

## سنجش الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری اجتماعی - کالبدی شهری در مخاطرات طبیعی

### مطالعه موردی: منطقه هفت شهرداری تهران

دکتر ابوالفضل مشکینی: دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تربیت مدرس تهران  
علی محمد منصورزاده: دانشجوی مقطع دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی تهران  
زینب شاهرخی فرا: دانشجوی مقطع دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی تهران\*  
سیده شهربانو موسوی: دانشجویاموخته مقطع کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی تهران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۴/۳۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۰۷

#### چکیده

شناخت الگوهای فضایی در آسیب‌پذیری نگاه جامعی به نقاط آسیب‌پذیر را شامل می‌شود و قدرت تحلیل را برای مسئولین و تحلیل‌گران محیا می‌کند. هدف این پژوهش این بود که با ارائه الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری، ضمن شناسایی نقاط مسئله‌دار در منطقه ۷ شهرداری تهران، یک زمینه مطالعاتی در مدیریت بحران ایجاد نماید تا با در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهای اجتماعی و کالبدی به مدیریت بهینه در زمان مخاطرات دست‌یابد. این پژوهش دارای رویکردی کاربردی و از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد. برای دستیابی به اهمیت نسبی معیارها از روش فازی مثلثاتی در قالب روش پرسش-نامه‌ای؛ همچنین جهت تحلیل الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری از آماره گتیس-آرد جی در محیط GIS استفاده شد. نتایج تحلیل نشان داد که آسیب‌پذیری بسیار بالا در منطقه مورد مطالعه به لحاظ کالبدی ۲۲ درصد و به لحاظ اجتماعی ۱۶ درصد را در برمی‌گیرد. الگوی رفتار فضایی آسیب‌پذیری کالبدی خوشه‌بندی فضایی با سطح معناداری و واریانس صفر و نمره استاندارد  $Z$  ۱۳.۸۲ گویای یک الگوی با تمرکز بالا، اما در مورد بعد اجتماعی آسیب‌پذیری نمره  $Z$  که عدد ۱- را نشان می‌دهد بیانگر توزیع تصادفی آسیب‌پذیری اجتماعی است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در منطقه وجود ندارد. شناسایی نقاط تمرکز جغرافیایی آسیب‌پذیری با استفاده از آماره گتیس-آرد جی نشان داد که طبق امتیاز  $Z$  مقادیر مثبت ۱.۹۶ به بالا، معنادار بوده و میزان بالای آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که در پهنه جنوب شرقی منطقه خوشه‌هایی با لکه‌های داغ را تشکیل داده‌اند. مقادیر منفی ۱.۹۶- و کمتر لکه‌های سرد، نشان از آسیب‌پذیری کمتر که عمدتاً در پهنه شمال غربی قرار گرفته‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** توزیع فضایی، آسیب‌پذیری اجتماعی - کالبدی، مخاطرات طبیعی، آماره گتیس-آرد جی، منطقه ۷ شهرداری تهران.

## مقدمه

با رشد سریع جمعیت جهان، تأثیر و شدت هرگونه فاجعه افزایش خواهد یافت. بر اساس گزارش‌های حوادث طبیعی، به‌طور متوسط سالیانه بیش از ۱۵۰ هزار نفر تلفات انسانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی بر کشورها، به‌ویژه کشورهای درحال توسعه تحمیل می‌گردد (Zali & Azadeh, ۲۰۱۴). لذا افزایش نابرابری و قرار گرفتن در معرض خطر ساکنان شهری این کشورها به شرایط محیطی ناگواری مانند خطرات طبیعی، تغییرات آب و هوایی، آلودگی‌های محیطی و .. منجر شده است. که به‌عنوان یک نتیجه، ساکنان محلی از لحاظ جسمی و اجتماعی آسیب‌پذیرترند (Ge & et al. ۲۰۱۷). مناطق شهری به‌طور فزاینده‌ای فرصت‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی را برای مشاغل و درآمد و به‌طور هم‌زمان برای زندگی به‌ویژه برای ساکنان کم‌درآمد در شهرهای کشورهای درحال توسعه فراهم می‌کنند. قرار گرفتن در معرض خطر و خطر زیست‌محیطی، نتیجه فرایندهای فیزیکی است که این خطرات را ایجاد می‌کنند (برای مثال ساخت‌وساز ساختمان، برنامه‌ریزی شهری، تأسیسات زیرساختی یا حمل‌ونقل) و فرایندهای انسانی که منجر به آسیب‌پذیری (مثلاً انتخاب شیوه زندگی و الگوهای مصرف) می‌شود. این مسائل به‌طور کلی باعث ایجاد تأثیرات گوناگونی در مناطق مختلف شهر، بسته به ساختار اجتماعی و فضایی آن می‌شود (Srinivas, ۲۰۰۷). آسیب‌پذیری، استعداد هر نوع صدمه، خواه طبیعی، معنوی یا غیرمادی به‌وسیله یک عامل (Little and et al. ۲۰۰۲)؛ برای درک وضعیت و شرایطی از زندگی مردم که در آن یک خطر ممکن است به یک فاجعه بزرگ برای آن‌ها تبدیل شود (Tapsell et al. ۲۰۱۰)؛ و بتوانند با توجه به اندازه‌گیری خطرهای ترکیب یافته با سطوح اقتصادی و اجتماعی، برای کسب توانایی فائق آمدن بر پیامدهای حوادث، در نظر گرفته‌شده است (Smith, ۱۹۹۶)؛ و بر خصوصیات یک فرد یا گروه و وضعیت آن‌ها بر توانایی‌شان؛ پیش‌بینی برای مقابله با تأثیر یک خطر طبیعی، مقاومت یا بهبودی در برابر آن تأثیر می‌گذارد (Singh et al. ۲۰۱۴). از سوی دیگر آسیب‌پذیری به‌عنوان یک تابع ریاضی به مقدار خسارت پیش‌بینی‌شده برای هر عنصر در خطرات مصیبت‌بار، با شدت معین گفته می‌شود (Fischer et al. ۱۹۹۶)؛ که به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده خطر، شناسایی آن به یک پایه مهم تبدیل‌شده است و از مدیریت ریسک‌های شهری پشتیبانی می‌کند؛ بنابراین ساختن شهرهای امن و انعطاف‌پذیر در زمینه‌ی شهرنشینی سریع بسیار ضروری است (Ge & et al. ۲۰۱۷). مفهوم آسیب‌پذیری نشأت گرفته از پژوهش‌هایی در زمینه‌ی بلایای طبیعی و فقر بوده و به‌طور گسترده در رشته‌هایی از قبیل جغرافیا، بوم‌شناسی، علوم زیست‌محیطی، علم اقتصاد، امور مالی، مهندسی، روانشناسی و انسان‌شناسی استفاده شده است. آسیب‌پذیری به‌طور مستقیم با مفهوم امنیت شهری مرتبط بوده است. این مفهوم به‌طور گسترده در زمینه‌های تحقیقی پیشگیری از حوادث، مدیریت ریسک، تغییرات اقلیمی و توسعه پایدار به کار گرفته‌شده است (Chanling et al. ۲۰۱۱). آسیب‌پذیری شهری را می‌توان به دو بخش آسیب‌پذیری کالبدی و اجتماعی تقسیم‌بندی نمود. آسیب‌پذیری کالبدی بر اثرات مخرب بر سکونتگاه‌های انسانی و تلفاتی که بر ساختمان‌ها و ساخت‌وسازها تأکید دارد. باید توجه نمود که مخاطرات طبیعی تنها به‌عنوان بروز ویرانی‌ها و تلفات انسانی نیست بلکه ویژگی‌های کالبدی و فیزیکی شهرها نیز در خسارات مالی و جانی مؤثرند. برنامه‌ریزی لازم برای جلوگیری از رشد لجام‌گسیخته شهرها، تأکید بر بحث زلزله و گسل، شناسایی وضعیت ژئومورفولوژیکی و زمین-شناسی منطقه موردنظر، استحکام سازه‌ها و ساختمان از مسائلی است که آسیب‌پذیری کالبدی را کاهش می‌دهد (خاکپور و همکاران، ۱۳۹۰: ۳). در کنار آسیب‌پذیری کالبدی، آسیب‌پذیری اجتماعی نیز وجود دارد که مهم‌تر و البته سنجش تأثیرات آن نیز کمی پیچیده‌تر می‌باشد. در تعریف آسیب‌پذیری اجتماعی می‌توان گفت که می‌تواند توزیع فضایی را در

برگیرد و سهم و اثر ترکیبی حساسیت قرار گرفتن در معرض و انعطاف‌پذیری به کل آسیب‌پذیری - اگرچه این اجزا اغلب نادیده گرفته می‌شوند-را در برگیرد (Aroca-Jimenez, ۲۰۱۷). این آسیب‌پذیری محصول بخشی از اجتماع است؛ نابرابری عوامل اجتماعی که نفوذپذیری را تشکیل می‌دهند یا از آسیب‌رساندن گروه‌های مختلف و همچنین حاکم بر توانایی آن‌ها برای پاسخ دادن شکل می‌گیرند. با این حال، این نیز شامل نابرابری محل زندگی - از جمله ویژگی‌های جوامع و محیط‌زیست ساخته‌شده، مانند سطح شهر، نرخ رشد و رشد اقتصادی که به جامعه کمک می‌کند - در آسیب‌پذیری مکان‌ها است (Shirley & et al. ۲۰۱۲). در واقع آسیب‌پذیری اجتماعی سکونتگاه‌های انسانی در برابر مخاطرات طبیعی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های اساسی در ارزیابی خطر، از جایگاه ویژه‌ای در چرخه مدیریت بحران برخوردار است و بدون آگاهی از اوضاع اجتماعی و اقتصادی ساکنان، تصمیم‌گیری در خصوص ارزیابی آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر این مخاطرات امکان‌پذیر نیست (Ebert, ۲۰۰۹). محققان مدت‌هاست که به این نتیجه رسیده‌اند که اقدامات انسانی بر پیامدهای فاجعه تأثیر می‌گذارد و تحقیقات زیادی طی چند دهه اخیر، بلافاصله فاجعه را به‌عنوان فرآیند ساخت اجتماعی شناخته است. باگذشت زمان، مفهوم آسیب‌پذیری در مطالعات ریسک فاجعه افزایش یافته است که توسط شورای بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC)، دفتر سازمان ملل متحد (UNISDR) برای کاهش خطرات ناشی از بحران و بسیاری از طرح‌های دیگر از سال ۲۰۰۰ ترویج شده است (Lin et al. ۲۰۱۵). مدیریت ریسک در برنامه‌ریزی شهری برای افزایش آگاهی از میزان آسیب و تعداد تلفات ناشی از بلایای طبیعی اهمیت بیشتری دارد. ارزیابی ریسک برای پشتیبانی از مدیریت نیاز به دانش درباره خطرات فعلی و آینده، عناصر در معرض خطر و انواع مختلف آسیب‌پذیری دارد (Ebert & et al. ۲۰۰۹)؛ بنابراین مدیریت بحران، باید در یک محیط کلی قرار داده شود تا اطمینان حاصل شود که هر یک از فجایع به‌عنوان یک مسئولیت مشترک به شمار می‌روند. برای این منظور، تعدادی از تأثیرات که شامل فرهنگ، عوامل اجتماعی، فرهنگی، نهادی، سیاسی و حتی عوامل روان‌شناختی که مردم را شکل می‌دهند، ضروری است، شناخته شوند (et al. ۲۰۱۵ Aliabadi). با این حال یک نظرسنجی از مدیران شهری لس‌آنجلس نشان داد که بسیاری از دولت‌های شهری که مسئولیت تأمین امکانات افراد کم‌درآمد و گروه‌های مهاجر و بسیار آسیب‌پذیر اجتماعی را بر عهده‌دارند؛ و دارای امکانات مالی و فنی نیز هستند. فاقد اطلاعات کافی و جلب اعتماد این گروه‌ها خصوصاً در زمان بلایای طبیعی هستند. از سوی دیگر سازمان‌های غیردولتی دارای اطلاعات دقیقی درباره این گروه‌ها هستند و همچنین روابط خود را با آن‌ها حفظ می‌کنند اما فاقد امکانات مالی و فنی هستند (Wisner, ۲۰۰۳)؛ بنابراین شناسایی جمعیت‌ها و مکان‌هایی که آسیب‌پذیر به فاجعه هستند هم برای مدیریت بحران‌ها مهم است هم برای کاهش عواقب اقتصادی آن‌ها اهمیت دارد. از زمینه‌های جغرافیایی، مدیریت اضطراری و برنامه‌ریزی شهری، رویکردها و روش‌های مختلفی برای شناسایی عوامل آسیب‌پذیری که تأثیرات قابل‌ملاحظه‌ای بر وقوع بلایا دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Jeong & Yoon, ۲۰۱۸)؛ که هدفشان آمادگی در برابر و یا اجتناب از یک سانحه برای شناخت خطرات موجود در یک محل و میزان املاک و دارایی‌های انسانی و فیزیکی موجود در آن محل آغاز می‌شود؛ و ساده‌ترین راه برای شناسایی و برنامه‌ریزی برای کاهش این خطرات تهیه نقشه‌ای از منطقه می‌باشد که بر روی آن سوانح و خطرات و همچنین منابع و دارایی‌ها و میزان آسیب‌پذیری‌شان در برابر سوانح مشخص شده باشد. در واقع تنظیم و ترسیم نقشه خطرات، همراه با اطلاعاتی در مورد منطقه‌ای که این خطرات در آن‌ها به وقوع خواهند پیوست، روندها و الگوهایی را نشان می‌دهند که به اشکال دیگر قابل‌دستیابی نیستند. ضرورت و اهمیت این موضوع و

این پژوهش از آن جهت می‌باشد که با مجهز شدن به این نوع اطلاعات، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند تصمیم‌های آگاهانه‌تری درباره اقدامات پیشگیری و کاهش اثرات سوانح بگیرند (عسگری و همکاران، ۱۳۹۱). شناخت الگوهای فضایی در آسیب‌پذیری نگاه جامعی به نقاط آسیب‌پذیر را شامل می‌شود و قدرت تحلیل را برای مسئولین و همچنین تحلیل‌گران محیا می‌کند. لذا ضرورت دارد که ما بتوانیم الگوهای آسیب‌پذیری را بشناسیم تا با توجه به آن‌ها در مواقع بروز بحران، میزان آسیب را به حداقل برسانیم. هدف از این پژوهش این می‌باشد که با ارائه الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری، ضمن شناسایی نقاط مسئله‌دار در منطقه ۷ شهرداری تهران، یک زمینه مطالعاتی در مدیریت بحران و پدافند غیرعامل ایجاد شود تا با در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهای اجتماعی و همچنین کالبدی به مدیریت بهینه در زمان مخاطرات دست‌یابیم. از طرفی این پژوهش بدین جهت نوآوری دارد که هم‌زمان شاخص‌های اجتماعی و کالبدی را باهم در سنجش آسیب‌پذیری لحاظ کرده است. در مطالعات قبلی به‌ویژه مطالعات داخلی تنها به یکی از این نوع شاخص‌ها توجه می‌شد؛ که به نمونه‌هایی از این تحقیقات اشاره شده است: زنگی‌آبادی و تبریزی (۱۳۸۵) در پژوهش خود به بررسی و تجزیه و تحلیل شرایط سازه‌ای مناطق مختلف شهر تهران و شاخص‌های توسعه و آسیب‌پذیری و مقاومت آن‌ها پرداخته و سپس مناطق را بر اساس میزان مقاومت و آسیب‌پذیری در برابر خطر احتمالی دسته‌بندی کرده‌اند. طبق نتایج منطقه ۱۲ آسیب‌پذیرترین و منطقه ۲۲ مقاوم‌ترین منطقه بوده‌اند. در انتها نیز راهکارهایی برای پیشگیری و برنامه‌ریزی مناسب و چگونگی مدیریت بران ارائه کرده‌اند. احد نژاد و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود با در نظر گرفتن عوامل اجتماعی دخیل و فاصله فیزیکی به کاربری‌های موردنیاز و پرخطر در هنگام بروز زلزله، به آسیب‌پذیری اجتماعی در شهر خرمدره پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ۱۲.۵۸ درصد از شهر خرمدره دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد و ۹.۹۳ درصد شهر نیز از آسیب‌پذیری خیلی کمتری برخوردار هستند؛ و در کل سطح آسیب‌پذیری را پایین دانسته‌اند. در پژوهش دیگری خاکپور و همکاران (۱۳۹۰) در منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه لرزه‌خیزی به استفاده از شاخص‌ها و متغیرهای طبیعی، کالبدی، تأسیسات و امکانات مهم حیاتی، جمعیتی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، نقشه پهنه‌بندی محدوده‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی تهیه کرده‌اند. نتایج این پژوهش ضمن بازشناسی روش و الگوی کاربردی تحلیل آسیب‌پذیری بافت‌های شهری، چارچوب اقدامات اجرایی مؤثر را نیز برای شبیه‌سازی کاربرد الگو در بافت‌های مشابه فراهم می‌آورد. همچنین قنبری و زلفی (۱۳۹۳)، در پژوهش خود در شهر کاشمر، پیرامون موضوع سنجش آسیب‌پذیری شهری در برابر زمین‌لرزه به ارتباط معنادار بین تراکم جمعیتی و وضعیت کالبدی سکونت‌گاه‌ها با میزان آسیب‌پذیری آن‌ها اشاره دارند. پوراحمد و همکاران (۱۳۹۳) نیز در پژوهش خود در شهر سراب به این نتیجه رسیدند که رابطه معنادار و زیادی بین وضعیت کالبدی، کیفیت ساختمانی، شبکه ارتباطی، تراکم جمعیتی و ساختمانی با میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه در برابر زمین‌لرزه وجود دارد. نتایج پژوهش محمدی و جاوید (۱۳۹۵) در محله زیر نهر تراب شهر پارس‌آباد، نشان می‌دهد که هنگام وقوع زلزله احتمالی میزان آسیب‌پذیری حدود ۸۰ درصد ساختمان‌های محله مذکور زیاد و بسیار زیاد می‌باشد. فرناندز (Fernández, ۲۰۰۹) در رساله دکترای خود با عنوان اطلاعات جغرافیایی برای اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر مدلین واقع در کشور کلمبیا پرداخته است. در انتها هانگ و همکاران (Huang et. al, ۲۰۱۴) در مقاله‌شان به بررسی آسیب‌پذیری و وابستگی متقابل زیرساخت‌های حیاتی شهر پرداخته‌اند. رابطه معناداری بین وضعیت کیفی زیرساخت‌های حیاتی شهر و میزان آسیب‌پذیری در شهر وجود دارد. کلان‌شهر تهران به‌عنوان مرکز اداری-سیاسی ایران و همچنین مرکز ثقل جمعیت در

کشور ایران شناخته شده است. این شهر بالاترین درجه تراکم جمعیت را در کشور داراست، همچنین مخاطرات طبیعی مثل زلزله نیز در کمین آن نشسته است. با توجه به گستردگی مناطق شهری تهران همچنین بافت شهری منطقه ۷ که به لحاظ قواعد شهرسازی و معماری، دارای بافت شطرنجی و ناهمگونی است و از واحدهای تفکیکی بسیار کوچکی تشکیل شده که نشانه‌ای از وضعیت نابسامان دوران تشکیل خود را نشان می‌دهد (region7.tehran.ir). لذا از آنجاکه تحقیقات صورت گرفته در مورد منطقه مورد مطالعه نبوده و شناخت آسیب‌پذیری این منطقه با توجه به شرایط آن مهم می‌نماید؛ بنابراین تحلیل میزان آسیب‌پذیری در ابعاد کالبدی و اجتماعی - در مواقع بحران در این منطقه شهری از جز مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشی و همچنین برنامه‌ریزی برای مدیریت بهینه آن می‌باشد؛ بنابراین این منطقه به‌عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شده است.

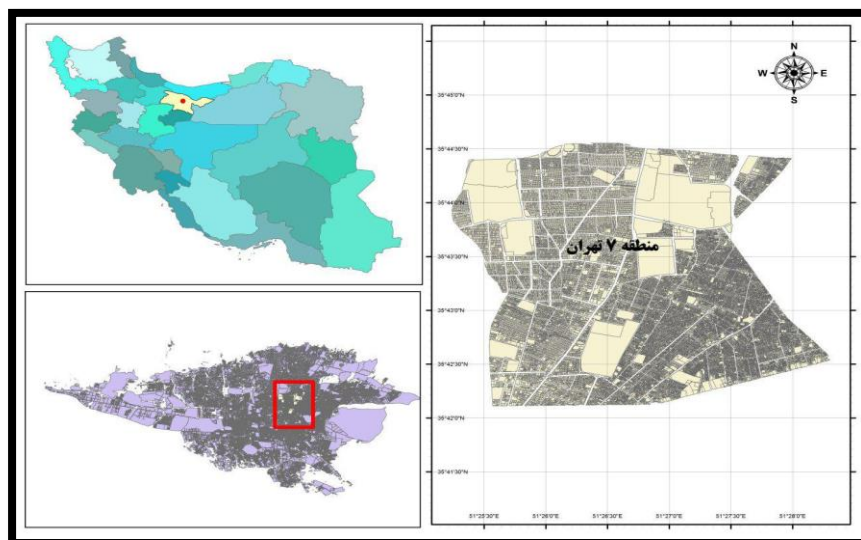
سؤالات اصلی تحقیق به شرح زیر است:

- الگوی فضایی توزیع آسیب‌پذیری کالبدی و اجتماعی در منطقه ۷ شهر تهران چگونه است؟ و
- آسیب‌پذیری کدام نواحی بیشتر است؟

## داده‌ها و روش کار

### • محدود مورد مطالعه

منطقه ۷ یکی از مناطق واقع در پهنه مرکزی شهر تهران است که از شمال به مناطق ۳ و ۴، از جنوب به مناطق ۱۳ و ۱۲، از غرب به منطقه ۶ و از شرق به منطقه ۸ محدود شده است (نقشه شماره ۱). جمعیت این منطقه بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ ایران، ۳۰۹,۷۴۵ نفر (۱۰۸,۷۲۸ خانوار) می‌باشد. همچنین منطقه ۷ وسعتی معادل ۱۵۳۷۱۲۸۳ مترمربع دارد که ۲/۱٪ مساحت کل شهر تهران است و از لحاظ وسعت مقام پانزدهم را در بین مناطق شهر تهران دارا می‌باشد. این منطقه که در قلب شهر تهران قرار گرفته دارای ۵ ناحیه و ۱۹ محله می‌باشد. بافت شهری شرق این منطقه به لحاظ قواعد شهرسازی و معماری، دارای بافت شطرنجی و ناهمگونی است که از واحدهای تفکیکی بسیار کوچکی تشکیل شده و نشانه‌ای از وضعیت نابسامان دوران تشکیل خود یعنی دهه ۱۳۲۰ می‌باشد از سوی دیگر این منطقه از مسائل و مشکلاتی چون کاهش ارزش‌های سکونتی، کمبود شدید امکانات فراغتی در منطقه، عدم تعادل میان جمعیت شب و روز، وجود بافت‌های فرسوده، عدم تناسب میان عملکرد و نظام حمل‌ونقل و کمبود شدید فضاهای باز و سبز رنج می‌برد (region7.tehran.ir)؛ بنابراین با توجه به وجود مخاطرات احتمالی در شهر تهران، از جمله خطر زلزله، ضروری است که به چنین پژوهش‌هایی اهمیت داد.



نقشه شماره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه.

این پژوهش دارای رویکرد کاربردی و از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد. اطلاعات توصیفی با استفاده از روش‌های کتابخانه-ای (اطلاعات موجود در شهرداری تهران، مرکز آمار ایران و وزارت راه و شهرسازی و سایر نهادهای دخیل) جمع‌آوری شده است. جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش جمعیت و ابنیه موجود در منطقه ۷ شهر تهران می‌باشد که آن‌ها را در لایه‌های اطلاعاتی GIS شهرداری تهران مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای دستیابی به اهمیت نسبی معیارها از روش فازی مثلثاتی در قالب روش پرسش‌نامه‌ای استفاده گردید و سرانجام تحلیل داده و میزان آسیب‌پذیری کالبدی-اجتماعی با عملگر فازی در GIS صورت پذیرفت. در گام آخر جهت تحلیل الگوی پراکنش و توزیع فضایی آسیب‌پذیری از روش آماره عمومی جی و برای شناسایی نقاط تمرکز جغرافیایی آسیب‌پذیری، از آماره گتیس-آرد جی (Getis-Ord Gi\*) در محیط GIS استفاده شده است. در تشریح معیارها باید اشاره نمود که معیارهای کالبدی و اجتماعی مورد نظر با رجوع به پژوهش‌های مشابه و همچنین برداشت‌های نگارندگان از مبانی نظری پژوهش انتخاب شده‌اند. البته باید به این نکته پرداخت که مطالعه تحقیقی که هم‌زمان به تلفیق آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی بپردازد، کمتر صورت گرفته است. معیارهای مورد استفاده در آسیب‌پذیری اجتماعی مطابق با رویکرد علمی اقتصاد سیاسی فضا می‌باشد. مطابق این رویکرد، افراد فقیر، سالمند و کم‌سواد و مهاجران روستایی چاره‌ای جز سکونت در بافت‌های قدیمی و حاشیه‌ای شهر را ندارند. این امر به علت کم‌اطلاعی این قشرهای اجتماعی از سیستم کاربری اراضی نیست، بلکه این مناسبات اجتماعی - اقتصادی حاکم بر شهر و سیستم تخصیص منابع و کنترل قیمت زمین توسط نیروهای بازار و قشر مرفه جامعه است که امکان دسترسی گروه‌های کم‌درآمد، کم‌سواد و فقیر را به محل‌های مناسب شهر، واحد مسکونی مقاوم و ایمن محدود می‌نماید. در واقع جمعیت مهم‌ترین عنصر در معرض خطر در برابر حوادث ناشی از مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود که باید مطالعات و تحقیقات زیادی در ساختار، گروه‌های سنی، جنس و توزیع و تراکم فضایی آن در سطح مناطق مختلف شهری صورت بگیرد (احد نژاد روشنی، ۱۳۸۹)؛ بنابراین افزایش ضریب بیکاری، بی‌سوادی و نسبت جنسی - که به صورت غیرمستقیم تأثیرگذار هستند- نیز از معیارهای مهم در سنجش آسیب‌پذیری اجتماعی در شهرها می‌باشند. باید

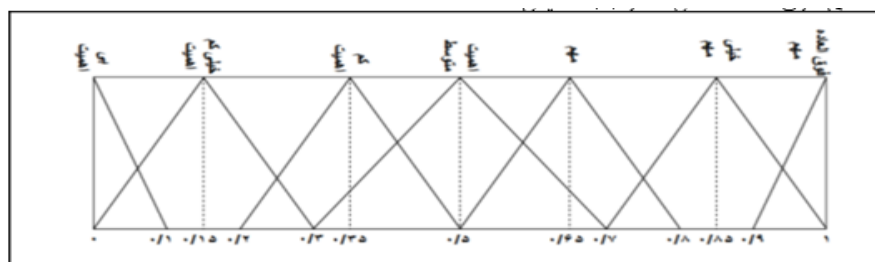
خاطر نشان کرد که معیارهای زیر با مطالعات متنوع در پژوهش‌های پیشین استخراج گردیده و بیشترین تأثیر را در مفهوم آسیب‌پذیری دارند و در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۱: معرفی معیارها

ردیف	بعد	معیارها
۱	کالبدی	تعداد طبقات ساختمان، قدمت بنا، کیفیت ابنیه، جنس مصالح بنا و دانه‌بندی (اندازه) قطعات
۲	اجتماعی	تراکم جمعیت، نسبت جنسی، گروه‌های سنی آسیب‌پذیر، ضریب بیکاری، ضریب بی‌سوادی

#### • وزن دهی با استفاده از منطق فازی مثلثاتی

برای تعیین وزن هر یک شاخص‌های مؤثر در میزان آسیب‌پذیری شهری دو پرسشنامه مجزا برای بعد کالبدی و اجتماعی طراحی شد و در اختیار کارشناسان و خبرگان شهرسازی و مخاطرات محیطی قرار داده شد. این پرسشنامه بین ۳۰ تن از اساتید و دانشجویان مقطع دکتری قرار گرفت. طراحی پرسشنامه با رویکرد فازی و به صورت پیوستار هفت گزینه‌ای شامل الف (فوق‌العاده مهم، ب (خیلی مهم، ج (مهم، د (اهمیت متوسط، ه (کم‌اهمیت، و (خیلی کم‌اهمیت. ز) بی‌اهمیت، تعیین شد پس از گردآوری پرسشنامه‌ها از آنجا که پاسخ‌ها در پرسشنامه به صورت اعداد کیفی هفت گزینه‌ای از فوق‌العاده مهم تا بی‌اهمیت قید شده بود، برای تبدیل این اعداد به اعداد کمی قطعی به هریک از گزینه‌ها یک عدد مثلثی فازی همانند شکل شماره (۲) تخصیص داده شده است.



شکل ۱: تابع عضویت اعداد فازی مثلثی برای سنجش میزان آسیب‌پذیری مأخذ: (Phua, 2005)

سپس با استفاده از عملگرهای منطق فازی و تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی از فرمول مینکووسکی (Minkowsky)  $X = m + \frac{\beta - \alpha}{4}$  عدد فازی مزبور به اعداد قطعی تبدیل شد که در جدول ۲ نشان داده شده است. (Sanayei, ۲۰۱۰).

جدول ۲: تبدیل اعداد مثلثی به اعداد قطعی

گزینه	عدد کیفی	عدد فازی مثلثی	عدد فازی مثلثی قطعی شده
الف	فوق‌العاده مهم	(۰، ۰/۱، ۱)	۰/۹۷۵
ب	خیلی مهم	(۰/۱۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵)	۰/۸۵
ج	مهم	(۰/۶۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵)	۰/۶۵
د	اهمیت متوسط	(۰/۲، ۰/۲، ۰/۲)	۰/۵
ه	کم‌اهمیت	(۰/۳۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵)	۰/۳۵
و	خیلی کم‌اهمیت	(۰/۱۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵)	۰/۱۵
ز	بی‌اهمیت	(۰، ۰، ۰/۱)	۰/۰۲۵

مأخذ: (Phua, ۲۰۰۵)

پس‌ازانجام محاسبات حاصل از نظر کارشناسان (پرسش‌نامه بین ۳۰ تن از اساتید و دانشجویان مقطع دکتری توزیع و نتیجه نظرات ایشان استخراج گردید)، ضریب و اهمیت نسبی شاخص‌ها به صورت زیر به دست آمد.

جدول ۳: ضریب اهمیت ابعاد کالبدی و اجتماعی مؤثر در میزان آسیب‌پذیری

ردیف	بعد کالبدی		بعد اجتماعی	
	شاخص	ضریب	شاخص	ضریب
۱	کیفیت ابنیه	۰.۲۲۹	تراکم جمعیت	۰.۲۲۴
۲	قدمت بنا	۰.۲۲۳	ضریب بیکاری	۰.۲۲۳
۳	جنس مصالح بنا	۰.۲۰۵	ضریب بی‌سوادی	۰.۲۰۷
۴	تعداد طبقات	۰.۱۹۳	گروه‌های سنی آسیب‌پذیر	۰.۱۷۲
۵	دانه‌بندی (اندازه) قطعات	۰.۱۴۷	گروه‌های جنسی آسیب‌پذیر	۰.۱۷۱

پنج عملگر فازی که بعد از تهیه نقشه در محیط Gis می‌تواند برای تلفیق نقشه‌های فاکتور سودمند باشد عبارت‌اند از: اجتماع فازی (Fuzzy OR): حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها در نقشه‌های مورد تلفیق را برای نقشه نهایی در نظر می‌گیرد و از وزن بالای پیکسل‌ها کاملاً چشم‌پوشی می‌شود.

اشتراک فازی (Fuzzy AND): حداکثر مقدار عضویت پیکسل در تمام نقشه‌های مورد تلفیق، به عنوان مقدار عضویت در نقشه نهایی وارد می‌شود. در نتیجه یک خروجی بسیار خوش‌بینانه به دست می‌آید.

حاصل ضرب جبری فازی (Fuzzy Product): باعث کاهش عضویت نهایی می‌شود و نتیجه آن تعلق وزن بسیار کوچکی به هر موقعیت است که در صورت زیاد بودن نقشه‌های ورودی این عدد به صفر میل می‌کند.

جمع جبری فازی (Fuzzy Sum): عضویت نهایی پیکسل‌ها در نقشه خروجی بزرگ‌شده، در صورت زیاد بودن ورودی‌ها به یک میل می‌کند. به دلیل بزرگ شدن اوزان موقعیت‌های نهایی اثر این عملگر افزایشی است.

عملگر گامای فازی (Fuzzy Gamma): حالت کلی روابط عملگرهای ضرب و جمع است. با انتخاب صحیح مقدار گاما مقادیر خروجی‌ها حاصل سازگاری قابل انعطاف میان گرایش‌های افزایشی و کاهش‌ی دو عملگر ضرب و جمع فازی می‌باشند (کریمی، ۱۳۸۸).

در مرحله بعد از ساخت لایه‌ها در نرم‌افزار Gis و تولید نقشه‌های آسیب‌پذیری در منطقه مورد مطالعه از آماره جی برای نشان دادن توزیع فضایی و تحلیل لکه‌های داغ شاخص‌های آسیب‌پذیری استفاده می‌شود.

#### • آماره عمومی جی یا خوشه‌های بالا/پایین (high/low clustering (gits-ord general g))

زمانی که رفتار داده‌های جغرافیایی با همسایگانی که از نظر خصیصه و شکل در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و فاصله جغرافیایی آن‌ها هر چه نزدیک‌تر باشد، می‌تواند نشان‌دهنده یک الگوی خوشه‌ای متمرکز با ارزش بالا یا پایین آن عوارض باشد. همان‌طور که بر اساس اصل تابلر می‌توان این جمله مشهور را عنوان نمود که "هر چیز نزدیک‌تر به هم شبیه‌تر می‌باشند" این استدلال را تأیید کرد. مطابق این اصل می‌توان نتیجه گرفت که عوارض جغرافیایی که از نظر مقدار و شکل عارضه به یکدیگر نزدیک‌تر باشند، قاعداً می‌توانند به یکدیگر شبیه بوده و از الگوی خاصی پیروی نمایند. تحلیل همبستگی فضایی موران را می‌توان برای توصیف ویژگی‌های فضایی یک متغیر در کل یک ناحیه به کار برد اما در شناسایی انواع گوناگونی از طبقه‌بندی الگوهای فضایی کارآمد نیست. شاخص عمومی g بر شاخص موران در تعیین نقاط



مثبت (داغ) و منفی (سرد) در سطح ناحیه مورد مطالعه ترجیح دارد. این نقاط داغ و سرد می‌تواند به‌عنوان تمرکزهای فضایی در نظر گرفته شوند. ضریب موران قادر به بیان تفاوت‌های محلی نمی‌باشد؛ بنابراین کاربرد این فرمول در مقایسه با ضریب موران بهتر توانسته تفاوت‌های محلی را که شامل تمرکزهای بالا (داغ) و تمرکزهای پایین (سرد) است، نشان دهد.

آماره عمومی  $G$  به شکل فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$G(d) = \frac{\sum \sum w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum \sum x_i x_j}$$

به خاطر اینکه،  $i \neq j$  آماره عمومی  $G$  به‌وسیله معیار فاصله ( $d$ ) تعریف شده است، در درون آن فاصله واحدهای ناحیه‌ای می‌توانند به‌عنوان همسایه‌های  $I$  مدنظر قرار گیرند. وزن  $w_{ij}(d)$  برابر ۱ است، اگر در داخل فاصله  $d$  باشد و در صورت عکس برابر صفر (۰) است. بنابراین وزن‌های ماتریس اساساً یک ماتریس متقارن دودویی است، اما ارتباطات همسایگی به‌وسیله فاصله  $d$  تعریف شده است. مجموع وزن‌های ماتریس  $w$  برابر است با:

$$w = \sum_i \sum_j w_{ij}(d)$$

#### • تحلیل لکه‌های داغ

تحلیل لکه با روش مقادیر زیاد/کم تنها نوع رفتار خوشه‌ای یا تمرکز و تصادفی بودن آسیب‌پذیری را با توجه به مقادیر زیاد یا کم آن را به‌صورت گزارش آماری نمایش می‌دهد. در این قسمت برای تفسیر الگوی آسیب‌پذیری بر روی نقشه از تحلیل لکه‌های داغ استفاده شده است. نقاط داغ به تمرکز یک ویژگی در محدوده جغرافیایی خاص که طول زمان ظاهر می‌شود اشاره دارد. تشخیص نقاط داغ یک روش ارزشمند برای شناسایی مناطق کوچک یا بزرگ با تمرکز یک ویژگی خاص به شمار می‌رود (Arden, ۲۰۰۸). گیت و آرد بیان می‌کنند که لکه‌های داغ برای تشخیص ساختار همبسته خوشه‌های بالا و پایین مناسب‌ترند (Manepalli, ۲۰۰۱).

تحلیل لکه‌های داغ (Hot Spot Analysis) آماره گتیس - آرد جی (Getis-Ord  $G_i^*$ ) را برای کلیه عوارض موجود در داده‌ها محاسبه می‌نماید. امتیاز  $Z$  محاسبه شده نشان می‌دهد که در کجای داده‌ها مقادیر زیاد و یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. این ابزار در حقیقت به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند نگاه می‌کند. اگر عارضه‌ای مقادیر بالا داشته باشد جالب و مهم است، ولی به‌تنهایی ممکن است یک لکه داغ معنادار از نظر آماری نباشد. برای اینکه یک عارضه لکه داغ تلقی شود و از نظر آماری معنادار باشد نیز باید هم خودش و هم عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند دارای مقادیر بالا باشند (عسگری، ۱۳۹۰: ۷۵).

آماره گتیس - آرد جی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{s \sqrt{n [\sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}}$$

در این فرمول  $x_j$  مقدار آسیب‌پذیری برای عارضه  $j$  است.  $w_{ij}$  وزن فضایی بین عارضه  $I$  و  $j$  برابر با تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد. که در اینجا تعداد بلوک آماری منطقه  $\gamma$  تهران مدنظر می‌باشد.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2}$$

از آنجا که  $G_i$  خودش نوعی امتیاز  $Z$  است دیگر نیاز به محاسبه دیگری نیست. با توجه به مواردی که گفته شد هر چه امتیاز  $Z$  بزرگ‌تر باشد مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده، و لکه‌های داغ را تشکیل می‌دهند. هر چه که امتیاز  $Z$  کوچک‌تر باشد به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود؛ و این‌ها در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند. در مرحله آخر برای یافتن پاسخ سؤال دوم تحقیق که کدام نواحی آسیب‌پذیری بیشتری دارند؟ و اینکه آیا نواحی که از آسیب‌پذیری کم و یا زیاد برخوردارند در فضا خوشه‌بندی شده‌اند یا خیر؟ از تحلیل لکه‌های داغ استفاده شده است. در این مرحله ابتدا ابعاد کالبدی و اجتماعی آسیب‌پذیری که در مراحل قبل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی محاسبه گردید باهم ترکیب شده و مقادیر آسیب‌پذیری محاسبه شد. پس از آن جهت تفسیر و ارزیابی الگوی فضایی مقادیر زیاد یا کم آسیب‌پذیری از آماره گتیس - آرد جی استفاده شد. آماره جی که برای هر عارضه موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود نوعی امتیاز  $Z$  است. و مقدار  $Z$  score در منطقه مورد مطالعه بین  $-2.58$  تا  $2.58$  + در نوسان است. که به صورت نقشه شماره ۱۴ نمایش داده شده است.

### شرح و تفسیر نتایج

برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری، هر معیار به صورت یک لایه نقشه با عنوان نقشه‌های معیار در پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS آماده شد که در ادامه به تفکیک هر یک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

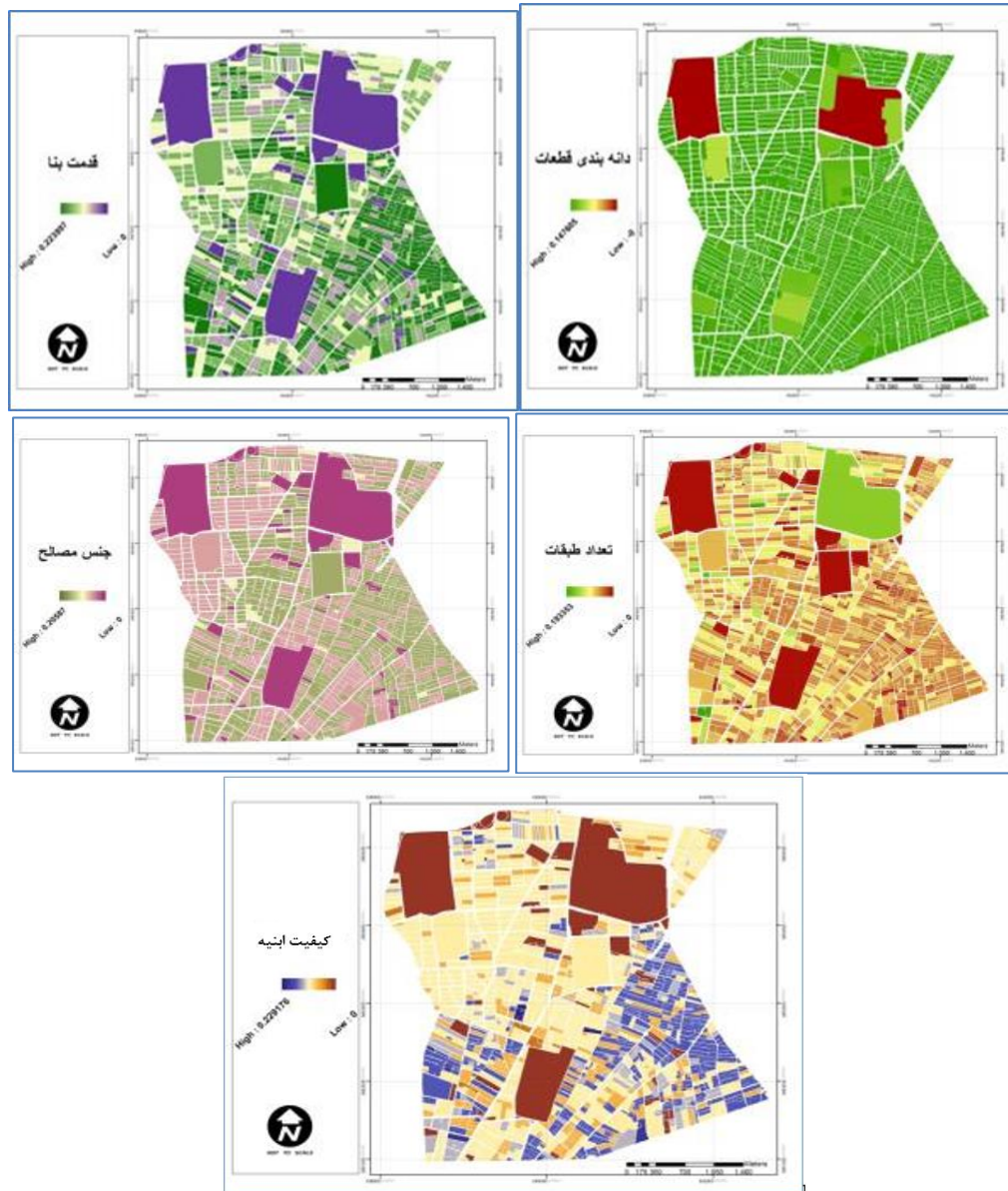
### یافته‌های توصیفی

#### • آسیب‌پذیری اجتماعی

عوامل اجتماعی و کالبدی نقش مهمی در کاهش یا افزایش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات محیطی دارد و بررسی کمبودها و کاستی‌های آن در آسیب‌پذیری در برابر این مخاطرات مؤثر هستند؛ بنابراین در تحقیق موردنظر با انتخاب معیارهای موردنظر در آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی و پس از تشکیل پایگاه داده بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل، برای پیاده‌سازی عملگر فازی ابتدا معیارها به صورت رقومی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد و مقدار عضویت هر یک پارامترها در بازه‌ای بین صفر تا یک تعریف شد. به این معنی که نقاط آسیب‌پذیر در منطقه ۷ شهرداری تهران با توجه به هریک از معیارها سنجیده شد. پس از تعیین درجه عضویت، هر کدام از لایه‌ها در وزن به دست آمده حاصل از روش فازی مثلثاتی ضرب و در نهایت لایه وزنی هر کدام از معیارها حاصل آمد که شرح و تفسیر این نقشه‌ها به شرح زیر می‌باشد (نقشه‌های ۲-۱۱). در این منطقه با توجه به نوع آسیب‌پذیری، شاخص و موقعیت آن در منطقه مورد مطالعه، ابتدا شاخص‌های آسیب‌پذیری کالبدی شامل کیفیت ابنیه، قدمت بنا، جنس مصالح، تعداد قطعات و دانه بندی قطعات مورد سنجش قرار گرفته که نتایج آن به صورت زیر بود: در قسمت کیفیت بنا احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا در مقابل بحران نسبت به ساختمان‌های مخروبه و تخریبی بیشتر بود که با توجه به نتایج نقشه ابنیه محدوده مورد مطالعه رنگ قهوه‌ای نشان‌دهنده‌ی کیفیت بالا است و رنگ آبی کیفیت کمتر و قهوه‌ای کم‌رنگ نشان از کیفیت متوسط بناهاست؛ ناحیه ۱ و نیمه جنوبی ناحیه ۳ به رنگ آبی نشان از کیفیت پایین‌تر و آسیب‌پذیرتر بودن در برابر مخاطرات هستند. همچنین و ناحیه ۵ (مجیدیه - دبستان) که این محدوده شامل ستاد مشترک ارتش است که در ضلع جنوبی آن بیمارستان ارتش، در ضلع غربی یک مجموعه ورزشی و در شمال غرب آن دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی قرار دارد و مابقی زمین اختصاص به اماکن نظامی می‌باشد. همچنین ناحیه ۲ محله کاج (پادگان ولیعصر عج) نیز یک محدوده نظامی هست و ناحیه ۴ (محله نیلوفر و قندی) که بخش شمالی آن ناحیه

مصلی تهران و بخش جنوبی آن مربوط به محله عباس‌آباد (تپه‌های عباس‌آباد) است. کیفیت بالاتری را نشان داده و بقیه ناحیه‌ها به رنگ زرد یا قهوه‌ای کم‌رنگ نشان از کیفیت متوسط جنس مصالح دارند؛ و این نشان‌دهنده این است؛ که اولاً بیشتر منطقه را محدوده‌های حفاظت‌شده پوشش داده که اگر از آن‌ها بگذریم؛ قسمت شرق و جنوب شرق منطقه بیشترین بافته‌ای فرسوده (۱۵ درصد منطقه) را شامل شده که با توجه به رنگ آبی آن نشان از کیفیت پایین ابنیه در این قسمت‌ها و سایر نواحی با کیفیت متوسط هستند. در ادامه از آنجایی که در بناهای با قدمت بیشتر به‌عنوان بناهای با احتمال بیشتری وجود دارد. لذا تحلیل بافت‌ها نیز به این صورت بود که کاربری‌های با قدمت بیشتر به‌عنوان بناهای با احتمال آسیب‌پذیری بیشتر شناسایی شدند. لذا با توجه به خروجی نرم افزار GIS، در زمینه قدمت بنا هر چه رنگ به سمت سبز متمایل شود قدمت بنا بیشتر است و نشان از آسیب‌پذیری بیشتر است و رنگ بنفش نشان از نوساز بودن بناها و عمر کمتر ساختمان‌هاست که در محدوده مورد مطالعه محلات ناحیه ۵ یا مجیدیه (ستاد مشترک ارتش) و حشمتیه (باغ موزه قصر) و غرب شهید قندی (مصلی امام خمینی) و محله‌های کاج (پادگان نظامی) قدمت بنا کمتر است که نشان از آسیب‌پذیری کمتر است ولی در بقیه محلات خصوصاً در جنوب غرب منطقه که شامل بافته‌های فرسوده می‌باشد؛ قدمت بناها بیشتر که آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به بقیه مناطق را دارا می‌باشند. در زمینه جنس مصالح نیز با توجه به نتایج نقشه جنس مصالح بنا محدوده مورد مطالعه هرچه به سمت رنگ سبز می‌رود جنس مصالح کم‌دوام تر و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها بیشتر و برعکس هرچه به سمت بنفش می‌رود جنس مصالح بادوام‌تر و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها بیشتر است و هرچه رنگ به سمت زرد متمایل پیدا کند جنس مصالح متوسط خواهد بود؛ که در نقشه جنس مصالح در ناحیه ۴ (مصلی امام خمینی) و ناحیه ۲ محله کاج (پادگان نظامی) و ناحیه ۵ مجیدیه - دبستان (ستاد مشترک ارتش) بادوام‌تر و میزان آسیب‌پذیری کمتر دارند. ناحیه ۳ و ناحیه ۱ بیشتر به رنگ سبز نشان داده می‌شوند که به معنای جنس مصالح کم‌دوام تر و میزان آسیب‌پذیری بیشتری دارند. بخصوص کمترین آسیب‌پذیری در محله کاج است؛ و بقیه ناحیه‌ها از جمله ناحیه ۲ (محله عباس‌آباد). به رنگ بنفش کم‌رنگ‌تر که نشان از آسیب‌پذیری متوسط دارد. این شاخص ارتباط نزدیکی با شاخص تعداد طبقات دارد به این صورت افزایش قدمت بنا و بالا بودن تعداد طبقات می‌تواند آسیب‌پذیری بسیار زیادی را رقم بزند. زیرا با افزایش تعداد طبقات آسیب‌پذیری فضای باز ناشی از ریزش آوار ساختمان‌ها و غیرقابل استفاده شدن بافت افزایش می‌یابد. نقشه خروجی این شاخص حاکی از آن است که تعداد طبقات هر چه رنگ به سمت سبز مایل بشود تعداد طبقات بیشتر است و نشان از آسیب‌پذیری بیشتر است و رنگ قهوه‌ای نشان از میزان طبقات کمتر و رنگ زرد نشان از میزان طبقات متوسط دارد؛ که در نقشه تعداد طبقات محدوده مورد تحقیق ناحیه ۵ بخش که به رنگ سبز و قهوه‌ای پررنگ مشخص است یک محدوده نظامی است. در ناحیه ۴ عباس‌آباد و محله نیلوفر که شامل بخش‌های مصلی امام خمینی و تپه‌های عباس‌آباد است و مرکز ناحیه ۲ (محله کاج) که پادگان نظامی ولیعصر (عج) است که با توجه به وجود اطلاعات کمتر در مورد این مناطق مورد حفاظت میزان طبقات متوسط و متوسط به بالا با میزان آسیب‌پذیری کمتر است که نشان از آسیب‌پذیری کمتری است و بقیه ناحیه‌ها نیز علی‌الخصوص قسمت شرق منطقه یعنی ناحیه یک با توجه به وجود بافته‌های فرسوده به رنگ زرد و قهوه‌ای نشان از میزان طبقات متوسط و متوسط به بالا با میزان آسیب‌پذیری بیشتر دارد. در مرحله آخر شاخص ریزدانی مورد بررسی قرار گرفت که نشان می‌دهد دانه‌بندی قطعات هر چه رنگ به سمت سبز مایل شود نشان از دانه‌بندی و از آسیب‌پذیری بیشتر حکایت دارد و رنگ بنفش نشان از قطعه‌بندی درشت که احتمال آسیب‌پذیری آن کمتر است؛ که با توجه به نقشه دانه‌بندی (اندازه) قطعات محدوده مورد مطالعه ناحیه

۵ مجیدیه (ستاد نیروهای مشترک ارتش، باغ موزه قصر، زندان قصر، مجتمع ورزشی شهید شیرودی و...) و محله ۴ که شامل بخش‌های قندی و نیلوفر که شامل مصلی امام خمینی و تپه‌های عباس‌آباد است دانه‌بندی درشت است که احتمال آسیب‌پذیری در این قطعات کمتر است ولی در بقیه مناطق مورد مطالعه خصوصاً در شرق منطقه دانه‌بندی ریز تر است که احتمال آسیب‌پذیری را بالا می‌برد.



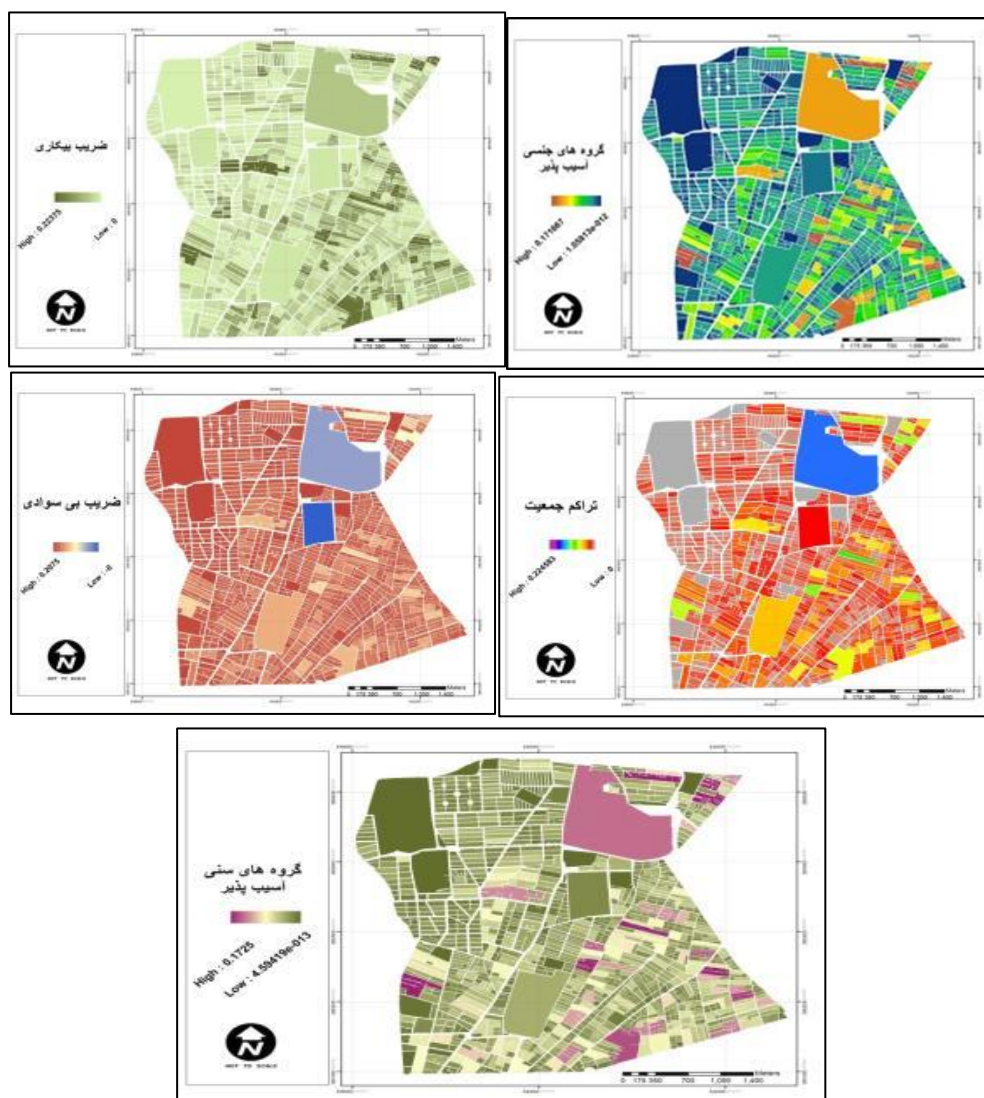
اشکال ۶-۲: شاخص‌های کالبدی آسیب‌پذیری

#### • شاخص‌های اجتماعی

در بعد اجتماعی ۵ شاخص مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به رنگ‌های مختلف در خروجی شاخص‌ها به صورت تک تک مورد بررسی قرار گرفته‌اند که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد؛ یکی از مهم‌ترین معیارهای مورد بررسی شاخص تراکم جمعیت بود که به‌عنوان یکی از پارامترهای بسیار مؤثر در آسیب‌پذیری منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. به‌طوری‌که هرچه تراکم جمعیت در منطقه بیشتر بوده و این جمعیت به‌صورت نامتعادل توزیع شده باشد؛ میزان آسیب‌پذیری در برابر بلایا بیشتر بوده و تلفات و خسارت‌های بیشتری را سبب می‌شود؛ و حتی میزان امداد رسانی را نیز

کاهش می‌دهند. در تحقیق موردنظر در بعد اجتماعی این شاخص بااهمیت‌ترین شاخص را تشکیل می‌دهد. همان‌طور که خروجی نرم افزار gis نشان می‌دهد رنگ‌های بنفش و آبی میزان تراکم بیشتری از جمعیت را نشان می‌دهند که نشان از میزان آسیب‌پذیری بیشتر است. رنگ زرد و سبز تراکم جمعیتی متوسط‌تر و رنگ‌های قرمز و قهوه‌ای تراکم کمتری از جمعیت را نمایش می‌دهند؛ بنابراین این‌گونه می‌توان تحلیل نمود که شمال شرق منطقه مورد مطالعه تراکم جمعیت بیشتر در نتیجه آسیب‌پذیری بیشتری را داراست. علاوه بر میزان جمعیت شاخص دیگری که در این زمینه مهم می‌نماید میزان بیکاری در سطح منطقه بود که با توجه ارتباط نزدیک این شاخص با میزان درآمد افراد و از آنجا که فقر درآمدی به دلیل همبستگی آن یا دسترسی محدود به منابع (مطابقت نزدیک بین فقر و آسیب‌پذیری) برای تحلیل آسیب‌پذیری به کار می‌رود. عواملی که موجب فقر می‌شوند (مانند دسترسی محدود به انتخاب‌های شغلی یا ابزارهای تولید، نداشتن پس‌انداز، مسکن یا حق تصدی زمین و ناامنی غذایی)، اغلب همان عواملی هستند که آن‌ها را در برابر بحران‌ها آسیب‌پذیر می‌کند افرادی که وضعیت اقتصادی خوبی ندارند، به‌طور نامتناسب از فجایع تأثیر می‌پذیرند. قشر فقیر معمولاً درآمد و دارایی موردنیاز برای آمادگی در برابر فاجعه احتمالی یا بهبود بعد از فاجعه را در اختیار ندارند. با توجه به نقشه ضریب بیکاری در منطقه مورد مطالعه رنگ سبز پررنگ نشان بیکاری بیشتر و سبز کم‌رنگ‌تر نشان از ضریب بیکاری کمتر است که در محدوده مورد مطالعه ناحیه یک بیشترین ضریب بیکاری را نشان می‌دهد؛ و ناحیه ۵ بخش (ستاد مشترک ارتش و باغ موزه قصر، زندان قصر و ...)، ناحیه ۲ محله کاج (پادگان نظامی) و ناحیه ۴ قسمت مصلی امام خمینی و تپه‌های عباس‌آباد کمترین ضریب بیکاری را نشان می‌دهد. در ادامه شاخص‌های مورد بررسی ضریب بی‌سوادی شاخصی بود که در بعد اجتماعی مورد تحلیل قرار گرفت زیرا سطح تحصیلات یکی از شاخص‌هایی است که در منابع مختلف به‌عنوان شاخص اثرگذار بر آسیب‌پذیری اجتماعی به آن توجه شده است. در این پژوهش، تحصیلات به‌عنوان یکی از متغیرهای انسانی در نظر گرفته شده است و سطح تحصیلات رابطه مستقیم با آگاهی و درک مخاطرات دارد. همچنین، میزان تحصیلات از طریق تأثیر بر آگاهی و دانش افراد و به‌تبع آن قدرت واکنش افراد در مواقع بروز مخاطرات، نقش زیادی در کاهش آسیب‌پذیری افراد دارد. با توجه به نقشه ضریب بی‌سوادی محدوده مورد تحقیق رنگ قهوه‌ای نشان باسوادی بیشتر و هرچه رنگ قهوه‌ای کمتر شود نشان بی‌سوادی بیشتر است. نتایج نقشه نشان می‌دهد بیشتر ناحیه یک ضریب بی‌سوادی بیشتری دارند و ناحیه ۴ و شمال منطقه ۷ بیشترین ضریب باسوادی دارند؛ و رنگ آبی محدوده ستاد نیروهای مشترک ارتش و پادگان و امور زندان‌ها است؛ که در تحلیل مورد استفاده قرار نگرفته است. در ادامه شاخص‌ها شاخص دیگری مورد بررسی قرار گرفت که می‌تواند از شاخص‌های مهم در این بعد باشد؛ و تأثیرپذیری بالایی در افزایش یا کاهش آسیب‌پذیری داشته باشد. با توجه به اینکه کودکان و سالمندان آسیب‌پذیرترین گروه‌ها در صورت وقوع فاجعه هستند. آن‌ها وابستگی بیشتری داشته و مقاومت کمتری در برابر فاجعه دارند و ممکن است محدودیت‌های حرکتی نیز داشته باشند. کودکان و به‌ویژه خردسالان نمی‌توانند در طول فاجعه از خود مراقبت کنند؛ زیرا آن‌ها منابع ضروری، دانش و تجارب زندگی برای مقابله مؤثر با آن وضعیت را ندارند. با توجه به نتایج نقشه گروه‌های آسیب‌پذیر، رنگ بنفش آسیب‌پذیری بیشتری را نشان می‌دهد و رنگ سبز نشان از گروه‌های سنی که آسیب‌پذیری کمتری را دارا هستند (به‌استثنای ستاد مشترک ارتش که به دلیل عدم وجود اطلاعات آن صفر در نظر گرفته شده و به همین دلیل با رنگ بنفش نمایش داده شده است). نتایج نقشه نشان می‌دهد که بیشترین گروه‌های سنی آسیب‌پذیر مربوط به جنوب شرق (ناحیه یک) و ناحیه ۵ (مجیدیه - بوستان) است؛ و کمترین گروه ای آسیب‌پذیر سنی مربوط به ناحیه چهار (مصلی امام

خمینی و عباس‌آباد) است (شمال و شمال غرب منطقه ۷). در مرحله آخر شاخص‌ها؛ جنسیت نیز یکی دیگر از عناصر مهم آسیب‌پذیری اجتماعی شناخته شد. زنان نسبت به مردان اغلب به علت استخدام در بخش‌های ویژه، دستمزدهای پایین‌تر و مسئولیت در مواظبت از خانواده، آسیب‌پذیرترند. آسیب‌پذیری زنان بیشتر به دلیل عواملی همچون ضعف جسمی، بارداری و ملاحظات فرهنگی- مذهبی است که معمولاً وضعیت جسمانی پایین‌تر، قدرت واکنش کمتری نسبت به مردان در زمان وقوع مخاطرات بارداری زنان و توانایی حرکتی و واکنش کند آن‌ها در هنگام بارداری یکی از عوامل آسیب‌پذیری‌شان در برابر مخاطرات است. همچنین، آن‌ها به دلیل ملاحظات فرهنگی و مذهبی و پوشش خود داخل خانه نمی‌توانند با همان پوشش بیرون بیایند و به همین آسیب‌پذیری بیشتر نسبت به مردان در هنگام مخاطرات دارند. با توجه به نتایج نقشه رنگ آبی نشان از آسیب‌پذیری کمتر دارد و رنگ سبز نشان از آسیب‌پذیری بیشتر دارد و هرچه رنگ آبی کم‌رنگ‌تر شود آسیب‌پذیری متوسطی را نشان می‌دهد؛ که ناحیه یک بیشترین گروه‌های جنسی آسیب‌پذیر را داراست و ناحیه چهار (مصلی امام خمینی و عباس‌آباد) و شمال منطقه ۷ گروه‌های آسیب‌پذیر کمتری دارا می‌باشد.



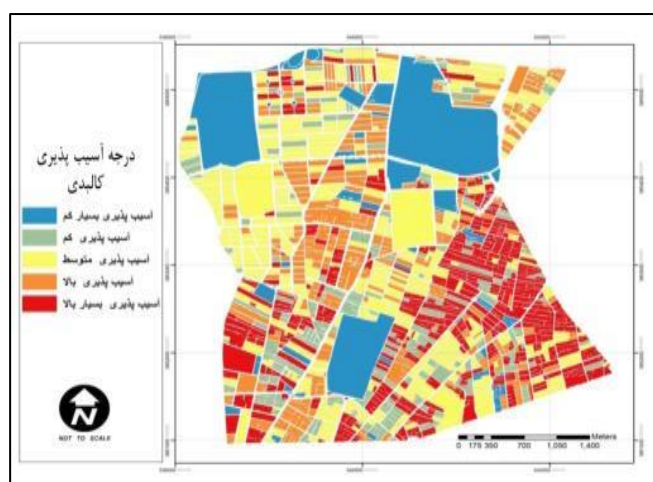
نقشه‌های ۱۱-۷: شاخص‌های اجتماعی آسیب‌پذیری



## یافته های تحلیلی

برای تعیین میزان آسیب پذیری کلی منطقه مورد مطالعه در برابر مخاطرات طبیعی، نقشه های تولید شده باید روی هم وزن های و روی هم گذاری شوند. جهت تعیین وزن هر یک از معیارها ط طریق مقایسه های زوجی، وزنی بین ۱ تا حداکثر ۹ در نظر گرفته شد. با اعمال مدل ارزیابی چند متغیره فضایی در محیط GIS، وزن هر یک از شاخص های مؤثر بر آسیب پذیری مشخص، (نرمال شده بین صفر تا یک) و بر نقشه های معیار مربوط اعمال شد (جدول ۱۲-۱۳). در مرحله بعدی با اعمال وزن های مربوط، نقشه ها در محیط GIS با هم تلفیق و نقشه های نهایی با عنوان نقشه های میزان آسیب پذیری اجتماعی و کالبدی ناشی از مخاطرات طبیعی تولید شد (شکل ۱۳-۱۲). به عبارت دیگر در گام نهایی جهت دستیابی به نقشه آسیب پذیری بعد کالبدی و اجتماعی از عملیات همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay) استفاده شد. بدین منظور، لایه های رقومی (پارامترها) که در مرحله قبل فازی و سپس وزن دار شدند، با استفاده از عملگر گاما با مقدار ۰/۹ محاسبه شد. در این نقشه ها، کل منطقه در پنج درجه: آسیب پذیری بسیار کم، کم، متوسط، بالا و بسیار بالا نمایش داده شد.

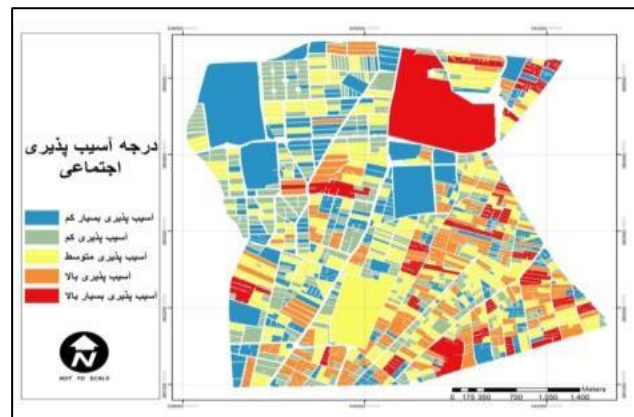
نقشه شماره ۱۲ که تلفیقی از شاخص های کالبدی از جمله تعداد طبقات، جنس مصالح، کیفیت ابنیه، قدمت بنا و دانه بندی قطعات می باشد. نمایانگر این است که رنگ قرمز در نقشه وجود آسیب پذیری بسیار بالا است که بیشترین میزان آسیب پذیری در بعد کالبدی ناحیه یک و شمال غرب ناحیه سه که شامل بیشترین بافتهای فرسوده است، می باشد؛ در مقابل رنگ آبی نشان دهنده ای آسیب پذیری بسیار کم در بعد کالبدی منطقه ۷ است. که محدوده نیروی ستاد مشترک ارتش در منطقه ۵ (مجیدیه - بستان)، محدوده پادگان ولیعصر در ناحیه ۲ و مصلی امام خمینی و عباس آباد در ناحیه ۴ آسیب پذیری بسیار کمی دارند. رنگ زرد که آسیب پذیری متوسط را نشان می دهد به صورت پراکنده و بیشتر در شمال غرب منطقه (ناحیه ۴) در منطقه ۷ دیده می شود. رنگ قهوه ای نیز نشان دهنده ای آسیب پذیری تقریباً بالا را نشان می دهد که بعد از رنگ قرمز در مرتبه دوم قرار دارد که نشان از آسیب پذیری بالا در منطقه ۷ می باشد. در مجموع منطقه ۷ تهران با توجه به نقشه مورد نظر دارای میزان آسیب پذیری بالایی در بعد کالبدی است.



نقشه شماره ۱۲: درجه بندی میزان آسیب پذیری ابعاد کالبدی

نقشه شماره ۱۲ نیز تلفیقی از شاخص های بعد اجتماعی شامل ضریب بیکاری، گروه های سنی آسیب پذیر، گروه های جنسی آسیب پذیر، ضریب بی سواد، تراکم جمعیت است؛ که طیف رنگی در آن نشان از شدت و ضعف آسیب پذیری در

منطقه مورد مطالعه می‌باشد؛ در نقشه فوق رنگ قرمز نشان از آسیب‌پذیری بسیار بالا است؛ که در نواحی ۵ و ۱ (غیر از محدوده ستاد نیروهای مشترک ارتش که به علت کمبود اطلاعات در زمینه شاخص‌ها) و بیشتر در جنوب شرق و شمال شرق منطقه ۷ دیده می‌شود که از آسیب‌پذیری اجتماعی بالای برخوردار هستند. رنگ آبی نشان‌دهنده‌ی آسیب‌پذیری بسیار کم است که در شمال، غرب و قسمت‌های محدودی از جنوب غرب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. رنگ زرد که نشان‌دهنده‌ی آسیب‌پذیری اجتماعی متوسط است به صورت پراکنده و محدود در زمین‌های انتظامی (پادگان ولیعصر عج) دیده می‌شود.



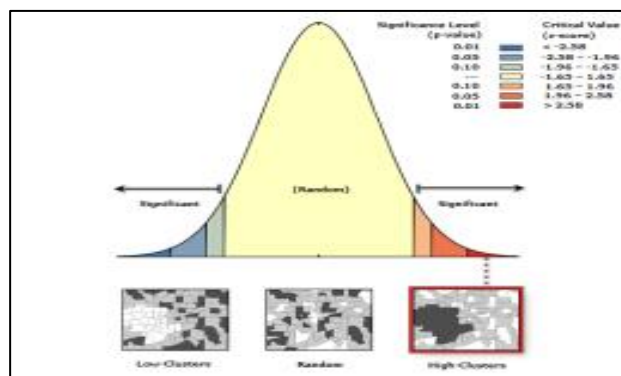
نقشه شماره ۱۳: درجه‌بندی میزان آسیب‌پذیری ابعاد اجتماعی

پس از ارزیابی میزان آسیب‌پذیری حال نوبت به بررسی الگوی رفتاری آسیب‌پذیری بعد کالبدی و بعد اجتماعی است.

#### • الگوی توزیع فضایی بعد کالبدی آسیب‌پذیری با استفاده از آماره آرد جی

آماره جی نوعی ابزار خوشه‌بندی زیاد/کم آمار استنتاجی است و نتایج آن بر مبنای فرضیه صفر تفسیر و بیان می‌شوند. فرضیه صفر برای آماره عمومی جی در مورد بعد کالبدی آسیب‌پذیری این‌گونه بیان می‌شود که «هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر آسیب‌پذیری کالبدی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد». حال با توجه به نمره استاندارد  $Z$  که عدد ۱۳.۸۲ در منطقه مورد مطالعه (منطقه ۷) در بعد کالبدی به دست آمده، کمتر از یک درصد این احتمال وجود دارد که الگوی خوشه‌بندی فضایی مقادیر آسیب‌پذیر کالبدی منطقه ناشی از شانس و اتفاق باشد، بنابراین فرضیه صفر رد می‌شود. لذا سطح معناداری صفر و همچنین واریانس صفر نشان از یک الگوی با تمرکز بالا دارد. با توجه به اینکه مقدار استاندارد شده مثبت بوده و سطح معناداری در ناحیه قرمز (داغ) نمایش داده شده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که در این منطقه خوشه‌بندی فضایی در مورد مقادیر بالا صورت گرفته است؛ یعنی مناطقی که به لحاظ فضایی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و تشکیل خوشه داده‌اند، مناطقی هستند که از آسیب‌پذیری کالبدی بالایی برخوردار هستند.



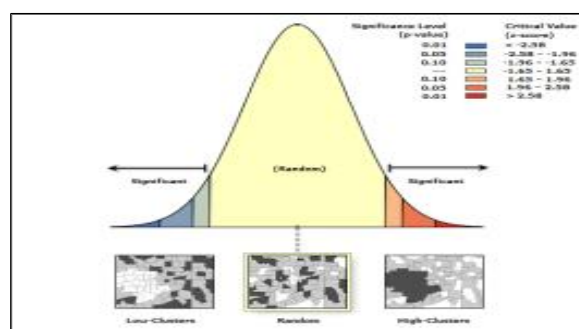


نمایش گرافیکی الگوی پراکنش فضایی بعد کالبدی آسیب پذیری در منطقه ۷ تهران

آماره جی مشاهده شده	۰.۰۰۰۷۹۶
آماره جی مورد انتظار	۰.۰۰۰۷۷۵
واریانس	۰.۰۰
امتیاز استاندارد شده Z	۱۳.۸۲۳۴۱
مقدار p-value	۰.۰۰

#### • الگوی توزیع فضایی بعد اجتماعی آسیب پذیری با استفاده از آماره آرد جی

در این قسمت نیز فرضیه صفر برای آماره عمومی جی در مورد بعد اجتماعی آسیب پذیری مورد بررسی قرار گرفته و این گونه بیان می شود که "هیچ نوع خوشه بندی فضایی در مقادیر آسیب پذیری اجتماعی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد". حال با توجه به نمره  $z$  که عدد ۱ را نشان می دهد بیانگر توزیع تصادفی آسیب پذیری اجتماعی در منطقه مورد مطالعه و مبین این واقعیت است که بعد انسانی و اجتماعی آسیب پذیری در منطقه مورد مطالعه از قواعد خاصی پیروی نمی کند. به عبارت دیگر اگر نمره  $z$  ما از یک بیشتر می بود نشان از خوشه بندی آسیب پذیری در بعد آسیب پذیری اجتماعی می بود. در حالیکه با توجه به نتیجه به دست آمده از آماره جی که برابر با یک است؛ این خوشه بندی صورت نگرفته و آسیب پذیری اجتماعی از قاعده خاصی پیروی نمی کند. و تحلیل و تفسیر الگوی رفتاری آسیب پذیری اجتماعی و برنامه ریزی جهت کاهش آن به مراتب دشوارتر بوده و پیش بینی آن نیز پیچیده تر از بعد کالبدی است.

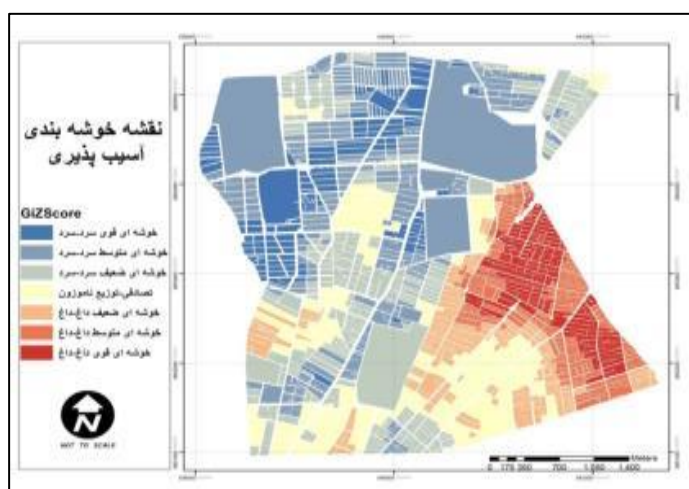


نمایش گرافیکی الگوی پراکنش فضایی بعد اجتماعی آسیب پذیری در منطقه ۷ تهران

آماره جی مشاهده شده	۰.۰۰۰۱۳۲
آماره جی مورد انتظار	۰.۰۰۰۱۳۴
واریانس	۰.۰۰
امتیاز استاندارد شده Z	-۱.۰۹۰۹۰۵
مقدار p-value	۰.۲۷۵۳۱۴

• نتایج حاصل از تحلیل لکه‌های داغ به منظور تفسیر الگوی آسیب‌پذیری (کالبدی-اجتماعی)

همان‌طور در نقشه شماره ۱۴ مشاهده می‌شود امتیاز Z مقادیر مثبت ۱.۹۶ به بالا که از نظر آماری با ضریب ۹۰ تا ۹۹ درصد معنادار بوده و به رنگ قرمز می‌باشند؛ میزان بالای آسیب‌پذیری را نمایش می‌دهند که در پهنه جنوب شرقی منطقه خوشه‌هایی با لکه‌های داغ را تشکیل داده‌اند. مقادیر منفی ۱.۹۶- و کمتر که از نظر آماری معنی‌دار بوده و به رنگ آبی هستند لکه‌های سرد را تشکیل داده‌اند و این‌گونه تفسیر می‌شود که نواحی دارای آسیب‌پذیری کم نیز در فضا خوشه‌بندی شده و عمدتاً در پهنه شمال غربی قرار گرفته‌اند. هر چه دامنه رنگ موردنظر در ناحیه‌های قرمز و آبی کاسته شود دارای معنی‌داری آماری کمتر بوده تا جایی که این امتیاز مثبت منفی ۱.۶۵ برسد که در این وضعیت رفتار فضایی آسیب‌پذیری از نظر خوشه‌بندی‌های داغ یا سرد با مقادیر بالا و پایین و خودهمبستگی فضایی غیر معنادار تلقی می‌شوند که بر روی نقشه نیز با رنگ زرد نمایش داده شده است.



نقشه شماره ۱۴: خوشه‌بندی آسیب‌پذیری در ابعاد کالبدی و اجتماعی، مأخذ: نگارندگان

### نتیجه‌گیری

یکی از وظایف برنامه‌ریزی شهری شناخت و کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری و روستایی برای تسهیل مدیریت و پایداری زیرساخت‌ها و همچنین مدیریت جامعه در شرایط بحران می‌باشد. آسیب‌پذیری شهری متأثر از سه عنصر مهم ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، جمعیت و همچنین مراکز خدمات‌رسانی اورژانس می‌باشد؛ بنابراین آسیب‌پذیری شهری را می‌توان به دو بخش آسیب‌پذیری کالبدی و اجتماعی تقسیم‌بندی نمود. شهر تهران به‌عنوان مرکز سیاسی اداری کشور حجم وسیعی از امکانات و جمعیت را در خود جای داده است. در این بین، منطقه ۷ شهرداری تهران که به لحاظ قواعد شهرسازی و معماری، دارای بافت شطرنجی و ناهمگونی است و از واحدهای تفکیکی بسیار کوچکی تشکیل شده و نشانه‌ای از وضعیت نابسامان دوران تشکیل خود را نشان می‌دهد. لذا منطقه ۷ شهرداری تهران به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شده است. نتایج پژوهش به این دلیل اهمیت دارد که فرق آن با پژوهش‌های قبلی داخلی در این است که دو بعد اجتماعی و کالبدی را هم‌زمان با هم در سنجش الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری در نظر گرفته شده است و نکته دیگر این است که درجه آسیب‌پذیری در خوشه‌های بیشتر نشان داده شده‌اند که نشان از جزئی و دقیق بودن نتایج پژوهش دارد. در پژوهش حاضر اهمیت نسبی معیارها با استفاده از روش فازی مثلثاتی استخراج گردید که طی آن کیفیت ابنیه، قدمت بنا، تراکم جمعیت و ضریب بیکاری بیشترین نقش را در میزان آسیب‌پذیری بازی می‌کردند که به‌منظور دستیابی به نقشه فضایی

میزان آسیب‌پذیری در دو بعد کالبدی و اجتماعی از عملگر فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری بسیار بالا در منطقه مورد مطالعه به لحاظ کالبدی ۲۲ درصد و به لحاظ اجتماعی ۱۶ درصد را در برمی‌گردد که نشان می‌دهد توزیع این دو بعد از آسیب‌پذیری به لحاظ فضایی باهم تفاوت ماهوی دارند که با استفاده از آماره عمومی جی مورد ارزیابی قرار گرفت. الگوی رفتار فضایی آسیب‌پذیری کالبدی، این فرضیه را که خوشه‌بندی فضایی مقادیر آسیب‌پذیر منطقه ناشی از شانس و اتفاق باشد رد و با سطح معناداری و واریانس صفر و نمره استاندارد  $Z$  ۱۳.۸۲ گویای یک الگوی با تمرکز بالا است. با توجه به اینکه مقدار استاندارد شده مثبت بوده و سطح معناداری در ناحیه قرمز (داغ) نمایش داده شده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که خوشه‌بندی فضایی در مورد مقادیر بالا صورت گرفته یعنی مناطقی که به لحاظ فضایی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و تشکیل خوشه داده‌اند، مناطقی هستند که از آسیب‌پذیری کالبدی بالایی برخوردارند؛ اما آماره عمومی جی در مورد بعد اجتماعی آسیب‌پذیری این‌گونه بیان می‌شود که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر آسیب‌پذیری اجتماعی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد و نمره  $Z$  که عدد ۱- را نشان می‌دهد بیانگر توزیع تصادفی آسیب‌پذیری اجتماعی در منطقه مورد مطالعه و مبین این واقعیت است که بعد انسانی و اجتماعی آسیب‌پذیری در منطقه مورد مطالعه از قواعد خاصی پیروی نمی‌کند و تحلیل و تفسیر الگوی رفتاری آسیب‌پذیری اجتماعی و برنامه‌ریزی جهت کاهش آن به مراتب دشوارتر از و پیش‌بینی آن نیز پیچیده‌تر از بعد کالبدی است. شناسایی نقاط تمرکز جغرافیایی آسیب‌پذیری کالبدی-اجتماعی از یافته‌های نهایی پژوهش حاضر با استفاده از آماره گتیس-آرد جی (Getis-Ord  $G_i^*$ ) حاصل گردید که طبق امتیاز  $Z$  مقادیر مثبت ۱.۹۶ به بالا که از نظر آماری با ضریب ۹۰ تا ۹۹ درصد معنادار بوده و به رنگ قرمز می‌باشند؛ میزان بالای آسیب‌پذیری را نمایش می‌دهند که در پهنه جنوب شرقی منطقه خوشه‌هایی با لکه‌های داغ را تشکیل داده‌اند. مقادیر منفی ۱.۹۶- و کمتر که از نظر آماری معنی‌دار بوده و به رنگ آبی هستند لکه‌های سرد را تشکیل داده‌اند و این‌گونه تفسیر می‌شود که نواحی دارای آسیب‌پذیری کم نیز در فضا خوشه‌بندی شده و عمدتاً در پهنه شمال غربی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین هر چه دامنه رنگ مورد نظر در ناحیه‌های قرمز و آبی کاسته شود دارای معناداری آماری کمتر بوده تا جایی که این امتیاز مثبت منفی ۱.۶۵ برسد که در این وضعیت رفتار فضایی آسیب‌پذیری از نظر خوشه‌بندی‌های داغ یا سرد با مقادیر بالا و پایین و خودهمبستگی فضایی غیر معنی‌دار تلقی می‌شوند که بر روی نقشه نیز با رنگ زرد نمایش داده شده است.

## منابع

- احد نژاد روشتی، محسن. ۱۳۸۹. ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله نمونه موردی: شهر زنجان، فصلنامه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال دوم، ۷: ۷۱-۹۰.
- احد نژاد، محسن؛ علی زلفی، محمدجواد نوروزی، کریم جلیلی. ۱۳۹۰. ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی: شهر خرمدره، فصلنامه جغرافیایی و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، سال سوم، ۷: ۸۱-۹۸.
- پوراحمد، احمد؛ اسدالله دیو سالار، پروانه مهدوی، زهرا غلامرضایی. ۱۳۹۳. برنامه‌ریزی پیشگیری از صدمات سانحه زمین‌لرزه در شهر سراب، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳: ۴۵-۵۷.
- خاکپور، برات علی؛ محمدجعفر زمردیان، سلیمان صادقی، احمد مقدمی. ۱۳۹۰. تحلیل میزان آسیب‌پذیری فیزیکی-کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه لرزه‌خیزی، فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال نهم، ۱۶: ۱-۳۳.
- زنگی‌آبادی، علی؛ نازنین تبریزی. ۱۳۸۵. زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، نشریه پژوهش‌های انسانی، ۵۶: ۱۳۰-۱۱۵.

- عسگری، علی. ۱۳۹۰. *تحلیل‌های آمار فضایی با arc gis*. چاپ اول. انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری. تهران.
- عسگری، علی؛ پدرام رخشانی، اکبر اسمعیلی. ۱۳۹۱. کاربرد GIS در مدیریت بحران، چاپ اول، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.
- فاضل نیا، غریب؛ سید یاسر حکیم دوست، یدالله بلبانی. ۱۳۹۳. *راهنمای جامع مدل‌های کاربردی GIS در برنامه‌ریزی‌های شهری، روستای محیطی*، جلد اول، انتشارات آزادپیما، تهران.
- قنبری، ابوالفضل، علی زلفی. ۱۳۹۳. ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر زمین‌لرزه با تأکید بر مدیریت بحران شهری در شهر کاشمر، *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۴: ۵۹-۷۴.
- محمدی، علیرضا؛ بهمن جاوید. ۱۳۹۵. سنجش میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر خطر وقوع زمین‌لرزه با استفاده از GIS، موردپژوهش: محله زیر نهرتراب شهر پارس‌آباد، *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، سال سوم، ۳: ۴۱-۶۴.
- Aliabadi, S. F., Sarsangi, A., & Modiri, E. ۲۰۱۵. The social and physical vulnerability assessment of old texture against earthquake (case study: Fahadan district in Yazd City). *Arabian Journal of Geosciences*, ۸(۱۲): ۱۰۷۷۵-۱۰۷۸۷.
- Aroca-Jimenez, E., Bodoque, J. M., Garcia, J. A., & Diez-Herrero, A. ۲۰۱۷. Construction of an integrated social vulnerability index in urban areas prone to flash flooding. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 17(9).
- Botero Fernández, V. ۲۰۰۹. Geo-information for measuring vulnerability to earthquakes: a fitness for use approach (Doctoral dissertation, Utrecht University).
- Xiu, C., Cheng, L., Song, W., & Wu, W. ۲۰۱۱. Vulnerability of large city and its implication in urban planning: A perspective of intra-urban structure. *Chinese Geographical Science*, 21(۲): ۲۰۴-۲۱۰.
- Huang, C. N., Liou, J. J., & Chuang, Y. C. ۲۰۱۴. A method for exploring the interdependencies and importance of critical infrastructures. *Knowledge-Based Systems*, 55: ۶۶-۷۴.
- Ebert, A., Kerle, N., & Stein, A. ۲۰۰۹. Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spatial metrics derived from air-and spaceborne imagery and GIS data. *Natural hazards*, 48(۲): ۲۷۵-۲۹۴.
- Fischer, H. W., Scharnberger, C. K., & Geiger, C. J. ۱۹۹۶. Reducing seismic vulnerability in low to moderate risk areas. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 5(۴), ۵-۱۸.
- Ge, Y., Dou, W., & Zhang, H. ۲۰۱۷. A New Framework for Understanding Urban Social Vulnerability from a Network Perspective. *Sustainability*, 9(۱۰): ۱۷۲۳.
- Jeong, S., & Yoon, D. K. ۲۰۱۸. Examining Vulnerability Factors to Natural Disasters with a Spatial Autoregressive Model: The Case of South Korea. *Sustainability*, 10(۵): ۱۶۵۱.
- Lin, K. H., Chang, Y. C., Liu, G. Y., Chan, C. H., Lin, T. H., & Yeh, C. H. ۲۰۱۵. An interdisciplinary perspective on social and physical determinants of seismic risk. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(۱۰): ۲۱۷۳-۲۱۸۲.
- Little, M., Paul, K., Jorderns, C. F. and Sayers, E. J. ۲۰۰۲. Vulnerability in the Narrative of Patients and Their Cares: Studies of Colorectal Cancer, *Health*, ۴( ۴) : ۴۲۵-۵۱۰.
- Manepalli, U. R., Bham, G. H., & Kandada, S. ۲۰۱۱. Evaluation of hotspots identification using kernel density estimation (K) and Getis-Ord (Gi\*) on I-۶۳۰. In *3rd International Conference on Road Safety and Simulation* (pp. ۱۴-۱۶).
- Sanayei, A., Mousavi, S. F., & Yazdankhah, A. (۲۰۱۰). Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 37(۱), ۲۴-۳۰.
- Shirley WL, Boruff BJ, Cutter SL ۲۰۱۲ Social vulnerability to environmental hazards. *Hazards Vulnerability and Environmental Justice*: Routledge. pp. ۱۴۳-۱۶۰.
- Singh, S. R., Eghdami, M. R., & Singh, S. ۲۰۱۴. The concept of social vulnerability: A review from disasters perspectives. *Int J Interdiscip Multidiscip Stud*, 1(۶): ۷۱-۸۲.

- Smith, K., ١٩٩٦, Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster, London, Routledge.
- Srinivas, H. ٢٠٠٧. Cities and Urban Vulnerability in the context of Urban Environmental Management. *Nairobi: UNEP*.
- Tapsell, S., McCarthy, S., Faulkner, H., & Alexander, M. ٢٠١٠. Social vulnerability to natural hazards. State of the Art Report from CapHaz-Net's WP٤. London.
- Arden, W. B. (٢٠٠٨). Medical geography in public health and tropical medicine: case studies from Brazil.
- Wisner, B. ٢٠٠٣. Urban social vulnerability to disaster in Greater Los Angeles. *Sustainable Cities. Encyclopedia of Life Support Systems. Paris: UNESCO, forthcoming*.
- Zali, N., & Azadeh, S. R. ٢٠١٤. An Investigation of Ahar-Varzaghan Seismicity on August ١١, ٢٠١٢ in The North West of Tabriz, Iran. *Journal of Sustainability Science and Management*, 9(١): ٧٨-٨٩.

