

بررسی معیارهای مختلف جهت تعیین پهنه‌های مستعد دفن پسماند با مدل‌های AHP و AHP Fuzzy با عملگرهای Sum و Gama در شهرستان اوز، استان فارس

مریم انصاری^{۱*}، محمدرضا جمالی^۲

۱- دانش‌آموخته دکتری مخاطرات ژئومورفولوژیک و کارشناس پایش اداره حفاظت محیط زیست شهرستان اوز، فارس، ایران

ansarimaryam149@gmail.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد میکروبیولوژی و رئیس اداره حفاظت محیط زیست شهرستان اوز، فارس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۸

چکیده

در سال‌های اخیر افزایش سریع جمعیت، توسعه اقتصادی و فنی همراه با تغییر الگوی مصرف، منجر به تولید حجم عظیمی از زباله در مناطق شهری و روستایی و به تبع این امر، باعث ایجاد بحران جدی در جوامع بشری شده است. بنابراین، محل دفن زباله‌های بهداشتی باید جنبه‌های مختلف زیست محیطی، اجتماعی، فنی و اقتصادی را در نظر بگیرد تا اثرات بالقوه ذکر شده را به حداقل برساند. براین اساس در سطح دنیا تکنیک‌های مختلفی جهت مکان‌یابی دفن پسماند گسترش پیدا کرده است، بنابراین در پژوهش حاضر با توجه به تکنیک‌ها و روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین و با توجه به ماهیت پدیده‌های طبیعی در مکان‌یابی دفن زباله سعی بر این است که مکان‌های مناسب جهت دفن پسماند در شهرستان اوز در جنوب استان فارس با مقایسه روش‌های AHP و AHP Fuzzy با استفاده از ۱۴ معیار شیب‌زمین، ارتفاع، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از معدن، فاصله از آثار باستانی، سطح آب زیرزمینی، سرعت و جهت باد مشخص شوند. نتایج تحقیق نشان داد که از بین سه مدل AHP، AHP Fuzzy با عملگر جمعی و AHP Fuzzy با عملگر گاما، بهترین روش AHP Fuzzy با عملگر جمعی می‌باشد. بر اساس این مدل، اراضی کاملاً نامناسب بیشتر در قسمت شمال، شمال‌غرب و جنوب‌شرق قابل مشاهده هستند و به تبع آن اراضی نامناسب نیز در اطراف کلاس اول (کاملاً نامناسب) پراکنده شده‌اند.

کلید واژه: مکان‌یابی، محل دفن پسماند، AHP Fuzzy، شهرستان اوز

مقدمه

در سال‌های اخیر افزایش سریع جمعیت، توسعه اقتصادی و فنی همراه با تغییر الگوی مصرف، منجر به تولید حجم عظیمی از زباله در مناطق شهری و روستایی و به تبع این امر، باعث ایجاد بحران جدی در جوامع بشری شده است (عناستانی و جوانشیری، ۱۳۹۲: ۱۰۴) که بخشی از این زباله‌ها برای محیط زیست و منابع طبیعی خطرناک تلقی می‌شوند و این مشکلی است که بسیاری از کشورها با آن مواجه هستند؛ اما در کشورهای در حال توسعه که ۸۰ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهند، بحرانی‌تر است (فایتا پینهیرو^۱ و همکاران، ۲۰۲۱: ۴۲۰).

بنابراین انجام مدیریت و برنامه‌ریزی برای سامان‌دهی پسماندهای شهری که زیر مجموعه مدیریت شهری محسوب می‌گردد، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. بررسی وضع موجود مدیریت پسماندها، بر لزوم برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح در این زمینه تأکید می‌نماید و مدیران شهری به دنبال یافتن راه حل‌های بهینه برای اصلاح امور و مشکلات موجود مدیریت شهری از جمله مدیریت پسماندهای شهری هستند (بیک‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۵).

از طرفی دیگر در زمینه زباله‌های روستایی مدیریت منسجمی وجود ندارد و زباله‌های روستایی (که زمانی ترکیبات آن‌ها به‌طور عمده طبیعی بود و به سرعت تجزیه و جذب محیط می‌شد) تبدیل به زباله‌های غیر قابل تجزیه با دوره ماندگاری طولانی شده و برای مدت زمانی نسبتاً طولانی در محیط روستا باقی مانده و چهره‌ای زشت به روستاها داده و انواع آلودگی‌های هوا، آب و خاک را به دنبال دارد. این موضوع به نوبه خود اهمیت مدیریت زباله‌های روستایی را برای حفظ منابع طبیعی مطرح کرده است (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۴).

براساس آمار جهانی نرخ تولید زباله جامد افزایش یافته است که ردپایی معادل ۰.۷۵ کیلوگرم در هر نفر در روز در سال ۲۰۱۶ را تشکیل می‌دهد که با رشد سریع جمعیت و شهرنشینی، انتظار می‌رود تولید سالانه زباله جامد از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۵۰، ۷۰ درصد افزایش یابد (آصفا^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۱). علاوه بر این خطراتی مانند آلودگی خاک و آب، حوادث آتش سوزی، خطر انتقال بیماری و انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به مکان‌های دفع نامناسب پسماندها در مطالعات مختلف ذکر شده است (الخطیب^۳ و همکاران، ۲۰۰۷؛ بانرجی^۴ و همکاران، ۲۰۱۳؛ آصف^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، محل دفن زباله‌های بهداشتی باید جنبه‌های مختلف زیست محیطی، اجتماعی، فنی و اقتصادی را در نظر بگیرد تا اثرات بالقوه ذکر شده را به حداقل برساند.

در سطح دنیا تکنیک‌های مختلفی جهت مکان‌یابی دفن پسماند گسترش پیدا کرده است. برخی از پژوهشگران از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) (علی زاده^۶ و همکاران، ۲۰۱۳؛ زرین^۷ و همکاران، ۲۰۲۱؛ بالیست^۸ و همکاران، ۲۰۲۱؛ پورامرایی و همکاران، ۱۳۹۹) و برخی از تحلیل خوشه‌ای فضایی (SCA) (جیبانیه^۹ و همکاران، ۲۰۱۳) استفاده کرده‌اند. استفاده ترکیبی از MCDA (تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره)

1. Faia-Pinheiro

2. Asefa

3. Al-Khatib

4. Banerjee

5. Asif

6. Ali Zadeh

7. Zarin

8. Balist

9. Gbanie

و روش شناسی GIS (رضایی سبزواری^۱ و همکاران، ۲۰۲۰؛ عربیات^۲ و همکاران، ۲۰۲۴) و تکنیک‌های همپوشانی نقشه دیجیتالی GIS (واتالیس و مانولیادیس^۳، ۲۰۰۲) نیز روش‌هایی است که مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

از دیگر روش‌های مکان‌یابی روش AHP می‌باشد که یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره است، این تکنیک توسط ساعتی^۴ توسعه یافته است و به طور گسترده‌ای برای یکسان‌سازی چندین معیار در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده می‌شود (آصفا و همکاران، ۲۰۲۱: ۱). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را براساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن می‌پردازد (تیموری^۵ و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۱۶). در واقع اساس این روش مبتنی بر مقایسات زوجی یا دو به دویی معیارهای تصمیم‌گیری است (صمدی و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۱۴).

این روش عمدتاً در برنامه‌های تصمیم‌گیری با اطلاعات دقیق استفاده می‌شود و مقیاس بسیار نامتعادلی از قضاوت ایجاد می‌کند. همچنین عدم قطعیت در ارتباط با الگوبرداری از قضاوت انسان، ماهیت طبیعی موجود در اکوسیستم را نشان نمی‌دهد. بنابراین با تلفیق روش فوق و Fuzzy می‌توان با یک ساختار قابل درک، تصمیم‌گیری چند معیاره با مجموعه‌ای از داده‌های کمی و کیفی و وجود ساختار مرتبه‌ای و قابل فهم، معایب فوق را رفع کرد (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۳: ۳).

در واقع ترکیب مدل AHP و نظریه مجموعه Fuzzy از لطفی زاده^۶ (۱۹۶۵) برای دستیابی به انعطاف بیشتر در قضاوت و تصمیم‌گیری، در پس‌زمینه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) که ابزاری قابل اعتماد برای پردازش و تجزیه و تحلیل حجم وسیعی از داده‌های مکانی و غیر مکانی مانند نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی کمی، کیفی و توصیفی است، بسیار مناسب می‌باشد. در نهایت بسته به ملاحظات متنوع تکنولوژیکی، زیست محیطی، مالی، اجتماعی-فرهنگی و سایر ملاحظات و نیز قوانین سختگیرانه ملی و بین‌المللی، می‌تواند روش بسیار ارزشمندی برای مکان‌یابی محل‌های دفن زباله باشد (پائول و گاش، ۲۰۲۲: ۲).

بنابراین در پژوهش حاضر با توجه به تکنیک‌ها و روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین و با توجه به ماهیت پدیده‌های طبیعی در مکان‌یابی دفن زباله سعی بر این است که مکان‌های مناسب جهت دفن پسماند در شهرستان اوز در جنوب استان فارس با مقایسه روش‌های AHP و AHP Fuzzy مشخص شوند. با علم به این موضوع که در شهرستان اوز با ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی خاص و توسعه شهرها و روستاهای منطقه در سال‌های اخیر، هنوز تحقیق جامعی در رابطه با مکان‌یابی دفن پسماند انجام نشده است.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان اوز با مساحتی حدود ۱۵۰۰ کیلومترمربع در بین عرض جغرافیایی ۲۷° ۴۲' ۴۴" تا ۲۸° ۰۱' ۳۶" شمالی و طول جغرافیایی ۵۳° ۲۹' ۲۳" تا ۵۴° ۱۰' ۳۴" شرقی در جنوب استان فارس قرار گرفته است. این شهرستان دارای دو دشت در مرکز، یک دشت در جنوب غرب و یک دشت ناودیزی در ارتفاعات جنوب می‌باشد که شهر اوز نیز در این دشت واقع شده است و ارتفاعات به‌طور کامل

۱. Rezaeisabzevar

۲. Arabeyyat

۳. Vatalis and Manoliadis

۴. Saaty

۵. Teimouri

۶. Zadeh. L.A.

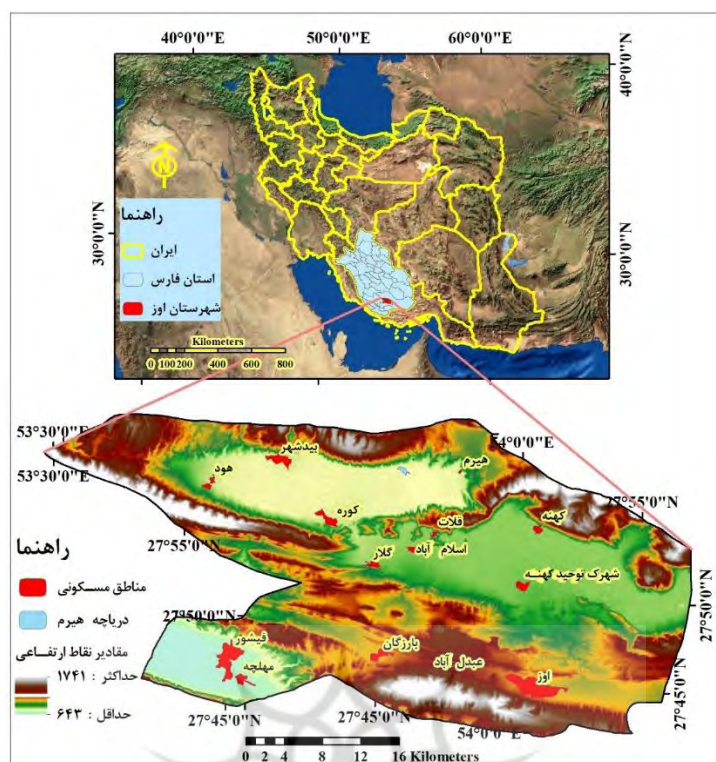
اطراف شهرستان را محصور کرده‌اند. در واقع این شهرستان بخش عظیمی از سه حوضه آبریز بیدشهر، اوز-دنگ و خنج که حوضه‌های بسته می‌باشند را در خود جای داده است. بنابراین بخش اعظم نزولات جوی از طریق شبکه زهکشی، در دشت‌های شهرستان به صورت دریاچه‌های فصلی تجمع پیدا می‌کنند، به جز شبکه زهکشی دشت جنوب غرب که به حوضه خنج وارد می‌شود. حداکثر ارتفاع در غرب شهرستان با ۱۷۴۱ و حداقل ارتفاع با ۶۴۳ متر در دشت‌های جنوب غرب شهرستان می‌باشد. این شهرستان دارای میانگین بارش سالانه ۲۰۱/۹ میلی‌متر در حوضه بیدشهر تا ۲۰۸/۷ میلی‌متر در حوضه اوز-دنگ، میانگین سالانه دما ۲۰/۴ درجه و متوسط تبخیر سالانه از تشتک ۳۱۰۳/۶ میلی‌متر می‌باشد (گزارش بیلان آب محدوده مطالعاتی بیدشهر و اوز-دنگ). از نقطه نظر چینه شناسی، در این حوضه عمدتاً رخساره های رسوبی متعلق به مزوزوئیک و سنوزوئیک بصورت ساختمان های چین خورده و گسل خورده و رخساره های رسوبی متعلق به دوره کواترنر توسعه و پراکندگی دارند که به ترتیب سن از پایین به بالا عبارتند از: مجموعه هرمز، گروه بنگستان، سازند تاربور، سازند ساچون، سازند آسماری - جهرم، سازند گچساران، عضو مول، عضو گوری، سازند میشان، سازند آغاچاری، سازند کنگلومرای بختیاری و نهشته‌های کواترنری (شکل ۱).

مواد و روش

در این مطالعه، از روش‌های فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی فازی^۱ (Fuzzy - AHP) جهت مکان‌یابی پسماندهای شهری و روستایی شهرستان اوز استفاده شد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره است. این مدل روشی برای تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین گزینه‌ها در مواقعی است که چندین شاخص و معیار جهت تصمیم‌گیری وجود دارد. این مدل براساس ساختاردهی سلسله مراتبی عناصری است که در مسئله‌ی تصمیم‌گیری دخالت دارند و شامل سه گام اصلی در فرایند اجرایی نرم افزار GIS است: ۱) تولید ماتریس مقایسه دوتایی، ۲) محاسبه‌ی وزن‌های معیار و ۳) تخمین نسبت توافق. پس از تبیین اهداف کلی و بیان مقاصد برنامه‌ریزی و تهیه گزینه‌های مختلف برای رسیدن به اهداف و مقاصد برنامه‌ریزی، ارزیابی صورت می‌گیرد تا براساس شایستگی نسبی هر یک از گزینه‌ها، گزینه مطلوب یا بهینه انتخاب شود (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۳).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

فرایند تحلیل سلسله مراتبی براساس چهار اصل شرط معکوس، همگنی، وابستگی و انتظارات بنیان گذاری شده است و رعایت این اصول در به کارگیری آن الزامی است. شرط معکوس بیان می دارد که در مقایسه دو به دویی عناصر، اگر اهمیت I نسبت به J برابر N باشد، اهمیت عنصر J نسبت به I برابر $1/N$ خواهد بود. اصل همگنی یعنی عناصر I و J باید با هم همگن و قابل مقایسه باشند. به عبارت دیگر، اهمیت I نسبت به J ممکن است ب نهایت یا صفر باشد. اصل وابستگی یعنی هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر بالایی خود وابسته است و این وابستگی ب صورت خطی است (پورطاهری، ۱۳۹۰: ۷۸). اصل انتظارات هم یعنی هر گاه تغییری در ساختار سلسله مراتبی رخ دهد، فرایند ارزیابی باید مجدداً انجام شود (قدسی پور، ۱۳۷۹: ۶).

یکی از مزیت های روش AHP، امکان بررسی سازگاری در قضاوت های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت شاخص و زیرشاخص هاست. محاسبه شاخص سازگاری^۱ و نرخ سازگاری^۲ هر یک از ماتریس های مقایسه زوجی با استفاده از روابط ۱ و ۲ انجام می شود:

$$II = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$IR = \frac{II}{IRI} \quad \text{رابطه ۲:}$$

شاخص ناسازگاری تصادفی^۳ با توجه به جدول ۱ و بر اساس شبیه سازی بدست می آید.

¹ Inconsistency Index (II)

² Inconsistency Ratio (IR)

³ Inconsistency Random Index (IRI)

جدول ۱: شاخص ناسازگاری تصادفی

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I.R.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

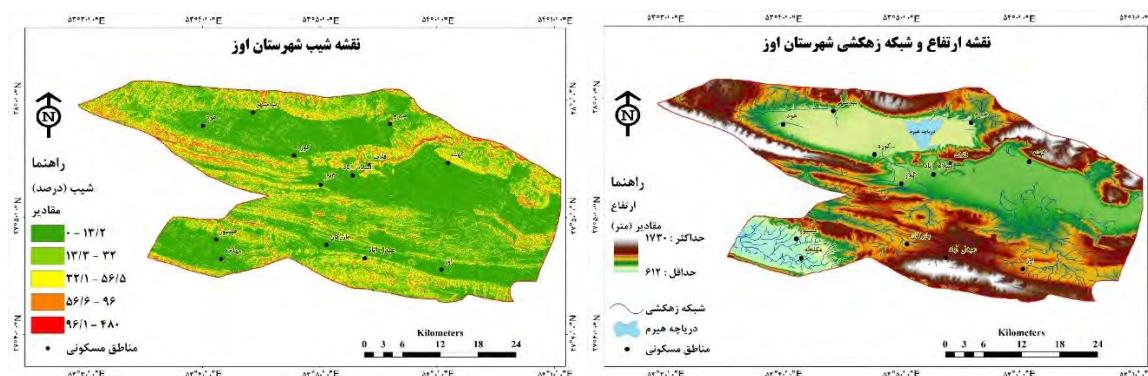
منبع: بون^۱، ۱۹۹۳: ۳۴۶

در صورتی که IR کوچکتر از ۰/۱ باشد در مقایسات زوجی، سازگاری قابل قبولی وجود دارد، در غیر این صورت باید تجدید نظر در قضاوت ها صورت گیرد (قدسی پور، ۱۳۸۵: ۷۲).

در ارزیابی چند معیاره برای دستیابی به یک هدف معین، باید سنجه‌ها یا شاخص‌هایی را تعریف و معین کرد که بر مبنای آن‌ها بتوان به آن هدف معین دست یافت. این سنجه‌ها یا شاخص‌ها را معیارهای ارزیابی می‌نامند. در بررسی حاضر معیارهای ارزیابی ۱۴ مورد می‌باشند که شامل شیب زمین، ارتفاع، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از معدن، فاصله از آثار باستانی، سطح آب زیرزمینی، سرعت و جهت باد می‌باشد. معیارهای مذکور پس از رقومی شدن و ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از کارکردهای بنیادین (GIS) به نقشه‌های معیار تبدیل شدند. چون هر نقشه معیار یا هر خصیصه دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چند معیاره باید مقیاس اندازه‌گیری معیارها همخوان و متناسب باشد، به همین منظور برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استانداردسازی معیارها استفاده شد. در این تحقیق برای استانداردسازی داده‌های کمی از روش فازی استفاده شده است. در استانداردسازی داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزش‌های معیارهای ارزیابی را به دامنه یکسانی مثلاً بین صفر تا یک یا صفر تا 255 تبدیل می‌کنند. فرآیند استانداردسازی در روش فازی از طریق ارزش‌گذاری مقادیر به شکل یک مجموعه عضویت عملی می‌گردد. در این حالت بیش‌ترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کم‌ترین ارزش یعنی عدد صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد. به طور کلی، تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص کرده و میزان درجه عضویت اعضای مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد (اعمی ازغدی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۷۴). سپس نقشه‌های معیار به کمک عملگرهای فازی با هم ترکیب می‌شوند. این عملگرها عبارتند از: ۱) عملگر عطفی فازی (AND) ۲) عملگر فصلی فازی (OR) ۳) عملگر ضربی فازی (Product) ۴) عملگر جمعی فازی (Sum) و ۵) عملگر گاما. در این مطالعه ابتدا با روش AHP نقشه مکان‌یابی استخراج و جهت تایید نقشه مذکور از روش AHP Fuzzy با دو عملگر جمعی و گاما استفاده شد.

بنابراین جهت نیل به هدف ابتدا نقشه‌های معیار با مواد و روش‌های مختلف استخراج شدند. به طوری که نقشه‌های شیب، ارتفاع و شبکه زهکشی از DEM ۳۰ متر منطقه استخراج شدند (شکل ۲ و ۳).

¹ . Bowen



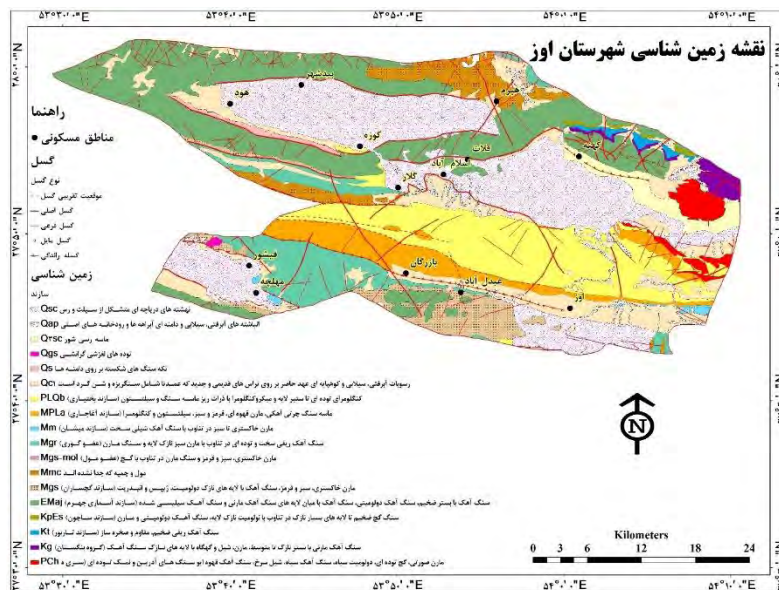
شکل ۲: نقشه ارتفاع و شبکه زهکشی

شکل ۳: نقشه شیب و مناطق مسکونی

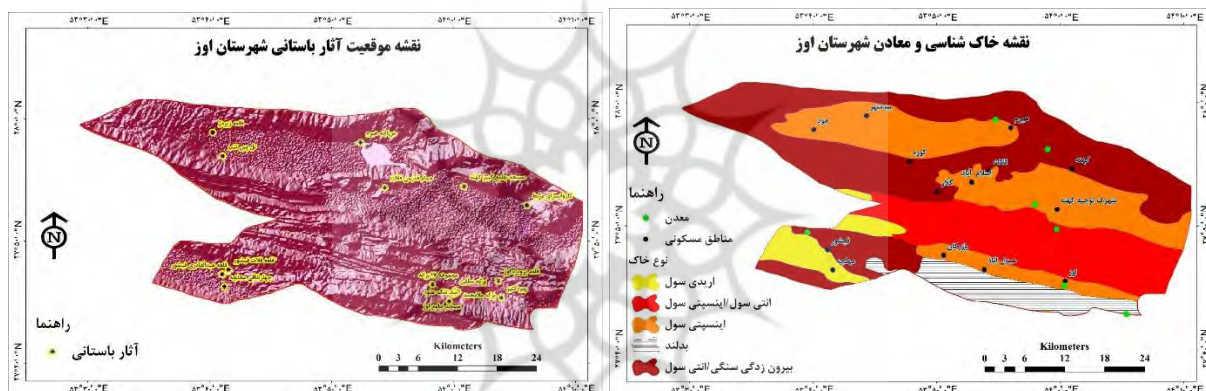
برای استخراج نقشه‌های زمین‌شناسی و گسل از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سه برگ مهلکه ۶۷۴۵، چهارم ۶۷۴۶ و لار ۶۷۴۹ استفاده شد (شکل ۴).

جهت تهیه مراکز جمعیتی (شکل ۳)، نقشه‌های معدن، آثار باستانی و جاده از تصاویر گوگل ارث استفاده شد (شکل ۵ و ۶ و ۷). همچنین جهت تهیه نقشه‌های خاک‌شناسی و کاربری اراضی (شکل ۵)، نقشه خاک‌شناسی با رده‌بندی آمریکایی کل کشور و نقشه کاربری اراضی (شکل ۷) برگرفته از سازمان برنامه و بودجه استان فارس مورد استفاده قرار گرفتند. جهت و سرعت باد نیز به صورت درون‌یابی از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی داخل و خارج حوضه استخراج شدند (شکل ۸).

برای استخراج سطح تراز آب زیرزمینی، با توجه به نبود آمار سطح تراز در منطقه، از آمار سطح تراز ۸۰۰ چاه بهره‌برداری منطقه، برگرفته از سازمان سهامی آب منطقه‌ای استان فارس استفاده شد. ابتدا داده‌ها در نرم‌افزار SPSS 26 جهت بررسی نرمال بودن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند ولی به دلیل پرت بودن برخی آمار تعداد ۱۷۵ چاه حذف و از آمار ۶۲۵ چاه استفاده شد. در نرم‌افزار ARC GIS 10.8.2 نیز با توجه به خطاهای داده‌ها و میزان R^2 در داده‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده، بهترین مدل درون‌یابی انتخاب شد.

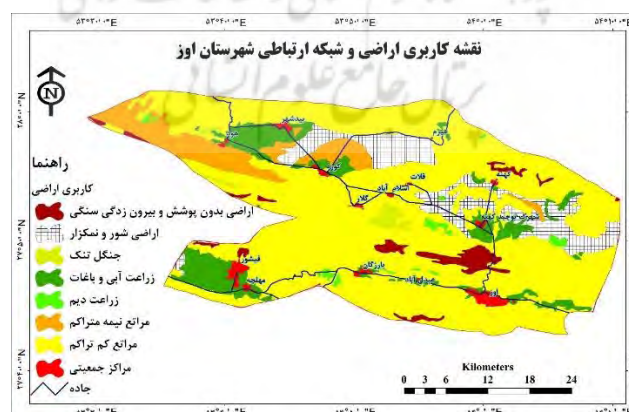


شکل ۴: نقشه زمین‌شناسی منطقه

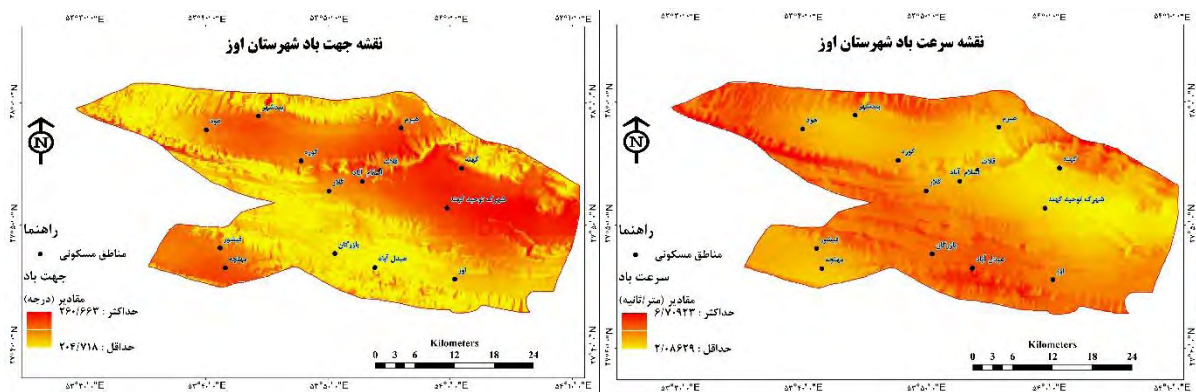


شکل ۵: نقشه خاک‌شناسی و موقعیت معادن منطقه

شکل ۶: نقشه موقعیت آثار باستانی موجود در منطقه



شکل ۷: نقشه کاربری اراضی و شبکه ارتباطی منطقه



شکل ۸: نقشه جهت و سرعت باد در منطقه

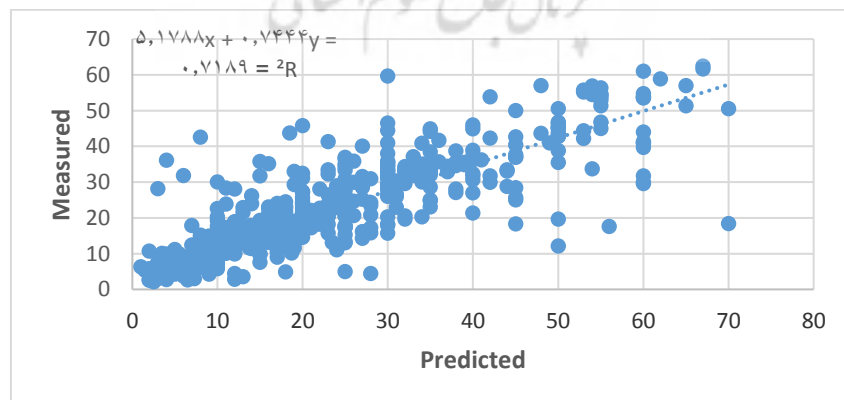
در نهایت با توجه به هدف تحقیق، ابتدا نقشه‌های معیارهای مربوطه طبقه‌بندی، سپس وزن نهایی معیارها با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط نرم‌افزار Expert Choice تعیین گردید. پس از آن مکان‌یابی با مدل AHP انجام شد و در مرحله بعد لایه‌ها با استفاده از تابع Fuzzy membership در محیط Arc GIS 10.8.2 فازی‌سازی و نقشه پتانسیل‌سنجی حاصل از مدل تحلیلی سلسله مراتبی فازی با دو عملگر جمعی و گاما تهیه و با هم مقایسه شدند.

نتایج

در تحقیق حاضر جهت درون‌یابی سطح تراز آب زیر زمینی با توجه به خطاهای داده‌ها (جدول ۲) و میزان R^2 در داده‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده (شکل ۹) از روش IDW با توان ۲ استفاده شد.

جدول ۲: مقدار خطاهای داده‌ها در روش IDW

خطا	میانگین خطا	RMS	RMSE
مقدار	-۰/۳۹	۷/۷۲	۶/۷۲



شکل ۹: نمودار داده‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با استفاده از روش IDW

پس از تهیه تمامی لایه‌ها جهت آماده‌سازی لایه‌های معیار، هر یک از لایه‌ها براساس مناسب تا نامناسب بودن به کلاس‌های (زیرمعیار) مختلف تقسیم‌بندی شدند (جدول ۳). سپس جهت یکسان‌سازی، تمام لایه‌ها فازی‌سازی شدند (شکل ۱۰). برای تعیین وزن هر لایه نیز براساس نظر کارشناسان مربوط به محیط زیست اقدام به تحلیل محیط نرم افزار Expert choice شد. نتایج حاصل از وزن‌دهی نهایی برای معیارها در شکل ۱۱ قابل مشاهده است.

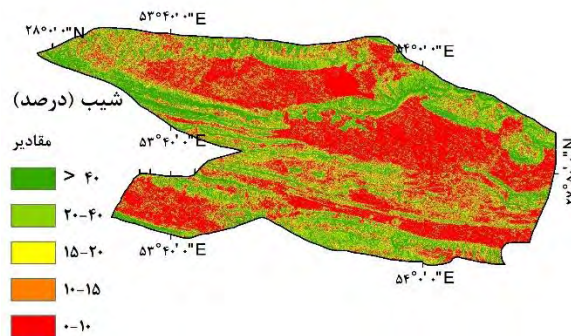
بر اساس اطلاعات جدول ۳ و محاسبات، بیشترین وزن در بین معیارها متعلق به فاصله از آثار باستانی و سطح تراز آب زیرزمینی می‌باشد که میزان اهمیت آن را در بحث مکان‌یابی دفن پسماند می‌رساند. فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی نیز معیارهایی هستند که در زمره معیارهای مهم بعدی معرفی گردیده‌اند.

در مرحله نهایی پژوهش، وزن‌های بدست آمده برای معیارها با لایه‌های ساخته شده برای هر کدام از آنها در محیط نرم افزار GIS تلفیق و سه نقشه با مدل AHP (شکل ۱۲)، AHP Fuzzy با عملگر گاما (شکل ۱۳) و AHP Fuzzy با عملگر جمعی (شکل ۱۴) استخراج شد. بر اساس شکل‌های ۱۲ تا ۱۴، خروجی‌های مکان‌یابی شهرستان در ۵ طبقه دسته‌بندی و مساحت هر کلاس ارائه شده است (جدول ۴).

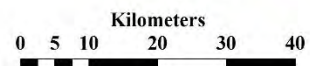
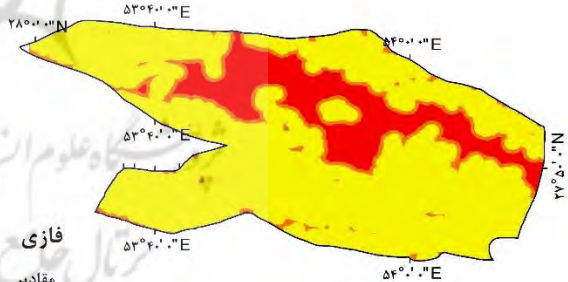
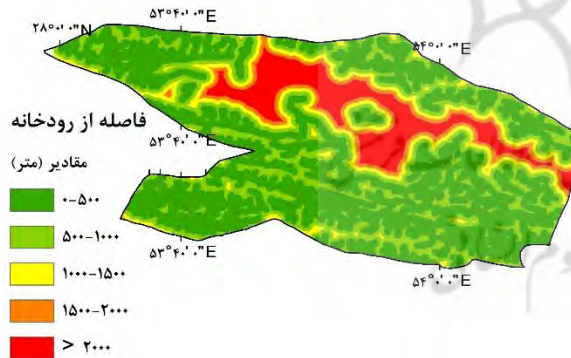
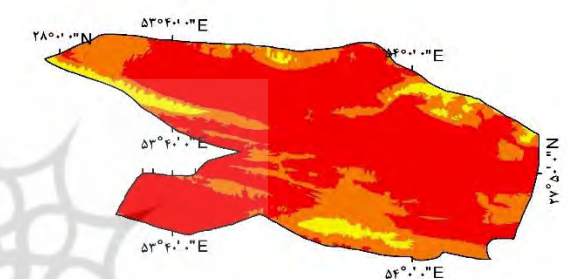
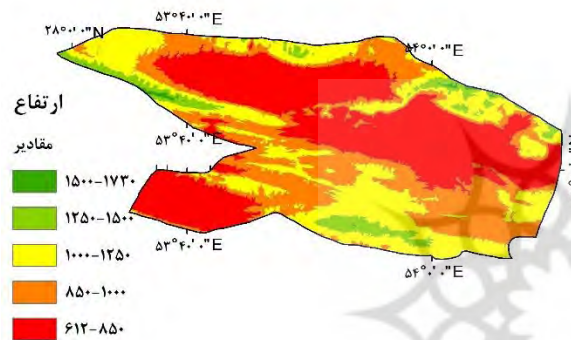
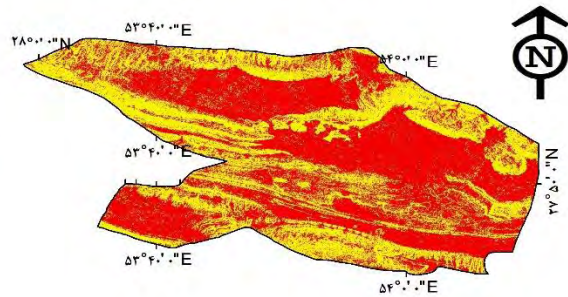
جدول ۳: کلاس‌بندی معیارهای پژوهش

معیار	کلاس	کاملاً مناسب	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب	کاملاً نامناسب
شیب (درصد)	۰-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۴۰	>۴۰	
ارتفاع (متر)	۶۱۲-۸۵۰	۸۵۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۲۵۰	۱۲۵۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۱۷۳۰	
زمین‌شناسی	Qsc, Q3sc, Qgs	Mm	Qs, Qcl, PLQb, MPLa, Mgs-Mol, Mmc, Mgs	KpEs, PCh	Mgr, Qap, EMaj, Kt, Kg	
خاک‌شناسی	اینسپتی سول	اریدی سول	انتی سول - اینسپتی سول	بدلند	بیرون‌زدگی سنگ‌ها	
کاربری اراضی	اراضی بدون پوشش	اراضی شور و نمکزار	مراعات کم‌تراکم	مراعات نیمه تراکم و جنگل تنک	مناطق مسکونی، زراعت آبی و باغات، زراعت دیم	
فاصله از رودخانه (متر)	>۲۰۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۰-۵۰۰	
فاصله از گسل (متر)	>۲۰۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۰-۵۰۰	
فاصله از جاده (متر)	۷۵۰-۱۰۰۰	۵۰۰-۷۵۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰-۵۰۰	>۱۵۰۰	
فاصله از مراکز جمعیتی (متر)	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰-۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰	
فاصله از معادن (متر)	>۲۰۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۰-۵۰۰	
سطح تراز آب زیرزمینی (متر)	>۳۰	۲۰-۳۰	۱۵-۲۰	۱۰-۱۵	۰-۱۰	
فاصله از آثار باستانی (متر)	>۴۰۰۰	۳۰۰۰-۴۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰۰	
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۱-۳	-	۴-۶	-	>۶	
جهت باد (درجه)	۲۴۷/۵ - ۲۰۲/۵	-	-	-	۲۴۷/۵ - ۲۷۰	

فاکتورهای ارزیابی

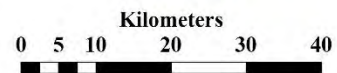
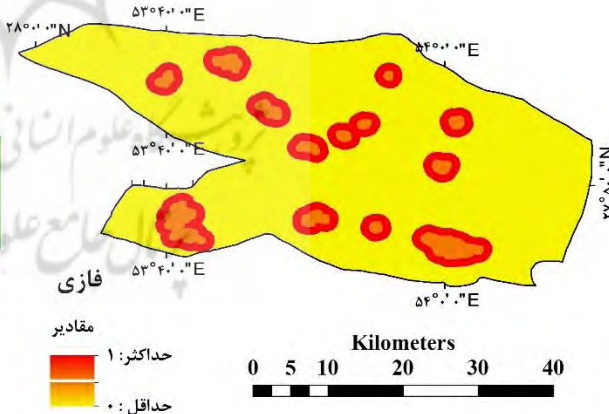
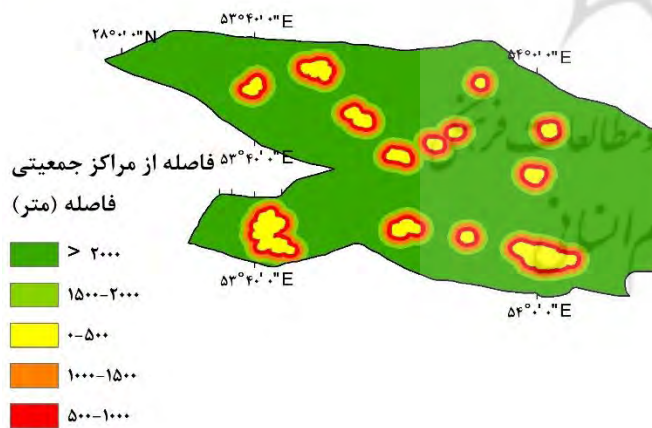
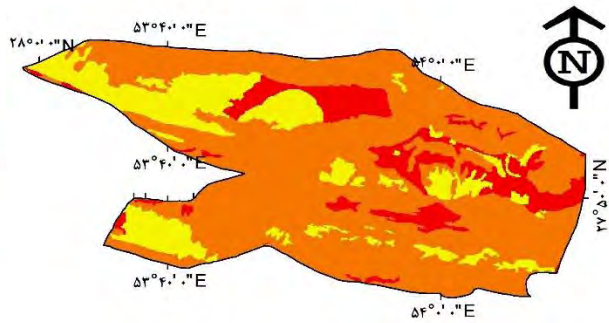
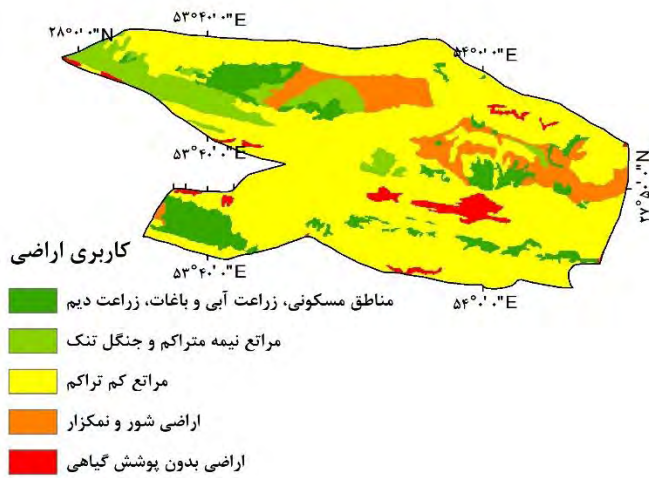


فاکتورهای ارزیابی فازی



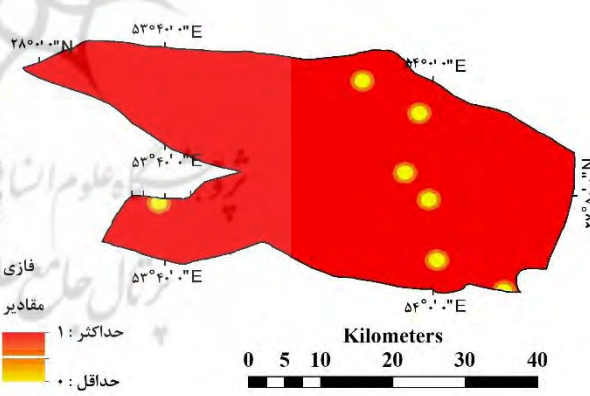
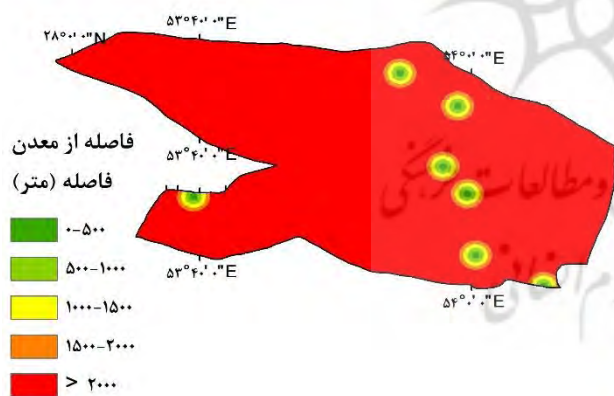
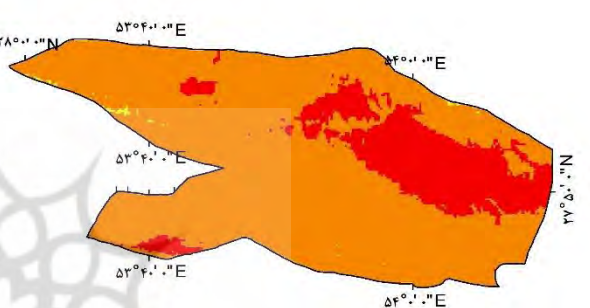
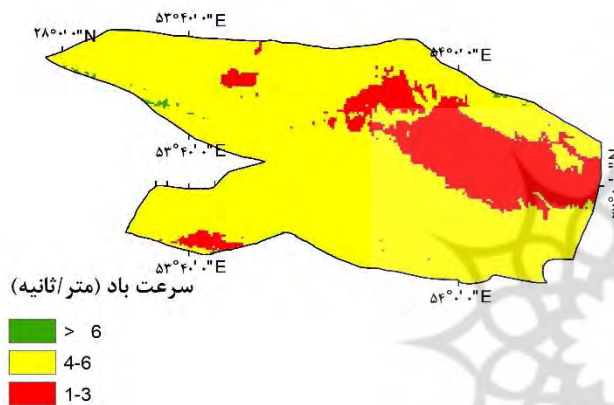
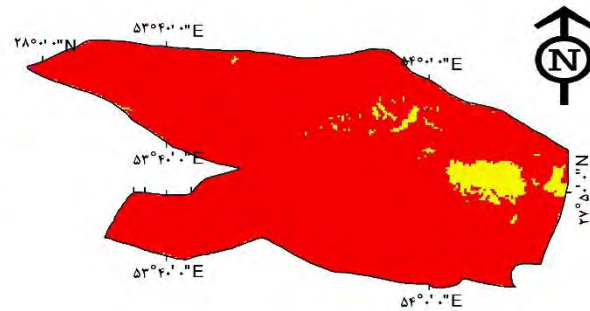
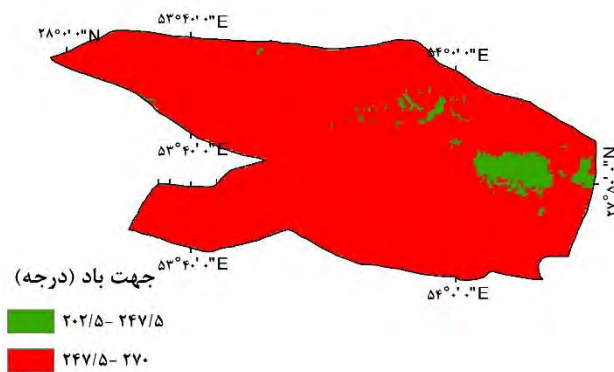
فاکتورهای ارزیابی

فاکتورهای ارزیابی فازی

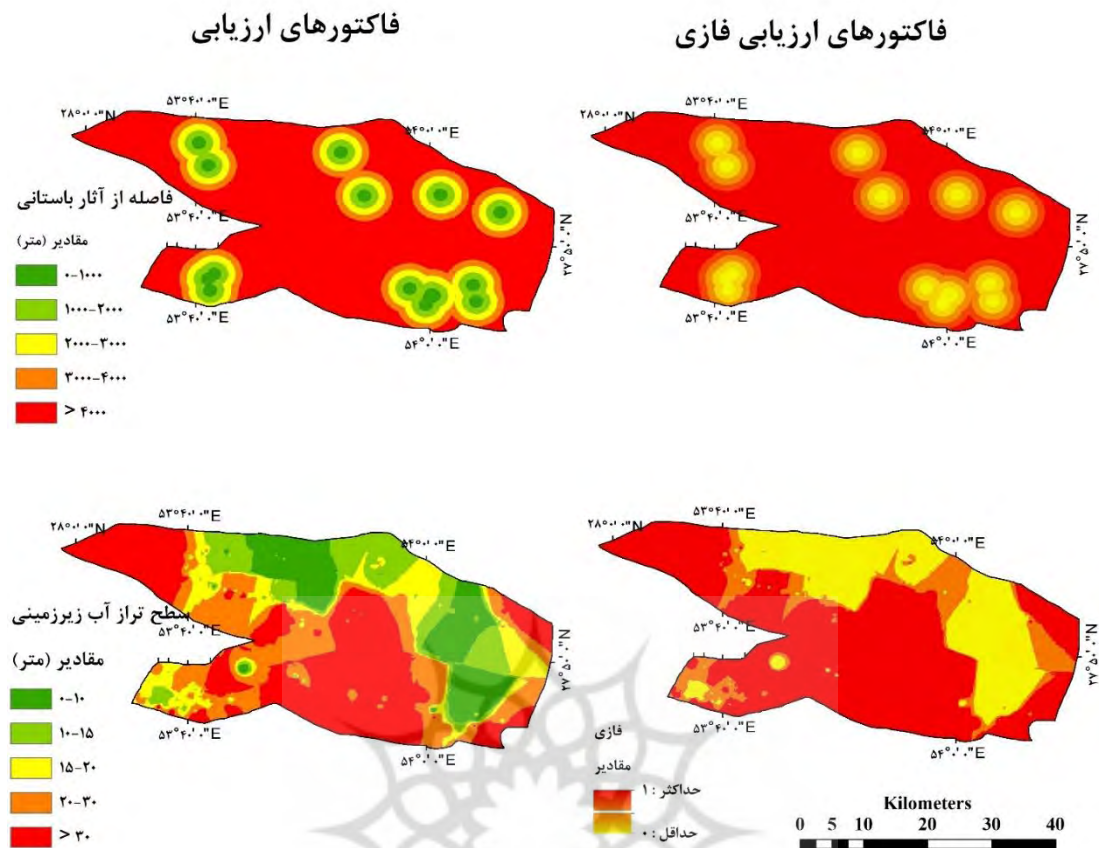


فاکتورهای ارزیابی

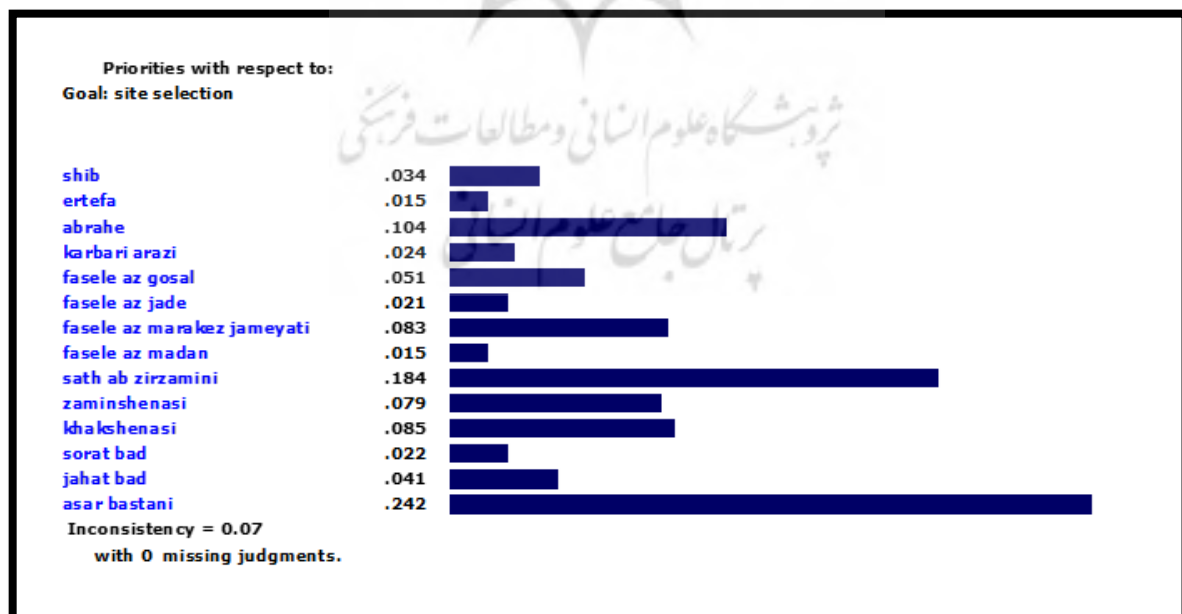
فاکتورهای ارزیابی فازی



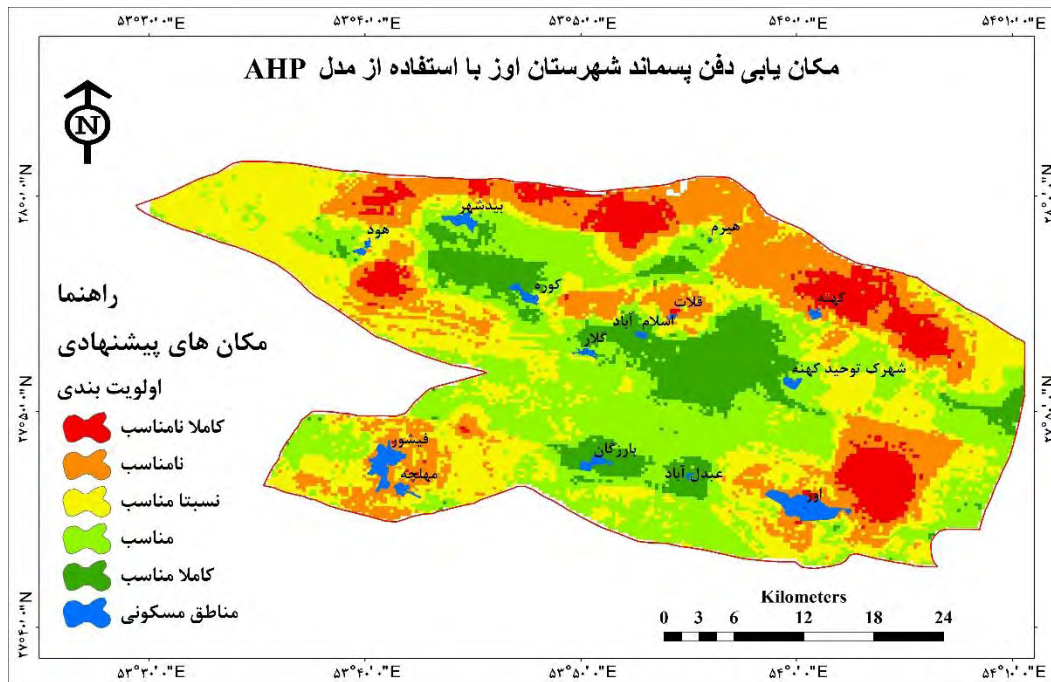
Kilometers
0 5 10 20 30 40



شکل ۱۰: معیارهای اصلی کلاس‌بندی و فازی شده



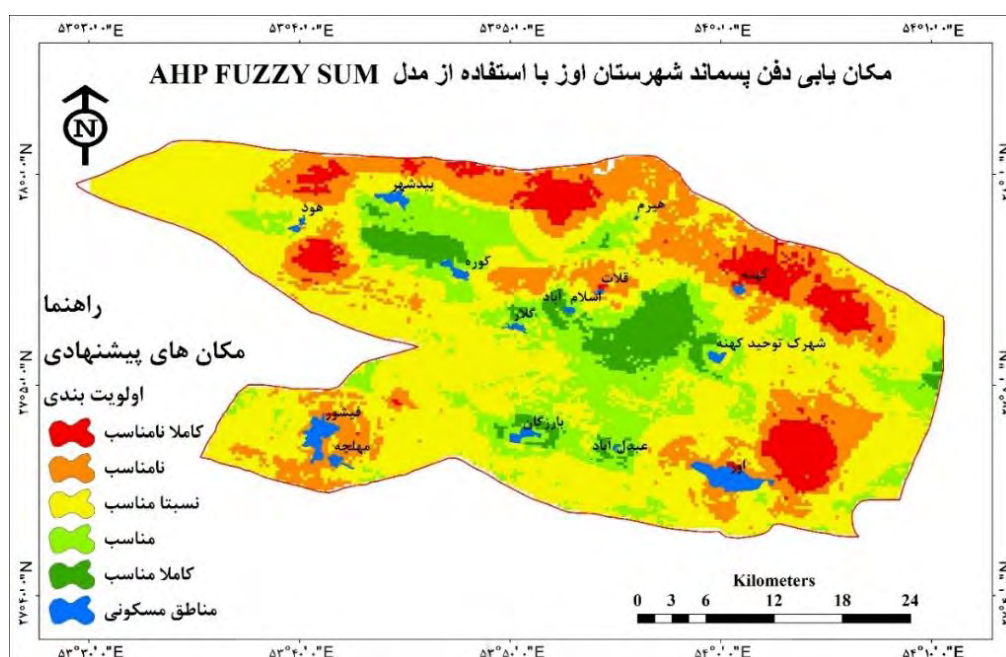
شکل ۱۱: وزن نهایی معیارهای پژوهش



شکل ۱۲: نقشه مکان‌یابی دفن پسماند با مدل AHP



شکل ۱۳: مکان‌یابی دفن پسماند با مدل AHP Fuzzy و عملگر گاما



شکل ۱۴: مکان یابی دفن پسماند با مدل AHP Fuzzy و عملگر جمعی

جدول ۴: مساحت کلاس‌های نقشه‌های مکان‌یابی

کلاس	کاملاً مناسب	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب	کاملاً نامناسب
نقشه مکان‌یابی					
مدل AHP	۱۶۸/۹	۴۶۲/۸	۴۶۴/۳	۳۱۱/۴	۱۱۴/۶
مدل AHP Fuzzy SUM	۸۴/۵۲	۲۴۶/۰۷	۷۸۴/۷	۳۰۳/۴	۱۰۳/۳
مدل AHP Fuzzy GAMA	۵/۴۷	۷/۸	۷/۵	۴/۲	۱۴۹۶/۹

بحث

براساس نتایج تحقیق در مدل AHP بیش‌ترین مقدار مربوط به کلاس نسبتاً مناسب می‌باشد، پس از آن کلاس مناسب بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است که مقدار آن به کلاس نسبتاً مناسب، بسیار نزدیک است. ولی از آنجایی که یکی از نقاط حساس منطقه، دریاچه هیرم می‌باشد و این مدل نیز در کنار دریاچه هیرم کلاس‌های کاملاً مناسب و مناسب را مشخص کرده است، یکی از نقاط ضعف این مدل می‌باشد چون در سال‌های پربارش تقریباً دشت پایین دریاچه هیرم را آب فرا می‌گیرد.

در مدل AHP Fuzzy با عملگر گاما نیز بیش‌ترین مساحت در حدود ۱۴۹۶ کیلومترمربع مربوط به کلاس کاملاً نامناسب می‌باشد که ۹۲ درصد مساحت منطقه می‌باشد و با توجه به اینکه در شهرستان مورد نظر در نقاط مختلف، مراکز جمعیتی، پراکنده می‌باشند پس نمی‌توان این مدل را نیز در مکان‌یابی این تحقیق، تأیید نمود چون این عملگر حساسیت بسیار بالایی را در مکان‌یابی از خود نشان داده است.

در مدل AHP Fuzzy با عملگر جمعی همانند مدل AHP بیشترین کلاس مربوط به کلاس نسبتاً مناسب با مقدار $7/84$ می‌باشد با این تفاوت که در این مدل کلاس نسبتاً مناسب تفاوت قابل توجهی را با کلاس مناسب دارد ولی با توجه به ضعف مدل AHP، این مدل در کنار دریاچه هیرم مکان‌یابی بهتری را مشخص کرده است و می‌توان گفت که در تحقیق حاضر بهترین مدل می‌باشد که یافته‌های این بخش از پژوهش با یافته‌های پژوهش صادقی (۱۴۰۲) مطابقت دارد زیرا در پژوهش وی نیز تأیید شده است که مدل همپو شانی فازی از نوع Gamma نسبت به مدل Sum سختگیرانه و بدبینانه‌تر است.

بنابراین بر اساس مدل AHP Fuzzy با عملگر جمعی اراضی کاملاً نامناسب بیشتر در قسمت شمال، شمال غرب و جنوب شرق قابل مشاهده هستند و به تبع آن اراضی نامناسب نیز در اطراف کلاس اول (کاملاً نامناسب) پراکنده شده‌اند. در اطراف شهر اوز به دلیل وجود بدلندها و آبراهه‌های فصلی جهت دفن پسماند مناسب نمی‌باشند. اراضی مناسب و کاملاً مناسب نیز به‌طور پراکنده در مرکز شهرستان قابل مشاهده هستند؛ در این نقاط نیز به دلیل شکل حوضه آبریز منطقه که حوضه بسته می‌باشد و با توجه به شوری اراضی، نقاط مناسبی به نظر می‌رسند. از طرفی دیگر به دلیل عدم آمار مربوط به گسترش دریاچه‌های فصلی، بازدیدهای میدانی جهت تأیید این نقاط ضروری به نظر می‌رسد.

از لحاظ زمین‌شناسی در مناطق شرقی منطقه به دلیل وجود سازندهای نمکی و انحلال‌پذیر بودن بالای آن‌ها، در شمال روستای کهنه به دلیل وجود سازندهای آهکی همچنین سازندهایی با تناوب ژپس و مارن به دلیل سستی و ناپایداری مکان‌های مناسبی جهت دفن پسماند نمی‌باشند. در قسمت‌های شمالی حوضه نیز با توجه به وجود سازندهای آهکی و ارزشمند بودن این سازندها برای منابع آبی، نامناسب بودن این نقاط را توجیه می‌کند. از لحاظ کاربری اراضی در بخش غربی حوضه به دلیل وجود مراتع نیمه متراکم دفن پسماند غیرعقلانی و غیرقابل توجیه می‌باشد.

در نهایت یافته‌های پژوهش مبنی بر اهمیت معیارهای به‌کار گرفته شده با پژوهش‌های عنابستانی و جوانشیری (۱۳۹۲)، حجازی (۱۳۹۴)، صادقی (۱۴۰۲)، ونگ^۱ و همکاران (۲۰۰۹) و آصفا و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

انتخاب محل دفن زباله پیچیده و چالش برانگیز است که توجه بالایی به مسائل مورفولوژیکی، زیست محیطی و اجتماعی-اقتصادی جهت تعادل را می‌طلبد. بنابراین در پژوهش حاضر با توجه به ماهیت پدیده‌های طبیعی در مکان‌یابی دفن زباله سعی شد که مکان‌های مناسب جهت دفن پسماند در شهرستان اوز در جنوب استان فارس با مقیاس روش‌های AHP و AHP Fuzzy مشخص شوند. با علم به این موضوع که در شهرستان اوز با ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی خاص و توسعه شهرها و روستاهای منطقه در سال‌های اخیر، هنوز تحقیق جامعی در رابطه با مکان‌یابی دفن پسماند انجام نشده است. بنابراین در این تحقیق از ۱۴ معیار که شامل شیب زمین، ارتفاع، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از معدن، فاصله از آثار باستانی، سطح آب زیرزمینی، سرعت و جهت باد می‌باشند، استفاده شد.

نتایج تحقیق نشان داد که از بین سه مدل AHP، AHP Fuzzy با عملگر جمعی و AHP Fuzzy با عملگر گاما، بهترین روش AHP Fuzzy با عملگر جمعی می‌باشد. بنابراین بر اساس این مدل، اراضی کاملاً نامناسب بیشتر در قسمت شمال، شمال غرب و جنوب شرق قابل مشاهده هستند و به تبع آن اراضی نامناسب نیز در اطراف کلاس اول (کاملاً نامناسب) پراکنده شده‌اند. در اطراف شهر اوز به دلیل

¹ . Wang

وجود بدلندها و آبراهه‌های فصلی جهت دفن پسماند مناسب نمی‌باشند. اراضی مناسب و کاملاً مناسب نیز به‌طور پراکنده در مرکز شهرستان قابل مشاهده هستند؛ در این نقاط نیز به‌دلیل شکل حوضه آبریز منطقه که حوضه بسته می‌باشد و با توجه به شوری اراضی، نقاط مناسبی به‌نظر می‌رسند.

منابع

۱. اعمی‌ازغدی، علی؛ خراسانی، رضا؛ مکرم، مریم و معزی، عبدالامیر. (۱۳۸۹). ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی – AHP و GIS. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵، آذر تا دی ۱۳۸۹، ص ۹۸۴-۹۷۳.
۲. بیگ محمدی، حسن؛ مومنی، مهدی؛ زارع، اعظم (۱۳۸۹)؛ مکان‌یابی بهینه دفن پسماند در شهرها با استفاده از GIS مطالعه موردی: شیراز. جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۲، شماره ۴، ۸۱-۶۵.
۳. پورطاهری، مهدی (۱۳۸۹)؛ کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در جغرافیا، تهران، انتشارات سمت.
۴. حیدریان، پیمان؛ رنگزن، کاظم؛ ملکی، سعید؛ تقی‌زاده، ایوب؛ عزیزی‌قلاتی، سارا (۱۳۹۳)؛ مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های Fuzzy-AHP و Fuzzy-TOPSIS در محیط GIS: مطالعه موردی شهر پاکدشت استان تهران، مجله بهداشت و توسعه، دوره ۳، شماره ۱، ۱-۱۳.
۵. زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۰). کاربرد تحلیل سلسله‌راتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، هنرهای زیبا، شماره ۱۰.
۶. صادقی، حجت‌الله. (۱۴۰۲). ارزیابی تطبیقی مدل‌های هم‌پوشانی فازی جهت تعیین پهنه‌های مستعد ایجاد اماکن اقامتی-گردشگری در منطقه دزپارت با مدل‌های Sum.Gamma. برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۱۳، شماره ۴، ۲۲-۱.
۷. فرجی، سبکبار حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کریم‌زاده، حسین؛ رحیمی، حسن (۱۳۸۹)؛ مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه‌ای تحلیل (ANP) مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۴، شماره ۱، ۱۴۹-۱۲۷.
۸. قدسی‌پور، حسن. (۱۳۷۹). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۹. عنابستانی، علی‌اکبر؛ جوانشیری، مهدی (۱۳۹۲)؛ مکان‌یابی محل دفن مناسب پسماندها در سکونتگاه‌های روستایی (مطالعه موردی: نقاط روستایی شهرستان خواف، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۲، ۱۰۳-۱۲۲).
۱۰. صمدی، محمد؛ مرادی، نادر؛ قربانی، رامین (۱۴۰۰). مکان‌یابی بیمارستان در شهرستان ملارد با استفاده از مدل AHP Fuzzy در محیط ARCGIS، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۴، شماره ۳، ۲۰۵-۲۲۳.
11. Ali Zadeh, M., Ngah, I., Shahabi, H., Ali Zadeh, E. 2013. Evaluating AHP and WLC Methods in Site Selection of Waste Landfill (Case Study: Amol, North of Iran). Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3(5), 83-88.
12. Al-Khatib, I.A., Arafat, H.A., Basheer, T., Shawahneh, H., Salahat, A., Eid, J., Ali, W. 2007. Trends and problems of solid waste management in developing countries: a case study in seven Palestinian districts. Waste Management, 27(12):1910-9. [doi: 10.1016/j.wasman.2006.11.006](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.11.006)
13. Arabeyyat, O.S., Shatnawi, N., Shbool, M.N., Al Shraah, A. 2024. Landfill site selection for sustainable solid waste management using multiple-criteria decision-making. Case study: Al-Balqa governorate in Jordan, MethodsX, Volume 12, 2024, 102591, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102591>

14. Asefa, E.M., Damtew, Y.T., Barasa, K.B., 2021. Landfill Site Selection Using GIS Based Multicriteria Evaluation Technique in Harar City, Eastern Ethiopia, *Environmental Health Insights*. 2021;15. [doi:10.1177/11786302211053174](https://doi.org/10.1177/11786302211053174)
15. Asif, K., Chaudhry, M. N., Ashraf, U., Ali, I., Ali, M. 2020. A GIS-based multi-criteria evaluation of landfill site selection in Lahore, Pakistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1511-1521. <https://doi.org/10.15244/pjoes/95181>
16. Balist, J., Nahavandchi, M., Bidar, G.S. 2021. Landfill Site Selection Using Fuzzy Logic & AHP & WLC (Case study: Razan city - Iran), *Journal of Civil Engineering Frontiers (JoCEF)*, vol. 2, no. 01, pp. 01-07. DOI: <https://doi.org/10.38094/jocef20129>
17. Banerjee, S., Aditya, G., Saha, G.K. 2013. Household disposables as breeding habitats of dengue vectors: linking wastes and public health. *Waste Management*. 33(1):233-239. [doi: 10.1016/j.wasman.2012.09.013](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.013)
18. Bowen, William M. (1993). AHP: Multiple criteria evaluation, in Klosterman, R. et al Eds, *Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis*, new Brunswick, Center for Urban Policy Research.
19. Faita-Pinheiro, M. M., Osco, L. P., Mendes, T. S. G., Cicerelli, R. E., Ramos, A. P. M., 2021. A new strategy to define consortium sanitary landfill siting location based on multicriteria analysis, *Revista Brasileira de Geografia Física* v.14, n.1, 420-438. [http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.1.p420-438](https://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.1.p420-438)
20. Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J.S., Medo, J., Kabba, V.T.S., 2013. Modelling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): case study bo, southern Sierra Leone. *Appl. Geogr.* 36, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.06.013>
21. Paul, S., Ghosh, S. 2022. Identification of solid waste dumping site suitability of Kolkata Metropolitan Area using Fuzzy-AHP model. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3(3):100030, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100030>
22. Rezaeisabzevar, Y., Bazargan, A., Zohourian, B. 2020. Landfill site selection using multi criteria decision making: Influential factors for comparing locations. *Journal of Environmental Sciences*. 2020 (93):170-184. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.02.030>
23. Saaty, T.L., 1980. *Multicriteria Decision Making: the analytic hierarchy process*, Planning, Priority setting. Resource allocation, Mcgraw Hill.
24. Teimouri, H., Ansari, M., Teimouri, H., Hashemi Nasab, H., Rahmati, A., 2018. Assessing Potential of Physical Development with an Emphasis on Geomorphological Indicators Using AHP-FUZZY (Case Study: Estahban City). *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 15(2), 115–126. [DOI 10.3233/AJW-180024](https://doi.org/10.3233/AJW-180024)
25. Vatalis, K., Manoliadis, O., 2002. A two-level multicriteria DSS for landfill site selection using GIS: case study in Western Macedonia, Greece. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*. 6, 49–56.
26. Wang, G., Qin, L., Li, G., Chen, L. 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*. 90(8):2414-21. DOI: [10.1016/j.jenvman.2008.12.008](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008)
27. Zadeh, L.A. 1965. A video-enabled dynamic site planner, *Information and Control*, 8 (3),338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
28. Zarin, R., Azmat, M., Naqvi, S.R., Saddique, Q., Ullah, S. 2021. Landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP, and WLC method based on multi-criteria decision analysis, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(16):19726-19741. [doi: 10.1007/s11356-020-11975-7](https://doi.org/10.1007/s11356-020-11975-7)