مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران

تابستان ۱۴۰۳، جلد هفدهم، شماره ۲، صفحه ۱۵ تا ۲۸

پهنه بندی آسیب پذیری شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه ANP مطالعه موردی: کلانشهر شیراز

حمیدرضا شاهینی فر* [۱]، امین باغانی[۲]، امین ستائی مختاری [۳]، عماد مومن روانبخش[٤]

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۰۹

چکیده

زمین لرزه ها پتانسیل ایجاد ویرانی های گسترده را دارند، به ویژه در مناطق شهری که زیرساخت ها و تراکم جمعیت زیاد است. برای کاهش تأثیر زلزله، درک و تحلیل آسیب پذیری لرزه ای شهری بسیار مهم است. پهنه بندی خطر زلزله نقش مهمی در ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای شهری دارد. با تقسیم یک منطقه به مناطق مختلف بر اساس سطح خطر زلزله، مقامات می توانند منابع را اولویت بندی کرده و اقدامات کاهش هدفمند را اجرا کنند. در این راستا ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای مناطق مختلف شهر شیراز مورد مطالعه قرار گرفته است.پژوهش حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی بوده و بررسی در آن به روش توصیفی – تحلیلی انجام شده است. به منظور نیل به اهداف پژوهش ابتدا معیارهای مؤثر در آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله (عوامل کالبدی و فیزیکی، عوامل محیطی و مورفولوژی زمین، دسترسی به مراکز امدادی و درمانی و همجواری با تاسیسات خطرزا) شناسایی گردیده، سپس با بهره‌گیری از مدل تحلیل شبکه ای ANP و نرم افزار آن، ارزش و اهمیت هر یک از معیارها تعیین شده، در مرحله بعد نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه ای با ٤ معیار و۲۱ زیر معیار تلفیق و نقشه میزان آسیب پذیری بافت های شهری در مناطق شهری شیراز تهیه گردیده است. نتایج تحقیق نشان داده که از میان معیارهای تأثیرگذار عوامل کالبدی و فیزیکی بیشترین امتیاز را دریافت کرده است و مناطق شهری مرکزی و جنوب غربی بیشترین آسیب پذیری را در شهر شیراز در مقابل زلزله را دارند. با انجام برنامه ریزی‌های صحیح قبل از وقوع و نیز داشتن طرح های مدیریتی پس از بحران میتوان به میزان قابل توجهی از تلفات وخسارات ناشی از پیامدهای خسارات ناشی از زلزله کاهش داد.

کلید واژه‌ها: آسیب پذیری،فرایند تحلیل شبکه،سیستم اطلاعات جغرافیایی، زلزله ،کلانشهرشیراز

۱. کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران hamidrezashahinifar@yahoo.com

۲. استادیار، گروه آموزشی مهندسی نقشه برداری،دانشکده فنی و مهندسی علی آباد،گلستان، ایران

۳. کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت . دانشکده مهندسی،پردیس بین الملل کیش،دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک)

4. کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیضا، فارس، ایران

* مسئول مکاتبات

۱. مقدمه

ایران با توجه به قرار گیری در مسیر کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا و برخورداری از اقلیم متغیر و ناپایداریهای موقت و مقطعی به واسطه موقعیت جغرافیایی و زمین شناختی خود در طول تاریخ، بلایای تاریخی را در بیشتر شهرهایش تجربه کرده است (عبدالهی،۱۳۸۳:۲۶).

نقشه پهنه بندی خطر نسبی زمین لرزه در ایران حاکی از آن است که بیشتر نقاط شهری و غیر شهری کشور در نواحی باخطر نسبی زیاد قرار گرفته اند (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۸). وقوع ۳۱ مورد از ٤٠ نوع بلا یای طبیعی جهان، در ایران باعث شده است که یکی از کشورهای لرزه خیز دنیا به حساب آید.

منطقه زاگرس یکی از مهمترین مناطق لرزه خیز ایران است . با توجه به قرار گرفتن کلان شهر شیراز در این منطقه هدف این پژوهش برآورد و پهنه بندی آسیب پذیری نا شی از زلزله در کلان شهر شیراز و حا شیه آن ا ست (حیدرزاده کشوری وهمکاران ،۱۳۹٤).

هدف این تحلیل جامع، بررسی مفاهیم پهنه بندی خطر زلزله و تحلیل شبکه در ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای شهری است. با اجرای استراتژی‌های مؤثر و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته، می‌توانیم شهرها را برای رویدادهای لرزه‌ای آتی بهتر آماده کنیم و خسارات جانی و مالی را به حداقل برسانیم. پهنه بندی خطر زلزله نقش مهمی در ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای شهری دارد. با تقسیم یک منطقه به مناطق مختلف بر ا ساس سطح خطر زلزله، مقامات می توانند منابع را اولویت بندی کرده و اقدامات کاهش هدفمند را اجرا کنند. این رویکرد منطقه‌بندی امکان تخصیص کارآمد بودجه و هماهنگی تلاش‌ها برای کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطرات لرزه‌ای را فراهم می‌کند. با درک خطرات خاص مرتبط با هر منطقه، برنامه ریزان شهری و سیاست گذاران می توانند تصمیمات آگاهانه ای برای حفاظت از زیر ساخت های حیاتی و افزایش انعطاف پذیری جوامع اتخاذ کنند.پهنه بندی خطر زلزله شامل یک رویکرد چند رشته ای است که از روش ها و تکنیک های مختلف استفاده می کند. در مرحله اول، زمین شناسان و زلزله شناسان داده های تاریخی زلزله را برای شناسایی خطوط گسل فعال و فواصل زمانی بین وقوع زلزله تجزیه و تحلیل می کنند. این اطلاعات به تعیین سطح خطر لرزه ای برای یک منطقه خاص کمک می کند. ثانیاً، مهندسان برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر لرزش زمین، مطالعات خاص سایت را انجام می‌دهند. مهندسان با در نظر گرفتن عواملی مانند نوع خاک، مصالح ساختمانی و کیفیت ساخت و ساز می توانند خسارات احتمالی نا شی از زلزله را تخمین بزنند. در نهایت، دانشمندان علوم اجتماعی با مطالعه ویژگی های جمعیتی و اجتماعی- اقتصادی مناطق شهری به درک آسیب پذیری جوامع مختلف و توسعه استراتژی های کاهش هدفمند کمک می کنند.

۲.پیشینه‌ی تحقیق

چندین پروژه موفق منطقه بندی خطر زلزله در سراسر جهان اجرا شده است. یکی از مثال‌های قابل توجه منطقه‌بندی خطر لرزه‌ای در ژاپن است که در کاهش تأثیر زمین‌لرزه مؤثر بوده است. ژاپن از طریق ترکیبی از قوانین سخت‌گیرانه ساختمانی، کمپین‌های آگاهی عمومی و برنامه‌های مقاوم‌سازی، تلفات و آسیب‌های مالی را در طول رویدادهای لرزه‌ای به حداقل رسانده است (JICA2006).

مطالعه موردی موفق دیگر منطقه بندی خطر زلزله در کالیفرنیا، ایالات متحده است. کالیفرنیا با ادغام مطالعات زمین شناسی و مهندسی، قوانین سختگیرانه ساختمانی و مقررات کاربری زمین را اجرا کرده است که آسیب پذیری مناطق شهری در برابر زلزله را به میزان قابل توجهی کاهش داده است (California Guidelines,2002). زیرساخت ها نقش مهمی در آسیب پذیری لرزه ای شهری ایفا می کنند. طراحی و ساخت ساختمان ها، پل ها و سیستم های حیاتی به طور مستقیم بر توانایی آنها در مقاومت در برابر نیروهای لرزه ای تأثیر می گذارد. زیرساخت های قدیمی، تعمیر و نگهداری ناکافی و فقدان اقدامات مقاوم سازی می تواند آسیب پذیری

در برابر زلزله را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (Asad et al., 2023).

شـهرها با سـرمایه گذاری بر روی تاب آوری سـیسـتم های زیرسـاختی می توانند تاثیر رویدادهای لرزه ای را به حداقل بر سانند و تداوم خدمات ضروری را تـضمین کنند. علاوه بر این، ادغام زیرساخت های سبز، مانند پارک ها و فضاهای باز، می تواند با کاهش قرار گرفتن در معرض مناطق آسیب پذیر و ایجاد پناهگاه های امن در هنگام زلزله، به تاب آوری شـهری کمک کند (Vargas & Zdunek,2021).

علیرغم مزایای پهنه بندی خطر زلزله، چالش های متعددی در اجرای آن وجود دارد. یک چالش در دسـترس بودن و دقت داده ها اسـت. جمع آوری داده های قابل اعتماد در مورد خطرات لرزه ای، آسیب پذیری های زیرساختی و ویژگی های جمعیتی می تواند زمان بر و منابع فشـرده باشـد. چالش دیگر هماهنگی بین ذینفعان مختلف از جمله سـازمان های دولتی، محققان و سـازمان های اجتماعی اسـت. پهنه بندی موثر خطر زلزله مستلزم همکاری و به اشتراک گذاری اطلاعات بین این ذینفعان برای اطمینان از اجرای موفقیت آمیز اقدامات کاهش است. علاوه بر این، محدودیت های مالی و ملاحظات سیاسی می تواند مانع اجرای اسـتراتژی های منطقه بندی جامع شود.درک آسیب پذیری لرزه ای شهری برای توسعه پایدار شهرها ضروری است (Hosseini et al ,2014).

طباطبایی و همکاران،۱۳۹۰ در پژوهشـی از لرزه نگار ۲٤ ژئوفونی با فواصـل ۳,۷۵ متری اسـتفاده کردند. سـرعت موج برشی برای سه لایه مختلف لرزه ای برآورد شد. سنگ بستر لرزه ای به لایه ای اطلاق می شـود که در آن سـرعت موج برشی به بیش از ۷۵۰ متر بر ثانیه می رسد. ژرفای سنگ بستر لرزه ای در شهر شیراز از حدود ۱ تا ۲۹ متر اندازه گیری شد. میانگین سرعت موج برشی تا ژرفای ۳۰ متر بین ۳۷۵ تا ۱۲۵۳ متر بر ثانیه متغیر اسـت. با توجه به نتایج به دسـت آمده ,نوع زمین در شـهر شـیراز بر اسـاس اسـتاندارد ۲۸۰۰ و آیین نامه اروپا رده بندی و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان می دهد که گستره شهر شیراز با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰ در گروه I و بر اسـاس آیین نامه اروپا, به طور عمده در گروه B و E و در برخی مناطق در گروه A رده بندی می شـود. مقایسـه نتایج نشان داد که رده بندی خاک در استاندارد ۲۸۰۰ نیاز به اصلاح دارد.

درپژوهشـی دیگر معیارهای موثر پهنه بندی خطر ژئوتکنیکی شـامل:شـیب زمین،عمق آب زیرزمینی،فاصـله از گسـل،ارتفاع،کاربری زمین، زمین شـناسـی و خطر نسـبی زلزله،روانگرایی در محیط GISبه صـورت لایه های نقشـه ای معیار آماده شده و سپس با استفاده از مدل و توابع فازی، فازی سازی معیار ها صورت پذیرفت. و نهایتا نقشه پهنه بندی خطر ژئوتکنیکی کلانشهر شیراز تهیه و ترسیم گردید. در این نقشه نواحی پر خطر آسیب پذیر شهر و حاشیه شهری مشخص گردیدند. نتایج حاصل از این نقشه می تواند در برنامه ریزی عملیات امداد و نجات در هنگام رخداد سـوانح،مکانیابی نواحی مناسـب برای اسـتقرار و اسـکان جمعیت حادثه دیده ، مقاوم سازی ساختمان ها در برابر زلزله ،برنامه ریزی بازتوزیع جمعیت در سـطح کلانشـهرو همچنین برنامه ریزی کالبدی یاری رساند(حیدرزاده کشوری وهمکاران،۱۳۹٤).

افشین وهمکاران، ۱۳۹۸ در پژوهشی با تهیه نقشه ها مختلف از عوامل مؤثر در آسیب پذیری زلزله همچون محل گسل ها, فاصله از خدماتی همچون ایستگاه های آتش نشانی, بیمارستان ها و مراکز درمانی, کاربری ها نظامی و انتظامی, تراکم, کیفیت ابنیه و. . . نقشـه های مذکور پس از رقومی سـازی و زمین مرجع نمودن در نرم افزار GIS نسـبت به فازی سـازی آن ها اقدام کرده و درنهایت از روش همپوشـانی لایه ها توسـط اپراتور گامای فازی نقشه طبقه بندی شده آسیب پذیری تهیه شـده اسـت, این پژوهش شـهر لار را به پنج طبقه آسـیب پذیری تقسـیم بندی نموده اسـت, که در حدود ۲۹ درصـد از مساحت ساخته شده شهر لار در معرض آسیب پذیری بسیار زیاد تا زیاد قرار دارد, حدود ۱۷ درصـد در شـرایط متوسط آسیب پذیری و حدود ٥٤ درصد نیز در محدوده آسیب پذیری کم تا بسـیار کم قرار می گیرند. همچنین مشـخص گردید که هسته مرکزی شهر قدیم لار با توجه به قرارگیری آن

در بافت فرسوده و نبود راه های شریانی همچنین دوری از ایستگاه های آتش نشانی, درمانگاه و بیمارستان همچنین تراکم بالای ساختمان ها و کیفیت پایین ابنیه از آسیب پذیرترین نقاط این شهر می باشد. با پیاده‌سازی منطقه‌بندی خطر زلزله و استفاده از تحلیل شبکه، می‌توان مناطق آسیب‌پذیر را شناسایی کرد، تاب‌آوری زیرساخت ها را تقویت کرد و آمادگی کلی مناطق شهری را برای رویدادهای لرزه‌ای افزایش داد. با این حال، هنوز چیز های ز یادی برای یادگیری در مورد پو یایی پیچیده آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری وجود دارد. تحقیقات آینده با ید بر روی بهبود روش های جمع‌آوری و تجز یه و تحلیل داده‌ها، توسعه تکنیک‌های مدل‌سازی پیشرفته، و کاوش استراتژی‌های نوآورانه برای رسیدگی به چالش‌های مرتبط با منطقه‌بندی خطر زلزله تمرکز کند. با پیشرفت مستمر درک و عملکرد خود، می‌توانیم شهر های ایمن‌تر و انعطاف پذیرتر ایجاد کنیم که بتوانند در برابر چالش های رو یداد های لرزه‌ای مقاومت کنند.

۳.سئوالات و هدف کلی تحقیق

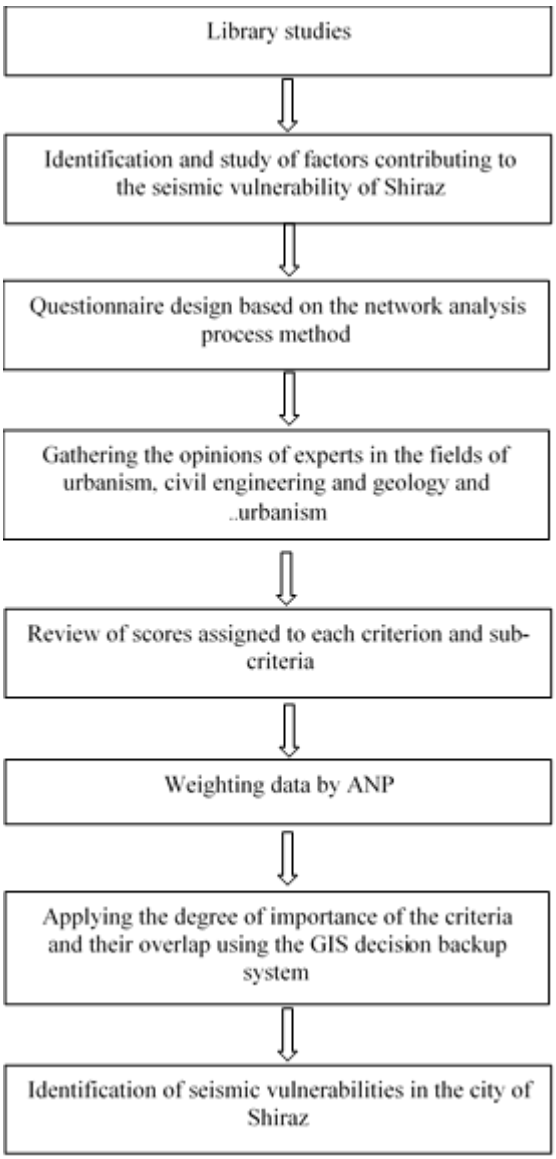
۱. چگونه می‌توان پهنه‌بندی خطر زلزله را برای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری استفاده کرد؟
۲. چه استراتژی‌ها و تکنیک‌هایی می‌تواند بهبود آمادگی شهرها برای وقوع زلزله‌ها باشد؟
۳. چگونه می‌توان از تحلیل شبکه در ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری استفاده کرد؟

هدف این تحقیق بررسی مفاهیم پهنه‌بندی خطر زلزله و تحلیل شبکه در ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری است و ارائه استراتژی‌ها و تکنیک‌هایی برای بهبود آمادگی شهرها برای وقوع زلزله‌ها و کاهش خسارات جانی و مالی ناشی از آن.

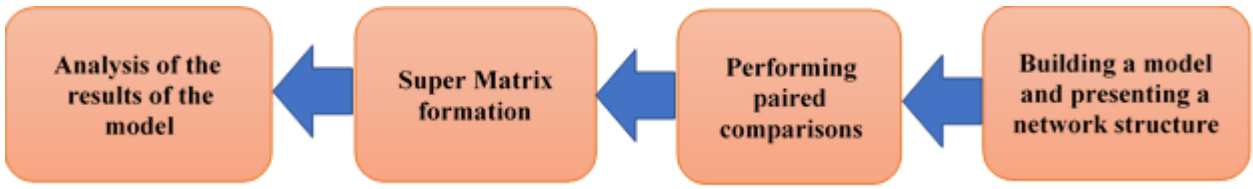
٤. مواد و روش ها

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که نخستین بار توسط توماس ال ساعتی (Saaty) مطرح شد از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) ا ست که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را با جایگزینی شبکه به جای سلسله مراتب بهبود می‌بخشد (مومنی، ۱۳۸۹).در سال های اخیر، تحلیل شبکه به عنوان یک ابزار قدرتمند در درک آسیب پذیری لرزه ای شهری ظاهر شده است. با مدل‌سازی اتصالات و وابستگی‌های سیستم‌های زیر ساختی مختلف، مانند شبکه‌های حمل و نقل، آب و ارتباط، تحلیل شبکه می‌تواند گره‌ها و مسیرهای حیاتی را که در هنگام زلزله مستعد شکست هستند، شنا سایی کند. این رویکرد به برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا ارتقای زیرساخت ها را اولو یت‌بندی کنند و بر نا مه های اضطراری را برای اطمینان از تداوم خد مات ضروری در طول رویدادهای لرزه‌ای توسعه دهند. تجزیه و تحلیل شبکه همچنین اثرات آبشاری خرابی زیر ساخت ها را برجسته می کند و درک جامع تری از آسیب پذیری لرزه ای شهری را ممکن می سازد. تجزیه و تحلیل شبکه امکان شنا سایی مناطق آ سیب پذیر در محیط های شهری را فراهم می کند. با تجزیه و تحلیل اتصال و وابستگی های متقابل شبکه های زیرساختی، محققان می توانند مناطقی را که به شدت مستعد اختلال در هنگام زلزله هستند، مشخص کنند. به عنوان مثال، مطالعه ای که در یک شهر بزرگ انجام شد نشان داد که اختلال در یک شریان حمل و نقل می تواند منجر به ازدحام قابل توجه ترافیک و تاخیر در واکنش اضطراری شود. با شناسایی این مناطق حیاتی، سیاست گذاران می توانند منابعی را برای تقویت انعطاف پذیری زیرساخت ها و به حداقل رساندن پتانسیل شکست های آبشاری تخصیص دهند. تجزیه و تحلیل شبکه همچنین امکان شناسایی مسیرهای جایگزین و سیستم های پشتیبان را برای افزایش استحکام شبکه های شهری فراهم می کند. روش پژوهش در این تحقیق از نوع تو صیفی – تحلیلی و تحقیق از نوع کاربردی ا ست. در این پژوهش از نظر متخصصین برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در بخش اجرا و همچنین دانشگاه، مهندسان مشاور، کارشناسان زمین شناسی، شهرداری و راه و شهرسازی جهت تکیمل پرسشنامه‌ها و همفکری بیشتر، بهره گرفته شد. با

طراحی پرسشنامه به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، از این متخصصین (۲۰ نفر) که هرکدام در زمینه مخاطره زلزله در حوزه های عملیاتی و اجرایی تجربه دا شته‌اند خوا سته شد تا به هر کدام از معیارها و زیرمعیارها امتیاز داده و ارجحیت هر کدام از معیارها را مشخص نمایند. در انتخاب زیرمعیارها سعی بر آن بوده که تا حد ممکن از تداخل موضوعی در معیارهای دیگر اجتناب گردد و زیرمعیارهایی انتخاب شوند که گویای و ضعیت معیار مرتبط با آن با شند(شکل ۱). چانگ مراحل انجام فرآیند تحلیل شبکه‌ای را در شش مرحله ۱- تبدیل م سأله به ساختار شبکه‌ای، ۲- انجام مقای سات زوجی بین کلیه عناصر تصمیم، ۳-تشکیل ابر ماتریس غیر وزنی، ٤- ابر ماتریس وزنی ٥- تشکیل ابر ماتریس حد و ٦-تشکیل ماتریس خوشه ها و تعیین اوزان نهایی عناصر بیان نموده است(Chung et al:2005,21). نمودار زیر خلاصه‌ای از مراحل فرآیند تحلیل شبکه‌ای را نشان می‌دهد (شکل ۲).



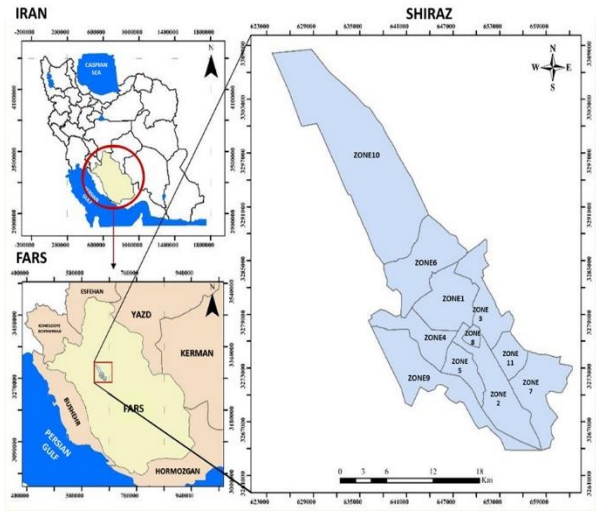
شکل۱- روش استفاده شده در پژوهش حاضر



شکل ۲- حل مسئله در روش ANP

۵.محدوده جغرافیایی تحقیق

شهر شیراز،مرکز استان فارس بر روی جلگه طویلی به طول ۱۲۰ کیلومتر و عرض ۱۵ کیلومتر در طول شرقی ´۵۲°/۲۹ تا ´52°/36 عرض شمالی و ´29°/33 تا ´29°/41 در ۹۰۰ کیلومتری جنوب پایتخت واقع شده است. ارتفاع شیراز از سطح دریا ۱۴۸۸ متر در منتهی الیه شرقی شهر و حدود ۱۷۰۰ متر در غرب آن کتغیر است. پست ترین نقطه جلگه شیراز در جنوب شرقی آن (دریاچه مهارلو) با ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا می باشد. شیراز از شمال به رشته کوه های بمو، پشت مله، چهل مقام و باباکوهی منتهی می باشد و در غرب نیز به رشته کوه های دراک که تا شمال غربی امتداد می یابد محدود می‌شود. در جنوب شیراز ارتفاعات سبزپوشان (سیاح) در امتداد رودخانه قره آغاج پیشرفته و به ارتفاعات سپیدار (سفیدار) منتهی می‌شود که که معروفترین آن «دراک» می باشد. ارتفاعات مهارلو در جنوب دریاچه مهارلو و جنوب شرق شیراز کشیده شده و به تدریج به ارتفاعات شمال خفر متصل می گردد(عبدالعظیمی وهمکاران،۱۴۰۱).



شکل۳- موقعیت جغرافیایی کشور ایران، استان فارس، شهر شیراز

٦.بحث و بررسی نتایج

عوامل محیطی و مورفولوژی زمین

پس از رها شدن انرژی ذخیره شده ناشی از فشارها در مناطق گسلی، زلزله به صورت امواج مخرب، موجبات نابودی و تخریب شهرها را فراهم می سازد. عامل فاصله از گسل و تراکم گسل نقشی کلیدی در تعیین میزان خطرپذیری حاصل از مخاطره زمین‌لرزه دارند(نگارش،۱۳۸۲).در این رابطه ابتدا نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی ایران اخذ گردید و با استفاده از ابزار Editon در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.8 لایه خطی گسل تولید شد. سپس با استفاده از ابزارهای Euclidean Distance و Line Density به ترتیب لایه فاصله از خطوط گسلی و تراکم آنها در محدوده مورد مطالعه بدست آمد. به منظور تهیه نقشه واحدهای لیتولوژیک منطقه، از نقشه زمین‌شناسی شیراز با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده گردید.بررسی نقشه‌ی فاصله از کانون زلزله نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر و خسارات، به طور عمده در محدوده‌ی نزدیک به نقاط رخداد زمین‌لرزه است که بر همین اساس فاصله از نقاط رخداد زمین‌لرزه و تراکم آن‌ها تهیه شده است. با دور شدن از نقاط رخداد، شاخص تراکم زمین‌لرزه کاهش می‌یابد.

سازندهای زمین‌شناسی بر اساس میزان مقاومت سازندها دسته‌بندی شده‌اند، هر چه ساختار لیتولوژی سست‌تر باشد موج لرزه‌ای تشدید می‌شود. سازندهایی که عمدتا ازجنس آسماری آهک و جهرم تشکیل شده است مقاومت نسبتا کمتری دارند(موسوی وحسین ابادی،۱۳۹۷). از آنجایی که سنگ آهک تحت عوامل هوازدگی مثل باران اسیدی و ... تأثیرپذیر است، لذا این کوه‌های سنگی در این نوع سازند در مقابل زمین‌لرزه‌ها از مقاومت کمتری برخوردارند و آسیب پذیرترند.پدیده روانگرایی خاک پس از زلزله منجیل در ایران برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن به صورت نقشه کلان پهنه‌بندی شد. در چهار دهه گذشته، پیشرفت‌های زیادی در درک مکانیزم و عوامل روانگرایی خاک صورت گرفته است. ابتدا فکر می‌شد روانگرایی فقط مخصوص

خاک‌های ماسه‌ای است، اما با وقوع زلزله‌های جدید، این پدیده در خاک‌های در شت و ریز دانه نیز تایید شد و محققان بیشتر بر آن کار کردند(اسفندیاری درآباد وهمکاران، ۱۳۹۵).

از آنجا که سطح آب زیرزمینی در جنوب شهر در حال بالا آمدن است ؛بنابراین در محدوده های از شهر که عمق آب زیرزمینی کمتر از ده متر باشد و از نظر رسوبشناسی عمدتاً از آبرفت با دانه‌بندی متوسط(ماسه ای)تشکیل شده باشد، به عنوان مناطق مستعد روانگرایی در نظر گرفته میشود. این محدوده بخش مرکزی به سمت غرب شهر را شامل میشود(جهانداری وعباس نژاد،۱۳۹۳).

.خاک‌های ماسه‌ای و رسی می‌توانند به دلیل ویژگی‌های فیزیکی خود به روانگرایی در برابر زلزله حساس باشند. در این زمینه، سازندهای آسماری و جهرم شهر شیراز که به دلیل وجود خاک‌های رسی و ماسه‌ای از جمله مناطق آسیب‌پذیر در برابر زلزله هستند، باید با توجه به خصوصیات و فعالیت‌های زلزله‌خیز در این مناطق، به مدیریت و کاهش خطرات روانگرایی خاک توجه ویژه داشته باشند.

انطباق نقشه‌ی شیب منطقه، با نقشه‌ی پراکنش زمین‌لرزه‌های استان فارس نشان می‌دهد که بیشترین میزان زمین‌لرزش در محدوده ی شیب ۱۵تا ۲٤درجه رخ‌داده‌است. بیشترین خسارت در هنگام وقوع زمین‌لرزه در مناطق واقع در شیب‌های بالا رخ‌می‌دهد. همچنین درارتباط با جهت شیب، بیشترین خسارت ها مربوط جهت های شیب غربی وشرقی است(جهانداری و عباس نژاد،۱۳۹۳)

دسترسی به عوامل امدادی و درمانی

دسترسی مناسب به معابر، علاوه بر خدمات‌رسانی مناسب به آسیب‌دیدگان در زمان زلزله، همچنین در کاهش میزان آسیب‌پذیری موثر است. تعدیل نگرش طراحان و برنامه‌ریزان شهری در زمینه طراحی مناسب معابر از لحاظ مدیریت بحران، بسیار مهم تلقی می‌گردد (پورمحمدی و مصیب‌زاده، ۱۳۸۷). دراتباط با سطح دسترسی، هرچه عرض معبر بیش‌تر باشد پتانسیل نسبتاً بهتری جهت جابجایی و عدم انسداد این معابر وجود دارد تا در زمان زلزله با مشکلاتی همچون مختل‌شدن شبکه‌های ارتباطی و عدم امدادر سانی مواجه نشویم. در این رابطه، شریان‌های درجه ۲ (شبکه بین شهری)، دو برابر شریان‌های درجه ۱ (آزادراه و بزرگراه‌ها) اهمیت دارند و به همین منوال، سه برابر شبکه معابر محلی دارای ارزش می‌باشند (احدنژاد روشتی و همکاران، ۱۳۹٤). در مواقع بحران عموماً درمانگاه‌ها، بیمار ستان‌ها و به دلیل ارائه‌ی خدمات شهروندی و رسیدگی به افراد آسیب‌دیده، دارای اهمیت زیادی می‌باشند، لذا این فضاها می‌توانند یکی از گزینه‌های مناسب در راستای شناسای مناطق آیب پذیر شهری در وقوع زلزله، مدنظر قرار گیرد. پراکنش این تاسیسات در سطح شهر باید به گونه ای توسعه یافته باشند تا به آنها امکان دهد عملیات‌های خود راهنگام وقوع بحران ادامه دهند یا شرایط احتمالی مناسب را فعال سازند. در سطح بعدی زیرمعیار ایستگاه های آتش نشانی باید مورد توجه قرار گیرد که به عنوان یک نیروی امدادرسان و ارائه‌دهنده‌ی کمک‌های اولیه در هنگام بروز حوادث و مواقع بحران بسیار مهم تلقی می‌گردد. فضاهای باز شهری از زیرساخت‌های اساسی به شمار می‌روند که می‌توانند در فرآیند مدیریت بحران و اقدامات مداخلاتی مانند امداد و نجات پس از سانحه به عنوان فضاهای مؤثر و کارآمد عمل نمایند. از چنین فضاهایی در زمان بحران می‌توان به عنوان پایگاه‌های امدادرسانی، مکان‌های تخلیه در مرحله امداد و نجات و نیز اسکان موقت استفاده نمود(توکلی و همکاران، ۱۳۸۹).

عوامل کالبدی و فیزیکی

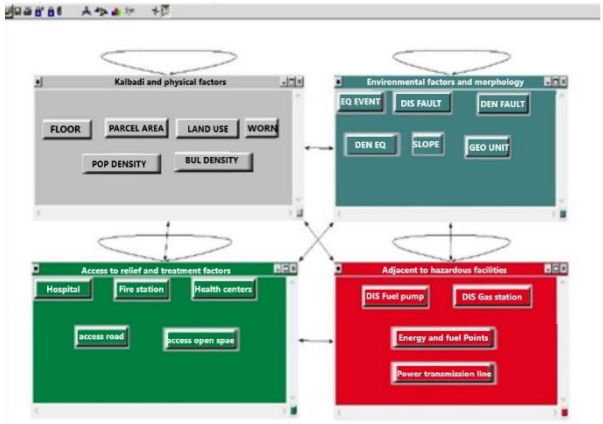
یکی از مهمترین مسائل پس از وقوع زلزله، مختل شدن شبکه شهری و آسیب های کالبدی ثانویه است. با افزایش جمعیت، نواحی شهری مستعد خسارات بیشتری از زلزله خواهند بود و در نتیجه آسیب‌پذیری در برابر خطر زلزله افزایش می یابد(ابراهیمی وهمکاران،۱۳۹۵). در این رابطه، به منظور ارزیابی شاخص تراکم جمعیت، لایه‌ی تراکم جمعیتی تولید گردید و محدوده های با تراکم جمعیتی بیشتر در اولویت بیشتری نسبت به سایر محدوده‌ها قرار گرفت. یکی از معیارهای بررسی شده، شناسایی مناطق با تراکم جمعیتی بیشتر

بود که در اولویت بالاتری نسبت به مناطق دیگر با توجه به هدف این پژوهش قرار می‌گیرد. در این پژوهش نقشه معیار تراکم جمعیتی با استفاده از داده‌های جمعیتی بلوک‌های شهر شیراز تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد، به محدوده سعدی ، ابیوردی ، گلستان ، والفجر ، شهرک مهرگان و کوشکک ، پانصد دستگاه ارتش ، بیشترین امتیاز اختصاص یافته است. متأسفانه در بسیاری از طرح های توسعه شهری کشورمان دیده می شود که مناطقی از شهر که دارای خطر پذیری بالا به هنگام وقوع زلزله می باشند، از تراکم های بالای ساختمانی و جمعیتی برخوردارند، که این مسئله منجر به افزایش آسیب پذیری این مناطق در هنگام وقوع زلزله می گردد.لازم به ذکر است که در اکثر مناطق شهری شیراز به علت قیمت بالای زمین و تراکم جمعیتی زیاد، در جهٔ محصوریت و تراکم ساختمانی بالاست که نتیجهٔ آن بالارفتن درجهٔ آسیب پذیری ساختمان ها در برابر زلزله میشود. همچنین سطح اشغال کمتر از سطح ۲۰۰ متر ریز دانگی محسوب میشود و ریزدانگی بافت و کاهش سطح کیفی سکونت و بهداشت در محدوده ی بافت فرسوده است که علت آن را میتوان در وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنان بافت جستجو کرد(رفیعی و همکارن،۱۴۰۱). میزان بالای ریز دانگی بیانگر ناپایداری قطعات در محدوده های بافت فرسوده محدوده مورد مطالعه میبا شد. تعداد طبقات اگر با اصول ایمنی نبا شد، قطعاً آسیب را بالا خواهد برد. حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب انجام گیرد، به هنگام تخلیه، جستوجو و نجات با سختی همراه است. بنابراین، افزایش تعداد طبقات عاملی منفی محسوب میشود و آسیب پذیری را بالا میبرد (حبیبی و دیگران:۱۳۸۷، ۳۲). ساختمان هایی با تعداد طبقات بالا درشیراز بیشتر مربوط به ساخت وسازهای جدید است که بیشتر در حاشیه های شمالی و شمال شرقی(کوی وحدت، حسین الهاشمی و محدوده دامنه دراک)، نیمهٔ شرقی شهر و برخی نقاط مرکز شهر با کاربری مراکز تجاری در کنار نقاط پر جمعیت ایجاد شده‌اند. تجربه نشان می دهد که حتی اگر ساختمان های بلندمرتبه از نظر استحکام سازه ای در مقابل زلزله مقاومت کافی داشته باشند، عدم استحکام عناصر غیر سازه ای و فقدان آگاهی ساکنان از چگونگی واکنش مناسب در هنگام زلزله صدمات انسانی و مالی جبران ناپذیری به بار می آورد. ازجمله موارد که در رابطه با لرزه خیزی ساختمان های بلند مرتبه میبایست مورد توجه قرار بگیرد فاصله مناسب و منطقی از پروژه های مشابه میباشد.با توجه به اینکه این تأسیسات میتوانند باعث خطرهای ثانویه‌ای چون آتشسوزی و انفجار شوند، استقرار این تأسیسات با پتانسیل بالای آسیب رسانی در کنار سایر کاربری ها میزان آسیبپذیری را افزایش میدهد.کاربری های مسکونی و تجاری- مسکونی بیشترین و مهمترین کاربری های تشکیل دهنده شهر شیراز است که در سطح اراضی شهری پراکنده شده اند(ابراهیمی وهمکاران،۱۳۹۵). این نوع کاربری ها با توجه به جمعیت ساکن آن بیشترین آسیب پذیری را در شرایط مخاطراتی خواهند داشت. در مراتب بعدی مراکز تجمع جمعیتی قرار دارند که به کاربری های ویژه معروف اند و شامل مدرسه ها، بیمارستان ها، مراکز امدادرسانی، مراکز مدیریت شهری، و ... است و نهایتاً کاربریهای فضاهای باز، سبز، زارعی، و کاربری هایی از این قبیل‌اند که کمترین آسیب پذیری و آسیب رسانی را خواهند داشت.بافت‌های فرسوده‌ی شهری به دلیل مسائل و مشکلاتی چون تراکم بالای جمعیت و تردد وسائل نقلیه، دشواری نفوذ به درون بافت به علت عرض کم شبکه معابر، فرسودگی شدید ساختمان‌ها و قدمت بالای آن‌ها، استفاده از مصالح غیراستاندارد و نامقاوم در ساخت ابنیه به شدت در مقابل زلزله آسیب‌پذیر می‌باشند (حیدری، ۱۳۹۷).

همجواری با کاربری تاسیسات خطرزا

پمپ های سوخت گاز موجود در محدوده‌ی میانی سطح شهر باعث آسیب پذیری بیشتر این مناطق گردیده است. با توجه به مساحت منطقه تحت تأثیر آتش‌سوزی و انفجار، تعداد خانه در معرض آتش و انفجار، میزان مرگ و میر می‌توان تخمین زد و با کمک نتایج بدست آمده از شعاع

انفجار و میزان حرارت دریافتی در اثر انفجار، محدوده ایمن برای کاربری اطراف جایگاه‌های پمپ سوخت مشخص می‌شود (۱۳۹۲، تسلیح؛ صالحی). خطوط انتقال انرژی و ایستگاه های تقلیل فشار گاز و شبکه گاز شهری موجود در محدوده های غربی و شمال شرقی سطح شهر باعث آسیب پذیری بیشتر این مناطق گردیده است.در تحقیقی به تحلیل میزان آسیب پذیری شبکه‌ی خطوط انتقال نیروی استان خراسان رضوی در برابر زلزله قرار گرفته بیشترین آسیب پذیری خطوط مذکور در نواحی جنوب شرقی استان قرار دارد (۱۳۹۸، جوانبخت؛ حسینی)،در همین راستا بررسی وضعیت آسیب پذیری شبکه‌ی خطوط انتقال نیرو نشان می دهد که آسیب پذیری خطوط انتقال برق فشارقوی شهر شیراز نسبتا زیاد می باشد و در محدوده‌ی غربی و جنوب غربی سطح شهر باعث آسیب پذیری بیشتر این مناطق گردیده است. متأسفانه در شیراز تعدادی از جایگاه‌های سوخت با وجود مخازن بنزین با قابلیت انفجار بالا، بدون هیچگونه ضابطه‌ای در مجاورت خانه‌ها و سایر ساختمان‌های مهم ساخته شده‌اند. در صورت وقوع زلزله بزرگ در شیراز که متخصصان زمین‌شناسی آن را حتمی دانسته‌اند یکی از معضلات در زمان وقوع زمین‌لرزه، این جایگاه‌ها و انفجارهای احتمالی در آنها است به همین دلیل محاسبه فاصله ایمن آتش سوزی ناشی از زلزله در جایگاه‌های پمپ بنزین در شهر و خسارت محتمل به کاربری های اطراف یکی از الزامات برنامه‌ریزی برای مدیریت بحران و تعیین ضوابط اختصاص کاربری در اطراف جایگاه‌های پمپ بنزین می‌باشد. با توجه به مساحت منطقه تحت تأثیر آتش‌سوزی و انفجار، تعداد خانه در معرض آتش و انفجار، میزان مرگ و میر می‌توان تخمین زد و با کمک نتایج بدست آمده از شعاع انفجار و میزان حرارت در یافتی در اثر انفجار، محدوده ایمن برای کاربری اطراف جایگاه های پمپ بنزین مشخص می‌شود(۱۳۹۲، تسلیح؛ صالحی). در نهایت جهت محاسبه میزان آسیب پذیری لرزه‌ای شهر شیراز ٤ معیار و ۲۱ زیر معیار نسبت به یکدیگر ارجحیت بندی و وزن دهی شدند(شکل٤). با توجه به جمع آوری نظرات کارشناسان حوزه‌های مختلف عوامل کالبدی و فیزیکی، عوامل محیطی و مورفولوژی زمین، همجواری با تاسیسات خطرزا، دسترسی به عوامل امدادی و درمانی به ترتیب بیشترین تاثیرگذاری در آسیب پذیری لرزه ای شهر را دارند(شکل۵).



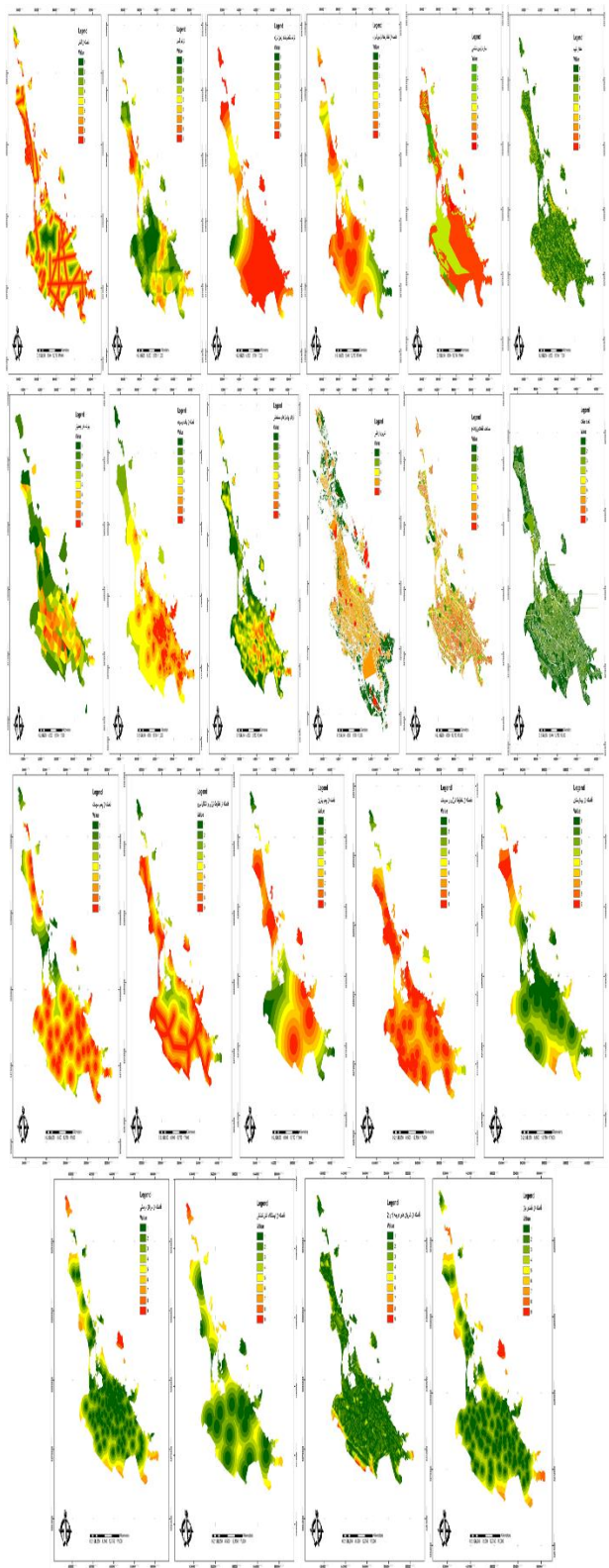
شکل٤- خوشه‌بندی معیارها و ارتباط خوشه‌ها

Super Decisions Main Window: ANP.sdmod: Priorities

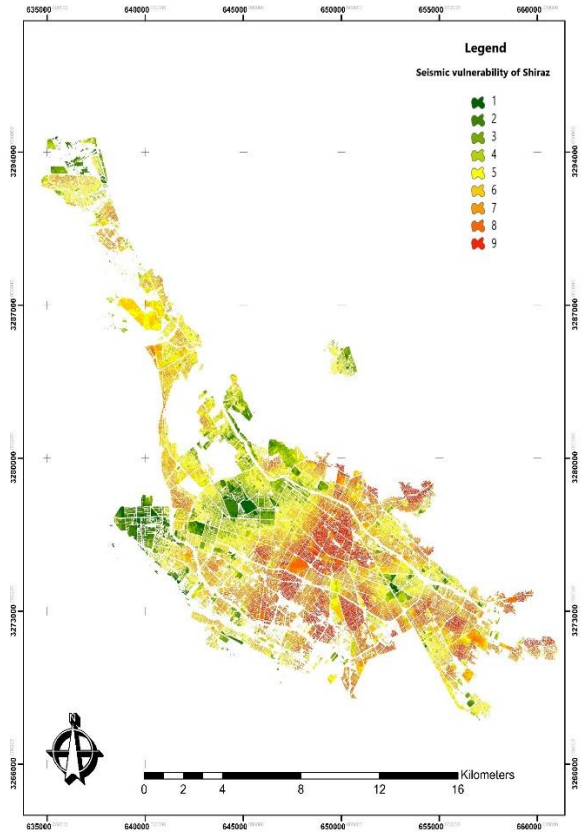
Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	Access to hospitals	0.20161	0.033275
No Icon	Access to roads	0.30698	0.050666
No Icon	Access to open space	0.21655	0.035741
No Icon	Access to fire station	0.13559	0.022378
No Icon	Access Health centers	0.13927	0.022985
No Icon	Density earthquake	0.13608	0.038573
No Icon	Density fault	0.26224	0.074333
No Icon	GEO Unit (formation)	0.13152	0.037279
No Icon	Distance earthquake	0.17958	0.050902
No Icon	Distance fault	0.19793	0.056106
No Icon	Slope	0.09266	0.026264
No Icon	Population density	0.18922	0.067443
No Icon	Building density	0.18804	0.067020
No Icon	Building floors	0.19178	0.068354
No Icon	Building Area	0.14773	0.052654
No Icon	Worn Layer	0.09800	0.034929
No Icon	land use	0.18523	0.066019
No Icon	Distance energy,fuel	0.25572	0.049887
No Icon	Distance power lines	0.19908	0.038836
No Icon	Distnce gas station	0.27260	0.053179
No Icon	Distance fuel pump	0.27260	0.053179

شکل۵- نتایج وزن نهایی معیارها در مدل ANP



شکل ٦-نقشه های نرمالسازی شده معیارها جهت همپوشانی



شکل٧-نقشه نهایی آسیب پذیری لرزه ای شهر شیراز

٧.نتیجه گیری

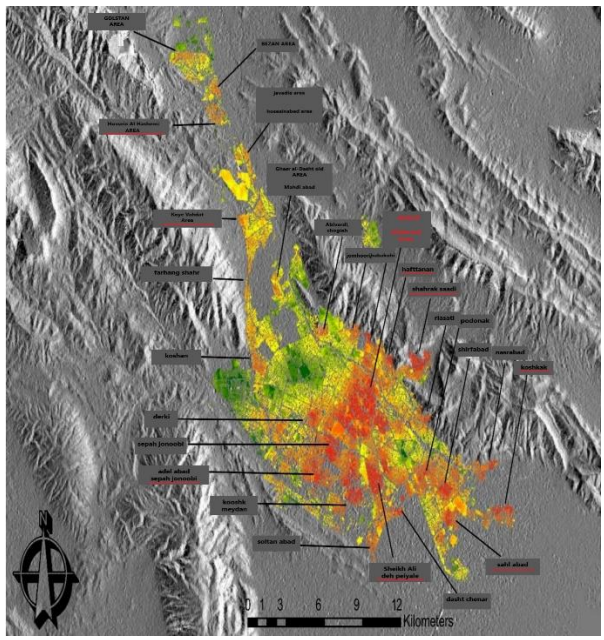
مخاطرات طبیعی و از جمله زلزله، عموماً موجب اختلال در زیرساخت‌های شهری یک شهر می‌گردند. با توجه به وقوع بحران‌های مختلف اخیر در کشور نظیر زلزله، نیاز مبرم می‌رود به مدیریت پس از بحران توجه ویژه‌ای مبذول داشت. در تحقیقی که به ارزیابی و سنجش آ سیب‌پذیری بافت فر سوده شهری کلانشهر شیراز در برابر زلزله پرداخته بودند ، نتایج این برر سی ن شان از آن دا شت که حدود ٢٨ در صد محله قاآنی، حدود ٨١ در صد قطعات محله کو شک عبا سعلی و حدود ٨٠ درصد محله دباغی دارای آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد هستند و متغیر فا صله کاربری‌ها از فضاهای باز، د ستر سی به محدوده آسیب پذیر، سال احداث بنا و نوع مصالح ساختمان‌ها، بیش‌ترین تأثیر را در آسیب پذیری این محلات از زلزله دارند(پیوسته گر وهمکاران، ١٣٩٦).

در تحقیقی دیگرنشان می‌دهد که منطقه ٣ شهرداری شیراز آسیب‌پذیری زیادی در برابر زلزله دارد، و در صورت وقوع

زلزله با بزرگی ٤,٧ ریشتر، بیش از یک سوم بناهای منطقه تخریب خواهد شد و تعداد زیادی از افراد کشته یا زخمی خواهند شد. این مطالعه نشان می‌دهد که ساختار ارگانیک، شبکه ارتباطی نامنظم و عدم وجود تجهیزات شهری منا سب، آسیب پذیری نقاط شهری را افزایش می‌د هد. این نتایج می‌توا ند در بر نا مه‌ریزی مدیریتی و شهری برای کاهش خ سارات و تلفات زلزله مورد ا ستفاده قرار گیرد و بخوانم که نقاط خطرناک شهر را مشخص کنم. (مشک سار و همکاران،۱۳۹۲).

در یک تحقیق که درباره تاب‌آوری نواحی روستایی شهرستان شیراز در برابر زلزله انجام شده، نتایج نشان داد که تاب‌آوری این مناطق در برابر زلزله در سطح پایینی قرار دارد و تفاوت‌های معنادار در ابعاد تاب‌آوری بین روستاها وجود دارد. همچنین نتایج نشان دادند که وضعیت تاب‌آوری با مواردی مانند وضعیت سکونت و دو مولفه دیگر (فاصله از شهر شیراز و تعداد امکانات و خدمات) رابطه معناداری دارد(اکبریان رونیزی وهمکاران،١٤٠٢).مطابق با تحقیقات انجام شده در حوزه آسیب پذیری در برابر زلزله در شهر شیراز، نتایج نشان داده است که مناطق این شهر یکی از مناطق آسیب پذیر در برابر زلزله می‌باشد و بسیاری از ساختمان‌ها و زیرساخت‌های آن به ریسک بالایی دچار می‌باشند. این تحقیقات نشان داده‌اند که عدم رعایت استانداردهای ساخت و ساز، استفاده از مصالح نامناسب، و عدم تصحیح و تقویت ساختمان‌های قدیمی از عوامل اصلی آسیب پذیری شهر شیراز در برابر زلزله است.این نتایج با تحقیقات و گزارش‌های دیگران همخوانی دارد و نیاز به اقدامات فوری برای کاهش آسیب پذیری شهر احساس می‌شود.لذا نتایج پژوهش حاضر از این حیث می‌تواند به منظور برنامه‌ریزی‌های بعدی، مورد استفاده دستگاه‌های اجرایی به ویژه ستاد مدیریت بحران استان قرار گیرد.دستاوردهای این پژوهش حاکی از آن بود که معیارهای آسیب‌پذیری لرزه ای در برابر زلزله، نقشه‌ی نهایی آسیب پذیری شهر شیراز نتیجه می‌گیریم که میزان آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد محدوده مربوط به بخش های مرکزی، غرب و جنوب غربی آن است(شکل۸). پراکنش تأسیسات شهری در شیراز به خوبی انجام نگرفته و بر حسب فاصله از تأسیسات شهری، ساختمان های موجود در مرکز، شمال و غرب شهر شامل محله های واقع در بافت فرسوده در مقایسه با بقیه‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه آسیب پذیری بیشتری دارند که با استقرار تجهیزات و امکانات شهری در این مناطق از میزان آ سیب پذیری شهر در بحران زلزله کا سته خواهد شد. همچنین تعریض معابر کم عرض و اجرای عقب‌نشینی ها بویژه در محلات قدیمی و محلات اسکان غیررسمی، توزیع متناسب تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی در سطح شهر به خصوص در بدنه‌ی معابر، توجه بیشتر به درجه‌ی محصوریت ارتفاع ساختمان با توجه به عرض معبر، اعمال فاصله‌ی مناسب بین ساختمان‌های بلندمرتبه و بدنه‌ی معابر از طریق ایجاد فضاهای سبز، برای کاهش احتمالی انسداد معابر به منظور امدادر سانی بهتر پی شنهاد می‌گردد. چندین مو ضوع در افزایش آسیب پذیری لرزه‌ای شهر نقش دارند، از جمله دسترسی و عرض معبر (انسداد معابر)، خدمات و امداد رسانی (توزیع نامتنا سب تأسیسات شهری)، همجورای با تا سیسات خطرزا(خطر آتش‌سوزی و انفجار) و عوامل طبیعی زمین(تو سعه ساخت و سازهای شهری در مناطق لرزه خیز) که به تفکیک مناطق عبارت ا ند از: محدوده های حسین الهاشمی، گلستان(محدوده نمایشگاه بین المللی)،بزین، حسین آباد و جوادیه واقع در منطقه ۱۰ شهر شیراز(فا صله از عوامل امدادی و خدماتی، عوامل محیطی و مورفولوژی زمین)، م حدوده های کوی و حدت، فره نگ شهر، با فت قدیم ق صرالد شت واقع در منطقه ٦ شهر شیراز(بلند مرتبه سازی، تراکم بالای جمعیتی و عوا مل محیطی و مورفولوژی زمین)، م حدوده های ابیوردی و جمهوری واقع در منط قه ۱ شهر شیراز(تو سعه ساخت و سازهای شهری در مناطق لرزه خیز، عوامل محیطی و موفولوژی زمین، مقدار شیب و تراکم بالای جمعیتی)، محدوده های گلشن، درکی و عادل آباد واقع در منطقه ٤ (بافت فرسوده و همجواری با تاسیسات خطرزا) محدوده‌های بنی هاشمی، شهدای فاطمیون و قهرمانان واقع در

منطقه ۹ شـهر شـیراز(تراکم بالای جمعیت، فاصـله از عوامل امـدادی و خـدمـاتی، عوامـل محیطی و مورفولوژی زمین)، محدوده‌های کوشک میدان، رضوان، سلطان آباد و سپاه جنوبی واقع در منطقه ۵ شـهر شـیراز(بافت فرسـوده، همجواری با تاسـیسـات خطرزا و فاصـله از عوامل امدادی و خدماتی)، محدوده های فخرآباد،گلکوب،د باغی،شـیشـه گری،کوزه-گری،آبجوار، پای کتا، شـیخ علی چوپان و دهپیاله واقع در منطقه ۲ شهر شیراز(بافت فرسوده،دسترسی، فاصله از عوامل امدادی و خدماتی، همجواری با تاسیسات خطرزا)،محدوده‌های سـعدی،هفت تنان و بابا کوهی واقع در منطقه ۳ شـهر شیراز(توسعه ساخت و سازهای شهری در مناطق لرزه خیز، عوامل محیطی و موفولوژی زمین، مقدار شـیب و بافت فرسـوده)،محدوده‌های ریاسـتی،پودنک وغدیر واقع در منطقه ۱۱ شهر شیراز(توسعه ساخت و سازهای شهری در مناطق لرزه خیز، عوامل محیطی و موفولوژی زمین، مقدار شـیب و تراکم بالای جمعیتی)محدوده‌های نصـر آباد، ابونصـر، سـهل آباد، شریف آباد و کوشکک واقع در منطقه ۷ شهر شیراز(تراکم بالای جمعیت، فاصـله از عوامل امدادی و خدماتی، عوامل محیطی و مورفولوژی زمین).



شکل۸- نقشه نهایی آسیب پذیری لرزه ای شهر شیراز و معرفی محدوده های نهایی

8.پیشنهادات

۱. آموزش به افراد در مورد رفتارهای ایمنی در زمان زلزله، از جمله رفتارهای صـحیح در زمان وقوع زلزله و کاربردی کردن تکنیک های نجات و ایمنی در صـورت بروز زلزله (ایجاد اپلیکشـین مدیریت بحران، معرفی اماکن اسـکان موقت در شـهرها، معرفی اماکن مسـتعد مخاطرات در هنگام وقوع و اطلاع رسـانی در شـرایط بحران جهت پیش بینی و مقابله با مخاطرات محیطی)

۲. اجرای تمرینات و تمرینات شـبیه‌سـازی زلزله در مدارس، محل کار و جوامع محلی به منظور آمادگی و آگاهی بیشـتر افراد، همچنین ایجاد شهرک های مانور و شبیه سازی شرایط وقوع زلزله جهت بالا بردن آمادگی تیم های امداد و نجات مدیریت بحران و هلال احمر

۳. ارتقا و به روز رسـانی تجهیزات مدیریت بحران و سازمان‌های ذی ربط به منظور پاسخگویی در شرایط بحران در شهرها (تکنولوژی پهپادی، فناوری رباتیک و ...)

٤. تقویت و ساخت ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها با استفاده از فناوری‌های مقاوم (سـازه های بلبرینگی و انعطاف پذیر در برابر زلزله) در برابر زلزله و رعایت اسـتانداردهای سـاختمانی مقاوم در برابر زلزله.

۵. ارتقاء زیرسـاخت های عمومی مانند جاده ها، پل ها و سیستم‌های ارتباطی به منظور حفظ دسترسی به مناطق متضرر شده در صورت وقوع زلزله.

٦. افزایش ظرفیت اورژانس و خـدمـات بهـداشـتی و درمانی(خدمات شـهری) در مناطق آسیب پذیر در برابر زلزله به منظور پاسخگویی در شرایط بحران.

۷. ترویج فرهنـگ ایمنی و همکـاری محلی برای افزایش اطلاعات و آگاهی جامعه در مورد زلزله و راهکارهای برخورد با آن(ایجاد اپلیکشین مدیریت بحران).

منابع

احدنژاد رو شتی، مح سن، رو ستایی، شهریور، کاملی‌فر، محمد جواد. (۱۳۹٤). ارزیابی آ سیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران (نمونه موردی: منطقه ۱ شهرتبریز). فصلنامه علمی‌پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۹۵(۲٤)، ۳۷-۵۰.

ا سفندیاری درآباد, فریبا, غفاری گیلانده, عطا & ,لطفی, خداداد. (۱۳۹۳). ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک در اثر وقوع زلزله با ا ستفاده از روش) VSمطالعه موردی: شهر اردبیل .(*جغرافیا و مخاطرات محیطی*.

اکبریان رونیزی, سعیدرضا, نگهبان, سعید & ,زارع, نرگس. (۱٤۰۲). تحلیل و تبیین تاب‌آوری سکونتگاههای روستایی در برابر زلزله مورد: شهر ستان شیراز .*فصلنامه علمی برنامه ریزی منطقه ای*,پورمحمدی، محمدر ضا و علی مصیب زاده .(۱۳۸۷). آ سیب‌پذیری شهرهای ایران در امدادرسانی آنها و نقش مشارکت محله‌ای در برابر زلزله، جغرافیا و توسعه . ۱۲(٦)، ۱۱۷-۱٤٤.

پیوسته گر, یعقوب, محمدی دوست, سلیمان, حیدری, علی اکبر & ,مشکسار, پریسا. (۱۳۹٦). ارزیابی و سنجش آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهری کلانشهر شیراز در برابر زلزله با بهره گیری از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای).56-33 ,(29)7 ,

تسلیح، فهیمه و صالحی، اسماعیل،۱۳۹۲،تعیین محدوده امن پمپ بنزین با درنظر گرفتن آتش‌سوزی در اثر زلزله توسط نرم‌افزارPHAST مطالعه موردی: منطقه یک شهر تهران،کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری،تهران.

توکلی، علیرضا، مصطفی شمشیربند و حسین‌پور، سید علی. (۱۳۸۹). بررسی روند کاهش فضاهای باز شهری در فرآیند توسعهٔ شهری با تأکید بر مدیریت بحران (نمونهٔ موردی کلانشهر تهران)، آرمانشهر ۵ (۳)، ۱٤۱-۱۵٤.

جهانداری، اشکان و عباس نژاد، احمد،۱۳۹۳،ریزپهنه بندی درجه ۲ و ارزیابی زلزله کلان شهر شیراز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS،همایش ملی زمین شناسی و اکتشاف منابع،شیراز.

جعفرنیا، اف شین، خرم بخت، احمدعلی، و قنبری، عبدالر سول. (۱۳۹۸). پهنه بندی آ سیب پذیری نا شی از زلزله با ا ستفاده از منطق فازی در GIS مطالعه موردی شهر لار. جغرافیای طبیعی، ۱۲(٤۳)، ۱۲۵-۱۰۵.

جوانبخت، محمد و حسینی، سید حسین،۱۳۹۸،تحلیلی بر میزان آسیب پذیری شبکه ی خطوط انتقال نیروی استان خراسان رضوی در برابر زلزله.

حبیبی، کیومرث، پوراحمد، احمد، مشکینی، ابوالفضل، عسگری، علی و سعید نظری عدلی،(۱۳۸۷). "تعیین عوامل ساخت و ساز موثر در آ سیب پذیری بافت قدیمی شهری زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی" هنرهای زیبا، شماره ۸۸ صص: ۸۲-٦۵.

حیدری، محمدجواد. (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری از خطر زلزله (مطالعه‌ی موردی: بافت قدیم شهر زنجان). مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۳(۲)، ۱۰۱-۱۱۵.

حیدرزاده کشوری، سپیده و ابراهیمی، سیده وحیده و خراسانی زاده، زهرا و کرم، امیر،۱۳۹٤،برآورد و پهنه بندی خطر زلزله در کلانشهر شیراز با استفاده از GIS تحلیل تصمیم گیری چند معیاره،کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه.

رفیعی، ندا و شاهینی فر، حمیدرضا و مفیدی، مهرانوش و عبدالعظیمی، هادی،۱٤۰۱،طراحی شهری با رویکرد افزایش تاب آوری کالبدی در مقابل زلزله؛ نمونه موردی: محله لب آب واقع در منطقه ۸ شیراز

عبدالعظیمی, هادی, شاهینی فر, حمیدرضا, نوروزی, حامد ,امتحانی, محمد رضا. (۱٤۰۱). مکان‌یابی مخازن اضطراری تأمین آب شرب در شرایط پس از وقوع زلزله، مطالعه‌ی موردی: کلان‌شهر شیراز .مخاطرات محیط طبیعی ,

عبداللهی، مجید، (۱۳۸۲)، مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداریهای کشور، چاپ دوم، تهران.

علوی, سیدعلی, ابراهیمی, محمد, نجف پور محمود آباد, بهمن ,خالدی, عبدالله. (۱۳۹۵). ارزیابی میزان آ سیب‌پذیری بافت فرسوده‌ی شهر میناب در برابر زمین‌لرزه .*مدیریت بحران*.82-71 ,(1)5 ,

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۷۸)، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، تهران.

موسوی, سید مرتضی, حسین آبادی, مهدی. (۱۳۹۷). پهنه بندی خطر زمین لرزه و زمین لغزش به روش آنالیز شبکه (ANP) در رشته کوه باقران (جنوب بیرجند) .زمین ساخت10.22077/jt.2018.1090 :doi .38-27 ,(6)2 ,

ها شمی طباطبایی، سعید، سلامت، امیر سعید، و محمدی، ا شکان. (۱۳۹۰). رده بندی نوع زمین با ا ستفاده از سرعت موج بر شی در گستره شهر شیراز بر اساس آیین نامه های ساختمانی. علوم زمین، ۲۱(۸۲)، ۲۲۲-۲۱۵.

نگارش, دکتر حسین. (۱۳۸۲). زلزله، شهرها و گسل ها .پژوهش های جغرافیایی.- ,(1)37 ,

Asad, R., Saleem, M.Q., Habib, M.S. et al. Seismic risk assessment and hotspots prioritization: a developing country perspective. Nat Hazards 117, 2863–2901 (2023). https://doi.org/10.1007/s11069-023-05970-7.

California Geological Survey 2002 Guidelines for Evaluating the Hazard of Surface Fault Rupture (49 Note)

H.S,Chung,L.H.A ,Lee.,L.W ,Pearn 2005 Product for Approach (ANP) NetworkProcess Analytic International ,Fabricator in Semiconductor Planning Mix 36.–.15pp 96, Economics ofProduction Journal

JICA, (2006) The study on water supply system resistant to earthquakes in Tehran municipality in the Islamic Republic of Iran, (2006), JICA.

Kambod Amini Hosseini, Maziar Hosseini, Yasamin O. Izadkhah, Babak Mansouri, Tomoko Shaw,Main challenges on community-based approaches in earthquake risk reduction: Case study of Tehran, Iran,International Journal of Disaster Risk Reduction,Volume 8,2014,Pages 114-124,ISSN 2212-4209,https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.03.001.

Vargas-Hernández, J.G., Zdunek-Wielgołaska, J. Urban green infrastructure as a tool for controlling the resilience of urban sprawl. Environ Dev Sustain 23, 1335–1354 (2021).