



# بررسی زیست محیطی محل دفن زباله های شهر خرم آباد و مکان یابی محل دفن بهینه با استفاده از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی

وهاپ امیری<sup>۱\*</sup>، سلمان سوری<sup>۱</sup> و شهرام مسنوندا

۱) باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم آباد، ایران، (vahab.amiri@yahoo.com)

(\* عهده دار مکاتبات)

دریافت: ۹۲/۹/۱۵؛ دریافت اصلاح شده: ۹۳/۲/۲۷؛ پذیرش: ۹۳/۳/۱۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۸/۳۰

## چکیده

تعیین محل دفن زباله های شهری به دلیل تأثیر فراوان بر اقتصاد، اکولوژی و محیط زیست هر منطقه، یک مساله مهم در فرآیند برنامه ریزی شهری می باشد. در فرآیند تعیین محل دفع زباله های شهری سعی بر آن است تا نقاطی با کم ترین خطرات برای محیط زیست و سلامت انسان مد نظر قرار گیرند. هدف از این مطالعه، تعیین محل مناسب جهت دفن زباله های شهری شهر خرم آباد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System, GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process, AHP) می باشد. بدین منظور، ابتدا بر اساس بررسی و ارزیابی ۱۳ پارامتر فاصله از شهر، روستا، رودخانه، آب های زیرزمینی، گسل، جاده های اصلی و فرعی، فرودگاه، اماکن تاریخی، لیتولوژی، کاربری اراضی، شیب و ارتفاع، نقشه مکان یابی شهر خرم آباد تهیه گردید. در ادامه، با توجه به مساحت مورد نیاز جهت دفن پسماندهای این شهر، دو مکان به عنوان گزینه های نهایی انتخاب و با یکدیگر مقایسه شدند.

**واژه های کلیدی:** دفن زباله شهری، مکان یابی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، خرم آباد.

## ۱- مقدمه

منابع طبیعی و اکوسیستم منطقه را بدنبال خواهد داشت. خرم آباد شهری با حدود ۳۶۰ هزار نفر جمعیت می باشد که روند رو به رشد آن و مهاجر پذیر بودن آن نیازمند نگاه ویژه به مقوله مدیریت جمع آوری پسماندهای خشک در سطح شهر و همچنین ساماندهی مراکز دفن زباله به منظور کاهش اثرات مخرب زیست محیطی می باشد. دفع

زباله های شهری جامد به زباله هایی اطلاق می شود که به واسطه زندگی روزمره توسط مردم تولید می شوند. این زباله ها در مناطق و زمان های مختلف تغییرات ترکیبی زیادی را نشان می دهند. رشد جمعیت، افزایش نرخ تولید زباله در مناطق شهری و در نتیجه تأثیر بر

نامناسب و غیراصولی زباله های شهری دارای اثرات نامناسبی بر محیط زیست و سلامت انسان می باشد (Sener et al. 2010). بنابراین، محل های دفع و دفن بهداشتی که در مکان یابی و آماده سازی آن ها از اصول مهندسی و استانداردهای زیست محیطی بهره گرفته شده باشد، می تواند موجب کاهش اثرات نامناسب اینگونه اماکن بر سلامت انسان، اکولوژی منطقه، محیط زیست گیاهی و جانوری و نهایتاً اقتصاد منطقه شوند (Zamorano et al. 2008; Goorah et al. 2009; Gorsevski et al. 2012). علاوه بر این، انتخاب محل مناسب جهت دفع و دفن زباله های شهری در مناطق شهری نیازمند در نظر گرفتن عوامل اقتصادی، زمین شناسی و زیست محیطی می باشد (Chang et al. 2008). بر این اساس، بررسی اماکن مختلف مستلزم انجام مطالعاتی در زمینه زمین شناسی مهندسی، خاک شناسی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، کاربری اراضی، عوامل اقتصادی و جامعه شناسی منطقه می باشد (Sumathi et al. 2008). در همین راستا، به کارگیری روش های مبتنی بر محاسبات ریاضیاتی در اعمال تمامی موارد ذکر شده و تعیین سهم معیارهای مختلف در اثرگذاری بر انتخاب محل مناسب می تواند بسیار سودمند باشد (Donevska et al. 2012).

در مکان یابی محل های مناسب دفن زباله باید به حصول کم ترین خطر سازی برای سلامت بشر و محیط زیست دقت ویژه شود (Uyan 2014). همچنین در برخی موارد، تعیین مناطقی با صرفه اقتصادی نیز می تواند نسبت به سایر پارامترهای انتخاب محل مناسب اولویت داشته باشد (Kontos et al. 2005). روش های ارزیابی چند معیاره در موارد بسیاری برای مکان یابی محل های دفن مورد استفاده قرار گرفته اند (Perez et al. 2003; Carrion et al. 2008; Longdill et al. 2008; Zucca et al. 2008; Farzanmanesh et al. 2010). روش های ارزیابی چند معیاره که در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافتند، می توانند امکان انتخاب مناسب را از بین گزینه های بسیاری که وابسته به معیارهای مختلفی هستند فراهم کند (Cay et al. 2013). محققین بسیاری از جمله کاریون و همکاران (Carrion et al. 2008) و فرزانه منش و همکاران (Farzanmanesh et al. 2010) در مطالعات خود از روش های ارزیابی چند پارامتره به همراه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرده اند. امروزه استفاده از جی آی اس (GIS) به عنوان یک سیستم پشتیبانی کننده در

تصمیم گیری های مکانی افزایش یافته است (Uyan 2014). مزیت استفاده از GIS در تعیین موقعیت های مناسب دفع و دفن زباله علاوه بر کاهش زمان و هزینه، تهیه یک بانک اطلاعات دیجیتالی برای پایش بلند مدت این محل ها می باشد (Mooinaddini et al. 2010; Donevska et al. 2012; Eskandari et al. 2012). ترکیبی از GIS و روش تحلیل چند معیاره در انتخاب محل بهینه جهت دفن زباله های شهری بسیار مرسوم و سودمند می باشد (Eskandari et al. 2012). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از روش های تصمیم گیری چند پارامتره می باشد که قابلیت استفاده در تحلیل و پشتیبانی تصمیمات مختلف حتی در مواقعی که اهداف چندگانه و متناقض وجود دارد را دارا می باشد (Guiqin et al. 2009; Cay et al. 2013). ادغام GIS و AHP، ابزار قدرتمندی را برای تعیین محل مناسب دفن زباله در اختیار قرار می دهد. AHP یک روش تصمیم گیری سیستماتیک می باشد که نخستین بار در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی (Saaty 1980) و پس از آن توسط سیدیکویی و همکارانش در سال ۱۹۹۶؛ (Siddiqui et al. 1996) توسعه یافت. ادغام این روش با GIS برای انتخاب محل دفن زباله های شهری قابل استفاده می باشد. مقایسه دو دویی که در روش AHP صورت می گیرد، مقایسه ای از معیار استفاده شده در یک تحلیل تصمیم گیری را ارائه داده و مقادیری برای هر یک از معیارها را تعیین می کند (Vaidya et al. 2006). محققان بسیاری از ترکیب GIS و AHP در انتخاب محل بهینه جهت دفن زباله ها استفاده کرده اند. به عنوان مثال؛ دونوسکا و همکارانش (Donevska et al. 2012) و گورسوسکی و همکارانش (Gorsevski et al. 2012) روش فازی را به ترکیب استفاده از AHP و GIS افزوده و کارایی آن را در تعیین موقعیت مناسب مورد آزمون قرار دادند. محققانی از جمله گوینکونین و همکارانش (Guiqin et al. 2009)، موین ادینی و همکاران (Mooinaddini et al. 2010)، سندر و همکاران (Sener et al. 2010) و اسکندری و همکاران (Eskandari et al. 2012) نیز از ترکیب روش AHP و GIS در اهدافی مشابه بهره گرفتند. در این مطالعه، ارزیابی شرایط زیست محیطی و همچنین تعیین محل بهینه جهت دفن زباله های شهری شهر خرم آباد با استفاده از AHP و GIS مورد تأکید قرار گرفته است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

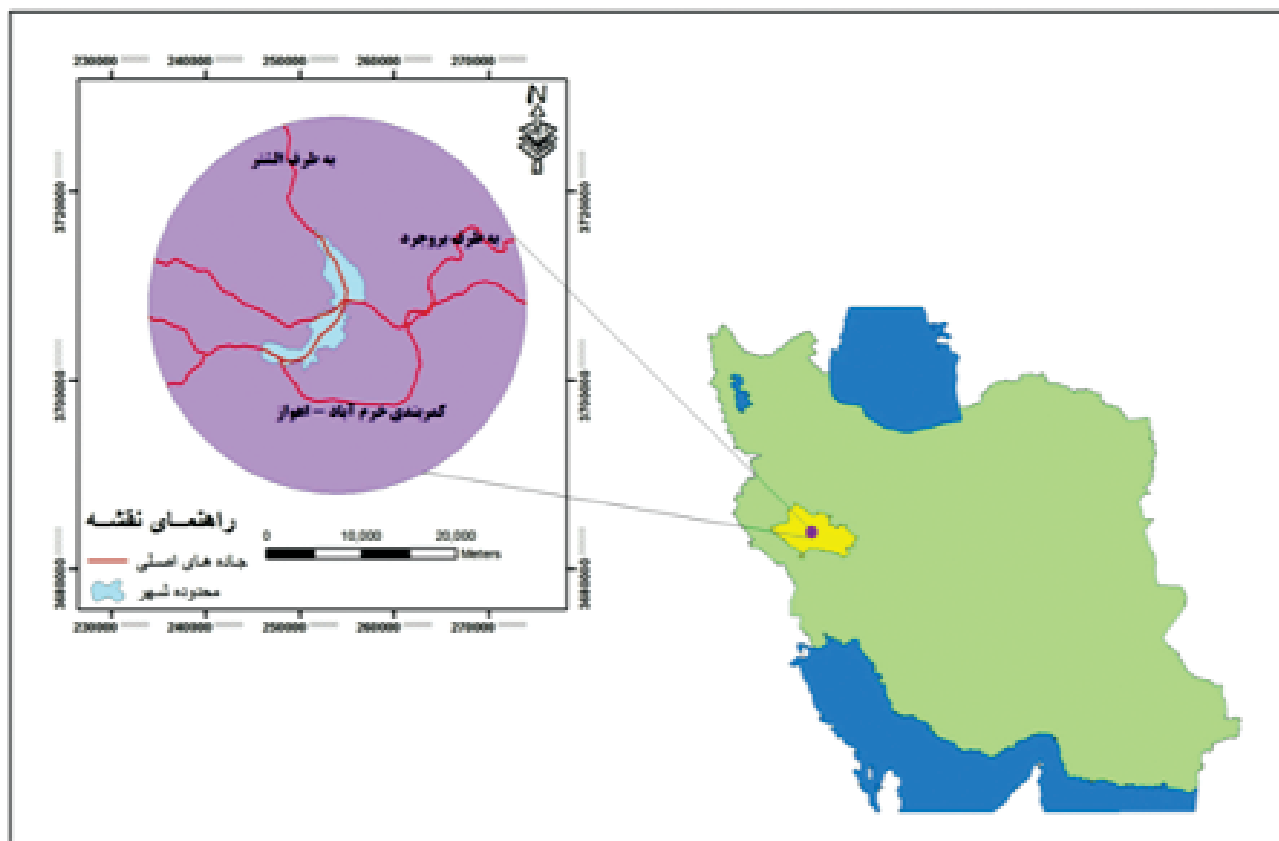
خرم‌آباد مرکز استان لرستان، بزرگترین و پرجمعیت‌ترین شهر لر نشین و از مهم‌ترین شهرهای غربی ایران می‌باشد. این شهر در ۲۱ دقیقه و ۴۸ درجه ی طول جغرافیایی و ۴۳ دقیقه و ۳۰ درجه عرض جغرافیایی قرار دارد. خرم‌آباد شهری کوهستانی می‌باشد که در ارتفاع ۱۳۰۰ متری از سطح دریا به وسیله ی کوه‌های کمره سی، شمشاه، تاف، مخمل کوه، یافته و اسپه کوه محصور گردیده است. این شهر در دو سوی رودخانه ی «گللال» که بر مسیری پرپیچ و خم از میان دره‌ای دراز و قیفی شکل ما بین دو کوه کمره سی در شرق و اسپه کوه در غرب، از شمال به جنوب جریان دارد، واقع گردیده است. فاصله خرم‌آباد تا بروجرد ۱۱۰ کیلومتر، تا تهران ۴۹۰ کیلومتر و تا اهواز ۳۹۰ کیلومتر است. خرم‌آباد بر سر شاهراه تهران قرار گرفته و دارای اهمیت ارتباطی و راهبردی است (تصویر ۱).

خرم‌آباد بر اساس تقسیمات زمین‌شناسی، در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. این زون شامل کوه‌های زاگرس در جنوب غربی ایران با ساختی ساده، ملایم و فعالیت‌های تکتونیکی کم می‌باشد. همچنین این زون را باید مجموعه‌ای از رشته طاق‌دیس‌های بسیار

نزدیک به هم و فشرده با محوری قائم و در جهت شمال غربی- جنوب شرقی دانست که شهر خرم‌آباد روی یکی از همین طاق‌دیس‌ها قرار گرفته است. رسوبات این منطقه از تناوبی از آهک همراه با مارن و سازمان‌های آهکی با چینه بندی کم و بیش ظریف و چین خورده تشکیل شده است. همچنین این منطقه دارای تشکیلاتی از اینفراکامبرین تا نئوژن است، ولی از دوره تریاس بالائی به بعد وضعی کاملاً مغایر با سایر قسمت‌های ایران دارد که این امر هم به دلیل فرونشینی مداوم و توام با رسوب گذاری ممتد مشخص می‌شود.

## ۳- مواد و روش‌ها

در این مطالعه که در قالب یک پروژه پژوهشی به انجام رسیده است، بسیاری از اطلاعات مورد استفاده در بازدیدهای میدانی و برخی نیز با بهره‌گیری از بانک‌های اطلاعاتی موجود در خصوص محدوده مورد نظر تهیه گردیده‌اند. استفاده ترکیبی از GIS و AHP به عنوان دو سیستم شناخته شده جهانی در ارزیابی محدوده مورد مطالعه منجر به ارائه نتایج قابل قبولی شد. در ادامه به تشریح روش AHP پرداخته



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی شهر خرم‌آباد

خواهد شد. البته باید خاطر نشان کرد که با توجه به معرفی روش GIS در متون مختلف از تکرار آن در این مطالعه پرهیز شده است.

د) سازگاری مقادیر وزنی (C<sub>i</sub>) کنترل می شود. برای این منظور مراحل زیر انجام می شوند:

• نخست بردار سازگاری (xi) با استفاده از عمل A×C محاسبه می گردد.

$$A \times C = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

• با استفاده از مقادیر بدست آمده از مرحله قبل مقدار ویژه ماتریس مقایسه ای دودویی به صورت رابطه ۱ محاسبه می شود.

• اگر تعداد n معیار برای مقایسه وجود داشته باشد، AHP از فرآیند زیر برای تعیین وزن آن ها استفاده می کند (Chakraborty et al. 2006):

الف) تهیه ماتریس مقایسه ای دودویی A برای n هدف به صورت زیر:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{c_i} \quad (1)$$

مقدار اندیس سازگاری (CI) نیز از رابطه ۲ محاسبه می شود.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

• در پایان، به منظور اطمینان از سازگاری ماتریس مقایسه ای دودویی،

$$CI = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

با استفاده از نسبت سازگاری (CR)، قضاوت های سازگاری برای مقادیر مناسب n مورد ارزیابی قرار می گیرند (رابطه ۳).

در این رابطه، RI اندیس سازگاری تصادفی می باشد. مقادیر RI برای مقادیر مختلف n در جدول ۲ ارائه شده است. اگر  $CR \leq 0/1$ ، میزان سازگاری قابل قبول خواهد بود. در صورتی که  $CR > 0/1$  باشد، به شدت ناسازگار خواهد بود و AHP نتایج معناداری را در اختیار نخواهد گذاشت (Chakraborty et al. 2006).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

در این رابطه، a<sub>ij</sub> نشان دهنده میزان اهمیت هدف i ام نسبت به هدف j ام می باشد. برای تمامی i و j ها، a<sub>ii</sub>=1 و a<sub>ij</sub>=1/a<sub>ji</sub>. ارزیابی احتمالی مقادیر a<sub>ij</sub> در ماتریس مقایسه ای دودویی به همراه تفاسیر متناظر با آن ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

ب) هر مقدار در ستون j بر مقدار کل ستون j تقسیم می شود. مقادیر نهایی در هر ستون ماتریس جدید AW باید ۱ باشد. بر این اساس، ماتریس مقایسه ای دودویی نرمال شده تهیه می شود.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \frac{\sum a_{i1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{\sum a_{in}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

ج) در AHP، مقادیر وزنی (C<sub>i</sub>) با یافتن بردار ویژه اصلی ماتریس A تعیین می شوند. مقدار C<sub>i</sub> را می توان به عنوان مقادیر متوسط در ردیف i از ماتریس AW محاسبه کرده و به صورت ستون بردار C ارائه داد.

$$AW = \begin{pmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

جدول ۱- مقیاس ارزیابی AHP

| مقدار عددی a <sub>ij</sub> | تفسیر                             |
|----------------------------|-----------------------------------|
| ۱                          | اهمیت برابر آ و ج                 |
| ۳                          | اهمیت متوسط آ نسبت به ج           |
| ۵                          | اهمیت زیاد آ نسبت به ج            |
| ۷                          | اهمیت بسیار زیاد آ نسبت به ج      |
| ۹                          | اهمیت فوق العاده زیاد آ نسبت به ج |
| ۲، ۴، ۶، ۸                 | مقادیر متوسط (بینابینی)           |

جدول ۲- شاخص تصادفی بودن (RI)

| n  | ۱ | ۲     | ۳    | ۴    | ۵    | ۶    | ۷    | ۸    | ۹    | ۱۰   | ۱۱   | ۱۲   | ۱۳   |
|----|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | ۰ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | ۰/۱۶ | ۰/۱۸ | ۰/۲۰ | ۰/۲۲ | ۰/۲۴ | ۰/۲۶ | ۰/۲۸ | ۰/۳۰ |

## ۴- پمٹ

## ۴-۱- بررسی زیست محیطی محل دفن کنونی

همانگونه که بیان شد؛ ترکیب زباله در مناطق و زمان های مختلف متغیر بوده و مسائل فرهنگی و اقتصادی هر جامعه مهم ترین عامل در تعیین آن می باشند. بر اساس بررسی های انجام شده، در شهر خرم آباد نیز همانند بسیاری از نقاط کشور که فاقد سیستم مناسب جهت بازیافت زباله و تولید کمپوست می باشند، بیش ترین سهم زباله های تولیدی به مواد فسادپذیر (بطور متوسط بیش از ۸۶ درصد) اختصاص دارد. بنابراین اثرات زیست محیطی ناشی از تولید شیرابه اسیدی به موجب ترکیبات فاسد شدنی در محل دفن کنونی بسیار حائز اهمیت می باشد. پلاستیک، کاغذ و مقوا نیز با فاصله بسیار از مواد فسادپذیر در رده های بعدی زباله های تولیدی در این شهرستان می باشند (جدول ۳).

بررسی ها نشان می دهد که شیرابه محل دفن زباله های شهر خرم آباد دارای آلکالینیته ضعیف بوده و این بیانگر سن متوسط آن می باشد (Alloway et al. 1997). با افزایش زمان دفن زباله، مقدار pH نیز افزایش می یابد. میزان فعالیت ارگانیکی در محل دفن زباله با استفاده از میزان BOD و COD شیرابه آن سنجیده می شود. در محل دفن زباله، فعالیت میکروارگانیسم ها با گذشت زمان افزایش یافته و این بدان معناست که میزان اکسیژن مورد نیاز فعالیتهای بیوشیمیایی

(BOD) نیز در شیرابه افزایش می یابد. میزان اکسیژن مورد نیاز فعالیت های شیمیایی (COD) دارای روندی عکس BOD می باشد به این صورت که با گذشت زمان میزان COD کاهش یافته و میزان BOD شیرابه بالا می رود. نتایج نشان می دهد که فعالیت بیوشیمیایی و شیمیایی در محل مورد نظر بسیار بالا بوده و مقادیر بالای BOD و COD در شیرابه مؤید آن می باشد (جدول ۴). علت اصلی نرخ بالای BOD، COD و نیترات را می توان به نرخ بالای مواد فسادپذیر در زباله های منتقل شده به این منطقه دانست. ترکیبات حاوی فسفر و نیتروژن از جمله مهم ترین آلاینده های غیرارگانیکی موجود در شیرابه محل دفن زباله می باشند. بر اساس نتایج حاصل، در منطقه مورد مطالعه این ترکیبات دارای مقادیر بسیار بالا و خطرناک می باشند.

در این منطقه با توجه به نرخ بالای پارامترهای شیمیایی شیرابه، احتمال آلودگی خاک و به دنبال آن آلودگی گیاهان و جانوران در یک سیستم زنجیره ای وجود خواهد داشت. نتایج آنالیزهای صورت گرفته (جدول ۵) نشان می دهد که آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه به برخی فلزات سنگین محرز شده که این عناصر را در گیاهان ناحیه مورد مطالعه نیز می توان مشاهده کرد. بر اساس نتایج آنالیزها، لزوم توجه ویژه به اثرات زیست محیطی محل دفن کنونی حائز اهمیت می باشد.

جدول ۴- نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه شیرابه محل دفن زباله های شهر خرم آباد (اداره کل محیط زیست استان لرستان ۱۳۸۷)

| پارامتر               | مقدار  | پارامتر          | مقدار  |
|-----------------------|--------|------------------|--------|
| pH                    | ۷/۹۴   | آهن (mg/l)       | ۱۲/۵   |
| هدایت الکتریکی (S/cm) | ۶۵۰۰   | جیوه (mg/l)      | ۱۲/۵   |
| TDS (mg/l)            | ۱۹۰۴۰  | سرب (mg/l)       | ۱      |
| سختی کل (mg/l)        | ۱۲۱۳۳  | باریم (mg/l)     | ۷/۵    |
| کلراید (mg/l)         | ۱۲۰۵   | نقره (mg/l)      | ۱      |
| نیترات (mg/l)         | ۶۳۷/۵۹ | روی (mg/l)       | ۱۶     |
| نیتريت (mg/l)         | ۱/۹۸۸  | ارتوفسفات (mg/l) | ۹۸/۹۹  |
| سولفات (mg/l)         | ۲۷۸/۸۵ | پلی فسفات (mg/l) | ۱/۸    |
| کلسیم (mg/l)          | ۳۴۵۰   | کل فسفات (mg/l)  | ۱۰۰/۷۹ |
| سدیم (mg/l)           | ۳۱۵۰   | BOD (mg/l)       | ۷۴۰۰   |
| پتاسیم (mg/l)         | ۴۰۰۰   | COD (mg/l)       | ۸۷۸۵   |

جدول ۳- ترکیب زباله های تولیدی (به درصد) در شهر خرم آباد و تغییرات فصلی آن ها (اداره کل محیط زیست استان لرستان ۱۳۸۷)

| پارامتر       | بهار  | تابستان | پاییز | زمستان | میانگین سالانه |
|---------------|-------|---------|-------|--------|----------------|
| مواد فسادپذیر | ۸۶/۶۳ | ۸۱/۴۱   | ۸۹/۳۰ | ۸۹/۸۷  | ۸۶/۸۰          |
| پلاستیک       | ۵/۰۹  | ۶/۰۷    | ۳/۲۵  | ۳/۷۱   | ۴/۵۳           |
| کاغذ          | ۴/۲۲  | ۵/۰۶    | ۲/۸۸  | ۲/۸۰   | ۳/۷۴           |
| مقوا          | ۰/۹۱  | ۲/۴۷    | ۰/۶۸  | ۰/۴۲   | ۱/۱۲           |
| فلزات آهنی    | ۰/۹۰  | ۰/۸۹    | ۱/۰۹  | ۰/۷۱   | ۰/۹۰           |
| شیشه          | ۰/۳۱  | ۱/۰۰    | ۱/۲۱  | ۱/۰۴   | ۰/۸۹           |
| منسوجات       | ۰/۳۷  | ۰/۷۵    | ۰/۸۲  | ۰/۶۷   | ۰/۶۵           |
| سایر مواد     | ۰/۷۲  | ۰/۸۵    | ۰/۲۶  | ۰/۲۲   | ۰/۵۱           |
| نخاله         | ۰/۳۸  | ۰/۶۰    | ۰/۳۱  | ۰/۳۴   | ۰/۴۱           |
| چوب           | ۰/۱۲  | ۰/۳۴    | ۰/۱۲  | ۰/۱۸   | ۰/۱۹           |
| لاستیک        | ۰/۱۱  | ۰/۲۶    | ۰/۱۱  | ۰/۱۰   | ۰/۱۲           |
| PET           | ۰/۱۴  | ۰/۱۳    | ۰/۰۸  | ۰/۰۹   | ۰/۱۱           |

#### ۴-۲- مکانیابی محل بهینه جهت دفن زباله های شهری

در این تحقیق پس از جمع آوری لایه های اطلاعاتی، برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها از روش مقایسه دودویی ارائه شده توسط ساعتی (Saaty 1980) استفاده گردید. بر اساس ضرایب ناسازگاری به دست آمده، مقایسه ها به درستی انجام گرفته

جدول ۵- فلزات سنگین اندازه گیری شده در خاک و گیاهان محدوده مورد

مطالعه (اداره کل محیط زیست استان لرستان ۱۳۸۷)

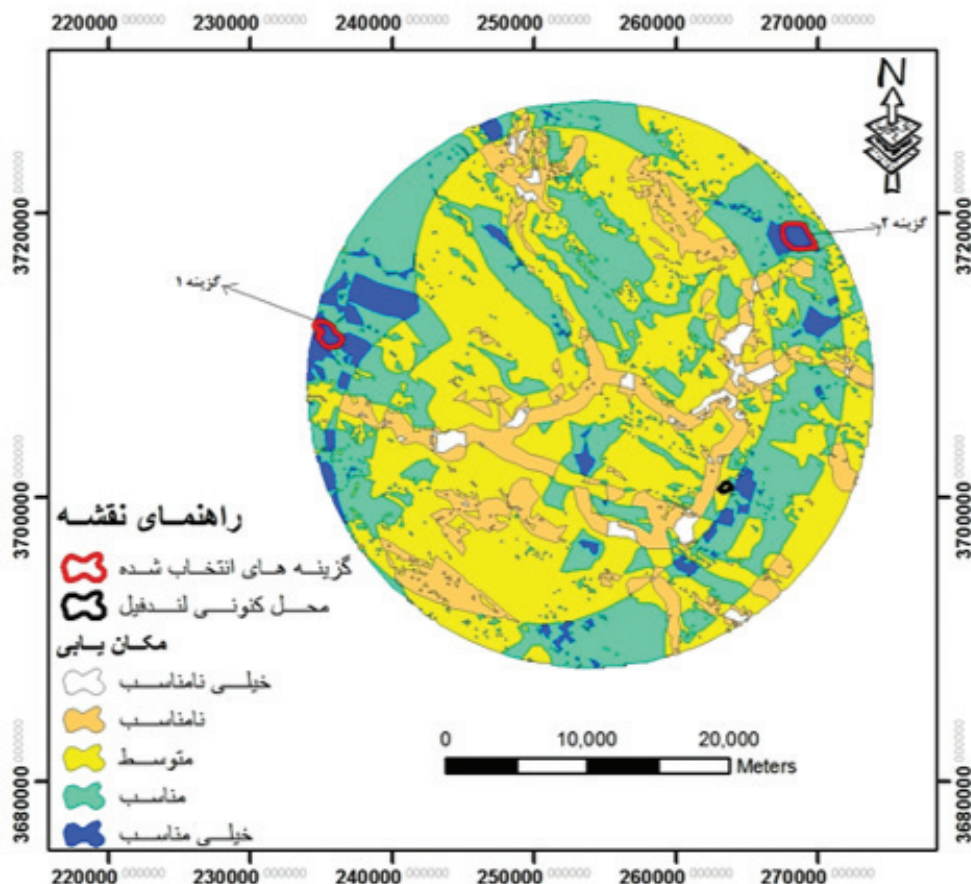
| پارامترهای اندازه گیری شده در گیاهان (درصد) |       | پارامترهای اندازه گیری شده در خاک (درصد) |       |
|---|-------|--|-------|
| ۰/۰۰۴                                       | سرب   | ۰/۰۱۷                                    | سرب   |
| ۰/۰۰۰۶                                      | کروم  | ۰/۰۰۳۵                                   | کروم  |
| ۰/۰۰۰۴                                      | مس    | ۰/۰۰۲۰                                   | مس    |
| ۰/۰۲۵۸                                      | باریم | ۰/۱۰۲۵                                   | باریم |
| ۰/۰۰۴۵                                      | منگنز | ۰/۰۲۵۳                                   | منگنز |
| ۰/۰۰۲۵                                      | روی   | ۰/۰۰۶۸                                   | روی   |
| ۰/۰۰۰۴                                      | نیکل  | ۰/۰۰۶۷                                   | نیکل  |
| ۰/۰۰۹۵                                      | جیوه  | ۰/۰۰۲۰                                   | جیوه  |

است (جدول ۶).

سپس نقشه هم وزن معیارها با اعمال اهمیت خصوصیات زیر معیارها تهیه شد. در ادامه برای تهیه نقشه نهایی مکان یابی زباله های شهر خرم آباد در محیط نرم افزار Arc GIS Desktop، از دستور Raster calculator استفاده گردید. در نهایت، نقشه های تهیه شده بر اساس وزن زیرمعیارها را در وزن های به دست آمده برای هر معیار ضرب و با جمع نقشه های تمام عوامل، نقشه نهایی مکانیابی دفن زباله به دست آمد (تصویر ۲).

#### ۴-۳- مقایسه ی گزینه ها و انتخاب بهترین گزینه

با توجه به تولید روزانه ۳۰۰ تن زباله در شهر خرم آباد و جمعیت کنونی این شهر (۳۶۰ هزار نفر)، میزان تولید روزانه زباله شهروندان برابر با ۰/۸۴۱ کیلوگرم و چگالی زباله تولیدی حدود ۳۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب است. بر این اساس، جمع کل تولید زباله در ۲۰ سال آینده برابر با ۲۵۸۱۷۹۵۵۱۴۰ کیلوگرم خواهد بود (جدول ۷).



تصویر ۲- نقشه مکان یابی زباله های شهری شهر خرم آباد

جدول ۶- وزن های به دست آمده برای معیارها و زیر معیارها با استفاده از روش سلسله مراتبی

| شاخص                         | معیار                             | وزن   | ضریب ناسازگاری              | زیر معیار   | وزن                                  | ضریب ناسازگاری |      |      |
|------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|----------------|------|------|
| زیست محیطی                   | فاصله از شهر (متر)                | ۰/۱۳۳ | ۰/۰۸                        | ۱۰۰۰۰ >     | ۰/۱۰۲                                | ۰/۰۳           |      |      |
|                              |                                   |       |                             | ۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰ | ۰/۷۲۶                                |                |      |      |
|                              |                                   |       |                             | ۱۵۰۰۰ <     | ۰/۱۷۲                                |                |      |      |
|                              | فاصله از روستا (متر)              | ۰/۰۵۶ |                             | ۱۰۰۰ >      | ۰/۱                                  | ۰              |      |      |
|                              |                                   |       |                             | ۱۰۰۰ <      | ۰/۹                                  |                |      |      |
|                              | فاصله از رودخانه (متر)            | ۰/۱۲۰ |                             | ۵۰۰ >       | ۰/۱                                  | ۰              |      |      |
|                              |                                   |       |                             | ۵۰۰ <       | ۰/۹                                  |                |      |      |
|                              | فاصله از سطح آبهای زیرزمینی (متر) | ۰/۰۸۳ |                             | ۰/۰۸۳       | ۱ >                                  | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۹ |      |
|                              |                                   |       |                             |             | ۱-۱۵                                 | ۰/۱            |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | ۱۵-۲۰                                | ۰/۲۰۸          |      |      |
|                              | کاربری اراضی                      | ۰/۰۶۲ |                             | ۰/۰۶۲       | مرتع                                 | ۰/۳۴۸          | ۰/۰۷ |      |
|                              |                                   |       |                             |             | بیشه و بوته زار                      | ۰/۲۳۹          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | جنگل                                 | ۰/۱۶۰          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | دیم                                  | ۰/۱۱۰          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | آبی و دیم                            | ۰/۰۷۸          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | آبی                                  | ۰/۰۴۷          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | مسکونی                               | ۰/۰۱۹          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | گنگولمرا                             | ۰/۰۳۷          |      | ۰/۰۳ |
|                              |                                   |       |                             |             | آبرفت های جوان (کنگلومرا و ماسه سنگ) | ۰/۰۶۳          |      |      |
|                              |                                   |       |                             |             | آهک توده ای سفیدرنگ                  | ۰/۰۸۶          |      |      |
| شیل و ماسه سنگ               | ۰/۱۲۴                             |       |                             |             |                                      |                |      |      |
| سنگ شناسی                    | ۰/۰۵۷                             | ۰/۰۵۷ | آهک مارتنی، مارن و ماسه سنگ | ۰/۱۹۳       | ۰/۰۹                                 |                |      |      |
|                              |                                   |       | مارن                        | ۰/۴۹۷       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۰-۵                         | ۰/۶۴۲       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۵-۱۰                        | ۰/۲۰۶       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۱۰-۱۵                       | ۰/۱۰۶       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۱۵ <                        | ۰/۰۴۶       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۲۰۰۰ >                      | ۰/۱         |                                      | ۰              |      |      |
| ۲۰۰۰ <                       | ۰/۹                               |       |                             |             |                                      |                |      |      |
| اقتصادی                      | فاصله از جاده های اصلی (متر)      | ۰/۰۷۵ | ۰-۱۰۰۰                      | ۰/۰۴۲       | ۰/۰۹                                 |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۱۰۰۰-۳۰۰۰                   | ۰/۶۵۷       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۳۰۰۰-۶۰۰۰                   | ۰/۲۱۹       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۶۰۰۰ <                      | ۰/۰۸۱       |                                      |                |      |      |
| فاصله از جاده های فرعی (متر) | ۰/۰۵۴                             | ۰/۰۵۴ | ۰-۱۰۰۰                      | ۰/۱۰۶       | ۰/۰۰۸                                |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۱۰۰۰-۸۰۰۰                   | ۰/۰۷۰       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۸۰۰۰ <                      | ۰/۱۹۳       |                                      |                |      |      |
| ارتفاع (متر)                 | ۰/۰۶۰                             | ۰/۰۶۰ | ۱۳۰۰ >                      | ۰/۶۵۹       | ۰/۰۳                                 |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۱۳۰۰-۱۷۰۰                   | ۰/۲۶۳       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۱۷۰۰ <                      | ۰/۰۷۹       |                                      |                |      |      |
| اجتماعی                      | فاصله از اماکن تاریخی (متر)       | ۰/۱۰۷ | ۵۰۰ >                       | ۰/۰۶۸       | ۰/۰۹                                 |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۵۰۰-۳۰۰۰                    | ۰/۱۹۹       |                                      |                |      |      |
|                              | فاصله از فرودگاه (متر)            | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۴                       | ۳۰۰۰ <      | ۰/۷۳۳                                | ۰/۰۹           |      |      |
|                              |                                   |       |                             | ۳۰۰۰ >      | ۰/۰۶۰                                |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۳۰۰۰-۴۰۰۰                   | ۰/۱۹۳       |                                      |                |      |      |
|                              |                                   |       | ۴۰۰۰ <                      | ۰/۷۴۷       |                                      |                |      |      |

در این تحقیق به منظور محاسبه مساحت مورد نیاز جهت دفن پسماندهای شهر خرم آباد، از رابطه ۴ استفاده شده است.

رابطه (۴)

$$\text{میزان تولید زباله روزانه} \times \text{جمعیت هدف} = \text{سطح مورد نیاز (کیلوگرم بر متر مربع چگالی)} \times \text{عمق متوسط دفن زباله}$$

$$= \frac{109431720.6}{331 \times 3} = 26817388 \text{ m}^2$$

با توجه به مساحت مورد نیاز جهت دفن پسماندهای شهر خرم آباد، پس از مکان یابی محل دفن زباله های این شهر، دو مکان به عنوان گزینه های نهایی در نظر گرفته شدند. در ادامه مکان های انتخاب شده با یکدیگر مقایسه و بهترین گزینه انتخاب گردید. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه مکان های انتخاب شده (جدول ۸)، مکان شماره ۱ بهترین گزینه برای دفن زباله های شهری شهر خرم آباد می باشد (تصویر ۲).

### ۵- نتیجه گیری

در این تحقیق پس از مکان یابی محل دفن زباله های شهر خرم آباد نتایج زیر به دست آمد.

محل دفن کنونی زباله های شهر خرم آباد به علت قرارگیری در پهنه متوسط مناسب نبوده، بنابراین انتخاب مکان جدید ضروری می باشد. بعد از انتخاب معیارهای مناسب جهت مکان یابی محل دفن زباله، با استفاده از مدل AHP و GIS، منطقه مورد مطالعه از نظر توانایی دفن زباله، پهنه بندی گردید. با توجه به مساحت مورد نیاز جهت دفن پسماندهای شهر خرم آباد، دو مکان به عنوان گزینه نهایی در پهنه بسیار مناسب تعیین و مورد مقایسه قرار گرفتند. بر اساس مقایسه خصوصیات هر گزینه و نتایج حاصل، مناسبترین محل جهت دفن زباله های شهر خرم آباد در طول و عرض جغرافیایی ۳۰' ۳۰" و ۴۸° ۹' ۳۰" قرار دارد.

شهر خرم آباد پتانسیلی بالقوه برای ایجاد کارخانه کمپوست دارد. بازیافت مواد آلی و تولید کمپوست نه تنها حجم مواد زاید را کاهش می دهد، بلکه تأثیر بسیار مفیدی را نیز بر زمین های کشاورزی خواهد داشت. پس از مواد فسادپذیر؛ کاغذ، پلاستیک و لاستیک بیشترین درصد زباله های شهر خرم آباد را تشکیل می دهند که اصولی ترین راه برای مواجه شدن با آنها تفکیک، جمع آوری و بازیافت این مواد می باشد. بنابراین مکان ها و شیوه های مناسب برای جمع آوری این مواد بایستی در نظر گرفته شود.

جدول ۷- برآورد میزان جمعیت و تولید سالانه زباله در ۲۰ سال آینده شهر خرم آباد

| سال                                | میزان جمعیت | میزان تولید روزانه (کیلوگرم) | میزان تولید سالانه (کیلوگرم) |
|------------------------------------|-------------|------------------------------|------------------------------|
| ۱۳۹۲                               | ۳۵۶۴۱۱      | ۳۰۰۰۰                        | ۱۰۹۴۳۱۷۲۰/۶                  |
| ۱۳۹۳                               | ۳۶۰۵۸۱      | ۳۰۳۳۲/۷                      | ۱۱۰۷۱۲۰۶۹/۱                  |
| ۱۳۹۴                               | ۳۶۴۷۹۹      | ۳۰۶۸۶۸/۹                     | ۱۱۲۰۰۷۱۵۵/۴                  |
| ۱۳۹۵                               | ۳۶۹۰۶۸      | ۳۱۰۴۶۰                       | ۱۱۳۳۳۱۷۹۰/۶                  |
| ۱۳۹۶                               | ۳۷۳۳۸۶      | ۳۱۴۰۹۲/۳                     | ۱۱۴۶۴۳۶۹۰/۷                  |
| ۱۳۹۷                               | ۳۷۷۷۵۵      | ۳۱۷۷۶۷/۵                     | ۱۱۵۹۸۵۱۳۹/۷                  |
| ۱۳۹۸                               | ۳۸۲۱۷۴      | ۳۲۱۴۸۴/۸                     | ۱۱۷۳۴۱۹۴۰/۶                  |
| ۱۳۹۹                               | ۳۸۶۶۴۶      | ۳۲۵۲۴۶/۶                     | ۱۱۸۷۱۵۰۱۴/۵                  |
| ۱۴۰۰                               | ۳۹۱۱۷۰      | ۳۲۹۰۵۲/۲                     | ۱۲۰۱۰۴۰۵۴/۵                  |
| ۱۴۰۱                               | ۳۹۵۷۴۶      | ۳۳۲۹۰۱/۵                     | ۱۲۱۵۰۹۰۶۰/۳                  |
| ۱۴۰۲                               | ۴۰۰۳۷۶      | ۳۳۶۷۹۶/۳                     | ۱۲۲۹۳۰۶۴۶/۳                  |
| ۱۴۰۳                               | ۴۰۵۰۶۱      | ۳۴۰۷۳۷/۳                     | ۱۲۴۳۶۹۱۱۹/۳                  |
| ۱۴۰۴                               | ۴۰۹۸۰۰      | ۳۴۴۷۲۳/۸                     | ۱۲۵۸۱۴۱۷۲/۴                  |
| ۱۴۰۵                               | ۴۱۴۵۹۵      | ۳۴۸۷۵۷/۳                     | ۱۲۷۲۹۶۴۱۹/۶                  |
| ۱۴۰۶                               | ۴۱۹۴۴۶      | ۳۵۲۸۳۸                       | ۱۲۸۷۸۵۵۸۶/۹                  |
| ۱۴۰۷                               | ۴۲۴۳۵۳      | ۳۵۶۹۶۵/۷                     | ۱۳۰۲۹۲۴۹۶                    |
| ۱۴۰۸                               | ۴۲۹۳۱۸      | ۳۶۱۱۴۲/۳                     | ۱۳۱۸۱۶۹۴۰/۱                  |
| ۱۴۰۹                               | ۴۳۴۳۴۱      | ۳۶۵۳۶۷/۶                     | ۱۳۳۳۵۹۱۹۲                    |
| ۱۴۱۰                               | ۴۳۹۴۲۳      | ۳۶۹۶۴۲/۶                     | ۱۳۴۹۱۹۵۵۹/۱                  |
| ۱۴۱۱                               | ۴۴۴۵۶۴      | ۳۷۳۹۶۷/۲                     | ۱۳۶۴۹۸۰۴۱/۴                  |
| ۱۴۱۲                               | ۴۴۹۷۶۵      | ۳۷۸۳۴۲/۳                     | ۱۳۸۰۹۴۹۴۶/۱                  |
| جمع کل تولید زباله در ۲۰ سال آینده |             |                              | ۲۵۸۱۷۹۵۵۱۴۰                  |

جدول ۸- مقایسه گزینه های انتخاب شده جهت دفن زباله

| پارامترها        | مکان شماره ۱                          | مکان شماره ۲             |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| شیب              | بیشتر منطقه داری شیب کمتر از ۵ درجه   | داری شیب کمتر درجه از ۱۵ |
| ارتفاع           | کمتر از ۱۳۰۰ متر                      | بیشتر از ۱۷۰۰ متر        |
| لیتولوژی         | کنگلو مرا و ماسه سنگ                  | کنگلو مرا                |
| گسل              | مناسب                                 | مناسب                    |
| کاربری اراضی     | جنگل با تاج پوشش کم + اراضی زراعی دیم | اراضی دیم + مرتع         |
| اماکن تاریخی     | مناسب                                 | مناسب                    |
| رودخانه          | مناسب                                 | مناسب                    |
| جاده             | مناسب                                 | مناسب                    |
| فاصله از شهر     | مناسب                                 | مناسب                    |
| آب زیرزمینی      | بیش از ۲۰ متر                         | بیش از ۲۰ متر            |
| فاصله از روستا   | مناسب                                 | مناسب                    |
| فاصله از فرودگاه | مناسب                                 | مناسب                    |



## تقدیر و تشکر

مطالعه حاضر با حمایت مالی باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد و در قالب پروژه پژوهشی با کد ۹۱۳۵۸ به انجام رسیده است. نویسندگان مقاله از همکاری صمیمانه رئیس و کارکنان این باشگاه تشکر و قدردانی می نمایند.

## مراجع

- gies and AHP: a case study in Beijing, China. *J. Environ Manag*, 90:2414-2421.
- Kontos, T.D., Komilis, D.P., C.P., Halvadakis., 2005.** Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Manag (Oxford)*, 25:818-832.
- Longdill, P.C., Healy, T.R., K.P., Black., 2008.** An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean Coast Manag*, 51(8-9):612-624.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A.A., M., Zienalyan., 2010.** Siting MSW landfills using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Manag (Oxford)*, 30:912-920.
- Perez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C., L.C., Barquin., 2003.** Water quality requirements for marine fish cage site-selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modeling and analysis using GIS. *Aquaculture*, 224(1-4):51-68.
- Saaty, T.L., 1980.** The analytic hierarchy process, *McGraw-Hill, New York*.
- Siddiqui, M., Everett, J.M., B.E., Vieux., 1996.** Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. *J. Environ Eng*, 122:515-523.
- Sumathi, V.R., Natesan, U., C., Sarkar., 2008.** GIS -based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Manag (Oxford)*, 28:2146-2160.
- Uyan, M., 2014.** MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. *Environ Earth Sci*, 71:1629-1639.
- Vaidya, O.S., S.Kumar., 2006.** Analytic hierarchy process: an overview of applications. *Eur J Oper Res*, 169(1):1-29.
- Sener, S., Sener, E., Nas, B., R., Karaguzel., 2010.** Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey). *Waste Manag (Oxford)*, 30:2037-2046.
- Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, A., A., Ramos., 2008.** Evaluation of a municipal landfill site in southern Spain with GIS-aided methodology. *J. Hazard Mater*, 160:473-481.
- Zucca, A., Shari, A.M., A.G., Fabbri., 2008.** Application of spatial multi-criteria analysis to siteselection for a local park: a case study in the Bergamo Province, Italy. *J. Environ Manag*, 88(4):752-769.
- اداره کل محیط زیست استان لرستان، ۱۳۸۷. ارزیابی اثرات زیست محیطی مکان های دفن زباله شهرستان های استان لرستان. ج ۱ و ۲.
- Alloway, B.J., D.C., Ayres., 1997.** Chemical principles of environmental pollution (Second edition). *Waste and other multipollutant situation*, P 357. Blackie A and P. ISBN 0-7514-0380-6.
- Carrion, J.A., Estrella, A.E., Dols, F.A., Torob, M.Z., Rodríguez, M., A.R., Ridao., 2008.** Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: optimal siteselection for grid-connected photovoltaic power plants. *Renew Sustain Energy Rev*, 12(9):2358-2380.
- Cay, T. & M., Uyan., 2013.** Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the analytic hierarchy process (AHP). *Land Use Policy*, 30:541-548.
- Chakraborty, S., D., Banik., 2006.** Design of a material handling equipment selection model using analytic hierarchy process. *Int J Adv Manuf Technol*, 28:1237-1245.
- Chang, N.B., Parvathinathan, G., J.B., Breden., 2008.** "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *J. Environ Manag*, 87:139-153.
- Donevska, K.R., Gorsevski P.V., Jovanovski, M., I., Pesevski., 2012.** Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic. AHP and geographic information systems. *Environ Earth Sci*, 67:121-131.
- Eskandari, M., Homaei, M., S., Mahmodi., 2012.** An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conjoining environmental, economical and socio-cultural area. *Waste Manag (Oxford)*, 32:1528-1538.
- Farzanmanesh, A., Naeeni, A.G., A.M., Abdullah., 2010.** Parking site selection management using fuzzy logic and multi criteria decision making. *Environ Asia*, 3:109-116.
- Goorah, S., Esmayot, M., R., Boojhawon., 2009.** The health impact of nonhazardous solid waste disposal in a community: the case of the Mare Chicose landfill in Mauritius. *J. Environ Health*, 72:48-54.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., J.P., Frizado., 2012.** Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average. *Waste Manag*, 32:287-296.
- Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L., C., Lijun., 2009.** Landfill site selection using spatial information technology