

مکان‌یابی محل دفن زباله‌های جامد شهری در شهرستان اسفراین

جعفر جعفری‌زاده^۱ و علی‌اکبر مومنی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زیست‌محیطی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- استادیار دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

نویسنده مسئول: * Ali_moomeni@yahoo.com

نوع مقاله: کاربردی

پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۷

دریافت: ۹۹/۱۱/۴

چکیده

دفن زباله در زیرزمین یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های مدیریت پسماند است. بنابراین مکان‌یابی دفن‌گاهی با کمترین آثار زیست‌محیطی نقش حیاتی برای برنامه‌ریزان شهری دارد. در این تحقیق روش تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بکار برده شد تا بتوان بهترین مکان را برای زباله‌های شهر اسفراین بدست آورد. ۱۳ معیار مهم اصلی (شامل نفوذپذیری، فاصله از غسل، منابع قرصه، لرزه‌خیزی، عمق سطح آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، شیب، بارش، فاصله سیستم‌های زهکشی، جهت باد، کاربری اراضی، نزدیکی به مرکز تولید زباله، فاصله از جاده) در چهار گروه مختلف بکار برده شد. همچنین از یک لایه حریم‌های زیست‌محیطی برای ایجاد یک شعاع ممنوعه اطراف عناصر ریسک‌پذیر استفاده گردید. بر پایه نتایج ماتریس AHP، کاربری اراضی و لرزه‌خیزی به ترتیب دارای بیش‌ترین (۰.۲۳۳) و کمترین (۰.۱۳) وزن بوده و نرخ ناسازگاری در تمامی پارامترها کمتر از ۰/۰۷ بدست آمد. در نهایت منطقه مورد مطالعه از نظر مناسب بودن برای دفن‌گاه به ۴ رده تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که نیمه شمالی منطقه مورد مطالعه عمدتاً در رده نامناسب تا نسبتاً نامناسب بوده در حالی که نیمه جنوبی غالباً در رده مناسب تا نسبتاً مناسب قرار دارد. بر پایه ملاحظات زیست‌محیطی و اجرایی، بهترین مکان محدوده‌ای با وسعت ۴۰ هکتار در فاصله ۱۴ کیلومتری جنوب‌غرب اسفراین می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدفن، تحلیل سلسله مراتبی، پسماند، اسفراین

پیشگفتار

نروند و ناگزیر باید دفن گردند. از طرفی در کشورهای نظیر ایران بدلیل پهناور بودن سرزمین و در دسترس بودن زمین مناسب و همچنین پایین بودن سطح تکنولوژی برای سایر روش‌های مدیریت نظیر کاهش از مبدأ، تبدیل و سوزاندن، دفن پسماند جز اولویت‌های نخست مدیریت پسماندهای شهری می‌باشد. این موضوع در چند دهه اخیر که با توسعه روزافزون مناطق شهری و افزایش بی‌رویه جمعیت و در نتیجه تولید انواع زباله‌های شهری همراه بوده است، به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی محیط‌زیست شده است.

با توجه به اهمیت مدیریت پسماند و بخصوص فرآیند دفن آن، محققین زیادی در داخل و خارج از کشور به موضوع مکان‌یابی با استفاده از روش‌های گوناگون پرداخته‌اند. فرآیند مکان‌یابی محل دفن زباله یک فرآیند چند معیاری است و لازم است فاکتورهای زیادی در این راستا بررسی گردند. غیور و رزم‌آرا (۱۳۹۷) مکان‌یابی

مواد زائد جامد، جزء جدایی‌ناپذیر زندگی انسان بوده و تولید انواع این زائدات در کمیت و کیفیت‌های مختلف یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی عصر حاضر است. مهم‌ترین اثر سو زیست‌محیطی محل دفن پسماند در بلند مدت، انتشار شیرابه است که در صورت عدم مهار آن خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست و بخصوص محیطی آبی و خاکی وارد می‌گردد. با این وجود میزان تاثیرپذیری محیط‌زیست و عناصر آن نظیر آب زیرزمینی، آب‌های سطحی و خاک، به شدت به محیط اجرای مدفن و شرایط ساختمانی آن وابسته است. بنابراین مکان‌یابی مناسب محل دفن زباله نقش مهمی در ارائه راه حل برای مسئله دفع مواد زائد جامد در محیط ایفا می‌کند (آجی‌باده و همکاران، ۲۰۱۹). در چرخه مدیریت پسماند، دفن پسماند ضروری می‌باشد، چرا که زباله‌هایی وجود دارند که ممکن است از طریق دیگر روش‌های مدیریت از بین

(۱۳۹۹) با بکاربردن GIS و تحلیل سلسله مراتبی مکان‌یابی محل دفن برای زباله‌های شهر کنگاور را انجام دادند. بر مبنای نتایج به دست آمده بهترین مکان در فاصله ۱۶ کیلومتری جنوب شهرستان کنگاور قرار داشت. عجم علی و احمد (۲۰۲۰) با استفاده از تکنیک آنالیز چند متغیره در محیط GIS برای شهر کلکته هندوستان مکان‌یابی محل دفن زباله را انجام داده و در نهایت ۳ محل را برای اجرای لندفیل مناسب تشخیص دادند. مالیک (۲۰۲۱) با استفاده از ترکیب فازی AHP در محیط GIS و در نظر گرفتن ۱۰ پارامتر موثر اقدام به مکان‌یابی محل لندفیل در منطقه اسیر عربستان سعودی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۲۴ درصد از منطقه که عمدتاً در بخش شمال شرق، شرق تا مرکز و جنوب شرقی قرار دارند در رده خیلی خوب برای احداث لندفیل قرار دارند. مجید و احمد میر (۲۰۲۱) با استفاده از تکنیک ارزیابی چندمتغیره در محیط GIS اقدام به مکان‌یابی برای محل دفن زباله‌های شهر سیرینگار هندوستان نمودند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که ۹۸/۶۹٪ درصد از منطقه در وضعیت نامناسب و ممنوع برای احداث لندفیل قرار دارد. دونوسکا و همکاران (۲۰۲۱) برپایه ۸۹ مقاله علمی که از سال ۱۹۸۳ در مجلات علمی معتبر چاپ شده بودند، یک بازنگری جامعی در مورد روش‌ها و معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی لندفیل نمودند. نتایج این بازنگری نشان می‌دهد که تکنیک GIS چه به تنهایی چه در ترکیب با دیگر روش‌ها بیش‌ترین استفاده را در مکان‌یابی لندفیل دارد. همچنین تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روش غالب در وزن‌دهی به معیارها می‌باشد.

شرایط منطقه و بیان مسئله

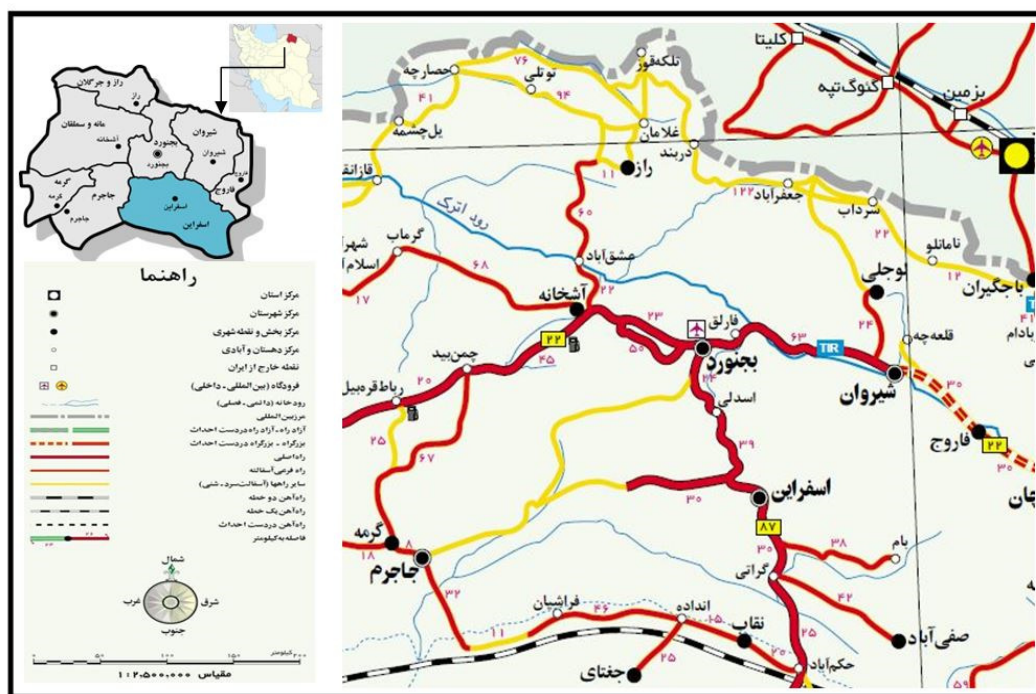
شهرستان اسفراین در بخش جنوب‌شرقی استان خراسان شمالی واقع شده است (شکل ۱) و به علت نزدیکی به ارتفاعات رشته کوه آلاداغ و شاه جهان، دارای آب و هوایی از نوع معتدل کوهستانی با تابستان‌های گرم و خشک است. میانگین بارندگی در محدوده مورد مطالعه مربوط به فروردین ماه و برابر با ۴۳/۹ میلی‌متر و کمترین میزان بارش متوسط مربوط به مرداد ماه برابر با ۰/۲ میلی‌متر بارندگی می‌باشد. همچنین بارش و دمای متوسط سالانه ۲۰۲ میلی‌متر و ۱۴/۸ سانتی‌گراد می‌باشد. باتوجه به اهمیت باد غالب در میزان گسترش

مدفن شهر قوچان را با استفاده از تلفیق سیستم GIS و روش (MCDA) با در نظر گرفتن ۱۳ فاکتور موثر انجام دادند و نهایتاً ۲ منطقه با درجه مناسب و خیلی مناسب تشخیص داده شد. پرشکوه صیحانی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش AHP و GIS مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌های شهر حاجی‌آباد را انجام داده و به این نتیجه رسیدند که مساحت ۲۴۱۶ هکتار از کل منطقه مورد مطالعه دارای شرایط مناسبی برای دفن زباله می‌باشند. بزرگمهر و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری در شهرستان تنکابن را انجام دادند. در این پژوهش ۹ لایه اطلاعاتی کلاسه‌بندی و سپس وزن‌دهی شده و نتایج نشان داد که ۰/۱۲ درصد از کل منطقه شرایط مناسبی برای اجرای مدفن دارا می‌باشند.

خامه‌چیان و همکاران (۲۰۱۱)، برای مدیریت پسماند زباله‌های استان زنجان، لایه‌های شیب زمین‌شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، قابلیت اراضی، مناطق حفاظت شده، شبکه‌های زهکشی، مناطق مسکونی و جاده‌ها استفاده نمودند و از طریق روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و فازی، به این لایه‌ها وزن داده و نهایتاً ۳ محل را به عنوان محل‌های مناسب برای دفن زباله‌های استان زنجان پیشنهاد نمودند. چیت‌سازان و دهقان (۲۰۱۳)، جهت مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهر رامهرمز با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، اقدام به انتخاب محل مناسب برای دفن زباله نمودند. در این مطالعه از ۱۲ لایه اطلاعاتی به کار برده شده و کل منطقه به ۳ رده نامناسب، نسبتاً مناسب و مناسب تقسیم‌بندی شد. پاسالاری و همکاران (۲۰۱۹) از برخی لایه‌ها در دو گروه عمده زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی برای مکان‌یابی دفن زباله در شیراز استفاده نمودند. رحیمی و همکاران (۲۰۲۰) از معیارهای زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از مناطق محافظت شده، ارتفاع، دما، فاصله از سطح آب زیرزمینی، آب سطحی، جاده‌های اصلی، مناطق صنعتی، مناطق شهری، مناطق روستایی، مکان‌های باستانی به عنوان معیارهای موثر استفاده نمودند و با استفاده از وزن‌دهی به روش فازی و آنالیز داده‌ها در GIS اقدام به مکان‌یابی برای دفن زباله‌های شهر محلات نمودند. سروری‌نیا و همکاران

طرفی بیش از ۱۴ سال از عمر این مدفن گذشته و ظرفیت آن رو به اتمام است. بنابراین با توجه به اثرات مخرب زیست‌محیطی، اقتصادی و اکولوژیکی محل دفن‌ها، انتخاب محل دفن جدید ضروری بوده و می‌بایستی طی یک فرآیند علمی و در نظر گرفتن چندین فاکتور موثر، صورت گیرد. از نظر زمین‌شناسی این منطقه محل تلاقی سه زون البرز شرقی، کپه‌داغ و بینالود بوده و سازندهای اصلی موجود در محدوده مورد مطالعه شامل سازند شمشک، چمن‌بید، مزدوران و رسوبات کواترن می‌باشد.

بوی بد مدفن‌ها، گلباد شهرستان اسفراین مورد بررسی قرار گرفت و ملاحظه گردید که باد غالب از سمت شمال تا شمال غرب وزیدن دارد. بر اساس گزارش شهرداری اسفراین (۱۳۹۰)، سرانه تولید روزانه زباله این شهر و روستاهای تابع ۳۵ تن در روز است. بر اساس تفکیک صورت گرفته بخش اعظمی (۷۵ درصد) از زباله تولید شده را مواد آلی و فسادپذیر تشکیل می‌دهند. پلاستیک و کاغذ و مقوا به ترتیب با ۵ و ۴/۵ درصد رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. مدفن کنونی اسفراین بدون انجام مطالعات جامع مکانیابی انتخاب شده است و وضعیت مناسب بودن آن بدرستی مشخص نیست. از



شکل ۱. نقشه موقعیت شهرستان اسفراین و راه‌های دسترسی

مواد و روش‌ها

برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی از این پارامترها، با مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای ذی‌ربط برای شهرستان اسفراین تهیه گردید. در مرحله بعد، بر اساس اطلاعات و داده‌های موجود در منطقه، نقشه‌های مربوط به هر پارامتر تهیه و لایه‌های مورد نیاز برای استفاده در محیط GIS آماده شدند. در ادامه از الگوریتم AHP با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice برای کمی کردن معیارها استفاده شد. در این مرحله ابتدا زیرمعیارهای هر معیار با مقایسه زوجی وزن‌دهی شدند. سپس وزن معیارهای اصلی نیز با مقایسه زوجی تعیین شد. در نهایت وزن هر زیر معیار در

در این تحقیق پس از شناخت موضوع، عوامل موثر در مکان‌یابی محل مناسب دفن مشخص گردید. پارامترهای مورد استفاده در این پژوهش شامل زمین‌شناسی و ژئوتکنیک (لرزه‌خیزی، گسل، نفوذپذیری، فاصله از منبع قرضه و هیدروژئولوژی)، اقلیمی (هیدرولوژی، بارندگی و جهت باد) توپوگرافی (شیب) و معیارهای اجتماعی و اقتصادی (کاربری اراضی، فاصله از مراکز تولید پسماند، فاصله از جاده، فاصله از مراکز شهری و روستایی) و معیارهای زیست‌محیطی می‌باشند. داده‌های مورد نیاز

آبرفت‌های دانه‌ریز و رس می‌باشند در پهنه مناسب و نسبتاً مناسب از نظر کیفیت منابع قرضه قرار گرفته‌اند و مناطق شمالی و ارتفاعات جنوبی منطقه به دلیل وجود نهشته‌های سنگی که عمدتاً آهکی و ماسه‌سنگی بوده، در رده نامناسب پهنه‌بندی شده‌اند. به منظور پهنه‌بندی منطقه از نظر لرزه‌خیزی، از نقشه هم شتاب کل کشور که توسط سازمان مسکن و شهرسازی تهیه شده است استفاده گردید. همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود بخش زیادی از منطقه از این منظر در رده نامناسب قرار گرفته است.

بر مبنای نقشه هم EC بدست آمده منطقه مورد مطالعه از نظر کیفیت آب زیر زمینی مطابق با جدول و شکل ۲ به چهار رده مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب طبقه‌بندی شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، بخش جنوبی دشت با روند شمال‌غرب جنوب‌شرق به دلیل متاثر شدن از رسوبات تبخیری شور بوده و کیفیت نامطلوبی دارد به طوری که در برخی نقاط میزان EC به بیش از ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر مربع می‌رسد. این درحالیست که ارتفاعات شمالی بدلیل گسترش سنگ‌های کربناته و رسوبات درشت دانه دارای کیفیت مطلوبی بوده و به همین دلیل به منظور احداث محل دفن در رده نامناسب قرار می‌گیرند. این منطقه از نظر عمق سطح آب زیرزمینی به سه رده مناسب تا نامناسب طبقه‌بندی گردید (جدول ۱ و شکل ۲). همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود بخش‌های شمالی به دلیل وجود ارتفاعات و هم‌چنین کیفیت مطلوب آب و در نتیجه برداشت زیاد از آبخوان، دارای عمق سطح ایستابی بیش‌تری بوده و لذا از این منظر برای احداث محل دفن مناسب‌اند. این در حالی است که بخش‌های جنوبی منطقه به دلیل شور بودن و کیفیت نامطلوب آب زیرزمینی، عملاً برداشتی نداشته و تراز سطح ایستابی در عمق کمی قرار داشته و از این منظر وضعیت نامطلوبی برای احداث محل دفن دارد.

پارامترهای اقلیمی

حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌های فصلی به عنوان یکی از مناطق حساس و ممنوعه در انتخاب محل دفن پسماند می‌باشد که به دلیل زهکشی شیرابه زباله و نیز جریانات آب سطحی و بارندگی‌ها در این مکان‌ها قابلیت بالایی

وزن آن معیار ضرب شد تا نقشه کمی هر معیار تهیه گردد. حاصل عملیات انجام شده لایه‌هایی است که هر سلول آن یک وزن جهت نشان دادن شایستگی آن برای انتخاب به عنوان محل دفن را دارا است. پس از تهیه نقشه کمی معیارها، با روی هم اندازی لایه‌ها، نقشه‌ها تلفیق شدند و نقشه نهایی بدست آمد. در این نقشه وزن هر سلول، مجموع وزن‌های به دست آمده از پارامترهای مختلف برای آن سلول را جهت انتخاب محل دفن نشان می‌دهد و هر چقدر این عدد بزرگ‌تر باشد مکان برای محل دفن مناسب‌تر است. پس از به‌دست آوردن نقشه پهنه‌بندی، لایه‌ی حریم‌های زیست‌محیطی بر روی آن اعمال شده و مناطق ممنوعه حذف گردیدند و برای درک بهتر و سریع‌تر این نقشه نیز بر اساس امتیازهای بدست آمده برای منطقه مورد مطالعه، رده‌بندی جدیدی شامل ۴ رده A مناسب، B نسبتاً مناسب، C نسبتاً نامناسب و D نامناسب برای احداث محل دفن ایجاد گردید. در نهایت از بین گزینه‌های که در رده مناسب قرار داشتن، بر مبنای معیارهای فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی، یک مکان به عنوان گزینه اصلح انتخاب گردید.

نتایج و بحث

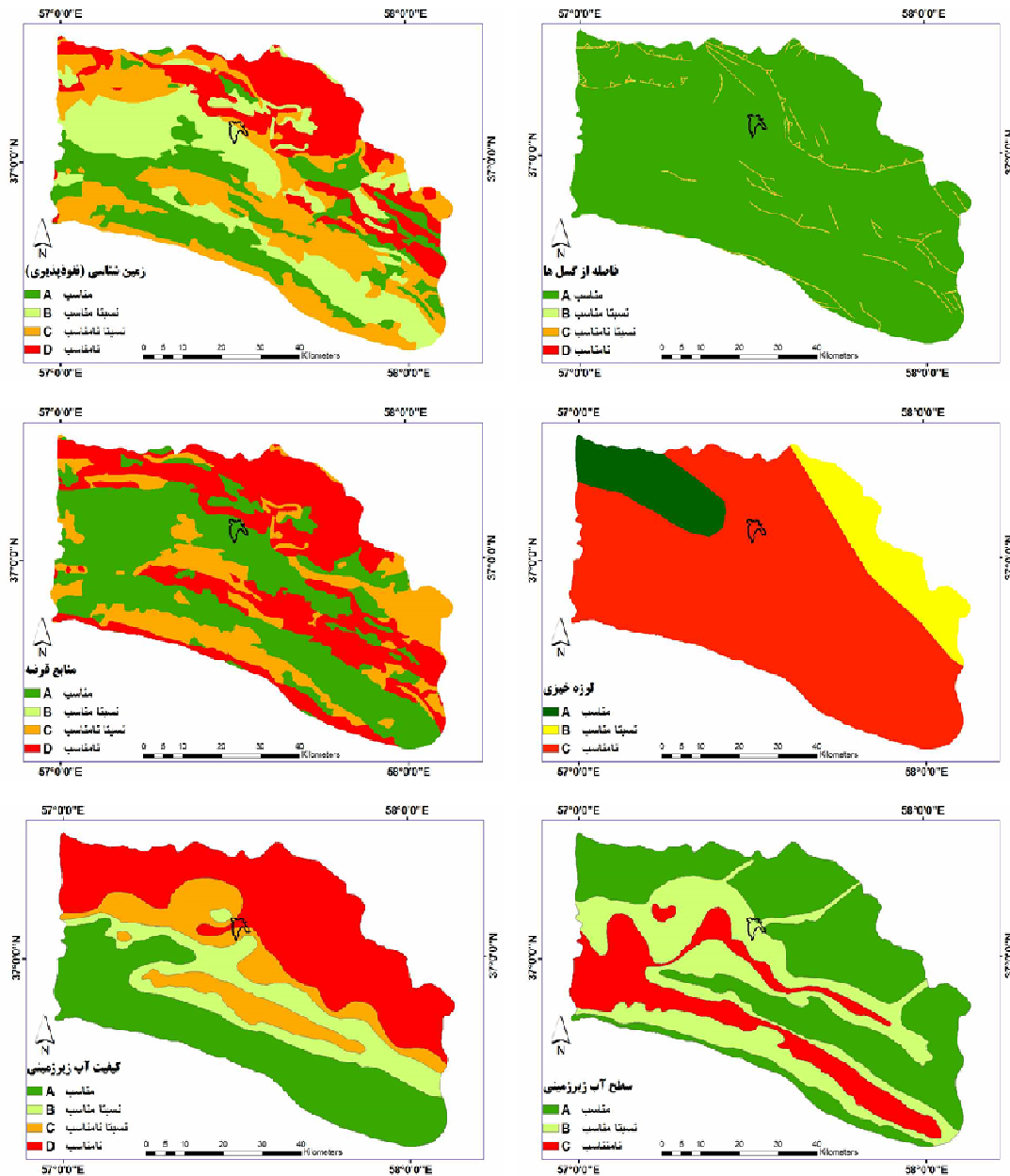
پارامترهای مورد استفاده در مکان‌یابی و وزن‌دهی به آن‌ها

پارامترهای زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی

نحوه رده‌بندی معیارهای استفاده شده در گروه زمین‌شناسی و ژئوتکنیک در شکل ۲ ارائه شده است. از نظر زمین‌شناسی ارتفاعات آهکی شمالی، نوار کنگلومرایی مرکزی و نوار باریک آهکی در جنوب منطقه به علت نفوذپذیری بالا در رده نامناسب قرار گرفته، در حالی که مناطق مناسب مربوط به نهشته‌های ماری و رسی واقع در بخش مرکزی تا غربی منطقه مورد مطالعه است. بخش قابل‌توجه‌ای از منطقه در رده نسبتاً مناسب قرار داشته که عمدتاً منطبق بر زمین‌های کشاورزی می‌باشند. پراکندگی گسل‌ها منطقه عمدتاً منطبق بر دامنه ارتفاعات و دره‌های شمالی تا شمال‌شرقی و بخش‌های شرقی و دامنه ارتفاعات جنوب‌شرقی منطقه می‌باشد و بخش قابل توجه‌ای از منطقه که مورفولوژی دشتی دارند، از منظر فاصله از گسل در رده مناسب برای احداث محل دفن قرار دارند. بیش‌تر اراضی مرکزی و جنوبی که دارای

فاصله از آبراهه‌ها، به چهار رده مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب رده‌بندی گردید (جدول ۲).

جهت آلودگی منابع آب سطحی و در نتیجه آن آلودگی آب‌های زیرزمینی را دارد. منطقه مورد مطالعه از نظر



شکل ۲. نقشه‌های رده‌بندی شده معیارهای زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی

جدول ۱. رده‌بندی کیفیت آب زیرزمینی و عمق سطح ایستابی

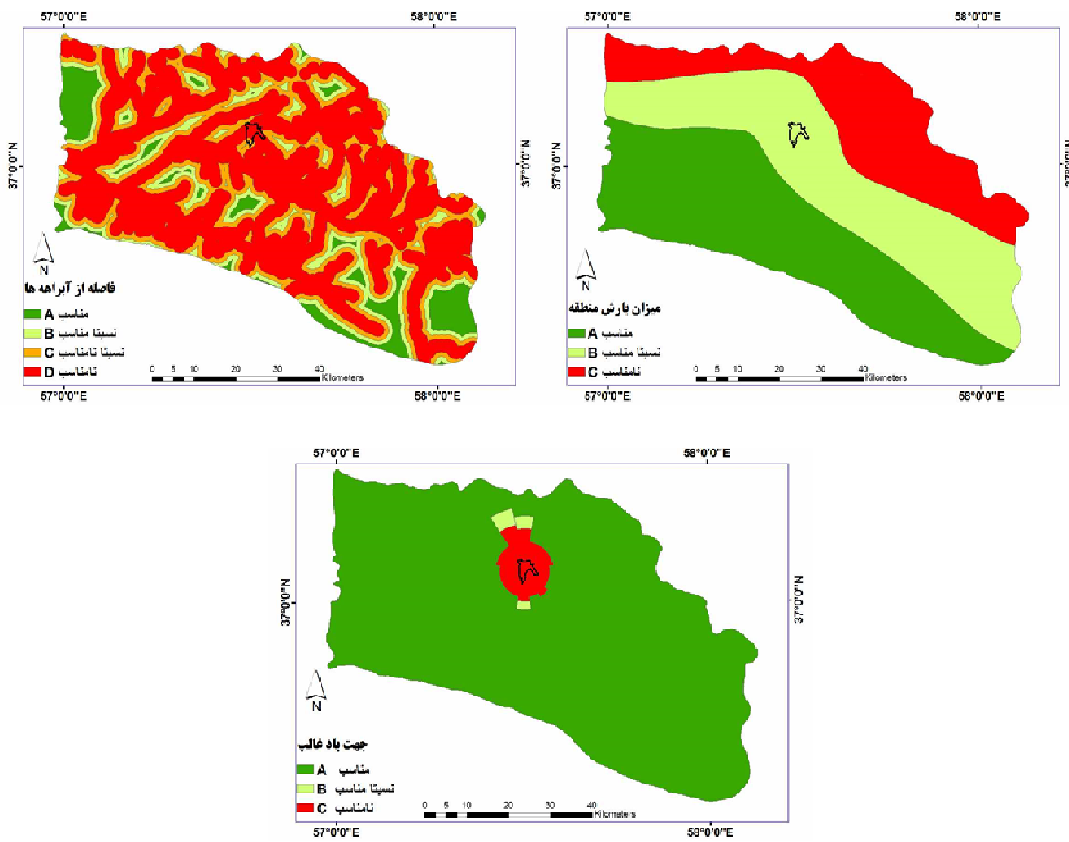
عمق سطح آب زیرزمینی m	کیفیت آب زیرزمینی μg/cm ²	توصیف رده	رده
>۶۰	>۳۰۰۰	مناسب	A
۶۰-۳۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	نسبتاً مناسب	B
-	۱۰۰۰-۲۰۰۰	نسبتاً نامناسب	C
<۳۰	<۱۰۰۰	نامناسب	D

لذا کمترین مطلوبیت را برای احداث محل دفن دارد. این در حالی است که نوار جنوبی این منطقه کمترین بارش و در نتیجه بیش‌ترین مطلوبیت را دارد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ قرار گرفتن در جهت بادهای غالب به سه رده شامل مناطقی که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی نبوده یا در فاصله بیش از ۸ کیلومتر نسبت به شهر اسفراین قرار گرفته‌اند (منطقه مناسب)، مناطقی که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی بوده و در فاصله بین ۵-۸ کیلومتری شهر اسفراین قرار گرفته‌اند (نسبتاً مناسب) و مناطقی که در جهات باد غالب نسبت به مناطق مسکونی بوده و در فاصله کمتر از ۵ کیلومتر شهر اسفراین قرار دارند (نامناسب) تقسیم‌بندی شده‌اند.

پهنه‌بندی مطلوبیت منطقه مورد مطالعه برای احداث محل دفن از منظر فاصله از آبراهه در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود به علت فراوانی آبراهه در این منطقه، بخش قابل‌توجهی از منطقه در رده نامناسب قرار دارد. در این پژوهش مناطقی که میزان بارش سالیانه آن‌ها کمتر از ۲۲۰ میلی‌متر بوده جز مناطق مناسب، مناطقی با بارش ۲۲۰-۳۲۰ میلی‌متر جز مناطق نسبتاً مناسب و مناطقی با میزان بارش سالیانه بیش از ۳۲۰ میلی‌متر جز مناطق نامناسب در نظر گرفته شده که پهنه‌بندی منطقه از این منظر در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، ارتفاعات شمالی از میزان بارش بالاتری برخوردار بوده و

جدول ۲. رده‌بندی منطقه از منظر فاصله از آبراهه

رده	توصیف رده	فاصله از آبراهه m
A	مناسب	>۳۵۰۰
B	نسبتاً مناسب	۲۵۰۰-۳۵۰۰
C	نسبتاً نامناسب	۱۵۰۰-۲۵۰۰
D	نامناسب	۰-۱۵۰۰

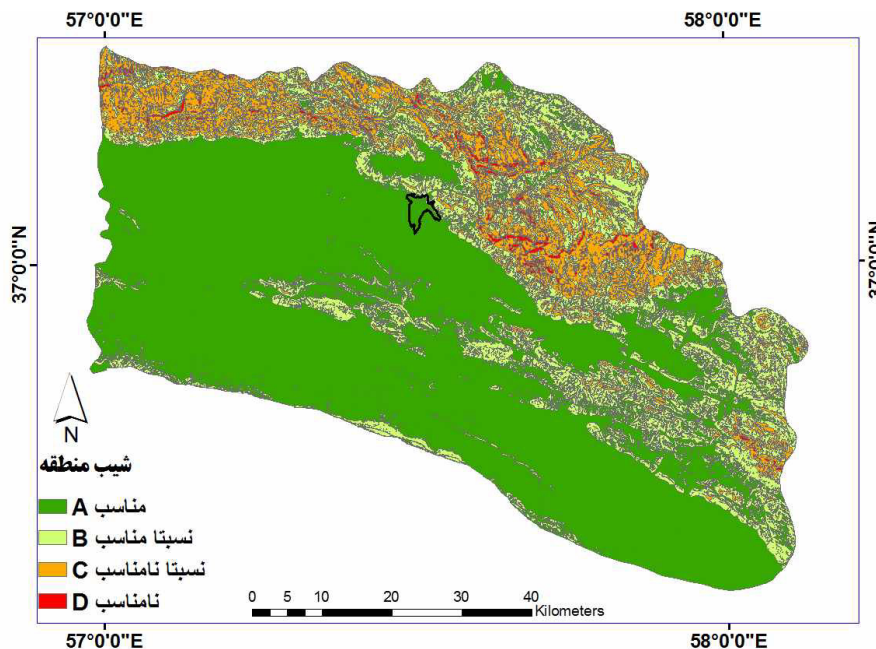


شکل ۳. پهنه‌بندی منطقه از منظر پارامترهای اقلیمی

پارامتر توپوگرافی (شیب)

بیش‌ترین شیب و کمترین مطلوبیت برای ساخت محل دفن را داشته در حالی که بخش‌های دارای ژئومورفولوژی دشتی منطقه کمترین شیب و بیش‌ترین مطلوبیت برای ساخت محل دفن را دارا می‌باشند.

با توجه به نقشه DEM، منطقه از نظر شیب به چهار رده تقسیم شد. در جدول ۳ و شکل ۴ طبقه‌بندی چهارگانه شیب ارائه شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، ارتفاعات شمالی و نوار مرکزی منطقه دارای



شکل ۴. نقشه پهنه بندی منطقه مورد مطالعه از منظر شیب

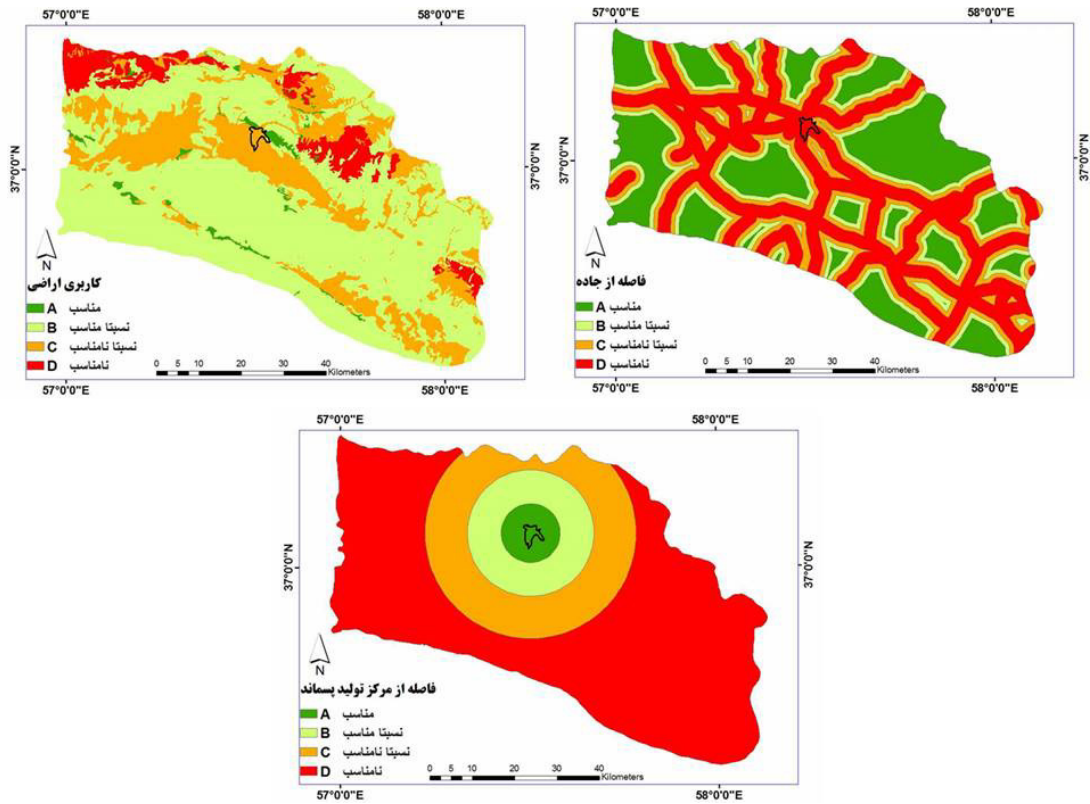
جدول ۳. رده‌بندی شیب منطقه

رده	توصیف رده	شیب (%)
A	مناسب	۰-۵
B	نسبتاً مناسب	۵-۱۵
C	نسبتاً نامناسب	۱۵-۳۰
D	نامناسب	>۳۰

رده نامناسب قرار گرفته‌اند. کانون اصلی تولید زباله شهر اسفراین بوده لذا با محوریت این شهر منطقه مورد مطالعه مطابق جدول ۳ و شکل ۵ از نظر فاصله با مرکز پسماند به چهار رده زیر طبقه‌بندی شده است. با در نظر گرفتن حریم خطوط ارتباطی، هرچه فاصله دفن‌گاه از راه‌ها کمتر باشد هزینه اجرایی کمتر خواهد بود. براین اساس طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه از نظر فاصله از خطوط ارتباطی مطابق با جدول ۴ انجام گرفته است. همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، تراکم بالای خطوط ارتباطی در منطقه باعث شده تا بخش قابل ملاحظه‌ای از این محدوده در رده مناسب قرار گیرد.

پارامترهای اقتصادی - اجتماعی

کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین و شاید مهم‌ترین فاکتور در مکان‌یابی بوده چرا که هزینه پروژه مستقیماً بیش‌ترین ارتباط را با این فاکتور دارد. منطقه مورد مطالعه مطابق با جدول ۴ به ۴ رده، مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب تقسیم شده است. تقسیم‌بندی منطقه از نظر مطلوبیت کاربری اراضی برای ساخت محل دفن در شکل ۵ آورده شده است. همانطور که از شکل مشخص است بخش قابل توجه‌ای از منطقه مورد مطالعه در رده نسبتاً مناسب قرار دارند. هم‌چنین بخش‌های شمال‌شرقی و شمال‌غربی منطقه دارای پوشش گیاهی در ارتفاعات در



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه از منظر پارامترهای اقتصادی-اجتماعی

جدول ۴. رده‌بندی پارامترهای اقتصادی اجتماعی

رده	توصیف رده	کاربری اراضی	فاصله از مرکز تولید پسماند m	فاصله از جاده m
A	مناسب	بیابان و زراعت دیم	۰-۵۰۰۰	۰-۱۵۰۰
B	نسبتاً مناسب	مرتع با پوشش ضعیف و متوسط	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱۵۰۰-۲۵۰۰
C	نسبتاً نامناسب	زراعت آبی	۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰	۲۵۰۰-۳۵۰۰
D	نامناسب	باغات، اراضی جنگلی با پوشش کم و متوسط	>۱۵۰۰۰	>۳۵۰۰

پارامتر نرخ سازگاری محاسبه گردید. نرخ ناسازگاری به دست آمده در بازه ۰/۰۴-۰/۰۷ متغییر بوده که با توجه به کمتر از نرخ ناسازگاری حد (۰/۱) بودن این بازه، نشان از درست بودن قضاوت در مقایسات زوجی دارد.

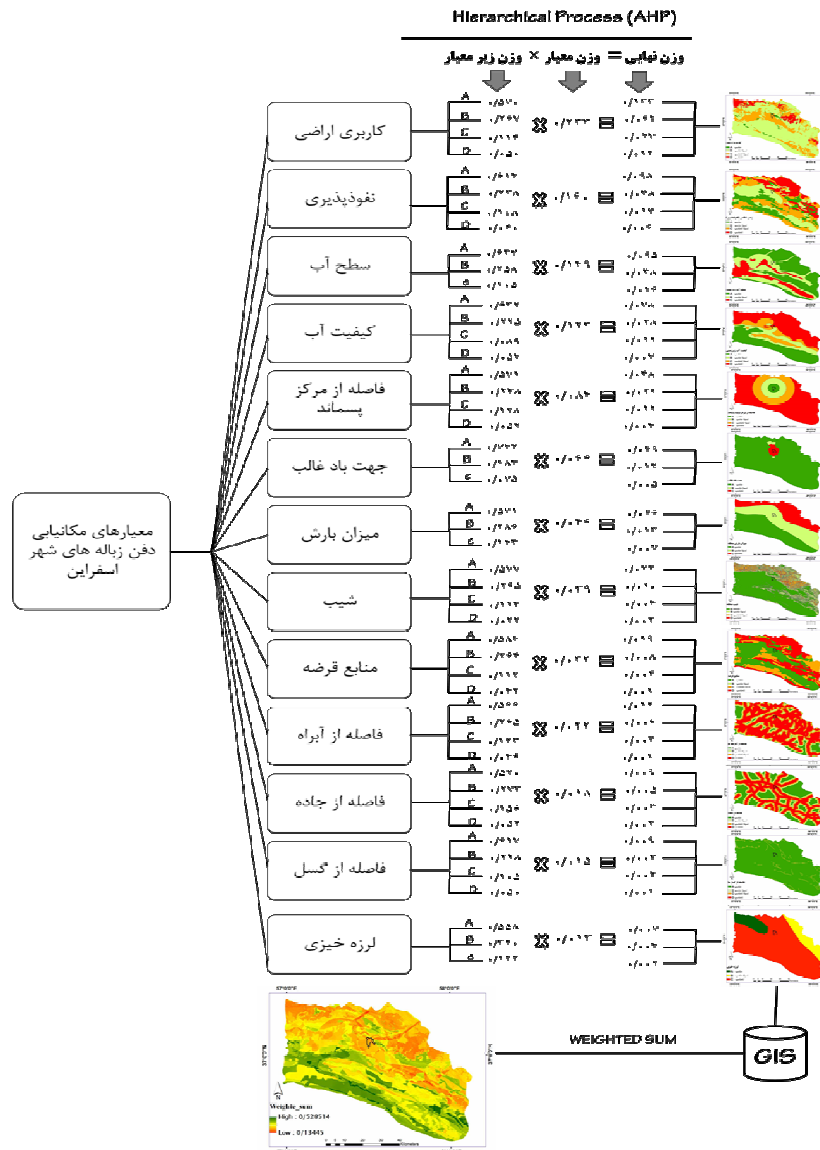
همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله پس از مشخص شدن امتیاز نهایی نقشه هر پارامتر، ۱۳ لایه اطلاعاتی مورد نظر در نرم‌افزار GIS ورژن ۱۰/۴ روی یکدیگر قرار گرفتند و نقشه‌ها با یکدیگر تلفیق و به یک نقشه واحد تبدیل شدند (شکل ۶) امتیاز بدست آمده برای نقشه نهایی که حاصل از روی هم‌گذاری امتیازهای نهایی نقشه‌های هر معیار است، بین ۰/۱۳۴۴۵ تا ۰/۵۲۸۵۱۴ متغییر بوده است.

وزن‌دهی به شاخص‌ها و انجام مقایسات زوجی با

استفاده از روش سلسله مراتبی

پس از تهیه نقشه‌های کیفی برای هر پارامتر، با استفاده از روش وزن‌دهی AHP و انجام مقایسات زوجی، وزن پارامترها و زیرمعیارهای هر پارامتر تعیین شد. با توجه به زیاد بودن تعداد جداول مربوط به مقایسه زوجی پارامترها و زیرمعیارهای آن‌ها، از آوردن آن‌ها خودداری شده و تنها وزن نهایی به دست آمده برای آن‌ها در شکل ۶ آورده شده است. نتایج مقایسه زوجی پارامترها نشان داد که بیش‌ترین اهمیت و وزن به پارامتر کاربری اراضی با وزن ۰/۲۳۳ اختصاص یافت در حالی که کمترین وزن بدست آمده مربوط به پارامتر لرزه‌خیزی با مقدار وزن ۰/۰۱۳ بوده است. به منظور ارزیابی صحت مقایسات زوجی،



شکل ۶. نمودار فرآیند وزن دهی و تلفیق لایه‌ها و به دست آوردن نقشه مکان‌یابی در محیط GIS

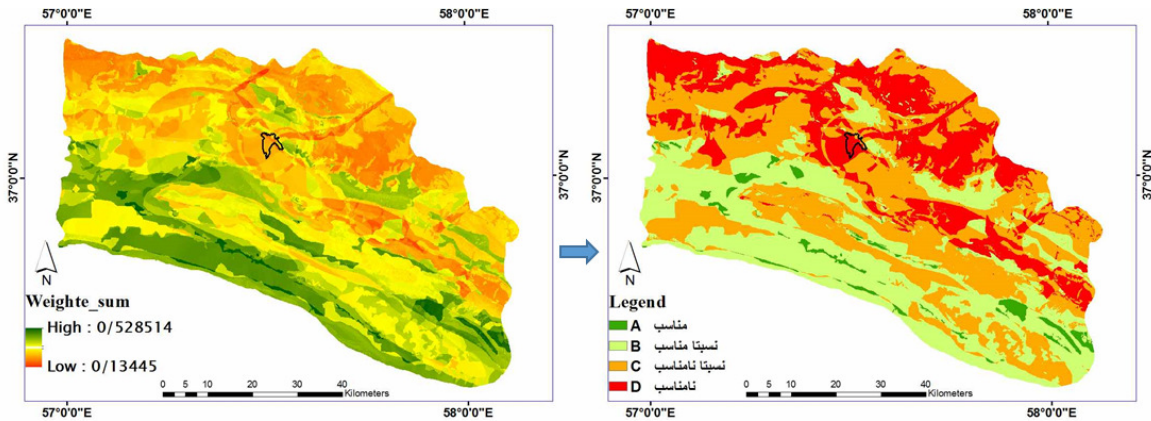
شناسایی و حذف مناطق ممنوعه و انتخاب گزینه نهایی

جهت حفظ سلامت آب، خاک و جلوگیری از صدمات زیست‌محیطی مدفن باید از برخی مکان‌ها مانند مراکز مسکونی، مناطق حفاظت شده طبیعی، منابع آب سطحی و زیرزمینی، راه‌ها و جاده‌ها شبکه‌های ارتباطی و گسل‌ها اجتناب گردد و حریم‌های ممنوعه مناسب برای آن‌ها در نظر گرفته شود. رعایت این حریم‌ها با توجه به شرایط منطقه می‌باشد. در این پژوهش پس از تعیین مهم‌ترین معیارها برای دفن پسماند، حریم مناسب تعیین شد (جدول ۵). حریم‌های مورد نظر در این مرحله در محیط

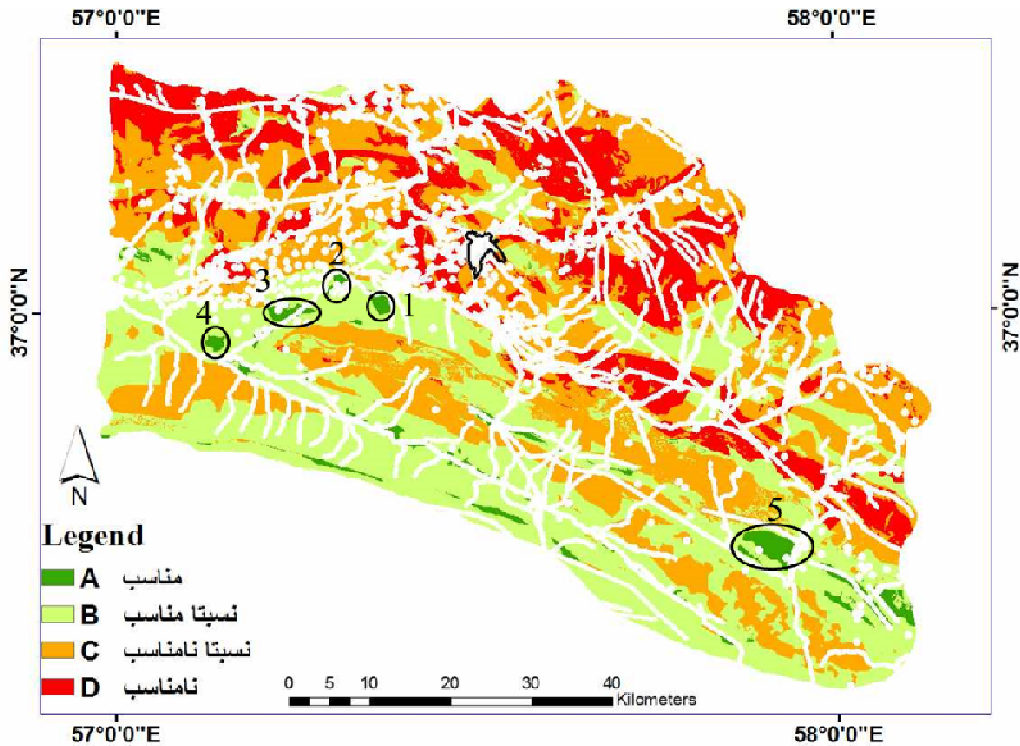
با توجه به امتیازهای بدست آمده برای رده‌بندی این نقشه بدین صورت عمل شد که بیش‌ترین امتیاز از کمترین امتیاز کسر شده تا دامنه تغییرات امتیاز در نقشه بدست بیاید. در مرحله بعد برای مشخص شدن امتیازهای حدی، درصدهای حدی در نظر گرفته شده برای دامنه امتیازات بدست آمده (۲۵، ۵۰، ۷۵) اعمال شد. در ادامه امتیاز بدست آمده برای این درصدها به عنوان امتیاز حدی برای رده‌بندی منطقه از نظر پتانسیل احداث محل دفن به چهار رده مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب به کار برده شده و نقشه بدست آمده بر مبنای این امتیاز دوباره رده‌بندی گردید (شکل ۷).

(شکل ۸). از بین آن‌ها الویت اول مربوط به محدوده به فاصله ۱۴ کیلومتری شهر اسفراین با مساحتی در حدود ۴۰ هکتار و داشتن شیب مناسب برای پسماند است. گزینه دوم با مساحت ۱۵ هکتار در فاصله ۱۷ کیلومتری از شهر اسفراین، گزینه سوم با مساحت ۴۴ هکتار در فاصله ۲۴ کیلومتری از شهر اسفراین، گزینه ۴ با مساحت ۳۳ هکتار در فاصله ۳۵ از شهر اسفراین و نهایتاً گزینه ۵ با مساحت ۱۶۷ هکتار در فاصله ۵۱ کیلومتری از شهر اسفراین قرار دارند (شکل ۹).

نرم‌افزار GIS و توسط ابزار Buffering اجرا گردیده است. نتیجه حاصل در شکل ۸ قابل مشاهده است. برای تعیین بهترین مکان مناسب برای دفن پسماند، فقط از پهنه‌هایی که در رده مناسب قرار گرفته‌اند استفاده شد. با توجه به برآورد نیاز مکانی به مساحت ۸ هکتار برای ۲۰ سال آینده برای مکان جدید محل دفن، برخی از این مکان‌های بهینه برای این منظور کوچک هستند. با حذف مکان‌های با گنجایش کمتر از ۸ هکتار تنها چند گزینه باقی می‌ماند که بر اساس الویت ۵ محل انتخاب شد.



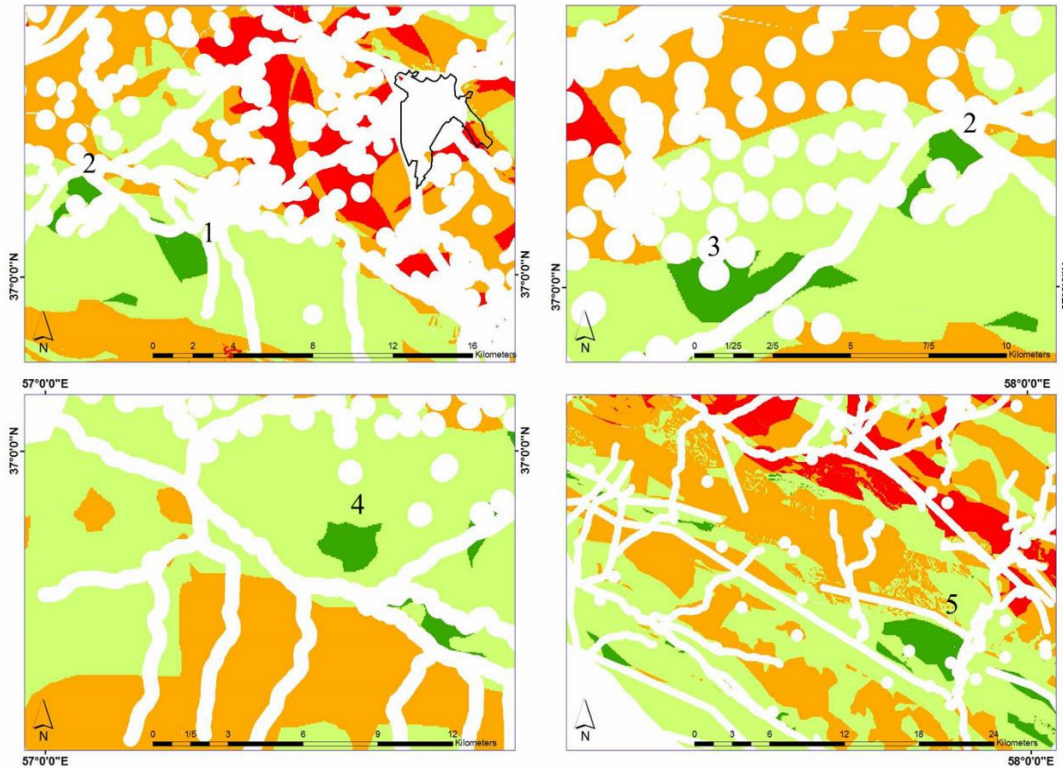
شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی مکان‌یابی لندفیل حاصل از تلفیق لایه‌ها به همراه نقشه رده‌بندی آن



شکل ۸. نقشه پهنه‌بندی برای مکان‌یابی دفن‌گاه پس از اعمال حریم‌های ممنوعه

جدول ۵. حریم‌های مورد استفاده برای مناطق ممنوعه (فاصله بر حسب متر)

فاصله (متر)	حریم‌های ممنوعه	فاصله (متر)	حریم‌های ممنوعه
۵۰۰	چاه، چشمه، قنات	۲۰۰۰	مناطق شهری
۲۰۰	آبراهه اصلی	۵۰۰	مناطق روستایی
۳۰	آبراهه فرعی	۳۰۰-۱۰۰	خطوط حمل و نقل اصلی و فرعی
۳۰	خطوط انتقال نیرو	۳۰۰-۱۰۰	گسل اصلی-فرعی
		۲۰۰	استخر



شکل ۹. نقشه موقعیت پهنه‌های منتخب و وضعیت آن‌ها نسبت به حریم‌های ممنوعه

نتیجه‌گیری

در این پژوهش منطقه پیرامون شهرستان اسفراین به منظور مکان‌یابی و لندفیل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پهنه‌بندی را می‌توان به صورت خلاصه به صورت زیر ارزیابی کرد.

۱- نتایج مقایسه‌های زوجی در روش AHP نشان داد که از بین ۱۳ معیار در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی، معیار کاربری اراضی و نفوذپذیری دارای بیش‌ترین درجه اهمیت بوده در حالی که فاصله از گسل و لرزه‌خیزی کمترین اهمیت و وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

۲- نرخ ناسازگاری به دست آمده در بازه ۰/۰۴-۰/۰۷ متغیر بوده که کمتر از آستانه نرخ ناسازگاری قابل قبول

(۰/۱) بوده و نشان از درست بودن قضاوت در مقایسات

زوجی دارد.

۳- مکان منتخب با مساحت ۴۰ هکتار در ۱۴ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اسفراین واقع شده است. بر اساس بازدید صورت گرفته از محل مورد نظر مکان منتخب به لحاظ پارامترها و معیارهای مکان‌یابی محل دفن زباله صحت و سقم آن تأیید و با پهنه‌بندی‌ها همخوانی دارد. الویت‌های بعدی به ترتیب شامل الویت دوم با مساحت ۱۵ هکتار و فاصله ۱۷ کیلومتری از مرکز تولید پسماند، الویت سوم با مساحت ۴۴ هکتار با فاصله ۲۴ کیلومتری، الویت چهارم با مساحت ۳۳ هکتار و فاصله ۳۵ کیلومتری

شهرداری اسفراین (۱۳۹۰) گزارش اطلاعات زباله‌های شهر اسفراین.

غیور، ز، رزم‌آرا، م (۱۳۹۷) مکانیابی لندفیل شهر قوچان با استفاده از تلفیق سیستم GIS و روش MCDA. مجله زمین‌شناسی زیست‌محیطی ایران، دوره ۱۲، شماره ۴۲، ص ۱۱-۲۰.

Ajibade, F. O., et al (2019) Combining multicriteria decision analysis with GIS for suitably siting landfills in a Nigerian state. *Environmental and sustainability indicators*, 3-4: 100010.

Ajim Ali, S. K., Ahmed, A (2020) Suitability analysis for municipal landfill site selection using fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique. *Environmental earth sciences*, 79: 227.

Chitsazan, M., Dehghan, F (2013) Landfill site selection using geographic information system. (Case study: Ramhormoz city, Iran), *Eco, Environmental and Contamination*, 19(2): 533- 538.

Donevska, K., Jovanovski, J., Gligorova, L (2021) Comprehensive review of the landfill site selection methodologies and criteria. *Journal of Indian institute of science*. <https://doi.org/10.1007/s41745-021-00228-2>

Khamehchiyan, M., Nikoudel, M. R., Boroumandi, M (2011) Identification of hazardous waste landfill: a case study from zanjan province, Iran. *Environmental Earth Science*, 64: 1763-1776.

Majid, M., Ahmed Mir, B (2021) Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Sringer city, India. *Environmental Challenges*, 3:100-130.

Mallick, J (2021) Municipal solid waste landfill site selection based on fuzzy-AHP and Geofomation techniques in Asir region Saudi Arabia. *Sustainability*, 13:15-38.

Pasalari, H., Nabizadeh-Nodehi, R., Mahvi, A. H., Yaghmaeian, K., Charrahi, Z (2019) Landfill site selection using a hybrid system of AHP-Fuzzy in GIS environment: A case study in Shiraz city, Iran. *MethodsX* 6: 1454-1466

Rahimi, S., Hafezalkotob, A., Monavari, S. M., Hafezalkotob, A., Rahimi, R (2020) Sustainable landfill site selection for municipal solid waste based on a hybrid decision-making approach: Fuzzy group BWM-MULTIMOORA-GIS. *Journal of Cleaner Production*, 248: 119186.

و الویت ۵ با مساحت ۱۶۷ هکتار در فاصله ۵۱ کیلومتری از شهرستان اسفراین قرار گرفته اند.

۴- مکان‌های منتخب دارای خاک با بافت رسی و ریزدانه، عمق سطح آب زیرزمینی بالا، نفوذپذیری پایین، کاربری اراضی نسبتاً مناسب، خارج از مسیر آبراهه‌ها و حریم رودخانه دائمی، دارای منابع قرضه مناسب برای محل دفن، شیب مناسب و نیز جاده دسترسی می‌باشند.

۵- همچنین بر اساس بررسی‌های صورت گرفته مکان فعلی محل دفن زباله شهر اسفراین و انطباق آن با نقشه نهایی مکان‌یابی محل دفن پسماند، نشان داد که مکان فعلی مدفن اسفراین در رده‌ی نسبتاً مناسب قرار گرفته است.

۶- نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان یک راهنما در اختیار برنامه‌ریزان و مدیران شهری برای مدیریت بهتر پسماندهای جامد شهری قرار گرفته تا کمترین عواقب زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان کمال تشکر را از آقای دکتر باقری به خاطر ارائه نظرهای مفید در راستای وضعیت هیدروژئولوژی دشت، دارند. همچنین از آقای مهندس حاجتی و خانم مهندس دنیوی به خاطر همکاری در انجام این تحقیق، قدردانی می‌گردد.

منابع

بزرگمهر، ک، حکیم‌دوست، ی، محمدپورزیدی، ع، صیدی، ز (۱۳۹۳) مکان‌یابی بهینه محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از مدل (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: شهرستان تنکابن، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱، ص ۸۱-۸۸.

پرشکوه صیحانی، ر، دهقانی، م، قادری، ح (۱۳۹۰) مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌های شهر حاجی‌آباد به روش AHP و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه جغرافیای طبیعی لار. دوره ۴، شماره ۱۲، ص ۶۳-۷۴.

سروری‌نیا، س، فرقانی‌تهرانی، گ، باقری، ر، گنجی‌نوروزی، ز (۱۳۹۹) مکانیابی محل دفن پسماندهای جامد شهری به روش GIS و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در شهر کنگاور، استان کرمانشاه. مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۴ شماره ۲۷، ص ۱۰۰-۱۱۱.

Landfill site selection for municipal solid waste of Esfarayen city

J. Jafarizadeh¹ and A. Momeni^{2*}

1- M. Sc., student in Environmental Geology, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2- Assist. Prof., Faculty of earth sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

* Ali_moomeni@yahoo.com

Received: 2021/1/23 Accepted: 2021/5/27

Abstract

Waste disposal under terrain is one of the most important strategies in the waste management process. Therefore, landfill site selection with the lowest negative environmental consequence has a vital role for urban planners. In this research as multi criteria decision making method using analytical hierarchy process (AHP) in geographic information system (GIS) environment was applied to find the best landfill sites for Esfarayen city. 13 most important criteria (i.e., permeability, distance from fault, borrow materials, seismic activity, groundwater depth, groundwater quality, slope, rainfall, distance to drainage systems, wind direction, land use, proximity to waste production centers, and distance to roads) in four different groups were employed. Also, an environmental privacy layer was used to apply a buffer radius on risk elements in the study area. Based on AHP matrix results, land use and seismic activity had the highest (0.233) and lowest (0.013) weight, respectively and all of parameters had consistency index lower than 0.07. Finally, the study area was divided to 4 zones according to suitability for sitting landfill. The results show that most parts of the northern zone are located in inappropriate and relatively inappropriate zones, whereas the most parts of southern zone were detected as suitable to relatively suitable zones. Consequently, the best site was chosen based on environmental and operational stand point which has 40 hectares and located in south-west of Esfarayen city.

Keywords: Landfill, Analytical hierarchy process, Waste, Esfarayen