پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ٤٦، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۳
ص. ۱۰۱-۸۵

مکان‌یابی مراکز امدادرسانی در شهر یزد با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای و GIS FUZZY

محمدرضا رضایی* ـ استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد
صفر قائدرحمتی ـ استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس
سید مصطفی حسینی ـ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۷/۱۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۴/۱۶

چکیده

تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار مراکز امدادرسانی هنگام وقوع بحران‌ها، یکی از برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدتی است که به‌منظور مدیریت بحران انجام می‌گیرد. اهداف این پژوهش، ارائهٔ الگویی مناسب و کاربردی برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی در شهر یزد و انتخاب مکان‌های مناسب، به‌منظور احداث مراکز امدادرسانی به هنگام وقوع بحران‌ها در شهر یزد هستند. این پژوهش به‌لحاظ هدف کاربردی بوده و روش بررسی آن توصیفی ــ تحلیلی و اسنادی است. برای این کار نخست با استفاده از روش دلفی شانزده معیار اصلی و مؤثر در مکان‌یابی این مراکز، در چارچوب شش خوشه شناسایی شدند. سپس با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان و فرایند تحلیل شبکه‌ای، وزن نهایی هر یک از معیارها تعیین شد. پس از آن با آماده‌سازی و تلفیق لایه‌های مربوط به هر معیار با وزن آن معیار در فرایند تحلیل شبکه‌ای و استفاده از عملگرهای اجتماع فازی و اشتراک فازی، مکان‌های مناسب برای مراکز امدادرسانی در شهر یزد مشخص شدند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که چگونه می‌توان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را با سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصان برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی تلفیق کرد. از این رو، الگوی ارائه‌شده در این پژوهش می‌تواند در مکان‌یابی سایر کاربری‌های شهری، به‌ویژه مراکز امدادرسانیِ شهرهای مختلف، مورد استفاده قرار گیرد. به‌دلیل قرارگیری مساحت بزرگی از بافت فرسودهٔ یزد در بخش مرکزی و نواحی اطراف آن، پیشنهاد می‌شود با وجود تمرکز مکان‌های تعیین‌شده در این محدوده، تصمیماتی جامع و کاربردی برای نوسازی و بهسازی بافت‌های فرسودهٔ این شهر انجام گیرد تا ضمن کاهش خسارت‌های ناشی از بحران‌ها، از فشارهای جمعیتی به این مراکز در زمان بحران‌ها کاسته شود.

کلیدواژه‌ها: شهر یزد، فرایند تحلیل شبکه‌ای، مراکز امدادرسانی، مکان‌یابی، GIS FUZZY.

* نویسندهٔ مسئول : ۰۹۱۲۶۱۷۷۹۵۲
E-mail: m_re84@yahoo.com

مقدمه

امروزه حدود سه‌چهارم مردم دنیا در مناطقی زندگی می‌کنند که دست‌کم وقوع یکی از چهار عامل عمدهٔ مرگ‌ومیر ناشی از مخاطرات؛ یعنی زمین‌لرزه، سیل، طوفان و خشکسالی را تجربه کرده‌اند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۹). همچنین بروز بلایای طبیعی در دهه‌ای که گذشت، هرساله بیش از ۲۰۰ میلیون نفر را دچار آسیب‌های جانی و مالی کرد که در این میان، ساخت‌وسازهای غیر اصولی و در مناطق خطرناک، رعایت‌نکردن فاصلهٔ کاربری‌های حساس و مناطق مسکونی از حریم گسل‌ها و مسیل‌ها، وجود ساختارهای نامطلوب و فرسودهٔ شهری همراه با زیرساخت‌های شهری نامناسب، موجب افزایش ریسک خطر سکونتگاه‌های انسانی در برابر حوادث و بحران‌های طبیعی و غیر طبیعی شده است (هابیتیت، ۲۰۰۳). کشور ایران با توجه به قرارگیری در مسیر کمربند کوه‌زایی آلپ ـ هیمالیا و برخورداری از اقلیم متغیر و ناپایداری‌های موقت و مقطعی، به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناختی خود، طی سال‌های گذشته بلایای تاریخی بسیاری را در بیشتر شهرهایش تجربه کرده است (عبدالهی، ۱۳۸۳: ۲۶). وقوع ۳۱ مورد از ۴۰ نوع بلایای طبیعی جهان در ایران، باعث شده است که یکی از کشورهای بلاخیز دنیا شمرده شود. بنابراین اقدامات و تلاش‌هایی برای دست‌یابی عملی به روش‌ها و راه‌کارهایی منسجم، به‌منظور مقابله و برخوردی منطقی در به حداقل رساندن ابعاد فاجعه‌آمیز چنین رخدادهایی، لازم و ضروری است.

مکان‌یابی مراکز امدادرسانی جزئی کوچک از مرحلهٔ آمادگی در برابر حوادث است که می‌تواند استقرار سریع سازمان‌ها و مراکز امدادرسانی را برای اجرای سریع و مؤثر عملیات نجات و جست‌وجو به همراه داشته باشد.

شهر یزد یکی از شهرهای میانی کشور با جمعیتی حدود ۵۵۰۹۰۹ نفر (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰)، به‌دلیل داشتن مسائل و مشکلاتی چون قرارگیری در مسیر گسل دهشیر (نایین ـ بافت) در غرب و گسل انار در شرق و احتمال قریب‌الوقوع زلزله، وزش بادهای تند و بروز طوفان‌های شن، خشت و گِل بودن مصالح بخش اعظمی از منازل مسکونی شهر، نبود سلسله‌مراتب خدماتی در سطح شهر، متناسب‌نبودن شبکهٔ حمل و نقلی معابر سطح شهر با نیازهای امروزه، فرسوده‌بودن بیش از ۲۶۰۰ هکتار از ۱۳ هزار ۴۶۵ هکتار کل مساحت شهر و قرار گرفتن بافت تاریخی ۷۰۰ هکتاری این شهر در مرکز بافت فرسوده (کلانتری و حاتمی نژاد، ۱۳۸۵: ۸۹)، سبب شده است که این شهر در هنگام وقوع بحران‌ها و حوادث طبیعی، به‌ویژه زلزله، بسیار آسیب‌پذیر باشد. بنابراین برای آمادگی به‌منظور مقابله با بحران‌ها و با توجه به اصل مصونیت امدادرسانی در هنگام وقوع حوادث، پاسخ به پرسش‌های زیر مورد توجه برنامه‌ریزان و مسئولان مدیریت شهری شهر یزد قرار گرفته است.

- پارامترها و عوامل تأثیرگذار برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی در هنگام وقوع حوادث و بحران‌ها در شهر یزد کدامند؟
- مکان‌های مناسب برای احداث مراکز امدادرسانی در سطح شهر یزد کجاست؟

بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با استفاده و تلفیق فرایند تحلیل شبکه (ANP) با سیستم اطلاعات جغرافیایی و عملگرهای فازی، ضمن تعیین مکان‌های مناسب برای احداث مراکز امدادرسانی در هنگام وقوع بحران‌ها در شهر یزد، الگویی مناسب و کاربردی برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی ارائه شود.

مبانی نظری

مدیریت بحران

مدیریت بحران فرایندی است برای پیشگیری از بحران‌ها یا به حداقل رساندن آثار آن به هنگام وقوع. برای انجام این فرایند باید بدترین وضعیت‌ها را برنامه‌ریزی کرد و سپس در جست‌وجوی روش‌هایی برای اداره و حل آن بود (رودولف، ۱۹۸۶: ۱۵). همچنین پیرسون و کلایر، مدیریت بحران را تلاش نظام‌یافتهٔ اعضای سازمان همراه با ذی‌نفعان خارج از سازمان، برای پیشگیری از بحران‌ها یا مدیریت اثربخش آن در زمان وقوع بحران می‌نامند (مک‌کانکی، ۱۹۷۸: ۸). به‌گفتهٔ دیگر مدیریت بحران را می‌توان فرایند برنامه‌ریزی، سازماندهی، رهبری، هماهنگی، کنترل و پشتیبانی بحران تعریف کرد (میچل، دیواین و جاگر، ۱۹۸۹: ۳۹۱). مدیریت بحران شامل چهار مرحله به شرح زیر است:

الف) پیشگیری: مجموعه اقداماتی است که با هدف جلوگیری از وقوع حوادث یا کاهش آثار زیانبار آن، سطح خطرپذیری جامعه را ارزیابی کرده و با مطالعات و اقدامات لازم، سطح آن را تا حد قابل قبول کاهش می‌دهد.

ب) آمادگی: مجموعه اقداماتی است که توانایی جامعه را در انجام مراحل مختلف مدیریت بحران افزایش می‌دهد و شامل جمع‌آوری اطلاعات، برنامه‌ریزی، سازماندهی، ایجاد ساختارهای مدیریتی، آموزش، تأمین منابع و امکانات، تمرین و مانور است.

ج) مقابله: انجام اقدامات و ارائهٔ خدمات اضطراری به‌دنبال وقوع بحران است که با هدف نجات جان و مال انسان‌ها، تأمین رفاه نسبی برای آنها و جلوگیری از گسترش خسارات انجام می‌شود. عملیات مقابله شامل اطلاع‌رسانی، هشدار، جست‌وجو، نجات و امداد ، بهداشت و درمان، تأمین امنیت، ترابری، ارتباطات، فوریت‌های پزشکی، تدفین، دفع پسماندها، مهار آتش، کنترل مواد خطرناک، سوخت‌رسانی، برقراری شریان‌های حیاتی و سایر خدمات اضطراری مربوطه است.

د) بازسازی و بازتوانی: بازسازی شامل کلیهٔ اقدامات لازم و ضروری پس از وقوع بحران است که برای بازگرداندن وضعیت عادی به مناطق آسیب‌دیده با در نظر گرفتن ویژگی‌های توسعهٔ پایدار، ضوابط ایمنی، مشارکت‌های مردمی و مسائل فرهنگی، تاریخی، اجتماعی منطقهٔ آسیب‌دیده انجام می‌گیرد. بازتوانی نیز شامل مجموعه اقداماتی است که برای بازگرداندن شرایط جسمی، روحی و روانی و اجتماعی آسیب‌دیدگان به حالت طبیعی به انجام می‌رسد (شکیب و مقدسی، ۱۳۸۵: ۵۴-۵۲ و یاور و میرطاهری، ۱۳۸۸).

امدادرسانی

فرایند امدادرسانی شامل کلیهٔ اقداماتی است که در لحظات پس از وقوع بحران به مرحلهٔ اجرا گذاشته می‌شوند. این اقدامات برای نجات جان انسان‌ها و حفظ اموال و دارایی‌ها و همچنین برطرف‌کردن خسارات وارده انجام می‌گیرد (ناطق‌الهی، ۱۳۷۷: ۱۱۵).

فرایند تحلیل شبکه‌ای

فرایند تحلیل شبکه‌ای، گسترش‌یافتهٔ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است (ساعتی، ۲۰۰۴: ۲۱). بنابراین علاوه‌بر داشتن

ویژگی‌های مثبت آن، ازجمله سادگی، انعطاف‌پذیری و به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور همزمان، می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختاری شبکه‌ای به جای ساختار سلسله‌مراتبی دربرگیرد. تفاوت بین ساختار سلسله‌مراتبی و شبکه‌ای در این است که در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، روابط بین سطوح تصمیم‌گیری یک‌طرفه و سلسله‌مراتبی بوده و هر سطح تصمیم‌گیری تنها به سطح بالایی وابسته است (گینسر، ۲۰۰۶). این محدودیت عمدهٔ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، سبب شد تا توماس ال ساعتی، فرایند تحلیل شبکه‌ای را برای بررسی روابط پیچیدهٔ داخلی بین سطوح مختلف تصمیم و معیارها ارائه دهد. وی روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی را برای حل مسائلی که بین گزینه‌ها و معیارها حالت استقلال وجود دارد و روش فرایند تحلیل شبکه‌ای را برای حل مسائلی که وابستگی بین گزینه‌ها و معیارها دارند، پیشنهاد کرده است (ارتی، ران و تزکایا، ۲۰۰۶: ۲۴۲). فرایند تحلیل شبکه‌ای در چهار مرحله انجام می‌گیرد (چانگ، لی و پیرن، ۲۰۰۵: ۲۱).

تلفیق مدل‌های تصمیم‌گیری با سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی

نقش سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پیاده‌سازی مدل منطقی (مرحله‌به‌مرحله) تصمیم‌گیری برای اختصاص کاربری زمین، انتخاب مناسب‌ترین و بهترین مکان، ارزیابی گزینه‌های مناسب و انتخاب نتایج منسجم است (جانکوسکی، ۱۹۹۵: ۲۷۰). امروزه مکان‌یابی عناصر مختلف شهری، از ترکیب یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با سیستم اطلاعات مکانی انجام می‌گیرد که این تلفیق مشکلاتی را نیز به همراه دارد. اول آنکه ورود داده‌ها به داخل فرایند ارزیابی چندمعیاری مبتنی بر GIS، معمولاً با بی‌دقتی و ابهام همراه است؛ در حالی‌که فرض موجود در مدل‌ها این است که داده‌های ورودی دقیق و صحیح هستند. مشکل دوم مربوط به استانداردسازی معیارهای غیرمتجانس است. سومین مشکل تنوع بسیار قواعد تصمیم‌گیری چندمعیاری است که انتخاب بهترین روش را از میان روش‌های موجود برای یک کاربری خاص مشکل ساخته است (عدیلی، ۱۳۸۷: ۱۹)، اما هدف نهایی سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، ایجاد پشتیبانی برای تصمیم‌گیری است. قابلیت‌های GIS در پشتیبانی تصمیمات فضایی، در سه مرحلهٔ اصلی از فرایند تصمیم‌گیری تحلیل می‌شود: آگاهی، طراحی و انتخاب (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱).

معرفی معیارها

مکان‌یابی مراکز امدادرسانی با معیارهای مختلفی در ارتباط است که بی‌توجهی و نادیده‌گرفتن آنها، نه‌تنها منجر به هدر رفت هزینه و اتلاف وقت و درنتیجه استقرار کاربری در مکان نامناسب با شرایط موجود می‌شود، بلکه در هنگام وقوع حوادث به‌دلیل آسیب‌پذیر بودن محل استقرار سازمان‌ها و مراکز امدادرسان، خود می‌تواند بحرانی در بطن بحران باشد. به همین دلیل هنگام مکان‌یابی این‌گونه مراکز، دست‌کم باید معیارهای اصلی که مصونیت این مراکز را تضمین می‌کند در نظر گرفته شود. در این پژوهش از شش خوشه با شانزده معیار اصلی و اولویت‌دار به شرح زیر، برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی استفاده شده است.

عملکرد جمعیتی: با توجه به نظر کارشناسان این خوشه با معیار تراکم جمعیت، مهم‌ترین عامل در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی به‌شمار می‌رود. تراکم جمعیت از دو دیدگاه، تراکم جمعیت ساکن در مکان و جمعیت مراجعه‌کننده به مکان، مطالعه و بررسی می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه یکی از اهداف اصلی مکان‌یابی مراکز مدیریت بحران، خدمات‌رسانی به جمعیت بیشتر است، باید در مکان‌یابی آنها به میزان و نحوهٔ پراکندگی جمعیت توجه ویژه شود.

ویژگی‌های کالبدی: از آنجاکه هنگام وقوع حوادث، بیشترین خسارات جانی و مالی به مناطقی با کیفیت ساختمانی پایین وارد می‌شود، از این رو استقرار مراکز امدادرسانی در این مناطق، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش خسارات پس از بحران داشته باشد. همچنین با توجه به اینکه لازمهٔ خدمات‌رسانی سریع، وجود فضای مناسب و کافی برای استقرار سازمان‌ها و مراکز امدادرسانی است، بنابراین در این مقاله دو معیار کیفیت ابنیه و مساحت مناسب کاربری، در قالب خوشهٔ ویژگی‌های کالبدی در نظر گرفته شده است.

حریم کاربری‌های سازگار: کاربری‌هایی که در حوزهٔ نفوذ یکدیگر قرار می‌گیرند، باید از نظر سنخیت و همخوانی فعالیت با یکدیگر منطبق بوده و باعث مزاحمت و مانع انجام فعالیت یکدیگر نشوند (بحرینی، ۱۳۷۷: ۱۹۲)؛ یعنی کاربری‌هایی که در حوزهٔ نفوذ یکدیگر قرار دارند، ضمن آنکه نباید مانع ایفای نقش و عملکرد یکدیگر شوند، به‌نوعی در راستای ارائهٔ خدمات مکمل یکدیگر باشند. در این مقاله با مطالعهٔ روابط میان کاربری‌ها با یکدیگر و تأثیراتی که کاربری‌ها روی همدیگر دارند و نیز نظر کارشناسان، کاربری‌هایی چون فضای باز و سبز، آتش‌نشانی، بیمارستان و مسکونی که می‌توانند ارتقای مدیریت بحران را هنگام وقوع حوادث به همراه داشته باشند، به‌منزلهٔ معیارهای خوشهٔ کاربری‌های سازگار در نظر گرفته شدند.

مشخصات زمین‌شناسی: در مکان‌یابی هر نوع کاربری، عوامل و ویژگی‌های طبیعی زمین نقش مهم و مؤثری دارد؛ به‌گونه‌ای که مکان‌یابی و احداث کاربری‌های حساسی چون مراکز امدادرسانی، بدون توجه به ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناسی، علاوه‌بر ایجاد محدودیت، در خدمات‌رسانی نیز می‌تواند خطرات و خسارات جبران‌ناپذیری را به همراه داشته باشد. در این پژوهش، شیب زمین و فاصله از گسل در چارچوب معیارهای خوشهٔ مشخصات زمین‌شناسی در نظر گرفته شده‌اند.

حریم کاربری‌های ناسازگار: یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، مکان‌یابی برای کاربری‌های گوناگون در سطح شهر و جداسازی کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر است (سعیدنیا، ۱۳۷۸: ۲۴). با توجه به اینکه هدف از جداسازی کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر، جلوگیری از اختلال در عملکرد کاربری‌های همجوار است، بنابراین در پژوهش حاضر کاربری‌هایی چون پمپ بنزین، پمپ گاز، قنات و ساختمان‌های بلندمرتبه، به‌لحاظ ماهیت عملکردی و خطرسازبودن، معیارهای خوشهٔ ناسازگاری در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی انتخاب شدند.

دسترسی به شبکهٔ ارتباطی: در شرایط عادی راه‌ها و شبکه‌های ارتباطی را می‌توان از مهم‌ترین ویژگی‌های یک شهر دانست که بازتاب کالبدی مفهوم نیاز به دسترسی هستند و می‌توانند سبب افزایش مطلوبیت و ارتقای کیفیت زندگی

شوند. اما با وقوع حوادث و ایجاد شرایط بحرانی، شبکهٔ ارتباطی و دسترسی به‌دلیل نجات و تداوم حیات انسانی، از اهمیتی چند برابر بیشتر از شرایط عادی برخوردار می‌شود. از این رو در پژوهش پیش رو، راه شریانی درجه ۱، راه شریانی درجه ۲ و خیابان‌های محلی، معیارهای خوشهٔ شبکهٔ ارتباطی انتخاب شده‌اند. جدول ۱، خوشه‌ها و معیارهای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی را به همراه ضوابط نشان می‌دهد.

جدول ۱. معیارها و ضوابط مکان‌یابی مراکز امدادرسانی

خوشه	معیار	ضوابط
عملکرد جمعیتی	تراکم جمعیت	حداقل فاصله با نواحی با تراکم بالای مسکونی*
ویژگی‌های کالبدی	کیفیت ابنیه	حداقل فاصله با مناطق مسکونی فرسوده**
	مساحت کاربری	حداقل ۲۰۰۰متر مربع*
کاربری‌های سازگار	فضای باز و سبز	مطلوب‌ترین فاصله با این فضاها، ۵۰۰ متر*
	آتش‌نشانی	مطلوب‌ترین فاصله با این کاربری، ۲۰۰۰ متر**
	بیمارستان	مطلوب‌ترین فاصله با این کاربری، ۱۵۰۰ متر**
	مسکونی	حداقل فاصله*
مشخصات زمین‌شناسی	شیب زمین	حداکثر ۶ درجه**
	گسل	حریم ۲۰۰ متر*
کاربری‌های ناسازگار	پمپ بنزین	حریم ۲۰۰ متر*
	پمپ گاز	حریم ۲۰۰ متر*
	قنات	حریم ۱۰۰ متر*
	ساختمان‌های بلندمرتبه	حریم ۵۰ متر**
دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	راه شریانی درجه ۱	مطلوب‌ترین فاصله با این معابر، ۲۰۰ متر*
	راه شریانی درجه ۲	مطلوب‌ترین فاصله با این معابر، ۱۰۰ متر*
	خیابان‌های محلی	مطلوب‌ترین فاصله با این معابر، ۵۰ متر*

* این ضوابط را سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران تعیین کرده است.

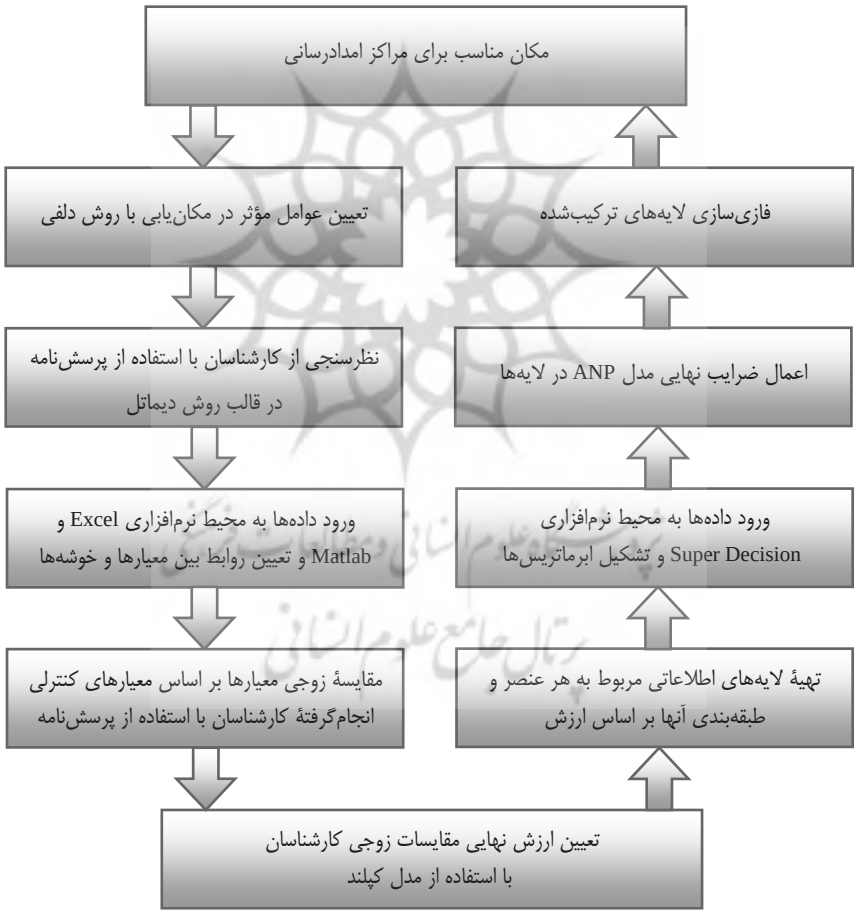
** این ضوابط براساس نظر کارشناسان اعمال شده است.

منبع: پژوهشگران

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی بوده و روش بررسی آن توصیفی ـ تحلیلی است. در این پژوهش با استفاده از روش دلفی، پارامترهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی مراکز امدادرسانی هنگام وقوع بحران شناسایی شدند. سپس با توزیع ۷۳ پرسش‌نامه در قالب روش دیماتل بین مسئولان و خبرگان شهر یزد و کارشناسان و متخصصان مدیریت بحران و ورود داده‌های حاصل از آن به محیط نرم‌افزار متلب، روابط بین معیارهای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی و معیارهای کنترلی شناسایی و تعیین شدند. سپس با تهیهٔ پرسش‌نامهٔ وزن‌دهی ۱ تا ۹ توماس ال ساعتی و توزیع آن بین کارشناسان و

متخصصان مرحلهٔ قبل، مقایسه‌های زوجی معیارها با توجه به معیارهای کنترلی و هدف پژوهش، انجام گرفت. در مرحلهٔ بعد با استفاده از مدل کپلند، ارزش نهایی مقایسات زوجی صورت‌گرفته از سوی کارشناسان به‌دست آمد و نتایج حاصل از آن وارد محیط نرم‌افزاری Super Decisions شدند. سپس برای تعیین ضریب و ارزش نهایی معیارها با محاسبهٔ نتایج اولیهٔ هر ماتریس و ترکیب آنها با یکدیگر، ابتدا ابرماتریس غیر وزنی تشکیل شد. سپس با نرمالیزه‌کردن آن ابرماتریس وزنی، ابرماتریس حدی به‌دست آمد. پس از آن با محاسبهٔ نتایج ماتریس خوشه‌ها و نرمال‌سازی ضریب عناصر در ابرماتریس حدی، نتیجهٔ نهایی عناصر و اولویت‌بندی آنها مشخص شد. درنهایت با تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی و طبقه‌بندی آنها بر اساس میزان ارزش در محیط GIS و ضرب وزن نهایی معیارهای حاصل از فرایند تحلیل شبکه‌ای در لایهٔ فازی‌سازی‌شده، مکان‌های مناسب برای مراکز امدادرسانی روی نقشه شناسایی شدند.

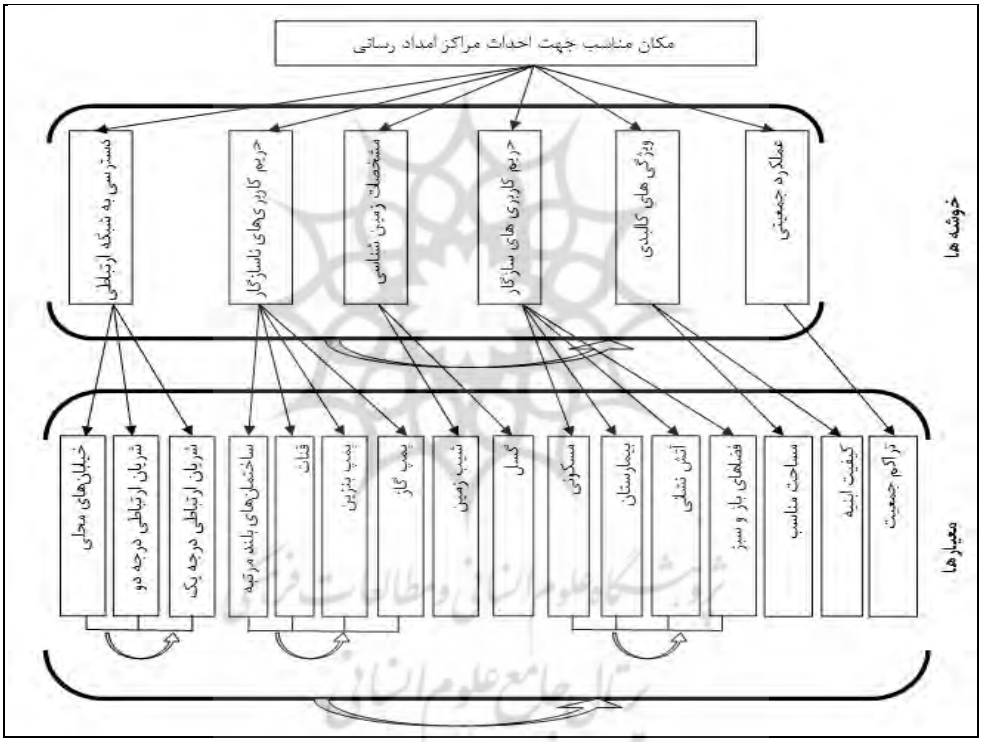


شکل ۱. روش‌شناسی مکان‌یابی مراکز امدادرسانی

بحث و یافته‌ها

با توجه به پیچیده‌بودن و تأثیر عوامل مختلف در مکان‌یابی مراکز امداد و نجات، ابتدا با مطالعهٔ منابع کتابخانه‌ای و استفاده از نظرات کارشناسان سازمان مدیریت بحران، خوشه‌ها و معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی،

شناسایی شد، اما به‌دلایلی چون کمبود لایه‌های اطلاعاتی و حتی نبود آن برای بعضی خوشه‌ها و معیارها، خوشه‌ها و معیارهای اصلی و اولویت‌دار مشخص شدند. سپس برای تعیین آثار، روابط و ارتباطات بین خوشه‌ها و معیارها، پرسش‌نامه‌ای با استفاده از مدل دیماتل طراحی شد و از کارشناسان و مسئولان شهر یزد و متخصصان مدیریت بحران درخواست شد با توجه به روابط علت و معلولی بین عوامل و پارامترها، به هر عامل در ارتباط با عامل دیگر، ارزشی بین صفر تا پنج داده شود. در مرحلهٔ بعد با ورود داده‌های حاصل از نظرات کارشناسان به محیط نرم‌افزاری اکسل و متلب، روابط بین معیارها در قالب شبکه تعریف شدند. شکل ۲ ساختار شبکه‌ای مسئله را نشان می‌دهد. در این شکل روابط بیرونی بین عوامل با پیکان‌های راست و روابط درونی بین عوامل با پیکان‌های کمان‌دار نشان داده شده است.



شکل ۲. ساختار شبکه‌ای مراکز امدادرسانی و روابط درونی و بیرونی عناصر

منبع: پژوهشگران

مرحلهٔ اول: مقایسات زوجی عناصر مراکز امدادرسانی

در این مرحله خوشه‌ها و معیارهای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی، ضمن مقایسهٔ زوجی نسبت به یکدیگر، بر اساس معیارهای کنترلی و روابط درونی خود و برمبنای مقیاس نُه کمیتی ساعتی با نظر کارشناسان، در قالب پرسش‌نامه به‌صورت زوجی مورد مقایسه قرار گرفتند. سپس به‌دلیل رتبه‌بندی متفاوت کارشناسان، برای رسیدن به اجماع و نیز رتبه‌بندی جامع‌تر عناصر، از روش ادغام نتایج کپلند که بهترین روش ادغام نتایج به‌شمار می‌رود، استفاده شد. سپس نتایج حاصل از آن برای انجام مراحل بعدی به محیط نرم‌افزاری Super Decisions وارد شدند.

مرحلهٔ دوم: تشکیل سوپرماتریس غیر وزنی

در فرایند تحلیل شبکه‌ای، تمام خوشه‌ها و معیارها و زیرمعیارها با هم در ارتباط و کنش متقابل هستند، بنابراین اهمیت و اولویت هر معیار و زیرمعیار از مقایسهٔ زوجی به‌دست می‌آید. سپس برای تعیین اولویت‌های نهایی[1] در یک سیستم که متأثر از وابستگی‌ها و روابط درونی است، بردارهای اولویت کوچک و اولیه، به‌تناسب در ستون‌های ماتریس وارد می‌شوند که این ماتریس، سوپرماتریس غیر وزنی نامیده می‌شود. نتایج سوپرماتریس غیر وزنی در جدول ۲ نشان داده شده است.

سوپر ماتریس غیر وزنی درعمل یک ماتریس بخش‌بندی‌شده[2] است که هر بخش آن بیانگر ارتباط بین دو گروه (جزء یا دسته) در یک سیستم است. به‌گفتهٔ دیگر، سوپر ماتریس غیر وزنی را می‌توان همان نتایج ماتریس‌های اولیه دانست که در کنار یکدیگر قرار گرفته و ترکیب شده‌اند.

مرحلهٔ سوم: تشکیل سوپرماتریس وزنی

درواقع ستون‌های سوپرماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک است؛ اگرچه متناسب با بردارهای ویژه‌ای که در ستون وجود دارد، ممکن است جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک شود. برای آنکه از عناصر ستون مناسب با وزن نسبی‌شان فاکتور گرفته شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. درنتیجه ماتریس جدیدی به‌دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود. این موضوع شبیه به زنجیرهٔ مارکوف است که جمع احتمالی همهٔ وضعیت‌ها برابر یک است. ماتریس جدید، ماتریس وزنی یا ماتریس استوکاستیک گفته می‌شود. جدول ۳ نتایج حاصل از سوپر ماتریس وزنی مکان‌یابی مراکز امدادرسانی را نشان می‌دهد.

مرحلهٔ چهارم: تشکیل سوپرماتریس حد

هدف از به حد رساندن سوپرماتریس موزون این است که تأثیر درازمدت هر یک از عناصر آن در یکدیگر به‌دست آید. برای واگرایی ضریب اهمیت هر یک از عناصر ماتریس موزون، آن را به توان k می‌رسانیم[3] تا اینکه همهٔ عناصر سوپرماتریس همانند هم شود و این عمل باید تکرار شود. به‌دلیل دشواری، پیچیدگی و احتمال زیاد خطا در محاسبات، باید از نرم‌افزارهایی مانند Super decision و Matlab برای به توان رساندن ماتریس استفاده کرد. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در این پژوهش از نرم‌افزار Super decision برای به حد رساندن ماتریس وزنی استفاده شده است.

1. Global priority
2. Partitioned matrix

۳. k یک عدد اختیاری بزرگ است.

جدول ۲. سوپرماتریس غیر وزنی مکان‌یابی مراکز امدادرسانی

	حریم کاربری‌های ناسازگار	دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	عملکرد جمعیتی	مشخصات زمین‌شناسی	حریم کاربری‌های سازگار
	ساختمان‌های بلندمرتبه	خیابان‌های محلی	تراکم جمعیت	مساحت مناسب	آتش‌نشانی
	قنات	راه شریانی درجه ۱		کیفیت ابنیه	بیمارستان
	پمپ بنزین	راه شریانی درجه ۲		شیب زمین	فضای باز و سبز
	پمپ گاز			گسل	مسکونی
حریم کاربری‌های ناسازگار	ساختمان‌های بلندمرتبه	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	قنات	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	پمپ بنزین	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	پمپ گاز	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	خیابان‌های محلی	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	راه شریانی درجه ۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	راه شریانی درجه ۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
عملکرد جمعیتی	تراکم جمعیت	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
عملکرد کالبدی	مساحت مناسب	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	کیفیت ابنیه	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
مشخصات زمین‌شناسی	شیب زمین	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	گسل	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
حریم کاربری‌های سازگار	آتش‌نشانی	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	بیمارستان	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	فضای باز و سبز	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	مسکونی	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰

منبع: پژوهشگران

جدول ۳. سوپر ماتریس وزنی مکان‌یابی مراکز امدادرسانی

		حریم کاربری‌های ناسازگار			دسترسی به شبکهٔ ارتباطی			عملکرد جمعیتی	عملکرد کالبدی		مشخصات زمین‌شناسی		حریم کاربری‌های سازگار		
		ساختمان‌های بلندمرتبه	قنات	پمپ بنزین	خیابان‌های محلی	راه شریانی درجه ۱	راه شریانی درجه ۲	تراکم جمعیت	مساحت مناسب	کیفیت ابنیه	شیب زمین	گسل	آتش‌نشانی	بیمارستان	فضای باز و سبز	مسکونی
حریم کاربری‌های ناسازگار	ساختمان‌های بلندمرتبه	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۱۲۰۷۶۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۴۸۳۰۵۷	۰/۲۶۴۹۲۸	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۱۳۶۱۱	۰/۰۳۹۸۷۷	۰/۰۶۱۵۲۶	۰/۳۰۸۰۹۳
	قنات	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۲۰۲۵۲۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	پمپ بنزین	۰/۲۶۷۱۴۹	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۵۶۶۱	۰/۲۸۸۱۲۵	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۸۸۱۲۵	۰/۲۵۲۸۳۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۹۲۰۰۴	۰/۰۲۴۰۴۲	۰/۰۲۱۸۴	۰/۰۰۰۰۰۰
	پمپ گاز	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۵۶۶۱	۰/۱۱۵۲۵۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۴۶۱۰۰۰	۰/۲۵۲۸۳۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۷۹۳۷۶	۰/۰۷۳۱۷۳	۰/۰۳۵۱۷۶	۰/۰۰۰۰۰۰
دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	خیابان‌های محلی	۰/۰۴۱۳۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۶۸۳۸۹	۰/۰۶۸۳۸۹	۰/۱۳۲۹۲۸	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳
	راه شریانی درجه ۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۹۵۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۰۵۱۸۷	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	راه شریانی درجه ۲	۰/۰۴۱۳۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۶۸۳۸۹	۰/۱۹۰۳۴	۰/۲۰۵۱۸۷	۰/۲۶۱۸۵۶	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۰۷۱۴۰۳
عملکرد جمعیتی	تراکم جمعیت	۰/۰۷۱۴۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۷۱۴۰۳	۰/۱۳۲۹۲۸	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۶۱۸۵۶	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۳۰۱۴۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۵۶۴۳	۰/۰۳۶۷۹۶	۰/۰۱۰۸۱۴	۰/۰۲۹۳۱۶
عملکرد کالبدی	مساحت مناسب	۰/۱۲۲۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۱۲۲۰۲	۰/۲۱۶۱۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۴۳۲۲۱۹	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۲۶۴۵۷	۰/۰۷۰۹۳۵	۰/۰۴۰۸۵۴	۰/۰۹۱۴۰۴
	کیفیت ابنیه	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۱۶۱۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۴۳۲۲۱۹	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۶۸۳۹۷	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۵۳۲۳۹	۰/۰۴۲۲۵۹	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۱۳۴۱۵۲
مشخصات زمین‌شناسی	شیب زمین	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۲۹۴۲۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۲۰۱۲۹۹	۰/۰۸۶۰۳۳
	گسل	۰/۰۲۹۸۲۶	۰/۰۲۹۸۲۶	۰/۰۲۹۸۲۶	۰/۰۷۷۴۶۹	۰/۰۷۷۴۶۹	۰/۰۷۷۴۶۹	۰/۲۱۰۶۶۹	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۳۹۶۰۲۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۲۶۲۹۳	۰/۰۳۶۴۶۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۷۵۸۲۷
حریم کاربری‌های سازگار	اتش‌نشانی	۰/۱۵۸۵۵۹	۰	۰/۴۳۶۳۶۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۱۶۳۱۴	۰/۳۴۶۱۵۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۷۵۵۷۳	۰/۰۵۳۱۶۹	۰/۲۶۵۸۴۵
	بیمارستان	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۱۸۹۹۷	۰/۳۴۷۷۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
	فضای باز و سبز	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۴۲۴۰۵	۰/۳۵۰۵۲۵	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۵۲۲۹	۰/۰۰۹۰۴۵۶	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۷۱۲۸۵
	مسکونی	۰/۳۰۸۰۹۳	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۸۵۶۵	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۸۵۶۵	۰/۱۵۰۴۳۸	۰/۱۰۸۷۶۹	۰/۱۰۸۷۶۹	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۰۸۰۸۱	۰/۱۴۱۰۷۵	۰/۰۸۰۷۴۵	۰/۰۰۰۰۰۰

منبع: پژوهشگران

جدول ٤. سوپر ماتریس حد مکان‌یابی مراکز امدادرسانی

		حریم کاربری‌های ناسازگار	دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	عملکرد جمعیتی	مشخصات زمین‌شناسی	حریم کاربری‌های سازگار
		پمپ گاز	راه شریانی درجه ۲	تراکم جمعیت	گسل	مسکونی
		پمپ بنزین	راه شریانی درجه ۱		شیب زمین	فضای باز و سبز
		قنات	خیابان‌های محلی		کیفیت ابنیه	بیمارستان
		ساختمان‌های بلندمرتبه			مساحت مناسب	آتش نشانی
حریم کاربری‌های ناسازگار	ساختمان‌های بلندمرتبه	۰/۰۵۹۶۸۴	۰/۰۵۹۶۸۴	۰/۰۵۹۶۸۴	۰/۰۵۹۶۸۴	۰/۰۵۹۶۸۴
	قنات	۰/۰۰۴۱۰۹	۰/۰۰۴۱۰۹	۰/۰۰۴۱۰۹	۰/۰۰۴۱۰۹	۰/۰۰۴۱۰۹
	پمپ بنزین	۰/۰۱۴۲۸۵	۰/۰۱۴۲۸۵	۰/۰۱۴۲۸۵	۰/۰۱۴۲۸۵	۰/۰۱۴۲۸۵
	پمپ گاز	۰/۰۱۶۰۷۴	۰/۰۱۶۰۷۴	۰/۰۱۶۰۷۴	۰/۰۱۶۰۷۴	۰/۰۱۶۰۷۴
دسترسی به شبکه ارتباطی	خیابان‌های محلی	۰/۰۹۲۵۰۹	۰/۰۹۲۵۰۹	۰/۰۹۲۵۰۹	۰/۰۹۲۵۰۹	۰/۰۹۲۵۰۹
	راه شریانی درجه ۱	۰/۰۵۵۳۹۳	۰/۰۵۵۳۹۳	۰/۰۵۵۳۹۳	۰/۰۵۵۳۹۳	۰/۰۵۵۳۹۳
	راه شریانی درجه ۲	۰/۱۸۷۱۲۳	۰/۱۸۷۱۲۳	۰/۱۸۷۱۲۳	۰/۱۸۷۱۲۳	۰/۱۸۷۱۲۳
عملکرد جمعیتی	تراکم جمعیت	۰/۱۲۹۴۹۲	۰/۱۲۹۴۹۲	۰/۱۲۹۴۹۲	۰/۱۲۹۴۹۲	۰/۱۲۹۴۹۲
عملکرد کالبدی	مساحت مناسب	۰/۰۷۸۷۹۶	۰/۰۷۸۷۹۶	۰/۰۷۸۷۹۶	۰/۰۷۸۷۹۶	۰/۰۷۸۷۹۶
	کیفیت ابنیه	۰/۰۴۸۴۵۲	۰/۰۴۸۴۵۲	۰/۰۴۸۴۵۲	۰/۰۴۸۴۵۲	۰/۰۴۸۴۵۲
مشخصات زمین‌شناسی	شیب زمین	۰/۰۱۵۳۰۵	۰/۰۱۵۳۰۵	۰/۰۱۵۳۰۵	۰/۰۱۵۳۰۵	۰/۰۱۵۳۰۵
	گسل	۰/۱۳۷۷۵۵	۰/۱۳۷۷۵۵	۰/۱۳۷۷۵۵	۰/۱۳۷۷۵۵	۰/۱۳۷۷۵۵
حریم کاربری‌های سازگار	آتش نشانی	۰/۰۲۰۰۵۵	۰/۰۲۰۰۵۵	۰/۰۲۰۰۵۵	۰/۰۲۰۰۵۵	۰/۰۲۰۰۵۵
	بیمارستان	۰/۰۵۰۹۸۷	۰/۰۵۰۹۸۷	۰/۰۵۰۹۸۷	۰/۰۵۰۹۸۷	۰/۰۵۰۹۸۷
	فضای باز و سبز	۰/۰۲۲۹۳۳	۰/۰۲۲۹۳۳	۰/۰۲۲۹۳۳	۰/۰۲۲۹۳۳	۰/۰۲۲۹۳۳
	مسکونی	۰/۰۶۶۷۴۹	۰/۰۶۶۷۴۹	۰/۰۶۶۷۴۹	۰/۰۶۶۷۴۹	۰/۰۶۶۷۴۹

منبع: پژوهشگران

پس از محاسبهٔ سوپرماتریس حدی، آخرین مرحله برای تعیین ارزش و ضریب نهایی عناصر، محاسبهٔ نتایج ماتریس خوشه‌ها و نرمال‌سازی ضریب معیارها در ابر ماتریس حدی به‌کمک ضریب خوشه‌ها است. جدول ۵ ماتریس خوشه‌هـا را نشان می‌دهد.

جدول۵. ماتریس خوشه‌ها

	حریم کاربری‌های ناسازگار	دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	عملکرد جمعیتی	عملکرد کالبدی	مشخصات زمین‌شناسی	حریم کاربری‌های سازگار
حریم کاربری‌های ناسازگار	۰/۰۴۵۶۶۱	۰/۰۴۱۳۰۰	۰/۲۱۴۲۰۷	۰/۱۲۲۰۲۰	۰/۱۱۹۳۰۵	۰/۲۰۸۰۹۳
دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	۰/۵۷۶۲۵۰	۰/۲۷۳۵۷۵	۰/۴۰۱۷۸۴	۰/۶۴۸۳۲۹	۰/۲۳۲۴۰۶	۰/۱۷۱۳۰۱
عملکرد جمعیتی	۰/۲۵۲۸۳۱	۰/۱۳۸۳۵۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۱۰۶۶۹	۰/۱۵۰۴۳۸
عملکرد کالبدی	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۳۰۱۴۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۲۹۹۰۲۴	۰/۲۱۷۵۳۸
مشخصات زمین‌شناسی	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۴۵۳۶۲۷	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
حریم کاربری‌های سازگار	۰/۱۲۵۲۵۸	۰/۰۹۳۱۴۹	۰/۰۸۲۵۶۹	۰/۲۲۹۶۵۱	۰/۱۳۸۵۹۵	۰/۲۵۲۶۳۰

منبع: پژوهشگران

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که درنهایت برای تعیین نتیجهٔ معیارها و نحوهٔ اولویت‌بندی آنها، ضرایب ابرماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها نرمال می‌شوند.

جدول ٦. وزن نهایی خوشه‌ها و معیارها

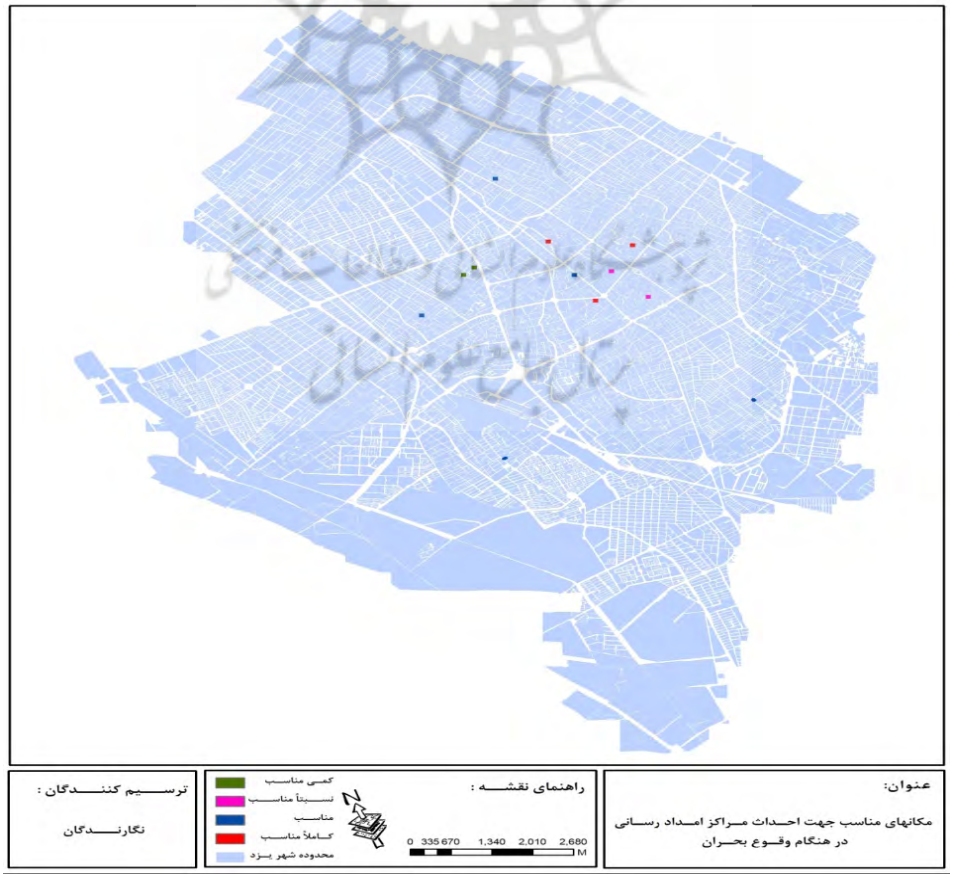
خوشه	معیارها	وزن نرمال شده توسط خوشه ها	وزن نهایی
حریم کاربری‌های ناسازگار	ساختمان‌های بلندمرتبه	۰/۶۳۵۰۷	۰/۰۵۹۹۸۴
	قنات	۰/۰۴۳۵۰	۰/۰۰۴۱۰۹
	پمپ بنزین	۰/۱۵۱۲۴	۰/۰۱۴۲۸۵
	پمپ گاز	۰/۱۷۰۱۸	۰/۰۱۶۰۷۴
دسترسی به شبکهٔ ارتباطی	خیابان‌های محلی	۰/۲۷۶۱۳	۰/۰۹۲۵۰۹
	راه شریانی درجه ۱	۰/۱۶۵۳۴	۰/۰۵۵۳۹۳
	راه شریانی درجه ۲	۰/۵۵۸۵۳	۰/۱۸۷۱۲۳
عملکرد جمعیتی	تراکم جمعیت	۱/۰۰۰۰۰	۰/۱۲۹۴۹۲
عملکرد کالبدی	مساحت مناسب	۰/۶۱۹۲۳	۰/۰۷۸۷۹۶
	کیفیت ابنیه	۰/۳۸۰۷۷	۰/۰۴۸۴۵۲
مشخصات زمین‌شناسی	شیب زمین	۰/۰۹۹۹۹	۰/۰۱۵۳۰۵
	گسل	۰/۹۰۰۰۱	۰/۱۳۷۷۵۵
حریم کاربری‌های سازگار	آتش‌نشانی	۰/۱۲۴۷۸	۰/۰۲۰۰۵۵
	بیمارستان	۰/۳۱۷۲۳	۰/۰۵۰۹۸۷
	فضای باز و سبز	۰/۱۴۲۶۹	۰/۰۲۲۹۳۳
	مسکونی	۰/۴۱۵۳۰	۰/۰۶۶۷۴۹

منبع: پژوهشگران

نتایج نهایی حاصل از فرایند تحلیل شبکه‌ای (جدول ۶) نشان می‌دهد که از بین معیارهای مورد مطالعه، معیار تراکم جمعیت از خوشهٔ عملکرد جمعیتی با ضریب نرمال شدهٔ ۱، معیار فاصله از گسل از خوشهٔ مشخصات زمین‌شناسی با ضریب نرمال‌شدهٔ ۰/۰۹۹۹۹ و معیار فاصله از ساختمان‌های بلندمرتبه با ضریب نرمال‌شدهٔ ۰/۶۳۵۰۷، بیشترین اهمیت را در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی به خود اختصاص داده‌اند. همچنین معیار فاصله از قنات از خوشهٔ حریم کاربری‌های ناسازگار با ضریب ۰/۰۴۳۵۰، کمترین اهمیت را در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی شهر یزد داشته است.

مرحلهٔ پنجم: آماده‌سازی و ادغام لایه‌ها

در این مرحله ابتدا لایه‌های اطلاعاتی که برای هر یک از معیارها تهیه شده بود با توجه به ضوابط مربوط به هر معیار، در محیط نرم‌افزاری GIS آماده‌سازی شد. سپس به‌دلیل یکسان‌نبودن اهمیت لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی، کلیهٔ لایه‌ها اطلاعاتی با استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان، برحسب اهمیت و اولویتشان وزن‌دهی شدند. در مرحلهٔ بعد وزن به‌دست‌آمده برای هر معیار در فرایند تحلیل شبکه‌ای، در لایهٔ مکانی مربوط به آن ضرب شد. درنهایت با ادغام همهٔ لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگرهای اجتماع فازی (OR) و اشتراک فازی (And)، لایه‌ها همپوشانی‌شده و مکان‌های مناسب برای استقرار مراکز امدادرسانی در سطح شهر یزد تعیین شدند.



شکل ۳. نقشهٔ موقعیت مکان‌های مناسب برای احداث مراکز امدادرسانی

نتیجه‌گیری

امروزه مدیریت صحیح و منطقی هنگام وقوع بحران‌ها، ریشه در برنامه‌ریزی اصولی در شرایط پیش از وقوع بحـران دارد. طرح اولیهٔ مکان‌یابی مراکز امدادرسانی و مدیریت بحران در ایران، نخستین‌بار در تاریخ پانزدهم دی مـاه سـال ۱۳۸۲ در شهر تهران مطرح و تصویب شد. این طرح در اواخر اسفند ۱۳۸۲، به‌منظور شناسایی زمین‌های مناسب برای احداث مراکز مدیریت بحران در مناطق بیست‌ودوگانهٔ شهر تهران، ابلاغ شد (روابـط عمـومی سـازمان پیشـگیری و مـدیریت بحـران، ۱۳۸۵: ۹). سپس در سال ۱۳۸۴، زبردست و محمدی با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاره AHP، به مکـان‌یـابی مراکز امدادرسانی برای انجام عملیات نجات در شرایط وقوع زلزله با اسـتفاده از GIS و AHP در منطقـهٔ ۱۱ شـهرداری تهران و میزان آسیب‌پذیری آن در مقابل زمین‌لرزهٔ احتمالی پرداختند. در همان سال نیز صمدزادگان، عباسـپور و پهلـوانی (۱۳۸۴) در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌یابی مراکز اسکان موقت به‌منظور مدیریت حوادث غیرمترقبه، برمبنـای بـه‌کـارگیری سیستم اطلاعات مکانی (GIS)» با استفاده و بهره‌گیری از منطق فازی که قابلیت‌های متعدد آن در حل مسائل پیچیـدهٔ مکانی به‌اثبات رسیده است، به مکان‌یابی مراکز اسکان موقت پرداختند. فاصله از مراکـز درمـانی (بیمارسـتان، درمانگـاه، اورژانس)، فاصله از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز و برق، فاصله از ایستگاه‌ها و مراکز آتش‌نشانی، فاصله از پمـپ بنـزین و گاز، عوامل تأثیرگذار این پژوهش در نظرگرفته شده است.

در سال ۱۳۸۵ ایرانمنش و اشراقی به مکان‌یابی اماکن اسکان موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده از زلزله با بهره‌گیری از سامانهٔ اطلاعات مکانی در منطقهٔ ۲ شهر تهران پرداخت. نتایج مطالعات او نشـان مـی‌دهـد کـه بـا توجـه بـه معیارهـا و استانداردهای مکان‌یابی مناطق مناسب برای اسکان موقت آسیب‌دیدگان، ازجمله اماکن شریان‌های حیاتی، مانند خطـوط انتقال نیرو، خطوط گاز و سایر شریان‌ها و همچنین شرایط طبیعی منطقه، بهترین مکان‌ها برای اجـرای عملیـات اسـکان موقت فضاهای باز، برخی پارک‌های این منطقهٔ شهری است.

در سال ۱۳۹۰، احدنژاد روشتی، جلیلی و زلفی نیز با استفاده از عوامل طبیعـی و انسـانی و بـه‌کمـک روش تحلیـل سلسله‌مراتبی، به مکان‌یابی مناطق اسکان موقت در هنگام زلزله‌های احتمالی شهر زنجان پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آنهـا نشان‌دهندهٔ کمبود فضاهای کافی، ازجمله پارک‌ها و فضاهای باز شهری برای استقرار زلزله‌زدگان شهر زنجان بوده اسـت که این امر در محدودهٔ بافت مرکزی شهر واضح‌تر از سایر بخش‌ها دیده می‌شود.

مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده گویای آن است که تاکنون مطالعه‌ای برای مکان‌یابی مراکز امدادرسـانی، هنگـام وقوع حوادث و بحران‌ها با توجه به کارکردهای ویژهٔ آن و روش‌های به‌کار رفته در این پژوهش، به‌ویژه در شهر یزد برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی، انجام نگرفته است. در این پژوهش برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی شهر یزد، ابتدا عوامل مؤثر بر مکان‌یابی این نوع کاربری با استفاده از روش دلفی شناسایی شد. سپس روابط و تأثیرات معیارها و خوشـه‌هـا بـر یکدیگر با استفاده از روش دیماتـل شناسـایی و در قالـب مـدل شـبکه‌ای تعریـف شـدند. در مرحلـهٔ بعـد بـا اسـتفاده از پرسش‌نامه‌ای در قالب روش وزن‌دهی توماس ال ساعتی، عناصر مورد مقایسهٔ زوجی قرار گرفتند. در این مرحله، به‌دلیـل نظرات متفاوت کارشناسان با استفاده از مدل کپلند، نظرات آنها ادغام و وزن نهایی هر عنصر تعیـین شـد. سـپس بعـد از

تشکیل ابرماتریس‌ها، وزن نهایی هر یک از معیارها به‌دست آمد. در مرحلهٔ بعد لایه‌های تهیه‌شده برای هر معیار، در محیط GIS آماده‌سازی شد و درنهایت با اعمال وزن هر معیار در لایهٔ مربوطه و استفاده از عملگرهای اجتماع فازی و اشتراک فازی، مکان‌های مناسب برای مراکز امدادرسانی در شهر یزد مشخص شدند.

در این پژوهش به‌دلیل داشتن نگاهی نظام‌مند و کاربردی، معیارهای به‌کار رفته می‌تواند برای مکان‌یابی مراکز امدادرسانی در شهرهای دیگر مورد استفاده قرار گیرد. همچنین الگوی ارائه‌شده در این پژوهش، به‌دلیل قابلیت اجرایی و تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی، می‌تواند در مکان‌یابی سایر کاربری‌های شهری استفاده شود.

به‌دلیل قرارگیری بخش اعظم بافت فرسودهٔ یزد در بخش مرکزی شهر و نواحی اطراف آن، پیشنهاد می‌شود با وجود تمرکز مکان‌های تعیین‌شده در این محدوده، تصمیماتی جامع و کاربردی برای نوسازی و بهسازی بافت‌های فرسودهٔ این شهر صورت گیرد تا ضمن کاهش خسارات ناشی از بحران‌ها، از فشارهای جمعیتی به این مراکز هنگام وقوع بلایا کاسته شود. همچنین با توجه به اینکه احداث و قرارگیری هر نوع کاربری در یک مکان، تأثیراتی بر محیط پیرامونی خود دارد، بهتر است اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از احداث مراکز امدادرسانی در هر یک از مکان‌های منتخب، تعیین شود.

منابع

1. Abdolahi, M., 2004, **Crisis Management in Urban Areas**, Publications of the Country's Municipalities, Third Edition, Tehran. (*in Persian*)
2. Adili, E., 2008, **Urban Land Suitability Evaluation using GIS Spatial Group Decision**, Ali Mohammadi, A., Khajeh Nasir University, Faculty of Engineering Geomatics, Tehran. (*in Persian*)
3. Ahadnejad Roshti, M., Jalili, K and Zolfi, A., 2011, **Optimal Location for Temporary Accommodation Due to Earthquake Victims in Urban Areas Using Multiple Criteria and GIS: A Case of Study Zanjan**, Journal of Geographical Sciences and Applied Research, Vol. 20, No. 23, PP. 45-61. (*in Persian*)
4. Bahrini, S.H., 1998, **Urban Design Process**, First Edition, University of Tehran, Tehran. (*in Persian*)
5. Chung, S.H., Lee, A.H.L., Pearn, W.L., 2005, **Analytic Network Process (ANP) Approach for Product Mix Planning in Semiconductor Fabricator**, International Journal of Production Economics, Vol. 96, No. 1, PP.15-36.
6. Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U.R., 2006, **Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Design in Manufacturing Systems**, Information Sciences, Vol. 176, No. 3, PP. 237-262.
7. Gencer, C., Didem, G., 2006, **Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in an Electronic Firm**, Applied Mathematical Modeling, Vol. 31, No. 11, PP. 2475-2486.
8. Habitat, 2003, **United Nations Human Settlement Program Me (Unhs),** Disaster Management Program Me of Un- habitat, Retrieved from: http://www.habitat.org.
9. Hosseini, M., Ebrahimi Mojarad, M., Amini Hosseini, K., Tofighi, F., Saleh, F., Havstyn Salimi, N., Siddiqui, M. A., Amynayy chatrud, A., Moaveni, M., Norouzi, R., 2008, **Crisis Management**, Vol. 1, Press the Prevention and Crisis Management in Tehran. (*in Persian*)
10. Iranmanesh, F. and Ashragi, M., 2006, **GIS Applications in Planning and Location of Drainage Facilities Damaged by the Earthquake Case of Study Zone 22 of Tehran City**, Third International Conference on Geographic Information System, Organization of Cartographic, 11-14 January, Tehran. (*in Persian*)

11. Jankowski, P., 1995, **Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision–Making Methods**, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 9, No. 3, PP. 129-167.
12. Kalantari, H. and Hataminejad, H., 2006, **Ation of the Historic Fabric of City Planning**, First Edition, Outreach Publications, Tehran. (*in Persian*)
13. Malchfsky, Y., 2006, **GIS and Multi Criteria Decision Analysis**, Parhizgar, A., First Edition, Samt Press, Tehran. (*in Persian*)
14. Mitchell, J.K., Devine, N., and Jagger, K., 1989, **A Contextual Model in Planinig**, Practice & Research, Vol. 9, No. 7.
15. McConkey, D., 1978, **Planning for Uncertainty** , Business Horizons Journal, Vol. 6, No. 14,PP.132-145.
16. Nateg Elahi, F., 1998, **The Critical Elements to Achieve Long-term, Comprehensive Emergency Management System of Earthquake in Tehran,** Planning Center of Tehran. (*in Persian*)
17. Prevention and Crisis Management Public Relations Agency, 2006, **Crisis Management Support Site Report**, Journal of Partners, Vol. 3, No. 9, PP. 45-63.
18. Rudolph, B., 1986, **Coping with Catastrophe**, Time Journal, Vol. 8, No. 14, PP. 162-185.
19. Saaty, T. L., 2004, **Fundamentals of the Analytic Network Process – Dependence and Feedback in Decision-making with a Single Network**, Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 48, No.12, PP. 1-35.
20. Saeadniya, A., 1999, **Municipalities Green Book (Land Use)**, Publications of the Country's Municipalities, Tehran. (*in Persian*)
21. Samadzadegan, F., Abaspoor, R.A., Pahlevani, P., 2006, **Unexpected Disaster Emergency Accommodation Citizens Locate Places by Using Geographic Information System**, Conference on Spatial Information Technology Management and Natural Disasters, 24-24 February, Tehran. (*in Persian*)
22. Shakib, H. and Mogadasi Mousavi, A., 2006, **Crisis Management in the Capital,** Proceedings of the Second Seminar for Capital Construction, 1-3 June, Tehran University. (*in Persian*)
23. Statistical Center of Iran, 2011, **Census of Population and Housing Urban**, Retrieved from: http:// www.amar.org.ir.
24. Yavar, B. and Myrtahery, M., 2009, **Introduction to Disaster Management Organization Incident,** Press the Green Usher, Tehran. (*in Persian*)
25. Zebardast, A. and Mohamadi, A., 2005, **Location Assistance Centers (in Earthquakes) Using GIS and AHP**, Art Journal, No. 21, PP. 5-16. (*in Persian*)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی