ارزیابی میزان آسیب پذیری بافت‌های شهری با استفاده از ANP و GIS
(مطالعه موردی: شهر سمیرم)

سید علی علوی[1] سید مصطفی حسینی[2]
فریبا بهرامی[3] مهراب عاشورلو[4]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۰۵/۰٤ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۰۹/۱۱

****

چکیده

برنامه‌ریزی با هدف مدیریت بحران و تخمین ریسک زمین لرزه همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران شهری بوده است. شناخت و تعیین میزان آسیب پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله به‌منظور برنامه‌ریزی مدیریت بحران قبل از وقوع زلزله الزامی به نظر رسیده است. این پژوهش با هدف ارائه الگویی مناسب جهت ارزیابی وضعیت آسیب پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله، بافت‌های شهر سمیرم در استان اصفهان را مورد مطالعه قرار داده 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 آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله شناسایی گردیده، سپس با بهره گیری از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) و نرم‌افزار آن، ارزش و اهمیت هر یک از معیارها تعیین شده، در مرحله بعد نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ای با لایه راه‌های شریانی درجه یک، درجه دو و درجه سه، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، شیب زمین، فاصله از گسل، فضای باز و سبز، مراکز درمانی، مراکز فرهنگی، مراکز آموزشی و مسکونی، تلفیق و نقشه میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در شهر سمیرم تهیه گردیده است. نتایج تحقیق نشان داده که از میان معیارهای تأثیرگذار، معیارهای تراکم جمعیت، راه شریانی درجه ۲ و فاصله از گسل دارای بیشترین اهمیت بوده و نیز فاصله از مراکز فرهنگی و مراکز آموزشی کمترین اهمیت در میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری را داشته‌اند. همچنین نتایج پژوهش نشان داده است که میزان آسیب‌پذیری در قسمت شمالی و مرکزی شهر سمیرم به علت نزدیکی به خط گسل و فرسوده بودن بناها بیشتر از سایر مناطق این شهر بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده از لایه رقومی بافت‌های شهری سمیرم با انجام برنامه‌ریزی‌های صحیح قبل از وقوع و نیز داشتن طرح‌های مدیریتی پس از بحران می‌توان به میزان قابل توجهی از تلفات وخسارات ناشی از پیامدهای خسارات ناشی از زلزله کاهش داد. همچنین لازم به ذکر است که یکی از عوامل مورد غفلت قرار گرفته در طول تاریخ، عامل تکتونیک بوده، از این رو توجه به مبحث شیب و سایر عوامل، همواره در شهرسازی سیر تکاملی داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: آسیب پذیری، زلزله، مدل تحلیل شبکه‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیائی، بافت شهری، سمیرم

****

۱- استادیار جغرافیا و برنامه‌ر یزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس alavi@modares.ac.ira
۲- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول) S.mhosseini65@yahoo.com
۳- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد
٤- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد

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 پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران حاکی از آن است که بیشتر نقاط شهری و غیر شهری کشور در نواحی باخطر نسبی زیاد قرار گرفته‌اند *(مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۸)*. وقوع ۳۱ مورد از ٤٠ نوع بلایای طبیعی جهان، در ایران باعث شده است که یکی از کشورهای بلاخیز دنیا به حساب آید.

بر پایه آمارهای رسمی در ۲۵ سال گذشته، ٦ درصد تلفات انسانی کشور ناشی از زلزله بوده است و به طور میانگین هر سال یک زلزله ٦ ریشتری و هر ده سال یک زلزله به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در کشور رخ داده است *(ایرانمنش و اشراقی، ۱۳۸۵: ۲)*. همچنین با اینکه جمعیت ایران ۱ درصد جمعیت دنیا می‌باشد، ولی تلفات ناشی از زلزله در ایران حدود ٦ درصد تلفات دنیاست *(ابلقی، ۱۳۸٤: ۲)*. به طوری که در گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل متحد در سال۲۰۰۳، کشور ایران رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر در سال داشته و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله به خود اختصاص داده است*(شیعه و همکاران، ۱۳۸۹: ۳)*.

براین اساس از آنجا که توسعه واقعی بدون یکپارچگی با برنامه‌های کاهش بلایای طبیعی امکانپذیر نخواهد بود*(هادیزاده، ۱۳۸٦: ۲۹)*، لازم و ضروری است اقدامات و تلاش‌هایی جهت دست‌یابی عملی به روش‌ها و راهکارهایی منسجم جهت مقابله و برخوردی منطقی در به حداقل رساندن ابعاد فاجعه‌آمیز چنین رخدادهایی صورت گیرد. یکی ازضروری‌ترین اقدامات برای کاهش اثرات بحران‌ها به کارگیری ««اصول مدیریت بحران» است *(شادی طلب، ۱۲٤ :۱۳۷۱)*.

اقدامات اصولی مدیریت بحران را می‌توان در سه بخش ۱- پیشگیری ۲- واکنش ۳- بازسازی خلاصه کرد *(درابک، ۱۳۸۳: ۱۹۰)*، در این بین پیشگیری مهم‌ترین بحث در استراتژی کاهش اثرات زلزله است *(مک نامارا، ۱۳۸۷:٦۸۹)*. به طوری که میزان صدمات وارده ناشی از وقوع بلایای طبیعی به شدت از آن تأثیر پذیرفته و گاه باعث گسیختگی نظام زندگی و وارد آمدن ضررهای جانی و مالی فراوان برجوامع می‌گردد*(محمدی، ۱۳۸۳: ۲۹)*.

بی‌توجهی به مسائل پیشگیری و آمادگی در شهرها به دلیل انباشت سرمایه و تراکم بالای جمعیتی و نیز به دلیل گستردگی شان به نسبت سایرسکونتگاه‌ها صدمات بیشتری به هنگام بروز بلایای طبیعی از جمله زلزله به همراه خواهد داشت. به طوری که بی‌توجهی به مباحث پیشگیری در یک منطقه که منجر به ساخت و سازهای غیراصولی، رعایت نکردن فاصله کاربری‌های حساس و مناطق مسکونی از حریم گسل‌ها ورودخانه‌ها و غیره می‌گردد *(عطار، ۱۳۹۰: ۲)*، موجبات تشدید آسیب‌پذیری کالبدی شهر به‌عنوان مشهودترین شکل آسیب‌پذیریِ ناشی از زمین‌لرزه می‌گردد *(عزیزی و همافر، ۱۳۹۱: ٦)*.

براین اساس شناخت دقیق علل و آگاهی از میزان آسیب‌پذیری احتمالی عناصر تشکیل دهنده کالبد شهر می‌تواند نقش مؤثر و سازنده‌ای در برنامه‌های پیشگیری و کاهش خسارات ناشی از سوانح و حوادث طبیعی داشته باشد. شهرسمیرم به عنوان مرکز شهرستان در استان اصفهان قرار گرفته است که به دلیل تمرکز جمعیتی وسرمایه‌های اقتصادی و اهمیت آن در ابعاد گوناگون از یک سو و نیز قرارگیری در پهنه لرزه‌خیز گسل شمال غربی- جنوب شرقی سمیرم که در مجاورت بلافصل این شهر قرار گرفته و در مناطقی نیز، قسمت‌هایی از ساختمان‌های این شهر در امتداد این گسل بنا گردیده‌اند از سوی دیگر، و همچنین فرسوده بودن بخش اعظمی از ساختمان‌های این شهر *(مهندسین مشاور سپاهان طرح آرا، ۱۳۷۹)*، ضرورت و اهمیت مطالعه، برنامه‌ریزی دقیقی را برای کاهش آسیب‌های انسانی و اجتماعی ناشی از وقوع زلزله طلب می‌کند.

اهداف این پژوهش عبارتنداز: ۱- شناخت معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله؛ ۲ - تعیین وزن و اهمیت هر یک از معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری و ۳- تعیین وضعیت بافت شهر سمیرم در برابر زلزله، با تلفیق نظرات کارشناسان (از طریق فرآیند تحلیل شبکه‌ای) و سیستم اطلاعات جغرافیایی. از آن جایی که شناخت علل آسیب‌پذیری و نحوه‌ی تأثیرپذیری شهر از رخداد زمین‌لرزه، وابسته به شناخت دقیق علل و نحوه آسیب‌پذیری هر یک از عناصر تشکیل دهنده کالبد شهر است؛ از این رو، اهداف پژوهش حاضر می‌تواند در جهت شناخت عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری، شناخت میزان اهمیت هر یک از عناصر مؤثر در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری و در نهایت، ارائه‌ی برنامه‌ای مدون و کاربردی در جهت مدیریت بهینه بحران در قبل و بعد از بحران در شهر سمیرم مؤثر باشد.

از جمله تحقیقاتی که در جهان و ایران پیرامون مدیریت بحران و آسیب پذیری انجام شده، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

نجیماوساگیتو [1](۲۰۰۰) در پژوهشی به ارائه مدلی برای ارزیابی و شبیه‌سازی شبکه حمل ونقل بزرگراه‌ها در شرایط بعد از زلزله پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها ضمن آنکه وضعیت آسیب‌پذیری شبکه حمل ونقل را بعد از زلزله نشان می‌دهد، وضعیت ترافیک در بزرگ راه‌ها را در میزان‌های متفاوت آسیب‌پذیری‌شان می‌دهد.

گیووینازی و دیگران[2](۲۰۰۸) در تحقیقی به بررسی نقش استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در فرآیند بازسازی زلزله در ۱۹۹٤ نورث ریج آمریکا و زلزله ۲۰۰٤ سوماترا پرداخته‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که بروز بودن اطلاعات و داده‌هایی ناشی از خسارات و سایر عوامل مؤثر در بحران می‌تواند نقش کلیدی در پس از زلزله داشته باشد.

زنگی آبادی و همکاران(۱۳۸۹) در مقاله‌ای ابتدا به بررسی و تجزیه و تحلیل شرایط سازه‌ای مناطق مختلف شهر تهران پرداخته‌اند، سپس مناطق را براساس میزان مقاومت و آسیب‌پذیری در برابر بحران احتمالی دسته بندی نموده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها به ارائه راهکارهایی در جهت پیشگیری، برنامه‌ریزی مناسب و چگونگی مدیریت بحران در صورت بروز خطر ختم شده است.

ترابی(۱۳۸۸) به بررسی و تحلیل آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی مهم ناحیهٔ ۱ از منطقهٔ ۵ شهرداری تهران در برابر زلزله پرداخته است. نتایج تحقیق وی نشان داد که خیابان‌هایی که دارای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیهٔ پایین، فاصله زیاد تامراکز امدادی هستند، نسبت به سایرخیابان‌ها درجهٔ محصوریت بیشتری داشته و در نتیجه از میزان آسیب‌پذیری بالاتری برخوردارند.

این تحقیق به لحاظ هدف از نوع کاربردی بوده و روش بررسی آن به صورت توصیفی- تحلیلی انجام شده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای(کتاب‌ها، اسناد، مقالات، پایان نامه‌ها و...) و نظرات کارشناسان مسلط به شرایط جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و موضوع تحقیق، «معیار شبکه ارتباطی با زیر معیارهای راه‌های درجه یک، درجه دو و درجه سه؛ معیار ویژگی‌های اجتماعی با زیر معیارهای تراکم جمعیت و کیفیت ابنیه؛ معیار ویژگی‌های زمین‌شناسی با زیر معیارهای فاصله از گسل و شیب زمین؛ معیار ویژگی‌های کارکردی با زیر معیارهای فضای باز، مراکز درمانی، فرهنگی، آموزشی و مسکونی» به عنوان عوامل تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری بافت‌های شهری شناسایی شدند. سپس برای تعیین روابط بین عناصر تصمیم گیری و تبدیل مسأله به ساختار شبکه‌ای، پرسشنامه دیماتل مساله طراحی و بین ۳۸ کارشناس و متخصص در عرصه مدیریت بحران توزیع گردید.

در مرحله بعدی با ورود داده‌های حاصل از پرسشنامه دیماتل به محیط نرم افزاری Matlab و Excel روابط بین عناصر تصمیم تعیین و مسأله به ساختاری شبکه‌ای تبدیل گردید. سپس با طراحی پرسشنامه وزن دهی ۱ تا ۹ توماس ال ساعتی و توزیع آن بین کارشناسان و متخصصین مرحله قبل، مقایسات زوجی عناصر تصمیم با توجه به معیارهای کنترلی و هدف تحقیق، صورت گرفت.

1- Nojima & Sugito
2- Giovinazzi & others

نگاره ۱: چارت مراحل انجام تحقیق

در مرحله بعد با استفاده از تکنیک Copeland، ارزش نهایی مقایسات زوجی صورت گرفته از سوی کارشناسان تعیین، و نتایج حاصل از آن وارد محیط نرم افزاری Super Decisions شدند. سپس برای تعیین ضریب و ارزش نهایی معیارها با محاسبه نتایج اولیه هر ماتریس و ترکیب آن‌ها با یکدیگر ابتدا ابر ماتریس غیر وزنی تشکیل شد. آنگاه با نرمالیزه کردن آن ابر ماتریس وزنی و نهایتاً ابر ماتریس حدی به دست آمد.

پس از آن با محاسبه نتایج ماتریس خوشه‌ها و نرمال سازی ضریب عناصر در ابر ماتریس حدی، نتیجه نهایی عناصر و اولویت بندی عناصر تصمیم مشخص شد. در نهایت برای تهیه نقشه آسیب پذیری بافت شهری شهر سمیرم پس از آماده سازی لایه‌های اطلاعاتی (لایه راه‌های شریانی درجه یک، درجه دو و درجه سه، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، شیب زمین، فاصله از گسل، فضای باز و سبز، مراکز درمانی، مراکز فرهنگی، مراکز آموزشی و مسکونی) برای هر یک از عناصر تصمیم و طبقه بندی مجدد هر لایه بر اساس ضوابط مربوط به هر لایه در محیط نرم افزاری ArcMap ، از مجموعه نرم‌افزاری ArcGis10.1، وزن نهایی هر یک از عناصر تصمیم که بر اساس فرایند تحلیل شبکه‌ای به دست آمده بود، با استفاده از روش Index Overlay و از طریق ابزار Raster Calculator در محیط نرم افزاری ArcMap ، از مجموعه نرم‌افزاری ArcGis۱۰.۱ در لایه مربوطه‌اش اعمال گردید.

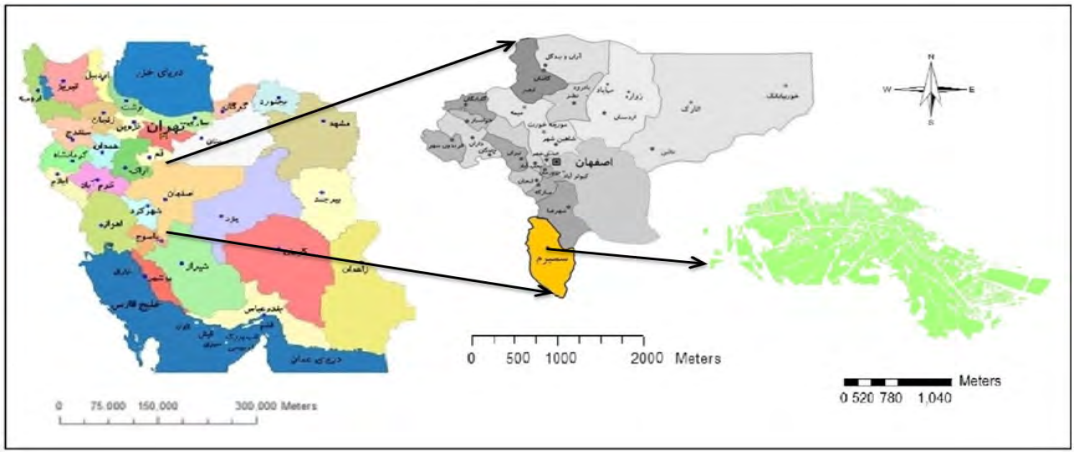
۱-۱- روش شناسی تحقیق

- فرآیند تحلیل شبکه‌ای

فرآیند تحلیل شبکه‌ای توسعه یافته فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است ***(Saaty,2004:21)*** . تفاوت بین ساختار سلسله مراتبی و شبکه‌ای در این است که در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روابط بین سطوح تصمیم‌گیری یک‌طرفه و سلسله مراتبی بوده و هر سطح تصمیم‌گیری تنها به سطح بالایی وابسته است***(Gencer,2006)***. این محدودیت عمده فرآیند تحلیل سلسله مراتبی باعث شد تا توماس ال ساعتی فرآیند تحلیل شبکه‌ای را برای بررسی روابط پیچیده داخلی بین سطوح مختلف تصمیم و معیارها ارائه دهد ***(رضایی، قائد رحمتی و حسینی،۱۳۹۳)***. وی روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را برای حل مسائل در حالت استقلال بین گزینه‌ها و معیارها و روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای را برای حل مسائلی که وابستگی بین گزینه‌ها و معیارها دارند، پیشنهاد کرده است ***(Ertay et al,2006:242)***. چانگ مراحل انجام فرآیند تحلیل شبکه‌ای را در شش مرحله ۱- تبدیل مسأله به ساختار شبکه‌ای، ۲- انجام مقایسات زوجی بین کلیه عناصر تصمیم، ۳- تشکیل ابر ماتریس غیر وزنی، ٤- ابر ماتریس وزنی ۵- تشکیل ابر ماتریس حد و ٦- تشکیل ماتریس خوشه‌ها و تعیین اوزان نهایی عناصر بیان نموده است ***(Chung et al,2005:21)*** .

۱-۲- محدوده جغرافیایی تحقیق

استان اصفهان با مساحت ۱۰۷۰۱۸ کیلومترمربع، حدود ٦/۵۷ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص



مأخذ: نگارندگان

نگاره ۲: نقشه محدوده مورد مطالعه

داده است *(معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان،۱۳۹۱: ۱۷)*. این استان بین ۳۰ تا ۳٤ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ٤۹ درجه و ۳٦ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد *(تاجیک،۱۳۸۹: ٦۳)*.

شهر سمیرم در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۵دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳٤ دقیقه شرقی واقع شده است. شهر سمیرم مرکز شهرستان سمیرم و در ۱٦۰ کیلومتری جنوب شهر اصفهان در کوهپایه‌های شرقی رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. مساحت شهرستان سمیرم ۵۲۹۷/۵ کیلومترمربع می‌باشد که در مرز بین استان اصفهان و کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. شهر سمیرم در سال ۱۳۳۵ دارای ۷۹٦۸ نفر جمعیت بوده این میزان در سال ۱۳٤۵ به ۱۰۰٤۹ نفر و در سال ۱۳۵۵ به ۱۳٤۹۰ نفر و در سال ۱۳٦۵ به ۲۰۲٦۰نفر و در سال ۱۳۷۵ به ۲٤۵۰٤ و بر اساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ به ۲۵۱۲۲ نفر بالغ گردیده است.

بنابر نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ نرخ رشد جمعیت در سال ۱۳۸۵ در شهر سمیرم ۸۷ درصد بوده است. در واقع این افزایش جمعیت، ضرورت پرداختن به مسئله ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر زلزله را که می‌تواند شهر و ساکنین آن را گریبان گیر خسارات جانی و مالی فراوان کند دو چندان کرده است. نگاره (۲) موقعیت استان اصفهان، شهرستان و شهر سمیرم را در تقسیمات کشوری نشان می‌دهد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- آسیب‌پذیری

آسیب‌پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارت احتمالی بر اثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ساختمان‌ها و مناطق جغرافیایی استفاده می‌شود. ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های موجود در واقع یک نوع پیش‌بینی خسارت دیدگی آن‌ها در مقابل زلزله‌های احتمالی می‌باشد. در حقیقت فجایع ناشی از سوانح از تنش میان دو پدیده یکی طبیعی و دیگری ساخته دست بشر است و بازتاب‌های واکنش انسان در مقابل این سانحه طبیعی است که فاجعه می‌آفریند*(حمیدی، ۱۳۷۱: ٤۸۲)*. آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی در مقابل بلایای طبیعی به علت تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در نواحی وسیع و تراکم و امنیت نابسامان و بی‌قاعده سکونتگاه‌ها به‌طور مداوم افزایش یافته است. دامنه خساراتی که یک سانحه ایجاد می‌کند به عوامل زیادی از جمله زیرساخت‌های شهری بستگی دارد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه با تمرکز شدید، یک سانحه طبیعی می‌تواند به یک فاجعه بیانجامد *(عبداللهی، ۱۳۸۲: ٦۷)*.

۲-۲- مخاطرات طبیعی شهری

مخاطرات طبیعی سوانحی هستند که به واسطه بی‌نظمی غیرعادی عناصر اصلی زمین، هوا، آتش و آب به وجود

می‌آیند و مصائب ناشی از این وضع به همان شدت گذشته، هنوز هم تکرارمی‌گردد. این گونه بلایا شامل ریزش کوه، فرسایش زمین، توفان، خاک، گردباد، تندباد، آتشفشان، زلزله و غیره هستند*(تیلور،۱۳۷۲: ۱۵۰)*. مخاطرات طبیعی در واقع عملی از طبیعت است باچنان شدتی که وضعی فاجعه‌آمیز ایجاد می‌کند و در این وضع شیرازه زندگی روزمره ناگهان گسیخته می‌شود و مردم دچار رنج و درماندگی می‌شوند و درنتیجه به غذا، پوشاک، سرپناه ومراقبت‌های پزشکی و پرستاری و سایر ضرورت‌های زندگی و به محافظت در مقابل عوامل و شرایط نامساعد محیط محتاج می‌گردند*(عصار وندیم،۱۳۷۷: ۷)*.

۲-۳- تأثیرسانحه زلزله در شهرها

با توجه به ارتباط متقابل و وابستگی عناصر و اجزاء شهری به یکدیگر، آسیب‌پذیری شهری نیز در برگیرنده تمامی عوامل موجود در یک شهر می‌باشد. به عبارت دیگر سوانح برتمامی اجزا یک شهر و به طور کلی بافت شهری تأثیر گذار است.
سیستم‌های شهری تحت تأثیر سوانح عبارتنداز:
- سیستم طبیعی شهر؛ شامل منابع طبیعی چون آب، خاک، ویژگی‌های زمین‌شناسی و اقلیم.
- سیستم اجتماعی و فرهنگی شهر؛ شامل جمعیت و ویژگی‌های آن.
- سیستم اقتصادی شهر؛ شامل منابع تولید، توزیع، مصرف، سرمایه، اشتغال و درآمد می‌شود.
- سیستم کالبدی شهر؛ شامل معابر، ساختمان‌ها و آنچه اجزای بافت شهری را در بر می‌گیرد.
- سیستم زیرساختی شهر؛ که شامل حمل ونقل، تأمین و توزیع آب، تأمین و توزیع برق، تأمین وتوزیع گاز، مخابرات و ارتباطات، ساختمان و سازه‌ها شهری است.

هر یک از این سیستم‌ها به نحوی در معرض آسیب‌پذیری ناشی از سانحه زلزله قرار دارند. وقوع زلزله کارکرد هر یک از سیستم‌های نامبرده را می‌تواند مختل و یا متوقف نماید. بروز اختلال در هر یک از سیستم‌ها نیز ادامه کارکرد سایر سیستم‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین پدیده آسیب‌پذیری شهری مختص به قسمتی از شهردر معرض وقوع سانحه نبوده، و کل سیستم را در برمی‌گیرد و از این رو خطر بروز سانحه را افزایش می‌دهد *(ناطق الهی،۱۳۷۸: ۷۸-۷۷)*.

آنچه در مورد آثار پدیده زلزله در شهرها بدیهی است این امر است که وضعیت شهرسازی نامناسب غیراصولی وبدون برنامه، رویداد زلزله را در شهرها به یک فاجعه تبدیل می‌کند. وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب فضاهای بازشهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهرها در برابر زلزله دارند *(عطار،۱۳۹۰: ۱۹)*.

۲-٤- معیارهای تأثیرگذار در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری

در آسیب‌پذیری بافت‌های شهری عوامل و عناصر مختلفی مؤثر است، که بی‌توجهی و نادیده گرفتن آن‌ها نه تنها منجر به ایجاد خسارت‌های فراوان مالی به افراد و سازمان‌ها می‌شود بلکه باعث به خطر افتادن جان ساکنین یک شهر نیز می‌شود. لذا برای کاهش خسارات و آسیب‌های وارده از سوی سوانح طبیعی به‌ویژه زلزله حداقل باید معیارهای اصلی که تأثیر بسزایی در میزان آسیب‌پذیری دارند، در نظر گرفته شود. به طور کلی در حوزه آسیب‌پذیری دو اصل در انتخاب معیارها وجود دارد ۱- معیارهایی که به طور کلی به عنوان استاندارد و مبنا در تعیین وضعیت آسیب‌پذیری مکان‌ها شناخته شده‌اند، ۲- معیارهایی که با توجه به شرایط جغرافیایی تعیین می‌گردند. در این پژوهش نیز برای تعیین معیارها با توجه به دو اصل فوق هم از طریق مطالعات کتابخانه ای از جمله (کتاب، اسناد، مقالات و...) و هم از نظرات کارشناسان آشنا به شرایط منطقه مورد مطالعه، موضوع تحقیق و محدودیت‌های اطلاعاتی از ٤ خوشه (معیار) با ۱۲ زیر معیار اصلی و اولویت دار به شرح زیر، جهت ارزیابی میزان آسیب پذیری استفاده شده است.

۲-٤-۱- شاخص شبکه ارتباطی

در شرایط عادی راه‌ها و شبکه‌های ارتباطی را می‌توان از مهم‌ترین ویژگی‌های یک شهر دانست که بازتاب

جدول ۱: شاخص‌های آسیب پذیری بافت‌های شهری در تحقیقات گذشته

ردیف	پژوهشگر / پژوهشگران	سال	شاخص‌های مورد استفاده
۱	رضایی پرتو	۱۳۸٤	کیفیت ابنیه، سازگاری، قدمت بنا، تعداد طبقات، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از فضاهای باز، فاصله از مراکز آتش نشانی
۲	خاکپور، زمردیان و صادقی	۱۳۹۰	عمر ابنیه، تعداد طبقات، مساحت کاربری‌ها، مراکز آتش نشانی، نیروی انتظامی، تراکم جمعیت، تراکم خانوار، نسبت جنسی، نرخ اشتغال
۳	رضا پور و شهابی	۱۳۹۱	کیفیت ابنیه، تراکم شهری، نوع و ویژگی‌های بافت، کاربری اراضی شهری، شبکه ارتباطی
٤	احد نژاد، نوروزی و زلفی	۱۳۹۱	مصالح ساختمانی، قدمت بنا، کیفیت ابنیه، تعداد طبقات، سازگاری کاربری‌ها، وضعیت قطعه در بلوک
٥	خاکپور، حیاتی، کاظمی بی‌نیاز، ربانی ابوالفضلی	۱۳۹۲	قدمت بنا، تعداد طبقات، نوع کاربری، جنس مصالح، کیفیت ساختمان، مساحت قطعات، دسترسی به معابر
٦	فلاحی علی آبادی، گیوه چی، اسکندری سرسنگی	۱۳۹۲	جنس سازه‌ها، تراکم جمعیت، درجه محصوریت، عرض معابر، قدمت بنا، نزدیکی به مراکز درمانی، دسترسی به فضاهای باز، فاصله از ایستگاه‌های آتش نشانی
۷	زنگی آبادی، رضایی، مومنی شهرکی و میرزائی	۱۳۹۲	کیفیت ابنیه، کاربری اراضی ، تراکم ساختمانی، فاصله از مراکز امداد رسانی، تراکم جمعیت، درجه محصوریت، عمر بنا
۹	پورموسوی، شماعی، احد نژاد، عشقی چهاربرج و خسروی	۱۳۹۳	نوع مصالح، قدمت بنا، کیفیت بنا، سازگاری کاربری‌های هم‌جوار، مساحت همکف، مسیر قنات، فاصله از گسل، سازندهای زمین شناسی و عرض معابر دسترسی

کالبدی مفهوم نیاز به دسترسی می‌باشند و می‌توانند افزایش مطلوبیت و ارتقاء کیفیت زندگی را سبب شوند. اما با وقوع حوادث و ایجاد شرایط بحرانی شبکه ارتباطی و دسترسی به دلیل نجات و تداوم حیات انسانی اهمیتی چند برابر بیشتر از شرایط عادی را پیدا می‌کند. از این رو در این پژوهش راه شریانی درجه۱، راه شریانی درجه۲ و راه شریانی درجه۳ به عنوان زیر معیارهای شبکه ارتباطی انتخاب شده‌اند.

۲-٤-۲- شاخص ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی

با توجه به نظر کارشناسان این معیار با زیر معیارهای تراکم جمعیت و کیفیت ابنیه (که از شرایط اقتصادی افراد منشأ می‌گیرد) مهم‌ترین عناصر در آسیب پذیری بافت‌های شهری محسوب می‌شوند.

۲-٤-۳- شاخص ویژگی‌های کارکردی

هر کاربری با توجه به ویژگی‌های کارکردی خود می‌تواند در کاهش یا افزایش میزان آسیب‌پذیری نقش به سزایی داشته باشد. کاربری‌هایی که در حوزه نفوذ یکدیگر قرار دارند، ضمن آنکه نباید مانع ایفای نقش و عملکرد یکدیگر شوند، باید به نوعی مکمل یکدیگر در جهت ارائه خدمات و کاهش آسیب پذیری باشند. در این مقاله با مطالعه کاربری‌ها و تأثیراتی که کاربری‌ها برروی همدیگر دارند و نظر کارشناسان، کاربری‌هایی همچون فضای باز و سبز، فرهنگی، آموزشی، مسکونی و درمانی، که می‌توانند ارتقاء مدیریت بحران در هنگام وقوع حوادث را به همراه داشته باشند، به عنوان زیر معیارهای ویژگی‌های کارکردی در نظر گرفته شدند.

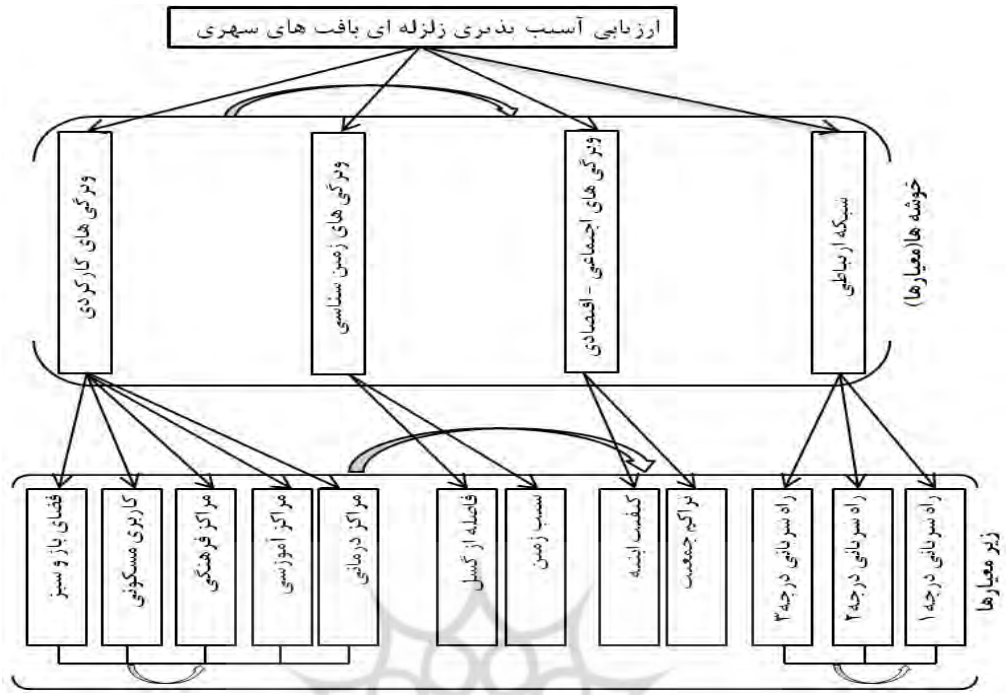
۲-٤-٤- شاخص مشخصات زمین‌شناسی

در میزان آسیب پذیری هر مکانی، عناصر طبیعی زمین نقش مهم و مؤثری دارد. به طوری که در هنگام احداث شهرهای امروزی عناصری همچون شیب زمین و فاصله از گسل نقش مؤثری ایفا می‌کنند.

۳- بحث و یافته‌ها

۳-۱- ایجاد ساختار شبکه‌ای از مسأله

اولین مرحله از فرآیند تحلیل شبکه‌ای تعیین روابط



مأخذ: نگارندگان

نگاره ۳: ساختار شبکه‌ای آسیب پذیری زلزله‌ای بافت‌های شهری و روابط درونی و بیرونی عناصر آن

و ارتباطات بین عناصر تصمیم می‌باشد تا از این طریق بتوان مسأله را به یک ساختار شبکه‌ای تبدیل کرد. برای این منظور در پژوهش حاضر پس از شناسایی معیارها و زیر معیارها، پرسشنامه‌ای با استفاده از مدل دیماتل طراحی و از کارشناسان و متخصصین در عرصه مدیریت بحران، خواسته شد، با توجه به روابط علت و معلولی بین عوامل و پارامترها، به هر عامل در ارتباط با عامل دیگر ارزشی بین ۰ – ۵ داده شود. در مرحله بعد با ورود داده‌ها حاصل از نظرات کارشناسان به محیط نرم افزاری Excel و Matlab روابط بین زیر معیارها تعیین شد.

لازم به ذکر است در تکنیک دیماتل تنها روابط بین زیر معیارها تعیین می‌شود و از طریق روابط بین زیر معیارها می‌توان به روابط بین معیارها پی برد. نگاره (۳) ساختار شبکه‌ای مسأله را نشان می‌دهد (در این نگاره روابط بیرونی بین عناصر تصمیم به صورت فلش جهت نما و روابط درونی بین عناصر تصمیم به صورت کمان نشان داده شده است).

۳-۲- انجام مقایسات زوجی بین کلیه عناصر تصمیم

در این مرحله ضمن مقایسه زوجی معیارها و زیر معیارهای آسیب‌پذیری بافت‌های شهری نسبت به یکدیگر، بر اساس معیارهای کنترلی و روابط درونی خود، بر مبنای مقیاس ۹ کمیتی توماس ال ساعتی در قالب پرسشنامه توسط کارشناسان به صورت زوجی مورد مقایسه قرار گرفتند. سپس به علت وزن‌دهی متفاوت به عناصر تصمیم توسط کارشناسان، برای رسیدن به اجماع و تعیین وزن هر یک از عناصر نسبت به یکدیگر، از روش ادغام نتایج Copeland به عنوان بهترین روش ادغام نتایج استفاده شد. در مرحله بعد نتایج حاصل از روش کوپلند برای انجام تشکیل ابر ماتریس‌ها و تعیین وزن نهایی عناصر تصمیم، به محیط نرم افزاری Super Decisions وارد شد.

۳-۳- تشکیل ابر ماتریس غیر وزنی

در فرآیند تحلیل شبکه‌ای تمام خوشه‌ها (معیارها) و زیر معیارها با هم در ارتباط و کنش متقابل می‌باشند، بنابراین

جدول۲: ابر ماتریس غیروزنی آسیب‌پذیری بافت شهری سمیرم

معیار	زیر معیار	شبکه ارتباطی			ویژگی‌های اجتماعی		ویژگی‌های زمین‌شناسی		ویژگی‌های کارکردی				
		راه‌های درجه ۳	راه‌های درجه ۱	راه‌های درجه ۲	تراکم جمعیت	کیفیت ابنیه	شیب زمین	فاصله از گسل	فضای باز و سبز	مراکز درمانی	مراکز فرهنگی	مراکز آموزشی	مسکونی
شبکه ارتباطی	راه‌های درجه ۳	0.000000	0.333333	0.249981	0.249981	0.000000	0.000000	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
	راه‌های درجه ۱	0.249981	0.000000	0.750019	0.000000	0.000000	0.000000	0.333333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	راه‌های درجه ۲	0.750019	0.666667	0.000000	0.750019	0.000000	0.000000	0.333333	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.500000
ویژگی‌های اجتماعی	تراکم جمعیت	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	0.500000	0.000000	1.000000	0.333333
	کیفیت ابنیه	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	1.000000	0.000000	0.666667
ویژگی‌های زمین شناسی	شیب زمین	0.900009	0.888889	0.900009	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	فاصله از گسل	0.099991	0.111111	0.099991	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ویژگی‌های کارکردی	فضای باز و سبز	0.000000	0.087942	0.121952	0.113267	0.000000	0.800000	0.000000	0.000000	0.166667	0.000000	0.000000	0.249981
	مراکز درمانی	0.200000	0.242632	0.319627	0.507618	0.322818	0.000000	0.142882	0.666667	0.000000	0.000000	0.000000	0.750019
	مراکز فرهنگی	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.079184	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000
	مراکز آموزشی	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.088207	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
	مسکونی	0.800000	0.669426	0.558421	0.379115	0.509791	0.200000	0.857118	0.333333	0.833333	0.000000	0.000000	0.000000

مأخذ: محاسبات نگارندگان

اهمیت و ارجحیت هر معیار و زیر معیار به صورت مقایسه زوجی به دست می‌آید. سپس برای تعیین اولویت‌های نهایی دریک سیستم که متأثر از وابستگی‌ها و روابط درونی است، بردارهای اولویت کوچک و اولیه به‌تناسب در ستون‌های ماتریس وارد می‌شوند که این ماتریس به عنوان سوپر ماتریس غیر وزنی شناخته می‌شود.

سوپر ماتریس غیر وزنی عملاً یک ماتریس بخش بندی شده است که هر بخش آن بیانگر ارتباط بین دو گروه (جزء یا دسته) در یک سیستم است. به عبارت دیگر سوپر ماتریس غیر وزنی را می‌توان همان نتایج ماتریس‌های اولیه دانست، که در کنار یکدیگر قرار گرفته و ترکیب شده‌اند *(سرایی و حسینی،۱۳۹۱)*.

نتایج حاصل از ابر ماتریس غیر وزنی (جدول ۲) نشان می‌دهد که از معیار شبکه ارتباطی راه‌های درجه سه تنها با زیر معیارهای راه‌های درجه یک، راه‌های درجه دو، تراکم جمعیت، فاصله از گسل و مسکونی رابطه دارد، که در این بین بیشترین ارتباط آن با زیر معیار مسکونی است.

راه‌های درجه یک نیز تنها با سه زیر معیار راه‌های درجه سه، راه‌های درجه دو و فاصله از گسل ارتباط دارد، که در این بین بیشترین ارتباط راه‌های درجه یک با راه‌های درجه دو است. راه‌های درجه دو نیز با راه‌های درجه یک، راه‌های درجه سه، تراکم جمعیت، فاصله از گسل، مراکز درمانی و زیر معیار مسکونی رابطه دارند. در معیار ویژگی‌های اجتماعی، زیر معیار تراکم جمعیت با زیر معیارهای با راه‌های درجه یک، دو و سه، فاصله از گسل، فضای باز و سبز، مراکز درمانی، مراکز آموزشی و مسکونی؛ زیر معیار کیفیت ابنیه از معیار ویژگی‌های اجتماعی نیز با زیر معیارهای مراکز درمانی، فرهنگی و مسکونی در ارتباط است. دو زیر معیار شیب زمین و فاصله از گسل از معیار ویژگی‌های زمین شناختی تنها با زیر معیارهای معیار شبکه

جدول ۳: ابر ماتریس وزنی آسیب پذیری بافت شهری سمیرم

معیار	شبکه ارتباطی				ویژگی‌های اجتماعی		ویژگی‌های زمین شناسی		ویژگی‌های کارکردی				
	زیر معیار	راههای درجه ۳	راههای درجه ۱	راههای درجه ۲	تراکم جمعیت	کیفیت ابنیه	شیب زمین	فاصله از گسل	فضای باز و سبز	مراکز درمانی	مراکز فرهنگی	مراکز آموزشی	مسکونی
شبکه ارتباطی	راههای درجه ۳	0.000000	0.094265	0.070694	0.187486	0.000000	0.000000	0.090181	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.099905
	راههای درجه ۱	0.070694	0.000000	0.212102	0.000000	0.000000	0.000000	0.090181	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	راه‌های درجه ۲	0.212102	0.188531	0.000000	0.562514	0.000000	0.000000	0.090181	0.000000	0.199810	0.000000	0.000000	0.099905
ویژگی‌های اجتماعی	تراکم جمعیت	0.136923	0.136923	0.136923	0.000000	0.000000	0.000000	0.644237	0.853973	0.341670	0.000000	0.853973	0.227780
	کیفیت ابنیه	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.341670	0.853973	0.000000	0.455560
ویژگی‌های زمین شناسی	شیب زمین	0.051138	0.056825	0.051138	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	فاصله از گسل	0.460289	0.454602	0.460289	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ویژگی‌های کارکردی	فضای باز و سبز	0.000000	0.006055	0.008397	0.028317	0.000000	0.800000	0.000000	0.000000	0.019475	0.000000	0.000000	0.029210
	مراکز درمانی	0.013771	0.016706	0.022008	0.126904	0.322818	0.000000	0.012176	0.097351	0.000000	0.000000	0.000000	0.087639
	مراکز فرهنگی	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.079184	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.146027	0.000000
	مراکز آموزشی	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.088207	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.146027	0.000000	0.000000
	مسکونی	0.055083	0.046093	0.038449	0.094779	0.509791	0.200000	0.073043	0.048676	0.097375	0.000000	0.000000	0.000000

مأخذ: محاسبات نگارندگان

ارتباطی مرتبط می‌باشند.

در معیار ویژگی‌های کارکردی زیر معیار فضای باز و سبز با زیر معیارهای راه‌های درجه یک و دو، تراکم جمعیت، شیب زمین، مراکز درمانی و مسکونی؛ زیر معیار مراکز درمانی از معیار ویژگی‌های کارکردی با زیر معیارهای راه‌های درجه سه، دو و یک، تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه، فاصله از گسل، فضای باز و سبز و مسکونی؛ زیر معیار مراکز فرهنگی از معیار ویژگی‌های کارکردی با زیر معیارهای کیفیت ابنیه و مراکز آموزشی؛ زیر معیار مراکز آموزشی از معیار ویژگی‌های کارکردی با زیر معیارهای کیفیت ابنیه و مراکز فرهنگی؛ و زیر معیار مسکونی از معیار ویژگی‌های کارکردی با زیر معیارهای راه‌های درجه یک، دو و سه، تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه، شیب زمین، فاصله از گسل، فضای باز و سبز و مراکز درمانی در ارتباط می‌باشد.

لازم به ذکر است، میزان ناسازگاری در ابرماتریس غیروزنی برابر با ۰/۰۰۰٤ می‌باشد.

۳-٤- ابر ماتریس وزنی

ستون‌های سوپر ماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک است. البته متناسب با بردار ویژه‌هایی که در ستون وجود دارد، ممکن است جمع هر ستون سوپر ماتریس اولیه بیش از یک شود. برای آن که از عناصر ستون مناسب با وزن نسبی‌شان فاکتور گرفته شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدید به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود. این موضوع شبیه به زنجیره مارکوف است که جمع احتمالی همه وضعیت‌ها معادل یک است. به ماتریس جدید، ماتریس وزنی یا ماتریس استوکاستیک گفته می‌شود.

نتایج حاصل از ابر ماتریس وزنی نشان می‌دهد که یک عنصر وابسته (عناصر واقع در ستون) به چه میزان به یک عنصر مستقل (عناصر واقع در سطر) وابستگی دارد، به عبارتی دیگر این ابر ماتریس نشان می‌دهد که یک عنصر وابسته چقدر تحت تأثیر یک عنصر مستقل است.

جدول ٤: ابر ماتریس حد آسیب پذیری بافت شهری سمیرم

معیار		شبکه ارتباطی			ویژگی‌های اجتماعی		ویژگی‌های زمین‌شناسی		ویژگی‌های کارکردی				
	زیر معیار	راه‌های درجه ۳	راه‌های درجه ۱	راه‌های درجه ۲	تراکم جمعیت	کیفیت ابنیه	شیب زمین	فاصله از گسل	فضای باز و سبز	مراکز درمانی	مراکز فرهنگی	مراکز آموزشی	مسکونی
شبکه ارتباطی	راه‌های درجه ۳	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199	0.083199
	راه‌های درجه ۱	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727	0.059727
	راه‌های درجه ۲	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041	0.189041
ویژگی‌های اجتماعی	تراکم جمعیت	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235	0.218235
	کیفیت ابنیه	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490	0.073490
ویژگی‌های زمین شناسی	شیب زمین	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316	0.017316
	فاصله از گسل	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461	0.152461
ویژگی‌های کارکردی	فضای باز و سبز	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143	0.026143
	مراکز درمانی	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493	0.070493
	مراکز فرهنگی	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913	0.006913
	مراکز آموزشی	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492	0.007492
	مسکونی	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489	0.095489

مأخذ: محاسبات نگارندگان

در این حالت حاصل جمع مقادیر هر یک از عناصر وابسته (عناصر واقع در ستون) باید یک شود. براین اساس نتایج حاصل از ابر ماتریس وزنی(جدول۳) نشان می‌دهد که زیر معیار راه‌های درجه سه ، یک و دو بیشتر تحت تأثیر عنصر مستقل فاصله از گسل در معیار ویژگی‌های زمین شناسی است، که در این ارتباط میزان این وابستگی به ترتیب برابر با ۰/٤٦۰ ، ۰/٤٥٤ و ۰/٤٦۰ می‌باشد. همچنین جدول فوق نشان می‌دهد که در معیار ویژگی‌های اجتماعی، زیر معیار تراکم جمعیت بیشترین وابستگی را با راه‌های درجه سه، و زیر معیار کیفیت ابنیه بیشترین ارتباط و وابستگی را با زیر معیار مسکونی دارد.

در معیار ویژگی‌های زمین شناسی، زیر معیار شیب زمین بیشترین ارتباط را با زیر معیار فضای باز و سبز و زیر معیار فاصله از گسل بیشترین ارتباط و وابستگی را با زیر معیار تراکم جمعیت دارد، همچنین در معیار ویژگی‌های کارکردی زیر معیارهای فضای باز و سبز و مراکز آموزشی بیشترین ارتباط را با زیر معیار تراکم جمعیت دارد، زیر معیارهای مراکز درمانی، فرهنگی و مسکونی نیز بیشترین ارتباط را با زیر معیار کیفیت ابنیه دارا می‌باشند. همچنین، میزان ناسازگاری در ابرماتریس وزنی برابر ۰/۰۰۰۰ است.

۳-۵- تشکیل ابر ماتریس حد

هدف از به حد رساندن سوپر ماتریس موزون این است که تأثیر دراز مدت هر یک از عناصر تصمیم در یکدیگر به دست بیاید. برای واگرایی ضریب اهمیت هر یک از عناصر ماتریس موزون ،آن را به توان k که یک عدد اختیاری بزرگ

جدول۵: ماتریس خوشه‌های تصمیم

معیار	شبکه ارتباطی	ویژگی‌های اجتماعی	ویژگی‌های زمین شناسی	ویژگی‌های کارکردی
شبکه ارتباطی	۰/۲۸۲۷۹٦	۰/۷۵۰۰۰۰	۰/۲۷۰٥٤٤	۰/۱۹۹۸۱۰
ویژگی‌های اجتماعی	۰/۱۳٦۹۲۳	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/٦٤٤۳۳۷	۰/٦۸۳۳٤۱
ویژگی‌های زمین شناسی	۰/٥۱۱٤۲۷	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
ویژگی‌های کارکردی	۰/۰٦۸۸٥٤	۰/۲٥۰۰۰۰	۰/۰۸٥۲۱۹	۰/۱۱٦۸٥۰

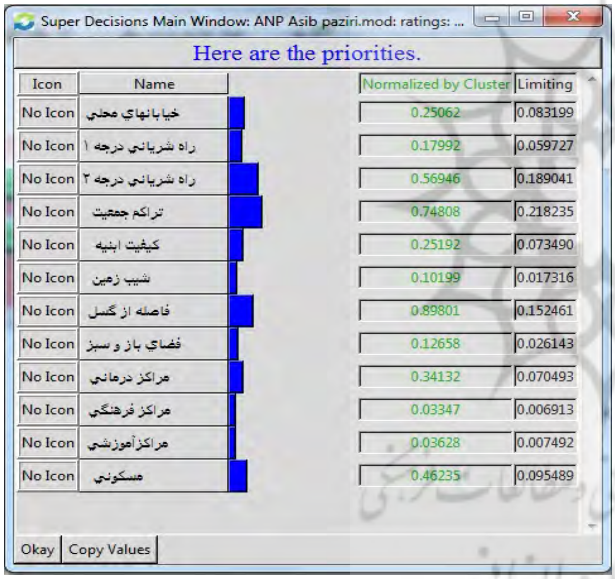
مأخذ: محاسبات نگارندگان

است می‌رسانیم تا اینکه همه عناصر سوپر ماتریس همانند هم شود و این عمل باید تکرار گردد. به علت دشواری و پیچیدگی و احتمال زیاد خطا در محاسبات باید از نرم افزارهایی همچون: Matlab & Super decision برای به توان رساندن ماتریس استفاده نمود. همان‌گونه که در جدول ٤ مشاهده می‌شود؛ در این مقاله از نرم افزارSuper decision جهت به حد رساندن ماتریس وزنی استفاده شده است.

نتایج حاصل از ابر ماتریس حد (جدول ٤) نشان داد که میزان حد برای زیر معیار راه‌های درجه سه ۰/۰۸۳۱، برای زیر معیار راه‌های درجه یک ۰/۰٥۹۷ ، برای زیر معیار راه‌های درجه دو ۰/۱۸۹۰ ، برای زیر معیار تراکم جمعیت ۰/۲۱۸۲ ، برای زیر معیار کیفیت ابنیه ۰/۰۷۳٤ ، برای زیر معیار شیب زمین ۰/۰۱۷۳ ، برای زیر معیار فاصله از گسل ۰/۱٥۲٤ ، برای زیر معیار فضای باز ۰/۰۲٦۱ ، برای زیر معیار مراکز درمانی ۰/۰۷۰٤ ، برای زیر معیار مراکز فرهنگی ۰/۰۰٦۹ ، برای زیر معیار مراکز آموزشی ۰/۰۰۷٤ و برای زیر معیار مراکز مسکونی میزان حد برابر با ۰/۰۹٥٤ می‌باشد.

پس از محاسبه سوپر ماتریس حدی، آخرین مرحله برای تعیین ارزش و ضریب نهایی عناصر، محاسبه نتایج ماتریس خوشه‌ها و نرمال سازی ضریب زیر معیارها در ابر ماتریس حدی توسط ضریب خوشه‌ها می‌باشد. جدول (٥) نشان دهنده ماتریس خوشه‌ها است.

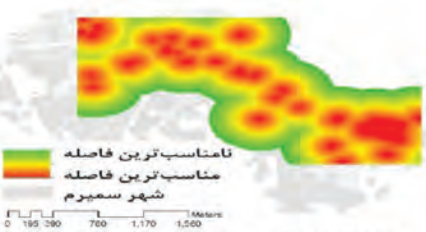
نتایج حاصل از ماتریس خوشه‌ها (جدول ٥) نشان می‌دهد که بیشترین میزان ارتباط و اثر معیار(خوشه) شبکه ارتباطی بر معیار ویژگی‌های اجتماعی، بیشترین ارتباط و اثر معیار ویژگی‌های جمعیتی بر روی معیار ویژگی‌های کارکردی، بیشترین ارتباط معیار ویژگی‌های کارکردی با معیار ویژگی‌های اجتماعی است و معیار ویژگی‌های زمین شناسی نیز تنها با معیار شبکه ارتباطی در ارتباط است. لازم به ذکر می‌باشد که میزان ناسازگاری در ماتریس خوشه‌ها برابر با ۰/۰۰۰۰ است.



نگاره ٤: اوزان نهایی عناصر آسیب پذیری شهری

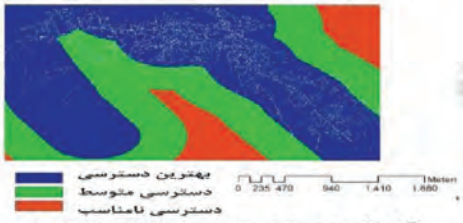
۳-٦- تعیین اوزان نهایی عناصر آسیب پذیری شهری

در این مرحله برای تعیین وزن نهایی زیر معیارها و نحوه اولویت بندی آن‌ها ضرایب ابر ماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها نرمال شده است. بر اساس نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (نگاره ٤)، زیر معیار تراکم جمعیت از معیار ویژگی‌های اجتماعی با ضریب ۰/۲۱۸ ، زیر معیار راه شریانی درجه دو از معیار شبکه ارتباطی با ضریب ۰/۱۸۹ و زیر معیار فاصله از گسل از معیار ویژگی‌های زمین شناسی با ضریب ۰/۱٥۲ دارای بیشترین وزن در بین عناصر آسیب‌پذیری بافت



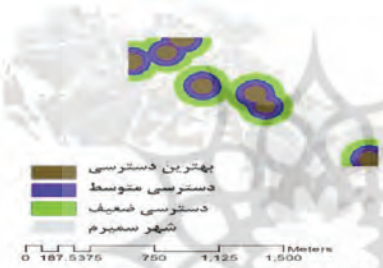
نگاره ۵ : وضعیت دسترسی به شاخص آموزشی

نگاره ۶ : وضعیت تراکم جمعیتی شهر سمیرم

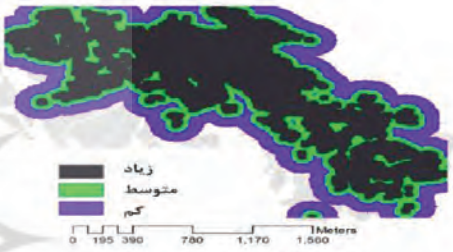


نگاره ۷ : وضعیت دسترسی به راه های درجه یک

نگاره ۸ : وضعیت دسترسی به مراکز درمانی اصلی

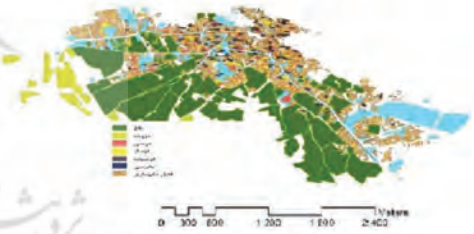


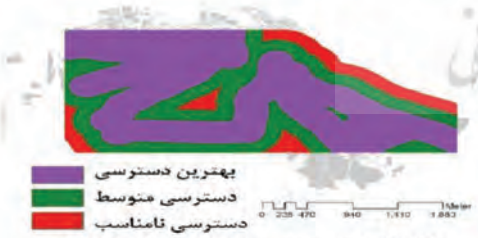
نگاره ۹ : وضعیت دسترسی به مراکز فرهنگی



نگاره ۱۰ : وضعیت تراکم مسکونی

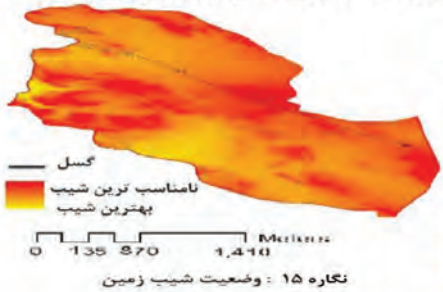
نگاره ۱۱ : وضعیت دسترسی به فضاهای باز و سبز


نگاره ۱۲ : وضعیت کیفیت ابنیه

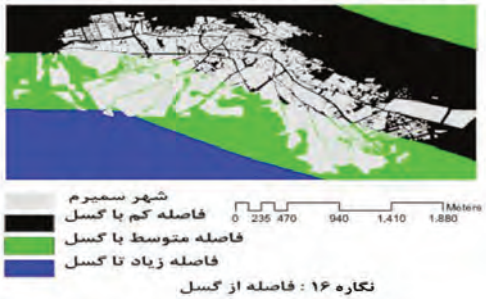


نگاره ۱۳ : وضعیت دسترسی به راههای درجه دو

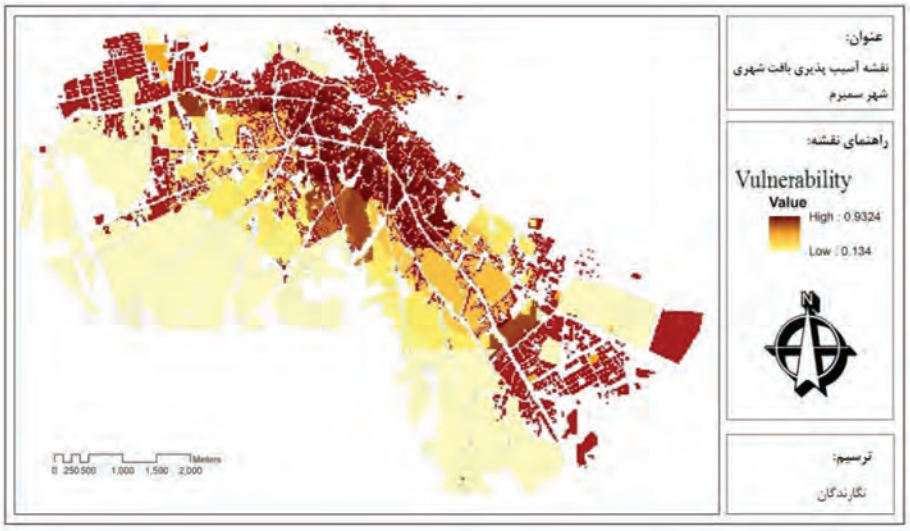
نگاره ۱۴ : وضعیت دسترسی به راههای درجه سه



نگاره ۱۵ : وضعیت شیب زمین



نگاره ۱۶ : فاصله از گسل



نگاره ۱۷: نقشه وضعیت آسیب‌پذیری بافت‌های شهری، شهر سمیرم

شهری شهر سمیرم هستند و زیر معیار مراکز فرهنگی و مراکز آموزش از معیار ویژگی‌های کارکردی با ضرایب ۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۷ دارای کمترین وزن و اهمیت در بین عناصر آسیب پذیری بافت شهری شهر سمیرم می‌باشند. از آنجایی که میزان ناسازگاری کلی تصمیم برابر با ۰/۰۰۳۰ است و این رقم از ۰/۱ کمتر می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ای، از سازگاری بالایی برخوردار است.

۳-۷- ادغام و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی

سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، سیستم‌هایی مبتنی بر کامپیوتر بوده که داده‌های فضایی مرجع را در مقاطع زمانی مختلف ذخیره‌سازی و پردازش می‌کنند *(Yanar et al,2006:1068)*. سیستم اطلاعات جغرافیایی تصمیم‌گیری با استفاده از اطلاعات به دست آمده ازلایه‌های مختلف می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نقش بسیار فعالی در مدیریت علمی، تحلیل‌ها و مدل سازی جنبه‌های محیطی داشته باشد *(Rybaczuk,2001:145)* . در این مرحله ابتدا لایه‌های رقومی که برای هر یک از زیر معیارها تهیه شده بود، با توجه به ضوابط مربوط به هر زیر معیار در محیط GIS آماده سازی شد. سپس به طور مجدد طبقه بندی (Reclassify) شدند.

در این پژوهش پس از طبقه بندی مجدد لایه‌ها، وزن به دست آمده برای هر زیر معیار در فرآیند تحلیل شبکه‌ای در لایه مکانی مربوط به خود با استفاده از روش Index Overlay و از طریق ابزار Raster Calculator ضرب گردید. در نهایت کلیه لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر ترکیب شدند و نقشه آسیب‌پذیری بافت شهری شهر سمیرم ایجاد گردید.

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق (نگاره ۱۷) بیشترین آسیب پذیری شهر سمیرم در قسمت شمالی و مرکزی شهر سمیرم است. از مهم‌ترین دلایل این امر می‌توان به مواردی از جمله نزدیکی به خط گسل اشاره نمود. در شهر سمیرم هرچند بیشتر ساختمان‌های سطح شهر یک و یا دو طبقه است با این حال نزدیکی خط گسل به شهر سمیرم باعث آسیب‌پذیری بسیار بالای ساختمان‌های محدوده شمالی و مرکزی شده است. از دلایل دیگر آسیب پذیری در شهر سمیرم می توان به تراکم بالای جمعیتی، عدم دسترسی مناسب قسمت‌های شمالی و مرکزی شهر سمیرم به مراکز درمانی اصلی شهر، اشاره نمود. به طوری که دو بیمارستان شهر با مساحتی معادل ۱۱٤٥٤۳ متر مربع، یکی در شمال غربی و دیگری در انتهای جنوب شرقی شهر واقع شده‌اند، که به دلیل مکان یابی نامناسب آن‌ها، این مراکز درمانی قادر به پوشش مناطق شمالی و مرکزی شهر سمیرم نیستند. در سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش‌های مختلفی (دقت مطلق، دقت نسبی و ...) برای ارزیابی دقت خروجی‌های حاصل از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی وجود دارد. با این

حال، بهترین حالت انطباق نتایج حاصل از تحقیق با واقعیت است. در این پژوهش نیز بررسی‌های میدانی صورت گرفته در سطح شهر ، گویای انطباق بسیار بالای نتایج حاصل از تحقیق با واقعیت دارد.

٤- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

امروزه مدیریت صحیح و منطقی در هنگام وقوع بحران‌ها ریشه در برنامه ریزی اصولی و بررسی وضعیت محیط نسبت به وقوع بحران‌های احتمالی در شرایط قبل از وقوع بحران دارد. زلزله یکی از سوانحی است که به سبب شرایط خاص جغرافیایی، کشور ما را دائماً مورد تهدید قرار می‌دهد. به‌طوری که از ٤٠ نوع بلایای طبیعی ثبت شده در جهان، ۳۱ نوع آن در ایران به وقوع پیوسته و به عنوان یک کشور زلزله خیز ٦٩ درصد از مساحت آن روی گسل‌های فعال یا حواشی آن‌ها قرار دارد و۳۵ درصد مساحت آن با خطر جدی زمین لرزه مواجه است.

این امر به همراه انباشت سرمایه و تراکم بالای جمعیتی در شهرهای ایران باعث شده است تا شهرهای ایران در برابر حوادث طبیعی بسیار آسیب پذیر بوده و دچار تلفات جانی و مالی فراوانی در هنگام وقوع بحران‌هایی همچون زلزله گردند. مدیریت بحران، علمی کاربردی است و درجستجوی یافتن ابزاری جهت پیشگیری از بروز خطرات ناشی از بحران‌ها و کاهش اثرات فاجعه بر شهروندان است. از این رو شناخت و تعیین میزان آسیب پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله به منظور برنامه‌ریزی جهت مدیریت بحران قبل از وقوع زلزله الزامی می‌نماید.

در این پژوهش به منظور ارائه الگویی مناسب جهت ارزیابی میزان خسارات احتمالی زلزله به بافت‌های شهری در برابر زلزله، میزان آسیب پذیری بافت شهری، شهر سمیرم در برابر زلزله به عنوان نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت.

بدین منظور براساس پیشینه و تجارب مرتبط با تحقیق و با توجه به محدوده مورد مطالعه واطلاعات و داده‌های قابل دسترس معیار شبکه ارتباطی با زیر معیارهای راه‌های شریانی درجه یک، درجه دو و درجه سه، معیار ویژگی‌های اجتماعی با زیر معیارهای تراکم جمعیتی و کیفیت ابنیه، معیار ویژگی‌های زمین شناسی با زیر معیارهای شیب زمین و فاصله از گسل و معیار ویژگی‌های کارکردی با زیر معیارهای فضای باز و سبز، مراکز درمانی، مراکز فرهنگی، مراکز آموزشی و مسکونی به عنوان عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای بافت‌های شهری گزینش شدند، سپس با استفاده از پرسشنامه دیماتل اقدام به تعیین ارتباط و تأثیر هر یک از عناصر تصمیم با یکدیگر شد.

در مرحله بعد با استفاده از پرسشنامه ۹ کمیتی توماس ال ساعتی کلیه عناصر تصمیم بر حسب معیار کنترلی مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند. سپس با ادغام نظرات کارشناسان با استفاده از تکنیک کوپلند و بهره‌گیری از روش فرآیند تحلیل شبکه (ANP) و نرم افزار Super decisions وزن و اهمیت هر یک از عناصر تصمیم تعیین گردید. در نهایت با استفاده از ابزار Raster Calculator، در محیط نرم افزاری ArcMap لایه‌های رقومی شده هرمعیار با توجه به وزن مشخص شده هریک، برای ایجاد نقشه میزان آسیب‌پذیری بافت شهری سمیرم با یکدیگرتلفیق شدند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داده است که زیر معیار تراکم جمعیت از معیار ویژگی‌های اجتماعی با ضریب ۰/۲۱۸، زیر معیار راه شریانی درجه دو از معیار شبکه ارتباطی با ضریب ۰/۱۸۹ و زیر معیار فاصله از گسل از معیار ویژگی‌های زمین‌شناسی با ضریب ۰/۱۵۲ دارای بیشترین وزن در بین عناصر آسیب‌پذیری بافت شهری و زیر معیار مراکز فرهنگی و مراکز آموزش از معیار ویژگی‌های کارکردی با ضرایب ۰/۰۰٦ و ۰/۰۰۷ دارای کمترین وزن و اهمیت در بین عناصر آسیب‌پذیری بافت شهری هستند. همچنین نتایج نشان داد که میزان آسیب‌پذیری شهری در قسمت شمالی و مرکزی شهر سمیرم به دلیل نزدیکی به خط گسل، تراکم بالای جمعیتی، عدم دسترسی مناسب قسمت‌های شمالی و مرکزی شهر سمیرم به مراکز درمانی اصلی شهر بیشتر است.

از آنجا که تاکنون هیچ اقدامی پیرامون مدیریت بحران در شهر سمیرم انجام نشده است؛ بنابراین باتوجه به نتایج

به دست آمده از لایه رقومی ایجاد شده بافت‌های شهری شهر سمیرم، با انجام برنامه‌ریزی‌های صحیح قبل ازوقوع بحران همچون مکان‌یابی پایگاه‌های چند منظوره مدیریت بحران و نیز داشتن طرح‌های مدیریتی از جمله مکان‌یابی مراکز اسکان موقت در هنگام وقوع بحران و آماده‌سازی مراکز امدادرسان برای مواجهه با بحران از طریق برگزاری مانور، می‌تواند به میزان قابل توجهی از تلفات وخسارات ناشی از بحران‌های شهری از جمله زلزله بکاهد. همچنین باید یادآور شد نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیق فلاح علی آبادی و همکاران (۱۳۹۲) و تحقیق رضا پور و شهابی (۱۳۹۱) به لحاظ نوع روش تعیین وزن معیارها متفاوت ولی به لحاظ روش به کار گرفته شده در GIS یکسان است. همچنین نتایج این تحقیق و تحقیق علی آبادی و همکاران (۱۳۹۲) با تحقیق زنگی آبادی و اسماعیلیان (۱۳۹۱) نیز متفاوت می‌باشد. به طور کلی باید توجه داشت که زلزله در تکوین شهرها، از قدیم‌الایام مدنظر نبوده است اما با توسعه‌ی دانش، این مخاطره به لیست شاخص‌های برنامه‌ریزی در شهرها اضافه شده است. لذا کمترین ارتباط معنی‌دار با توسعه شهری دارد.

۵- پیشنهادها

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ با آن روبرو هستند، موضوع زلزله است که ویژگی‌ها و شرایط طبیعی حاکم بر فضاهای شهری وتراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، لزوم توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها و آسیب کمتر آن‌ها را ضروری ساخته است. لازم به ذکر است برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله باید به عنوان هدفی از سطح معماری تا آمایش سرزمین مورد توجه قرار گیرد. البته باید توجه داشت که در این زمینه برنامه‌ریزی شهری و کاربری زمین شهری با جانمایی فعالیت‌ها و عملکردهای شهری، تخصیص فضاهای کافی و مناسب برای کاربری‌های مختلف و تفکیک و تجمیع قطعات و ... بیشترین نقش را در کاهش آسیب پذیری شهرها دارند. با توجه به شناخت و ارزیابی انجام گرفته بر بافت شهری شهر سمیرم به منظور نیل به هدف پژوهش و کاهش خطرات احتمالی از وقوع زلزله پیشنهادهای به شرح زیر ارائه گردیده است:

- شناسایی عناصر و ظرفیت‌ها در امر اسکان اضطراری و موقت برای شهروندان متأثر، آسیب‌دیده و پناهجو با رعایت اصول ایمنی، امنیتی، اجتماعی، بهداشتی و محیطی در بافت‌های با آسیب‌پذیری بالا؛
- استفاده و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مخابراتی از جمله ICT در عرصه مدیریت بحران به منظور کاهش آسیب پذیری‌های ناشی از حوادث غیر مترقبه و امداد رسانی سریع در هنگام بحران؛
- شناخت الزامات و روش‌های سازمان‌دهی و تجهیز فضاهای باز و سرپوشیده مناسب برای ارائه خدمات در شرایط وقوع بحران؛
- شناسایی ابعاد مدیریتی مربوط به اسکان اضطراری و موقت و به کارگیری تمامی ظرفیت‌ها به منظور برقراری تعادل نسبی در اسکان پناهجویان؛
- تعیین دقیق ابعاد و نیازهای اجرایی و نیازهای زیستی (حدود ابعاد، سرانه مترمربع برای هرنفر) در مواقع بحرانی؛
- جلوگیری از افزایش تراکم در مناطق با آسیب‌پذیری بالا؛
- تشویق و اتخاذ تمهیداتی در خصوص استحکام بخشی به ساختمان‌های مسکونی؛
- بازسازی و بهسازی ساختمان‌های فرسوده شهر سمیرم؛
- تشویق به توسعه و ساخت و ساز در مناطق با آسیب‌پذیری کمتر و استقرار خدمات مورد نیاز ساکنین در مناطق مذکور؛
- توسعه‌ی شبکه‌ی راه‌های اضطراری مرتبط با مکان‌های امن برای استقرار؛
- تمرکز در انتخاب مکان‌های تعیین شده به منظور اسکان موقت جهت تسریع در امر خدمات رسانی؛
- آموزش نحوه برخورد با سوانح طبیعی به‌ویژه زلزله به شهروندان و ساماندهی آنان در جهت بهره گیری از توان‌های مشارکتی شهروندان در هنگام وقوع بحران.

٦- منابع و مآخذ

۱. ابلقی، علیرضا، (۱۳۸٤)، «یادداشت سردبیر»، مجله هفت شهر، سازمان عمران و بهسازی شهری، شماره ۱۸ و ۱۹.

۲. احدنژاد، نوروزی و زلفی؛ محسن، محمد جواد و علی (۱۳۹۱)، برآورد آسیب پذیری کالبدی شهرها در برابر شدت‌های مختلف زلزله با استفاده از مدل‌های AHP و ud نمونه موردی شهر خرمدره، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران: نقش فناوری‌های نوین در کاهش آسیب پذیری ناشی از حوادث غیرمترقبه، تهران.

۳. ایرانمنش، اشراقی؛ فاضل و مهدی (۱۳۸۵)، «کاربردGIS در برنامه‌ریزی و مکان‌یابی فضاهای تخلیه جمعیت‌های آسیب دیده از زلزله مطالعه موردی منطقه ۲۲ شهر تهران»، سومین همایش سیستم اطلاعات مکانی، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.

٤. پور موسوی، شماعی، احدنژاد، عشقی چهاربرج و خسروی؛ سید موسی، علی، محسن، علی و سمیه (۱۳۹۳)، ارزیابی آسیب پذیری ساختمان‌های شهر با مدل Fuzzy AHP و GIS مطالعه موردی: منطقه ۳ شهرداری تهران، جغرافیا و توسعه، شماره ۳٤، صص ۱۲۱-۱۳۸.

۵. تاجیک، زینب، (۱۳۸۹)، تحلیل فضایی و مکانیابی مجموعه‌ها و مراکز ورزشی شهر اصفهان. استاد راهنما: علی زنگی‌آبادی، رساله کارشناسی ارشد، رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

٦. ترابی، کمال، (۱۳۸۸)، بررسی نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله، مورد مطالعه: منطقه۵ شهرداری تهران با تأکید بر ناحیه۱، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد شهرسازی گرایش برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، استاد راهنما: دکترکیومرث حبیبی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم وصنعت ایران.

۷. تیلور،آلن.جی(۱۳۷۲)، ارزیابی نیازهای قربانیان سوانح، مجموعه مقالات سوانح پیشگیری و امداد، مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن.

۸. حمیدی، ملیحه، (۱۳۷۱)، کنفرانس بلایای طبعی در مناطق شهری، اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش سه مدیریت بحران، دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، چاپ اول، تهران.

۹. خاکپور، حیاتی، کاظمی بی‌نیاز و ربانی ابوالفضلی؛ براتعلی، سلمان، مهدی و غزاله (۱۳۹۲)، مقایسه تطبیقی - تحلیلی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی و فازی (نمونه موردی: شهر لامرد)، فصلنامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۲.

۱۰. خاکپور، زمردیان، صادقی، مقدمی؛ براتعلی، محمد جعفر، سلیمان و احمد (۱۳۹۰) تحلیل میزان آسیب پذیری فیزیکی - کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله خیزی، فصلنامه جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره ۱٦.

۱۱. درابک، توماس،(۱۳۸۳)، مدیریت بحران اصول و راهنمای عملی برای دولت‌های محلی، ترجمه توسط مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شرکت پردازش و برنامه‌ریزی، تهران.

۱۲. رضا پور، شهابی؛ امین و مجتبی (۱۳۹۱)، شناسایی و تعیین میزان آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله با استفاده از GIS و AHP (مطالعه موردی: فریدون‌کنار) دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران: نقش فناوری‌های نوین در کاهش آسیب‌پذیری ناشی از حوادث غیرمترقبه، ۳۰ و ۳۱ خرداد۱۳۹۱، سازمان مدیریت بحران و وزارت کشور- تهران.

۱۳.رضایی پور، کوروش علی، (۱۳۸٤)، بررسی آسیب پذیری بافت‌های شهری در برابر بلایای طبیعی (زلزله، سیل) و ارائه راهکارهای لازم جهت کاهش اثرات آن (نمونه موردی منطقه یک شهرداری تهران)، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنر، دانشگاه تربیت مدرس.

۱٤.زنگی آبادی، رضائی، مؤمنی شهرکی و میرزایی؛ علی، میثم، مهدی و سارا (۱۳۹۲)، ارزیابی آسیب پذیری بخش مرکزی کلان شهرهای ایران در برابر بحران زلزله با استفاده از مدل IHWP مطالعه موردی: منطقه ۳ شهر اصفهان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال سوم، شماره ۸.

۱۵.زنگی آبادی، اسماعیلیان؛ علی و زهرا (۱۳۹۱)، تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر بلایای طبیعی (مطالعه موردی: مساکن شهر اصفهان)، فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ٤.

۱٦.زنگی آبادی، وارثی و درخشان؛ علی، حمیدرضا وحسین (۱۳۸۹)، تحلیل و ارزیابی عوامل آسیب‌پذیری شهردر برابر زلزله نمونه موردی منطقه٤تهران، فصلنامه امداد و نجات، سال دوم، شماره۳.

۱۷.سرایی، حسینی؛ محمد حسین و سید مصطفی (۱۳۹۳)، کاربرد تکنیک‌های نوین تصمیم گیری چند منظوره در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، انتشارات دانشگاه یزد.
۱۸.شادی‌طلب، ژاله (۱۳۷۱)، مدیریت بحران، فصلنامه علوم اجتماعی، دوره اول، شماره۳و٤ انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.
۱۹.شیعه، حبیبی و ترابی؛ اسماعیل، کیومرث و کمال، (۱۳۸۹)، بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس- مطالعه موردی منطقه ٦ شهرداری تهران، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ۱-۱۳.
۲۰.عبداللهی، مجید، (۱۳۸۲)، مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، چاپ دوم، تهران.
۲۱.عزیزی، همافر؛ محمد مهدی و میلاد (۱۳۹۱)، آسیب شناسی لرزه‌ای معابر شهری (مطالعه موردی: محله کارمندان، کرج)، نشریه‌ی هنرهای زیبا، صص ۵-۱۵.
۲۲.عصار، ندیم؛ محمد و ابوالحسن (۱۳۷۷)، راهنمایی بهسازی محیط در بلایای طبیعی،تهران.
۲۳.عطار، محمدامین، (۱۳۹۰)، ارائه الگویی جهت برنامه‌ریزی و مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله مطالعه موردی: منطقه شش شیراز، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد دانشگاه پیام نور مرکز رضوانشهر صدوق استان یزد.
۲٤.فلاح علی آبادی، گیوه چی، اسکندری و سرسنگی؛ سعید، سعید، محمد و علیرضا (۱۳۹۲) ارزیابی آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهرها در برابر زلزله با استفاده از AHP (روش تحلیل سلسله مراتبی) و GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی)، مطالعه موردی محله فهادان یزد، دوفصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۳.
۲۵.محمدی، عسل (۱۳۸۳)، مکان‌یابی مراکز امداد رسانی پس از وقوع زلزله با استفاده از GIS، تهران: دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشدشهرسازی.
۲٦.مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۷۸)، آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، تهران.
۲۷.معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان، (۱۳۹۱)، آمارنامه شهر اصفهان-۱۳۹۰. اصفهان: معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان.
۲۸. مکنامارا، کارتر (۱۳۸۷)، مدیریت، ترجمه، عباس سعیدی، دانشنامه مدیریت شهری و روستایی، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران، صص ٦۸۹-٦۹۰.
۲۹.مهندسین مشاور سپاهان طرح آرا، (۱۳۷۹)، طرح جامع شهر سمیرم.
۳۰. ناطق الهی، فریبرز (۱۳۷۸)، مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، جلدچهارم.
۳۱. هادیزاده بزاز، مریم (۱۳۸٦)، مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری در برابربلایای طبیعی، انتشارات آذر برزین، تهران.

32. Chung, S.H., Lee, A.H.L., Pearn, W.L., 2005. Analytic NetworkProcess (ANP) Approach for Product Mix Planning inSemiconductor Fabricator, International Journal ofProduction Economics 96, pp.15–36.
33. Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U.R., 2006. Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Design in Manufacturing Systems, Information Sciences 176, pp. 237–262.
34. Gencer, Cevriye, Didem, Gurpinar, 2006. Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, Applied Mathematical Modeling, Vol.31:2475–2486.
35. Giovinazzi, Sonia et al.,2008. Enhancing the reconstruction process for road networks: opportunities and challenges for using information technology, building resilience achieving effective post-disaster reconstruction.
36. Nojima, N., and Sugito, M., 2000. Simulation and evaluation of Post-earthquake functional performance of Transportation Network, 12 WCEE, 1927/7/A.
37. Rybaczuk, K.Y., 2001. GIS as an aid to environmental management and community participation in the Negril Watershed,Jamaica, Computers, Environment and Urban Systems, 25, 141-165.
38. Saaty, T. L., 2004. Fundamentals of the analytic network process –Dependence and feedback in decision-making with a single network, Journal ofSystems Science and Systems Engineering: 1-35.
39. Yanar, T.A., and Akyurek, Z., 2006. The enhancement of the CellbasedGIS analyses with fuzzy processing capabilities, InformationSciences, 176, 1067-1085.