

## شناسایی مناطق مستعد دفن پسماندهای ویژه استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

جواد خلجی، ناصر حافظی مقدس، غلامرضا لشکری پور\*؛

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم زمین

تاریخ: دریافت ۹۴/۰۲/۰۲ پذیرش ۹۵/۱۱/۱۷

### چکیده

مدیریت پسماندهای ویژه اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد و همواره از دغدغه‌های زیست‌محیطی کشورهای پیشرفته و در حال توسعه محسوب می‌شود. تعیین محل دفن پسماندهای ویژه به‌عنوان یکی از مراحل مدیریت پسماند محسوب می‌شود که حساسیت زیادی دارد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی پهنه‌های مستعد جهت دفن پسماندهای ویژه استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و به‌منظور ارائه راهکارهای بهینه در مکان‌یابی اجرا شده است. در این تحقیق ابتدا معیارها و محدودیت‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی تعیین شد سپس لایه‌های اطلاعاتی این معیارها در محیط (GIS) آماده شد. یک سری از این لایه‌ها به‌عنوان معیارهای رده‌بندی و بعضی از آن‌ها نیز با تعیین حریم مناسب به‌عنوان معیار حذفی در نظر گرفته شد. معیارهای رده‌بندی برای مقایسه زوجی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) آماده شدند و اهمیت معیارها نسبت به هم در نرم‌افزار Expert choice اعمال شد. با انجام مقایسه زوجی وزن نسبی معیارها و زیر معیارها تعیین شد پس از محاسبه وزن نهایی و وزن نرمال‌شده، نقشه معیارها (لایه‌های اطلاعاتی) براساس وزن نرمال‌شده در محیط GIS کلاس‌بندی شد. سرانجام با تلفیق نقشه‌ها و اعمال نقشه معیارهای حذفی نقشه نهایی استخراج شد نقشه استعداد داری منطقه برای دفن پسماند ویژه تهیه شد که در آن با توجه به امتیاز نهایی لایه‌ها، منطقه به چهار کلاس مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب طبقه‌بندی شده است.

واژه‌های کلیدی: پسماند ویژه، GIS، Expert choice، چهارمحال و بختیاری

\*نویسنده مسئول lashkaripour@um.ac.ir

### مقدمه

گسترش مناطق شهری و رشد جمعیت و پیشرفت صنایع و تکنولوژی منجر به تولید حجم زیادی مواد زاید می‌شود که از مهم‌ترین منابع تهدیدکننده سلامت انسان و محیط‌زیست است [۱]. با وجود تلاش‌های بسیاری که در مدیریت پسماند برای کاهش مواد زاید از مبدأ، بازیافت و تبدیل به مواد قابل استفاده انجام می‌شود، اما با وجود این در تمام این روش‌ها نیز مقداری مواد زاید باقی می‌ماند که باید دفن شود [۲].

پسماندها بسته به منابع تولیدکننده و خصوصیاتشان به دسته‌های مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند [۳]. از جمله این طبقه‌بندی‌ها، پسماندهای ویژه هستند که به دلیل ماهیت شیمیایی خطرناک، حساسیت فوق‌العاده‌ای دارند. حادثه سال ۱۹۶۰ در خلیج میناماتا<sup>۱</sup> و رودخانه آگانو در نیگاتای<sup>۲</sup> ژاپن ناشی از مصرف ماهی آلوده به متیل مرکوری و برنج آلوده به فلزات کادمیوم و ایجاد بیماری‌های کلیوی و عوارض استخوانی دردناک [۴]، آلودگی رودخانه ساوا<sup>۳</sup> در کرواسی با فلزات سنگین کروم، نیکل، سرب، آهن، مس و روی به وسیله صنایع غذایی و داروسازی [۵] و آلوده شدن زمین‌های کشاورزی در هند به وسیله کارخانه کاغذسازی [۶]، نمونه‌ای از اثرات زیان‌بار ناشی از توجه نداشتن به این گروه از پسماندها است. پسماند ویژه بر اساس تعریف EPA<sup>۴</sup> موارد خطرناک یا بالقوه مضر برای سلامتی انسان و محیط‌زیست با تنوع فراوان هستند که می‌توانند مایع، جامد، دارای گاز و یا لجن باشند. این مواد می‌توانند محصول جانبی فرآیندهای تولید یا محصولات تجاری دور ریخته شده باشند [۷]. بر اساس تعریف سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران پسماندهایی را شامل می‌شوند که به دلیل زیاد بودن یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار، خوردگی و مشابه آن به مراقبت ویژه نیاز داشته باشند و آن دسته از پسماندهای پزشکی و نیز بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی و کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند جزء پسماند ویژه محسوب می‌شوند [۳].

- 
1. Minamata bay
  2. Agano river in the Niigata
  3. Sava
  4. Environmental Protection Agency Agency a

پسماندهای ویژه از نظر نوع و اجزای تشکیل دهنده، دارای منشأ و منبع مختلفی هستند که به ۶ گروه پسماندهای هسته‌ای، پزشکی، صنعتی، عمومی (خانگی)، الکتریکی و ساختمانی تقسیم می‌شوند [۸].

تجربه کشورهای مختلف به خصوص کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که حذف اثرات زیان بار ناشی از انتشار مواد زاید خطرناک و جبران خسارت ناشی از این مواد به مراتب پرهزینه‌تر از اعمال مدیریت صحیح بر آنها است. بنابراین تعیین محل دفن پسماندهای ویژه نیاز به ارزیابی معیارهای مختلف و لحاظ مقررات و محدودیت‌ها را دارد که با توجه به موقعیت و شرایط منطقه مطالعاتی، اهمیت و ارجحیت معیارها نسبت به هم متفاوت است [۹]. انتخاب فاکتورها و معیارهای متعدد سبب تعدد لایه‌های اطلاعاتی شده که تحلیل تعداد زیاد لایه‌های اطلاعاتی و اخذ نتیجه صحیح، تصمیم‌گیران را به سمت و سوی استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت زیاد، سرعت عمل و سهولت انجام عملیات زیادی داشته باشد. از جمله رویکردهایی که زیاد از آن استقبال شده، استفاده از مدل تصمیم‌گیری در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری مهم برای آنالیز مناطق مناسب شناخته شده است. از جمله مسائل قابل تحلیل به کمک GIS بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی، تغییرات آب و هوایی، برای گسترش شهرها است و در مکان‌یابی در زمینه‌های گوناگون کاربرد گسترده‌ای دارد. با توجه به این‌که در مکان‌یابی محل دفن پسماند ویژه از معیارها و پارامترهای متعدد استفاده می‌شود که از اهمیت یکسانی برخوردار نیست. از این رو، تصمیم‌گیری‌های مربوط به پارامترهای متعدد و متضاد نیاز به یک ابزار کارآمد برای تعیین وزن نسبی پارامترها است [۱۰] که در این تحقیق از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. سینر<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۱ در سنیرکنت<sup>۲</sup> ترکیه با استفاده از ۱۰ معیار به روش تحلیل سلسله مراتبی و با استفاده از GIS نقشه استعداد داری منطقه برای دفن پسماندهای شهری را آماده کردند که ۹۶/۳ درصد مساحت منطقه مطالعاتی نامناسب، ۱/۶

- 
1. Schnaz Sener
  2. Senirkent
  3. Tamara Zelenovic Vaciljevic
  4. Srem

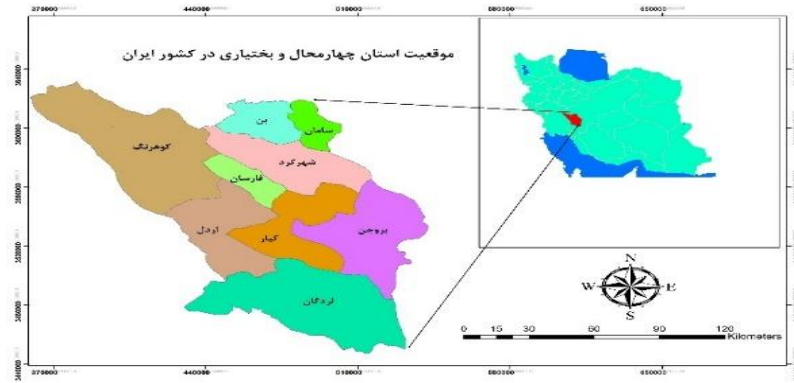
درصد نسبتاً مناسب و ۲/۱ درصد مناسب برای دفن پسماند جامد شهری تشخیص داده شد [۱۱]. واسیلجویچ<sup>۱</sup> و همکاران در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ناحیه سریم<sup>۲</sup> واقع در شمال صربستان در سال ۲۰۱۲ از معیارهای زمین‌شناسی، زیست‌محیطی-اجتماعی و اقتصادی استفاده کردند و بیش‌ترین وزن را برای زیرمعیارهای سنگ‌شناسی، مناطق مسکونی و مناطق حفاظت شده در نظر گرفتند و مناسب‌ترین پهنه‌ها ۹/۱۴ درصد مساحت منطقه بررسی شده را به خود اختصاص داد [۱۲]. پناهنده و همکارانش (۱۳۸۸) با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به مکان‌یابی محل دفن پسماند در شهرستان سمنان اقدام کردند، آن‌ها در این تحقیق پارامترهای زمین‌شناسی، هیدرولوژی و معیارهای اقتصادی و اجتماعی را مورد توجه قرار دادند [۱۳]. صمدی و همکارانش مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری زنجان را با استفاده از GIS, AHP, TOPSIS ارزیابی کردند [۱۴]. برومندی و همکاران در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک با استفاده از GIS و تحلیل‌های چندمتغیره در استان زنجان ۶/۲۴ درصد مساحت استان را مناطق مستعد برای احداث لندفیل شناسایی کردند [۱۵].

### منطقه بررسی شده

منطقه بررسی شده، استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۳۲۸ کیلومتر مربع در زاگرس مرکزی است. ریخت‌شناسی استان بیش‌تر شامل کوه‌ها و تپه‌ها با امتداد شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است که از شرق به طرف غرب از میزان ارتفاعات و تراکم کوه‌ها کاسته شده و به دره‌های باز و دشت‌های نسبتاً وسیع ختم می‌شود. بلندترین نقطه استان قله زردکوه بختیاری در ناحیه شمال‌غربی با ارتفاع ۴۲۲۰ متر و پست‌ترین نقطه آن در ناحیه جنوب‌غرب استان در ناحیه ارمند است. طبق سرشماری عمومی سال ۱۳۹۰ شامل ۹ شهرستان، ۲۴ بخش، ۴۹ دهستان، ۳۶ شهر و ۷۶۶ آبادی با جمعیتی برابر ۸۹۵،۲۶۳ نفر است که سهم ۱/۱۹ درصد از جمعیت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان دارای ۱۶ شهرک صنعتی و ۵

1. Vasiljevic  
2. Srem

ناحیه صنعتی و ۷۲۳ واحد صنعتی فعال است. ۶۶ واحد صنعتی با احتساب مراکز بیمارستانی تولید کننده ۱۰۵۷۰ تن پسماند ویژه در استان هستند که از این میزان حدود ۱۹٪ (معادل ۲۰۲۰ تن در سال) بازیافت می‌شود و ۸۱٪ باقی‌مانده (معادل ۸۷۳۰ تن در سال) نیاز به محل دفن مطمئن دارد [۱۶].



شکل ۱. موقعیت منطقه بررسی شده

## مواد و روش‌ها

هدف از این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی پهنه‌های مناسب دفن پسماند ویژه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. برای مکان‌یابی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی باید ابتدا معیارها و ضوابط و محدودیت‌های مؤثر برای احداث لندفیل شناسایی، ارزیابی و انتخاب شود، تا از این طریق هزینه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، بهداشتی کاهش یابد. در روش ارزیابی چند معیاره، معیارها اساس تصمیم‌گیری هستند به این ترتیب که مجموعه‌ای از معیارها، برای دستیابی به ترکیبی منفرد با هم ترکیب و تلفیق می‌شوند. در این مقاله از یک فرآیند دومرحله‌ای برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ویژه استفاده شد. در مرحله اول که به‌عنوان مرحله شناسایی مناطق ممنوعه بر اساس معیارهای مختلف معرفی می‌شود، منطقه بررسی شده به دو کلاس مناسب و نامناسب تقسیم می‌شود که کلاس نامناسب به‌عنوان مناطق ممنوعه برای احداث لندفیل حذف می‌شود. در مرحله دوم فاکتورهای مختلف بر اساس اهمیت نسبی رده‌بندی و وزن‌دهی می‌شوند و در نهایت محل‌هایی که امتیاز مناسب

به‌دست آورند به‌عنوان مناطق مستعد برای دفن پسماندهای ویژه معرفی می‌شوند. برای تهیه داده‌های رقومی معیارهای موردنظر در محیط GIS از نقشه رقومی ارتفاع (DEM)، مشخصات چاه‌های پیرومتری موجود در سطح استان و اطلاعات و آمارهای موجود در شرکت آب منطقه‌ای استان، نقشه زمین‌شناسی استان در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای Land sat و نقشه قابلیت اراضی استان، هم‌چنین آمار متوسط بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک استان و آمار و اطلاعات سازمان حفاظت محیط‌زیست و صنایع و معادن استان استفاده شد. به‌طورکلی در فرآیند مکان‌یابی مراحل زیر طی شده است:

- مشخص نمودن معیارهای (محدودیت‌ها و فاکتورها) مؤثر در مکان‌یابی
- رقومی کردن و تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز با استفاده از بسته نرم‌افزاری GIS
- شناسایی و حذف مناطق ممنوعه و نامناسب برای احداث لندفیل
- رده‌بندی و وزن‌دهی فاکتورها و لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر
- تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه نرخ داده شده و استعداداری برای تعیین مناطق مناسب.

## نتایج و بحث

### ۱. تعیین مناطق ممنوعه

در این پژوهش به‌منظور انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماندهای ویژه، ابتدا معیارها و محدودیت‌ها تعیین شد. سپس لایه‌های اطلاعاتی هر یک از معیارها در محیط GIS تهیه شد. تعدادی از این لایه‌ها چنان‌که در جدول ۱ و شکل ۲ مشخص است با تعیین حریم مناسب به‌عنوان معیارهای حذفی در نظر گرفته شد و بر اساس این معیارها نقشه مناطق ممنوعه استان برای احداث لندفیل پسماندهای ویژه آماده شد.

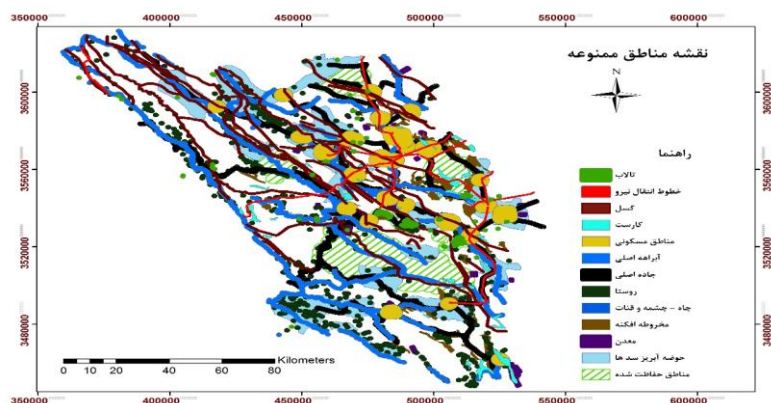
مخروطه افکنه‌ها به‌دلیل نفوذپذیری زیاد، قرارگیری در معرض سیلاب و منشأ مهم تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی به‌عنوان مناطق ممنوعه محسوب شدند. با توجه به اهمیت حفاظت سدها از آلودگی که محل ذخیره آب‌های سطحی و تأمین‌کننده آب کشاورزی و شرب هستند، در این پژوهش محدوده حوضه آبریز سدهای احداث شده و در دست بررسی به‌عنوان مناطق ممنوعه حذف شدند.

مناطق کارستی هم به دلیل قابلیت زیاد در انتقال آلودگی، شناسایی و به عنوان مناطق ممنوعه برای احداث لندفیل در نظر گرفته شدند. مناطق حفاظت شده و تالابها از جمله نظامهای حیات بخشی با ارزش اکولوژیکی زیاد با کاربری تفرج و توریسم و صید و شکار هستند. با توجه به تراکم شبکه آبراههای در استان با جریان دائمی و فصلی و همچنین خطر آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی با نفوذ شیرآبه، حریمی برای این منابع در نظر گرفته شد. هرچند نزدیکی به جاده به دلیل صرفه جویی در هزینه های حمل و نقل یک مزیت محسوب می شود، ولی باید عوامل زیباشناختی و ترافیک و... نیز در نظر گرفته شود. طبیعی است که محل دفن به دلیل حفظ سلامتی و بهداشت انسانها باید در خارج از شهر و دور از مراکز جمعیتی قرار گیرد از سوی دیگر به منظور کاهش هزینه و زمان حمل و نقل و سایر مشکلات دوری راه، تا حد امکان باید سعی شود که محل دفن در مکان نزدیک تری واقع شود. معادن، تأمین کننده مواد اولیه مورد نیاز بسیاری از صنایع بوده است و در امر خودکفایی صنعتی، ایجاد اشتغال مولد و افزایش تولید ناخالص ملی و درآمد سرانه کشور نقش به سزایی دارند. بدون تردید بهره برداری از معادن کشور، یک عامل کاملاً مثبت و مهم در رشد و توسعه اقتصادی است به همین دلیل معادن و مراکز دارای پتانسیل معدنی شناسایی و حریم ۱۰۰۰ متری برای معادن در نظر گرفته شد.

#### جدول ۱. حریم در نظر گرفته شده برای مناطق ممنوعه

| معیارها           | حریم در نظر گرفته شده (m) | مساحت پوشش شده (Km <sup>2</sup> ) | داده منابع                               |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|
| چاه، چشمه، قنات   | ۳۰۰                       | ۶۱۷                               | [۱۷] Yazdani et al (2015).               |
| آبراههای اصلی     | ۱۰۰۰                      | ۲۶۰۵                              | پناهنده و همکاران (۱۳۸۸) [۱۳]            |
| مناطق حفاظتی      | ۲۰۰۰                      | ۲۵۸۸                              | برومندی و همکاران (۱۳۸۷) [۱۵]            |
| مناطق روستایی     | ۱۰۰۰                      | ۲۴۹۵                              | Hafezi Moghaddas., Hajizadeh [۱۸], 2011  |
| جاده              | ۳۰۰                       | ۱۱۴۳                              | [۱۹]Ahmadi et al.(2014)                  |
| حاشیه گسلها       | ۳۰۰                       | ۸۹۴                               | Hafezi Moghaddas., Hajizadeh [۱۸], 2011. |
| خطوط انتقال نیرو  | ۱۰۰                       | ۸۵                                | اسکندری (۱۳۹۰). [۲۰]                     |
| معادن             | ۱۰۰۰                      | ۷۴                                | مطالعه حاضر                              |
| تالاب و باتلاق    | ۱۰۰۰                      | ۲۹                                | نیکنامی و حافظی مقدس (۱۳۸۹). [۲۱]        |
| مناطق مسکونی بزرگ | ۳۰۰۰                      | ۱۳۹۶                              | [۲۲] Banar et al, (2007)                 |

بزرگ ۴۰۰۰



شکل ۲. مناطق ممنوعه برای احداث لندفیل

## ۲. رده‌بندی و وزن‌دهی معیارها

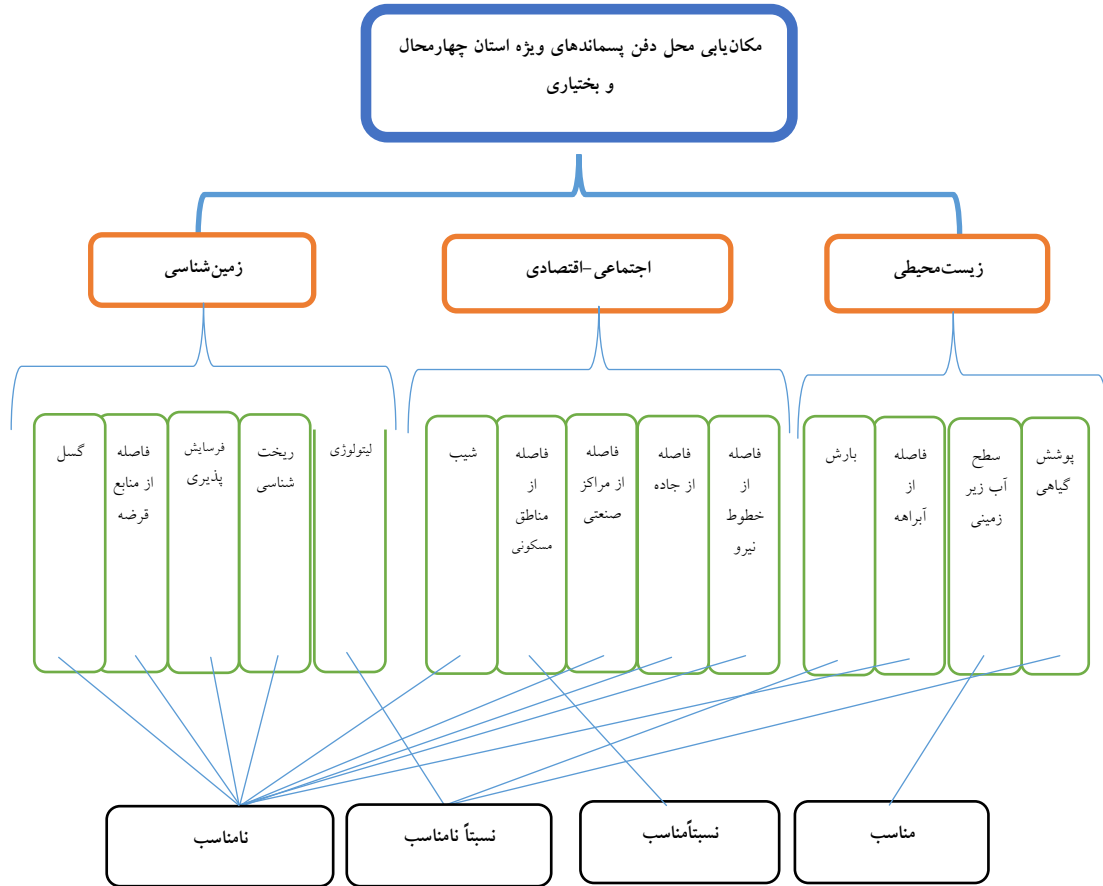
در مرحله دوم که مرحله وزن‌دهی و تعیین امتیاز است از ۱۴ معیار مؤثر در مکان‌یابی استفاده شد. سپس لایه‌های اطلاعاتی هر یک از معیارها در محیط GIS در چهار کلاس مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب رده‌بندی شدند و نقشه معیارهای رده‌بندی برای مقایسه زوجی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی آماده شد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اولین بار توماس ال ساعتی (۱۹۸۰) ارائه کرد [۲۳]. این روش بر اساس مقایسه‌های زوجی عوامل بنا شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران و تصمیم‌گیران می‌دهد. این تکنیک یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا امکان فرموله کردن مسائل پیچیده طبیعی را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسئله را دارد [۲۴]، [۲۵].

### ۲-۱. تدوین ساختار سلسله مراتبی برای مکان‌یابی

این مرحله مهم‌ترین مرحله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. زیرا در این قسمت با تجزیه مسئله مشکل و پیچیده می‌توان آن‌ها را به صورتی ساده که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل کرد [۲۶]. ساختار سلسله مراتب نمایشی گرافیکی از مسئله پیچیده واقعی است، که در رأس آن هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها قرار



دارند (شکل ۳). در روش AHP برای هر یک از قسمت‌های نمودار سلسله مراتب امتیازی به دست می‌آوریم و بر اساس این امتیازات و رتبه‌بندی‌ها معیارها ارزش‌گذاری می‌شوند. روشی که در AHP برای محاسبه امتیازها به کار می‌رود بر اساس مقایسه زوجی استوار است.



شکل ۳. نمودار تحلیل سلسله مراتبی (پژوهش حاضر)

۲-۲. مقایسه زوجی و استخراج وزن از ماتریس تصمیم‌گیری

پس از تدوین ساختار سلسله مراتبی، قدم بعدی ارزیابی عناصر با مقایسه زوجی است. در این مرحله عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و بر اساس میزان اهمیت و با توجه به هدف تحلیل، ارزش‌های متفاوت می‌گیرند

و وزن نسبی آن‌ها مشخص می‌شود. مبنای مقایسه جدول ۹ کمیته ساعتی است (جدول ۲). مقایسه زوجی بر اساس این که عنصر A چقدر نسبت به عنصر B مهم تر است، صورت می‌گیرد. جدول ۲. وزن‌دهی به عوامل بر اساس ارجحیت به صورت مقایسه زوجی [۲۷]

| مقدار عددی | ترجیحات (قضاوت شفاهی)  |
|------------|--|
| ۹          | Extremely preferred<br>کاملاً مرجح یا کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب |
| ۷          | Very strongly preferred<br>ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی    |
| ۵          | Strongly preferred<br>ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی              |
| ۳          | Moderately preferred<br>کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب      |
| ۱          | Equally preferred<br>ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان             |
| ۲،۴،۶،۸    | ترجیحات بین فواصل  |

جدول ۳. معیار اقتصادی و اجتماعی با زیر معیار و گزینه‌ها و وزن نرمال شده

| معیار                      | زیر معیار                         | تشریح کلاس‌بندی | توصیف کلاس‌بندی | گزینه‌ها | وزن     | وزن نرمال شده |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------|---------|---------------|
| اقتصادی - اجتماعی<br>۰/۴۱۳ | فاصله از جاده (متر)               | ۳۰۰ - ۲۵۰۰      | مناسب           | ۰/۴۸۰    | ۰/۰۵۹۱۳ |               |
|                            |                                   | ۲۵۰۰ - ۵۰۰۰     | نسبتاً مناسب    | ۰/۲۹۲    | ۰/۰۳۵۹۷ | ۰/۲۹۸         |
|                            |                                   | ۵۰۰۰ - ۷۵۰۰     | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۶۴    | ۰/۰۲۰۱۴ |               |
|                            |                                   | ۷۵۰۰ <          | نامناسب         | ۰/۰۶۴    | ۰/۰۰۷۸۱ |               |
|                            | فاصله از خطوط نیرو (متر)          | ۱۰۰ - ۵۰۰۰      | مناسب           | ۰/۴۹۴    | ۰/۱۱۲۰  |               |
|                            |                                   | ۵۰۰۰ - ۲۰۰۰۰    | نسبتاً مناسب    | ۰/۲۴۳    | ۰/۰۵۵۱  | ۰/۰۵۵         |
|                            |                                   | ۲۰۰۰۰ - ۳۰۰۰۰   | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۸۵    | ۰/۰۰۴۱۰ |               |
|                            |                                   | ۳۰۰۰۰ <         | نامناسب         | ۰/۰۷۷    | ۰/۰۰۱۷۰ |               |
|                            | فاصله از مراکز تولید پسماند (متر) | ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰۰    | مناسب           | ۰/۴۲۲    | ۰/۰۳۸۸۸ |               |
|                            |                                   | ۱۵۰۰۰ - ۲۵۰۰۰   | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۵۱    | ۰/۰۳۲۲۷ | ۰/۲۲۳         |
| ۲۵۰۰۰ - ۴۰۰۰۰              |                                   | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۶۵           | ۰/۰۱۵۱۳  |         |               |
| ۴۰۰۰۰ <                    |                                   | نامناسب         | ۰/۰۶۱           | ۰/۰۰۵۶۱  |         |               |
| درصد شیب                   | ۰ - ۵                             | مناسب           | ۰/۴۷۶           | ۰/۰۶۰۶۳  |         |               |
|                            | ۵ - ۱۵                            | نسبتاً مناسب    | ۰/۲۸۹           | ۰/۰۳۶۷۸  | ۰/۳۰۸   |               |
|                            | ۱۵ - ۳۰                           | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۷۶           | ۰/۰۲۲۳۴  |         |               |
|                            | ۳۰ <                              | نامناسب         | ۰/۰۵۹           | ۰/۰۰۷۵۱  |         |               |
| وضعیت منابع قرصه           | رس، رس سیلتی                      | مناسب           | ۰/۴۰۹           | ۰/۰۱۹۷۴  |         |               |
|                            | رس لومی، رس و سیلت                | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۵۰           | ۰/۰۱۶۹۳  | ۰/۱۱۷   |               |
|                            | سیلت و لوم                        | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۸۰           | ۰/۰۰۸۶۱  |         |               |
|                            | ماسه - ماسه لومی                  | نامناسب         | ۰/۰۶۰           | ۰/۰۰۲۸۰  |         |               |

به‌طورکلی اگر تعداد گزینه‌ها و معیارها به ترتیب برابر  $m$  و  $n$  باشد آن‌گاه ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌ها به صورت  $m \times m$  و ماتریس مقایسه زوجی معیارها یک ماتریس  $n \times n$  است. نتیجه مقایسه زوجی معیارها و زیر معیارها و گزینه‌ها به همراه وزن اختصاص داده شده به آن‌ها در جدول‌های ۳ تا ۵ آورده شده است.

**۳-۲. وزن‌دهی لایه‌ها و تلفیق نقشه‌ها در محیط GIS**

پس از وزن‌دهی و تهیه وزن نرمال گزینه‌ها، وزن‌های نرمال شده در محیط GIS به نقشه معیارها اضافه شد و لایه رستری و وزن‌دار هر معیار تهیه شد. به‌علت وسعت زیاد منطقه بررسی شده، اندازه هر پیکسل  $50 \times 50$  متر در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از ماژول

**جدول ۴. معیار زیست‌محیطی با زیر معیار و گزینه‌ها و وزن نرمال شده**

| معیار                    | زیر معیار               | تشریح کلاس‌بندی | توصیف کلاس‌بندی | وزن گزینه‌ها | وزن زیر معیار | وزن نرمال شده |
|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| فاصله از آبراهه‌ها (متر) | فاصله از آبراهه‌ها      | $6000 <$        | مناسب           | ۰/۳۶۲        |               | ۰/۰۲۶۴۱       |
|                          |                         | $4000 - 6000$   | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۲۶        |               | ۰/۰۲۳۷۳       |
|                          |                         | $2000 - 4000$   | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۶۳        | ۰/۴۳۰         | ۰/۰۱۲۳۰       |
|                          |                         | $1000 - 2000$   | نامناسب         | ۰/۱۴۸        |               | ۰/۰۱۰۷۶       |
| سطح آب زیر زمینی (متر)   | سطح آب زیر زمینی        | $30 <$          | مناسب           | ۰/۴۶۷        |               | ۰/۰۰۸۶۹       |
|                          |                         | $20 - 30$       | نسبتاً مناسب    | ۰/۲۷۷        | ۰/۱۱۰         | ۰/۰۰۵۱۴       |
|                          |                         | $10 - 20$       | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۶۰        |               | ۰/۰۰۲۹۷       |
|                          |                         | $10 >$          | نامناسب         | ۰/۰۹۵        |               | ۰/۰۰۱۷۶       |
| پوشش گیاهی               | بایر و لم یزرع          |                 | مناسب           | ۰/۳۹۲        |               | ۰/۰۲۵۴۷       |
|                          | دیم و مرتع              |                 | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۵۲        |               | ۰/۰۲۲۸۸       |
|                          | اراضی زراعی آبی و باغات |                 | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۷۶        | ۰/۳۸۴         | ۰/۰۱۱۴۴       |
|                          | جنگل                    |                 | نامناسب         | ۰/۰۸۰        |               | ۰/۰۰۵۱۹       |
| بارش (میلی متر)          | بارش (میلی متر)         | $400 <$         | مناسب           | ۰/۳۶۸        |               | ۰/۰۰۴۷۸       |
|                          |                         | $400 - 750$     | نسبتاً مناسب    | ۰/۲۸۲        | ۰/۰۷۷         | ۰/۰۰۳۶۶       |
|                          |                         | $750 - 1200$    | نسبتاً نامناسب  | ۰/۲۰۰        |               | ۰/۰۰۲۶۰       |
|                          |                         | $1200 <$        | نامناسب         | ۰/۱۵۰        |               | ۰/۰۰۱۹۵       |

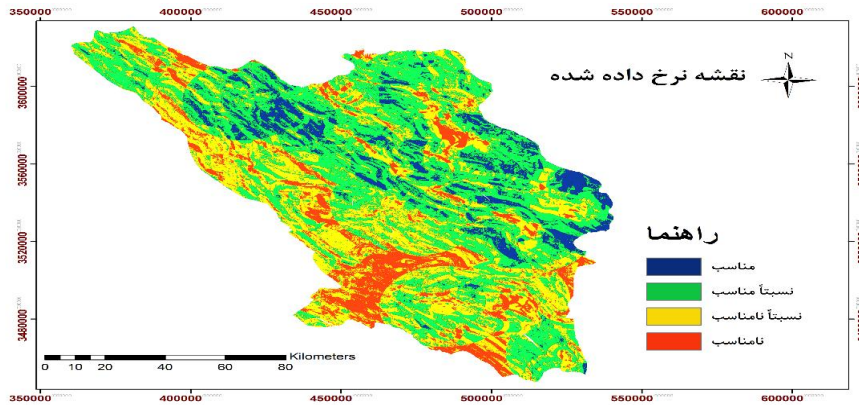
زیست محیطی  
۰/۱۶۹

جدول ۵. معیار زمین شناسی با زیرمعیار و گزینه‌ها و وزن نرمال شده

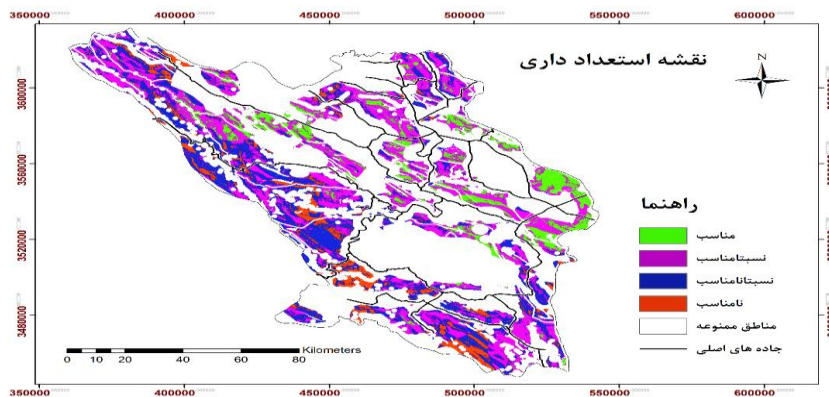
| معیار      | زیر معیار | تشریح کلاس بندی                                  | توصیف کلاس بندی | وزن گزینه‌ها | وزن زیر معیار | وزن نرمال شده |  |
|------------|-----------|--|-----------------|--------------|---------------|---------------|--|
| سنگ شناسی  | ناپذیر    | شیل ، مارن ، پهنه‌های رسی و گلی،                 | مناسب           | ۰/۴۲۹        | ۰/۰۷۲۳۵       | ۰/۰۷۲۳۵       |  |
|            |           | سنگ آذرین و دگرگونی، تناوب آهک و شیل و مارن،     | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۸۳        | ۰/۰۶۴۵۸       | ۰/۰۶۴۵۸       |  |
|            |           | دشت‌های سیلابی با سنگ کف نفوذ                    |                 |              | ۰/۴۳۵         |               |  |
|            |           | دشت‌های سیلابی، آهک با میان لایه‌های شیل و مارن، | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۳۲        | ۰/۰۲۲۲۶       | ۰/۰۲۲۲۶       |  |
|            |           | آهک، ماسه سنگ، دولومیت، کنگلومرا، مخروط افکنه    | نامناسب         | ۰/۰۵۶        | ۰/۰۰۹۴۳       | ۰/۰۰۹۴۳       |  |
|            |           | اراضی کویر و دق                                  | مناسب           | ۰/۴۰۲        | ۰/۰۳۲۵۶       | ۰/۰۳۲۵۶       |  |
|            |           | دشت‌های دامنه‌ای و دشت‌های رسوبی                 | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۳۷        | ۰/۰۲۷۲۹       | ۰/۰۲۷۲۹       |  |
|            |           | تپه ماهور و دشت‌های سیلابی قدیمی                 | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۶۴        | ۰/۰۱۳۲۸       | ۰/۰۱۳۲۸       |  |
|            |           | نواحی کوهستانی، رودخانه‌های فعال، دشت سیلابی     | نامناسب         | ۰/۰۹۷        | ۰/۰۰۷۸۵       | ۰/۰۰۷۸۵       |  |
|            |           | خاک‌های خیلی عمیق و عمیق با بافت متوسط تا سنگین  | مناسب           | ۰/۴۶۹        | ۰/۰۲۸۱۸       | ۰/۰۲۸۱۸       |  |
| بافت خاک   | سنگین     | خاک‌های عمیق با بافت متوسط تا سنگین              | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۱۵        | ۰/۰۱۸۹۲       | ۰/۰۱۸۹۲       |  |
|            |           | خاک‌های نیمه عمیق تا کم عمق                      | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۳۷        | ۰/۰۰۸۲۲       | ۰/۰۰۸۲۲       |  |
|            |           | سنگریزه دار                                      |                 |              | ۰/۱۵۵         |               |  |
|            |           | خاک‌های خیلی کم تا کم عمق، غالباً بدون پوشش      | نامناسب         | ۰/۰۷۹        | ۰/۰۰۴۷۳       | ۰/۰۰۴۷۳       |  |
|            |           | ۱۰۰۰ - ۳۰۰                                       | نامناسب         | ۰/۰۶۵        | ۰/۰۰۳۱۹       | ۰/۰۰۳۱۹       |  |
|            |           | ۲۰۰۰ - ۱۰۰۰                                      | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۶۸        | ۰/۰۰۸۲۶       | ۰/۰۰۸۲۶       |  |
|            |           | ۴۰۰۰ - ۲۰۰۰                                      | نسبتاً مناسب    | ۰/۳۵۵        | ۰/۰۱۷۴۷       | ۰/۰۱۷۴۷       |  |
|            |           | > ۴۰۰۰   | مناسب           | ۰/۴۱۲        | ۰/۰۲۰۲۷       | ۰/۰۲۰۲۷       |  |
|            |           | رس ، رس سیلتی                                    | مناسب           | ۰/۵۲۳        | ۰/۰۱۴۹۹       | ۰/۰۱۴۹۹       |  |
|            |           | رس لومی ، رس و سیلت                              | نسبتاً مناسب    | ۰/۲۴۰        | ۰/۰۰۶۸۸       | ۰/۰۰۶۸۸       |  |
| منابع قرضه | به        | سیلت، لوم  | نسبتاً نامناسب  | ۰/۱۵۲        | ۰/۰۰۴۳۵       | ۰/۰۰۴۳۵       |  |
|            |           | ماسه ، ماسه لومی                                 | نامناسب         | ۰/۰۸۵        | ۰/۰۰۲۴۳       | ۰/۰۰۲۴۳       |  |

زمین شناسی  
۰/۳۸۷

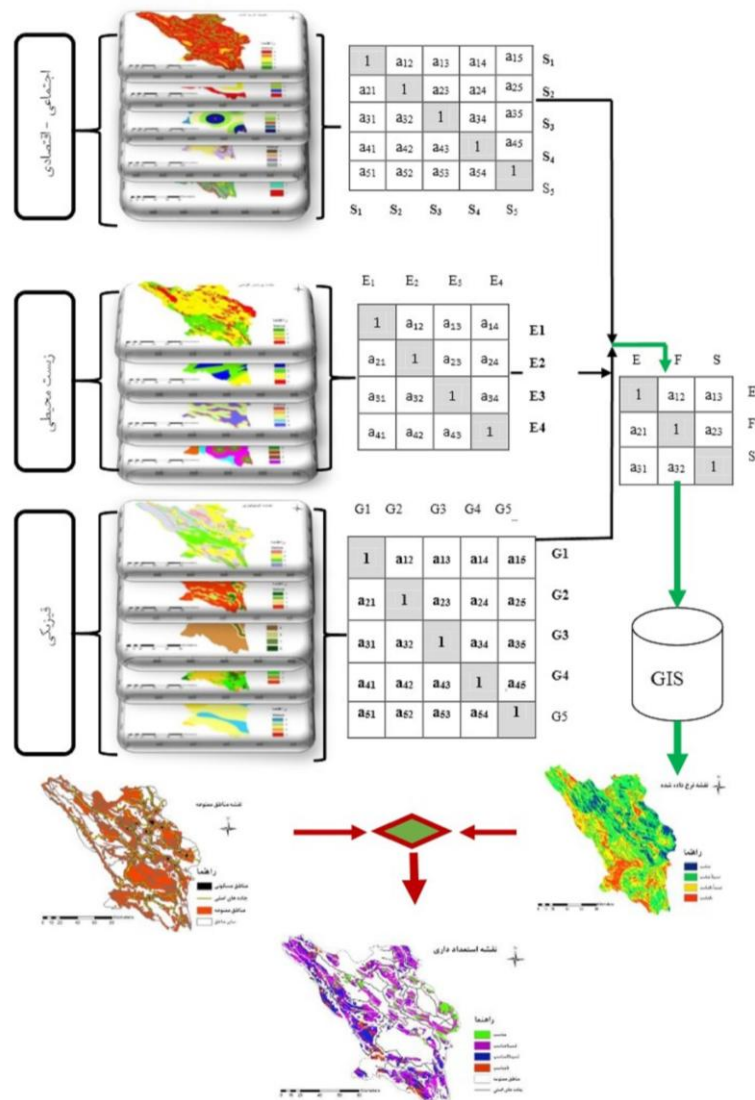
Raster Calculator نقشه معیارها با هم تلفیق شده و نقشه پهنه‌بندی برای محل دفن پسماند ویژه تهیه شد (شکل ۴). در نهایت با مد نظر قرار دادن مناطق ممنوعه و حذف آن‌ها از نقشه پهنه‌بندی، نقشه استعدادداری به دست آمد (شکل ۵). به‌طورکلی مراحل وزن‌دهی و تلفیق نقشه‌ها در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی استان برای دفن پسماندهای ویژه



شکل ۵. نقشه استعدادداری برای دفن پسماندها



شکل ۶. مراحل وزندهی به لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه استعدادداری

### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با توجه به معیارهای مختلف تأثیرگذار از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای اولویت‌بندی معیارها در تصمیم‌گیری استفاده شد و بر اساس نتایج حاصل از آن

نقشه استعدادداری منطقه برای دفن پسماند ویژه تهیه شد که در آن با توجه به امتیاز نهایی لایه‌ها، منطقه به چهار کلاس مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب طبقه‌بندی شد. پهنه‌های مناسب ۱۲/۶۴ درصد، نسبتاً مناسب ۴۷/۳۲ درصد، نسبتاً نامناسب ۳۰/۴۳ درصد و پهنه‌های نامناسب ۹/۵۸ درصد مساحت نقشه استعداد داری را شامل شدند.

### تشکر و قدردانی

از همکاری کارکنان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری به‌ویژه مهندس محمودی‌نژاد، مهندس غفاری و مهندس مردانی برای جمع‌آوری اطلاعات این تحقیق صمیمانه تشکر و قدر دانی می‌شود.

### منابع

1. Foroughian A., Eslami H., "Application of AHP and GIS for landfill site (A case study: city of Susa)" Journal of Scientific Research and Development 2 (5) (2015) 129-134.
2. Harada M. "Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution", Crit Rev Toxicol, 25(1) (2005) 1-24.
3. Radic S., Stipanicev D., Cvjetko P., Mikelic I., Rajcic M., Sirac S., et al. "Ecotoxicological assessment of industrial effluent using duckweed (Lemna minor) as a test organism", Ecotoxicology, 19 (1) (2010) 216-222.
4. Devi NL, Yadav IC, Shihua Q, Singh S., Belagali S., "Physicochemical Characteristics of paper industry effluents a case study of South India Paper Mill (SIPM)", Environ Monit Assess. 177 (1-4) (2011) 23-33
5. US Environmental Protection Agency, "Hazardous waste characteristics" A User-Friendly Reference Document" 74 (October 2009).
6. Rosenfeld P. E., Feg Lydia G. H., "Risks of Hazardous Wastes". William

Andrew is an imprint of Elsevier, First edition (2011) 3-21.

7. Chang NB, Parvathinathan G and Breeden JB. "Combining GIS with fuzzy multi Criteria decision making for landfill siting in a fast-growing urban region". *Journal of Environmental Management*. 87(1) (2008) 139-153
8. Iscan F., Yagci C. "Selection of solid waste landfill site using geographical information system (GIS)", *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 9 (8) (2015) 1021-1024.
9. Sener S., Sener E., Karaguzel R., "Solid Waste Disposal Site Selection with GIS and AHP Methodology: A Case Study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey", *Journal of Environ Monit Assess*. 173 (1-4) (2011) 533-54.
10. Vasiljevic Z T, Srdjevic V., Bajcetic R., Vojinovic M., "GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study from Serbia", *Environmental Management*. 49 (2) (2012) 445-458
۱۱. پناهنده م، ارسطو ب، فویدل آ، قنبری ف، "کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مکان‌یابی جای‌گاه دفن پسماند شهر سمنان"، فصلنامه سلامت و محیط، ۲(۴) (۱۳۸۸). ۲۷۶-۲۸۳.
۱۲. صمدی م، لشکری ا، فرجی سبکبار س، و ح، "استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، AHP و TOPSIS جهت مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری (مطالعه موردی شهر زنجان)"، دومین همایش ملی فضای جغرافیایی، رویکرد آمایشی، مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد واحد اسلامشهر (۱۳۸۸).
۱۳. برومندی م، خامه‌چیان، م، "مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک با استفاده از GIS و تحلیل‌های چندمتغیره در استان زنجان" چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران (۱۳۸۷).



۱۴. کرباسی، ع. "پروژه پسماندهای ویژه در استان چهارمحال و بختیاری"، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران (۱۳۸۵).
15. Yazdani M., Monavari S. M., Omrani G. A., Shariat M., Hosseini S. M., "Landfill site suitability assessment by means of geographic information system analysis", *Solid Earth International Scientific Journal*. 6 (2015) 945-956.
16. Hafezi Moghaddas N., Hajizadeh Namaghi H., "Hazardous waste landfill site selection in Khorasan Razavi Province, Northeastern Iran", *Arabian Journal of Geosciences*. 4(1-2) (2011) 103-113.
17. Ahmadi M., Teymouri P., Dinarvand F., Hoseinzadeh M., Babaei A.A., Jafarzadeh N., "Municipal Solid Waste Landfill Site Selection using Analytical Hierarchy Process Method and Geographic Information System in Abadan, Iran". *Iranian Journal of Health Sciences*. 2(1) (2014) 37-50.
۱۸. اسکندری ر، "مکان‌یابی و ارزیابی محل دفن پسماندهای خطرناک مرجع در ایران مرکزی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود (۱۳۹۰).
۱۹. نیکنامی م، حافظی مقدس ن، "مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری در شهر گلپایگان با استفاده از سیستم (GIS)"، فصل‌نامه زمین‌شناسی کاربردی. ۱(۶) (۱۳۸۹). ۵۷،-۶۶.
20. Banar M., Kose B M., Ozkan A., Acar I. P., "Choosing a municipal landfill site by analytical network process", *Environmental Geology*. 52 (2007) 747-751.
21. Saaty T. L., "The Analytic Hierarchy Process", *Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York. (1980) 437.
22. Saaty T. L., "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*. 32(7) (1986) 841-855.
23. Saaty T. L., "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process",

Interfaces, 24 (6) (1994) 19-43.

24. Cimren E., Catay B., Budak E., "Development of a Machine Tool Selection System Using AHP", International Journal of Advanced Manufacturing Technolxgy. 35(3) (2007) 363-376

۲۵. قدسی پور ح، "فرایند تحلیل سلسله مراتبی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ویرایش دوازدهم (۱۳۹۱).