علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره چهار، زمستا ۹۳

# مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک استان زنجان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی

**مهدی برومندی**[۱]

**ماشااله خامه‌چیان**[*۲]

khamechm@modares.ac.ir

**محمدرضا نیکودل**[۳]

**تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۳۰** **تاریخ پذیرش:۸۸/۶/۲۵**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** مدیریت پسماندهای خطرناک در سال‌های اخیر در کشور با توجه به رشد افزایشی آن مورد توجه قرار گرفته است. استان زنجان به دلیل وجود واحدهای صنعتی متعدد، نیاز به راهکاری مدیریتی در مورد پسماندهای خطرناک دارد. دفن پسماندها یکی از رایج‌ترین راهکارهای مدیریتی پسماندها می‌باشد. پیدا کردن محلی بهینه که هم دارای کم‌ترین خطرات زیست محیطی بوده و هم از لحاظ اقتصادی بهینه باشد، هدف اصلی این مقاله است.

**روش کار:** روشی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است تلفیقی از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصمیم گیری چند متغیره می‌باشد. یک روش دو مرحله‌ای که شامل حذف مناطق ممنوع و محاسبه شاخص مناسب بودن می‌باشد، برای شناسایی محل‌های بهینه دفن پسماندها مورد استفاده قرار گرفته است.

**یافته‌ها:** جهت به دست آوردن اهمیت نسبی عوامل موثر از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. برای محاسبه شاخص مناسب بودن و ارزیابی منطقه مورد مطالعه جهت دفن پسماندهای خطرناک، از روش وزن‌دهی ساده افزایشی استفاده شده است. در نهایت مناطقی با شاخص مناسب بودن بالا، جهت دفن پسماندهای خطرناک در استان معرفی می‌شوند.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان می‌دهد ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند متغیره در مکان‌یابی محل دفن پسماندها بسیار کارآمد می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** مکان‌یابی، پسماندهای خطرناک، تحلیل سلسله مراتبی، زنجان

---

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار، گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس*(مسئول مکاتبات)

۳- استادیار، گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه**

مدیریت پسماندها مساله‌ای است که امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت، فن‌آوری و صنعت باید مورد توجه جدی قرار بگیرد. نبود مدیریت پسماندها و یا مدیریت نادرست آن می‌تواند سلامت محیط زیست و بشر را به مخاطره بیندازد.

پسماندهای خطرناک که با ۴ ویژگی اشتعال‌پذیری، خورندگی، سمیت و واکنش‌پذیری بالا شناخته می‌شوند و نسبت به سلامتی انسان و محیط زیست خطر آفرین هستند (۱- ۴)، باید به طرز صحیحی دفن شوند تا میزان این خطرات را کاهش دهند. انباشت این پسماندها به طور غیراصولی و یا در مکانی نامناسب می‌تواند عواقب جبران ناپذیری داشته باشد. مشکل تولید، ذخیره، اصلاح، حمل ونقل، بازیافت و دفن پسماندهای خطرناک تبدیل به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های کشورها و به خصوص کشورهای در حال توسعه شده است (۵). بیش‌تر پسماندهای خطرناک تولیدشده در کشورهای در حال توسعه یا به صورت کنترل نشده دفن می‌شوند و یا در محل دفن پسماندهای شهری، دفع می‌شوند (۵). راه‌کارهایی متعددی جهت مدیریت پسماندها وجود دارد که کاهش تولید پسماندها، بازیافت، سوزاندن، ذخیره در زیر زمین و دفن پسماندها[1] از جمله این راه‌کارهای مدیریتی می‌باشد (۱ و ۳). مدفن بهداشتی پسماندها برای پسماندهای خطرناک به عنوان یکی از راه‌کارهای متداول در اغلب کشورها به کار می‌رود.

دفن پسماندها به دلیل هزینه پایین در مقایسه با دیگر راه‌کارهای مدیریتی و همچنین قبول طیف وسیعی از انواع پسماندها، در سطح دنیا یکی از متداول‌ترین روش‌ها می‌باشد (۶). جهت اجرای صحیح این راهکار نیاز به یافتن محلی مناسب است که کم‌ترین اثرات سوء را برای محیط زیست و منابع طبیعی اطراف محل دفن داشته باشد و از نظر اقتصادی نیز کم‌ترین هزینه‌ها و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگی را دارا باشد.

مکان‌یابی محل دفن پسماندها فرآیندی بسیار پیچیده و مشکل می‌باشد، زیرا عوامل بسیار و متعددی در این فرآیند تاثیر گذار می‌باشند. هر یک از این عوامل شرایط خاصی را ایجاد می‌کند که در مکان‌یابی محل دفن پسماندها تاثیرگذار می‌باشند. وجود عوامل متعدد باعث شده که مکان‌یابی محل دفن پسماندها هویتی چند بعدی و ساختاری میان‌رشته‌ای یافته باشد.

تا کنون تلاش‌های زیادی جهت مکان‌یابی محل دفن پسماندها صورت گرفته است؛ این امر در دهه‌های اخیر بیش‌تر مبتنی بر استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بوده است. به دلیل وجود پارامترهای موثر بر تعیین مکان پسماندها این موضوع نیاز به تحلیل چند معیاره دارد. از روش‌های مختلفی برای مکان‌یابی محل دفن پسماندها استفاده شده است که عمده تفاوت در این پژوهش‌ها مربوط به تفاوت در نوع عوامل موثر و نحوه وزن‌دهی به عوامل موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندها می‌باشد. مطالعات Chang و همکاران (۲۰۰۶) (۷) و ماهینی و غلام‌علی فرد (۲۰۰۶) (۸) نمونه‌هایی از پژوهش‌هایی هستند که عوامل متعددی را جهت مکان‌یابی محل دفن پسماندها به کار برده‌اند. در حالی که برخی دیگر مانند Dorhofer (۱۹۹۳) (۹) و Simsek و همکاران (۲۰۰۶) (۱۰) فقط به بررسی یکی از عوامل موثر با هدف مکان‌یابی (به طور مثال آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی در مکان‌یابی محل دفن پسماندها) پرداخته‌اند. استفاده از روش‌های مختلف برای وزن‌دهی نیز در تحقیقات اخیر دیده می‌شود. استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل دفن پسماندها یکی از روش‌هایی است که از آن استفاده شده است (۶، ۱۱و ۱۲). هدف از انجام این تحقیق مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک در استان زنجان با استفاده از تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد.

**مواد و روش**

**۱- منطقه مورد مطالعه**

استان زنجان در ناحیه مرکزی شمال غرب کشور قرار دارد. این استان وسعتی در حدود ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع دارد و شهر زنجان با ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا، مرکز این استان

---

۱-Landfilling

می‌باشد. این استان از شمال به استان‌های گیلان و اردبیل، از شرق به استان قزوین، از جنوب غربی و غرب به استان‌های کردستان، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی و از جنوب به استان همدان محدود است.

از نظر موقعیت جغرافیایی این استان در ۳۳ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول جغرافیایی محدود شده است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری (سال ۱۳۸۶) استان زنجان دارای هفت شهرستان ابهر، ایجرود، خدابنده، خرم‌دره، زنجان، طارم و ماه‌نشان و همچنین دارای ۱۶بخش، ۴۶ دهستان و ۱۱۳۷ آبادی می‌باشد. بر اساس آخرین سرشماری کشور جمعیت استان بالغ بر ۹۶۴۶۰۱ نفر می‌باشد (۱۳).

## ۲- روش شناسی

در این مقاله از ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی[۱] (GIS) و تصمیم گیری چند متغیره[۲] (MCA) جهت مکان‌یابی استفاده شده است. تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چندمتغیره ابزار قدرتمندی را به وجود می‌آورد که در مکان‌یابی محل دفن پسماندها بسیار راهگشا می‌باشد، زیرا که GIS مدیریت و دستکاری داده‌ها را برعهده می‌گیرد و با استفاده از تصمیم‌گیری چند متغیره، وزن‌دهی و ارزیابی همه عوامل انجام می‌گیرد (۶).

این روش شامل مراحل زیر می‌باشد (۱۱):

۱- تهیه داده‌های رقومی مورد نیاز با استفاده از بسته نرم‌افزاری GIS

۲- مشخص نمودن پارامترهای موثر در مکان‌یابی

۳- کاربرد سلسله مراتب تحلیلی[۳] (AHP) جهت تعیین وزن نسبی پارامترهای موثر

۴- وزن دهی ساده برای شناسایی شاخص مناسب بودن[۴]

۵- تعیین مناطق مناسب جهت دفن پسماندهای خطرناک

۱-Geographic information system
۲-Multi Criteria Analysis
۳-Analytical Hierarchy Process
٤-Suitability index

عوامل زیادی در انتخاب محل دفن پسماندهای خطرناک موثر می‌باشند. این عوامل شامل عوامل زمین‌شناسی، زیست‌محیطی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی، ریخت‌شناسی و ... می‌باشد. این عوامل با توجه به شرایط منطقه می‌تواند تغییر کند.

عوامل موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک با توجه به تاثیری که بر این امر دارند، در این جا با مقیاس ۱ تا ۵ طبقه‌بندی می‌شوند. امتیاز ۱ مناطق خیلی نامناسب و ۵ مناطق کاملا مناسب جهت دفن پسماندها را نشان می‌دهد. همچنین با توجه به برخی عوامل حریمی در نظر گرفته می‌شود که به منزله مکان‌هایی است که به هیچ وجه قابلیت دفن پسماندهای خطرناک را ندارند و به عنوان مناطق ممنوع شناسایی می‌شوند. مناطق ممنوع[۵]، مناطقی هستند که به دلیل خطرات زیست محیطی، خطر نسبت به سلامتی بشر و هزینه‌های خیلی زیاد جهت دفن پسماندها مناسب نیستند (۱۴ و ۱۵).

برای به دست آوردن محل‌های مناسب جهت دفن پسماندها از یک روش دو مرحله‌ای در این تحقیق استفاده شده است. مرحله اول شناخت مناطق ممنوع جهت دفن پسماندها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. مرحله دوم ارزیابی مناطق جهت دفن پسماندها می‌باشد که در این مرحله با استفاده از تصمیم‌گیری چند متغیره، به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده می‌شود و از روی هم‌نهی لایه‌های اطلاعاتی یک نقشه با پهنه‌بندی منطقه، تهیه می‌شود. از روی هم نهی نقشه مناطق ممنوع و نقشه پهنه‌بندی یک نقشه ارزیابی به دست می‌آید که مناطق مستعد دفن را می‌توان با توجه به آن مشخص کرد.

## ۳- عوامل موثر

در این مطالعه ۱۶ لایه اطلاعاتی شامل شیب، زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی، گسل‌های اصلی و فرعی)، آب‌های سطحی (رودخانه‌ها و آبراهه‌ها)، هیدروژئولوژی، فرسایش‌پذیری، کاربری اراضی، اقلیم (بارش و تبخیر)، مراکز جمعیتی (شهرها، روستاها، مراکز صنعتی)، راه‌های اصلی و فرعی به صورت رقومی

۵-Exclusion areas

برای استفاده در محیط نرم‌افزاری GIS تهیه شدند. فایل‌های تهیه شده به فرمت رستر با قدرت تفکیک ۱۰۰ متر تبدیل شدند. تحلیل و بررسی بر روی فایل‌های با فرمت رستر دارای انعطاف‌پذیری بیش‌تری نسبت به فرمت برداری می‌باشند.

در صورتی که مکان‌یابی محل دفن پسماندها را به صورت یک فرآیند سلسله مراتبی نشان دهیم، هدف اصلی مکان‌یابی می‌باشد و با توجه به عوامل موثر سلسله مراتب بعدی مشخص می‌شوند و در نهایت لایه های اطلاعاتی در ردیف آخر قرار می‌گیرند. تحلیل سلسله مراتبی برای مکان‌یابی محل دفن پسماندها در شکل ۱ نشان داده شده است.

### ۳-۱- زمین شناسی

سنگ‌شناسی هر منطقه به طور مستقیم کنترل کننده نوع خاکی است که از آن ایجاد می‌شود. خاکی که باید ظرفیت باربری و همچنین مهاجرت شیرابه‌ها را کنترل کند (۱۶). سنگ و نوع ساختار آن تعیین کننده طبیعت خاک و میزان نفوذپذیری سنگ بستر می‌باشد. ساختارهای زمین‌شناسی نیز می‌توانند در حرکت شیرابه‌ها و آلودگی آب‌های زیرزمینی نقش داشته باشند. همچنین این ساختارها بر روی شکست دامنه‌ای در طول درزه‌ها و صفحات لایه‌بندی تاثیرگذار می‌باشند (۱۶).

بنابراین در مورد زمین‌شناسی هم جنس لایه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و هم از دیدگاه زمین شناسی ساختمانی، که در اینجا گسل‌های اصلی و فرعی جهت ارزیابی منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه های زمین‌شناسی، جنس لایه‌ها مشخص شده است و طبقه بندی و امتیازدهی با توجه به جدول ۱ صورت گرفت. نتیجه حاصل در شکل ۲ ارایه شده است. امتیاز صفر نشان دهنده مناطق ممنوع جهت دفن پسماندهای خطرناک می‌باشد.

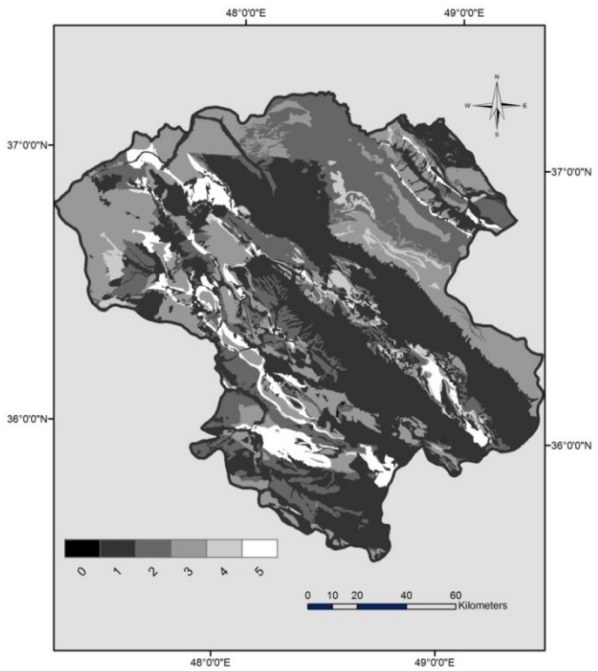
نواحی گسل‌خورده از دو دیدگاه جهت دفن پسماندها مناسب نیستند. نخست این‌که مناطق گسلی (فعال و غیرفعال) نفوذپذیری منطقه را بالا برده و حرکت شیرابه را در مجراها بیش‌تر می‌کند. دیدگاه دیگر به بررسی تاثیر گسل در لرزه‌خیزی منطقه می‌پردازد. ساختمان مدفن پسماندها به عنوان یک سازه مهندسی می‌تواند تحت تاثیر حرکات ناشی از زلزله و گسلش، تخریب و سلامت محیط زیست و انسان را تهدید کند.

**شکل ۱- تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک**

**جدول ۱- قابلیت دفن پسماندها بر اساس جنس سنگ بستر**

| جنس واحد زمین‌شناسی | مناسب بودن |
|---|---|
| شیل، مارن و رس | بسیار بالا (۵) |
| شیست، توف رسی، سنگ‌های تبخیری، پهنه‌های رسی گلی، لس ریز دانه | بالا (۴) |
| سنگ‌های آذرین و دگرگونی با شکستگی کم | مناسب تا ضعیف (۳) |
| تناوب ماسه‌سنگ و شیل، مارن‌های ماسه‌ای | ضعیف تا خیلی ضعیف (۲) |
| ماسه‌سنگ، آهک، د.لومیت، نهشته‌های دامنه‌ای، کنگلومرا، مخروط افکنه، آبرفت‌های عهد حاضر، مخروط افکنه‌ها | نامناسب (۱) |
| زمین لغزش‌ها، دشت‌های سیلابی | مناطق ممنوع |

آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) حداقل فاصله ۶۰ متر از گسل‌های فعال را توصیه کرده است (۱۷). در منطقه مورد مطالعه با توجه به فاصله از گسل های اصلی و فرعی استان طبقه بندی انجام یافته است (جدول ۲).




**شکل ۲- قابلیت دفن پسماندهای خطرناک با توجه به جنس سنگ**

**۳-۲- آب‌های سطحی**

یکی از پارامترهای مهمی که در مکان‌یابی محل دفن پسماندها باید مورد توجه قرار گیرد، وجود آب‌های سطحی آن منطقه می‌باشد. آب‌های سطحی شامل دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، آب‌راهه‌ها، مسیل‌ها، باتلاق‌ها و ... باید شناسایی و بررسی‌های لازم بر روی آن‌ها انجام گیرد. مدفن پسماندها نباید در محیطی واقع شود که احتمال خطر آلودگی آب‌های سطحی و منابع آب وجود داشته باشد. بنابراین مدفن پسماندها باید در فاصله‌ای در حدود ۱۰۰ فوت (۳۰/۴۸ متر) از هر رودخانه یا آب‌راهه و حداقل ۳۰۰ فوت (۹۱/۴۴ متر) از رودخانه‌های پیچ‌درپیچ (مآندری) قرار بگیرد (۱۸).

در مورد منطقه مورد مطالعه علاوه بر این‌که سدها، بندها و دریاچه آن‌ها به عنوان مناطق ممنوع در نظر گرفته شده‌اند، بر اساس تراکم آبراهه‌های استان و همچنین فاصله از رودهای اصلی منطقه طبقه‌بندی انجام گرفته است (جدول ۲).

**۳-۳- آب‌های زیرزمینی**

مدفن پسماندها باید حداقل در فاصله‌ای در حدود ۳۰۵ متری از چاه‌های آب قرار داشته باشد. عمق آب زیرزمینی منطقه در محل دفن پسماندها اهمیت زیادی دارد. معمولا آبخوان‌هایی با عمق سطح آب زیرزمینی بیش از ۶۰ متر جهت دفن پسماندها مناسب در نظر گرفته می‌شوند (۱۱، ۱۶ و ۱۹). مناسب بودن محل دفن پسماندها بر اساس عمق آب زیرزمینی منطقه در جدول ۳ ارایه شده است. اهمیت توجه به آبخوان‌ها در مکان‌یابی محل دفن پسماندها مورد توجه جدی قرار گرفته است. در استان زنجان با توجه به منابع بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی (چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات) و تراکم آن‌ها طبقه‌بندی انجام یافته است (جدول ۲). تراکم بالای منابع بهره‌برداری موقعیت آبخوان‌های مهم استان را نیز مشخص می‌کند. میزان تراکم بر اساس تعداد منابع بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی (شامل چاه، چشمه و قنات) در واحد کیلومتر مربع و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS Desktop تعیین شده است. نقشه تهیه شده در شکل ۳ ارایه شده است.

**جدول ۲- قابلیت دفن پسماندها بر اساس عوامل مختلف**

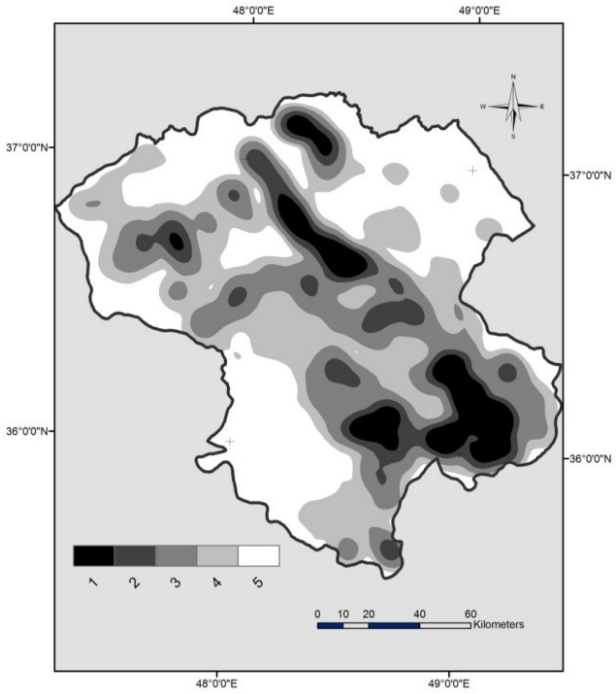
| عامل موثر | | امتیاز | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |
| زمین شناسی | فاصله از گسل های اصلی (کیلومتر) | بیش از ۱۵ | ۱۰-۱۵ | ۵-۱۰ | ۳-۵ | ۱-۳ |
| | فاصله از گسل های فرعی (کیلومتر) | بیش از ۴ | ۳-۴ | ۲-۳ | ۱-۲ | ۰/۵-۱ |
| آب‌های سطحی | فاصله از رودخانه (کیلومتر) | بیش از ۸ | ۶-۸ | ۴-۶ | ۲-۴ | ۱-۲ |
| | تراکم آب‌راهه | خیلی کم | کم | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| آب‌های زیرزمینی | تراکم منابع بهره برداری | خیلی کم | کم | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ریخت‌شناسی | شیب سطح زمین (درجه) | ۰-۵ | ۵-۱۰ | ۱۰-۱۵ | ۱۵-۲۰ | بیش از ۲۰ |
| شرایط اقلیم | میزان تبخیر (میلی‌متر) | بیش از ۲۴۰۰ | ۲۲۰۰-۲۴۰۰ | ۲۰۰۰-۲۲۰۰ | ۱۸۰۰-۲۰۰۰ | کمتر از ۱۸۰۰ |
| | میانگین بارندگی (میلی‌متر) | کمتر از ۳۰۰ | ۳۰۰-۴۰۰ | ۴۰۰-۵۰۰ | ۵۰۰-۶۰۰ | بیش از ۶۰۰ |
| راه‌های دسترسی | فاصله از راه اصلی (کیلومتر) | ۱-۵ | ۵-۱۰ | ۱۰-۱۵ | ۱۵-۲۰ | بیش از ۲۰ |
| | فاصله از راه فرعی (کیلومتر) | ۰/۵-۲ | ۲-۴ | ۴-۶ | ۶-۸ | بیش از ۸ |
| فاصله از منابع تولیدی | فاصله از شهرها (کیلومتر) | ۵-۱۰ | ۱۰-۲۰ | ۲۰-۳۰ | ۳۰-۵۰ | بیش از ۵۰ |
| | فاصله از روستاها (کیلومتر) | ۳-۵ | بیش از ۵ | ۲-۳ | ۱-۲ | ۰/۵-۱ |
| | فاصله از شهرک های صنعتی (کیلومتر) | ۳-۱۰ | ۱۰-۲۰ | ۲۰-۳۰ | ۳۰-۴۰ | بیش از ۴۰ |

**جدول ۳- قابلیت دفن پسماندها با توجه به عمق آب زیرزمینی (۱۱)**

| مناسب بودن | عمق آب زیر زمینی |
|---|---|
| بالا | بیش از ۶۰ متر (۲۰۰ فوت) |
| متوسط | بین ۱۵ متر تا ۶۰ متر |
| کم | کمتر از ۱۵ متر (۵۰ فوت) |

### ۳-۴- ریخت‌شناسی

قابلیت شکست دامنه‌ای ارتباط مستقیمی با میزان شیب توپوگرافی دامنه دارد. شکست دامنه‌ای در زیر یا در نزدیکی محل دفن پسماندها باعث شکست در بدنه مدفن پسماندها شده و مواد دفن شده در محیط اطراف آزاد می‌شوند. بر این اساس شیب‌های بیش از ۱۵٪ باید به عنوان مناطق نامناسب جهت دفن پسماندها مورد بررسی قرار بگیرد (۱۸). در منابع مختلف طبقه‌بندی‌های متفاوتی بر اساس شیب جهت دفن پسماندهای خطرناک صورت گرفته است. در این مقاله طبقه‌بندی شیب بر اساس مقدار شیب به دست آمده از نقشه‌توپوگرافی برحسب درجه در جدول ۲ ارایه شده است.




**شکل ۳- قابلیت دفن پسماندهای خطرناک با توجه به تراکم منابع بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی**

### ۳-۵-کاربری زمین

مناسب‌ترین محل از نظر کاربری زمین برای دفن پسماندها مناطق با کاربری صنعتی می‌باشد. مناطقی که دارای کاربری مشخص نیستند یا کاربری‌هایی مانند کشاورزی به صورت ضعیف دارند، نیز جهت مکان‌یابی پسماندها مناسب به نظر می‌رسند (۱۹). نوع کاربری اراضی در استان زنجان و همچنین امتیازی که کاربری اراضی با هدف دفن پسماندهای خطرناک در آن، کسب کرده است، در جدول ۴ ارایه شده است.

### ۳-۶- شرایط اقلیمی

در مکان‌یابی محل دفن پسماندها شرایط اقلیمی مانند بادهای غالب، میزان بارش، تبخیر و تغییرات دمایی باید مورد توجه قرار بگیرند. این‌ها مواردی هستند که می‌توانند در تولید شیرابه، گرد و غبار، خاک‌های پوششی و میزان فرسایش تاثیر گذار باشند (۱۶). در این‌جا عواملی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، میانگین بارش و تبخیر سالیانه در استان می‌باشد و بر اساس آن‌ها امتیازدهی انجام یافته است (جدول ۲).

### ۳-۷- راه‌های دسترسی

به طور کلی برای سهولت و کاهش زمان حمل و نقل، مکان دفن باید تا حد امکان دارای راه اصلی و جاده بوده و دسترسی به محل آن‌ها آسان باشد. همچنین باید دقت کرد که جاده‌ها از نظر عرض و پهنا برای عبور ماشین‌های سنگین مناسب باشد. برای راه‌های اصلی یک کیلومتر و برای راه‌های فرعی ۵۰۰ متر به عنوان حریم در نظر گرفته شده است، تا از دفن پسماندها در مجاورت راه‌ها به دلیل خطرات زیست‌محیطی و زیبایی شناختی جلوگیری شود. طبقه‌بندی انجام یافته با توجه به فاصله از راه‌های اصلی و فرعی استان و تاثیر آن در مکان‌یابی محل دفن پسماندها در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

**جدول ۴- قابلیت دفن پسماندها بر اساس کاربری اراضی**

امتیاز ۰ نشان دهنده مناطق ممنوع می‌باشد.

| ردیف | علامت اختصاری | نوع کاربری اراضی | توضیحات | امتیاز |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | BL | اراضی بدون پوشش و بیرون زدگی سنگی | اراضی با تاج پوشش گیاهان مرتعی کمتر از۵٪ و بیرون زدگی سنگی | ۵ |
| ۲ | RB | بستر رودخانه | بستر رودخانه های بزرگ | ۰ |
| ۳ | SH | بیشه‌زار و درختچه‌زار | درختچه زار با تراکم تاج پوشش بیش از ۱۰ درصد | ۳ |
| ۴ | R۳ | مراتع کم تراکم | مرتع با تراکم تاج پوشش بیش از ۵۰ درصد(گیاهان یک و چند ساله) | ۴ |
| ۵ | R۲ | مراتع نیمه متراکم | مرتع با تراکم تاج پوشش بین ۵۰-۲۵ درصد(گیاهان یک و چند ساله) | ۴ |
| ۶ | R۱ | مراتع متراکم | مرتع با تراکم تاج پوشش بین ۲۵-۵ درصد(گیاهان یک و چند ساله) | ۳ |
| ۷ | IF | زراعات آبی و باغات | --- | ۲ |
| ۸ | DF | زراعات دیم | --- | ۳ |
| ۹ | L | سطوح آبی | دریاچه‌ها و مخازن آب | ۰ |
| ۱۰ | F۳ | جنگل تنک | جنگل با تراکم تاج پوشش ۲۵-۵ درصد | ۲ |
| ۱۱ | F۲ | جنگل نیمه انبوه | جنگل با تراکم تاج پوشش ۵۰-۲۵ درصد | ۲ |
| ۱۲ | F۱ | جنگل انبوه | جنگل با تراکم تاج پوشش بیش از ۵۰ درصد | ۱ |
| ۱۳ | URB | مناطق مسکونی | مناطق شهری، روستایی و تاسیسات | ۰ |

**۳-۸- فاصله از منابع تولید پسماندها**

محل دفن پسماندها باید در خارج از مراکز جمعیتی و صنعتی باشد. با توجه به خطرات احتمالی ناشی از آلودگی محیط حتما باید حریم لازم از شهرها و روستاها رعایت شود. Sener (۲۰۰۶) فاصله ۵ کیلومتر را برای شهرها، یک کیلومتر برای شهرک‌ها و روستاهای با جمعیت بیش از۵۰۰ نفر و ۵۰۰ متر را برای دیگر روستاها در نظر گرفته است (۶). طبقه‌بندی ارایه شده برای مراکز جمعیتی و تولیدی در جدول ۲ مشاهده می‌شود. شهرک‌های صنعتی و شهرها به عنوان منابع تولید پسماندهای خطرناک در نظر گرفته شده‌اند ولی برای روستاها احتمال آلودگی نیز مورد توجه قرار گرفته است. هرچند فاصله زیاد از روستاها به دلیل کاهش دسترسی به محل‌های مناسب امتیاز کم‌تری کسب می‌کنند.

**۴- وزن نسبی پارامترها**

تعیین وزن‌ها یک مرحله اصلی در استخراج اولویت‌های تصمیم‌گیر به شمار می‌رود. در این جا برای تعیین وزن نسبی لایه‌های اطلاعاتی از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. روش مقایسه دوتایی به وسیله ساعتی (۱۹۸۰) در زمینه فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) ارایه شده است. این روش شامل مقایسه دوتایی به منظور ایجاد یک ماتریس نسبت می‌باشد (نقل از ۱۱،۲۰ و۲۱). این روش مقایسه‌های دوتایی عوامل موثر را به عنوان ورودی دریافت کرده و وزن‌های نسبی را به عنوان خروجی تولید می‌نماید.

بنابراین با توجه به وجود ۱۶ عامل موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک استان زنجان یک ماتریس

۱۶*۱۶ تهیه شد که در جدول ۵ ارایه شده است. در این ماتریس عوامل موثر دو به دو با هم مقایسه و با توجه به اهمیت‌شان نسبت به یکدیگر امتیازی در مقیاس ۱ تا ۹ کسب می‌کنند. با استفاده از عملیاتی که توسط ساعتی جهت محاسبه وزن ارایه شده است، وزن نسبی برای هر کدام از عوامل محاسبه شده و در ستون انتهایی جدول ۵ آورده شده است.

**جدول ۵- ماتریس نسبت جهت تعیین اهمیت نسبی عوامل موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک**

| عوامل موثر | شیب | هیدروژئولوژی | شهر | رودخانه | شهرک‌های صنعتی | آبراهه | زمین شناسی | روستا | کاربری زمین | گسل اصلی | راه اصلی | راه فرعی | فرسایش | گسل فرعی | بارش | تبخیر | وزن نسبی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شیب | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۵ | ۵ | ۶ | ۶ | ۶ | ۷ | ۸ | ۸ | ۹ | ۹ | ۰/۱۹۱ |
| هیدروژئولوژی | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ | ۴ | ۴ | ۵ | ۵ | ۵ | ۶ | ۷ | ۷ | ۸ | ۸ | ۰/۱۳۷ |
| شهر | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ | ۴ | ۴ | ۵ | ۵ | ۵ | ۶ | ۷ | ۷ | ۸ | ۸ | ۰/۱۳۷ |
| رودخانه | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۴ | ۴ | ۵ | ۶ | ۶ | ۷ | ۷ | ۰/۰۹۷ |
| شهرک‌های صنعتی | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۴ | ۴ | ۵ | ۶ | ۶ | ۷ | ۷ | ۰/۰۹۷ |
| آبراهه | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ | ۳ | ۳ | ۴ | ۵ | ۵ | ۶ | ۶ | ۰/۰۹۶ |
| زمین شناسی | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۴ | ۴ | ۵ | ۵ | ۰/۰۵۰ |
| روستا | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۴ | ۴ | ۵ | ۵ | ۰/۰۵۰ |
| کاربری زمین | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۴ | ۰/۰۳۲ |
| گسل اصلی | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۴ | ۰/۰۳۲ |
| راه اصلی | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۳ | ۰/۰۳۲ |
| راه فرعی | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ | ۳ | ۰/۰۲۲ |
| فرسایش | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۰/۰۱۶ |
| گسل فرعی | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۰/۰۱۶ |
| بارش | ۱/۹ | ۱/۸ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۰/۰۱۱ |
| تبخیر | ۱/۹ | ۱/۹ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | ۱ | ۰/۰۱۱ |

## نتایج

در این تحقیق مناطق ممنوع شامل مناطقی هستند که در مرحله امتیازدهی، امتیاز صفر کسب کرده‌اند و همچنین مناطقی که باید برای آن‌ها حریم مورد نظر رعایت شود. به طور مثال مناطقی که از طرف سازمان حفاظت محیط زیست به عنوان مناطق حفاظت شده معرفی شده‌اند، همراه با حریم یک کیلومتری برای آن‌ها به عنوان مناطق ممنوع مشخص می‌شوند. میزان حریم در نظر گرفته شده برای عوامل مختلف در جدول ۶ مشخص شده است. همچنین درصد پوشش داده شده توسط حریم هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی نیز به صورت درصدی از مساحت استان ذکر شده است. این نکته قابل توجه است که مجموع درصدهای پوشش داده شده از صد در صد بیش‌تر خواهد شد و این مربوط به همپوشانی حریم برخی لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر است. در نهایت وسعتی از استان که به عنوان مناطق ممنوع در نظر گرفته شده و امکان دفن پسماندها در این مناطق وجود ندارد، ۷۱٪ مساحت استان می‌باشد.

**جدول ۶- مناطق ممنوع جهت دفن پسماندهای خطرناک در استان زنجان**

| ردیف | منطقه ممنوع | میزان حریم | درصد پوشش داده شده |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۱ | مناطق حفاظت شده | کل منطقه و یک کیلومتر حریم | ۱۲/۴۹ |
| ۲ | شهر | ۵ کیلومتر از حومه شهر | ۸/۶۳ |
| ۳ | روستا | ۵۰۰ متر | ۱۲/۹۹ |
| ۴ | راه اصلی | یک کیلومتر | ۷/۴۷ |
| ۵ | راه فرعی | ۵۰۰ متر | ۱۱/۷۴ |
| ۶ | راه آهن | یک کیلومتر | ۱/۹۰ |
| ۷ | فرودگاه | ۸ کیلومتر | ۰/۹۲ |
| ۸ | رود اصلی | یک کیلومتر | ۱۳/۰۹ |
| ۹ | آبراهه | ۵۰۰ متر | ۳۲/۲۶ |
| ۱۰ | سدهای اصلی | یک کیلومتر | ۰/۰۹ |
| ۱۱ | بندها | ۵۰۰ متر | ۱/۵۵ |
| ۱۲ | دریاچه سد | دریاچه و یک کیلومتر حریم | ۱/۱۴ |
| ۱۳ | گسل اصلی | یک کیلومتر | ۱/۸۶ |
| ۱۴ | گسل فرعی | ۵۰۰ متر | ۹/۲۹ |
| ۱۵ | چاه‌ها | ۵۰۰ متر | ۱۲/۳۴ |
| ۱۶ | چشمه‌ها | ۵۰۰ متر | ۱۵/۱۱ |
| ۱۷ | قنوات | ۵۰۰ متر | ۱/۸۸ |

حال به ارزیابی شاخص‌های مختلف در استان پرداخته می‌شود و در نهایت با طبقه‌بندی آن‌ها مناطق مستعد دفن پسماندهای خطرناک گزینش می‌شوند. همان طور که قبلا نیز به آن اشاره شد در این مقاله از روش وزن‌دهی سلسله‌مراتبی (AHP) جهت به دست آوردن وزن نسبی عوامل موثر استفاده شد. برای اطمینان از این موضوع که در ماتریس تناسب مقایسه‌های صورت گرفته بین عوامل موثر سازگار هستند، از شاخصی به نام شاخص توافق[۱] (CI) استفاده می‌شود. در صورتی که مقدار این شاخص از ۰/۱ کم‌تر باشد نشان‌دهنده سازگاری ماتریس بوده (۲۱) و از وزن‌های نسبی به دست آمده می‌توان برای ارزیابی استفاده کرد. مقدار این شاخص برای این ماتریس ۰/۰۳۱ به دست آمده است.

برای تعیین میزان شاخص مناسب بودن و ارزیابی مناطق مستعد استان جهت دفن پسماندهای خطرناک از روش وزن‌دهی ساده استفاده شد. این روش یکی از متداول‌ترین و رایج‌ترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند متغیره می‌باشد. برای محاسبه شاخص مناسب بودن در این روش از رابطه ۱ استفاده می‌شود:

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} w_j v_{ij} \qquad (۱)$$

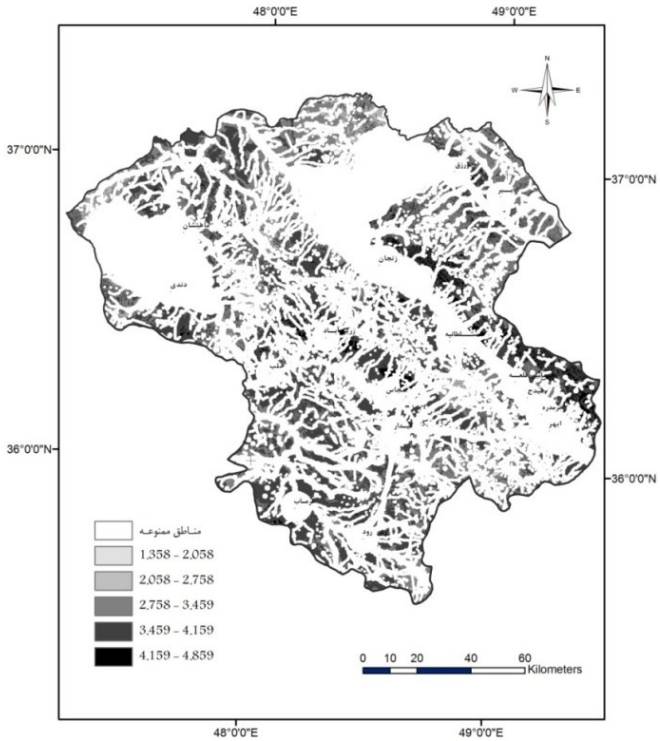
که در این رابطه $V_i$ شاخص مناسب بودن برای مساحت i، $w_j$ وزن نسبی برای پارامتر j، $v_{ij}$ امتیاز مساحت i در پارامتر j، و n تعداد پارامترها می‌باشد (۸) .

شاخص مناسب بودن برای منطقه مورد مطالعه بین ۱/۳۵۸ تا ۴/۸۵۹ متغیر می‌باشد. این فاصله مطابق با طبقه‌بندی‌های قبلی انجام گرفته به ۵ رده با فواصل برابر تقسیم شد (جدول ۷). نتیجه به صورت یک طیف رنگی در شکل ۴ مشاهده می‌شود. پهنه‌های پیشنهادی از بین رده‌های ۴ و ۵ و در مناطقی که دارای مساحت کافی جهت احداث مدفن پسماندها باشند، پیشنهاد می‌شوند. مناطق ممنوع در این شکل با رنگ سفید مشخص شده است. موقعیت پهنه‌های مستعد جهت دفن پسماندهای خطرناک در استان زنجان در شکل ۵ دیده می‌شود.

۱-Consistency Index

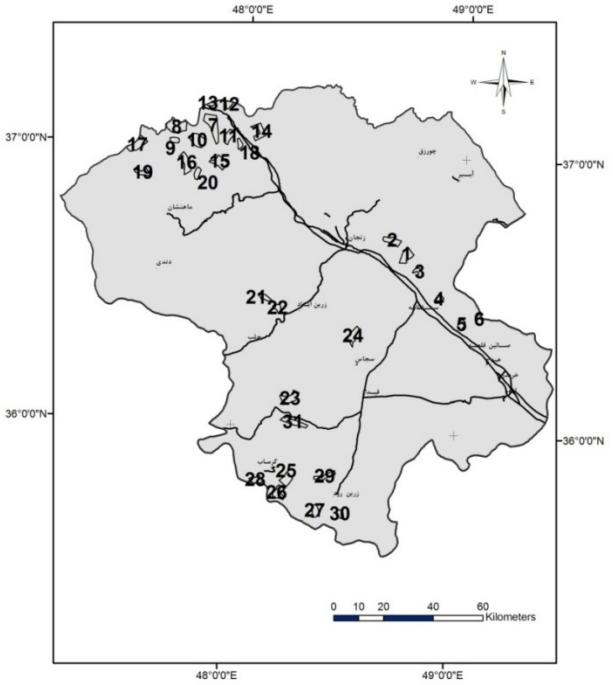
**جدول ۷- طبقه‌بندی شاخص مناسب بودن و توصیف آن**

| مجموع امتیاز | توصیف |
|---|---|
| ۱/۳۵۸ -۲/۰۵۸ | کاملا نامناسب |
| ۲/۰۵۸ -۲/۷۵۸ | نامناسب |
| ۲/۷۵۸ -۳/۴۵۹ | نسبتا مناسب |
| ۳/۴۵۹ -۴/۱۵۹ | مناسب |
| ۴/۱۵۹ -۴/۸۵۹ | کاملا مناسب |




**شکل ۴- نقشه شاخص مناسب بودن جهت دفن پسماندهای خطرناک در استان زنجان**

جهت نهایی کردن پهنه‌های پیشنهادی و همچنین بررسی مطالعات صورت گرفته، از پهنه‌های تعیین شده بازدید انجام یافت. در بازدیدهای صحرایی علاوه بر عواملی که در مراحل ارزیابی مورد بررسی قرار گرفتند، پارامترهایی مانند عمق و کیفیت آب زیرزمینی، جهت و سرعت باد و فاصله از خطوط نیرو نیز مورد توجه قرار گرفت، تا مناسب‌ترین گزینه‌ها انتخاب شوند. در نهایت از بین پهنه‌های پیشنهادی، پهنه‌های شماره ۷، ۱۴ و ۲۹ به عنوان گزینه‌های نهایی پیشنهاد شدند.




**شکل ۵- موقعیت پهنه‌های مستعد جهت دفن پسماندهای خطرناک در استان زنجان**

## نتیجه‌گیری

روشی که در این مقاله جهت مکان‌یابی محل دفن پسماندها مورد استفاده قرار گرفت، شامل استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل‌های چند متغیره می‌باشد. ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصمیم گیری چند متغیره در مکان‌یابی محل دفن پسماندها بسیار مناسب می‌باشد و در صورتی که نقشه‌ها و اطلاعات مورد استفاده قرار گرفته دارای دقت بالایی باشند، می‌توان به نتایج به دست آمده تکیه کرد. در تصمیم گیری چند متغیره تعیین اهمیت نسبی پارامترها به وسیله روش تحلیل سلسله مراتبی AHP جهت محاسبه اهمیت نسبی پارامترها کارآمد به نظر می‌رسد. با توجه به سازگاری بالای ماتریس نسبت تهیه شده (با توجه به مقدار CI) از مقادیر به دست آمده در وزن دهی ساده برای محاسبه شاخص مناسب بودن استفاده شد. سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان یک ابزار در هر دو مرحله به کمک گرفته شد تا تحلیل‌های مکانی مربوطه انجام شود.

تشخیص مناسب پارامترها با توجه به قوانین و مقررات موجود و همچنین وضعیت کلی منطقه، رعایت حریم لازم، محاسبه صحیح اهمیت نسبی پارامترها، تاثیر زیادی در انتخاب صحیح محل دفن پسماندها می‌گذارد. بازدیدهای میدانی از محل‌های پیشنهادی جهت بررسی نتایج به دست آمده تکمیل کننده نتایج حاصل می‌باشد و محل‌های بهینه جهت دفن پسماندها با توجه به این بررسی‌ها گزینش می‌شوند.

## منابع


۱. Tchobanoglous, G., Kreith, F., ۲۰۰۲., Handbook of Solid Waste Management, McGraw-Hill Pub., New York.

۲. عباس پور، م؛ ۱۳۷۷؛ مهندسی محیط زیست؛ جلد اول؛ مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

۳. Williams P.t., ۲۰۰۵, Waste treatment and disposal. ۲nd edition, John wiley and sons, ۳۸۰p.

۴. LaGrega M., Buckingham P.L., Evans J.C., ۲۰۰۱, Environmental resources management, ۲nd edition, McGraw-Hill Pub.

۵. M. I. Yesilnacar, H. Cetin., ۲۰۰۵, Site selection for hazardous wastes: A case

study from the GAP area, Turkey., Journal of Engineering Geology ۸۱ , ۳۷۱_۳۸۸

۶. Sener B., Suzen M.L., Doyuran V., ۲۰۰٦, Landfill site selection by using geographic information systems, Environmental geology J., Vol.٤۹. ۳۷٦-۳۸۸.

۷. Chang N.B., Parvathianathan G., Breeden J.B., Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region., ۲۰۰۸, J. of Environmental Management, Volume ۸۷, Issue ۱, , Pages ۱۳۹-۱۵۳.

۸. Mahini A.S., Gholamalifard M., ۲۰۰٦, Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in GIS environment, Int. J. Environ. Sci. Tech., ۳ (٤), ٤۳۵-٤٤۵.

۹. Dorhofer G. ۱۹۹۳, The role of natural geological barriers for the sitting of landfills in Germany. Geoconfine ۹۳, vol. I, p. ۳۹-٤۵.

۱۰. Simsek C., Kincal C., Gunduz O., ۲۰۰٦, A solid waste disposal site selection procedure based on groundwater vulnerability mapping, Environmental geology J., Vol.٤۹. ٦۲۰-٦۳۳.

۱۱. Kontos, T.D., Komilis D.P. and Halvadakis C.P. ۲۰۰۵, Siting MSW landfill with spatial multiple criteria analysis methodology. Journal of Waste Management, ۲۵, ۸۱۸-۸۳۲.

۱۲. Guiqin, W., Li, Q., Guoxue L and Lijin, C., ۲۰۰۹., Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beiging, China., Journal of Environmental Management., doi:۱۰.۱۰۱٦/j.jenvman.۲۰۰۸.۱۲.۰۰۸

۱۳. وب سایت مرکز آمار ایران http://www.sci.org.ir

۱۴. Sadek S., El-Fadel M., and Freiha F., ۲۰۰٦, Factors within a gis-based framework for landfill siting, International Journal of Environmental Studies, Volume ٦۳, Number ۱, pp. ۷۱-۸٦.

۱۵. Cumminus V., Odennell V., Allen A., Doneolly J., Kokoulas S., ۲۰۰۲, A new approach to landfill site selection in Ireland using GIS, Available in : technology,۲۰۰۲,cmrc.ucc.ie/publications/conf_proceedings/Rio_Landfill.pdf

۱۶. Sener, B.,۲۰۰٤, Landfill site selection by using geographic information system. M.Sc Thesis, METU, ۱۱٤ pp. http://www.rsgis.metu.edu.tr

۱۷. Environmental protection agency, ۲۰۰٦, EPA landfill manuals, Manual on site selection. http://www.epa.gov

۱۸. Bagchi, A., ۱۹۹٤, Design, Construction and Monitoring of Landfills. ۲nd ed.,John Wiley & Sons. Inc., New York.

۱۹. Schwartz, E. M., ۲۰۰۱, A Simple Approach to Solid Waste Planning for Urbanizing Counties, M.Sc. Thesis, University of Missouri-Kansas City.

۲۰. حیدرزاده، ن؛ ۱۳۷۹، مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS برای شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

۲۱. Malczewski, J., ۱۹۹۹. GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley & Sons,Canada, ۳۹۲ p.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.