مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هفت، مهرماه ۱۴۰۰(۳۳-۲۱)

مکان‌یابی محل دفن پسماند های خطرناک با کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS (مطالعه موردی: استان لرستان)

ولی چگنی [۱]

مریم کیانی صدر [۲*]

mkianysadr@gmail.com

مهرداد چراغی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۷ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۳**

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت پسماندهای خطرناک یکی از مهم‌ترین مسئله‌های عصر حاضر است. عدم توجه به برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آن می‌تواند موجب آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی، خاک و هوا در سطح گسترده شود. از طرفی، توجه بیشتر به معیارهای زیست محیطی در برنامه‌ریزی‌های کلان مملکتی ایجاد یک نگرش علمی جهت دفن زائدات خطرناک از طریق انتخاب محل‌های مناسب دفن این مواد را به دنبال داشته است که عدم توجه و رعایت اصول علمی و زیست‌محیطی باعث آلودگی‌آب، خاک، هوا شده و سلامت انسان و دیگر موجودات زنده را در معرض خطر قرار داده است. هدف از این مطالعه مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک با کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS می‌باشد.

روش بررسی: در این تحقیق با استفاده از روش دلفی جهت تعیین معیارها و ANP، TOPSIS و نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS[۴]) مکان مناسب جهت دفن پسماندهای ویژه در استان لرستان (که تاکنون هیچ محلی جهت دفن پسماندهای ویژه برای آن در نظر گرفته نشده) مشخص شده است.

یافته‌ها: در نهایت پنج منطقه در استان لرستان از شهرستان‌های ازنا، الیگودرز، کوهدشت و پلدختر به عنوان بهترین مکان جهت دفن پسماندهای ویژه در استان لرستان معرفی شدند و سپس با روش Topsis این پنج منطقه اولویت‌بندی شدند.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که دو مدل Topsis و ANP در کنار GIS کارایی بسیاری در مکان‌یابی دفن پسماندها را دارا می‌باشد که با تحقیقات انجام گرفته در سایر مناطق مطابقت دارد.

واژه های کلیدی: مکان‌یابی، ANP،TOPSIS، Arc GIS.

۱- گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۲- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

4- Geographic Information System

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 7, October, 2021

Hazardous Waste Landfill Site Selection by MCDM and GIS
(Case Study: Lorestan Provience)

Vali Chegini [1]
Maryam Kiani Sadr [2*]
mkianysadr@gmail.com
Mehrdad Cheraghi [3]

Admission Date:August 24, 2016 Date Received: October 19, 2015

Abstract

Background and Objective: Hazardous waste management is one of the most important issues of today. Failure to pay attention to proper planning and management can cause surface, groundwater, soil and air pollution on a large scale. On the other hand, more attention to environmental criteria in national macro-planning has led to the creation of a scientific attitude to bury hazardous waste by selecting suitable landfills for these materials, which lack of attention and observance of scientific and biological principles have polluted water, soil, air and endangered the health of humans and other living organisms. The purpose of this study is to locate hazardous waste landfills using multi-criteria decision making and GIS methods.

Material and Methodology: In this research, using the Delphi method to determine the criteria and ANP, TOPSIS and GIS software, a suitable place for landfilling in Lorestan province (for which no landfill has been considered so far) has been specified.

Findings: The area of the city of Azna, Aligudarz, Kuhdasht and Poldokhtar as the best place for special waste landfill in the province were introduced.

Discussion and Conclusion: The results show that two TOPSIS and AHP in the GIS in locating many landfills is capable to perform that corresponded with research in other areas.

Keywords: Site Selection, ANP.TOPSIS.Arc GIS.

1- Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. *(Corresponding Author)
3- Associate Professor, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

مقدمه

رشد و گسترش شهر و شهرنشینی همواره با توسعه فعالیت‌های صنعتی همراه بوده است. این همراهی و همزیستی از یک‌سو امکان اشتغال و توانمندی‌های اقتصادی را برای شهروندان به ارمغان آورده و از سوی دیگر آن‌ها در معرض آلودگی آب، هوا، خاک، سروصدا و آلودگی‌های بصری و شیمیایی قرار داده است. در سالیان اخیر، توجه بیشتر به معیارهای زیست محیطی در برنامه‌ریزی‌های کلان مملکتی ایجاد یک نگرش علمی جهت دفع زیست محیطی زائدات خطرناک از طریق انتخاب محل‌های مناسب دفن این مواد را به دنبال داشته است. پسماند خطرناک که زاییده دست بشر و حاصل فعالیت در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی، خدمات و تجارت می‌باشد در طول سالیان متمادی بدون توجه به اصول مهندسی و زیست‌محیطی در زمین یا آب‌های پذیرنده تخلیه شده و یا با حداکثر بی‌توجهی هر چه تمام‌تر در هر نقطه‌ای دفن شده‌اند که در اثر این عدم توجه و رعایت اصول علمی و زیست‌محیطی باعث آلودگی‌آب، خاک، هوا شده و سلامت انسان و دیگر موجودات زنده را در معرض خطر قرار داده است (۱). بنابراین انتخاب محل دفن یک وظیفه کاملاً مهم با در نظر گرفتن تمامی قوانین و استانداردهای زیست محیطی متناسب هر جامعه است. برای این منظور، باید عوامل محیطی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و ...را به‌طور جامع در نظر گرفت (۲). پسماندهای خطرناک آن دسته از پسماندهایی را شامل می‌شود که نگهداری، اصلاح و یا دفع شان خطرناک می‌باشد و دارای خصوصیت تحریک‌پذیری، سرطان‌زایی، واکنش پذیری و خورندگی و ... هستند (۳). هدف نهایی از مطالعات مکان‌یابی، تعیین مکانی است که کم‌ترین اثرات سوء را برای محیط زیست و منابع طبیعی اطراف داشته باشد و از نظر اقتصادی نیز کم‌ترین هزینه، و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگی را داشته باشد (۴).

در تحقیقی به مکان‌یابی بهینه دفن مواد زائد جامد شهر خرم آباد بر اساس معیارهای ژئومورفولوژی در محیط GIS پرداخته شده است. نتایج پژوهش حاکی از این است که روش بولین با انتخاب یک مکان در شرق شهر خرم آباد، از انعطاف‌پذیری مناسبی برخوردار نمی‌باشد، حال آنکه مدل سلسله مراتبی با انتخاب ۳ مکان در شرق و جنوب قدرت تصمیم‌گیری بیشتری در انتخاب محل دفن دارا می باشد و در نهایت با هم‌پوشانی این دو مدل در محیط Arc GIS مکان‌یابی نهایی دفن زباله انتخاب گردید(۵).

در پژوهشی تحت عنوان مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرآیند شبکه‌ای در شهرستان قوچان محققان با استفاده از مدل ANP برای انتخاب محل مناسب با استفاده از معیارهای اجتماعی، اقتصادی، محیطی و فنی بهره‌مند شدند و با این فرآیند موفق به تشخیص واحدهای مناسب برای دفن زباله طی چند مرحله شده‌اند (۶).

در تحقیقی تحت عنوان مدیریت زباله‌های خطرناک در کشور هندوستان بهترین روش دفع مواد زائد خطرناک دفن اصولی و مهندسی این مواد معرفی شده است که ابتدا به‌وسیله روش دلفی معیارها و زیر معیارها شناسایی و سپس وزن‌دهی شدند و در مرحله‌ی بعد به‌وسیله روش حساسیت شاخصه‌های سایت رتبه‌بندی صورت گرفت و بهترین مکان برای دفن پسماندها ارائه شد (۷).

در تحقیقی تحت عنوان مکان‌یابی مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS منطقه مورد مطالعه شهر تبریز از تصاویر ماهواره‌ای اسپات استفاده و لایه‌های مختلف استخراج شدند، سپس با مقایسه دو روش الگوریتم و روش ترکیب‌وزنی خطی نتیجه گرفته شد که روش الگوریتم به علت استفاده از پارامترهای بیشتر قدرت تفکیک بالاتری دارد (۸).

در تحقیقی تحت عنوان مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های Fuzzy-AHP و Fuzzy-TOPSIS در محیط GIS، با استفاده از روش FAHP معیارهای اولویت‌بندی عوامل محیطی، اجتماعی، دسترسی، هیدرولوژی، زمین ساختی و زیست‌محیطی وزن‌دهی شدند و سپس از روش FTOPSIS برای اولویت‌بندی استفاده شد که در نهایت ۳۶ گزینه مناسب تعیین و دو گزینه با انجام اولویت‌بندی انتخاب شدند (۹).

در پژوهشی برای انتخاب مکان دفن پسماندهای خطرناک در استان کردستان در ابتدا با استفاده از GIS و انجام فرآیند

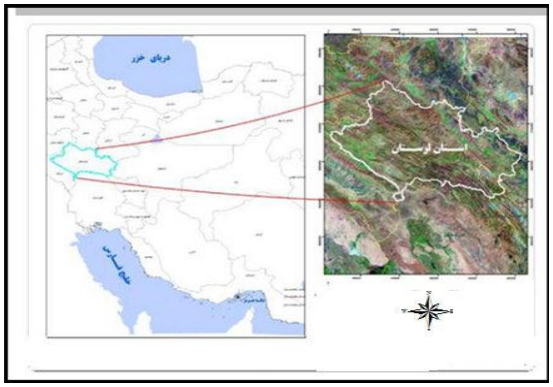
پردازش ابتدایی، زمین‌های نامناسب را حذف و در ادامه از آنالیز چندمعیاره تصمیم برای تعیین بهترین و مناسب‌ترین جایگاه استفاده کردند (۱۰).

در تحقیقی تحت عنوان مکان‌یابی دفن زباله که با استفاده از روشAHP و TOPSIS در شهر باندونگ اندونزی انجام گرفته است، پس از تعیین معیارها و شاخص‌ها با استفاده از قوانین و استانداردهای لازم با استفاده از روش AHP وزن‌دهی معیارها صورت گرفت و بعد از استفاده از روش TOPSIS بهترین مکان برای دفن پسماندها در نظر گرفته شد (۱۱).

مطالعه کنونی با هدف مکان‌یابی زیست محیطی محل دفن پسماندهای استان لرستان با کاربرد مدل‌های ANP و TOPSIS انجام گرفته است و با در نظر گرفتن معیارهایی از قبیل گسل، تراکم پوشش گیاهی، شیب منطقه، خطوط انتقال نفت، بارش، محل احداث سدهای ذخیره و ... به دنبال مناسب‌ترین مکان جهت دفن پسماندها با کم‌ترین آسیب و زیان بر محیط‌زیست و سلامتی ساکنان و مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی هستیم.

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۱۵۷/۸۵ کیلومترمربع حدود ۱/۷ از مساحت کشور، در ناحیه جنوب غربی ایران بین ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقه طول شرقی و۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه و ۳۴ درجه و۲۳ دقیقه عرض شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است (شکل۱). میانگین ارتفاع آن بیش از۲۲۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد و پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و بلندترین قله آن اشترانکوه با ارتفاع حدود ۴۰۸۰ متر از سطح دریا در میان رشته کوه زاگرس قرار دارد، این استان با حدود ۱/۷۲ درصد از مساحت کل کشور در رتبه ۱۶ استان به لحاظ وسعت قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Map of study area

روش کار

روش تحقیق حاضر شامل ۴ مرحله می‌باشد که عبارتند از:

گام اول: با استفاده از روش Delphi (پرسش‌نامه‌ای) معیارها تعریف و از بین آن‌ها مهم‌ترین معیارها برای دفن پسماندهای ویژه در نظر گرفته می‌شوند. این روش برای نمونه‌گیری گروهی از متخصصان و به‌منظور رسیدن به اجماع بر سر موضوعی خاص، که نظرات خود را بدون نام ابراز می کنند.

مراحل عملی تحقیق Delphi شامل ارائه پرسش‌نامه نخست به شرکت‌کنندگان برای بررسی ابتدایی موضوع، ارائه پرسش‌نامه دوم به شرکت‌کنندگان که از پاسخ‌های پرسش‌نامه اول، ارزشیابی مجدد پاسخ‌ها و بررسی اختلاف نظرها و در مرحله نهایی محققان به تحلیل داده‌ها پرداخته و نتایج را به گروه داوران بازخورد می‌دهند و گروه داوران با توجه به وزن-دهی شرکت‌کنندگان به معیارها بهترین معیارها را انتخاب می-کنند (۱۲).

گام دوم: معیارهای به‌دست آمده از گام اول به‌وسیله روش ANP و نرم‌افزار مخصوص آن Super Decision وزن‌دهی و اهمیت آن‌ها مشخص می‌شود. فرایند تحلیل شبکه (ANP) از سلسله مراتب، خوشه‌ها، عناصر، روابط تشکیل و شامل مراحل پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی، تشکیل سوپر ماتریس وزنی، محاسبه بردار وزنی عمومی، محاسبه وزن نهایی معیارها است.

گام سوم: در این مرحله به وسیله نرم‌افزار Arc GIS نقشه معیارها، تعیین می‌شود و بعد این نقشه‌ها کلاسه‌بندی و روی هم‌گذاری می‌شوند که در این تحقیق روی هم‌گذاری ریاضی

می‌باشد و در پایان این مرحله مناطق مناسب مشخص و بقیه مناطق حذف می‌شوند (۱).

گام چهارم: در این مرحله با استفاده از روش TOPSIS از بین چند مکان مناسب به‌دست آمده از مراحل بالا عملیات اولویت-بندی با استفاده از وزن‌نهایی معیارها صورت می‌گیرد و بهترین مکان برای دفن پسماندهای ویژه انتخاب می‌شود که این روش شامل مراحل انتخاب ارزش‌های زبانی برای هر یک از گزینه‌ها با در نظر گرفتن معیارها، ساختار ماتریس وزن دهی نرمال شده، به‌دست آوردن ایده‌آل مثبت و منفی، محاسبه فاصله هر یک از گزینه‌ها نسبت به ایده‌آل منفی و مثبت، اولویت‌بندی گزینه‌ها به صورت نزولی (بزرگ به کوچک) انتخاب بهترین گزینه است (۸).

شناسایی معیارهای مرتبط در مکان‌یابی مناطق دفن پسماند ویژه در استان لرستان

معیارهای مرتبط در مکان‌یابی مناطق دفن پسماند ویژه با توجه به معیارها و استانداردهای جهانی و استفاده از روش دلفی مورد شناسایی قرار گرفت. با هدف غربال‌سازی معیارهای مناسب در مکان‌یابی مناطق دفن پسماند ویژه و انتخاب مناسب‌ترین معیارها با شرایط استان لرستان، معیارها در چهار گروه اصلی شامل سیمای فیزیکی سرزمین، اقلیم، منابع آب و ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی طبقه‌بندی شدند و در قالب پرسش‌نامه نظرسنجی کارشناسان (پرسشنامه دلفی) دراختیار افراد متخصص قرار گرفت تا مناسب‌ترین و مرتبط‌ترین معیارها در مکان‌یابی مناطق دفن پسماند ویژه در استان لرستان غربال شود. جدول ۱ نشان دهنده معیارها و زیر معیارهای منطقه مورد مطالعه است.

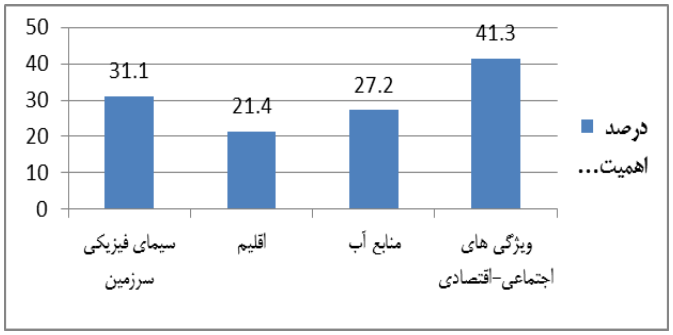
غربال‌سازی معیارهای مناسب با هدف شناسایی مناطق مناسب کاربری دفن پسماند ویژه

نتایج روش دلفی مشخص نمود که معیارهای اصلی مورد بررسی در مکان‌یابی مناطق مناسب کاربری دفن پسماند ویژه شامل سیمای فیزیکی محیط، اقلیم، منابع آب و ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی می‌باشد. اشکال ۲ و ۳ نشان دهنده درصد اهمیت معیارهای اصلی و زیر معیارها در منطقه مورد مطالعه است.

جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده در مکان یابی مناطق دفن پسماند ویژه

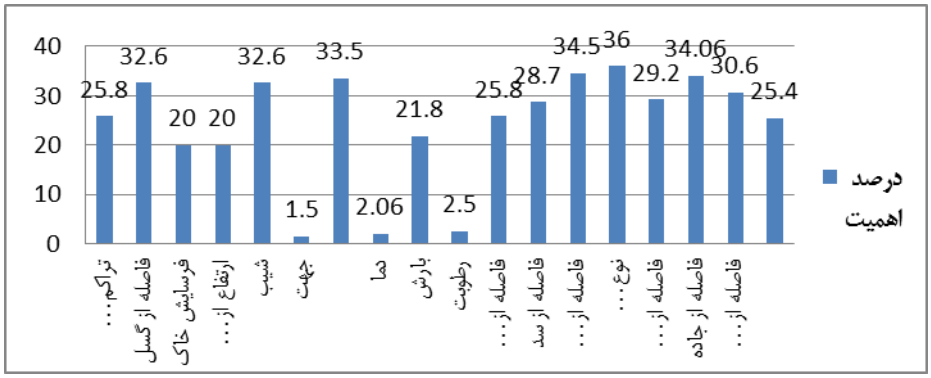
Table 1. The criteria and sub criteria of hazardous waste landfill site selection

معیار	زیرمعیار
سیمای فیزیکی سرزمین	تراکم پوشش گیاهی، فرسایش خاک، ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین، جهت جغرافیایی، فاصله از زیستگاه های حساس، فاصله گسل
اقلیم	دما،بارش، رطوبت نسبی
منابع آب	فاصله از منابع آب سطحی (رودخانه ها)، فاصله از چاه های آب، فاصله از سدها
ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی	نوع کاربری اراضی، فاصله از جاده اصلی و فرعی، فاصله از شهر و روستا، فاصله از فرودگاه، فاصله از خطوط لوله نفت و گاز



شکل ۲- درصد اهمیت معیارهای اصلی شناسایی مناطق مناسب کاربری دفن پسماند ویژه در استان لرستان

Figure 2. Percent of main criteria importance of hazardous waste landfill site selection



شکل ۳- درصد اهمیت زیرمعیارهای شناسایی مناطق مناسب کاربری دفن پسماند ویژه در استان لرستان

Figure 3.Percent of sub criteria importance of hazardous waste landfill site selection

به این ترتیب ۴ معیار اصلی و ۱۴ زیرمعیار فرعی برای شناسایی مناطق مناسب کاربری دفن پسماند ویژه در استان لرستان انتخاب شد که برای تعیین ضرایب اهمیت در فرایند تحلیل شبکه (ANP) وارد شدند.

محاسبه سوپر ماتریس اولیه یا غیروزنی، سوپر ماتریس وزنی و سوپر ماتریس حد

پس از تعیین معیارهای مناسب مکان‌یابی مناطق دفن پسماند ویژه، اکنون نوبت به تعیین ضرایب اهمیت هر یک از مولفه‌ها از طریق فرایند تحلیل شبکه (ANP) در نرم افزار Super Decision بود. برای محاسبه ماتریس فوق لازم بود تا به تکمیل ماتریس‌های مقایسه دودویی و محاسبه ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها با فرایند ANP پرداخته شود. بعد از اینکه مقایسه‌های زوجی انجام شد، نتایج حاصل وارد نرم افزار Super Decision شد. سوپر ماتریسی که از تلفیق ماتریس‌های مختلف به‌دست آمد، سوپرماتریس اولیه بود که در جدول ۲ قابل مشاهده است. با توجه به این‌که جمع عناصر هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک بود، در مرحله بعد سوپرماتریس، نرمال شد. سوپرماتریس حاصل، سوپرماتریس وزنی می‌باشد. برای آنکه مقادیر سوپرماتریس وزنی همگرا شوند، سوپرماتریس وزنی آنقدر به توان رسید تا عناصر آن همگرا شدند، سوپرماتریس حاصل، سوپرماتریس حد نامیده شد.

جدول ۲- سوپرماتریس اولیه

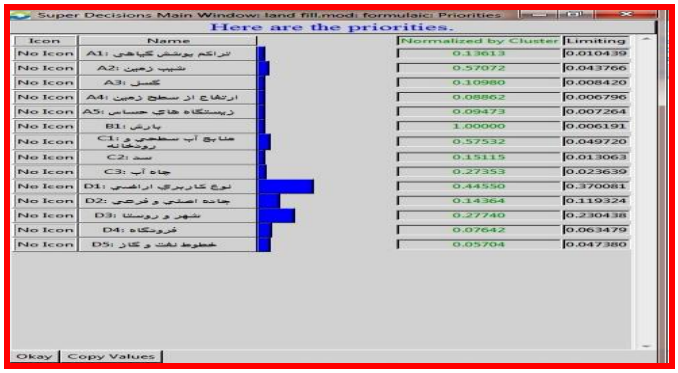
Table 3. Primary super matrix

معیارها		سیمای فیزیکی:A					اقلیم B	منابع آب:C			ویژگی های اقتصادی و اجتماعی:D				
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D4	D5
سیمای فیزیکی:A	A1 تراکم پوشش گیاهی	۰/۲۴۴	۰/۲۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۴۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	A2 شیب زمین	۰/۴۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	A3 گسل	۰/۱۵۱	۰/۲۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	A4 ارتفاع	۰/۰۷۶	۰/۲۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	A5 زیستگاه حساس	۰/۰۹۷	۰/۲۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
اقلیم:B	B1 بارش	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
منابع آب:C	C1 منابع آب سطحی (رودخانه)	۰/۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۳۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	C2 چاه ها	۰/۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۱۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	C3 سد	۰/۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۵۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
اقتصادی و	D1 نوع کاربری اراضی	۰/۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۵۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

	D2 جاده اصلی و فرعی	۰/۰۰۰	۰/۳۳۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	D3 شهر و روستا	۰/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۷۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	D4 فرودگاه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	D5 خطوط لوله نفت و گاز	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

* یافته های نویسندگان

سپس وزن نهایی معیارها محاسبه گردید. در این مرحله با توجه به جدول وزن معیارهای اصلی و سوپرماتریس حد، وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها توسط نرم‌افزار Super Decision محاسبه شد. وزن نهایی معیارها و زیرمعیارهای مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار Super Decision در شکل ۴ ارائه شده است.



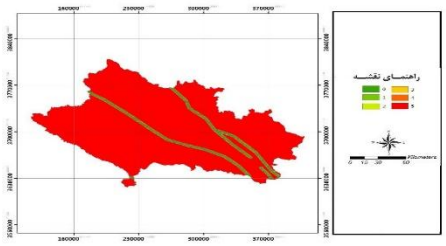
شکل۴- وزن نهایی معیارها و زیرمعیارهای مورد بررسی با استفاده از نرم افزار Super Decision

Figure 4. The final weight of criteria and sub criteria by super decision

نتایج ادغام نهایی لایه‌های اطلاعاتی آماده شده در GIS

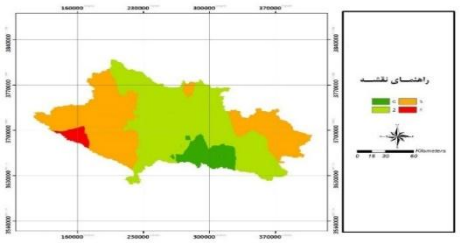
آماده‌سازی لایه‌ها

پس از تعیین ضرایب اهمیت و وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها در مرحله قبل، شاخص‌های مناسب نقشه سازی معیارها با توجه به منابع موجود و استفاده از روش دلفی تعیین شد و نقشه‌سازی معیارها و زیرمعیارها با توجه به آن‌ها صورت گرفت. پس از تدوین شاخص‌های مناسب با هریک از معیار، لایه‌های مورد نیاز در محیط Arc GIS 9.3 تهیه شدند. نتایج حاصل از اعمال شاخص‌ها بر روی نقشه‌های اولیه و ایجاد نقشه‌های طبقه‌بندی و نقشه‌های وزن‌دهی شده حاصل از اعمال وزن‌های بدست آمده از روش ANP را نشان می‌دهند. اشکال(۵ تا ۱۲) برخی از نقشه‌های معیارها را نمایش می‌دهد.



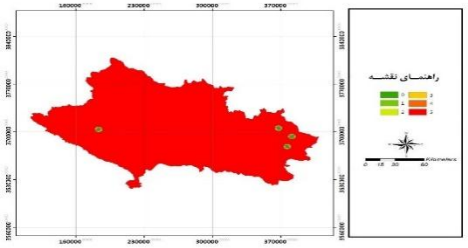
شکل ۵- نقشه طبقه بندی بارش متوسط سالانه

Figure 5. The annual average perecipitation map



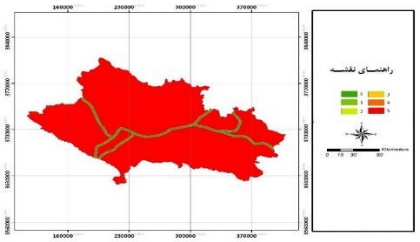
شکل۶- نقشه طبقه بندی شده گسل

Figure 6. The fault map



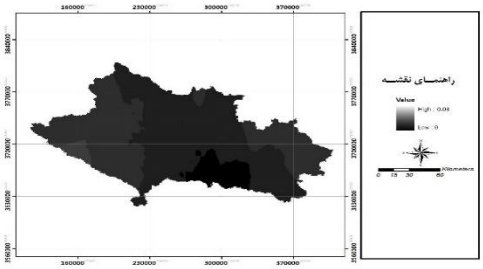
شکل۷- نقشه طبقه بندی شده سدهای ذخیره آب

Figure 7. Water storage dams map



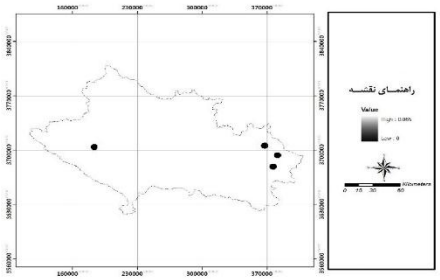
شکل ۸- نقشه طبقه بندی شده خطوط انتقال نفت

Figure 8. Oil transmission pipeline map



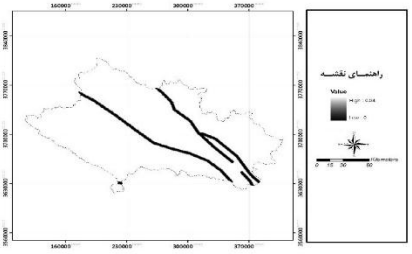
شکل۹- نقشه وزن‌دهی شده بارش متوسط سالانه

Figure 9. Weighted map of annual average perecipitation



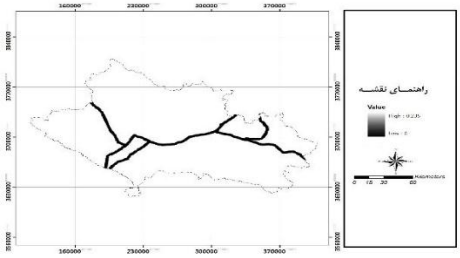
شکل۱۰- نقشه وزن‌دهی شده سدهای ذخیره آب

Figure 10. Weighted water storge dams map of



شکل ۱۱- نقشه وزن دهی شده گسل‌ها

Figure 11. Weighted map of fault



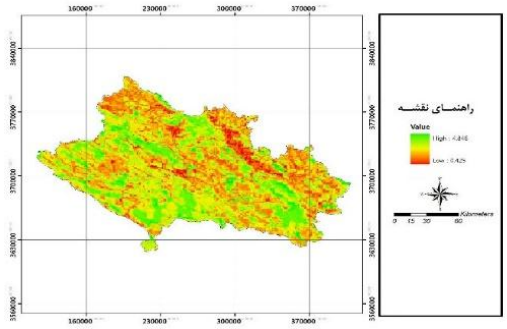
شکل ۱۲- نقشه وزن‌دهی شده خطوط انتقال نفت

Figure 12. Weighted map of oil transmission pipeline

گزینش نهایی

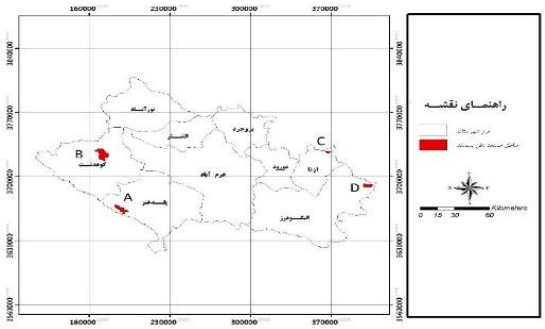
جهت ادغام لایه‌ها از نرم افزار Arc map و نقشه خروجی حاصل از ادغام لایه‌ها در اشکال ۱۳ و ۱۴ ارائه شده است. پس از ادغام لایه‌ها نقاط تعیین‌شده با ارزش ۵ بر روی نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ و گوگل ارث جانمایی گردید و در صورت داشتن شرایط اولیه به بازدید صحرایی با استفاده از GPS اقدام و بازدید میدانی از مناطق صورت پذیرفت، تا از نظر شرایط زمین‌شناسی، کاربری اراضی و سایر عوارض طبیعی و مصنوعی مورد بررسی دقیق قرار گیرد. در این مرحله تعدادی از گزینه‌ها که حائز شرایط لازم برای انتخاب مرکز دفن بودند برای بررسی نهایی و انتخاب گزینه برتر با استفاده از روش تصمیم‌گیری

چندمعیاره TOPSIS مشخص شدند. در مطالعات صحرائی صورت گرفته در نهایت ۴ سایت با مساحت بیش از ۲۰۰ هکتار به عنوان مکان بهینه جهت دفن پسماندهای ویژه انتخاب گردیدند (شکل ۱۴).



شکل ۱۳- نقشه وزن دهی نهایی حاصل ادغام لایه‌ها جهت دفن پسماند ویژه

Figure 13. Weighted overlay map for hazardous waste site selection



شکل ۱۴- نقشه مناطق خروجی انتخابی حاصل از ادغام لایه‌ها جهت دفن پسماند

Figure 14. Selected final places by weighted overlay for hazardous waste site selection

اولویت بندی گزینه‌های دفن پیشنهادی با استفاده از روش TOPSIS

روش TOPSIS یک روش تصمیم‌سازی بسیار تکنیکی و قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده‌آل می‌باشد. در این روش، گزینه انتخاب شده بایستی کوتاه‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل و دورترین فاصله را از ناکارآمدترین جواب داشته باشد. در روش TOPSIS، ماتریس m*n تصمیم‌گیری که دارای m گزینه و n معیار سنجش می‌باشد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مدل جهت محاسبات ریاضی بایستی تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمی بوده و در صورت کیفی بودن نسبت داده شده به معیارها، بایستی آنها را به مقادیر کمی تبدیل نمود. مراحل روش TOPSIS در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- ماتریس R

Table 5. Matrix R

گزینه‌ها	A	B	C	D
تراکم پوشش گیاهی	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۲۶۳	۰/۴۱
شیب زمین	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۳۳۹	۰/۳۷
فاصله از گسل	۰/۵	۰/۵	۰/۴۸	۰/۵
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۷۰۲	۰/۷۰۲
فاصله از زیستگاه های حساس	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۰۲	۰/۷۰۲
بارش	۰/۵۱۳	۰/۴۵۶	۰/۵۱۳	۰/۵۱۳
فاصله از منبع آب سطحی (رودخانه)	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۲۴۳	۰/۲۹
فاصله از سد	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۶۱	۰/۵۷
فاصله از چاه های آب	۰/۶	۰/۵۳	۰/۵	۰/۵

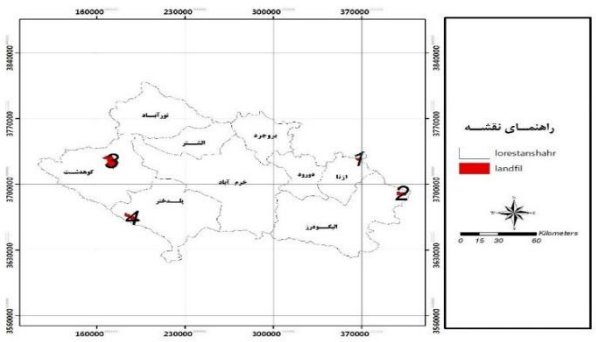
نوع کاربری اراضی	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۳۷	۰/۵۴
فاصله از جاده ها	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۱	۰/۴۹
فاصله از شهر و روستا	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۵۱
فاصله از فرودگاه	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
فاصله از خطوط لوله نفت و گاز	۰/۴۶۲	۰/۷۷۱	۰/۴۱	۰/۴۴

جدول ۳ وزن معیارها را در روش تاپسیس نشان می‌دهد. معیارها با استفاده از نظر کارشناسی و بر مبنای میزان اهمیت هر پارامتر در انتخاب محل دفن وزن‌دهی شده و وزن‌ها با روش نرمالیزه درصدی نرمالیزه شده است.

جدول ۴- فاصله‌ها با معیارها

Table 6. The distance to criteria

شماره گزینه‌ها	راه حل ایده‌آل	عکس راه‌حل ایده‌آل	اولویت دفن پسماند
A	۰/۰۶۸	۰/۰۲۷	۴
B	۰/۰۵۹	۰/۰۴۱	۳
C	۰/۰۳۷	۰/۰۶۸	۱
D	۰/۰۴۳	۰/۰۵۸	۲



شکل ۱۵-نقشه اولویت‌بندی گزینه‌های دفن با استفاده از روش تاپسیس

Figure 16. Prioritize of hazardouse waste landfill sites by topsis

همانطور که از داده‌های جدول ۴ مشخص است در اولویت‌بندی گزینه‌های دفن با استفاده از روش TOPSIS، ترتیب اولویت گزینه‌ها به ترتیب گزینه C و D و B و A است. نتایج نهایی اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش TOPSIS، برتری گزینه C را در بین گزینه‌های دفن پیشنهادی نشان داد. پس از آن گزینه D بالاترین اولویت را کسب نمود و به ترتیب منطقه C مناسب‌ترین و منطقه A نامناسب‌ترین گزینه هستند. اولویت‌بندی گزینه‌های دفن با استفاده از روش TOPSIS را نشان می‌دهد (شکل ۱۵).

نتایج و پیشنهادها

تعیین مؤثرترین معیار در پهنه‌بندی امکان احداث محل دفن تابعی از ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه است. در محدوده مورد مطالعه طبق بررسی‌های انجام شده و همچنین بر طبق نظر کارشناسان در روش ANP نقش عامل کاربری اراضی در درجه

اول و عوامل فاصله از شهر و روستا و فاصله از جاده در درجه دوم و سوم از اهمیت بیشتری برخوردار هستند، همچنین طبق نظر کارشناسان در روش TOPSIS نیز دو معیار فاصله از شهر و روستا و پس از آن معیار نوع کاربری اراضی بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند و از مهمترین عوامل محدود کننده انتخاب محل دفن هستند که با نتایج تحقیقات خراسانی و همکاران در مورد مکان‌یابی لندفیل شهر ساری، معیار آب سطحی و زیرزمینی و معیار فرسایش (دارای بیشترین وزن در بین معیارهای مورد استفاده) (۱۳)، تحقیق صمدی و همکاران در مورد مکان‌یابی لندفیل در دهستان سردرود علیای شهرستان رزن، پارامتر فاصله تا آثار باستانی و بالا بودن سطح آب زیرزمینی (۱۴) و هم چنین تحقیق نیرآبادی و همکاران در شهر تبریز معیار فرسایش (دارای بیشترین وزن در بین معیارهای مورد استفاده) (۱۵)، تحقیق فتایی و همکاران در مورد مکان‌یابی لندفیل در شهر گیوی معیار فاصله تا مراکز تاریخی و باستانی و سپس فاصله از مناطق مسکونی (۱۶)، تحقیق پناهنده و همکاران در مورد مکان‌یابی در سمنان معیار فاصله از گسل و سپس فاصله از اماکن مسکونی و جمعیتی(۱۷) را به عنوان مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار و عامل محدودکننده در تعیین محل دفن زباله تعیین نمودند؛ همسویی و نزدیکی بسیاری دارد. با توجه به یافته‌های این مطالعه و بازدیدهای میدانی مشخص شد که در بیشتر محدوده مورد نظر قابلیت انتخاب به‌عنوان محل دفن بهداشتی پسماندها را تا حدودی می‌توان داشت. مسلم است در فرآیند انتخاب محل دفن، هر چه از معیارهای بیشتر و منابع اطلاعاتی با دقت بیشتر استفاده شود، نتیجه بهتر و دقیق‌تری را می‌توان انتظار داشت. این روش (استفاده از GIS و فرآیند تحلیل شبکه به همراه TOPSIS) دارای مزایای بسیاری برای مکان‌یابی و نیز پهنه‌بندی جهت استقرار تأسیسات انسانی، انواع فعالیت‌ها و ارزیابی‌های زیست‌محیطی است و به‌خوبی می‌توان با استفاده از آن مناطق مناسب برای استقرار انواع فعالیت‌ها در زمینه‌های کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست، سنجش قابلیت اراضی، خاک‌شناسی، آمایش سرزمین و ... شناسایی و اولویت‌بندی نمود. زیرا به‌کارگیری این روش به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد همه فاکتورها و معیارهای محسوس و نامحسوس را که اثر معنی‌دار بر بهترین تصمیم دارند، در نظر بگیرد.

نتایج حاصل در زمینه استفاده از TOPSIS با نتایج تحقیقاتی که در این زمینه با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه انجام شده است از جمله: (۱۸) با استفاده از ANP به تعیین مکان تسهیلات نامطلوب در استانبول ترکیه پرداختند. آنها روش ANP را به‌دلیل در نظر گرفتن همه معیارهای محسوس و نامحسوس و همه انواع وابستگی‌های سیستماتیک (برخلاف سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که اساس آن‌ها بر مبنای فرضیه عدم وابستگی است) در زمینه اولویت‌بندی جایگزین‌ها (آلترناتیوها یا گزینه‌های پیشنهادی) و هم چنین به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره جدید منسوب به واکنش‌های ترکیبی و ارتباطات مستقل بین ویژگی‌های تصمیم و آلترناتیوها معرفی نمودند و با نتایج (۱۲) مبنی بر استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه برای اولویت‌بندی گزینه‌های دفن مواد زائد جامد شهری مطابقت دارد، آن‌ها در مطالعه خود روش ANP را روش انعطاف‌پذیری در مسائل تصمیم‌سازی معرفی نمودند و عقیده دارند که این روش به‌عنوان خط‌مشی در سایر مسائل و مشکلات مدیریت زائدات جامد و سایر مسائل زیست‌محیطی می‌تواند به‌کار گرفته شود. همچنین با توجه به نتایج حاصله از تحقیقات (۱۹) که به استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه برای انتخاب محل دفن مواد زائد در شهر والنسیا اسپانیا پرداختند و به این مطلب که ANP ابزاری مفید در کمک به تکنسین‌ها در ایجاد فرآیند تصمیم‌سازی معتبر است اذعان نمودند، مطابقت را مشاهده می نماییم.

References

1. Abbasi, A., et al., 2008. Locating a suitable landfill for hazardous waste using GIS technique, prioritization and using hierarchical analysis (AHP) (Case study of Shahid Rajaei power plant). *Environmental science and technology*, 1(1): 223-245. (In Persian)

2. Ebrahimi, M., et al., 2011. Investigation of status and types of special wastes in Qom province. *Environmental science and technology*, 8: 21-29. (In Persian)
3. Sener, B., 2004. *Landfill site selection by using geographic information system*. School of natural and applied science of Middle East technical, Master Thesis, Amherst: University of Massachusetts.
4. Tuzkaya, G., Onut, S., Tuzkaya, U.R., Gulsun, B., 2008. An Analytic Network Process Approach for Locating Undesirable Facilities: An Example from Istanbul, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 88: 970-983.
5. Dinarvandi, M., Tasa, H., 2011. Application of GIS in locating special waste landfills. *Fifth National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering*. 5: 1-11. (In Persian)
6. Faraji Sabokbar, H., et al., 2008. Location of Rural Waste Sanitary Landfill Using Network Analysis Process (ANP) Model: A Case Study of Rural Areas of Quchan County. *Quarterly Journal of Humanities Teacher*. 14(1): 128-149. (In Persian)
7. Babu, B.V., Ramakrishna, V., 2000. Mathematical modeling of Site sensitivity indices in the site selection criteria for hazardous waste treatment, storage and disposal facility. *Journal of the Institution of Public Health Engineers India*, 2000 (1): 54-70.
8. Mtakan, A., 2008. Location of suitable areas for waste disposal using GIS (study area: Tabriz). *Environmental sciences*. 8(2):121-132. (In Persian).
9. Heydarian, P., 2013. Location of municipal waste landfill using FuzzyAHP and Fuzzy TOPSIS models in GIS environment: A case study of Pakdasht city of Tehran province. *Journal of Health and Development*. 3(1): 1-13. (In Persian)
10. Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri. K., Shahoiem, S., Khodamoradpour, M., 2009. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, western Iran. *Journal of waste management*, 29: 2740-2758.
11. Martowibowo, S.Y., Riyanto, H., 2011. Suitable multi criteria decision analysis tool for selecting municipal solid waste treatment in the city of bandung. *Journal of KONES*, 18: 273-280.
12. Agarwal, D., Kumar, G., 2011. Hazardous Management & analysis of Indian Scenario and Perspective Governance. *VCRD technical& non-technical soranal*, 2(9): 484-495.
13. Khorasani, N., et al., 2004. Environmental studies to select a suitable place for landfilling in Sari. *Iranian Journal of Natural Resources*. (57): 275-284. (In Persian)
14. Samadi, M., et al., 2007. Location of landfill using GIS software (Case study of Sardrood Olya village of Razan city). *^{10}th National Conference on Environmental Health.* Hamadan University of Medical Sciences. (In Persian)
15. Nayer Abadi, H., Haji Mir Rahimi, S., 2007. Urban waste management using GIS. *The first urban GIS conference*. Amol University. (In Persian)

16. Fataei, A., Al-Sheykh, A., 2010. Location of municipal solid waste landfill using GIS and hierarchical analysis process (Case study: Givi city). *10th National Conference on Environmental Health. Hamadan University of Medical Sciences*. (In Persian)
17. Panahandeh, M., et al., 2009. Hierarchical analysis method (AHP) in locating the landfill in Semnan. *Journal of Health and Environment.* (2): 276-283. (In Persian)
18. Yesilnacar, M.I., Cetin, H., 2005, Site selection for hazardous wastes: a case study from the GAP area: Turkey, *Journal of Engineering Geology*, 81: 371-388.
19. Simse, C., Kincal, C., Gunduz, O., 2006. A solid waste disposal site selection procedure based on groundwater vulnerability mapping, *Journal of Environmental Geology*, 49: 620-633.