

مقایسه تطبیقی و سطح‌بندی تاب‌آوری کالبدی- محیطی بافت‌های شهری مناطق ده‌گانه شهر تبریز در مواجهه زلزله با استفاده از تحلیل‌های فضایی- مدل‌های ترکیبی تصمیم‌گیری

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵

حامد بهره‌ور^۱، اکبر اصغری زمانی^{۲*}، بختیار فیضی زاده^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز

چکیده

زلزله پدیده طبیعی هست که به‌طور جدی جوامع شهری را تهدید می‌کند، در این میان شهر تبریز یا توجه به موقعیت قرارگیری آن در کمربند زلزله‌خیز کشور موجب توجه بیشتر برنامه‌ریزان شهری در این امر شده است. این پژوهش میزان تاب‌آوری کالبدی - محیطی شهر تبریز در مواجهه با زلزله با روش FAHP مورد بررسی قرار داده تا با کسب اطلاعات، تدابیر مفیدی در مواجهه با زلزله اتخاذ شود و از آثار آسیب و تلفات احتمالی با اقدامات پیشگیرانه کاسته شود. مولفه‌های مورد استفاده در این پژوهش، مولفه محیطی و کالبدی می‌باشد، که در محیط GIS اقدام به سطح‌بندی بر اساس نتایج حاصل از فرایند تحلیل‌های فضایی و ترکیب مدل‌های تصمیم‌گیری با تلفیق لایه‌های موثر در تاب‌آوری، و همچنین استخراج نقشه کلی تاب‌آوری محدوده مورد مطالعه شده است که بر اساس نتایج تحلیل‌ها مشخص شده است که ۶۸۳۲،۱۸ هکتار از کل مناطق تبریز دارای سطح تاب‌آوری بالا و ۱۱۵۴۶،۸۸ هکتار دارای سطح تاب‌آوری نسبتاً بالا، ۲۴۷۳،۵۳، دارای تاب‌آوری نسبتاً پایین، ۱۹۰۴،۶۳ هکتار دارای تاب‌آوری پایین و ۱۱۰۲،۳۹ هکتار دارای تاب‌آوری بسیار پایین می‌باشند. و آسیب‌پذیری و عدم تاب‌آوری مناسب مناطق ده‌گانه به ترتیب بدین قرار می‌باشد: مناطق دارای تاب‌آوری پایین به ترتیب ۴، ۱۰، ۳، ۱، ۲، ۵، ۷، ۸، ۶، ۹ می‌باشند.

کلمات کلیدی: تاب‌آوری، زلزله، FAHP، GIS، تبریز.

مقدمه

متمرکز شدن فعالیت‌های اقتصادی و سیاسی و امکانات در کلان‌شهرها و باعث افزایش مهاجرت جهت بهره‌برداری از امکانات زیرساخت‌های شهری شده است به طوری که در سال‌های آینده با افزایش قابل توجه جمعیت و عدم تعادل سیستم‌های شهری روبرو خواهیم بود چرا که شهرها به سرعت در حال تبدیل شدن به سیستم‌های پیچیده‌ای هستند که توسط عوامل اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی هدایت می‌شود (ان جی و همکاران؛ ۲۰۰: ۲۰۱۸) شهرها به عنوان سکونتگاه بیش از ۴,۲۲ میلیارد نفر (رجایی و همکاران؛ ۴، ۱۴۰۰) در سراسر جهان به طور فزاینده‌ای در معرض خطر ان و آسیب‌های محیطی قرار دارند. منجمله کمبود منابع آب، فشار بر منابع طبیعی، از دست رفتن تنوع زیست محیطی و تغییرات آب و هوایی تنها بخش اندکی از مخاطرات پیش روی شهرها هستند. (شریفی، ۲۰۱۸: ۳). بنابراین در حال حاضر جهان با دوره کاملاً جدید در شهرنشینی روبرو می‌باشد (بردی آنا مرادنژاد، ۱۳۹۵: ۹۴) و در طول زمان و بنا بر مقتضیات محلی، شاهد تولید الگوهای مختلف شهری در مناطق مختلف جهان هستیم به عنوان مثال در مقابل الگوی مرکزگریز، تغییر جمعیت شهری در جوامع پیشرفته، فرایندهای مرکزگرایی شهرنشینی و رشد شهری همچنان به تسلط خود بر پویای جمعیت شهری در کشورهای در حال توسعه ادامه می‌دهند. (میرآبادی و همکاران، ۱۳۹۷: ۶۰۶)، و از آنجایی که یک شهر از سیستم‌های پیچیده‌ای تشکیل شده و هر سیستم خود دارای اهمیت و کارکرد ویژه‌ای هست، اختلال در هر یک از آنها باعث عدم تعادل در شهر خواهد شد. (مافی و همکاران؛ ۲۰۱۹: ۲)، بنابراین، بهبود شرایط زیرساختی شهری، به بهبود تأثیرات ذاتی در برابر بحران کمک می‌کند (جابرین، ۲۰۱۵: ۳)، همچنین در مواجهه با افزایش شهرنشینی، جامعه علمی علاوه بر حوزه فنی و زیرساخت، مفهوم تاب‌آوری را در شیوه‌های مدیریت شهری ادغام کرده است (هینزف، ۲۰۲۰: ۳)، افراد جامعه، زیرساخت‌ها، خدمات و مناطق شهری عموماً در اثر بروز بحران آسیب می‌بینند و بر اساس ماهیت، ساختار و مجاورتشان با مناطق نا امن، درجه متفاوتی از خسارت را متحمل می‌شوند. (عزیزی، ۱۳۹۱: ۱۱). تعریف تاب‌آوری نخستین بار توسط هولینگ (۱۹۷۳) ارائه شد. که با تاب‌آوری مهندسی مقایسه می‌شود که تاب‌آوری را مدت زمان بازگشت به حالت مطلوب پس از بروز بحران و اختلال، تعریف می‌کند. (آلن، ۲۰۱۶: ۴) تاب‌آوری می‌تواند برای هر جامعه و هر نوع اختلال اعم از طبیعی، انسانی یا ترکیبی از این دو اعمال شود به عبارتی دیگر می‌توان گفت تاب‌آوری در برابر بحران می‌تواند

† Ng.st

‡ Heinzlef.c

‡ Fei ma

‡ holling

‡ Jabareen.y

به عنوان یک موضوع عمومی تلقی شود که جوامع را ترغیب می‌کند تا برای مقابله با بحران‌ها را برنامه‌ریزی داشته باشند. (رمضان‌زاده، ۱۳۹۵: ۴۸). بدین ترتیب، شهرها برای مقابله با این مجموعه چالش‌های ناشی از شهرنشینی باید هوشمندتر شوند^۱ (نافادا، ۲۰۱۶: ۳۴) تاب‌آوری نشان‌دهنده توانایی سیستم برای حفظ تمرکز و تأمین اهداف کلیدی در هنگام مواجهه با چالش در محیط پیرامونی است. دستیابی به شهری با یک سیستم حمل‌ونقل طراحی شده و مناسب، اصلی‌ترین هدف هر فعالیت برنامه‌ریزی است (اناری، ۱۳۹۸: ۳۵۳). یک جامعه تاب‌آور جامعه‌ای است که می‌تواند آشفتگی‌ها را تغییر دهد، سازماندهی مجدد شود و هنوز همان ساختارهای اساسی را حفظ کرده و همان خدمات را ارائه دهد^۲ (تیومی، ۲۰۱۷: ۱۳۶۴) پیشینه مربوط به تاب‌آوری شهری به سرعت در دهه گذشته افزایش یافته است، که در هر دو تحقیق دانشگاهی و قوانین دولتی، باروند بی‌سابقه شهرنشینی گسترده‌تر شده است. با این وجود، نیاز به تحقیقات بیشتر در مورد مورفولوژی فضایی و ساختارهای فضایی شهری وجود دارد. (قرایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۲). اگر نهادهای مسئول مدیریت شهری برای جلوگیری از پیامدهای ناشی از بحران‌های طبیعی و انسان ساخت احتمالی، قصد ارتقاء تاب‌آوری را داشته باشند، باید چندین مفهوم و خصوصیات تاب‌آوری به وضوح تعریف شود، و همچنین ارزیابی تاب‌آوری شهری را یک مساله با تصمیم‌گیری گروهی، که دارای ابعاد و جنبه‌های ترکیبی می‌باشد، عنوان کند. (آمافی، ۲۰۲۰: ۳)، مطالعات زیادی در سال‌های اخیر در داخل و خارج کشور در حوزه تاب‌آوری شهری انجام شده است. اسماعیل نصیری در سال ۲۰۲۱ در مقاله‌ای به ارزیابی مؤلفه‌های تاب‌آوری فیزیکی محیطی بافت‌های شهری ناکارآمد برای کاهش بحران زلزله پرداخته است. وی چن و همکاران در سال ۲۰۲۱ به ارزیابی تاب‌آوری مناطق منطقه‌ای در برابر زلزله با استفاده از ادغام اطلاعات چند منبعی پرداخته‌اند. رجایی و همکاران در سال ۱۴۰۰ به تحلیل فضایی تاب‌آوری شهری منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله پرداخته است. ملکی و همکاران در سال ۱۳۹۹ به سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری نواحی شهری در برابر زلزله در شهر ایزه خوزستان پرداخته‌اند. کورن^۳ در سال ۲۰۱۹ پتانسیل فضای باز برای افزایش تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را مورد بررسی قرار داده. ناگنبرگ^۴ در سال ۲۰۱۹ تاب‌آوری شهری و عدالت توزیعی، زیرساخت‌های پایدار و تاب‌آور در شهرهای آلمان پرداخته است. اولیوه و همکاران در سال ۲۰۱۸ به اندازه‌گیری تاب‌آوری اقتصادی بلایای طبیعی (تحلیلی از زمین لرزه‌های بزرگ در ژاپن) پرداخته‌اند. مهرناز مولوی در سال ۲۰۱۸ به اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات

۱ Naphade.m

۲ Tumini.i

۳ Fei ma

۴ Weiyi chen

۵ Koren.d

۶ Nagenborg.m

طبیعی پرداخته است. ضرغامی و همکاران در سال ۱۳۹۵ به سنجش و ارزیابی تاب‌آوری محله‌های بخش مرکزی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته‌اند. کریم‌زاده و همکاران در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی با عنوان ارزیابی خطر لرزه‌ای مبتنی بر GIS، آسیب‌پذیری ساختمان و تلفات انسانی برای سناریوی زلزله در تبریز و همچنین در پژوهشی دیگر در سال ۲۰۱۷ با عنوان نقشه وضعیت سایت ترکیبی مبتنی بر GIS تا ارزیابی خسارت زلزله در ایران: روش‌ها و روندها در منطقه ۲ تبریز اقدام به بررسی این موضوع نموده‌اند. این پژوهش به دنبال سطح‌بندی تاب‌آوری کالبدی- محیطی شهر تبریز به تفکیک هر یک از مناطق، و در همین راستا با طرح دو فرضیه در صدد تایید یا رد آنها می‌باشد: ۱- تاب‌آوری کالبدی محیطی مناطق ده‌گانه شهر تبریز سطوح متفاوتی را دارا هستند. ۲- مولفه‌های اثرگذار در تاب‌آوری کالبدی محیطی شهر تبریز در مواجهه با زلزله اثربخشی متفاوتی را دارا می‌باشند.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهر تبریز به عنوان بزرگ‌ترین متروپل شمال غرب ایران با وسعتی حدود ۲۴۵۵۹۱۳ هکتار در مختصات جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه درازای خاوری و ۳۸ درجه و ۰۵ دقیقه پهناي شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. این شهرستان در قسمت خاوری شمال دریاچه ارومیه و ۶۱۹ کیلومتری باختر تهران قرار دارد و در ۱۵۰ کیلومتری جنوب جلفا، مرز ایران و جمهوری آذربایجان قرار گرفته است. شهر تبریز از سمت جنوب به رشته کوه منفرد و همیشه پر برف سهند و از شمال خاوری به کوه سرخ فام عون بن علی (عینالی) محدود می‌شود. رودخانه آجی‌چای (تلخه‌رود) از قسمت شمال و شمال باختر تبریز می‌گذرد و بعد از طی مسافتی قابل توجه در دشت تبریز به دریاچه ارومیه می‌ریزد، این شهر در جلگه وسیع و در بستر ملایم مهران رود و دره آجی‌چای قرار گرفته که این جلگه حدود ۳۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد. این شهر از تمام جهات به جز غرب و شمال غرب با شیب‌های تند کوه‌های اطراف محدود می‌شود. (شکل ۱). (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۰: ۴۸).



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه
Fig. (1): The study area

داده و روش کار

روش انجام این پژوهش از بعد ماهیت، کاربردی و از منظر شیوه تحقیق ترکیبی از روش‌های اسنادی، توصیفی و مبتنی بر مدل‌های کمی است. در این نوشتار از ترکیب دو مدل ریاضی مهم و پرکاربرد یعنی منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به منظور رتبه‌بندی شاخص‌ها استفاده شده است. این رتبه‌بندی با کمک فرآیند AHP فازی و طراحی پرسشنامه با تایید و نظر نخبگان برجسته شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری و کارشناسان زلزله انجام شده و در تعیین حجم نمونه با توجه به جامعه آماری متخصص و نخبه از نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده است. هدف اصلی این پژوهش سطح‌بندی تاب‌آوری محیطی-کالبدی هر یک از مناطق شهر تبریز در برابر زلزله می‌باشد تا اینکه که قبل از وقوع بحران مناطق پرخطر شناسایی شده و راهکارهای عملی برای افزایش تاب‌آوری آنها در نظر گرفته و تمهیدات لازم به کار گرفته شود. در این راستا لازم است ابتدا به این پرسش، که شاخص‌ها و معیارهای مهم سنجش تاب‌آوری کدامند، پاسخ داده شود. که این شاخص‌ها با توجه به مبانی نظری و مرور ادبیات تحقیق، نیازهای کاربردی امروز، ویژگی‌های شهرسازی ایران و با استفاده از نظرات نخبگان و کارشناسان حوزه برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی شناسایی و معرفی گردیده است. سپس با ارائه یک رتبه‌بندی مناسب برای شاخص‌ها، معیارها و زیرمعیارهای معرفی شده، درجه اهمیت هر کدام را مشخص شده است.

جدول (۱): معیارهای پژوهش

Table (1): Research criteria

معیار	زیر معیار
محیطی	فاصله از گسل- ارتفاع-شیب- جهت شیب - سازند زمین شناسی-فاصله از رودخانه و مسیل
کالبدی	مطلوبیت- سازگاری- تناسب - همجواری - تراکم مسکونی - تراکم آموزشی - تراکم تجاری - نوع مصالح - تراکم ساختمانی - کیفیت ساختمانی - قدمت ساختمان - دانه بندی ، تعداد طبقات - سطح اشغال

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روشی است که وزن دهی به پارامترها را آسان می کند این پژوهش با بهره گیری از برون داد چارچوب نظری پژوهش و مطالعه متون مختلف و تجارب بکارگرفته شده در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، و همچنین بر مبنای سنجشی از ارزش گذاری معیارها توسط ۱۰ کارشناس شهرسازی، پدافند غیرعامل، می توان گفت، مهم ترین معیارهای تاثیرگذار بر روی تاب آوری محیطی-کالبدی حوزه مورد مطالعه در ادامه پرداخته شده است. معیارهای منتخب به منظور ارزیابی میزان تاب آوری محیطی-کالبدی مناطق شهر تبریز در یک طبقه بندی دو سطحی شامل مؤلفه محیطی و مؤلفه کالبدی ارائه شده است. بررسی منفرد معیارهای تحلیل تاب آوری محیطی-کالبدی محدوده مورد مطالعه بدون در نظر گرفتن عوامل زمینه ای، و ارتباط متقابل میان معیارها، نتایج را با انحراف مواجه خواهد کرد. به منظور جلوگیری از انحراف در نتایج تحلیل، ابعادی که در تحلیل هر یک از معیارها دخالت داده شده اند مطابق جدول ذیل بر اساس مصاحبه با کارشناسان شهرسازی، پدافند غیرعامل معرفی شده اند. و سپس با تدون پرسشنامه و نظرخواهی از نخبگان و صاحب نظران حوزه شهرسازی و پدافند غیرعامل، اقدام به مقایسه زوجی هریک از معیارها و زیر معیارها شده است در هنگام تحلیل هر معیار، ماتریس نرمال شده هر یک از ابعاد تأثیرگذار از طریق روی هم گذاری لایه های اطلاعاتی در نرم افزار Arc GIS در وزن معیار مورد بررسی اعمال و نقشه های نهایی معیار استنتاج گردیده است. در این پژوهش به روش AHP با استفاده نظرات نخبگان و کارشناسان امر که قبلاً گفته شده میزان اهمیت هریک از معیارها در مقایسه زوجی با یکدیگر تعیین شد و مقادیری بین ۱ تا ۹ به آنها تعلق گرفت.

جدول (۲): ارزش های عددی با مدل

Table (2): Numerical values with ahp model ahp

ارزش عددی	ارزش توصیفی	توضیحات
۱	۱	اهمیت برابر
۲	ضعیف	-

۳	تقریباً متوسط	یک فاکتور کمی بر دیگری ارجحیت دارد
۴	متوسط	-
۵	اهمیت بیشتر از دیگری	یک فاکتور ارجح بر دیگری است
۶	قوی	-
۷	خیلی قوی	یک عنصر اهمیتی بیشتر از عنصر دیگر دارد
۸	خیلی خیلی قوی	
۹	کاملاً ارجح	یک عنصر خیلی بیشتر از عنصر دیگر اهمیت دارد

(منبع: Saaty & Vargas, 2001، مهران شایگان و همکاران ۱۴۰۰)

منطق فازی FUZZY

با توجه به اینکه هریک از معیارهای مؤثر در تاب‌آوری واحد متفاوتی دارد، به منظور همگن کردن داده‌ها از روش فازی استفاده شد. روش فازی را اولین بار لطفی‌زاده، در سال ۱۹۶۵ به منزله روشی جدید در طبقه‌بندی، مطرح کرد. در این روش هر یک از معیار، با توجه به اهمیتی که در تعیین تاب‌آوری دارند، بین ۰ تا ۱ درجه‌بندی شدند؛ به طوری که مقادیر نزدیک به ۱ نشان‌دهنده تأثیر منفی یعنی تاب‌آوری بسیار پایین و آسیب‌پذیری بالا در تعیین تاب‌آوری می‌باشد. تابع عضویت اهمیت ویژه‌ای در نظریه مجموعه‌های فازی دارد و تمامی اطلاعات درباره مجموعه‌های فازی از طریق تابع عضویت آن توصیف می‌شود و در تمامی کاربردها و مسائل مرتبط با نظریه مجموعه‌های فازی، به کار می‌رود. تابع عضویت مقدار فازی بودن مجموعه‌های فازی را مشخص می‌کند و در واقع، به تابعی که درجه‌ی عضویت المان‌های گوناگون به یک مجموعه را نشان می‌دهد تابع عضویت می‌گویند. مقادیر این تابع عضویت، براساس میزان اهمیت آن در تعیین تاب‌آوری، بین ۰ تا ۱ است. از آنجاکه، با افزایش هریک از معیارها تاب‌آوری پایین را نشان می‌دهد؛ در این مطالعه از تابع عضویت مثلثی استفاده شد.

توابع فازی (خطی)^۲

این تابع داده‌های اولیه را بصورت خطی بین صفر و یک قرار می‌دهد. به طوری که مقدار صفر برای داده‌های حداقل و مقدار یک برای داده‌های حداکثر اختصاص پیدا می‌کند. در این نوع تابع به دو مقدار حداقل و حداکثر نیاز است.

جمع جبری فازی^۱

خروجی این عملگر کاملاً برعکس عملگر PRODUCT می‌باشد. در واقع نتیجه این عملگر همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت فازی می‌باشد. بنابراین این عملگر حالت افزایشی دارد. برای مثال جمع جبری دو عدد فازی (۰/۸ و ۰/۹) به صورت زیر خواهد بود.

ترکیب منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (FUZZY-AHP)

تکنیک FUZZY-AHP می‌تواند به عنوان یک روش تحلیل پیشرفته در نظر گرفته شود که برگرفته از AHP سنتی بوده و در حل مسایل چندمعیاره کمی و کیفی موفق‌تر عمل می‌نماید. در واقع مدل فازی یک سنتز ریاضی و یک شیوه جبری تصمیم‌گیری بامقیاس نسبی است. (کرمی و امیریان، ۱۳۹۷: ۱۳۷). ترکیب لایه‌ها به روش‌های گوناگون از طریق مدل‌های متفاوتی امکان‌پذیر است آنچه در این رابطه حائز اهمیت است انطباق مدل مورد نظر با اهداف تحقیق است. در پژوهش حاضر از مدل FUZZY-AHP همانگونه که از نام مدل پیداست ترکیبی از دو مدل منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد نیز استفاده گردیده است. در این مدل لایه‌های مورد نظر که بر اساس منطق فازی آماده شده‌اند بر اساس اوزان بدست آمده از مدل تحلیل سلسله مراتبی باهم ترکیب می‌شوند... در این پژوهش بعد از شناسایی محدوده مورد مطالعه در مرحله بعد طبق نظرات کارشناسان و نخبگان برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی و پدافند غیرعامل و مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای شاخص‌ها و معیارهای مؤثر در بررسی و تحلیل فرایند تاب‌آوری شناسایی و انتخاب شدند. سپس برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها لایه رستری با اعمال روش‌های مناسب تهیه گردید. و طی تدوین پرسشنامه‌ای معیارها و زیرمعیارها به صورت دو دویی یا مقایسه زوجی تحت فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) توسط جوامع نخبگان و کارشناسان امر مقایسه شده و وزن نهایی هر یک از معیارها و زیرمعیارها استخراج گردید و سپس با انتخاب مدل مناسب، تحلیل و بررسی تاب‌آوری مناطق ده‌گانه شهر تبریز انجام گرفته است. بدین صورت که هر یک از لایه‌های مورد استفاده در پژوهش را با استفاده از تحلیل‌های فضایی (SPATIAL ANALYST) و دستور FUZZY MEMBERSHIP اقدام به تعیین درجه عضویت فازی با تابع خطی (LINER) شده است، سپس لایه‌های مورد نظر را با وزن‌های نهایی به دست آمده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با دستور RASTER CALCULATOR تلفیق شده (با ضرب لایه‌ها با وزن نهایی). در مرحله بعد با استفاده از دستور FUZZY OVERLAY اقدام به همپوشانی لایه‌های مورد نظر با استفاده از عملگر (SUM) که در بالا هم توضیح داده شده که نتیجه نهایی به صورت مجزا

^۱ sum

برای هریک از مولفه‌های اصلی استخراج شد که بعد از طبقه‌بندی مجدد و تعیین سطوح هرک از آنها مولفه‌های اصلی طبق روش گفته شده در بالا دوباره با همدیگر ترکیب شده و نقشه و لایه نهایی به دست آمد. که بعد از بدست آوردن نقشه نهایی و طبقه‌بندی از طریق دستور RECLASSIFY و تبدیل به لایه‌برداری با اعمال دستور RASTER TO POLYGON با استفاده از گرید کدهای مربوطه برای محاسبه مساحت هر یک از سطح‌ها یا گریدها یا سطح تاب‌آوری اقدام شده است.

مولفه کالبدی

مطالعه ویژگی‌های کالبدی در هنگام ارزیابی آسیب‌پذیری و دیگر مخاطرات امری ضروری است. برای مطالعات کالبدی در امر آسیب‌پذیری و تاب‌آوری از شاخص‌های زیر استفاده شده که بعد از ایجاد این لایه و فازی‌سازی آنها. در نرم‌افزار EXPERT CHOICE بر اساس تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و بر اساس نظرات کارشناسان وزن‌دهی و سپس در لایه‌های فازی ضرب شده و در آخر با استفاده از تابع FUZZY OVERLAY لایه‌ها همپوشانی شده است.

معیارها (لایه‌ها)ی مورد استفاده در این مولفه: مطلوبیت- سازگاری- تناسب- همجواری- تراکم مسکونی- تراکم آموزشی- تراکم تجاری- نوع مصالح- تراکم ساختمانی- کیفیت ساختمانی- قدمت ساختمان- دانه‌بندی، تعداد طبقات- سطح اشغال.

۱- همجواری

- ۱- معیار آلودگی صوتی و هوا : ۱- فاصله از راه ۲- فاصله از صنایع ۳- فاصله از خطوط راه‌آهن
 - ۲- معیار ایمنی و آسایش: ۱- فاصله از خط انتقال نیرو، ۲- فاصله از راه، ۳- فاصله از رودخانه و مسیل، ۳- فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی، ۴- فاصله از تأسیسات سوختی، ۵- فاصله از بیمارستان، ۶- فاصله از صنایع
 - ۳- مؤلفه‌ی زیبایی‌شناختی: ۱- فاصله از پارک‌ها، ۲- فاصله از گورستان
- در این مطالعه برای سنجش همجواری کاربریها از مدل ترکیبی (FAHP) استفاده شده است بدین صورت که لایه‌ها بعد از آماده‌سازی در محیط GIS وارد محیط EXPERT CHOICE شده تا وزن دهی را انجام شود و سپس لایه‌ها فازی شده و ارزشی بین ۰ و ۱ می‌گیرد که بعد از آن بر وزن استخراج شده از تحلیل سلسله مراتبی ضرب شده و در مرحله آخر لایه‌ها FUZZ OVERLAY شده و لایه نهایی همجواری بدست می‌آید لایه های فازی شده به شرح زیر می‌باشند :

۲- معیار تناسب

تحلیل تناسب کاربری زمین یکی از رویکردهای اساسی در برنامه‌ریزی است. این فرآیند دارای روند پیچیده و چندبعدی است و باید در آن به طور هم‌زمان حجم انبوهی از متغیرها در نظر گرفته شود. امروزه با پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌های تکنولوژی فرصت‌های زیادی برای پردازش حجم انبوه داده‌ها در فرآیندهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری فراهم آمده است. روش‌های مبتنی بر سامانه اطلاعات مکانی و سیستم‌های پشتیبان برنامه‌ریزی، ابزارهای سودمندی برای این منظور هستند. در آن پژوهش برای ارزیابی تناسب از روش FUZZY AHP استفاده شده و لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش به صورت زیر است:

۱- فاصله از راه‌ها، ۲- فاصله از حریم گسل، ۳- فاصله از رودخانه، ۴- ارتفاع، ۵- شیب

۳- معیار سازگاری

سازگاری کاربری‌ها با همدیگر و همچنین با بستر شهر از مؤلفه‌های مهم در برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. در این بخش به تجزیه و تحلیل سازگاری کاربری‌های شهر تبریز خواهیم پرداخته می‌شود. روش کار همانند سایر مؤلفه‌های گفته شده است و معیارهای مورد استفاده برای این منظور به صورت زیر می‌باشد.

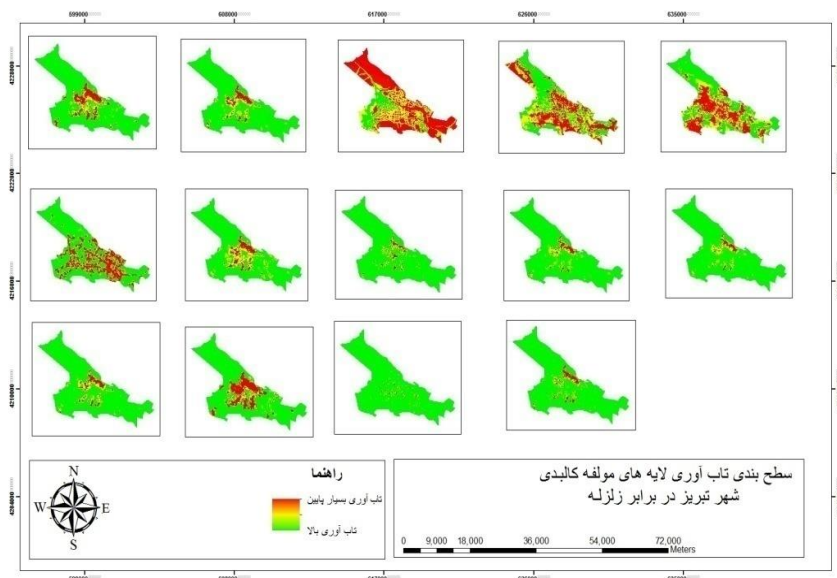
۱- آلودگی صوتی و هوا (فاصله از راه‌ها - فاصله از صنایع - فاصله از راه‌آهن)، ۲- فاصله از کسل، ۳- تراکم فضاهای باز، ۴- فاصله از مراکز پدافندی، ۵- فاصله از شبکه‌های ارتباطی، ۶- فاصله از بیمارستان، ۷- فاصله از پمپ بنزین، ۸- فاصله از مخازن آب، ۹- فاصله از خطوط نیرو

۴- معیار مطلوبیت

مطلوبیت کاربریها از منظر دسترسی به شبکه‌های ارتباطی می‌باشد همانطور که قبلاً ذکر شده مطلوبیت در دسترسی به شبکه‌های ارتباطی از معیارهای بسیار مهم در مطالعات شهری می‌باشد خصوصاً در امر آسیب‌پذیری که هر چقدر کاربری‌ها و در نتیجه مردم به شبکه‌های ارتباطی اصلی دسترسی مطلوبی داشته باشند آسیب کمتری آنها را تهدید خواهد کرد. در این بخش به بررسی مطلوبیت کاربری‌ها از منظر دسترسی به شبکه‌های ارتباطی پرداخته می‌شود که معیارهای مورد استفاده در این بررسی به صورت زیر می‌باشد.

۱- فاصله از تقاطع‌های اصلی؛ ۲- فاصله از شبکه‌های ارتباطی اصلی؛ ۳- آلودگی صوتی و هوا

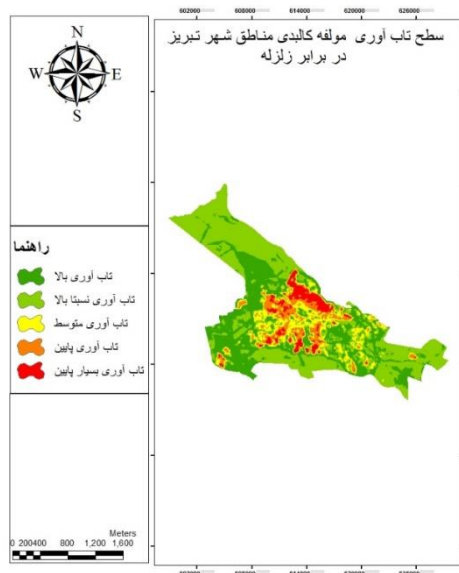
که با ایجاد کردن لایه‌های مؤثر در مولفه کالبدی و بدست آوردن لایه تناسب و همجواری و مطلوبیت و همچنین سازگاری که در بالا مشاهده می‌کنید، برای هر یک از لایه‌های مؤثر در مولفه کالبدی عملیات فازی‌سازی انجام شده و برای مراحل بعد آماده شده است. (شکل ۲)



شکل (۲): لایه‌های فازی زیر معیارهای مولفه کالبدی
Fig. (2): Fuzzy layers of physical component subcriteria

لایه نهایی مؤلفه کالبدی

با استفاده از لایه‌های فازی شده در بالا (شکل ۳)، لایه‌ها را در محیط GIS به صورت گفته شده در بخش قبلی باهم ترکیب نموده و همپوشانی انجام شد که لایه نهایی معیار یا مؤلفه کالبدی استخراج شد. (شکل ۴)



شکل (۳): لایه نهایی سطح‌بندی تاب‌آوری کالبدی شهر تبریز در برابر زلزله

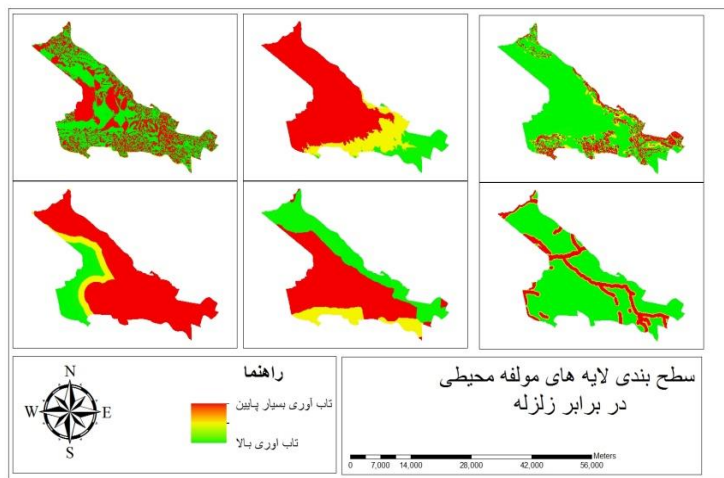
Fig. (3): Leveling layers of physical resilience of Tabriz city against earthquakes

مؤلفه محیطی

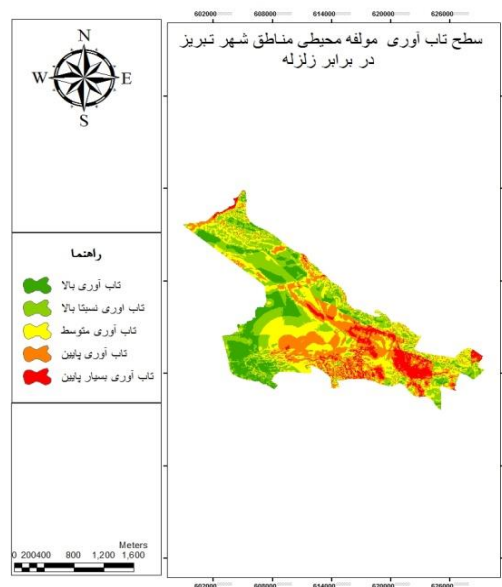
مؤلفه محیطی (شکل ۶) یک از معیارهای اصلی در استخراج آسیب‌پذیری می‌باشد که در اینجا با شناسایی لایه‌های مورد نظر و وزن‌دهی آنها با استفاده از نظرات کارشناسان در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سپس فازی‌سازی لایه‌ها که بین (۰ و ۱) و در مرحله بعد ضرب وزن‌های استخراج شده از تحلیل سلسله مراتبی در لایه‌های مورد نظر و در مرحله آخر همپوشانی لایه‌ها با FUZZY OVERLAY اقدام به تهیه لایه نهایی شده. لایه‌ها در فصل قبلی مفصل توضیح داده شدند و در این بخش تنها لایه نهایی و لایه‌های فازی شده به خاطر عدم تکرار نشان داده می‌شود.

شاخص‌های مورد استفاده در این مؤلفه به صورت زیر می‌باشد (شکل ۵)

زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، فاصله از مسیل و رودخانه



شکل (۴): لایه‌های فازی زیرمعیارهای مولفه محیطی
Fig. (4): Fuzzy layers of environmental component subcriteria



شکل (۵): لایه نهایی سطح‌بندی تاب‌آوری مولفه محیطی مناطق شهر تبریز

Fig. (5): The final layer of leveling the resilience of the environmental component of the areas of Tabriz city

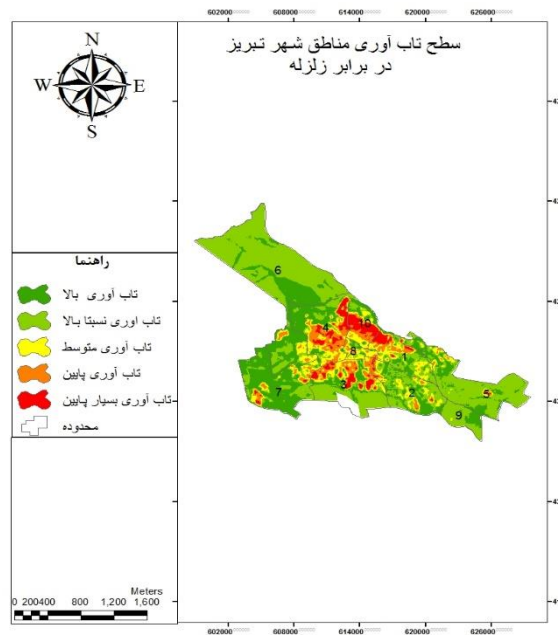
بر مبنای سنجشی از ارزش‌گذاری معیارها توسط ۱۰ کارشناس شهرسازی، پدافند غیرعامل، میتوان گفت، در مولفه کالبدی، زیر معیار قدمت ساختمان و کیفیت ساختمانی به ترتیب با اوزان ۰/۱۲۱ و ۰/۱۲۰ بیشترین تأثیر و در مولفه محیطی فاصله از غسل و زمین‌شناسی به ترتیب دارای اوزان ۰/۳۲۹ و ۰/۱۲۹ بیشترین تأثیر و در مولفه محیطی دارا می‌باشند. (جدول ۳)

جدول (۳): اوزان نهایی معیارها و زیر معیارهای پژوهش

Table (3): Final weights of research criteria and sub-criteria

وزن نهایی (ahp)	زیر معیار	معیار
۰/۰۴۶	مطلوبیت	البدی
۰/۰۴۸	سازگاری	
۰/۰۶۳	تناسب	
۰/۰۴۰	همجواری	
۰/۰۴۴	تراکم مسکونی	
۰/۰۳۴	تراکم تجاری	
۰/۰۷۷	نوع مصالح	
۰/۱۲۰	کیفیت ساختمانی	
۰/۱۲۱	قدمت ساختمانی	
۰/۰۹۶	دانه بندی	
۰/۰۶۴	سطح اشغال	
۰/۱۰۹	تعداد طبقات	
۰/۰۴۵	تراکم آموزشی	
۰/۰۴	ناسازگاری	
۰/۳۲۹	فاصله از غسل	محیطی
۰/۱۹۹	لیتولوژی	
۰/۱۳۰	شیب	
۰/۰۸۰	ارتفاع	
۰/۰۸۰	جهت شیب	
۰/۱۸۲	فاصله از رودخانه و مسیل	

در ادامه با مقایسه زوجی معیارهای اصلی مشخص شد که مؤلفه کالبدی با وزن ۰/۸۳۳ بیشترین تأثیر را در بین معیارهای معرفی شده دارد و همچنین معیار محیطی با وزن ۰/۱۶۷ در رتبه‌ی بعدی قرار دارد. که با روی هم‌گذاری این لایه‌ها و همپوشانی لایه‌ها با استفاده از توابع فازی که در اینجا از تابع SUM استفاده شده است. نقشه زیر به دست آمده است.



شکل (۶): سطح تاب آوری مناطق شهر تبریز در برابر زلزله
Fig. (6): Resilience level of Tabriz city areas against earthquake

با تجزیه و تحلیل نقشه نهایی به دست آمده از مراحل که در بالا ذکر شد کدهای زیر که سطح تاب آوری هر یک از مناطق دهگانه را نشان می‌دهد. (جدول ۴)

جدول (۴): کدهای سطح تاب آوری مناطق شهر تبریز
Table (4): Codes of resilience level of areas of Tabriz city

سطح تاب آوری	کد
--------------	----

تاب آوری بالا	۱
تاب آوری نسبتاً بالا	۲
تاب آوری متوسط	۳
تاب آوری پایین	۴
تاب آوری بسیار پایین	۵

جدول (۵): مساحت سطوح تاب آوری کالبدی محیطی شهر تبریز در برابر زلزله (منبع: یافته‌های پژوهش)

Table (5): The area of the physical and environmental resilience levels of Tabriz city against earthquakes (source: research findings)

درصد	مساحت (هکتار)	سطح تاب آوری
۲۸/۶	۶۸۳۲/۱۸۳۱	۱
۴۸/۳	۱۱۵۴۶/۸۸۱	۲
۱۰/۳	۲۴۷۳/۵۳۱	۳
۷/۹	۱۹۰۴/۶۳۹	۴
۴/۶	۱۰۲/۳۹۶	۵
۱۰۰	۲۳۸۵۹/۶۳۲۴	جمع کل

جدول (۶): مساحت و سطوح تاب آوری مناطق ده گانه شهر تبریز در برابر زلزله (منبع یافته‌های پژوهش)

Table (6): The area and resilience levels of the ten districts of Tabriz city against earthquakes (source of research findings)

مساحت (هکتار)	سطح تاب آوری	
۲۶۵/۶۷	۱	منطقه ۱
۵۳۵/۹۴	۲	
۳۸۰	۳	
۲۲۶/۴۳	۴	
۱۵۰/۲۳	۵	
۶۱۸/۳۱	۱	منطقه ۲
۹۵۸/۳۵	۲	
۳۲۳/۷۰	۳	
۱۱۸/۴۰	۴	
۱۷/۷۳	۵	
۳۹۵	۱	منطقه ۳
۱۱۴۱/۳۳	۲	

۳۶۰/۴۸	۳	
۴۳۱/۶۵	۴	
۲۶۴/۷۵	۵	
۸۰۲/۹۲	۱	
۴۳۱/۱۲	۲	
۴۳۸/۹۵	۳	منطقه ۴
۵۹۲/۶۲	۴	
۳۲۸/۱۷	۵	

ادامه‌ی جدول (۶): مساحت و سطوح تاب‌آوری مناطق ده‌گانه شهر تبریز در برابر زلزله (منبع یافته‌های پژوهش)

Con. Table (6): The area and resilience levels of the ten districts of Tabriz city against earthquakes (source of research findings)

مساحت (هکتار)	سطح تاب‌آوری	
۶۵۶/۸۵	۱	منطقه ۵
۲۱۸۱/۲۵	۲	
۱۵۵/۴۴	۳	
۶۴/۹۳	۴	
۴/۲۴	۵	
۱۸۴۰/۶۱	۱	منطقه ۶
۴۸۸۷/۸۰	۲	
۱۸۵/۸۹	۳	
۶۲	۴	
۰/۸۳	۵	
۱۸۱۷/۱۰	۱	منطقه ۷
۶۰۶/۲۰	۲	
۲۳۹/۰۱	۳	
۱۵۵/۹۸	۴	
۲۴/۸۵	۵	
۴۴/۶۸	۱	منطقه ۸
۸۶/۸۲	۲	
۱۸۸/۴۱	۳	
۶۷/۸۵	۴	

۰/۵۸	۵	
۱۹۸/۷۹	۱	منطقه ۹
۵۷۱/۸۸	۲	
۴/۴۰	۳	
۱۹۲/۱۷	۱	منطقه ۱۰
۱۴۶/۱۴	۲	
۱۹۷/۲۰	۳	
۱۸۴/۶۳	۴	
۳۱۰/۹۷	۵	

نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی تاب‌آوری کالبدی محیطی مناطق ده‌گانه شهر تبریز با استفاده فرایند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی پرداخته از این رو ابتدا اقدام به شناسایی مولفه‌های مهم این پژوهش با استفاده از نظرات کارشناسان و مطالعه منابع مختلف کرده که دو مولفه اصلی از جمله مولفه محیطی و کالبدی شناسایی شدند که برای هر کدام از این معیارها نیز زیر معیارهایی تعیین شدند که ۱۴ زیرمعیار برای مولفه کالبدی و ۶ زیر معیار برای مؤلفه محیطی انتخاب شدند و سپس اقدام به سطح‌بندی تاب‌آوری با استفاده از روش ترکیبی FUZZY AHP برای هر یک از مناطق ده‌گانه شهر تبریز در برابر زلزله شده است. و نتایج حاصله نشان می‌دهد وضعیت تاب‌آوری محیطی-کالبدی مناطق ۱۰ و ۱ و ۳ و ۴ در وضعیت مطلوبی قرار ندارند و با بروز زلزله دچار آسیب‌های جبران‌ناپذیری خواهند شد. در این پژوهش سطوح تاب‌آوری محیطی-کالبدی مناطق ده‌گانه شهر تبریز مورد ارزیابی قرار گرفت و در قالب یک نقشه پنج سطحی به ترتیب تاب‌آوری بالا، تاب‌آوری نسبتاً بالا، تاب‌آوری متوسط، تاب‌آوری پایین و تاب‌آوری بسیار پایین ارائه شد. با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته و مشاهدات میدانی و جدول مستخرج منطقه ۴ با داشتن ۳۲۸ هکتار از بافت‌های شهری در سطح تاب‌آوری بسیار پایین و ۵۹۳ هکتار در سطح تاب‌آوری پایین از نظر رتبه‌بندی تاب‌آوری داری کمترین تاب‌آوری را در بین مناطق ده‌گانه شهر تبریز دارا است. منطقه ۱۰ نیز با داشتن ۳۱۰ هکتار در سطح تاب‌آوری بسیار پایین و ۱۸۴ هکتار در سطح تاب‌آوری پایین در جایگاه بعدی قرار دارد و در رتبه بعد منطقه ۱۳ با داشتن ۲۶۴ هکتار در سطح تاب‌آوری بسیار پایین و ۴۳۱ هکتار در سطح تاب‌آوری پایین قرار دارد، و همچنین در منطقه ۱، ۱۵۰ هکتار از بافت‌ها در سطح بسیار پایین تاب‌آوری قرار دارند و ۲۲۶ هکتار در سطح پایین تاب‌آوری قرار دارند. و مناطق

۲-۵-۷-۸-۶-۹ در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۶). با توجه با نقشه‌های جمعیتی هریک از مناطق مشخص شده است که این مناطق جزء نواحی پرتراکم جمعیتی می‌باشند که اگر قبل از وقوع بحران و بلایا چاره و تمهیداتی اندیشیده نشود در هنگام بروز بحران‌های احتمالی با مشکلات جدی روبرو خواهد شد و آسیب‌های زیان‌بار و جبران‌ناپذیری را به بار خواهد آورد و همچنین این مناطق به لحاظ تراکم ساختمانی و آموزشی و تجاری نیز از مناطق پرتراکم به شمار می‌روند و همچنین این مناطق دارای بافت فرسوده و مسکن و اسکان غیررسمی می‌باشند که در تصمیمات کلان باید توجه جدی به این مناطق صورت پذیرد. در ادامه به بررسی فرضیه‌های ارائه شده در بخش مقدمه می‌پردازیم. ۱- تاب‌آوری کالبدی - محیطی مناطق ده‌گانه شهر تبریز در برابر زلزله سطوح متفاوتی را دارا هستند. جدول و مطالعه نقشه‌های‌ها مشخص شده است که $6832/18$ هکتار از کل مناطق تبریز دارای سطح تاب‌آوری بالا و $11546,88$ هکتار دارای سطح تاب‌آوری نسبتاً بالا، $2473/53$ هکتار تاب‌آوری نسبتاً پایین $1904/63$ ، هکتار دارای تاب‌آوری پایین و $1102/39$ هکتار دارای تاب‌آوری بسیار پایین می‌باشند (جدول ۵). سطوح تاب‌آوری محیطی - کالبدی مناطق ۴، ۱۰، ۳، ۱، به ترتیب دارای کمترین سطح تاب‌آوری می‌باشند و سطوح تاب‌آوری محیطی - کالبدی مناطق ۲، ۵، ۷، ۸، ۶، ۹ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. که طبق این نتایج فرضیه ما مورد تأیید می‌باشد. ۲- مولفه‌های اثرگذار در تاب‌آوری محیطی کالبدی شهر تبریز در مواجهه با زلزله اثربخشی متفاوتی را دارا می‌باشند. بر مبنای سنجشی از ارزش‌گذاری معیارها توسط ۱۰ کارشناس شهرسازی، پدافند غیرعامل، می‌توان گفت، مولفه کالبدی بیشترین تأثیر را در بین مولفه‌های معرفی شده دارد. در مولفه کالبدی، زیرمعیار زیرمعیار قدمت ساختمان و کیفیت ساختمانی به ترتیب با اوزان ۰,۱۲۱ و ۰,۱۲۰ بیشترترین دارا می‌باشند و طبق نتایج حاصله این فرضیه مورد تأیید می‌باشد. در نتیجه با توجه به مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته و ارزیابی‌های انجام گرفته در برابر زلزله و با متدها و روش‌های متفاوت در شهر تبریز و همچنین بازدیدهای میدانی مشخص شد که نتایج این پژوهش همسو با نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

منابع

- 1- Karmi, Mohammadreza, and Amirian, Sohrab (2017). Urban Vulnerability Zoning due to Earthquake Using FuzzyAhp Model, Case Study: Shahrtabriz, Physical Development Planning, 5(1): 110-124
- 2- Mir Abadi Mostafa, Basharti Far Sadegh, Karimi Ahmad (2017). an analysis of the spatial pattern, dimensions and factors related to urbanization in the contemporary period in Iran, Urban Planning Geography Research Quarterly, Vol.e 6, No. 3, pp. 605-627
- 3- Shaygan, Mehran; Makram, Marzieh (1400). Investigation of water quality in GIS environment using network analysis process, Remote Sensing of Iran, 13th year, Fall 1400, No. 3, pages 113-126
- 4- Azizi, Mohammad Mahdi, (2013). the optimal process of urban planning in air attacks from the point of view of passive defense (case study: district one, district 11 of Tehran), Urban Studies Scientific Research Quarterly, number one.
- 5- Karai, Fariba; Masnavi, Mohammad Reza; Haji Banda, Mona; (2016). Expanding the key indicators of measuring urban spatial resilience: a brief review of theoretical literature. Bagh Nazar 14(57), 19-32
- 6- Ramzanzadeh Lesboi, Mehdi (2015). Basics and Concepts of Urban Resilience (Models), Report No. 373
- 7- Geographical Organization of the Armed Forces (2008), page 48
- 8- Bardi Anna Muradnejad, Rahim, (2016) An analysis of spatial planning and urbanization development pattern in Iran, Urban Research and Planning Quarterly, Year 7, No. 26, pp. 112-93
- 9- Anari, Farzad; Iqbali, Nasser; Moidfar, Reza, (2018). Analysis and evaluation of the effective variables on improving the resilience of the urban road network against natural and man-made crises. Case example: (Five regions of the eastern area of Tehran). Scientific-research quarterly of geography and regional planning. Year 9, No. 3, pp 351-364
- 10- Zarghami, Saeed; Timuri, Asghar; Mohammadian, Hassan; Shamaei, Ali (2015). Measuring and evaluating the resilience of urban neighborhoods against earthquakes (central part of Zanjan city), *Pezohesh and Urban Planning Journal*, 7th year, 27th Issue pp. 77-92
- 11- Rajaei, Abbas; Mansourian, Hossein; Sultani, Marzieh; (1400). Spatial analysis of urban resilience against earthquakes, a case study: one area of Tehran city, Paydar Quarterly, Vol. 4, Number 1, Spring 1400, pp. 1-13

- 12- Maleki, Saeed; Razavi, Masoumeh; Ramadanpour, Khatereh (2019). Measuring and evaluating the resilience of urban areas against earthquakes (case: the western area of Izeh city), *Urban Planning Scientific Research Quarterly*, 1400, 12(47): pp. 202-187
- 13- Tumini, I., Villagra-islas, P., & herrmann-lunecke, G.J.N.H. (2017). Evaluating reconstruction effects on urban resilience: a comparison between two Chilean tsunami-prone cities. 85(3), 1363-1390.
- 14- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., paraszczak, J., & Morris, R.J.C. (2011). Smarter cities and their innovation challenges, 44(6), 32-39.
- 15- Ma, Fei.; Liu, Fei.; Yuen, K.F. (2019). Cascading failures and vulnerability evolution in bus-metro complex network under rainstorm weather conditions. *Int. J. Env. Res. Pub. He.*, 16, 329, <https://doi.org/10.3390/ijerph16030329>.
- 16- Ma, Fei.; liang, Y.; Yuen, K.F.; Sun, Q.P. (2020). Assessing the vulnerability of urban rail transit network under pollution: a dynamic vehicle restriction perspective. *Sustain. Cities soc*, 52, DOI:10.1016/j.scs.2019.10185.
- 17- Jabareen, Y. (2015). The risk city resilience trajectory. In *the risk city* (pp. 137-159): springer.
- 18- Heinzlef, C., Robert, B., Hémond, Y., & serre, D.J.C. (2020). Operating urban resilience strategies to face climate change and associated risks: some advances from theory to application in Canada and France. 104, Pub Date: 2020-05-23, DOI: 10.1016/j.cities.2020.102762.
- 19- Allen, C.R., Birge, H.E., Bartelt-Hunt, S., Bevans, R. A., Burnett, J. L., Cosens, B. A.,... Uden, D.R. (2016). Avoiding decline: Fostering resilience and sustainability in midsize cities. *Sustainability (Switzerland)*, 8(9). doi: 10.3390/su8090844
- 20- Esmail Nasiri Hende Khaleh; Elham Eftekhari; Hasan Nezafat (2021). Evaluation of environmental physical resilience components of dysfunctional urban tissues to reduce earthquake crisis: A case study on Mallard. Vol. 8, Issue 29, Autumn 2021, Pages 149-169.
- 21- Weiyi, Chen, LimaoZhang (2021). Resilience assessment of regional areas against earthquakes usingmultisourceinformationfusion, Vol. 215, November 2021, 107833, <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107833>.
- 22- Stefania, Oliva: Luciana, Lazzeretti (2018). Measuring the economic resilience of natural disasters: An analysis of major earthquakes in Japan, Volume 15, December 2018, Pages 53-59, <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2018.05.005>.
- 23- Molavi.M. (2018). Measuring Urban Resilience to Natural Hazards. *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 11(2), 195-212. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/5485>.

- 24- Ayyoob , Sharifi, Yoshiki, Yamagata (2018). Resilience-Oriented Urban Planning, Resilience-Oriented Urban Planning pp 3-27. DOI: 10.1007/978-3-319-75798-8_1
- 25- Ng, S.T.; Xu, F.J.; Yang, Y.; Lu, M.; Li, J. (2018). Necessities and challenges to strengthen the regional infrastructure resilience within city clusters. *Procedia Eng*, 212, 198–205.
- 26- Nagenborg, M. (2019). Urban resilience and distributive justice, *Sustainable and Resilient Infrastructure*, Link to this article: <https://doi.org/10.1080/23789689.2019.160765>.
- 27- Sadra Karimzadeh , Masakatsu Miyajima , Reza Hassanzadeh, Reza Amiraslanzadeh, Batoul Kamel.(2014) A GIS-based seismic hazard, building vulnerability and human loss assessment for the earthquake scenario in Tabriz. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 66, November 2014, Pages 263-280.
- 28- Sadra Karimzadeh, Bakhtiar Feizizadeh, Masashi Matsuoka (2017). From a GIS-based hybrid site condition map to an earthquake damage assessment in Iran: Methods and trends, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 22, June 2017, Pages 23-36.