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 درجهت 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 یزد 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 یزد (نویسنده مسؤول) alialmodaresi@gmail.com

4- Geographic Information Systems
5- Analytical Hierarchy process

مقدمه

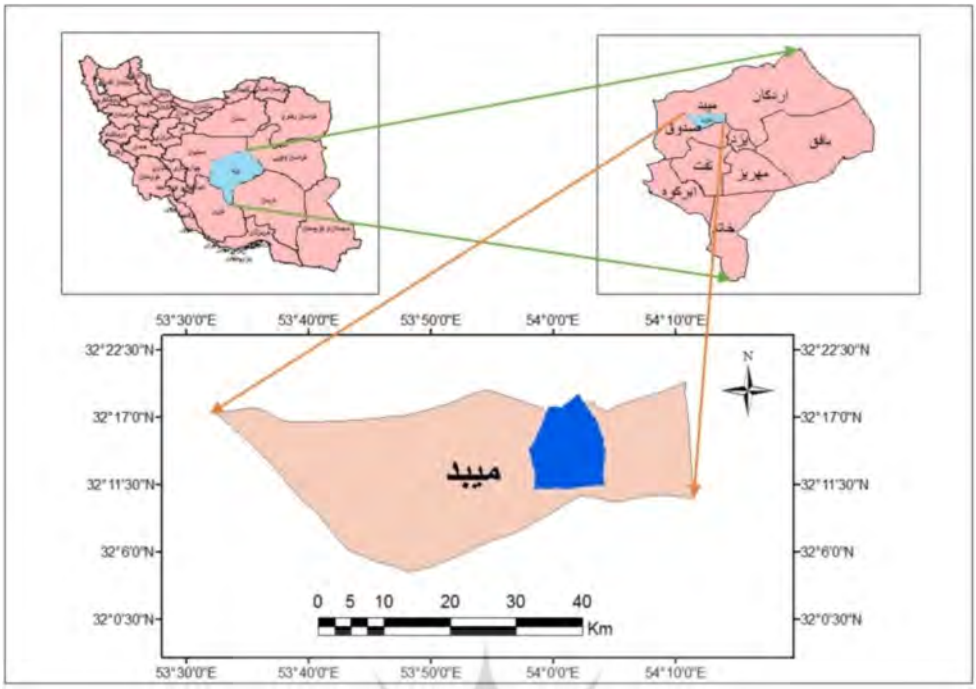
شهرهای ایران همانند سایر شهرهای دنیا عموماً در معرض بلایای طبیعی مانند زلزله، سیل، آتش‌سوزی و خشکسالی هستند و عوامل بسیاری وجود دارد که آنها را در برابر این حوادث آسیب‌پذیر می‌سازد. سوانح طبیعی (به‌ویژه زلزله) که اغلب خاموش و درعین‌حال بالقوه مستعد ایجاد آسیب هستند (شکیبا،۱۳۸۷: ۱۰۰)، به‌طور متوسط سالانه بیش از ۱۵۰،۰۰۰ نفر تلفات انسانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی بر کشورها به‌ویژه کشورهای درحالِ‌توسعه، 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 مساکن 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 میسّر شود (زبردست و محمدی، ۱۳۸۴: ۶). افراد بی‌خانمان به داشتن محلی برای زندگی موقت -تا زمانی که سکونتگاه دیگری به‌دست بیاورند- 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 امدادرسانی و اسکان موقت، داشتن امنیت، دوری از مناطق مخاطره‌خیز، کاربری‌های شهری و ... برای آسیب دیدگان زلزله فراهم کرد. شاید بتوان گفت لازمهٔ دستیابی به چنین هدفی، برنامه ریزی قبل از وقوع بحران و حادثه در مناطق مستعد شهری است. شهر میبد 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 میبد تراکم جمعیتی نسبتاً بالایی دارد؛ پس، با توجه به مسئله‌ها و چالش‌های بیان شده، پیش‌بینی مراکز اسکان و امدادرسانی 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

و سپس با روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)، نقشه‌های فازی به‌دست آمده را تلفیق کردند و نقشهٔ مطلوبیت منطقهٔ مورد مطالعه به‌دست 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 نتیجهٔ 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 دهندهٔ 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 مطالعهٔ 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، شبکهٔ استنتاجی فازی تشکیل شده و از این شبکه به‌منظور 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 دهندهٔ پایگاه دانش فازی دانست. هوشیار و همکاران به بررسی توسعهٔ پایدار با استفاده از ترکیبی از GIS/AHPو مدل‌سازی چند فازی جهت تولید ذرت علوفه‌ای در سیستم‌های شخم سنتی در استان فارس پرداختند. در این تحقیق، دو سیستم شخم معمولی و اندازهٔ مزرعه به‌عنوان معیار در نظر گرفته شده و 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 توسعهٔ پایدار رسید (Houshyar et al., 2014). یوآن به انتخاب سایت مزارع خورشیدی مبتنی بر GIS و به روش AHPدر منطقهٔ Karapinar ترکیه پرداخت و منطقهٔ مورد مطالعه را به‌صورت مناطق نامناسب، تقریباً مناسب، مناسب اولویت‌بندی و مساحت هر کدام را به‌دست آورد (Uyan, 2013). خیرخواه زرکش و همکاران با به‌کار بردن روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مناطق مستعد گردشگری در دَرّه دو هزار را مشخص کردند (Kheikhah Zarkesh et al., 2011). آلپ و همکاران مکان مناسب جهت پایانهٔ 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). عادلی و همکاران (۱۳۸۶) به مکان‌یابی ایستگاه‌های آتشنشانی 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 نتیجهٔ 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 شبکهٔ انتقال نیرو و کاربردهای آن جهت مدیریت صنعت برق پرداخت و مسیر بهینهٔ بین دو پست سبزاب و حسینیه در شمال استان خوزستان پرداخت. پَن، رویکرد Fuzzy-AHP را در زمینهٔ

انتخاب بهترین روش ساخت پل مورد تحلیل قرار داد (Pan, 2008). شهر میبد از نظر زلزله‌خیزی یک منطقهٔ 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 فاجعهٔ دیگری حتی به مراتب وخیم‌تر از سانحهٔ اولیه به‌دنبال 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، به‌وسیلهٔ 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 بلایای 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 جهت‌مقابله‌با زلزلهٔ احتمالی هدف‌اصلی‌این‌پژوهش‌است.

منطقهٔ 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 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 پایهٔ سرشماری سال ۱۳۹۰ شهر میبد جمعیتی بالغ بر ۷۳۳۹۳ نفر را داراست (http://www.meybod.ir/meybodcity).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ 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 جمع آوری شد و تصاویر ماهواره‌ای منطقهٔ مورد مطالعه را جدا کرده و در نقشهٔ شهر میبد بهنگام‌سازی شد. برای بکارگیری این معیارها از روش روی‌هم‌گذاری لایه‌ها در GIS استفاده خواهد شد. در مرحلهٔ 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. درنهایت، 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[1] 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 درنهایت به یک امتیاز مجموع برای هر شاخص دست یابیم (شریف‌زادگان و فتحی،۱۳۸۴: ۳).

1 - Saati

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 به‌وسیلهٔ نرم افزار AHP انجام شده که به‌صورت الحاقی به نرم‌افزار ArcGIS اضافه می‌شود. AHP، هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینهٔ رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌روست، می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمّی 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 مقایسهٔ 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 توافق شاخص پایندگی در ماتریس مقایسهٔ زوجی، اگر $CR > 0.1$ باشد، به این معناست که نتیجهٔ قابل قبولی از مقایسهٔ زوجی حاصل شده است (Malczewski, 1999: 7). درنهایت، 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 مرحلهٔ اول به‌شکل توصیفی و در مرحلهٔ بعد به‌شکل کمّیتی در یک مقیاس از یک تا نه انجام می‌شود که درنهایت از این قیاس جفتی یک ماتریس به‌دست می‌آید. دستاوردهای حاصل از کاربردهای تجربی نشان می‌دهد که روش مبتنی بر مقایسهٔ 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 یک‌طرفه بوده و از پایین به بالا هستند. تصمیم‌گیری چندمعیاره بر فرایند دادن ارزش به گزینه‌هایی که به‌وسیلهٔ چندمعیار ارزیابی شده‌اند، دست دارد (اصغرپور،۱۳۸۸: ۳۶۰-۳۵۸).

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[1]

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 «باینری» یا «ارسطویی» که همه چیز را فقط به دو شکل سیاه و سفید، بلی و خیر و صفر و یک می‌بینند، قرار دارد. این منطق در بازهٔ 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,

1 -Fuzzy logic

(26 :1992 با در دست داشتن دو یا چند نقشه با توابع عضویت فازی برای مجموعهٔ مشابه، عملگرهای متنوعی را می‌توان برای ترکیب کردن مقدارهای عضویت با یکدیگر به‌کار گرفت. عمگرهای فازی شامل موارد زیر هستند:

۱- عملگر ضربی فازی

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

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^{n} \mu_i$$ 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 نقشهٔ خروجی بزرگ شده و به سمت یک میل می‌کند (همان: ۳۴۰).

$$\mu_{combination} = 1 - (\prod_{i=1}^{n} (1 - \mu_i))$$ فرمول (۲)

۳- عملگر گاما

این عملگر حالت کلی عملگر ضربی و جمعی فازی می‌باشد و زمانی به‌کار می‌رود که تأثیرات کاهشی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد.

فرمول (۳)

$$\mu_{combination} = (FuzzySum)^{\gamma} \times (Fuzzy\,\mathrm{Pr}\,oduct)^{1-\gamma}$$
$$\gamma \in [0,1]$$

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

$$\mu_{combination} = MIN(\mu_A, \mu_B, ...)$$ 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 منطقهٔ مطالعاتی وجود داشته باشد. این رابطه از مقادیر عضویت واحدهای پیکسلی موجود در هر فاکتور در یک موقعیت مشخص برای فاکتورهای مختلف، حداکثر درجهٔ عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه‌های نهایی منظور می‌نماید (همان: ۳۴۰).

$$\mu_{combination} = MAX(\mu_A, \mu_B, ...)$$ فرمول (۵)

یافته‌های تحقیق

- شناسایی عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان

مهمترین مسئله در مکان‌یابی، تعیین معیارهای مناسب است. متأسفانه درحال‌حاضر، مکان‌یابی اسکان موقت فقط براساس تعداد معدودی معیار است، مانند مالکیت و سرانهٔ 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، به‌طورکلی 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

مکان‌ها برای احداث مراکز امداد و اورژانس مؤثر است، همچنین می‌تواند کارآیی بالایی در حین امدادرسانی ایفا نماید (پوراسکندری، ۱۳۸۰: ۹). با مطالعهٔ 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 به‌دلیل 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 به‌موقع نیروهای امدادرسانی می‌شوند و در هنگام وقوع زلزله نزدیکی به آنها خطرساز 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 شبکهٔ معابر: شبکه معابر به‌دلیل 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 شبکهٔ معابر اصلی و ترافیک پایین نزدیک‌تر باشند، مدت زمان دسترسی به منطقهٔ تحت شعاع آنها کاهش یافته و می‌توانند مناطق بیشتری را خدمات‌دهی کنند. شکل‌گیری بافت یک شهر به‌طور مستقیم به شبکهٔ معابر آن ارتباط دارد (مهندسان مشاور آمودراه،۱۳۷۶: ۷). راهها و شبکه‌های ارتباطی 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 به‌علت فروریختن ساختمان‌ها و احتمال بسته شدن مسیرها، کارایی شبکه‌های ارتباطی به‌شدت کاهش می‌یابد (Yung et el., 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 شبکهٔ 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 سراشیبی 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 به‌دلیل داشتن شیب مناسب منطقهٔ مورد مطالعه از نظر کارشناسان صرفنظر شد.

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

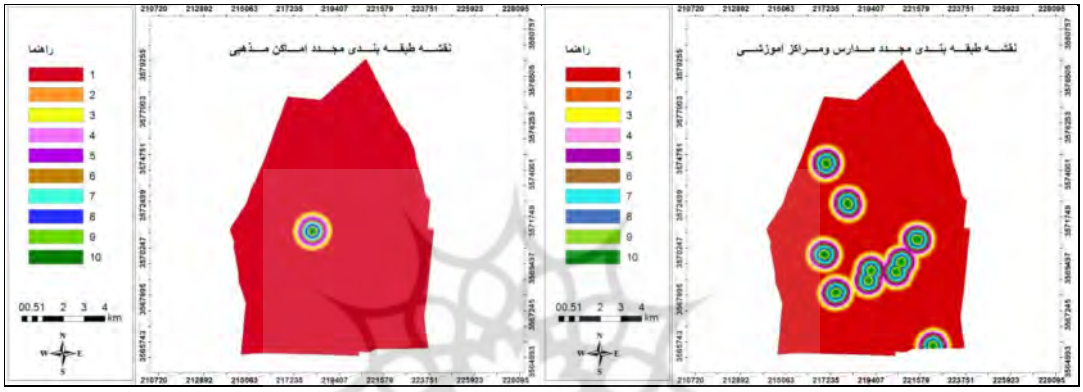
شبکهٔ ترافیک: سیستم حمل و نقل شهری و شبکهٔ ترافیک، یکی دیگر از عوامل مؤثر بر مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان است. عواملی چون عرض خیابان‌ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک‌طرفه بودن خیابان و غیره در چگونگی محل استقرار مراکز مؤثرند.

- ایجاد لایه‌های مورد نیاز

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

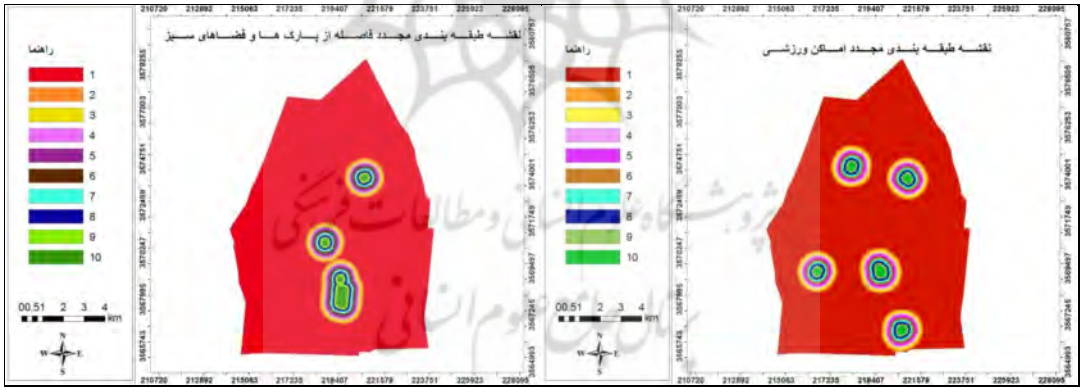
- طبقه‌بندی مجدد داده‌ها

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 از لایه‌ها به ده دسته تقسیم شده است. برای لایه‌های فاصله از شبکهٔ 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 درنظر گرفته شد.



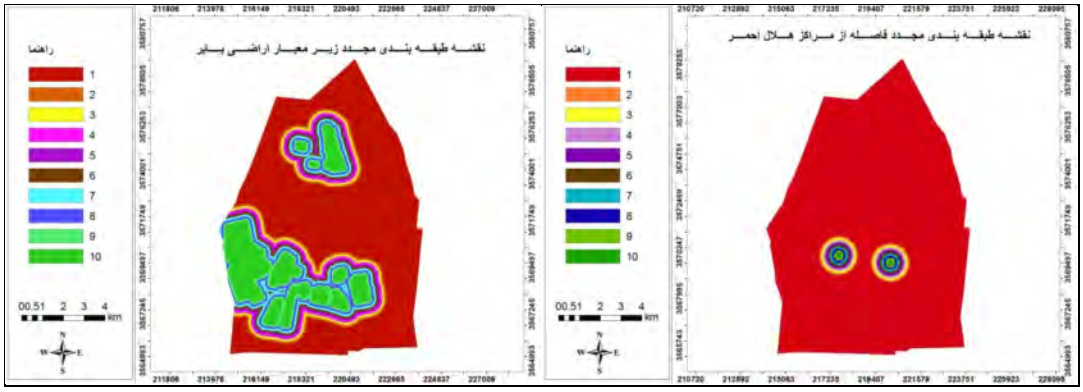
شکل ۲. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد مراکز مذهبی **شکل ۳. نقشهٔ طبقه بندی مجدد مراکز آموزشی**

(منبع: نگارندگان)



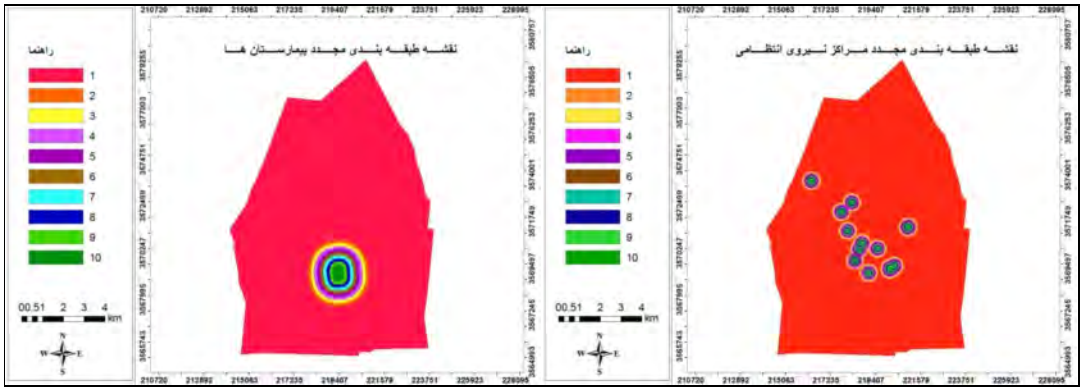
شکل ۴. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد فضاهای سبز **شکل ۵. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد مراکز ورزشی**

(منبع: نگارندگان)



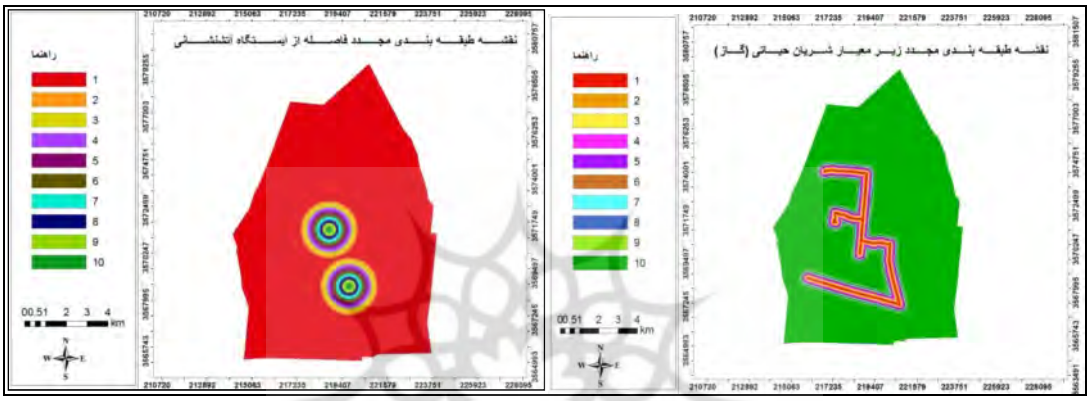
شکل ۶. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد اراضی بایر **شکل ۷. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد مراکز هلال احمر**

(منبع: نگارندگان)



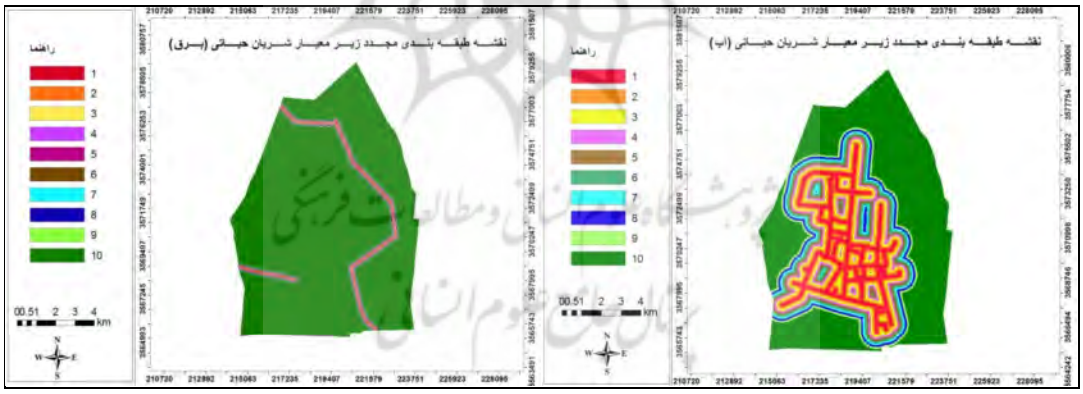
شکل ۸. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد بیمارستان‌ها شکل ۹. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد مراکز انتظامی

(منبع: نگارندگان)



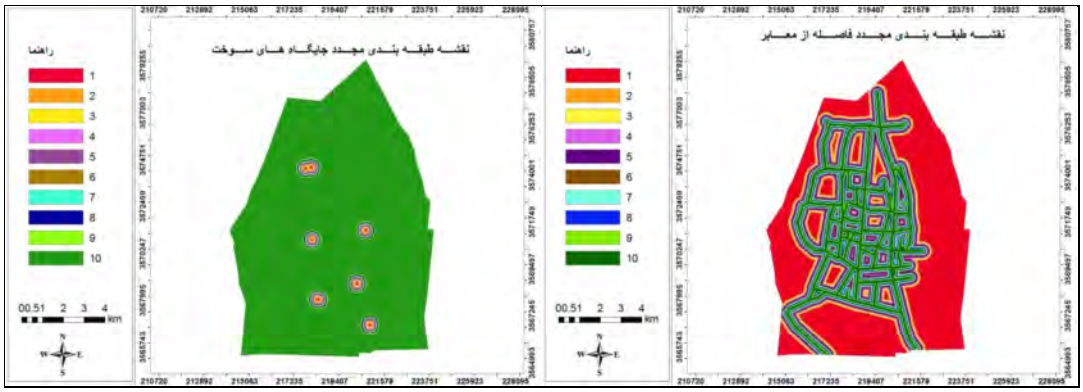
شکل ۱۰. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد ایستگاه آتش‌نشانی شکل ۱۱. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد شریان اصلی گاز

(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۲. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد شریان اصلی برق شکل ۱۳. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد شریان اصلی آب

(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۴. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد جایگاه‌های سوخت شکل ۱۵. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد شبکه ارتباطی

(منبع: نگارندگان)

- محاسبهٔ وزن معیارها با استفاده از روش مقایسهٔ 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 منطقهٔ 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 مقایسهٔ زوجی معیارها، پرسشنامه‌ای تهیه شد. این پرسشنامه توسط کارشناسان متخصص در زمینهٔ بازسازی، مدیریت بحران و محیط زیست تکمیل گردید، سپس وزن معیارها، با استفاده از نرم‌افزار الحاقی AHP محاسبه گردید. نرم‌افزار مذکور قابلیت محاسبهٔ نرخ ناسازگاری[1] 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 محاسبهٔ 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 دوبه‌دو مقایسه شده بود (با استفاده از جدول پروفسور ساعتی). امتیازدهی به لایه‌ها و ماتریس حاصل به‌صورت زیر است:

جدول ۲. امتیازدهی به لایه‌های اطلاعاتی براساس فاصله

امتیاز	فاصله به متر									
	شبکهٔ آب	شبکهٔ برق	شبکهٔ گاز	جایگاه سوخت	شبکهٔارتباطی	فضاهای باز	مراکزهلال 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)

1 - Consistency rate

جدول ۳. ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارهای اصلی

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

(منبع: نگارندگان)

سپس امتیاز نهایی هر لایهٔ اطلاعاتی مشخص شد که این امتیازات در جدول زیر نمایش داده شده است. پس از مشخص شدن وزن هرکدام از معیارها، محدودهٔ موردنظر جهت مراکز امداد و اسکان اولویت‌بندی می‌شود.

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

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

(منبع: نگارندگان)

شکل ۱۶. نقشهٔ طبقه‌بندی مجدد تلفیق لایه‌ها براساس مدل AHP

(منبع: نگارندگان)

- انتخاب مکان بهینه با استفاده از AHP

بعد از به‌دست آوردن محدوده‌های مناسب برای مراکز امداد و اسکان شش مکان در این نقشه برای هدف «بسیارمناسب» و شش مکان «مناسب» تشخیص داده شد.

جدول ۵. اولویت‌بندی گزینه‌های بسیار مناسب

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

(منبع: نگارندگان)

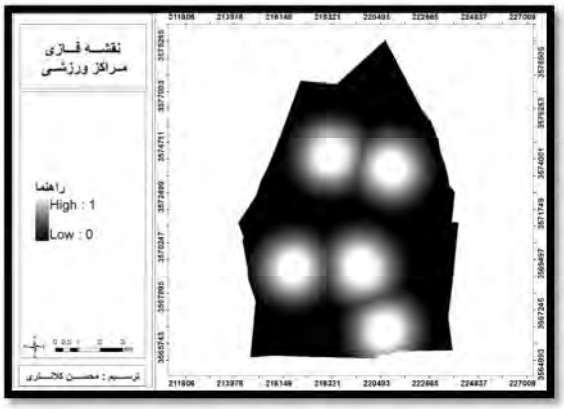
جدول ۶. اولویت‌بندی گزینه‌های مناسب

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

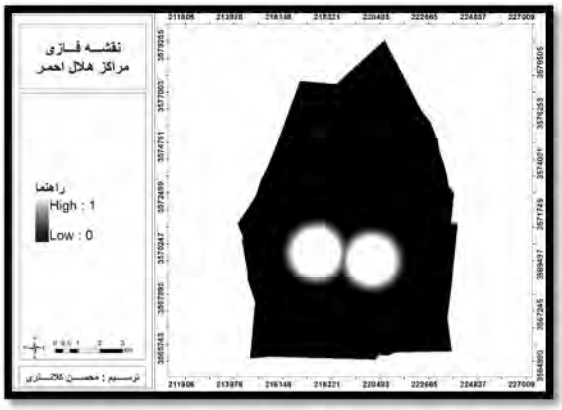
(منبع: نگارندگان)

- فازی‌سازی لایه‌ها

نقشه‌های فازی برای عواملی نظیر فضاهای باز، مراکز خدماتی و ... تشکیل گردیدند. نقشهٔ فاکتور فازی هر عارضه به گونه‌ای تهیه شده است که مقدار هر واحد مکانی بر روی آن نشان‌دهندهٔ 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 پیشینهٔ تحقیق، این کار به‌وسیلهٔ 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 عدم‌اطمینان فراهم آورد (طاهری،۱۳۸۷: ۵۰).

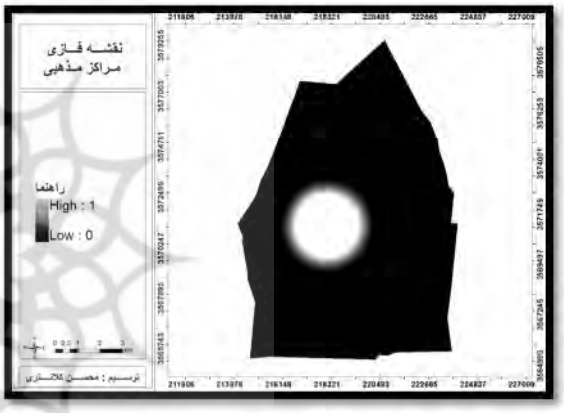


شکل ۱۷. لایهٔ مراکز ورزشی فازی‌شده

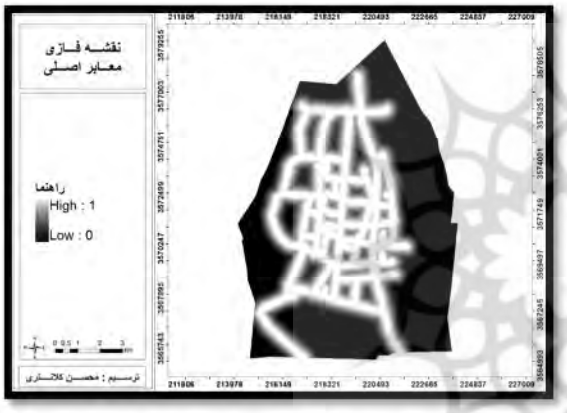


شکل ۱۸. لایهٔ هلال‌احمر فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)



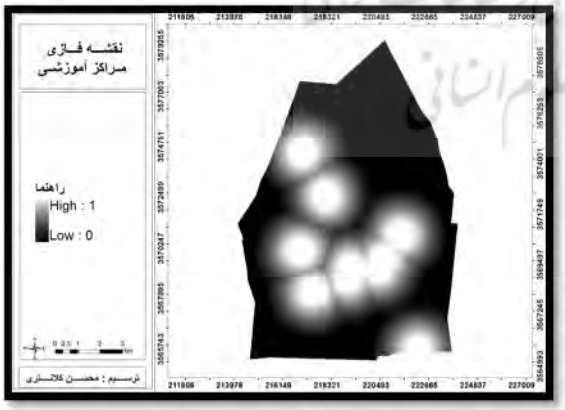
شکل ۱۹. لایهٔ مراکز مذهبی فازی‌شده



شکل ۲۰. لایهٔ شبکه‌های ارتباطی فازی‌شده

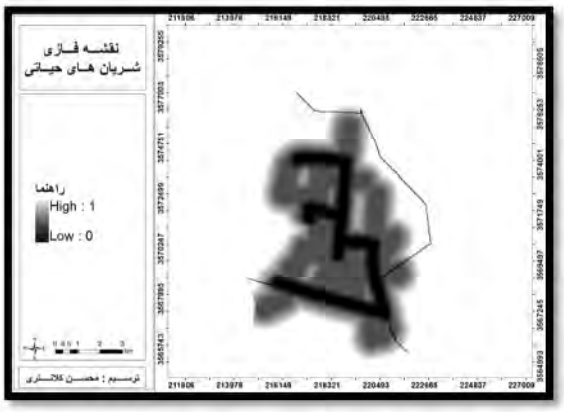
(منبع: نگارندگان)

شکل ۲۱. لایهٔ خطوط گاز فازی‌شده

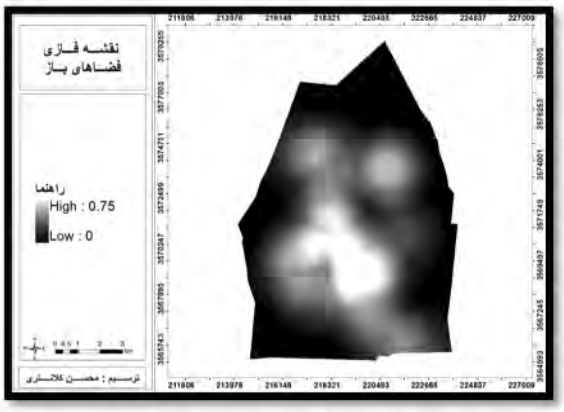


شکل ۲۲. لایهٔ مراکز آموزشی فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)

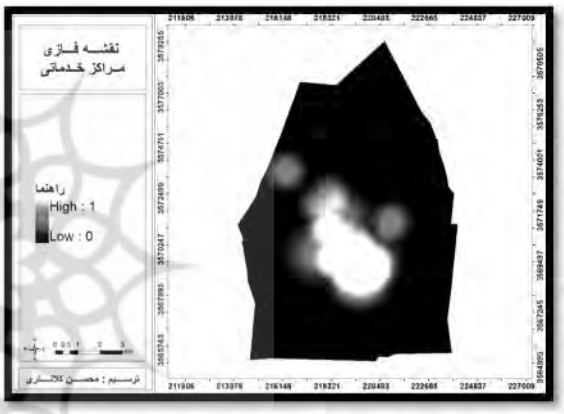


شکل ۲۳. لایهٔ شریان‌های حیاتی فازی‌شده

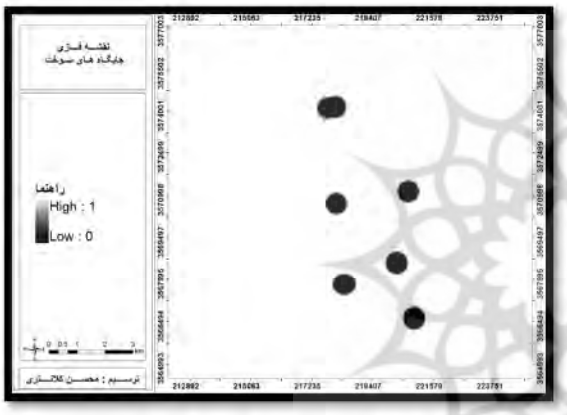


شکل ۲۴. لایهٔ فضاهای باز فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)

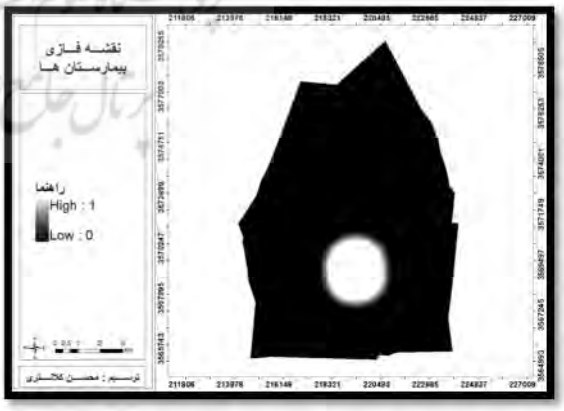


شکل ۲۵. لایهٔ مراکز خدماتی فازی‌شده

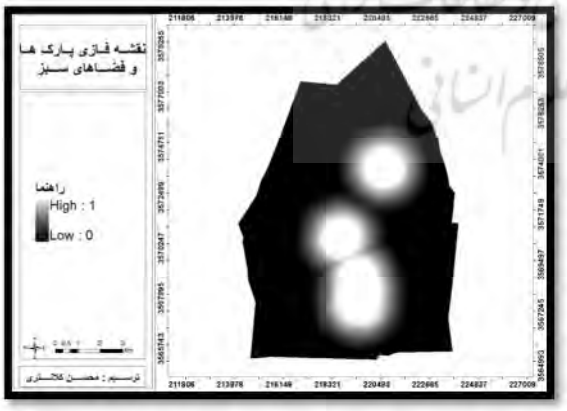


شکل ۲۶. لایهٔ جایگاه‌های سوخت فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)

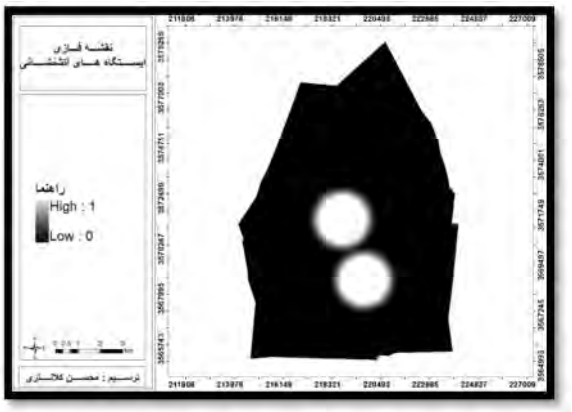


شکل ۲۷. لایهٔ بیمارستان فازی‌شده

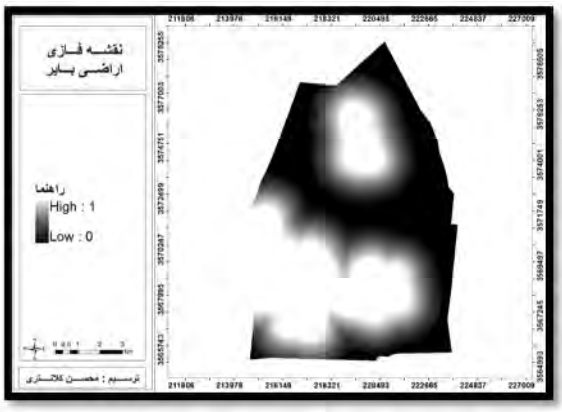


شکل ۲۸. لایهٔ فضاهای سبز فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)



شکل ۲۹. لایهٔ ایستگاه‌های آتش‌نشانی فازی‌شده



شکل ۳۰. لایهٔ اراضی بایر فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)

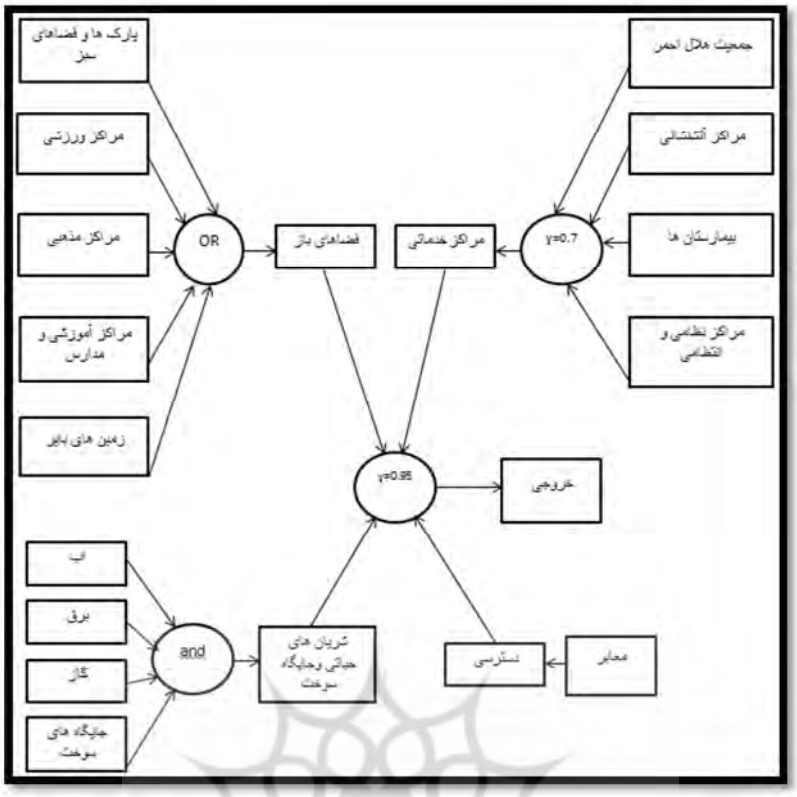
شکل ۳۱. لایهٔ خطوط آب فازی‌شده

شکل ۳۲. لایهٔ مراکز انتظامی فازی‌شده

(منبع: نگارندگان)

- طراحی شبکه‌های استنتاجی و تلفیق نقشه‌های فازی

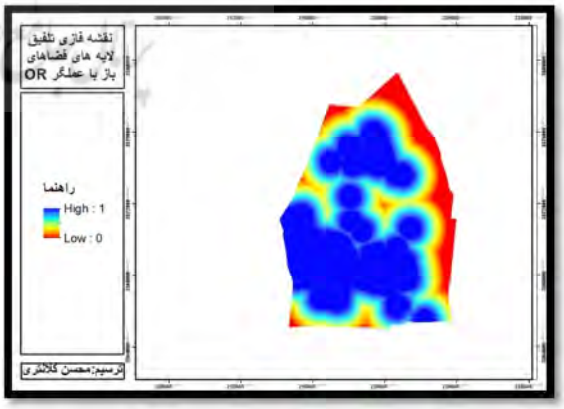
پس از تهیه نقشه‌های مدل فازی، لازم است تلفیق نقشه‌ها با استفاده از عملگرهای فازی انجام گیرد. انتخاب عملگرهای فازی مناسب جهت تلفیق لایه‌های مختلف باتوجه به ارتباط و برهم‌کنش عوامل مربوط به آن لایه‌ها انجام می‌گیرد (Tangestani, 2003: 7). معمولاً نمی‌توان کلیهٔ لایه‌های مورد نیاز یک کاربرد را تنها با یک 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، شبکهٔ استنتاجی طراحی شده بیان شد که در شکل ۳۴ نشان داده شده است. نوآوری این تحقیق از نظر روش شناختی این است که در شبکهٔ استنتاجی طراحی شده، به‌جای اینکه تمام نقشه‌های فاکتور در یک مرحله تلفیق شوند، فاکتورها بر اساس دانش 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 پیشینهٔ تحقیق متفاوت است؛ به‌عنوان‌مثال، در شبکهٔ 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 امدادرسانی در نظر گرفته می‌شوند؛ لذا با هم سنخیت دارند. به این ترتیب، یک نقشهٔ 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.



شکل ۳۳. شبکهٔ استنتاجی فازی

(منبع: نگارندگان)

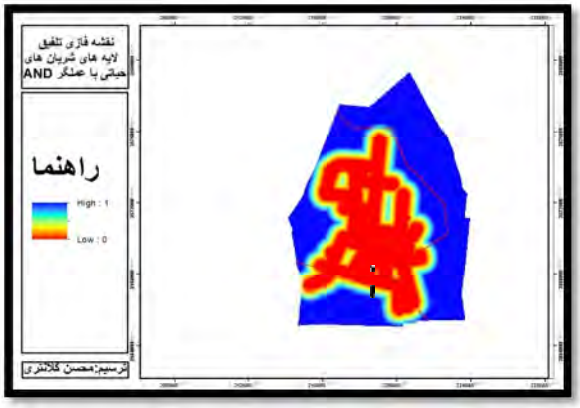
انتخاب عملگر فازی باتوجه به منطق‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. پس از اعمال توابع بیان شده بر روی لایه‌ها با استفاده از ابزار Fuzzy Overlay در نرم‌افزار ArcGIS، عملگرها بر روی لایه‌ها اعمال شدند و هم‌پوشانی انجام شد که در مقالات مطرح در پیشینهٔ تحقیق، این کار به‌وسیلهٔ ابزار RasterCalculator انجام شده بود. درنهایت، با استفاده از نقشه‌های حاصل شده مکان‌های مناسب مشخص شد.



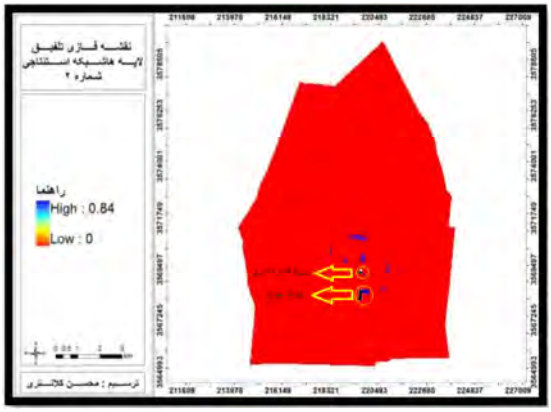
شکل ۳۴. لایهٔ فازی فضاهای باز (عملگر OR)

شکل ۳۵. لایهٔ فازی مراکز خدماتی (عملگر γ=0.7)

(منبع: نگارندگان)



شکل ۳۶. لایهٔ فازی شریان‌های حیاتی (عملگر AND)



شکل ۳۷. مناطق انتخابی شبکهٔ استنتاج فازی

(منبع: نگارندگان)

پارک بهاران و اراضی بایر جنوب شرقی ورزشگاه فرمانداری، به‌عنوان مراکز بسیار مناسب برای امداد و اسکان به‌دست آمد. مکان‌های انتخابی، هم از نظر منطقی و هم از نظر کارایی وضعیت مناسبی دارند؛ به‌عبارتی، نتایج به‌دست‌آمده با منطقی که شبکه براساس آن طراحی‌شده است، سازگاری دارد. این موارد نشان می‌دهند که نتایج به‌دست آمده قطعاً تحت تأثیر نحوهٔ ترکیب پارامترها و استفاده از نوع عملگرهای مختلف است. جهت تلفیق، از عملگر گامای ۰٫۹۵ استفاده‌شده است که اثر افزایشی کمتری نسبت به SUM دارد. برای تعیین حد آستانهٔ گاما، از گاماهای مختلفی برای شبکهٔ استنتاجی استفاده شد و همچنین مقالات مرتبط زیادی مطالعه شد و در پایان این نتیجه حاصل شد که بهترین حد آستانهٔ گاما برای این تحقیق، مقدار ۰٫۹۵ بود. این حد آستانه بیشترین نزدیکی به گرایش افزایشی را دارد. محل‌های انتخاب‌شده ممکن است در وهلهٔ اول مورد نظر تصمیم‌گیران نباشد. این مسئله بدین‌جهت 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 به‌دست می‌آورند؛ به عبارتی، نتایج به‌دست‌آمده با منطقی که شبکه براساس آن طراحی‌شده است، سازگاری دارد. موارد فوق نشان می‌دهند که نتایج به‌دست آمده شدیداً تحت تأثیر نحوهٔ ترکیب پارامترها و استفاده از نوع عملگرهای مختلف است. با نگاه به مکان شمارهٔ 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 شمارهٔ ۳۶ و ۳۷ تصویر ماهواره‌ای این مکان‌ها نمایش داده‌شده است.

شکل ۳۸. تصویر ماهواره‌ای از پارک بهاران

شکل ۳۹. تصویر ماهواره‌ای از ورزشگاه فرمانداری

(منبع: نگارندگان)

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 به‌طورکلی 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 محدودهٔ 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 ArcGIS بیان گردید. مهمترین مسئله در مکان‌یابی، تعیین معیارهای مناسب است. ازآنجاکه 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 افزونهٔ الحاقی AHP در ArcGIS می‌تواند به‌عنوان ابزاری قوی مورد استفادهٔ 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 ... شبکهٔ 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 بااهمیت نسبی «مناسب» برای تعیین موقعیت مراکز امداد و اسکان منطقه مشخص

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 نظریهٔ 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 به‌دلیل لحاظ نمودن پیچیدگی‌های مسئله‌های شهری در پی دارد.

منابع

اجاق، سروش، آل شیخ، علی‌اصغر، ملک، محمدرضا، (۱۳۹۰). استفاده از منطق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی در تعیین مکان بهینه استقرار ایستگاه‌های امدادرسانی 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 آسیب دیدگان 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.

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 ازGIS مطالعه موردی :شهر کرج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری.

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

زارع مهرجردی، احمدعلی، (۱۳۹۰). طرح بررسی پدیده نشست زمین در منطقه رستاق جنوب میبد 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 امدادرسانی در شرایط وقوع زلزله و روش ارزیابی چند معیاری با استفاده ازGIS ، هنرهای زیبا، شماره ۲۱: صص ۵-۱۶.

زبردست، اسفندیار، (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی 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، انتشارت 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 سلسله مراتبی، 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.

شیعه، اسماعیل، حبیبی، کیومرث، ترابی، کمال، (۱۳۸۹). بررسی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی و شهرها در مقابل زلزله با استفاده از روش GIS- IHWP 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.

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

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 فرنهاد، (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، شمارهٔ 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 Atlribute 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.

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., Omidi, 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی