

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۲، بهار ۱۳۹۶

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۳/۷

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۹/۲

صفحات: ۲۰ - ۱

تعیین مکان مناطق اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی پس از زلزله در بافت تاریخی شهر یزد با استفاده از AHP، FUZZY LOGIC، FAHP و GIS

زینب سلطانی^۱، دکتر سیدعلی المدرسی^۲

چکیده

اصلی‌ترین نیاز آسیب‌دیدگان ناشی از زلزله، داشتن سرپناه و رساندن خدمات امداد و نجات به آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن است. بعد از وقوع زلزله نمی‌توان به سرعت مکان‌های مناسبی را برای آسیب‌دیدگان زلزله آماده کرد؛ بنابراین، باید قبل از وقوع چنین بحران‌هایی، مکان‌های مناسبی از نظر دسترسی به کاربری‌های شهری، داشتن امنیت، دوری از مناطق مخاطره‌خیز و ... برای آسیب‌دیدگان زلزله فراهم کرد. دسترسی دشوار به داخل بافت تاریخی برای ارائه خدمات امدادی و کمبود فضاهای باز، با وجود تراکم بالای جمعیت، بر بالارفتن آسیب‌پذیری در برابر حوادث در این منطقه می‌افزاید. در این پژوهش، به مطالعه موردی بافت تاریخی شهر یزد با هدف تعیین بهترین مکان استقرار گروه‌های امداد به منظور انجام عملیات نجات پرداخته شد. برای رسیدن به این هدف، ابتدا به معرفی پارامترهای مؤثر که وابسته به شرایط ساختاری و طبیعی منطقه هستند، پرداخته و لایه‌های GIS این معیارها تولید شد. سپس، برای از بین بردن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و قضاوت شخصی در مورد اهمیت معیارها، از روش فازی استفاده شد و برای این منظور درجهت ترکیب نقشه‌ها با استفاده از تلفیق مدل‌های برهم‌نهی فازی، شبکه استنتاجی فازی تشکیل و از آن به منظور تعیین مکان‌های مناسب استفاده شد. استفاده از خواص مجموعه‌های فازی در فرایند سلسله‌مراتبی، فرایند سلسله‌مراتبی فازی را پدید آورد که باعث افزایش کارایی تصمیم‌گیری شد. در نهایت، گزینه‌ها برای سایت امداد و اسکان پس از زلزله مشخص و براساس معیارهایی مانند دسترسی به معابر، مساحت فضای باز و پراکنش مراکز امداد و اسکان اولویت‌بندی و تعیین شد. نتایج تحقیق همچنین نشان‌دهنده کمبود فضاهای کافی برای استقرار زلزله‌زدگان در بافت تاریخی شهر یزد است. کلید واژگان: منطق فازی، فرایند سلسله‌مراتب فازی، اسکان موقت، بافت تاریخی، سامانه اطلاعات مکانی.

مقدمه

در دهه‌ای که گذشت، بیش از ۲۰۰ میلیون نفر در سال به علت بلایای طبیعی دچار صدمات جانی و مالی شده‌اند؛ در حالی که این رقم ۷ برابر تعداد کسانی است که متحمل آثار جانبی ناشی از جنگ شده‌اند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۶). زلزله یکی از مهمترین مخاطرات زمینی است که سالانه جان صدها نفر را می‌گیرد. پیش‌بینی زلزله هنوز به‌طور قطعی امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان با پهنه‌بندی خطر زلزله مناطق با خطر بالا را شناسایی کرد و تدابیری برای مقابله با وضعیت بحرانی آن‌ها در هنگام زلزله اندیشید (هاشمی و آل‌شایخ، ۱۳۸۹: ۱). زلزله یکی از خطرناکترین بلایای طبیعی عصر حاضر است که بر اساس میزان بزرگی خود می‌تواند در مدت کوتاهی فجایع عظیمی بیافریند (قدیری، ۱۳۸۱: ۱). کشور ما با توجه به قرار گرفتن در مسیر کمربند کوه‌زایی آلپ-همیالیا و برخورداری از اقلیم متغیر و ناپایداری‌های موقت و مقطعی، در طول تاریخ زلزله را در بیشتر شهرها تجربه کرده است (عبدالهی، ۱۳۸۳: ۲۶). هر زلزله شدید در ایران، ضایعات جانی و مالی فراوانی به همراه داشته است. کشور ایران از جمله کشورهای لرزه‌خیز جهان است که ۹۰ درصد سرزمین آن بر روی نوار زمین‌لرزه واقع شده است (شرف‌پور، ۱۳۹۱: ۱). حوادث طبیعی به‌طور متوسط سالانه بیش از ۱۵۰ هزار نفر تلفات انسانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی بر کشورهای به‌ویژه کشورهای در حال توسعه در پی دارد (شمسی‌پور و شیخی، ۱۳۸۹: ۱). بافت قدیمی از نظر امنیتی، اجتماعی و اقتصادی با مشکلاتی روبرو شده و به مرور زمان دچار فرسودگی شده که این فرایند شهرها را از درون می‌پوشاند (اسدیان و سیاحی، ۱۳۹۰: ۱). سیاست کلی ایجاد مناطق اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی در ایران، سیاستی بدون برنامه خاص و مدون بوده است؛ به‌گونه‌ای که برای ایجاد هر منطقه امداد و اسکان در محدوده‌های شهری مهمترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن یا مواردی از

این قبیل بوده است. این موضوع بر تعیین مکان مناطق اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی پس از زلزله در بافت تاریخی شهر یزد تأثیرگذار بوده است. برخی از کاربردهای سال‌های اخیر، مدل FUZZY-AHP در مسائل مکان‌یابی عبارت‌اند از: انتخاب مکان مناسب ایستگاه آتش‌نشانی در یک فرودگاه (Panjaronkha, 2005: 608) و همچنین مکان‌یابی محل ساخت یک کارخانه نساجی (Buyukozkan and Gulcin, 2003: 261)؛ اما به‌منظور بالاتر بردن میزان دقت در مسائل مکان‌یابی استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز در کاربردهای اخیر، این روش‌ها دیده می‌شود. مزایای بالقوه استفاده از ابزار GIS برای مکان‌یابی، نه تنها کاهش زمان و هزینه صرف شده برای مکان‌یابی مناسب است؛ بلکه بانک داده‌ای برای نظارت و بررسی بهتر مکان مورد مطالعه را فراهم می‌کند. Chu (۲۰۰۲) یک روش فازی برای مکان‌یابی کارخانه‌ها، تحت شرایط تصمیم‌گیری گروهی ارائه کرد. Kuo و همکاران (۲۰۰۲) یک سیستم تصمیم‌گیری برای استقرار فروشگاه‌ها به وسیله اجتماع روش‌های Fuzzy-AHP و شبکه عصبی مصنوعی توسعه دادند. همچنین، آشکین و گزین (۲۰۰۷) به مقایسه بین AHP و AHP فازی برای یک فرایند تصمیم‌گیری چندگانه پرداختند. Chang و همکاران در سال ۲۰۰۷ با استفاده از ابزار GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP فازی، مکان‌های مناسبی برای دفن زباله‌های شهری شناسایی کردند. Pan رویکرد Fuzzy-AHP را در زمینه انتخاب بهترین روش ساخت پل مورد تحلیل قرار داد (Pan, 2008: 958).

احدثاد (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 را انجام داد. پیشگاهی فرد در مقاله خود با توجه به معیارهای فاصله از غسل، کیفیت ابنیه و غیره، مناطق پرخطر در هنگام زلزله را در منطقه ۸ شهر تبریز مورد بررسی قرار داده است (پیشگاهی فرد، ۱۳۹۰: ۹۱). راهنما و طالعی (۱۳۹۰) در

مناطق ساحلی دریای خزر در شمال ایران نشان داد که اعمال روش فازی یک روش مؤثر برای ارزیابی حساسیت به نشت نفت در خط ساحلی منطقه است، همچنین نتایج نشان دادند که بسیاری از مناطق خط ساحلی استان مازندران دارای حساسیت متوسط و بالا و مناطق نزدیک خلیج گرگان دارای حساسیت بسیار بالا به نشت نفت هستند. طالقانی و همکاران (۱۳۹۱) به مقایسه تطبیقی AHP, AHP فازی در رتبه‌بندی ترجیحات خرید پرداختند. خیرخواه زرکش و همکاران (۲۰۱۱) مناطق مستعد گردشگری در دره دو هزار را مشخص کردند. آلی و همکاران (۲۰۱۱) مکان مناسب جهت پایانه اتوبوسرانی در شهر استانبول را مشخص کردند. محمد و ابراهیم (۲۰۱۱) مکان‌یابی بهینه برای مهار فاضلاب صنعتی دو استان از کشور مصر را انجام دادند.

مواد و روش‌ها

– محدوده و قلمرو پژوهش

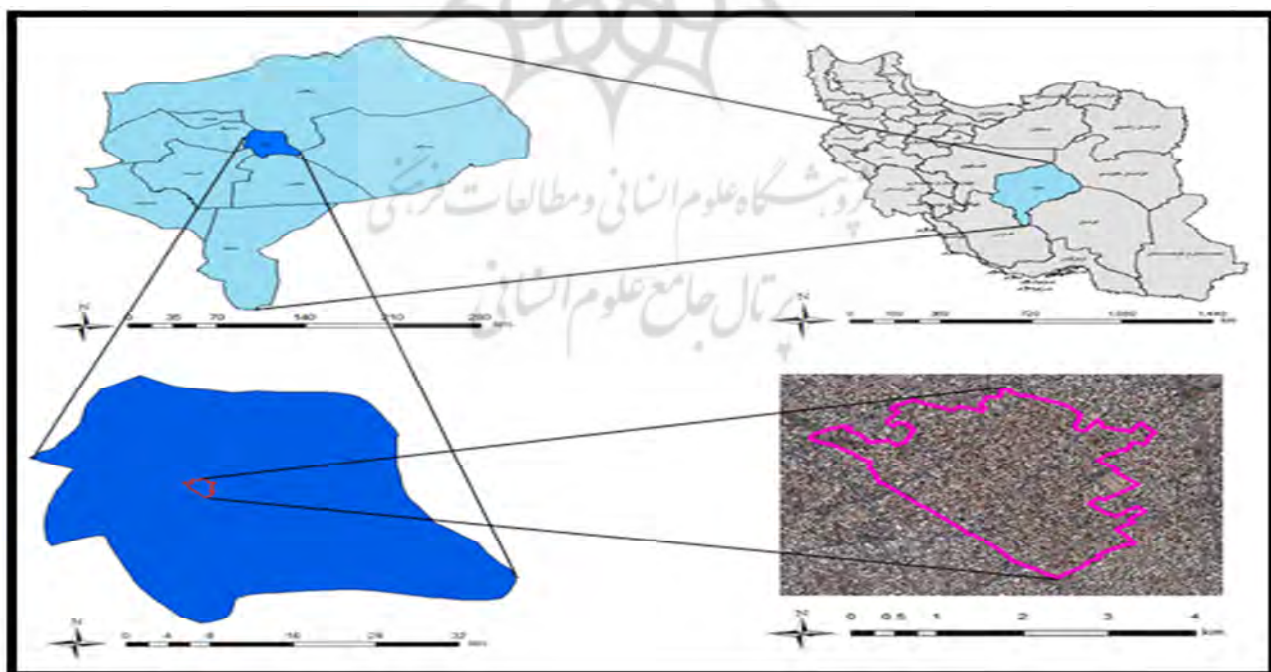
شهر یزد مرکز استان در فاصله ۳۱۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان و در مرکز کشور قرار گرفته و مختصات جغرافیایی آن به شرح زیر است. طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۲۲۲ متر است. وجود گسل‌های متعدد در پیرامون آن احتمال رویداد زمین‌لرزه را بالا می‌برد. مطابق با آخرین سرشماری کشور (۱۳۸۵)، استان یزد دارای ۹۹۰۸۱۸ نفر جمعیت است که ۱/۲۷ درصد جمعیت کل کشور را شامل می‌شود (مرکز آمار ایران).

مقاله‌ای به اولویت‌بندی بازسازی مناطق شهری تهران در برابر زلزله به کمک مدل فازی و GIS پرداختند. پیله‌فروش‌ها و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای به بررسی میزان آسیب‌پذیری زلزله از طریق منطق فازی و تخصیص بهینه امکانات با استفاده از تحلیل پوشش داده‌ها در منطقه ۱۶ شهرداری تهران پرداختند. در حوزه مهندسی به‌منظور احداث پل (محسنی، بهزادیان و اردشیر، ۱۳۹۰)، در حوزه بانکداری به‌منظور احداث دستگاه‌های خودپرداز (گلی، الفت و فوکردی، ۱۳۸۹) و در زمینه هتل‌داری (Chou, Hsu, Chen, 2008)، از روش FAHP استفاده کرده‌اند. فرجی‌سبکبار و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای به بررسی و مقایسه کارایی روش‌های FAHP و GCA برای مکان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS پرداخت و نتایج حاصله نشان می‌دهد که روش خوشه‌بندی خاکستری در مورد پهنه‌بندی مناطق مستعد پخش سیلاب، دقیق‌تر از روش FAHP بوده است. زیاری و همکاران (۱۳۹۲) دو روش AHP و مجموعه‌های فازی را در جهت انتخاب مکان بهینه فضای سبز شهری با استفاده از GIS ترکیب کرده است. با استفاده از این سیستم ترکیبی، علاوه بر اینکه با استفاده از مجموعه‌های فازی در ترکیب با AHP ابهام به‌عنوان بخشی از سیستم مدل می‌شود؛ بلکه میزان خطای تورش ناشی از مقایسه دوبه‌دوی لایه‌ها نیز کاهش خواهد یافت. هوشیار و همکاران (۲۰۱۴) از مدل FAHP / GIS برای تولید ذرت سیلوشده در سیستم‌های خاک‌ورزی معمولی و حفاظت‌شده، استفاده کرده است و در شاخص پایداری زراعت افزایش قابل توجهی داشت. وفایی و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان تعیین حساسیت ساحلی به نشت نفت با استفاده از مدل‌های فازی و GIS در

جدول ۱. تعداد و بُعد خانوار و جمعیت و مساحت بافت تاریخی شهر یزد به تفکیک محلات

نام محدوده	جمعیت (سال ۱۳۸۵)	مساحت مسکونی (هکتار)	مساحت کل (هکتار)	تعداد خانوار	نسبت تعداد خانوار محلات به بافت تاریخی (درصد)	نسبت تعداد خانوار محلات به شهر (درصد)	بُعد خانوار
بافت تاریخی	۴۲۸۵۱	۳۵۱,۷۱	۶۸۲,۳۲	۱۲۰۸۵	۱۰,۶۸	۳,۵۵
شیخداد	۸۳۵۰	۵۵,۱۸	۱۰۵,۳	۲۴۴۴	۲۰,۲۲	۲,۱۶	۳,۴۲
دولت‌آباد	۴۳۷۵	۳۵,۱۳	۷۴,۵۲	۱۲۸۱	۱۰,۶	۱,۱۳	۳,۴
فهادان	۷۱۴۳	۶۱,۶۱	۱۱۳,۶۶	۱۹۱۴	۱۵,۸۴	۱,۶۹	۳,۷۳
گودال مصلی	۲۳۲۵	۲۸,۸۸	۶۹,۳۴	۶۴۲	۵,۳۱	۰,۵۷	۳,۶۲
گنبد سبز	۸۸۳۶	۵۴,۳۶	۱۰۳,۱۲	۲۵۲۴	۲۰,۸۹	۲,۲۳	۳,۵
گازرگاه	۴۱۹۳	۴۲,۷۷	۵۴	۱۱۳۲	۹,۳۷	۱	۳,۷
شش بادگیر	۴۵۳۲	۴۱,۱۷	۶۹,۴۸	۱۲۱۷	۱۰,۰۷	۱,۰۸	۳,۷۲
زرتشتی‌ها	۷۰۷	۱۴,۵۱	۲۶,۳۶	۲۱۳	۱,۷۶	۰,۱۹	۳,۳۲
پشت باغ	۲۴۰۷	۱۸,۱	۴۲,۳۷	۷۱۸	۵,۹۴	۰,۶۳	۳,۳۵

منبع: (مرکز آمار ایران، ۱۳۷۵)



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی بافت تاریخی شهر یزد در کشور، استان و شهرستان یزد، بافت تاریخی شهر یزد تهیه و ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

مکان‌گزینی سایت‌های امداد و اسکان پس از وقوع زلزله در بافت تاریخی شهر یزد انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

از بین متدها و مدل‌های متفاوت تصمیم‌گیری، AHP تکنیکی بسیار موفق در تصمیم‌گیری گروهی است (کریمی‌حسینی، ۱۳۷۹: ۱۷۷) که اولین بار توسط توماس‌ال‌ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۴). در این روش، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند (Esmail and Ahmadi, 2003: 1-5) و با ترکیب AHP بردارها ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف را می‌توان محاسبه نمود. همچنین، ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسائل چند معیاری است (Ngai, 2005: 29). مزیت اصلی آن این است که به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا یک مسئله پیچیده را به صورت ساختار سلسله‌مراتبی بشکنند و سپس به حل آن بپردازند (Shaw and Wheeler, 1985). ساعتی سه اصل به عنوان اصول AHP بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است: ۱- شرط معکوسی؛ ۲- اصل همگنی؛ ۳- انتظارات (قدسی پور، ۱۳۸۵: ۷۵).

نسبت سازگاری $CR = \frac{CI}{CR}$ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند (مهرگان، ۱۳۸۳: ۱۷۳). انتخاب مکان مناسب یا مکان‌یابی یک تأسیسات خاص در یک منطقه در سال‌های اخیر، توجه زیادی را به خود جلب کرده و روش‌های کمی و کیفی زیادی برای حل آن‌ها پیشنهاد شده است، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌عنوان یکی از روش‌های مورد توجه محققان و کارشناسان برای رتبه‌بندی و مکان‌یابی در کاربردهای مختلفی به کار رفته است. کاربرد AHP در سال‌های اخیر به‌طور وسیع به‌عنوان یک ابزار سودمند در تصمیم‌گیری چند معیاره برای مکان‌یابی محل مناسب مورد استفاده قرار گرفته است (Pavic and Babic, 1991: 170). کاربرد به همین جهت در این تحقیق برای ارزش‌دهی به معیارها و انتخاب مکان مناسب از این مدل استفاده می‌کنیم.

- روش‌شناسی تحقیق

روش پژوهش به کار گرفته شده، روش توصیفی - کمی است.

- شیوه جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات

در این پژوهش پس از مشخص شدن معیارها در مرحله مکان‌یابی، طبق نظر ۱۸ کارشناس خبره دست‌اندرکار مدیریت بازسازی، چارچوب‌های امتیازدهی براساس این معیارها تعیین شده است. با استفاده از نرم‌افزار GIS و الحاق اکستنشن AHP به این نرم‌افزار و پس از طی مراحل ورود اطلاعات، مدیریت داده، تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها، بهترین مکان جهت استقرار مراکز امداد رسانی (هدف اصلی تحقیق) مشخص و اولویت‌بندی شد. از نرم‌افزارهای ArcGIS، Excel و AutoCAD استفاده به‌عمل آمده است.

معرفی متغیرها و شاخص‌های مورد مطالعه

تعیین مکان‌های مناسب در جهت استقرار کاربری‌های گوناگون شهری، به عوامل متعددی بستگی دارد. این عوامل با توجه به ماهیت و نوع فعالیت کاربری مربوط مشخص می‌شود. در این راستا، با در نظر گرفتن خصوصیات و ویژگی‌های اصلی مکان‌های اسکان موقت در هنگام زلزله می‌توان عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی آن‌ها را تعیین کرد. بر این اساس، نگارنده معیارهایی از قبیل، کیفیت ابنیه (در حال ساخت، مرمتی، قابل نگهداری و تخریبی)، قدمت بنا، تعداد طبقات، کاربری‌ها (مراکز درمانی، بهداشتی، مراکز انتظامی، فرهنگی، ایستگاه آتش‌نشانی، پمپ بنزین، اراضی خالی پارک و فضای سبز، مراکز ورزشی، مراکز تجاری و خدماتی، مراکز مذهبی، مراکز آموزشی، اداری، باغات و اراضی زراعی، تأسیسات شهری و تجهیزات شهری، حمل و نقل و انبارها، خانه‌باغ، در حال احداث، صنعتی کارگاهی، مختلط مسکونی، مسکونی، میراثی و تاریخی، پارکینگ، ساباط، خوابگاه، پذیرایی و جهانگردی و شریان‌های حیاتی (آب و برق) و سلسله‌مراتب معابر (معابر اصلی و فرعی و پخش‌کننده) در جهت

جدول ۲. تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر با استفاده از نظرات شفاهی افراد

بین فواصل	مطلوبیت یکسان	کمی مطلوب‌تر	مطلوبیت قوی	مطلوبیت خیلی قوی	کاملاً مطلوب‌تر	قضایات شفاهی
۸,۶,۴,۲	۱	۳	۵	۷	۹	مقدار عددی

منبع: (Saaty, 1980: 121)

و زبان طبیعی او بسیاری از مفاهیم نادقیق را در معنا بیان می‌کند. استفاده از مفاهیمی چون حدوداً و نسبتاً، تقریباً و غیره، بسیار در بیان تصمیم‌گیرندگان دیده می‌شود. برای برطرف کردن این نادقیقی و ابهام، چاره‌ای جز استفاده از مجموعه‌های فازی در تحلیل سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری نیست. AHP یک روش ریاضی براساس تئوری ماتریس‌ها بوده که این امکان را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد تا با مقایسه زوجی عناصر مورد نظر در تحلیل، اولویت‌ها را به صورت عددی مشخص نموده و سپس برای محاسبه ارزش‌ها در قالب یک ماتریس مقایسه زوجی، قضایات خود را به اعداد مطلق با دقت بالا تبدیل کند. در مواردی که با توجه به ماهیت داده‌ها حتی مقایسه دوبه‌دو آن‌ها نیز با ابهام روبروست. FAHP راه حل مناسبی را برای انجام این قیاس ارائه می‌دهد. همچنین، استفاده از خواص مجموعه‌های فازی در فرایند AHP، AHP فازی را پدید آورده که در آن کارائی تصمیم‌گیری تا ۳۰۰۰ درصد افزایش یافته است (کریمی، ۱۳۷۹: ۱۹۵). عدم اطمینان موجود در قضایات‌های ترجیحی، عدم اطمینان اولویت‌بندی آلترناتیوها را افزایش می‌دهد و به همان نسبت، تعیین توافق (ثبات منطقی) اولویت‌ها را مشکل می‌سازد (Leung and Chao, 2000: 105). AHP فازی برای اجتناب از این مخاطرات عملکردی توسعه یافت؛ فازی شد تا مسایل سلسله‌مراتبی دارای ابهام را حل کند. به منظور ارزیابی توانمندی روش مورد بحث، مجموعه داده‌های بافت تاریخی شهر یزد به عنوان منطقه مطالعاتی، مورد استفاده قرار گرفته است و هدف تهیه نقشه امداد و اسکان پس از زلزله در این منطقه است. از آنجایی که روش AHP استاندارد برای مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیارها، نیازمند ارائه نظرات کارشناسان به صورت صریح و با استفاده از اعداد دقیق است، به نظر می‌رسد کاربردهای اخیر روش

- مدل منطقی فازی (Fuzzy Logic)

ابهام در درک معانی، ابهام در مقایسه صفات کیفی مانند خوبی، زیبایی و ...، پدیده‌های مبهم، نادقیق و فازی است (کریمی، ۱۳۷۹: ۲۲). تئوری فازی که برای اولین بار توسط (کریمی، ۱۳۷۹: ۲۲) بیان شد، به طور دقیق به پدیده‌های غیرواضح و نامشخص، یک درجه عضویت براساس تابع عضویت تعریف شده، که همواره عددی بین صفر و یک است (وانگ، ۱۳۷۸: فصل ۱ و ۲). منطق فازی، در واقع توسعه یافته منطق بولین است. قبل از فازی‌سازی، لازم است عمل نرمال‌سازی روی داده‌ها صورت گیرد؛ به عبارتی دامنه متغیرهای مختلف به دامنه (۰, ۱) نرمال می‌شود (علائی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰۱).

- سیستم استنتاج فازی

استنتاج فازی فرایند نگاشت مجموعه ورودی داده شده به یک مجموعه خروجی با استفاده از منطق فازی است (Huang and Chiu, 2009). می‌توان گفت سیستم استنتاج فازی ابزاری قدرتمند به منظور شبیه‌سازی رفتار غیرخطی با استفاده از منطق فازی و قوانین زبان شناختی فازی است. نظام استنتاج فازی را می‌توان براساس دانش فرد خبره و یا داده‌های مشاهده شده ساخت (Yanar and Akyurek, 2006: 1070). سیستم استنتاج فازی، سیستم‌های مبتنی بر دانش یا قواعد می‌باشند (وانگ، ۱۳۷۸: فصل ۳ و ۲). برای ایجاد شبکه‌های استنتاجی می‌توان از اکستنشن Fuzzy Overlay استفاده کرد. انواع عملگرهای فازی قابل استفاده عبارت‌اند از: عملگر اشتراک فازی (AND)، عملگر اجتماع فازی (OR)، عملگر ضرب فازی (product)، عملگر جمع فازی (Sum).

- تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

برای برطرف کردن نادقیقی در ابهام ناشی از درک می‌توان از AHP قطعی استفاده کرد، ولی ذهن انسان

فاصله از آتش‌نشانی: افزایش فاصله سکونتگاه از مراکز آتش‌نشانی، باعث کاهش سرعت بخشیدن به امداد رسانی و در نتیجه افزایش دامنه خطر می‌شود. طبق استانداردها بهترین فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی حدوداً ۱ کیلومتر است (هادیانی و کاظمی‌زاد، ۱۳۸۸: ۱۰۴).

مراکز نظامی و انتظامی: به دلیل لزوم برقراری نظم عمومی و نیز تأمین امنیت ساکنان اردوگاه‌های اسکان موقت، دسترسی به مراکز نظامی و انتظامی یکی از شاخص‌های مهم است که بهترین فاصله برحسب دسترسی پیاده در زمان بحران برابر ۴۰۰ متر و فاصله حداکثر برابر ۲ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود.

مراکز دبستان: به جهت سهولت در رفت‌وآمد کودکان و نوجوانان، مکان‌یابی محل‌های اسکان آسیب‌دیدگان باید به کمترین فاصله را از اماکن آموزشی داشته باشند. با توجه به ضوابط شهرسازی که شعاع عملکردی مراکز آموزش ابتدایی را ۷۰۰-۵۰۰ متر در نظر می‌گیرند (شیعه، ۱۳۸۵: ۱۱۵).

دوری از خطوط برق فشار قوی: به منظور جلوگیری از خطرات ناشی از خطوط انتقال برق فشار قوی، محل‌های اسکان موقت باید از تأسیسات و خطوط برق فشار قوی حداقل ۵۰ متر فاصله داشته باشند (شجاع‌عراقی، تولایی و ضیائی‌ان، ۱۳۹۰: ۵۱).

فاصله از پمپ بنزین: پمپ بنزین‌ها دارای پتانسیل آسیب‌رسانی بالایی هستند و به هنگام بحران، احتمال خطر بیشتری وجود دارد؛ بنابراین، همواره باید در انتخاب کاربری‌های همجوار آن دقت شود. پمپ بنزین و ساختمان‌های بیش از چهار طبقه به‌عنوان عوامل محدودکننده یا بازدارندهٔ احداث مراکز امداد هستند.

ایجاد لایه‌های مورد نیاز و طبقه‌بندی مجدد داده‌ها

در این مرحله مجموع داده‌ها به‌صورت مجدد طبقه‌بندی (Reclassify) شده و لایه‌ها ارزش‌گذاری می‌گردد. عملیات طبقه‌بندی مجدد برای ترکیب مجموع لایه‌ها امری ضروری بوده و طی این عملیات، مجموع لایه‌ها تحت مقیاس مشترکی سنجیده

AHP استاندارد، دارای مشکل در نظر نگرفتن عدم قطعیت و خطا در نظرات کارشناسان می‌باشد؛ بنابراین لازم است در روش AHP به نحوی عدم قطعیت ناشی از قضاوت انسانی در داده‌های ورودی منعکس شود (Ozer, 2007: 20). برای حل این نقطه ضعف، استفاده از منطق فازی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت در حل مسائل مکان‌یابی پیشنهاد شده است. در این راستا، FAHP در جهت حل مسائل تصمیم‌گیری AHP توسعه پیدا کرد.

- شناسایی عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان

شناسایی و انتخاب عواملی که در مکان‌یابی تأثیر گذارند، از مراحل مهم مطالعه است. هر قدر عوامل شناسایی شده با واقعیت‌های زمینی تطابق بیشتری داشته باشد؛ نتایج مکان‌یابی رضایت‌بخش‌تر خواهد بود (فرج‌زاده اصل، ۱۳۸۴: ۹۱). برای تعیین این معیارها، شناخت کامل عوامل تأثیرگذار مانند عوامل اجتماعی، فرهنگی، جغرافیایی، سیاسی و اقتصادی لازم است. کوتاهی کردن 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). این عوامل می‌تواند با توجه به مؤلفه‌های اثرگذار در انتخاب مکان مناسب برای مراکز امداد و اسکان پس از زلزله متفاوت باشد. در زیر به برخی از این موارد اشاره شده است:

پارک‌ها و فضاهای باز و زمین‌های خالی: یکی از موارد مهم در امر مکان‌یابی، شناسایی اراضی مستعد و مناسب، در راستای هدف مکان‌یابی است. پارک‌ها و زمین‌های خالی که مساحتی بالغ بر یک هکتار و بیشتر را دارا هستند؛ برای مکان‌یابی، اماکن اسکان موقت زلزله‌زدگان انتخاب شدند.

فاصله از مراکز درمانی: فاصله کم مراکز درمانی تا محل سکونتگاه‌ها، موجب سرعت بخشیدن به امداد رسانی می‌شود. مطلوب‌ترین فاصله از مراکز درمانی کوچک و درمانگاه‌ها ۷۰۰ متر و از بیمارستان‌ها ۱،۵ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود (زیاری، ۱۳۸۸: ۵۳-۵۱).

نمایش می‌دهد و در مکان‌یابی به نتایج صحیح‌تری می‌رسیم (کلانتری، ۱۳۹۲: ۱۰۱).

وزن‌دهی معیارها و نقشه‌ها

معیارهای طبقه‌بندی مجدد شده در اکستنشن الحاقی AHP وارد گردیده و اوزان به شرح جدول (۴) استخراج شد.

می‌شوند. در این مرحله، به لایه‌ها براساس فاصله از کاربری امتیاز تعلق می‌گیرد. طبقه‌بندی مجدد را می‌توان در تعداد کلاس‌های مختلفی انجام داد، با افزایش تعداد کلاس‌ها برای پیاده‌سازی مدل AHP، نقشه تلفیق معیارها، جزئیات بیشتر و دقیق‌تری را

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی

معیارهای اصلی	کیفیت ابنیه	قدمت ابنیه	تعداد طبقات ابنیه	کاربری‌ها	شریان‌های حیاتی	معاير	پمپ بنزین
کیفیت ابنیه	۱	۲	۳	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳۳۳۳	۴
قدمت ابنیه		۱	۲	۰,۱۶۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۳,۰۳۰۳
تعداد طبقات ابنیه			۱	۰,۱۴۲۹	۰,۱۶۶۷	۰,۲	۲
کاربری‌ها				۱	۲	۴	۱۰
شریان‌های حیاتی					۱	۳	۵
معاير						۱	۴
پمپ بنزین							۱

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

شدن وزن، هر کدام از معیارهای محدودۀ مورد نظر ما از لحاظ مراکز امداد و اسکان اولویت‌بندی می‌شود.

سپس امتیاز نهایی هر لایه اطلاعاتی، مشخص شد که این امتیازات در جدول (۵) نمایش داده شده و نرخ ناسازگاری برابر $CR=0.0471$ است. پس از مشخص

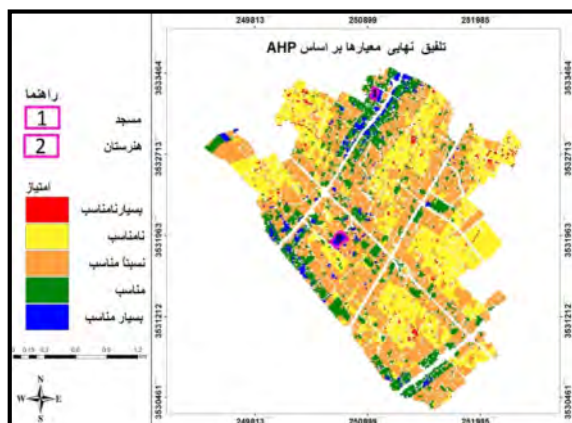
جدول ۴. وزن معیارهای محاسبه شده با استفاده از اکستنشن الحاقی AHP به GIS

نام لایه	کیفیت ابنیه	قدمت ابنیه	تعداد طبقه	کاربری‌ها	شریان‌های حیاتی	معاير	پمپ بنزین	مجموع
امتیاز	۰,۰۸۴۱	۰,۰۵۶۵	۰,۰۳۸۱	۰,۳۸۲۹	۰,۲۵۷۴	۰,۱۵۱۸	۰,۰۲۹۳	۱

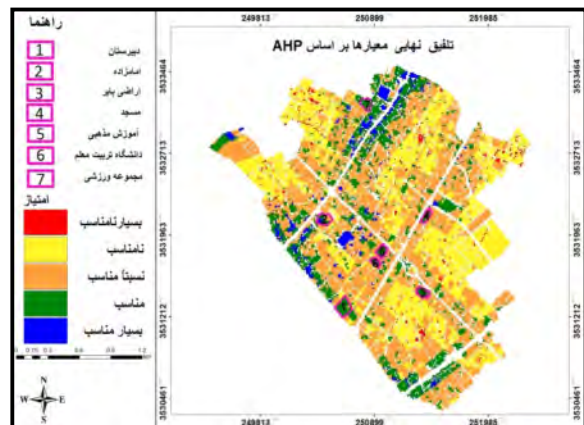
منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

نقشه‌های مدل AHP

در زیر نقشه‌هایی که براساس مدل AHP به دست آمده‌اند، قابل مشاهده هستند.



شکل ۳. نقشه گزینۀ مناسب براساس مدل AHP



شکل ۴. نقشه گزینۀ بسیار مناسب براساس مدل AHP

می‌توان در نظر گرفت (سلطانی، ۱۳۹۲: ۱۰۳) که بر این اساس ۲ مکان در نقشه با هدف مکان‌گزینی مراکز امداد و اسکان «بسیار مناسب» و ۷ مکان «مناسب» تشخیص داده شد. ترتیب اولویت گزینه‌ها در جداول ۵ و ۶ قابل مشاهده است.

انتخاب مکان بهینه و اولویت‌بندی مراکز امداد و اسکان براساس مدل AHP

برای انتخاب گزینه بهینه، اولویت‌هایی مانند دسترسی به معابر و مساحت فضای باز را می‌توان برشمرد و در صورت مساوی بودن از لحاظ دسترسی به معابر و مساحت فضای باز، پراکندگی مراکز امداد و اسکان را

جدول ۵. اولویت‌بندی گزینه‌های بسیار مناسب

نوع کاربری	نوع فعال	کیفیت	تعداد طبقات	قدمت (سال)	مالکیت	مساحت (متر مربع)	اولویت		
							مساحت فضای باز	دسترسی به معابر	نهایی
فنی و حرفه‌ای	هنرستان	قابل نگهداری	۲	۵-۱۰	دولتی	۵۳۴۹	۱	۱	۱
مذهبی	مسجد	قابل نگهداری	۲	>۶۰	وقفی	۱۲۹۹۰	۲	۲	۲

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول ۶. اولویت‌بندی گزینه‌های مناسب

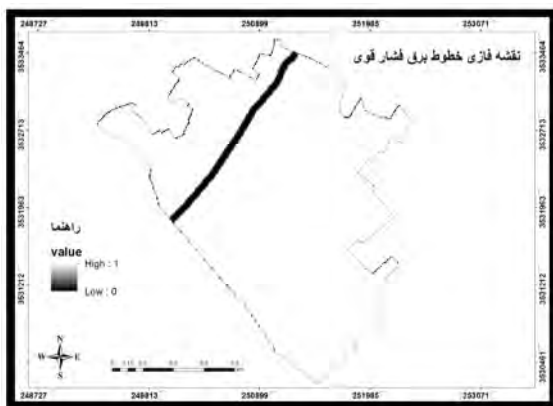
نوع کاربری	نوع فعال	کیفیت	تعداد طبقات	قدمت (سال)	مالکیت	مساحت (متر مربع)	اولویت		
							مساحت فضای باز	دسترسی به معابر	نهایی
آموزشی	دبیرستان	قابل نگهداری	۱	۴۰-۶۰	دولتی	۱۷۳۰۶	۱	۱	۱
مذهبی	امامزاده	قابل نگهداری	۱	۴۰-۶۰	وقفی	۱۱۹۰۶	۳	۱	۲
اراضی خالی	بایر	سایر	-	سایر	سایر	۸۰۴۷	۲	۲	۳
مذهبی	مسجد	قابل نگهداری	۲	۳۰-۴۰	وقفی	۶۶۹۱	۴	۱	۴
سایر فضاهای آموزشی	آموزش مذهبی	قابل نگهداری	۲	>۶۰	وقفی	۸۴۰۵	۵	۱	۵
آموزشی عالی	دانشگاه و مراکز تربیت معلم	قابل نگهداری	۱	>۶۰	دولتی	۵۰۵۰	۶	۳	۶
مراکز ورزشی	مختلط مسکونی	قابل نگهداری	۱	۱۵-۲۰	دولتی	۱۲۶۲۰	۱	۱	۷

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

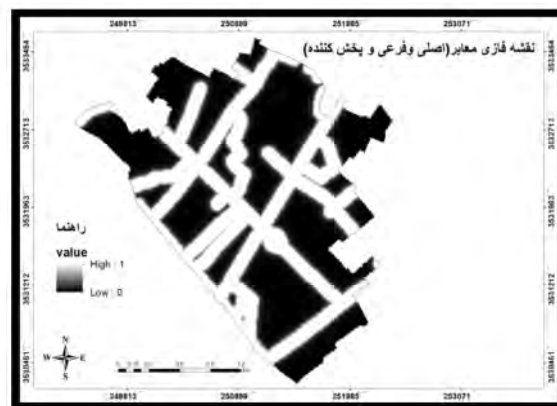
– نقشه‌های مدل فازی

قبل از تهیه نقشه‌های استنتاج فازی، باید لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی را فازی‌سازی کرد. در زیر می‌توان نقشه‌های فازی‌شده را مشاهده کرد.

مساحت مراکز ورزشی از دیگر گزینه‌ها بیشتر می‌باشد، اما با توجه به اینکه در داخل محدوده بافت تاریخی شهر یزد قرار نمی‌گیرد و در نزدیکی منطقه مورد مطالعه است، به عنوان اولویت آخر قرار داده شد.



شکل ۵. نقشه لایه خطوط برق فازی شده

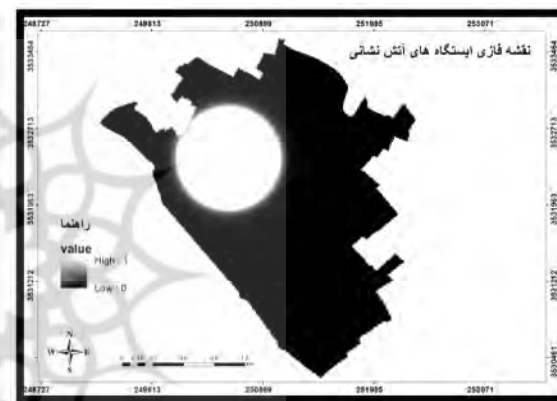


شکل ۴. نقشه لایه معابر فازی شده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، (۱۳۹۵)



شکل ۷. نقشه لایه کاربری‌های فازی شده



شکل ۶. نقشه لایه ایستگاه‌های آتش‌نشانی فازی شده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، (۱۳۹۵)

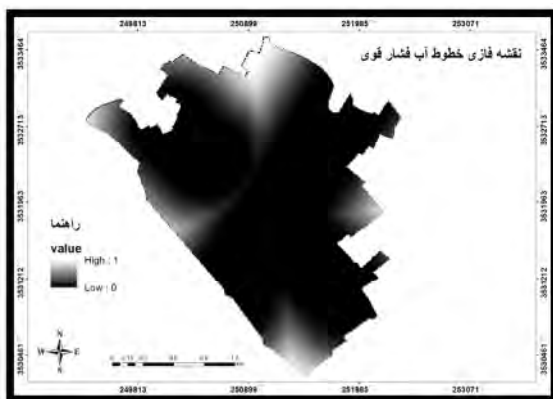


شکل ۹. نقشه لایه قدمت فازی شده



شکل ۸. نقشه لایه تعداد طبقات فازی شده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، (۱۳۹۵)

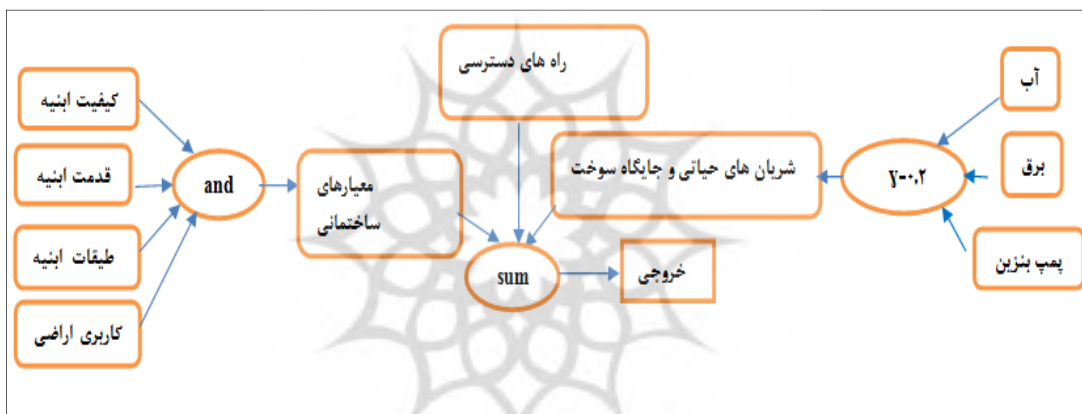


شکل ۱۱. نقشه لایه کیفیت فازی شده

شکل ۱۰. نقشه لایه آب فازی شده

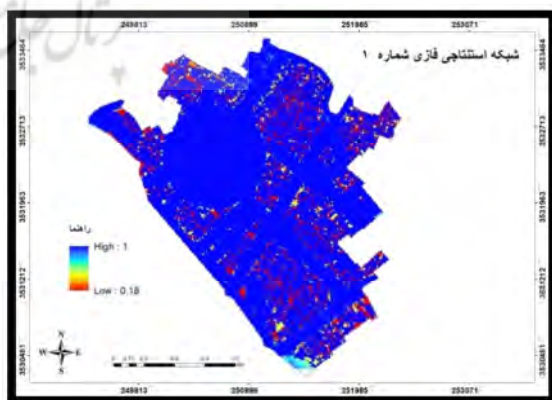
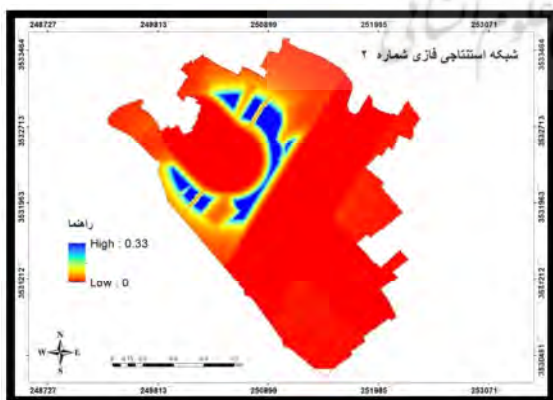
تهیه و ترسیم: (نگارنگان، ۱۳۹۵)

در زیر یک نمونه از نحوه فازی شدن اشاره شده است:



لایه‌های استنتاج فازی را به دست می‌آوریم که در زیر می‌توان نقشه آن‌ها را مشاهده کرد.

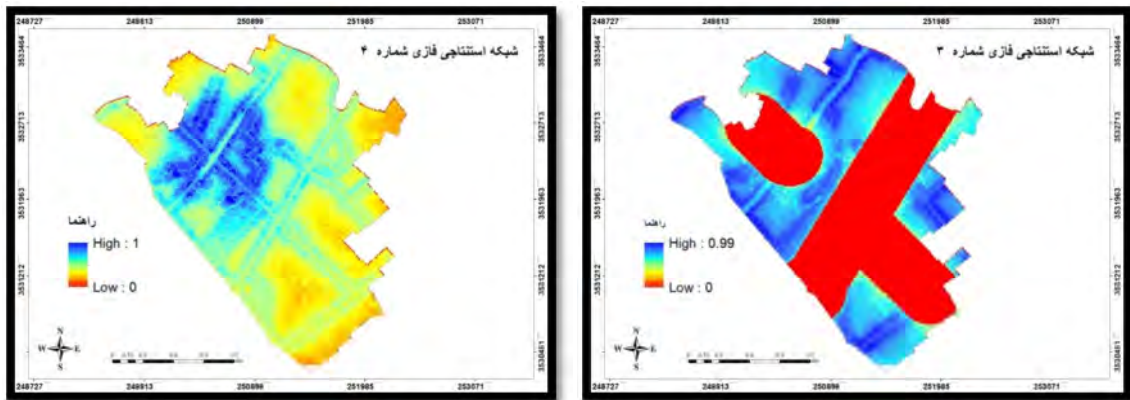
بررسی نتایج استنتاج فازی - بعد از اینکه لایه معیارهای مورد نظر را فازی کردیم،



شکل ۱۳. نقشه استنتاج فازی با عملگر AND

شکل ۱۲. نقشه استنتاج فازی با عملگر OR

تهیه و ترسیم: (نگارنگان، ۱۳۹۵)



شکل ۱۵. نقشه استنتاج فازی با عملگر گاما ۹۵٪

شکل ۱۴. نقشه استنتاج فازی با عملگر گاما ۸۵٪

تهیه و ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

شماره ۳ و ۴ به دلیل استفاده از گاما، در خروجی، سازگاری قابل انعطافی مشاهده شد و نتایج حاصل از روش گاما، نتایج منطقی‌تر و بهتری به دست آورد.

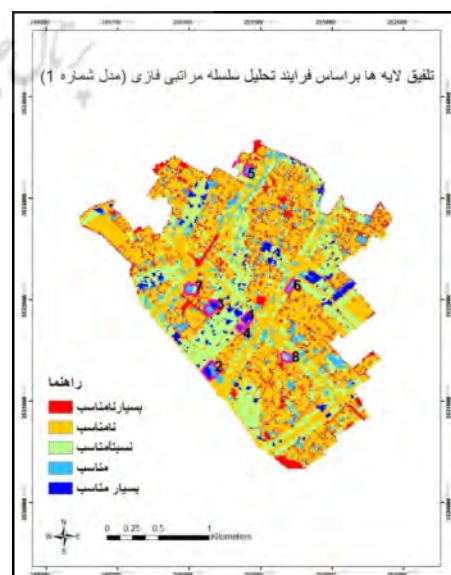
بررسی نتایج سلسله‌مراتبی فازی

انتخاب عملگر فازی با توجه به منطق‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. پس از اعمال توابع ارائه شده بر روی لایه‌ها در نرم‌افزار ArcGIS، عملگرها بر روی نقشه‌های حاصل شده، مکان‌های مناسب مشخص شدند.

در این نقشه‌ها مناطق با رنگ آبی تیره دارای درجه عضویت بالا و دارای مقادیر نزدیک به یک می‌باشند؛ بدین معنی که این مناطق، بهترین مکان برای احداث مناطق اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی پس از زلزله هستند. این مناطق دارای بیشترین نزدیکی به معیارهای سازگار مانند مراکز انتظامی، درمانی و... می‌باشد. همان‌طور که می‌بینیم، در نقشه شماره ۱ به دلیل استفاده از OR، شاهد رفتاری خوش‌بینانه هستیم و نواحی بسیار زیادی جزء اولویت‌های کاملاً مناسب قرار می‌گیرد که البته نقشه بهینه‌ای نیست. در نقشه شماره ۲ به دلیل استفاده از AND، نقشه خروجی بسیار محافظه‌کارانه بوده و در نقشه

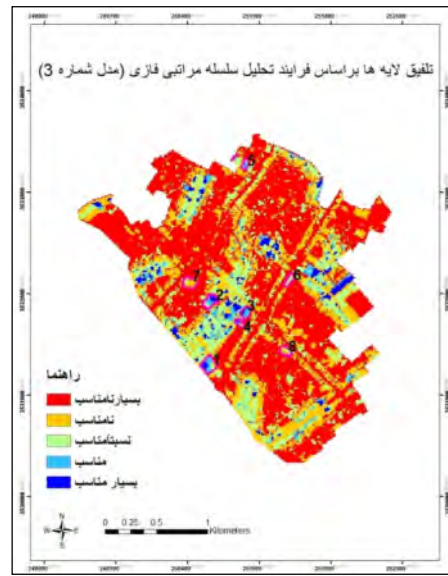


شکل ۱۷. مناطق انتخابی شبکه استنتاجی شماره ۲



شکل ۱۶. مناطق انتخابی شبکه استنتاجی شماره ۱

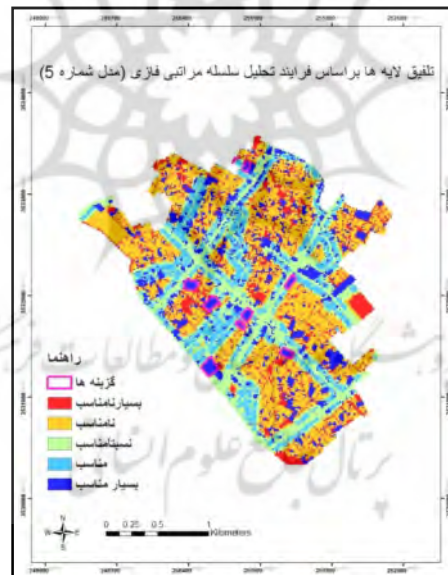
تهیه و ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۵)



شکل ۱۹. مناطق انتخابی شبکه استنتاجی شماره (۴)

شکل ۱۸. مناطق انتخابی شبکه استنتاجی شماره (۳)

تهیه و ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۵)



شکل ۲۰. مناطق انتخابی شبکه استنتاجی شماره (۵)

تهیه و ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

گزینه‌های به‌دست آمده در هر مدل اولویت‌بندی شدند. در جدول‌های شماره ۷ تا ۱۰ اولویت‌بندی گزینه‌ها براساس هر شبکه استنتاج فازی قابل مشاهده است.

- انتخاب مکان بهینه و اولویت‌بندی گزینه‌ها
براساس مدل FAHP
در این مدل، ۵ شبکه استنتاج فازی برای لایه‌های وزن‌دار شده براساس مدل AHP طراحی شد، سپس

جدول ۷. اولویت‌بندی گزینه‌های مدل شماره ۱

گزینه‌های مدل شماره (۱)	مساحت (متر مربع)	مالکیت	قدمت (سال)	تعداد طبقات	کیفیت	نوع فعالیت	نوع کاربری
۱	۸۴۰۵	وقفی	>۶۰	۲	قابل نگهداری	آموزش مذهبی	سایر آموزشی
۲	۱۷۳۰۶	دولتی	۴۰-۶۰	۱	قابل نگهداری	دبیرستان	آموزشی
۳	۱۲۹۹۰	وقفی	>۶۰	۲	قابل نگهداری	مسجد	مذهبی
۴	۵۰۵۰	دولتی	>۶۰	۱	قابل نگهداری	دانشگاه و مراکز تربیت معلم	آموزشی عالی
۵	۵۳۴۹	دولتی	۵-۱۰	۲	قابل نگهداری	هنرستان	فنی و حرفه‌ای
۶	۶۶۹۱	وقفی	۳۰-۴۰	۲	قابل نگهداری	مسجد	مذهبی
۷	۱۱۹۰۶	وقفی	۴۰-۶۰	۱	قابل نگهداری	امامزاده و آرامگاه	مذهبی
۸	۸۰۴۷	سایر	سایر	-	سایر	بایر	اراضی خالی

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول ۸. اولویت‌بندی گزینه‌های مدل شماره ۲

گزینه‌های مدل شماره (۲)	مساحت (متر مربع)	مالکیت	قدمت (سال)	تعداد طبقات	کیفیت	نوع فعالیت	نوع کاربری
۱	۱۲۹۹۰	وقفی	>۶۰	۲	قابل نگهداری	مسجد	مذهبی
۲	۱۷۳۰۶	دولتی	۴۰-۶۰	۱	قابل نگهداری	دبیرستان	آموزشی
۳	۸۴۰۵	وقفی	>۶۰	۲	قابل نگهداری	آموزش مذهبی	سایر آموزشی
۴	۵۰۵۰	دولتی	>۶۰	۱	قابل نگهداری	دانشگاه و مراکز تربیت معلم	آموزشی عالی
۵	۱۱۹۰۶	وقفی	۴۰-۶۰	۱	قابل نگهداری	امامزاده و آرامگاه	مذهبی
۶	۶۶۹۱	وقفی	۳۰-۴۰	۲	قابل نگهداری	مسجد	مذهبی
۷	۵۳۴۹	دولتی	۵-۱۰	۲	قابل نگهداری	هنرستان	فنی و حرفه‌ای
۸	۸۰۴۷	سایر	سایر	-	سایر	بایر	اراضی خالی

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول ۹. اولویت‌بندی گزینه‌های مدل شماره ۳

نوع کاربری	نوع فعالیت	کیفیت	تعداد طبقات	قدمت (سال)	مالکیت	مساحت (مترمربع)	گزینه‌های مدل شماره (۳)
آموزشی	دبیرستان	قابل نگهداری	۱	۴۰-۶۰	دولتی	۱۷۳۰۶	۱
مذهبی	مسجد	قابل نگهداری	۲	>۶۰	وقفی	۱۲۹۹۰	۲
سایر آموزشی	آموزش مذهبی	قابل نگهداری	۲	>۶۰	وقفی	۸۴۰۵	۳
آموزشی عالی	دانشگاه و مراکز تربیت معلم	قابل نگهداری	۱	>۶۰	دولتی	۵۰۵۰	۴
فنی و حرفه‌ای	هنرستان	قابل نگهداری	۲	۵-۱۰	دولتی	۵۳۴۹	۵
مذهبی	مسجد	قابل نگهداری	۲	۳۰-۴۰	وقفی	۶۶۹۱	۶
مذهبی	امامزاده و آرامگاه	قابل نگهداری	۱	۴۰-۶۰	وقفی	۱۱۹۰۶	۷
اراضی خالی	بایر	سایر	-	سایر	سایر	۸۰۴۷	۸

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول ۱۰. اولویت‌بندی گزینه‌های مدل شماره ۴

نوع کاربری	نوع فعالیت	کیفیت	تعداد طبقات	قدمت (سال)	مالکیت	مساحت (مترمربع)	گزینه‌های مدل شماره (۴)
سایر آموزشی	آموزش مذهبی	قابل نگهداری	۲	>۶۰	وقفی	۸۴۰۵	۱
آموزشی	دبیرستان	قابل نگهداری	۱	۴۰-۶۰	دولتی	۱۷۳۰۶	۲
مذهبی	مسجد	قابل نگهداری	۲	>۶۰	وقفی	۱۲۹۹۰	۳
آموزشی عالی	دانشگاه و مراکز تربیت معلم	قابل نگهداری	۱	>۶۰	دولتی	۵۰۵۰	۴
فنی و حرفه‌ای	هنرستان	قابل نگهداری	۲	۵-۱۰	دولتی	۵۳۴۹	۵
مذهبی	مسجد	قابل نگهداری	۲	۳۰-۴۰	وقفی	۶۶۹۱	۶
اراضی خالی	بایر	سایر	-	سایر	سایر	۸۰۴۷	۷
مذهبی	امامزاده و آرامگاه	قابل نگهداری	۱	۴۰-۶۰	وقفی	۱۱۹۰۶	۸

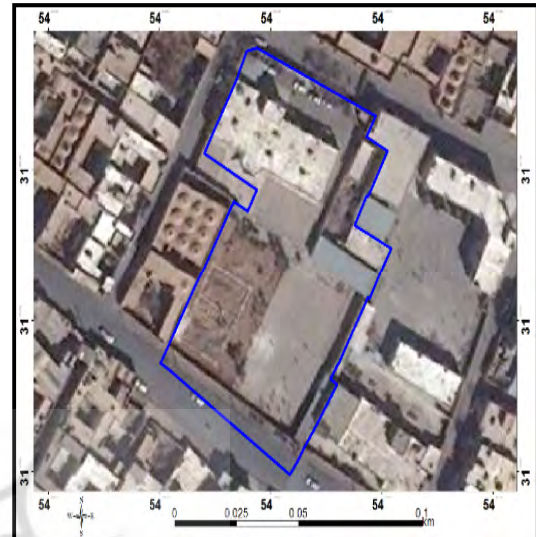
منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

در زیر چند تصویر ماهواره‌ای از گزینه‌های منتخب قرار داده شده که با توجه به این تصاویر می‌توان، مناسب بودن این مکان‌ها را در جهت اسکان موقت (طبق معیارهای مکان‌یابی) به‌وضوح مشاهده کرد.

در مدل شماره ۵ همان‌طور که در شکل شماره ۲۰ قابل مشاهده است، تمامی گزینه‌های موجود در پهنه اولویت‌بندی بسیار مناسب قرار گرفته‌اند؛ پس تمامی گزینه‌ها دارای اولویت یکسان بسیار مناسب هستند.



شکل ۲۲. تصویرگزینه مناسب (دیرستان)



شکل ۲۱. تصویرگزینه بسیار مناسب (هرزستان)

تهیه و ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۵)

نتیجه‌گیری

ماتریس مقایسه زوجی قضاوت خود را به اعداد مطلق با دقت بالا تبدیل نماید. در مواردی که با توجه به ماهیت داده‌ها حتی مقایسه دوجه‌دو آن‌ها نیز با ابهام روبروست، ساختار FAHP راه حل مناسبی را برای انجام این قیاس ارائه می‌دهد. در این تحقیق، ابتدا پارامترهای مؤثر در این مکان‌گزینی که شامل کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه و... است، ذکر شد. در ادامه در روش اول، برای به‌دست آوردن نقشه مکان‌های مناسب استقرار گروه‌های امداد سعی بر استفاده از انواع توابع عضویت فازی با توجه به ماهیت پارامترها شد. سپس با استفاده از منطق فازی و عملگرهای متفاوتی نظیر گاما Sum و OR شبکه استنتاجی فازی مناسب ساخته شد. در روش دوم نیز با تعریف قواعد فازی برای هریک از ورودی‌ها و خروجی و استفاده از موتورهای استنتاجی، نقشه مکان‌های مناسب برای استقرار گروه‌های امداد به‌دست آمد. درنهایت، با تلفیق نتایج روش اول با AHP توانستیم به نتایجی دقیق‌تر دست یابیم. نتایج به‌دست آمده اثبات‌کننده فرض‌های اولیه در جهت ایجاد شبکه فازی و تعاریف قواعد مورد

جهت کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از زلزله می‌بایست برنامه‌ریزی بهینه‌ای برای رویارویی منطقی با این بحران ایجاد شده صورت گیرد؛ بنابراین یکی از برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدتی که برای بعد از بحران زلزله می‌تواند انجام شود، انتخاب بهترین مکان جهت استقرار گروه‌های تخصصی امداد است. با توجه به ماهیت مکانی این موضوع و دارا بودن ماهیت فازی برای پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی و رویارویی با فاکتورهای زیاد در جهت تصمیم‌گیری می‌توان از تلفیقی از سیستم اطلاعات مکانی و منطق فازی به همراه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌منظور اخذ تصمیمی بهینه‌تر استفاده کرد. GIS راه حل بسیار مؤثری در تحلیل داده‌ها و حل مسائل در شاخه‌های گوناگون علوم است. AHP یک روش ریاضی براساس تئوری ماتریس‌ها بوده که این امکان را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد تا با مقایسه زوجی عناصر مورد نظر در تحلیل، اولویت‌ها را به‌صورت عددی مشخص نموده و سپس برای محاسبه ارزش‌ها در قالب یک

نیاز بوده و مناسب‌ترین مکان برای استقرار گروه‌های امداد پس از وقوع بحران به‌دست آمده است. در این پژوهش مشخص شد که با استفاده از روش فازی و به‌کارگیری قابلیت‌های GIS و تلفیق این دو، امکان تحلیل مسائل مشکل و پیچیده فراهم می‌شود، به گونه‌ای که با به‌کارگیری معیارهای گوناگون کمی و کیفی به‌طور همزمان و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها و همچنین امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها برای تلفیق لایه‌ها و تولید نقشه‌های خروجی می‌توان در مدیریت خدمات شهری از جمله مکان‌یابی مناطق اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی ابزار مناسبی فراهم کرد. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که اولویت‌بندی گزینه‌ها نه فقط با توجه به معیار دسترسی به معیارهای سازگار؛ بلکه مجموعه‌ای از عوامل و ترکیب آن‌ها مشخص می‌شود. با توجه به معیارهایی مانند کیفیت و قدمت ابنیه، تعداد طبقات، کاربری اراضی، نزدیکی به معابر (اصلی، فرعی و پخش‌کننده)، شریان‌های حیاتی (آب و برق)، پمپ بنزین و غیره سایت‌های امداد رسانی و اسکان موقت در بافت تاریخی شهر یزد به‌دست آمد. اگر به این سایت‌ها توجه کنیم، متوجه می‌شویم که گزینه‌ها در محدوده‌های خطرناک ناشی از فروریزی ساختمان‌ها، انفجار پمپ بنزین‌ها، حریم مسیل‌ها و دیگر عوامل خطر ساز قرار نگرفته‌اند؛ ولی به بیمارستان‌ها، آتش‌نشانی‌ها، معابر و دیگر عوامل خدماتی نزدیک هستند. کلیه معیارهای دخیل با استفاده از روش تحلیلی مناسب در نظر گرفته شد تا انتخاب بهترین گزینه صورت گیرد. در این پژوهش از سه مدل استفاده شد. در مدل اول، برای به‌دست آوردن نقشه مکان‌های مناسب استقرار گروه‌های امداد از مدل AHP استفاده شد که در نتیجه ۹ گزینه برای سایت امداد و اسکان پس از زلزله مشخص اولویت‌بندی شدند که ۲ سایت بسیار مناسب و ۷ سایت مناسب تعیین شد. در مدل دوم، برای به‌دست آوردن نقشه مکان‌های مناسب استقرار گروه‌های امداد سعی بر استفاده از شبکه استنتاجی فازی شد. استفاده از منطق فازی می‌تواند

تسهیلات زیادی در ارزیابی کارشناسان به‌وجود آورد و در مجموع، سودمند واقع شود. در نقشه‌های استنتاجی فازی به این نتیجه دست یافتیم که در نقشه شماره ۱ استنتاجی به‌دلیل استفاده از OR، رفتاری خوش‌بینانه داشته و نواحی بسیار زیادی را جزء اولویت‌های بسیار مناسب قرار داده که البته نقشه بهینه‌ای نیست. در نقشه شماره ۲ استنتاجی به‌دلیل استفاده از AND، نقشه خروجی بسیار محافظه‌کارانه بود و در نقشه شماره ۳ و ۴ استنتاجی به‌دلیل استفاده از گاما، در خروجی، سازگاری قابل انعطافی مشاهده شد و نتایج حاصل از روش گاما، نتایج منطقی‌تر و بهتری به‌دست آورد. در نهایت، با تلفیق نتایج روش اول با دوم و استفاده از روش FAHP توانستیم به نتایج دقیق‌تری دست یابیم. نتایج به‌دست آمده اثبات‌کننده فرض‌های اولیه در جهت ایجاد شبکه فازی، مدل‌های AHP و FAHP و تعاریف قواعد مورد نیاز بوده و مناسب‌ترین مکان برای استقرار گروه‌های امداد پس از وقوع بحران به‌دست آمده است. ارجحیت محسوس یک معیار نسبت به سایر معیارها تضمینی برای بهتر بودن نتایج نیست و بایستی کلیه معیارهای دخیل با استفاده از روش‌های تحلیلی مناسب نظیر AHP و FAHP در نظر گرفته شوند تا انتخاب بهترین گزینه صورت گیرد. جواب راه حل AHP فازی کاملاً مطمئن‌تر و معمولاً متفاوت با راه حل AHP قطعی است. روش AHP به‌دلیل شباهتی که به فرایند تفکر تحلیلی انسان دارد، روشی مطلوب برای انتخاب بهترین گزینه با در نظر گرفتن معیارهای چندگانه است؛ با این حال، دسته‌بندی مناسب معیارها و استفاده از داده‌های فازی به‌جای داده‌های قطعی نتایج را به مراتب به واقعیت نزدیک می‌کند. از آنجایی که انتخاب بهترین مکان کاربری‌ها بسیار اهمیت دارد، روش کاربردی مقاله بر مبنای FAHP می‌تواند برای مسائل مکان‌یابی سایر کاربری‌های مربوط به مدیریت بحران نیز به‌کار رود. همچنین، نتایج تحقیق نشان‌دهنده کمبود فضاهای کافی برای استقرار زلزله‌زدگان در بافت تاریخی شهر یزد است.

منابع

- احدئزادروشتی، 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). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، شماره ۲۳، جلد ۲۰، صص ۴۵-۶۱.
- اسدیان، فریده؛ سیاحی، زهرا (۱۳۹۰). نقش الگوی مشارکت مردمی در بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: محله عامری اهواز)، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۱۲، صص ۱۶۳-۱۳۹.
- پیشگامی‌فرد، زهرا (۱۳۹۰). GIS و نقش آن در مکان‌یابی مناطق مخاطره‌آمیز شهری جهت استفاده در مدیریت بحران (مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تبریز). فصلنامه آمایش محیط، دانشگاه آزاد اسلامی ملایر شماره ۱۳، صص ۱۰۴-۹۱.
- پیله‌فروش‌ها، پرستو؛ آل‌شیر، علی‌اصغر؛ موسوی، فرزانه (۱۳۸۹). بررسی میزان آسیب‌پذیری زلزله از طریق منطق فازی و تخصیص بهینه امکانات با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: منطقه ۱۶ شهرداری تهران). سازمان نقشه برداری کشور، پروسیدینگ همایش ژئوماتیک ۸۹، تهران.
- حبیبی، کیومرث؛ جوانمردی، کومار؛ زندی، پروانه (۱۳۹۱). پیاده‌سازی مدل فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس جهت تعیین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی در برابر زلزله (نمونه موردی: محله سرتپوله شهر سنندج)، فصلنامه علمی-پژوهشی ساخت شهر، شماره ۲۰، صص ۳۳-۲۵.
- رهنما، امیرحسین؛ طالعی، محمد (۱۳۹۱). الویت بندی بازسازی مناطق شهری تهران در برابر زلزله به کمک مدل فازی و GIS، آمایش محیط، دوره ۵، شماره ۱۶، صص ۷۱-۵۱.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. نشریه علمی-پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صص ۲۱-۱۳.
- زیاری، کرامت‌الله؛ شادمان‌رودپشتی، مجید؛ حسن‌پور، سیروس؛ مصطفیایی، ابوالفضل؛ (۱۳۹۲). مکان‌یابی عرصه‌های مناسب فضای سبز شهری با استفاده از روش ترکیبی AHP و فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه ۱۴ شهرداری کلان‌شهر تهران). فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، سال سیزدهم، شماره ۱۳ (۴۳)، صص ۳۸-۱۹.
- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هفتم.
- سلطانی، زینب (۱۳۹۲). تعیین موقعیت سایت‌های امداد و اسکان پس از وقوع زلزله با استفاده از مدل MADM و تحلیل شبکه در محیط GIS (مطالعه موردی: بافت تاریخی شهر یزد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته سنجش از دور و GIS. دانشگاه واحد علوم و تحقیقات یزد.
- شجاع‌عراقی، مهناز؛ تولایی، سیمین؛ ضیائی، پرویز (۱۳۹۰). مکان‌یابی پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. منطقه ۶ شهرداری تهران. مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای. معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان، سال سوم، شماره ۱۰، صص ۶۰-۴۱.
- شرف‌پور، فرهاد (۱۳۹۱). سایت خبرگذاری جمهوری اسلامی ایران، کد خبر: ۸۰۴۶۸۷۳۶، تاریخ انتشار: ۳ دی ۱۳۹۱.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ شیخی، محمد (۱۳۸۹). پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس، یا روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، (۷۳)، صص ۵۳-۶۸.
- شيعه، اسماعيل (۱۳۸۵). مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- طالقانی، محمد؛ شاهرودی، کامبیز؛ صانعی، فرزانه (۱۳۹۱). مقایسه تطبیقی AHP و AHP فازی در رتبه‌بندی ترجیحات خرید (مورد مطالعه: صنعت لوازم خانگی)، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال نهم، شماره اول، پیاپی ۳۲، صص ۹۱-۸۱.
- عبدالهی، مجید (۱۳۸۳). مدیریت بحران در نواحی شهری. تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. چاپ سوم.
- علایی‌مقدم، ساناز؛ مسگری، محمدسعدی؛ کریمی، محمد (۱۳۹۰). مسیریابی در شبکه‌های حمل‌ونقل چندساختی به کمک سیستم‌های استنتاج‌گر فازی. ژئوماتیک ۱۳۹۰.
- فرج‌زاده اصل، منوچهر (۱۳۸۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه‌ریزی توریسم. تهران: انتشارات سمت.
- فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ حسن‌پور، سیروس؛ عزیزی، علی؛ ملکیان، آرش؛ علوی‌پناه، سیدکاظم (۱۳۹۲). بررسی و مقایسه کارایی روش‌های FAHP و GCA برای مکان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز غرب‌باگان). دانشگاه تهران، ۴۵ (۲ (۸۴)). صص ۷۶-۵۵.
- قدسی‌پور، سیدحسن (۱۳۸۵). مباحثی در تصمیم‌گیری چند متغیره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. چاپ سوم، تهران، صص ۲۲۰.

- Aşkın and Güzin, (2007). Comparison of AHP and fuzzy AHP for the multicriteria decision making processes with linguistic evaluations, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*.
- Buyukozkan and Gulcin, (2003). A fuzzy multi-criteria decision approach For software development strategy selection, *International Journal of General Systems*, 259-280.
- Chang et al, (2007). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, *Journal of Environmental Management*.
- Chou et al, (2008). A fuzzy multi- criteria decision model for international tourist hotels location selection, *International journal of hospitality management*, Vol.27, pp. 293- 301.
- Chu, Ta-Chung , (2002). Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach, *Int J Adv Manuf Technol*, 28, 839-844.
- Ebrahim et al, (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*.
- Esmali, Yashar, Ahmadi, Hasan, (2003). USING GIS & RS in movments zonation A case study in Germichay Watershed, Iran, hazard, Pages 1-5.
- Houshyar, Ehsan, SheikhDavoodie, Mohammad Javad, Almassi, Morteza, Bahrami, Hooshang, Azadi, Hossein, Omid, Mohsen, Sayyad, Gholamabbas, Witlox, Frank, (2014). Silage corn production in conventional and conservation tillage systems. Part I: Sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling, *Ecological Indicators*, Pages 102–114.
- Kheirkhah Zarkesh et al, (2011). Ecotourism Land Capability Evaluation Using Spatial Multi Criteria Evaluation, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Thechnology* 3(7) : 693-700, 2011.
- Kuo et al, (2002). A decision support system for locating convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network, *Computers in Industry*.
- Leung and Chao, (2000). On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 124, 102-113.
- Ngai, Chan, (2005). evolution of knowledge management tools using AHP, expert systems with applications.
- Ozer, Ibrahim, (2007). Multi-Criteria Group Decision Making Methods Using AHP and Integrated Web-Based Decision Support System”, M.Sc. Thesis, University of Ottawa, Canada.
- قدیری، محمودعلی (۱۳۸۱). کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری (کاربری زمین) در کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۱۷ تهران) پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- کریمی‌حسینی، محمود (۱۳۷۹). طراحی مدل AHP فازی و کاربرد آن در صنایع معدنی شیمیایی. پروژه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان، صص ۲۰۵-۱۷۷.
- کلانتری، محسن (۱۳۹۲). تعیین موقعیت مناطق اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی پس از زلزله با استفاده از فازی‌سازی متغیرها و روش‌های چندمعیاری در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر میبد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته سنجش از دور و GIS. دانشگاه علوم و تحقیقات یزد.
- گلی، علی؛ لعیا، الفت؛ فوکردی، رحیم (۱۳۸۹). مکان‌یابی دستگاه‌های خوپرداز با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: شعب بانک کشاورزی منطقه ۱۰ شهرداری تهران). جغرافیا و توسعه. شماره ۱۸. صص ۱۰۳-۹۳.
- محسنی، نصیر؛ اردشیر، عبدالله؛ بهزادیان، کوروش (۱۳۹۰). مکان‌یابی محل ساخت پل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی در GIS. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید. شماره ۱. جلد ۲۲. صص ۱۲-۱۰. <http://IJIEPM.just.ac.ir/>
- مرکز آمار ایران (۱۳۷۷). سرشماری عمومی و مسکن سال ۱۳۷۵، آمارنامه استان تهران
- مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳). پژوهش عملیاتی پیشرفته. فصلنامه اقتصاد شهر، انتشارات کتاب دانشگاهی. چاپ اول. تهران
- نوجوان، مهدی (۱۳۹۰). کاربرد الگوریتم‌های فازی در مکان‌یابی بهینه اسکان موقت (مطالعه موردی: منطقه یک شهر تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده محیط‌زیست. دانشگاه تهران.
- هادیانی، زهره؛ کاظمی‌زاد، شمس‌الله (۱۳۸۹). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS شهر قم. مجله جغرافیا و توسعه، دانشگاه اصفهان، شماره ۱۷. صص ۱۱۲-۹۹.
- هاشمی، مهدی؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر، (۱۳۸۹). ارزیابی پارامترهای مؤثر بر میزان آسیب‌پذیری از زلزله بر پایه منطق فازی (مطالعه موردی: تهران)، همایش ملی ژئوماتیک ۸، سازمان نقشه برداری کشور، صص ۹-۱.
- وانگ، لی (۱۳۷۸). سیستم‌های فازی و کنترل فازی. ترجمه تشنه‌لب، محمد؛ صفارپور، نیما؛ افیونی، داریوش. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

- Vafai, Freydoon, Hadipour, Vahid; Hadipour, Abouzar, (2014). Determination of shoreline sensitivity to oil spills by use of GIS and fuzzy model. Case study – The coastal areas of Caspian Sea in north of Iran, *Ocean & Coastal Management*, Pages 123–130.
- Yanar, Tahsin.Alp, Akyurek, Zuhul, (2006). The enhancement of the cell-based GIS analyses with fuzzy processing capabilities, *Information Sciences* 176, pp.1067–1085.
- Yanpirat, Patcharaporn, Panjarongkha, Voradaj, (2005). Decision Support Model for site selection of Wafer Fabrication Plant in Thailand: The MCDM Approach, paper 605. 01-07, Bangkok.
- Pan, Nang -Fei, (2008). Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method, *Automation in construction* 17, 958-965.
- Pavic, Ivan, Babic, Zoran, (1991). The use of the PROMETHEE method in the location choice of a production”, *Internat. J. Prod. Econom*, 23, 165-174.
- Saaty, Thomas, (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, Mc.Graw-Hill Inc, 24, 112- 142.
- Shaw, Gareth, wheeler, Dennis, (1985). *Statistical techniques in Geographical Analysis*, Dublin. Jhon wiely & Sons press.
- Sun- Jen Huang , Nan-Hsing Chiu, (2009). Applying fuzzy neural network to estimate software development effort. *Applied Intelligence*, 30(2), pp. 73–83.

