بررسی خطر و ریسک زلزله بر بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز با استفاده از روش ELECTRE FUZZY و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

منیر شیرزاد گرجان[۱]، حسین نظم فر*[۲]، ابوالفضل قنبری[۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی

۲. استاد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تبریز

ایمیل نویسنده مسئول:nazmfar۲۰@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۱/۳۱

چکیده

بررسی وضعیت سکونتگاهای غیر رسمی نسبت به وقوع بحران احتمالی، نقش حیاتی در مدیریت کارآمد در زمان وقوع بحران خواهد داشت. با در نظر گرفتن اهمیت موضوع در این پژوهش سعی شده است تا با بکارگیری تکنیک های ELECTRE FUZZY و GIS برآورد مناسبی ازمیزان خطرپذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در مقابل زلزله انجام گیرد. معیارهای (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) در پژوهش حاضر مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن است که ۳۴.۶۱ ٪از مساحت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری خیلی زیاد۱۳ .۲۷ ٪ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و ۲۵.۵۷ ٪ در معرض آسیب-پذیری متوسط و تنها ۱۲.۶۹ ٪ در معرض آسیب‌پذیری کم قرار دارد. همچنین نتایج حاصل از محاسبات روش الکتره فازی حاکی از آن است که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ با کسب رتبه ۱ کمترین میزان آسیب پذیری را تجربه خواهند کرد در حالی که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱ و ۱۰ با کسب رتبه ۵ بیشترین آسیب پذیری را تجربه خواهند کرد. سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق۱۰ و۱ به دلیل تراکم بالای جمعیتی ، بافت ریز دانه، معبرهای تنگ و کم عرض، ساخت و ساز در حریم گسل شمال تبریز، ابنیه های با مقاومت پایین در طیف آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. در کل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در صورت مدیریت صحیح ساخت و ساز و رعایت دقیق ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله در سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز شاهد نزول خطرات ناشی از زلزله خواهیم بود.

کلمات کلیدی

"سکونتگاه غیر رسمی" ، "زلزله" ، "ریسک" ، "بافت" ، "تبریز"

۱- مقدمه

طبق آخرین گزارش سازمان ملل، جمعیت جهانی در سال (۲۰۱۸) ٦.٦ میلیارد نفر و جمعیت شهری ٤.۲ میلیارد نفر بود. تا سال ۲۰۵۰، جمعیت جهانی به ۷/۹ میلیارد نفر می رسد و ٦٨ در صد از جمعیت در مناطق شهری زندگی خواهند کرد (Liquan et al، ۲۰۲۰). افزایش سریع شهرنشینی باعث رشد سکونتگاه‌های غیر رسمی در زمین های در معرض خطراتی مانند رانش زمین می شود و خطر را در بین جمعیت کم درآمد افزایش می دهد. اگرچه روش های فنی و اجتماعی مدیریت خطر زمین لرزه شناخته شده است، اما در کشورهای توسعه نیافته این اقدامات اغلب به دلایل پیچیده اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و نهادی دشوار است (اسمیت۱ و همکاران۲۰۲۰). روند رو به رشد شهرنشینی در کشورهای توسعه نیافته و بحران مسکن باعث افزایش حلبی آباد و ساخت مساکن فاقد استانداردهای لازم شهرسازی می‌شود(ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۲). ازآنجاکه اسکان غیررسمی از زمینه‌ای بزرگتر از مکان آن ناشی می شود و بر محیطی بزرگتر از آن نیز تأثیر می‌گذارد، راه حل این مسئله به سیاستگذاری و اقداماتی نه فقط در سطح کوچک آن، بلکه در سطح بزرگ نیاز دارد (حکیمی و همکاران، ۱۳۹۷). از آنجایی که سکونتگاه های غیر رسمی دارای کیفیت نسبتاً ضعیفی هستند و از طرح های مقاوم در برابر زلزله استفاده نمی کنند، انتظار می رود آسیب پذیری بالای در برابر زلزله داشته باشند. علاوه بر این، این سکونتگاه ها اغلب مناطقی را اشغال می کنند با خطر لرزه ای بالا، که ممکن است زمین لغزش و مایعات ایجاد شود. از این رو ، خطر و

[۱] Smith

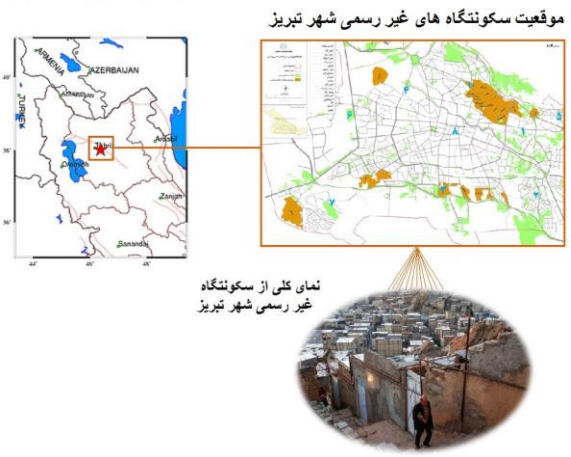
آسیب پذیری یک خطر لرزه ای مهم ایجاد می کند(۲۰۰۸ ،Castillo et al). در صورت سازماندهی نظام دسترسی به عنوان شاه راهای حیاتی، بافت سکونتگاه ها غیررسمی مناطق امکان ادامه زندگی را خواهند داشت (وادیع خیر و درستکار، ۱۴۰۰). درک تأثیرات استراتژی های تعدیل و سازگاری در بخش مسکن به تصمیم گیرندگان کمک می-کند تا گزینه‌هایی را انتخاب کنند که کیفیت زندگی را بهبود بخشد و شکاف های توسعه و برابری را در شهرها کاهش دهد. توابع تحلیلی GIS می توانند در شناخت پهنه‌های زلزله خیز کمک کنند و سبب حفظ سرمایه‌های انسانی و در درجه دوم منابع مالی می‌شود. با مشخص کردن مناطق پر خطر در شهر می‌توان در مورد ایجاد خیابان های حیاتی در مناطق کم خطر تصمیم‌گیری نمود(ولیزاده کامران،۱۳۸۰) شهرها باید بتوانند در سطوح و بخش های مختلف راهکارهای جدیدی را فراگیرند، با مشکلات انطباق یابند، و بتوانند بر آن‌ها غلبه کنند (۲۰۱۷ ،Spans and Waterhot). اتخاذ تدابیر پیشگیرانه و مدیریت بحران شهرها به ویژه نواحی نابسامان شهری در مقابل زمین لرزه الزامی است، زمانی که شهرها همزمان با فرسودگی، حلبی آباد هم دارند، حساسیت این موضوع چند برابر می گردد(محمدی و بهمن جاوید، ۱۳۹۵). با توجه به این موضوع، شهر تبریز یکی از کلانشهرهای کشورمان می‌باشد که از نظر مخاطره زلزله در حد آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. این شهر، به عنوان مقصد مهاجرت کنندگان در ناحیه شمال غرب ایران است و به علت مطابقت نکردن شرایط اجتماعی و اقتصادی مهاجرین با شرایط قیمت زمین و مسکن در داخل شهر تبریز، به مناطق اطراف شهر و اراضی با مشکلات زیاد به لحاظ طبیعی و توپوگرافی کشیده می‌شوند. ادامه مهاجرت جمعیت به شهر تبریز، ایجاد مسکن با مصالح نامناسب و سازه ناپایدار، سکونت جمعیت فقیر با شغل ناپایدار و نامشخص، وجود مخاطرات طبیعی همچون زمین لغزش و زمین لرزه، افزایش رشد جمعیت، جاده های نامناسب و غیره را در سکونتگاه‌های غیر رسمی شهر به دنبال دارد. در طبقه بندی نسبی خطر زمین‌لرزه، کلانشهر تبریز در جایگاه دسته بندی با خطر نسبی بسیار بالا قرار دارد. گسل تبریز در کنار شهر قرار گرفته و در قسمت های نیز شهر بر روی آن بنا شده است(ولی زاده کامران و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به نتایج روش های تجربی، گسل تبریز می تواند زمین‌لرز-هایی به بزرگی ۶/۸ ریشتر را ایجاد کند. اگر چنین زمین لرزه ای به وقوع بپیوندد از کل جمعیت ۱۶۰۵۸۸۴ نفری شهر تبریز به تعداد حدودی ۱۲۵۲۵۸۹ نفر آسیب دیده ها شب هنگام شامل ۶۵۸۴۱۲ نفر مرگ و ۵۹۴۱۷۷ نفر مجروحین در شرایط تخریبی کامل ساختمان ها برآورد شده است (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۵). هنگام شنیدن سکونتگاه‌های غیررسمی، ممکن است عکس هایی از خانه های فلزی و موجدار محله های فقیرنشین به ذهن شما خطور کند. حال آنکه مردم کمتر از این واقعیت آگاهی دارند که از ۸۶۳ میلیون نفر که در سکونتگاه‌های غیر رسمی سراسر جهان پخش شده اند.(سازمان ملل ۲۰۱۵)، بیش از ۴۵۰ هزار نفر در سکونتگاه های غیر رسمی کلانشهر تبریز واقع شده‌اند. مساحت این نوع از سکونتگاه ها در تبریز ۴۰۰ هکتار می باشد(ملکی و همکاران ، ۱۳۹۶). سکونتگاه‌های غیررسمی این شهر در کنار گسل فعال به وجود آمده اند ؛ این محدوده از نظر ساخت و ساز و برنامه ریزی شهری در حالت نامناسبی قرار دارند و اگر زلزله ی بروز دهد می تواند فاجعهٔ انسانی با توجه به میزان بالای جمعیتی و سایر مسائل مؤثر در افزایش آسیب پذیری به دلیل مخاطره زلزله در این مناطق ایجاد شود. توجه به این امر حیاتی است که از به وجود آمدن زمین لرزه نمی‌توان جلوگیری کرد، اما می‌توان مقدار تلفات و خسارات حاصله از وقوع آن را کاهش داد. حذف فاجعه غیرممکن است، اما کم کردن خطرات ناشی از آن ممکن است(محمدی و جاویدمغوان، ۱۳۹۵). یکی از مهمترین عامل های کم کردن خطر زمین لرزه، آمادگی قبلی جمعیت برای برخورد با آن است. این آمادگی به معنی داشتن برنامه مشخص است. با در نظر گرفتن اهمیت موضوع برآورد آسیب پذیری سکونتگاه های غیر رسمی در مقابل مخاطره زلزله در بحث های مربوط به جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، در این پژوهش سعی شده است تا با بکارگیری تکنیک هایELECTRE FUZZY و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برآوردی مناسبی ازمیزان خطرپذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در مقابل زلزله با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی اجزا و عناصر اصلی و رفتاری ساختمانی انجام گیرد. در مورد پیشینه تحقیق می‌توان گفت در زمینه سکونتگاه‌های غیر رسمی مطالعاتی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته که در زیر به چند مورد اشاره می‌شود، در داخل کشور: (خدمت زاده و همکاران، ۱۴۰۰) در پژوهش به تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری شهر ارومیه با رویکرد مدیریت بحران زلزله پرداخته‌اند نتایج مطالعات آنها نشان دهنده آن است که، بیشترین آسیب پذیری در مناطق با شیب های بیشتر از ۲۰ درصد و نواحی با تراکم جمعیتی بالا مشاهده می‌شود. نواحی با آسیب پذیری خیلی زیاد با

۱۲ / ۳٤درصد، زیاد با ۸۱ / ۱۱ درصد، متوسط با / ۳۰ ۳۷درصد، کم با ۸۹ / ۲۰ درصد و خیلی کم با ۷/۲ درصد از مساحت بلوک‌های آماری را به خود اختصاص دادند. (شماعی و همکاران،۱۳۹۹) در پژوهشی با استفاده از مدل Fuzzy AHP و سیستم اطلاعات مکانی به تحلیل آسیب-پذیری بافت‌های قدیمی شهر کاشان در برابر زلزله پرداخته‌اند، یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که از لحاظ آسیب‌پذیری ۱۱ درصد مساحت بافت شهر در طیف خیلی کم، ۷ درصد در طیف کم،۱۵ درصد در طیف متوسط، ۲۲ درصد در طیف بالا، و ٤٥ درصد در طیف خیلی بالا قرار دارد. تمرکز فضایی آسیب‌پذیری در بخش مرکزی بافت قدیم به سبب مصالح کم‌دوام، کیفیت نامطلوب ساخت و قدمت زیاد ابنیه است. (خدادادی و همکاران،۱۳۹۹) در پژوهشی به آسیب‌پذیری کلانشهر کرج در برابر مخاطره زلزله با روشELECTRE FUZZY پرداخته‌اند، نتایج حاصله حاکی از آسیب‌پذیر بودن مناطق ٦، ۸، ۱ و ۷ شهرداری کرج در برابر زلزله است طوری که بیش از ۷۰ درصد از شهر کرج ازنظر خطر آسیب‌پذیری در برابر زلزله در طبقه خیلی کم و کم قرار گرفته است. در خارج از کشور: (Byron Wakd et al، ۲۰۲۱) در مقاله ای به ارزیابی چند معیاره مبتنی بر GIS برای پاسخ به زلزله ونکوور کانادا پرداخته‌اند، در این مطالعه، پاسخ سهامداران ناآگاه، مطلع و غیر متخصص و خبره را در مدل سازی MCE برای برنامه ریزی پاسخ به زلزله در ونکوور ، کانادا مقایسه می شود. با استفاده از مدل های MCE با پیچیدگی متوسط تا پایین، شباهت ها و تفاوت ها را در اهمیت متغیرهای زیرساختی و اجتماعی اقتصادی، خدمات اضطراری و پتانسیل روانگرایی بین MCE غیر وزنی، MCE غیر متخصص آگاه با پیچیدگی متوسط و MCE کم برجسته شده است. پیچیدگی MCE توسط ۳۵ کارشناس محلی برنامه ریزی و پاسخ به زلزله از سازمان های دولتی و غیر دولتی اطلاع داده شده است. تفاوت در نتایج مشاهده شده اهمیت رویکردهای قابل دسترس و خبره را برای اولویت بندی مکان ها برای برنامه ریزی پاسخ به زلزله و برای تخصیص کارآمد و دقیق جغرافیایی تأکید می‌کند. (Jana et al، ۲۰۲۰) برای ارزیابی میزان آسیب-پذیری ناشی از زلزله در شهر بانداآچه در کشور اندونزی، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS استفاده کردند. در تحقیق مذکور، عوامل مختلف اجتماعی، ساختاری و ژئوتکنیکی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بخش مرکزی شهر در منطقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد قرار گرفته است. (Smith et al، ۲۰۲۰) در مقاله ای به بررسی خطرات زمین لغزش در شهرک های غیررسمی: تأملاتی از یک تجربه آزمایشی در مدلین، کلمبیا پرداخته-اند، پروژه آزمایشی توصیف شده و تجزیه و تحلیل شده در این مقاله راهی را برای ایجاد مکانیزمی برای گفتگو و در نهایت تصمیم گیری مشترک، بین دولت محلی و جامعه در مدیریت خطر لغزش در سکونتگاه های غیر رسمی بررسی و نشان داد که چنین تصمیم گیری مشترک مهم، اما دستیابی به آن دشوار است، نه تنها بین جامعه و سایر ذینفعان، بلکه همچنین در درون هر یک از ساکنان نیز وجود دارد زیرا یکپارچه نیستند. از این رو هدف این پژوهش؛ بررسی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز و ارائه راهکاری مطلوب جهت کاهش آسیب‌پذیری این سکونتگاه‌ها می‌باشد. با مروری بر تحقیقات مرتبط می‌توان دریافت که تاکنون پژوهش‌های در زمینه خطر وقوع زلزله انجام گرفته است، اما در خصوص بررسی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی در مقابل زلزله مطالعات اندکی انجام شده است. و اکثرا از تکنیک AHP بهره گرفته اند. همچنین بیشتر تحقیقات انجام گرفته در رابطه با سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز به بررسی چند محله از سکونتگاه های غیر رسمی اکتفا کرده‌اند. بنابراین بررسی کل محلات سکونتگاه‌های غیررسمی شهر تبریز و استفاده از تکنیک هایELECTRE FUZZY و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به منظور سنجش میزان آسیب‌پذیری ازخطر زلزله نوآوری تحقیق به شمار می‌رود.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

شهر تبریز یکی از کلان شهرهای کشورمان می‌باشد. وسعت این شهر حدود ۱٤۰۰ هکتار(تیموری و همکاران، ۱۳۸۹) و دارای جمعیتی برابر با ۱٦۰٥۸۸٤ نفر می‌باشد(عابدینی و همکاران، ۱۳۹٥). مساحت سکونتگاه های غیر رسمی در شهر تبریز ٤۰۰ هکتار با جمعیتی بیش از ٤٥۰ هزار نفر می باشد(ملکی و همکاران ، ۱۳۹٦). این شهر از لحاظ مختصات جغرافیایی در٤٦ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ٤ دقیقه عرض شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است(شکل۱).



شکل۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

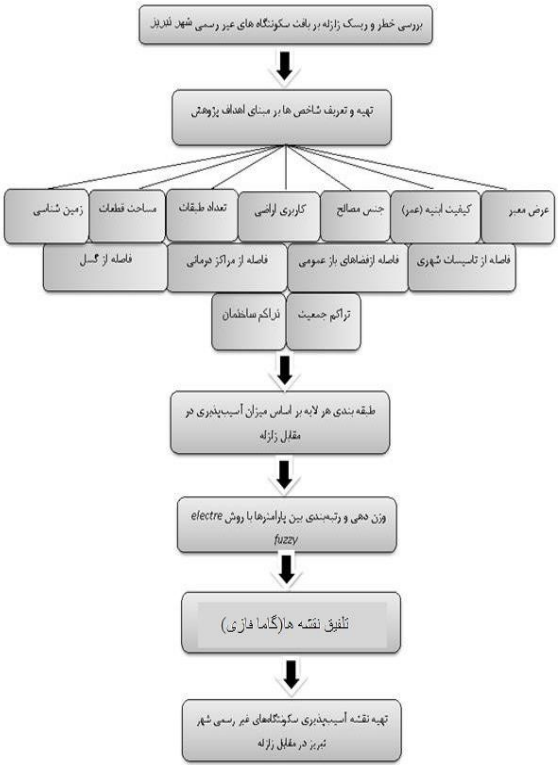
منبع: نویسندگان

- **روش تحقیق**

این مطالعه ازنظر روش، توصیفی- تحلیلی و هدف آن کاربردی محسوب می شود. برای گردآوری داده ها در این مطالعه از اسناد و مدارک نوشتاری، داده‌های آماری، اسناد تصویری و بررسی های میدانی استفاده شده است. همچنین نقشه های توپوگرافی۱/۲۵۰۰۰، زمین-شناسی۱/۱۰۰۰۰۰ ، نقشه‌های شهری۱/۲۰۰۰، مدل ارتفاع رقومی(DEM) ده متر، نقشه گسل‌های اصلی و فرعی و نقشه کاربری اراضی مورد استفاده در پژوهش بودند. در پژوهش حاضر به منظور تبیین وضعیت آسیب-پذیری ناشی از مخاطره زلزله در سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز فهرستی از معیارها بر اساس پیشینه پژوهش استخراج شد و با توجه به وجود داده‌های قابل دسترسی، ۱۳ معیار انتخاب شدند. به منظور وزن‌دهی به شاخص ها از مدل فازی استفاده شده است و برای رتبه-بندی شاخص‌ها و متغیرهای از مدل ELECTRE FUZZY استفاده شده است. در نهایت برای تعیین میزان آسیب پذیری بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز با استفاده از نرم افزار GISپارامترهای وزن دار شده در یک تابع قرار داده شدند.

- **معرفی متغیرها و شاخص‌ها**

در این پژوهش به منظور بررسی خطر و ریسک زلزله بر بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز از تعداد سیزده شاخص استفاده شده است که شکل ۲ فلوچارت شاخص ها و مراحل تحقیق را نشان می‌دهد.



- **فازی سازی داده ها**

فازی سازی مستقیم یا با استفاده از الگوریتم‌ها و عبارات منطقی انجام می‌شود. در پژوهش حاضر جهت فازی‌سازی اعداد از دو روش، محاسبه مستقیم و محاسبه کارشناسانه استفاده شده است. در محاسبه کارشناسانه ابتدا دامنه تغییرات تک تک پارامترها تعیین می شود سپس، طبق پژوهش‌های قبلی طبقه‌بندی می‌شوند و در نهایت به صورت دستی، براساس واقعیت و طبق نظر کارشناسان، وزن‌دهی می شوند. به منظور ایجاد مجموعه های فازی می‌توان از توابع ریاضی چون آستانه خطی سیگموئیدال،S شکل، هایپربولیک و ...استفاده کرد، برای مثال اگر برای خطرپذیری بافت سکونتگاه غیر رسمی متغیری مانند فاصله از گسل مورد پژوهش قرار گیرد، تعیین درجه عضویت به صورت (رابطه ۱)خواهد بود:

$$f(x)\begin{cases} \text{اگر } x < ۱۰۰۰ \text{ متر} \rightarrow \text{امتیاز}(۱) \\ \text{اگر } ۱۰۰۰ < x < ٤۰۰۰ \text{ متر} \\ \text{اگر } x > ۲۰۰۰ \rightarrow \text{امتیاز}(۰) \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{xmax - x}{\Delta x} = \text{امتیاز} \qquad (۱)$$

رابطه یک نشان دهنده این مطلب است که مقدار فازی نقطه ۱۰۰۰ متری از گسل برابر با (۱)، مقدار فازی نقطه‌ی ٤۰۰۰متری از گسل برابر با (۰) و مقدار فازی نقطه ۱٦۰۰ بر اساس تابع آستانه خطی برابر با ۰،٤٦ خواهد بود. برای

تک تک لایه های دیگر همین مراحل پیاده‌سازی و فضای منطقه ارزش‌گذاری می‌شود.

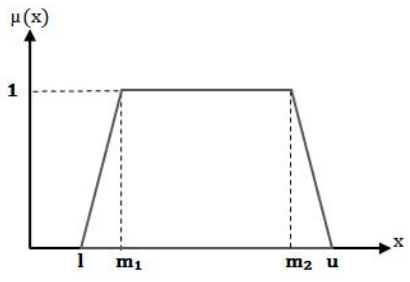
- روش ELECTRE FUZZY

روش الکتره (ELECTRE) از جمله روش‌های با کاربرد زیاد تصمیم گیری است. استفاده از روش الکتره فازی (ELECTRE FUZZY)با در نظر گرفتن حالت عدم اطمینان آن و جهت تکمیل آرایه عملکرد تصمیم گیری استفاده می شود. تکنیک ELECTRE به معنی روش پاک کردن و انتخاب هماهنگ با واقعیت می باشد. از مهمترین فنون جبرانی، برمبنای مفهوم غیر رتبه ای، جواب این روش براساس یک مجموعه از رتبه هاست این روش به روابط غیر رتبه ای یعنی حتما به طبقه بندی گزینه ها منجر نمی-شود بلکه ممکن است گزینه هایی را حذف کند. در این مدل همه گزینه ها به وسیله مقایسات غیر رتبه ای ارزیابی می‌شوند و مقایسات زوجی بر اساس درجه توافق از اوزان و درجه اختلاف از مقادیر وزین استوار می باشد.

مراحل محاسبات روش مذکور به شرح زیر است:

- تشکیل ماتریس تصمیم فازی
- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم
- تشکیل ماتریس نرمال وزن دار
- محاسبه فاصله بین هر دو گزینه
- ساخت مجموعه موافق و ایجاد ماتریس موافقت
- تشکیل ماتریس بولین موافق
- ساخت مجموعه مخالف و ایجاد ماتریس مخالف
- تشکیل ماتریس بولین مخالف
- تشکیل ماتریس نهایی
- رتبه بندی نهایی گزینه ها

در تحقیق پیش رو، از روش الکتره فازی ذوزنقه‌ای استفاده شده است(شکل۳).



شکل۳- عدد فازی ذوزنقه ای

منبع:Pour Taheri، ۲۰۱۳

با توجه به این که اعداد فازی به صورت سلیقه‌ای در نظر گرفته می‌شوند، در پژوهش حاضرعدادی بین ۰ و۱ در نظر گرفته شده است.

جدول۱- تحدید حدود فازی و پارامترهای زبانی

پارامترهای زبانی	عبارت اختصاری	اعداد فازی ذوزنقه ای
Very Low (خیلی پایین)	VL	(۰،۰،۰/۱ ،۰/۲)
Low (پایین)	L	(۰/۰،۱/۲ ،۰/۲ ،۰/۳)
Medium Low (نسبتا پایین)	ML	(۰/۲ ، ۰/۳ ، ۰/٤، ۰/٥)
Medium(متوسط)	M	(۰/٤ ، ۰/٥ ، ۰/٥ ، ۰/٦)
Medium High (نسبتا بالا)	MH	(۰/٥ ، ۰/٦ ، ۰/۷ ، ۰/۸)
High (بالا)	H	(۰/۷ ، ۰/۸، ۰/۸ ، ۰/۹)
Very High (خیلی بالا)	VH	(۰/۸ ، ۰/۹ ،۱،۱)

در روش ELECTRE FUZZY حل مسئله با ایجاد ماتریس تصمیم فازی شروع می‌شود(رابطه۲):

برای تشکیل آرایه تصمیم فازی از m گزینه و n مقیاس استفاده می شود، ابتدا اهمیت فازی هر مقیاس مشخص می‌شود این اهمیت همان وزن مقیاس است که توانایی دارد که مستقیم توسط تصمیم گیرنده تعیین شود و یا از روش‌هایی نظیر AHP FUZZY و یا بهترین بدترین فازی تعیین شود. هرچند می توان وزن‌ها را به صورت حتمی تعیین کرد و جهت فازی کردن آن وزن را سه بار تکرار نمود.

$$\tilde{U} = \begin{bmatrix} \tilde{W}_1 & \tilde{W}_2 & \cdots & \tilde{W} \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ . & . & \cdots & . \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

Normalization آرایه تصمیم

Normalization در روش الکتره فازی (ELECTRE FUZZY)توسط دو فرمول زیر برای معیارهای مثبت و منفی انجام می شود اگر معیار حالت مثبت داشته باشد یعنی افزایش آن معیار باعث بهتر شدن در سیستم شود از رابطه (۳) استفاده میکنیم و اگر معیار باعث منفی داشته باشد یعنی کاهش آن باعث بهتر شدن در سیستم شود از رابطه (٤) استفاده می شود.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(r_{ij}{}^{i}, r_{ij}{}^{y}, r_{ij}{}^{w}\right) = \left(\frac{x_{ij}{}^{i}}{c_j^*}, \frac{x_{ij}{}^{y}}{c_j^*}, \frac{x_{ij}{}^{w}}{c_j^*}\right),$$
$$c_j^* = \max\left(r_{ij}{}^{w}\right), j \in B \qquad (۳)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(r_{ij}{}^{i}, r_{ij}{}^{y}, r_{ij}{}^{w}\right) = \left(\frac{a_j^-}{x_{ij}{}^{w}}, \frac{a_j^-}{x_{ij}{}^{y}}, \frac{a_j^-}{x_{ij}{}^{i}}\right),$$
$$a_j^- = \min\left(x_{ij}{}^{i}\right), j \in C \qquad (۴)$$

تشکیل آرایه Normalization وزن دار

در این مرحله وزن های معیارها که در گام ۱ بدست آورده بودیم را در آرایه نرمال شده ضرب می کنیم. تا آرایه وزن دار به وجود آید(جدول۲).

محاسبه امتداد بین هر دو انتخاب

در این مرحله با استفاده از رابطه (۵) امتداد بین هر دو انتخاب مساله را نسبت به هر ظابطه بدست می آوریم.

$$d = \left(\tilde{A}, B\right) = \sqrt{\sum_{k=1}^{3} (A_k - B_k)^2} \qquad (۵)$$

مجموعه سازگار و ناسازگار از آرایه وزن دار شده بدست می آیند و برای تشکیل آرایه های سازگار و ناهماهنگ از رابطه (۵) استفاده می شود.

ساخت کلکسیون هماهنگ و ایجاد آرایه هماهنگ

کلکسیون هماهنگ کلکسیونی از گزینه است که $V_{xj} > V_{yj}$ است که V همان آرایه نرمال وزن دار است. که آرایه هماهنگ از مجموع وزن تمام گزینه ها موجود در گزینه های هماهنگ بر اساس رابطه (٦) حاصل می شود(جدول ۳).

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} \tilde{C}_{11} & \cdots & \tilde{C}_{1X} & \cdots & \tilde{C}_{1(m-1)} & \tilde{C}_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \tilde{C}_{x1} & \cdots & \cdots & \cdots & \tilde{C}_{x(m-1)} & \tilde{C}_{xm} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \tilde{C}_{xy} & \cdots & \cdots \\ \tilde{C}_{(m-1)1} & \cdots & \tilde{C}_{(m-1)y} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \tilde{C}_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & \tilde{C}_{m(m-1)} & \tilde{C}_{mm} \end{bmatrix}$$

$$where\ \tilde{C}_{xy} = \left(c_{xy}^{i}, c_{xy}^{y}, c_{xy}^{w}\right) = \left(\sum_{j \in j^c} W_j^i, \sum_{j \in j^c} W_j^y, \sum_{j \in j^c} W_j^w\right) \qquad (٦)$$

در نهایت مقدار نهایی کلکسیون هماهنگ را از رابطه (۷) بدست می آوریم. که این همان میانگین حسابی از درایه های آرایه هماهنگ است.

$$\tilde{\tilde{C}} = \sum_{x=1}^{m} \sum_{y=1}^{(m-1)} \frac{\tilde{C}x_y}{m(m-1)} \qquad (۷)$$

تشکیل آرایه بولین هاهنگ

با استفاده از مقدار نهایی و آرایه هماهنگ، می توان آرایه بولین (صفر و یک) را ایجاد کرد مطابق رابطه (۸). اگر درایه آرایه هماهنگ از مقدار نهایی بزرگتر باشد عدد متناظر آن در آرایه بولین ۱ می شود و برعکس.

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1X} & \cdots & e_{1(m-1)} & e_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ e_{x1} & \cdots & \cdots & \cdots & e_{x(m-1)} & e_{xm} \\ \cdots & \cdots & \cdots & e_{xy} & \cdots & \cdots \\ e_{(m-1)1} & \cdots & e_{(m-1)y} & \cdots & \cdots & \cdots \\ e_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & e_{m(m-1)} & e_{mm} \end{bmatrix}$$

$$where\ \{\tilde{C}_{xy} \geq \tilde{\tilde{C}} \leftrightarrow e_{xy} = 1,$$
$$and\ \tilde{C}_{xy} \leq \tilde{\tilde{C}} \leftrightarrow e_{xy} = 0 \qquad (۸)$$

ساخت کلکسیون ناهماهنگ و ایجاد آرایه ناهماهنگ

کلکسیون ناهماهنگ کلکسیونی از گزینه ها $V_{xj} < V_{yj}$ است. آرایه ناهماهنگ یک آرایه مربعی می‌باشد که بعد آن تعداد انتخاب‌ها می‌باشد. هر یک از درایه های این آرایه، شاخص ناهماهنگ بین دو انتخاب نامیده می‌شود (جدول٤). مقدار این شاخص از رابطه (۹) بدست می آید.

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1X} & \cdots & d_{1(m-1)} & d_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{x1} & \cdots & \cdots & \cdots & d_{x(m-1)} & d_{xm} \\ \cdots & \cdots & \cdots & d_{xy} & \cdots & \cdots \\ d_{(m-1)1} & \cdots & d_{(m-1)y} & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & d_{m(m-1)} & d_{mm} \end{bmatrix}$$

$$where$$
$$d_{xy} = \frac{max_{j \in J^D} \left|\tilde{v}_{xj} - \tilde{v}_{yj}\right|}{max_j \left|\tilde{v}_{xj} - \tilde{v}_{yj}\right|} =$$
$$\frac{max_{j \in J^D} \left|d(\max(\tilde{v}_{xj}, \tilde{v}_{yj}), \tilde{v}_{xj}\right|}{max_j \left|d(\max(\tilde{v}_{xj}, \tilde{v}_{yj}), \tilde{v}_{xj})\right|} \qquad (۹)$$

همچنین مقدار نهایی ناهماهنگی با استفاده از رابطه (۱۰) بدست می آید:

$$\bar{d} = \sum_{x=1}^{m} \sum_{y=1}^{(m-1)} \frac{d_{xy}}{m(m-1)} \qquad (10)$$

تشکیل آرایه بولین ناهماهنگ

با استفاده از مقدار نهایی و آرایه ناهماهنگ، می‌توان آرایه بولین (صفر و یک) را ایجاد کرد. اگر درایه آرایه ناهماهنگ از مقدار نهایی بیشتر باشد عدد متناظر آن در آرایه بولین صفر می شود و بر عکس مطابق رابطه (۱۱).

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1x} & \cdots & f_{1(m-1)} & f_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{x1} & \cdots & \cdots & \cdots & f_{x(m-1)} & f_{xm} \\ \cdots & \cdots & \cdots & e_{xy} & \cdots & \cdots \\ f_{(m-1)1} & \cdots & f_{(m-1)y} & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & f_{m(m-1)} & f_{mm} \end{bmatrix}$$

$$where \{d_{xy} \geq \bar{d} \leftrightarrow f_{xy} = o,$$

$$and\ d_{xy} \leq \bar{d} \leftrightarrow f_{xy} = 1 \qquad (11)$$

تشکیل آرایه انتهایی

آرایه انتهایی از ضرب درایه های متناظر دو آرایه بولین هماهنگ و ناهماهنگ بدست می آید. به عبارتی H=E*F. ماتریس H نیز یک آرایه صفر و یک است(جدول۵).

طبقه بندی انتهایی انتخاب ها

آرایه تسلط انتهایی (H) اولویت های جزئی انتخاب ها را بیان می‌کند. به طور مثال، اگر مقدار h_{ke} برابر یک باشد

به این معنی است که برتر بودن انخاب k بر انتخاب e در هر دوحالت هماهنگ و غیر هماهنگ قابل قبول است بنابراین هنوز انتخاب k شانس مسلط شدن توسط انتخاب های دیگر را دارد. انتخابی باید انتخاب شود که بیشتر از آن مغلوب شود، تسلط داشته باشد و از این نظر می توان گزینه ها را طبقه بندی کرد(جدول۶)(جاسمی و احمدی، ۲۰۱۸).

وزن‌دهی به شاخص ها

به منظور وزن دار کردن شاخص های این پژوهش از مدل فازی استفاده شد و در نهایت به منظور تعیین میزان‌آسیب-پذیری بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز، با استفاده از نرم افزار GIS شاخص‌های وزن دار شده در یک تابع قرار داده شدند.

۳- نتایج

رتبه بندی سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق شهر تبریز بر اساس محاسبات ماتریس چیرگی نهاییH(جداول ۵ و ۶) به ترتیب زیر است:

سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳> سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ٤ و ٥> سکونتگاه غیر رسمی واقع در منطقه ۷> سکونتگاه غیر رسمی واقع در منطقه ۱ و ۱۰

اختلاف امتیاز محاسبه شده با روش الکتره فازی، حاکی از وجود اختلاف و شکاف بین سکونتگاه های غیر رسمی مناطق شهر تبریز در برابر آسیب پذیری از خطر زلزله است، به طوری که سکونتگاه غیر رسمی واقع در منطقه ۳ با کسب رتبه ۱ کمترین میزان آسیب پذیری را تجربه خواهد کرد در حالی که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱ و ۱۰ با کسب رتبه ۵ بیشترین آسیب پذیری را از مخاطره زلزله تجربه خواهند کرد.

جدول ۲- اعداد فازی و ماتریس موزون شاخص ها

مناطق	(عرض معبر) c_1				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	MH	۰.۰۰۵۹ ۰	۰.۰۰۴۱ ۸	۰.۰۰۳۵ ۲	۰.۰۰۳٤ ۲
منطقه۳	M	۰.۰۰٤٤ ۷	۰.۰۰۳۳ ۳	۰.۰۰۳۳ ۳	۰.۰۰۲۱ ۹
منطقه ٤	M	۰.۰۰٤٤ ۷	۰.۰۰۳۳ ۳	۰.۰۰۳۳ ۳	۰.۰۰۲۱ ۹
منطقه ٥	H	۰.۰۰۹۳ ۲	۰.۰۰٤۱ ۸	۰.۰۰٤۱ ۸	۰.۰۰۳٤ ۲
منطقه ۷	M	۰.۰۰٤٤ ۷	۰.۰۰۳۳ ۳	۰.۰۰۳۳ ۳	۰.۰۰۲۱ ۹
منطقه ۱۰	MH	۰.۰۰۵۹ ۰	۰.۰۰٤۱ ۸	۰.۰۰۳۵ ۲	۰.۰۰۳٤ ۲
وزن	۰.۰۹۵۱				
مناطق	c_2(کیفیت ابنیه)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	L	۰.۰۰۱۵ ۱	۰.۰۰۰۷ ۲	۰.۰۰۰۷ ۲	۰.۰۰۰۰ ۰
منطقه۳	MH	۰.۰۰۲٦ ۰	۰.۰۰۲۳ ۸	۰.۰۰۱۹ ٥	۰.۰۰۱٤ ٤
منطقه ٤	ML	۰.۰۰۱٥ ۹	۰.۰۰۱۰ ۸	۰.۰۰۰۷ ۹	۰.۰۰٥۰ ٥
منطقه ٥	H	۰.۰۳۷٤ ۹	۰.۰۰۱۸ ۷	۰.۰۰۱۸ ۷	۰.۰۰۱٦ ٦
منطقه ۷	M	۰.۰۰۲۰ ۹	۰.۰۰۱۸ ۰	۰.۰۰۱۸ ۰	۰.۰۰۱٤ ٤
منطقه	VL	۰.۰۰۱۳	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰

۱۰		۰	٤	۰	۰
وزن	۰.۰۷۲۱				
مناطق	C۳ (جنس مصالح)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	H	۰.۰۳۹۸۰	۰.۰۰۲۱۰	۰.۰۰۲۱۰	۰.۰۰۱۷۳
منطقه۳	M	۰.۰۰۲۱۸	۰.۰۰۱۸۸	۰.۰۰۱۸۸	۰.۰۰۱۵۰
منطقه ٤	VL	۰.۰۰۰۸۳	۰.۰۱۰۰۰	۰.۰۰۰۷۵	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ٥	L	۰.۰۰۱۲۸	۰.۰۰۰۹۸	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۷	ML	۰.۰۰۱٤۳	۰.۰۰۱۱۳	۰.۰۰۰۸۳	۰.۰۰۵۲٦
منطقه ۱۰	MH	۰.۰۰۲۷۰	۰.۰۰۲٤۸	۰.۰۰۲۰۳	۰.۰۰۱۵۰
وزن	۰.۰۷۵۱				
مناطق	C٤(کاربری اراضی)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	L	۰.۰۰۱۵٤	۰.۰۰۱۲۸	۰.۰۰۱۲۸	۰.۰۰٦٤۱
منطقه۳	ML	۰.۰۰۲۰۵	۰.۰۰۰۹٦	۰.۰۰۰۸۳	۰.۰۰٤٤۹
منطقه ٤	M	۰.۰۰۲٤٤	۰.۰۰۲۲٤	۰.۰۰۲۲٤	۰.۰۰۱۲۸
منطقه ٥	MH	۰.۰۱۹۸۷	۰.۰۰۲۱۲	۰.۰۰۱۷۳	۰.۰۰۱۲۸
منطقه ۷	VL	۰.۰۰۰۸۳	۰.۰۰۰۷۱	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۱۰	L	۰.۰۰۱۵٤	۰.۰۰۱۲۸	۰.۰۰۱۲۸	۰.۰۰٦٤۱
وزن	۰.۰٦٤۱				
مناطق	C٥ (تعداد طبقات)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	L	۰.۰۰۱۹۸	۰.۰۰۰۹٤	۰.۰۰۰۹٤	۰.۰۰۰۰۰
منطقه۳	ML	۰.۰۰۲۰۷	۰.۰۰۱٤۱	۰.۰۰۱۰٤	۰.۰۰٦٥۹
منطقه ٤	MH	۰.۰۲٦۳۵	۰.۰۰۳۱۱	۰.۰۰۱۹۸	۰.۰۰۱۸۸

منطقه ٥	MH	۰.۰۲٦۳۵	۰.۰۰۳۱۱	۰.۰۰۱۹۸	۰.۰۰۱۸۸
منطقه ۷	M	۰.۰۰۳۰۱	۰.۰۰۲۳۵	۰.۰۰۲۳۵	۰.۰۰۱۸۸
منطقه ۱۰	VL	۰.۰۰۱٦۹	۰.۰۰۱۲۲	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
وزن	۰.۰۹٤۱				
مناطق	C٦(مساحت قطعات)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	L	۰.۰۰۱۷۹	۰.۰۰۰۸۵	۰.۰۰۰۸۵	۰.۰۰۰۰۰
منطقه۳	M	۰.۰۰۲٤۷	۰.۰۰۲۱۳	۰.۰۰۲۱۳	۰.۰۰۱۷۰
منطقه ٤	MH	۰.۰۰۳۰٦	۰.۰۰۲۸۱	۰.۰۰۲۳۰	۰.۰۰۱۷۰
منطقه ٥	H	۰.۰٤٤۲۵	۰.۰۰۲۲۱	۰.۰۰۲۲۱	۰.۰۰۱۹٦
منطقه ۷	ML	۰.۰۰۱۸۷	۰.۰۰۱۲۸	۰.۰۰۰۹٤	۰.۰۰۵۹٦
منطقه ۱۰	VL	۰.۰۰۱۵۳	۰.۰۰۱۱۱	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
وزن	۰.۰۸۵۱				
مناطق	C۷ (زمین شناسی)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	MH	۰.۰۱۰٤۲	۰.۰۰۱٦۷	۰.۰۰۱۱۵	۰.۰۰۱۰٤
منطقه۳	ML	۰.۰۰۱۲۵	۰.۰۰۰٦۸	۰.۰۰۰۵۷	۰.۰۰۳٦۵
منطقه ٤	VL	۰.۰۰۰۸۹	۰.۰۰۰٦۸	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ٥	MH	۰.۰۱۰٤۲	۰.۰۰۱٦۷	۰.۰۰۱۱۵	۰.۰۰۱۰٤
منطقه ۷	VL	۰.۰۰۰۸۹	۰.۰۰۰٦۸	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۱۰	MH	۰.۰۱۰٤۲	۰.۰۰۱٦۷	۰.۰۰۱۱۵	۰.۰۰۱۰٤
وزن	۰.۰۵۲۱				

مناطق	C۸(فاصله از تاسیسات شهری)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	ML	۰.۰۰۱۸۳	۰.۰۰۱۲۵	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۰۵۸۲
منطقه۳	VL	۰.۰۰۱۵۰	۰.۰۰۱۰۸	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ٤	MH	۰.۰۰۲۹۹	۰.۰۰۲۷٤	۰.۰۰۲۲٤	۰.۰۰۱۶۶
منطقه ٥	H	۰.۰٤۳۲۱	۰.۰۰۲۱٦	۰.۰۰۲۱٦	۰.۰۰۱۹۱
منطقه ۷	L	۰.۰۰۱۷۵	۰.۰۰۰۸۳	۰.۰۰۰۸۳	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۱۰	M	۰.۰۰۲٤۱	۰.۰۰۲۰۸	۰.۰۰۲۰۸	۰.۰۰۱۶۶
وزن	۰.۰۸۳۱				
مناطق	C۹ (فاصله از فضاهای باز عمومی)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	H	۰.۰۰٤۲۷	۰.۰۰۱٦۳	۰.۰۰۱٦۳	۰.۰۰۱٤٤
منطقه۳	M	۰.۰۰۱۸۲	۰.۰۰۱۵۷	۰.۰۰۱۵۷	۰.۰۰۱۲۶
منطقه ٤	ML	۰.۰۰۱۷۰	۰.۰۰۰۹٤	۰.۰۰۰۶۹	۰.۰۰٤٤۰
منطقه ٥	VH	۰.۰۰۵۲۸	۰.۰۰٤۵۸	۰.۰۰۳۶٤	۰.۰۰۲۷۰
منطقه ۷	MH	۰.۰۰۲٤۵	۰.۰۰۲۰۷	۰.۰۰۱۷۰	۰.۰۰۱۲۶
منطقه ۱۰	VH	۰.۰۰۵۲۸	۰.۰۰٤۵۸	۰.۰۰۳۶٤	۰.۰۰۲۷۰
وزن	۰.۰۶۲۸				
مناطق	C۱۰ (فاصله از مراکز درمانی)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	VL	۰.۰۰۱۱۸	۰.۰۰۰۸۶	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه۳	M	۰.۰۲۱۷۱	۰.۰۰۱۶۵	۰.۰۰۱۶۵	۰.۰۰۱۳۲
منطقه ٤	ML	۰.۰۰۹۸۱	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۰۰۷۱	۰.۰۰٤۶۱
منطقه ٥	ML	۰.۰۰۹۸۷	۰.۰۰۰۹۹	۰.۰۰۰۷۲	۰.۰۰٤۶۱
منطقه ۷	L	۰.۰۰۱۷۱	۰.۰۰۰۶۶	۰.۰۰۰۶۶	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۱۰	VL	۰.۰۰۱۱۸	۰.۰۰۰۸۶	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
وزن	۰.۰۶۵۸				
مناطق	C۱۱ (فاصله از گسل)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	VL	۰.۰۰۱۱٤	۰.۰۰۰۸۲	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه۳	L	۰.۰۰۱۳۳	۰.۰۰۰۶۳	۰.۰۰۰۶۳	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ٤	H	۰.۰۳۹۱۲	۰.۰۰۱۶٤	۰.۰۰۱۶٤	۰.۰۰۱٤۵
منطقه ٥	VL	۰.۰۰۱۱٤	۰.۰۰۰۸۲	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۷	MH	۰.۰۰۵۷٤	۰.۰۰۲۰۸	۰.۰۰۱۷۰	۰.۰۰۱۲۶
منطقه ۱۰	VL	۰.۰۰۱۱٤	۰.۰۰۰۸۲	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
وزن	۰.۰۶۳۱				
مناطق	C۱۲ (تراکم جمعیت)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	L	۰.۰۰۲۰۲	۰.۰۰۰۹۶	۰.۰۰۰۹۶	۰.۰۰۰۰۰
منطقه۳	VL	۰.۰۰۱۷٤	۰.۰۰۱۲۵	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ٤	MH	۰.۰۲۶۰۳	۰.۰۰۳۱۸	۰.۰۰۲۶۰	۰.۰۰۱۹۳
منطقه ٥	M	۰.۰۰۳۸۶	۰.۰۰۲٤۱	۰.۰۰۲٤۱	۰.۰۰۱۹۳
منطقه ۷	MH	۰.۰۲۶۰۳	۰.۰۰۳۱۸	۰.۰۰۲۶۰	۰.۰۰۱۹۳
منطقه ۱۰	ML	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱٤	۰.۰۰۱۰	۰.۰۰۶۷

		۲	۵	٦	۵
وزن	۰.۰۹٦٤				
مناطق	C۱۳(تراکم ساختمان)				
	فازی	موزون فازی			
منطقه۱	L	۰.۰۰۱۹۱	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۰۰۰۰
منطقه۳	L	۰.۰۰۱۹۱	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ٤	M	۰.۰۰۳۱۰	۰.۰۰۲۲۸	۰.۰۰۲۲۸	۰.۰۰۱۸۲
منطقه ۵	VL	۰.۰۰۱٦٤	۰.۰۰۱۱۸	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰
منطقه ۷	H	۰.۰۵۳۷۵	۰.۰۰۲۳۷	۰.۰۰۲۳۷	۰.۰۰۲۱۰
منطقه ۱۰	ML	۰.۰۰۲۰۰	۰.۰۰۱۳۷	۰.۰۰۱۰۰	۰.۰۰٦۳۸
وزن	۰.۰۹۱۱				

جدول۳- تشکیل ماتریس هماهنگ

	منطقه ۱	منطقه ۳	منطقه ٤	منطقه ۵	منطقه ۷	منطقه ۱۰
منطقه ۱	۰	۰.۵۲۹	۰.٤۳۲	۰.۱٦٦	۰.٤۳۲	۰.٤۱۰
منطقه ۳	۰.۳۸	۰	۰.۱۸۲	۰.۲۹۵	۰.۳٤۸	۰.۳۸۰
منطقه ٤	۰.۵٦۸	۰.۷۲۳	۰	۰.۳۲٦	۰.۵۸۰	۰.٦۳۵
منطقه ۵	۰.۷۱۹	۰.۷۰۵	۰.۵۱٤	۰	۰.٦۷٤	۰.۵۵۹
منطقه ۷	۰.۵٦۸	۰.۵۵۷	۰.۱۷٦	۰.۳۲۹	۰	۰.۵٦۸
منطقه ۱۰	۰.۳۹	۰.٦۲	۰.۳۸٦	۰.۲٦۳	۰.٤۳۲	۰

جدول٤-تشکیل ماتریس نا هماهنگ

	منطقه ۱	منطقه ۳	منطقه ٤	منطقه۵	منطقه ۷	منطقه۱۰
منطقه ۱	۰	۰.٦۳	۰.٦۷	۰.۱۷	۰.٦۳	۰.۲۲
منطقه ۳	۰.۱	۰	۰.۷۸	۰.۳٤	۰.۹۹	۰.۳۳
منطقه ٤	۰.۳۸	۰.۵۸	۰	۰.۹۵	۱.۰۲	۰.۹۵
منطقه ۵	۱.۰۲	۰.۱۷	۰.۱۹	۰	۰.۸۳	۰.۸۳
منطقه ۷	۰.۱٤	۰.۹۹	۰.٦۳	۰.٦۲	۰	۰.۹٦
منطقه ۱۰	۰.۹۷	۰.۹۹	۰.۵۷	۰.۸۳	۰.۲٤	۰

جدول۵-تشکیل ماتریس چیرگی نهایی H

	منطقه ۱	منطقه ۳	منطقه ٤	منطقه ۵	منطقه ۷	منطقه۱۰
منطقه ۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰
منطقه۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
منطقه٤	۰	۱	۰	۰	۱	۰
منطقه ۵	۱	۰	۰	۰	۱	۱
منطقه ۷	۰	۱	۰	۰	۰	۱
منطقه ۱۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰

جدول٦- رتبه بندی نهای

	WIN	Loss	Diff	Rank
منطقه ۱	۳	۳	۰	۵
منطقه۳	۰	٦	٦	۱
منطقه٤	۳	۳	۳	۲
منطقه۵	۳	۳	۳	۲
منطقه۷	۲	٤	۲	٤
منطقه ۱۰	۳	۳	۰	۵

وزن‌دهی و طبقه بندی آسیب‌پذیری هر کدام از متغیرها

بعد از اختصاص دادن داده ها به هر لایه، براساس طیف آسیب‌پذیری هر کدام از پارامترها، پارامترها وزن‌دهی شدند. اساس طبقه بندی‌ها بر اساس مطالعات پیشین بوده است. توابع مربوط به تک تک پارامترها و وزن دهی به آنها داخل شکل هر پارامتر آورده شده است.

شاخص های مورد استفاده در تعیین میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در مقابل زلزله

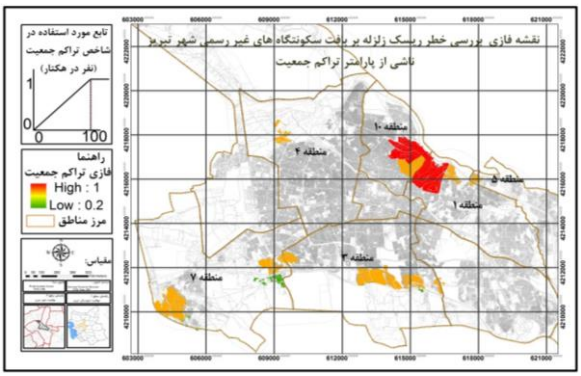
تراکم جمعیت

تراکم کم جمعیت و متعادل بودن آن در سطح شهر، منجربه کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله خواهد شد. در حالی که، تراکم بالای جمعیت در شهر تلفات و خسارت های جبران ناپذیری در هنگام وقوع زلزله به همراه خواهد داشت. از طرفی تراکم بالای جمعیت شهری به معنای کمبود فضای خالی به منظور اسکان موقت آسیب دیدگان است. اکثر سکونتگاه های غیر رسمی دارای تراکم بالای جمعیتی هستند. این موضوع زمانی مهمتر می شود که بدانیم ساخت و ساز در اغلب سکونتگاه های غیر رسمی ناپایدار بوده و دارای فشوردگی کالبدی هستند. براین

اساس مقدار آسیب پذیری حاصل از تراکم جمعیت در سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز به صورت جدول (۷)طبقه بندی شده است. نتایج حاصل از تحلیل شاخص تراکم جمعیت در محدوده مورد مطالعه حاکی از آن است که اکثر سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز دارای تراکم جمعیت زیاد می‌باشند و در این بین سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۱ و ۱۰ دارای بیشترین میزان آسیب پذیری و منطقه ۳ دارای کمترین میزان آسیب‌پذیری می-باشد(شکل٤).

جدول۷- رابطه آسیب‌پذیری و تراکم جمعیت

میزان آسیب‌پذیری	تراکم جمعیت	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	مساوی یا کمتر از ۳۰۰ نفر در هکتار	۰.۲
آسیب‌پذیری کم	۴۰۰-۳۰۰ نفر در هکتار	۰.٤
آسیب‌پذیری متوسط	۵۰۰-٤۰۰ نفر در هکتار	۰.٦
آسیب‌پذیری زیاد	٦۰۰-۵۰۰ نفر در هکتار	۰.۸
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	مساوی یا بالای ٦۰۰ نفر در هکتار	۱



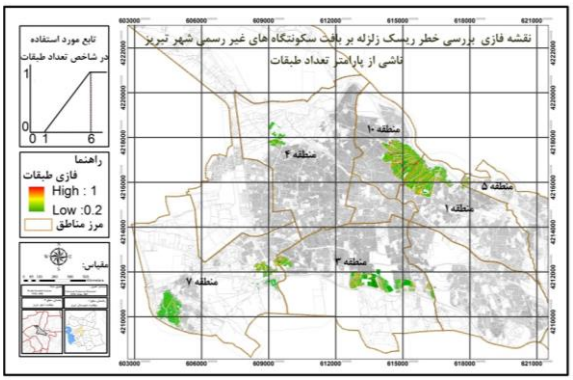
شکل ٤- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر تراکم جمعیت

تعداد طبقات

علت مهم بودن شاخص تعداد طبقات، ارتباط آن با نسبت عرض معابر و ارتفاع دیوارهای ساختمان ها می باشد؛ چرا که هرچه تعداد طبقات ساختمانی بیشتر باشد، امکان بسته شدن معابر به علت ریختن آوار ساختمان های بلندمرتبه بیشتر می‌شود و امداد رسانی را با مشکل رو به رو می‌سازد. از طرفی به علت جمعیت زیاد ساکن در ساختمان های بلند مرتبه، تخلیهٔ ساکنان کندتر انجام می‌گیرد بنابراین به دلیل حجم آواربرداری بسیار زیاد نجات جان ساکنان ساختمان های چند طبقه دشوارتر خواهد بود. در نتیجه در حالت کلی افزایش تعداد طبقات مساوی با افزایش درجه آسیب-پذیری ساختمان ها در برابر زلزله می‌باشد. جدول(۸) ارتباط بین تعداد طبقات ساختمان و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می دهند. 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 ۱۰ و ۱ از نظر آسیب‌پذیری در حد کم می‌باشند(شکل۵).

جدول۸-رابطه آسیب‌پذیری و تعداد طبقات

میزان آسیب‌پذیری	تعداد طبقات	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	۱ طبقه	۰.۲
آسیب‌پذیری کم	۲طبقه	۰.٤
آسیب‌پذیری متوسط	۳طبقه	۰.٦
آسیب‌پذیری زیاد	٤طبقه	۰.۸
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۵طبقه و بیشتر	۱



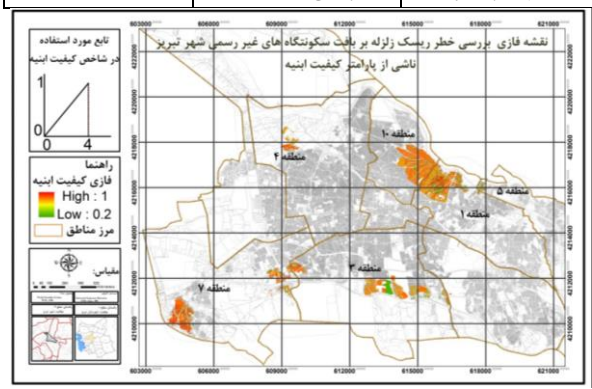
شکل ۵- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر تعداد طبقات

کیفیت ابنیه

هر چه کیفیت ابنیه بالاتر باشد (نوساز) در برابر زلزله مقاومت بیشتری خواهد داشت. کیفیت الزاماً رابطهٔ مستقیمی با قدمت سازه ندارد، اما دراکثر موارد ساختمان هایی با قدمت بیش از ۳۰ سال، نیاز به مرمت دارند همچنین عدم رعایت اصول آیین نامهٔ زلزله در ساخت وساز نیز باعث کم شدن کیفیت ساختمان می‌شود. به طور کلی هرچه کیفیت ساختمان پایین تر باشد، آسیب پذیری آن در برابر زلزله افزایش می یابد. جدول(۹) ارتباط بین کیفیت ابنیه و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می دهند. 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 طیق آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. با این حال سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ از نظر کیفیت ابنیه دارای آسیب‌پذیری متوسط می-باشند(شکل٦).

جدول۹- رابطه آسیب‌پذیری و کیفیت ابنیه

میزان آسیب-پذیری	کیفیت ابنیه	وزن فازی
آسیب‌پذیری کم	نوساز	۰.۲
آسیب‌پذیری متوسط	مرمتی	۰.۵
آسیب‌پذیری زیاد	تخریبی	۰.۱



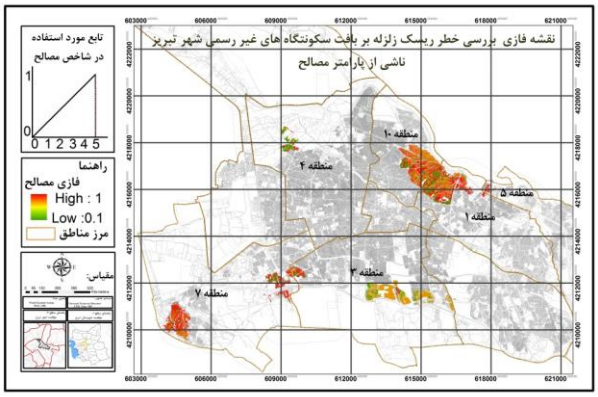
شکل ٦- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر کیفیت ابنیه

جنس مصالح

نوع مصالح ابنیه از معیارهای مؤثر در مشخص کردن ضریب آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی در برابر زلزله محسوب می‌شود. بنابراین ابنیه هایی که با مصالح مقاوم و استاندارد بالا ساخته شده اند، ایمنی بالایی در برابر زلزله دارند. جدول(۱۰)رتباط جنس مصالح ابنیه و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می‌دهند. بررسی وضعیت جنس مصالح بر اساس (شکل۷) 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 ۱ و ۱۰ از نظر آسیب‌پذیری در طیف زیاد قرار دارند و در مرحله بعد سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۷ آسیب‌پذیر می باشند و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ از نظر آسیب‌پذیری در طیف آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند.

جدول۱۰- رابطه آسیب‌پذیری و جنس مصالح

میزان آسیب‌پذیری	جنس مصالح	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	اسکلت بتنی	۰.۱
آسیب‌پذیری کم	اسکلت فلزی	۰.۳
آسیب‌پذیری متوسط	آجر و آهن	۰.٦
آسیب‌پذیری زیاد	بلوک سیمانی	۰.۸
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	خشت و چوب	۱



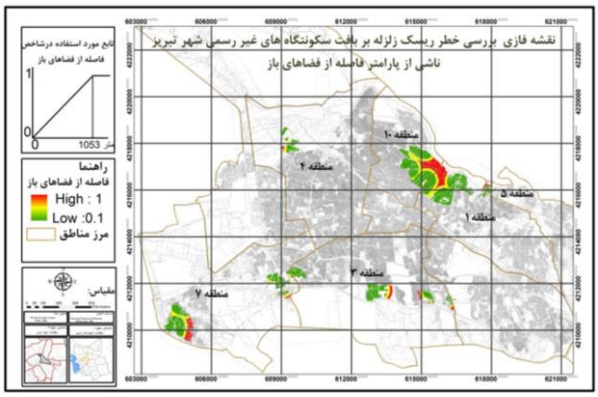
شکل۷- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر جنس مصالح

فاصله از فضاهای باز عمومی

مهم ترین نقش فضاهای باز عمومی در هنگام بروز زلزله، جداسازی مناطق خطرناک از دیگری و همچنین جلوگیری از توسعهٔ زنجیروار وقایع است. نزدیکی کاربری ها به فضاهای باز باعث می‌شود تا آسیب کمتری ببینند.کمترین فاصله از فضاهای باز دارای ارزش عددی ۰ و بیشترین فاصله از فضاهای باز دارای ارزش عددی ۱ خواهد بود. مابقی بر اساس فاصله ارزش عددی کسب می‌کنند. جدول(۱۱) ارتباط بین فاصله از فضاهای باز و میزان آسیب پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله در را نشان می دهند. در تحلیل پارامتر فاصله از فضای باز عمومی، طبق شکل(۸) 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 می‌باشد و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱۰ و ۱ آسیب-پذیر ترین سکونتگاه ها از نظر پارامتر فاصله از فضای باز عمومی هستند.

جدول۱۱- رابطه آسیب‌پذیری و فاصله از فضاهای باز عمومی

میزان آسیب-پذیری	فاصله از فضاهای باز عمومی	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کمترین فاصله	۰
آسیب‌پذیری متوسط	احدفاصل کمترین و بیشترین فاصله	طبق تابع خطی مربوطه
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	بیشترین فاصله	۱



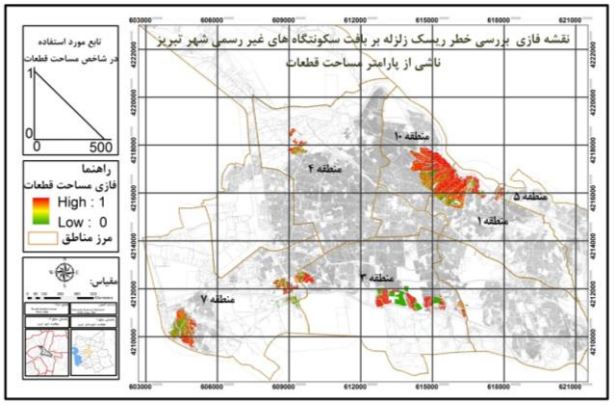
شکل ۸- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر فاصله از فضاهای باز عمومی

مساحت قطعات

هرچه قطعات بیشتر تفکیک شوند و از مساحت آنها کاسته شود عملاً از مفید بودن به منظور گریز و عملیات امداد و نجات کاسته می‌شود. در نتیجه با کاهش مساحت قطعات آسیب‌پذیری ناشی از زلزله بیشتر خواهد شد .جدول (۱۲) ارتباط بین مساحت قطعات و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می دهند. در تحلیل پارامتر مساحت قطعات، طبق شکل(۹) 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.

جدول۱۲- رابطه آسیب‌پذیری و مساحت قطعات

میزان آسیب‌پذیری	مساحت قطعات	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	بیش از ۵۰۰ متر مربع	۰
آسیب‌پذیری کم	۵۰۰-۲۰۰ متر مربع	۰.۲
آسیب‌پذیری متوسط	۲۰۰-۱۰۰ متر مربع	۰.۵
آسیب‌پذیری زیاد	۱۰۰-۷۵ متر مربع	۰.۸
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	زیر ۷۵ متر مربع	۱



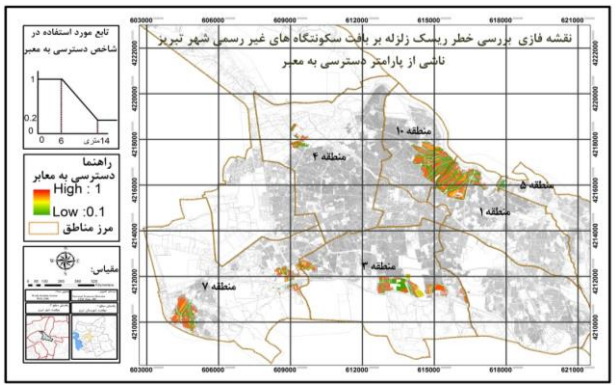
شکل ۹- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر مساحت قطعات

عرض شبکه معابر(دسترسی به معابر)

اهمیت عرض شبکه معابر در بررسی آسیب‌پذیری به این دلیل می باشد که، افزایش تعداد تقاطع ها و وجود معابر با عرض زیاد دسترسی و امداد رسانی را سریع تر و راحت تر می‌کند. به این صورت که اگر یکی از معابر مسدود شود، می توان از معبر دیگری به محل آسیب دیده رسید. همچنین، لازم است که به ترافیک معابر به ویژه در ساعات اوج تردد توجه شود.. زمانی که زلزله اتفاق می افتد، اکثر معابر شهری که دارایه عرض نامناسب هستند بر اثر ریزش آوار مسدود می‌شوند و این امر، تأخیر در عملکرد سیستم مدیریت بحران را فراهم خواهد ساخت.جدول(۱۳)ارتباط بین عرض شبکه معابر و میزان آسیب پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می دهند. نتایج حاصل از تحلیل شاخص شبکه معابر، بر اساس شکل(۱۰) 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.

جدول ۱۳- رابطه آسیب‌پذیری و عرض شبکه معابر

میزان آسیب‌پذیری	عرض شبکه معابر	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	بیش از ١٤ متر	۰.۱
آسیب‌پذیری کم	۹ تا ١٤ متر	۰.٤
آسیب‌پذیری متوسط	٦ تا ۹ متر	۰.۷
آسیب‌پذیری زیاد	٦ متر و کمتر	۰.۱



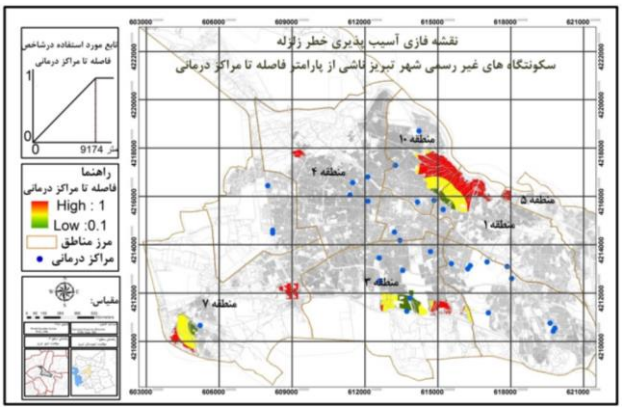
شکل ۱۰- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر دسترسی به شبکه معابر

فاصله از مراکز درمانی

اهمیت شاخص فاصله از مراکز درمانی پس از وقوع حادثه می‌باشد. بنابراین هر چه فاصله از مراکز درمانی کمتر باشد دسترسی سریع و امداد و نجات راحت تر امکان پذیر خواهد بود. جدول(۱٤) ارتباط بین فاصله از مراکز درمانی و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می‌دهند. بررسی پارامتر فاصله از مراکز درمانی بر اساس (شکل۱۱) 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 ۵ و ٤ دارای بیشترین فاصله با مراکز درمانی و در نتیجه در طیف زیاد آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند و پس از این مناطق سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱ و ۱۰ در طیف آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرند.

جدول۱٤- رابطه آسیب‌پذیری و فاصله از مراکز درمانی

میزان آسیب‌پذیری	فاصله از مراکز درمانی	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کمترین فاصله	۰
آسیب‌پذیری متوسط	حدفاصل کمترین و بیشترین فاصله	طبق تابع خطی مربوطه
آسیب‌پذیری زیاد	بیشترین فاصله	۱



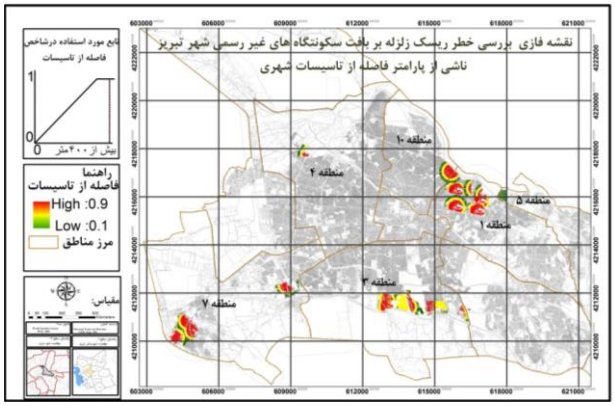
شکل ۱۱- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر فاصله تا مراکز درمانی

فاصله از تأسیسات و تجهیزات شهری

استقرار مناطق مسکونی در نزدیکی آن دسته از تاسیسات که در ارتباط با مواد خطرناک هستند مانند جایگاه های سوخت(پمپ بنزین و پمپ گاز) و همچنین پست های برق، میزان آسیب‌پذیری هنگام وقوع زلزله را چند برابر می‌کنند. بنابراین هرچه فاصله تاسیسات شهری کمتر باشد آسیب پذیری بیشتر خواهد شد. جدول(۱۵) ارتباط بین فاصله از فاصله از تاسیسات شهری و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می‌دهند. بررسی پارامتر فاصله از تاسیسات شهری بر اساس (شکل۱۲) نشان می‌دهد که به علت وجود تعداد زیاد تاسیسات شهری در منطقه ۱ سکونتگاه های غیر رسمی واقع در این منطقه در طیف خیلی زیاد آسیب‌پذیری قرار دارند بعد از آن سکونتگاه های غیر رسمی منطقه ۷ و بعد ۱۰ و پس از آن سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ٤ و ۵ آسیب‌پذیر می باشند و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ به علت داشتن فاصله مناسب از تاسیسات شهری در طیف متوسط آسیب‌پذیری قرار دارند.

جدول۱۵-رابطه آسیب‌پذیری و فاصله از تاسیسات شهری

میزان آسیب‌پذیری	فاصله از تاسیسات شهری	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کمترین فاصله	۰
آسیب‌پذیری متوسط	حدفاصل کمترین و بیشترین فاصله	طبق تابع خطی مربوطه
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	بیشترین فاصله	۱



شکل ۱۲- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر فاصله از تاسیسات شهری

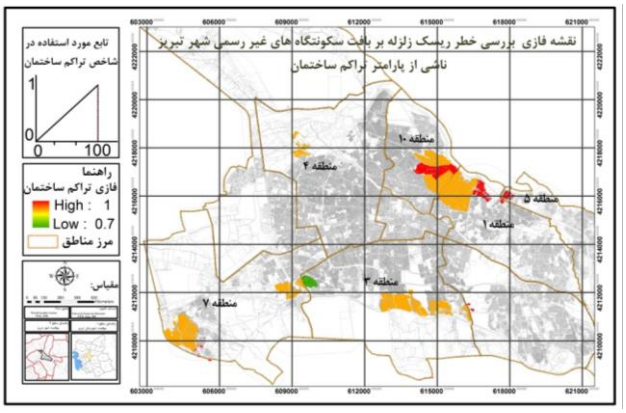
تراکم ساختمانی

تراکم ساختمان معمولا به صورت درصد است و نشان می دهد چند درصد از زمین می توانید به صورت عمودی برای ساخت و ساز استفاده شود. هر چه درصد تراکم ساختمان بیشتر شود، احتمال تخریب و آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود .

جدول(۱۶)ارتباط بین تراکم ساختمانی و میزان آسیب-پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می‌دهند. بررسی پارامتر تراکم ساختمان بر اساس (شکل۱۳) 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.

جدول۱۶-رابطه آسیب‌پذیری و تراکم ساختمان

میزان آسیب‌پذیری	تراکم ساختمان	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کمترین فاصله	۰
آسیب‌پذیری متوسط	حدفاصل کمترین و بیشترین فاصله	طبق تابع خطی مربوطه
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	بیشترین فاصله	۱



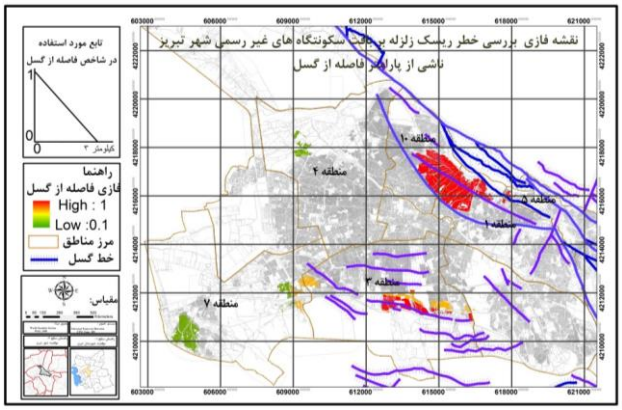
شکل ۱۳- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر تراکم ساختمان

فاصله از گسل

نقش گسل ها در ایجاد زلزله و افزایش شدت آن بر همگان واضح است. لذا ساخت و ساز در اطراف گسل ها میزان آسیب پذیری آنها را بیشتر می کند. بدیهی است با کاهش فاصله از گسل انتظار می رود میزان آسیب پذیری بیشتر شود. با توجه به اینکه در سکونتگاه های غیر رسمی از مصالح کم دوام استفاده می شود لذا هر چه فاصله از گسل کمترباشد شدت آسیب پذیری در این بافت ها چند برابرمی شود. جدول(۱۷) ارتباط بین فاصله از گسل و میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می‌دهند. تحلیل پارامتر فاصله از گسل بر اساس (شکل۱۴) 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 ۱و ۱۰ شهر تبریز در طیف آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار دارند و بعد از آنها سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ جز مناطق با آسیب‌پذیری بالا می‌باشد.

جدول۱۷- رابطه آسیب‌پذیری و فاصله از گسل

میزان آسیب‌پذیری	فاصله از گسل	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کمترین فاصله	۰
آسیب‌پذیری متوسط	حدفاصل کمترین و بیشترین فاصله	طبق تابع خطی مربوطه
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	بیشترین فاصله	۱



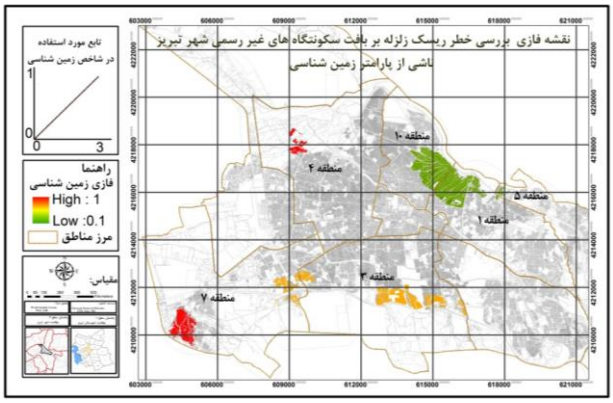
شکل۱۴- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر فاصله از گسل

شاخص زمین شناسی

زمین شناسی از عوامل اصلی در ایجاد خسارات ناشی از زلزله می باشد. سست بودن سری زمین شناسی منجربه افزایش موج لرزه ها شده و در نتیجه باعث افزایش قدرت تخریب زمین لرزه می گردد بنابراین در صورتی که ابنیه ها رویه لایه های سست زمین شناسی بنا شده باشند میزان خسارات افزایش می‌یابد جدول(۱۸)ارتباط بین میزان مقاومت سازندهای زمین شناسی و میزان آسیب پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله را نشان می‌دهند. تحلیل پارامتر شاخص زمین شناسی بر اساس(شکل ۱۵) نشان می‌دهد که سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز بر روی سه نوع سازند زمین شناسی ($Qt^{۲}$ ، PIQc ، $M^{۴}SM$) بنا شده است. با توجه به اینکه سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۷ و ۴ بر روی سازند بدون مقاومت $Qt^{۲}$ بنا شده اند از نظر آسیب‌پذیری در طیف خیلی زیاد قرار می‌گیرند. همچنین سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ و قسمتی از منطقه ۷ بر روی سازند کم مقاوم PIQc بنا شده اند و از نظر آسیب‌پذیری در طیف متوسط قرار می‌گیرند. اما سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۱، ۱۰ و ۵ روی سازند با مقاوم خوب $M^{۴}SM$ بنا شده اند و از نظر آسیب‌پذیری در طیف خیلی کم قرار می-گیرند.

جدول۱۸- رابطه آسیب‌پذیری و زمین شناسی

میزان آسیب‌پذیری	زمین شناسی	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کمترین فاصله	۰
آسیب‌پذیری متوسط	حدفاصل کمترین و بیشترین فاصله	طبق تابع خطی مربوطه
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	بیشترین فاصله	۱



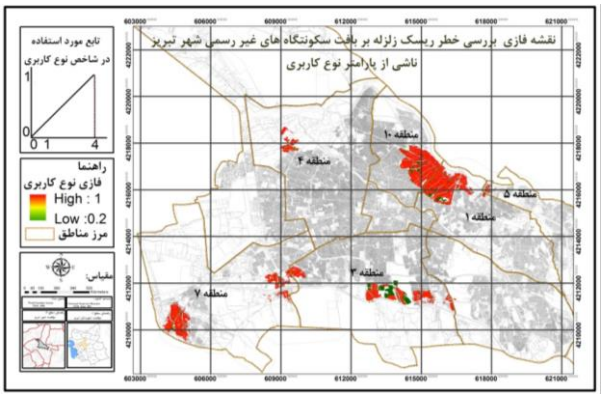
شکل ۱۵- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر زمین شناسی

کاربری اراضی

یکی از مهم ترین کاربری ها در بحث سکونتگاه های غیر رسمی کاربری های مسکونی می باشند .همچنین برخی از کاربری های موجود در شهر در کنترل بحران ناشی از زلزله نقش حیاتی پیدا می‌کنند. بحث ماتریس سازگاری در میزان آسیب‌پذیری نقش بسیار مؤثر دارد، به عنوان مثال وجود تأسیسات و تجهیزات شهری در مجاورت کاربری مسکونی منجربه ایجاد خسارت جانی و مالی می‌شود . جدول (۱۹) ارتباط بین کاربری اراضی و آسیب پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز را نشان می‌دهند. بررسی پارامتر کاربری اراضی بر اساس (شکل۱۶) که 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.

جدول۱۹-رابطه آسیب‌پذیری و کاربری اراضی

میزان آسیب‌پذیری	کاربری اراضی	وزن فازی
آسیب‌پذیری خیلی کم	کاربری های بایر	۰
آسیب‌پذیری کم	کاربری های فضای سبز و باغات	۰.۲
آسیب‌پذیری متوسط	کاربری های تجاری- خدماتی و ...	۰.۵
آسیب‌پذیری زیاد	کاربری های مسکونی	۰.۸
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	کاربری های حساس و استراتژیک	۱



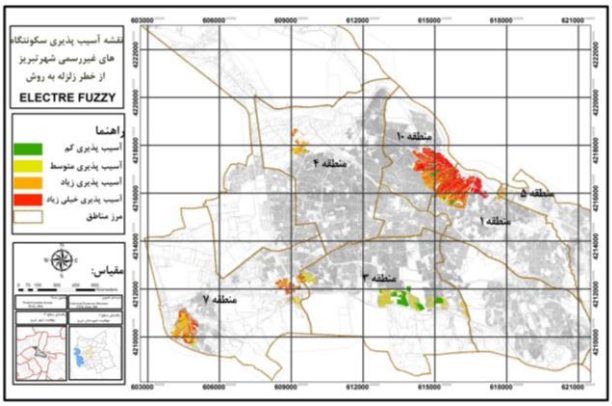
شکل ۱۶- نقشه فازی آسیب‌پذیری خطر زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز ناشی از پارامتر نوع کاربری

تلفیق نقشه ها و برآورد آسیب‌پذیری کل

در این مرحله از پژوهش به منظور برآورد میزان آسیب‌پذیری کلی سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز از گامای فازی استفاده شد. بدین منظور ابتداد داده ها، فازی سازی شدند سپس برای تلفیق لایه های فازی شده با یکدیگر و تهیه نقشه نهایی از روش الکتره فازی استفاده کردیم تا نقشه ها وزن دار شوند و تاثیر هر شاخص در محاسبه میزان آسیب-پذیری واقعی باشد. بدین ترتیب مقادیر حداکثر و حداقل گاما های مورد استفاده(۰.۸۰، ۰.۸۵، ۰.۹۰ ، ۰.۹۵) به منظور تهیه نقشه نهایی با استفاده از ابزار zonal statistics برای تک تک مناطقی که سکونتگاه غیر رسمی شهر تبریز در آنها واقع شده بود محاسبه شد. و از این بین گامای ۰.۹۵ به عنوان بهترین گاما به منظور پهنه بندی آسیب پذیری انتخاب شد. در نقشه نهایی(شکل۱۷) میزان آسیب‌پذیری در چهار گروه دسته بندی شدند. نتایج نهایی حاکی از آن است که بیش از ۳۴ ٪از مساحت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری خیلی زیاد و بیش از ۲۷ ٪ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و بیش از ۲۵ ٪ در معرض آسیب‌پذیری متوسط و تنها ۱۲.۶۹ ٪ از بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری کم در مقابل خطر زلزله قرار دارند (جدول ۲۰). همچنین از نظر طیف های آسیب-پذیری سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱ و ۱۰ در طیف خیلی زیاد، سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۷ در طیف زیاد، سکونتگاه های واقع در مناطق ۴و۵ در طیف زیاد تا متوسط و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ در طیف متوسط تا کم آسیب‌پذیری قرار گرفته اند.

جدول۲۰- مساحت پهنه های مختلف آسیب‌پذیری ناشی از زلزله سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز

پتانسیل خطر	مساحت (متر مربع)	در صد مساحت
آسیب پذیری خیلی زیاد	۱۴۸۳۶۴۶	۳۴.۶۱
آسیب پذیری زیاد	۱۱۶۳۰۰۲	۲۷.۱۳
آسیب پذیری متوسط	۱۰۹۶۲۹۱	۲۵.۵۷
آسیب پذیری کم	۵۴۳۷۸۹	۱۲.۶۹



شکل ۱۷- نقشه میزان کلی آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله با عملگر گامای ۰.۹۵ و روش ELECTRE FUZZY

٤- نتیجه‌گیری

بررسی وضعیت سکونتگاهای غیر رسمی شهر تبریز نسبت به وقوع بحران احتمالی، نقش حیاتی در مدیریت کارآمد در زمان وقوع بحران خواهد داشت. به دلیل وجود منطقه وسیع گسلی در شهر تبریز سکونتگاه های غیر رسمی این شهر اغلب در معرض خطر زلزله قرار دارند. در محدوده مورد مطالعه به علت تراکم بالای جمعیت، استفاده از ابنیه با کیفیت پایین، ریزدانگی قطعات و ... در هنگام وقوع زلزله اثرات فاجعه جبران ناپذیر خواهد بود. بنابراین تعیین میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در برابر زلزله از اهمیت بالای برخوردار می‌باشد. که هم در زمینه برنامه ریزی به منظور مقاوم سازی و هم در مدیریت بحران و اسکان اضطراری نقش حیاتی خواهد داشت. با توجه به یافته های پژوهش حاضر، روش الکتره فازی و تلفیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی توانایی یکپارچه کردن اطلاعات با ساختار متفاوت را دارد. بنابراین در پژوهش حاضر تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل الکتره فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است. نتایج حاصل از محاسبات روش الکتره فازی حاکی از آن است که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ با کسب رتبه ۱ کمترین میزان آسیب پذیری را تجربه خواهند کرد در حالی که سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱ و ۱۰ با کسب رتبه ۵ بیشترین آسیب پذیری را از مخاطره زلزله تجربه خواهند کرد. همچنین بیش از ۳٤ ٪از مساحت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب-پذیری خیلی زیاد و بیش از ۲۷ ٪ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و بیش از ۲۵ ٪ در معرض آسیب‌پذیری متوسط و تنها ۱۲.٦۹ ٪ از بافت سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز در معرض آسیب‌پذیری کم در مقابل خطر زلزله قرار دارند. از نظر طیف های آسیب‌پذیری سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱ و ۱۰ در طیف خیلی زیاد، سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۷ در طیف زیاد، سکونتگاه های واقع در مناطق ٤و۵ در طیف زیاد تا متوسط و سکونتگاه های غیر رسمی واقع در منطقه ۳ در طیف متوسط تا کم آسیب‌پذیری قرار گرفته اند. سکونتگاه های غیر رسمی واقع در مناطق ۱۰ و۱ که در طیف خیلی زیاد آسیب‌پذیری قرار گرفته اند، شامل محله های (یوسف آباد، سیلاب، مولا زینال، منبع کوچک، منبع بزرگ، لوتی ابراهیم، احمد آباد، بهشتی، چهل متری، اسماعیل بقال، قربانی، ایده لو، خلیل آباد) می‌باشند. این محلات دارای بیشترین تراکم جمعیتی و بافت ریز دانه هستند، اکثرا فاقد بنا های مقاوم-اند و بدون برنامه ریزی اصولی بنا شده اند و از نظر پارامتر معبر، دارای معبرهای تنگ و کم عرض هستند. و اکثرا در حریم گسل شمال تبریز گسترش پیدا کرده اند. بنابراین افزایش مقادیر پارامترهای مانند تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه، فاصله از گسل، تراکم ساختمان و... باعث شده تا سکونتگاه های غیر رسمی واقع در این محلات در طیف آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار بگیرند. در کل می‌توان نتیجه-گیری کرد که در صورت مدیریت صحیح ساخت و ساز و رعایت دقیق ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله در سکونتگاه های غیر رسمی شهر تبریز شاهد نزول خطرات ناشی از زلزله خواهیم بود.

منابع

- تیموری، ر.، روستایی، ش.، زمانی، ا.، احدنژاد، م.، ۱۳۹۸. ارزیابی تناسب فضایی-مکانی پارک‌های شهری با استفاده از GISمطالعه موردی :پارک‌های محله‌ای منطقه ۲ شهرداری تبریز، مجله فضایی جغرافیایی، شماره۳۰،صص ۱۶۸-۱۳۷.
- حکیمی، ه.، الهامی، ن.، پورحسینی، م.،۱۳۹۷. ارزیابی و رتبه بندی توزیع خدمات شهری در سکونتگاه های غیررسمی مطالعه موردی:کلانشهر تبریز، فصلنامه شهر پایدار، دورهٔ۱ ، شمارهٔ٤ ،صص ۷۱-۵۷.
- خدادادی، ف.، انتظاری، م.، ساسان پور، ف.، ۱۳۹۹. تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش ELECTRE FUZZY(مطالعه موردی :کلانشهر کرج) نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی ، شماره ٥٦، صص ۱۱۳-۹۳.
- خدمت زاده، ع.، موسوی، م.، یوسف‌زاده, ا.، ۱٤۰۰. تحلیل شاخص‌های آسیب پذیری شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله مطالعه موردی :شهر ارومیه، فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، دوره ۱٦ ، شماره۱ ، صص٦۲-٤۳.
- 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 ۵۲ ، شمارهٔ ۱، صص ۱۳۰-۱۱۱.
- عابدینی، م.، ولیزاده کامران, خ.، سرمستی، ن.، ۱۳۹۵. 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 ۵۷، صص ۲۱٦-۱۹۹.
- محمدی، ع.، جاوید مغوان، ب .، ۱۳۹۵. سنجش میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیر رسمی در برابر خطر وقوع زمین‌لرزه با استفاده از GIS مورد پژوهش: محله زیر نهر تراب شهر پارس آباد، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ۳، صص٤٦-٤۲.
- 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.
- ودایع خیری، ر.، درستکار، ا.، ۱٤۰۰. تحلیل سکونتگاه های غیررسمی از منظر کاربران فضا و تأثیرپذیری از بیماری کرونا نمونه موردی :شهر گلستان، استان تهران، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دورهٔ یازدهم، شمارهٔ اول، صص ٦٦-٥٦.
- ولی‌زاده کامران، خ.، بلادپس، ع.، امامی کیا، و.، ۱۳۹۲. ارزیابی توسعه سکونتگاه‌های شهری در مناطق آسیب‌پذیر از گسل با استفاده از روش‌های چند معیاره مطالعه موردی: شهرک باغمیشه تبریز، فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال پنجم، شماره چهارم، صص٤۸-۳٦.
- ولی‌زاده کامران، خ.، ۱۳۸۰. پهنه بندی خطر زلزله در شهرستان تبریز با استفاده از سنجش از دور وGIS ،فضای جغرافیایی، شماره ٤، صص ٦٥-٥۰.

- Liqun S، Chen Ji, Qinglan Li & Huang D. ۲۰۲۰. Dramatic uneven urbanization of large cities throughout the world in recent decades. NATURE COMMUNICATIONS ۱۱:٥۳٦٦ .
- Smith H، Coupé F، Ferrari S ، Rivera H، Mera W. ۲۰۲۰. Toward negotiated mitigation of landslide risks in informal settlements: reflections from a pilot experience in Medellin, Colombia، Ecology and Society ۲٥(۱)، ۱۹.
- Castillo A، López-Almansa F and Pujades L.G. ۲۰۰۸. SEISMIC RISK REDUCTION MEASURES OF A VULNERABLE URBAN INFORMAL SETTLEMENT IN MÉRIDA, VENEZUELA. COST-BENEFIT ANALYSIS. The ۱٤ World Conference on Earthquake Engineering October ۱۲-۱۷, ۲۰۰۸, Beijing, China.
- Spaans M and Waterhout B. ۲۰۱۷. Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the ۱۰۰ Resilient Cities Programme, Cities, Vol. ٦۱, PP. ۱۰۹-۱۱٦.

- Byron Walker B، Nadine S، David S، John J. ۲۰۲۱. GIS-based multicriteria evaluation for earthquake response: a case study of expert opinion in Vancouver, Canada. Natural Hazards ، ۱۰۵:۲۰۷۵_۲۰۹۱.
- Jasemi M and Ahmadi E. ۲۰۱۸. A new fuzzy ELECTRE-based multiple criteria method for personnel selection، Sharif University of Technology، Scientia Iranica E ، Transactions E: Industrial Engineering . ۲۵(۲), ۹۴۳-۹۵۳.
- Jena R, Pradhan B, Beydoun G. ۲۰۲۰. Earthquake vulnerability assessment northera sumatra province by using a multi-criteria decision-making model, International Journal of Disaster Risk Reduction (٤٦): ۱-۲۸.
- Pour Taheri, M. ۲۰۱۳. The use of multicriteria decision-making methods in geography, Tehran: SAMT Press.
- Senvar, O. Tuzkaya, G., Kahraman, C. ۲۰۱٤. Multi Criteria Supplier SelectionUsing Fuzzy PROMETHEE Method, Journal of Department of Industrial Engineerin Marmara University, ۳ (۱۲),۲۱-۳٤.

Earthquake Risk and Assessment on the Texture of Informal Settlements in Tabriz Using ELECTRE FUZZY Method and Geographic Information System (GIS)

monir_shirzad[۱], Hossein Nazm Far[۲], Abolfazl ghanbari[۳]

۱.Ph.D. Student of Geography and Urban Planning University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
۲. Professor of Geography and urban planning, university of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
۳- Professor of Geography and urban planning, University of Tabriz

Introduction

According to the latest UN report, the global population in ۲۰۱۸ was ٦,٦ billion and the urban population ٤,۲ billion. By ۲۰٥۰, the global population will reach ۷,۹ billion and ٦۸ percent of the population will live in urban areas (۲۰۲۰, Liquan et al). The rapid increase in urbanization is leading to the growth of informal settlements in high-risk areas such as landslides, increasing the risk among low-income populations. Although technical and social methods of earthquake risk management are known, in underdeveloped countries these measures are often difficult for complex social, economic, political, and institutional reasons (Smith et al. ۲۰۲۰). The growing trend of urbanization in underdeveloped countries and the housing crisis causes an increase in Halabiabad and the construction of housing without the necessary urban development standards (Valizadeh Kamran et al., ۲۰۱۳). Since informal settlement arises from a context larger than its location and also affects a larger environment, the solution to this problem requires policy and action not only at the small level, but also at the large level (Hakimi and Et al., ۱۳۹۷). Because informal settlements are of relatively poor quality and do not use earthquake-resistant designs, they are expected to be highly vulnerable to earthquakes. In addition, these settlements often occupy areas with a high seismic risk, which may cause landslides and fluids. Hence, hazard and vulnerability pose a significant seismic hazard (۲۰۰۸, et al Castillo).

Methodology

This study is descriptive-analytical in terms of method and its purpose is applied. To collect data in this study, written documents, statistical data, visual documents and field studies have been used. Also, topographic maps were ۱,۲٥۰۰۰, geological maps were ۱,۱۰۰۰۰۰, urban maps were ۱,۰۰۰, digital elevation model (DEM) ten meters, main and secondary fault maps and land use maps were used in the research. In the present study, in order to explain the vulnerability situation caused by earthquake risk in informal settlements of Tabriz, a list of criteria was extracted based on the research background and according to the available data, ۱۳ criteria were selected. In order to weight the indicators, the fuzzy model has been used and to rank the indicators and variables, the ELECTRE FUZZY model has been used. Finally, weighted parameters were put into a function to determine the vulnerability of informal settlements in Tabriz using GIS software. • Introduction of variables and indicators. In this study, in order to investigate the risk and risk of earthquake on the context of informal settlements in Tabriz, thirteen indicators have been used, which shows the flowchart Figure ۲ of the indicators and research stages.

• Data fuzzy

Fuzzyization is done directly or using algorithms and logical expressions. In the present study, two methods, direct calculation and expert calculation, have been used to fuzzy numbers. In expert calculation, first the range of changes of each parameter is determined, then, according to previous researches, and finally, they are weighted manually, based on reality and according to experts. In order to create fuzzy sets, mathematical functions such as sigmoidal linear threshold, S-shaped, hyperolithic, etc. can be used. • ELECTRE FUZZY method.

• ELECTRE FUZZY method

The ELECTRE method is one of the most widely used decision-making methods. The ELECTRE FUZZY method is used to consider its uncertainty and to complete the decision performance array. ELECTRE technique means the method of cleaning and selection in accordance with reality. One of the most important compensatory techniques, based on the concept of non-ranking, the answer of this method is based on a set of rankings. This method does not lead to non-ranking relationships, ie it does not necessarily lead to the classification of options but may eliminate options. In this model, all options are evaluated by non-rank comparisons and pairwise comparisons are based on the degree of agreement of the weights and the degree of difference of the weighted values.The calculation steps of the mentioned method are as follows:Formation of fuzzy decision matrix- Normalization of the decision matrix- Formation of a normal weighted matrix- Calculate the distance between both options- Build an agreement set and create an agreement matrix- Formation of Boolean matrix agrees- Build the opposite set and create the opposite matrix- Formation of opposite boolean matrix- Formation of the final matrix- Final ranking of options.

Conclusion

Investigating the situation of informal settlements in Tabriz in relation to the occurrence of a possible crisis will play a vital role in efficient management in the event of a crisis. Due to the large fault zone in the city of Tabriz, the informal settlements of this city are often at risk of earthquakes. In the study area, due to high population density, the use of low quality buildings, small parts, etc. during an earthquake, the effects of the disaster will be irreparable. Therefore, determining the vulnerability of informal settlements in Tabriz to earthquakes is of great importance. Which will play a vital role both in planning for resilience and in managing crisis and emergency housing. According to the findings of the present study, the fuzzy electrode method and its integration with GIS has the ability to integrate information with different structures. Therefore, in the present study, data analysis was performed using fuzzy electr model and GIS. The results of the fuzzy electrode method calculations indicate that the informal settlements located in region ۳ will experience the lowest vulnerability with a rank of ۱, while the informal settlements located in regions ۱ and ۱۰ with a rank of ۵ will have the highest vulnerability. They will experience vulnerability to earthquake risk. Also, more than ۳٤٪ of the area of informal settlements in Tabriz is exposed to very high vulnerability and more than ۲۷٪ are exposed to high vulnerability and more than ۲۵٪ are exposed to moderate vulnerability and only ۱۲,٦۹٪ of the texture of settlements Unofficially, the city of Tabriz is exposed to low vulnerability to earthquake risk. In terms of vulnerability spectrum, informal settlements in zones ۱ and ۱۰ are in the very high range, informal settlements in zones ۷ in the wide range, settlements in zones ٤ and ۵ in the high to medium range, and informal settlements. Located in Zone ۳, they are in the medium to low vulnerability range. Informal settlements located in areas ۱۰ and ۱, which are in a very high range of vulnerabilities, include neighborhoods (Yousefabad, Silab, Mola Zeinal, small spring, large spring, Loti Ibrahim, Ahmadabad, Beheshti, ٤۰ meters, Ismail Baqal, Ghorbani, Idelu, Khalilabad). These neighborhoods have the highest population density and fine-grained texture, most of them do not have strong buildings and are built without proper planning, and in terms of the passage parameter, they have narrow and narrow passages. And have mostly spread in the area of North Tabriz fault. Therefore, increasing the values of parameters such as population density, building quality, distance from the fault, building density, etc. have caused informal settlements located in these neighborhoods to be in a very high range of vulnerabilities. In general, it can be concluded that if the construction is properly managed and the rules of ۲۸۰۰ earthquake regulations are strictly observed in the informal settlements of Tabriz, we will see a decrease in earthquake hazards.

Keywords

Informal settlement; Earthquake; Risk; Baft; Tabriz