DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958 Published by Vesnu Publications

مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از روش وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس

هلن اقصایی[1]، بابک سوری[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: شهر سنندج با جمعیتی معادل ۳۷۰ هزار نفر، روزانه ۳۳۰ تن زباله تولید می‌کند. محل کنونی دفن زباله این شهر علاوه بر تکمیل ظرفیت آن، اثرات نامطلوب محیط زیستی فراوانی را نیز بر محیط اطراف داشته است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی میزان مطلوبیت اراضی شهرستان سنندج جهت دفن پسماندهای جامد انجام شد. مکان‌یابی محل دفن زباله، یک آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی (Spatial Multi Criteria Decision Analysis یا SMCDA) است که از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic information system یا GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهره می‌برد.

روش‌ها: در این تحقیق از فرایند وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس (Inversion Hierarchical Weighing Process یا IHWP) و نرم‌افزار ArcGIS برای مکان‌یابی محل بهینه دفن پسماند استفاده گردید. بدین منظور، ۱۲ لایه اطلاعاتی اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی طبق روش IHWP وزن‌دهی شد و نقشه مطلوبیت منطقه برای دفن پسماند با استفاده از توابع همپوشانی نقشه‌ها و نیز به کمک ۹ لایه محدودیت به دست آمد.

یافته‌ها: با توجه به یافته‌های حاصل از طبقه‌بندی نقشه نهایی، ۹۱/۵ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه از وضعیت کاملاً نامطلوبی برای دفن پسماند برخوردار بود. محدوده‌های با مطلوبیت بسیار زیاد، تنها ۰/۱۶ درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص داد که در نهایت از بین این مناطق، محدوده‌ای به وسعت ۴۴ هکتار در فاصله تقریبی ۴ کیلومتری شمال غربی شهر سنندج به عنوان اولویت اول برای دفن پسماند شناسایی و معرفی گردید.

نتیجه‌گیری: روش IHWP می‌تواند به عنوان روش نوینی جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی طبیعی و مصنوعی در پروژه‌های با اهداف مکان‌یابی از جمله مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری به کار رود و در صورتی که با بررسی‌های میدانی همراه شود، می‌تواند بهترین گزینه‌های تصمیم‌گیری در رابطه با هدف را ارایه نماید.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، مواد زاید جامد شهری، سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس

ارجاع: اقصایی هلن، سوری بابک. **مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از روش وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۳): ۳۶۶-۳۵۹

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۷/۱۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱/۱

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت شهری به همراه ایجاد مراکز جمعیتی جدید و تداوم تخلیه انواع مواد زاید به محیط زیست، از جمله عوامل بحران‌زایی می‌باشد که بهداشت و سلامت انسان‌ها به ویژه شهرنشینان را در معرض خطرات گوناگونی قرار داده است (۱). از این‌رو، مدیریت پسماندهای جامد شهری در سطوح منطقه‌ای و بین‌المللی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. کاهش تولید در مبدأ، بازیافت، استفاده دوباره و دفن پسماند از جمله راهکارهایی است که در مدیریت پسماندها به‌کار می‌رود. از بین این روش‌ها، دفن پسماند به دلیل هزینه پایین و قبول طیف گسترده‌ای از پسماندها، از متداول‌ترین روش‌ها برای دفع زایدات جامد شهری می‌باشد (۲). دفن بهداشتی زباله، دفع کنترل شده ضایعات در زمین می‌باشد که در آن گاز و شیرابه حاصل از زباله‌ها به خوبی مدیریت می‌شود و از اثرات زیانبار پسماند جامد دفع شده بر محیط زیست و انسان جلوگیری به عمل می‌آورد (۳). بنابراین، مکان‌یابی بهینه یا انتخاب محل مناسب برای دفن اهمیت فراوانی دارد؛ چرا که اگر این پسماندها در مکان نامناسبی دفن گردد، می‌توانند آسیب‌های جبران‌ناپذیری را برای سلامت عمومی و محیط زیست به همراه داشته باشد.

مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌ها برای انتخاب مکانی مناسب، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. قابلیت‌ها و توان‌های یک مکان با توجه به این که برای چه مفاهیمی در نظر گرفته شود، متفاوت خواهد بود. بنابراین، بسته به نوع کارکرد مورد نظر، باید شاخص‌ها با معیارهایی تلفیق شود تا توان مکان با توجه به آن، مورد بررسی قرار گیرد (۴). مکان‌یابی محل دفن زباله، یک آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی (Spatial Multi Criteria Decision Analysis یا SMCDA) می‌باشد که از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic information system یا GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهره می‌برد (۵، ۶). تصمیم‌گیری چند معیاره نوعی وزن‌دهی فضایی است که با در نظر گرفتن تمامی معیارها که می‌توانند در بعضی موارد متعارض و ناسازگار باشند، به انتخاب بهترین گزینه می‌پردازد (۷).

معیارهای اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی متعددی در انتخاب بهینه محل

۱- کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۲- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
نویسنده مسؤول: هلن اقصایی
Email: haghsaei@yahoo.com

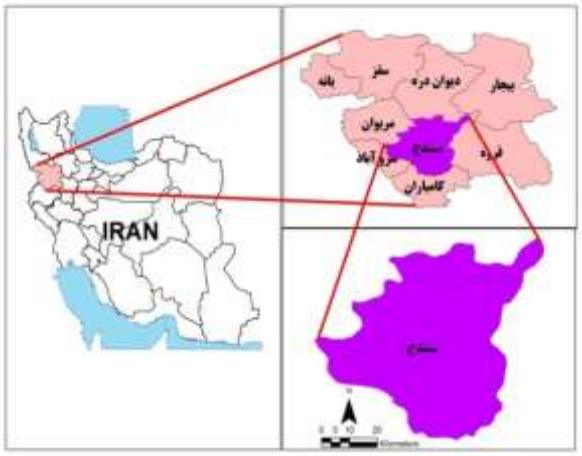
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

دفن زباله دخالت دارند. در نظر گرفتن این معیارها در انتخاب محل دفن پسماند، سبب می‌گردد تا محل دفن کمترین آثار مخرب محیط زیستی را بر محیط اطراف و کمترین خطر را برای بهداشت عمومی به همراه داشته باشد و همچنین، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد (۸). محل کنونی دفن زباله شهر سنندج در مسیر جاده سنندج- کرمانشاه و به فاصله تقریبی ۱۰ کیلومتر از شهر سنندج و بین سه روستای چنو، چناره و گیلک واقع شده است. به علت مجاورت این محل با اراضی کشاورزی، قرارگیری در جهت وزش باد غالب، شیب بیشتر از ۴۰ درصد، آلودگی شیمیایی منابع آب زیرزمینی مناطق پایین‌دست، وقوع آتش‌سوزی در محل دفن به علت عدم توانایی در مهار گاز متان تولید شده و در نتیجه، انتشار آلودگی به شهرها و روستاهای اقماری اطراف و نیز تکمیل ظرفیت آن برای پذیرش زباله، از وضعیت نامناسبی برخوردار است (۹، ۱۰).

در تحقیق فرهودی و همکاران، مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری سنندج با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی و تلفیق آن‌ها با استفاده از مدل منطق فازی انجام گرفت، اما اهمیت نسبی (ضرایب وزنی) این معیارها در همپوشانی نقشه‌ها محاسبه نشد و تمامی لایه‌های اطلاعاتی حاصل از معیارها ضریب تأثیر یکسانی را در مکان‌یابی محل بهینه دفن پسماند داشت (۹). همچنین، با وجود این که محل کنونی دفن پسماند شهر سنندج باعث ایجاد آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه گردیده است، این معیار در مطالعه فرهودی و همکاران (۹) در نظر گرفته نشد. قرارگیری محل مکان‌یابی شده برای دفن پسماند در فاصله ۲۰ کیلومتری شهر سنندج در پژوهش آن‌ها (حد بالایی فاصله مجاز تعیین شده از شهرها برای قرارگیری محل دفن پسماند توسط سازمان شهرداری‌های وزارت کشور)، بدون شک هزینه‌های ناشی از انتقال پسماند به محل دفن را افزایش خواهد داد و به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود (۹). بنابراین، تحقیق حاضر با هدف شناسایی و معرفی بهترین مکان با حداقل اثرات مخرب و هزینه‌های محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی برای دفن زباله‌های جامد شهری سنندج با بهره‌گیری از روش وزن‌دهی سلسله مراتبی معکوس (Inversion Hierarchical Weighing Process یا IHWP) انجام گرفت.

روش‌ها

منطقه مورد بررسی در این تحقیق، محدوده شهرستان سنندج بود. شهرستان سنندج واقع در قسمت جنوبی استان کردستان، با وسعتی بالغ بر ۳۰۳۳ کیلومتر مربع دارای ۲ بخش، ۲ شهر و ۱۰ دهستان می‌باشد. از نظر موقعیت جغرافیایی، این شهرستان در طول شرقی ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض شمالی ۳۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه واقع شده است. سنندج جزء مناطق کوهستانی غرب و جنوب غربی زاگرس با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد است. قسمت‌های کم‌ارتفاع منطقه جزء نقاط گرمسیری و بخش مرتفع آن جزء نقاط نسبتاً سردسیر به شمار می‌آید. نقشه توپوگرافی منطقه، دامنه ارتفاعی این ناحیه را بین ۱۲۰۰ تا ۲۹۰۰ متر نشان می‌دهد. طبق آمار برگرفته از سالنامه آماری استان کردستان در یک دوره بیست ساله آماری تا سال ۱۳۹۲، میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی سالیانه ۵۱/۲ درصد و متوسط بارندگی سالانه ۴۹۱ میلی‌متر گزارش شده است. بیشترین وسعت اراضی محدوده شهرستان سنندج به ترتیب مربوط به مراتع، اراضی زراعی و جنگل می‌باشد. موقعیت شهرستان سنندج در استان کردستان و در کشور در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در مطالعه حاضر با توجه به شرایط عمومی منطقه و مرور پژوهش‌های پیشین در این زمینه (۱۳-۱۱)، ۱۲ معیار به صورت لایه‌های اطلاعاتی غیر محدود کننده در دو شاخه اصلی شاخص‌های اکولوژیکی شامل «نفوذپذیری خاک، فاصله از رودخانه‌های اصلی، چاه‌ها و چشمه‌ها (منابع آب زیرزمینی)، سدها، گسل‌ها، شیب و بارش» و شاخص‌های اقتصادی- اجتماعی شامل «فاصله از مناطق شهری و روستایی، کاربری/ پوشش اراضی، فاصله از شبکه راه‌ها و فرودگاه» برای انجام عمل مکان‌یابی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به عدم قرارگیری مناطق حفاظت شده استان کردستان در محدوده شهر سنندج؛ بنابراین، مکان نهایی انتخاب شده برای دفن پسماند، آثار مخربی را بر مناطق حفاظت شده استان نخواهد داشت. از این‌رو، لایه اطلاعاتی مناطق حفاظت شده استان در فرایند مکان‌یابی وارد نشد.

اطلاعات مربوط به توپوگرافی و شیب زمین، هیدرولوژی، محدوده مناطق شهری و روستایی، فرودگاه، سدها و راه‌ها به صورت مستقیم و غیر مستقیم از نقشه رقومی توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری کشور با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و اطلاعات مربوط به کاربری زمین و خاک نیز از نقشه‌های پوشش و قابلیت اراضی مؤسسه تحقیقات آب و خاک با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ استخراج شد. همچنین، اطلاعات مربوط به میانگین بارندگی سالیانه از داده‌های بیست ساله اداره کل هواشناسی استان کردستان استخراج گردید.

با توجه به این که اساس روش IHWP، روی هم‌گذاری بر مبنای ارزش پیکسل‌ها می‌باشد؛ بعد از رقومی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی (معیارها)، تمامی لایه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰ به فرمت رستر (Raster) و با اندازه سلول ۲۵ متر تبدیل گردید. از آن‌جایی که وزن و اهمیت تمامی این معیارها در فرایند مکان‌یابی یکسان نیست، به هر معیار با توجه به اهمیت آن نسبت به سایر معیارها، وزنی اختصاص داده شد. عملیات وزن‌دهی به هر لایه معیار و طبقات درونی آن‌ها با استفاده از روش IHWP و در محیط نرم‌افزار

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

ArcGIS انجام گرفت. همچنین، لایه‌های محدودیت (توضیح در بخش یافته‌های تحقیق) برای حذف پهنه‌هایی که قابلیت دفن پسماند را ندارند، حین روی هم‌گذاری نقشه‌ها دخالت داده شدند و در نهایت، مناسب‌ترین مناطق برای دفن پسماندهای زاید جامد شهر سنندج شناسایی و معرفی شد.

روش IHWP این روش می‌تواند با وزن‌دهی به معیارهای دخیل در پروژه‌های مکان‌یابی، به انتخاب و معرفی مکان‌های بهینه بینجامد. مراحل تعریف شده برای این روش و کاربرد آن در مطالعه حاضر در ادامه آمده است (۱۴).

تعیین ماتریس داده‌ها: در این مرحله، کلیه معیارهای مؤثر در فرایند مکان‌یابی مطالعه و مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این پژوهش، مکان‌یابی محل دفن با استفاده از هفت معیار اکولوژیکی و پنج معیار اقتصادی- اجتماعی انجام گرفت.

وزن‌دهی به لایه‌های معیار بر اساس روش IHWP و تولید نقشه‌های وزنی: پس از شناسایی لایه‌های اطلاعاتی معیارهای مورد بررسی، معیارهای انتخاب شده با استفاده از روش Delphi و طبق شاخص آنتروپی (نظرات کارشناسی) و میزان اهمیت هر معیار در مکان‌یابی، رتبه‌بندی می‌شود (۱۵). در روش Delphi گروهی از افراد متخصص در حوزه موضوعی مورد نظر تعیین می‌شوند و به هر یک پرسش‌نامه‌ای ارسال می‌شود. در نهایت، بعد از تعدیل پاسخ‌ها از طریق تکرار فرایند، از میانگین نظرات برای تصمیم‌گیری استفاده می‌گردد (۷). در تحقیق حاضر، ۱۲ معیار دخیل در فرایند مکان‌یابی در کلاس‌های مختلف با درجات مختلف اهمیت رتبه‌بندی شد. بر این اساس، مهم‌ترین معیار رتبه ۱ و وزن عددی ۱۲ را به خود اختصاص داد. لازم به ذکر است که امکان دارد دو یا چند معیار اولویت یکسانی در مکان‌یابی محل دفن داشته باشد. بنابراین، امتیاز یکسانی را نیز کسب می‌کند. در مرحله بعد، وزن‌های عددی از معکوس رتبه هر لایه حاصل شد.

تعداد نظرات کارشناسی در یک مدل Delphi تعدیل شده بین ۱۰ تا ۳۰ عدد ذکر شده است (۱۶). بنابراین، در مطالعه حاضر از میانگین نظرات ۱۲ کارشناس در امتیازدهی معیارها استفاده گردید.

محاسبه امتیاز لایه‌ها و طبقات درونی هر لایه در این روش با استفاده از روابط ۱ و ۲ امکان‌پذیر است.

$$X = \frac{D}{N}$$ رابطه ۱

که در این رابطه، X امتیاز اولیه هر لایه، D امتیاز به دست آمده از مدل Delphi و N تعداد کلاس‌های هر لایه می‌باشد.

$$j = D - (N - i)X$$ رابطه ۲

در رابطه ۲، j امتیاز به دست آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر لایه و i رقم اختصاص داده شده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر لایه را نشان می‌دهد.

طبقات با امتیاز صفر، مربوط به حریم (بافر) در نظر گرفته شده یا مقادیر غیر قابل قبول از هر معیار برای محل دفن می‌باشد و در محاسبه امتیاز اولیه هر لایه (X) منظور نخواهد شد. برای تعیین حدود بافر از هر معیار، از مرور مطالعات قبلی (۱۳-۱۱، ۶) و همچنین، نظرات کارشناسان برای بومی‌سازی مقادیر با توجه به موقعیت منطقه استفاده گردید.

طبقه‌بندی مربوط به هر معیار و امتیاز آن در جداول ۱ تا ۶ ارایه شده است. طبق امتیاز اختصاص یافته به طبقات مختلف هر معیار، با افزایش عمق و سنگینی بافت خاک (جلوگیری از نفوذ شیرابه به لایه‌های پایینی و آلودگی آب‌های زیرزمینی)، افزایش فاصله از رودخانه‌های اصلی، چاه‌ها و چشمه‌های آب، مناطق روستایی، مناطق شهری (تا ۴ کیلومتر)، گسل‌ها، سدها، فرودگاه و شبکه راه‌ها (از ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ متر) و کاهش شیب زمین و مقدار بارش، مطلوبیت برای محل دفن افزایش یافت.

جدول ۱. طبقات مربوط به معیار نفوذپذیری خاک و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش (IHWP) Inversion Hierarchical Weighing Process

معیار	طبقه‌بندی	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز
نفوذپذیری خاک (امتیاز ۱۲)	خاک عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین و بدون سنگریزه	۷	۱۲/۰۰
	خاک عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین همراه با مقداری تجمع مواد آهکی در لایه‌های زیرین	۶	۱۰/۲۸
	خاک نیمه عمیق با بافت سنگین بر روی سنگریزه و مواد آهکی	۵	۸/۵۷
	خاک‌های کم‌عمق تا نیمه عمیق سنگریزه‌دار با بافت متوسط تا سنگین روی سنگ‌ها و مواد آهکی	۴	۶/۸۵
	خاک‌های کم‌عمق تا نیمه عمیق بر روی مواد آهکی، خاک‌های کم‌عمق همراه با رخنمون سنگی	۳	۵/۱۴
	خاک کم‌عمق سنگریزه‌دار و خاک خیلی کم‌عمق تا کم‌عمق سنگلاخی و سنگریزه‌دار	۲	۳/۴۲
	خاک‌های خیلی کم‌عمق سنگلاخی همراه با سنگریزه زیاد	۱	۱/۷۱

www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

جدول ۲. طبقات مربوط به معیارهای فاصله از رودخانه‌های اصلی و فاصله از مناطق شهری و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش Inversion Hierarchical Weighing Process (IHWP)

معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز	معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز
فاصله از رودخانه‌های	۰–۶۰۰	–	۰	فاصله از	بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰	–	۰
اصلی (امتیاز ۱۱)	۶۰۰–۱۰۰۰	۱	۲/۷۵	مناطق شهری	۴۰۰۰–۸۰۰۰	۴	۱۰/۰۰
	۱۰۰۰–۱۵۰۰	۲	۵/۵۰	(امتیاز ۱۰)	۸۰۰۰–۱۲۰۰۰	۳	۷/۵۰
	۱۵۰۰–۲۰۰۰	۳	۸/۲۵		۱۲۰۰۰–۱۶۰۰۰	۲	۵/۰۰
	بیشتر از ۲۰۰۰	۴	۱۱/۰۰		۱۶۰۰۰–۲۰۰۰۰	۱	۲/۵۰

جدول ۳. طبقات مربوط به معیارهای فاصله از چشمه‌ها و چاه‌های آب و فاصله از مناطق روستایی و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش Inversion Hierarchical Weighing Process (IHWP)

معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز
فاصله از	۰–۳۰۰	–	۰
چشمه‌ها و	۳۰۰–۱۰۰۰	۱	۲/۲۵
چاه‌های آب	۱۰۰۰–۱۵۰۰	۲	۴/۵۰
(امتیاز ۹)	۱۵۰۰–۲۰۰۰	۳	۶/۷۵
	بیشتر از ۲۰۰۰	۴	۹/۰۰
فاصله از مناطق	۰–۱۰۰۰	–	۰
روستایی	۱۰۰۰–۳۰۰۰	۱	۲/۰۰
(امتیاز ۸)	۳۰۰۰–۵۰۰۰	۲	۴/۰۰
	۵۰۰۰–۷۰۰۰	۳	۶/۰۰
	بیشتر از ۷۰۰۰	۴	۸/۰۰

جدول ۴. طبقات مربوط به معیارهای فاصله از گسل‌ها و فاصله از سدها و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش Inversion Hierarchical Weighing Process (IHWP)

معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز
فاصله از	۰–۵۰۰	–	۰
گسل (امتیاز	۵۰۰–۱۰۰۰	۱	۱/۷۵
۷)	۱۰۰۰ –۱۵۰۰	۲	۳/۵۰
	۱۵۰۰–۲۰۰۰	۳	۵/۲۵
	بیشتر از ۲۰۰۰	۴	۷/۰۰
فاصله از سد	۰–۵۰۰۰	–	۰
(امتیاز ۶)	۵۰۰۰–۷۰۰۰	۱	۱/۵۰
	۷۰۰۰–۹۰۰۰	۲	۳/۰۰
	۹۰۰۰–۱۱۰۰۰	۳	۴/۵۰
	بیشتر از ۱۱۰۰۰	۴	۶/۰۰

یافته‌ها

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده از روش IHWP: بعد از تهیه نقشه‌های استاندارد شده وزنی از هر معیار، عملیات روی هم‌گذاری لایه‌ها با استفاده از ابزار Raster Calculator در نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفت.

جهت تهیه نقشه‌های محدودیت که در واقع برای حذف منطقه‌های فاقد پتانسیل برای ایجاد محل دفن می‌باشد، از ۹ لایه رقومی استفاده شد که شامل «فاصله از رودخانه‌های اصلی، فاصله از چشمه‌ها و چاه‌های آب، فاصله از گسل‌ها، شیب، فاصله از مناطق شهری، فاصله از مناطق روستایی، فاصله از شبکه راه‌ها، فاصله از سدها و فاصله از فرودگاه» بود. به مناطق نامطلوب از هر لایه (طبقات دارای ارزش صفر در طبقه‌بندی مقادیر هر معیار به روش IHWP) امتیاز صفر و به مناطق مطلوب امتیاز ۱ تعلق گرفت. نقشه نهایی محدودیت منطقه نیز از ضرب ۹ لایه محدودیت به دست آمد و سپس نقشه نهایی محل دفن از ضرب نقشه روی هم‌گذاری شده به روش IHWP در نقشه محدودیت منطقه حاصل شد.

نقشه پهنه‌بندی اولویت‌های محل دفن، از طبقه‌بندی نقشه نهایی به ۵ طبقه از نظر مطلوبیت به دست آمد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ۹۱/۵ درصد از سطح منطقه مورد بررسی از وضعیت کاملاً نامطلوب برای دفن پسماند برخوردار بود. محدوده‌های با مطلوبیت کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد نیز به ترتیب ۲/۳۰، ۴/۵۰، ۱/۵۴ و ۰/۱۶ درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص دادند.

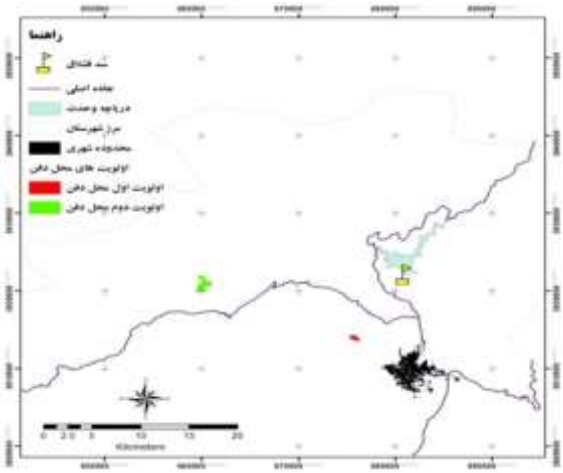
شناسایی و معرفی مناسب‌ترین محدوده برای محل دفن: شهر سنندج با جمعیت ۳۷۰ هزار نفر، با تولید میانگین روزانه ۳۳۰ تن زباله روبه‌رو است که برآورد سالیانه‌ای معادل ۱۲۰۴۵۰ تن را ارایه می‌دهد. اگر نرخ تولید مواد زاید جامد برابر با نرخ رشد جمعیت در نظر گرفته شود (۱/۲۴ درصد) و با فرض ثابت ماندن این نرخ، وزن زباله تولید شده طی ۲۰ سال آینده، ۲۷۱۴۹۷۴ تن خواهد بود. از آن‌جایی که مقدار ارتفاع محل دفن در شهرهای با تولید حداکثر ۱۰۰۰ تن در روز بین ۱۰ تا ۲۰ متر متغیر است (۱۷)، با در نظر گرفتن حداقل ارتفاع ۱۰ متر و متوسط تراکم پسماند بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب (۱۸)، مساحت زمین مورد نیاز برای دفن باید بین ۳۴ تا ۵۴ هکتار باشد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

جدول ۵. طبقات مربوط به معیارهای کاربری اراضی، شیب و بارش و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش (IHWP) Inversion Hierarchical Weighing Process

معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز
کاربری	مرتع کم‌تراکم	۱۰	۵/۰۰
اراضی	مرتع نیمه متراکم	۹	۴/۵۰
(امتیاز ۵)	مرتع متراکم	۸	۴/۰۰
	جنگل کم‌تراکم	۷	۳/۵۰
	جنگل نیمه متراکم	۶	۳/۰۰
	زراعت دیم	۵	۲/۵۰
	جنگل متراکم	۴	۲/۰۰
	جنگل دست‌کاشت	۳	۱/۵۰
	زراعت آبی و باغات	۲	۱/۰۰
	پهنه‌های ماسه‌ای	۱	۰/۵۰
شیب	۰–۵	۴	۴/۰۰
(درصد)	۵–۱۵	۳	۳/۰۰
(امتیاز ۴)	۱۵–۲۵	۲	۲/۰۰
	۲۵–۳۵	۱	۱/۰۰
	۳۵–۴۰	–	۰
بارش	۳۹۰–۴۰۰	۵	۳/۰۰
(میلی‌متر)	۴۰۰–۴۲۰	۴	۲/۴۰
(امتیاز ۳)	۴۲۰–۴۴۰	۳	۱/۸۰
	۴۴۰–۴۶۰	۲	۱/۲۰
	بیشتر از ۴۶۰	۱	۰/۶۰

در تحقیق حاضر، ۲۲ محدوده از جمله مناطق با مطلوبیت بسیار زیاد بودند که بزرگ‌ترین آن‌ها ۱۶۰ هکتار و کوچک‌ترین آن‌ها ۷ هکتار وسعت داشت. پس از حذف مناطق با وسعت کمتر از ۳۴ هکتار، دو محدوده ۴۴ و ۱۶۰ هکتاری به عنوان مطلوب‌ترین جایگاه برای دفن پسماندهای شهری شهر سنندج شناسایی گردید (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه مناطق مکان‌یابی شده برای محل دفن پسماند شهر سنندج

در نهایت، برای اطمینان از صحت و دقت مدل در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهر سنندج با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده، بازدید میدانی از این مناطق به عمل آمد و کارایی مدل در تحقیق حاضر مورد تأیید قرار گرفت. بررسی موقعیت این دو پهنه از نظر قابلیت‌ها و کاربری اراضی پیرامون، نشان داد که هر دو محدوده مکان‌یابی شده از نظر شاخص‌های اکولوژیکی از مطلوبیت قابل قبولی برخوردار بودند. از آن‌جایی که جمع‌آوری و حمل پسماندها نزدیک به ۵۰ درصد از هزینه‌های جاری یک محل دفن را به خود اختصاص می‌دهد، نزدیکی به مراکز تولید، باعث کاهش هزینه‌های مربوط به دفن پسماند خواهد شد (۲۰، ۱۹). از این‌رو، با توجه به اهمیت زیاد مسایل اقتصادی در کشورهای در حال توسعه (۲۱)، منطقه ۴۴ هکتاری به علت واقع شدن آن در محدوده ۴/۳ کیلومتری شمال غرب شهر سنندج، موقعیت اقتصادی بهتری نسبت به منطقه ۱۶۰ هکتاری (در فاصله ۲۰ کیلومتری از شهر سنندج) داشت. همچنین، این منطقه به لحاظ شاخص‌های اکولوژیکی پوشش گیاهی (از نوع استپی) و نوع اراضی (تپه‌ای)، نسبت به محدوده ۱۶۰ هکتاری (دارای بوته‌ها و درختچه‌های پراکنده به همراه دیم‌کاری غلات و نوع اراضی کوهستانی) دارای اولویت می‌باشد. بنابراین، به عنوان اولویت اول برای محل دفن در نظر گرفته شد.

جدول ۶. طبقات مربوط به معیارهای فاصله از شبکه راه‌ها و فاصله از فرودگاه و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش (IHWP) Inversion Hierarchical Weighing Process

معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز	معیار	طبقه‌بندی (متر)	رقم اختصاص داده شده (مقدار i)	امتیاز
فاصله از شبکه	کمتر از ۴۰۰	–	۰	فاصله از	۰–۳۰۰۰	–	۰
راه‌ها (امتیاز ۲)	۴۰۰–۶۰۰	۴	۲/۰۰	فرودگاه	۳۰۰۰–۶۰۰۰	۱	۰/۵۰
	۶۰۰–۱۰۰۰	۳	۱/۵۰	(امتیاز ۲)	۶۰۰۰–۹۰۰۰	۲	۱/۰۰
	۱۰۰۰–۱۵۰۰	۲	۱/۰۰		۹۰۰۰–۱۲۰۰۰	۳	۱/۵۰
	بیشتر از ۱۵۰۰	۱	۰/۵۰		بیشتر از ۱۲۰۰۰	۴	۲/۰۰

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

جدول ۷. مهم‌ترین ویژگی‌های موقعیت مکان‌یابی شده جهت دفن پسماند شهری سنندج

شاخص تحت بررسی	وضعیت	شاخص تحت بررسی	وضعیت
فاصله تا رودخانه قشلاق	۷ کیلومتر	فاصله از سد قشلاق	۹ کیلومتر
فاصله از نزدیک‌ترین چاه	۴۰۰ متر	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۸۰۰ متر
فاصله از گسل	۶۰۰ متر	فاصله از نزدیک‌ترین روستا	۲۵۰۰ متر
فاصله از جاده	۳ کیلومتر	فاصله از فرودگاه	۱۲ کیلومتر
متوسط شیب	کمتر از ۲۵ درصد	میانگین بارش سالانه	۴۲۰ تا ۴۴۰ میلی‌متر
عمق خاک	کم‌عمق تا نیمه عمیق	بافت خاک	متوسط تا سنگین
جهت باد غالب	جنوبی	پوشش گیاهی	استپ

با توجه به موقعیت محدوده مطلوب مکان‌یابی شده برای محل دفن زباله شهر سنندج، این منطقه تحت تأثیر اثر باد غالب منطقه (که جهت آن جنوبی است) قرار نداشت و می‌توان گفت که شهر سنندج و مناطق مسکونی آن تحت تأثیر اثرات نامطلوب ناشی از محل دفن قرار نخواهند گرفت. مهم‌ترین ویژگی‌های این منطقه در جدول ۷ ارایه شده است.

بحث

در مطالعه حاضر، محل دفن پسماندهای جامد شهری سنندج با استفاده از ۷ معیار اکولوژیکی و ۵ معیار اقتصادی- اجتماعی مکان‌یابی گردید و از روش IHWP برای تولید نقشه‌های وزنی استفاده شد. این روش امکان در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌های اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی اعم از کمی و کیفی و ترکیب آن‌ها برای انواع پروژه‌های مکان‌یابی از جمله مکان‌یابی محل دفن را فراهم می‌آورد. در واقع، این روش با استفاده از وزن‌دهی، این قدرت را به تصمیم‌گیر می‌دهد تا عوامل مهم‌تری را که از نظر او مسأله مکان‌یابی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد، با همان اهمیت در مسأله قرار دهد. در روش IHWP، وزن مربوط به طبقات درونی هر معیار با استفاده از امتیاز اختصاص یافته برای آن معیار قابل محاسبه است. بنابراین، محاسبه اوزان درون لایه‌ای معیارها با سهولت بیشتر و صرف زمان کمتر امکان‌پذیر خواهد بود. از طرف دیگر، با توجه به وزن‌دهی خطی معیارها در این روش، امکان محاسبه ضریب سازگاری (Consistency ratio) که در وزن‌دهی به روش مقایسه دو به دو در نظر گرفته می‌شود، نیست. بنابراین، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها وجود ندارد.

از بین معیارهای مد نظر قرار گرفته در پژوهش حاضر، معیار نفوذپذیری خاک و فاصله از رودخانه‌های اصلی به ترتیب بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد که این امر توجه به حفاظت از خاک و جریان‌های سطحی منطقه را طی فرایند مکان‌یابی ضروری می‌سازد. با بررسی لایه‌های محدود کننده، می‌توان دریافت که معیار شیب با حذف ۷۰ درصد از منطقه به عنوان مناطق فاقد پتانسیل برای محل دفن، به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده در مکان‌یابی محل دفن زباله شهر سنندج می‌باشد. شناسایی و معرفی ۰/۱۶ درصد از مساحت کل منطقه به عنوان منطقه کاملاً مناسب برای محل دفن نیز نشان دهنده حساسیت و دقت بالای مدل IHWP است و همچنین، محدودیت منطقه برای دفن پسماند را متذکر می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که روش IHWP می‌تواند به عنوان روش نوینی جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی طبیعی و مصنوعی در پروژه‌های با اهداف مکان‌یابی، از جمله مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری به کار گرفته شود و در صورتی که با بررسی‌های میدانی همراه گردد، می‌تواند بهترین گزینه‌های تصمیم‌گیری در رابطه با هدف را ارایه نماید.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۲۰۷۰۷۷ می‌باشد. بدین وسیله از سازمان آب منطقه‌ای شهر سنندج جهت در اختیار گذاشتن داده‌های آماری و نقشه‌ای مورد نیاز، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Abdoli MA. Municipal solid waste management system and its control methods. Tehran, Iran: Metropolitan recyclying organization publication; 1993. [In Persian].
2. Komilis DR, Ham RK, Stegmann R. The effect of municipal solid waste pretreatment on landfill behavior: A literature review. Waste Manag Res 1999; 17(1): 10-9.
3. Sorg TJ, Hickman HL. Sanitary landfill facts. Washington, DC: U.S. Department of Health, Education, and Welfare; 1968.
4. Arasteh M, Azizi MM. Locating sustainable residential complex in central zone of Yazd city using the ANP method. Journal of Architecture and Urban Utopia 2012; 5(9): 333-48. [In Persian].
5. Kontos TD, Komilis DP, Halvadakis CP. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste Manag 2005; 25(8): 818-32.
6. Tavares G, Zsigraiova Z, Semiao V. Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste. Waste Manag 2011; 31(9-10): 1960-72.
7. Malchefski Y. GIS and multicriteria decision analysis. Trans. Parhizgar A, Ghaffari Gilandeh A. Tehran, Iran: Samt

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

Publications; 2006. [In Persian].
8. Erkut E, Moran SR. Locating obnoxious facilities in the public sector: An application of the analytic hierarchy process to municipal landfill siting decisions. Socioecon Plann Sci 1991; 25(2): 89-102.
9. Farhoudi RA, Habibi K, Zandi Bakhtiari P. The suitable site selection for Sanandaj municipal solid wastes dump site using GIS. Honar-Ha-Ye-Ziba 2005; (23): 15-24. [In Persian].
10. Rezaie R, Maleki A, Safari M, Ghavami A. Assessment of chemical pollution of groundwater resources in downstream regions of Sanandaj landfill. Sci J Kurdistan Univ Med Sci 2010; 15(3): 89-98. [In Persian].
11. Afzali A, Samani JM, Rashid M. Municipal landfill site selection for Isfahan city by use of fuzzy logic and analytic hierarchy process. Iran J Environ Health Sci Eng 2011; 8(3): 273-84.
12. Moeinaddini M, Khorasani N, Danehkar A, Darvishsefat AA, Zienalyan M. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). Waste Manag 2010; 30(5): 912-20.
13. Sener B. Landfill site selection by using geographic information systems [MSc Thesis]. Ankara, Turkey: Middle East Technical University, 2004. [In Persian].
14. Habibi K. Physical development, improvement and modernization of urban old sites using GIS. 2005 [PhD Thesis]. Tehran, Iran: School of Geography, University of Tehran; 2005. [In Persian].
15. Shieh E, Habibi K, Torabi K. Investigating of urban streets network vulnerability against earthquake, using of IHWP & GIS; The case study: The 6th zone of Tehran. Bagh-I-Nazar 2010; 7(13): 35-48. [In Persian].
16. Murry JW, Hammons JO. Delphi: A versatile methodology for conducting qualitative research. Rev High Ed 1995; 18(4): 423-36.
17. Gholamalifard M. Spatio-temporal modeling to assess supply and demand of land for municipal solid waste landfill using urban dynamic modeling in GIS (Case Study Gorgan) [MSc Thesis]. Tehran, Iran: Department of Environmental Engineering, School of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University; 2006. [In Persian].
18. Aivaliotis V, Dokas I, Hatzigiannakou M, Panagiotakopoulos D. Functional relationships of landfill and landraise capacity with design and operation parameters. Waste Manag Res 2004; 22(4): 283-90.
19. Badv K. Landfill. Journal of Waste Management 2003; (1): 18-23. [In Persian].
20. Sharifi M, Hadidi M, Vessali E, Mosstafakhani P, Taheri K, Shahoie S, et al. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, western Iran. Waste Manag 2009; 29(10): 2740-58.
21. Wang G, Qin L, Li G, Chen L. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. J Environ Manage 2009; 90(8): 2414-21.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]

DOI: *10.22122/jhsr.v13i3.2958* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research Received: 03.10.2016

Vol. 13, No. 3, Autumn 2017 Accepted: 21.03.2017

Landfill Site Selection for Municipal Waste Materials Using Inversion Hierarchical Weighing Process

Helen Aghsaei[1], Babak Souri[2]

Original Article

Abstract

Background: Sanandaj City, Iran, with a population of 370,000 people, generates 330 tons of solid wastes daily. The current landfill site of the city has lost its capacity and caused environmental problems. This study attempted to determine land suitability for disposal of municipal solid wastes in Sanandaj. Landfill site selection is a spatial multi-criteria decision analysis (SMCDA) in which geographic information system (GIS) and multi-criteria decision-making methods are used.

Methods: In this research, the Inversion Hierarchical Weight Process (IHWP) and GIS software were used to locate the best landfill location. For this purpose, 12 ecological and socio-economical information layers were weighted according to IHWP method. The map of land suitability for a landfill construction was obtained using overlay functions and 9 exclusionary criteria.

Findings: Classification of the final map indicated that 91.5% of the study area was completely unsuitable for landfill site selection, while areas with the highest suitability contained only 0.16% of the city. Finally, an area with the extent of 44 hectares, located approximately 4 km north-west of Sanandaj, was identified as priority number one to establish a landfill.

Conclusion: The results of this study show that IHWP method can be used as a new method for combining natural and artificial data layers in projects with site selection targets, including landfill site selection. Moreover, if it is accompanied by field surveys, it can provide the best decision-making options with regard to the goal.

Keywords: Site selection, Municipal solid wastes, Geographic Information System (GIS), Inversion Hierarchical Weight Process (IHWP)

Citation: Aghsaei H, Souri B. **Landfill Site Selection for Municipal Waste Materials Using Inversion Hierarchical Weighing Process.** J Health Syst Res 2017; 13(3): 359-66.

1- Department of Environmental Sciences, School of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Environmental Sciences, School of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
Corresponding Author: Helen Aghsaei, Email: haghsaei@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.2958]