جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال چهاردهم، شماره ۵۱، زمستان ۱۳۹۵

بررسی آسیب‌پذیری بافتهای شهری در مقابل خطر زمین‌لرزه (مطالعه موردی: منطقه ۸ تبریز)

علی پناهی[۱] و اکبر عبدالله‌زاده طرف[۲]

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۹/۳۰، تاریخ تایید: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵

چکیده

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای جهان با آن دست به‌گریبانند، سوانح طبیعی است. ضرورت کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر سوانح طبیعی از جمله زلزله، به‌عنوان یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی، شهری و طراحی شهری محسوب می‌گردد.لذا، اولین گام، شناسایی میزان آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله می‌باشد.از این رو، این پژوهش با هدف شناسایی قطعات آسیب‌پذیر منطقه ۸ شهر تبریز در برابر زلزله انجام گردیده است.در این تحقیق ۹ شاخص تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، کاربری، ریزدانگی، دسترسی به مراکز امدادی، فضای باز، کیفیت مصالح، کیفیت ابنیه و فاصله از مراکز خطرزا انتخاب شده و با استفاده از روش ANP و ترکیب مربوط به معیارهای ذکر شده در محیط GIS، آسیب‌پذیری منطقه ۸ تبریز مورد بررسی قرار گرفته است.نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیش از ۴۳ درصد قطعات منطقه ۸ شهر تبریز در برابر زلزله از وضعیت آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد برخوردارند که محدوده‌های آسیب‌پذیر بیشتر در محلات مسکونی قدیمی تبریز به دلیل رعایت نشدن حریم‌ها، وجود قطعات در اندازه‌های کوچک و خردشدن قطعات، وجود معابر بسیار کم‌عرض و بن‌بست‌های زیاد، وجود ساختمان‌های بسیار قدیمی و با مصالح کم دوام شرایط نسبتاً نامناسبی را برای محدوده موردنظر به‌وجود آورده و همچنین با توجه نقشه پهنه‌بندی شده حدود ۱۵.۸۴درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط، ۲۹.۹۴ درصد آسیب‌پذیری کم مواجه است.لذا، با توجه به آسیب‌پذیر بودن منطقه لزوم برنامه‌ریزی صحیح جهت ساماندهی بافتهای مذکور را نمایان می‌سازد.

کلیدواژگان: آسیب‌پذیری، زلزله، تبریز، بافت شهری، مدل ANP.

---

۱. استادیار گروه جغرافیا، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران، آدرس: تبریز- کیلومتر ۲ اتوبان پاسدارن- مجتمع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
تلفن: ۰۹۱۴۱۲۰۵۹۵۳، پست الکترونیک: panahi@iaut.ac.ir
۲. استادیار گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

مقدمه

جهان در حال تبدیل شدن به مکان‌های شهری است.پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۱۲۵ بیش از ۵۵ درصد مردم دنیا در شهرها زندگی کنند (فنگ[1] و همکاران، ۱:۲۰۰۵). به‌ویژه شهرهای آفریقا، آسیا و آمریکای لاتین از رشد بسیار بالای جمعیت شهری برخوردار هستند (کازن[2]،۴:۲۰۰۲).رشد فزایندهٔ جمعیت کشورمان ایران، در دهه‌های اخیر و افزایش میل به مهاجرت از روستا به شهر در همین دوره باعث رشد سریع و لجام گسیخته شهرها گردیده است.در چنین شرایطی که توسعهٔ پایدار شهرهای کشور امکانپذیر نبوده است معضلات و مشکلات شهرنشینی به‌عنوان موضوعی حساس و قابل توجه رخنمون شده‌اند (کیال و عقیلی،۲:۱۳۸۸).

یکی از موضوع‌هایی که بیشتر شهرهای جهان با آن دست به‌گریبان‌اند، سوانح طبیعی است (الکساندر[3]،۳۸:۲۰۰۲).زلزله یکی از مهم‌ترین سوانح طبیعی به‌شمار می‌رود که با خرابی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، خسارت‌های بسیاری را به اموال و دارایی‌ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد می‌کند (مینزو[4] و همکاران، ۲۰۱۰).زمین‌لرزه‌ها بیشترین تلفات را در مناطقی ایجاد می‌کنند که بیشترین تراکم ساختمان‌های آسیب‌پذیر را دارند.در بسیاری از موارد، آسیب‌پذیرترین ساختمان‌ها آنهایی هستند که با استقامت کم بنا شده‌اند (عباس‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷ : ۲۷). یکی از مهمترین عوامل در کاهش ضایعات زلزله، تعیین نقاط آسیب‌پذیر شهر و وجود آمادگی قبلی یک جامعه برای برخورد با پدیده زلزله می‌باشد. دانش شهرسازی با تکیه بر داده‌های جغرافیایی می‌تواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اثرات این گونه بلایا را تا حد زیادی تقلیل دهد و مدیران شهری می‌توانند با استفاده از این داده‌ها اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب‌پذیری شهرها را در برابر این حوادث، به اجرا درآورند (حبیبی و همکاران، ۲۴:۱۳۸۷). داده‌های جغرافیایی برای اجرا و انجام مطالعه قابلیت آسیب‌پذیری یک ناحیه، اهمیت خاصی دارد و می‌تواند به‌عنوان راهنمای برنامه‌ریزی برای پیشگیری بلایای شهری به‌کار رود و در عمل، فقدان داده‌ها جدی‌ترین مشکل برای انجام

1 . Feng
2 . Cozen
3 . Alexander
4 . Min Xu

اینگونه مطالعات به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه است (تقوایی و علیمحمدی، ۸۴:۱۳۸۵). در مورد میزان آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی خطر زلزله پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته است. اما از نظر روش‌شناسی و فرایند انجام کار تقریباً با هم متفاوت بوده‌اند که از آن جمله می‌توان به مطالعات یانار[1] و همکاران (۲۰۰۶)، بترئو[2] (۲۰۰۹)، مارتنلی و سیفانی[3] (۲۰۰۹)، مارتین[4] و همکاران (۲۰۱۲) و همچنین در ایران؛ بحرینی (۱۳۷۵)، پوراحمد و همکاران (۱۳۸۸)، گیوه‌چی(۱۳۸۸)، فرجی‌ملائی و قرخلو (۱۳۸۹)، مشکینی و همکاران (۱۳۹۳) و صیامی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره کرد.

ایران در زمره کشورهایی با سطح آسیب‌پذیری بالا می‌باشد (ودی[5]،۴۵:۲۰۰۴).در طی ۹۰ سال اخیر، ۰۰۰، ۱۲۰ نفر از هموطنانمان بر اثر بلایای طبیعی جان خود را از دست داده‌اند و در این بین بیشترین تلفات انسانی (۷۶ درصد) ناشی از زلزله بوده است (پورمحمدی و مصیب‌زاده، ۱۱۸:۱۳۸۷) در این میان شهر تبریز یکی از کلان شهرهای ایران است که در جایگاه پهنه با خطر بسیار بالا قرار دارد (محمودزاده، ۱:۱۳۸۵) مجاورت با گسل تبریز و دارا بودن جمعیتی بالغ بر ۱،۴۹۴،۹۸۸نفر (براساس سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۰) و وجود سرمایه‌های عظیم صنعتی، فرهنگی و تاریخی شهر تبریز را به‌عنوان خطرناک‌ترین شهر از نظر خطر زمین‌لرزه معرفی می‌کند و بر این اساس گسل تبریز یکی از خطرناک‌ترین گسل‌های کشور به حساب می‌آید.گسل شمال تبریز منشأ زلزله‌های ویرانگر بی‌شماری در طول تاریخ بوده و بار دیگر با فعالیت مجدد خود می‌تواند شهر را به ویرانه تبدیل کند (محمودزاده، ۲:۱۳۸۵).این گسل که از بخش‌های شمال خاوری، شمال و شمال باختری شهر تبریز عبور می‌نماید، به دلیل وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد تاریخی و دوازده بار تخریب کامل شهر تبریز از گسل‌های شناخته شده زمین لرزه‌ای ایران است. این گسل که زمانی با محدوده شهری تبریز فاصله داشت، هم‌اکنون بر اثر گسترش ساخت‌وساز و شهرک‌سازی بر روی حریم آن، از میان شهرک‌های جدید ساخته شده و در حال احداث در شمال تبریز عبور می‌نماید (زارع،۴۶:۱۳۸۰). وجود چنین شرایطی وقوع یک فاجعه انسانی در تبریز را

1 . Yanar
2 . Botero
3 . Martinelli &Cifani
4 . Martin
5 . WDI

در سال‌های آتی پیش‌بینی می‌کند. طرح ریزپهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ای شهر تبریز، که توسط شرکت تهران پادیر انجام شده، در شرایط حداکثری ۴۲۶ هزار نفر تلفات انسانی را برای زلزله تبریز پیش‌بینی کرده است (مهندسین مشاور تهران پادیر،۲:۱۳۸۹) به همین جهت ضروری است مطالعات مختلف جهت جلوگیری و به حداقل رساندن بحران‌های ناشی از زلزله برای شهر تبریز انجام گیرد. در این بین شهرداری منطقه ۸ تبریز که به‌عنوان شهرداری تاریخی و فرهنگی شهر تبریز شناخته می‌شود دارای اماکن با ارزش، بافتی فرسوده، ترافیک سنگین و تراکم جمعیت بالاست که اهمیت مطالعه و پژوهش در زمینه موضوع تحقیق را بیشتر می‌کند.

روش تحقیق

این تحقیق در دو بخش توصیفی ـ تحلیلی صورت گرفته است. در بخش توصیفی، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای ـ اسنادی، معیارهای متناسب با هدف تحقیق، انتخاب و سپس داده‌های توصیفی، جمع‌آوری شده است. در بخش تحلیلی، مدلی که برای تعیین آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله استفاده شده، مدل ANP[1] می‌باشد.یکی از روش‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) است. مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای ارتباط پیچیده، میان عناصر تصمیم را از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای درنظر می‌گیرد (زیردست،۷۹:۱۳۸۹). در این تحقیق، پس از شناسایی و تشخیص معیارهای موثر و با توجه به نتایج مطالعات پیشین، معیارها تعریف شد و برای تعیین امتیاز هر یک از معیارهای پژوهش، پرسش‌نامه‌هایی طراحی شدند. پس از دریافت نظرهای کارشناسان (۳۰ کارشناس)، جدول‌های مربوط ثبت شد، در نهایت، برای تعیین ارزش و اهمیت معیارها از طریق روش ANP وزن نهایی معیارها محاسبه گردید. پس از بدست آوردن وزن هر یک از معیارهای تعیین شده از طریق مدل ANP، از تکنیک تلفیقی عملگرهای فازی که از مهمترین و معتبرترین آن‌ها به‌شمار می‌آید، برای ترکیب لایه‌های موردنظر و تحلیل فضایی GIS، استفاده شده و در نهایت، پهنه‌های آسیب‌پذیر در محدوده مورد مطالعه، ارائه شده است.

1. Analytical Network Process

معرفی روش تحلیل شبکه (ANP)

فرایند تحلیل شبکه یا ANP یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که شباهت زیادی به روش AHP دارد. روش AHP به وسیله توماس ال ساعتی در سال ۱۹۷۵ معرفی گردید که با هدف انتخاب گزینه مناسب براساس معیارهای چندگانه طراحی شده است. همچنین از این تکنیک برای وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها نیز استفاده می‌شود. برای تعیین اوزان معیارها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی از تکنیک مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود.

روش تحلیل شبکه‌ای به‌وسیله ساعتی و تاکی زاوا در سال ۱۹۸۶ پیشنهاد شد. روش ANP تعمیم روش AHP است. در مواردی که سطوح پایینی روی سطوح بالایی اثرگذار باشند و یا عناصری که در یک سطح قرار داشته و مستقل از هم نباشند، دیگر نمی‌توان از روش AHP استفاده کرد. تکنیک ANP شکل کلی‌تری از AHP است، اما به ساختار سلسله مراتبی نیاز ندارد و در نتیجه روابط پیچیده‌تر بین سطوح مختلف تصمیم را به صورت شبکه‌ای نشان می‌دهد و تعاملات و بازخوردهای میان معیارها و آلترناتیوها را درنظر می‌گیرد.

الگوریتم فرایند روش تحلیل شبکه ANP

روش تحلیل شبکه به تصمیم‌گیرنده اجازه ساخت یک شبکه به جای سلسله مراتب را می‌دهد. این امر امکان بررسی ارتباط داخلی بین عناصر را نیز ممکن می‌سازد. گره‌های موجود در این شبکه، معادل با معیارها یا گزینه‌ها می‌باشند و شاخه‌هایی که این گره‌ها را به هم متصل می‌کنند نیز معادل با درجه وابستگی آن‌ها به همدیگر می‌باشند. تعیین روابط موجود در ساختار شبکه‌ای یا تعیین درجه وابستگی‌های متقابل بین معیارها باهم وگزینه‌ها، مهمترین کار روش تحلیل شبکه است. ارتباط و وابستگی می‌توانند به شکل ارتباط سطوح مختلف شبکه به صورت خارجی یا داخلی باشد. اهمیت نسبی هر عضو از مجموعه ـ در سطح مربوط به خود ـ مشابه روش تحلیل سلسله مراتبی به کمک مجموعه‌ای از مقایسه‌های زوجی انجام می‌پذیرد.

نمودار۱: فرایند روش‌تحلیل شبکه

معرفی شاخص‌های سنجش آسیب‌پذیری

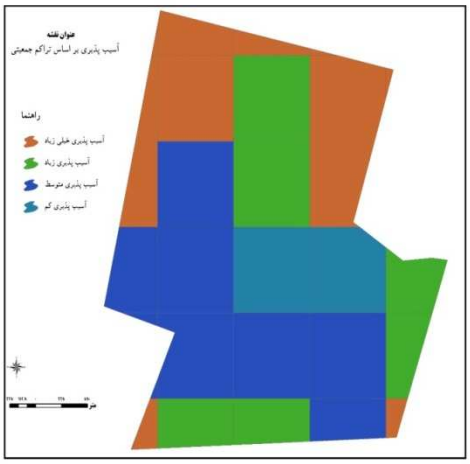
به منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر زلزله، شاخص‌های زیر انتخاب شده است:

تراکم ساختمانی: با توجه به نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده در منطقه ۸ تبریز، به ۴ پهنه هم تراکم از تراکم ساختمانی بسیار پایین به تراکم ساختمانی بسیار بالا تقسیم‌بندی شده است. بررسی نحوه توزیع پهنه‌ها در منطقه ۸ موید عدم توزیع همگن ساخت‌وسازها می‌باشد. شکل۱ آسیب‌پذیری پهنه‌های تراکم ساختمانی در منطقه ۸ را نشان می‌دهند. آنچه از نتایج تحلیل شاخص تراکم ساختمانی برمی‌آید میزان آسیب‌پذیری در سطح خیلی پایین می‌باشد و حدود تنها ۷ درصد از منطقه به صورت آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد. البته در این منطقه به دلیل وجود بازار شهر تبریز و بافت سنتی شهر، تراکم ساختمانی پایین می‌باشد.

تراکم جمعیتی: در بررسی تراکم جمعیتی منطقه ۸ تبریز با توجه به عملکرد غالب یعنی عملکرد تجاری از این نظر نسبت به آسیب‌پذیری در شرایط خوبی قرار دارد. تقریبا ۵۰ درصد از کل مساحت منطقه در گروه آسیب‌پذیری کمتر قرار گرفته و حدوداً ۲۵ درصد از کل منطقه در طبقه‌بندی آسیب پذیری بیشتر می‌باشد (شکل۲).

متوسط اندازه قطعات مسکونی (ریزدانگی): شاخص متوسط اندازه قطعات مسکونی که در حالت حداقلی شاخص مذکور تحت‌عنوان ریزدانگی بافت نامیده می‌شود از عوامل اصلی تاثیرگذار در میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای بافت‌های شهری می‌باشد. اهمیت این شاخص در حدی است که شورای عالی معماری و شهرسازی آن را به‌عنوان یکی از ۳ شاخه اصلی تشخیص فرسودگی بافت‌های شهری مطرح کرده است.

شکل۱. اسیب‌پذیری پهنه‌های تراکم ساختمانی



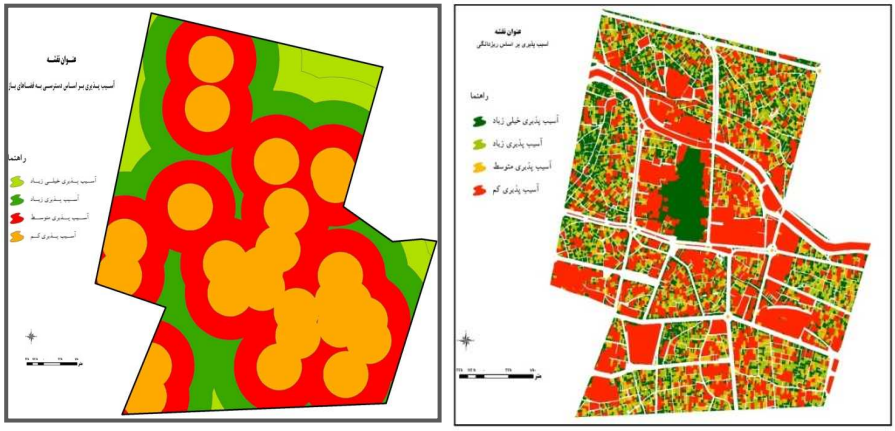
شکل۲. اسیب‌پذیری بر اساس تراکم جمعیتی

از نتایج شاخص ریزدانگی بر اساس شکل ۳ چنین برمی آید که تقریباً نیمی از بافت منطقه در محدوده آسیب‌پذیر قرار گرفته‌اند. منطقه ۸ با توجه به اینکه از بافت سنتی شهر تبریز می‌باشد اکثراً قطعاتی پایین‌تر از ۲۰۰ متر دارند. آن چیزی که قابل ذکر می‌باشد بازار تبریز که در منطقه ۸ واقع شده است با توجه به سرپوشیده بودن و تقسیم آن به واحدهای کوچکتر جزء بافت ریزدانه می‌باشد و می‌توان آن را در تقسیم‌بندی جزء مناطق آسیب‌پذیر قرار داد.

دسترسی به فضاهای باز شهری: فضاهای باز نقش مهمی در کاهش وسعت میزان عمل و نتایج اکثر حوادث طبیعی و مصنوعی دارند. از عمده‌ترین عملکردهای آن در هنگام بروز زلزله، جدا ساختن یک منطقه دارای پتانسیل خطر از دیگری و بدین ترتیب متمرکز کردن فعالیت نیروهای مخرب و جلوگیری از توسعه زنجیره‌ای وقایع می‌باشد. همچنین فضاهای باز می‌توانند در مواقع اضطراری به‌عنوان یک منطقه در دسترس با امکان فرار و استقرار و پناه گرفتن در آن مطرح باشند. با توجه به شکل۴، مساحت کلیه فضاهای باز شهری حدود ۱۰۵۵۰۳ مترمربع می‌باشد که این سطح معادل ۲.۶۲ درصد از سطح کل محدوده منطقه ۸ می‌باشد.

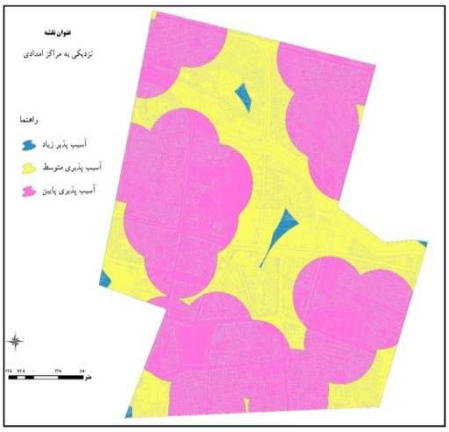
نزدیکی به مراکز امدادی: اولین اقدامی که به‌منظور کنترل و مهار دامنه بحران صورت خواهد گرفت عملیات نجات و امداد می‌باشد زیرا عدم یاری‌رسانی به‌موقع موجب افزایش قابل توجه قربانیان خواهد شد. ضمن اینکه علاوه بر آثار اولیه زلزله که همان ریزش ساختمان‌ها می‌باشد خسارات و تلفات جانی و مالی ناشی از آثار بعدی زلزله، شامل شکسته شدن لوله‌های گاز،

آتش‌سوزی و صدمه دیدن زیرساخت‌های شهری و مانند آن، قابل ملاحظه خواهد بود. آنچه که از اطلاعات وضع موجود و نقشه آسیب‌پذیری برداشت می‌شود، پراکنش فضایی مراکز امدادی در منطقه به‌صورت تقریباً مطلوب می‌باشد و با توجه به شکل ۵ حدود ۳۷ درصد در محدوده نسبتاً آسیب‌پذیر قرار دارد.

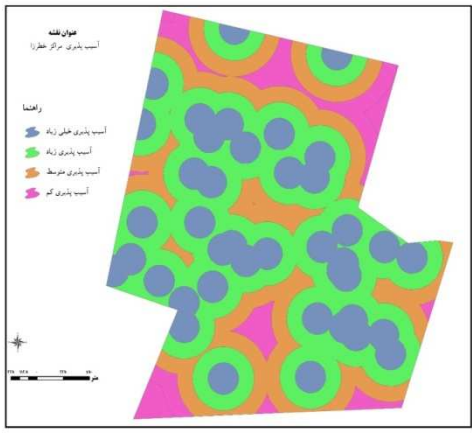


شکل۳.آسیب‌پذیری بر اساس ریزدانگی شکل٤. آسیب‌پذیری بر اساس دسترسی به فضاهای باز شهری

مراکز خطرزا: در هر شرایط بحرانی نقاطی وجود دارند که به‌عنوان نقاط حساس و خطرزا شناخته می‌شوند اگر چه این نقاط در شرایط عادی و به‌خودی خود خطری ندارند اما به واسطه ویژگیهایی که دارند هر یک به نوعی سبب تشدید شرایط بحرانی گشته و چه بسا خسارات و تلفات را تا چندین برابر افزایش دهند. به‌طوری که این نقاط خطرزا می‌توانند با ایجاد انفجار، آتش سوزی، سیل و ... سبب تشدید اثرات بحران و خسارات و تلفات جانی ناشی از آن گردند. یافته‌ها نشان می‌دهد که در منطقه ۸ تبریز محدوده خطر نسبی زیادی در مورد این شاخص وجود دارد. بدین صورت که ۲۶.۲۲ درصد در محدوده آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۳۹ درصد آسیب‌پذیری زیاد است که می‌بایست در مکان‌گزینی این مراکز حساس توجه زیادی شود چرا که در موقع وقوع بحران نمی‌توان از خطرات ناشی از این مراکز جلوگیری کرد.



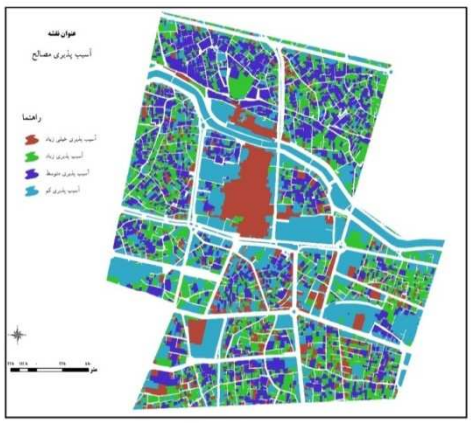
شکل۵. آسیب‌پذیری بر اساس نزدیکی به مراکز امدادی



شکل٦. آسیب‌پذیری بر اساس نزدیکی به مراکز خطرزا

مصالح ساختمانی: در زلزله‌هایی که در دهه‌های اخیر روی داده است بیشترین خسارات و تلفات ناشی از فروریختن ساختمان‌ها بوده است. در نتیجه مقاومت ساختمان‌ها در برابر زلزله می‌تواند به‌عنوان موثرترین عامل کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله مطرح شود. در کل سطح منطقه ۸ ، ساختمان‌های موجود در منطقه از نظر سازه‌ای در ۵ دسته کلی تقسیم می‌شوند که در آن ساختمان‌های آجری بیشترین فراوانی با ۳۳.۳۴ درصد از کل سازه‌های محدوده را به خود اختصاص می‌دهند و همچنین ساختمان‌های چوبی با تخصیص۳۰.۶۱ درصد، ساختمان‌های اسکلت فلزی با سهم ۱۲.۲۰ درصد، ساختمان‌های بتنی با فراوانی ۷.۸۹ درصد و در نهایت، ساختمان‌های خشتی با سهم ۵.۸۱ درصدی خود از کل سازه‌ها دارای کمترین فراوانی می‌باشند که البته تعداد اندک این ساختمان‌ها و درصد پایین این نوع سازه نقطه قوتی در کاهش آسیب‌پذیری محسوب می‌گردد (شکل۷).

کاربری اراضی: در ارتباط با آسیب‌پذیری هر کدام از انواع کاربری‌ها در برابر زلزله نمی‌توان حکم قطعی صادر کرد. در این زمینه می‌بایست «نحوه هم‌جواری کاربری‌ها، انواع تراکم‌ها (جمعیتی، ساختمانی و مسکونی)، میزان تراکم‌های یاد شده، قطعه‌بندی اراضی با کاربری‌های گوناگون نظم و اندازه قطعات، میزان فشردگی و پیوستگی آنها، ویژگی‌های کالبدی سازه‌های تشکیل‌دهنده و غیره مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند. با توجه به متنوع بودن کاربری‌ها در منطقه و طبقه‌بندی کاربری‌ها از نظر آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که ۴۸ درصد در گروه آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد می‌باشد (شکل۸) .



شکل۷. آسیب‌پذیری براساس مصالح ساختمانی

شکل۸. آسیب‌پذیری براساس کاربری زمین

کیفیت ابنیه: کیفیت ابنیه موجود در بافت می‌تواند به‌عنوان شاخص اثرگذار در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری مورد ارزیابی قرار گیرد. در واقع کیفیت ساختمان‌ها در یک بافت شهری، محصول کیفیت ساخت ساختمان‌ها از نظر تکنولوژی و مصالح ساخت است. بنابراین جهت بررسی شاخص کیفیت ابنیه لازم است اطلاعات مربوطه به سیستم ساخت کلیه ساختمان‌ها برداشت شود که این امر با توجه به نتایج حاصل از شکل شماره ۹ نشان داد که حدود ۷.۱۱ درصد تخریبی، ۵۳.۰۷ درصد قابل نگهداری، ۲۵.۴۶ درصد مرمتی و ۱۴.۳۵ درصد نوساز می‌باشند و در کل می‌توان گفت تنها ۱۴ درصد از کیفیت ساختمان‌ها قابل قبول هستند و این امر نیاز به برنامه‌ریزی در برابر بحران را دو چندان می‌کند.

شکل۹. آسیب‌پذیری بر اساس کیفیت ابنیه

مدل‌سازی به منظور تعیین آسیب‌پذیری

به‌منظور مشخص کردن آسیب‌پذیری و تاثیر هر کدام از شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل شبکه (ANP)، شاخص‌ها وزن‌دهی می‌شوند و در نهایت، وزن‌های به‌دست آمده در هر یک از شاخص‌ها اعمال شده و در محیط نرم‌افزار ArcGIS تلفیق می‌شوند. ابتدا برای وزن‌دهی شاخص ساختار شبکه‌ای تصمیم ایجاد می‌شود. فرایند وزن‌دهی به شاخص‌ها در محیط نرم‌افزار Super Desion انجام گردید.

به‌منظور مدل‌سازی در روشANP ابتدا نمودار شبکه‌ای تشکیل می‌شود و شاخص‌ها برای به دست آوردن امتیاز نهایی در کنار هم چیده می‌شوند و ارتباط بین شاخص‌ها با یکدیگر مشخص شده و سپس ماتریس‌های هر ارتباط به‌منظور مقایسه زوجی ایجاد می‌شوند. برای دادن وزن به هر شاخص از اعداد ۱ تا ۹ ساعتی استفاده می‌شود و امتیازدهی توسط کارشناسان و متخصصین صورت گرفته است. نحوه امتیازدهی بدین صورت بوده که ابتدا کارت‌های امتیازی تهیه شده و سپس از هر نفر خواسته شده که به شاخص‌ها به‌صورت مقایسه زوجی و دوبه‌دو امتیاز دهند. البته قبل از امتیازدهی نحوه کامل کردن کارت امتیاز به‌طور جزئی به افراد آموزش داده شده است. در نهایت، میانگین امتیازات به‌دست آمده در مدل ANP منظور شده و با کمک نرم‌افزار Super Desion امتیازات نهایی به‌دست آمده است. تعداد افراد کارشناسان و متخصصین در جدول شماره (۱) آورده شده است.

جدول ۲ نمونه‌ای از روش سوپر ماتریس وزنی بر اساس داده‌ها و اطلاعات حاصل از بررسی‌های پیمایشی منطقه ۸ تبریز در مدل ANP را نشان می‌دهد سپس برای بدست آوردن سوپر ماتریس موزون هر یک از عناصر خوشه‌های ستونی سوپر ماتریس ناموزون در بردار اهمیت نسبی آن خوشه (از ماتریس خوشه‌ای) باید ضرب شود. سوپر ماتریس موزون بدست آمده تصادفی و احتمالی است. یعنی، جمع عناصر ستونی آن یک است. سوپر ماتریس موزون این مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است و در نهایت، سوپر ماتریس موزون به سوپر ماتریس حدی تبدیل شد که تاثیر نسبی درازمدت هریک از عناصر در یکدیگر را نشان می‌دهد. برای واگرایی ضریب اهمیت هر یک از عناصر ماتریس موزون، آن را به توان K که یک عدد اختیاری بزرگ است می‌رسانیم تا اینکه همه عناصر سوپرماتریس همانند هم شوند (با هم

برابر شوند) این کار با تکرار انجام می‌شود و در چنین حالتی سوپرماتریس حد بدست آمده است (جدول ۴).

جدول۱. اعضای گروه امتیازدهندگان

شاغلین در شهرداری	تعداد	متخصصین	تعداد
واحد شهرسازی	۲ نفر	متخصصین در مدیریت بحران	۲ نفر
واحد برنامه ریزی	۲ نفر	شورای شهر تبریز	۴ نفر
واحد نوسازی	۳ نفر	متخصصین بنیاد مسکن	۲ نفر
مدیران مناطق شهری	۳ نفر	اساتید دانشگاه	۳ نفر
واحد مدیریت بحران	۳ نفر	دانشجویان دکتری	۳ نفر
		دانشجویان کارشناسی ارشد	۳ نفر

جدول۲. سوپرماتریس ناموزون

شاخص‌ها	تراکم جمعیتی	تراکم ساختمانی	ریزدانگی	فضای باز	مراکز امدادی	مراکز خطرزا	کیفیت مصالح	کاربری	کیفیت ابنیه
تراکم جمعیتی	0.0000	0.2954	0.2998	0.2553	0.2789	0.3342	0.3556	0.0977	0.2011
تراکم ساختمانی	0.3000	0.0000	0.2197	0.2487	0.1894	0.2321	0.2184	0.3151	0.1639
ریزدانگی	0.2228	0.2128	0.0000	0.1662	0.1798	0.1402	0.1249	0.2239	0.1789
فضای باز	0.1269	0.0563	0.0550	0.0000	0.0540	0.1063	0.1119	0.1703	0.1340
مراکز امدادی	0.0737	0.0726	0.0677	0.0523	0.0000	0.0735	0.0682	0.0759	0.1025
مراکز خطرزا	0.0765	0.0413	0.0429	0.0361	0.0368	0.0000	0.0565	0.0590	0.0756
کیفیت مصالح	0.0731	0.1499	0.1524	0.1271	0.1291	0.0488	0.0000	0.0327	0.0840
کاربری	0.0630	0.0325	0.0332	0.0231	0.0261	0.0337	0.0270	0.0000	0.0600
کیفیت ابنیه	0.0640	0.1391	0.1293	0.0912	0.1059	0.0313	0.0374	0.0255	0.0000

جدول۳. سوپرماتریس موزون

شاخص ها	تراکم جمعیتی	تراکم ساختمانی	ریزدانگی	فضای باز	مراکز امدادی	مراکز خطرزا	کیفیت مصالح	کاربری	کیفیت ابنیه
تراکم جمعیتی	0.0000	0.2954	0.2998	0.2553	0.2789	0.3342	0.3556	0.0977	0.2011
تراکم ساختمانی	0.3000	0.0000	0.2197	0.2487	0.1894	0.2321	0.2184	0.3151	0.1639
ریزدانگی	0.2228	0.2128	0.0000	0.1662	0.1798	0.1402	0.1249	0.2239	0.1789
فضای باز	0.1269	0.0563	0.0550	0.0000	0.0540	0.1063	0.1119	0.1703	0.1340
مراکز امدادی	0.0737	0.0726	0.0677	0.0523	0.0000	0.0735	0.0682	0.0759	0.1025
مراکز خطرزا	0.0765	0.0413	0.0429	0.0361	0.0368	0.0000	0.0565	0.0590	0.0756
کیفیت مصالح	0.0731	0.1499	0.1524	0.1271	0.1291	0.0488	0.0000	0.0327	0.0840
کاربری	0.0630	0.0325	0.0332	0.0231	0.0261	0.0337	0.0270	0.0000	0.0600
کیفیت ابنیه	0.0640	0.1391	0.1293	0.0912	0.1059	0.0313	0.0374	0.0255	0.0000

جدول٤. سوپرماتریس حد

شاخص‌ها	تراکم جمعیتی	تراکم ساختمانی	ریزدانگی	فضای باز	مراکز امدادی	مراکز خطرزا	کیفیت مصالح	کاربری	کیفیت ابنیه
تراکم جمعیتی	0.2193	0.2193	0.2193	0.2193	0.2193	0.2193	0.2193	0.2193	0.2193
تراکم ساختمانی	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946
ریزدانگی	0.1598	0.1598	0.1598	0.1598	0.1598	0.1598	0.1598	0.1598	0.1598
فضای باز	0.0856	0.0856	0.0856	0.0856	0.0856	0.0856	0.0856	0.0856	0.0856
مراکز امدادی	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676
مراکز خطرزا	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515	0.0515
کیفیت مصالح	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999	0.0999
کاربری	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386
کیفیت ابنیه	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831

تلفیق نقشه‌ها در GIS

به‌منظور ترکیب نقشه‌ها باهم و اعمال اوزان به‌دست آمده در مدل ANP از روش شاخص همپوشانی استفاده می‌کنیم. در این حالت جمع همه نقشه‌ها از ترکیب و تبدیل جمع ارزش‌هایی است که به هر طبقه از نقشه داده شده است. در هر مکان نتیجه خروجی به‌صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$S = \frac{\sum_{i}^{h} W_i.Class(mapi)}{\sum_{i}^{h} W_i.}$$

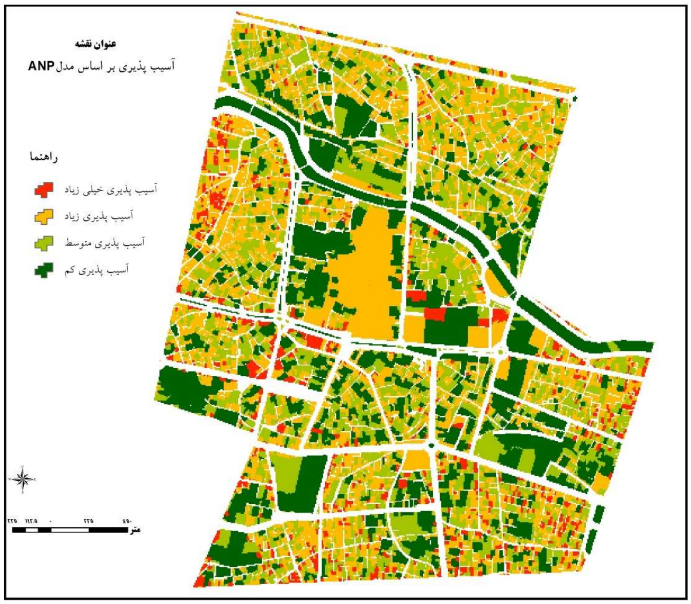
دراین رابطه W_i وزن نقشهٔ i ام که امتیازات به دست آمده از مدل ANP برای هر شاخص می‌باشد و Class (mapi) نقشه‌های طبقه‌بندی شده است که در این تحقیق همان نقشه‌های آسیب‌پذیری هستند که برای هر کدام از شاخص‌ها تولید شده‌اند (شکل۱۰). نتیجه این مدل تولید یک خروجی (نقشه) است که نشان‌دهنده امتیازبندی مکان‌ها براساس هدف موردنظر می‌باشد. نقشهٔ نهایی حاصل از این مدل نمایانگر نواحی رتبه‌بندی شده براساس وزن‌دهی (که نوع مطلوبیت کاربری را نشان می‌دهد) برای ایجاد یک کاربری جدید می‌باشد (یونهام، کارتر، ۱۳۷۷: ۴۰۷).

با توجه به نتایج بدست آمده از محاسبه پیکسلی اراضی با توجه به رابطه شاخص همپوشانی در محیط GIS نشان می‌دهد که ۶.۶۰ درصد از مساحت منطقه با آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد، ۳۶.۱۵ درصد خطرپذیری زیاد می‌باشد، ۱۵.۸۴درصد با آسیب‌پذیری متوسط ۲۷.۳۲ درصد

آسیب‌پذیری کم و ۲۹.۹۴ درصد با آسیب‌پذیری خیلی کم مواجه می‌باشد.

جدول۵. میزان خطرپذیری پهنه‌ای شهر منطقه ۸ تبریز

مولفه‌ها	تعداد پیکسل	مساحت هر پیکسل	مساحت هر طبقه (مترمربع)	درصد
آسیب‌پذیری خیلی زیاد	8262	25	206550	6.60
آسیب‌پذیری زیاد	45276	25	1131900	36.15
آسیب‌پذیری متوسط	34215	25	855375	27.32
آسیب‌پذیری کم	37497	25	937425	29.94



شکل ۱۰. نقشه نهایی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه ۸ با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (ANP)

نتیجه‌گیری

تبریز به عنوان یکی از شهرهای مهم ایران به واسطه قرار گرفتن چندین گسل فعال در اطراف و درون آن از ریسک بالایی در برابر خطر زلزله برخوردار است، براین اساس بررسی‌های مربوط به آسیب‌پذیری لرزه‌ای این شهر یکی از ضروریات مدیریت شهری است. جهت بررسی آسیب‌پذیری باید شاخص‌های مختلف و موثر به صورت سیستمی از جنبه‌های مختلف آن مورد تحلیل قرار گیرند. در این پژوهش با استفاده از روش تجزیه و تحلیل شبکه‌ای، هر یک

معیارهای مختلف کالبدی موثر در آسیب‌پذیری به‌طور جداگانه بررسی شدند و رابطهٔ تک تک آن‌ها با فرایند آسیب‌پذیری، به‌طور مشخص بیان شد. افزایش مقدار متغیرهایی مانند تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، ریزدانگی و...، موجب افزایش میزان آسیب‌پذیری و کاهش آن سبب کاهش آسیب‌پذیری است. در مقابل، افزایش مقدار متغیرهایی مانند فاصله از گسل، مساحت قطعات، دسترسی براساس عرض معابر، سازگاری کاربری از نظر همجواری و کیفیت ساختمان‌ها، سبب کاهش آسیب‌پذیری می شود و برعکس هریک از متغیرهای فوق، بر میزان آسیب‌پذیری مؤثرند، اما ضرایب اهمیت هریک در مقایسه با سایر عوامل، با استفاده از روش ANP و تحلیل Super Decision محاسبه شد. بررسی و تصمیم‌گیری براساس یک عامل، همیشه صحیح نیست و درنظرگرفتن مجموعهٔ عوامل با توجه به اهمیت هریک از آن‌ها، به تصمیم‌گیری بهتر منجر می‌شود؛ بنابراین، تحلیل مجموعهٔ عوامل به‌میزان قابل قبولی، آسیب‌پذیری محدوده را در برابر خطر زلزله با توجه به همهٔ عوامل نشان می‌دهد به همین جهت با توجه به تحلیل‌های انجام گرفته و نقشه نهایی می‌توان بیان کرد که نقاط دارای آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا بیشتر در مناطق مسکونی با بافتهای فرسوده در محلات قدیمی محدوده شامل راسته کوچه، دارایی، خاقانی، تربیت، امین، شریعتی، سید حمزه و ساعت را در برابر زلزله را نشان می‌دهد.

رعایت نشدن حریم‌ها، وجود قطعات در اندازه‌های کوچک و خردشدن قطعات، وجود معابر بسیار کم عرض و بن‌بست‌های زیاد درمنطقه ۸ وجود ساختمان‌های بسیار قدیمی و با مصالح کم دوام شرایط نسبتاً نامناسبی را برای محدوده موردنظر به‌وجود آورده به طوری که فقط ۳۰ درصد از محدوده موردنظر دارای آسیب‌پذیری کمی می‌باشد. علاوه بر آن به دلیل وجود آثار تاریخی قرارگیری کاربری‌های عمده تجاری (بازار) و اداری سیاسی (استانداری، فرمانداری، شهرداری و...) باعث می‌شود در طول روز جمعیت بیشتری در این منطقه باشد و به همین جهت نگرش واقع‌بینانه به آن ضرورت دارد. به‌طور قطع، رعایت حریمها و نوسازی، بهسازی و بازسازی ساختمان‌های فرسوده، ساماندهی فضاهای باز و کاربری‌ها و مقاوم کردن جداره‌ها برای حفظ عملکرد معابر در زمان بحران، سبب کاهش میزان آسیب‌پذیری می‌شود؛ بنابراین، با توجه به مجموعهٔ عوامل و شرایط باید در این زمینه اقدامهای لازم را انجام داد.

کتابشناسی

۱. بحرینی، سیدحسین(۱۳۷۵)، برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز، نمونه شهرهای منجیل، لوشان، رودبار، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، تهران؛

۲. پوراحمد، احمد؛ لطفی، صدیقه؛ فرجی، امین و آزاده عظیمی(۱۳۸۸)، بررسی ابعاد پیشگیری از بحران زلزله (مطالعه موردی:شهر بابل)، مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال اول، شماره اول، ص۲٤-۱؛

۳. پورمحمدی، محمدرضا و علی مصیب‌زاده (۱۳۸۷)،آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امدادرسانی آنها، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۱۱۷-۱٤٤؛

٤. تقوایی، مسعود و نرگس علیمحمدی (۱۳۸۵)، زلزله و پیامدها و بحران‌های ناشی از آن در شهرها، نشریه بنا، شماره ۲۷،ص۸۳-۱۰۷؛

۵. حبیبی، کیومرث؛ احمد پوراحمد؛ ابوالفضل مشکینی؛ علی عسگری و سعید نظری عدلی (۱۳۸۷)، تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از **GIS FUZZYLOGIC**، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، ص ۲۷-۲۳؛

٦. زارع، مهدی (۱۳۸۰)، خطر زمین لرزه و ساخت‌وساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسلش گسل‌های زمین لرزه‌ای ایران. پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال چهارم. شماره دوم و سوم، ص ٤٦-۵۷؛

۷. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹)، کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (**ANP**) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۲، شماره ٤۱، ص۹۰-۷۹؛

۸. صیامی، قدیر، تقی‌نژاد، کاظم و علی زاهدی کلاکی (۱۳۹٤)، آسیب‌شناسی لرزه‌ای پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی معکوس**(IHWP)** و **GIS** مطالعه موردی شهر گرگان، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی شهری، سال سوم، شماره نهم، ص٤۳-٦۳؛

۹. عباس‌نژاد، احمد و محمد داستانپور (۱۳۸۷)، زلزله‌ها و زلزله‌خیزی استان کرمان، سازمان مسکن و شهرسازی استان کرمان، خدمات فرهنگ کرمان،کرمان

۱۰. فرجی ملائی، امین و مهدی قرخلو (۱۳۸۹)، زلزله و مدیریت بحران شهری مطالعه موردی شهر بابل، "فصلنامه جغرافیا"، سال هشتم، شماره ۲۵، ص ۱٤۳-۱٦٤؛

۱۱. کیال، امیر و مهدیه عقیلی(۱۳۸۸)، تحلیل و بررسی مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر مشهد با استفاده از **GIS** و **AHP**، همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی، تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۱۲. گیوه‌چی، سعید (۱۳۸۸)، تحلیل و ارائه الگوهای مدیریت در سوانح شهری ناشی از مخاطرات زیست محیطی، مورد: منطقه ٦ تهران، استاد راهنما: مهدی قرخلو، دانشگاه تهران رساله دکتری در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا؛

۱۳. محمودزاده، حسن (۱۳۸۵)، ارزیابی و پهنه‌بندی درجه تناسب توسعه فیزیکی شهر تبریز با استفاده از GIS، همایش ژئوماتیک ۸۵، تهران، سازمان نقشه برداری کشور؛

١٤. مشکینی، ابولفضل؛ قائد رحمتی، صفر و رضا شعبان‌زاده نمینی (۱۳۹۳)، تحلیل آسیب‌پذیری بافتهای شهری در برابر زلزله (مورد مطالعه: منطقه ۲ شهرداری تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ٤٦، شماره ٤، ص ۸٤۳-۸٥٦؛

۱٥. مهندسین مشاور تهران پادیر (۱۳۸۹)، طرح ریزپهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ای شهر تبریز.جلد پنجم شهرسازی، ص۱-۹۸؛

١٦. نتایج تفضیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹٥؛

۱۷. یونهام، کارتر، گریم اف (۱۳۷۹)، سیستم اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین و مدل‌سازی به کمک GIS، ترجمه گروه زمین مرجع زمین‌شناسی و اکتشاف معدن کشور، چاپ اول، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران؛

18. Alexander, D (2002),"Principles of Emergency and Managements" Oxford University Press;
19. Botero, V.(2009), Geo-Information for Measuring Vulnerability to Earthquake: A Fitness for Use Approach PHD Thesis, ITC, Netherland;
20. Cozen, P.M., Hillier, D.and Prescot, G (2002),``Crime and the design of new-build housing'', Town and Counter Planning, Vol.68 No.7, July, p.3-231;
21. Feng L., Rusong, W.and Juergen Paulussen, (2005), Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, china.Land escape and urban planning.72: 325-336;
22. Martinelli A., Cifani G(2008), Bulding Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano(Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28, 875-889;
23. Martins, V.N.Cabral, P.and Sousa e Silva, D(2012), Urban Modelling for Seismic Prone Areas: the Case Study of Vila Franca do Campo (Azores Archipelago, Portugal);
24. Min Xu, C., Hao Zhang, J., Kaneyuki N., Qisheng He, J., Chaoyi Chang, Y., and Mengxu Gao, X(2010),Change Detection of an Earthquake Induced Barrier Lake Based on Remote Sensing Image Classification, International Journal of Remote Sensing;
25. WDI(2004),Natural Disaster Hotspots: A Global Risk analysis (The World Bank), WDI for some countries, GDP Estimates are not available;
26. Yanar, T.A., and Akyurek, Z (2006), The enhancement of the Cell based GIS analyses with fuzzy processing capabilities, Information Sciences, 176, 1067-1085.