ارزیابی آسیب پذیری ناشی از زلزله با استفاده از مدل RADIUS و GIS (مطالعه موردی منطقه دو یزد)

سید احمد میردهقان اشکذری ،دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا، واحدیزد،دانشگاه آزاد اسلامی، یزد،ایران

سید علی المدرسی* ،استاد گروه جغرافیا ،دانشکده جغرافیا، واحد یزد،دانشگاه آزاد اسلامی، یزد ،ایران

محمدرضا رضایی،دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد یزد،دانشگاه یزد،یزد،ایران

محمد رضا نوجوان بشنغیان،دانشیار گروه ژئومورفولوژی، واحد میبد،دانشکده جغرافیا،دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران

مصطفی خبازی،دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد کرمان ،دانشکده جغرافیا،دانشگاه شهید باهنر کرمان،کرمان،ایران

چکیده

زلزله پدیده‌ای است طبیعی که بی‌توجهی به آن خسارات جبران ناپذیری به دنبال خواهد داشت. وقوع زلزله‌های شدید بشر را بر آن داشته است که در فکر تدوین یک برنامه زیربنایی برای کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از آن باشد. هدف از این تحقیق بررسی خسارات ناشی از زلزله در منطقه دو شهر یزد با استفاده از مدل رادیوس در محیط GIS در سناریوهای مطرح شده می باشد. بر این اساس و مطابق با مدل رادیوس عوامل تعداد طبقات ساختمان، نوع خاک، نوع مصالح، گسل های موجود، کاربری اراضی و شریانهای حیاتی موجود مورد استفاده قرار گرفت. که عوامل موثر استفاده به صورت لایه های جداگانه در نرم افزار ArcGIS10 بررسی و اطلاعات مورد نیاز مدل رادیوس استخراج شد و وارد مدل رادیوس برای دست یابی به نتایج گردید. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد، براساس سناریوی گسل مهریز-تفت، ۱۵۷۷ ساختمان تخریب، ۷ نفر کشته و ۲۴۳ نفر مصدوم خواهند شد. مطابق سناریوی گسل انار نیز، ۱۱۰۸ ساختمان تخریب، ۴ نفر کشته و ۱۳۲ نفر مصدوم خواهند شد.

کلمات کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، مدل رادیوس، منطقه دو شهر یزد

نویسنده مسئول: سیدعلی المدرسی،استادگروه جغرافیا،دانشکده جغرافیا،واحدیزد،دانشگاه آزاداسلامی،یزد ،ایرانalmodaresi@iauyazd.ac.ir

مقدمه

زلزله پدیده‌ای است طبیعی که بی‌توجهی به آن خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال خواهد داشت. وقوع زلزله‌های شدید بشر را بر آن داشته است که در فکر تدوین یک برنامه زیربنایی برای کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از آن باشد. ویژگیهای زمین ساخت کشور، زلزله را به عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل انهدام حیات انسانی مطرح نموده‌است(امینی و همکاران ،۱۳۹۰).بررسی‌های تاریخی نشان می‌دهد که مناطق وسیعی از کشورمان توسط این حادثه طبیعی متحمل آسیب‌های جانی و مالی گردیده‌است. «کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه آسیب‌پذیری از زلزله و تعداد افراد کشته شده در اثر این سانحه، داشته است .بر اساس همین گزارش، در کشور ایران زلزله وجه غالب را در بین سوانح طبیعی دارا است. »(گزارش سازمان ملل،۲۰۰۳). کشور ایران با آسیب‌پذیری لرزه‌ای گروه‌های خاصی از ساخت و سازها مانند: ساختمانهای عمومی با مصالح غیر مسلح بنایی، ساختمانهای پر جمعیت قدیمی در مراکز شهری، بافت‌های فرسوده، منازل مسکونی و سازه-های بتنی که در دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ با مصالح و طراحی ضعیف سر برآورده‌اند روبرو است (احدنژاد ، ۱۳۸۸). شهرها مکان تجمع جمعیت و افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی هستند، وجود این مساله مهم ضرورت کاهش آسیب-پذیری در برابر زلزله را مطرح می‌کند. تجزیه وتحلیل مخاطره زلزله ،برآورد مخاطرات آن برای مکان های مختلف و ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها و زیر ساخت ها در زمان وقوع زلزله از اقدامات اولیه در برنامه ریزی شهری است(بانیکا وهمکاران،۲۰۱۷). تاب آوری را میتوان تعامل فرد با تغییرات محیطی در طول زمان تعریف کرد(سوارز و همکاران،۲۰۱۶). داشتن شهری تاب آور مستلزم ایجاد جوامع مقاوم در برابر مخاطرات است(ابراهیمیان و همکاران،۲۰۱۶). شهر تنها مجموعه‌ای از ساختمانها نیست، بلکه پدیده‌ای انسانی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و کالبدی است. بدین ترتیب شهر به عنوان مجموعه‌ای از عناصر تعریف می‌گردد تا بتوان به روشهای مناسبی جهت ارزیابی کالبد شهر و تعیین شاخصهای کالبدی آسیب‌پذیری رسید و نیز راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری ارائه نمود(قانعی فرد ،۱۳۹۳). بر اساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه ایران، شهر یزد در پهنه با خطر نسبتا پایین قرار گرفته است، با این حال و با توجه به وجود گسل های زلزله زا در استان که می توانند این حوزه و شهر یزد را تحت تاثیر قرار دهند، ارزیابی آسیب پذیری آن با استفاده از مدلهای کارا و مناسب از ضروریات مدیریت بحران شهری است. پس با توجه به مطالب بیان شده، این ضرورت به طور جدی احساس می‌شود که با ایجاد یک مدل مناسب و بکارگیری انواع داده‌های مکانی و غیر مکانی و انجام تحلیل‌های مربوط در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و نیز با استفاده از تجربیات جهانی موجود در این زمینه بتوان به ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری شهرهای ایران، به طور نمونه شهر یزد در برابر زلزله کمک نمود و در کنار کسب آمادگی های لازم در برابر این خطر طبیعی، در یک فرایند سیستماتیک به مدیریت بحران‌های ناشی از سوانح طبیعی پرداخت. باید بیان نمود که تحقیقاتی که در

ارتباط با زلزله و ارزیابی خطر آن صورت گرفته اکثرا زلزله در شهر را با داده های مکانی و براساس مدل های تصمیم گیری چند معیاره و در مورد ساختمانها بررسی نموده اما در این تحقیق با استفاده از مدل رادیوس هم آسیب پذیری ساختمانهای شهری بررسی شده و همزمان تعداد کشته شدگان و مصدومان و نیز وضعیت شرانهای حیاتی در سناریوهای مختلف شدت زلزله بررسی شده که در تحقیقات دیگر مشاهده نمی شود.

تا بحال تحلیل‌ها و ارزیابی‌های متعددی در ارتباط با تخمین خسارت و ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر زلزله، در قالب تحقیقات گوناگون انجام گرفته است، که هر یک از آنها از مدلها و روشهای متعدد با توجه به اهداف و فرضیات استفاده نموده‌اند.

توکلی ها(۱۹۹۳)،یکی از مهمترین اقداماتی که برای تعیین آسیب‌پذیری فیزیکی ساختمانها در ایران انجام گرفته را انجام داده‌اند، که نتیجه بررسی‌های آنها منجر به برآورد منحنیهای شکست برای سه نوع مختلف ساختمان بر اساس زلزله رودبار و منجیل گردیده است. آنها خسارت وارده به روستاهای نزدیک رو به مرکز زمین لرزه ۱۹۹۰ منجیل ایران را مطالعه نمودند و رابطه بین بیشینه شتاب زمین و خسارت دیدگی ساختمانها را استخراج نمودند. مورد دیگر مربوط به تخمین آسیب پذیری، پروژه شرکت جایکا (JICA[1]) برای شهر تهران است. در این پروژه آسیب‌پذیری شهر تهران در جنبه‌های گوناگون فیزیکی، انسانی و همچنین برای اماکن خاص براساس منحنیهای شکست تهیه شده توسط توکلی-ها بررسی شده است . لانتادا[2] و همکاران (۲۰۰۹)، در تحقیقی ضمن مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل RISK_UE، با بکارگیری مدلهای موجود در زمینه تخمین خسارات به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در شهر بارسلون پرداخته‌اند. محمد پور و همکاران (۲۰۱۶)،در مقاله ای به شناسایی و توسعه ارتباط برنامه ریزی شهری و مدیریت بحران زلزله به منظور کاهش آسیب پذیری لرزه ای در بافت قدیمی محله سیروس شهرداری تهران،منطقه ۱۲ پرداختند، در نهایت به این نتیجه رسیدند که میتوان از طریق تحلیل آسیب پذیری لرزه ای در بافت قدیمی شهری به نقش برنامه ریز ی شهر برای پارامترهای ساختاری در زمینه مقابله با زلزله اشاره نمود. بوکاری و همکارن(۲۰۱۸)، ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در مقیاس شهری ساختمان‌های الجزایر را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در پژوهش مورد نظر آنها به منظور حصول نتایج قابل اعتماد، بررسی گسترده ای در مورد ساختمان ها(تقریباً ۴۶۰۰۰ واحد) را انجام دادند. داده ها با استفاده از ابزار GIS نقشه برداری و در پایگاه های داده ذخیره شدند. نتایج این سناریوی زلزله نشان داد که خسارات جدی در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده بود. جناو همکاران(۲۰۲۰) ،ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله در استان سوماترا شمالی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست امده نشان داد که بخش مرکزی شهر از آسیب پذیری بالا تا بسیار بالایی برخوردار بود . بخش کوچکی از بخش شمالی – مرکزی

1 - Japan International Cooperation Agency
2 - Lantada

در شرایط آسیب‌پذیری شدید قرار داشت . نسبت‌های سازگاری برای هر سه لایه آسیب‌پذیری ۱.۹درصد، ۴.۶درصدو ۵.۵درصد بود. نسبت استحکام برای EVA نهایی ۱.۹٪ بود. در نهایت نقشه توسعه یافته نشان داد که ۳.۳۹ درصد از شهر باندا آچه در مناطق بسیار زیاد، ۱۱.۸۶ درصد بالا، ۲۳.۷۳ درصد متوسط، ۲۸.۸۲ درصد پایین و ۳۲.۲۰ درصد در مناطق آسیب پذیر بسیار کم قرار دارد.در تحقیقات انجام گرفته، اکثرا زلزله در شهر را با داده های مکانی و براساس مدل های تصمیم گیری چند معیاره و در مورد ساختمانها بررسی نموده اما در این تحقیق با استفاده از مدل رادیوس هم آسیب پذیری ساختمانهای شهری بررسی شده و همزمان تعداد کشته شدگان و مصدومان و نیز وضعیت شرانهای حیاتی در سناریوهای مختلف شدت زلزله بررسی و میزان خسارت برآورد شده، که در تحقیقات انجام شده مشاهده نمی شود. امینی و همکاران(۱۳۹۰)، در پژوهشی به ارزیابی مدل RADIUS پرداخته و مزایا و معایب این مدل را مورد بررسی قرار داده است و اقدام به برآورد خسارات ناشی از زلزله در منطقه یک شهرداری نموده است . عیسی لو و همکاران(۱۳۹۵)،درتحقیقی با عنوان ارزیابی آسیب پذیری کالبدی بافت منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله احتمالی با استفاده از روش IHWPو سیستم GISاز شاخص های پنجگانه تراکم جمعیتی ،خطر پذیری کاربری اراضی ،کیفیت ابنیه ،عمر ابنیه ،دسترسی به مراکز امداد و نجات جهت ارزیابی وضعیت آسیب پذیری این منطقه استفاده کرده اند. پاشاپور و پور اکرمی (۱۳۹۶)،در مقاله ای با عنوان سنجش ابعاد کالبد ی تاب آوری شهری در برابر زلزله در منطقه ۱۲ شهر تهران به این نتیجه رسیده اند که معیارهای عرض معابر ،مقاومت ساختمان و دسترسی به پارک به ترتیب بیشترین تاثیر را در تاب آوری دارد.زنگنه شهرکی و همکاران(۱۳۹۶)،در مطالعه ای با عنوان ارزیابی و تحلیل میزان تاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدلFANP و ویکور به این نتیجه رسیده اند که عامل دسترسی به خدمات اصلی و ویژگی های کالبدی بیشترین تاثیر را در تاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ تهران داشته است. بهرامی وهمکاران (۱۳۹۷)، در تحقیقی ارزیابی و تحلیل تاب آوری نهادی و کالبدی در محلات شهر سنندج انجام داده اند و به این نتیجه رسیده اند که بین تاب آوری موجود در محلات نمونه و سطح تاب آوری آن ها در ابعاد نهادی –سازمانی و کالبدی –محیطی رابطه معناداری وجود دارد و با تغییر هریک میزان تاب آوری خانوار ها نیز تغییر می یابد. شاهیوندی و شیخی(۱۳۹۷)،در تحقیقی با عنوان ارزیابی میزان آسیب پذیری شهری بر اساس اصول پدافند غیر عامل (مورد:شهر همدان)۹ کاربری اراضی اصلی و ۲۳ کاربری اراضی فرعی را در محیط نرم افزار SUPER DECISIONS مقایسه و امتیاز گذاری کرده ودوری و نزدیکی یا تراکم و پراکندگی از این معیار ها را در محیط نرم افزار براورد کرده است .سر انجام شهر همدان را بر اساس میزان آسیب پذیری به ۵ دسته طبقه بندی کرده است. پویان و همکاران(۱۳۹۹) ،در تحقیقی به مدل سازی آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله تحت سناریوهای مختلف به منظور مدیریت بحران در منطقه یک شهرداری تهران پرداخته است، نتایج تحقیق حاکی از آن است که این منطقه نسبت به بافت های نسبتاً جدید، که ساخته شده، به سبب گسلش منطقه، به بحران طبیعی مثل زلزلهٔ احتمالی که ممکن است در منطقه

اتفاق بیفتد باز هم آسیب پذیر است. احمدی و اسکندری نژاد (۱۴۰۰)،در تحقیقی دیگر که به روش پژوهش توصیفی - تحلیلی در بستر پیمایشی، با هدف سنجش سطح آسیب پذیری بافتهای مسکونی در کلا نشهر ساری در برابر مخاطره طبیعی زلزله صورت گرفته است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می دهد، که در مناطق ۱،۲،۳ و ۴ شهر ساری به ترتیب ٪۶۳، ٪۶۶، ٪۷۲ و ٪۶۷ ساختمانهای مسکونی که از نوع کلاس خشتی و مصالح بنایی از نوع بلوک سیمانی می باشند، به هنگام وقوع زلزله کاملاً تخریب می گردند. از سوی دیگر، کمترین میزان خرابی در کلیه ساختمانهای فولادی و همچنین ساختمانهای بتنی دارای ۶ طبقه و بالاتر پیش بینی شده است. حیدری فر و محمودی (۱۴۰۰)،در تحقیقی دیگر که به بررسی آسیب پذیری شهر جوانرود با استفاده از ANP و GIS پرداخته، نتایج پژوهش حاکی از آن است که حدود ۲۰٪ از فضاهای ساخته شدهٔ شهری جوانرود در برابر این نوع از مخاطرات آسیب پذیری متوسط به بالایی دارد،و نیز محلات حاشیه نشین در پهنهٔ آسیب پذیری بالا و نیز مسکن مهرهای شهر به علت قرارگرفتن در حاشیهٔ مرتفع شهر و سنگ بستر نامناسب و ارتفاع و شیب زیاد و تعداد طبقات بیشتر نسبت به سایر واحدها دارای آسیب پذیری بیشتری می باشند . مبارکی و همکاران (۱۴۰۰)،در پژوهشی دیگر که با هدف ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله و با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است، نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که میزان آسیب پذیری کالبدی در محدوده شهر متوسط و در بخش مرکزی و قدیمی شهر بسیار بالا است. باقری و همکاران (۱۴۰۱)،در تحقیقی با عنوان ارزیابی تاب آوری شهر شیروان در مواجه با زلزله با استفاده از نرم افزار Expert choiceوGisو با بهره گیری از مدل های تصمیم گیری چند معیاری وضعیت تاب آوری شهر شیروان مشخص شد. یافته های تحقیق نشان داد که میزان تاب آوری شهر شیروان بر اساس تلفیق شاخص های مورد سنجش در ۴/۶۵ در صد از شهر پایین و تنها در ۲/۱۹ در صد از شهر میزان تاب آوری بالا است .
قائم مقامی و همکاران (۱۴۰۱)،در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی تاب آوری منطقه ۲۰ کلان شهر تهران در برابر مخاطرات محیطی با استفاده از توابع فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی ،نتایج نشان داده معیارهای اقتصادی و معیار زیر ساخت بیشترین اهمیت را در تاب آوری دارند. لاله پور و همکاران(۱۴۰۱)،در تحقیقی با عنوان آسیب پذیری محلات شهری در برابر زلزله شهر ورزقان ،در این تحقیق جهت ارزیابی ترکیبی و یکپارچه متغییر های موثر بر آسیب پذیری لرزه ای از مدل ANP در بستر سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره گرفته شد .نتایج ارزیابی فضایی آسیب پذیری لرزه ای شهر ورزقان نشان داد که درصد قابل توجهی از شهر ورزقان در کلاس های آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد جای گرفته اند.

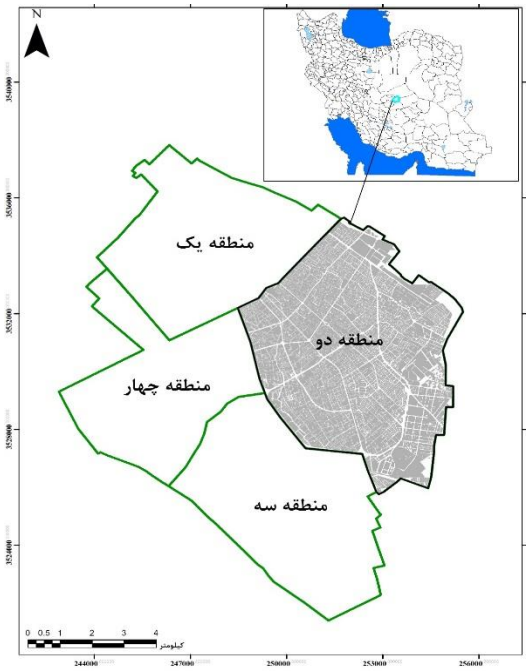
مبانی نظری تحقیق

آسیب پذیری و آسیب پذیری شهری

مفهوم آسیب پذیری سرمایه های فیزیکی و انسانی به هنگام وقوع بحران در شهرها یکی از مهم ترین مسائلی است که امروزه در بسیاری از بخش های مطالعاتی از قبیل جامعه شناسی، انسان شناسی اجتماعی، مدیریت بحران، علوم محیطی مورد توجه قرار گرفته است. آسیب پذیری فرایندی است که پایداری اجتماع را برای رویارویی و برخورد با رخدادها کاهش می دهد، به بیان دیگر، میزان توانایی سیستم اقتصادی - اجتماعی و فیزیکی جوامع و همچنین آمادگی و انعطاف پذیری آن ها را در برابر فشارهای مخاطرات طبیعی مطرح می کند .(رجایی و همکاران، ۱۳۹۸).بنا بر تعریف یونسکو، میزان حساسیت محیط در مقابل وقوع و شدت یک سانحهٔ طبیعی، آسیب پذیری آن محیط را تعیین می کند. به طورکلی، منظور ما از آسیب پذیری عبارت است از شرایط و وضعیت های داخلی که در معرض قرارگیری و حساسیت، تأثیرپذیری و شکنندگی نسبت به خطرها، یا سایر شوک ها و فشارهای وارده را به مردم افزایش می دهد (ISDR, 2004: 207). ارزیابی و تحلیل چگونگی توزیع فضایی آسیب پذیری مناطق مختلف شهری و خطرهای انسانی و طبیعی بالقوه یکی از راهکارهای بسیار مهمی است که می تواند در تأمین امنیت بهینهٔ شهرها مؤثر باشد، نبود ایمنی و امنیت کافی در شهرها و کلان شهرها یکی از بزرگ ترین موانعی است که باعث عدم رشد و پیشرفت اقتصاد در این مناطق شده است.

منطقه مورد مطالعه

برای انجام تحقیق منطقه دو شهر یزد انتخاب گردید و دلیل این انتخاب وجود ساخت و ساز های قدیمی و ضعیف و ابنیه تاریخی و میراث فرهنگی مهم در این منطقه می باشد. منطقه دو با وسعت تقریبی ۱/ ۴۱۰۶ هکتار در شرق یزد قرار گرفته است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.(مهندسین مشاور عرصه ،۱۳۸۶)



شکل(۱) : موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده ها و روشها

نوع تحقیق در این مطالعه کاربردی و روش پژوهش معیاری- تحلیلی می باشد. روش به کار رفته سعی در کشف روابط علی و معلولی موضوع مورد مطالعه بوده با به کارگیری روشهای کمی و کیفی و تحلیل روابط حاکم بر آنها سعی در اثبات فرضیات مورد نظر دارد. گردآوری داده ها برای این تحقیق عمدتا بر پایه مشاهدات میدانی شامل برداشت خصایص مورد نظر در مورد ویژگیهای ساختمانی و کالبدی شهر(تعداد طبقات،نوع سازه،قدمت ساختمان،دسترسی به شبکه معابر،موقعیت نسبت به گسل)، و به صورت کتابخانه ای شامل استفاده از نقشه های ۱:۲۰۰۰ شهری و تصاویر ماهواره ای برای بهنگام سازی نقشه ها و همچنین استفاده از آمار و اطلاعات موجود(تحقیقات انجام شده در ارتباط با موضوع مورد مطالعه) در ارتباط با موضوع تحقیق صورت گرفته است.

براساس مدل رادیوس داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل تعداد ساختمانهای منطقه مورد مطالعه با توجه به نوع سازه و کاربری آنها، تعداد طبقات ساختمانی، جمعیت کل منطقه و شریانهای حیاتی منطقه (شبکه معابر، مخازن آب، پست‌های برق و مخابرات، خطوط آب و فاضلاب، ایستگاههای پمپ بنزین) است، نیز از نرم افزارهای ArcGIS و رادیوس استفاده شده است.

مدل رادیوس

رویکرد رادیوس در سال ۱۹۹۶ با هدف تهیه سناریوی زلزله و تدوین برنامه اقدام برای شهرهای در معرض خطر زلزله در کشورهای در حال توسعه به‌کار گرفته شد. هدف اصلی پروژه رادیوس که با حمایت سازمان ملل آغاز گردید، بالا بردن آگاهی و ایجاد یک ابزار علمی و کاربردی برای کاهش خطر زلزله در مناطق شهری است. این رویکرد با اصلاحات انجام شده، به صورت یک نرم افزار تخمین خسارت و تهیه و تدوین سناریوی زلزله مورد استفاده قرار گرفت. این برنامه در برنامه‌های اطلاع رسانی و آگاه‌سازی تمامی ذینفعان در شهر کاربرد دارد. اهداف برنامه RADIUS عبارتند از(کارلوس و سینتیا،۱۹۹۹) :

- ✓ طراحی ابزاری برای مدیریت خطر پذیری لرزه‌ای که بتواند پاسخگوی شهرهای لرزه خیز باشد.
- ✓ هدایت مطالعات مقایسه‌ای برای درک خطر پذیری لرزه‌ای در مناطق شهری جهان
- ✓ تبادل اطلاعات در جهت کاهش اثرات خطر پذیری لرزه‌ای در سطوح شهری
- ✓ آماده نمودن برنامه ارتقای ساختار موجود شهری از قبیل مقوم سازی ساختمانها و زیر ساختهای آسیب‌پذیر، ایمن نمودن فضاهای باز و راههای اضطراری
- ✓ مهیا نمودن امکانات امداد و نجات، اطفای حریق و حمل و نقل اضطراری

RADIUS برنامه‌ای است که در محیط Excel کار می‌کند و کاربر بایستی اطلاعات زیر را در این نرم افزار وارد نماید:

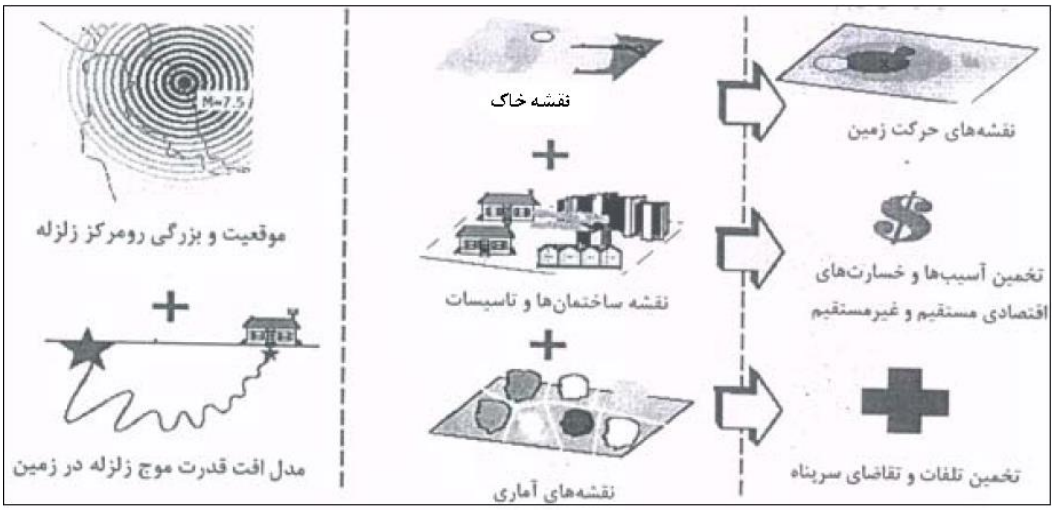
- ✓ اندازه و حد و مرز منطقه مورد مطالعه از طریق شبکه‌بندی
- ✓ جمعیت کل منطقه مورد مطالعه
- ✓ تعداد کل ساختمانها و نوع سازه ساختمانها
- ✓ نوع خاک منطقه مورد مطالعه
- ✓ اطلاعات شریانهای حیاتی منطقه مورد مطالعه
- ✓ انتخاب سناریوی زلزله و پارامترهای آن

سپس برنامه به بررسی اعتبار داده‌های ورودی پرداخته و تحلیل را انجام می‌دهد. خروجی‌های این برنامه عبارتند از:

- ✓ شدت لرزه‌ای به صورت شدت PGA و MMI
- ✓ خسارات وارده به ساختمانها
- ✓ خسارات وارده به شریانهای حیاتی
- ✓ تلفات، شامل تعداد کشته شدگان و زخمی‌ها
- ✓ جداول و نقشه‌های که نتایج را به شکل موضوعی نمایش می‌دهند.

یکی از اهداف عمده این پروژه توسعه ابزار تجربی برای مدیریت ریسک شهر بود. روش رادیوس برای تخریب ساختمان‌ها می‌تواند در ۱۰ مرحله، تعیین سناریوی زلزله، محاسبه میرایی با استفاده از تابع ، محاسبه تقویت کنندگی ناشی از شرایط محلی خاک با استفاده از نقشه خاک، تبدیل PGA به شدت مرگالی اصلاح شده، به کارگیری تابع آسیب پذیری برای انواع ساختمان، به کارگیری تابع آسیب پذیری برای انواع زیر ساخت‌ها، به کارگیری تابع آسیب پذیری برای تلفات، به‌کارگیری اطلاعات هزینه ساختمان‌ها و ترکیب با آسیب پذیری برای محاسبه تخریبات برای دوره‌های برگشت مختلف، ترکیب اطلاعات تخریب برای دوره‌های برگشت مختلف و محاسبه ریسک با اضافه کردن تخریبات از این دوره‌ها، ترکیب اطلاعات و خلاصه سازی تفکیک شود(کارلوس و سینتیا،۱۹۹۹) .

فرایند کلی تخمین خسارت در این برنامه در شکل(۲) نشان داده شده است.

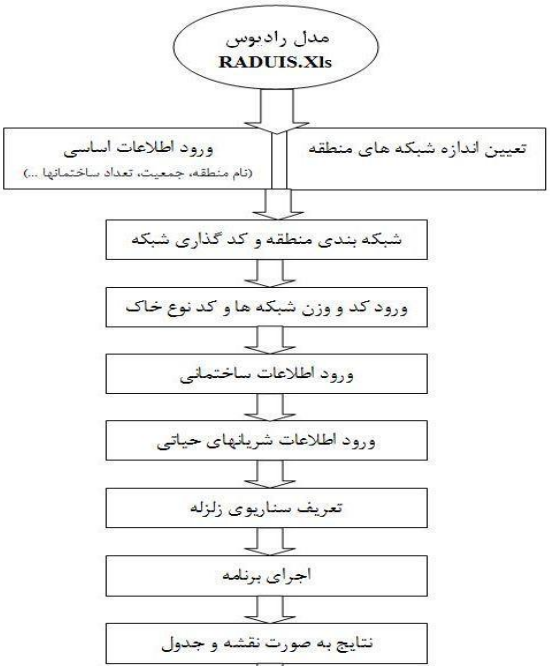


رادیوس (Cynthia, 2002)

تخمین خسارات ناشی از زلزله با استفاده از نرم افزار رادیوس

روش انجام کار برای تخیمن خسارت با استفاده از برنامه رادیوس در شکل(۳) مشاهده می‌شود. سناریوی زلزله، وضعیت زمین، داده‌های آماری و عملکرد آسیب‌پذیری ساختمانها مهمترین داده‌های ورودی برای تخمین خسارت زلزله هستند. برای تهیه و تدوین یک سناریوی خسارت زلزله، باید ناحیه هدف مشخص شود و با توجه به زمین شناسی و موقعیت گسل‌ها، بایستی بزرگی، مرکز زلزله و مدل افت قدرت موج مشخص گردد. تخممین خسارت با توجه به مخاطره و سازه‌های موجود و تعداد و نوع سازه‌ها و شریانهای حیاتی برآورد خواهد شد. نقشه خسارت بیان کننده ارتباط بین شدت لرزه‌ای و درجه خسارت به سازه‌ها خواهد بود. تلفاتی همچون مرگ و جراحت هنگام وقوع زلزله در شب یا روز تخمین زده می‌شوند. بنابراین کل فرایند تخمین خسارت منجر به آگاهی از مجموع خسارت و چگونگی توزیع آنها در صورت وقوع زلزله است. البته باید توجه داشت، زمانی که یک زلزله رخ می‌دهد اثرات و نتایج آن قطعا تفاوت‌های زیادی با

نتایج سناریو خواهد داشت. سناریو تنها فرضیه‌ای است برای اینکه بدانیم که اثرات وقوع زلزله بدتر یا شبیه به چیزی است که سناریو محاسبه نموده است(امینی، ۱۳۹۰).



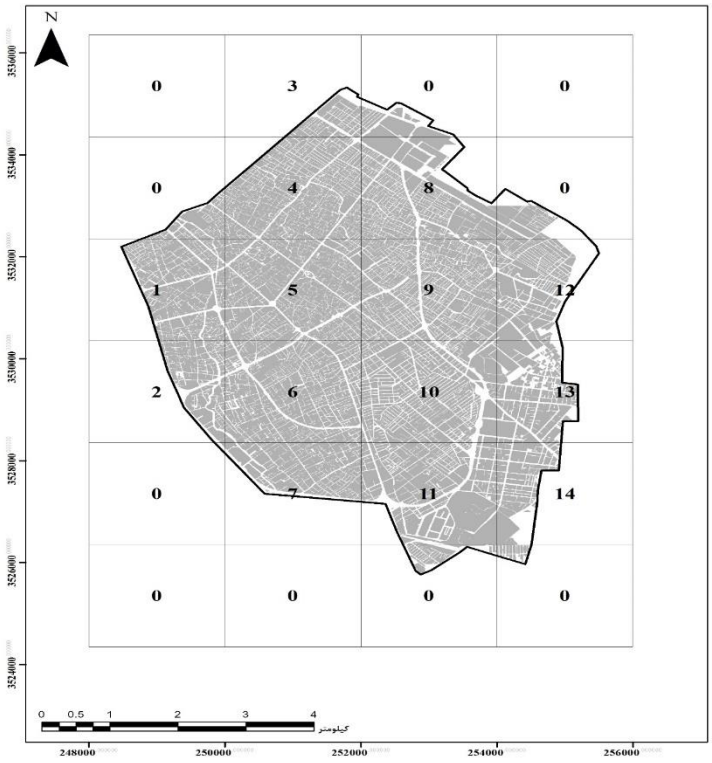
شکل(۳): رادیوس

یافته‌های تحقیق

مراحل انجام فرآیند تخمین خسارات ناشی از زلزله در شهر یزد در نرم افزار رادیوس، شامل شش مرحله اصلی است که عبارتند از:

۱- شبکه بندی منطقه

با توجه به اینکه در مناطق شهری، هر بخش از منطقه دارای خصوصیات مختلفی از قبیل وضعیت زمین، نوع و کاربری متفاوت ساختمانها و همچنین اطلاعات آماری متفاوت است، برای برآورد و تخمین خسارت، منطقه دو شهر یزد، به ۱۴ شبکه مساوی، ۲۰۰۰ متر در ۲۰۰۰ متر، تقسیم و اطلاعات مورد نیاز برنامه، به تفکیک هر شبکه وارد نرم افزار شد. که شبکه بندی منطقه در نرم افزار ArcGIS و با توجه به مرزهای منطقه و توزیع کاربری‌های موجود در آن صورت گرفته است، که شکل (۴) شبکه بندی منطقه را در مدل رادیوس نشان می‌دهد.



شکل(۴): شبکه بندی منطقه مطابق با مدل RADIUS

۲- تعیین وضعیت خاک منطقه

وضعیت خاک منطقه، در میزان خسارات ناشی از زلزله موثر است، زیرا وضعیت زمین به طور مستقیم، لرزش زمین و اثرات لرزه‌ای را تشدید می‌کند. نرم افزار RADIUS طبقه‌بندی ساده‌ای برای جنس خاک پیشنهاد می‌کند، که در این طبقه‌بندی جنس خاک به ۴ دسته، سنگ سخت، سنگ نرم، خاک متوسط و خاک نرم، که فاکتورهای تشدید شدت لرزه نیز مطابق با آنها توسط نرم افزار اعمال می‌شود، تقسیم شده است، که گروه‌بندی خاک منطقه مطابق جدول(۱) است.

جدول(۱): گروه‌بندی خاک منطقه بر اساس برنامه *RADIUS*

نوع خاک	توصیف و نوع آن
سنگ سخت	توده های نفوذی آذرین
سنگ نرم	سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه
خاک متوسط	آبرفتهای سیلابی
خاک نرم	رسوبات رودخانه ای و ماسه بادی

۳- طبقه‌بندی ساختمانهای منطقه مورد مطالعه

آسیب‌پذیری ساختمانها از جمله مسائل کلیدی در خطرپذیری لرزه‌ای است، تخریب ساختمانها علت اصلی کشته شدن، کشته‌شدگان است. خسارات وارده به ساختمانها در اثر زلزله مستقیما تحت تاثیر دو عامل نوع و جنس ساختمانها قرار دارد. که اولین گام در تعیین خسارات ساختمانها گروه‌بندی آنها است. نرم افزار رادیوس طبقه‌بندی ساختمانها را با توجه به نوع مصالح بکار رفته در ساخت و ساز، کاربری و تعداد طبقات انجام می‌دهد. آگاهی از تعداد ساختمانهای موجود در هر شبکه برای محاسبه میزان خسارات ضروری است، که تعداد انواع مختلف ساختمانهای موجود در هر شبکه از طریق نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شده و وارد نرم‌افزار رادیوس شد. طبقه بندی ساختمانها مطابق مدل رادیوس و نیز وضعیت آنها در منطقه مورد مطالعه در جدول(۲) آورده شده است.

جدول(۲): گروه‌بندی ساختمانها مطابق با برنامه رادیوس

ساختمان	مشخصات	تعداد	درصد
مسکونی	نوع۱: ساختمانهای با مصالح بنایی و غیر مقاوم در برابر زلزله‌های احتمالی، ساخته شده از آجر، کاه گل و سقفها و دیوارهای بدون شناژ	۱۷۵۰۲	۲۱/۷
	نوع۲: سازه‌های ترکیبی، سازه‌های غیر استاندارد و غیر منطبق با آئین نامه‌های ساختمانی، ارتفاع تا سه طبقه	۴۱۵۱۴	۵۱/۴۵
	نوع۳: ساختمانهای با اسکلت فلزی یا بتنی، غیر منطبق با آئین نامه‌های ساختمانی، ارتفاع ۴ تا ۶ طبقه	۲۷۹۴	۳/۴۷
	نوع۴: ساختمانهای با اسکلت فلزی یا بتن مسلح، مهندسی ساز، نوساز و چندین طبقه	۱۰۶۸۶	۱۳/۲۵
آموزشی	نوع۱: ساختمان مدارس تا ۲ طبقه	۱۴۰	۰/۱۸
	نوع۲: ساختمان مدارس بالاتر از ۲ طبقه	۴۳	۰/۰۶
درمانی	نوع۱: بیمارستانهای کوچک و متوسط	۶۷	۰/۰۹
	نوع۲: بیمارستانهای بزرگ	۱۱	۰/۰۱
تجاری	مراکز خرید	۷۵۰۰	۹/۳
صنعتی	ساختمانها و تاسیسات صنعتی	۱	۰/۵۴

۴- تعیین خسارات وارده به شریانهای حیاتی

اگر شریانهای حیاتی از قبیل شبکه‌های آبرسانی، شبکه‌های برق یا سایر شبکه‌های ارتباطی در اثر وقوع زلزله خسارت ببینند، ضمن اینکه در زلزله خساراتی به آنها وارد شده است، خسارات و آسیب‌های بعدی نیز به دنبال دارند، برای مثال

می‌توان به شبکه معابر اشاره نمود، که معابر به عنوان یکی از عناصر مهم شهری، بلافاصله بعد از وقوع زلزله اهمیت ویژه‌ای می‌یابند، چرا که نیاز به تخلیه مجروحین در اسرع وقت مطرح می‌گردد. این تخلیه از طریق جاده‌های بین شهری، خیابان‌های درون شهری و معابر فرعی انجام می‌گیرد و در صورت بسته شدن یکی از جاده‌های اصلی و یا حتی معابر فرعی، خسارات و صدمات ناشی از زلزله چندین برابر شده و این احتمال وجود دارد که بازگشت به وضع عادی روزها و یا حتی ماه‌ها به طول انجامد. برنامه رادیوس برای تخمین خسارات شریانهای حیاتی از آمار کلی و مجموع شریانهای حیاتی در کل منطقه و ارتباط آن با میزان شدت لرزه‌ای، استفاده می‌نماید، بدین معنی که با بالا رفتن شدت زلزله، میزان خسارت وارده به شریانهای حیاتی، برای هر یک از تاسیسات، به صورت یک منحنی افزایش می‌یابد. گروه‌بندی شریانهای حیاتی مطابق مدل رادیوس، در جدول (۳) آورده شده است، که در این جدول وضعیت آن در منطقه دو شهر یزد نشان داده شده است.بر اساس جدول جاده نوع اول ۳۳ کیلومتر و نوع دوم ۳۰کیلومتر ،جایگاه هایسوخت ۱۴ جایگاه،طول خطوط آب و فاضلاب ۶۵ کیلومتر ،تعداد ایستگاه های برق و مخابرات ۷ ایستگاه می باشد.

جدول(۳): وضعیت شریانهای حیاتی منطقه دو شهر یزد

شریانهای حیاتی	میزان	واحد	توصیف
جاده نوع اول	۳۳	کیلومتر	جاده‌های محلی به مناطق اطراف
جاده نوع دوم	۳۰	کیلومتر	شاه‌راهها و بزرگراهها
پل	۰	تعداد	–
تونل	۰	تعداد	–
برق۱	۲	تعداد	تعداد دکل های برق و مخابرات
برق۲	۷	تعداد	تعداد ایستگاههای برق و مخابرات
آب۱	۶۵	کیلومتر	طول خطوط آب و فضلاب
آب۲	۰	تعداد	تعداد ایستگاههای پمپاز آب
آب۳	۰	تعداد	تعداد ایستگاههای آب و فاضلاب صنعتی
مخزن آب ۱	۲	تعداد	تعداد آب انبارها و آب بندها
مخزن آب ۲	۰	تعداد	تعداد مخازن مرتفع
سوختهای بنزینی و گازوئیلی	۱۴	تعداد	تعداد ایستگاههای پمپ بنزین و غیره

۵- تعیین سناریوی زلزله

پیش‌بینی رویدادهای احتمالی و آثار آنها، تهیه سناریو نامیده می‌شود. تهیه سناریو اغلب به منظور تهیه برنامه و ایجاد آمادگی در جوامع سانحه خیز، صورت می گیرد و به درک بهتر آینده محتمل کمک می کند. البته باید توجه داشت، زمانی که یک زلزله رخ می‌دهد اثرات و نتایج آن قطعا تفاوت‌های با نتایج سناریو خواهد داشت. سناریو تنها فرضیه‌ای است برای اینکه بدانیم که اثرات وقوع زلزله بدتر یا شبیه به چیزی است که سناریو محاسبه نموده است. آماده بودن بر اساس سناریو زلزله بدست آمده به ما کمک می کند، که برای رویارویی با یک زلزله واقعی در آن منطقه آماده شود و اقدامات لازم را برای کاهش خسارت و تلفات ناشی از زلزله احتمالی را در آن منطقه انجام دهد. از میان بسیاری از گسل‌های موجود در منطقه، محتمل‌ترین گسل‌های خطرناک دو گسل انار و مهریز-تفت انتخاب شدند. با مطالعه زلزله های تاریخی منطقه ، نشان می دهد شدت بزرگی زلزله از ۵/۲ ریشتر بیشتر نبوده است و نیز عمق زلزله نیز ۲۵ کیلومتر، انتخاب شده است .

در نتیجه، دو مدل برای زلزله‌های سناریو در برنامه رادیوس در نظر گرفته شدند که مشخصات آنها در جدول(۴) مشاهده می‌شود و زمان زلزله نیز ساعت یک بامداد در نظر گرفته شده است. باید توجه نمود در صورتی که زلزله در شب روی دهد میزان تلفات انسانی افزایش می‌یابد، اما تعداد ساختمانهای تخریب شده در شب یا روز به همان میزان خواهد بود.

جدول(۴): مشخصات مدل‌های سناریوی زلزله

مشخصات	مدل گسل انار	مدل گسل مهریز تفت
موقعیت نسبت به منطقه	شمال شرقی	جنوب
بزرگی زلزله	۵/۲	۵/۲
عمق زلزله	۲۵ Km	۲۵Km
فاصله از شبکه مرجع(۵)	۴۱/۴ Km	۲۰ km

بحث و نتایج

نتایج تخمین خسارات ناشی از زلزله در شهر یزد با استفاده از رویکرد

بعد از استخراج اطلاعات مورد نیاز مدل رادیوس (نوع کاربری ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، نوع خاک، وضعیت شریانهای حیاتی منطقه) از GIS، این اطلاعات وارد مدل رادیوس شدند، بعد از تجزیه و تحلیل صورت گرفته در مدل رادیوس، نتایج شکل های (۵و۶) و جداول (۵و۶) حاصل شد، در کل نتایج خسارات و تلفات ناشی از وقوع زلزله براساس سناریوهای در نظر گرفته شده در منطقه مورد مطالعه مطابق جدول(۵) است. آمار و ارقام جدول حاکی از آن

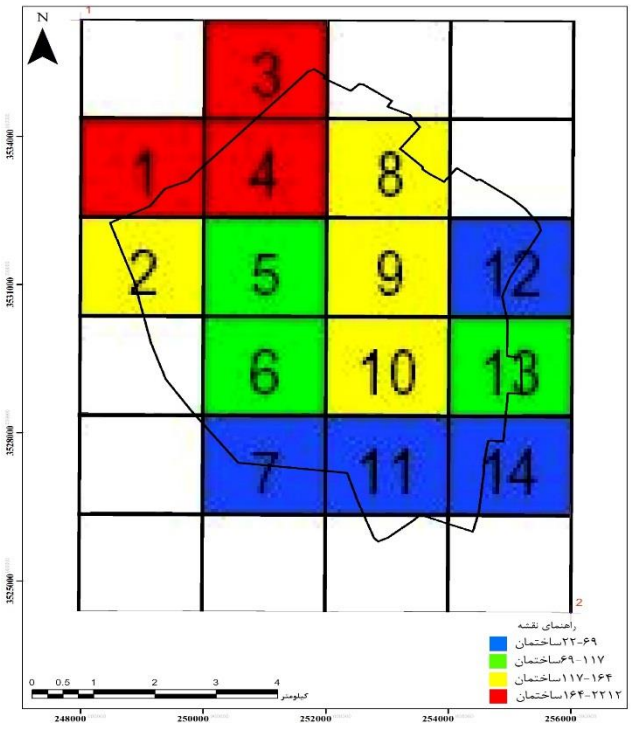
است که، براساس سناریوی گسل مهریز-تفت، ۱۵۷۷ ساختمان تخریب، ۷ نفر کشته و ۲۴۳ نفر مصدوم خواهند شد. مطابق سناریوی گسل انار نیز، ۱۱۰۸ ساختمان تخریب، ۴ نفر کشته و ۱۳۲ نفر مصدوم خواهند شد. برای اینکه از لحاظ مکانی نیز دیدی در ارتباط با میزان تلفات نسبت به منطقه مورد مطالعه داشته باشد و آمار و ارقام بیان شده در جدول از لحاظ موقعیت مکانی نیز مشخص شوند، میزان تخریب ساختمانها براساس سناریوهای مدنظر در شکل‌های (۵و۶) نشان داده شده‌اند. لازم به ذکر است که میزان کشته شدگان و مصدومان، متاثر از میزان تخریب ساختمانها است، به همین دلیل فقط نقشه تخریب ساختمانها ذکر شده است. نتایج حاصل از آسیب شریانهای حیاتی براساس سناریوهای مدنظر در جدول(۶) نشان داده شده است، آمار جدول بیانگر این مطلب است که مطابق مدل گسل مهریز-تفت، ۰/۳ درصد از شبکه معابر، ۰/۳درصد از خطوط آب و فاضلاب و ۰/۹ درصد از جایگاههای سوخت در منطقه مورد مطالعه تخریب خواهند شد، نیز براساس مدل گسل انار، ۰/۱ درصد از شبکه معابر، ۰/۰۱درصد از خطوط آب و فاضلاب و ۰/۰۳ درصد از جایگاههای سوخت در منطقه مورد مطالعه تخریب خواهند شد. در کل سناریوی گسل مهریز تفت بیشترین آسیب را برای منطقه به همراه دارد، آسیب پذیر بودن این منطقه به دلیل عدم رعایت معیارهای فنی ومهندسی نوین، شبکه ارتباطی ناکارآمد، کمبود فضای باز، وجود بافتهای خودرو و قدیمی در منطقه دو شهر یزد است، که پایداری اندک در برابر زلزله از مشخصه های اصلی این گونه بافت های شهری است. مشکل دیگر این گونه بافت ها دسترسی های نامناسب و محدود آنهاست، که امداد رسانی به ساکنان آنها پس از وقوع زلزله را مشکل می سازد و می تواند با بحرانی شدن شرایط، فاجعه ای انسانی را دامن بزند.

جدول(۵): میزان خسارات و تلفات وارده در نواحی ده گانه منطقه در سناریوهای مختلف

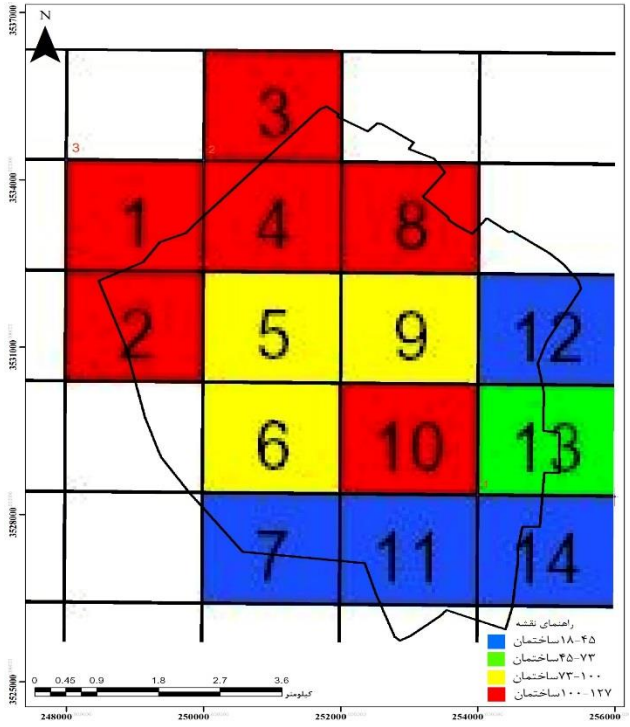
سناریوی زلزله	ساختمان	کشته شدگان	مصدومان
مدل گسل مهریز تفت	۱۵۷۷	۷	۲۴۳
مدل گسل انار	۱۱۰۸	۴	۱۳۲

جدول(۶): درصد خسارات وارده به شریانهای حیاتی منطقه در سناریوهای مختلف

سناریوی زلزله	جاده نوع۱	جاده نوع۲	خطوط آب و فاضلاب	جایگاه‌های بنزین
مدل گسل مهریز تفت	۰/۳	۰/۱	۰/۳	۰/۹
مدل گسل انار	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳



شکل(۵): نقشه تخریب ساختمانها براساس سناریوی گسل انار



شکل(۶): نقشه درصد ساختمانها براساس سناریوی گسل مهریز-تفت

نتیجه‌گیری

مدل های زیادی جهت تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری شهر ها در برابر زلزله ارائه شده است ، و تحقیقات مختلفی نیز چه در داخل و چه در خارج کشور صورت گرفته است . در کارهایی که در داخل کشور صورت گرفته است بررسی آسیب در پهنه های کوچک انجام نگرفته است و در قالب حوزه های آماری آسیب پذیری را بررسی نموده است. بدون شک آسیب پذیری هر منطقه هایی بدون ارتباط با خصوصیات انسانی آن منطقه نیست و انعکاسی از رفتار انسان و شیوه مدیریت انسانی آن منطقه است ، چرا که ساخت و ساز و اجرا اصول مهندسی در ساختمان بنظرات و تفکرات و شیوه مدیریت انسان بستگی دارد. پس در هر تحقیقی بایستی مدل های مورد استفاده با شرایط منطقه مورد مطالعه سازگاری داشته باشند، که در تحقیقات انجام شده توسط جایکا برای شهر تهران این مورد در نظر گرفته نشده است و آنها از منحنی های شکست که توسط توکلی ها (۱۹۹۳) برای رودبار و منجیل تهیه شده بود ،برای شهر تهران استفاده نموده و آن را مبنا کار خود قرار دادند،به همین دلیل میتوان گفت که نتایج آنان نمی تواند چندان قابل اطمینان باشد که در این راستا استفاده از نظرات مختلف کارشناسی که با شهر و ساختمان و زلزله در ارتباط هستند و تعیین معیار ها و وزن دهی به آنها میتوانند موثر باشد و نتایج را مطمئن تر نمایند ،میتواند مفید باشد،که در کارها و تحقیقات انجام شده مورد توجه قرار نگرفته است.مطلب دیگر بررسی آسیب پذیری در شدت های مختلف زلزله است که این مورد نیز در تحقیقات انجام گرفته در کشور معمولا کمتر مشاهده شده است.در این تحقیق تمامی موارد ذکر شده مد نظر بوده و بررسی آسیب پذیری منطقه به صورت جزئی و برای هر واحد ساختمانی درجه آسیب بدست آمده و در شدت های مختلف زلزله بررسی شده است. بررسی نتایج حاصل از تخمین خسارات ناشی از زلزله در منطقه مورد مطالعه براساس دو سناریوی تدوین شده، حاکی از آن است که بیشترین خسارات وارده به منطقه را گسل مهریز تفت منطقه ایجاد خواهد نمود، نتایج حاصله با پهنه بندی خطر زلزله منطقه که در منطقه خطر نسبتا پایین قرار دارد همخوانی دارد. بررسی آسیب‌پذیری منطقه به صورت جزئی و در قالب مناطق کوچک مطابق با مدل مورد استفاده انتخاب شده است و درجه آسیب بدست آمده و در دو سناریوی مد نظر بررسی شده است. با توجه سناریوهای تدوین شده میزان خسارات ناشی از زلزله در منطقه مورد مطالعه ناچیز است و بیشترین خسارات ایجاد شده ناشی از سناریوی گسل انار منطقه است. با وجود اینکه در این تحقیق گستره شهر از لحاظ خطر زلزله چندان آسیب پذیر نیست، اما با توجه به اینکه شهر یزد به عنوان مرکز استان، به دلیل موقعیت جغرافیایی این شهر و سوابق تاریخی فعالیت گسلهای موجود، می توان گفت که روزی نه چندان دور با زلزله مواجه خواهد شد و در این میان با توجه به وجود گسل‌های فراوان در نزدیکی و در داخل شهر، آسیب پذیری این شهر در برابر خطر زلزله بیشتر می گردد. مورد دیگر وجود بافتهای خودرو و قدیمی در منطقه دو شهر یزد است، که پایداری اندک در برابر زلزله از مشخصه های اصلی این گونه بافت های شهری است. مشکل دیگر این گونه بافت ها

دسترسی های نامناسب و محدود آنهاست، که امداد رسانی به ساکنان آنها پس از وقوع زلزله را مشکل می سازد و می تواند با بحرانی شدن شرایط، فاجعه ای انسانی را دامن بزند. یکی از مهمترین مزیت‌های مدل رادیوس این است که، تمامی روابط و توابع استفاده شده در برنامه به صورت مشخص نشان داده شده و در دسترس است و در صورت نیاز امکان تغییر و بومی سازی آنها بر اساس توابع موجود در کشور امکان پذیر است. با به کارگیری این رویکرد جهت تدوین سناریوی زلزله و تخمین خسارات احتمالی، می‌توان درک بهتری از زلزله و میزان ریسکی که با آن روبرو هست را داشته باشد، همچنین گستره و دامنه خسارت و مناطق آسیب‌پذیر در شهر مشخص خواهند شد. مدل رادیوس از ساختار ساده‌ای برخوردار است و استفاده از آن نیاز به تخصص‌های پیچیده ندارد، لذا کارشناسان محلی به سادگی می‌توانند از آن استفاده نمایند. این نرم افزار برای تدوین سناریوی زلزله و تخمین خسارت فرآیند گام به گام و مشخصی دارد. بدین صورت که هنگام وارد نمودن اطلاعات مورد نیاز در هر قسمت، اطلاعات توسط نرم افزار به صورت خودکار بررسی شده و در صورت ناقص بودن اطلاعات هشدار داده و اجازه اجرای سناریوی زلزله در ادامه داده نمی‌شود. در برنامه رادیوس منطقه مورد نظر به شبکه‌های مساوی تقسیم بندی شده و اطلاعات مورد نیاز برای انجام برنامه وارد شبکه‌ها شده و می‌توان به آسانی اندازه و تعداد شبکه‌ها را تغییر داد، مثلا به راحتی می‌توان اندازه شبکه‌ها را کوچک نموده و با کوچک نمودن اندازه شبکه‌ها می‌توان به نتایج دقیق‌تری در ارتباط با آسیب‌پذیری منطقه دست یافت.

منابع

احدنژاد، محسن (۱۳۸۸) مدل سازی آسیب پذیری ساختمانی شهر ها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(نمونه موردی شهر زنجان)،جغرافیا و توسعه،شماره ۱۹،ص۱۹۸-۱۷۱.

احمدی فریال، اسکندری نژاد علیرضا (۱۴۰۰) ارزیابی میزان آسیب پذیری بافت مسکونی کلانشهر ساری در مخاطره طبیعی زلزله، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۵۲، بهار ۱۴۰۰.

امینی جمال، کرمی جلال، علیمحمدی عباس، صفرراد طاهر (۱۳۹۰): ارزیابی مدل RADIUS در تخمین خسارات ناشی از زلزله در محیط GIS (مطالعه موردی منطقه یک شهرداری تهران)، نشریه مطالعات و پژوهشهای شهری و منطقه ای دانشگاه اصفهان، سال سوم، شماره یازدهم، ص ۴۰-۲۳.

باقری،ناهید.معتمدی،محمد.مافی،عزت الله.(۱۴۰۱)ارزیابی تاب آوری شهر شیروان در مواجه با زلزله ،نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۲، شماره۶۴.

بهرامی،سیروان.سرور،رحیم.اسدیان،فریده(۱۳۹۷)ارزیابی و تحلیل تاب آوری نهادی و کالبدی محلات شهری سنندج(مطالعه موردی :محلات سرتپوله،شالمان وحاجی آباد)،فصلنامه جغرافیایی سرزمین،دوره۱۱،شماره۵۹،ص۳۹-۱۵.

پاشاپور،حجت الله،پور اکرمی،محمد(۱۳۹۶)سنجش ابعاد کالبدی تاب آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی زلزله (مطالعه موردی منطقه ۱۲ شهر تهران)،فصلنامه مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی ،دوره ۱۲،شماره۴۱،ص۹۸۵-۱۰۰۲ .

پویان محمدحسن، صنایعی علی، انصاری آذرنوش (۱۳۹۹): مدل سازی آسیب پذیری بافت های شهری تحت سناریوهای مختلف به منظور مدیریت بحران در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تهران)، پژوهشهای جغرافیای انسانی، دوره ۵۲، شماره ۴.

حیدری فر محمدرئوف، محمودی عبدالله (۱۴۰۰) تحلیل آسیب پذیری کاربری اراضی شهری جوانرود در برابر زلزله با استفاده از تحلیل شبکه ای (ANP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پژوهشهای جغرافیایی انسانی، دوره ۵۳، شماره ۱،ص۱۳۷-۱۱۹.

رجایی، عباس.زیاری، کرامت الله. زنگنه شهرکی، سعید. شهسواری، محمد سینا (۱۳۹۸)تحلیل فضایی تغییرات اندازه شهر با میزان آسیب پذیری اجتماعی (مطالعه موردی شهرهای با بیش از ۱۰ هزار نفر جمعیت در ایران، فصلنامه برنامه ریزی فضایی (جغرافیا) دوره ۹، شماره

زنگنه شهرکی،سعید.کرامت اله،زیاری.پور اکرمی،محمد.(۱۳۹۶)ارزیابی و تحلیل میزان تاب آوری کالبدی منطقه۱۲ شهر تهران در برابرزلزله با استفاده از مدل FANP و ویگور ،فصلنامه انجمن جغرافی ایران،دوره جدید، شماره۵۲،ص۱۰۲-۸۱.

شاهیوندی،احمد.شیخی،حجت.(۱۳۹۷)ارزیابی میزان آسیب شهری بر اساس اصول پدافند غیر عامل (شهر همدان)،مجله برنامه ریزی توسعه کالبدی،سال سوم،شماره ۴،پیاپی۱۲،ص۹۲-۸۱ .

عیسی لو،شهاب الدین. لطیفی ،غلامرضا.گودرزی ،وحید.(۱۳۹۵)ارزیابی آسیب پذیری کالبدی بافت منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله احتمالی با استفاده از روش IHWP و سیستمGIS،مجله سپهر،دوره۲۵،شماره۱۰۰،ص۸۷-۷۳

قائم مقامی،وفا.نوحه گر ،احمد.امیری ،محمد جواد.(۱۴۰۰) ارزیابی تاب آوری منطقه ۲۰ کلان شهر تهران در برابر مخاطرات محیطی با استفاده از توابع فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی،دوره۳۳،شماره۲،ص۱۲۶-۹۹

قانعی فرد،مسعود.(۱۳۹۳).ارزیابی GIS مبنای آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله با استفاده ازAHP(مطالعه موردی :بافت فرسوده شهر میناب).پایان نامه کارشناسی ارشد .وزارت علوم و تحقیقات و فناوری هرمزگان.

لاله پور،منیزه.خیری زاده،منصور . ذاکری،مرتضی.(۱۴۰۱)ارزیابی آسیب پذیری محلات شهری در برابر بحران زلزله (نمونه موردی شهر ورزقان)، مخاطرات محیط طبیعی ،دوره ۱۱،شماره۳۱.

مبارکی امید، اسمعیل پور مرضیه، امینی شیرین (۱۴۰۰) ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله، نشریه علمی- پژوهشی شهر ایمن، دوره ی۲، شماره ی۷.

مهندسین مشاور عرصه (۱۳۸۶): گزارش طرح جامع شهر یزد.

Banik. A ,Rosu . L ,Muntele . I,&Grozavu . A (2017).Towards urban resilience: A multi-criteria analysis of seismic vulnerability in Iasi city(Romania).Sustainability.No 9(2).pp270.

Boukri, M., Farsi, M. N., Mebarki, A., Belazougui, M., Ait-Belkacem, M., Yousfi, N., ... & Amellal, O. (2018). Seismic vulnerability assessment at urban scale: Case of Algerian buildings. International journal of disaster risk reduction, 31, 555-575

Cynthia N.cardona,*(*2002) ,Earthquake Damage scenarios for Thimphu Valley-im plementation of Case Study-Geo hazards International,Vol38-42.

Ebrahimian-Ghajari.Y,Alesheikh.A,Modiri.M,Hosnavi.R,&Nekohi.M,(2016)Modeling of seismic vulnerability of urban buildings in geographic information system environment(case study:Babol city) ,Quarterly Scientific journal of Rescue and Relief,*7*(4) ,PP:0-0

Hanlon.R T,Shannon,(2020) ,entropy and information theory, In Block by Block:The Historical and Theoretical Foundations of Thermodynamics,Oxford University Press.pp:596-606

Carlos A. Villacis and Cynthia N. Cardona, (1999), Guidelines for the implementation of earthquake risk management projects. Geo hazards International. Palo Alto, California

Jena, R., Pradhan, B., & Beydoun, G. (2020). Earthquake vulnerability assessment in Northern Sumatra province by using a multi-criteria decision-making model. International journal of disaster risk reduction, 46, 101518.
ISDR, 2004, Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives United Nations.
Lantada. N, Pujades. L, Barbat. A (2009), Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison, Nat Hazards 51:501–524.
UNDP (2004), Reducing Disaster Risk, A Challenge for Development.
Mohammadpor S, Zali N,pourahmad A.)2016). Analysis of Seismic vulnerability Factors in Urban Old Texture wite the approach of Earthquake Crisis Management(Case Study: sirus neighborhood) ,Human geography Research Quarterly,48(1):33-52.
Suarez.M, Gomez-Baggethun.E,Benayas. J,&Tilbury.D(2016).Towards an urban resilience index : a case study in 50 Spanish cities, Sustainability. No.8(8).p:774

Vulnerability assessment due to earthquake using RADIUS and GIS model (case study of two Yazd region)

Seyed Ahmad Mirdehghan Ashkezari

PhD student of geography and urban planning, Islamic Azad University of Yazd

Seyed Ali almodaresi*

Professor of Geography Department, Faculty of Geography, Islamic Azad University of Yazd

Mohammad Reza Rezaei

Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Yazd University

Mohammad Reza, nojavan beshnigan

Associate Professor, Department of Geomorphology, Islamic Azad University of Meybod

Mostafa Khabazi

Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University, Kerman

Abstract
Earthquake is a natural phenomenon that neglecting it will result in irreparable damages. The occurrence of severe earthquakes has prompted mankind to think of developing an infrastructure plan to reduce the risks and damages caused by it. The purpose of this research is to investigate the damages caused by the earthquake in the area of two cities of Yazd using the radius model in the GIS environment in the proposed scenarios. Based on this and according to the radius model, the factors of the number of building floors, type of soil, type of materials, existing faults, land use and existing vital arteries were used. that the effective factors of using separate layers were investigated in ArcGIS10 software and the required information of the radius model was extracted, and it was entered into the radius model to achieve the results. The results of the research show that according to the Mehriz-Teft fault scenario, 1577 buildings will be destroyed, 7 people will be killed and 243 people will be injured. According to the Anar fault scenario, 1108 buildings will be destroyed, 4 people will be killed and 132 people will be injured.

Key words: vulnerability, earthquake, radius model, Yazd two city area