سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال یازدهم / شماره چهارم) زمستان ۱۳۹۹
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیویلیکا، گوگل اسکولار
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

مقاله پژوهشی

تلفیق آینده‌نگری جمعیت در ارائه سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکان‌یابی دفن پسماند شهری (مطالعه موردی: استان قزوین)

زهرا اسدالهی، نغمه مبرقعی، مصطفی کشتکار

دریافت: ۱۱ اسفند ۱۳۹۸/ پذیرش: ۹ شهریور ۱۳۹۹
دسترسی اینترنتی: ۱۱ آذر ۱۳۹۹

چکیده

پیشینه و هدف گسترش شهرنشینی با افزایش جمعیت تولید پسماندهای جامد شهری را طی سال‌های اخیر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای سرعت بخشیده است. علیرغم اهمیت دفن مواد زائد جامد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های چرخه مدیریت پسماند، در حال حاضر دفن اصولی در بسیاری از مناطق ایران مورد غفلت قرارگرفته است. اخیراً سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان ابزاری مناسب برای استفاده در مطالعات انتخاب محل دفن پسماند شناخته‌شده است. علاوه بر این، تصمیم‌گیری چند معیاره روشی شناخته‌شده برای حل مشکلات پیچیده تصمیم‌گیری در انتخاب محل دفن پسماند است که یکی از روش‌های شناخته‌شده آن فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. ازیک‌طرف انتخاب محل دفن پسماند مبتنی بر GIS شامل مراحل اصلی غربالگری و حذف مناطق نامناسب و رتبه‌بندی مناطق باقیمانده است. از طرف دیگر برنامه‌ریزی مکان‌یابی دفن پسماند درگرو داشتن اطلاعات کافی از ویژگی‌های جمعیتی دارد و با توجه به روند افزایشی رشد جمعیت، لزوم توجه به پیش‌بینی جمعیت در تصمیم‌گیری‌ها دوچندان می‌شود. استان قزوین در حوزه مرکزی ایران در سال ۱۳۷۵ از استان تهران جدا شد. براساس سرشماری آبان ۱۳۹۵ جمعیت استان قزوین، ۱۲۷۳۷۶۱ نفر بود که در مقایسه با آبان ۱۳۹۰ متوسط رشد سالانه جمعیت آن معادل ۱/۱۷ درصد بوده است. با توجه به تازه تأسیس بودن استان قزوین و افزایش جمعیت آن طی دهه گذشته، ضرورت مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماند با پیش‌بینی رشد جمعیت احساس می‌شود. لذا پژوهش حاضر باهدف واردسازی کمترین آسیب به محیط‌زیست با به‌کارگیری رویکرد یکپارچه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی- سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS-AHP در تلفیق با آینده‌نگری جمعیت به مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری در استان قزوین پرداخته است.

مواد و روش‌ها پژوهش حاضر طی سه‌گام اصلی مکان‌یابی اولیه دفن پسماند با روش ارزیابی چند معیاره MCE، تعیین مساحت موردنیاز دفن پسماند براساس آینده‌نگری جمعیت تا افق ۱۴۲۵ و درنهایت مکان‌یابی نهایی دفن پسماند شهری با مدل تصمیم‌گیری مکانی تخصیص تک هدفه زمین در نرم‌افزار ایدریسی TerrSet انجام شد. در گام نخست، مکان‌یابی اولیه دفن پسماند براساس رویکرد یکپارچه GIS-AHP طی مراحل شناسایی و انتخاب معیارها، وزن‌دهی معیارها، استانداردسازی معیارها و درنهایت ادغام معیارها با روش WLC انجام شد. در گام دوم، مساحت موردنیاز برای

زهرا اسدی [۱]، نغمه مبرقعی(✉) [۲]، مصطفی کشتکار [۳]
۱. استادیار گروه محیط زیست و شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: n_mobarghei@yahoo.com
http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1399.11.4.1.1

احداث مکان دفن پسماند شهری، بر اساس پیش‌بینی رشد جمعیت، سرانه تولید زباله (کیلوگرم در روز) و متوسط عمق آب زیرزمینی برآورد شد. به‌منظور محاسبه جمعیت استان قزوین تا سال ۱۴۲۵، نتایج گزارش‌های مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری سازمان برنامه‌وبودجه استفاده شد که در این گزارش‌های پیش‌بینی جمعیت استان قزوین تا افق ۱۴۲۵ با توجه به عوامل مؤثر شامل نرخ باروری، مرگ‌ومیر، مهاجرت و ترکیب سنی و جنسی جمعیت حاصل‌شده است. در گام سوم، مکان‌یابی نهایی دفن پسماند شهری با مدل تصمیم‌گیری مکانی تخصیص یک هدفه زمین در نرم‌افزار ایدریسی TerrSet انجام شد. نقشه توان‌سنجی اولیه حاصل از روش MCE به‌عنوان ورودی پایه وارد مدل شد. همچنین شرط مساحت موردنیاز برآورد شده در گام دوم براساس آینده‌نگری جمعیت اعمال شد. در این پژوهش دو سناریو اجرا شد. در سناریوی اول در انتخاب مکان‌های نهایی دفن پسماند، شرط دارا بودن بیشترین ارزش نقشه‌ای اعمال شد و در سناریوی دوم علاوه بر شرط ذکرشده، لزوم وجود بافر ۱۰ کیلومتری برای هر یک از گزینه‌های انتخابی لحاظ گردید.

نتایج و بحث در پژوهش حاضر تعداد ۷ معیار اصلی اکولوژیک و انسانی و ۲۵ معیار فرعی جهت مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری در استان قزوین انتخاب شد. با دخالت‌دادن نتایج پرسشنامه‌های مقایسه زوجی، وزن نهایی هر معیار و زیرمعیار مشخص شد. پس از آماده‌سازی لایه‌های GIS و تشکیل پایگاه داده، هریک از لایه‌های فاکتور به تناسب توابع موجود در ابزار عضویت فازی استانداردسازی شده و با طیف‌هایی از اعداد بین صفر تا ۲۵۵ که بیانگر درجه عضویت در مجموعه فازی است، طبقه‌بندی شدند. این تحقیق تکنیک AHP را در محیط GIS برای بررسی بهترین مکان‌های دفن زباله در مقیاس استان قزوین اجرا نمود. سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS ابزاری بسیار قدرتمند است که می‌تواند ارزیابی سریع از منطقه موردمطالعه برای تعیین محل مناسب دفن زباله ارائه دهد. همچنین تکنیک AHP برای حل آن‌دسته از مشکلات پیچیده‌ای که ممکن است میان اهداف متعدد مسئله همبستگی وجود داشته باشد، مفید است. انتخاب معیارها یکی از مهم‌ترین گام‌ها در این تحقیق بود. در انتخاب سایت دفن پسماند باید عوامل محیطی را در کنار عوامل اقتصادی در نظر گرفت. بنابراین، هشت معیار اصلی فاصله از جاده، ارتفاع، شیب، جهت فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و کاربری اراضی را در پژوهش خود بکار گرفتند. در این تحقیق نیز سعی شد در کنار معیارهای یادشده، پارامترهای مختلف طبیعی و انسانی مانند فاصله از خطوط انتقال انرژی، فاصله از شهرک‌های صنعتی و راه‌آهن و غیره نیز بکار گرفته شود تا جامعیت تحقیق حاضر دوچندان گردد. نقشه توان‌سنجی اولیه کاربری دفن پسماند حاصل از روش MCE با توجه به نمودار فراوانی ارزش‌های آن با روش شکست طبیعی (Natural Break) طبقه‌بندی شد. شهرستان‌های تاکستان، آبیک و بویین‌زهرا به ترتیب مساحت‌های ۵۰/۱۵ ، ۱۴/۵۵ و ۵۴/۴۸ کیلومترمربع از توان خوب جهت دفن پسماند در سطح استان قزوین برخوردار بودند. مناطق یادشده به لحاظ فاصله از مراکز ثقل جمعیتی نیز در بهترین شرایط قرار داشتند. مکان‌یابی نهایی در دو سناریو با مدل تصمیم‌گیری مکانی SOLA اجرا شد. درنهایت سایت شماره یک از سناریو اول و دوم در شرق استان قزوین و در محدوده شهرستان بوئین‌زهرا و در نزدیکی روستای اله‌آباد و سایت شماره سه از سناریو دوم در فاصله ۱۵ کیلومتری از مدیریت دفن پسماند در مرکز استان و سمت شرق روستای زین‌آباد به‌عنوان اولویت معرفی شدند.

نتیجه‌گیری لازم به ذکر است در کنار عدم تعیین محل مناسب برای دفع نهایی پسماندها در سالیان گذشته، تاکنون برنامه جامعی در زمینه کاهش تولید پسماند و اجرای طرح‌های تفکیک از مبدأ در هیچ‌یک از شهرستان‌های موردمطالعه تهیه و اجرانشده است. شکل‌گیری بخش آینده‌پژوهی در ساختار تشکیلاتی سیستم‌های مدیریتی دفن پسماند نه تنها می‌تواند منجربه کاهش خطرات محیط‌زیستی شود بلکه پایداری در منابع اقتصادی و اجتماعی را به‌همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تخصیص تک هدفه زمین، آینده‌پژوهی، ارزیابی چندمعیاره مکانی، مکان دفن پسماند

لطفاً به این مقاله استناد کنید: اسدالهی، ز.، مبرقعی دینان، ن.، کشتکار، م. ۲۰۲۰. تلفیق آینده‌نگری جمعیت در ارائه سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکان‌یابی دفن پسماند شهری (مطالعه موردی: استان قزوین). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۱(۴): ۱-۲۴.

مقدمه

جمعیت جهان در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ از سطح فعلی بیش از ۷/٦ میلیارد نفر، به ۸/۹ میلیارد نفر خواهد رسید (۱۰، ۳۱ و ۳۷). شهرنشینی با افزایش جمعیت گسترش پیداکرده است (۳۲)، به‌طوری‌که شهرنشینی تولید پسماندهای جامد شهری (Municipal Solid Waste) را طی سال‌های اخیر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای سرعت بخشیده است (٤، ۱۵ و ۲٤). تولید جهانی پسماندهای جامد شهری از ده سال قبل از ارزش ۰/٦٤ کیلوگرم به بیش از ۱/۲ کیلوگرم به ازای هر شخص در روز افزایش‌یافته است (۱۱) و احتمالاً تولید آن در سال ۲۰۲۵ با ۲۰٪ افزایش به ۱/٤٤ کیلوگرم افزایش می‌یابد. مدیریت مواد زائد جامد شهری (Municipal Solid Waste Management) یکی از نگرانی‌های عمده در سطح جهان از جنبه‌های محیط‌زیستی و اقتصادی-اجتماعی محسوب می‌شود (۲، ٦ و ۳۸). با توجه به‌سرعت روند صنعتی شدن، جمعیت رو به رشد و کمبود زمین، مدیریت مؤثر ضایعات جامد شهری چالشی بزرگ برای مسئولان محلی و برنامه‌ریزان است (۱٦). با توجه به اینکه سیستم‌های فعلی مدیریت ضایعات در پاسخ به تقاضای موجود موفق نبوده‌اند، نیاز به سیستمی که توانایی مدیریت مؤثر حجم روزافزون زباله‌های تولیدی را دارد، احساس می‌شود (۳۵). اکثر شهرها در کشورهای درحال‌توسعه با سیستم مدیریت ناکافی پسماندهای جامد شهری با خطرات جدی برای سلامتی و تخریب محیط‌زیست روبرو هستند (۱۹ و ۳۹). در پسماندهای جامد شهری کشورهای توسعه‌نیافته معمولاً انواع ضایعات جامد از قبیل مصنوعات، پلاستیک، کاغذ، شیشه، لاستیک، فلزات و زباله‌های خانگی یافت می‌شود (۹). دفع ضعیف و مدیریت نامناسب پسماندهای جامد شهری با تولیدمثل جوندگان و حشرات گسترش‌دهنده پاتوژن‌ها، آلودگی آب و غیره می‌تواند باعث بروز مشکلاتی شود که بهزیستی انسان را به خطر اندازد. همچنین با افزایش آلودگی هوا و خاک، شرایط محیطی به وجود می‌آید که مانع از تحقق توسعه پایدار می‌شود (۱۳، ۲۲ و ۳٤). به همین دلیل ایجاد تأسیساتی مانند محل دفن و استقرار آن فعالیتی دشوار است و اغلب با مخالفت‌های عمومی روبرو می‌شود (۳٦). اخیراً سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان ابزاری مناسب برای استفاده در مطالعات انتخاب محل دفن پسماند شناخته‌شده است (۱٦). علاوه بر این، تصمیم‌گیری چند معیاره (Multi Criteria Decision Making; MCDM) روشی شناخته‌شده برای حل مشکلات پیچیده تصمیم‌گیری در انتخاب محل دفن پسماند است (۷). ساعتی (۲٦) فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process; AHP) را به‌عنوان نوعی از روش MCDM پیشنهاد داد که در آن یک مسئله در قالب یک سلسله‌مراتب تجزیه می‌شود و هدف در بالا قرار می‌گیرد. به‌طورکلی روش انتخاب محل دفن پسماند مبتنی بر GIS شامل دو مرحله اصلی غربالگری ازجمله حذف مناطق نامناسب اراضی و رتبه‌بندی مناطق باقیمانده است (۱۸ و ۲۳). توابع بافر (Buffer)، محاسبه مجاورت (Adjacent Computation)، رویهم‌گذاری (Overlay) و تحلیل فاصله هزینه (Cost Distance Analysis) از مهم‌ترین توابع تحلیل GIS است که معمولاً در مکان‌یابی دفن پسماند اجرا می‌شوند (۲۹). مطالعات مختلفی در کشورهای مختلف باهدف مکان‌یابی محل دفن زباله با رویکرد ترکیبی GIS-AHP انجام‌شده است که به‌طور مثال می‌توان به شمال شرقی یونان (٦)، عراق (۳)، سائوپائولو، برزیل (۳۳)، ترکیه (۳۹) و مراکش (۱) اشاره نمود. از مطالعات داخلی انجام‌شده باهدف مکان‌یابی محل دفن پسماند با رویکرد GIS-AHP می‌توان به مطالعه چیت‌سازان و همکاران (۵) در شهرستان رامهرمز، حیدریان و همکاران (۱۲) در شهر پاکدشت استان تهران، خداپرست و همکاران (۱۷) در شهر قم، رضویان و همکاران (۲۵) در شهر اردبیل، سالاری و همکاران (۲۷) در شهر شیراز، و یزدانی و همکاران (٤۰) در محدوده غرب استان مازندران اشاره نمود. بنابراین رویکرد یکپارچه GIS-AHP به‌عنوان ابزاری قدرتمند در ارزیابی مکان‌های احتمالی دفن پسماند شناخته‌شده است. از طرفی در هر سرزمینی، هرگونه برنامه‌ریزی درگرو داشتن اطلاعات وافر

و کافی درخصوص جمعیت و ویژگی‌های جمعیتی آن سرزمین دارد، بنابراین آگاهی از جایگاه جمعیتی هر کشور در سطح جهانی و نیز منطقه جغرافیایی، نقش کلیدی و محوری در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری دارد. بررسی روند شهرنشینی در استان‌های کشور حاکی از رشد جمعیت در تمامی استان‌های کشور دارد که لزوم توجه به پیش‌بینی جمعیت در تصمیم‌گیری‌ها را دوچندان می‌کند. آینده‌پژوهی و حتی آینده‌نگری در حقیقت دانش و معرفت ترسیم و شکل بخشیدن به آینده به‌گونه‌ای آگاهانه، فعالانه و پیش‌دستانه است. به‌منظور برنامه‌ریزی توسعه مکان‌های دفن پسماند شهری تمامی اجزای عوامل اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی به‌صورت یک سیستم باید دخالت داده شوند و همه عناصر زیرمجموعه این عوامل که در برنامه‌ریزی انتخاب لندفیل دخیل هستند همچون سیستمی با عناصر درهم‌تنیده باید در نظر گرفته شوند تا ارتباطات این عوامل باهم موردسنجش قرارگرفته و با رویکردی آینده‌پژوهانه جهت برنامه‌ریزی‌های بهتر و آینده‌نگرانه، سناریوهای مطلوب در این راستا استخراج شوند. استان قزوین در حوزه مرکزی ایران در سال ۱۳۷۵ از استان تهران جدا شد و به همراه تاکستان از استان زنجان، تشکیل استان تازه‌ای به نام استان قزوین را داد. براساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در آبان ۱۳۹۵ جمعیت استان قزوین برابر با ۱۲۷۳۷۶۱نفر که در مقایسه با سرشماری عمومی نفوس و مسکن آبان ۱۳۹۰ متوسط رشد سالانه جمعیت آن معادل ۱/۱۷درصد بوده است. با توجه به تازه تأسیس بودن استان قزوین و افزایش جمعیت آن طی دهه گذشته ضرورت مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماند با پیش‌بینی رشد جمعیت احساس می‌شود. لذا پژوهش حاضر با استفاده رویکرد یکپارچه GIS-AHP در تلفیق با آینده‌نگری جمعیت به مکان‌یابی بهینه دفن پسماندهای شهری با کم‌ترین آسیب بر محیط‌زیست و سلامت افراد پرداخته است.

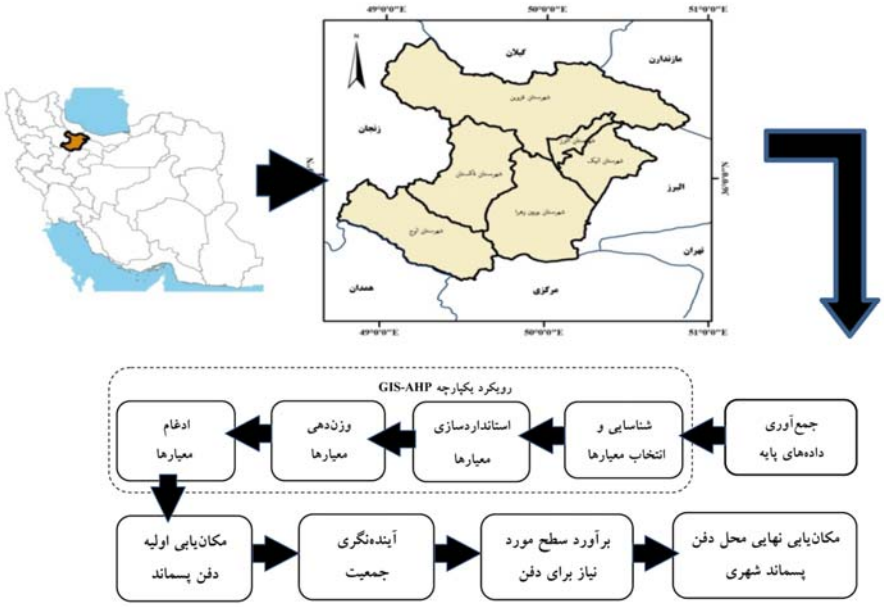
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران با مساحت ۱۵۸۲۱ کیلومترمربع بین ´۴۵ °۴۸ تا ´۵۰ °۵۰ طول شرقی و ´۳۷ °۳۵ تا ´۴۵ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد. این استان در مجاورت استان‌های مازندران، گیلان، همدان، زنجان، مرکزی و تهران قرار دارد (شکل ۱). براساس آخرین وضعیت تقسیمات کشوری در پایان سال ۱۳۹۵ دارای شش شهرستان (قزوین، تاکستان، بوئین‌زهرا، آبیک، البرز و آوج)، ۱۹ بخش، ۴۶ دهستان و ۱۱۵۰ آبادی است.

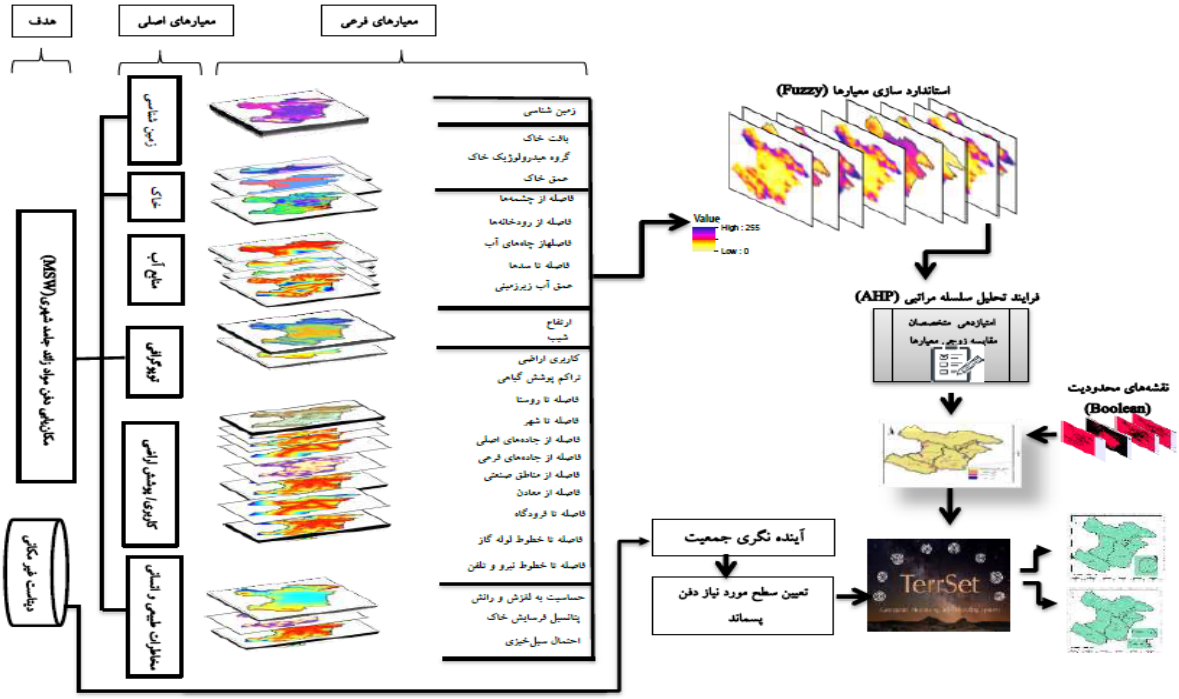
مراحل تحقیق

مراحل مختلف این مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. مرحله اول پژوهش شامل جمع‌آوری داده‌های پایه از سازمان‌های دولتی و سایت‌های معتبر اینترنتی بود. سپس مکان‌یابی اولیه دفن پسماند براساس رویکرد یکپارچه GIS-AHP طی چند گام شناسایی و انتخاب معیارها، وزن‌دهی معیارها، استانداردسازی معیارها و در نهایت ادغام معیارها انجام شد. در مرحله بعد آینده‌نگری جمعیت به انتخاب مکان مناسب برای محل دفن زباله منجر شد. رویکرد مورداستفاده در این تحقیق با جزییات بیشتر در شکل ۲ قابل‌مشاهده است.



شکل ۱. محدوده موردمطالعه و روند اجرای پژوهش

Fig. 1. Study area and research steps



شکل ۲. مکان‌یابی دفن پسماند شهری با رویکرد یکپارچه **GIS-AHP** در تلفیق با آینده نگری جمعیت

Fig. 2. Siting of municipal waste landfill with integrated GIS-AHP approach in combination with population forcasting

داده‌های مورد استفاده

در این مرحله نقشه‌های پایه موردنیاز در مکان‌یابی دفن پسماند منطقه مورد مطالعه تهیه شدند (جدول ۱). برای تمامی نقشه‌های مذکور سیستم مختصات UTM و بیضوی مبنای WGS84 و زون ۳۹ شمالی استفاده شد.

جدول۱. داده‌های پایه مورداستفاده و منبع آن‌ها

Table 1. Used data and their source

ترتیب Order	لایه Layer	منابع Source	مقیاس Scale	توضیحات Description
۱	پوشش گیاهی Land cover	طرح آمایش سرزمین استان قزوین Gazvin province land use planning project	۱:۱۰۰۰۰ 1:10000	استخراج از طریق بازدید میدانی در سال ۱۳۹۷ Extraction through field visit in 2018 year
۲	زمین‌شناسی Geology	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران Geological survey & mineral exploration of Iran	۱:۱۰۰۰۰۰–۱:۲۵۰۰۰۰ 100000-1:250000	-
۳	خاک (بافت خاک) Soil (Soil Texture)	اطلاعات خاک FAO Soilgrid.org FAO Soil Information	۱:۵۰۰۰۰۰ ۱:۱۰۰۰۰۰۰۰ 1:500000-1:10000000	تولید لایه‌های بافت خاک با استفاده از مثلث بافت خاک و استخراج درصد اجزا تشکیل‌دهنده خاک با الگوریتم‌ها و سنجش‌ازدور Production of soil texture layer using soil texture triangle and extraction of soil components (%) with algorithms and remote sensing
٤	منابع آب (چشمه، رودخانه، سد و چاه‌های آب، عمق آب‌های زیرزمینی) Water resources (spring, river, dam, wells, ground water depth)	شرکت مدیریت منابع آب Water Resources Management Company	–	استفاده از داده‌های شرکت مدیریت منابع آب Use of water resources management company data
۵	توپوگرافی (مدل رقومی ارتفاع، شیب) Topoghraphy (DEM, Slope)	usgs.gov	۱:۵۰۰۰۰ 1:50000	-
٦	زیستگاه‌های حساس Sensitive Habitats	اداره کل محیط‌زیست استان قزوین Department of environment of Gazvin province	۱:۱۰۰۰۰۰ 1:100000	تصحیح، تدقیق و تولید نقشه‌های جدید مناطق Correction, revision and production of new maps of protected areas
۷	کاربری اراضی (مناطق شهری و روستایی، جاده‌های اصلی و فرعی، راه‌آهن، مناطق صنعتی، معادن، فرودگاه) Land use (Cities and Vilages, Main roads and Secondary roads, Rail Road, Industries, Mines, Airport)	طرح آمایش استان قزوین Gazvin land use planning project	۱:۵۰۰۰۰–۱:۱۰۰۰۰ 1:10000-1:50000	مستخرج از براساس مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۸ Extracted from field studies and satellite images in 2019 year
۸	خطوط گاز و خطوط نیرو Gas lines and Power lines	سازمان برنامه‌وبودجه استان قزوین Management and planning organization of Gazvin province	۱:۵۰۰۰۰ 1:50000	–
۹	گسل‌ها Faults	سازمان زمین‌شناسی کل کشور Geological survey & mineral exploration of Iran	۱:۱۰۰۰۰۰۰ 1:1000000	طبقه‌بندی و تدقیق با نقشه‌های بزرگ‌مقیاس Classify and revision with large scale maps
۱۰	پتانسیل فرسایش خاک، حساسیت به لغزش و رانش Soil erosion sensitivity, Landslide susceptibility	مستخرج از طرح آمایش استان قزوین (۵) Gazvin province land use planning project	۱:۵۰۰۰۰ 1:50000	مدل‌سازی براساس الگوریتم‌های بررسی مخاطرات محیطی زیستی Modeling based on environmental hazard assessment algorithms

مکان‌یابی اولیه دفن پسماند شهری با رویکرد یکپارچه GIS-AHP

شناسایی و انتخاب معیارها

شناسایی و توسعه معیارها اولین بخش از رویکرد یکپارچه GIS-AHP بود. معیارها شامل دو دسته محدودیت و فاکتور هستند. فاکتورها معیارهایی بودند که درجات مطلوبیت را برای تمام منطقه به‌صورت اعداد پیوسته نشان می‌دادند. فاکتورها در مرحله بعد به‌صورت لایه‌های فازی به روش‌های مختلف استاندارد شدند (۲۸). محدودیت‌ها شامل آن دسته از معیارهای بولین بودند که تحلیل را برای محدوده موردمطالعه محدود می‌کردند. محدودیت‌ها به‌صورت لایه‌های بولین تهیه شدند که در آن صفر نشان‌دهنده عدم تناسب و یک نشان‌دهنده تناسب است.

استانداردسازی فاکتورها به روش فازی

در بخش دوم استانداردسازی توسط توابع عضویت فازی و در مقیاس ۰ تا ۱ یا ۰ تا ۲۵۵ انجام شد. استانداردسازی فاکتورها در نرم‌افزار ایدریسی توسط دستور Fuzzy صورت گرفت. تئوری مجموعه فازی یک‌پایه ریاضی غنی برای درک مشکلات تصمیم‌گیری و ایجاد قوانین تصمیم‌گیری در ارزیابی و ترکیب معیارها تولید می‌کند. در این دستور توابع عضویت به‌صورت خطی (Linear)، S شکل (Sigmoidal)، J شکل (J-shaped)و تعریف‌شده توسط کاربر (User defined) تعریف‌شده است. هرکدام از این توابع دارای سه شکل افزایشی یکنواخت (Monotonically Increasing)، کاهشی یکنواخت (Monotonically Decreasing) و متقارن (Symmetric) هستند (۸).

وزن‌دهی فاکتورها به روش AHP

در بخش دوم استانداردسازی توسط توابع عضویت فازی و در مقیاس ۰ تا ۱ یا ۰ تا ۲۵۵ انجام شد. استانداردسازی فاکتورها در نرم‌افزار ایدریسی توسط دستور Fuzzy صورت گرفت. تئوری مجموعه فازی یک‌پایه ریاضی غنی برای درک مشکلات تصمیم‌گیری و ایجاد قوانین تصمیم‌گیری در ارزیابی و ترکیب معیارها تولید می‌کند. در این دستور توابع عضویت به‌صورت خطی (Linear)، S شکل (Sigmoidal)، J شکل (J-shaped)و تعریف‌شده توسط کاربر (User defined) تعریف‌شده است. هرکدام از این توابع دارای سه شکل افزایشی یکنواخت (Monotonically Increasing)، کاهشی یکنواخت (Monotonically Decreasing)و متقارن (Symmetric) هستند (۸).

جدول۲. مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (۲۶)

Table 2. Preference values for pairwise comparisons

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
Preferences (oral judgment)	Value
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر	۹
Extremely preferred	9
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
Strongly preferred very	7
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
Strongly preferred	5
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر و یا کمی مطلوب‌تر	۳
Moderately preferred	3
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
Equally preferred	1
ترجیحات بین فواصل فوق	۲، ٤، ٦ و ۸
Preferences between strong distances	2, 4, 6 and 8

ادغام لایه‌ها با روش WLC

یکی از رایج‌ترین روش‌های مورداستفاده در ترکیب داده‌ها، WLC است. در WLC هر فاکتور استانداردشده در وزن مرتبط با آن ضرب می‌شود، سپس فاکتورها باهم جمع می‌شوند. زمانی که وزن‌ها برای هر سلول محاسبه شد، تصویر حاصل یک‌بار دیگر در نقشه‌های محدودیت ضرب می‌گردد تا مناطقی که نباید موردمحاسبه قرار گیرند، خارج گردند. تصویر نهایی مربوط به محاسبه ترکیب مطلوبیت در محدوده ۰ تا ۲۵۵ برای مناطقی است که محدودیتی برای توسعه ندارند. در این مرحله لایه‌ها با استفاده از روش ادغام خطی وزن داده‌شده ادغام می‌شوند. فرمول روش WLC به‌صورت زیر است.

$$S= \sum i= Wi\ Xi \prod Ci \qquad [۱]$$

در این رابطه؛ S تناسب برای کاربری موردنظر، Wi وزن هریک از لایه‌ها، Xi لایه فازی، که فاکتور نامیده می‌شود، $\prod$ علامت ضرب C_i لایه بولین، که محدودیت نامیده می‌شود.

آینده‌نگری جمعیت تا افق ۱۴۲۵ و تعیین مساحت موردنیاز دفن پسماند

به‌منظور محاسبه جمعیت استان قزوین تا افق ۱۴۲۵ نیاز به پیش‌بینی جمعیت است. در تحقیق حاضر از نتایج گزارش‌های مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌گری سازمان برنامه‌وبودجه و مرکز آمار ایران استفاده شد که در این گزارش مطابق با برنامه سند چشم‌انداز از روش ترکیبی (Component Method) به‌منظور پیش‌بینی جمعیت کل کشور با فرض سناریوهای مختلف باروری تا افق ۱۴۲۵ استفاده‌شده است. در این روش پیش‌بینی جمعیت با توجه به عوامل مؤثر در تغییر جمعیت شامل باروری، مرگ‌ومیر، مهاجرت و ترکیب سنی و جنسی جمعیت به دست می‌آید. اطلاعات مذکور از داده‌های نفوس و مسکن مرکز آمار ایران، داده‌های ثبتی وقایع حیاتی سازمان ثبت‌احوال و آمار اتباع بیگانه وزارت کشور حاصل‌شده است. در این پژوهش پیش‌بینی جمعیت استان قزوین در افق ۱۴۲۵ بر اساس سناریو منتخب (نرخ باروری ۱/۹) که تعیین‌کننده حداقل و حداکثر تغییرات جمعیت با توجه به اسناد بالادستی در آینده است، محاسبه شد.

تلفیق آینده‌نگری جمعیت در مکان‌یابی نهایی دفن پسماند شهری

مکان‌یابی نهایی دفن پسماند شهری با مدل تصمیم‌گیری مکانی تخصیص یک هدفه زمین (Single Objective Land Allocation; SOLA) در نرم‌افزار ایدریسی TerrSet انجام شد. نقشه توان‌سنجی اولیه حاصل از روش MCE به‌عنوان ورودی پایه وارد مدل شد و شرط مساحت موردنیاز برآورد شده در بخش قبل براساس آینده‌نگری جمعیت اعمال شد. در این پژوهش از دو سناریو و سه گزینه مکانی استفاده‌شده است. در سناریوی اول برای انتخاب گزینه‌های مکانی شرط دارا بودن بیشترین ارزش نقشه‌ای اعمال شد و در سناریوی دوم علاوه بر شرط ذکرشده، لزوم وجود بافر ۱۰ کیلومتری برای هر یک از گزینه‌های انتخابی لحاظ گردید.

نتایج

در پژوهش حاضر پس از بررسی‌های میدانی به‌عمل‌آمده و همچنین مطالعات کتابخانه‌ای که توسط نگارندگان پژوهش حاضر صورت گرفت، تعداد ۷ معیار اصلی و ۲۵ معیار فرعی جهت مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری در استان قزوین انتخاب شد. این معیارها در طبقه‌بندی کلی، به دودسته پارامترهای طبیعی و انسانی تقسیم می‌شوند که در جدول ۳ قابل‌مشاهده می‌باشند. در ادامه با واردسازی نتایج پرسشنامه های مقایسه زوجی، وزن نهایی هر معیار و زیرمعیار مشخص شد. پس از آماده‌سازی لایه‌های GIS و تشکیل پایگاه داده، هریک از لایه‌های فاکتور به‌تناسب توابع موجود در ابزار عضویت فازی استانداردسازی شده و با طیف‌هایی از اعداد بین صفر تا ۲۵۵ که بیانگر درجه عضویت در مجموعه فازی است، طبقه‌بندی شدند. شکل‌های ۳ تا ۸ لایه‌های نهایی استانداردشده مورداستفاده در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

جدول۳. لایه‌های فاکتور فازی شده و وزن نسبی آن‌ها در کاربری دفن پسماند

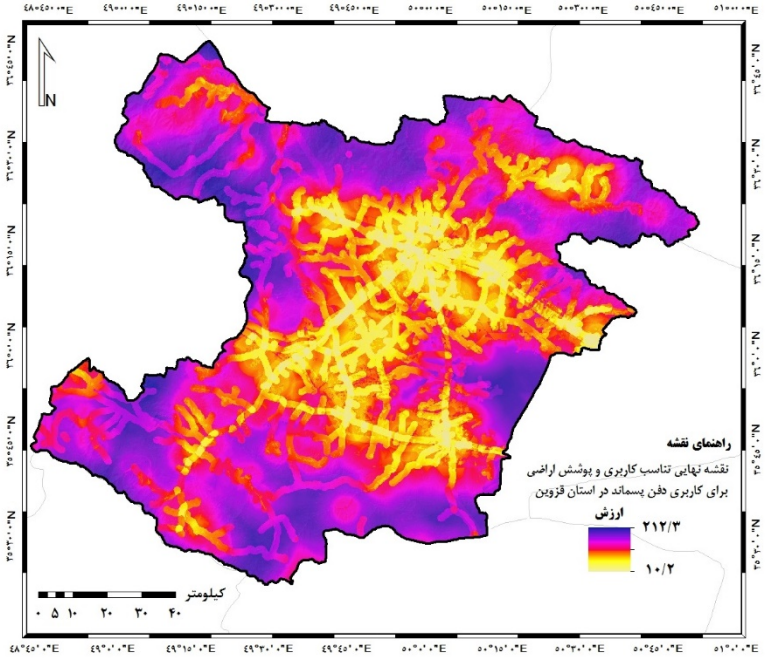
Table 3. Fuzzified factor layers and their relative weights used for waste landfill suitability analysis

	نام لایه فاکتور Factor layer	فازی‌سازی Fuzzification	وزن لایه‌ها در ادغام اول Layer weights in the first combination	لایه نهایی Final layer	وزن لایه‌ها در ادغام نهایی Layer weights in the final combination
۱	زمین‌شناسی Geology	مطابق با مدل مخدوم (۲۱) Based on Makhdoum model (21)	_	زمین‌شناسی Geology	۰/۱۱٤٤ 0.1144
۲	بافت خاک Soil texture	رسی: ۰/۷، رسی–لومی: ۱ و لومی: ۰/۸ Clay: 0.7, clay-loam:1 and loam: 0.8	۰/۱۵۷۱ 0.1571		
۳	گروه‌های هیدرولوژیک خاک Hydrologic soil groups	از A تا D کاهشی Decreasing trend from A to D.	۰/۵۹۳٦ 0.5936	خاک Soil	۰/۰۹۷۸ 0.0978
٤	عمق خاک Soil depth	خطی افزایشی Increasing linearly	۰/۲٤۹۳ 0.2493		
۵	فاصله از چشمه‌ها Distance to spring	۰ تا ۵۰۰ متر: صفر ۵۰۰ متر و بیشتر: افزایشی 0-500 m: 0, 500 ≥ increasing	۰/۰٦۲٦ 0.0626		
٦	فاصله از رودخانه‌ها Distance to rivers	۰ تا ۵۰۰ متر: صفر ۵۰۰ متر و بیشتر: افزایشی 0-500 m: 0, 500 ≥ increasing	۰/۱۵ 0.15		
۷	فاصله از چاه‌ها Distance to well	۰ تا ۵۰۰ متر: صفر ۵۰۰ متر و بیشتر: افزایشی 0-500 m: 0, 500 ≥ increasing	۰/۰٦۲٦ 0.0626	منابع آب Water Resources	۰/۳۵۲۹ 0.3529
۸	فاصله تا سد Distance to dam	۰ تا ۵۰۰ متر: صفر ۵۰۰ متر و بیشتر: افزایشی 0-500 m: 0, 500 ≥ increasing	۰/۳۱۱۷ 0.3117		
۹	عمق آب‌های زیرزمینی Ground water depth	۰ تا یک متر: صفر بیشتر از یک متر: خطی افزایشی 0-1 m: 0, 1 ≥ increasing linearly	۰/٤۱۳۱ 0.4131		
۱۰	ارتفاع Elevation (m)	۲۵۰ تا ٤۰۰ متر: افزایشی، ٤۰۰ تا ۱۲۰۰ متر: افزایشی تا یک 250-400m: increasing, 400-1200m: increase to one ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰: ثابت ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ متر: کاهشی ۲۰۰۰ متر و بیشتر: صفر `1200-1800m: constant, 1800-2000m:decreasing, 2000m ≥ 0	۰/۰٤۱۲ 0.0412	توپوگرافی Topography	۰/۱۸٤۸ 0.1848
۱۱	شیب Slope	بدون شیب: ۱ ۵ درجه: ۰/٦ ۹ درجه: ۰/۲ بیشتر از ۹ درجه: ۰ 0:1, 5 degrees: 0.6, 9 degrees: 0.2, More than 9 degrees: 0	۰/۱٤۲٦ 0.1426		
۱۲	حساسیت به لغزش و رانش Landslide susceptibility	خطی کاهشی Decreasing linearly	۰/۱٤۲۹ 0.1429	مخاطرات طبیعی و انسانی Humn based and natural based hazards	۰/۰۵۲۹ 0.0529
۱۳	پتانسیل فرسایش خاک Soil erosion susceptibility	خطی کاهشی Decreasing linearly	۰/٤۲۸٦ 0.4286		
۱٤	احتمال سیل‌خیزی Flood potential	خطی کاهشی Decreasing linearly	۰/٤۲۸٦ 0.4286		

جدول۳. (ادامه)

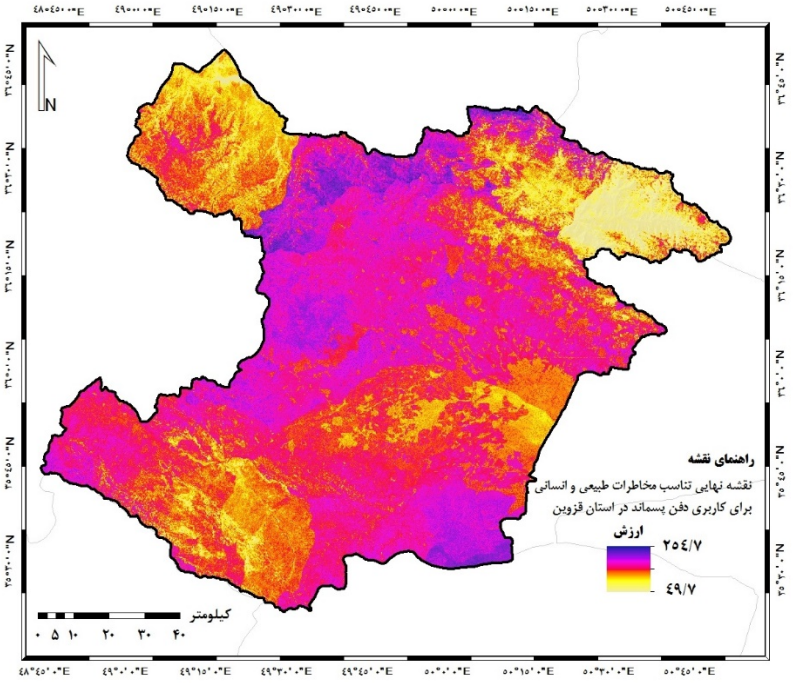
Table 3. (continued)

	نام لایه فاکتور Factor layer	فازی‌سازی Fuzzification	وزن لایه‌ها در ادغام اول Layer weights in the first combination	لایه نهایی Final layer	وزن لایه‌ها در ادغام نهایی Layer weights in the final combination
۱۵	کاربری و پوشش اراضی Land use/cover	مناطق مسکونی: ۰، صنایع:۰، مراتع: ۰/۵، کشاورزی: ۰/٤ و مناطق بایر: ۱ Residential areas: 0, industries: 0, pastures: 0.5, agriculture: 0.4 and barren areas: 1	۰/۰۹٦۳ 0.0963	کاربری و پوشش اراضی Land use/ land cover	۰/۱۹۸۲ 0.1982
۱٦	تراکم پوشش گیاهی Vegetation density	۰ تا ۸۵ : خطی کاهشی، بیشتر از ۸۵ : ۰ 0 - 85: increasing linearly, 85≥ : 0	۰/۰۳٤۲ 0.0342		
۱۷	فاصله تا روستا Distance to villages	صفر تا ۳۰۰۰ متر: صفر، ۳۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر: افزایشی، ۱۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر: ۱، ۱۵۰۰۰ متر و بیشتر: کاهشی 0- 3000 m: 0, 3000 - 10000 m: increasing, 10000 - 15000 m: 1, 15000 ≥ decreasing	۰/۱٦٤۷		
۱۸	فاصله تا شهر Distance to cities	صفر تا ۵۰۰۰ متر: صفر، ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ متر: افزایشی، ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ : ۱، ۳۰۰۰۰ متر و بیشتر: کاهشی 0- 5000 m: 0, 5000 - 20000 m: increasing, 20000 - 30000 m: 1, 30000 ≥ decreasing	۰/۲۳۰۸ 0.2308		
۱۹	فاصله از جاده‌های اصلی Distance to main roads	صفر تا۱۰۰۰ متر: صفر، ۱۰۰۰ متر و بیشتر: خطی کاهشی 0- 5000 m: 0, 30000 ≥ decreasing linearly	۰/۱۰٦۹ 0.1069		
۲۰	فاصله از جاده‌های فرعی Distance to secondary roads	صفر تا ۱۰۰۰ متر: صفر، ۱۰۰۰ متر و بیشتر: خطی کاهشی 0- 5000 m: 0, 30000 ≥ decreasing linearly	۰/۱۲٤۹ 0.1249		
۲۱	فاصله از مناطق صنعتی Distance to industrial areas	صفر تا ۳۰۰۰ متر: صفر، ۳۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر: افزایشی، ۱۵۰۰۰ متر و بیشتر: یک 0- 3000 m: 0, 3000 - 15000 m: increasing, 15000 m ≥ 1	۰/۰٤۲٦ 0.0426		
۲۲	فاصله از معادن Distance to mines	صفر تا ۳۰۰۰ متر: صفر، ۳۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر: افزایشی، ۱۵۰۰۰ متر و بیشتر= کاهشی تا ۰/٦ 0- 3000 m: 0, 3000 - 15000 m: increasing, 15000 m ≥ decreasing to 0.6	۰/۰٤۲٦ 0.0426		
۲۳	فاصله تا فرودگاه Distance to airport	صفر تا ۳۰۰۰ متر: صفر، ۳۰۰۰ متر تا آخر: خطی افزایشی 0- 3000 m: 0, 3000 - 15000 m: increasing, 15000 m ≥ 1	۰/۰۸۵۲ 0.0852		
۲٤	فاصله تا خطوط نیرو Distance to powerlines	صفر تا ۱۰۰۰: صفر، ۱۰۰۰ تا آخر: خطی کاهشی 0- 1000 m: 0, 1000 m ≥ decreasing linearly	۰/۰۳۵۹ 0.0359		
۲۵	فاصله تا خطوط لوله گاز Distance to gas lines	صفر تا ۳۰۰۰ متر: صفر، ۳۰۰۰ تا ٤۰۰۰۰ متر: خطی افزایشی، بیشتر از ٤۰۰۰۰ متر: یک 0- 3000 m: 0, 3000 - 40000 m: increasing linearly, 40000 m ≥1	۰/۰۳۵۹ 0.0359		



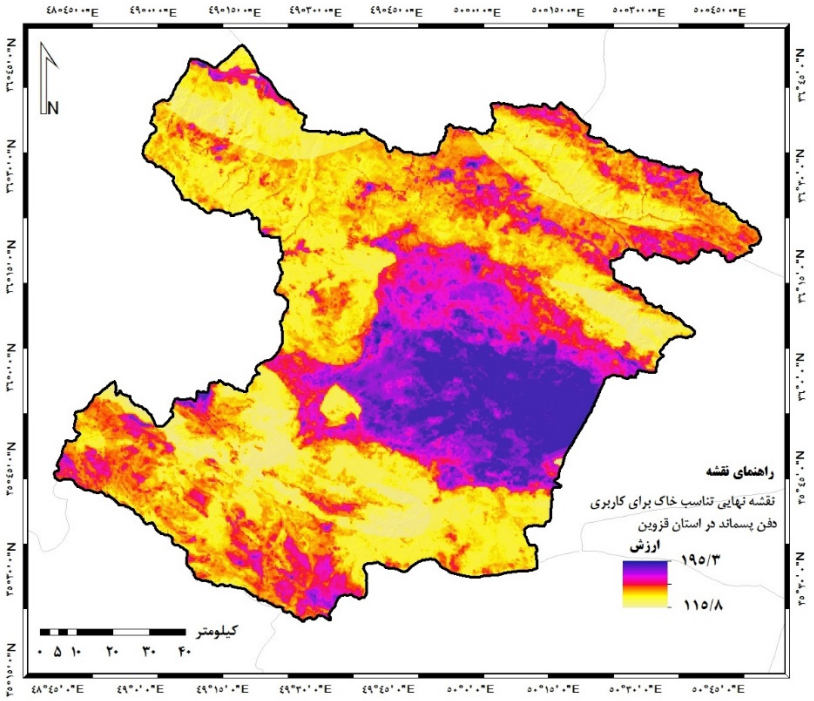
شکل ۳. نقشه نهایی تناسب کاربری و پوشش اراضی برای کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 3. Final map of land use/cover suitability for waste landfill in Qazvin province



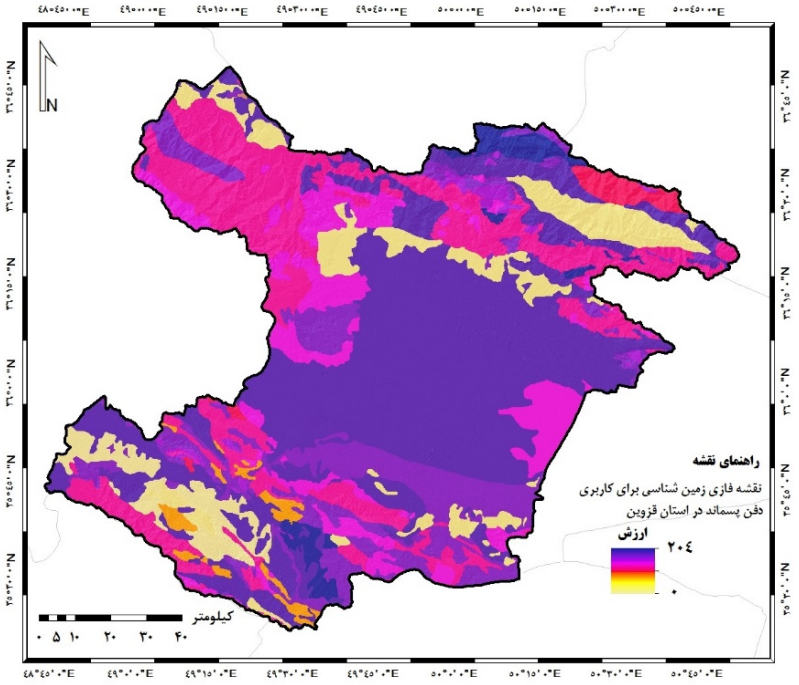
شکل۴. نقشه نهایی تناسب مخاطرات طبیعی و انسانی برای کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 4. Final map of natural and human hazards suitability for waste landfill in Qazvin province



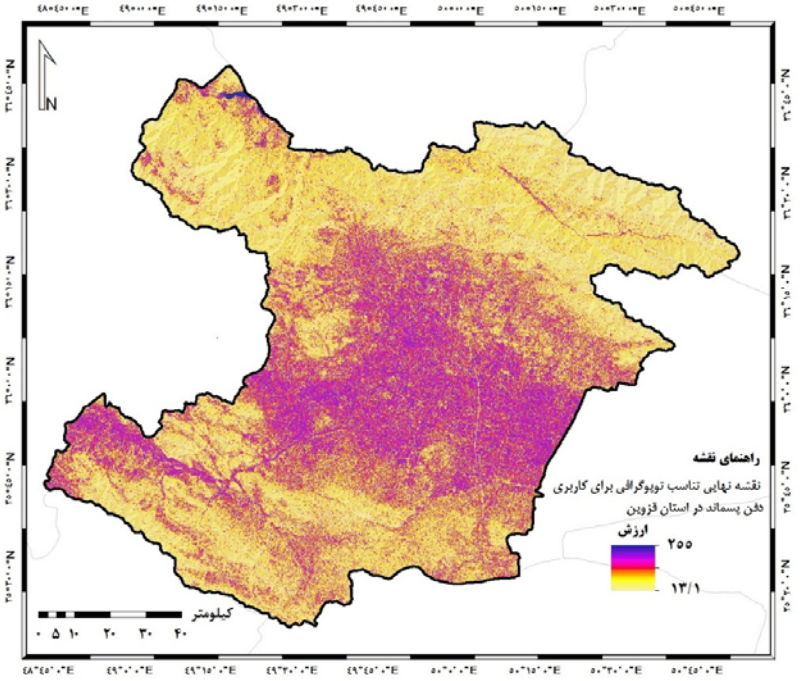
شکل۵. نقشه نهایی تناسب خاک برای کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 5. Final map of soil suitability for waste landfill in Qazvin province



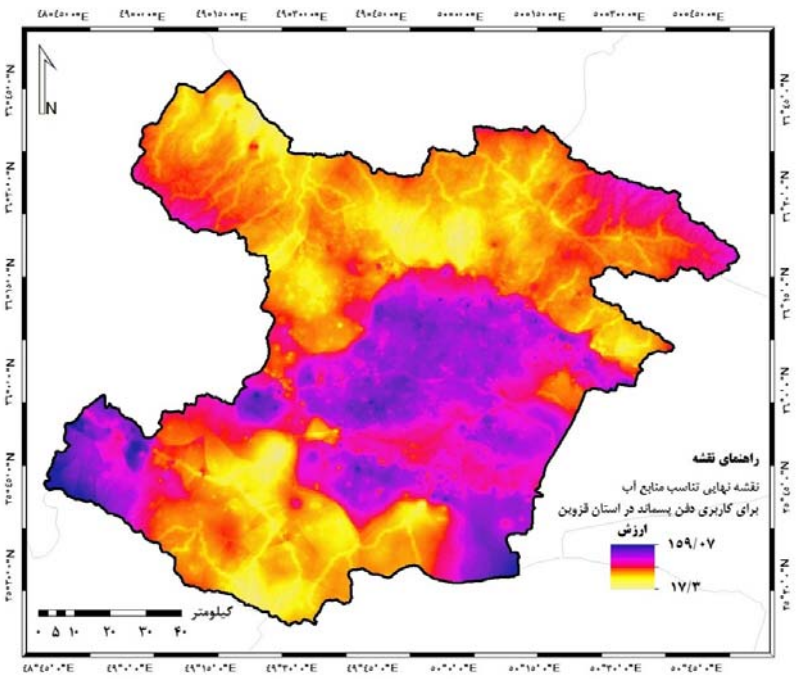
شکل۶. نقشه نهایی زمین‌شناسی برای کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 6. Final map of geology suitability for waste landfill in Qazvin province



شکل۷. نقشه نهایی تناسب توپوگرافی برای کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 7. Final map of topography suitability for waste landfill in Qazvin province



شکل۸. نقشه نهایی تناسب منابع آب برای کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 8. Final map of water resources suitability for waste landfill in Qazvin province

جدول۴. نقشه‌های محدودیت برای کاربری دفن پسماند

Table 4. Constraint layers used for waste landfill suitability analysis

لایه محدودیت Constraint layer	لایه محدودیت Constraint layer
۵۰۰ متری مناطق تحت حفاظت، پناهگاه حیات وحش Buffer area around protected areas (500m)	شیب بیشتر از ۲۰ درصد Slope more than 20%
مناطق با احتمال سیل‌خیزی بالا Susceptible areas to flood risk	۵۰۰ متری چشمه، چاه، آبراهه و سد Buffer area around streams,dam, well and spring (500 m)
۱۰۰۰ متری خطوط نیرو Buffer area around power lines (1000 m)	عمق آب زیرزمینی کمتر از یک متر Ground water depth less than 1m
۳۰۰۰ متری خطوط لوله گاز Buffer area around gas lines (3000 m)	۳۰۰۰ متری مناطق صنعتی و معادن Buffer area around mining locations (3000 m)
۳۰۰۰ متری فرودگاه Buffer area around airport (3000 m)	۵۰۰۰ متری شهرها Buffer area around cities (5000 m)
ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر Elavation more than 2000 m	۳۰۰۰ متری روستا Buffer area around villages (3000 m)
۵۰۰ متری جاده فرعی Buffer area around secondary roads (500 m)	۱۰۰۰ متری جاده اصلی Buffer area around main roads (1000 m)

پس از شناسایی، وزن‌دهی و فازی‌سازی لایه‌های فاکتور، نقشه‌های محدودیت (لایه‌های بولین) دارای ارزش صفر و یک با فرمت رستری تهیه شدند که در جدول ٤ قابل‌مشاهده هستند. در نقشه‌های محدودیت، پیکسل‌های دارای ارزش صفر محدودیت قطعی در مکان‌یابی دفن پسماند را نشان می‌دهند. در ادامه مدل حرفی مربوط به کاربری دفن پسماند تهیه شد و فرمول ریاضی اجرایی زیر برای ارزیابی تناسب اراضی برای دفن پسماند تهیه شد.

[۲] ارزیابی تناسب اراضی برای دفن پسماند= (۰/۱۱٤٤× نقشه زمین‌شناسی)+ (۰/۰۹۷۸× نقشه خاک ((بافت خاک ×۰/۱۵۷۱)+ (گروه‌های هیدرولوژیک خاک×۰/۵۹۳٦) + (عمق خاک×۰/۲٤۹۳)) + (۰/۳۵۲۹× نقشه منابع آب ((فاصله از چشمه‌ها×۰/۰٦۲٦)+ (فاصله از رودخانه‌ها×۰/۱۵)+ (فاصله از چاه‌ها × ۰/۰٦۲٦) + (فاصله تا سد× ۰/۳۱۱۷)+ (عمق آب زیرزمینی×۰/٤۱۳۱)) + (۰/۰٤۱۲ × نقشه ارتفاع)+ (۰/۱٤۲٦× نقشه شیب) + (۰/۱۹۸۲ × کاربری و پوشش اراضی((کاربری و پوشش اراضی×۰/۰۹٦۳)+ (تراکم پوشش گیاهی×۰/۰۳٤۲)+ (فاصله تا روستا×۰/۱٦٤۷)+ (فاصله تا شهر×۰/۲۳٤۸)+ (فاصله از جاده‌های اصلی×۰/۱۰٦۹)+ (فاصله از جاده‌های فرعی× ۰/۱۲٤۹)+ (فاصله از مناطق صنعتی×۰/۰٤۲٦)+ (فاصله از معادن× ۰/۰٤۲٦)+ (فاصله تا فرودگاه× ۰/۰۸۵۲) + (فاصله تا خطوط نیرو و تلفن× ۰/۰۳۵۹) + (فاصله تا خطوط لوله گاز×۰/۰۳۵۹)) + (۰/۰۵۲۹× مخاطرات طبیعی و انسانی ((حساسیت به لغزش و رانش×۰/۱٤۲۹)+(پتانسیل فرسایش خاک×۰/٤۲۸٦)+ (احتمال سیل‌خیزی×۰/٤۲۸٦)) × (نقشه‌های محدودیت برای کاربری دفن پسماند).

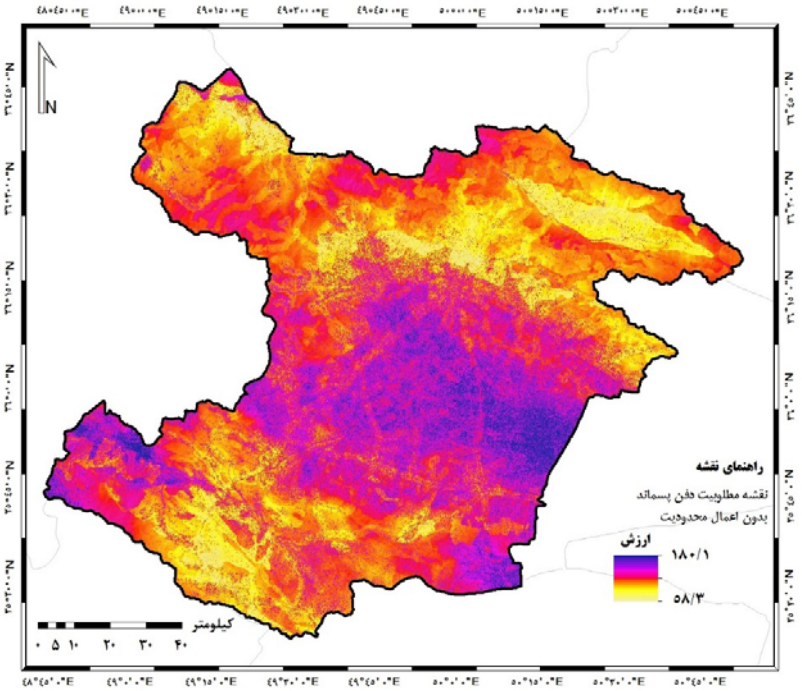
نقشه مطلوبیت استان قزوین برای دفن پسماند بدون اعمال لایه‌های محدودیت در شکل ۹ قابل‌مشاهده است. با اعمال لایه محدودیت نهایی، مکان‌های مناسب دفن پسماند در سطح استان قزوین مشخص شد که نقشه موردنظر با توجه به نمودار فراوانی ارزش‌های آن با روش شکست طبیعی (Natural Break)، طبقه‌بندی شد (شکل ۱۰) و به‌این‌ترتیب ارزش‌های نقشه در چهار طبقه مناطق دارای محدودیت، توان ضعیف، توان متوسط و توان خوب قرار گرفتند (شکل ۱۱).

همان‌طور که در جدول ٦ قابل‌مشاهده است شهرستان‌های تاکستان، آبیک و بویین‌زهرا به ترتیب مساحت‌های ۵۰/۱۵ ، ۱٤/۵۵ و ٥٤/٤٨ کیلومترمربع از طبقه توان خوب را جهت دفن پسماند در سطح استان قزوین به خود اختصاص دادند.

جدول۵. مساحت (کیلومترمربع) طبقات مطلوبیت کاربری دفن پسماند در سطح استان قزوین

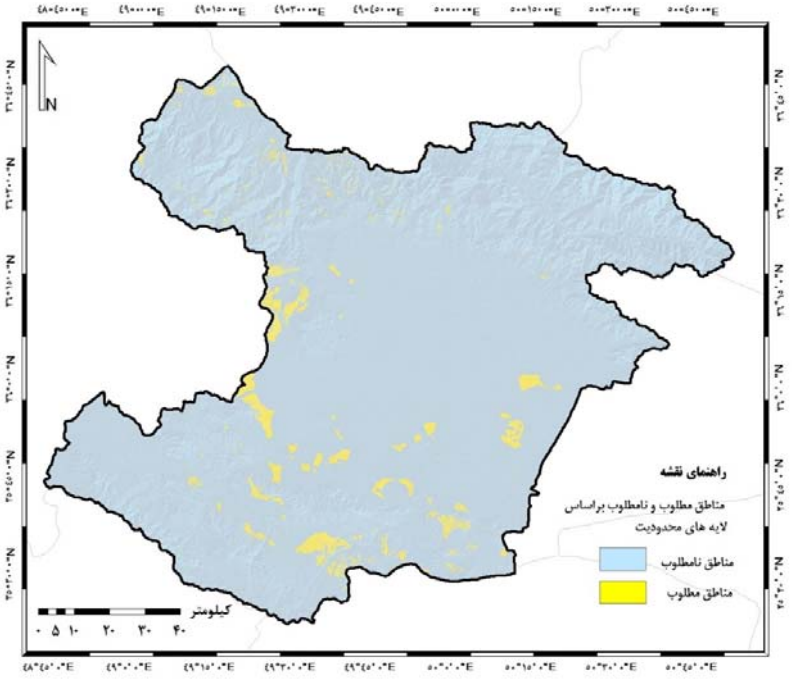
Table 5. Area (km^2) of waste landfill suitability classes in Qazvin province

شهرستان	مناطق دارای محدودیت	ضعیف	متوسط	خوب
City	Restricted areas	Weak	Medium	Good
تاکستان	۲۳٥٤/۱٥	۳٥/۲۷	۹٦/۰۰	٥۰/۱٥
Takestan	2354.15	35.27	96.00	50.15
آبیک	۱۲۷٥/۰٤	۰/۳٥	۹/٤٤	۱٤/٥٥
Abyek	1275.04	0.35	9.44	14.55
بویین زهرا	۲۸٦۲/٥۲	۲۹/٥۲	٥۰/۱۹	٥٤/٤۸
Buin Zahra	2862.52	29.52	50.19	54.48
آوج	۲٥۸۳/۰٤	٦٥/٦۷	۲۹/۱٥	۷/۹٤
Avaj	2583.04	65.67	29.15	7.94
البرز	٤۰۲/٤۳	۱/۰۹	۰/۲۹	۰/۰۳
Alborz	402.43	1.09	0.29	0.03
قزوین	٥٥۹٦/۱٦	٤٤/٦۹	۲۹/۹۰	٤/٦۰
Gazvin	5596.16	44.69	29.90	4.60



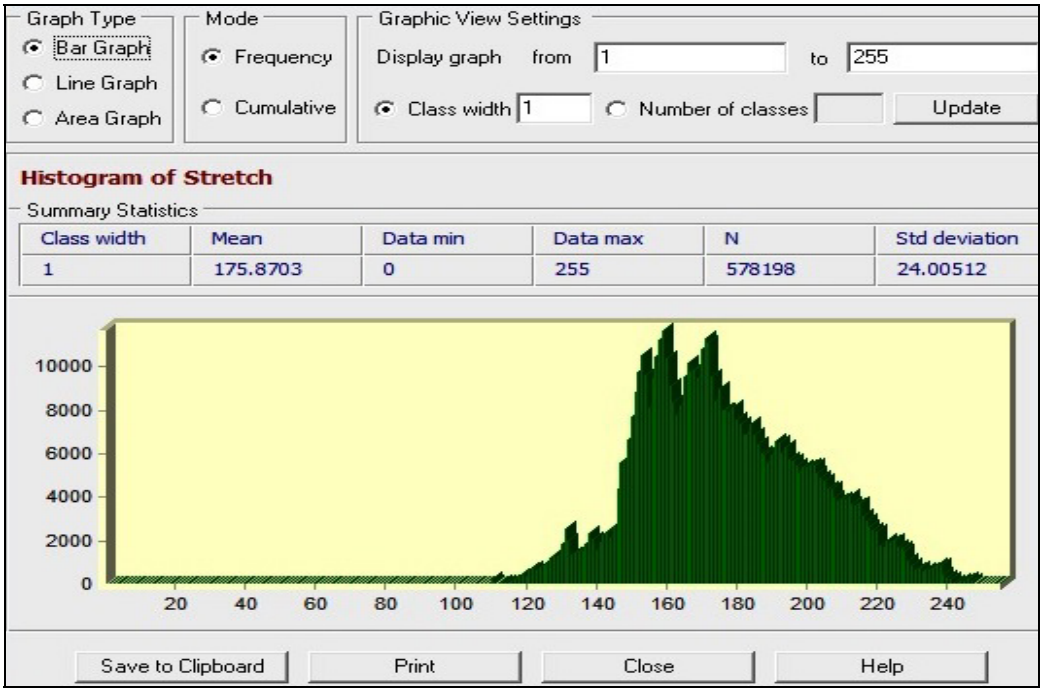
شکل۹. نقشه مطلوبیت دفن پسماند بدون اعمال لایه‌های محدودیت

Fig. 9. Waste landfill suitability map without applying constraint layers



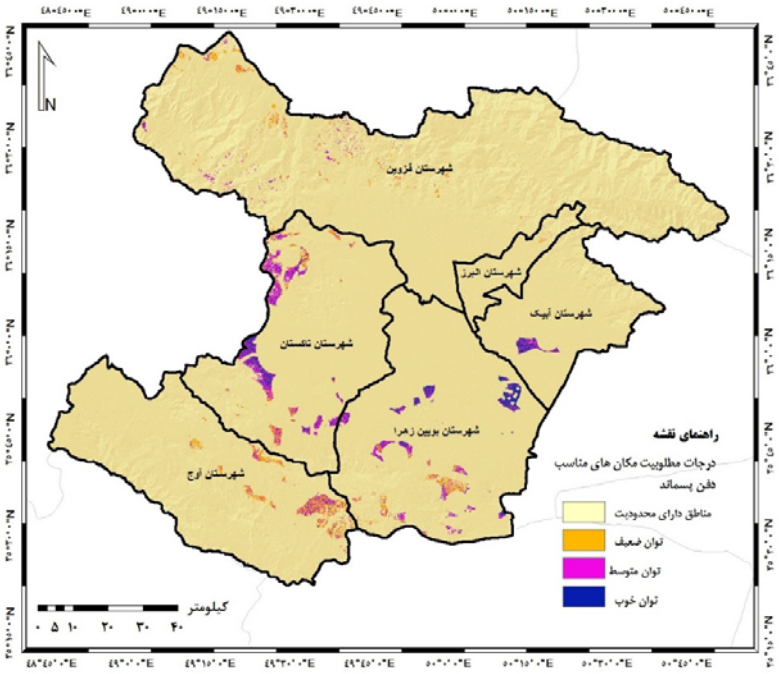
شکل ۱۰. مناطق مطلوب و نامطلوب برپایه لایه‌های محدودیت

Fig. 10. Suitable and unsuitable areas based on constraint layers



شکل ۱۱. هیستوگرام ارزش‌های نقشه مطوبیت کاربری دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 11. Histogram of the waste landfill suitability map values in Qazvin province



شکل۱۲. درجات مطلوبیت مکان‌های مناسب دفن پسماند در استان قزوین

Fig. 12. Different classes of suitability areas for waste landfill in Qazvin province

تعیین مساحت موردنیاز برای احداث مکان دفن پسماند شهری

برآورد مساحت موردنیاز برای احداث مکان دفن پسماند شهری در یک بازه زمانی ۱۵ ساله، رابطه مستقیمی با میزان تولید پسماند در آن منطقه دارد. مکان‌یابی نهایی دفن پسماند در استان قزوین براساس پیش‌بینی جمعیت در سال ۱٤۲۵ با توجه به میزان و نرخ رشد جمعیت در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ انجام شد. لازم به ذکر است که پیش‌بینی جمعیت در این پژوهش بر اساس سناریو منتخب (نرخ باروری ۱/۹) که تعیین‌کننده حداقل و حداکثر تغییرات جمعیت با توجه به اسناد بالادستی در آینده است، تدوین‌شده است. همچنین بر اساس سرانه تولید زباله (کیلوگرم در روز)، کل زباله تولیدی طی ۱۵ سال (کیلوگرم) محاسبه شد و با توجه به حجم زباله‌های تولیدی، مساحت موردنیاز برای تعیین مکان دفن پسماند محاسبه شد. این برآورد مساحت در یک بازه زمانی معین و با توجه به رشد جمعیت و متوسط عمق آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه انجام‌شده است (جدول ٦).

جدول۶. برآورد میزان زباله تولیدی در افق ۱۴۲۵ و سطح موردنیاز برای احداث لندفیل در استان قزوین

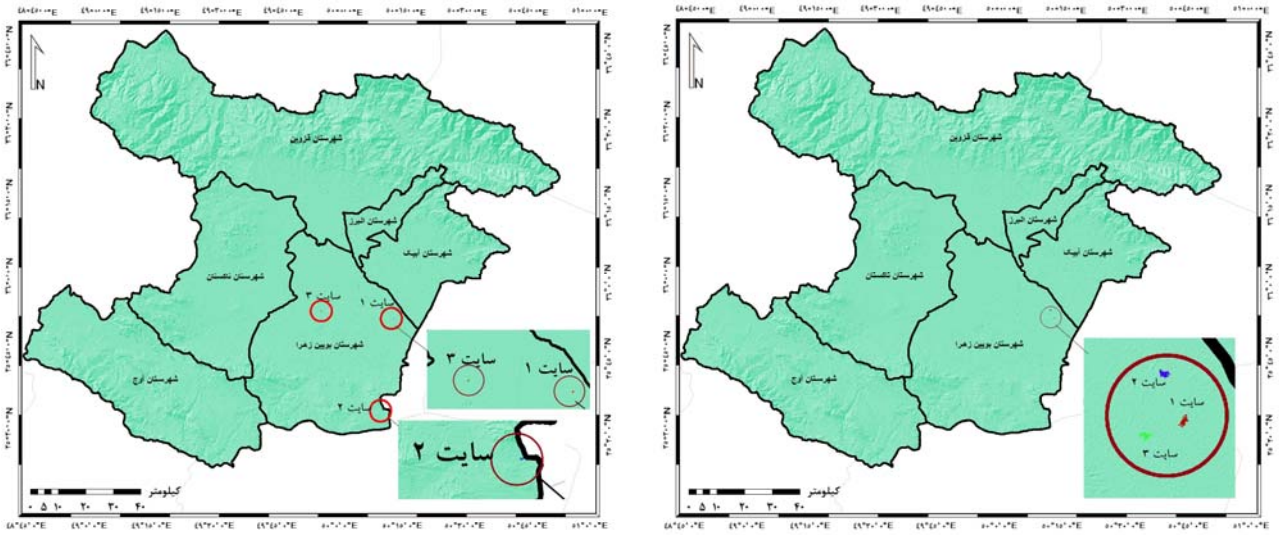
Table 6. Estimation of the amount of waste produced until 2046 year and the area required for landfill in Qazvin province

میزان Amaount	پارامتر Parameter
۱۹۷۷٦۸	سطح مور نیاز (مترمربع)
197768	Required area (m^2)
۱۳۱۸٤٦	سطح زباله دفنی (مترمربع)
131846	Waste area (m^2)
۲۸/۵	عمق زباله در لندفیل (متر)
28.5	Landfill depth (meters)
۳۷۵۷٦۰۱	حجم زباله دفنی (مترمکعب)
3757601	Waste volume (m^3)
۳۰۰٦۰۸۰۹۵۷	زباله دفنی با احتساب سهم ۵۰ درصدی لندفیل (کیلوگرم)
3006080957	Waste with 50% share of landfill (kg)
٦۰۱۲۱٦۱۹۱۳	کل زباله تولیدی در طی ۱۵ سال (کیلوگرم)
6012161913	Total waste generated during 15 years (kg)
٤٥۹۱٤۳۷۲۰	زباله تولیدی در سال۱٤۲۵ (کیلوگرم در سال)
459143720	Waste produced in 2046 year (kg per year)
۱۵۷۲٤۱۰	پیش‌بینی جمعیت در سال ۱٤۲۵
1572410	Population forecast in 2046 year
۳٤۲٤۷۷۸٦۸	زباله تولیدی در سال ۱۳۹۸ (کیلوگرم در سال)
342477868	Waste produced in 2019 year (kg per year)
۰/۸۰۰	سرانه تولید زباله (کیلوگرم در روز)
0.800	Per capita waste production (kg per day)
۱۳۲۱۵٤۳	پیش بینی جمعیت در سال ۱۳۹۸
1321543	Population forecast in 2019 year
۰/۷۱۰	سرانه تولید زباله (کیلوگرم در روز)
0.710	Per capita waste production (kg per day)
۱۲۷۵٤۷۳	جمعیت در سال ۱۳۹۵
1275473	Population in 2016 year

انتخاب بهترین مکان دفن پسماند شهری در استان قزوین

پس از تولید نقشه توان‌سنجی اولیه کاربری دفن پسماند با روش MCE و نیز برآورد مساحت موردنیاز مکان دفن پسماند در افق چشم‌انداز سال ۱٤۲۵ (جدول ٦)، مکان‌یابی در دو سناریو با مدل تصمیم‌گیری مکانی SOLA اجرا شد و در هر سناریو سه سایت انتخاب شدند (شکل ۱۳). در سناریو اول، سه سایت بافاصله تقریباً سه کیلومتری از یکدیگر در شرق استان قزوین و در محدوده شهرستان بوئین‌زهرا و در نزدیکی روستای اله‌آباد انتخاب شدند. انتخاب سه سایت از تقریباً یک مکان نشان‌دهنده بالا بودن تناسب اراضی این منطقه برای دفن پسماند است. سایت‌های منتخب بافاصله مستقیم حدوداً ۲۰ کیلومتری از سایت مدیریت پسماند محمدآباد واقع‌شده‌اند. در سناریو دوم شرط بافر ۱۰ کیلومتری برای هر سایت اعمال شد و مدل تصمیم‌گیری مکانی SOLA اجرا شد. طبق نتایج مکان سایت شماره یک در هر دو سناریو مشترک بود ولیکن سایت‌های شماره دو و سه در مکان‌های دیگری در استان انتخاب شدند. سایت شماره دو در فاصله مستقیم ۵۰ کیلومتری مرکز مدیریت دفن پسماند و جنوب شرق استان واقع‌شده است که نزدیک‌ترین روستا به آن آب‌باریک است و

سایت شماره سه در فاصله ۱۵ کیلومتری از مدیریت دفن پسماند و تقریباً در مرکز استان و سمت شرق روستای زین‌آباد قرار دارد. مطابق نتایج حاصل از سناریوها سایت شماره یک که در هر دو سناریو مشترک است و دارای امتیاز نزدیکی نسبی به مرکز مدیریت پسماند نیز دارد به‌عنوان اولویت اول و سایت شماره سه در سناریو دوم به‌عنوان اولویت دوم معرفی شد.



شکل ۱۳. اولویت‌بندی مکان‌های مناسب دفن پسماند در استان قزوین (سناریو ۱ سمت راست و سناریو ۲ سمت چپ)

Fig. 13. Prioritization of suitable areas for landfill in Qazvin province (scenario 1 on the right and scenario 2 on the left)

بحث و نتیجه‌گیری

پسماندهای جامد شهری یکی از مسائل زیست‌محیطی جدی در کشورهای مختلف است. دستگاه‌های مدیریت پسماند در کشورهای درحال‌توسعه اغلب با بسیاری از مشکلات نظیر فقدان تجربه کافی و منابع مالی کمی که تنها می‌تواند مسائل مربوط به جمع‌آوری و هزینه‌های انتقال را پوشش دهند، سروکار دارند و این منابع به‌اندازه‌ای نیست که بتوان یک روش دفع نهایی را اجرا کرد تا اصول بهداشتی در آن رعایت شده و موجب بروز آثار سوء نشود (۲۵). توسعه و ایجاد مکان‌های دفن پسماند شهری با توجه به گسترش روزافزون جمعیت و توسعه‌ی انسان‌ها و نیاز به ایجاد تعادل اجتماعی، اقتصادی و حفظ تعادل اکولوژیک امری مهم و حیاتی به شمار می‌آید. جهت رعایت اصول توسعه پایدار، داشتن نگاه آینده‌نگرانه جهت توسعه، همسو با رعایت اصول اکولوژیک، و نیز با به‌کارگیری اصول آینده‌پژوهی در برنامه‌های توسعه فضاهای دفن پسماند ازجمله مهم‌ترین عوامل است. روش‌های مختلفی برای دفع پسماندهای شهری وجود دارد. بااین‌وجود، دفن شناخته‌شده‌ترین روش است، اما طی سال‌های اخیر، مسئله مکان‌یابی دفن پسماند به دلیل مخالفت‌های اجتماعی، افزایش هزینه و دستورالعمل‌های محدودکننده پیچیده‌تر شده است (۲۰). مطابق بررسی‌های جمعیتی پژوهش نواحی روستایی رشد چندانی را نخواهند داشت. اما اگر رویدادها و پدیده‌های طبیعی همچون خشک‌سالی یا سیلاب زیان‌هایی را متوجه محیط‌زیست، منابع طبیعی و فعالیت‌های مختلف نکند و یا افزایش تقاضاهای ناشی از رشد و ازدیاد جمعیت و توسعه اجتناب‌ناپذیر باشد، جمعیت با نرخ بیشتری رشد خواهد کرد. این امر لزم بهبود بخشیدن به بهره‌وری، توسعه پایدار، تبیین جمعیت‌پذیری اضافی‌تر را در مناطق مختلف می‌طلبد.

این تحقیق تکنیک AHP را در محیط GIS برای بررسی

بهترین مکان‌های دفن زباله در مقیاس استان قزوین اجرا نمود. سنر و همکاران (۳۰) در پژوهش خود به این موضوع تأکید داشته‌اند که GIS ابزاری بسیار قدرتمند است که می‌تواند ارزیابی سریع از منطقه موردمطالعه برای تعیین محل مناسب دفن زباله ارائه دهد. همچنین تکنیک AHP برای حل آن‌دسته از مشکلات پیچیده‌ای که ممکن است میان اهداف متعدد مسئله همبستگی وجود داشته باشد، مفید است. انتخاب معیارها یکی از مهم‌ترین گام‌ها در این تحقیق بود. سنر و همکاران (۳۰) تأکید داشتند که در انتخاب سایت دفن پسماند باید عوامل محیطی را در کنار عوامل اقتصادی در نظر گرفت. لذا هشت معیار اصلی فاصله از جاده، ارتفاع، شیب، جهت فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و کاربری اراضی را در پژوهش خود بکار گرفتند. در پژوهش کامدار و همکاران (١٤) معیارها در سه بخش مورفولوژیک، محیط زیستی و اقتصادی- اجتماعی قرار گرفتند. در این تحقیق نیز سعی شد در کنار معیارهای یادشده، پارامترهای مختلف طبیعی و انسانی مانند فاصله از خطوط انتقال انرژی، فاصله از شهرک‌های صنعتی و راه‌آهن و غیره نیز بکار گرفته شود تا جامعیت تحقیق حاضر دوچندان گردد. پس از رویهم گذاری لایه‌های فاکتور و محدودیت، اراضی شرقی شهرستان‌های آبیک و بویین‌زهرا و جنوب غربی شهرستان تاکستان جهت جانمایی محل دفن زباله بیشترین ارزش فازی متناظر بر معیارهای مکان‌یابی را کسب نمودند. مناطق یادشده به لحاظ فاصله از مراکز ثقل جمعیتی نیز در بهترین شرایط قرار دارند. لازم به ذکر است در کنار عدم تعیین محل مناسب برای دفع نهایی پسماندها در سالیان گذشته، تاکنون برنامه جامعی در زمینه فرهنگ‌سازی، کاهش تولید پسماند، اطلاع‌رسانی و اجرای طرح‌های تفکیک از مبدأ در هیچ‌یک از شهرستان‌های موردمطالعه تهیه و اجرانشده است. دلیل این امر نیز عدم وجود تشکیلات مدیریت پسماند به معنای واقعی و عدم حضور و به‌کارگیری متخصصین امر پسماند در ساختار تشکیلاتی شهرداری این شهرها است. البته در شهر قزوین به دلیل استقرار سازمان مدیریت پسماند اقداماتی در دو سال اخیر در زمینه فرهنگ‌سازی و ارائه آموزش به کودکان و خردسالان و در موارد معدودی برای بزرگسالان در سطح شهر انجام‌شده است که به دلیل عدم استمرار و نبود برنامه‌ریزی و هدفمند نبودن، منشأ تحول خاصی نشده است. در سایر شهرستان‌های استان نیز تاکنون هیچ‌گونه فعالیتی در زمینه فرهنگ‌سازی و آموزش اصول مدیریت پسماندها ارائه نشده است. اساساً به دلیل تازه تأسیس بودن برخی از این شهرها و نیز عدم وجود تشکیلات منسجم مدیریت پسماند در حلقه ساختاری شهرداری‌های این شهرها هیچ‌گونه زیرساختی برای ارائه و اجرای این آموزش‌ها وجود نداشته است. علیرغم تلاش‌های فراوانی که در حال انجام است وضعیت فعلی جمع‌آوری و حمل زباله‌های شهرستان‌های موردمطالعه فاصله زیادی با آرمان طرح جامع مدیریت پسماند یعنی جمع‌آوری در کوتاه‌ترین زمان، با کمترین هزینه، به بهترین نحو و با کمترین تماس بین پرسنل و زباله دارد که نیاز است در این زمینه برنامه‌ریزی‌های لازم صورت گیرد.

تقدیر و تشکر

از سازمان برنامه‌وبودجه استان قزوین در فراهم‌سازی لایه‌های اطلاعاتی مورداستفاده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Barakat A, Hilali A, Baghdadi ME, Touhami F. 2017. Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco. Environmental Earth Sciences, 76(12): 413. doi:https://doi.org/10.1007/s12665-017-6757-8.
2. Cervantes Turcott DE, López Martínez A, Cuartas Hernández M, Lobo García de Cortázar A. 2018. Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: A critical review. Waste Management, 80: 51-63. doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.046.
3. Chabuk A, Al-Ansari N, Hussain HM, Knutsson S, Pusch R. 2016. Landfill site selection using geographic information system and analytical hierarchy process: A case study Al-Hillah Qadhaa, Babylon, Iraq. Waste Management & Research,

34(5): 427-437. doi:https://doi.org/10.1177/0734242X16633778.
4. Cheng H, Hu Y. 2010. Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China. Bioresource Technology, 101(11): 3816-3824. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.040.
5. Chitsazan M, Dehghani F, Rastmanesh F, Mirzaei Y. 2013. Solid waste disposal site selection using spatial information technologies and fuzzy-AHP logic:(Case study: Ramhormoz). Journal of RS and GIS for Natural Resources (Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science), 4(1): 39-51. (In Persian).
6. Demesouka OE, Anagnostopoulos KP, Siskos E. 2019. Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece. European Journal of Operational Research, 272(2): 574-586. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.07.005.
7. Demesouka OE, Vavatsikos AP, Anagnostopoulos KP. 2013. Suitability analysis for siting MSW landfills and its multicriteria spatial decision support system: Method, implementation and case study. Waste Management, 33(5): 1190-1206. doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.030.
8. Eastman JR. 2003. IDRISI Kilimanjaro: guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University, 950 Main Street, Worcester, MA, 01610-1477 USA, 328 p.
9. Getahun T, Mengistie E, Haddis A, Wasie F, Alemayehu E, Dadi D, Van Gerven T, Van der Bruggen B. 2012. Municipal solid waste generation in growing urban areas in Africa: current practices and relation to socioeconomic factors in Jimma, Ethiopia. Environmental Monitoring and Assessment, 184(10): 6337-6345. doi:https://doi.org/10.1007/s10661-011-2423-x.
10. Harris-Lovett S, Lienert J, Sedlak DL. 2018. Towards a new paradigm of urban water infrastructure: identifying goals and strategies to support multi-benefit municipal wastewater treatment. Water, 10(9): 1127. doi:https://doi.org/10.3390/w10091127.
11. Hoornweg D, Bhada-Tata P. 2012. What a waste: a global review of solid waste management. doi:http://hdl.handle.net/10986/17388.
12. Hydarian P, Rangzan K, Maleki S, Taghizade A, Azizi Ghalaty S. 2014. Municipal landfill locating using Fuzzy-TOPSIS and Fuzzy-AHP models in GIS: A case study of Pakdasht city in Tehran province. Journal of Health and Development, 3(1): 1-13. (In Persian).
13. Joseph K, Rajendiran S, Senthilnathan R, Rakesh M. 2012. Integrated approach to solid waste management in Chennai: an Indian metro city. Journal of Material Cycles and Waste Management, 14(2): 75-84. doi:https://doi.org/10.1007/s10163-012-0046-0.
14. Kamdar I, Ali S, Bennui A, Techato K, Jutidamrongphan W. 2019. Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach: A case study from Songkhla, Thailand. Resources, Conservation and Recycling, 149: 220-235. doi:https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.027.
15. Khan D, Samadder SR. 2014. Municipal solid waste management using Geographical Information System aided methods: A mini review. Waste management & research, 32(11): 1049-1062. doi:https://doi.org/10.1177/0734242X14554644.
16. Khan MM-U-H, Vaezi M, Kumar A. 2018. Optimal siting of solid waste-to-value-added facilities through a GIS-based assessment. Science of The Total Environment, 610-611: 1065-1075. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.16.
17. Khodaparast M, Rajabi AM, Edalat A. 2018. Municipal solid waste landfill siting by using GIS and analytical hierarchy process (AHP): a case study in Qom city, Iran. Environmental Earth Sciences, 77(2): 52. doi:https://doi.org/10.1007/s12665-017-7215-3.
18. Lin H-Y, Kao J-J. 2005. Grid-based heuristic method for multifactor landfill siting. Journal of Computing in Civil Engineering, 19(4): 369-376. doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2005)19:4(369).
19. Liu N, Tang S-Y, Zhan X, Lo CW-H. 2018. Policy uncertainty and corporate performance in government-sponsored voluntary environmental programs. Journal of Environmental Management, 219: 350-360. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.110.
20. Mahini AS, Gholamalifard M. 2006. Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. International Journal of Environmental Science & Technology, 3(4): 435-445. doi:https://doi.org/10.1007/BF03325953.
21. Makhdoom MF. 2012. Fundamental of Land Use Planning. University of Tehran, Press, 2203, ISBN: 946-03-4025-1. 300 p. (In Persian).
22. Moghadam MA, Mokhtarani N, Mokhtarani B. 2009. Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. Waste Management, 29(1): 485-489. doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.029.
23. Muttiah RS, Engel BA, Jones DD. 1996. Waste disposal site selection using GIS-based simulated annealing. Computers & Geosciences, 22(9): 1013-1017. doi:https://doi.org/10.1016/S0098-3004(96)00039-8.
24. Raviv O, Broitman D, Ayalon O, Kan I. 2018. A regional optimization model for waste-to-energy generation using agricultural vegetative residuals.

Waste Management, 73: 546-555. doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.011.
26. Razavian MT, Kanooni R, Firouzi E. 2016. Site selecting urban Solid Waste Landfill (Case study: Ardebil city). Spatial Planning (Modares Human Sciences), 19(4): 67-92. (In Persian).
27. Saaty TL. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48(1): 9-26.
28. Salari M, Moazed H, Radmanesh F. 2012. Site selection for solid waste by GIS & AHP-FUZZY Logic (Case study: Shiraz city). Tolooebehdasht, 11(1): 88-96. (In Persian).
29. Salmanmahiny A, Kamyab H. 2009. Applied remote sensing and GIS with Idrisi. Mehr Mahdis Press, Tehran. 610 p. (In Persian).
30. Sarptas H, Alpaslan N, Dolgen D. 2005. GIS supported solid waste management in coastal areas. Water Science and Technology, 51(11): 213-220. doi:https://doi.org/10.2166/wst.2005.0408.
31. Şener Ş, Sener E, Karagüzel R. 2011. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 173(1): 533-554. doi:10.1007/s10661-010-1403-x.
32. Singh A. 2019. Environmental problems of salinization and poor drainage in irrigated areas: Management through the mathematical models. Journal of Cleaner Production, 206: 572-579. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.211.
33. Singh A, Panda SN, Saxena C, Verma C, Uzokwe VN, Krause P, Gupta S. 2016. Optimization modeling for conjunctive use planning of surface water and groundwater for irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 142(3): 04015060. doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000977.
34. Spigolon LM, Giannotti M, Larocca AP, Russo MA, Souza NdC. 2018. Landfill siting based on optimisation, multiple decision analysis, and geographic information system analyses. Waste Management & Research, 36(7): 606-615. doi:https://doi.org/10.1177/0734242X18773538.
35. Staley BF, Barlaz MA. 2009. Composition of municipal solid waste in the United States and implications for carbon sequestration and methane yield. Journal of Environmental Engineering, 135(10): 901-909. doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000032.
36. Sukholthaman P, Shirahada K. 2015. Technological challenges for effective development towards sustainable waste management in developing countries: Case study of Bangkok, Thailand. Technology in Society, 43: 231-239. doi:https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.05.003.
37. Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. 1993. Integrated solid waste management: Engineering principles and management lssues. McGraw-Hill. 340 p.
38. Unal M, Cilek A, Guner ED. 2020. Implementation of fuzzy, Simos and strengths, weaknesses, opportunities and threats analysis for municipal solid waste landfill site selection: Adana City case study. Waste Management & Research, 38(1_suppl): 45-64. doi:https://doi.org/10.1177/0734242X19893111.
39. United Nations. 2017. World Population Prospects: 2017 Revision Population Database. Online at. 2nd December 2017. http://www.un.org/esa/population/unpop.htm.
40. Uyan M. 2014. MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. Environmental Earth Sciences, 71(4): 1629-1639. doi:https://doi.org/10.1007/s12665-013-2567-9.
41. Yazdani M, Monavari S, Omrani GA, Shariat M, Hosseini S. 2015. Assessment of municipal solid waste landfill sites using GIS (Case study: west of Mazandaran province). Journal of RS and GIS for Natural Resources (Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science), 6(1): 31-46. (In Persian).

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 11/ Issue 4) Winter 2020
Indexed by ISC, SID, Magiran, Noormags, Civilica, Google Scholar
journal homepage : www.girs.iaubushehr.ac.ir

Original paper

Integration of population forecasting in providing decision support system for municipal solid waste landfill siting (Case study: Qazvin province)

Zahra Asadolahi, Naghmeh Mobarghei, Mostafa Keshtkar

Received: 1 March 2020 / Accepted: 30 August 2020
Available online 1 December 2020

Abstract

Background and Objective Rapid urban expansion along with population growth, has significantly amplified the production of municipal solid waste (MSW) in recent years. Despite the importance of burying solid waste as one of the most efficient ways in waste management cycle, its basic standards have been neglected in many parts of Iran. Recently, the Geographic Information System (GIS) has been recognized as a suitable tool in landfill site selection studies. In addition, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) has been introduced as a well-known technique to investigate complex decision-making issues such as landfill selection, and the Analytical Hierarchy Process (AHP) is one of the well-known methods of MCDM. In general, landfill siting based on GIS has two main screening steps including first, removing unsuitable land areas and then ranking remaining areas. Additionally, waste landfill siting mainly depends on information availability related to population characteristics. In this way, it is needed to forecast population in the future. Qazvin as a province in the central part of Iran, is facing a population growth in the recent decade. Comparing the population in 2011 and 2016, it showed an increase of about 1.17 percent of average annual growth in Qazvin's population. Therefore, with regard to the increasing population in this newly established province, it is considered critical to conduct a landfill site selection procedure. To achieve the aim, the present research intended to establish a landfill site regarding environmental factors and using integrated GIS-AHP approach which incorporated into the population forecasting in Qazvin province.

Materials and Methods The present study was conducted in three main steps include; initial waste Landfill siting using Multi-Criteria Evaluation (MCE), determination of the required landfill area based on population forecasting up to 2046 and final locating of waste landfills using Single Objective Land Allocation (SOLA) in TerrSet software. In the first step, the initial Landfill siting was conducted by the integrated GIS-AHP approach during the process of identifying and selecting the criteria, weighting the criteria, standardizing the criteria and finally integrating the criteria with the Weighted Linear Combination (WLC) method. In the second step, the area required for waste disposal sites was estimated based on population growth rate, per capita waste generation (kg per day) and average groundwater depth. In order to forecast the population growth up to 2046, reports of Iran's Plan and Budget Organization was used. In the third step, the final sitting of the municipal solid waste was determined with a SOLA in TerrSet software. The initial suitability map was entered into the model as the base input. Also, the estimated area from the second step. In this study, two scenarios were implemented. In the first scenario, in order to select the appropriate locations, the condition of having the highest value of the map was applied, and in the

Z. Asadolahi [1], N. Mobarghei(✉) [2], M. Keshtkar [3]

1. Assistant Professor, Department of Environment and Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2. Associate Professor, Department of Planning and Designing the Environment, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. PhD Student of Environmental Sciences and Engineering, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

e-mail: n_mobarghei@yahoo.com

http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1399.11.4.1.1

second scenario, in addition to the mentioned condition, the need to have a 10 km buffer for each of the selected options was considered.

Results and Discussion According to the expert's opinions and environmental standards, seven ecological and socio-economic criteria were suggested that each criterion consists of several sub-criteria. Then by implementing the AHP method on the experts' judgment, the final weight of each criterion and sub-criterion was obtained. After preparing the GIS layers, each of the invoice layers was standardized according to the functions in the fuzzy membership tool and was classified with a range of numbers from 0 to 255. The results showed that in the study area the combination of AHP and GIS for landfill siting is significantly compatible with field observations. GIS is a very powerful tool that could provide a quick assessment of the study area to determine the appropriate location for landfill. The selection of criteria was one of the most important steps in this research. The environmental factors should be considered along with economic factors in choosing a landfill site. Therefore, the eight main criteria of distance from the road, elevation, slope, distance from residential areas, distance from surface waters, distance from protected areas, geology, hydrology and land use were used in their research. The criteria were divided into three parts; morphological, environmental and socio-economic. In this research, in addition to the mentioned criteria, various natural and human parameters such as distance from energy transmission lines, distance from industrial towns and railways, etc. were also used to double the comprehensiveness of the present study. By integrating standardized GIS layers with WLC method, the initial map indicating the distribution of suitability of different sites to waste disposal location in Qazvin province was prepared. By implementing the AHP method into each criterion and combining in GIS, the waste disposal areas in the study area were classified into four classes. According to this classification, the initial map was divided into very good, appropriate, inappropriate and very poor areas. According to the initial suitability map, the cities of Takestan, Abik and Buin Zahra, with an area of 50.15, 14.55 and 54.48 km^2, respectively, had a good condition for landfill location. The suitable places for landfill were the flat territories near the urban and had the advantage of the appropriate access path. Then, using land use allocation algorithm, the best landfill site was identified in two scenarios and three location options for each scenario. In the first scenario, the maximum map value was applied to select the location options. In the second scenario, in addition to the mentioned condition, a 10 km buffer was considered for each location option. Finally, site number one of the first and second scenarios and site number three of the second scenario were identified as priorities. Site number one was selected in the range of Buin Zahra city and near the village of Elahabad. While site number three was located 15 km away from the waste management department of Qazvin city and near the Zinabad village.

Conclusion It should be noted that not only the final location of municipal solid waste landfills has not been determined in recent years, but also a comprehensive program in the field of reducing waste production and implementation of waste separation plans from the source in the studied cities has not been implemented. Formation of a future forecasting section on the organizational structure of landfill waste management systems can not only reduce environmental risks but also bring sustainability to economic and social resources.

Keywords: Single objective land allocation, Future forecasting, Spatial multi-criteria evaluation, Landfill

Please cite this article as: Asadolahi Z, Mobarghei N, Keshtkar M. 2020. Integration of population forecasting in providing decision support system for municipal solid waste landfill siting (Case study: Qazvin province). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 11(4): 1-24.