

به‌گزینی روش اولویت‌بندی برنامه‌ریزی مکانی در مدیریت بحران زلزله (نمونه موردی: منطقه ۳ شهر اصفهان)

میثم رضائی*، رسول بلاغی**، علی شمس‌الدینی***، فاطمه شاعر****

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۵/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۸/۱۲

چکیده

شهر به عنوان یک "منبع توسعه"، نیازمند مدیریتی پویا در تمامی ابعاد است. یکی از موضوع‌هایی که بیشتر شهرهای جهان با آن دست به‌گریبان‌اند، سوانح طبیعی است. بنابراین می‌توان گفت در عرصه مدیریت شهری، مدیریت بحران و مقابله با سوانح طبیعی باید در اولویت برنامه‌ریزی قرار گیرد، زیرا با یک برنامه‌ریزی و مدیریت بحران صحیح می‌توان امنیت و آرامش خاطر بیشتری را به شهروندان هدیه داد و جان انسان‌های بی‌گناه زیادی را نجات داد. از این رو این پژوهش در راستای اهداف مدیریت بحران شهری، به دنبال ارائه الگویی مناسب برای برنامه‌ریزی مدیریت بحران در منطقه ۳ شهر اصفهان می‌باشد. روش تحقیق در پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی بوده که اطلاعات مورد نیاز آن از طریق مشاهده میدانی، مصاحبه، مطالعه طرح‌های صورت گرفته در رابطه با شهر اصفهان و نقشه ۱/۲۰۰۰ این شهر به دست آمده است. سپس داده‌های بدست آمده را از طریق نرم افزار Expert choice، GIS و مدل تاپسیس مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با توجه به شاخص‌های تراکم جمعیت و ساختمانی، درجه محصوریت، عمر ابنیه، کیفیت ابنیه و کاربری اراضی، نواحی منطقه ۳ شهر اصفهان به صورت مقایسه‌ای در ارتباط با بحران زلزله مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ناحیه ۹ دارای بدترین وضعیت می‌باشد و اگر قرار باشد یک طرح و برنامه‌ریزی برای مقابله با اثرات بحران زلزله در منطقه ۳ شهر اصفهان تدوین گردد باید این ناحیه در اولویت اول برنامه‌ریزی قرار گیرد.

واژگان کلیدی

برنامه‌ریزی، مدیریت بحران، بحران زلزله، مدل تاپسیس، منطقه ۳ شهر اصفهان.

* دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه اصفهان

** مربی و عضو هیات علمی گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه سلمان فارسی کازرون، کازرون، ایران

*** مدرس گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه سلمان فارسی کازرون، کازرون، ایران

**** کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

E-mail: ali.shamsoddini@yahoo.com

مقدمه

شهر اثر ماندگار تاريخى و در عين حال واحد جغرافيايى و اجتماعى تكامل پذير است (رهنمايى، ۱۳۶۷: ۸۲). در واقع شهر به عنوان يك "منبع توسعه" (شيعه، ۱۳۸۲: ۳۷)، نيازمنند مديريتى پويا در تمامى ابعاد است. يكي از موضوعهاى كه بيشتر شهرهاى جهان با آن دست به گريبان اند، سوانح طبيعى است (Alexander, 2002: 38). حوادث طبيعى تاكنون سه ميليون نفر تلفات در ۲۵ سال اخير در دنيا ايجاد و خساراتى در حدود ۲۳ ميليارد دلار وارد ساخته است. در اين ميان زلزله يكي از حوادث شايع در سراسر دنيا است و در سال ۲۰۰۱ مرگبارترين حادثه جهان گزارش داده شده است. ايران در رديف ۱۰ کشور بلاخيز دنيا است و زلزله مسبب بيشترين تلفات انساني آن مى باشد. كمربند زلزله ۹۰ درصد خاك کشور ما را در برگرفته است (آوازه و جعفرى، ۱۳۸۵: ۲). بنا بر اين مى توان گفت در عرصه مديريت شهرى، مديريت بحران بايد در اولويت قرار گيرد، زيرا با يك برنامه ريزى و مديريت بحران صحيح مى توان جان انسان هاى بي گناه زيادى را نجات داد و امنيت و آرامش خاطر بيشترى را به شهروندان هديه داد.

مديريت بحران به مجموعه اقدام هاى اطلاق مى شود كه قبل از وقوع، در حين وقوع و بعد از وقوع سانحه، جهت کاهش هر چه بيشتر آثار و عوارض آن انجام مى گيرد (عبداللهى، ۱۳۸۳: ۶۰). عدم توجه به مكانيايى صحيح شهرها، رشد و توسعه شهرهاى بنيان نهاده شده، همچنين عدم برنامه ريزى لازم جهت جلوگيرى از رشد لجام گسيخته شهرها، مسايل و مشكلات فراوانى از جهت مصونيت و آسيب پذيرى شهرها به بار آورده است (همان: ۲۱). كه با گسترش بعد كالبدى و مسأله شهرنشيني و همچنين افزايش تدريجى بارگذاري هاى محيطى و اقتصادى بر بستر شهرها، لزوم توجه بيشتر به آن ها را ضرورى ساخته است. مهم ترين عواملى كه در هنگام بروز حوادث منجر به بروز بحران مى شود، آسيب پذيرى كالبدى ابنيه مى باشد. در اين رابطه تقويت، استحكام و توجه هر چه بيشتر به نوع مصالح ساختمانى و تنظيم مقرراتى جهت کنترل آنها و نظارت هر چه بيشتر مديران شهرى در طيف برنامه ريزى و مديريت شهرى تا حد زيادى در کاهش تلفات و خسارات جاني و مالي مؤثر است (فرجى و قرخلو، ۱۳۸۸: ۹).

بنا بر اين مديريت بحران فرايندى پويا در قالب اقداماتى سنجيده مى باشد كه پيش از وقوع بحران (برنامه ريزى و آماده سازى)، در زمان وقوع بحران (كمك به آسيب ديدهگان و امدادرسانى) و بعد از وقوع بحران (بازسازى و ترميم)، انجام مى شود. منابع بالقوه بحران كسب و مميزى مواردى كه مى توانند به بحران تبديل شوند، از مراحل اوليه مديريت بحران هستند. مرحله بعدى اين است كه کدام يك از بحران هاى بالقوه قابل پيشگيرى هستند؟ پيشگيرى از بحران كار هميشگى مديران خوب است (الوانى و ديگران، ۱۳۸۸: ۲۹). شناسايى ميزان آسيب پذيرى نواحى شهر و پهنه بندى و الويت بندى آسيب پذيرى نواحى شهرى، مى تواند پيشگيرى و آماده سازى سياست هاى جهت مقاوم سازى، طرح هاى موضعى براى پهنه هاى آسيب پذير، اصلاح شبكه هاى ارتباطى و تقويت تجهيزات و ويژه امدادرسانى در نواحى آسيب پذير مى باشد. از اين رو در اين پژوهش تلاش بر آن است كه با بررسى مقايسه اى نواحى منطقه ۳ شهر اصفهان در ارتباط با عوامل تأثير گذار مرتبط با بحران زلزله، يك اولويت بندى زمانى براى اجراى برنامه ريزى مديريت بحران زلزله در اين منطقه از شهر اصفهان ارايه گردد. اهداف اين پژوهش عبارتند از:

- شناسايى و تحليل عوامل تأثير گذار در کاهش يا افزايش آسيب پذيرى مناطق شهرى در ارتباط با بحران زلزله.
- شناسايى نواحى آسيب پذير منطقه ۳ شهر اصفهان در ارتباط با بحران زلزله.
- ارايه اولويت برنامه ريزى مديريت بحران براى نواحى منطقه ۳ شهر اصفهان.
- كشف ارتباط بين شاخص هاى مؤثر در آسيب پذيرى ناشى از زلزله در منطقه ۳ شهر اصفهان.

پيشينه تحقيق

زنگى آبادى و تبريزى (۱۳۸۵): در اين مقاله ابتدا با بررسى و تجزيه و تحليل شرايط سازه اى مناطق مختلف شهر تهران (با توجه به آمار رسمى کشور) شاخص هاى توسعه، آسيب پذيرى و مقاومت آن ها محاسبه شده و سپس مناطق براساس ميزان مقاومت و آسيب پذيرى در برابر خطر احتمالى دسته بندى شده اند و در نهايت راهكارهاى جهت پيشگيرى، برنامه ريزى مناسب و چگونگى مديريت بحران در صورت بروز خطر ارايه گرديده است. صنيعى (۱۳۸۵): در رساله كارشناسى ارشد خود ضمن بررسى موقع و موضع جغرافيايى شهر تهران، بيان مى دارد تمرکز روز افزون جمعيت و اقتصاد در اين شهر آسيب پذيرى اين شهر را در مقابل زلزله به صورت تصاعدى افزايش مى دهد، و چون تغيير و دخل و تصرف در بعضى از عوامل مؤثر در آسيب پذيرى منطقه از جمله نزديكى به گسل فعال را ممكن نمى داند به بررسى اين موضوع مى پردازد كه از طريق تعيين مناطق آسيب پذير مى توان با تهيه طرح هاى کاهش آسيب پذيرى و سرمايه گذارى در اين زمينه در ابعاد کوتاه مدت و بلند مدت آسيب پذيرى هر منطقه را به نحو مطلوبى کاهش داد.

- قائد رحمتی (۱۳۸۷): وی آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی را مسأله مهمی دانسته که در ادبیات برنامه‌ریزی شهری کمتر به آن پرداخته شده است. همچنین گسترش شهرها، بافت قدیم، بخش مرکزی شهرها، اسکان‌های غیر رسمی و تراکم‌های شهری در ارتباط با مخاطرات طبیعی را دارای نقش مهم در کاهش یا افزایش آسیب‌پذیری شهرها می‌داند. ترابی (۱۳۸۸): وی آسیب‌پذیری بدنه شبکه‌های ارتباطی مهم ناحیه ۱ منطقه ۶ شهرداری تهران در برابر زلزله، را با استفاده از شاخص‌هایی مانند داشتن سرعت کافی و ایمنی، داشتن سلسله مراتب، حجم ترافیک و غیره را مشخص و به صورت تحلیلی بیان کرده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بدنه خیابان‌هایی که دارای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، فاصله زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر بدنه‌ها و درجه محصوریت بیشتری بوده‌اند، امتیاز آسیب‌پذیری بالایی آورده و در نتیجه آسیب‌پذیر نشان داده شده‌اند.

Nojima & Sugito (2000): آن‌ها در پژوهش خود مدل ساده‌ای را برای ارزیابی و شبیه‌سازی شبکه حمل و نقل بزرگراه‌ها در شرایط بعد از زلزله ارائه کرده‌اند. این مدل ترکیبی از روش شبیه‌سازی مونت کارلو و روش تخصیص افزایش اصلاح شده است که اولی حالت آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل را مشخص کرده و دومی وضعیت ترافیک در هر حالت آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد. Bin Liu & others (2003): آن‌ها در این پژوهش بیان می‌کنند که مشکل برنامه‌ریزی ترمیم شبکه ارتباطی پس از بحران زلزله، یک مسأله بهینه‌یابی ترکیبی آسیب خطوط پیوسته (راه‌ها) است. آن‌ها در این مقاله الگوریتمی را برای محاسبه ظرفیت رفت و آمد شبکه ارتباطی با استفاده از معیارهای کنترل تقاضای گوناگون رفت و آمدها مانند ضابطه‌های رفت و آمد برای شبکه ارتباطی آسیب دیده پیشنهاد کرده‌اند. برنامه‌ریزی ترمیم فوری با پیشینه کردن تقاضای ترافیک جریان وسیله نقلیه خصوصی با در نظر گرفتن وسایل نقلیه اضطراری مانند آمبولانس‌ها که بالاترین اولویت را در مسیر اضطراری دارند، تهیه شده است. برنامه بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ترمیم شبکه‌های ارتباطی با استفاده از نمونه برنامه ایستگاه‌های انتخابی وسایل نقلیه اضطراری و مسیرهای اضطراری شبکه با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود که قادر است ترکیب خطوط (راه‌های) قابل ترمیم را جستجو کند.

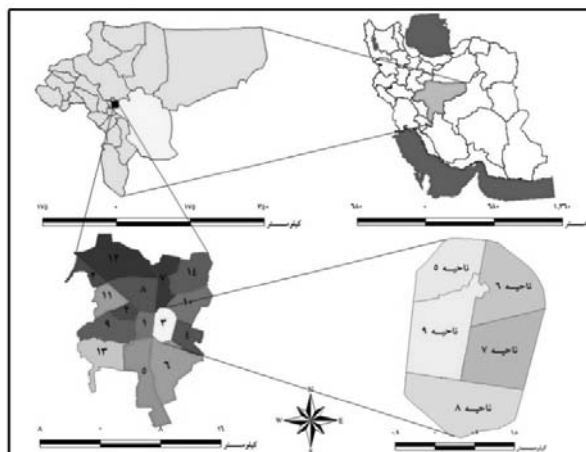
- Giovinazzi & others (2008): آن‌ها در این پژوهش اظهار کرده‌اند که پیشرفت در فناوری اطلاعات (IT) باعث تقویت ابتکارهای زیادی مانند استفاده از شبیه‌سازی، ابزار سناریو آسیب، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سامانه‌های حمایت از تصمیم برای کمک به بازسازی پس از بحران شده است. آنها در بررسی اجمالی، چگونگی استفاده از فناوری اطلاعات در فرآیند بازسازی زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج آمریکا و همکاری سازمان‌های بین‌المللی و محلی در بازسازی زلزله ۲۰۰۴ سوماترا و سونامی را توضیح داده و به این نتیجه رسیده‌اند که اطلاعات و به‌روز رسانی آن نقش کلیدی در شرایط پس از زلزله دارد. برنامه ریزی قبل از بحران در کاهش اثرات ناشی از حوادث مهم ارزیابی شده و این شامل بازسازی شبکه ارتباطی هم بوده چرا شبکه ارتباطی نقش حیاتی در مدیریت بحران دارد.

روش تحقیق

روش تحقیق این پژوهش ترکیبی از روش‌های تحقیق اسنادی، توصیفی و تحلیلی بوده است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق بر حسب اهداف تحقیق بوده است که از طریق نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن، طرح‌های جامع و تفصیلی شهر اصفهان، نقشه ۱:۲۰۰۰ وضع موجود شهر اصفهان و همچنین از طریق اسناد، مجلات و کتب مرتبط با موضوع بدست آمده است. نتایج داده‌های بدست آمده این پژوهش از طریق نرم افزارهای Auto CAD، ARC GIS، Excel، Expert Choice و مدل تاپسیس مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است تا آسیب‌پذیری نواحی منطقه سه شهر اصفهان در ارتباط با بحران زلزله به بهترین وجه ممکن به صورت مقایسه‌ای مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گیرد.

محدوده مورد مطالعه

منطقه سه شهرداری اصفهان یکی از مناطق ۱۴ گانه شهرداری است که با مساحت ۱۱۸۱۷۲۵۰ مترمربع، به ۵ ناحیه و ۱۹ محله تقسیم شده است. از طرف شمال به خیابان سروش، از طرف شمال غربی به خیابان مدرس، از طرف شرق به خیابان بزرگمهر، از طرف جنوب به رودخانه زاینده رود و از طرف غرب به خیابان چهارباغ عباسی محدود می‌شود (پایگاه اطلاع رسانی منطقه سه شهرداری اصفهان). نقشه شماره ۱ موقعیت منطقه ۳ اصفهان را در سطح کشور، استان، شهرستان و شهر اصفهان و نقشه شماره ۲ موقعیت آن را در بین مناطق ۱۴ گانه شهر اصفهان نشان می‌دهد.



نقشه شماره ۱: موقعیت منطقه ۳ در سطح کشور، استان، شهرستان و شهر اصفهان.

تعاریف و مفاهیم

بحران: بحران یک حادثه طبیعی یا ساخته دست بشر است که به طور طبیعی منجر به مرگ، جراحت و ویرانی می‌شود، به نحوی که نمی‌توان آن را از طریق اقدامات معمول، منابع و تجهیزات محلی مهار کرد. این‌گونه رخدادها نیاز به پاسخ فوری، هماهنگ و مؤثر برای برآوردن نیازهای دارویی، تجهیزاتی و روانی افراد آسیب دیده که به وسیله بخش دولتی و یا خصوصی اعمال می‌شود را دارد (Brower & Charles, 2000: 12). به سخن دیگر بحران به موقعیتی اطلاق می‌شود که بیانگر درجه‌ای از تهدید نسبت به جان مردم، سلامتی آن‌ها و امکانات زندگی ایشان است (Waugh, 2000: 24).

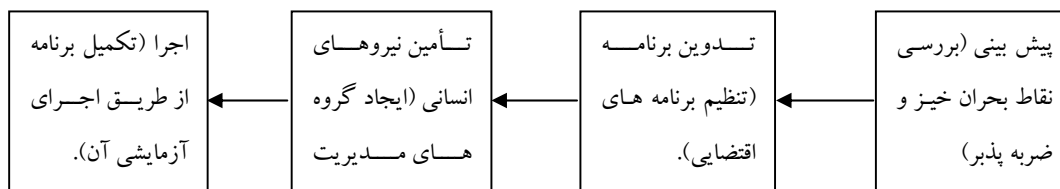
مدیریت: مدیریت عبارت است از حداکثر استفاده مطلوب از منابع موجود (نیروی انسانی، امکانات مالی و امکانات فیزیکی) از طریق اعمال یا نظام مدیریت برای رسیدن به هدفی خاص (www.khorasan.ir).

مدیریت بحران: مدیریت بحران یک علم کاربردی است که به وسیله آن بتوان از بروز بحران‌ها پیشگیری نموده و یا در صورت بروز آن در خصوص کاهش اثرات آن، آمادگی لازم جهت امداد رسانی سریع و بهبود اوضاع اقدام نمود (زبردست و محمدی، ۱۳۸۴: ۳). مراحل برنامه ریزی برای کنترل بحران از چهار مرحله تشکیل می‌شود (نمودار ۱) (رضائیان، ۱۳۸۳: ۳۱).

چرخه مدیریت بحران

پیشگیری و کاهش پیامدها: کاهش احتمال وقوع یا تأثیرات ناشی از بحرانها: در این مرحله موضوع‌های مهمی مانند مقاوم سازی بناها و کاهش تأثیرات غیر سازه ای مطرح هستند.

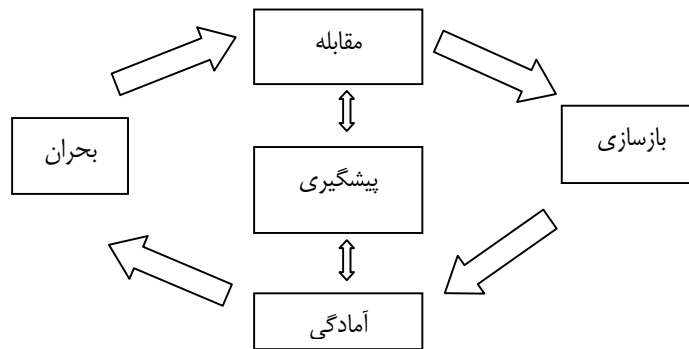
آمادگی (برنامه ریزی و پژوهش، آموزش و مانور): در این مرحله اجزای مهمی نظیر آموزش، پژوهش، مانور، طراحی و برنامه ریزی، ایجاد ساختارهای مدیریتی و مدیریت منابع قرار دارند.



نمودار شماره (۱) مراحل اصلی برنامه ریزی برای کنترل بحران (رضائیان، ۱۳۸۳: ۳۱)

مقابله: ارائه خدمات اضطراری بلافاصله پس از وقوع بحران: در این مرحله فعالیتهای مهمی مانند اجرای طرحهای عملیاتی، استاندارد مدیریت بحران و هماهنگی بین بخشی مد نظر قرار می‌گیرد.

بازسازی: بازگرداندن جامعه به حالت عادی و نه لزوماً حالت پیش از بحران (حسینی جناب و سایمانی مهرجانی، ۱۳۸۳: ۲۱).



نمودار شماره (۲) چرخه مدیریت جامع بحران مأخذ: (حسینی جناب و سایمانی مهرجانی، ۱۳۸۳، ۲۱).

بحث

در این قسمت از پژوهش برای برنامه‌ریزی مدیریت بحران زلزله، منطقه ۳ بر اساس ۷ شاخص انتخاب شده برای آسیب‌پذیری در برابر خطر زلزله مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت برای اولویت‌بندی برنامه‌ریزی در این منطقه، از تکنیک تاپسیس استفاده گردید تا وضعیت نواحی منطقه ۳ در ارتباط با آسیب‌پذیری در برابر زلزله با همدیگر مقایسه و اولویت‌بندی شوند. در ذیل به تشریح تکنیک تاپسیس و مراحل اولویت‌بندی نواحی منطقه ۳ برای برنامه‌ریزی مدیریت بحران پرداخته شده است:

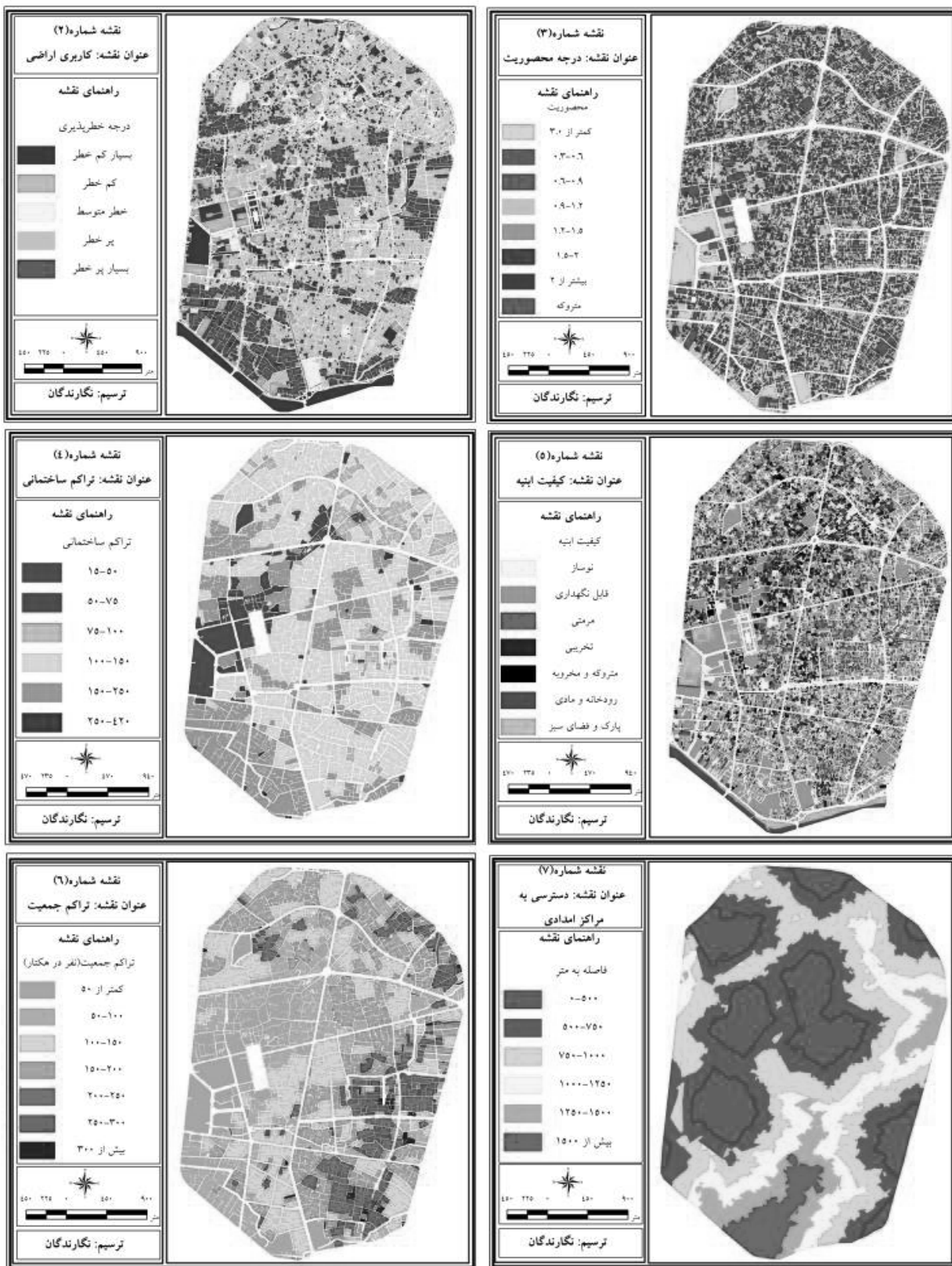
تشریح تکنیک تاپسیس و فرایند عملیاتی شدن آن در این پژوهش

الگوریتم TOPSIS، به عنوان یک تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی بسیار قوی، برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده‌آل است که به تکنیک وزن دهی، حساسیت کمی داشته، پاسخ‌های حاصل از آن، تغییر عمیقی نمی‌کند. این تکنیک یکی از با اهمیت‌ترین روش‌های تحلیلی در مهندسی سیستم، به ویژه در انتخاب‌های محدود از تصمیم‌گیری است (Kou & Xiong, 2009: 110) که در سال ۱۹۸۱ به وسیله هوانگ و یون ارایه گردید. در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۴۱). اصل اساسی تاپسیس این است که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از وضعیت ایده‌آل (بهترین حالت) و دورترین فاصله از وضعیت ایده‌آل منفی (بدترین حالت) داشته باشد (Onut & Soner, 2008: 1554). به عبارت دیگر در این روش، میزان فاصله یک عامل با عامل ایده‌آل مثبت و منفی سنجیده می‌شود و این خود معیار درجه-بندی و اولویت‌بندی عوامل است (شفیعی رودپشتی و میرغفوری، ۱۳۸۷: ۸۲). جهت بهره‌گیری از این تکنیک، مراحل که در ادامه آمده‌اند به اجرا گذاشته می‌شود.

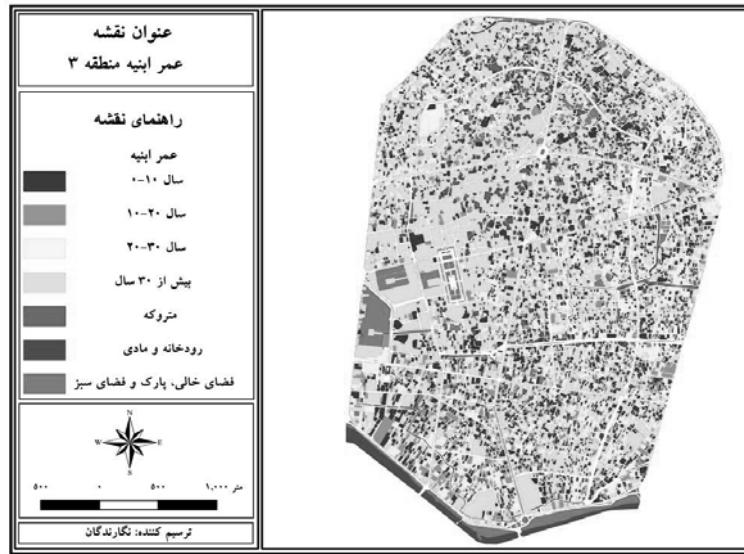
در این پژوهش ابتدا ۵ ناحیه منطقه ۳ بر اساس ۷ شاخص مورد مطالعه که عبارتند از: درجه محصوریت، تراکم جمعیت، تراکم ساختمان، کاربری زمین، کیفیت ابنیه، دسترسی به مراکز امداد و نجات و عمر ابنیه (نقشه‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸) رتبه بندی گردیدند و مشخص شد که هر ناحیه در هر کدام از شاخص‌ها دارای چه وضعیتی می‌باشد. سپس وزن نهایی به دست آمده نواحی در هر کدام از شاخص‌ها به عنوان جدول پایه برای اولویت‌بندی کلی نواحی با همدیگر استفاده گردید که در ذیل مراحل انجام آن آمده است:

تشکیل ماتریس داده‌ها بر اساس n آلترناتیو و m شاخص برای ۷ شاخص موجود:

در این مرحله ۷ شاخص انتخاب شده، هر کدام به زیر معیارهایی تقسیم شده‌اند، جدول شماره (۱) وضعیت نواحی منطقه ۳ در ارتباط با این ۷ شاخص را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر، داده‌ها به شکل نسبی و به درصد تهیه شده‌اند و بالاترین و پایین‌ترین میزان هر شاخص در ماتریس اولیه ثابت بوده (۱۰۰ و ۰) و این جدول به عنوان جدول پایه انتخاب شده است:



نقشه های شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷: کاربری اراضی، درجه محصوریت، تراکم ساختمانی، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت و دسترسی به مراکز امدادی



نقشه شماره ۸: عمر ابنیه منطقه ۳

جدول شماره (۱): ماتریس پایه ۱

| کاربری اراضی | | | | | | کیفیت ابنیه | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|--------------|-------------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| ناحیه ۹ | ناحیه ۸ | ناحیه ۷ | ناحیه ۶ | ناحیه ۵ | زیر معیار | ناحیه ۹ | ناحیه ۸ | ناحیه ۷ | ناحیه ۶ | ناحیه ۵ | زیر معیار |
| ۱۵/۶ | ۱۷/۵ | ۷ | ۷/۸ | ۷/۵ | خیلی کم خطر | ۸/۲۳ | ۱۹/۲۸ | ۱۸/۸۵ | ۱۶/۳۲ | ۱۳/۵ | نوساز |
| ۱۹/۵ | ۷/۴ | ۳/۴ | ۷/۸ | ۵/۸ | کم خطر | ۵۷/۲۹ | ۵۵/۲۲ | ۴۹/۶۹ | ۴۹/۹۱ | ۵۵/۸ | قابل نگهداری |
| ۶/۵ | ۳/۸ | ۵/۱ | ۸/۳ | ۷/۱ | متوسط خطر | ۱۷/۶۴ | ۱۶/۹۷ | ۱۷/۷۹ | ۱۵/۷ | ۱۸/۰۵ | مرمتی |
| ۳۹/۸ | ۳۵/۱ | ۵۵/۵ | ۵۷/۸ | ۵۶/۷ | پر خطر | ۹/۲۱ | ۴/۹ | ۱۰/۷۱ | ۱۳ | ۴/۹۳ | تخریبی |
| ۱۸/۴ | ۳۶ | ۲۷/۸ | ۲۷/۸ | ۲۲/۷ | بسیار پر خطر | ۷/۶ | ۳/۶۱ | ۲/۹۴ | ۵/۰۴ | ۷/۶۹ | متروکه |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | جمع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | جمع |

| فاصله از مراکز امداد رسانی | | | | | | تراکم ساختمانی | | | | | |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|----------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| ناحیه ۹ | ناحیه ۸ | ناحیه ۷ | ناحیه ۶ | ناحیه ۵ | زیر معیار | ناحیه ۹ | ناحیه ۸ | ناحیه ۷ | ناحیه ۶ | ناحیه ۵ | زیر معیار |
| ۳۶/۲۵ | ۴/۱۳ | ۱۶/۵۶ | ۱۷/۹ | ۲۶/۹۶ | ۰-۵۰۰ | ۳۳/۰۹ | ۰/۷۹ | ۰/۵ | ۱/۱۸ | ۰ | ۱۵-۵۰ |
| ۳۹/۹۳ | ۱۳/۸۲ | ۱۹/۱۵ | ۲۶/۰۸ | ۳۱/۰۱ | ۵۰۰/۱-۷۵۰ | ۱/۴ | ۰/۲۲ | ۰/۴۶ | ۰/۹۲ | ۴/۲ | ۵۰-۷۵ |
| ۲۲/۴۷ | ۲۱/۹ | ۲۷/۲۵ | ۳۵/۸۶ | ۳۶/۳۹ | ۷۵۰-۱۰۰۰ | ۱/۵۶ | ۱/۱۹ | ۶/۸۷ | ۲۳/۰۳ | ۵/۰۶ | ۷۵-۱۰۰ |
| ۱/۳۲ | ۲۰/۰۲ | ۲۶/۱۳ | ۱۷/۲۶ | ۵/۲۴ | ۱۰۰۰-۱۲۵۰ | ۴۲/۲۱ | ۴۶/۸۱ | ۶۱/۶۷ | ۶۰/۳۴ | ۷۱/۵۴ | ۱۰۰-۱۵۰ |
| 2E-05 | ۲۱/۱۷ | ۱۰/۸۹ | ۲/۸۷ | ۰/۳۷ | ۱۲۵۰-۱۵۰۰ | ۲۱/۲۲ | ۵۰/۷۳ | ۲۹/۶۸ | ۱۴/۰۵ | ۱۹/۱۹ | ۱۵۰-۲۵۰ |
| ۰ | ۱۸/۹۵ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۳ | بیش از ۱۵۰۰ | ۰/۵ | ۰/۲۳ | ۰/۸ | ۰/۴۶ | ۰ | ۲۵۰-۴۲۰ |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | جمع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | جمع |

| درجه محصوریت | | | | | | تراکم جمعیتی | | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|-------------|--------------|---------|---------|---------|---------|------------|
| ناحیه ۹ | ناحیه ۸ | ناحیه ۷ | ناحیه ۶ | ناحیه ۵ | زیر معیار | ناحیه ۹ | ناحیه ۸ | ناحیه ۷ | ناحیه ۶ | ناحیه ۵ | زیر معیار |
| ۱۷/۰۲ | ۱۶/۶۸ | ۲۰/۶ | ۱۷/۳۴ | ۱۳/۸۶ | کمتر از ۰/۳ | ۵۴/۸ | ۱۱/۶۸ | ۱/۹۸ | ۳/۱۲ | ۶/۲۲ | ۵۰/۱-۱۰۰ |
| ۲۸/۲۹ | ۱۸/۹۴ | ۲۱/۵ | ۱۹/۵۹ | ۱۵/۳۶ | ۰/۳-۰/۶ | ۲۵/۷۲ | ۱۶/۹۷ | ۱۱/۲۴ | ۱۸/۴۹ | ۸/۴۳ | ۱۰۰/۱-۱۵۰ |
| ۱۷/۲۳ | ۱۴/۷۸ | ۱۷ | ۱۸/۴۱ | ۲۲/۰۲ | ۰/۶-۰/۹ | ۱۷/۳۱ | ۲۸/۵۶ | ۲۸/۶۷ | ۲۳/۲۹ | ۴۲/۴۳ | ۱۵۰/۱-۲۰۰ |
| ۱۵/۳۱ | ۱۸/۰۶ | ۱۴/۹ | ۱۷/۲۶ | ۱۶/۴۶ | ۰/۹-۱/۲ | ۱/۱۸ | ۲۳/۶۸ | ۳۹/۳۱ | ۴۰/۲۱ | ۳۵/۹۹ | ۲۰۰/۱-۲۵۰ |
| ۶/۴۹ | ۱۲/۳۱ | ۱۰/۹۴ | ۹/۹۵ | ۱۱/۱۸ | ۱/۲-۱/۵ | ۰/۷۲ | ۱۳/۵۸ | ۳/۱۳ | ۱۰/۴۶ | ۵/۹۷ | ۲۵۰/۱-۳۰۰ |
| ۶/۲۱ | ۹/۸۲ | ۷/۴۲ | ۸/۰۸ | ۱۰/۷۵ | ۱/۵-۲ | ۰/۳۱ | ۳/۸۸ | ۱۲/۹۲ | ۳/۹ | ۰/۵۴ | بیش از ۳۰۰ |
| ۴/۹۵ | ۷/۸ | ۵/۹۴ | ۵/۰۲ | ۶/۹۶ | بیشتر از ۲ | ۰/۰۳۴ | ۱/۶۱ | ۲/۷۱ | ۰/۴۹ | ۰/۳۸ | جمع |
| ۴/۴۵ | ۱/۵۷ | ۱/۶۷ | ۴/۳۱ | ۳/۳۸ | متروکه | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | جمع |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | جمع | | | | | | |

| عمر آبنیه | | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| زیر معیار | ناحیه ۵ | ناحیه ۶ | ناحیه ۷ | ناحیه ۸ | ناحیه ۹ |
| ۰-۱۰ | ۱۳ | ۱۶ | ۱۸/۶ | ۱۸/۹ | ۷/۹۸ |
| ۱۰-۲۰ | ۷ | ۹/۵ | ۱۰/۲ | ۱۶/۲ | ۴/۵۹ |
| ۲۰-۳۰ | ۲۵ | ۲۴/۹ | ۳۱/۳ | ۲۸/۶ | ۹/۹۶ |
| بیش از ۳۰ | ۵۲ | ۴۶ | ۳۸/۴ | ۳۵/۳ | ۷۴/۱۴ |
| متروکه | ۲/۸۹ | ۳/۴ | ۱/۴ | ۰/۷۹ | ۳/۳ |
| جمع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |

مأخذ: محاسبات نگارندگان

استاندارد نمودن داده‌ها و تشکیل ماتریس استاندارد (بی‌مقیاس) ۷ شاخص انتخاب شده: در این مرحله با توجه به رابطه زیر ماتریس استاندارد بی‌مقیاس تهیه گردید:

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{l=1}^m a_{il}^2}} \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

تعیین وزن هر یک از زیر معیارهای شاخص‌ها و ایجاد ماتریس بی‌مقیاس وزین (V):

$$V_{ij} = R_{ij} \times W_{nsn} = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & \dots & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

جهت تعیین وزن معیارها، ترکیبی از روش وزن دهی کارشناسی و رتبه‌ای استفاده شده است. بدین ترتیب که بوسیله یک پرسشنامه، از تعداد مشخصی از کارشناسان خواسته شده است که یک رتبه عددی برای هر معیار تعیین کنند و به با اهمیت‌ترین معیار رتبه ۱ و به معیار بعدی رتبه ۲ و به همین ترتیب سایر معیارها را رتبه‌بندی کنند. لازم به ذکر است که در این پژوهش پس از تهیه پرسشنامه کارشناسان مراحل محاسبه وزن شاخص‌ها در نرم افزار Expert choice صورت پذیرفته است.

روش کار و وزن دهی در نرم افزار Expert choice بدین گونه است:

الف: ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی: این روش یک مقیاس اساسی را با مقادیر از ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می‌گیرد. در این ماتریس اگر معیار A دو برابر معیار B ارجحیت داشته باشد، معیار B به اندازه نصف معیار A ارجح است. توجه کنید که مقایسه هر معیار با خودش امتیاز ۱ را منجر می‌شود (ارجحیت معادل). بنابراین عدد یک در قطر اصلی ماتریس منظور می‌شود (محمودزاده، ۱۳۸۹: ۹۲).

ب: محاسبه وزن معیارها: این مرحله شامل عملیات زیر است: الف- جمع نمودن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دوتایی، ب، تقسیم نمودن هر مؤلفه ماتریس بر مجموعه ستونش (ماتریس حاصل ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده نام دارد. ج- محاسبه میانگین مؤلفه‌ها در هر ردیف از ماتریس نرمال شده، یعنی تقسیم کردن مجموع امتیازات نرمال شده بر هر ردیف بر تعداد معیارها. این میانگین تخمینی از وزن نسبی معیارهای مقایسه شونده را ایجاد می‌کند. جدول شماره (۲) ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد.

ج: تخمین نسبت توافق: در این مرحله اگر مقایسه‌های انجام شده سازگار باشد تعیین خواهد شد. این مرحله شامل عملیات ذیل است: الف- تعیین بردار مجموع وزنی به وسیله ضرب کردن وزن اولین معیار در اولین ستون ماتریس مقایسه دوتایی اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار، در دومین ستون، و این کار را برای تمام معیارها انجام می‌دهیم، سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطرها و تعیین بردار توافق به وسیله تقسیم بردار مجموع وزنی بر وزن معیارها که پیش‌تر تعیین گردید.

جدول شماره (۲): ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری

| وزن نهایی | دسترسی به مراکز امداد و نجات | درجه محصوریت | کاربری اراضی | تراکم ساختمانی | تراکم جمعیت | عمر ابنیه | کیفیت ابنیه | معیارها |
|-----------|------------------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------|-------------|------------------------------|
| ۰/۳۷ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | کیفیت ابنیه |
| ۰/۲۲۹ | ۵ | ۱/۴ | ۳/۴ | ۲/۷ | ۱/۹ | ۱ | ۰/۵ | عمر ابنیه |
| ۰/۱۴۲ | ۳ | ۲/۸ | ۲/۴ | ۱/۸ | ۱ | ۰/۵۲ | ۰/۳۳ | تراکم جمعیت |
| ۰/۰۹۴ | ۲/۲ | ۱/۹ | ۱/۶ | ۱ | ۰/۵۵ | ۰/۳۷ | ۰/۲۵ | تراکم ساختمانی |
| ۰/۰۶۷ | ۱/۶ | ۱/۴ | ۱ | ۰/۶۲ | ۰/۴۱ | ۰/۲۹ | ۰/۲ | کاربری اراضی |
| ۰/۰۵۴ | ۱/۳ | ۱ | ۰/۷۱ | ۰/۵۲ | ۰/۳۵ | ۰/۲۴ | ۰/۱۶ | درجه محصوریت |
| ۰/۰۴۵ | ۱ | ۰/۷۶ | ۰/۶۲ | ۰/۴۵ | ۰/۳۳ | ۰/۲ | ۰/۱۴ | دسترسی به مراکز امداد و نجات |
| ۱ | ۲۱/۱ | ۱۷/۹۶ | ۱۴/۷۳ | ۱۱/۰۹ | ۷/۵۴ | ۴/۶۲ | ۲/۵۸ | مجموع |

مأخذ: نگارندگان

اکنون که بردار توافق محاسبه شده است نیاز به محاسبه مقادیر دو عبارت دیگر داریم، لاند (λ) و شاخص توافق C_J. مقدار λ که برابر با میانگین مقادیر بردار توافق است. محاسبه C_J بر مبنای این واقعیت است که λ همیشه بزرگ‌تر یا مساوی تعداد معیارهای تحت بررسی (n) است و λ = n در صورتی است که ماتریس مقایسه دوتایی یک ماتریس سازگار باشد. بنابراین λ - n می‌تواند ملاکی از میزان سازگاری (توافق) در نظر گرفته شود که به صورت ذیل تعیین می‌گردد:

$$C_J = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad \text{فرمول:}$$

عبارت C_J که از آن به عنوان شاخص توافق یاد می‌شود، ملاکی برای انحراف از توافق تلقی می‌شود. همچنین می‌توان نسبت توافق (C_Q) را به طریق ذیل محاسبه کرد:

$$C_Q = \frac{C_J}{R_J} \quad \text{فرمول:}$$

که در آن R_J شاخص تصادفی است، شاخص تصادفی یک ماتریس مقایسه دوتایی که به صورت توافقی ایجاد شده است. می‌توان نشان داد که R_J بستگی به تعداد مؤلفه‌های مورد مقایسه دارد. نسبت توافق (C_Q) به صورتی طراحی می‌شود که اگر 0/1 ≤ C_Q باشد، سطح قابل قبول توافق را در مقایسه‌های دوتایی نشان می‌دهد اما اگر 0/1 ≥ C_Q باشد، نشانگر قضاوت‌های ناسازگار می‌باشد. در چنین مواردی باید در مقادیر اصلی ماتریس مقایسه دوتایی تجدید نظر و اصلاح شود (محمودزاده، ۱۳۸۹: ۹۴).

سیس این رتبه‌بندی خام از طریق رابطه زیر (مهرگان و دیگران، ۱۳۸۸: ۲۲) به رتبه بندی تعدیل شده تغییر یافته و وزن هر معیار محاسبه گردید:

$$w_p = \frac{R_p}{\sum_{j=1}^m R_{pj}}$$

جدول شماره (۳): ماتریس استاندارد موزون

| کاربری اراضی | | | | | | کیفیت ابنیه | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------------|
| ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | زیر معیار | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | زیر معیار |
| ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | | ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | |
| ۰/۰۲۹۷ | ۰/۰۳۳۳ | ۰/۰۱۳۳ | ۰/۰۱۴۸ | ۰/۰۱۴۲ | خیلی کم خطر | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۱۹ | نوساز |
| ۰/۰۶۴۱ | ۰/۰۲۴۳ | ۰/۰۱۴۱ | ۰/۰۲۵۶ | ۰/۰۱۹ | کم خطر | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۳۴ | ۰/۰۳۰۶ | ۰/۰۳۰۷ | ۰/۰۳۴۴ | قابل نگهداری |
| ۰/۰۶۲۲ | ۰/۰۳۶۳ | ۰/۰۴۸۸ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۶۷ | متوسط خطر | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۶۲ | مرمتی |
| ۰/۰۹۱۳ | ۰/۰۸۰۵ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۳۲ | ۰/۱۳ | پر خطر | ۰/۱۲۰۴ | ۰/۰۶۴ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۰۶۴ | تخریبی |
| ۰/۱۵۵ | ۰/۳۰۳۲ | ۰/۲۳۴ | ۰/۱۵۱ | ۰/۱۹۱ | بسیار پر خطر | ۰/۲۸۱ | ۰/۱۳۳ | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۸۶ | ۰/۲۸۵ | متروکه |

| فاصله از مراکز امداد رسانی | | | | | | تراکم ساختمانی | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|----------------|--------|--------|--------|-------|-----------|
| ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | زیر معیار | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | زیر معیار |
| ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | | ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | |
| ۰/۰۴۳۶ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۱۹۹ | ۰/۰۲۱۵ | ۰/۰۳۲۴ | ۰-۵۰ | ۰/۰۵۳۹ | ۰/۰۰۱۲ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۰۱۹ | ۰ | ۱۵-۵۰ |
| ۰/۰۴۷۹ | ۰/۰۱۶۶ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۳۱۳ | ۰/۰۳۷۲ | ۵۰-۷۵ | ۰/۰۲۱۲ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۶۹ | ۰/۰۱۳۹ | ۰/۰۶۳ | ۵۰/۱-۷۵ |
| ۰/۰۳۳۴ | ۰/۰۳۲۵ | ۰/۰۴۰۵ | ۰/۰۵۳۳ | ۰/۰۵۴۱ | ۷۵-۱۰۰ | ۰/۰۰۶۱ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۹۰۶ | ۰/۰۱۹ | ۷۵/۱-۱۰۰ |
| ۰/۰۰۵ | ۰/۰۷۶۲ | ۰/۰۹۹۴ | ۰/۰۶۵۷ | ۰/۰۱۹۹ | ۱۰۰-۱۲۵ | ۰/۰۴۷۵ | ۰/۰۵۲۷ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۸ | ۱۰۰/۱-۱۵۰ |
| 2E-07 | ۰/۱۹۵۹ | ۰/۱۰۰۸ | ۰/۰۲۶۶ | ۰/۰۰۳۴ | ۱۲۵-۱۵۰ | ۰/۰۷۶۸ | ۰/۱۸۳۶ | ۰/۱۰۷۴ | ۰/۰۵۰۸ | ۰/۰۶۹ | ۱۵۰/۱-۲۵۰ |
| ۰ | ۰/۴۰۰۹ | 1E-05 | 2E-05 | 8E-07 | بیش از ۱۵۰ | ۰/۱۸۳۶ | ۰/۰۸۶ | ۰/۲۹۲۲ | ۰/۱۶۷ | ۰ | ۲۵۰/۱-۴۲۰ |

| درجه محصوریت | | | | | | تراکم جمعیتی | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------------|--------|--------|--------|--------|------------|
| ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | زیر معیار | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | ناحیه | زیر معیار |
| ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | | ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | |
| ۰/۰۱۷۳ | ۰/۰۱۶۸ | ۰/۰۲۰۸ | ۰/۰۱۷۵ | ۰/۰۱۴ | کمتر از ۳ | ۰/۰۴۳۶ | ۰/۰۰۹۳ | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۰۰۲۴ | ۰/۰۰۴۹ | کمتر از ۵۰ |
| ۰/۰۲۶۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۰۴ | ۰/۰۱۸۶ | ۰/۰۱۴۵ | ۳-۶ | ۰/۰۳۵۹ | ۰/۰۳۳۷ | ۰/۰۱۵۷ | ۰/۰۲۵۸ | ۰/۰۱۱۷ | ۵۰/۱-۱۰۰ |
| ۰/۰۲۲۶ | ۰/۰۱۹۴ | ۰/۰۲۲۳ | ۰/۰۲۴۱ | ۰/۰۲۸۹ | ۶-۹ | ۰/۰۱۷۹ | ۰/۰۲۹۶ | ۰/۰۲۹۷ | ۰/۰۲۴۲ | ۰/۰۴۴۱ | ۱۰۰/۱-۱۵۰ |
| ۰/۰۲۸۳ | ۰/۰۳۳۴ | ۰/۰۲۷۵ | ۰/۰۳۱۹ | ۰/۰۳۰۴ | ۹-۱۲ | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۰۳۰۴ | ۰/۰۵۰۴ | ۰/۰۵۱۶ | ۰/۰۴۶۲ | ۱۵۰/۱-۲۰۰ |
| ۰/۰۲۶۳ | ۰/۰۴۹۹ | ۰/۰۴۴۳ | ۰/۰۴۰۳ | ۰/۰۴۵۳ | ۱۲-۱۵ | ۰/۰۰۵۶ | ۰/۱۰۵۳ | ۰/۰۲۴۲ | ۰/۰۸۱۱ | ۰/۰۴۶۳ | ۲۰۰/۱-۲۵۰ |
| ۰/۰۴۴۱ | ۰/۰۶۹۸ | ۰/۰۵۲۷ | ۰/۰۵۷۴ | ۰/۰۷۶۴ | ۱۵-۲۰ | ۰/۰۰۲۵ | ۰/۰۶۳۴ | ۰/۲۱۱۴ | ۰/۰۶۳۹ | ۰/۰۰۸۹ | ۲۵۰/۱-۳۰۰ |
| ۰/۰۷۵۳ | ۰/۱۱۸۶ | ۰/۰۹۰۳ | ۰/۰۷۶۳ | ۰/۱۰۵۸ | بیشتر از ۲۰ | ۰/۰۰۴ | ۰/۱۸۵ | ۰/۳۱۰۹ | ۰/۰۵۶۷ | ۰/۰۴۴۲ | بیش از ۳۰۰ |
| ۰/۲۱۱ | ۰/۰۷۴۵ | ۰/۰۷۹۴ | ۰/۲۰۴۴ | ۰/۱۶۰۳ | متروکه | | | | | | |

| عمر ابنیه | | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| زیر معیار | ناحیه ۵ | ناحیه ۶ | ناحیه ۷ | ناحیه ۸ | ناحیه ۹ |
| ۰-۱۰ | ۰/۰۱۹۹۶ | ۰/۰۲۴۵ | ۰/۰۲۸۵ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۱۲۲ |
| ۱۰-۲۰ | ۰/۰۲۵۹۲ | ۰/۰۳۵۱ | ۰/۰۳۷۷ | ۰/۰۵۹۹ | ۰/۰۱۶۹ |
| ۲۰-۳۰ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۴۴ | ۰/۰۸۰۹ | ۰/۰۷۳۹ | ۰/۰۲۵۷ |
| بیش از ۳۰ | ۰/۱۱۷ | ۰/۱۰۳۹ | ۰/۰۸۶۷ | ۰/۰۷۹۷ | ۰/۱۶۷۵ |
| متروکه | ۰/۲۲۹ | ۰/۲۷ | ۰/۱۱۱۲ | ۰/۰۶۲۷ | ۰/۲۶۲۱ |

مأخذ: محاسبات نگارندگان

مشخص نمودن حالت‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی (بالاترین و پایین‌ترین حالت هر زیر معیار شاخص‌ها):

محاسبه حالت‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی از طریق روابط زیر صورت گرفته است:

$$A^+ = \left\{ (\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \left\{ (\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

در پژوهش حاضر، از آنجایی که داده‌ها به شکل نسبی و به درصد تهیه شده‌اند بالاترین و پایین‌ترین میزان هر شاخص در ماتریس اولیه ثابت بوده (۱۰۰ و ۰) که پس از استاندارد سازی و اعمال وزن، معادل آن‌ها محاسبه و در تکنیک اعمال شد.

تعیین معیار فاصله‌ای برای آلترناتیو ایده‌آل (S_i^+) و آلترناتیو حداقل (S_i^-):

محاسبه حالت‌های آلترناتیو ایده‌آل و آلترناتیو حداقل از طریق روابط زیر صورت گرفته است:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}; i = 1, 2, \dots, m$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}; i = 1, 2, \dots, m$$

محاسبه نزدیکی نسبی گزینه i (A_i) به وضعیت ایده‌آل:

محاسبه حالت‌های آلترناتیو ایده‌آل و آلترناتیو حداقل از طریق روابط زیر صورت گرفته است:

$$CL_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}; 0 \leq SL_i^+ \leq 1; i = 1, 2, \dots, m$$

رتبه‌بندی آلترناتیوها بر اساس میزان CL_i^+ به ترتیب نزولی:

در این راستا $CL_i^+ = 1$ نشان دهنده بالاترین رتبه $CL_i^+ = 0$ نیز نشان دهنده کمترین رتبه است (طاهرخانی، ۱۳۸۶: ۶۴-۶۶). جدول شماره (۴) وزن نهایی بدست آمده هر کدام از نواحی منطقه ۳ در ارتباط با شاخص‌های مورد نظر را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول وضعیت نواحی منطقه ۳ در ارتباط با این شاخص‌ها در ذیل آمده است.

نتیجه نهایی تکنیک تاپسیس برای کلیه معیارها

شاخص درجه محصوریت: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص درجه محصوریت بدین صورت است که ناحیه ۷ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۸ با امتیاز ۴، ناحیه ۵ با امتیاز ۳، ناحیه ۹ با امتیاز ۲ و ناحیه ۶ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۶ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

شاخص کیفیت ابنیه: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص کیفیت ابنیه بدین صورت است که ناحیه ۸ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۷ با امتیاز ۴، ناحیه ۶ با امتیاز ۳، ناحیه ۵ با امتیاز ۲ و ناحیه ۹ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۹ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

جدول شماره (۴): نتیجه نهایی تکنیک تاپسیس برای کلیه معیارها

| کاربری اراضی | | | کیفیت ابنیه | | |
|--------------|------------|---------|-------------|------------|---------|
| رتبه | (CL_i^+) | ناحیه | رتبه | (CL_i^+) | ناحیه |
| ۳ | ۰/۳۶۶۴۱۹ | ناحیه ۵ | ۲ | ۰/۶۲۵۲۰۸ | ناحیه ۵ |
| ۴ | ۰/۳۰۳۲۵۶ | ناحیه ۶ | ۳ | ۰/۵۷۱۸۱۸ | ناحیه ۶ |
| ۲ | ۰/۵۰۷۳۴۶ | ناحیه ۷ | ۴ | ۰/۳۰۳۲۰۲ | ناحیه ۷ |
| ۱ | ۰/۶۶۱۵۴۵ | ناحیه ۸ | ۵ | ۰/۱۳۹۲۹۹ | ناحیه ۸ |
| ۵ | ۰/۲۷۸۱۶۸ | ناحیه ۹ | ۱ | ۰/۷۷۷۴۲ | ناحیه ۹ |

| فاصله از مراکز امداد رسانی | | | تراکم ساختمانی | | |
|----------------------------|------------|---------|----------------|------------|---------|
| رتبه | (CL_i^+) | ناحیه | رتبه | (CL_i^+) | ناحیه |
| ۵ | ۰/۰۸۷۵۳۶ | ناحیه ۵ | ۵ | ۰/۱۸۲۶۱۶ | ناحیه ۵ |
| ۳ | ۰/۱۴۲۸۴۱ | ناحیه ۶ | ۳ | ۰/۴۹۰۹۰۳ | ناحیه ۶ |
| ۲ | ۰/۲۵۱۹۰۵ | ناحیه ۷ | ۱ | ۰/۷۰۲۸۵۸ | ناحیه ۷ |
| ۱ | ۰/۸۸۴۴۷۴ | ناحیه ۸ | ۴ | ۰/۳۹۸۴۲۸ | ناحیه ۸ |
| ۴ | ۰/۰۹۸۳۲۱ | ناحیه ۹ | ۲ | ۰/۵۱۵۵۲۳ | ناحیه ۹ |

| درجه محصوریت | | | تراکم جمعیتی | | |
|--------------|-------------|---------|--------------|------------|---------|
| رتبه | (CL_i^+) | ناحیه | رتبه | (CL_i^+) | ناحیه |
| ۳ | ۰/۶۴۴۸۱۹۱۱۵ | ناحیه ۵ | ۴ | ۰/۱۸۴۰۸۹ | ناحیه ۵ |
| ۱ | ۰/۷۲۹۱۷۴۸۶۵ | ناحیه ۶ | ۳ | ۰/۲۹۰۰۰۱ | ناحیه ۶ |
| ۵ | ۰/۱۶۵۲۲۸۴۸۷ | ناحیه ۷ | ۱ | ۰/۷۹۸۳۰۵ | ناحیه ۷ |
| ۴ | ۰/۲۸۹۹۳۰۳۴۲ | ناحیه ۸ | ۲ | ۰/۵۲۲۳۰۵ | ناحیه ۸ |
| ۲ | ۰/۶۹۷۱۱۱۳۰۲ | ناحیه ۹ | ۵ | ۰/۱۱۱۱۵۲ | ناحیه ۹ |

| عمر ابنیه | | |
|-----------|-------------|---------|
| رتبه | (CL_i^+) | ناحیه |
| ۳ | ۰/۷۰۰۴۴۵۷۵۱ | ناحیه ۵ |
| ۱ | ۰/۷۵۲۰۲۳۰۵۳ | ناحیه ۶ |
| ۴ | ۰/۳۰۳۷۹۵۲۱ | ناحیه ۷ |
| ۵ | ۰/۲۲۸۵۸۰۰۰۱ | ناحیه ۸ |
| ۲ | ۰/۷۵۰۵۸۵۹۱۳ | ناحیه ۹ |

شاخص کاربری اراضی: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص آسیب‌پذیری کاربری اراضی بدین صورت است که ناحیه ۹ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۶ با امتیاز ۴، ناحیه ۵ با امتیاز ۳، ناحیه ۷ با امتیاز ۲ و ناحیه ۸ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۸ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

شاخص تراکم ساختمانی: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص تراکم ساختمانی بدین صورت است که ناحیه ۵ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۸ با امتیاز ۴، ناحیه ۶ با امتیاز ۳، ناحیه ۹ با امتیاز ۲ و ناحیه ۷ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۷ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

شاخص فاصله از مراکز امدادی: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص فاصله از مراکز امدادی بدین صورت است که ناحیه ۵ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۹ با امتیاز ۴، ناحیه ۶ با امتیاز ۳، ناحیه ۷ با امتیاز ۲ و ناحیه ۸ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۸ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

شاخص تراکم جمعیت: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص تراکم جمعیت بدین صورت است که ناحیه ۹ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۵ با امتیاز ۴، ناحیه ۶ با امتیاز ۳، ناحیه ۸ با امتیاز ۲ و ناحیه ۷ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۷ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

شاخص عمر ابنیه: وضعیت نواحی منطقه ۳ از نظر شاخص عمر ابنیه بدین صورت است که ناحیه ۸ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳ دارای بهترین وضعیت می‌باشد. ناحیه ۷ با امتیاز ۴، ناحیه ۵ با امتیاز ۳، ناحیه ۹ با امتیاز ۲ و ناحیه ۶ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شاخص ناحیه ۶ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

در این مرحله از پژوهش امتیاز نهایی هر معیار (مدرج در جدول ۴) مبنای تحلیل نهایی مناطق در کلیه معیارها قرار گرفت و در نهایت با عملیاتی کردن تکنیک تاپسیس، امتیاز نهایی هر ناحیه منطقه ۳ شهر اصفهان از نظر میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله به دست آمد و نواحی بر این اساس رتبه‌بندی نهایی شد. در ذیل به مراحل رتبه‌بندی نهایی اشاره خواهد شد. در این مرحله جدول شماره ۴ مبنای تحلیل نهایی قرار گرفت که به صورت ماتریس پایه در جدول شماره (۵) آمده است.

جدول شماره (۵): جدول پایه ۲

| معیارها ناحیه | کیفیت ابنیه | عمر ابنیه | تراکم جمعیت | تراکم ساختمانی | کاربری اراضی | درجه محصوریت | دسترسی به مراکز امداد و نجات |
|------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|--------------|--------------|------------------------------|
| ناحیه ۵ | ۰/۶۲۵۲۰۸ | ۰/۷۰۰۴۴۵۷۵۱ | ۰/۱۸۴۰۸۹ | ۰/۱۸۲۶۱۶ | ۰/۳۶۶۴۱۹ | ۰/۶۴۴۸۱۹۱۱۵ | ۰/۰۸۷۵۳۶ |
| ناحیه ۶ | ۰/۵۷۱۸۱۸ | ۰/۷۵۲۰۲۳۰۵۳ | ۰/۲۹۰۰۰۱ | ۰/۴۹۰۹۰۳ | ۰/۳۰۳۲۵۶ | ۰/۷۲۹۱۷۴۸۶۵ | ۰/۱۴۲۸۴۱ |
| ناحیه ۷ | ۰/۳۰۳۲۰۲ | ۰/۳۰۳۷۹۵۲۱ | ۰/۷۹۸۳۰۵ | ۰/۷۰۲۸۵۸ | ۰/۵۰۷۳۴۶ | ۰/۱۶۵۲۲۸۴۸۷ | ۰/۲۵۱۹۰۵ |
| ناحیه ۸ | ۰/۱۳۹۲۹۹ | ۰/۲۲۸۵۸۰۰۰۱ | ۰/۵۲۳۳۰۵ | ۰/۳۹۸۴۲۸ | ۰/۶۶۱۵۴۵ | ۰/۲۸۹۹۳۰۳۴۲ | ۰/۸۸۴۴۷۴ |
| ناحیه ۹ | ۰/۷۷۷۴۲ | ۰/۷۵۰۵۸۵۹۱۳ | ۰/۱۱۱۱۵۲ | ۰/۵۱۵۵۲۳ | ۰/۲۷۸۱۶۸ | ۰/۶۹۷۱۱۱۳۰۲ | ۰/۰۹۸۳۲۱ |

استاندارد نمودن داده‌ها و تشکیل ماتریس استاندارد (بی‌مقیاس) از طریق رابطه زیر:

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها و ایجاد ماتریس بی‌مقیاس وزین (V):

$$V_{ij} = R_{ij} \times W_{nn} = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & \dots & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

برای انجام این مرحله از وزن بدست آمده برای شاخص‌های اصلی در نرم افزار Expert choice استفاده گردید (جدول شماره ۲). سپس این رتبه‌بندی خام از طریق رابطه زیر (مهرگان و دیگران، ۱۳۸۸: ۲۲) به رتبه بندی تعدیل شده تغییر یافته و وزن هر معیار محاسبه شد:

$$w_p = \frac{R_p}{\sum_{j=1}^m R_{pj}}$$

مشخص نمودن حالت‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی (بالا‌ترین و پایین‌ترین حالت هر شاخص):

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

تعیین معیار فاصله‌ای برای آترناتیو ایده‌آل (S_i^+) و آترناتیو حداقل (S_i^-):

$$\text{فاصله گزینۀ آم از ایده‌آل مثبت} = S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}; i=1,2,\dots,m$$

$$\text{فاصله گزینۀ آم از ایده‌آل منفی} = S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}; i=1,2,\dots,m$$

محاسبه نزدیکی نسبی گزینه i (Ai) به وضعیت ایده‌آل:

$$CL_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}; 0 \leq SL_i^+ \leq 1; i=1,2,\dots,m$$

رتبه‌بندی آترناتیوها بر اساس میزان CL_i^+ به ترتیب نزولی، در این راستا $CL_i^+ = 1$ نشان دهنده بالاترین رتبه $CL_i^+ = 0$ نیز نشان دهنده کمترین رتبه است (طاهرخانی، ۱۳۸۶: ۶۴-۶۶).

امتیاز و رتبه نهایی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۳ شهر اصفهان در برابر زلزله:

جدول شماره (۶) امتیاز و رتبه نهایی نواحی منطقه ۳ شهر اصفهان در برابر زلزله را نشان می‌دهد. بنابراین اگر قرار باشد برنامه یا طرح با هدف مدیریت بحران زلزله در این منطقه صورت گیرد باید با توجه به وضعیت هر کدام از نواحی و رتبه آن‌ها و همچنین با توجه به رتبه نواحی در هر کدام از شاخص‌های مورد نظر باشد تا بتوان از حداقل امکانات و هزینه‌ها حداکثر بهره را برد لذا در ذیل رتبه هر کدام از نواحی آمده است:

جدول شماره (۶): امتیاز و رتبه نهایی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۳ شهر اصفهان در برابر زلزله

| رتبه نهایی | امتیاز نهایی (CL_i^+) | ناحیه |
|------------|---------------------------|---------|
| ۳ | ۰/۵۹۷۴۱۶ | ناحیه ۵ |
| ۲ | ۰/۶۱۱۶۵۵ | ناحیه ۶ |
| ۴ | ۰/۴۱۱۳۹۳ | ناحیه ۷ |
| ۵ | ۰/۲۵۳۴۴۵ | ناحیه ۸ |
| ۱ | ۰/۶۷۲۵۲۶ | ناحیه ۹ |
| | ۰/۵۰۹۲۸۷ | میانگین |

همان‌گونه که در جدول شماره (۶) آمده وضعیت آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۳ شهر اصفهان بدین ترتیب است که: ناحیه ۸ با رتبه ۵ در بین نواحی منطقه ۳، بهترین وضعیت را دارا می‌باشد. ناحیه ۷ با امتیاز ۴، ناحیه ۵ با امتیاز ۳، ناحیه ۶ با امتیاز ۲ و ناحیه ۹ با امتیاز ۱ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در بین نواحی این منطقه ناحیه ۹ دارای بدترین وضعیت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات، با استفاده مدل تاپسیس برای اولویت بندی نواحی منطقه ۳ شهر اصفهان برای برنامه ریزی مدیریت بحران؛ نتایج حاصل گردید که در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است:

- از لحاظ شاخص کیفیت ابنیه در بین نواحی منطقه ۳، ناحیه ۹ بدترین وضعیت را دارد.
- از لحاظ شاخص خطر زا بودن نوع کاربری در بین نواحی منطقه ۳ ناحیه ۸ بدترین وضعیت را دارد.
- از لحاظ شاخص تراکم ساختمانی ناحیه ۷ منطقه ۳ دارای بدترین وضعیت است.
- از لحاظ شاخص درجه محصوریت ناحیه ۶ منطقه ۳ دارای بدترین وضعیت است.
- از لحاظ شاخص تراکم جمعیت ناحیه ۷ منطقه ۳ دارای بدترین وضعیت است.
- از لحاظ شاخص عمر ابنیه ناحیه ۶ دارای بدترین وضعیت است.
- ناحیه ۹ منطقه ۳ نسبت به سایر مناطق در برابر بحران زلزله آسیب پذیرتر است. بنابراین اگر قرار باشد طرح یا برنامه‌ای برای مقابله با اثرات بحران زلزله در منطقه ۳ شهر اصفهان تدوین گردد، باید ناحیه ۹ این منطقه در اولویت اول برنامه ریزی قرار گیرد.

پیشنهادها

- جلوگیری از افزایش محصوریت خیابان‌ها به ویژه در ناحیه ۶ مانند خیابان سروش، ولی عصر و صغیر اصفهانی و کوچه های منتهی به این خیابان‌ها
- بهتر کردن کیفیت ساختمانهای مرمتی و نوسازی ساختمان‌های مخروبه به ویژه در نواحی ۹ و ۵
- افزایش مقاومت سازه ای ساختمان‌ها به ویژه ساختمان‌های نواحی ۶، ۹ و ۵.
- مقاوم سازی سریع سازه ساختمان‌های کاربریهای تاسیسات و تجهیزات شهری
- شناسنامه فنی ساختمان که در قالب آن همه مراحل ساخت و ساز باید درج شود و تمامی مشخصات فنی آن گزارش شود.
- رعایت حریم‌ها و همجواری‌های کاربری‌های خطر آفرین در منطقه به ویژه در نواحی ۷ و ۸
- ایجاد دسترسی های سریع و مناسب به داخل بافت‌های متراکم مسکونی
- ملزم کردن کلیه ساختمان های مسکونی به داشتن نقشه معماری و نقشه سازه‌ای در هنگام اخذ پروانه ساخت
- استفاده از مصالح با وزن کمتر و مقاومت خمشی بیشتر
- نظارت و کنترل دقیق بر روش‌های اجرا و ساخت مسکن

منابع

- آوازه، آ. و جعفری، ن. (۱۳۸۵): بررسی توانمندی‌ها و محدودیت‌های بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان در مدیریت بحران (برنامه‌ریزی، سازه‌ای و غیرسازه‌ای)، همایش سراسری راهکارهای ارتقاء مدیریت بحران در حوادث و سوانح غیرمترقبه.
- الوانی، م. و دیگران (۱۳۸۸): مدیریت بحران، مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.
- ترابی، ک. (۱۳۸۸): بررسی نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله- مورد مطالعه: منطقه ۶ شهرداری تهران با تأکید بر ناحیه ۱، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی گرایش برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، استاد راهنما: دکتر کیومرث حبیبی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- حبیبی، ک.، شیعه، الف.، و ترابی، ک. (۱۳۸۸): نقش برنامه ریزی کالبدی در کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر خطرات زلزله، آرمانشهر، شماره ۳.
- حسینی جناب، و. و سایمانی مهرجانی، م. (۱۳۸۳)، رویارویی با سوانح طبیعی از منظری دیگر، مجله شهرداریها، شماره ۶۸، تهران.
- حسینی، س.م.، صفری، ح.، حسینی، ف.، ابراهیمی، ع. و جمالی، ع. (۱۳۸۷): بررسی و تحلیل نتایج خصوصی سازی در شرکت‌های واگذار شده بانک صنعت و معدن با رویکرد سنجش عملکرد، فصل‌نامه پژوهش‌نامه بازرگانی، سال دوازدهم، شماره ۴۸ (پاییز).
- رضائیان، ع. (۱۳۸۳): مجموعه مقالات اولین همایش علمی-تحقیقی مدیریت امداد و نجات، انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی هلال احمر ایران، چاپ اول، تهران.
- رهنمائی، م. ت. (۱۳۶۷): روند مطالعات شهری و جایگاه جغرافیای شهری در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سوم، شماره ۳.
- زبردست، الف. و محمدی، ع. (۱۳۸۴)، مکانیابی مراکز امداد رسانی (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چند معیاره AHP، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۱.
- زنگی‌آبادی، علی و نازنین تبریزی (۱۳۸۵): زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، ص ۱۱۵-۱۳۰.
- شفیع‌رودپشتی، م. و میرغفوری، س.ح. (۱۳۸۷): شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر بهبود کیفیت خدمات آموزشی بخش آموزش عالی (مطالعه موردی: دانشکده مدیریت دانشگاه یزد)، مجله آموزش عالی ایران، شماره ۲ (پاییز).
- شیعه، الف. (۱۳۸۲): لزوم تحول مدیریت شهری در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، سال دوم، شماره ۴، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- صنیعی، ر. (۱۳۸۵): تحلیل فضایی آسیب‌پذیری و مدیریت بحران زلزله در بخش مرکزی تهران (مناطق ۱۱ و ۱۲) با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان.
- طاهرخانی، م. (۱۳۸۶): کاربرد تکنیک TOPSIS در اولویت‌بندی مکانی استقرار صنایع تبدیلی کشاورزی در مناطق روستایی، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی، سال ششم، شماره ۳ (پاییز).
- محمودزاده، ح. (۱۳۸۹): کاربرد نرم افزار ArcGIS در برنامه ریزی شهری، چاپ اول، انتشارات علمیران، تبریز.
- عبدلهی، م. (۱۳۸۳) مدیریت بحران در نواحی شهری، سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، چاپ سوم.

- فرجی، الف. و قرخلو، م. (۱۳۸۹) زلزله و مدیریت بحران شهری (مطالعه موردی: شهر بابل)، فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دانشگاه تهران، سال هشتم، شماره ۲۵.
- قائد رحمتی، ص. (۱۳۸۷): تحلیل فضایی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر اصفهان)، پایان‌نامه دکتری تخصصی جغرافیا و برنا مهریزی شهری، استاد راهنما: دکتر علی زنگی‌آبادی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اصفهان.
- مهرگان، م. و دهقان نیروی، م. (۱۳۸۸): رویکرد منسجم BCS-Topsis جهت ارزیابی دانشکده‌های مدیریت برتر دانشگاه‌های استان تهران، مجله مدیریت صنعتی، شماره ۲.
- پایگاه اطلاع رسانی منطقه ۳ شهر اصفهان.
- Alexander, D. (2002). "principles of Emergency and Managements" Oxford University Press.
- Bin, LIU et al(2003), The Restoration Planning Of Road Network In Earthquake Disasters, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October, page 526-539.
- Brower, D., J & Charles, Bohl(2000): Principle and practice of hazard mitigation Emmetsburg, MD: FEMA. Emergency management higher education college course, April.
- 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.
- Kou, Ying & Xiong, Jiagen (2009); Entropy-based Improved TOPSIS as a Measure of Selecting Partner in Strategic Alliance, International Journal of Business and Management Economy, Volume 1, Issue, No.6.
- Nojima, N, Sugito, M(2000), Simulation And Evaluation Of Post-Earthquake Functional Performance Of Transportation Network , 12 WCEE ,1927/7/A
- Önüt, Semih & Soner, Selin (2008); Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment, Waste Management, Volume 28, Issue 9.
- Waugh, William (2000): Living With Hazards/Dealing with Disaster an Introduction to Emergency Management. Armonk, New York: M.E. sharper, Inc.
- www.khorasan.ir