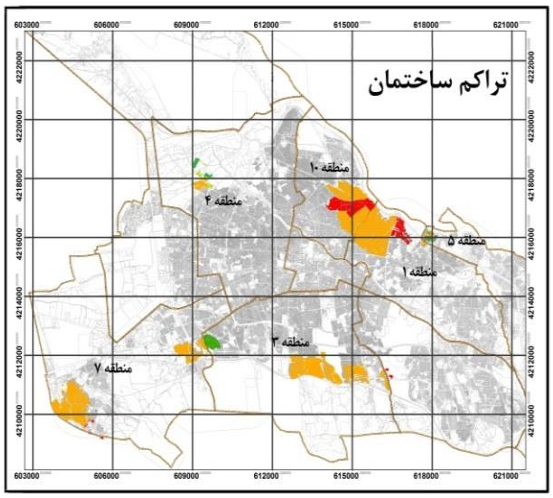
به منظور تشکیل ماتریس(گزینه هاو معیارها) در تکنیک WASPAS باید گزینه ها مشخص شوند. بتابراین مناطقی که سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در آنجا واقع شده اند به عنوان گزینه های مدل WASPAS در نظر گرفته شدند. (گزینه ١ شامل سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ١، گزینه٢ شامل سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٣ ، گزینه٣ شامل سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه٤ ، گزینه٤ شامل سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٥، گزینه٥شامل سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٧، گزینه٦ شامل سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ١٠) در مرحله بعد مقادیر هر معیار برای تک تک گزینه ها مشخص شد. در نهایت بر اساس روابط ذکر شده برای تکنیک WASPAS ، محاسبات در محیط نرم‌افزار متلب انجام گردید که نتایج مدل مذکور در جدول ٢ ارائه شده است.

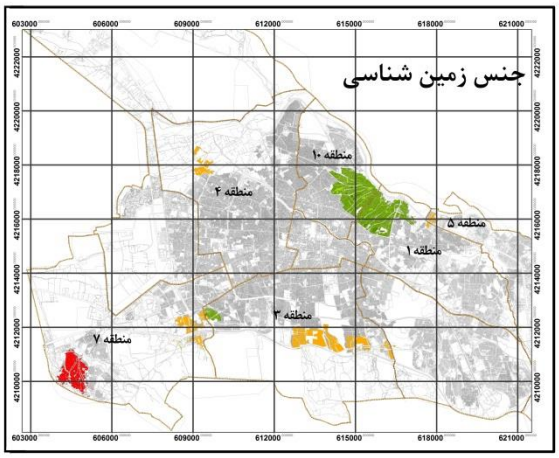
جدول٢ - نتایج محاسبات بر اساس مدل WASPAS برای مناطق آسیب‌پذیر

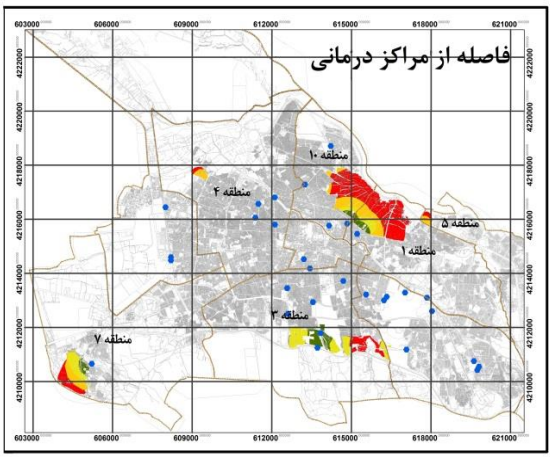
گزینه ها	wsm	wpm	Q_1	Q_2	λ	score
گزینه ١	٠.١٨١٨٨٢	٠.٠٩٥٧٠٥	٠.١٧٩٠٠٠	٠.١٨٢٠٠٦	٠.٠٩٢٥٣	٠.١٠٣٦٧٩
گزینه ٢	٠.٣٠٨٢٥٢	٠.١٤٤٢٦٣	٠.٥٢١٠٠٥	٠.٤١٤٠٠٦	٠.٠٧٣٦٤٩	٠.١٥٦٣٤١
گزینه ٣	٠.٣٨٣٠٩٣	٠.١٨٥٥٩٥	٠.٦٤٣٠٠٥	٠.٦٨٥٠٠٦	٠.٠٩٦٣٥٣	٠.٢٠٤٦٢٥
گزینه ٤	٠.٦٥٩٧١١	٠.٣٥٥٠٣٩	٠.٠٠٠١٢٣	٠.٢٥١٠٠٥	٠.١٦٩٥٢٢	٠.٤٠٦٦٨٧
گزینه ٥	٠.٢٧٦٢٤٩	٠.١١١١٧١	٠.٣٦٩٠٠٠	٠.٢٤٦٠٠٦	٠.٠٦٢٤٩٩	٠.١٢١٤٨٩
گزینه ٦	٠.٢١٧٩٢٧	٠.٠٩١٤٠٦	٠.٢٦٢٠٠٥	٠.١٦٦٠٠٦	٠.٠٥٩٥٨٢	٠.٠٠٩٨٩٤٥

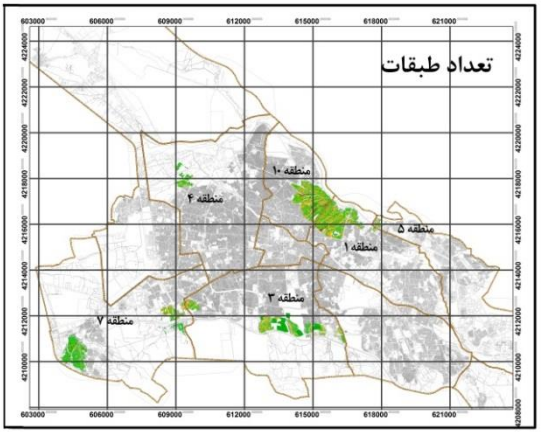
وزن‌های اختصاص داده شده به هر یک از معیارها نرمال شده و در جدول ٢ ارایه شده است. که بر اساس جدول فوق سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ١٠ از نظر آسیب‌پذیری در رتبه اول قرار دارد و سکونتگاه های واقع در منطقه ٥ رتبه ٦ را کسب کرده اند. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از جدول فوق آسیب‌پذیرترین سکونتگاهای غیر رسمی مطعلق به منطقه ١٠ می‌باشد. در مرحله بعد تغییرات وزن-های اندازه گیری شده طبق تکنیک پژوهش، بر روی تک تک شاخص های پژوهش مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. بنابراین تمام شاخص های پژوهش بر حسب میزان آسیب‌پذیری استخراج و نقشه های مربوط به هر یک از پارامترها تولید شد(شکل٢).

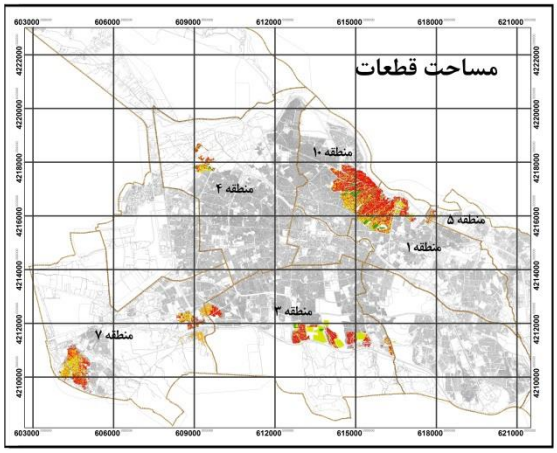


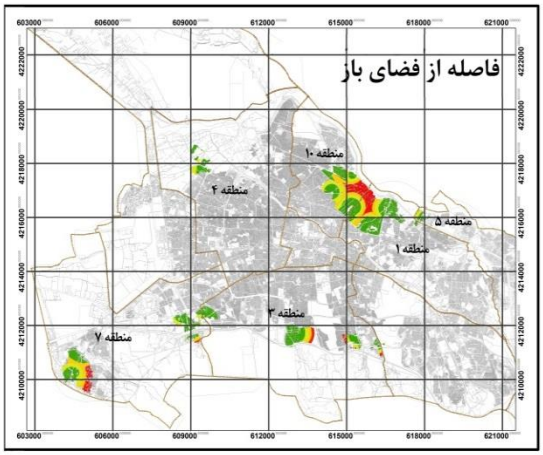


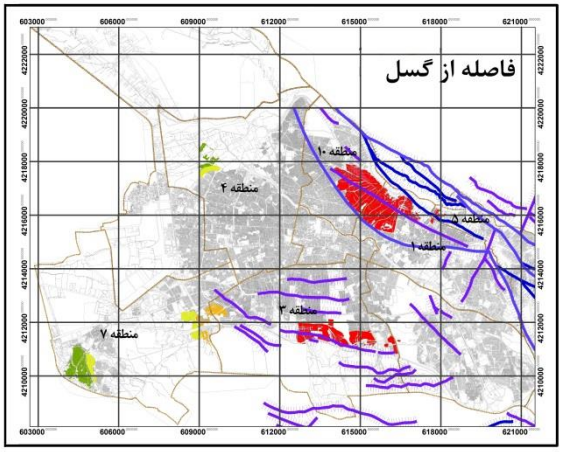

جنس زمین شناسی
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷

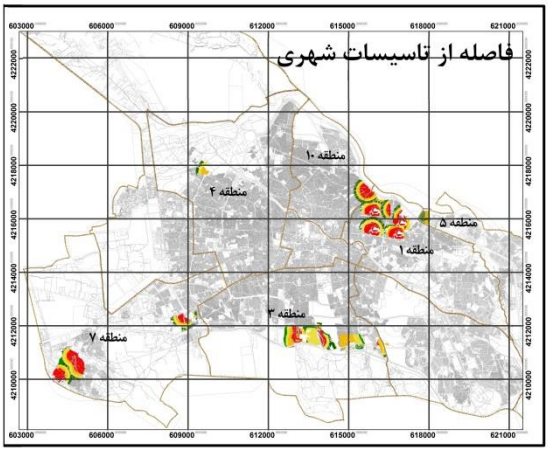

فاصله از مراکز درمانی
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷

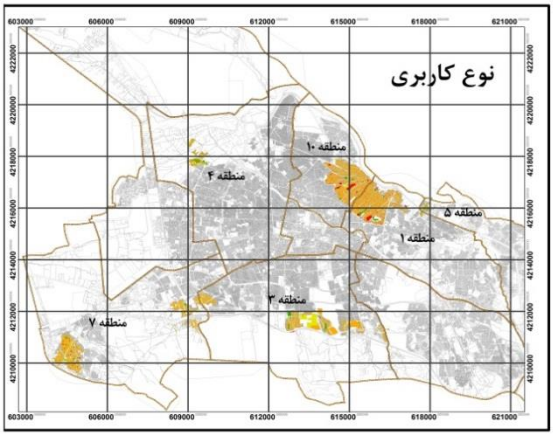

تعداد طبقات
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷

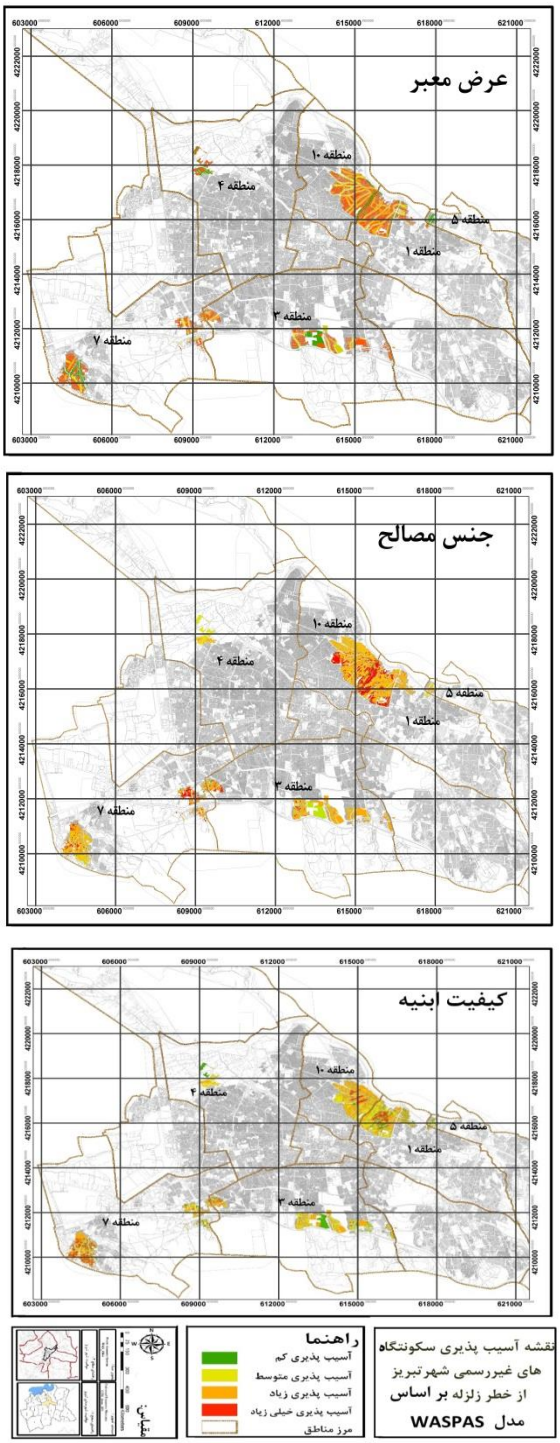

مساحت قطعات
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷


فاصله از فضای باز
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷


فاصله از گسل
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷


فاصله از تاسیسات شهری
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷


نوع کاربری
منطقه ۱۰
منطقه ۴
منطقه ۵
منطقه ۱
منطقه ۳
منطقه ۷



شکل ۲- نقشه‌های هم مقیاس شده مربوط به پارامترهای پژوهش

طبق شکل ۲ که نقشه های هم مقیاس شده مربوط به پارامترهای پژوهش را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که از نظر شاخص تراکم جمعیت با توجه به اینکه که اکثر سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز دارای تراکم جمعیتی بالای هستند و در این بین سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۱ و ۱۰ دارای بیشترین میزان آسیب پذیری و منطقه ۵ دارای کمترین میزان آسیب‌پذیری می‌باشد. نتایج حاصل از تحلیل شاخص تعداد طبقات گویای این موضوع است که اکثر سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز آسیب پذیری خیلی کمی در مقابل زلزله دارند با این حال سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۱ و ۱۰ از نظر آسیب‌پذیری در حد کم می‌باشند. نتایج حاصل از تحلیل شاخص کیفیت ابنیه نشان می‌دهد اکثر سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز مرمتی و تخریبی هستند و از کیفیت نامناسبی در مقابل زلزله برخوردارند در کل وضعیت این پارامتر در طیف آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. با این حال سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۵ از نظر کیفیت ابنیه دارای آسیب‌پذیری متوسط می‌باشند. بررسی وضعیت جنس مصالح نشان می‌دهد که بیشتر ابنیه های سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز از نوع آجر و آهن و بلوک سیمانی هستند استفاده از این نوع مصالح باعث شده که سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در مقابل زلزله مقاومت کمتری داشته باشند. سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۱۰ از نظر آسیب‌پذیری در طیف زیاد قرار دارند و در مرحله بعد سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۱ آسیب-پذیر می باشند و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۵ از نظر آسیب‌پذیری در طیف آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند. در تحلیل پارامتر فاصله از فضای باز عمومی، شاهد آن هستیم که به علت بالا بودن سرانه فضای باز عمومی در شهر تبریز میزان آسیب-پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز از حیث پارامتر فاصله از فضای باز عمومی کم تا متوسط می-باشد و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱۰ و ۱ آسیب‌پذیر ترین سکونتگاه ها از نظر پارامتر فاصله از فضای باز عمومی هستند. در تحلیل پارامتر مساحت قطعات، شاهد آن هستیم که مساحت اکثر قطعات واقع در مناطق ۱ و ۱۰زیر ۲۰۰ متر می‌باشد بنابراین سکونتگاه های واقع در این مناطق از نظر آسیب‌پذیری در طیف خیلی زیاد قرار دارند. همچنین سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۷ از نظر آسیب‌پذیری در طیف زیاد تا متوسط قرار دارد و

سکونتگاه های واقع در مناطق ٤ و٥ از نظر آسیب-پذیری در طیف متوسط قرار دارند. تحلیل شاخص شبکه معابر، حاکی از آن است که با توجه به اینکه سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز دارای تراکم بالای جمعیتی هستند و وجود معابر با عرض کم باعث شده است که آسیب‌پذیری ناشی از این پارامتر در وضعیت زیاد تا متوسط قرار دارد. بررسی پارامتر فاصله از مراکز درمانی نشان می‌دهد که سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز به علت داشتن فاصله زیاد از مراکز درمانی از نظر آسیب‌پذیری در طیف زیاد تا متوسط قرار دارند که در این بین سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ٥ و ٤ دارای بیشترین فاصله با مراکز درمانی و در نتیجه در طیف زیاد تا متوسط آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند و پس از این مناطق سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ١ و ١٠ در طیف آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرند. بررسی پارامتر فاصله از تاسیسات شهری نشان می‌دهد که به علت وجود تعداد زیاد تاسیسات شهری در منطقه ١ سکونتگاه های غیر رسمی واقع در این منطقه در طیف خیلی زیاد آسیب‌پذیری قرار دارند بعد از آن سکونتگاه های غیر رسمی منطقه ١٠ و پس از آن سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه٧ آسیب‌پذیر می باشند و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٥ به علت داشتن فاصله مناسب از تاسیسات شهری در طیف متوسط آسیب‌پذیری قرار دارند. بررسی پارامتر تراکم ساختمان نشان می‌دهد که سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز از نظر آسیب‌پذیری بر اساس پارامتر تراکم ساختمان در طیف متوسط تا خیلی زیاد آسیب‌پذیری قرار دارند. تحلیل پارامتر فاصله از گسل حاکی از آن است که به علت وجود یک منطقه وسیع گسلی در شهر تبریز به ویژه گسل شمال تبریز سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ١و ١٠ شهر تبریز در طیف آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار دارند و بعد از آنها سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٣ جز مناطق با آسیب‌پذیری بالا می‌باشد. تحلیل پارامتر شاخص زمین شناسی نشان می‌دهد که سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز بر روی سه نوع سازند زمین شناسی (Q^{t2}، PIQ^{c} ، M_{ε}^{SM}) بنا شده است. با توجه به اینکه سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ٧ و ٤ بر روی سازند بدون مقاومت Q^{t2} بنا شده اند از نظر آسیب‌پذیری در طیف خیلی زیاد تا زیاد قرار می‌گیرند. همچنین سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٣ و قسمتی از منطقه ٧ بر روی سازند کم مقاوم PIQ^{c} بنا شده اند و از نظر آسیب‌پذیری در طیف متوسط قرار می-گیرند. اما سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ١، ١٠ روی سازند با مقاوم خوب M_{ε}^{SM} بنا شده اند و از نظر آسیب‌پذیری در طیف خیلی کم قرار می‌گیرند. بررسی پارامتر کاربری اراضی نشان دهنده غالب بودن کاربری مسکونی و حساس نسبت به کاربری های بایر و فضای سبز در سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز می‌باشد که این امر باعث شده تا اکثر سکونتگاه های غیر رسمی از نظر آسیب‌پذیری در طیف خیلی زیاد قرار بگیرد.

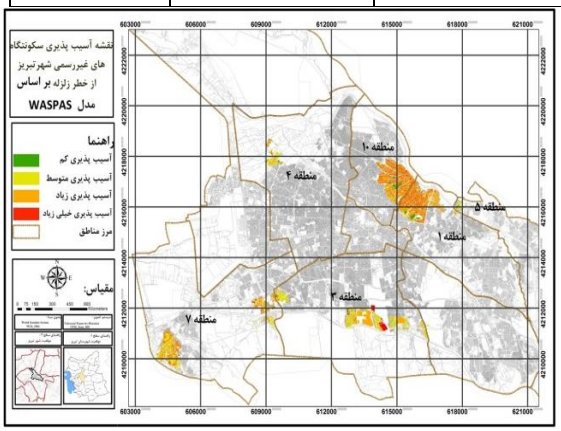
- **تلفیق نقشه ها و برآورد آسیب‌پذیری کل**

برای برآورد میزان آسیب‌پذیری کلی سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر مخاطره زلزله بعد از مشخص شدن میزان آسیب‌پذیری هر پهنه بر اساس مدل WASPAS لایه های هم مقیاس شده مورد استفاده در پژوهش در محیط نرم‌افزار GIS با هم تلفیق شدند بنابراین در نقشه نهایی(شکل٣) میزان آسیب-پذیری در چهار گروه دسته بندی شدند. نتایج نهایی حاکی از آن است .٩١٠ ٥٧ ٪از مساحت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری خیلی زیاد و ١١.٠٥ ٪ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و٠٣ .٢٧ ٪ در معرض آسیب‌پذیری متوسط و تنها ٤.٠١ ٪ از بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری کم در مقابل خطر زلزله قرار دارند (جدول ٣). همچنین از نظر طیف های آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ١٠ و ١در طیف خیلی زیاد، سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٧ در طیف زیاد تا متوسط، پس از آن سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٣ در طیف متوسط و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٤ در طیف متوسط تا کم

و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٥ در طیف کم تا متوسط آسیب‌پذیری قرار گرفته اند.

جدول۳- مساحت پهنه های مختلف آسیب‌پذیری ناشی از زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز

پتانسیل خطر	مساحت (متر مربع)	درصد مساحت
آسیبپذیریخیلی زیاد	٢٤٨٢٧٠١.٠١	٥٧.٩١
آسیب پذیری زیاد	٤٧٣١٧٦.٦٩	١١.٠٥
آسیبپذیری متوسط	١١٥٨٧١٩.٥٩	٢٧.٠٣
آسیب پذیری کم	١٧٢١٣١.٧٦	٤.٠١



شکل ۳- نقشه میزان کلی آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله بر اساس روش WASPAS

٤-نتیجه‌گیری

تحلیل وضع سکونتگاهای غیر رسمی شهر تبریز در مقابل وقوع بحران محتمل، نقش بسزای در مدیریت صحیح در هنگام وقوع بحران خواهد داشت. با توجه به اینکه در شهر تبریز منطقه وسیع گسلی وجود دارد. بنابراین سکونتگاه های غیر رسمی آن همیشه در معرض خطر زلزله قرار دارند. همچنین به دلیل تراکم بالای جمعیت، وجود ساختمان های با کیفیت نامناسب، مساحت کم قطعات، استفاده از مصالح نامرغوب و.. در صورت وقوع زلزله اثرات فاجعه غیر قابل جبران خواهد بود. در نتیجه مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله دارای اهمیت بالای می‌باشد. که هم از لحاظ برنامه ریزی با هدف مقاوم سازی وهم از نظر مدیریت بحران و فراهم کردن شرایط اسکان اضطراری نقش بسیار مهمی خواهد داشت. یافته های پژوهش پیش رو حاکی از آن است که، مدل WASPAS و تلفیق آن با GIS می‌تواند لایه ها با ساختار متفاوت را یکپارچه کند. بر این اساس در این پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تکنیک WASPAS و GIS انجام شده است. نتایج تکنیک WASPAS نشانگر آن است که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٥ در صورت وقوع زلزله با کسب رتبه ١ از کمترین میزان آسیب پذیری برخوردار خواهد بود اما سکونتگاه های غیر رسمی منطقه ١٠ با کسب رتبه ٦ بیشترین آسیب پذیری را خواهند داشت. همچنین بیش از ٥٧ ٪از مساحت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری خیلی زیاد و ١١.٠٥ ٪ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و ٢٧.٠٣ ٪ در معرض آسیب‌پذیری متوسط و فقط ٤.٠١ ٪ از بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری کم قرار دارند. همچنین از نظر طیف های آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ١٠ و ١در طیف خیلی زیاد، سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٧ در طیف زیاد تا متوسط، پس از آن سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٣ در طیف متوسط و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٤ در طیف متوسط تا کم و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٥ در طیف کم تا متوسط آسیب‌پذیری قرار گرفته اند. با توجه به قرارگیری محدوده مورد مطالعه در پهنه با خطر بالای زلزله، برای مقابله با هر گونه خطرات ناشی از این مخاطرات ساخت و ساز باید با رعایت آیین نامه ٢٨٠٠ زلزله صورت پذیرد. همچنین استفاده از مصالح مقاوم و با دوام همچون اسکلت فلزی و یا بتن‌آرمه باعث کاهش خطرات ناشی از لزلزله خواهد شد.

منابع

- اکبری، ن.، زاهدی، ک.،۱۳۸۷. کاربرد روش های تصمیم گیری چند شاخصه، چاپ اول، انتشارات سازمان دهیاری ها و شهرداری ها، تهران.
- اسماعیل زاده، ح.، کفاشی، ا.، حیدری، س.، ۱۳۹٤، تحلیل عدالت فضایی برخورداری از خدمات حمل و نقل و ارتباطات در جغرافیای استان های مرزی مطالعه موردی :شهرستان های استان خراسان شمالی، نشریه جغرافیایی سرزمین، شماره٤، صص٤٥-٦٠.
- بازدار، س.، زندمقدم، م.، کامیابی، س.،۱۳۹۹، سنجش و ارزیابی کمی آسیب پذیری شهری در برابر زلزله نمونه موردی : استان ایلام، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ٥٩ ،صص۲۱۲-۱۹۷.
- بزاران لطفی، س.،رحیمی، م.،۱۳۹۷، تحلیلی بر مولفه‌های موثر در کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیر رسمی در برابر زلزله مورد پژوهی: محله فرحزاد منطقه ۲ کلان شهر تهران، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، سال دهم، شماره سی و ششم، صص۱۰۲-۹۰.
- پاشاپور، ح.، قربانی، ر.، فرهادی، ا. ، درودی‌نیا، ع.،۱۳۹۸، پهنه بندی خطر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی :کلا نشهر تبریز، فصلنامه آمایش محیط، شماره ٤٥ ،صص٦٩-٥٠.
- پور طاهری، م.، عتاحی، .، آدینه وند، ا.،۱۳۹٤، تبیین مزیتهای استفاده از مدل ترکیبی تصمیم گیریWASPAS در مکانیابی روستاهای هدف گردشگری، مجله برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره۲، صص ۱۱۵-۱٤۰.
- شماعی، ع.، دانشور خرم، ع.، روان‌بخش، ا.، افسر، م.،۱۳۹۹، تحلیل آسیب پذیری بافت های قدیمی شهر کاشان در برابر زلزله، پژوهش های جغرافیای انسانی، دورهٔ ٥٢ ، شمارهٔ ۱، صص ۱۳۰-۱۱۱.
- زنگنه شهرکی، س.، زیاری، ک.، پوراکرمی، م.،۱۳۹٦، ارزیابی و تحلیل میزان تاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور، فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال پانزدهم، شماره ٥۲، صص۱۰۱-۸۲.
- حسینی‌خواه، ح.، ضرابی، ا.،۱۳۹۸، نقش مدل ترکیبی تصمیم‌گیری WASPAS در شناسایی پهنه های لرزه خیز پژوهش موردی :مراکز جمعیتی شهرستان بهمئی در استان کهگیلویه و بویراحمد، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۲، صص١٦٤-١٤٧.
- حیدری، م.،۱۳۹۷، ارزیابی آسیب پذیری بافت های شهری از خطر زلزله مطالعه موردی : بافت قدیم شهر زنجان، مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره دوم، شماره۳ ،صص ۱۱۵-۱۰۱.
- حیدریان، ش.، رحیمی، م.، فتح الهی، ث.، فوری، س.، ۱۳۹٦ ، تحلیل شاخص های تاب آوری سکونتگاه‌های غیر رسمی در برابر زلزله با رویکرد اجتماعی نمونه موردی :محله فرحزاد تهران، نگرش های نو در جغرافیای انسانی، شماره۱، ۲٦۰-۲٤٦.
- عابدینی، م.، ولیزاده کامران, خ.، سرمستی، ن.،۱۳۹٥، ارزیابی فعالیت و توان لرزه‌زایی گسل تبریز و برآورد تلفات انسانی کلان شهر تبریز با فن آوری سنجش از دور و GIS، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ٥۷، صص ۲۱٦-۱۹۹.
- ملکی، س.، امانپور، س.، صفایی پور، م.، پورموسوی، س.، مودت، ا.،۱۳۹٦، ارزیابی طیف تاب آوری کالبدی شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل های برنامه‌ریزی، نمونه موردی شهر ایلام ، نشریه علمی پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی ، سال۲ ، شماره۱، صص۲۰-۹.
- مهدوی‌نژاد، م.، جوانرودی، ک.،۱۳۹۱، بررسی آسیب‌پذیری ناشب از زلزله در شبکه‌های ارتباطی تهران بزرگ مطالعه موردی خیابان ولیعصر شمالی، فصلنامه علمی – پژوهشی مدیریت بحران، شماره اول، صص ۲۱-۱۳.

- نظم فر، ح.، علوی، س.،عشقی چهاربرج ، ع.،١٣٩٤، ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی – فیزیکی شهرها در برابر زلزله مطالعه موردی: شهرستان های استان آذربایجان غربی، مطالعات و پژوهش های شهری منطقه ای، سال هفتم ، شماره ٢٧، صص ١١٨-١٠٢.

- Abunyewah، M.. Gajendran، T.. Maund، K.. ٢٠١٨ .Profiling Informal Settlements for Disaster Risks, Procedia Engineering, Vol. ٢١٢, Pp. ٢٣٨-٢٤٥.
- Emma، P., Wilbard، K., Antonia، Y-L. ٢٠١٨ .Housing and Informal Settlements، of the Urban Climate Change Research Network، Cambridge University Press، New York، ٣٩٩–٤٤٠.
- Guoa، X., Kapucub، N. ٢٠٢٠ .Assessing social vulnerability to earthquake disaster using rough analytic hierarchy process method: A case study of Hanzhong City, China، Safety Science ١٢٥، ١٠٤٦٢٥.
- Jena، R., Pradhan، B., Beydoun، G. ٢٠٢٠ .Earthquake vulnerability assessment northera sumatra province by using a multi-criteria decision-making model, International Journal of Disaster Risk Reduction (٤٦): ١-٢٨.
- Ratiranjan، J.،Biswajeet، P.، Ghassan، B. ،Nizamuddin، H. ،Ardiansyah، A. ، Muzailin، A. ٢٠٢٠. Integrated model for earthquake risk assessment using neural network and analytic hierarchy process: Aceh province, Indonesia، Geoscience Frontiers ١١، ٦١٣–٦٣٤.
- Smith، H. ،Coupé، F. ،Ferrari، S.،Rivera، H .، Mera، W. ٢٠٢٠ .Toward negotiated mitigation of landslide risks in informal settlements: reflections from a pilot experience in Medellin, Colombia، Ecology and Society ٢٥(١)، ١٩.
- Yariyan، P. ،Avand، M. ،Soltani، F. ،Ghorbanzadeh، O. ،Blaschke، T. ٢٠٢٠ .Earthquake Vulnerability Mapping Using Different Hybrid Models, Symmetry ١٢(٤٠٥): ١-٣١.
- Zavadskas، E. ،Turskis، K. ،Antucheviene، Z. ،Zakareviciu، J. ٢٠١٢ .Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment, Electronical Engineering Electtronika IR Electrotechnica ١٢٢(٦): ١٣٩٢-١٢١٥.

Earthquake risk analysis on the context of informal settlements in Tabriz using WASPAS model and geographic information system (GIS)

Hossien Nazmfar*, Monir Shirzad garjan,Abolfazl Ghanbari

Email Address: nazmfar@uma.ac.ir

Introduction:

Today global population growth has led to the rapid development of urbanization and the growth of informal settlements. These settlements are often developed in areas that are exposed to hazards such as earthquakes. Although technical models of earthquake management have been identified, but in third world countries due to social, economic and ... complexity, these measures are often associated with many problems (Smith et al. ٢٠٢٠: ٦٧). Addressing vulnerability in informal settlements where severe natural disasters pose multiple risks to millions of people is critical. Understanding the effects of adjustment and adaptation strategies in the housing sector helps decision makers to choose options that improve the quality of life and reduce development and equality gaps in cities. Adaptation measures such as hazard mapping, development of early warning systems (EWS), preparedness plans and preventive risk strategies, especially in informal settlements, can support decision makers and stakeholders in reducing exposure and vulnerability to potential earthquakes. Kend (٢٠١٨, Emma Purio et al) Catastrophic natural hazards, such as earthquakes, are serious threats to human life in informal settlements. Therefore, assessing the degree of probability and vulnerability in disaster management is necessary in order to manage the city and help decision makers to recognize the impact of various factors and understand the deficiencies in each area, appropriate guides are necessary. The critical condition of buildings and their zoning in terms of vulnerability should be included in government observations and risk reduction programs should be improved. The lack of distribution of suitable space inside the city and improper planning of urban development can be dangerous factors in the future (٢٠٢٠, Ratiranjan et al).

Methodology

:The method of this research is descriptive-analytical and its purpose is applied. The data used in the research are: statistical block, geological map, topographic map of ١،٢٥٠٠٠, digital elevation points of ten meters, fault map of the area, land use map of the studied area and field studies. Also with the aim of determining the vulnerability of informal settlements in Tabriz due to earthquake risk indicators (width of passage, quality of buildings, material, number of floors, distance from public open space, distance from urban facilities, distance from medical centers Population density, building density, distance from the fault, geological type, plot area, land use) were selected as the final criteria according to the possibility of data access. Also, in order to analyze the data, GIS ARC software and WASPAS model, which is one of the newest and most efficient ranking methods, have been used.WASPAS technique **:**The Vaspas technique was announced by Zavadskas in ٢٠١٢ (Zavadskas, ٢٠١٢). This method is one of the relatively new methods of multi-criteria decision making with very high accuracy, which is actually derived from two models (total weight model) and (weight multiplication model) (Zavadskas, ٢٠١٢).

The calculation steps of the mentioned method are as follows:

Forming a decision array according to the current situation.

Calibrate and deregulate the decision array.

Calculate the weight of each criterion using one of the weighting methods such as Shannon entropy, AHP or ANP.Estimation of veriəns values of standardized criteria.

Calculate the relative veriəns of the samples and determine the values of the eigenvectors.Perform the final ranking.

Results and discussion:

In order to form a matrix (options and criteria) in the WASPAS technique, the options must be specified. Therefore, the areas where the informal settlements of Tabriz are located were considered as WASPAS model options. (Option ١ includes informal settlements in Zone ١, option ٢ includes informal settlements in Zone ٣, option ٣ includes informal settlements in Zone ٤, option ٤ includes informal settlements in Zone ٥, option ٥ includes informal settlements Located in Area ٧, Option ٦ includes informal settlements located in Area ١٠). In the next step, the values of each criterion for each option were determined. Finally, based on the mentioned relations for WASPAS technique, calculations were performed in MATLAB software environment, the results of the mentioned model are presented in Table ٢. The weights assigned to each of the criteria are normalized and are presented in Table ٢. According to the table above, informal settlements in District ١٠ are ranked first in terms of vulnerability, and settlements in District ٥ are ranked ٦th. Therefore, according to the results of the table above, the most vulnerable informal settlements belong to District ١٠. In the next step, the changes in the weights measured according to the research technique were analyzed on each of the research indicators. Therefore, all research indicators were extracted in terms of vulnerability and maps related to each of the parameters were produced (Figure ٢).

Conclusion:

Analyzing the situation of informal settlements in Tabriz in the face of a possible crisis will play an important role in proper management during a crisis. Due to the fact that there is a large fault area in the city of Tabriz. Therefore, its informal settlements are always at risk of earthquakes. substandard materials, etc. in the event of an earthquake, the effects of the disaster will be irreparable. As a result, determining the vulnerability of informal settlements in Tabriz to earthquakes is of great importance. Which will play a very important role both in terms of planning for resilience and in terms of crisis management and providing emergency accommodation. The findings of the present study indicate that the WASPAS model and its integration with GIS can integrate layers with different structures. Accordingly, in this study, data analysis was performed using WASPAS and GIS techniques. The results of the WASPAS technique indicate that informal settlements in District ٥ will have the lowest vulnerability in the event of an earthquake with a rank of ١, but informal settlements in District ١٠ with a rank of ٦ will have the highest vulnerability. Also, more than ٥٧٪ of the area of informal settlements in Tabriz is exposed to very high vulnerability and ١١,٠٥٪ is exposed to high vulnerability and ٠٣,٢٧٪ is exposed to moderate vulnerability and only ٤,٠١٪ of the informal settlements in Tabriz They are at low vulnerability. Also, in terms of vulnerability spectrum of informal settlements located in zones ١٠ and ١ in the very high range, informal settlements located in zone ٧ in the high to medium range, then informal settlements located in zone ٣ in the medium range and informal settlements in zone ٤ are in the medium to low range and informal settlements in zone ٥ are in the low to medium range of vulnerabilities. Due to the location of the study area in the zone with high earthquake risk, to deal with any hazards caused by these hazards, construction must be done in accordance with the ٢٨٠٠ earthquake regulations. Also, the use of durable materials such as steel frame or reinforced concrete will reduce the risks of earthquakes.

Keywords

Informal settlement ؛ earthquake؛ risk ؛ texture؛ Tabriz