



"مقاله پژوهشی"

مکان‌یابی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از روش AHP و منطق فازی

آتیکه افضلی^۱ و علی سیرجانی^۲

۱- دانش‌آموخته دکترای مهندسی منابع طبیعی، آبخیزداری، (نویسنده مسؤول: afzali_atikeh@yahoo.com)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد نقشه برداری (GIS)، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۳

صفحه: ۲۸ تا ۴۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: امروزه استفاده از امکانات موجود در جوامع برای جلوگیری از انواع بحران‌های احتمالی و یا کاهش میزان خسارات واردہ الزامی هست. برای مقابله با این بحران‌ها ایجاد مرکز مدیریت بحران با اهدافی اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و مقابله با بحران، امدادرسانی به مناطق بحران‌زده، اسکان موقت حدائق دیدگان ضروری هست. یکی از چالش‌های اصلی ایجاد سازمان‌های مدیریت بحران، مکان‌یابی بهینه آن‌هاست، چراکه قرارگیری این مرکز در مکانی درست و مناسب باعث بالا رفتن کارایی آن‌ها می‌شود. این پژوهش با هدف مکان‌یابی مناطق بهینه احداث سایت‌های مدیریت بحران در شهر بابل انجام شده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، معیارهای مؤثر در مکان‌یابی شامل: شبیب، ارتفاع، فاصله از کاربری تجاری، درمانی، اداری، انتظامی، مذهبی، آموزشی، فاصله از راه و رودخانه، انتخاب گردیده و توسط کارشناسان به روش AHP وزن دهنده شده است. پس از همسان‌سازی کلیه لایه‌های اطلاعاتی، الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم‌های فازی با هدف یافتن مکان بهینه بر آن‌ها اعمال گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در پنهان‌بندی به روش ۱۶۸ هکتار مساحت معادل ۵/۵۶ AHP دارای نتیجه بهتری نسبت به دیگر عملگرها بوده است، در عملگر فوق، ۱۰۳ هکتار برابر با ۳/۴ درصد مساحت شهر مستعد برای ایجاد سایت مدیریت بحران در شهر بابل دارد و در روش فازی چهار عملگر AND، OR، GAMA، Product، AND، OR نتیجه بهتری نسبت به دیگر عملگرها بوده است، در عملگر فوق، خروجی مدل‌های طراحی شده با روش سلسله مراتبی و منطق فازی باهم متفاوت بوده است. دلیل این تفاوت در نظر گرفتن شرایط را برای ایجاد سایت مدیریت بحران در دخالت دادن وزن در مدل فازی و در نظر گرفتن لایه‌ها با وزن مختلف در مدل AHP بوده است. نتایج خروجی مدل AHP به دلیل دخالت دادن نظرات کارشناسی دقیق‌تر بوده چراکه با وزن دهنده معیارهای مختلف ترکیب شده است.

واژه‌های کلیدی: بابل، مخاطرات محیطی، مدیریت بحران، مکان‌یابی، منطق فازی، AHP، GIS

خط پذیری را کاهش می‌دهد و اجرا قواعد کاربری اراضی احتمال وقوع تخریب را کاهش می‌دهد (۲۴). با توجه به اصول مطرح شده و این نکته که شدت و ابعاد وقوع خوداً در مناطق شهری کشور بالاست، تقاضا برای ایجاد سایت‌های امداد و نجات نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه، با تعریف یک برنامه‌ی جامع مدیریت بحران در سطح هر شهر، می‌توان به این نکته پی برد که پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران همانند ارگان حیاتی در ساختار شهری نقشی اساسی ایفا می‌کنند. جدا از ضرورت وجودی این پایگاه‌ها، که بسیار مشهود است، نحوه‌ی جانمایی آن‌ها در سطح شهر و مقیاس‌های عملکردی آن‌ها موضوع کلیدی محسوب می‌شود و این امر تنها با داشتن دیدی جامع در مورد مکان‌یابی مناسب این سایتها امکان‌پذیر خواهد بود.

در خصوص محدوده مورد مطالعه (شهر بابل)، عوامل زیادی همچون فرونگینی مداوم چاله خزر جنوبی و پنهانه‌های جلگه‌ای و کوهپایه‌ای، تغییرات خطوط ساحلی دریا مازندران، گسل‌های که در محدوده مورد مطالعه وجود دارند و به صورت شرقی-غربی امتداد دارند و قله دماوند که به صورت نیمه فعال است، به طور کلی این منطقه و به خصوص شهر بابل را مستعد وقوع زلزله کرده است. خط گسلی بابل یا همان رویان بابل، دارای ۵۰ کیلومتر طول و حدود ۱۸ کیلومتر گسیختگی است. این عوامل خود سبب می‌شود که، وقوع زلزله با بزرگی $6/3$ در شهر بابل متحمل باشد (۵). با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت که مکان‌یابی بهینه سایت مدیریت با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی و استفاده از نظر کارشناسان

مقدمه

کشور ایران، جزء یکی از کشورهای حادثه‌خیز دنیا شناخته می‌شود. با توجه به آمارهای موجود، از ۴۰ نوع بلایای طبیعی که در جهان رخ می‌دهد، ۳۱ مورد آن در ایران به وقوع می‌پیوندد. وجود چنین تنوعی بالایی در مخاطرات طبیعی در کشور، ایران را در رده‌ی ده کشور نخست جهان در زمینه بلاخیزی قرار داده است. همین عامل موجب تلاش روزافزون جهت دستیابی علمی به راهکارهایی کارآمد جهت مقابله منطقی در کاهش ابعاد فاجعه‌ای می‌شود. در این راستا در جهت افزایش توان و همچنین تحقق اهداف مدیریت بحران در کوتاه‌ترین زمان ممکن، نیاز به مهیاکردن بستر عملیاتی مناسب با ساختاری منسجم تحت عنوان «پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران» ضروری است (۱).

شهرها، یکی از مهم‌ترین مرکزهای تجمع انسانی، به علت تنوع مخاطرات و همچنین در اکثر مواقع به دلیل نداشتن زیرساخت‌های مناسب و اختصاص دادن درصد بالایی از جمیعت به خود با خطرهای گستردگی مواجه هستند. در اکثر موارد آسیب‌پذیری‌های شهری در همه‌جا از زیرساخت‌ها حیاتی و سازه‌ها اصلی تا دستگاه‌های مخابرات، ترابری و خطوط انرژی به روشنی مشخص است اما به دلیل هزینه بسیار زیاد مقاومت‌سازی و چند سو بودن (از نظر اقتصادی و اجتماعی) مقاومت‌سازی امکان این امر وجود ندارد (۲).

نهیه‌ی برنامه‌های سنجش خط پذیری و استفاده از آن‌ها برای برنامه‌های شهرسازی و تصمیم‌گیری، محافظت از زیرساخت‌های حیاتی در کنار سرمایه‌گذاری که احتمال

احداث سایت دفن زباله معرفی کرده که دو محدوده در حیرم شهر کربلا و ۴ محدوده دیگر در اطراف منطقه مسکونی مجاورت دریاچه رازا قرار گرفته‌اند. در پایان نقطه‌ای که در محدوده جنوبی دریاچه قرار گرفته و دسترسی مناسبی به هر دو محدوده مسکونی دارد به عنوان بهترین نقطه شناسایی شده است.

مصطفایی و همکاران (۱۴)، با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز باراجین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان حاکی از تطابق کامل بین نقشه‌های طبقه‌بندی شده دو روش AHP و HEC-HMS و همبستگی معنی‌داری بین رتبه سیل خیزی حاصل از AHP و رتبه پیک سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله می‌باشد.

هانگ و شawa (۱۰)، در پژوهشی اقدام به مطالعه بر روی مکان‌یابی مراکز چندمنظوره‌ی مدیریت بحران با استفاده از مدل AHP نمودند. ایشان در این مطالعه چهار فاکتور اقتصادی، تکنیکی، اجتماعی و محیط طبیعی را عوامل مؤثر در فرآیند تصمیم‌گیری معرفی کردند و با پیش‌شرط، اولویت به حداقل رساندن زمان امدادسازی نسبت به حداقل کردن هزینه‌ها، اقدام به وزن دهی به گزینه‌ها به کمک روش AHP نموده‌اند و در نهایت نیز جنبه‌ی عملی و مؤثر بودن تکنیک پیشنهادی خود را با استفاده از خروجی‌های حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزار، به اثبات رسانده‌اند.

دونوسکا و همکاران (۷)، با بکارگیری معیارهای مختلف محیطی- اجتماعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به مکان‌یابی مناطق کم خطر به لحاظ مخاطرات طبیعی در منطقه پولوگ کشور مقدونیه مبادرت کردند، ایشان با استفاده از مدل فازی و AHP معیارها را وزن دهی و در نهایت نقشه منطقه را با مشخص نمودن مناطق کم خطر ارائه دادند. تریوودی و سینگ (۲۳)، در پژوهشی اقدام به مکان‌یابی پناهگاه زلزله در نیپال نمودند. در این پژوهش با استفاده از یک الگوریتم ترکیبی برای مدیریت کارآمد مکان پروژه‌های جابجایی با ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چند منظوره ترکیبی مبتنی بر فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) و همچنین تئوری مجموعه فازی و رویکرد برنامه‌نویسی اقدام شد. این مدل تلاش برای دستیابی به یک راه حل سازگار برای اهداف متعدد در پژوهه‌های احیای فاجعه که شامل تصمیمات مربوط به مکان‌های سرپناه است، می‌باشد. نتایج با در نظر گرفتن دو مطالعه موردي واقعی در مورد زلزله نیپال تأیید می‌شود.

مواد و روش‌ها

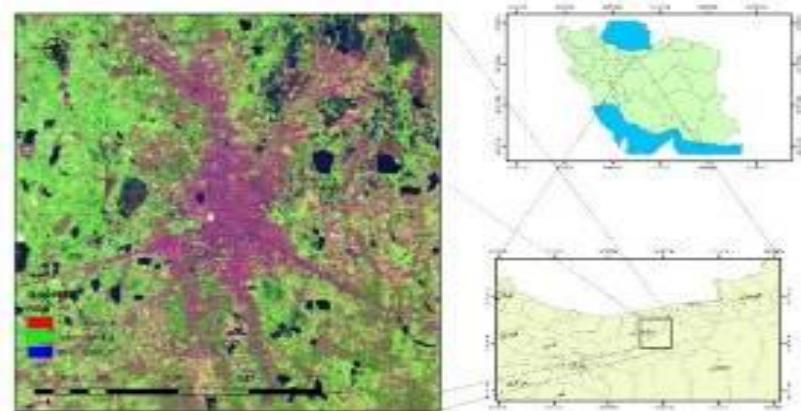
شهرستان بابل یکی از پرجمیعت ترین شهرستان‌های استان مازندران است و شهر بابل مرکز این شهرستان با جمعیت ۲۱۷، ۲۵۰ سومین شهر پرجمیعت استان مازندران است (۶). این شهر در مدارهای جغرافیایی طول شرقی "۲۰° ۴۴' ۵۲" و عرض شمالی "۳۶° ۳۴' ۱۰" واقع گردیده است. بابل از شرق به شهرستان قائم شهر و از غرب به شهرستان آمل و از شمال به شهرستان بابلسر و از جنوب به شهرستان دماوند (بخش فیروزکوه) منتهی می‌گردد (شکل ۱).

شخصی جهت امدادسازی احتمالی به بحران دیدگان در شهر بابل هدف و ضرورت این تحقیق است. ولی‌بیگی و همکاران (۲۵)، با بکارگیری تحلیل چند معیاره برای مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در شهرک باغمیشه، با استفاده از مدل AHP و تلفیق لایه‌ها در محیط GIS، سه محدوده اصلی برای ایجاد پایگاه پشتیبانی امداد و نجات که به مراکز جمعیتی و راه‌های اصلی نزدیک بوده و از مساحت لازم جهت ایجاد پایگاه امداد و نجات برخورداری بوده‌اند، را مشخص نمودند.

رحیمی و افساری‌بور (۱۶)، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جهت وزن دهی معیارها، همپوشانی شاخص (IO) جهت تلفیق لایه‌ها و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) الگوی مکان‌یابی بهینه پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران شهربابک را ارائه دادند. نتایج نشان داد، درصد از کل مساحت شهر شامل اراضی کاملاً نامطلوب، ۷/۴۱ درصد دارای مطلوبیت ضعیف، ۱۸/۶ درصد با کیفیت بی تفاوت، ۲۱/۲ درصد اراضی نسبتاً مطلوب و ۱/۶ درصد کاملاً مطلوب جهت احداث پایگاه مدیریت بحران بود است.

زنمقدم (۲۶)، در پژوهشی اقدام به بررسی مکان‌گزینی پایگاه‌های مدیریت بحران در سطح منطقه ۱۱ شهرداری تهران نمودند. پس از انتخاب معیارها و زیر معیارها مکان‌یابی با استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار Expert Choice، وزن و درجه اهمیت هر کدام از آن‌ها مشخص شد و در نهایت با استفاده از روش ترکیبی منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌گزینی پایگاه‌های مدیریت بحران و مکان‌های اولویت‌دار در سطح منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که، پایگاه‌های مدیریت بحران ویژه در منطقه ۱۱ به لحاظ مکان‌گزینی در سطح متوسطی قرار دارد.

اسدی و همکاران (۴)، در تعیین مناطق با پتانسیل آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش AHP در حوضه رودخانه جبله رود، با استفاده از هفت معیار متوسط بارندگی سالانه، تراکم آبراهه‌ها، تراکم گسل‌ها، لیتولوژی، ژئومورفو‌لولوژی، شیب زمین و کاربری اراضی بیان داشتند که از بین هفت معیار، مهم‌ترین آن‌ها، متوسط بارندگی سالانه (وزن ۰/۳۵۵) و کم اهمیت ترین معیار ژئومورفو‌لولوژی (وزن ۰/۰۵۹) می‌باشد. در مجموع ۴۸/۸۵ درصد حوضه پتانسیل متوسط رو به بالا دارد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، روش AHP، قابلیت مناسبی برای تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی در حوضه رودخانه جبله رود دارد. رافع و همکاران (۱۷، ۲۱) در ازبیابی مکان‌های دفن زباله در شهر کربلا به کمک تلفیق روش‌های AHP و TOPSIS، با هدف مکان‌یابی مناسب جهت دفن زباله‌های شهری شهر کربلا، با استفاده از GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، با در نظر گرفتن معیارهای از قبیل فاصله از جاده‌های دسترسی، نقشه شیب، کاربری اراضی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از دریاچه، عمق آب‌های زیرزمینی و فاصله از خطوط لوله انتقال انرژی، بهترین مکان‌های دفن زباله در اطراف شهر مشخص کنند. نتایج مطالعه، ۶ پهنه را مستعد



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Figure1. Study area

سیستم تصویر لایه‌ها چنانچه با هم متفاوت است، یکسان شود زیرا جهت انجام عملیات تجزیه و تحلیل، داده‌ها باید با یکدیگر هماهنگ باشند. بنابراین در محیط GIS عملیات آماده‌سازی و ویرایش داده‌ها و تبدیل آن‌ها به گونه‌ای که حاوی کلیه اطلاعات مورد نیاز برای کاربری مورد نظر باشد، انجام می‌گردد و ساختار مناسب جهت انجام تحلیل‌ها ایجاد می‌گردد (۳).

تهیه نقشه‌های فاکتور فازی

پس از شناسایی و آماده‌سازی کلیه معیارها شامل ارتفاع، شبی، جهت شبی، کاربری اداری (سازمان‌ها و ادارات)، کاربری آموزشی (مدارس و دانشگاه‌ها)، کاربری تجاري (مراکز تجاری)، کاربری درمانی (بیمارستان‌ها)، کاربری فرهنگی و مذهبی (مساجد)، کاربری گردشگری (پارک‌ها)، کاربری مسکونی، کاربری باقی، رودخانه، جاده و کاربری کشاورزی و عوامل مؤثر در مکان‌یابی پایگاه‌ها در این مرحله لازم است نقشه‌های فاکتور هر یک از لایه‌ها آماده شود. آماده‌سازی نقشه‌های معیار مشتمل بر دو مرحله پردازش و وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی است (۳).

در این مرحله وزن دهی هر یک از زیر معیارها (فاکتورها) براساس تأثیر نسبی که در تعیین موقعیت پایگاه‌ها دارد با استفاده از منطق فازی انجام می‌گیرد. در هر نقشه فاکتور فازی، ارزش هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود با درجات عضویت فازی حد وسط بین صفر تا یک نشان داده می‌شود. به منظور تهیه نقشه فاکتور فازی در این تحقیق، با تعریف توابع عضویت خطی و با توجه به اثر مثبت و یا منفی هر پارامتر و در نظر گرفتن معیارها و ضوابط ارائه شده، دستوراتی در نرم‌افزار GIS و با استفاده از ابزار Raster Calculator نوشته و اجرا می‌گردد.

در نهایت خروجی حاصل از هر مرحله، لایه رستری است که برای هر لایه اطلاعاتی براساس طبقه‌بندی و ضوابط تعریف شده، ارزش‌هایی بین صفر و یک در نظر گرفته است.

وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها (فاکتورها)

این مرحله از عملیات شامل وزن دهی به هر یک از معیارها و زیرمعیارهای (فاکتورها) مؤثر در مکان‌یابی پایگاه‌های مدیریت بحران می‌باشد.

در این تحقیق برای تحلیل پرسشنامه و وزن دهی به معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی سایت مدیریت بحران از نرم‌افزار Expert Choice و برای انتخاب مکان بهینه از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و عملگرهای این نرم‌افزار استفاده شده است.

متلب امکان عملیات محاسباتی و استفاده از الگوریتم‌ها را به کاربر می‌دهد و بسیار گسترده است به گونه‌ای که طراحی و کنترل سیگنال‌های تصویر و تجزیه و تحلیل را به خوبی محاسبه و پردازش می‌کند. گستردگی متلب زمانی مشخص می‌شود که با افزودن نوار ابزارهای مختلف، امکانات بیشتری به این برنامه اضافه می‌شود. این قابلیت باعث شده تا کاربران در تمام رشته‌ها و انواع زمینه‌های کاربردی بتوانند از این برنامه به راحتی استفاده کنند.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در واقع یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این فرآیند که برمبنای مقیاسات زوجی بنا شده است، قادر به دخالت گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری است و همچنین امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. از مزایای ممتاز این روش محاسبه نرخ سازگاری و ناسازگاری تصمیم‌گیری با روش عمده‌ای در برنامه‌های تصمیم‌گیری با اطلاعات دقیق استفاده می‌شود و مقیاس سیار نامتعادلی از قضایت ایجاد می‌کند. همچنین وجود عدم قطعیت در ارتباط با الگوبرداری از قضایت انسان، ماهیت طبیعی موجود در اکوسیستم را نشان نمی‌دهد (۱۳). با تلفیق روش‌های Fuzzy AHP و علاوه بر در نظر گرفتن مزیت‌های هر دو روش، مانند ارائه یک ساختار قابل درک، تصمیم‌گیری چند معیاره با مجموعه‌ای از داده‌های کمی و کیفی، وجود ساختار مرتبه‌ای و قابل فهم می‌توان معاایب فوق را رفع کرد (۲۰). همچنین برای غلبه بر این مشکلات، محققان از ادغام تئوری فازی با AHP برای بهبود عدم قطعیت استفاده کرده‌اند و برخی دیگر AHP را با دیگر روش‌های فازی از قبیل TOPSIS ادغام کرده‌اند (۱۳).

آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله اطلاعات گردآوری شده، جهت آنالیزهای مورد نیاز آماده‌سازی می‌شود. بدین ترتیب باید مقیاس و

نتایج و بحث

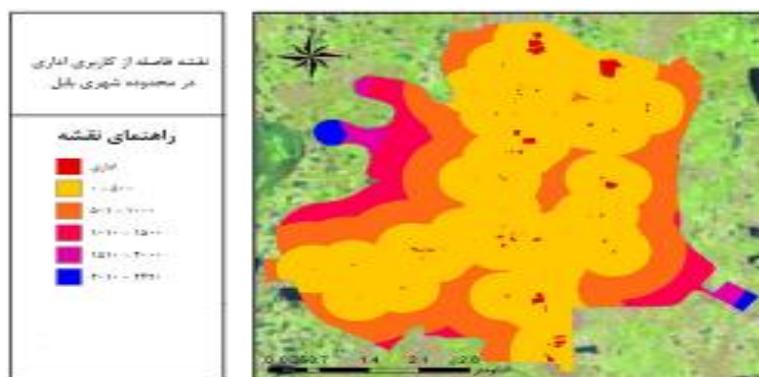
برای نیل به اهداف پژوهش، در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی تهیه و توسط کارشناسان وزن دهی شد. سپس با استفاده از مدل سلسله مراتبی و روش‌های مختلف فازی پهنه‌بندی مناطق مستعد برای سایت‌های مدیریت بحران مکان‌یابی گردید و سرانجام نتایج حاصله مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و منطقی که دارای بیشترین استعداد برای ایجاد سایت‌های مدیریت بحران می‌باشد، شناسایی گردید.

آماده سازی معیارهای اطلاعاتی

لایه فاصله از کاربری اداری

کاربری اداری به خاطر برخی ملاحظات و دسترسی ساکنین شهری اکثر در مناطق بافت اصلی شهر و در خیابان‌های اصلی واقع می‌شوند. پراکنش مکانی کاربری‌های اداری در شهر بابل نیز در راستای خیابان از شمال به جنوب و در بخش داخلی شهر دیده می‌شود (شکل ۲). لایه اطلاعاتی فاصله از کاربری اداری در محدوده شهر را با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۱).

وزن هر فاکتور نشان‌دهنده میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به دیگر فاکتورها در عملیات میدانی مکان‌یابی است. بنابراین انتخاب صحیح و آگاهانه وزن‌ها به تعیین مکان بهینه پایگاه‌ها کمک خواهد کرد (۳). بر این مبنای جداول ماتریسی از معیارها و زیر معیارها (فاکتورها) تهیه و این جداول توسط تعدادی از کارشناسان خبره سازمان مدیریت و پیشگیری از بحران تکمیل شد. از میان امتیازات ارائه شده توسط کارشناسان، نظر نهایی از طریق محاسبه میانگین بین امتیازات مختلف به دست آمد و وارد مرحله بعدی برای محاسبه گردید. در مرحله Expert Choice و ورود امتیازات، وزن‌های نهایی توسط سیستم محاسبه می‌شود. به دلیل انجام مقایسات زوجی در تشکیل ماتریس‌ها و کنار گذاشتن سایر پارامترها در هنگام مقایسه دو پارامتر، احتمال بروز ناسازگاری وجود دارد به همین دلیل نیز مقدار آستانه‌ای توسط تصمیم‌گیرنده برای آن تعیین می‌شود (۱). ساعتی عدد ۱/۰ را به عنوان حداقل ناسازگاری قبل قبول ارائه می‌دهد (۹). در این محاسبات نیز در شرایطی که شاخص ناسازگاری برای هر ماتریس، بیش ۱/۰ به دست آمده باشد، در قضاوت‌ها تجدید نظر شده و مجدداً عملیات فوق تکرار می‌شود.



شکل ۲- نقشه فاصله از کاربری اداری
Figure 2. Distance from office use map

جدول ۱- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری اداری

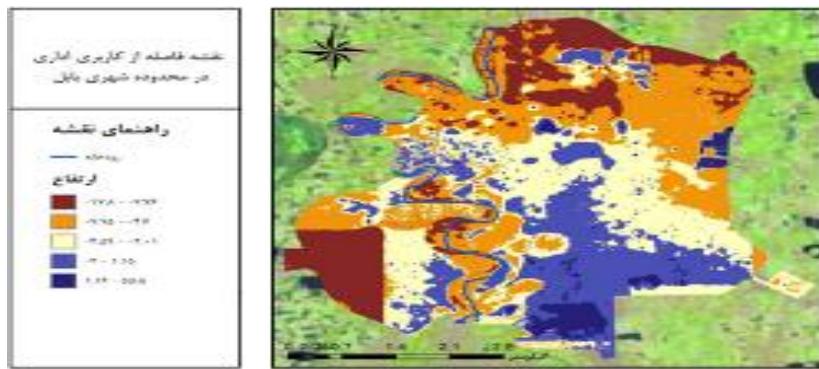
Table 1. Additional information of distance from office use

مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد	نام کلاس کاربری
۶۲/۷۶	۱۸۹۴/۶۴	۰-۵۰۰
۲۶/۸۵	۸۱۰/۵۵	۵۰۰-۱۰۰۰
۸/۰۷	۲۳۴/۸	۱۰۰۰-۱۵۰۰
۱/۵	۴۵/۷۵	۱۵۰۰-۲۰۰۰
۰/۹	۲۷/۱۹	۲۰۰۰-۲۴۲۰

لایه اطلاعاتی ارتفاع

با توجه به نقشه ارائه شده در شکل ۳، منطقه مطالعاتی دارای ارتفاع ۱۷/۸- تا ۵۵/۵ متر از سطح آبهای آزاد بوده

است، که برای بررسی بهتر در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد و اطلاعات تکمیلی آن در جدول شماره ۲ ارائه شده است.



شکل -۳- نقشه ارتفاع

Figure 3. Altitude map

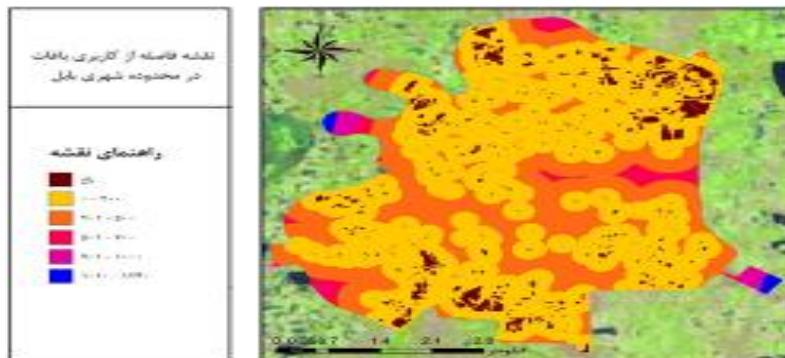
جدول ۲- اطلاعات تكميلی نقشه ارتفاع

Table 2. Additional information of the altitude map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
-۱۷/۸ - -۷/۷۶	۷۰۶/۱۷۲۵	۲۳/۳۹۳۷۹
- ۷/۷۵ - - ۴/۶	۸۹۹/۸۹۲۵	۲۹/۸۱۱۲۶
-۴/۵۹ - - ۲/۰۱	۶۵۳/۵۱۲۵	۲۱/۵۴۹۲۹
-۲/۰۱ - ۱/۱۶	۶۵۷/۰۷۵	۲۱/۷۶۷۳۱
۱/۱۶ - ۵۵/۵	۱۰۵/۳۲۷۵	۳/۴۸۹۲۴۶

گسترهای را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴). لایه فاصله از کاربری با غی محدوده شهر از آنجایی که منطقه مطالعاتی خوش آب و هوا بوده و بیشتر خانه‌های آن ویلایی بوده کاربری با غی در سطح شهر اقلیدسی در نرمافزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۳).

لایه فاصله از کاربری با غی محدوده شهر پراکش بالایی دارد (۱۵)، پراکش مکانی این کاربری در بخش‌های شمالی، شمال شرقی، و جنوبی شهر سطوح



شکل -۴- نقشه فاصله از کاربری با غی

Figure 4. Distance map of garden use

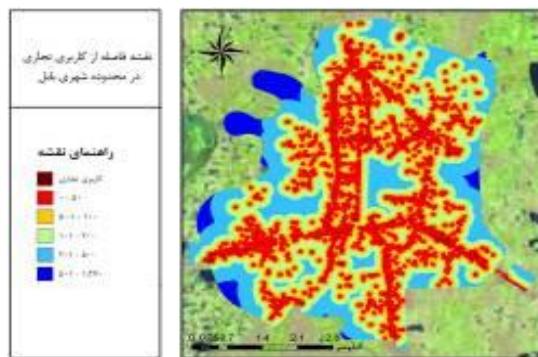
جدول ۳- اطلاعات تكميلی فاصله از کاربری با غی

Table 3. Additional information of Distance from garden use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۲۱۲۱/۴۲	۷۰/۲۷۷۵۲
۲۰۰ - ۵۰۰	۷۷۷/۹۴۵	۲۵/۷۷۱۴۴
۵۰۰ - ۷۰۰	۷۶/۸۸	۲/۵۴۶۸۴۹
۷۰۰ - ۱۰۰۰	۳۱/۸۱۷۵	۱/۵۴ - ۳۷
۱۰۰۰ - ۱۲۴۰	۱۳/۹۱۷۵	۰/۴۶۱ - ۵۳

لایه فاصله از کاربری تجاری با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرمافزار Arc GIS و در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۴).

لایه فاصله از کاربری تجاری پراکش مکانی کاربری تجاری در سطح یک شهر با میزان دسترسی ساکنین شهری ارتباط مستقیم دارد، این کاربری‌ها در راستای خیابان‌های اصلی و فرعی قرار می‌گیرد (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه فاصله از کاربری تجاری
Figure 5. Distance map from commercial use

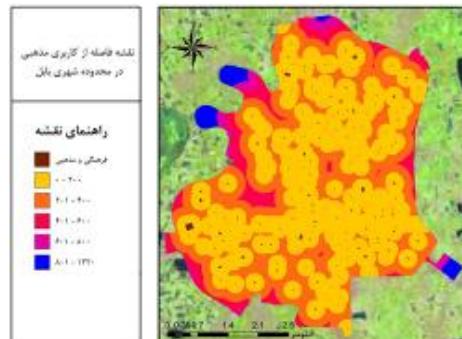
جدول ۴- اطلاعات تكميلی فاصله از کاربری تجاری

Table 4. Additional information of distance from commercial use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۵۰	۸۸۵/۴۲۲۵	۲۹/۳۳۱۹۱
۵۰ - ۱۰۰	۷۲۵/۸۷۵	۲۴/۲۰۴
۲۰۰ - ۲۰۰	۶۸۴/۴۷	۲۲/۶۷۴۸۴
۲۰۰ - ۵۰۰	۵۹۷/۶۵۵	۱۹/۷۹۸۷
۵۰۰ - ۱۳۷۰	۱۲۹/۳۴۵	۴/۲۸۴۸۷

بابل در نقشه ارائه شده در شکل ۶ نمایش داده شده، لایه فاصله از این کاربری نیز با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم افزار GIS Arc و در پنج کلاس تهیه شده است (جدول ۵).

لایه فاصله از کاربری فرهنگی مذهبی کاربری فرهنگی و مذهبی مانند مساجد، حسینیه ها، کتابخانه های عمومی و امام زاده ها در تمامی سطح شهر پراکنش دارند، حتی مناطق حاشیه شهری که تازه گسترش یافته است، پراکنش نقاط فرهنگی و مذهبی موجود در شهر



شکل ۶- نقشه فاصله از کاربری فرهنگی و مذهبی
Figure 6. Distance map of cultural and religious use

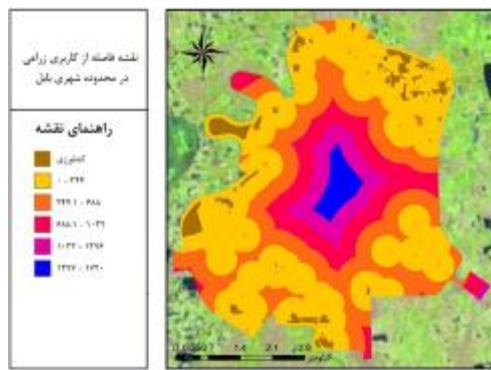
جدول ۵- اطلاعات تكميلی فاصله از کاربری فرهنگی و مذهبی

Table 5. Additional information of distance from cultural and religious use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۱۷۶۲/۶۸	۵۸/۳۹۳۳۳
۲۰۰ - ۴۰۰	۹۱۱/۹۸۲۵	۳۰/۲۱۱۷۸
۴۰۰ - ۶۰۰	۲۲۱/۲۹۵	۷/۳۳۰۹۶۹
۶۰۰ - ۸۰۰	۵۸/۳۹۵	۱/۹۳۴۴۸۵
۸۰۰ - ۱۳۷۰	۶۷/۶۲۷۵	۲/۲۴۰۳۳۶

برنج استفاده می شود (شکل ۷). لایه فاصله از این کاربری با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۶).

لایه فاصله از کاربری کشاورزی کاربری های کشاورزی اصولا در مناطق حاشیه ای شهر قرار دارد، در موارد کمی نیز زمین های ساخته نشده در مناطق نزدیک به حاشیه به صورت موقت برای کشت سبزی جات یا



شکل ۷- نقشه فاصله از کاربری کشاورزی
Figure 7. Distance from agricultural use map

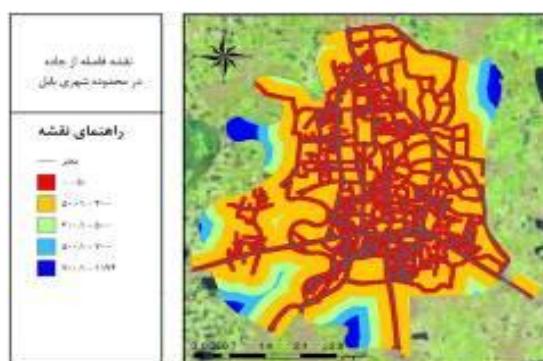
جدول ۶- اطلاعات تكمیلی فاصله از کاربری کشاورزی

Table 6. Additional information of distance from agricultural use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۳۴۴	۱۵۷۱/۱۲	۵۲/۴۷۴۱
۳۴۴ - ۶۸۸	۷۶۶/۴۹	۲۵/۳۹۱۹۶
۶۸۸ - ۱۰۳۲	۲۹۴/۲۵	۱۳/۵۲۳۵
۱۰۳۲ - ۱۳۷۶	۲۰.۸/۶۹۲۵	۶/۹۱۳۴۷۸
۱۳۷۶ - ۱۷۲۰	۸۱/۶۷۵	۲/۷۰.۵۶۹۵

فاصله اقلیدسی در نرم افزار Arc GIS، در ۵ کلاس تهیه شد
(جدول ۷).

لایه فاصله از کاربری جاده
کاربری های جاده ای میزان دسترسی های داخل شهر را نشان
می دهد (شکل ۸)، این لایه اطلاعاتی نیز با استفاده از دستور



شکل ۸- نقشه فاصله از کاربری جاده ای
Figure 8. Distance from road use map

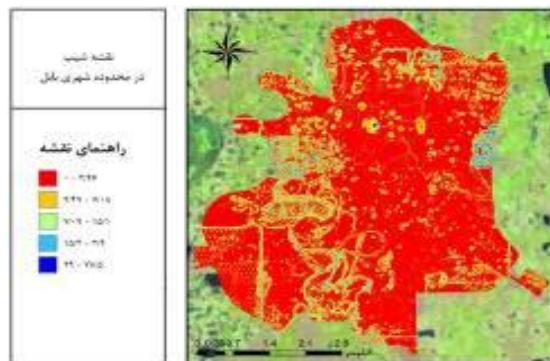
جدول ۷- اطلاعات تكمیلی فاصله از کاربری جاده ای

Table 7. Additional information of distance from road use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۵۰	۱۳۶۷/۵۶۵	۴۵/۳۰۴۱۲
۵۰ - ۳۰۰	۱۲۴۴/۴۲۳	۴۱/۲۲۴۷۱
۳۰۰ - ۵۰۰	۲۲۷/۶۳۵	۷/۵۴۰۹۹۷
۵۰۰ - ۷۰۰	۱۱۱/۵۹	۳/۵۹۶۷۰۷
۷۰۰ - ۱۱۹۴	۷۰/۷۶۷۵	۲/۳۴۴۳۵۶

استفاده از لایه DEM منطقه و در محیط نرم افزار Arc GIS،
در پنج کلاس تهیه شد (شکل ۹، جدول ۸).

لایه اطلاعاتی شبیه
شهر بابل در یک منطقه جلگه ای قرار دارد که شبیب تند در آن
خیلی کم و به ندرت دیده می شود، لایه اطلاعاتی شبیه با



شکل ۹- نقشه شیب (بر حسب درصد)
Figure 9. Slope map (in term of percentage)

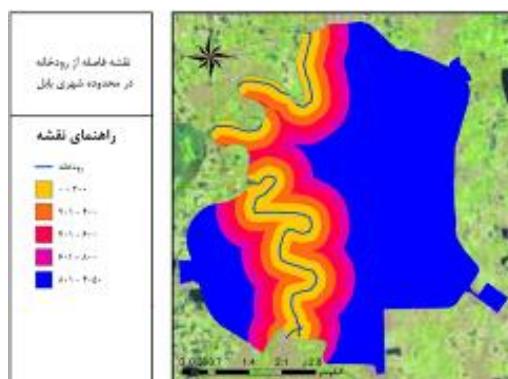
جدول ۸- اطلاعات تكمیلی نقشه درصد شیب

Table 8. Additional information of slope percentage map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲/۴%	۲۰۸۴/۷۲۵	۶۶/۰۶۹
۲/۴۶ - ۷/۰۸	۶۳۴/۷۴	۲۱/۰۲۷۴
۷/۰۹ - ۱۵/۱	۲۲۰/۰۵۵	۷/۲۸۹۸۹
۱۵/۲ - ۲۷/۹	۶۴/۸۷۲۵	۲/۱۴۹.۲۹
۲۹ - ۷۸/۵	۱۴/۲۴	۰/۴۷۱۷۳۷

(شکل ۱۰). برای تهیه لایه اطلاعاتی فاصله از رودخانه با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۹).

لایه فاصله از کاربری رودخانه رودخانه بابل رود که از بخش غربی شهر بابل می گذرد یک رودخانه دائمی است که در جنوب غربی و بخش هایی از شمال غربی و غرب بافت شهری را دو بخش کرده است



شکل ۱۰- نقشه فاصله از رودخانه
Figure 10. Distance of the river map

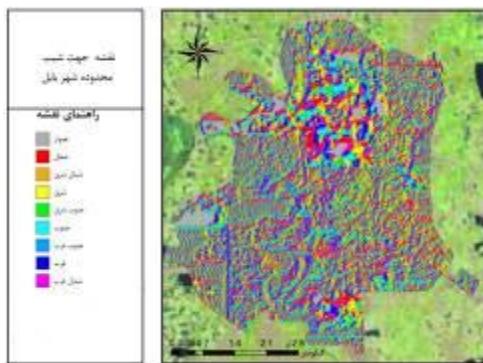
جدول ۹- اطلاعات تكمیلی نقشه فاصله از رودخانه

Table 9. Additional information of the distance of the river map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۳۹۹/۵	۱۳/۲۱۸.۷
۲۰۰ - ۶۰۰	۳۱۹/۹۰۲۵	۱۰/۵۷۶
۶۰۰ - ۸۰۰	۲۶۲/۵۵۵	۸/۶۹۷۸۱۳
۸۰۰ - ۱۲۰۰	۲۴۲/۳۵۲۵	۸/۲۸۵۵۳
۱۲۰۰ - ۱۶۰۰	۱۷۹۸/۱۶۵	۵۹/۵۶۸۶

جهت فرعی با مناطق هموار تهیه شد (شکل ۱۱، جدول ۱۰).

لایه جهت شیب لایه اطلاعاتی جهت شیب با استفاده از DEM منطقه و در محیط نرم افزار Arc GIS، در ۹ کلاس، ۴ جهت اصلی و ۴



شکل ۱۱- نقشه جهت شیب
Figure 11. Slope aspect map

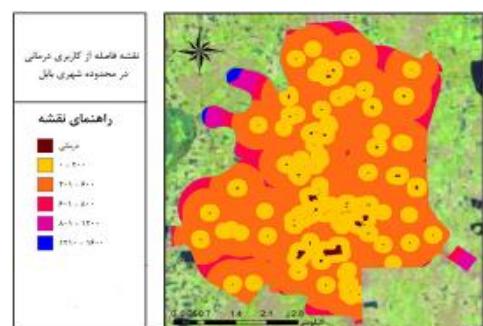
جدول ۱۰- اطلاعات تكميلي نقشه جهت شیب

Table 10. Additional information of the slope map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
هموار	۴۳۰/۶۶۵	۱۴/۲۶۶۸۹
شمال	۳۴۸/۶۸۷۵	۱۱/۵۵۱۱۷
شمال شرق	۳۲۹/۳۱	۱۰/۹۰۹۲۴
شرق	۳۰۵/۳۴۵	۱۰/۱۱۵۳۴
جنوب شرق	۳۰۰/۱۰۵	۹/۹۴۱۷۸۵۳
جنوب	۲۹۷/۷۴۷۵	۹/۸۶۳۶۵۵
جنوب غرب	۳۱۵/۷۲۵	۱۰/۴۶۴۴۵
غرب	۳۳۶/۴۱	۱۱/۱۴۴۴۵
شمال غرب	۳۵۴/۶	۱۱/۷۴۷۰۴

برای مراجعه کنندگان فراهم کنند. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد، و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۲، جدول ۱۱).

لایه فاصله از کاربری درمانی کاربری‌های درمانی یکی از مهم‌ترین کاربری‌های شهری محسوب می‌شود، که اصولاً به صورت متتمرکز در یک خیابان یا کوچه ساختمان‌ها را اشغال می‌کنند تا دسترسی آسانی را



شکل ۱۲- نقشه فاصله از کاربری درمانی
Figure 12. Distance map of therapeutic use

جدول ۱۱- اطلاعات تكميلي نقشه فاصله از کاربری درمانی

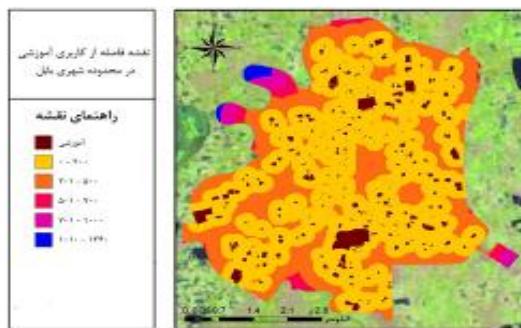
Table 11. Additional information of distance map of therapeutic use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۱۱/۴۳۲۵	۰/۳۷۸۷۳۱
۲۰۰ - ۶۰۰	۵۹/۹۶۵	۱/۹۸۶۴۹۶
۶۰۰ - ۸۰۰	۳۹۲/۳۹۵	۱۲/۹۹۹۱
۸۰۰ - ۱۲۰۰	۱۵۳۰/۴۵	۵۰/۶۶۶۹
۱۲۰۰ - ۱۶۰۰	۱۰۲۸/۱۴۳	۳۴/۵۹۸۸

شهری اصولاً دنبال نزدیک‌ترین مرکز آموزشی برای رفع نیازشان هستند. این کاربری‌ها عمدها دارای ساختمان‌های بزرگ و محوطه می‌باشند (شکل ۱۳). برای تهیه این لایه اطلاعاتی از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS

لایه فاصله از کاربری آموزشی کاربری‌های آموزشی باتوجه به نیاز ساکنین شهری جزو کاربری‌هایی هست که دارای پراکنش مکانی بالا در سطح شهر است تا بتواند خدمات مربوطه را ارائه دهد. ساکنین

استفاده شد، و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (جدول ۱۲).



شکل ۱۳- نقشه فاصله از کاربری آموزشی
Figure 13. Distance from educational use map

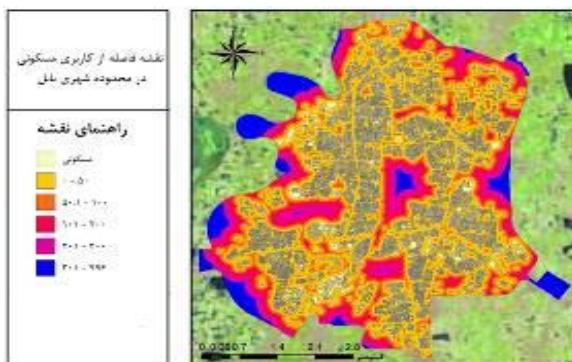
جدول ۱۲- اطلاعات تكمیلی نقشه فاصله از کاربری آموزشی

Table 12. Additional information of distance from educational use map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به هکتار
۰ - ۲۰۰	۶۹/۹۳۹۳۵	۲۱۱۰/۹۱	۰ - ۲۰۰
۲۰۰ - ۴۰۰	۲۵/۷۷۷۴۸	۷۷۸/۱۲۷۵	۲۰۰ - ۴۰۰
۴۰۰ - ۶۰۰	۱/۹۹۳۵۵	۶۰/۱۷۷۵	۴۰۰ - ۶۰۰
۶۰۰ - ۸۰۰	۱/۷۰۱۱۸۴	۵۱/۴۵۲۵	۶۰۰ - ۸۰۰
۸۰۰ - ۱۳۲۰	۰/۷۰۹۳۴۴	۲۱/۴۱۲۵	۸۰۰ - ۱۳۲۰

وابسته به کاربری مسکونی است. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد، و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۴، جدول ۱۴).

لایه فاصله از کاربری مسکونی
عمده‌ترین کاربری شهری کاربری مسکونی است، چرا که شهر چیزی جز تجمع گروه‌های انسانی برای زندگی در کنار هم نیست، به طوری که تمامی کاربری‌های دیگر شهری



شکل ۱۴- نقشه فاصله از کاربری مسکونی
Figure 14. Distance of residential use map

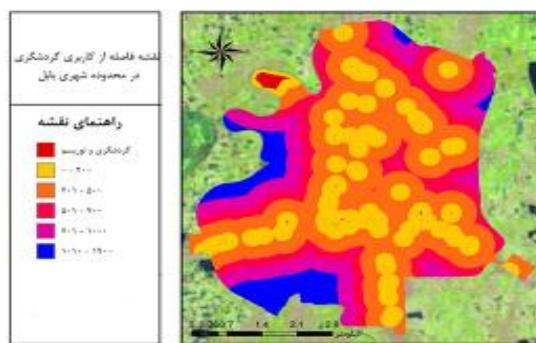
جدول ۱۳- اطلاعات تكمیلی نقشه فاصله از کاربری مسکونی

Table 13. Additional information of the distance from the Residential use map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به هکتار
۰ - ۵۰	۶۴/۷۰۳۹۷	۱۹۵۷/۱۷۵	۰ - ۵۰
۵۰ - ۱۰۰	۲۹/۸۳۷۸	۸۷۷/۹۳۷۵	۵۰ - ۱۰۰
۱۰۰ - ۲۰۰	۳/۹۸۹۸۰	۱۲۰/۴۳۷۵	۱۰۰ - ۲۰۰
۲۰۰ - ۳۰۰	۱/۳۳۶۶۵۹	۴۲/۱۶	۲۰۰ - ۳۰۰
۳۰۰ - ۹۹۶	۰/۹۳۶۶۸۲	۲۸/۲۷۵	۳۰۰ - ۹۹۶

مسافران مورد توجه قرار گرفته است. برای تهیه این اطلاعاتی فاصله از کاربری گردشگری از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۵، جدول ۱۵).

لایه فاصله از کاربری گردشگری
بکی از کارکردهای اصلی شهرهای شمال کشور، کارکردی گردشگری آن‌هاست، هر ساله گردشگران زیادی از بخش‌های مختلف کشور روانه این شهرها می‌شوند که در همین راستا گسترش کاربری‌های خدماتی، رفاهی و گردشگری برای



شکل ۱۵- نقشه فاصله از کاربری گردشگری
Figure 15. Distance map of tourism land use

جدول ۱۴- اطلاعات تكميلی نقشه فاصله از کاربری گردشگري

Table 14. Additional information of distance map of tourism land use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۲۱۰/۹۱	۶۹/۹۳۹۳۵
۲۰۰ - ۴۰۰	۷۷۸/۱۲۷۵	۲۵/۷۷۷۴۸
۴۰۰ - ۶۰۰	۶۰/۱۷۷۵	۱/۹۹۳۵۳۵
۶۰۰ - ۸۰۰	۵۱/۳۵۲۵	۱/۷۰۱۱۸۴
۸۰۰ - ۱۳۳۰	۲۱/۴۱۲۵	۰/۷۰۹۳۴۴

مقایيسات زوجي باهم دارند. با هدف افزایيش دقت حاصل از نتایج به دست آمده، اين مقایيسات با استفاده از نظرات کارشناسی و متخصصين در اين زمينه انجام گرفته است. سپس به منظور دخالت دادن تمامی نظرات کارشناسی و متخصصين، از كلیه نظرات ميانگين گرفته شد. در نهايit وزن های زوجي به دست آمده در نرمافزار Expert choice فراخوانی گردید، سپس مقدار وزن نهايی هر معيار طبق جدول شماره ۱۵ و شکل ۱۶ بدست آمده است جدول مذكور به بررسی مقاييس زوجي بين معيارهاي مورد استفاده در پژوهش می پردازد كه ارزش آن بين ۱ تا ۹ است. در اين مرحله بر اساس وزن های تعين شده نقشه نهايی پنهنه هایي مستعد جهت مکان‌یابی سایتهاي مدیریت بحران مشخص گردیده است.

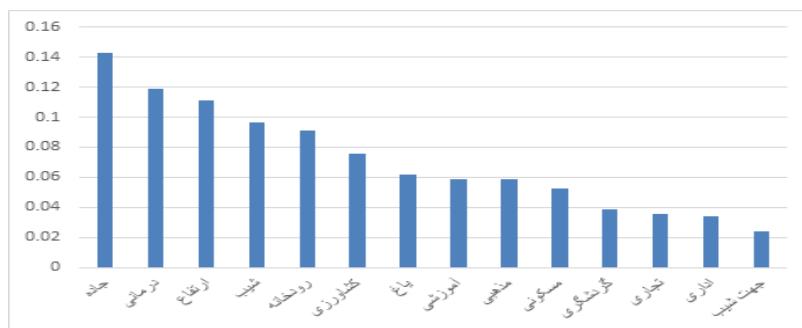
مدل تحليل سلسنه مراتبي

برای نيل به هدف تحليل سلسنه مراتبي نياز به وزن دهی لايهها بوده، تعداد ۲۵ پرسشنامه ای تهيه گردید و در اختيار کارکنان مدیریت بحران استان و شهرداری بابل قرار گرفت و با استفاده از روش ميانگين هندسي وزن هر يك لايهها بدست آمد. با توجه به وزن دهی انجام شده و اصول و فرائيند سلسنه مراتبي، در اين مرحله ماترييس مقاييس زوجي برای تمامی معيارهاي مؤثر در اين پژوهش تهيه شده است. عوامل مؤثر در مکان‌یابي سایتهاي مدیریت بحران عبارتند از لايههاي اطلاعاتي ارتفاع، شبب، جهت شبب، کاربری اداري، کاربری آموزشي، کاربری تجاري، کاربری درمانی، کاربری فرهنگي و مذهبی، کاربری گردشگري، کاربری مسكوني، کاربری باغي، رودخانه، جاده و کاربری کشاورزی، كه نياز به

جدول ۱۵- مقادير وزن نهايی معيارها جهت مکان‌یابي سایتهاي مدیریت بحران با استفاده از مدل AHP

Table 15. Final weight values of criteria for locating crisis management sites using AHP model

معيار	وزن
جاده	۰/۱۴۲۸۴۳
درمانی	۰/۱۱۸۶
ارتفاع	۰/۱۱۱۰۲
شبب	۰/۰۹۵۷۷
رودخانه	۰/۰۹۷۳۸
کشاورزی	۰/۰۷۵۷۸۹
باغ	۰/۰۶۱۹۷
آموزشي	۰/۰۵۸۹۸۶
مذهبی	۰/۰۵۸۴۵۶
مسكوني	۰/۰۵۲۵۵۵
گردشگري	۰/۰۳۸۵۱۶
تجاري	۰/۰۳۵۴۹
اداري	۰/۰۳۳۷۲۷
جهت شبب	۰/۰۲۴۳۷۱



شکل ۱۶ - نمودار وزن‌های نهایی معیارها در مدل AHP
Figure 16. Graph of final weights of criteria in AHP model

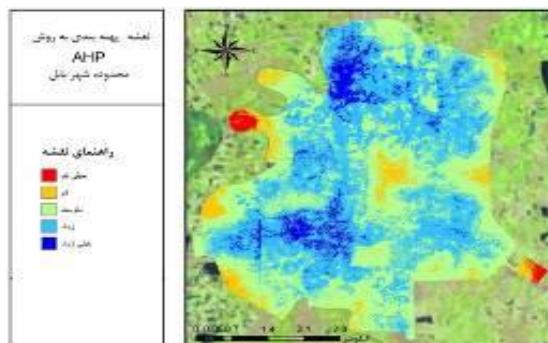
قول محسوب شود (۱۹ و ۱۸). ضریب ناسازگاری به دست آمده در پژوهش حاضر برابر با 0.08 بوده که نشان‌دهنده قابل قبول بودن اوزان محاسباتی بوده است.

تهیه نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از AHP

با توجه به نتیجه نهایی حاصل از مدل تحلیل سلسه مراتبی (AHP) آستانه ارزش سلول‌ها را برای درک بهتر و انتخاب مکان‌های مناسب برای ایجاد سایت‌های مدیریت بحران به ۵ طبقه تقسیم‌بندی گردید، که شامل مکان‌های سایت مدیریت بحران برای ایجاد به کلاس خیلی مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب بوده است (شکل ۱۷ و جدول ۱۶).

بررسی نرخ ناسازگاری

در این قسمت از پژوهش، اقدام به کنترل سازگاری وزن دهی تصمیم‌گیرندگان با توجه به روابط موجود و بررسی نتایج حاصله از آن بر روی ماتریس مقایسه، شده است. با توجه به این موضوع که سازگاری در مسائل تصمیم‌گیری دارای اهمیت بالایی است، بایستی با استفاده از روشی معتبر، سازگاری هر سیستمی را اندازه‌گیری و کنترل نمود. مدل AHP نیز از این قائد مستثنی نیست، با بررسی نرخ ناسازگاری در صورتی که مقدار آن از حد آستانه کمتر باشد نیازی به تجدیدنظر در قضاوت‌ها نبوده و وزن‌های محاسباتی به دست آمده بر روی معیارهای ورودی در محاسبات اعمال می‌گردد. در اینجا قابل ذکر است که مقدار نهایی به دست آمده برای نرخ ناسازگاری باید از 0.1 کمتر باشد تا نتیجه مورد



شکل ۱۷ - نقشه پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران به روش AHP
Figure 17. Crisis management site zoning map by AHP method

جدول ۱۶ - اطلاعات تکمیلی پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران به روش AHP

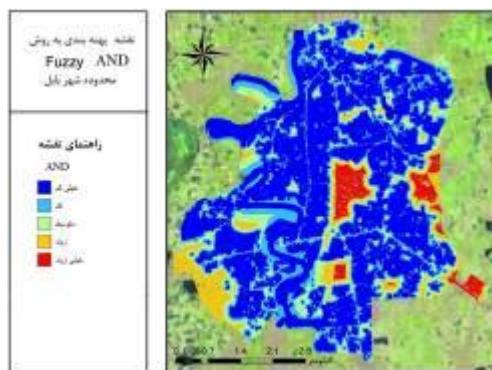
Table 16. Additional information on crisis management site zoning by AHP method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۵۵۱۸۱	۱۷۷/۹۵۲۵	۴/۵۷۰۰۳۳
کم	۳۴۱۵۹۲	۸۵۳/۹۸	۲۸/۲۹۰۰۹
متوسط	۴۴۱۰۶۲	۱۱۰/۲/۶۵۵	۳۶/۵۲۸۳
زیاد	۳۰۲۴۷۹	۷۵۶/۱۹۷۵	۲۵/۵۱
خیلی زیاد	۶۷۱۳۹	۱۶۷/۸۴۷۵	۵/۵۶۰۰۳۸۲

نقشه محافظه کارانه می‌باشد که از ورود وزن‌های بالای پیکسل‌ها در تهیه نقشه جلوگیری می‌کند. در این پژوهش از این عملگر در پهنه‌بندی مکان بهینه برای سایت‌های مدیریت بحران در شهر بابل استفاده شده است (شکل ۱۸ و جدول ۱۷).

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی AND

نحوه کار این عملگر به این صورت است که حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها یعنی روش ضرب را بر روی لایه‌ها اعمال کرده را در نقشه نهایی در نظر می‌گیرد که نتیجه آن ارائه یک



شکل ۱۸ - نقشه پهنه‌بندی فازی به روش AND
Figure 18. Fuzzy zoning map by AND method

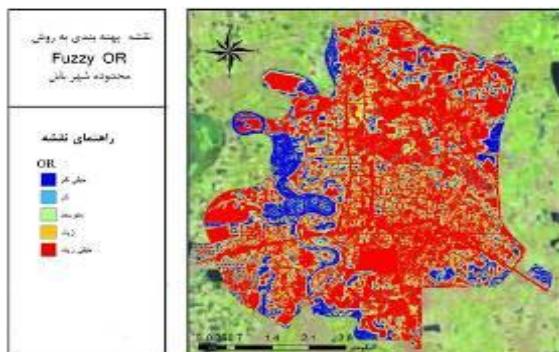
جدول ۱۷ - اطلاعات تكمیلی نقشه پهنه‌بندی فازی به روش AND

Table 17. Additional information on fuzzy zoning map by AND method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۶۹۹۰۷	۱۳۲/۲۶۸	۵۷/۳۸۵۸۴
کم	۲۶۰۶۱	۶۵۱/۵۲۷۵	۲۱/۵۸۳۵۳
متوسط	۱۲۷۵۶۹	۳۱۸/۹۲۲۵	۱۰/۵۶۵۱۳
زیاد	۸۵۰۰	۲۱۲/۵	۷/۰۳۹۶۱۱
خیلی زیاد	۴۱۳۶۶	۱۰۳/۴۱۵	۳/۴۲۵۸۹

نتیجه به دلیل نادیده گرفتن وزن‌های پایین پیکسل‌ها نتیجه نهایی یک نقشه بسیار خوش‌بینانه است (یک روش مقایسه ای است، در تحقیق استفاده شده است)، (شکل ۱۹ و جدول ۱۸).

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی OR نحوه کار این عملگر به این صورت است که از پیکسل‌های با ارزش بالا در تمام لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در مدل به عنوان مقدار عضویت در نقشه نهایی استفاده می‌کند. در



شکل ۱۹ - نقشه پهنه‌بندی فاری به روش OR
Figure 19. Fuzzy zoning map by OR method

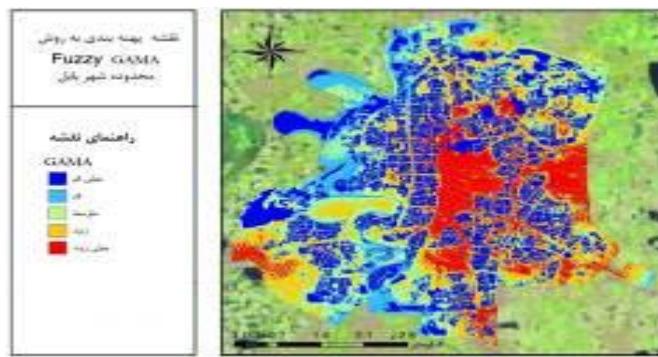
جدول ۱۸ - اطلاعات تكمیلی نقشه پهنه‌بندی فازی به روش OR

Table 18. Additional information on fuzzy zoning map by OR method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۴۶۱۵	۱۱/۵۲۷۵	۰/۳۸۲۲۰۹
کم	۱۹۰۹	۴۷/۷۲۵	۱/۵۸۱۰۱۴
متوسط	۷۴۵۲۸	۱۸۶/۳۲	۶/۱۷۲۲۳۱
زیاد	۲۲۴۸۴۵	۵۶۲/۱۱۲۵	۱۸/۶۲۱۴۳
خیلی زیاد	۸۸۲۳۷۵	۲۲۱۰/۹۲۸	۷۳/۲۴۳۰۲

پارامترهای کاهش و افزایش مقدار گاما را به طور همزمان تتفیق کرد. مقادیری دخالت داده شده در خروجی، حاصل سازگاری انعطاف‌پذیر بین گرایشات افزایش و کاهش در عملگر ضرب و جمع فازی است. (شکل ۲۰ و جدول ۱۶).

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی GAMA نحوه کار این عملگر حالت کلی عملگرهای ضرب و جمع است، طوری که با انتخاب صحیح مقدار گاما می‌توان



شکل ۲۰- نقشه پهنه‌بندی با روش فازی به روش GAMA
Figure 20. Fuzzy zoning map by GAMA method

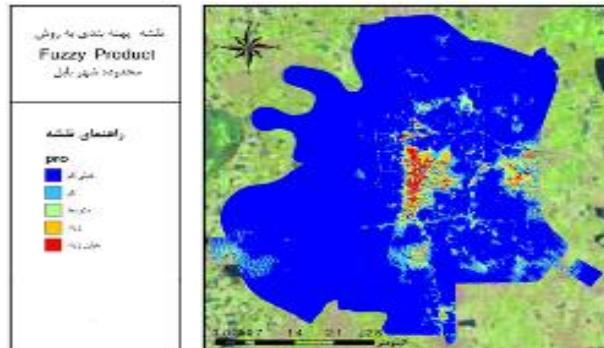
جدول ۱۹- اطلاعات تكمیلی نقشه پهنه‌بندی فازی به روش GAMA

Table 18. Additional information on fuzzy zoning map by GAMA method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکtar	مساحت به درصد
خیلی کم	۳۷۸۴۶۴	۹۴۶/۱۶	۳۱/۳۴۳۹۹
کم	۱۵۶۵۲۵	۳۹۱/۳۱۲۵	۱۲/۹۶۳۲۴
متوسط	۲۶۷۵۸۱	۶۶۸/۹۵۲۵	۲۲/۱۶۰۷۸
زیاد	۲۵۷۲۴۳	۶۴۳/۱۷۵	۲۱/۷۰۴۶
خیلی زیاد	۱۴۷۶۴۰	۳۶۹/۱	۱۲/۲۲۷۳۹

ضرب می‌کند. در واقع این عملگر موجب کاهش عضویت نهایی می‌گردد و نتیجه آن تعلق وزن بسیار کوچکی به هر موقعیت است که در صورت زیاد بودن لایه‌های اطلاعاتی ورودی مقدار آن به صفر میل می‌کند (شکل ۲۱ و جدول ۲۰).

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی Product به این صورت است که درجه نحوه کار این این عملگر به این صورت است که درجه عضویت یک موقعیت در لایه‌های اطلاعاتی مختلف را در هم



شکل ۲۱- نقشه پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران با روش فازی Product
Figure 21. Crisis management site zoning map with fuzzy Product method

جدول ۲۰- اطلاعات تكمیلی نقشه پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران با روش فازی Product

Table 20. Additional information of crisis management site zoning map with fuzzy Product method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکtar	مساحت به درصد
خیلی کم	۱۰۲۶۱۹۷	۲۵۶۵/۴۹۳	۸۴/۹۸۸۵۷
کم	۱۰۵۰۳۰	۲۵۲/۵۷۵	۸/۶۹۸۴۷۵
متوسط	۴۲۲۲۴	۱۰۵/۸۱	۳/۵۰۵۲۳
زیاد	۲۳۵۶۲	۵۸/۹۰۵	۱/۹۵۱۳۸
خیلی زیاد	۱۰۳۰	۲۵/۸۵	۰/۸۵۶۳۴۸

با توجه به وضعیت منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید. در مرحله بعدی، اقدام به آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی متعلق به هر یک از معیارها گردید. در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی که از منابع مختلف تهیه گردید، در محیط نرم‌افزار Arc View و Arc GIS با فرمت Shape file با پایگاه داده

نتایج و بحث

در این پژوهش برای نیل به مکان یابی بهینه سایت مدیریت بحران در شهرستان بابل، ابتدا با مطالعه تحقیقات داخلی و خارجی و همچنین با استفاده از نظرات کارشناسان مربوطه عوامل مؤثر در مکان یابی سایت‌های مدیریت بحران

متوسط نیز ۱۱۰۳ هکتار معادل ۳۶/۵ درصد از کل کاربری شهری را به خود اختصاص داده است. کلاس‌هایی با قابلیت کم و خیلی کم که مناطق بی‌اهمیت را نشان می‌دهد نیز جمماً ۹۹۲ هکتار معادل ۳۲/۹ درصد از کل کاربری شهری را پوشش داده است.

با استفاده از عملگرهای فازی نقشه‌های متفاوت و گوناگونی برای پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران تولید گردید (شکل ۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱). عملگرهای فازی این قابلیت را می‌دهد که به نتایج گوناگونی دست یافته و از میان آن‌ها بر حسب نیاز کارشناسان، شرایط حاکم بر شهر و مسائل موجود در آن بهره برد. عملگرهای فازی حدود استانه را مشخص می‌کنند اما به دلیل ارائه نتایج نامتعارف نتایج قبل قبول و درستی ارائه نداده‌اند. نتایج خروجی در مدل تحلیل سلسه مراتبی نتیجه ترکیب لایه‌های استاندارد شده توسط کارشناسان بوده است، از این رو کارشناسان توانایی کنترل نتیجه و خروجی مدل را دارند و همین اصلی‌ترین تفاوت آن با مدل عملگر فازی بوده است. به طوری که با تغییر دادن وزن‌ها نتایج خروجی مدل متفاوت می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت که برای مدیریت شهری و تصمیم‌گیری بهتر استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی به عنوان دقیق‌ترین روش توصیه می‌شود. در بررسی پژوهش دیگران، شجاع عراقی و همکاران (۲۲)، در پژوهشی به مکان‌یابی پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در منطقه ۶ شهرداری تهران پرداختند. اجتماع AND و اشتراک OR بهترین روش برای پهنه‌بندی دانسته‌اند در حالی که پهنه‌بندی بابل بهترین روش AND بوده است (براساس مقایسه جدول ۱۶ و ۱۷ با جداول ۱۸، ۱۹ و ۲۰ و OR نتیجه نامطلوب داشته است. ولی‌بیگی و همکاران، ۲۵)، در مطالعه خود تحت عنوان به کارگیری تحلیل چند معیار برای مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در شهرک با غمیشه تبریز بیان نمودند مهمترین معیار را در پهنه‌بندی تزدیکی به راه دانسته‌اند. در راستای پژوهش ما فاصله از جاده، فاصله از کاربری درمانی و ارتفاع بیشترین تاثیر را داشته است.

تقدیر و تشکر

از زحمات جناب آفای مهندس غلام نیا که در انجام مراحل تحقیق ما را یاری رساندند، کمال قدردانی و تشکر را داریم.

خود ذخیره گردید و لایه‌های اطلاعاتی هر کدام برای استفاده در مکان‌یابی پهنه‌های بهینه تهیه گردید و ارزش منطقه مطالعاتی ازنظر تمامی معیارها به صورت کمی و واحد یکسان (مقادیر بین ۰ تا ۱) مشخص شد، سپس با استفاده از منطق فازی اقدام به ارزش‌گذاری معیارها گردید.

سیستم‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر منطق فازی از انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری برخوردار بوده و نتایج بهتری را برای تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌دهد (۱۲). در اینجا با استفاده از توابع عضویت فازی که دستورات آن‌ها در نرم‌افزار GIS موجود است، منطقه مطالعاتی در تمامی لایه‌های اطلاعاتی موجود بین ۰ تا ۱ ارزش‌گذاری شده است.

با استفاده از نظرسنجی کارشناسان و متخصصین مشخص شده که هر معیار (لایه‌های مورد استفاده) در مکان‌یابی سایت‌های مدیریت بحران تأثیر متفاوتی خواهد داشت و با توجه به میزان تأثیر هر کدام باید وزن دهی گردد. در این مرحله با استفاده از مدل AHP وزن دهی معیارها در قالب مقایسات زوجی و با استفاده از نظرسنجی کارشناسی انجام گرفت. این مدل به دلایلی چون کاربر مینا بودن، استفاده از نظر کارشناسی، بکارگیری هر تعداد معیار در روند کار، سادگی و دقت بالا، توانایی مدل کردن معیارهای کمی و کیفی و توانایی در بررسی سازگاری در قضاوت‌ها، جزء یکی از کاربردی‌ترین و معتبرترین مدل وزن‌دهی شناخته شده است (۱۲). در این پژوهش نیز وزن‌دهی معیارها با استفاده از این روش و در فضای نرم‌افزاری Expert choice انجام شد، در بین معیارهای مورد استفاده در پژوهش معیارهای فاصله از جاده، فاصله از کاربری درمانی و ارتفاع به ترتیب با وزن‌ها ۰/۱۴۳، ۰/۱۲ و ۰/۱۱ و بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و کمترین وزن‌ها متعلق به معیارهای فاصله از کاربری تجاری، فاصله از کاربری اداری و جهت شبیه هر کدام به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۳۴، ۰/۰۳۵۴ و ۰/۰۴۴ بوده است.

با توجه به نقشه ۱۷ نتیجه نهایی و نقشه خروجی حاصل از مدل تحلیل سلسه مراتبی آستانه ارزش سلول‌ها در ۵ طبقه تقسیم‌بندی گردید (جدول ۱۶)، که شامل مکان‌های با قابلیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم بوده است. کلاس با قابلیت خیلی زیاد ۱۶۸ هکتار مساحت معادل ۵/۵ درصد کل مساحت شهری را به خود اختصاص داده است، کلاس با قابلیت زیاد با مساحتی بالغ بر ۷۵۶ هکتار معادل ۲۵ درصد از مساحت شهری را پوشش داده است و کلاس با قابلیت

منابع

1. Aghamiri, R. and M. Yazdanian. 2009. Comprehensive knowledge of urban development areas: (from Mashhad to Babolsar). Publisher of the Islamic Council of Babolsar Municipality, (In Persian).
2. Aminzadeh, B. and Z. Adeli. 2014. Assessing the vulnerability of urban tissues in the event of an earthquake crisis (Case study: Qazvin city areas). City Identity Journal, 8(20): 5-16 (In Persian).
3. Amiri, F. and J. Abedi Kopaei. 2005. Selection of the most appropriate frequency distribution for predicting maximum instantaneous discharge using AHP method. Third National Conference on Erosion and Sediment, Tehran (In Persian).
4. Asadi Nilvan, O., A. Sadodin, Gh. Karami and V. Sheikh. 2020. Identification of Groundwater Potential Zones using Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case Study: Hable-rud River Basin-Iran). Journal of Watershed Management Research, 11(21): 36-47 (In Persian).

5. Babagey, N. 2015. Factors Affecting the Growth of Physical Structure of Medium-Sized Cities in Iran (Case Study: Babol). M.Sc. Thesis, Payame Noor University of South Tehran, Iran (In Persian).
6. Barzegar, S., A. Sheykhanzami and R. Yazarloo. 2018. Analysis and study of urban hierarchy model in Mazandaran province. *Regional Planning Quarterly*, 8(30): 77-88 (In Persian).
7. Donevska, K., R. Gorsevski, P.V. Jovanovski and I. Peševski. 2012. Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. *Environmental Earth Sciences*, 67(1): 121-131.
8. Ghodspour, H. 2000. Analytic Hierarchy Process (AHP). 1ndedn., Amir Kabir University of Technology, 222 pp (In Persian).
9. Habibi, K. and S. Nazari Abdoil. 2007. Implementation of Hierarchical Analysis Algorithm in GIS Environment for Optimal Location of Urban Public Spaces (Case Study: Sports Spaces in Tehran's Sixth District). Geomatics Conference, National Surveying Organization, Tehran, Iran (In Persian).
10. Hong, L. and Z. Xiaohua. 2011. Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP. *Procedia Engineering*, 15: 2128- 2132.
11. Mehdipour, F., F. Mesgari and M. Saadi. 2007. Pattern for location based on multi-criteria decision methods in GIS. Geomatics Conference, Geological Survey and Mineral Exploration Organization, Tehran, Iran, 86-90 pp (In Persian).
12. Mohammadi, D., H. Jalali and B. Saedi. 2016. Landslide Hazard Zoning Using Fuzzy Hierarchical Analysis with Emphasis on Slope Shape Factors (Case Study: Kamyaran County). *Journal: Geography and Development*, 43: 191-209 (In Persian).
13. Mohammadi, P. and A. Amid. 2010. Integrated fuzzy VIKOR and fuzzy AHP model for supplier selection in an agile and modular virtual enterprise application of FMCDM on service companies. *The Journal of Mathematics and Computer Science*, 4(1): 413-434.
14. Mosaffaei, J., M. Kamali, A. Salehpour Jam, K. Shahedi, K. Soleimani and A. Gomrokchi. 2020. Evaluation the Efficiency of AHP Model in Prioritizing of Barajin Sub Watersheds from Flood Potential Viewpoint. *Journal of Watershed Management Research*, 11(21): 48-58 (In Persian).
15. Nasiri Hendkhaleh, A., M. Hosseini Far and A. Ahmadi. 2016. The Impact of Migration on Urban Development Using SWOT Model, Case Study: Babol. *Bi-Quarterly Journal of Urban Ecology Research*, 2(14): 55- 66 (In Persian).
16. Rahimi, M. and N. Afsharmanesh. 2019. Locating crisis management support bases using AHP and GIS techniques; (Case study: Shahrbabak). *Journal of Natural Environment Hazards*, 16 (2): 88-65 (In Persian).
17. Rafe Abdolhadi Semisem, S., R. Shad, H. Etemadfar and M. Ghaemi. 2020. Evaluation of landfills in the city of Karbala using a combination of AHP and TOPSIS methods. 10th National Conference on Environment, Energy and Sustainable Natural Resources.Tehran (In Persian).
18. Saaty, T.L. 1990. An Exposition of the AHP in Reply to the Paper "Remarks on the Ana-lytic Hierarchy Process", *Management Science*, 36(3): 259-268 pp.
19. Saaty, T.L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, 48(15): 9- 26.
20. Salari, M., H. Moazed and F. Radmanesh. 2012. Location of municipal waste landfill using AHP_FUZZY model in GIS environment (Case study: Shiraz). *Toloo Behdasht*, 11(1): 96-109 (In Persian).
21. Shad, R., H. Mesgari and E. Vafaeenezhad. 2009. Design and implementation of applied GIS for locating industrial estates using fuzzy models. Faculty of Engineering, University of Tehran. 43(4): 417-429 pp (In Persian).
22. Shoja Iraqi, M., S. Tavalaii and P. Ziaeian. 2011. Optimal location of crisis management support with using GIS. *Quarterly Journal of Regional Urban Studies and Research*, 3(10): 41-60 (In Persian).
23. Trivedi, A. and A. Singh. 2017. A hybrid multi-objective decision model for emergency shelter location-relocation projects using fuzzy analytic hierarchy process and goal programming approach. *International Journal of Project Management*, 35(5): 827-840.
24. UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction).2012. How to Make Cities More Resilient: A Handbook for Local Government Leaders: A Contribution to the Global Campaign, Making Cities Resilient-My City is Getting Ready! UNISDR.
25. Valibigi, M., M. Saleki and M. Qasemi. 2016. Applying Multi-Criteria Analysis for Optimal Location of Crisis Management Support Bases (Case Study: Baghmisheh Town, Tabriz). *Quarterly Journal of Crisis Prevention and Management Knowledge*. 6(2): 108-119 (In Persian).
26. Zand Moghaddam, M. 2019. Investigating the location of crisis management bases in District 11 of Tehran Municipality. *Quarterly Journal of New Attitudes in Human Geography*, 10(4): 314-295 (In Persian).

Site Selection of Crisis Management Bases using AHP Method and Fuzzy Logic

Atikeh Afzali¹ and Ali Sirjani²

1- Graduate of PhD in Natural Resources Engineering, Watershed Management,
(Corresponding Author: afzali_atikeh@yahoo.com)

2- Graduate M.Sc. of Surveying (GIS), Arian Institute of Higher Education, Science and Technology
Received: 13 February, 2021 Accepted: 14 August 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Nowadays, it is necessary to use the facilities available in the communities to prevent all kinds of possible crises or to reduce the amount of damage. To deal with these crises, it is necessary to establish crisis management centers with the aim of carrying out preventive measures, crisis preparedness and response, providing relief to crisis areas, and temporary accommodation of victims. This study was conducted with the aim of locating the optimal areas for the construction of crisis management sites in the city of Babol.

Material and Methods: In this study, effective criteria include of slope, slope direction, altitude, distance from commercial, medical, administrative, disciplinary, religious, educational use, distance from road and river in the location have been selected and weighted by experts with AHP method. After synchronizing all information layers, hierarchical analysis algorithms and fuzzy algorithms were applied to them in order to find the optimal location.

Results: The results showed that, in AHP zoning, an area of 168 hectares, equivalent to 5.56 percent, has the best conditions for creating a crisis management site in the city of Babol. In fuzzy method, four operators in cloud of GAMA, Product, AND, OR were used. The AND operator had a better result than the other operators. In the operator, 103 hectares' area of the city equals 3.4 percent, is prone to creating a crisis management site.

Conclusion: The output of the models designed by the hierarchical method and fuzzy logic were different. The reason for this difference was considering the criteria with the same weight in the fuzzy model and considering the layers with different weights in the AHP model. The output results of the AHP model, which was a combination of standardized information layers using the opinions of experts, were more accurate due to the involvement of expert opinions.

Keywords: AHP, Babol, Crisis Management, Environmental hazards, Fuzzy Logic, GIS, Location