

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۰، پاییز ۱۳۹۵

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۰

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۷/۸

صفحات: ۲۴۴ - ۲۲۳

مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از فازی‌سازی متغیرها و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط GIS مورد شناسی: شهر میبد

محسن کلانتری^۱، دکتر علی سرکارگر اردکانی^۲، دکتر سید علی المدرسی^۳

چکیده

باتوجه به اهمیت بسیار بالای مقولهٔ سرپناه برای بشر، پیش‌بینی مکان‌هایی برای اسکان موقت آسیب‌دیدگان حوادث، امری اجتناب‌ناپذیر است. شهر میبد با پیشینهٔ تاریخی و دارای شبکهٔ معابر باریک، در پهنه با درجه خطر نسبتاً زیاد قرار گرفته است. یکی از مهمترین وظایف برنامه‌ریزان بخش مدیریت بحران، پیش‌بینی‌های جدی برای اسکان اضطراری است؛ چرا که انسان آسیب‌دیدهٔ بدون سرپناه متعارف در آستانهٔ آسیب‌های جدی جسمی، روحی و روانی است. باتوجه به ماهیت مکانی این موضوع و ماهیت فازی پارامترها و رویارویی با فاکتورهای زیاد در جهت تصمیم‌گیری، می‌توان از تلفیقی از GIS و منطق فازی به‌همراه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌منظور اخذ تصمیم بهینه که منجر به تعیین نواحی امیدبخش اسکان موقت می‌شود، استفاده کرد. آمار و اطلاعات لازم، به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری و تصاویر ماهواره‌ای منطقهٔ مورد مطالعه در نقشهٔ شهر میبد به‌نگام‌سازی شد. هدف از این پژوهش، بیان روشی کارآمد، منعطف، منطقی و قوی برای مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی^۴ در شهر میبد است. در این پژوهش، ابتدا مؤثرترین پارامترها انتخاب و به‌وسیلهٔ فرایند سلسله‌مراتبی^۵ و با استفاده از منطق فازی، مکان‌های اسکان موقت استخراج گردید، سپس به مقایسه و اولویت‌بندی مناطق پیشنهادی پرداخته شد و سایت‌های مورد نظر رتبه‌بندی و بهترین سایت از بین گزینه‌های انتخابی مشخص گردید. در روش AHP شش مکان با اهمیت نسبی «بسیارمناسب» و با مجموع مساحت ۳۴۷۰۷۱ متر مربع و شش مکان با اهمیت نسبی «مناسب» و با مجموع مساحت ۳۸۴۳۶۹ متر مربع به‌عنوان بهترین مکان‌ها برای مکان‌یابی اسکان موقت، مشخص شد. پارک بهاران و اراضی بایر جنوب شرقی ورزشگاه فرمانداری برای اسکان موقت با اهمیت نسبی «بسیارمناسب» در روش فازی، تعیین گردید.

کلید واژگان: مکان‌یابی، اسکان موقت، فازی‌سازی، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، سیستم اطلاعات مکانی (GIS).

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات بزد mohsenkalantari.rsgis@gmail.com

۲- استادیار، سنجش از دور، دانشگاه امام حسین(ع) تهران aliardakani@yahoo.com

۳- استادیار، ژئومورفولوژی، عضو هیات علمی گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه آزاد اسلامی بزد (نویسنده مسؤل) alialmodaresi@gmail.com

4- Geographic Information Systems

5- Analytical Hierarchy process

مقدمه

شهرهای ایران همانند سایر شهرهای دنیا عموماً در معرض بلایای طبیعی مانند زلزله، سیل، آتش‌سوزی و خشکسالی هستند و عوامل بسیاری وجود دارد که آنها را در برابر این حوادث آسیب‌پذیر می‌سازد. سوانح طبیعی (به‌ویژه زلزله) که اغلب خاموش و درعین‌حال بالقوه مستعد ایجاد آسیب هستند (شکیبا، ۱۳۸۷: ۱۰۰)، به‌طور متوسط سالانه بیش از ۱۵۰,۰۰۰ نفر تلفات انسانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی بر کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، به‌بار می‌آورند (پیام هلال‌احمر، ۱۳۸۵: ۱۲). در کنار عوامل طبیعی، عوامل انسانی نیز در تشدید تلفات جانی و مالی مؤثرند که یکی از مهمترین این مسائل از بُعد کالبدی، آسیب‌پذیری مسکن است؛ برای نمونه، در زلزلهٔ بم ۴۲۰۰۰ نفر کشته و چندین برابر زخمی در اثر تخریب بالغ بر ۸۰ درصد ساختمان‌ها برجای مانده است (ماهنامهٔ شمس، ۱۳۸۲: ۴۹۵). بی‌شک، زمین‌لرزه‌ها تأثیرات بلندمدت اقتصادی-اجتماعی بسیاری برای شهرها به‌بار می‌آورد (Benson and Clay, 2003: 4). موقعیت جغرافیایی شهرهای ایران بیانگر این است که با توجه به قرارگیری شهرها در مسیر گسل‌های اصلی و فرعی، ضرورت پیش‌بینی‌های لازم برای زمین‌لرزه‌های احتمالی احساس می‌شود و می‌بایست شهرسازان و برنامه‌ریزان شهری با بررسی دقیق، راهکارهای لازم برای کاهش اثرات آن را پیش‌بینی کنند. هنگامی که حادثه‌ای طبیعی در شهری اتفاق می‌افتد، پیامدهای آن نسبت به هر محیط و سکونتگاه دیگری، بدتر است (Balaikie et al., 1994). اگر جلوگیری از وقوع زلزله امکان‌پذیر نیست؛ ولی کاهش آسیب‌های ناشی از آن امکان‌پذیر است (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). بدین‌منظور، تعیین مکان‌های بهینهٔ اسکان موقت و سایت‌های امدادی آسیب‌دیدگان از زلزله‌ای احتمالی بسیار حایز اهمیت بوده و با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح و علمی زلزله، می‌توان به شناخت مکان‌های مناسب اسکان موقت یاری رسانید؛ به‌طوری‌که در صورت وقوع سانحهٔ زلزله،

امکان برقراری سریع اردوگاه و سایت‌های امداد برای زلزله‌زدگان میسر شود (زبردست و محمدی، ۱۳۸۴: ۶). افراد بی‌خانمان به داشتن محلی برای زندگی موقت - تا زمانی که سکونتگاه دیگری به‌دست بیآورند - نیازمند هستند؛ به همین دلیل، با توجه به اینکه اصلی‌ترین نیاز آسیب‌دیدگان ناشی از زلزله، داشتن یک سرپناه است و نمی‌توان بعد از وقوع زلزله، به‌سرعت مکان‌های مناسبی برای آسیب‌دیدگان زلزله آماده کرد؛ پس ضروریست قبل از وقوع چنین بحران‌هایی، مکان‌های مناسبی را از نظر دسترسی به سایت‌های امدادسانی و اسکان موقت، داشتن امنیت، دوری از مناطق مخاطره‌خیز، کاربری‌های شهری و ... برای آسیب‌دیدگان زلزله فراهم کرد. شاید بتوان گفت لازمهٔ دستیابی به چنین هدفی، برنامه‌ریزی قبل از وقوع بحران و حادثه در مناطق مستعد شهری است. شهر میباید با پیشینهٔ تاریخی و دارا بودن شبکهٔ معابر باریک، به‌لحاظ تراکم نسبی جمعیت، بعد از یزد قرار دارد و در محاصرهٔ چهار گسل قرار گرفته است که عبارت‌اند از: در مرز غربی «گسل عقدا-رحمت آباد»، در مرز غرب «گسل نایین-بافت»، در مرز شرقی «گسل شمال یزد» و در شرق «گسل خرانق». گسل عقدا-رحمت‌آباد و شمال یزد گسل‌های فعالی هستند (زارع مهرجردی، ۱۳۹۰: ۱۶۳) و براساس نقشهٔ پهنه بندی زلزلهٔ کشور که توسط پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهیه شده است، در پهنه با درجه خطر نسبتاً زیاد قرار می‌گیرد (باقرزاده، ۱۳۸۶: ۱۴). تراکم جمعیتی بالا در شهر به‌معنای تلفات و خسارت‌های بیشتر به‌هنگام وقوع زلزله است (عبدالهی، ۱۳۸۳: ۹۰) و شهر میباید تراکم جمعیتی نسبتاً بالایی دارد؛ پس، با توجه به مسئله‌ها و چالش‌های بیان شده، پیش‌بینی مراکز اسکان و امدادسانی برای این شهر امری ضروریست. تاکنون، روش‌های چندمعیاری و فازی برای حل یا تأیید مسائل استدلالی ویژه استفاده گردیده است. نوجوان و همکاران (۱۳۹۲) به مکان‌یابی اسکان موقت در منطقهٔ یک شهر تهران پرداختند که برای تلفیق معیارها از دو منطق بولین و فازی استفاده

تناسب زمین برای کشت ذرت علوفه از نظر خاک و عوامل آب و هوایی با استفاده از GIS/AHP مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، مشخص شده است که با استفاده از آب، کود و آفت‌کش‌های شیمیایی کمتر، می‌توان به بهبود قابل توجه‌ای در شاخص توسعه پایدار رسید (Houshyar et al., 2014). یوان به انتخاب سایت مزارع خورشیدی مبتنی بر GIS و به روش AHP در منطقه Karapinar ترکیه پرداخت و منطقه مورد مطالعه را به صورت مناطق نامناسب، تقریباً مناسب، مناسب اولویت‌بندی و مساحت هر کدام را به دست آورد (Uyan, 2013). خیرخواه زرکش و همکاران با به کار بردن روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مناطق مستعد گردشگری در ذره دو هزار را مشخص کردند (Kheikhah Zarkesh et al., 2011). آلپ و همکاران مکان مناسب جهت پایانه اتوبوسرانی در شهر استانبول را با بهره‌گیری از مدل AHP-Fuzzy مشخص کردند (Nalan Alp et al., 2011). محمد و ابراهیم مکان‌یابی بهینه برای مهار فاضلاب صنعتی دو استان از کشور مصر را با مدل AHP-Fuzzy انجام دادند (Mohamad, Ebrahim, 2011). عادل و همکاران (۱۳۸۶) به مکان‌یابی ایستگاه‌های آشنشانی شهر گرگان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در این تحقیق، برای وزن‌دهی معیارها از روش AHP در قالب مقایسه‌های زوجی و نظرات کارشناسی استفاده شده است. شرکت مهندسان مشاور معماری و شهرسازی فرنهاد (۱۳۸۸) مکان‌یابی پایگاه‌های امداد و نجات در شهرستان مشهد را با استفاده از GIS و روش ارزیابی چند معیاری انجام داده‌اند که نتیجه آن پهنه‌بندی مناسب اراضی برای استقرار پایگاه امداد و نجات بوده است. زرنگ (۱۳۸۹) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و به روش تحلیل سلسله‌مراتبی به بررسی امکان‌سنجی استفاده از GIS در شبکه انتقال نیرو و کاربردهای آن جهت مدیریت صنعت برق پرداخت و مسیر بهینه بین دو پست سبزاب و حسینی در شمال استان خوزستان پرداخت. پَن، رویکرد Fuzzy-AHP را در زمینه

و سپس با روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)، نقشه‌های فازی به دست آمده را تلفیق کردند و نقشه مطلوبیت منطقه مورد مطالعه به دست آمد که تعداد ۷۱ مکان با مجموع مساحت ۱,۶۴۹ هکتار جهت اسکان موقت، شناسایی شد. نتایج این تحقیق حاکی از این بود که منطق فازی نسبت به منطق کلاسیک، دارای کارایی بیشتری است و همچنین مشخص گردید که روش WLC علی‌رغم سادگی آن، دارای کارایی بسیار بالا بوده و نتیجه حاصل از مکان‌یابی به روش فازی WLC دارای قدرت تفکیک بهتری می‌باشد. احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از ۱۴ معیار در قالب معیارهای طبیعی و معیارهای انسانی و با استفاده از AHP به مکان‌یابی مناطق اسکان موقت در شهر زنجان پرداختند و نتایج تحقیق نشان دهنده کمبود فضاهای کافی از جمله، پارک‌ها و فضاهای باز شهری جهت استقرار زلزله‌زدگان در سطح شهر زنجان بود و این امر در بافت مرکزی شهر واضح‌تر از سایر بخش‌ها دیده می‌شد. اجاق و همکاران (۱۳۹۰) به مطالعه موردی یکی از مناطق پرتراکم و مرکزی کلان شهر تهران (منطقه ۱۰) با هدف تعیین بهترین مکان استقرار گروه‌های امداد پرداختند که برای ترکیب نقشه‌ها و تعیین مکان‌های مجاز جهت استقرار گروه‌های امدادی، از تلفیق مدل‌های برهم‌نهی فازی، شبکه استنتاجی فازی تشکیل شده و از این شبکه به منظور تعیین مکان‌های مجاز استفاده کردند. همچنین با تعریف قواعد اگر-آنگاه و تشکیل پایگاه دانش فازی با استفاده از روش ممدانی این مکان‌ها مشخص شدند. در نهایت، نتیجه گرفتند که با وجود شباهت‌های زیاد بین نتایج این دو روش می‌توان دلیل وجود تفاوت‌ها را ناکافی بودن قواعد تشکیل دهنده پایگاه دانش فازی دانست. هوشیار و همکاران به بررسی توسعه پایدار با استفاده از ترکیبی از GIS/AHP و مدل‌سازی چند فازی جهت تولید ذرت علوفه‌ای در سیستم‌های شخم سنتی در استان فارس پرداختند. در این تحقیق، دو سیستم شخم معمولی و اندازه مزرعه به عنوان معیار در نظر گرفته شده و

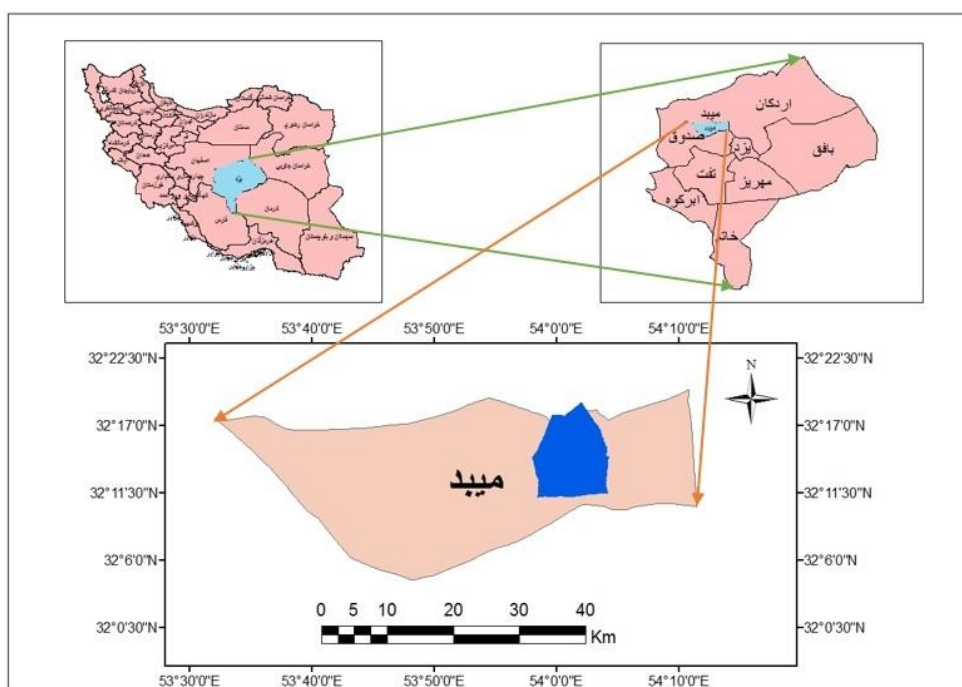
شرقی و ۳۲/۶ تا ۳۲/۱۹ عرض شمالی و در دشت یزد- اردکان واقع گردیده است. مساحت این شهرستان ۱۲۷۱ کیلومترمربع و کوچک‌ترین شهرستان استان براساس آخرین تقسیمات کشوری استان یزد است. بر پایه سرشماری سال ۱۳۹۰ شهر میبد جمعیتی بالغ بر ۷۳۳۹۳ نفر را داراست

(<http://www.meybod.ir/meybodcity>)

انتخاب بهترین روش ساخت پل مورد تحلیل قرار داد (Pan, 2008). شهر میبد از نظر زلزله‌خیزی یک منطقه مستعد است که ضرورت مدیریت بحران بعد از زلزله که یکی از نمودهای آن مکان‌یابی اسکان موقت زلزله‌زدگان است، در آن الزامی است. یکی از مهمترین مسائلی که همواره مورد توجه سازمان‌های مسئول در مدیریت بحران قرار دارد، انتخاب مکانی مناسب جهت اسکان موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده از سوانح است. بدیهی است، عدم رعایت مکان‌گزینی صحیح، ممکن است فاجعه دیگری حتی به مراتب وخیم‌تر از سانحه اولیه به دنبال داشته باشد؛ بنابراین، لزوم برنامه‌ریزی، مدیریت و ارائه راهکارهای مناسب در استقرار اضطراری یا موقت جمعیت آسیب‌دیده قبل از وقوع زلزله الزامی می‌نماید (نوجوان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱). هدف، ارائه روشی کارآمد، به‌وسیله سیستمی منعطف، ساده، منطقی و قوی، با استفاده از مفهوم تلفیق مدل‌های فازی و AHP، جهت تعیین موقعیت مناسب‌ترین مراکز امداد و اسکان موقت با استفاده از GIS و ارائه راهکارها، رهنمودها و راهبردهایی در جهت ارتقاء آمادگی شهرها با پیچیدگی خاص آنها در پاسخگویی به بحران‌های ناشی از زلزله در قالب برنامه‌ریزی راهبردی برای شهرهایی با ویژگی‌های متفاوت است. هدفی که در این مقاله به دنبال آن هستیم، همان هدفی است که دبیر کل سازمان ملل متحد در سال ۱۹۹۱ آن را بیان می‌دارد؛ هدفی ساده ولی مهم یعنی، «کاهش خسارت‌های ناشی از بحران‌ها و بلاهای طبیعی اعم از تلفات انسانی و یا خسارت‌های مالی» و تعیین مراکز اسکان و امداد جهت انجام عملیات نجات در شرایط وقوع زلزله در شهر میبد جهت مقابله با زلزله احتمالی هدف اصلی این پژوهش است.

منطقه مورد مطالعه

شهر میبد از شهرهای بخش شمالی استان یزد است که در ارتفاع متوسط ۱۲۳۴ متر از سطح دریا واقع گردیده است و شیب عمومی آن از جنوب به شمال است. شهرستان میبد در ۵۳/۳۶ تا ۵۴/۲ طول



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

(منبع: نگارندگان)

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع «توصیفی، تحلیلی و کاربردی» بوده که خروجی آن می‌تواند کاربردی باشد. ابتدا شاخص‌ها و معیارهای کالبدی، اقتصادی، ارتباطی و طبیعی تأثیرگذار در مکان‌یابی کاربری سایت‌های امداد و اسکان موقت مانند فضاهای باز، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، بیمارستان‌ها، معابر اصلی، پمپ بنزین‌ها و غیره انتخاب خواهد شد، سپس آمار و اطلاعات لازم به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شد و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه را جدا کرده و در نقشه شهر میبید به‌نگام‌سازی شد. برای بکارگیری این معیارها از روش روی‌هم‌گذاری لایه‌ها در GIS استفاده خواهد شد. در مرحله بعد، با استفاده از روش‌های چند معیاری، فازی‌سازی، سلسله‌مراتبی فازی و GIS اطلاعات مورد پردازش قرار گرفته و به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. در نهایت، مناسب‌ترین سایت‌ها با اولویت قوی مشخص و انتخاب شد. در این پژوهش از نرم‌افزارهای ArcGIS و AutoCAD استفاده به‌عمل آمده است.

تکنیک‌های تحقیق

– مدل فرایند سلسله‌مراتبی

روش‌های متعددی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها وجود دارد که برخی از آنها شامل روش‌های آنتروپی، کمترین مجذورات، بردار ویژه و روش‌های تقریبی که انتخاب هر یک بستگی به نوع تصمیم‌گیری و شاخص‌های پیش روی تصمیم‌گیرنده دارد (اکبری و زاهدی کیوان، ۱۳۸۷: ۴۵). در این مطالعه، جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها، روش AHP مورد استفاده قرار گرفته است که یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری است و اولین بار توسط توماس آل ساعتی^۱ در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. AHP یکی از تکنیک‌های معتبر و قوی در تصمیم‌گیری چند معیاره است (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۵). این تکنیک به ما امکان می‌دهد تا شاخص‌ها را به‌صورت زوجی با یکدیگر مقایسه کرده و امتیاز آنها را نسبت به تنها یک شاخص بسنجیم تا در نهایت به یک امتیاز مجموع برای هر شاخص دست یابیم (شریف‌زادگان و فتحی، ۱۳۸۴: ۳).

توافق شاخص پایداری در ماتریس مقایسه زوجی، اگر $CR > 0.1$ باشد، به این معناست که نتیجه قابل قبولی از مقایسه زوجی حاصل شده است (Malczewski, 1999: 7). در نهایت، منطق AHP به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسه‌های زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید. در این روش، فرد تصمیم‌گیرنده باید برای هر جفت از معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری، یک مقایسه انجام دهد که این قیاس در مرحله اول به شکل توصیفی و در مرحله بعد به شکل کمی در یک مقیاس از یک تا نه انجام می‌شود که در نهایت از این قیاس جفتی یک ماتریس به دست می‌آید. دستاوردهای حاصل از کاربردهای تجربی نشان می‌دهد که روش مبتنی بر مقایسه زوجی یکی از مؤثرترین فنون در تصمیم‌گیری فضایی اعم از رویکردهای مبتنی بر GIS است (Eastman et al., 1993: 112). از مزایای ممتاز این تکنیک آن است که از یک مبنای تئوری قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است (قدسی‌پور، ۱۳۸۵: ۱۳۷). در روش مذکور، وابستگی‌ها یک طرفه بوده و از پایین به بالا هستند. تصمیم‌گیری چندمعیاره بر فرایند دادن ارزش به گزینه‌هایی که به وسیله چندمعیار ارزیابی شده‌اند، دست دارد (اصغرپور، ۱۳۸۸: ۳۶۰-۳۵۸).

بدیهی است که وزن دادن به شاخص‌ها در مقایسه‌های زوجی راحت‌تر و مطمئن‌تر از حالات دیگر است؛ همچنین استفاده از این مدل در جریان وزن‌دهی باعث می‌شود تا در ضمن ارزیابی، تعصبات دخیل نباشد. (Mahmoodzadeh et al., 2007: 335) وزن‌دهی به شاخص‌های پژوهش به وسیله نرم افزار AHP انجام شده که به صورت الحاقی به نرم‌افزار ArcGIS اضافه می‌شود. AHP، هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌روست، می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسه‌های زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله‌مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله‌مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد، سپس یکسری مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسه‌ها وزن هر یک از فاکتورها را در جهت گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم نشان می‌دهد. در روش وزن‌دهی مقایسه زوجی، معیارها دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر تعیین می‌شود، بعد یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارهاست. در نسبت

جدول ۱. تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر با استفاده از نظرات شفاهی افراد (Saaty, 1980)

ترجیحات بین فواصل قوی	مطلوبیت یکسان	کمی مطلوب‌تر	مطلوبیت قوی	مطلوبیت خیلی قوی	کاملاً مطلوب‌تر	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۸.۶، ۴.۲	۱	۳	۵	۷	۹	مقدار عددی

- منطق فازی^۱

«باینری» یا «ارسطویی» که همه چیز را فقط به دو شکل سیاه و سفید، بلی و خیر و صفر و یک می‌بیند، قرار دارد. این منطق در بازه بین صفر و یک قرار داشته و با دوری از مطلق‌گویی (فقط صفر یا یک) از مقدار تعلق عضوی به مجموعه بحث می‌کند. از روش‌های تلفیق متغیرهای زبانی، استفاده از مقیاس تبدیل است. می‌توان عبارت‌های زبانی را با استفاده از مقیاس تبدیل به اعداد فازی تبدیل کرد (Chen and Hwang, ۱۹۹۵).

هر نوع بیان واقعیت، یکسره درست یا نادرست نیست. حقیقت آنها چیزی بین درستی کامل و نادرستی کامل است. چیزی بین یک و صفر، یعنی مفهومی چندارزشی و یا خاکستری. حال فازی چیزی بین سیاه و سفید، یعنی خاکستری است (غفاری و همکاران، ۱۳۸۰: ۱۵۱). منطق فازی در برابر منطق

است (همان، ۳۴۰). این عملگر، در یک موقعیت مشخص، حداقل درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌کند.

$$\mu_{\text{combinatin}} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \dots) \quad \text{فرمول (۴)}$$

۵- عملگر فصلی فازی (OR)

این عملگر فازی مشابه اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک است و زمانی استفاده می‌شود که معیارهای مثبت کافی در منطقه مطالعاتی وجود داشته باشد. این رابطه از مقادیر عضویت واحدهای پیکسلی موجود در هر فاکتور در یک موقعیت مشخص برای فاکتورهای مختلف، حداکثر درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه‌های نهایی منظور می‌نماید (همان: ۳۴۰).

$$\mu_{\text{combinatin}} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B, \dots) \quad \text{فرمول (۵)}$$

یافته‌های تحقیق

– شناسایی عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان

مهمترین مسئله در مکان‌یابی، تعیین معیارهای مناسب است. متأسفانه در حال حاضر، مکان‌یابی اسکان موقت فقط براساس تعداد معدودی معیار است، مانند مالکیت و سرانه زمین که معمولاً به زمین‌های بایر ختم می‌شوند. برای تعیین این معیارها، شناخت کامل عوامل تأثیرگذار مانند عوامل اجتماعی، فرهنگی، جغرافیایی، سیاسی و اقتصادی لازم است. کوتاهی در شناخت هر یک از عوامل ممکن است باعث ناکارایی مکان منتخب و بروز پیامدهایی در حین یا بعد از اسکان موقت شود (نوجوان، ۱۳۹۰: ۷). معیارهای مکانی در برنامه‌ریزی کاربری اراضی، به‌طور کلی استانداردهایی هستند که با آن مکان بهینه، یک کاربری در شهر مورد سنجش قرار می‌گیرد. مشخصات محلی و احتیاج ساکنان شهر، اساس تعیین معیارهای مکانی کاربری زمین شهری به‌شمار می‌روند (سعیدنیا، ۱۳۸۳: ۵۴). نقش GIS در مدیریت بحران حوادث مرتبط با فعالیت‌های مراکز امداد و اورژانس علاوه بر اینکه تعیین کننده است، در کاهش خسارات در زمان قبل از وقوع حادثه با مکان‌یابی بهینه‌ترین

مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از فازی‌سازی متغیرها و فرایند تحلیل ...

(26: 1992) با در دست داشتن دو یا چند نقشه با توابع عضویت فازی برای مجموعه مشابه، عملگرهای متنوعی را می‌توان برای ترکیب کردن مقادیرهای عضویت با یکدیگر به کار گرفت. عملگرهای فازی شامل موارد زیر هستند:

۱- عملگر ضربی فازی

عملگر ضرب فازی در یک موقعیت مشخص موجود در فاکتورهای مختلف، درجه عضویت واحدهای پیکسلی را ضرب نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. این عملگر زمانی استفاده می‌شود که نقشه معیار، اثر کاهشی بر روی هم داشته باشند (Malczewski, 1999: 340).

$$\mu_{\text{combinatin}} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad \text{فرمول (۱)}$$

۲- عملگر جمعی فازی

عملگر جمع فازی، مکمل عملگر ضرب فازیست. این عملگر زمانی استفاده می‌شود که نقشه‌های معیار، اثر افزایشی بر روی هم داشته باشند. از این عملگر، مقادیر عضویت فازی در نقشه خروجی بزرگ شده و به سمت یک میل می‌کند (همان: ۳۴۰).

$$\mu_{\text{combinatin}} = 1 - \left(\prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right) \quad \text{فرمول (۲)}$$

۳- عملگر گاما

این عملگر حالت کلی عملگر ضربی و جمعی فازی می‌باشد و زمانی به کار می‌رود که تأثیرات کاهشی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد. فرمول (۳)

$$\mu_{\text{combinatin}} = (\text{FuzzySum})^\gamma \times (\text{FuzzyProduct})^{1-\gamma} \\ \gamma \in [0,1]$$

۴- عملگر عطفی فازی (AND)

این عملگر، مشابه اشتراک در مجموعه‌های کلاسیک است و زمانی استفاده می‌شود که دو یا چند معیار با هم می‌توانند حل یک مسئله کمک کنند. عملگر فازی AND به پدید آمدن یک تخمین محافظه‌کارانه از عضویت مجموعه‌ای با تمایلی به ایجاد مقادیر کوچک منجر می‌شود. عملیات AND در مواقعی که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد لازم برای فرضیه بایستی برای اثبات فرضیه با هم وجود داشته باشند، مناسب

یک شهر را می‌توان از مهمترین ویژگی‌های آن دانست که بازتاب کالبدی مفهوم نیاز به دسترسی هستند (زبردست و همکاران، ۱۳۸۴: ۸). درحالی‌که بعد از وقوع حوادثی مثل زلزله به علت فروریختن ساختمان‌ها و احتمال بسته شدن مسیرها، کارایی شبکه‌های ارتباطی به شدت کاهش می‌یابد (Yung et al., 2007: 28). این در حالی است که طی یک بحران یا وضعیت اضطراری، شبکه‌های ارتباطی نقش حیاتی‌تری در نجات جان انسان‌ها و تسریع عملیات بازسازی و بازگرداندن حالت عادی به شهر را بر عهده دارند (Liu et al., 2003: 530). بنابراین، لازم است که شبکه ارتباطی طوری طراحی شود که ارتباط بین بخش‌های مختلف شهر حفظ و تقویت شود (Huang, 2003: 27).

شیب زمین: در مکان‌های اسکان موقت زلزله‌زدگان شیب عمومی زمین می‌بایست ملایم و بین ۲ تا ۶ درصد باشد. این مقدار سراسری زه‌کشی را تسهیل می‌نماید. زمین‌های با شیب تند (۱۰ درصد به بالا) مشکل‌زا و پرهزینه‌اند و باید از آن اجتناب نمود. همچنین زمین‌های صاف و هموار در فصول بارندگی احتمالاً سیل‌گیر خواهند بود (فلاحی، ۱۳۸۶: ۸۲)؛ اما از معیار شیب به دلیل داشتن شیب مناسب منطقه مورد مطالعه از نظر کارشناسان صرف‌نظر شد.

مساحت و شعاع پوشش: مساحت مناطق مختلف شهری و شعاع امدادسانی مراکز امداد و اسکان در برنامه‌ریزی استقرار ایستگاهها از عوامل عمده به حساب می‌آید.

شبکه ترافیک: سیستم حمل و نقل شهری و شبکه ترافیک، یکی دیگر از عوامل مؤثر بر مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان است. عواملی چون عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک‌طرفه بودن خیابان و غیره در چگونگی محل استقرار مراکز مؤثرند.

- ایجاد لایه‌های مورد نیاز

در این مرحله با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، لایه‌های اطلاعاتی جدیدی با نوع رستر تولید خواهد شد.

مکان‌ها برای احداث مراکز امداد و اورژانس مؤثر است، همچنین می‌تواند کارایی بالایی در حین امدادسانی ایفا نماید (پوراسکندری، ۱۳۸۰: ۹). با مطالعه تحقیقات و مقاله‌های مرتبط در این زمینه و همچنین جمع‌آوری نظر کارشناسان، مهمترین معیارهای مؤثر در تعیین موقعیت مراکز امداد و اسکان انتخاب شدند که به دو بخش معیارهای سازگار و معیارهای ناسازگار تقسیم شده‌اند. معیارهای سازگار، معیارهایی هستند که به دلیل اهمیت آنها می‌بایست سعی شود تا کاربری جدید در نزدیکی و همجواری آنها قرار بگیرد و شامل: ۱- دسترسی به راهها ۲- تراکم جمعیتی ۳- کاربری مذهبی ۴- کاربری ورزشی ۵- کاربری پارک ۶- کاربری آموزشی ۷- کاربری درمانی و ... می‌شوند. معیارهای ناسازگار معیارهای هستند که بنا به دلایلی مانند ایجاد خطر و ... مانع خدمات‌دهی به موقع نیروهای امدادسانی می‌شوند و در هنگام وقوع زلزله نزدیکی به آنها خطرناک است؛ شامل: ۱- شریان‌های حیاتی ۲- پمپ بنزین می‌شود. اگر فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی کم، فاصله از کلینیک‌ها و بیمارستان‌ها کم، فاصله از پمپ بنزین زیاد، فاصله از پل عبور وسایل نقلیه زیاد، فاصله از راههای اصلی و فرعی کم، منطقه پرجمعیت و ... باشد، منطقه برای برپایی پناهگاه بسیار مناسب است. این فاکتورها را می‌توان افزایش داد؛ اما تعداد زیاد عوامل باعث پیچیده‌تر شدن مدل خواهد شد و ممکن است باعث بروز مشکلاتی شود.

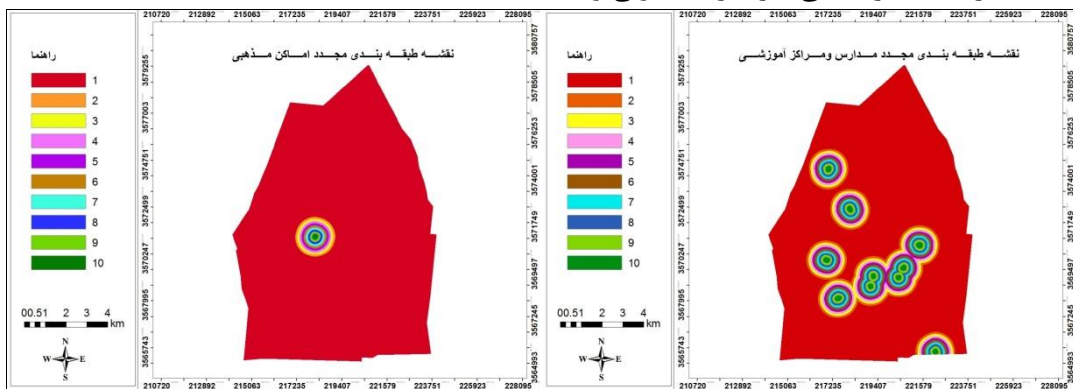
برخی عوامل و معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان در زیر بیان شده است:

معیار شبکه معابر: شبکه معابر به دلیل تأثیر در مدت زمان دسترسی نیروها و تجهیزات به محل وقوع حادثه از اهمیت بالایی برخوردار است؛ لذا هر چه مراکز امداد و اسکان به شبکه معابر اصلی و ترافیک پایین نزدیک‌تر باشند، مدت زمان دسترسی به منطقه تحت شعاع آنها کاهش یافته و می‌توانند مناطق بیشتری را خدمات‌دهی کنند. شکل‌گیری بافت یک شهر به‌طور مستقیم به شبکه معابر آن ارتباط دارد (مهندسان مشاور آمودراه، ۱۳۷۶: ۷). راهها و شبکه‌های ارتباطی

– طبقه‌بندی مجدد داده‌ها

این مرحله یکی از مراحل اصلی مکان‌یابی با استفاده از GIS است و برای ترکیب مجموع لایه‌ها امری ضروری بوده و طی این عملیات، مجموع لایه‌ها تحت مقیاس مشترکی سنجیده و ارزش‌گذاری می‌شوند. در این مرحله، به لایه‌ها براساس فاصله از کاربری امتیاز تعلق می‌گیرد که در این تحقیق فاصله از لایه‌های فاصله از شبکه‌ی ارتباطی، مراکز مسکونی و

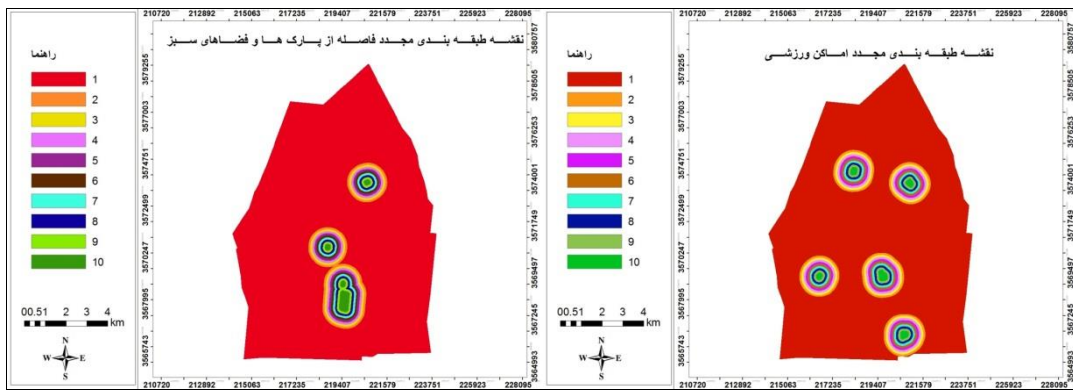
فرهنگی و فضاهای سبز شهری و غیره هر چه فاصله کمتر باشد، امتیاز بیشتری تعلق می‌گیرد و برعکس هر چه فاصله بیشتر باشد، امتیاز کمتری تعلق می‌گیرد. برای لایه‌های فاصله از شریان‌های حیاتی موجود، عکس این مورد صادق است؛ یعنی با افزایش فاصله، امتیاز بیشتر و با کاهش فاصله، امتیاز کمتری در نظر گرفته شد.



شکل ۳. نقشه طبقه بندی مجدد مراکز آموزشی

شکل ۴. نقشه طبقه بندی مجدد مراکز مذهبی

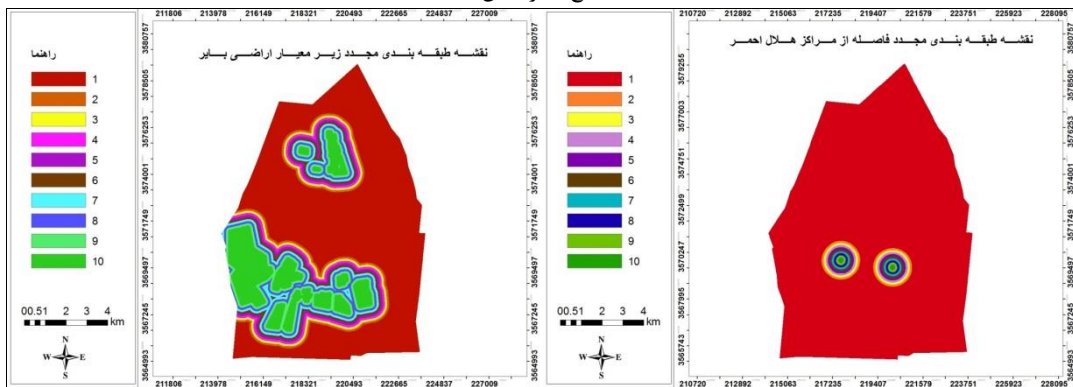
(منبع: نگارندگان)



شکل ۵. نقشه طبقه بندی مجدد مراکز ورزشی

شکل ۶. نقشه طبقه بندی مجدد فضاهای سبز

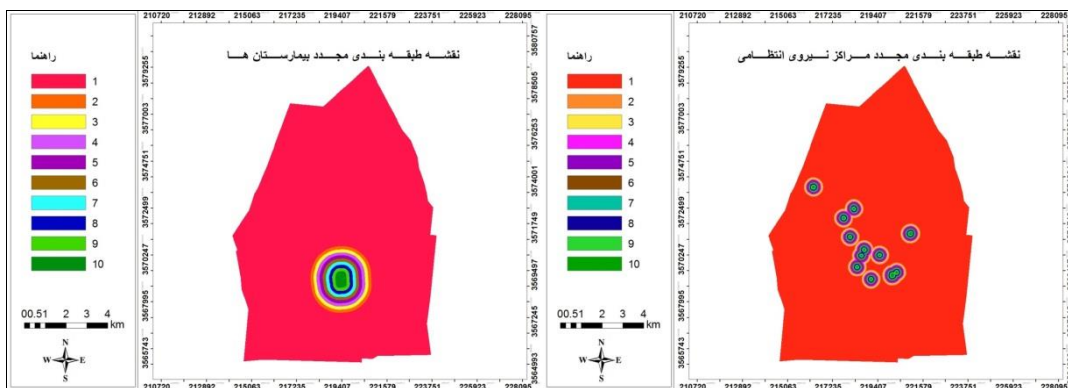
(منبع: نگارندگان)



شکل ۷. نقشه طبقه بندی مجدد مراکز هلال احمر

شکل ۸. نقشه طبقه بندی مجدد اراضی سایر

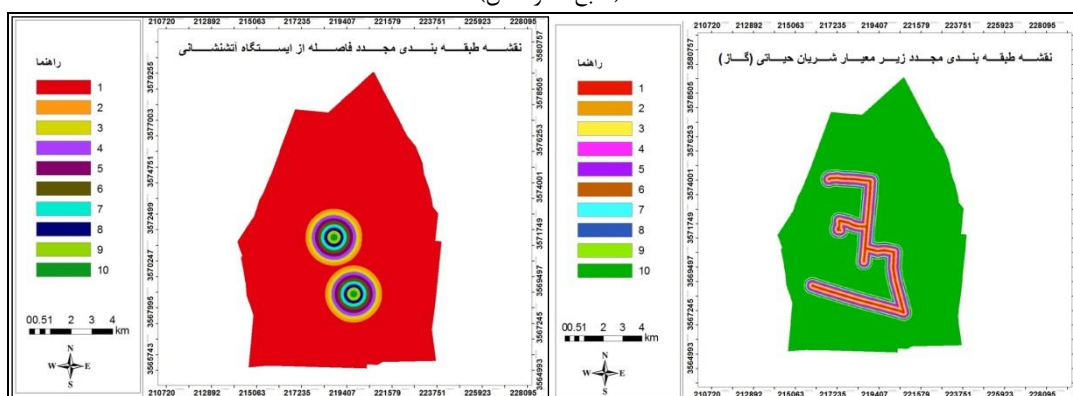
(منبع: نگارندگان)



شکل ۸. نقشه طبقه بندی مجدد مراکز انتظامی

شکل ۹. نقشه طبقه بندی مجدد بیمارستان ها

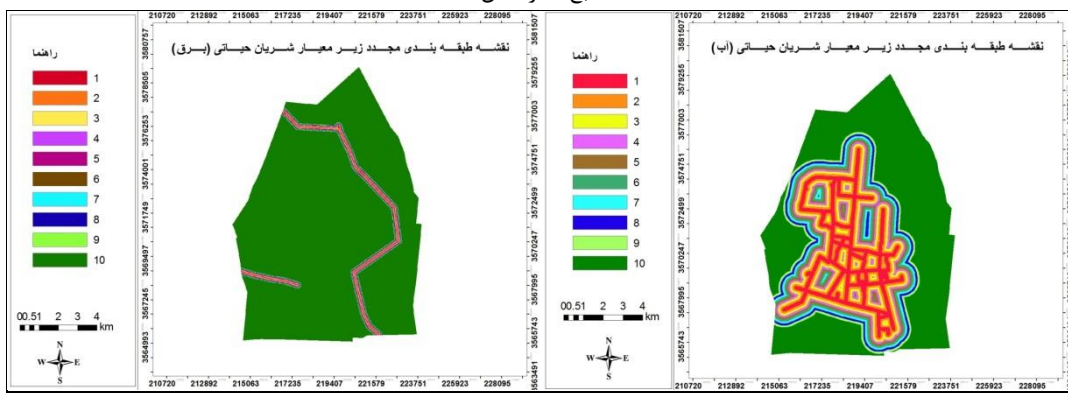
(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۰. نقشه طبقه بندی مجدد زیر معبر شریان حیاتی (گاز)

شکل ۱۱. نقشه طبقه بندی مجدد فاصله از ایستگاه آتش نشانی

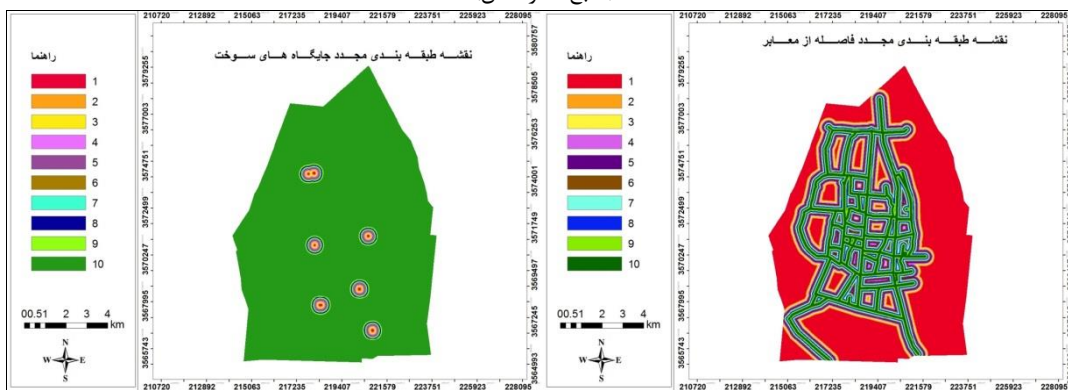
(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۲. نقشه طبقه بندی مجدد زیر معبر شریان اصلی برق

شکل ۱۳. نقشه طبقه بندی مجدد زیر معبر شریان اصلی آب

(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۴. نقشه طبقه بندی مجدد جایگاه های سوخت

شکل ۱۵. نقشه طبقه بندی مجدد فاصله از معابر

(منبع: نگارندگان)

معیارها، با استفاده از نرم‌افزار الحاقی AHP محاسبه گردید. نرم‌افزار مذکور قابلیت محاسبه نرخ ناسازگاری^۱ را دارد. پس از به‌دست آوردن نرخ ناسازگاری هر کدام از ماتریس‌ها، ماتریس‌هایی که نرخ ناسازگاری آنها خیلی بیشتر از حد قابل قبول باشد، باید کنار گذاشته شود و درنهایت، ماتریس‌هایی که دارای نرخ ناسازگاری کمتر از ۰,۱ بود، در روند تعیین وزن معیارها شرکت داده شدند. به‌این‌صورت که میانگین وزن هرکدام از سلول‌های ماتریس به‌دست آمد و نرخ ناسازگاری ماتریس نهایی با استفاده از نرم‌افزار الحاقی AHP تعیین و وزن معیارها به‌دست آمد. برای محاسبه وزن معیارها ابتدا مقایسه‌های دوتایی بین معیارها صورت پذیرفت. در واقع ماتریسی تشکیل گردید که درایه‌های آن با توجه به‌میزان اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر به‌صورت دوجه‌دو مقایسه شده بود (با استفاده از جدول پروفیسور ساعتی). امتیازدهی به لایه‌ها و ماتریس حاصل به‌صورت زیر است:

- محاسبه وزن معیارها با استفاده از روش مقایسه زوجی و تلفیق لایه‌ها

تکنیک GIS به‌علت توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از اطلاعات فضایی، ابزاری نیرومند برای این نوع مطالعات اولیه به‌شمار می‌رود. علاوه‌براین، مدل AHP توسط برنامه‌ریزان، برای حل معضلات پیچیده‌ای که در امر مدیریت با آن روبه‌رو هستند، به‌کار گرفته می‌شود؛ بنابراین، تلفیق تکنیک می‌تواند به‌عنوان روشی قدرتمند جهت پیش‌بینی مراکز اسکان و امداد در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه، تلفیق تکنیک GIS و مدل AHP برای برنامه‌ریزان این امکان را فراهم می‌آورد که با استفاده از توابع تجزیه و تحلیل معیارها و رتبه‌بندی آلترناتیوها، مناسب‌ترین گزینه را انتخاب نمایند. برای به‌دست آوردن وزن معیارها با تعیین ماتریس مقایسه زوجی معیارها، پرسشنامه‌ای تهیه شد. این پرسشنامه توسط کارشناسان متخصص در زمینه بازسازی، مدیریت بحران و محیط زیست تکمیل گردید، سپس وزن

جدول ۲. امتیازدهی به لایه‌های اطلاعاتی براساس فاصله

امتیاز	فاصله به متر									
	شبکه آب	شبکه برق	شبکه گاز	جایگاه سوخت	شبکه آرتباطی	فضاهای باز	مراکز هلال احمر	ایستگاه آتش‌نشانی	بیمارستان	مراکز انتظامی
۱۰	۹۰۰ <	۱۸۰ <	۴۵۰ <	۴۵۰ <	۰-۵۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۵۰	۰-۱۵۰	۰-۵۰
۹	۸۰۰-۹۰۰	۱۶۰-۱۸۰	۴۰۰-۴۵۰	۴۰۰-۴۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۵۰-۳۰۰	۱۵۰-۳۰۰	۵۰-۱۰۰
۸	۷۰۰-۸۰۰	۱۴۰-۱۶۰	۳۵۰-۴۰۰	۳۵۰-۴۰۰	۱۰۰-۱۵۰	۲۰۰-۳۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۴۵۰	۳۰۰-۴۵۰	۱۰۰-۱۵۰
۷	۶۰۰-۷۰۰	۱۲۰-۱۴۰	۳۰۰-۳۵۰	۳۰۰-۳۵۰	۱۵۰-۲۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	۱۵۰-۲۰۰
۶	۵۰۰-۶۰۰	۱۰۰-۱۲۰	۲۵۰-۳۰۰	۲۵۰-۳۰۰	۲۰۰-۲۵۰	۴۰۰-۵۰۰	۴۰۰-۵۰۰	۶۰۰-۷۵۰	۶۰۰-۷۵۰	۲۰۰-۲۵۰
۵	۴۰۰-۵۰۰	۸۰-۱۰۰	۲۰۰-۲۵۰	۲۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۳۰۰	۵۰۰-۶۰۰	۵۰۰-۶۰۰	۷۵۰-۹۰۰	۷۵۰-۹۰۰	۲۵۰-۳۰۰
۴	۳۰۰-۴۰۰	۶۰-۸۰	۱۵۰-۲۰۰	۱۵۰-۲۰۰	۳۰۰-۳۵۰	۶۰۰-۷۰۰	۶۰۰-۷۰۰	۹۰۰-۱۰۵۰	۹۰۰-۱۰۵۰	۳۰۰-۳۵۰
۳	۲۰۰-۳۰۰	۴۰-۶۰	۱۰۰-۱۵۰	۱۰۰-۱۵۰	۳۵۰-۴۰۰	۷۰۰-۸۰۰	۷۰۰-۸۰۰	۱۰۵۰-۱۲۰۰	۱۰۵۰-۱۲۰۰	۳۵۰-۴۰۰
۲	۱۰۰-۲۰۰	۱۷-۴۰	۵۰-۱۰۰	۵۰-۱۰۰	۴۰۰-۴۵۰	۸۰۰-۹۰۰	۸۰۰-۹۰۰	۱۲۰۰-۱۳۵۰	۱۲۰۰-۱۳۵۰	۴۰۰-۴۵۰
۱	۰-۱۰۰	۰-۱۷	۰-۵۰	۰-۵۰	۴۵۰ <	۹۰۰ <	۹۰۰ <	۱۳۵۰ <	۱۳۵۰ <	۴۵۰ <

(منبع: نگارندگان)

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی

بیمارستان	آتش‌نشانی	انتظامی	هلال احمر	پمپ بنزین	شریان‌ها	شبکه ارتباطی	فضاهای باز	معیارهای اصلی
۵	۳	۲	۴	۳	۶	۱/۲	۱	فضاهای باز
۶	۴	۳	۵	۴	۷	۱		فاصله تا شبکه ارتباطی
۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴	۱/۴	۱			فاصله از شریان‌های حیاتی
۳	۲	۲	۳	۱				فاصله تا پمپ بنزین‌ها
۱/۴	۳	۴	۱					هلال احمر
۱/۷	۱/۲	۱						انتظامی
۱/۶	۱							آتش‌نشانی
۱								بیمارستان

(منبع: نگارندگان)

سپس امتیاز نهایی هر لایه اطلاعاتی مشخص شد که این امتیازات در جدول زیر نمایش داده شده است. پس از مشخص شدن وزن هر کدام از معیارها، محدوده مورد نظر جهت مراکز امداد و اسکان اولویت‌بندی می‌شود.

جدول ۴. وزن معیارهای محاسبه شده با استفاده از اکستنشن الحاقی AHP به GIS

مجموع	بیمارستان	آتش‌نشانی	انتظامی	هلال احمر	جایگاه سوخت	شریان‌های حیاتی	شبکه ارتباطی	فضاهای باز	نام لایه
۱	۰,۱۳۸۹	۰,۰۵۰۵	۰,۰۴۶۲	۰,۰۷۳۸	۰,۱۲۷۲	۰,۰۲۳۶	۰,۳۱۴۳	۰,۲۲۵۵	امتیاز

(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۶. نقشه طبقه‌بندی مجدد تلفیق لایه‌ها بر اساس مدل AHP

(منبع: نگارندگان)

هدف «بسیار مناسب» و شش مکان «مناسب» تشخیص داده شد.

- انتخاب مکان بهینه با استفاده از AHP بعد از به دست آوردن محدوده‌های مناسب برای مراکز امداد و اسکان شش مکان در این نقشه برای این

جدول ۵. اولویت‌بندی گزینه‌های بسیار مناسب

اولویت گزینه‌های «بسیار مناسب»	نوع کاربری	نام مرکز	مساحت (متر مربع)
گزینه ۱	ورزشی	ورزشگاه فرمانداری میبد	۱۴۱۹۶
گزینه ۲	آموزشی	هنرستان چمران	۵۸۲۸
گزینه ۳	فضای سبز	پارک فردوسی	۵۶۷۲
گزینه ۴	آموزشی	مدرسه امام صادق (ع)	۵۰۵۹
گزینه ۵	فضای سبز	پارک بهاران	۱۹۴۸۷۸
گزینه ۶	اراضی بایر	جنوب شرقی ورزشگاه فرمانداری	۱۲۱۴۳۸

(منبع: نگارندگان)

جدول ۶. اولویت‌بندی گزینه‌های مناسب

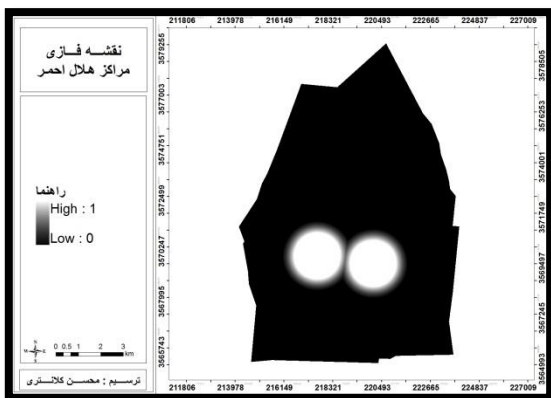
اولویت گزینه‌های «مناسب»	نوع کاربری	نام مرکز	مساحت (متر مربع)
گزینه ۱	فضای سبز	پارک خاتم‌الانبیاء شهیدیه	۶۹۸۹
گزینه ۲	ورزشی	ورزشگاه شهدا شهیدیه	۲۳۰۳۲
گزینه ۳	اراضی بایر	غرب پارک بهاران	۳۳۵۶۳۰
گزینه ۴	آموزشی	مدرسه فیاضی	۵۲۴۲
گزینه ۵	فضای سبز	پارک فلسطین	۶۶۷۹
گزینه ۶	آموزشی	مدرسه امام حسین (ع)	۶۷۹۷

(منبع: نگارندگان)

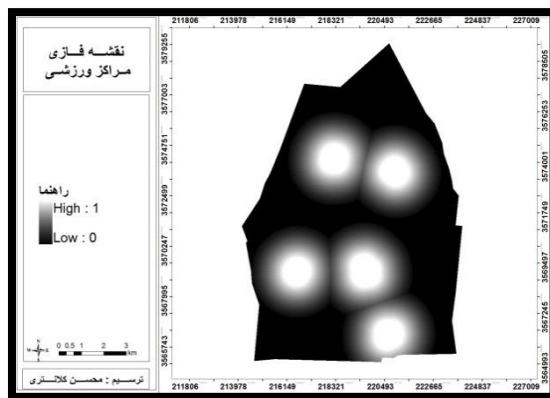
این کار به وسیله ابزار Raster Calculator انجام شده بود. منطق فازی قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند (همان‌طور که در عالم واقع نیز اکثراً چنین است)، صورت‌بندی ریاضی کرده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (طاهری، ۱۳۸۷: ۵۰).

- فازی‌سازی لایه‌ها

نقشه‌های فازی برای عواملی نظیر فضاها، باز، مراکز خدماتی و ... تشکیل گردیدند. نقشه فاکتور فازی هر عارضه به گونه‌ای تهیه شده است که مقدار هر واحد مکانی بر روی آن نشان‌دهنده میزان مناسب بودن مکان مربوط، جهت مکان‌یابی مراکز اسکان است. برای فازی‌سازی لایه‌ها از ابزار Fuzzy Membership در نرم‌افزار ArcGIS و تابع عضویت خطی استفاده کردیم که در مقالات مطرح شده در پیشینه تحقیق،

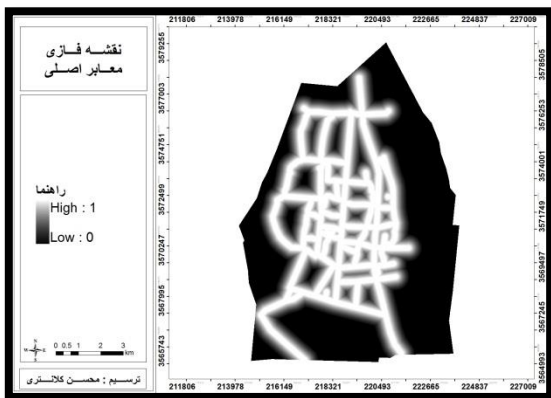


شکل ۱۸. لایه هلال احمر فازی شده

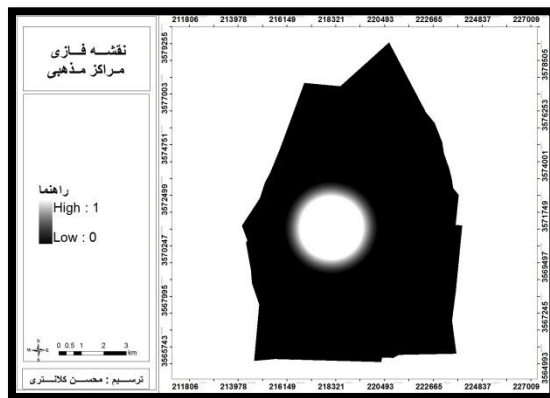


شکل ۱۷. لایه مراکز ورزشی فازی شده

(منبع: نگارندگان)

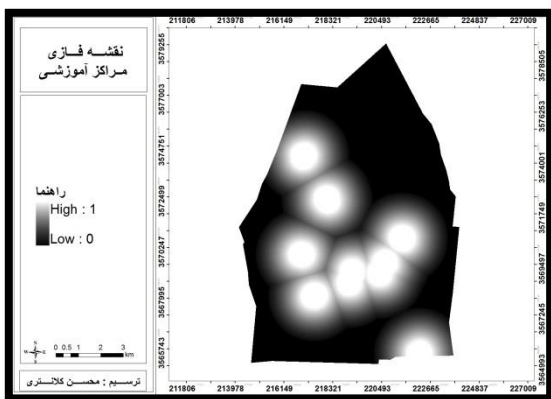


شکل ۲۰. لایه شبکه‌های ارتباطی فازی شده

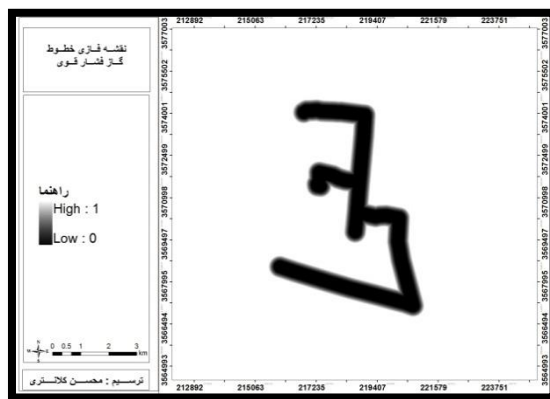


شکل ۱۹. لایه مراکز مذهبی فازی شده

(منبع: نگارندگان)

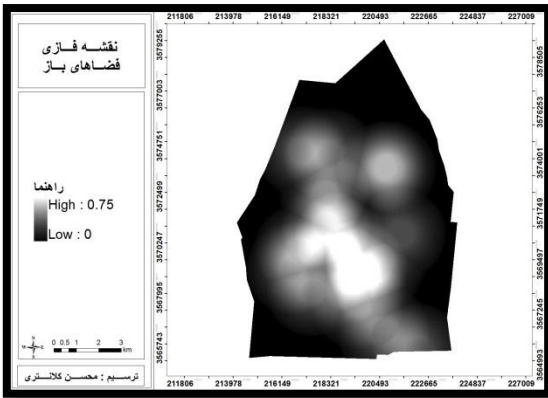


شکل ۲۲. لایه مراکز آموزشی فازی شده

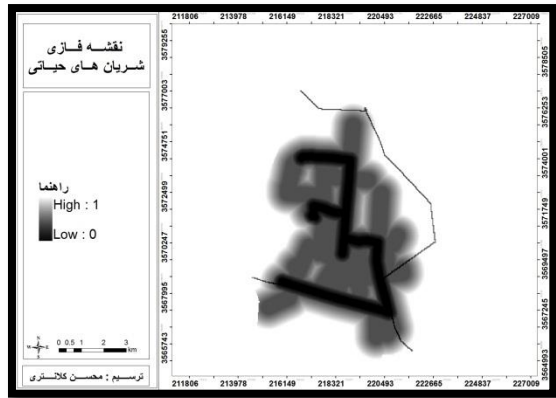


شکل ۲۱. لایه خطوط گاز فازی شده

(منبع: نگارندگان)

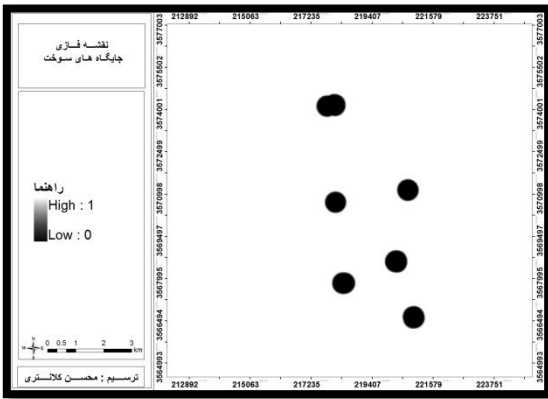


شکل ۲۴. لایه فضاهای باز فازی شده

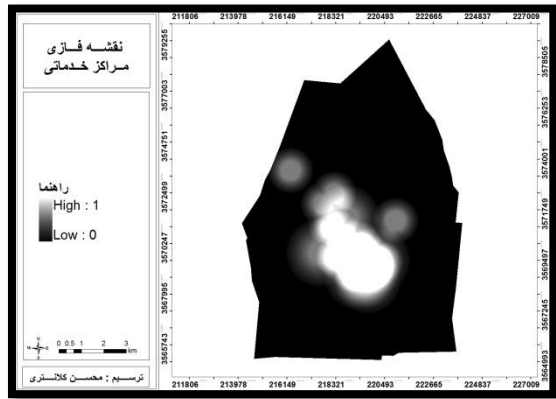


شکل ۲۳. لایه شریان‌های حیاتی فازی شده

(منبع: نگارندگان)

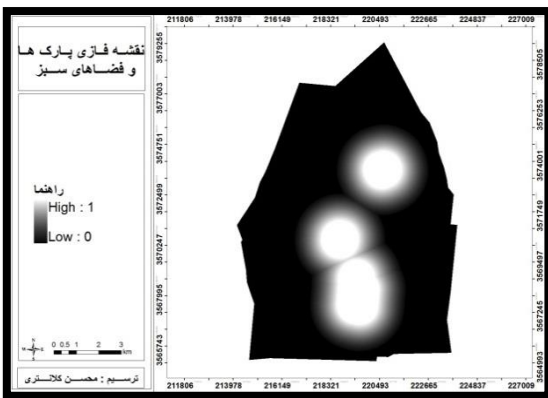


شکل ۲۶. لایه جایگاه‌های سوخت فازی شده

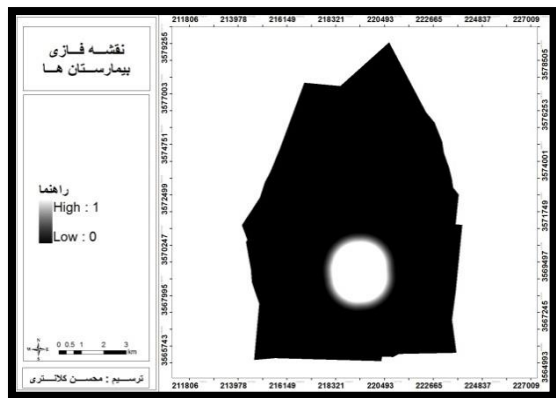


شکل ۲۵. لایه مراکز خدماتی فازی شده

(منبع: نگارندگان)

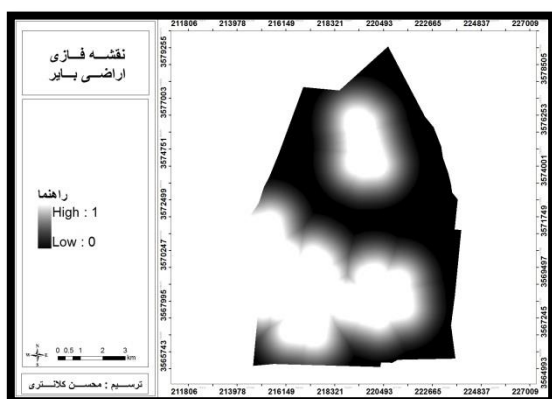


شکل ۲۸. لایه فضاهای سبز فازی شده

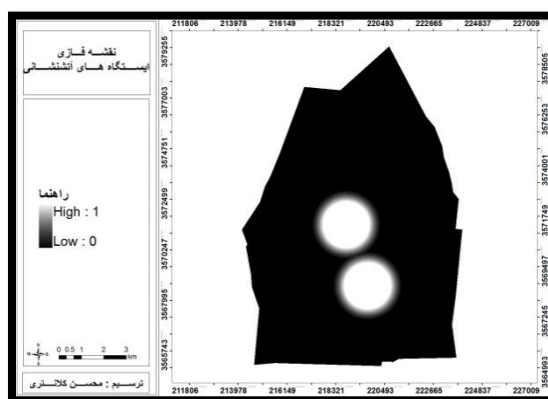


شکل ۲۷. لایه بیمارستان فازی شده

(منبع: نگارندگان)

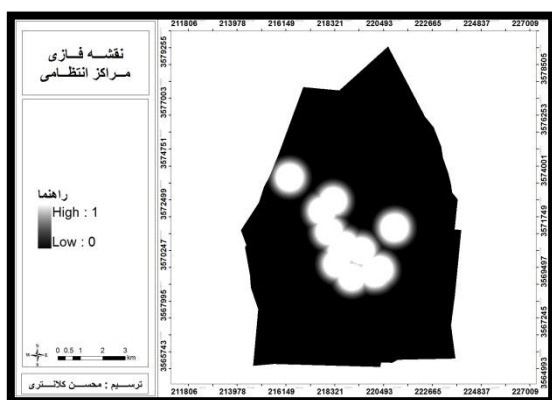


شکل ۳۰. لایه اراضی بایر فازی شده

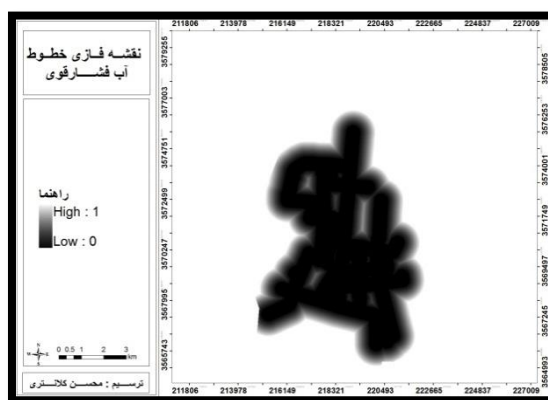


شکل ۲۹. لایه ایستگاه‌های آتش‌نشانی فازی شده

(منبع: نگارندگان)



شکل ۳۲. لایه مراکز انتظامی فازی شده

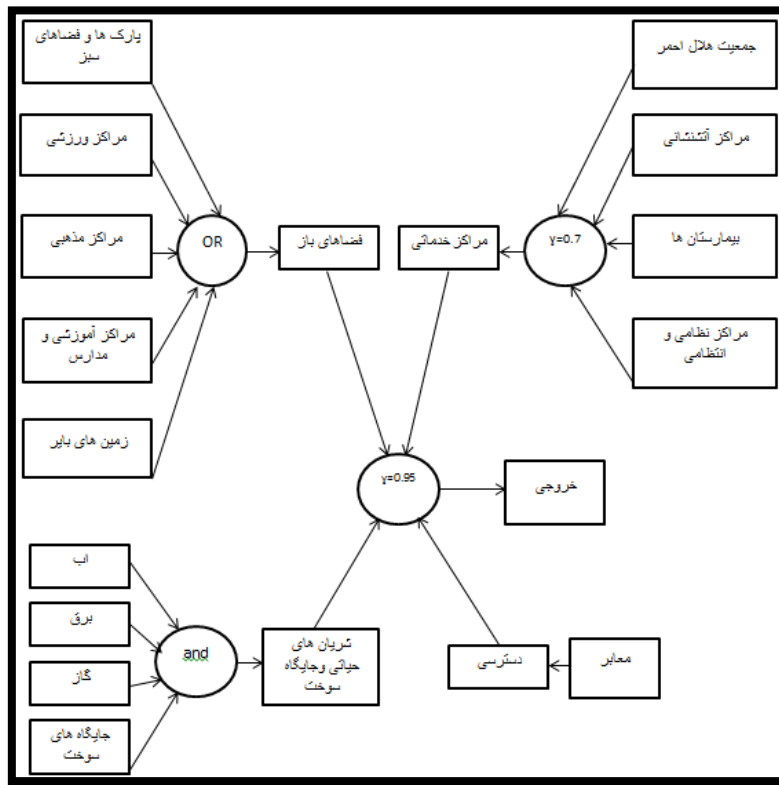


شکل ۳۱. لایه خطوط آب فازی شده

(منبع: نگارندگان)

کارشناسی، ماهیت و نقش هر یک از آنها در تعیین مکان و ارتباط آنها با یکدیگر، کلاس‌بندی شده و لایه‌های اطلاعاتی مربوط در مراحل مختلف تلفیق می‌گردند و این روش با روش مقالات مطرح‌شده در پیشینه تحقیق متفاوت است؛ به‌عنوان مثال، در شبکه استنتاجی، پنج فاکتور پارک‌ها، مراکز ورزشی، مراکز مذهبی، مراکز آموزشی و زمین‌های بایر که همگی جزء مکان‌هایی برای فضاهای باز اسکان موقت در نظر گرفته می‌شوند، می‌توانند در یک کلاس در نظر گرفته شده و با هم ترکیب شوند. لازم به ذکر است که هلال احمر، آتش‌نشانی، بیمارستان و مراکز نظامی اغلب برای امداد رسانی در نظر گرفته می‌شوند؛ لذا با هم سنخیت دارند. به این ترتیب، یک نقشه فاکتور واسط به‌وجود می‌آید. با توجه به تأثیر عوامل مختلف در مکان‌یابی مراکز اسکان و نیز وضعیت داده‌های موجود مربوط به آنها، تابع عضویت در نظر گرفته شد.

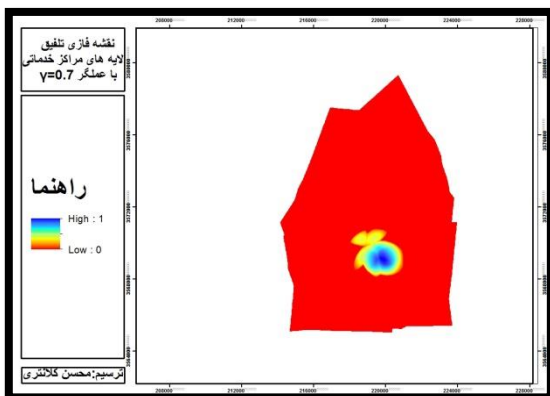
- طراحی شبکه‌های استنتاجی و تلفیق نقشه‌های فازی پس از تهیه نقشه‌های مدل فازی، لازم است تلفیق نقشه‌ها با استفاده از عملگرهای فازی انجام گیرد. انتخاب عملگرهای فازی مناسب جهت تلفیق لایه‌های مختلف با توجه به ارتباط و برهم‌کنش عوامل مربوط به آن لایه‌ها انجام می‌گیرد (Tangestani, 2003: 7). معمولاً نمی‌توان کلیه لایه‌های مورد نیاز یک کاربرد را تنها با یک عملگر تلفیق نمود؛ به همین دلیل، اغلب جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف در روش فازی به‌جای استفاده از یک عملگر، شبکه‌های استنتاج فازی با استفاده از عملگرهای مختلف ایجاد می‌شود. در این مقاله، شبکه استنتاجی طراحی شده بیان شد که در شکل ۳۴ نشان داده شده است. نوآوری این تحقیق از نظر روش شناختی این است که در شبکه استنتاجی طراحی شده، به‌جای اینکه تمام نقشه‌های فاکتور در یک مرحله تلفیق شوند، فاکتورها بر اساس دانش



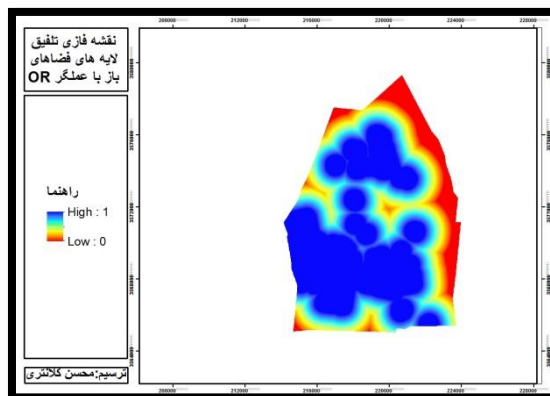
شکل ۳۳. شبکه استنتاجی فازی (منبع: نگارندگان)

و هم‌پوشانی انجام شد که در مقالات مطرح در پیشینه تحقیق، این کار به‌وسیله ابزار RasterCalculator انجام شده بود. در نهایت، با استفاده از نقشه‌های حاصل شده مکان‌های مناسب مشخص شد.

انتخاب عملگر فازی باتوجه به منطق‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. پس از اعمال توابع بیان شده بر روی لایه‌ها با استفاده از ابزار Fuzzy Overlay در نرم‌افزار ArcGIS، عملگرها بر روی لایه‌ها اعمال شدند

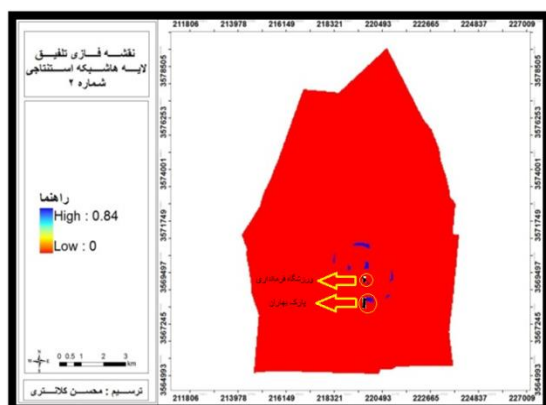


شکل ۳۵. لایه فازی مراکز خدماتی (عملگر $y=0.7$)



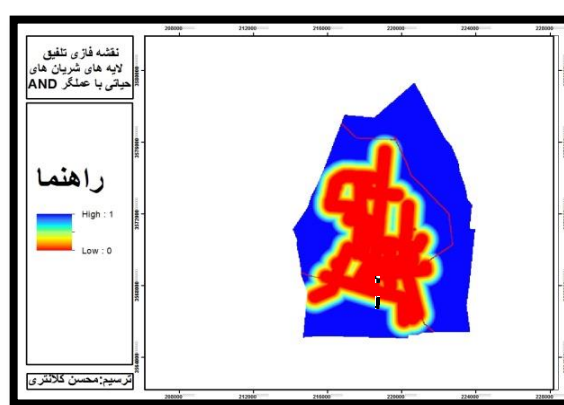
شکل ۳۴. لایه فازی فضاهای باز (عملگر OR)

(منبع: نگارندگان)



شکل ۲۷. مناطق انتخابی شبکه استنتاج فازی

(منبع: نگارندگان)



شکل ۳۶. لایه فازی شریان‌های حیاتی (عملگر AND)

تصمیم‌گیران نباشد. این مسئله بدین جهت است که مکان‌یابی بر اساس معیارهای مختلفی است که معمولاً خیلی از آنها در مکان‌یابی‌های مرسوم، متداول نیست. بررسی نتایج نشان داد مکان‌هایی که در آنها اکثر فاکتورها وضعیت مناسب‌تری دارند، امتیاز بالاتری به دست می‌آورند؛ به عبارتی، نتایج به دست آمده با منطقی که شبکه براساس آن طراحی شده است، سازگاری دارد. موارد فوق نشان می‌دهند که نتایج به دست آمده شدیداً تحت تأثیر نحوه ترکیب پارامترها و استفاده از نوع عملگرهای مختلف است. با نگاه به مکان شماره ۳۶ و ۳۷ می‌توان فهمید که این مناطق دارای امتیاز بالایی است و تصاویر، مناسب بودن این مکان‌ها را جهت اسکان موقت (طبق معیارهای مکان‌یابی) نشان می‌دهد. در شکل شماره ۳۶ و ۳۷ تصویر ماهواره‌ای این مکان‌ها نمایش داده شده است.

پارک بهاران و اراضی بایر جنوب شرقی ورزشگاه فرمانداری، به عنوان مراکز بسیار مناسب برای امداد و اسکان به دست آمد. مکان‌های انتخابی، هم از نظر منطقی و هم از نظر کارایی وضعیت مناسبی دارند؛ به عبارتی، نتایج به دست آمده با منطقی که شبکه براساس آن طراحی شده است، سازگاری دارد. این موارد نشان می‌دهند که نتایج به دست آمده قطعاً تحت تأثیر نحوه ترکیب پارامترها و استفاده از نوع عملگرهای مختلف است. جهت تلفیق، از عملگر گامای ۰,۹۵ استفاده شده است که اثر افزایشی کمتری نسبت به SUM دارد. برای تعیین حد آستانه گاما، از گاماهای مختلفی برای شبکه استنتاجی استفاده شد و همچنین مقالات مرتبط زیادی مطالعه شد و در پایان این نتیجه حاصل شد که بهترین حد آستانه گاما برای این تحقیق، مقدار ۰,۹۵ بود. این حد آستانه بیشترین نزدیکی به گرایش افزایشی را دارد. محل‌های انتخاب شده ممکن است در وهله اول مورد نظر



شکل ۳۹. تصویر ماهواره‌ای از ورزشگاه فرمانداری



شکل ۳۸. تصویر ماهواره‌ای از پارک بهاران

(منبع: نگارندگان)

ArcGIS بیان گردید. مهمترین مسئله در مکان‌یابی، تعیین معیارهای مناسب است. از آنجاکه عمدتاً داده‌های مورد استفاده در مکان‌یابی اسکان موقت، مکانی است و ArcGIS قابلیت پردازش و تحلیل داده‌های مکانی و غیرمکانی را دارد، ابزار Fuzzy logic و افزونه الحاقی AHP در ArcGIS می‌تواند به‌عنوان ابزاری قوی مورد استفاده مدیران قرار گیرد. در این تحقیق، در ابتدا پارامترهای مؤثر در این مکان‌یابی که شامل «میزان تراکم جمعیت»، «فاصله از راه‌های اصلی» و ... است انتخاب شد. در ادامه در روش اول، از AHP برای به‌دست آوردن نقشه مکان‌های مناسب استقرار گروه‌های امداد استفاده شد. در روش دوم، سعی بر استفاده از انواع توابع عضویت فازی (باتوجه به ماهیت پارامترها) شد و با استفاده از منطق فازی و عملگرهای متفاوتی نظیر گاما، Sum، OR و ... شبکه استنتاجی فازی مناسب ساخته شد، سپس با کمک ابزار Fuzzy logic مکان‌های مناسب برای استقرار مراکز اسکان و گروه‌های امدادی به‌دست آمد. باتوجه به تحلیل نهایی تعیین موقعیت به روش AHP شش مکان با اهمیت نسبی «بسیار مناسب» به‌عنوان بهترین مکان و شش مکان با اهمیت نسبی «مناسب» برای تعیین موقعیت مراکز امداد و اسکان منطقه مشخص

نتیجه‌گیری

عوامل مختلفی در مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان پس از زلزله دخالت دارند که بررسی و تحلیل تمام ابعاد آنها با روش‌های سنتی امکان‌پذیر نیست. از طرفی، بی‌توجهی به این عوامل در مکان‌یابی موجب هدر رفتن سهم قابل توجهی از منابع مادی و از دست دادن حجم زیادی از منابع محیطی شده و صدمات سنگینی را به مردم و مدیریت بحران شهری تحمیل می‌کند؛ بنابراین، استفاده از فناوری اطلاعات به‌خصوص GIS برای تحلیل حجم وسیعی از داده‌ها، ضروری است. همچنین استفاده از AHP و GIS در مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان پس از زلزله (و به‌طور کلی در انتخاب مکان بهینه یک سایت) کارایی بالایی دارد. این کارایی به‌خاطر امکان مقایسه و ارزیابی مکان‌های مختلف و انتخاب مکان بهینه باتوجه به معیارهای مورد نظر است. استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان جهت انتخاب و امتیازدهی معیارها با توجه به تجربیات و شناخت آنها از موضوع و همچنین شرایط محدودۀ مطالعه، نقش مهمی در رسیدن به نتایج مطلوب و نزدیک به واقعیت خواهد داشت. برای این منظور، در تحقیق حاضر یک مدل مکان‌یابی مناسب اسکان موقت با استفاده از الگوریتم‌های فازی، AHP و نرم‌افزار

باقر زاده، محمد، (۱۳۸۶). آمادگی در برابر زلزله. <http://ketabesabz.com/authors.com>. Accessed Oct 21, 2014

پور اسکندری، عباس، (۱۳۸۰). سنجش توزیع فضایی سوانح آتش‌سوزی در شهر با استفاده از GIS مطالعه موردی: شهر کرج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری.

پیام هلال‌احمر، (۱۳۸۵). جمعیت هلال‌احمر جمهوری اسلامی ایران، بلائی طبیعی، شماره ۱۲۱.

زارع مهرجردی، احمدعلی، (۱۳۹۰). طرح بررسی پدیده نشست زمین در منطقه رستاق جنوب میند به‌منظور تعیین علل نشست و روش‌های کنترل آن، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره پیاپی ۴۳، شماره ۳، صص ۱۵۵-۱۶۶.

زبردست، اسفندیار و محمدی، عسل، (۱۳۸۴). مکان‌یابی مراکز امدادسانی در شرایط وقوع زلزله و روش ارزیابی چند معیاری با استفاده از GIS، هنرهای زیبا، شماره ۲۱: صص ۵-۱۶.

زبردست، اسفندیار، (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۸۰، صص ۱۳-۲۱.

زرنگ، مجید، (۱۳۸۹). به‌کارگیری GIS در شبکه انتقال نیرو و امکان‌سنجی مسیریابی خطوط انتقال نیرو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه شهید چمران.

سعید نیا، احمد، (۱۳۸۳). مدیریت شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.

شریف زادگان، محمدحسین و فتحی، حمید، (۱۳۸۴). ارزیابی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای در حوزه‌های سه‌گانه زیست‌محیطی البرز به روش سلسله‌مراتبی، علوم محیطی، شماره ۱۰: صص ۱-۲۰.

شکیبا، علیرضا، (۱۳۸۷). بحران، دانشنامه مدیریت شهری و روستایی، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران: صص ۱۰۰-۱۰۲.

شعیه، اسماعیل، حبیبی، کیومرث، ترابی، کمال، (۱۳۸۹). بررسی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی و شهرها در مقابل زلزله با استفاده از روش IHWP-GIS در منطقه شش شهرداری تهران، باغ نظر، سال هفتم، شماره ۱۳: صص ۳۵-۴۸.

طاهری، سید محمود، (۱۳۸۷). آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ دوم.

عادل، محسن، متکان، علی‌اکبر، ضیائیان، پرویز، پور علی، حسین، (۱۳۸۶). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر

شد که مجموع مساحت مکان‌های پیشنهادی بسیار مناسب ۳۴۷۰۷۱ متر مربع و مجموع مساحت مکان‌های مناسب ۳۸۴۳۶۹ متر مربع بود و در اینجا برای رتبه‌بندی از نظریه کارشناسان استفاده گردید. در این تحقیق، نشان داده شد که براساس دیدگاه‌های مختلف می‌توان شبکه‌های استنتاجی متفاوتی طراحی نمود و به‌عنوان نمونه شبکه‌ای بررسی شد. نتایج به‌دست آمده مؤید منطق‌های اولیه‌ای است که شبکه‌ها بر اساس آنها طراحی گردیده‌اند. این خود قابل انعطاف بودن روش فازی و توانایی آن در مدل کردن منطق‌ها و ارتباطات مختلف و پیچیده را نشان می‌دهد. مکان‌های بسیار مناسبی که برای مراکز امداد و اسکان به روش فازی به‌دست آمدند، پارک بهاران و اراضی بایر جنوب شرقی ورزشگاه فرمانداری را شامل شد. درنهایت، با تلفیق نتایج روش فازی با AHP می‌توان به نتایج دقیق‌تری دست‌یافت. نتایج و خروجی‌های حاصل از این پژوهش، به‌صورت مشاهدات میدانی مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص گردید که استفاده از GIS نتایج مفید و واقع‌تری نسبت به دیگر روش‌ها را به دلیل لحاظ نمودن پیچیدگی‌های مسئله‌های شهری در پی دارد.

منابع

اجاق، سروش، آل شیخ، علی‌اصغر، ملک، محمدرضا، (۱۳۹۰). استفاده از منطق فازی و روش تحلیل سلسله‌مراتبی در تعیین مکان بهینه استقرار ایستگاه‌های امدادسانی پس از وقوع بحران، مطالعه موردی منطقه ۱۰ تهران، همایش ژئوماتیک ۹۰.

احد نژاد روشتی، محسن، جلیلی، کریم، زلفی، علی، (۱۳۹۰). مکان‌یابی بهینه محل‌های اسکان موقت آسیب‌دیدگان ناشی از زلزله در مناطق شهری با استفاده از روش‌های چند معیاری و GIS، مطالعه موردی شهر زنجان، فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۳: صص ۴۵-۶۱.

اصغر پور، محمدجواد، (۱۳۸۸). تصمیم‌گیری چند معیاری، تهران، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

اکبری، نعمت‌الله و مهدی، زاهدی کیوان، (۱۳۸۷). کاربرد روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چند شاخصه وزارت کشور، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

Ebrahim, E.H. Mohamad, S.E. Atwan, A.A. (2011), Combining Fuzzy-Analytic Hierarchy Proces and GIS to Select the Best Location for a Wastewater Lift Station in EL-Mahalla and EL-Kubra North Egypt, *International Journal of Engineering & ThechnologyIJET-IJENS* vol: 11 No:05.

Houshyar, E., SheikhDavoodi, M., Almassi, M., Bahrami, H., Azadi, H., Omid, M., Sayyad, G., Witlox, F. (2014), *Ecological Indicators*, Volume 39, Pages 102-114.

<http://www.meybod.ir/meybodcity>, Accessed Sep16, 2004

Huang, Zhengdong, *Data Integration For Institute for Geo-Information Science and 17-Earth Observation (ITC)*, The Netherlands.

Kheikhah Zarkesh, M.M. Almasi, N. Taghizadeh, F. (2011), *Ecotourism Land Capability Evaluation Using Spatial Multi Criteria Evaluation*, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Thechnology* 3(7): 693-700, 2011, ISSN : 20407467.

Liu, Bin et al (2003), *The Restoration Planning Transportation Studies*, Vol.4, October, pp 526-539.

Mahmoodzadeh, J. Shahrabi, M. Pariazar, M. S. Zaeri (2007). *Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique*, *World Academy of Science*, pp 333-338.

Malczewski, J & Ogryczak, W. (1999), *The multiple criteria Location Problem: 2, Preference-based techniques and interactive decision support Environment and Planning A*, 28.

Malczewski, J. (1999). *GIS and Multi Criteria Decision Ananlysis*. First Edition. London: John Wiley & Sons INC.

Nalan Alp, Ö. Demirtas, N. Baracli, H. Tuzkaya, U.R. (2011), *Promethee Methodology to Select Bus Garage Location: A Case Study for a Firm in The Urban Passenger Transport Sector in Istanbul*. 15th *International Research/Expert Conference* 2011.

Nang-Fei Pan, (2008), *Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method. Automation in Construction* 17, 958-965.

Saaty T.L: *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, Inc, (1980), Reprinted By Rws Publications, Pittsburgh, 1996.

Tangestani Majid H (2003), *Landslide susceptibility mapping using the fuzzy gamma operation in a GIS, Kakan catchment area, Iran*.

Uyan, M. (2013), *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 28, Pages 11-17.

Yung-Lung Lee, Ming-Chin Ho, Tsung-Cheng Huang, Cheng-An Tai (2007), *Urban Disaster Prevention Shelter Vulnerability Evaluation Considering Road Network Characteristics*, 2nd *International Conference on Urban Disaster Reduction* November, pp 27-29.

مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از فازی‌سازی متغیرها و فرایند تحلیل ...

گرگان با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی، اولین همایش GIS شهری، دانشگاه شمال، ۱۲ صفحه.

عبداللهی، مجید، (۱۳۸۳). مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، چاپ سوم، تهران.

غفاری، علی، مقصود پور، عادل، پور ممتاز، علیرضا، قسیمی، جمشید، (۱۳۸۰). تفکر فازی، ترجمه کاسکو بارت، انتشارات دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، چاپ دوم بهمن، تهران.

فلاحی، علیرضا، (۱۳۸۶). معماری سکونتگاه‌های موقت پس از زلزله، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

قدسی پور، سید حسن، (۱۳۸۵). مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاری، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

ماهنامه شمس، (۱۳۸۲). بیانیه شورای مرکزی سازمان نظام‌مهندسی کشور به مناسبت زلزله بم، تهران، سازمان نظام‌مهندسی ساختمان، سال اول، شماره سوم: صص ۲۴-۱.

مهندسین مشاور آمودراه، (۱۳۷۶). مطالعات حمل‌ونقل و ترافیک در تهیه طرح‌های تفصیلی، شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، تهران.

مهندسین مشاور فرهنگ، (۱۳۸۸). مکان‌یابی پایگاه‌های امداد و نجات با استفاده از GIS و روش ارزیابی چند معیاری.

نوجوان، مهدی، (۱۳۹۰). کاربرد الگوریتم‌های فازی در مکان‌یابی بهینه اسکان موقت، مطالعه موردی منطقه یک شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

نوجوان، مهدی، امیدوار، بابک، صالحی، اسماعیل، (۱۳۹۲). مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از الگوریتم‌های فازی، مطالعه موردی منطقه یک شهرداری تهران، دو فصلنامه مدیریت شهری، شماره ۳۱ بهار و تابستان: صص ۲۰۵-۲۲۲.

Balaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., (1994), *At risks, natural hazards, people vulnerability and disasters*, London, Routledge.

Benson, C. And Clay, E.J. (2003), *Disasters, vulnerability and the global economy*. In: A. Kremier, M. Arnold, and A. Carline (eds), *building safer cities- The future of disaster Risk*. World bank, Washington. Available at: URL: <http://www.proventionconsortium.org/publications.html>. Accessed Jul 03, 2014.

Chen, S. J, and C. L. Hwang, (1992), *fuzzy multiple Attribute decision making*, Berlin: springer - Verlag.

Eastman, J.R., Kyem, P.A.K., Toleano, J., Jin, W., (1993), *GIS and decision making*. United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). *Explorations in Geographic Information Systems Technology* 4, 112.

