مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی وسنجش از دوردر برنامه ریزی،دوره ۱۴،شماره۳(پیاپی۵۳)پاییز ۱۴۰۲

مکانیابی سایت دفن زباله در شهرستان هفتکل (استان خوزستان) با استفاده از تکنیک‌های GIS مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی

نوع مقاله: علمی پژوهشی

اکرم کرامت [۱] ،محمدصادق زنگنه [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۹/۲۵

صفحات:۳۸-۶۷

چکیده

مدیریت پسماند شهری یکی از چالش‌های عمده مدیریت‌شهری در نقاط مختلف دنیا است. این مسئله در کشورهای در حال توسعه که بخش عظیمی از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند شدیدتر است. هدف پژوهش حاضر مکانیابی سایت دفن زباله در شهرستان هفتکل استان خوزستان می‌باشد. در این مطالعه سه معیار اصلی مورفولوژیکی، محیطی و اقتصادی-اجتماعی در نظر گرفته شد. زیر معیارها شامل شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، فاصله از گسل‌ها، فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی و فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از راه‌ها، فاصله از خطوط انتقال نفت و گاز، فاصله از خطوط انتقال برق فشار قوی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مناطق حفاظت شده و کاربری اراضی می‌باشد. با توجه به شرایط شهرستان و به کمک نظر کارشناسان، معیار اصلی مورفولوژیکی با ۰/۴۴۳ بیشترین امتیاز و اهمیت را در بین معیارهای اصلی به خود اختصاص داد. همچنین در بین زیرمعیارها شیب، زمین‌شناسی، فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی و فاصله از راه‌ها بیشترین امتیاز را بدست آوردند. در این مطالعه از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی نظیر Weighted Sum، Fuzzy Overlay و Boolean استفاده شد که در بین روش‌های مورد استفاده روش Fuzzy Sum و Weighted Sum بیشترین اراضی ایده‌آل را جهت احداث سایت دفن زباله معرفی و روش‌های Fuzzy Gamma ۰،۳ و Fuzzy Product جزوه سختگیرانه‌ترین توابع بودند و به ترتیب ۱۷۱.۱۴ کیلومترمربع و ۱۲۴.۰۱ کیلومترمربع از اراضی شهرستان هفتکل را مناسب جهت احداث سایت دفن زباله معرفی کردند. سایت کنونی دفن زباله شهرستان هفتکل طبق منطق بولین در مکان نامناسب قرار گرفته و در بقیه روش‌های مطالعه شده در محدوده متوسط قرار دارد.

واژگان کلیدی: مکانیابی، دفن پسماند، تحلیل سلسله مراتبی فازی، GIS، هفتکل.

۱.گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، واحد دزفول،دانشگاه آزاد اسلامی،دزفول، ایران

نویسنده مسئول keramat.iaud@gmail.com

۲. گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

تا به امروز مدیریت پسماند شهری تقریباً در کل کشورهای جهان یکی از موارد مورد بحث است (Errouhi et al., ۲۰۱۸). دفع صحیح پسماندها بدون به خطر انداختن ذخایر طبیعی و کیفیت محیطی، به یک ضرورت مطلق برای جلوگیری از خطرات زیست محیطی و بهداشت عمومی تبدیل شده است و یکی از بزرگترین وظایف ما می‌باشد (Randazzo et al., ۲۰۱۸). پسماندهای جامد محصول اصلی زندگی شهری هستند. تقریبا ۳.۵ میلیون تن زباله روزانه در مقیاس جهانی تولید می‌شود (Mian et al., ۲۰۱۷) که پیش‌بینی می‌شود این تولید در ۳۰ سال آینده ۷۰ درصد افزایش یابد. بنابراین، این یک مشکل زیست محیطی جهانی است و رسیدگی، مدیریت و دفع کافی این زباله‌ها چالش‌های بزرگی را به همراه دارد (Silva López et al., ۲۰۲۲). رشد جمعیت، بهبود استانداردهای زندگی و فعالیت‌های صنعتی همه دلایل اصلی افزایش قابل توجه تولید زباله در مناطق شهری هستند (Minghua et al., ۲۰۰۹). مشکل زباله‌ها در کشورهای در حال توسعه بسیار جدی است (Kharat et al., ۲۰۱۶). حدود ۸۰ درصد از جمعیت جهان در این کشورها زندگی می‌کنند (Alkaradaghi et al., ۲۰۱۹).

با توجه به وضعیت این کشورها زباله‌ها بر زندگی انسان و محیط‌زیست آنها تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل از اواسط قرن بیستم برای اطمینان از توسعه پایدار و مدیریت زباله به شیوه‌ای محتاطانه برای به حداقل رساندن تأثیرات زباله‌ها بر انسان و محیط زیست قوانین و مقرراتی تدوین شده است (Al-Ansari et al., ۲۰۱۲). این پسماندها بیشتر اوقات در زمین‌های مخصوص دفن زباله تجزیه می‌شوند. تقریباً ۹۸ درصد از شهرها در کشورهای در حال توسعه تخلیه‌ی کنترل شده‌ای بر روی پسماند ندارند. در شهرهای متوسط و کوچک زباله‌ها را به مکعب‌هایی کوچکی خلاصه کرده و بصورت دوره‌ای آنها را سوزانده تا مقدار آنها کاهش یابد (Errouhi et al., ۲۰۱۸). روش دفن کردن زباله محبوب‌ترین روشی است که در حال حاضر استفاده می‌شود. با این حال این تنها روش مورد استفاده نیست.

تصمیم‌گیری‌های چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی به طور گسترده در زمینه‌ها و کاربردهای مختلف از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی، ارزیابی زمین جهت کشاورزی در اطراف شهرها، بررسی خاک از دیدگاه زیست‌محیطی و انتخاب مکان مناسب بیمارستان و برنامه‌ریزی شهری استفاده شده است (Alkaradaghi et al., ۲۰۱۹). سیستم اطلاعات جغرافیایی تقریباً به یک ابزار جدایی ناپذیر برای تصمیم‌گیری‌های مناسب در مورد انتخاب محل دفن زباله تبدیل شده است (Kamdar et al., ۲۰۱۹). سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر کامپیوتر با توانایی مدیریت، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های مرجع جغرافیایی است (Khan et al., ۲۰۱۸). در بحث مکانیابی سایت دفن زباله به کمک GIS در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته است.

قائدرحمت و همکاران (Ghaed Rahmat et al., ۲۰۱۷) مکانیابی دفن زباله در شهرستان بهبهان را به کمک GIS و مدل AHP مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این مطالعه از ۱۰ معیار استفاده و پس از وزن‌دهی، مناسب‌ترین مناطق جهت احداث دفن زباله معرفی شد. نویسندگان در این مطالعه ۵ مکان را به عنوان بهترین سایت‌ها جهت احداث محل دفن زباله در شهرستان بهبهان معرفی کردند. براکت و همکاران (Barakat et al.,۲۰۱۷) مکانیابی دفن زباله به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS را در منطقه بنی ملال-خوریبگای مراکش انجام دادند. در این مطالعه نویسندگان از ۱۰ معیار (فاصله از

مناطق مسکونی، جهت باد، زمین‌شناسی، فاصله از گسل‌ها، فاصله از آب‌های سطحی، سطح آب‌های زیرزمینی، کاربری اراضی، فاصله از جاده‌ها، ارتفاع و شیب منطقه) و به روش‌های بولین و تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده کردند. نتایج نشان داد که ۵۴ درصد منطقه از لحاظ احداث اصلا مناسب نبوده و فقط ۱۰ درصد منطقه برای احداث سایت دفن زباله مناسب است. اروهی و همکاران (Errouhi et al., ۲۰۱۸) در تحقیقی به ارزیابی و انتخاب محل دفن زباله به روش AHP و به کمک GIS در منطقه اومازا مراکش پرداختند. این محققین به کمک بررسی ۱۳ لایه معیار و وزن‌دهی به لایه‌ها مناسب‌ترین اراضی در پهنه مورد مطالعه را جهت احداث سایت دفن زباله مشخص کردند. در پژوهشی دیگر پاسالاری و همکاران (Pasalari et al., ۲۰۱۹) به کمک روش Fuzzy-AHP در محیط GIS به مکانیابی دفن زباله شهر شیراز پرداختند. در مطالعه مذکور به کمک ۱۵ معیار، ۶ سایت مناسب جهت دفن زباله در شیراز معرفی گردید که این سایت‌ها ۱.۰۰۳ درصد از مساحت کل شهرستان شیراز می‌باشد. کامدار و همکاران (Kamdar et al., ۲۰۱۹) به بررسی مکانیابی محل دفن زباله‌های شهری در منطقه سونگخلا (تایلند) با استفاده از رویکرد GIS-AHP پرداخته‌اند. این محققین با بررسی بیش از ۱۳ معیار مورفولوژیکی، محیطی و اجتماعی-اقتصادی، ۹۹۳.۱۹ هکتار از اراضی را به عنوان مکان بسیار مناسب و ۱۸۰.۷۲ هکتار از اراضی را به عنوان مکان‌های نسبتاً مناسب معرفی کردند. مرتضوی چمچالی و همکاران (Mortazavi Chamchali et al., ۲۰۲۱) به کمک مقایسه دو روش منطق فازی و روش Topsis و با استفاده از رویکردهای بازدید میدانی، زمین‌شناسی مهندسی و آزمایشات‌ژئوتکنیک مکانیابی دفن زباله را در شهر رودبار مورد مطالعه و بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه به کمک ۲۷ معیار بهترین مکان را از بین اراضی مستعد دفن زباله در شهر رودبار ارزیابی و انتخاب کردند. در این مطالعه مدل فازی دارای حداکثر مطابقت با داده‌ها و بازدیدهای میدانی را داشته است. سیلوا لوپز و همکاران (Silva López et al., ۲۰۲۲) در تحقیقی به کمک روش AHP و با استفاده از GIS و RS مکانیابی سایت دفن زباله در مناطق شمال‌غربی کشور پرو (چاچاپویاش و هوائنکاس) را بررسی و به کمک ۱۴ زیرمعیار فیزیکی، محیطی، اجتماعی-اقتصادی مناسب‌ترین مکان‌ها جهت استفاده بهره‌برداران را تا سال ۲۰۴۰ معرفی کردند.

در پژوهش حال حاضر با استفاده از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی به بررسی، مطالعه و معرفی مکان‌های مناسب جهت دفن زباله در شهرستان هفتکل (استان خوزستان) با رعایت معیارهای زیست محیطی پرداخته شده است. منطقه مورد مطالعه از جمله شهرهای نفتی مهم استان خوزستان بوده و از لحاظ تداخل با سازهای نفتی و شبکه خطوط انتقال نفت و گاز موجود دارای شرایط ویژه‌ای است و مکانیابی سایت دفن زباله باید به صورت صحیح و دقیق صورت گیرد. همچنین شهرستان هفتکل در مسیر یکی از راه‌های اصلی استان خوزستان واقع شده و جاده ارتباطی بین استان خوزستان، چهارمحال و بختیاری و اصفهان بوده و از نظر توجه به زیبایی شهر و حفظ طبیعت منطقه مهم می‌باشد. با توجه به اهمیت و پرکاربرد بودن مدل Fuzzy-AHP و نبود این پژوهش در مطالعات شهرستان، تحقیق پیش رو صورت گرفته است.

مبانی نظری

مکانیابی[۱]

۱ .Site Selection

علمیاتی است که طی آن فرد متخصص با ارائه نیازها، اهداف و اطلاعات وضع موجود در پی دستیابی به بهترین انتخاب از بین گزینه‌های موجود برای کاربری مورد نظر می‌باشد. مکانیابی مناسب و بهینه زمانی امکان‌پذیر است که محقق بتواند ارتباط علمی و منطقی مناسبی بین اطلاعات و داده‌های بدست آمده از کارشناسان مرتبط با موضوع مکانیابی و با توجه به اولویت‌ها برقرار سازد. به سبب نقش و تاثیر شاخص‌ها و پارامترهای متنوع در مکانیابی، امروزه با استفاده از GIS و یا به روش ترکیبی با کمک سایر مدل‌ها کوشش می‌گردد مکانیابی به طرز علمی‌تری در محیط‌های شهری انجام پذیرد (یمانی و علیزاده، ۱۳۹۴).

زباله یا پسماند[۲]

زباله یا پسماند مواد جامد، گاز و مایعی هستند که نتیجه فعالیت‌های انسانی بوده و از دید تولیدکننده دور ریز حساب می‌شوند. تعریف زباله یا پسماند در محیط‌زیست سازمان ملل متحد شامل اشیایی است که دارندگان‌شان آن‌ها را نمی‌خواهد یا نیازی به آن‌ها ندارد یا از آن‌ها بهره نمی‌برند. از این‌رو بازفرآوری، پردازش و یا دفع در آن‌ها نیاز است. انواع پسماند شامل: پسماند خانگی (شهری)، پسماند پزشکی (بیمارستانی)، پسماند ویژه یا خطرناک (نظیر پسماندهای کشاورزی و صنعتی و غیره) (رحمانی، ۱۳۹۴).

دفن زباله[۳]

دفن زباله به طور گسترده به عنوان یک روش مناسب پیش از سوزاندن شناخته می‌شود، زیرا روش سوزاندن فقط حجم زباله را کاهش می‌دهد و همچنان باقیمانده‌های آن آلاینده‌های گازی تولید و نیاز به دفن نهایی دارند. علیرغم اینکه دفع زباله‌های جامد شهری به عنوان یک روش مورد بحث بوده، اما هنوز هم راه حل رایج برای کشورهای در حال توسعه است (Kamaruddin et al., ۲۰۱۷). این روش از رایج‌ترین مدل‌های دفع زباله جامد شهری می‌باشد. براساس تجربیات بدست آمده دفن بهداشتی مواد جامد شهری قابل قبول‌ترین و اقتصادی‌ترین روش می‌باشد. به فشرده‌سازی و دفن کردن زباله در پایان عملیات روزانه دفن بهداشتی زباله می‌گویند (نجاتی لاریمی، ۱۳۹۸).

ارزیابی چند معیاره[۴]

فرآیندهای واقعی اعمال شده در تصمیم‌گیری، ارزیابی نامیده می‌شود. برای دستیابی به هدفی خاص معمولاً چندین معیار نیاز به ارزیابی دارند. چنین رویه‌هایی را ارزیابی چند معیاره یا چند متغیره می‌گویند. با ظهور GIS و توسعه مستمر آن در دهه گذشته از جمله گنجاندن پشتیبانی‌های تصمیم‌گیری در آن، سیستم اطلاعات جغرافیایی به ابزاری ایده‌آل برای مکانیابی تبدیل شده است (Hasan et al., ۲۰۰۹). تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره یک تکنیک شناخته شده برای حل مشکلات تصمیم‌گیری پیچیده در انتخاب محل دفع زباله است (Demesouka et al., ۲۰۱۹).

تحلیل سلسله مراتبی[۵]

تحلیل سلسله مراتبی روشی است که امکان تصمیم گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی را فراهم می‌کند (یمانی و علیزاده، ۱۳۹۴). این روش توسط محققی بنام توماس ال ساعتی در سال ۱۹۷۷ پیشنهاد گردید. توماس ال ساعتی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را به عنوان نوعی از تکنیک‌های

۲ .Waste
۳ .Waste Disposal
٤ . Multi-Criteria Evaluation
٥ . Analytic Hierarchy Process (AHP)

تصمیم‌گیری چند معیاره پیشنهاد کرد که در آن یک مشکل به شکل سلسله مراتبی تجزیه شده و هدف کلی در بالاترین قسمت فرآیند خواهد بود (Saaty, ۱۹۹۰). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی متکی بر قضاوت هاست. در نتیجه نسبی بوده و قضاوت‌ها می‌تواند از یک شخص به شخص دیگر متفاوت باشد (Whitaker, ۲۰۰۷). همچنین استفاده از آن مستلزم ریاضیات دست و پاگیر نبوده، بنابراین درک آن آسان و می‌تواند به طور موثر هر دو داده کمی و کیفی را کنترل کند (Kahraman et al., ۲۰۰۳).

منطق فازی[۶]

داده‌های مربوط به هر معیار دارای بازه و مقیاس اندازه‌گیری متفاوتی هستند (چیت‌سازان و همکاران، ۱۳۹۲). اگر بخواهیم لایه‌های مختلف نقشه‌های معیار را با یکدیگر ترکیب کنیم مقیاس آنها باید با هم در تناسب و یکسان‌سازی شود. برای یکسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آنها به واحدهای قابل مقایسه می‌توان از فرآیند استانداردسازی معیارها استفاده کرد (سالاری و همکاران، ۱۳۹۱). می‌توان برای استانداردسازی معیارها از روش فازی استفاده نمود.

روش فازی کلیه مقادیر و ارزش لایه‌ها را در یک بازه صفر و یک مرتب می‌کنند. یعنی با بالا رفتن مقدار عضویت آن ناحیه از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. از توابع مشهوری چون: Linear، J-Shap، Near و Sigmodial برای قالب‌بندی در روش استانداردسازی فازی استفاده می‌گردد (چیت‌سازان و همکاران، ۱۳۹۲). از دیگر عوامل موثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی می‌توان به تعیین حد آستانه یا نقاط کنترلی اشاره کرد. افزایش یا کاهشی بودن توابع نکته ای است که بایستی در انتخاب نوع تابع به آن توجه نمود. تابع کاهشی (حداقل شونده یا نزولی بودن) و تابع افزایشی بودن (حداکثر شونده یا صعودی بودن) را نشان می‌دهد (متکان و همکاران، ۱۳۸۷).

ارتباط سیستم اطلاعات جغرافیایی و مکانیابی دفن زباله

ارزیابی یک سایت جدید دفن زباله شهری فرآیندی پیچیده است. فرآیندی که به تخصص قابل توجهی در انواع مختلف علوم نظیر: علوم اجتماعی، زیست محیطی مانند علوم خاک، مهندسی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، کاربری اراضی، جامعه‌شناسی و اقتصاد نیاز دارد. روش‌های مکانیابی سایت دفن زباله نیازمند پارامترهایی مثل فاصله از جاده‌ها، سکونت، عناصر زیرساختی کلیدی و غیره می‌باشد. بنابراین این مکان‌یابی شامل پردازش تعداد قابل توجهی از داده‌های مکانی، مقررات و معیارهای پذیرش و همچنین یک همبستگی کارآمد بین اطلاعات می‌باشد (Sumathi et al., ۲۰۰۸). در سال‌های اخیر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان یک ابزار بسیار مهم برای تحلیل تناسب کاربری اراضی مطرح شده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند رابطه فضایی بین پدیده‌های برداشت شده را شناسایی و تجزیه و تحلیل کند و از این طریق سیاست‌گذاران را قادر می‌سازد تا منابع اطلاعاتی متفاوت را پیوند داده و برای نتایج پروژه و استراتژی اهداف بلند مدت خود برنامه‌ریزی کنند (Malczewski, ۲۰۰۴).

سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش مهمی در مکانیابی سایت‌های دفن زباله دارد. مزیت بالقوه رویکردهای مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مکانیابی نه تنها باعث کاهش هزینه و صرفه جویی در زمان شده بلکه باعث ایجاد یک بانک داده دیجیتالی برای نظارت‌های دراز مدت فراهم خواهد کرد. سیستم اطلاعات جغرافیایی همچنین نقش کلیدی در نگهداری داده‌های حساب مشترکان برای

۶ . Fuzzy Logic

تسهیل عملیات جمع‌آوری زباله، ارائه خدمات به آنها، تجزیه و تحلیل مکان‌های بهینه برای ایستگاه‌های انتقال زباله، برنامه‌ریزی مسیرها برای وسایل نقلیه انتقال زباله به ایستگاه‌های انتقال و از ایستگاه‌های انتقال به محل‌های دفن زباله و همچنین نظارت طولانی مدت بر محل‌های دفن زباله ایفا می‌کند (Sumathi et al., ۲۰۰۸).

مواد و روش‌ها

برخی از اطلاعات استفاده شده در این تحقیق شامل: مدل رقومی ارتفاعی منطقه (از سایت USGS[۷])، نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس صدهزار با تاکید بر تفکیک نهشته‌های کواترنری (از سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی استان خوزستان)، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شبکه راه‌های شهرستان (از سایت OSM[۸])، خطوط انتقال برق فشار قوی شهرستان (سایت OSM)، خطوط انتقال نفت و گاز منطقه (استخراج از تصاویر ماهواره ای Google Earth)، لایه کاربری اراضی، اطلاعات مربوط به آبخوان‌ها و چاه‌های آب منطقه (سازمان آب و برق استان خوزستان)، لایه مناطق حفاظت شده (سایت OSM) و آب‌های سطحی می‌باشد. در جمع‌آوری، تحلیل داده‌ها و ترسیم نقشه‌ها از نرم افزارهایی نظیر: Google Earth Pro ۷،۳، ARC GIS ۱۰.۸.۱، Global Mapper ۲۳،۱، ARC GIS Pro ۳.۰.۱، Expert Choice ۱۱ و Adobe Illustrator ۲۰۲۲ استفاده شد. برای هرکدام از معیارهای مورد استفاده در این پژوهش از جمله آب‌های سطحی و زیرزمینی، شیب، ارتفاع، فاصله از راه، فاصله از نواحی مسکونی (شهر و روستا)، فاصله از گسل، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و فاصله از خطوط انتقال نیرو و نفت و گاز یکسری محدودیت‌ها براساس دستورالعمل‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور در نظر گرفته شده که این محدودیت‌ها در این پژوهش در نظر گرفته شده است.

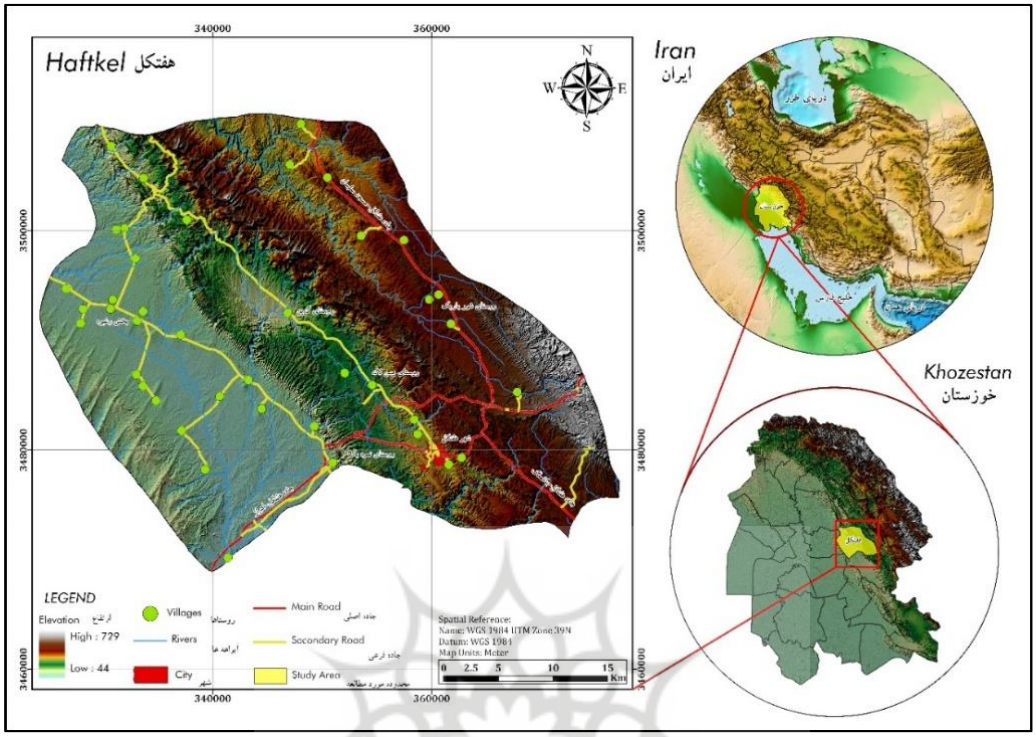
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهرستان هفتکل با کشف نفت، دومین شهر نفتی ایران لقب گرفت. شهرستان هفتکل تقریباً در مرکز استان خوزستان قرار گرفته است. این شهر تا اهواز مرکز استان خوزستان ۹۰ کیلومتر، تا رامهرمز ۳۵ کیلومتر، تا باغملک ۳۹ کیلومتر، تا مسجدسلیمان ۸۰ کیلومتر، تا ایذه ۸۵ کیلومتر و تا شوشتر ۱۰۰ کیلومتر فاصله دارد (شکل ۱).

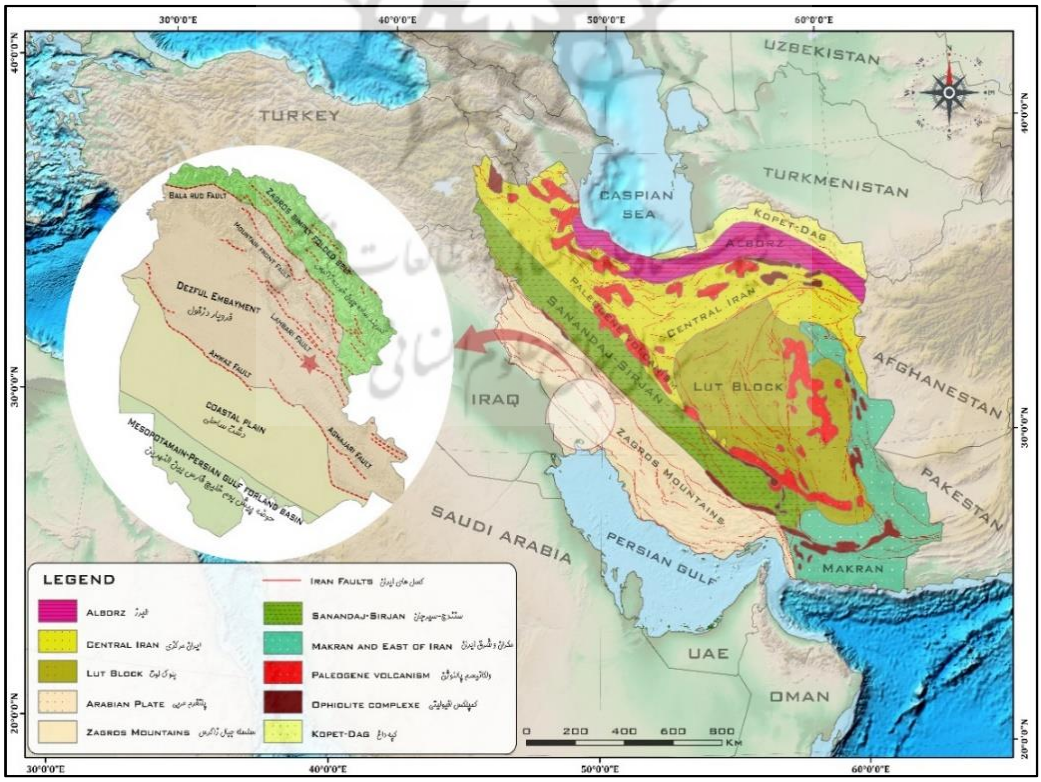
زمین شناسی ساختاری منطقه مورد مطالعه

زمین‌شناسی ایران یکی از بهترین نمونه‌های جهانی در برخورد پلیت‌های قاره‌ای با یکدیگر است. این برخورد که بین صفحه عربی و اوراسیا بوده باعث بوجود آمدن کمربند زاگرس شده است (Kananian et al., ۲۰۱٤). رشته کوه زاگرس بخشی از سیستم کوهزایی آلپ-هیمالیا بوده و با امتداد شمال‌غربی-جنوب‌شرقی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از کوه‌های توروس در ترکیه تا تنگه هرمز امتداد دارند. کمربند زاگرس به دو صورت طولی و عرضی به مناطق تکتونیکی مختلف با الگوهای ساختاری و تکاملی متفاوت تقسیم می‌شود. این کمربند توسط پهنه‌های گسلی با روند شمالی-جنوبی و شرقی-غربی باعث بوجود آمدن مناطق زیر در زاگرس شده است: فروافتادگی کرکوک در عراق، زون لرستان، زون خوزستان (از جمله فروافتادگی دزفول) و زون فارس (Carruba et al., ۲۰۰٦). فروافتادگی دزفول مهمترین بخش نفتی در زاگرس می‌باشد (Farahzadi et al., ۲۰۱۹) (شکل۲).

۷ . United States Geological Survey
۸ . Open Street Map

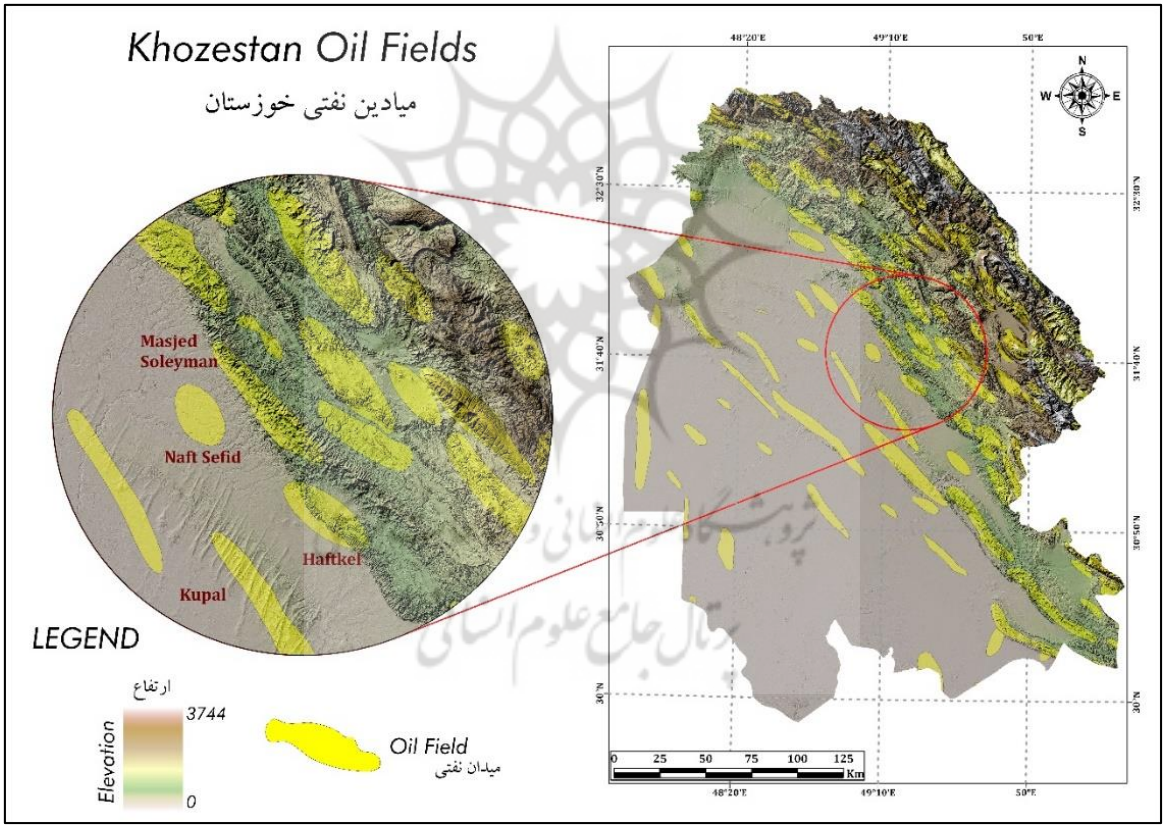


شکل ۱: محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان).



شکل ۲: زون‌بندی ساختاری ایران و استان خوزستان برگرفته از نقشه زمین‌شناسی صدهزار استان خوزستان برگرفته از اژدی و عبیات، ۱۳۹۴ با اندکی تغییرات توسط نگارندگان.

از نظر زمین‌شناسی، این منطقه بین سپرعربی (پلیت عربی) و کمربند ساده چین‌خورده زاگرس قرار دارد. از دهه ۱۹۴۰ پتانسیل اقتصادی فروافتادگی دزفول و دشت آبادان توسط اکتشافات نفتی قابل توجه در میادین نفتی اهواز و مارون به اثبات رسیده است (Fard et al., ۲۰۰٦). تقریباً تمامی ذخایر نفتی ایران که ۱۰ درصد از کل ذخایر نفت جهان را تشکیل می‌دهد، در فروافتادگی دزفول واقع در بخش جنوبی خوزستان کشف شده است (شکل۳). شناخت و آشنایی با الگوی ساختاری فروافتادگی دزفول نقش مهمی در برنامه‌های اکتشاف و تولید میادین نفت و گاز در این منطقه دارد. سازند گچساران ضخیم‌ترین و گسترده‌ترین واحد تبخیری نئوژن در شمال فروافتادگی دزفول است (Ghanadian et al., ۲۰۱۷). شهرستان هفتکل از لحاظ تقسیمات ساختاری زمین‌شناسی در رشته کوه‌های زاگرس و بخش فروافتادگی دزفول قرار دارد.

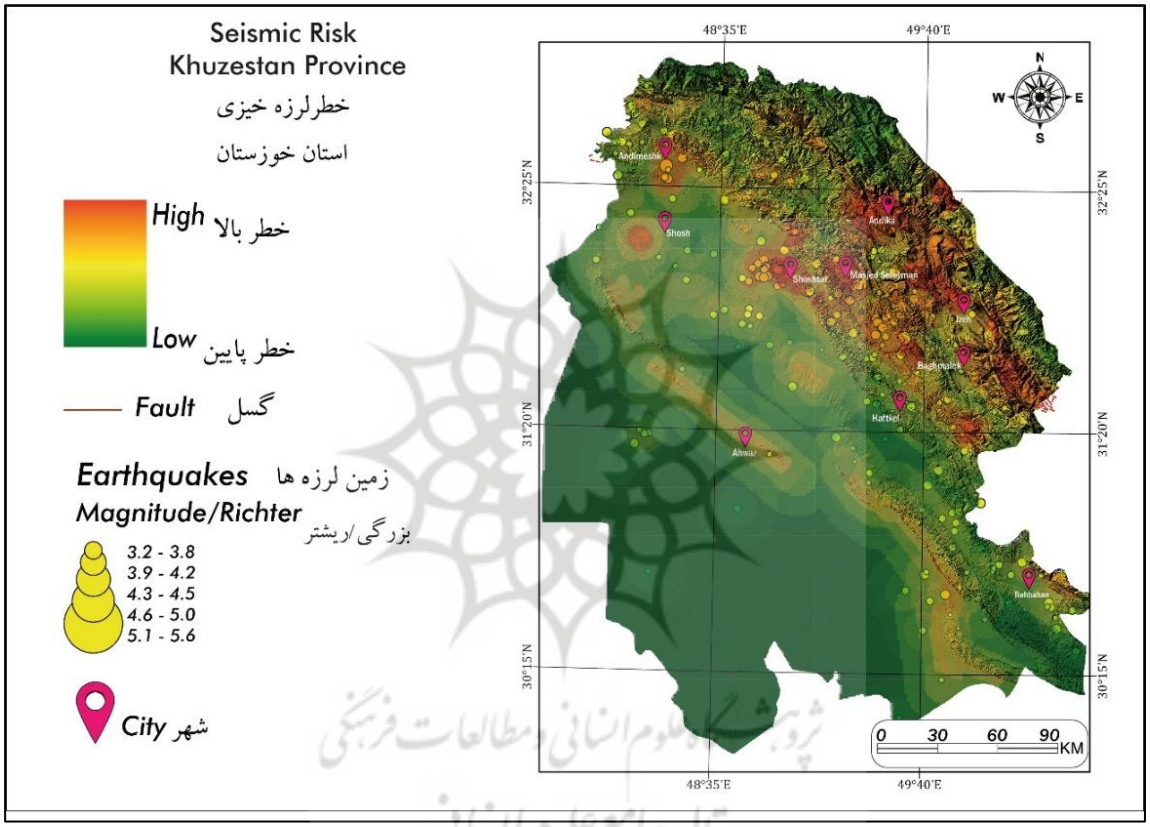


شکل ۳: نقشه میادین نفتی استان خوزستان و بخش مورد مطالعه (منبع: نگارندگان).

لرزه‌خیزی منطقه مورد مطالعه

از لحاظ لرزه‌خیزی، منطقه زاگرس چین‌خورده در اثر حرکت رو به شمال صفحه عربی و برخورد آن با صفحه ایران، در راستای شمال خاوری-جنوب باختری فشرده می‌شود. به همین دلیل زاگرس در حال حاضر تحت تاثیر دگرشکلی ناشی از فشارهای زمین‌ساختی قرار گرفته و باعث لرزه‌خیزی این منطقه شده است. عموما زلزله‌های این منطقه کمتر از ۷ ریشتر بوده و به ندرت شدت آنها بالاتر از ۷ ریشتر بوده و معمولا کم ژرفا هستند. زاگرس و دشت خوزستان سبب

فعالیت تعداد زیادی گسل شده که منشا لرزش‌های زمین در این منطقه هستند. بر پایه مطالعات لرزه زمین ساخت و نقشه‌های زمین‌شناسی فعال‌ترین گسل‌های استان خوزستان عبارتند از مافارون، اندکان، مرده فل، لهبری، دزفول، رامهرمز، شمال بهبهان، آغاجاری، مارون، رگ سفید و اهواز (جعفری و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به اهمیت لرزه‌خیزی ناحیه مورد مطالعه در مکانیابی سایت دفن زباله و رعایت فاصله از گسل‌های فعال و غیرفعال حریم قانونی براساس ضوابط از گسل‌ها در این پژوهش رعایت شده است. همچنین شهرستان مورد مطالعه از لحاظ لرزه‌خیزی در منطقه تقریبا آرام تکتونیکی قرار دارد (شکل ۴).

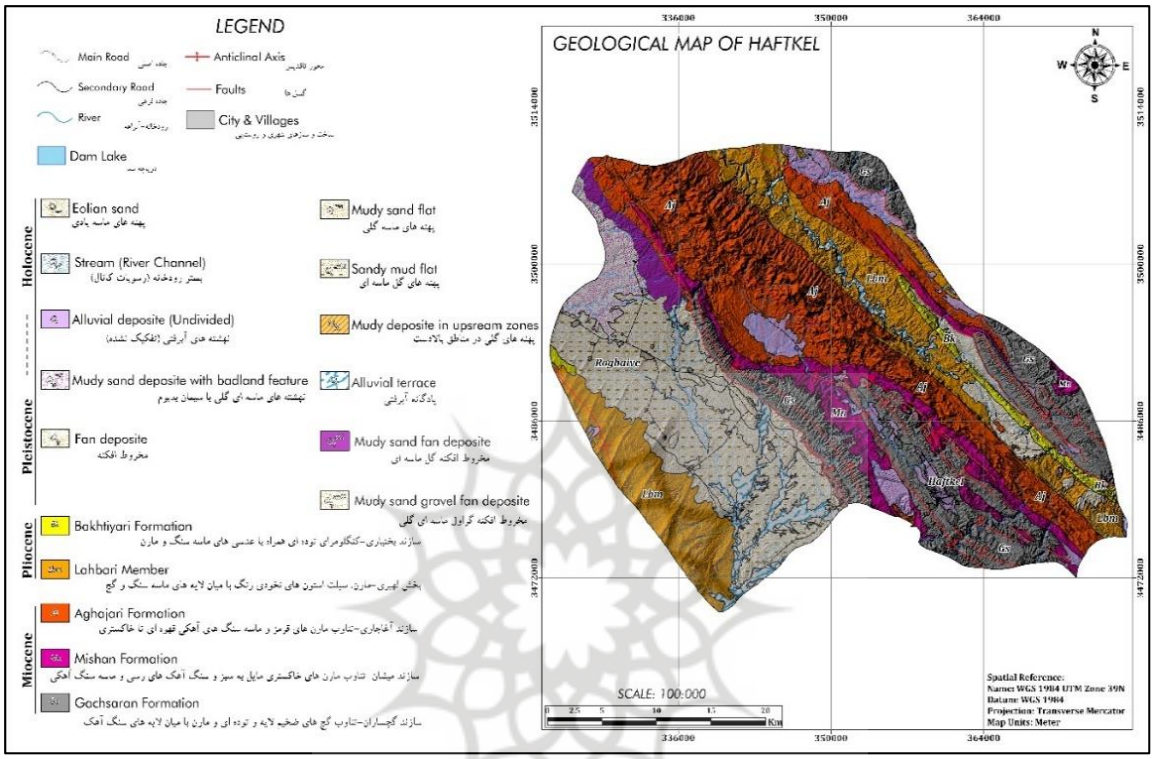


شکل ۴: نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌خیزی استان خوزستان به روش تحلیل سلسله مراتبی و موقعیت شهرستان هفتکل برگرفته از (جعفری و همکاران، ۱۴۰۰) با اندکی تغییرات کارتوگرافی توسط نگارندگان.

چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل دو بخش سازندهای اصلی و رسوبات عهدحاضر بصورت تفکیک شده می‌باشد. رسوبات عهد حاضر در منطقه شامل: پهنه‌های گلی در مناطق بالادست، پهنه‌های گل ماسه‌ای، رسوبات بستر رودخانه (رسوبات کانال)، پهنه‌های ماسه بادی، پادگانه‌های آبرفتی، مخروط افکنه گراول ماسه‌ای گلی، پهنه‌های ماسه گلی، نهشته‌های ماسه‌ای گلی با سیمان بدبوم، مخروط افکنه‌ها، نهشته‌های آبرفتی تفکیک نشده و مخروط افکنه گل ماسه‌ای می‌باشد. همچنین سازندهای سخت منطقه شامل: سازند بختیاری (کنگلومرای توده‌ای همراه با عدسی‌های ماسه‌سنگ و مارن)، بخش لهبری (مارن، سیلت استون‌های نخودی رنگ با

میان لایه‌های ماسه‌سنگ و گچ)، سازند آغاجاری (تناوب مارن‌های قرمز و ماسه‌سنگ‌های آهکی قهوه ای تا خاکستری)، سازند میشان (تناوب مارن‌های خاکستری مایل به سبز و سنگ آهک‌های رسی و ماسه‌سنگ آهکی) و سازند گچساران (تناوب گچ‌های ضخیم لایه و توده ای و مارن با میان لایه‌های سنگ آهک) می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه زمین‌شناسی شهرستان هفتکل برگرفته از نقشه زمین‌شناسی صدهزار استان خوزستان (اژدی و عبیات، ۱۳۹۴) با اندکی تغییرات توسط نگارندگان.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بحث

در فرآیند مکان‌یابی استخراج لایه‌های مورد نیاز اولین مرحله از مراحل عملی تحقیق می‌باشد که طی آن لایه‌های نقشه‌ی هر یک از معیارها و زیرمعیارهای استخراج‌شده و برای انجام مراحل بعدی وارد پایگاه داده GIS می‌شوند. این مرحله شامل رقومی‌سازی، زمین مرجع نمودن، GIS Ready نمودن لایه‌های اطلاعاتی می‌باشد. به همین جهت پس از شناسایی معیارهای مورد استفاده به تهیه پایگاه داده پرداخته شد. در GIS لزوما بایستی کلیه لایه‌ها در یک سیستم مختصات قرار داشته باشند به همین علت در تمامی مراحل لایه‌ها در این بانک اطلاعاتی به سیستم مختصات UTM و بیضوی مبنای WGS٨٤ تبدیل شده‌اند تا مدل عوارض و خصوصیات آنها به شکل صحیح و منطبق بر طبیعت باشد. این منطقه نیز در زون شماره ۳۹ شمالی واقع شده است و اندازه پیکسل‌ها در نقشه‌ها معادل ۳۰ * ۳۰ متر در نظر گرفته شده است. پس از مشخص شدن معیارها و زیرمعیارها و تهیه لایه‌ها به کمک مدل تحلیل سلسله مراتبی مقایسه زوجی انجام شد.

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری مکانی مدل تحلیل سلسله مراتبی بوده که اولین بار توسط ال‌ساعتی مطرح شده است. خصوصیت اصلی مدل تحلیل سلسله مراتبی مقایسه زوجی است. پس

شناسایی هر کدام از معیارها براساس اهمیت نسبی و میزان تاثیر هریک از آنها در تعیین پدیده مورد نظر باید وزن خاصی داده شود. مقایسات زوجی در مدل تحلیل سلسله مراتبی براساس جدول ۱ ارزش‌گذاری می‌شود. لازم به ذکر است که برای تایید صحت تعیین وزن معیارها از نرخ ناسازگاری استفاده خواهد شد. زمانی که نرخ ناسازگاری برابر یا بزرگتر از مقدار ۰/۱ باشد، نشان از قضاوت‌های ناسازگار دارد و یا اگر کمتر از این مقدار باشد نشان دهنده سازگاری مناسب دارد (حجازی زاده و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۱: مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی (حجازی زاده و همکاران، ۱۴۰۰).

ترجیحات	مقدار عددی
کاملا مرجع و یا کاملا مطلوب‌تر	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مرجع یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	۳
ارجحیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۲ و ۴ و ۶ و ۸

در این تحقیق تعدادی کارشناس متخصص که بصورت تصادفی انتخاب شده‌اند، پرسشنامه ویژه جهت امتیازدهی به معیارهای مورد نیاز جهت مکانیابی را تکمیل کردند. پس از تکمیل هر کدام از پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان، از تمامی آنها میانگین‌گیری صورت گرفت و پرسشنامه نهایی تهیه شد. پرسشنامه نهایی که شامل سه معیار اصلی موروفولوژیکی، محیطی و اقتصادی-اجتماعی بهمراه زیر معیارها بوده در نرم افزار Expert Choice تحلیل و وزن نهایی معیارها و زیر معیارها بدست آمد (جدول ۲). پس از مقایسه زوجی توسط کارشناسان و میانگین‌گیری باید به این نکته توجه داشت که تمامی نقشه‌های معیار با یکدیگر قابل مقایسه نبوده زیرا در واحدهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌شوند (مثلاً واحدهای فاصله‌ای، واحد کاربری اراضی و غیره). از این رو لازم است که در فرآیند تصمیم‌گیری نقشه معیارها که دارای مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی هستند، استانداردسازی شوند. در این پژوهش جهت استانداردسازی و تبدیل لایه‌های معیار به واحدهای قابل مقایسه از روش‌های فازی استفاده شده است. روش همسان‌سازی مورد استفاده در این پژوهش استفاده از توابع فازی بوده که دامنه تغییرات آن بین ۱-۰ صفر می‌باشد.

جدول ۲: وزن نهایی معیارهای اصلی و زیر معیارها.

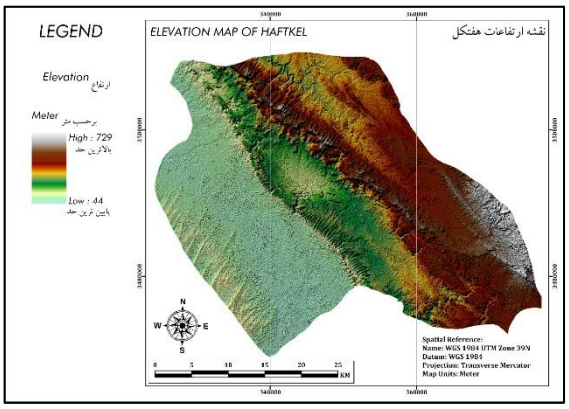
معیارهای اصلی	وزن	زیرمعیار	وزن
مورفولوژیکی (ضریب ناسازگاری ۰.۰۰)	۰/۴۴۳	شیب	۰/۸۰۰
		ارتفاع	۰/۲۰۰
محیطی (ضریب ناسازگاری ۰.۰۵)	۰/۳۸۷	زمین شناسی	۰/۲۹۳
		آب زیرزمینی	۰/۲۹۳
		گسل	۰/۲۰۷
		آب‌های سطحی	۰/۲۰۷
		راه	۰/۴۱۱
اقتصادی-اجتماعی (ضریب ناسازگاری ۰.۰۵)	۰/۱۶۹	خطوط نفت و گاز	۰/۱۳۸
		خطوط برق	۰/۰۹۵
		مناطق مسکونی	۰/۱۸۳
		مناطق حفاظت شده	۰/۰۸۸
		کاربری اراضی	۰/۰۸۵

معیارهای مورفولوژیکی

مورفولوژی منطقه بر بسیاری از فرآیندها نظیر میزان آب و خاک، پتانسیل فرسایش، رواناب و سرعت جریان سطحی و زیرسطحی تأثیر دارد (Barakat et al., ۲۰۱۷). شیب و ارتفاع زمین به عنوان پارامترهای اساسی برای ساخت محل دفن زباله در نظر گرفته می‌شوند (Karasan et al., ۲۰۱۹). به طوری که با افزایش شیب و ارتفاع، مناسب بودن یک منطقه برای محل دفن زباله کاهش می‌یابد (Torabi-Kaveh et al., ۲۰۱۶). در این بخش به بررسی نقش دو شاخص شیب و ارتفاع که از معیارهای مورفولوژیکی در مکان-یابی محل دفن می‌باشند، پرداخته می‌شود.

معیار ارتفاع

ارتفاع یک عامل ضروری است و باید هنگام انتخاب مکان‌های مناسب برای دفن زباله در نظر گرفته شود (Hussien & Meaza, ۲۰۱۹). پستی و بلندی‌های زمین برای جلوگیری از نشت شیرابه زباله و همچنین برای کاهش هزینه‌های حفاری و تسطیح زمین‌های نامنظم مهم است (Silva López et al., ۲۰۲۲). ارتفاع از جمله عوامل مهمی است که بر سایر پارامترها نظیر شیب و جهت شیب تأثیر دارد. مناطق با ارتفاع و شیب زیاد محل مناسب جهت دفن زباله نبوده و دسترسی را دشوار می‌کند. محل دفن زباله در مناطق با ارتفاع بالاتر به دلیل هزینه‌های بالاتر حفاری مناسب نیستند. بنابراین از نقطه نظر اقتصادی باید از نواحی مرتفع و پرشیب پرهیز کرد (Mohsin et al., ۲۰۲۲). در این پژوهش برای عامل ارتفاع، مناطق پست‌تر اولویت بیشتری را نسبت به مناطق مرتفع و صعب العبور دارند. در این منطقه با توجه به اینکه حداکثر ارتفاع منطقه ۷۲۹ متر می‌باشد (شکل ۶)، مناطق با ارتفاع کمتر از ۲۰۰ متر بهترین مناطق جهت دفن پسماند در نظر گرفته و ارزش کمی و کلاس ۵ را به خود اختصاص داده است (جدول ۳). با استفاده از دستور تابع فازی خطی نرمال‌سازی بر روی این لایه با توجه به هدف تحقیق صورت گرفته که در شکل ۱۲ نقشه نرمال شده آن نشان داده شده است.



شکل ۶: نقشه ارتفاعات شهرستان هفتکل (منبع: نگارندگان).

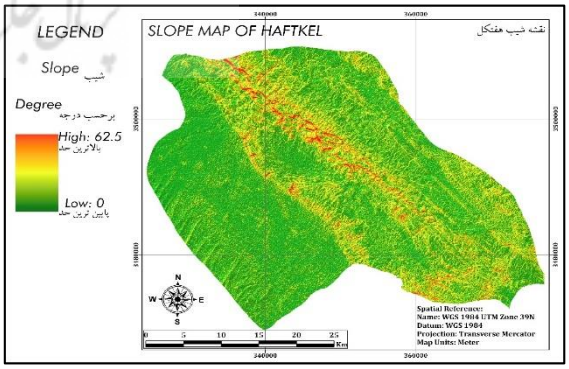
جدول ۳: امتیاز دهی طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
ارتفاع	کمتر از ۲۰۰	۵
	۲۰۰ – ۳۰۰	۴
	۳۰۰ – ۴۰۰	۳
	۴۰۰ – ۵۰۰	۲
	> ۵۰۰	۱

معیار شیب

شیب یک عامل مهم و حیاتی در ساخت و ساز از دیدگاه هزینه است (Demesouka et al., ۲۰۱۹). شیب‌های بسیار تند منجر به بالا رفتن هزینه‌های حفاری و خاکبرداری می‌شود (Saadat Foomani et al., ۲۰۱۷). شیب‌های بالاتر و تندتر خطر زمین لغزش و سایر پدیده‌های شکست شیب را افزایش داده و برای سایت‌های دفن زباله مناسب نیستند (Mohsin et al., ۲۰۲۲). معمولا شیب مناسب جهت ساخت محل دفن زباله حدود ۵-۱۵ درصد است (El Maguiri et al., ۲۰۱۶). شیب‌های کمتر از ۶ درجه و نهایتا تا ۱۷ درجه مناسب و بالاتر از این مقدار برای سایت دفن زباله مناسب نیست (Barakat et al.,

۲۰۱۷). شیب کمتر از ۱۰ درجه مناسب و مناطق با شیب بیشتر از ۲۰ درجه را نمی‌توان برای محل دفن بهداشتی در نظر گرفت (Mohsin et al., ۲۰۲۲). کامدار و همکاران (۲۰۱۹)، شیب‌های بین ۰ تا ۱۰ درجه را به عنوان محل مناسب برای ساخت سایت‌های دفن زباله پیشنهاد داده‌اند. شیب‌های تندتر از ۱۵ درجه باعث افزایش جریان باران شده، بنابراین آلاینده‌ها می‌توانند مسافت بیشتری را از منطقه طی کنند (El Maguiri et al., ۲۰۱۶). منطقه مورد مطالعه در محدوده نسبتاً هموار تا کوهستانی از نظر شیب قرار گرفته است (شکل ۷). با توجه به اینکه هرچه شیب زمین کمتر باشد میزان خطر آسیب-پذیری در مواقع بحران کاهش می‌یابد از این رو در راستای امتیازدهی به طبقات شیب، با مطالعات صورت گرفته مشخص شد بهترین شیب برای محل مکان دفن زباله کمتر از ۵ درجه می‌باشد که ارزش کمی ۵ (مطلوبیت خیلی زیاد) را به خود اختصاص داده است (جدول ۴) و چون در این معیار طبقات با شیب کم در پهنه خیلی مطلوب و طبقات با شیب زیاد در پهنه خیلی نامطلوب قرار می گیرند، با استفاده از دستور تابع فازی خطی نرمال‌سازی بر روی این لایه با توجه به هدف تحقیق صورت گرفت که در شکل ۱۲ نقشه نرمال شده آن نشان داده شده است.



شکل ۷: نقشه شیب شهرستان هفتکل برحسب درجه (منبع: نگارندگان).

جدول ۴: امتیاز دهی طبقات شیب منطقه مورد مطالعه.

معیار	شیب بر حسب درجه	ارزش کمی
شیب	۰ - ۵	۵
	۵ – ۱۰	۴
	۱۰ – ۱۵	۳
	۱۵ – ۲۵	۲
	> ۲۵	۱

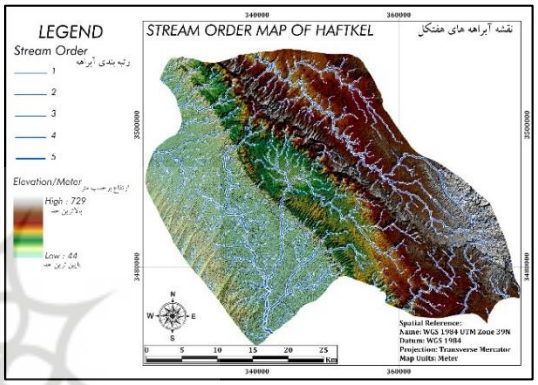
معیارهای محیطی

دفع صحیح پسماندها بدون به خطر انداختن ذخایر طبیعی و کیفیت محیطی آنها به یک ضرورت مطلق برای جلوگیری از خطرات زیست محیطی و بهداشت عمومی تبدیل شده است و یکی از بزرگترین وظایف عصر ما است (Randazzo et al., ۲۰۱۸). از این رو در این بخش به بررسی معیارهای محیطی نظیر فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از آب‌های زیرزمینی، خصوصیات زمین‌شناسی و فاصله از گسل‌ها پرداخته می‌شود.

معیار فاصله از آب‌های سطحی

یکی از مهمترین عوامل در انتخاب محل دفن زباله بحث آلودگی آب‌های سطحی می‌باشد (Torabi-Kaveh et al., ۲۰۱۶). محل‌های دفن زباله شیرابه و گازهای سمی تولید می‌کنند (Kamdar et al., ۲۰۱۹). بنابراین محل‌های دفن زباله نباید در مجاورت منابع آب‌های سطحی قرار گرفته باشند (Güler & Yomralıoğlu, ۲۰۱۷). در نتیجه با توجه به گسترش و سهولت جریان آب‌های سطحی بهتر است جهت جلوگیری از انتقال و انتشار آلودگی محل دفن زباله خارج از محدوده تاثیر آب‌های سطحی باشد (Saeedi et al., ۲۰۲۰). فاصله از آب‌های سطحی مطابق با نظرات کارشناسان و پژوهش‌های انجام شده و طبق مصوبه سازمان حفاظت از محیط زیست کشور حداقل فاصله ۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است. لذا کلاس

اول که ارزش کمی ۱ را به خود اختصاص داده فاصله حریم ۵۰۰ متری را رعایت و به سمت کلاس های بالاتر فواصل بیشتری رعایت شده است (جدول ۵). به منظور نرمال‌سازی از تابع خطی فازی افزایشی استفاده گردید که شکل ۱۲ نقشه پهنه‌بندی مطلوبیت زمین به لحاظ فاصله از معیار رودخانه جهت تعیین مکان‌های مناسب دفن زباله‌های شهرستان هفتکل را نشان می دهد.



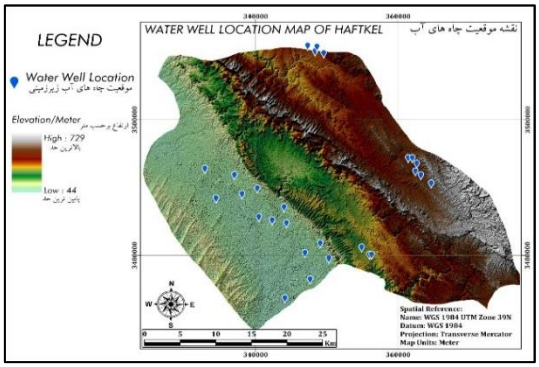
شکل ۸: نقشه آبراهه‌های سطحی شهرستان هفتکل (منبع: نگارندگان).

جدول ۵: امتیاز دهی طبقات فاصله از آب‌های سطحی.

معیار	کلاسه بندی	ارزش کمی
فاصله از آب‌های سطحی	۰ - ۵۰۰	۱
	۵۰۰ – ۱۰۰۰	۲
	۱۰۰۰ – ۱۵۰۰	۳
	۱۵۰۰ – ۲۰۰۰	۴
	> ۲۰۰۰	۵

معیار فاصله از آب‌های زیرزمینی

نزدیکی پروژه دفن زباله به یک منبع آبی به عنوان یک نقطه ضعف در نظر گرفته می‌شود، زیرا فعالیت‌های دفن زباله پتانسیل تغییر کمیت منابع آبی را از طریق جابه‌جایی شیرابه و فرسایش زباله در مناطق نزدیک دارد (Barakat et al., ۲۰۱۷). اینکه مکان دفن زباله در مناطقی قرار گیرد که خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی به حداقل برسد، از اهمیت بالایی در پروژه‌های مکانیابی برخوردار است (Kamdar et al., ۲۰۱۹). همانند آب‌های سطحی، افزایش فاصله از منابع آب زیرزمینی (چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها) خطر آلودگی را کاهش می‌دهد (Saatsaz et al., ۲۰۱۸). آلودگی آب‌های زیرزمینی از محل‌های دفن زباله توسط عوامل متعددی از جمله نفوذپذیری واحدهای سنگی آبخوان و ویژگی‌های آن تعیین می‌شود (Kamdar et al., ۲۰۱۹). هر تن زباله شهری حدود ۵۰۰ لیتر شیرابه تولید کرده و هر لیتر شیرابه حدود ۴۰۰۰ لیتر آب زیرزمینی را آلوده می‌کند. در صورت عدم دفع صحیح زباله‌ها، روزانه ۶۴ میلیون متر مکعب آب در کشور آلوده خواهد شد (امامی و اسلامی، ۱۳۹۷). بنابراین مکان‌های دفن زباله نباید در نزدیکی هیچ منبع آبی ساخته شود (Barakat et al., ۲۰۱۷). پهنه‌هایی که واقع در حریم ۴۰۰ متری بوده‌اند رتبه ۱ (مطلوبیت خیلی کم) و پهنه‌های که در بیشتر از ۵۰۰۰ متر قرار گرفته‌اند، رتبه ۵ (مطلوبیت خیلی زیاد) را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۶). شکل شماره ۱۲ نقشه استانداردسازی با استفاده از تابع فازی را نشان می‌دهد که با توجه به رتبه‌بندی صورت گرفته از تابع خطی-افزایشی فازی استفاده شده است، مناطقی که با رنگ سبز نشان داده شده بهترین مکان‌ها به لحاظ معیار فاصله از آب‌های زیرزمینی (چاه) را جهت تعیین مکان دفن پسماند زباله‌های شهرستان هفتکل نشان می‌دهد.



شکل ۹: نقشه موقعیت چاه های آب زیرزمینی شهرستان هفتکل (منبع: نگارندگان).

جدول ۶: طبقات فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی.

معیار	کلاسه بندی	ارزش کمی
فاصله از آب‌های زیرزمینی	۰ - ۴۰۰	۱
	۴۰۰ – ۱۰۰۰	۲
	۱۰۰۰ – ۳۰۰۰	۳
	۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۴
	> ۵۰۰۰	۵

معیار زمین شناسی

خصوصیات زمین‌شناسی منطقه تا حد زیادی میزان و جهت نشت شیرابه، سرعت شیرابه و سهولت حفاری را کنترل می‌کند (Saatsaz et al., ۲۰۱۸). واحدهای زمین‌شناسی مستحکم جهت مکان‌های دفع زباله ایمن‌ترین هستند. در این راستا از مناطق مستعد زلزله، آتشفشان، رانش‌زمین، فرسایش، فرونشست و به ویژه مناطق کارستی باید در فرآیند مکانیابی به طور کامل اجتناب کرد (Torabi-Kaveh et al., ۲۰۱۶). سازندهای زمین‌شناسی با نفوذپذیری کم نقش ویژه‌ای در انتخاب مکان دفن دارند (Şener et al., ۲۰۱۱). هرچه نفوذپذیری بیشتر باشد احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط شیرابه بیشتر است (Saadat Foomani et al., ۲۰۱۷). در رسوبات آبرفتی با لیتولوژی نظیر ماسه، شن و سنگریزه آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی به دلیل خطر گسترش سریع آلودگی ناشی از شسته شدن توسط آب باران بیشتر است. در سنگ آهک، گچ و به طور کلی تمامی زمین‌های دارای ترک‌خوردگی آلودگی بسیار سریع گسترش یافته و می‌تواند در فواصل طولانی گسترش یابد.

در لیتولوژی‌های ناهمگن با نفوذپذیری کم نظیر شن‌های ریز و ماسه‌های رسی آلودگی آهسته‌تر پخش شده ولی زمان طولانی‌تری باقی می‌ماند (El Maguiri et al., ۲۰۱۶). نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ ترسیم و براساس میزان نفوذپذیری کلاس‌بندی شد.

جدول۷: امتیاز دهی واحدهای زمین شناسی براساس میزان نفوذپذیری (براساس نظریه کارشناسان رسوب شناسی).

ارزش کمی	جنس سنگ بستر	ارزش کیفی
۱۰	تناوب گچ های ضخیم لایه و توده ای و مارن با میان لایه های سنگ آهک-سازند گچساران	خیلی مناسب
۹	مارن، سیلت استون های نخودی رنگ با میان لایه های ماسه سنگ و گچ-ممبر لهبری	خیلی مناسب
۸	پهنه های گلی در مناطق بالا دست، نهشته های ماسه ای گلی با سیمان بدبوم و تناوب مارن های خاکستری مایل به سبز و سنگ آهک های رسی و ماسه سنگ آهکی-سازند میشان	مناسب
۷	مخروط افکنه گل‌ماسه‌ای و کنگلومرای توده‌ای همراه با عدسی‌های ماسه سنگ ومارن-سازند بختیاری	مناسب
۶	پهنه های گل ماسه ای، تناوب مارن های قرمز و ماسه سنگ های آهکی قهوه ای تا خاکستری-سازند آغاجاری و نهشته های آبرفتی تفکیک نشده	در حد متوسط
۵	پهنه های ماسه گلی	در حد متوسط
۴	مخروط افکنه گراول ماسه ای گلی و مخروط افکنه	نامناسب
۳	پادگانه آبرفتی	نامناسب
۲	بستر رودخانه (رسوبات کانال)	خیلی نامناسب
۱	پهنه های ماسه بادی	خیلی نامناسب

لیتولوژی‌های کربناته به دلیل خاصیت انحلال پذیری بالا بسیار نامناسب و مناطق با لیتولوژی مارنی و شیلی به دلیل نفوذپذیری کم و نیز سنگ‌های آذرین و دگرگونی یکپارچه برای محل دفن مواد زاید مناسب می‌باشد (سازمان حفاظت محیط زیست کشور). در منطقه مورد مطالعه با توجه به لیتولوژی و نفوذپذیری پایین سازندهای گچساران، ممبر لهبری، سازند میشان و سازند بختیاری ارزش بالاتری گرفته و نهشته‌های کواترنری منطقه به دلیل نفوذپذیری بالا ارزش کمتری را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۷).

معیار فاصله از گسل

یک عامل مهم که باید در شناسایی مکان‌های مناسب برای دفن زباله در نظر گرفته شود، نزدیکی به گسل می‌باشد. گسل‌ها برای پروژه‌های مهندسی مخاطره آمیز بوده و در نتیجه احتمال آسیب و آلودگی را افزایش می‌دهند (Wali Mahmood et al., ۲۰۲۱). خطوط گسلی و نواحی دارای شکستگی نفوذپذیری سنگ را افزایش داده و خطرات آلودگی آب‌های زیرزمینی را افزایش می‌دهند (Saatsaz et al., ۲۰۱۸). همچنین محل‌های انتخاب شده باید به منظور جلوگیری از تخریب ساختار محل دفن زباله در فاصله مناسبی از گسل‌ها قرار گیرند (Saeedi et al., ۲۰۲۰). خطر لرزه‌خیزی منطقه و مساحت اراضی ناپایدار از لحاظ تکتونیکی، عوامل مهمی برای تصمیم‌گیرندگان هنگام بررسی مکان‌یابی محل دفن زباله است. بنابراین مناطق با گسل‌های غیرفعال، فعال و در معرض زمین لغزش برای ساخت و ساز دفن زباله نامناسب در نظر گرفته می‌شوند (Kamdar et al., ۲۰۱۹). امتیازدهی فاصله از گسل‌ها طبق آیین‌نامه سازمان محیط زیست کشور انجام شد. حداقل فاصله از گسل‌ها ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده و با افزایش فاصله میزان مطلوبیت برای دفن پسماند نیز افزایش می‌یابد (جدول ۸).

جدول۸: طبقات فاصله از گسل‌های منطقه.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
فاصله از گسل	۰ - ۲۰۰	۱
	۲۰۰ – ۱۰۰۰	۲
	۱۰۰۰ – ۲۰۰۰	۳
	۲۰۰۰ – ۴۰۰۰	۴
	> ۴۰۰۰	۵

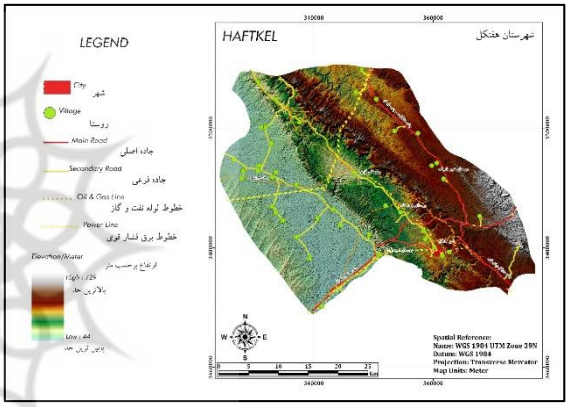
برای استانداردسازی معیار فاصله از گسل از تابع فازی خطی-افزایشی Linear استفاده شده است (شکل ۱۲).

معیارهای اقتصادی-اجتماعی

معیار فاصله از مناطق مسکونی

در بین مسائل زیست محیطی نزدیکی محل دفن زباله از مناطق جمعیتی و مسکونی دارای اهمیت بسیاری است (Randazzo et al., ۲۰۱۸). طبق قوانین اروپا محل‌های دفن زباله در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از مناطق مسکونی غیرقابل قبول بوده و بسیاری از محققین حداقل فاصله ۱۰۰۰ متری را در نظر گرفته‌اند (Kamdar et al., ۲۰۱۹). برای جلوگیری از تأثیرات منفی بر ارزش زمین، توسعه آتی و همچنین محافظت از جمعیت در برابر خطرات محیطی احتمالی ناشی از مکان‌های دفن زباله، مراکز مسکونی باید از مکان‌های دفن زباله فاصله داشته باشند (Wali Mahmood et al., ۲۰۲۱). همچنین محل دفن زباله در نزدیکی یک سکونتگاه مسکونی مشکلات زیست محیطی متعددی از جمله بوهای نامطبوع ایجاد می‌کند (Şener et al., ۲۰۱۰). بنابراین فاصله سایت‌های مورد بررسی جهت دفن زباله با مناطق مسکونی ارتباط مستقیم داشته و با افزایش فاصله امتیاز بالاتری را به خود اختصاص می‌دهند (Randazzo et al., ۲۰۱۸). امکان‌سنجی اقتصادی محل دفن زباله با منبع تولید زباله (مناطق مسکونی) عامل مهم دیگری است. زیرا نزدیکی محل دفن زباله به مراکز تولید زباله هزینه‌های حمل و نقل را کاهش می‌دهد. از این رو قرار دادن محل دفن زباله در مناطق بسیار دور از مراکز تولید زباله کاملاً غیرقابل قبول است زیرا وسایل نقلیه باید مسافت طولانی را طی کنند (Kamdar et al., ۲۰۱۹). همچنین به باور برخی محققین محل‌های دفن زباله مستقر در اراضی گران قیمت نیاز به کمک مالی بیشتری دارند

(Mohsin et al., ۲۰۲۲). برای تهیه‌ی این معیار با توجه به قوانین زیست محیطی کشور حریمی که از هر دو جنبه مذکور (سلامت انسان‌ها، هزینه و زمان مناسب) اهداف مورد نظر را تأمین کند، ایجاد گردید و در مکان‌یابی مورداستفاده قرار گرفت. در این مطالعه مطابق نظرات کارشناسان و طبق مصوبه سازمان حفاظت از محیط زیست کشور حداقل فاصله از مراکز سکونتی (شهر و روستا) ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است (جدول ۹). با استفاده از تابع خطی افزایشی فازی سازی بر روی لایه مذکور صورت گرفت.



شکل ۱۰: نقشه مناطق مسکونی، راه‌ها و خطوط نفت و گاز و برق شهرستان هفتکل (منبع: نگارندگان).

جدول ۹: طبقات فاصله از مناطق مسکونی.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
فاصله از مناطق مسکونی	۰ - ۱۰۰۰	۱
	۱۰۰۰ – ۳۰۰۰	۵
	۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۴
	۵۰۰۰ – ۸۰۰۰	۳
	> ۸۰۰۰	۲

معیار فاصله از راه‌ها

یکی از مهمترین جنبه‌های اقتصادی مکانیابی دفن زباله فاصله از جاده می‌باشد (Güler & Yomralıoğlu, ۲۰۱۷). راه‌ها شامل: راه‌های اصلی، راه‌های روستایی، بزرگراه‌ها و راه آهن می‌باشند (Saatsaz et al., ۲۰۱۸). محل‌های دفن زباله در نزدیکی جاده‌ها تأثیرات منفی نظیر: بوی‌بد، صدا، گرد و غبار و مشکلات زیبایی بر گردشگری منطقه و رانندگان و مسافران دارد (Wali Mahmood et al., ۲۰۲۱). محل‌های دفن زباله باید در فاصله مناسبی از شبکه راه‌ها قرار گیرند تا هزینه‌های ساخت راه‌های ارتباطی کاهش یابد و همچنین رسیدگی به زباله‌ها تسریع شود (Hussien & Meaza, ۲۰۱۹). همچنین محل‌های دفن زباله باید در مکان‌هایی جانمایی شود که در صورت وجود شرایط نامساعد جوی از طریق جاده‌های جایگزین قابل دسترس باشد (Randazzo et al., ۲۰۱۸).

برای جلوگیری از پراکندگی و راحتی کار نقشه جاده-های اصلی و فرعی در محیط نرم افزار با هم ادغام شد و به صورت نقشه جاده‌ها در نظر گرفته شد (شکل ۱۰). امتیازدهی فاصله از جاده‌ها طبق نظرات کارشناسان، پژوهش‌های انجام شده، ممنوعیت اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست کشور و نیز شرایط منطقه انجام شد که بر این اساس فاصله ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از جاده‌ها بهترین فاصله برای محل مناسب دفن پسماند در نظر گرفته شد (جدول ۱۰). سپس به کمک تابع فازی خطی نرمال‌سازی نقشه فاصله از راه انجام شد (شکل ۱۲).

جدول ۱۰: طبقات فاصله از راه‌های منطقه.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
فاصله از راه	۰ - ۳۰۰	۱
	۳۰۰ – ۱۰۰۰	۵
	۱۰۰۰ – ۳۰۰۰	۴
	۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۳
	> ۵۰۰۰	۲

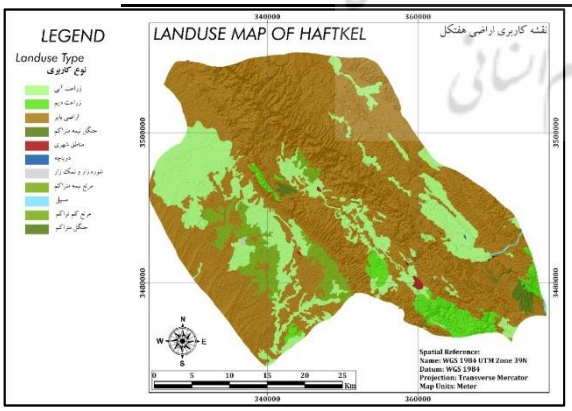
معیار کاربری اراضی

کاربری اراضی، استفاده انسان از زمین و محیط طبیعی را به تصویر می‌کشد (Kamdar et al., ۲۰۱۹). کاربری زمین در مکانیابی دفن زباله بسیار مهم بوده چرا که اراضی که دارای فعالیت هستند را نمی‌توان بعنوان مکان مناسب در نظر گرفت (Mohsin et al., ۲۰۲۲). برخی محققین طبقات کاربری اراضی را شامل مناطق جنگلی، کشاورزی، مسکونی، صنعتی، نظامی و باستان‌شناسی دانسته و برخی دیگر کاربری اراضی را به عنوان اراضی مسکونی، کشاورزی، صنعتی و بایر طبقه‌بندی کرده‌اند (Kamdar et al., ۲۰۱۹). محل دفن زباله نباید در نزدیکی یا داخل جنگل یا مناطق کشاورزی باشد (Pasalari et al., ۲۰۱۹) تا از تخریب و آلودگی خاک که یک منبع به کندی تجدیدپذیر است جلوگیری شود (Barakat et al., ۲۰۱۷). در مکانیابی دفن زباله بهتر است زمین‌های بایر و لخت را انتخاب کرده که بعد از اتمام دفن زباله قابل استفاده باشند (El Maguiri et al., ۲۰۱۶). برخی کارشناسان زمین‌های جنگلی و بایر به عنوان مناسب‌ترین مکان جهت دفن زباله معرفی کردند (Karasan et al., ۲۰۱۹). مناطق پرجمعیت و مسکونی، مناطق نزدیک به توده‌های آبی، مناطق نزدیک به جاده‌ها و مناطق گران‌قیمت به دلیل داشتن آلودگی محیطی سایت دفن زباله و مسائل بهداشت عمومی مناسب نیستند (Mohsin et al., ۲۰۲۲). بر این اساس ابتدا نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۱۱) و سپس با توجه به جدول (۱۱) کلاسه‌بندی و امتیازدهی واحدهای اراضی انجام شد.

جدول ۱۱: طبقات کاربری اراضی منطقه.

ارزش کمی	کاربری اراضی	ارزش کیفی
۱	شوره زار و نمکزار، سطوح آبی و مناطق مسکونی	خیلی نامناسب
۲	زراعت آبی و دیم	نامناسب
۳	جنگل نیمه متراکم و متراکم	متوسط
۴	مراتع نیمه متراکم و کم تراکم	مناسب
۵	اراضی بایر	خیلی مناسب

بر حسب میزان اهمیت کاربری‌ها برای سایت دفن زباله، ارزش‌گذاری انجام و مناسب و مناسب نبودن آنها مشخص شد. سپس با استفاده از تابع فازی مورد نظر در محیط نرم افزار فازی‌سازی لایه انجام شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۱: نقشه کاربری اراضی شهرستان هفتکل (منبع: نگارندگان).

معیار فاصله از خطوط نفت و گاز

با اکتشاف نفت در سال ۱۳۰۶ در شهرستان هفتکل این شهر به دومین شهر نفتی ایران بعد از مسجد سلیمان تبدیل شد.

در این شهرستان تاسیسات نفتی فراوانی نظیر خطوط لوله انتقال نفت و گاز قرار دارد. از بخش مرکزی شهرستان تا روستای نفت سفید (شمال غربی شهرستان) و نیز بخش رغیوه (جنوب غربی شهرستان) به سمت اهواز خطوط انتقال گاز و نفت متعددی قرار دارد (شکل ۱۰). بر این اساس در این پژوهش با توجه به آیین نامه سازمان محیط زیست کشور فاصله حریم حداقل ۵۰۰ متری از خطوط انتقال نفت و گاز رعایت شد.

جدول ۱۲: طبقات فاصله از خطوط نفت و گاز منطقه.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
فاصله از خط لوله نفت و گاز	۰ - ۵۰۰	۱
	۵۰۰ – ۲۰۰۰	۲
	۲۰۰۰ – ۴۰۰۰	۳
	۴۰۰۰ – ۶۰۰۰	۴
	> ۶۰۰۰	۵

سپس با توجه ارزش کمی پارامتر فاصله از خطوط انتقال نفت و گاز براساس جدول ۱۲ و به کمک تابع خطی فازی افزایشی Linear نرمال‌سازی شد (شکل ۱۲).

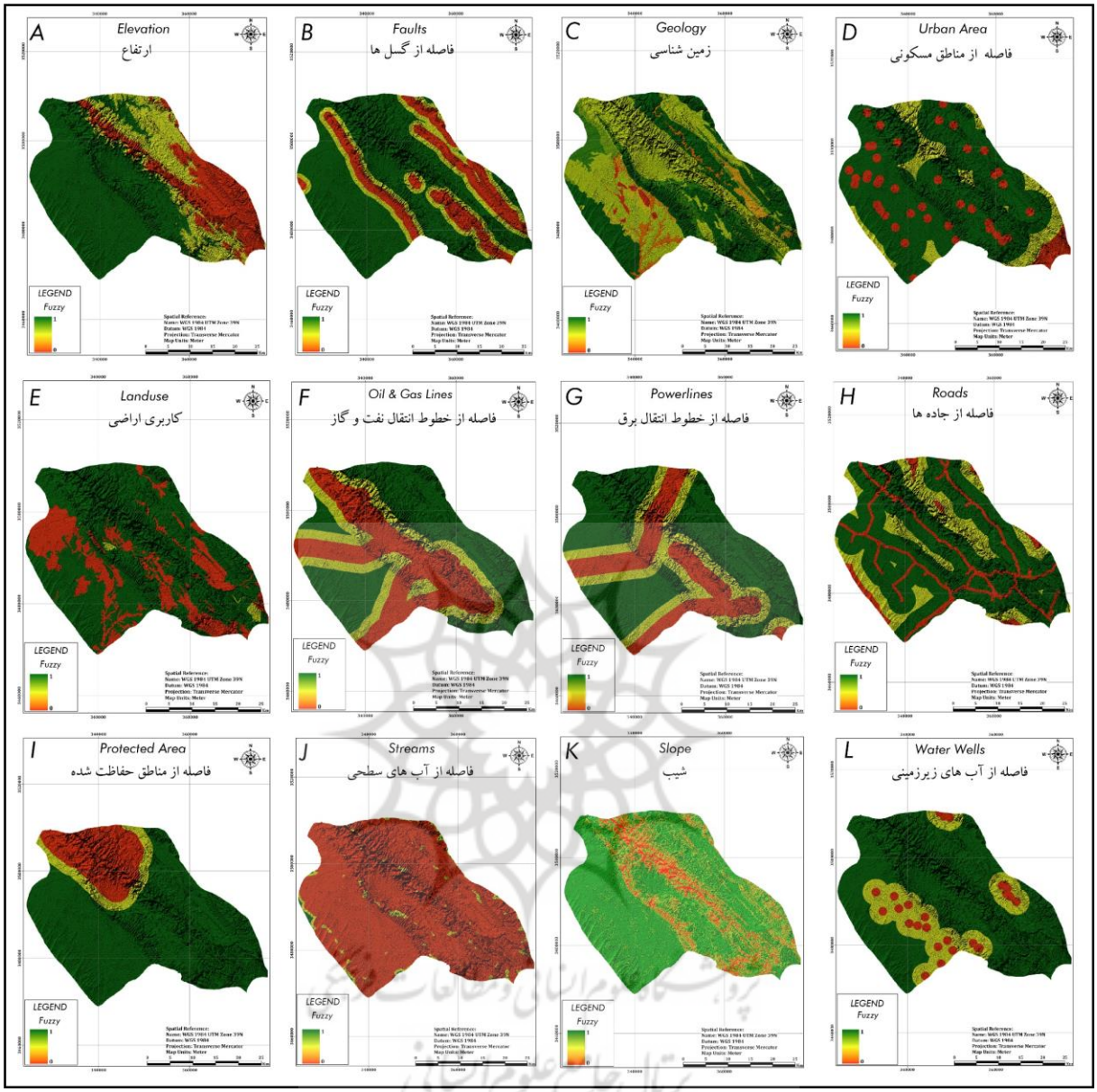
معیار فاصله از خطوط برق فشار قوی

یکی دیگر از معیارهایی که باید در مکانیابی سایت دفن زباله نظر گرفته شود، فاصله از خطوط انتقال برق فشار قوی است. مکانیابی دفن زباله باید در فاصله مناسبی از خطوط برق باشد. علاوه بر این خطوط برق باید در فاصله ایمن از محل دفن زباله باشند. زیرا دفن زباله ممکن است به خطوط برق آسیب برساند (Bahrani et al., ۲۰۱٦). براساس مقررات سازمان محیط زیست کشور محل‌های دفن زباله باید در فاصله حداقل ۵۰۰ متری از خطوط زیرساختی (خطوط برق، مجاری نفت و خطوط لوله آب) باشند (جدول ۱۳).

جدول ۱۳: طبقات فاصله از خطوط برق فشارقوی منطقه.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
فاصله از خطوط برق	۰ - ۵۰۰	۱
	۵۰۰ – ۲۰۰۰	۲
	۲۰۰۰ – ۴۰۰۰	۳
	۴۰۰۰ – ۶۰۰۰	۴
	> ۶۰۰۰	۵

فازی‌سازی لایه فاصله از خطوط انتقال برق فشار قوی به کمک تابع خطی فازی افزایشی Linear انجام شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: نقشه فازی شده معیارها (منبع: نگارندگان).

معیار فاصله از مناطق حفاظت شده

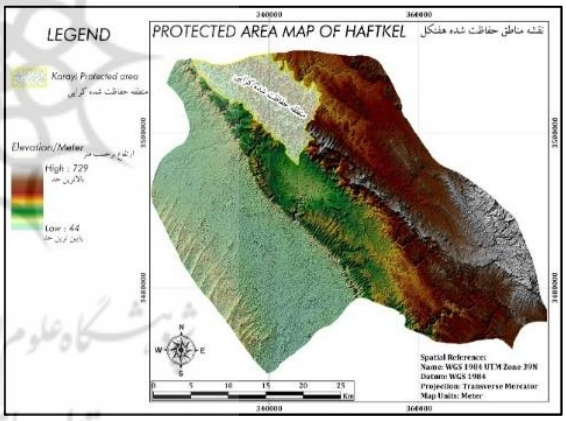
منطقه حفاظت شده ناحیه‌ای است که توسط هر کشور برای حفاظت از حیات وحش کنترل می‌شود و باید از هرگونه فعالیت منفی انسانی دور نگه داشته شود (Wali Mahmood et al., ۲۰۲۱). معیار فاصله از مناطق حفاظت شده بسیار مهم است زیرا محل دفن زباله‌ها می‌تواند باعث تخریب و آلودگی بالقوه اکوسیستم‌های حساس شود. تلاش شده تا مناطقی که تحت حفاظت مدیریت اداره کل محیط زیست ایران هستند، حفظ شوند. این مناطق شامل پارک‌های ملی، مناطق حفاظت شده، پناهگاه‌های حیات وحش و آثار ملی است (Saadat Foomani et al., ۲۰۱۷). محل دفن زباله نباید در فاصله کمتر از ۱ کیلومتری ذخایر طبیعی و مناطق حفاظت شده قرار گرفته باشد (Mahamid & Thawaba, ۲۰۱۰). منطقه حفاظت شده کرایی با وسعتی حدود ۴۰ هزار هکتار بر روی مرز سه شهرستان هفتکل، شوشتر و مسجدسلیمان در استان خوزستان واقع شده است. با

توجه به آیین‌نامه سازمان محیط زیست کشور در مورد مکانیابی سایت دفن زباله، حداقل فاصله ۱۰۰۰ متری براساس جدول ۱۴ از منطقه حفاظت شده کرایی رعایت شد.

جدول ۱۴: طبقات فاصله از مناطق حفاظت شده.

معیار	کلاسه بندی (متر)	ارزش کمی
فاصله از مناطق حفاظت شده	۰ - ۱۰۰۰	۱
	۱۰۰۰ – ۳۰۰۰	۲
	۳۰۰۰ – ۵۰۰۰	۳
	۵۰۰۰ – ۱۰۰۰۰	۴
	> ۱۰۰۰۰	۵

در محیط نرم افزار لایه رستری فاصله از منطقه حفاظت شده ترسیم سپس به کمک تابع خطی فازی- افزایشی Linear نرمال‌سازی نقشه انجام شد (شکل ۱۲).



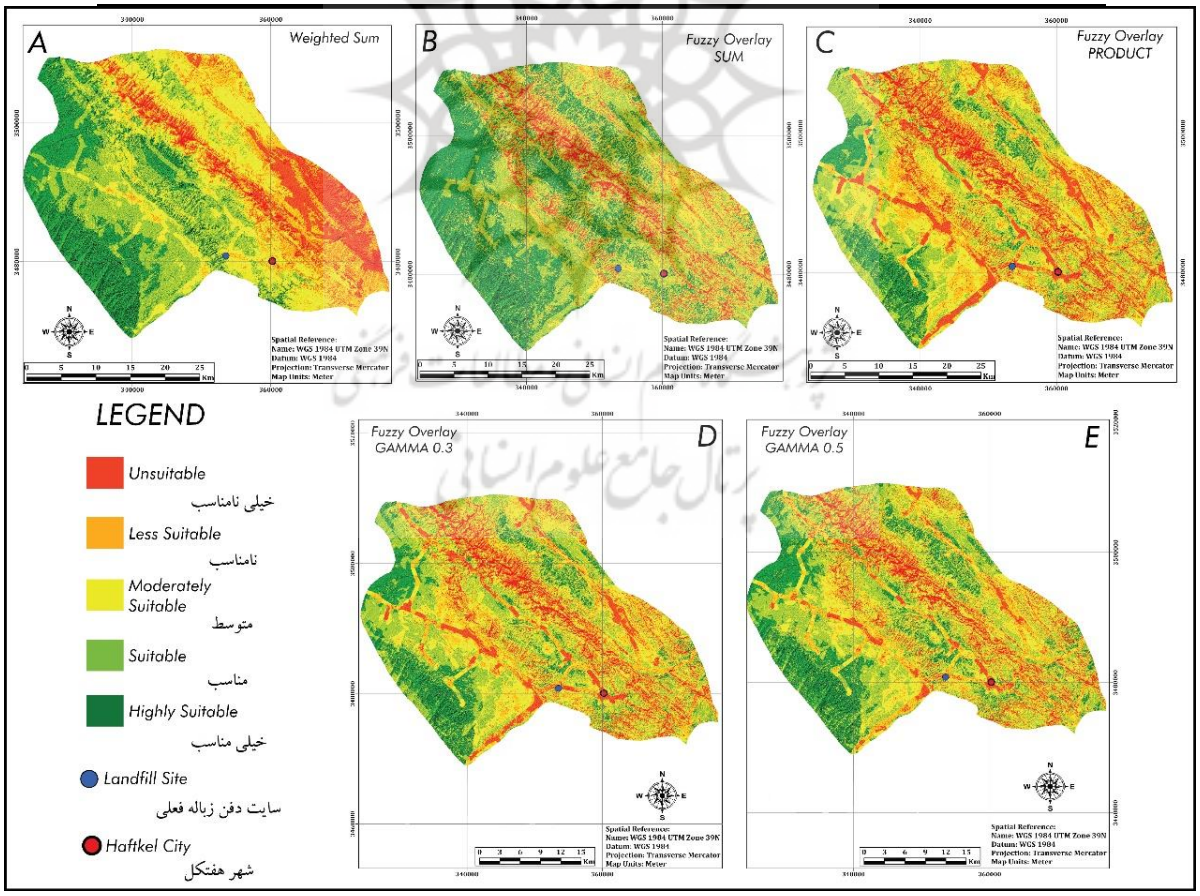
شکل ۱۳: نقشه ارتفاعات شهرستان هفتکل و بخشی از منطقه حفاظت شده کرایی (منبع: نگارندگان).

پس از فازی‌سازی لایه ها و تعیین وزن هر معیار به کمک مدل تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار Expert Choice فرایند روی هم گذاری لایه‌ها انجام شد. همچنین قابل ذکر است که ضریب ناسازگاری تمامی معیارهای تحقیق کمتر از ۰.۱ بوده که نشان می‌دهد مقایسات زوجی به درستی انجام شده است (جدول ۲). پس از فازی‌سازی و اعمال وزن هر معیار در محیط نرم افزار بر روی لایه‌های نرمال شده، به چندین روش روی هم‌گذاری لایه‌ها جهت رسیدن به بهترین نتایج انجام شد. در حالت اول به کمک ابزار Weighted Sum از مجموع ابزارهای Overlay روی همپوشانی انجام و نقشه نهایی دفن پسماند براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی بدست آمد. پس از استفاده از ابزار Weighted Sum، به کمک استفاده از ابزار Fuzzy Overlay و توابع آن روی هم‌گذاری لایه‌ها انجام و سپس براساس شکستگی‌های طبیعی[۹] نقشه نهایی مکانیابی سایت دفن زباله به ۵ طبقه تقسیم‌بندی (شکل ۱۴) و مساحت هر طبقه نیز بدست آمد (شکل ۱۶). همچنین از منطق بولین با توجه به منطق صفر و یک آن نیز استفاده شد و نقشه مکانیابی سایت دفن زباله در شهرستان هفتکل تهیه و با بقیه روش‌ها مقایسه شد (شکل ۱۵).

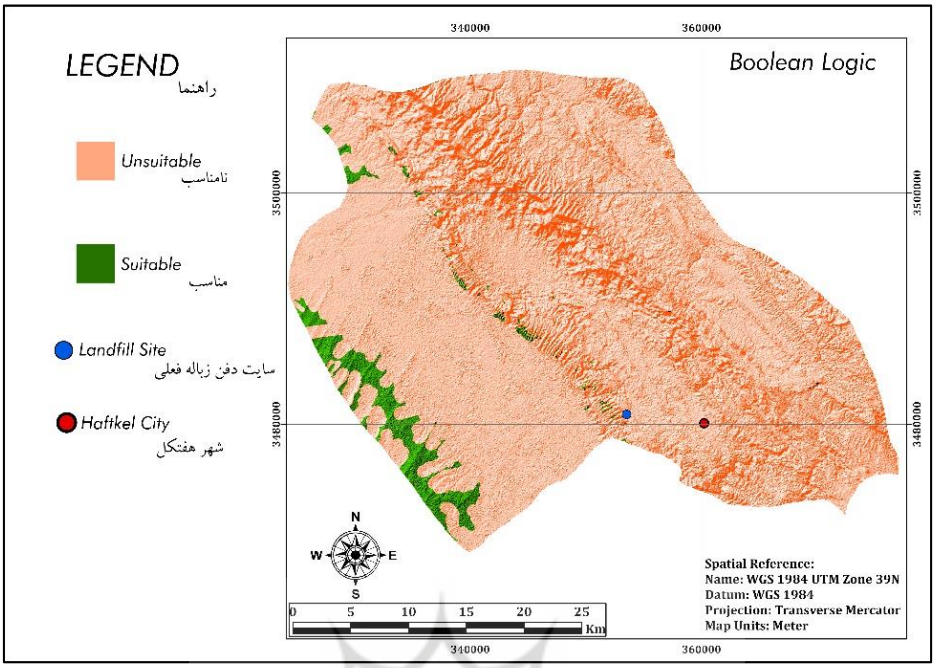
[۹] . Natural breaks (Jenks)

جدول ۱۵: معیارهای محیط زیستی جهت مکانیابی سایت دفن زباله شهرستان هفتکل به روش بولین.

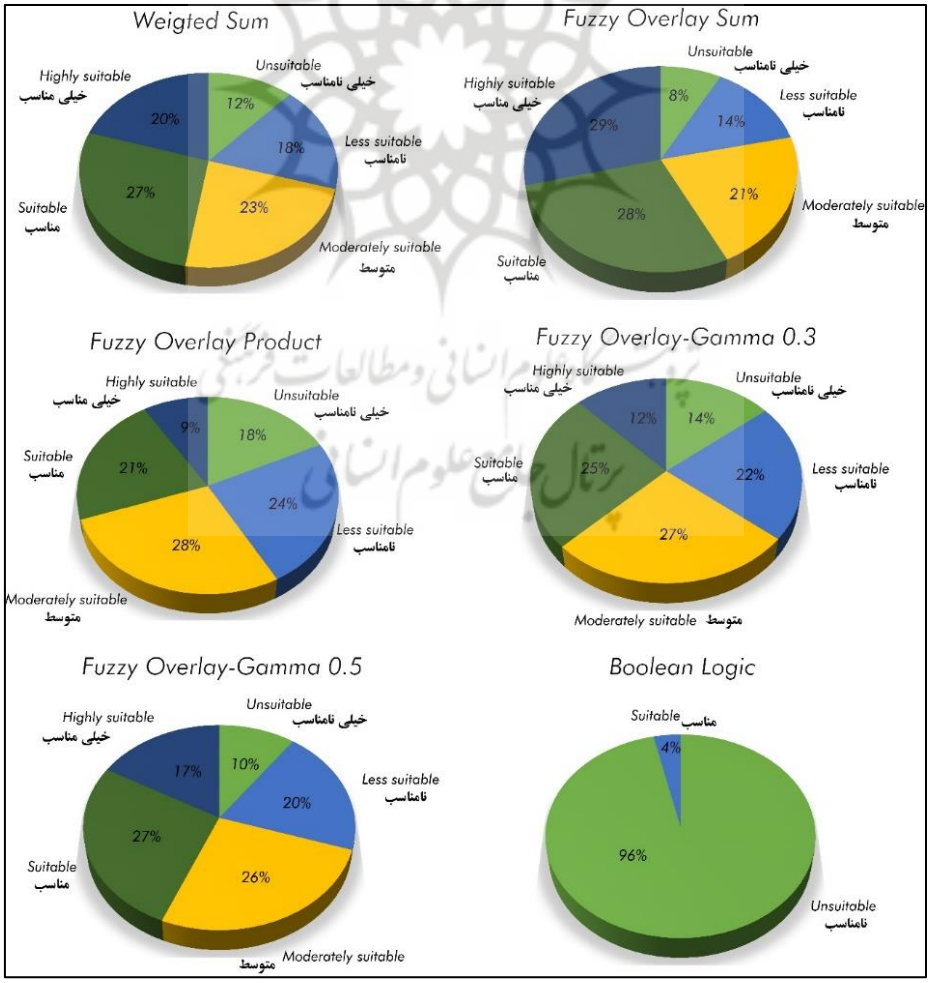
معیار	شرایط براساس آیین نامه محیط زیست
ارتفاع	ارتفاع کمتر از ۲۰۰ متر مناسب است
شیب	شیب کمتر از ۱۵ درجه مناسب است.
فاصله از آب‌های سطحی	فاصله بیشتر از ۵۰۰ متر مناسب است.
فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی	فاصله بیش از ۴۰۰ متر مناسب است.
واحدهای زمین شناسی	سازندهای گچساران و میشان، ممبر لهبری، پهنه‌های گلی در مناطق بالادست و نهشته های گلی با سیمان بدبوم مناسب است.
فاصله از گسل	فاصله بیش از ۲۰۰ متری مناسب است.
فاصله از مناطق مسکونی	فاصله بیش از ۱۰۰۰ متری مناسب است.
واحدهای کاربری اراضی	کاربری های بایر، مرتع نیمه متراکم و کم تراکم مناسب هستند.
فاصله از خطوط انتقال نفت و گاز	فاصله بیش از ۵۰۰ متر مناسب است.
فاصله از خطوط برق فشار قوی	فاصله بیش از ۵۰۰ متر مناسب است.
فاصله از مناطق حفاظت شده	فاصله بیش از ۱۰۰۰ متر مناسب است.
فاصله از راه‌ها	فاصله بیش از ۳۰۰ متر مناسب است.



شکل ۱۴ : نقشه نهایی مکانیابی سایت دفن زباله شهرستان هفتکل به روش های مختلف در تحقیق (منبع: نگارندگان).



شکل ۱۵ : نقشه نهایی مکانیابی سایت دفن زباله شهرستان هفتکل به روش بولین در تحقیق (منبع: نگارندگان).

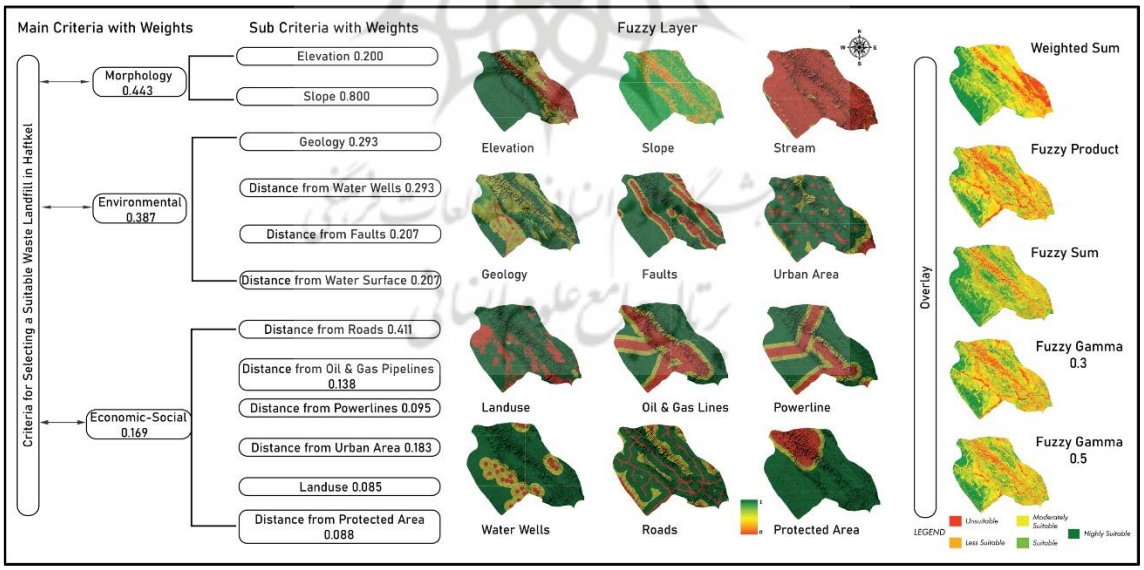


شکل ۱۶ : نمودار دایره‌ای میزان مساحت طبقات بدست آمده از مدل‌های استفاده شده در تحقیق (منبع: نگارندگان).

نتیجه‌گیری

به منظور مکانیابی سایت دفن زباله در شهرستان هفتکل سه معیار اصلی مورفولوژیکی، محیطی و اقتصادی-اجتماعی در نظر گرفته شد. معیار اصلی مورفولوژیکی شامل شیب و ارتفاع، معیار اصلی محیطی شامل زمین‌شناسی، فاصله از گسل‌ها، فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی و فاصله از آب‌های سطحی و معیار اصلی اقتصادی-اجتماعی شامل فاصله از راه‌ها، فاصله از خطوط انتقال نفت و گاز، فاصله از خطوط انتقال برق فشار قوی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مناطق حفاظت شده و کاربری اراضی بوده است. با توجه به شرایط مورفولوژیکی شهرستان که شامل دو بخش پست-هموار و بخش مرتفع (زاگرس چین‌خورده) بوده، به کمک نظر کارشناسان و استفاده از تحلیل سلسله مراتبی معیار اصلی مورفولوژیکی با ۰/۴۴۳ بیشترین امتیاز و اهمیت را در بین معیارهای اصلی به خود اختصاص داده است. همچنین با توجه به اهمیت شیب در مکانیابی و پس از آن ارتفاع، به کمک نتایج حاصله از پرسشنامه متخصصین مشخص شد شیب در بخش زیرمعیارهای مورفولوژیکی مهمترین عامل است. در بین زیر معیارهای دیگر به ترتیب زیرمعیارهای زمین‌شناسی، فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی و فاصله از راه‌ها بیشترین امتیاز را بدست آوردند. در این مطالعه از ۶ روش رایج هم پوشانی لایه‌ها شامل: Weighted Sum، Fuzzy Sum، Fuzzy Product، Fuzzy Gamma ۰،۳، Fuzzy Gamma ۰،۵ و Boolean استفاده شد. از بین روش‌های هم پوشانی لایه‌ها، روش Fuzzy Sum با ۴۰۷.۳۰ کیلومترمربع و روش Weighted Sum با ۲۸۳.۳۱ کیلومترمربع بیشترین اراضی مناسب را جهت احداث سایت دفن زباله معرفی کردند و پس از آن تابع Fuzzy Gamma ۰،۵ با ۲۳۵.۲۸ کیلومترمربع در جایگاه بعدی قرار دارد. دو تابع Fuzzy Gamma ۰،۳ و Fuzzy Product جزوه سختگیرانه‌ترین توابع بودند و به ترتیب ۱۷۱.۱۴ کیلومترمربع و ۱۲۴.۰۱ کیلومترمربع از اراضی شهرستان هفتکل را مناسب جهت احداث سایت دفن زباله معرفی کردند. از منطق بولین Boolean با توجه به منطق صفر و یک آن نیز استفاده شد و فقط ۴۹.۶ کیلومتر مربع از اراضی شهرستان هفتکل با توجه به شرایط حریم‌های ارائه شده جهت احداث سایت دفن زباله مناسب تشخیص داده شد. مطالعات نشان داد سایت کنونی دفن زباله شهرستان هفتکل (سه راهی اهواز- هفتکل- باغملک با مختصات جغرافیایی X:۳۵۳۵۱۹ و Y:۳٤۸۰۸۵۲ متریک زون ۳۹)، طبق منطق بولین در مکان نامناسب فعالیت دارد و در مابقی روش‌های مطالعه شده در محدوده متوسط از لحاظ معیارهای محاسبه شده قرار دارد.

شکل ۱۷ : محل سایت کنونی دفن زباله در شهرستان هفتکل، استان خوزستان (منبع: نگارندگان).



شکل ۱۸ : مدل کلی مکانیابی سایت دفن زباله در شهرستان هفتکل، استان خوزستان (منبع: نگارندگان).

منابع

-اژدری، علی و عبیات، احمد، (۱۳۹۴). نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰:۰۰۰ استان خوزستان. سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور (اداره کل منطقه جنوب باختری- اهواز).

-امامی، علی‌محمد و اسلامی، حسین، (۱۳۹۷). ارزیابی مکانی محل دفن پسماندهای شهری (مطالعه موردی: شهرستان اندیکا). فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۳، ص ۱۵۵-۱۶۹.

-جعفری، محمدامین، نظرپور، احد، چرچی، عباس، مومبنی و صالحی، رسول، (۱۴۰۰). بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی در شناسایی خط لرزه‌ای، مطالعه موردی: استان خوزستان. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱۱، شمار ۴، ص ۹۲۵-۹۴۱.

-چیت سازان، منوچهر، دهقانی، فاطمه، راست منش، فاطمه و میرزایی، یحیی، (۱۳۹۲). مکانیابی محل دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از فناوری های اطلاعات مکانی و منطق فازی-تحلیل سلسله مراتبی Fuzzy-AHP (مطالعه موردی: رامهرمز). مجله کاربرد سنجش از راه دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال چهارم، شماره ۱، صفحه ۳۹-۵۵.

-حجازی زاده، زهرا، خسروی، آراس، حسینی، سید اسعد، رحیمی، علیرضا و کربلایی، علیرضا، (۱۴۰۰). پتانسیل‌سنجی مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران به منظور کسب انرژی از خورشید با استفاده از منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۳، ص ۱-۱۸.

-رحمانی، مصطفی، (۱۳۹۴). مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و ژئوالکتریک در شهرستان زنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه گاوازنگ، زنجان، ص ۱۵۲.

-سالاری، مرجان، معاضد، هادی و رادمنش، فریدون، (۱۳۹۱). مکانیابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل AHP-FUZZY در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر شیراز). فصلنامه علمی پژوهشی طلوع بهداشت، سال یازدهم، شماره اول، صفحه ۹۶-۱۰۹.

-قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیست انسانی. سازمان حفاظت محیط زیست کشور.

-متکان، علی‌اکبر، شکیبا، علیرضا، پورعلی، سیدحسین و نظم فر، حسین، (۱۳۸۷). مکانیابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: شهر تبریز). فصلنامه علوم محیطی، سال ششم، شماره دوم، ص ۱۲۱-۱۳۲.

-نجاتی لاریمی، یاسر، (۱۳۹۸). مکانیابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل ANP و Vikor در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان بابلسر). پایان نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان، ص ۶۶.

-یمانی، مجتبی و علیزاده، شهناز، (۱۳۹۴). مکانیابی بهینه دفن زباله‌های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS). فصلنامه علمی و پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دروه ۲۴، شماره ۹۶، ص ۷۹-۹۰.

-Al-Ansari, N., Al-Hanbali, A., & Knutsson, S. (۲۰۱۲). Locating solid waste landfills in Mafraq city, Jordan. Journal of Advanced

-Farahzadi, E., Alavi, S. A., Sherkati, S., & Ghassemi, M. R. (۲۰۱۹). Variation of subsidence in the Dezful Embayment, SW Iran: influence of reactivated basement structures. Arabian Journal of Geosciences, ۱۲, ۱-۲۲.

-Fard, I. A., Braathen, A., Mokhtari, M., & Alavi, S. A. (۲۰۰٦). Interaction of the Zagros Fold–Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran. Petroleum Geoscience, ۱۲(٤), ۳٤۷-۳٦۲.

-Ghaed Rahmat, Z., Niri, M.V., Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A.A., Baboli, Z., and Hosseinzadeh, M. (۲۰۱۷). Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran, KSCE Journal of Civil Engineering, ۲۱ (۱), ۱۱۱-۱۱۸.

-Ghanadian, M., Faghih, A., Fard, I. A., Kusky, T., & Maleki, M. (۲۰۱۷). On the role of incompetent strata in the structural evolution of the Zagros Fold-Thrust Belt, Dezful Embayment, Iran. Marine and Petroleum Geology, ۸۱, ۳۲۰-۳۳۳.

-Güler, D., & Yomralıoğlu, T. (۲۰۱۷). Alternative suitable landfill site selection using analytic hierarchy process and geographic information systems: a case study in Istanbul. Environmental Earth Sciences, ۷٦, ۱-۱۳.

-Hasan, M.R., Tetsuo, K., and Islam, S.A., (۲۰۰۹). Landfill demand and allocation for municipal solid waste disposal in Dhaka cityan assessment in a GIS environment. Journal of Civil Engineering (IEB), ۳۷(۲), ۱۳۳-۱٤۹.

-Hussien, K., & Meaza, H. (۲۰۱۹). A GIS-based multi-criteria evaluation approach location suitability modeling for solid waste disposal: Dire Dawa City, East Hararghe, Ethiopia. Papers in Applied Geography, ۵(۳-٤), ۲۷۲-۲۹۳.

Science and Engineering Research, ۲(۱), ٤۰-۵۱.

-Alkaradaghi, K., Ali, S. S., Al-Ansari, N., Laue, J., & Chabuk, A. (۲۰۱۹). Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the Sulaimaniyah Governorate, Iraq. Sustainability, ۱۱(۱۷), ٤۵۳۰.

-Bahrani, S., Ebadi, T., Ehsani, H., Yousefi, H., & Maknoon, R. (۲۰۱٦). Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Iran. Environmental Earth Sciences, ۷۵, ۱-۱٤.

-Barakat, A., Hilali, A., Baghdadi, M. E., & Touhami, F. (۲۰۱۷). Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco. Environmental earth sciences, ۷٦(۱۲), ٤۱۳.

-Carruba, S., Perotti, C. R., Buonaguro, R., Calabrò, R., Carpi, R., & Naini, M. (۲۰۰٦). Structural pattern of the Zagros fold-and-thrust belt in the Dezful Embayment (SW Iran).

-Demesouka, O. E., Anagnostopoulos, K. P., & Siskos, E. (۲۰۱۹). Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece. European Journal of Operational Research, ۲۷۲(۲), ۵۷٤-۵۸٦.

-El Maguiri, A., Kissi, B., Idrissi, L., & Souabi, S. (۲۰۱٦). Landfill site selection using GIS, remote sensing and multicriteria decision analysis: case of the city of Mohammedia, Morocco. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, ۷۵, ۱۳۰۱-۱۳۰۹.

-Errouhi, A. A., Bahi, L., Ouadif, L., Akhssas, A., Bouroumine, Y., & Bahi, A. (۲۰۱۸). Evaluation of landfill site choice using AHP and GIS case study: Oum Azza, morocco. In MATEC Web of Conferences (Vol. ۱٤۹, p. ۰۲۰٤۷). EDP Sciences.

-Malczewski, J., (٢٠٠٤). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in planning, ٦٢(١), ٣-٦٥.

-Mian, M. M., Zeng, X., Nasry, A. A. N. B., & Al-Hamadani, S. M. (٢٠١٧). Municipal solid waste management in China: a comparative analysis. Journal of material cycles and waste management, ١٩, ١١٢٧-١١٣٥.

-Minghua, Z., Xiumin, F., Rovetta, A., Qichang, H., Vicentini, F., Bingkai, L., ... & Yi, L. (٢٠٠٩). Municipal solid waste management in Pudong new area, China. Waste management, ٢٩(٣), ١٢٢٧-١٢٣٣.

-Mohsin, M., Ali, S. A., Shamim, S. K., & Ahmad, A. (٢٠٢٢). A GIS-based novel approach for suitable sanitary landfill site selection using integrated fuzzy analytic hierarchy process and machine learning algorithms. Environmental Science and Pollution Research, ١-٣٠.

-Mortazavi Chamchali, M., Mohebbi Tafreshi, A., and Mohebbi Tafreshi, G. (٢٠٢١). Utilizing GIS linked to AHP for landfill site selection in Rudbar County of Iran, GeoJournal, ٨٦(١), ١٦٣-١٨٣.

-Pasalari, H., Nodehi, R. N., Mahvi, A. H., Yaghmaeian, K., & Charrahi, Z. (٢٠١٩). Landfill site selection using a hybrid system of AHP-Fuzzy in GIS environment: A case study in Shiraz city, Iran. MethodsX, ٦, ١٤٥٤-١٤٦٦.

-Randazzo, L., Cusumano, A., Oliveri, G., Di Stefano, P., Renda, P., Perricone, M., & Zarcone, G. (٢٠١٨). Landfill site selection for municipal solid waste by using AHP method in GIS environment: waste management decision-support in Sicily (Italy). Detritus, ٢(١), ٧٨.

-Saadat Foomani, M., Karimi, S., Jafari, H., & Ghorbaninia, Z. (٢٠١٧). Using boolean and fuzzy logic combined with analytic hierarchy process for hazardous waste landfill site selection: A case study from Hormozgan

-Kamaruddin, M.A., Yusoff, M.S., Rui, L.M., Isa, A.M., Zawawi, M.H., and Alrozi, R., (٢٠١٧). An overview of municipal solid waste management and landfill leachate treatment: Malaysia and Asian perspectives. Environmental Science and Pollution Research, ٢٤(٣٥), ٢٦٩٨٨-٢٧٠٢٠.

-Kamdar, I., Ali, S., Bennui, A., Techato, K., & Jutidamrongphan, W. (٢٠١٩). Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach: A case study from Songkhla, Thailand. Resources, Conservation and Recycling, ١٤٩, ٢٢٠-٢٣٥.

-Kananian, A., Sarjoughian, F., Nadimi, A., Ahmadian, J., & Ling, W. (٢٠١٤). Geochemical characteristics of the Kuh-e Dom intrusion, Urumieh–Dokhtar Magmatic Arc (Iran): Implications for source regions and magmatic evolution. Journal of Asian Earth Sciences, ٩٠, ١٣٧-١٤٨.

-Karasan, A., Ilbahar, E., & Kahraman, C. (٢٠١٩). A novel pythagorean fuzzy AHP and its application to landfill site selection problem. Soft Computing, ٢٣, ١٠٩٥٣-١٠٩٦٨.

-Khan, M. M. U. H., Vaezi, M., & Kumar, A. (٢٠١٨). Optimal siting of solid waste-to-value-added facilities through a GIS-based assessment. Science of the total environment, ٦١٠, ١٠٦٥-١٠٧٥.

-Kharat, M. G., Kamble, S. J., Raut, R. D., & Kamble, S. S. (٢٠١٦). Identification and evaluation of landfill site selection criteria using a hybrid Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP and DEMATEL based approach. Modeling Earth Systems and Environment, ٢, ١-١٣.

-Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (٢٠٠٥). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste management, ٢٥(٨), ٨١٨-٨٣٢.

-Mahamid, I., & Thawaba, S. (٢٠١٠). Multi-criteria and landfill site selection using GIS: a case study from Palestine.

Turkey. Environmental monitoring and assessment, ۱۷۳, ۵۳۳-۵۵٤.

-Silva López, J. O., Salas López, R., Rojas Briceño, N. B., Gómez Fernández, D., Terrones Murga, R. E., Iliquín Trigoso, D., ... & Barrena Gurbillón, M. Á. (۲۰۲۲). Analytic Hierarchy Process (AHP) for a landfill site selection in Chachapoyas and Huancas (NW Peru): Modeling in a GIS-RS Environment. Advances in Civil Engineering, ۲۰۲۲, ۱-۱۵.

-Sumathi, V. R., Natesan, U., and Sarkar, C., (۲۰۰۸). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. Waste management, ۲۸(۱۱), ۲۱٤٦-۲۱٦۰.

-Torabi-Kaveh, M., Babazadeh, R., Mohammadi, S. D., & Zaresefat, M. (۲۰۱٦). Landfill site selection using combination of GIS and fuzzy AHP, a case study: Iranshahr, Iran. Waste Management & Research, ۳٤(۵), ٤۳۸-٤٤۸.

-Wali Mahmood, K., Khzr, B. O., Othman, R. M., Rasul, A., Ali, S. A., & Ibrahim, G. R. F. (۲۰۲۱). Optimal site selection for landfill using the boolean-analytical hierarchy process. Environmental Earth Sciences, ۸۰, ۱-۱۳.

-Whitaker, R., ۲۰۰۷, Validation examples of the analytic hierarchy process and analytic network process. Mathematical and Computer Modelling, ٤٦(۷-۸), ۸٤۰-۸۵۹.

province, Iran. Advances in environmental technology, ۳(۱), ۱۱-۲۵.

-Saatsaz, M., Monsef, I., Rahmani, M., & Ghods, A. (۲۰۱۸). Site suitability evaluation of an old operating landfill using AHP and GIS techniques and integrated hydrogeological and geophysical surveys. Environmental monitoring and assessment, ۱۹۰, ۱-۳۱.

-Saaty, T.L., (۱۹۹۰). How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, ٤۸(۱), ۹-۲٦.

-Saeedi, M., Amanipoor, H., Battaleb-Looie, S., & Mumipour, M. (۲۰۲۰). Landfill site selection for solid drilling wastes (case study: Marun oil field, southwest Iran). International Journal of Environmental Science and Technology, ۱۷, ۱۵٦۷-۱۵۹۰.

-Şener, B., Süzen, M. L., & Doyuran, V. (۲۰۰٦). Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental geology, ٤۹, ۳۷٦-۳۸۸.

-Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., & Karagüzel, R. (۲۰۱۰). Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). Waste management, ۳۰(۱۱), ۲۰۳۷-۲۰٤٦.

-Şener, Ş., Sener, E., & Karagüzel, R. (۲۰۱۱). Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin,

Landfill Site Selection in Haftkel County (Khuzestan Province) using GIS techniques based on Fuzzy-AHP

Akram Karamat [١], Mohammad Sadiq Zangana [٢]

Abstract

Waste management is one of the major challenges of urban management in different parts of the world. This problem is more severe in developing countries, which contain a large part of the world's population. The current research is to locate the landfill site selection in Haftkal County, Khuzestan. In this study, three main morphological, environmental, and socio-economic criteria were considered. Sub-criteria include slope, elevation, geology, distance from faults, distance from water wells, distance from the water surface, distance from roads, distance from oil and gas pipelines, distance from high voltage power transmission lines, distance from residential areas, distance from protected areas and land use. According to the conditions of the city and with the help of experts' opinion, the main morphological criterion with ٠,٤٤٣ was assigned the most points and importance among the main criteria .Also among the sub-criteria slope, geology, distance from underground water wells and distance from roads got the most points. In this study, Geographic Information System techniques such as Weighted Sum, Fuzzy Overlay and Boolean were used and the Fuzzy Sum and Weighted Sum methods introduced the most suitable lands for the construction of a landfill site and the methods of Fuzzy Gamma ٠,٣ and Fuzzy Product were the most strict functions and they identified ١٧١,١٤ square kilometers and ١٢٤,٠١ square kilometers of land in Haftkal as suitable for the construction of a landfill site. According to Boolean's logic, the current landfill site of Haftkal is located in an inappropriate place, and in the other of the studied methods it is in the average range.

Keyword: Site Selection, Landfill, Fuzzy-AHP, GIS, Haftkel.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی