نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک
سال ۱۰ (۱۳۹۳)، شماره ۱: ۲۳-۱۵
WWW.appliedgeology.ir

بررسی زیست‌محیطی محل دفن زباله‌های شهر خرم آباد و مکان‌یابی محل دفن بهینه با استفاده از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی

وهاب امیری[1*]، سلمان سوری[1] و شهرام حسنوند[1]

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 زباله‌های شهری به دلیل تأثیر فراوان بر اقتصاد، اکولوژی و محیط‌زیست هر منطقه، یک مساله مهم در فرآیند برنامه‌ریزی شهری می‌باشد. در فرآیند تعیین محل دفع زباله‌های شهری سعی بر آن است تا نقاطی با کم‌ترین خطرات برای محیط‌زیست و سلامت انسان مد نظر قرار گیرند. هدف از این مطالعه، تعیین محل مناسب جهت دفن زباله‌های شهری شهر خرم‌آباد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System, GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process, AHP) می‌باشد. بدین منظور، ابتدا بر اساس بررسی و ارزیابی ۱۳ پارامتر فاصله از شهر، روستا، رودخانه، آب‌های زیرزمینی، گسل، جاده‌های اصلی و فرعی، فرودگاه، اماکن تاریخی، لیتولوژی، کاربری اراضی، شیب و ارتفاع، نقشه مکان‌یابی شهر خرم‌آباد تهیه گردید. در ادامه، با توجه به مساحت مورد نیاز جهت دفن پسماندهای این شهر، دو مکان به عنوان گزینه‌های نهایی انتخاب و با یکدیگر مقایسه شدند.

واژه‌های کلیدی: دفن زباله شهری، مکان‌یابی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، خرم‌آباد.

۱- مقدمه

زباله‌های شهری جامد به زباله‌هایی اطلاق می‌شود که به واسطه زندگی روزمره توسط مردم تولید می‌شوند. این زباله‌ها در مناطق و زمان‌های مختلف تغییرات ترکیبی زیادی را نشان می‌دهند. رشد جمعیت، افزایش نرخ تولید زباله در مناطق شهری و در نتیجه تأثیر بر منابع طبیعی و اکوسیستم منطقه را بدنبال خواهد داشت. خرم‌آباد شهری با حدود ۳۶۰ هزار نفر جمعیت می‌باشد 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 می‌باشد. دفع

نامناسب و غیراصولی زباله‌های شهری دارای اثرات نامناسبی بر محیط زیست و سلامت انسان می‌باشد (Sener et al. 2010). بنابراین، محل‌های دفع و دفن بهداشتی که در مکان‌یابی و آماده‌سازی آن‌ها از اصول مهندسی و استانداردهای زیست‌محیطی بهره گرفته شده باشد، می‌توانند 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 زباله‌های شهری در مناطق شهری نیازمند در نظر گرفتن عوامل اقتصادی، زمین‌شناسی و زیست‌محیطی می‌باشد (Chang et al. 2008). بر این اساس، بررسی اماکن مختلف مستلزم انجام مطالعاتی در زمینه زمین‌شناسی مهندسی، خاک‌شناسی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، کاربری اراضی، عوامل اقتصادی و جامعه‌شناسی منطقه می‌باشد (Sumathi et al. 2008). در همین راستا، به کارگیری روش‌های مبتنی بر محاسبات ریاضیاتی در اعمال تمامی موارد ذکر شده و تعیین سهم معیارهای مختلف در اثرگذاری بر انتخاب محل مناسب می‌تواند بسیار سودمند باشد (Donevska et al. 2012).

در مکان‌یابی محل‌های مناسب دفن زباله باید به حصول کم‌ترین خطرسازی برای سلامت بشر و محیط زیست دقت ویژه شود (Uyan 2014) . همچنین در برخی موارد، تعیین مناطقی با صرفه اقتصادی نیز می‌تواند نسبت به سایر پارامترهای انتخاب محل مناسب اولویت داشته باشد (Kontos et al. 2005). روش‌های ارزیابی چند معیاره در موارد بسیاری برای مکان‌یابی محل‌های دفن مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Perez et al. 2003;Carrion et al. 2008; Longdill et al. 2008; Zucca et al. 2008 ; Farzanmanesh et al. 2010) . روش‌های ارزیابی چند معیاره که در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافتند، می‌توانند امکان انتخاب مناسب را از بین گزینه‌های 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 فرزان‌منش و همکاران (Farzanmanesh et al. 2010) در مطالعات خود از روش‌های ارزیابی چندپارامتره به همراه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرده‌اند. امروزه استفاده از جی آی اس (GIS) به عنوان یک سیستم پشتیبانی کننده در تصمیم‌گیری‌های مکانی افزایش یافته است (Uyan 2014) . مزیت استفاده از GIS در تعیین موقعیت‌های مناسب دفع و دفن زباله علاوه بر کاهش زمان و هزینه، تهیه یک بانک اطلاعات دیجیتالی برای پایش بلند مدت این محل‌ها می‌باشد (Moeinaddini et al. 2010; Donevska et al. 2012; Eskandari et al. 2012). استفاده ترکیبی از GIS و روش تحلیل چند معیاره در انتخاب محل بهینه جهت دفن زباله‌های شهری بسیار مرسوم و سودمند می‌باشد (Eskandari et al. 2012) . فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند پارامتره می‌باشد که قابلیت استفاده در تحلیل و پشتیبانی تصمیمات مختلف حتی در مواقعی که اهداف چندگانه و متناقض وجود دارد را دارا می‌باشد (Guiqin et al. 2009; Cay et al. 2013) . ادغام GIS و AHP، ابزار قدرتمندی را برای تعیین محل مناسب دفن زباله در اختیار قرار می‌دهد. AHP یک روش تصمیم‌گیری سیستماتیک می‌باشد 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 زباله‌های شهری قابل استفاده می باشد. مقایسه دو دویی که در روش AHP صورت می‌گیرد، مقایسه‌ای از معیار استفاده شده در یک تحلیل تصمیم‌گیری را ارائه داده و مقادیری برای هر یک از معیارها را تعیین می‌کند (Vaidya et al. 2006). محققان بسیاری از ترکیب GIS و AHP در انتخاب محل بهینه جهت دفن زباله‌ها استفاده کرده‌اند. 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 گوینکوین و همکارانش (Guiqin et al. 2009)، موین ادینی و همکاران (Moeinaddini et al. 2010) ، سنر 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 زیست‌محیطی و همچنین تعیین محل بهینه جهت دفن زباله‌های شهری شهر خرم‌آباد با استفاده از AHP و GIS مورد تأکید قرار گرفته است.

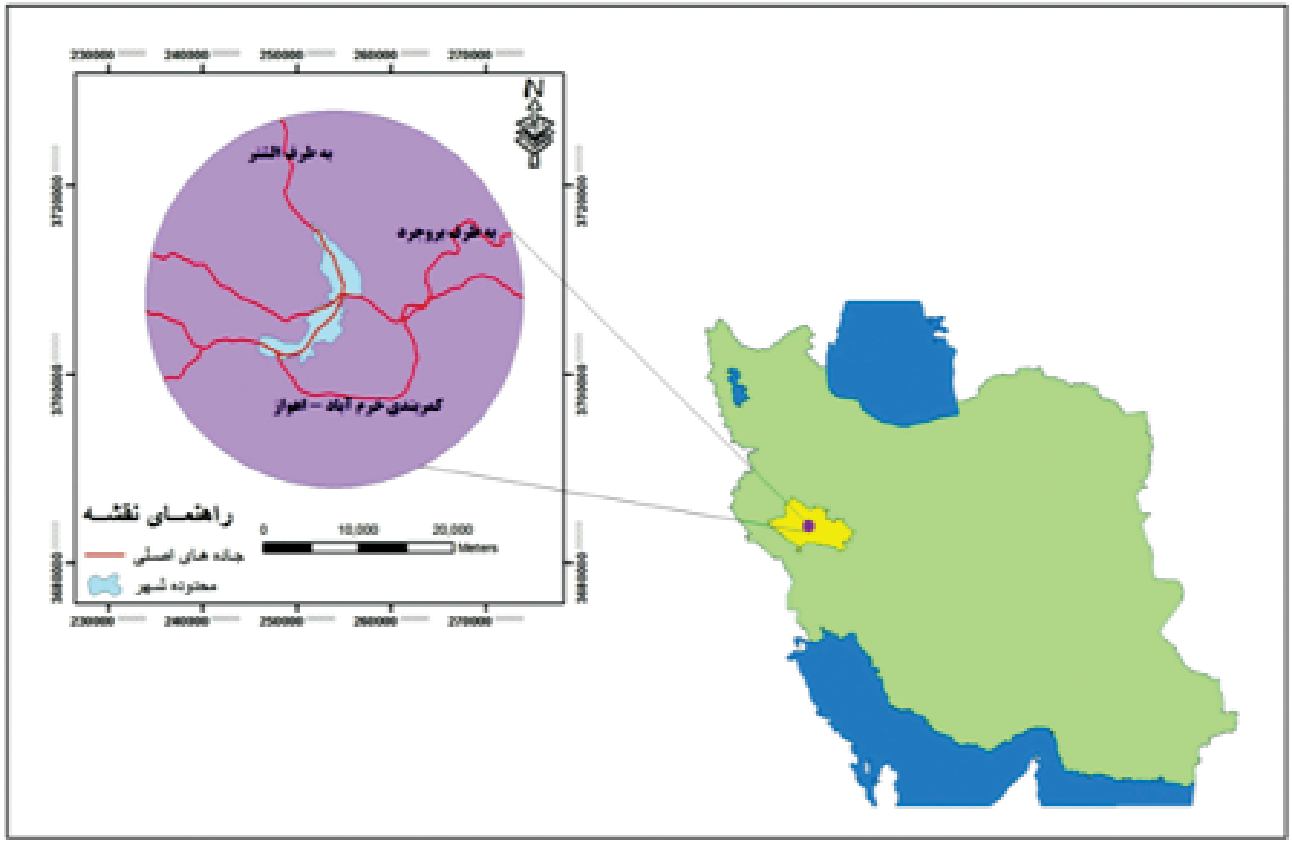
۲- منطقه مورد مطالعه

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

خرم آباد بر اساس تقسیمات زمین شناسی، در زون زاگرس چین خورده 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.

۳-۱- تئوری مدل‌سازی با AHP

در سیستم AHP، یک ماتریس به عنوان نتیجه مقایسه های دودویی تهیه شده و وزن معیارها، نتیجه محاسبات خواهد بود. همچنین می توان نسبت سازگاری (Consistency Ratio, CR) تصمیمات را در مقایسه دودویی تعیین کرد. نسبت سازگاری بیانگر احتمال تصادفی تعیین مقادیر در یک ماتریس مقایسه‌ای دودویی می‌باشد (Uyan 2014).

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

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

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

در این رابطه، aij نشان دهنده میزان اهمیت هدف i ام نسبت به هدف j ام می‌باشد. برای تمامی i و j ها، aii=۱ و aij=1/aji. ارزیابی احتمالی مقادیر aij در ماتریس مقایسه‌ای دودویی به همراه تفاسیر متناظر با آن‌ها در جدول۱ 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 مقایسه‌ای دودویی نرمال شده تهیه می شود.

$$\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \cdots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \cdots & \frac{a_{m}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

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

$$AW=\begin{pmatrix} c_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}=\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{il}}+ & \cdots & +\frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ n & & \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}}+ & \cdots & +\frac{a_{m}}{\sum a_{in}} \\ n & & n \end{bmatrix} \quad (۳)$$

د) سازگاری مقادیر وزنی (c_i) کنترل می شود. برای این منظور مراحل زیر انجام می شوند:

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

$$A\times C=\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}\times\begin{pmatrix} c_1 \\ . \\ c_n \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} x_1 \\ 1 \\ x_n \end{pmatrix} \quad (۴)$$

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

رابطه(۱)
$$\lambda_{max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{X_i}{c_i}$$

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

رابطه(۲)
$$CI=\frac{\lambda_{max-n}}{n-1}$$

- در پایان، به منظور اطمینان از سازگاری ماتریس مقایسه‌ای دودویی،

رابطه(۳)
$$CI=\frac{CI}{RI}$$

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

در این رابطه، RI اندیس سازگاری تصادفی می‌باشد. مقادیر RI برای مقادیر مختلف n در جدول ۲ ارائه شده است. اگر CR≤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).

جدول۱- مقیاس ارزیابی AHP

مقدار عددی aij	تفسیر
۱	اهمیت برابر i و j
۳	اهمیت متوسط i نسبت به j
۵	اهمیت زیاد i نسبت به j
۷	اهمیت بسیار زیاد i نسبت به j
۹	اهمیت فوق‌العاده زیاد i نسبت به j
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	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۵۳	۱/۵۶

۴- بحث

۴-۱- بررسی زیست‌محیطی محل دفن کنونی

همانگونه که بیان شد؛ ترکیب زباله در مناطق و زمان‌های مختلف متغیر بوده و مسائل فرهنگی و اقتصادی هر جامعه مهم‌ترین عامل در تعیین آن می‌باشند. بر اساس بررسی‌های انجام شده، در شهر خرم‌آباد نیز همانند بسیاری از نقاط کشور که فاقد سیستم مناسب جهت بازیافت زباله و تولید کمپوست می‌باشند، بیش‌ترین سهم زباله‌های 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 می‌باشد. پلاستیک، کاغذ و مقوا نیز با فاصله بسیار از مواد فسادپذیر در رده‌های بعدی زباله‌های تولیدی در این شهرستان می‌باشند (جدول۳).

بررسی ها نشان می‌دهد که شیرابه محل دفن زباله‌های شهر خرم‌آباد دارای آلکالینیته ضعیف بوده و این بیانگر سن متوسط آن می‌باشد (Alloway et al. 1997) . با افزایش زمان دفن زباله، مقدار pH نیز افزایش می‌یابد. میزان فعالیت ارگانیکی در محل دفن زباله با استفاده از میزان BOD و COD شیرابه آن سنجیده می‌شود. در محل دفن زباله، فعالیت میکروارگانیسم‌ها با گذشت زمان افزایش یافته و این بدان معناست که میزان اکسیژن مورد نیاز فعالیتهای بیوشیمیایی (BOD) نیز در شیرابه افزایش می‌یابد. میزان اکسیژن مورد نیاز فعالیت‌های شیمیایی (COD) دارای روندی عکس BOD می‌باشد به این صورت که با گذشت زمان میزان COD کاهش یافته و میزان BOD شیرابه بالا می‌رود. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت بیوشیمیایی و شیمیایی در محل مورد نظر بسیار بالا بوده و مقادیر بالای BOD و COD در شیرابه مؤید آن می‌باشد (جدول ۴). علت اصلی نرخ بالای BOD، COD و نیترات را می‌توان به نرخ بالای مواد فسادپذیر در زباله‌های منتقل شده به این منطقه دانست. ترکیبات حاوی فسفر و نیتروژن از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های غیرارگانیکی موجود در شیرابه محل دفن زباله می‌باشند. بر اساس نتایج حاصل، در منطقه مورد مطالعه این ترکیبات دارای مقادیر بسیار بالا و خطرساز می‌باشند.

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 زنجیره‌ای وجود خواهد داشت. نتایج آنالیزهای صورت گرفته (جدول ۵) نشان می‌دهد که آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه به برخی فلزات سنگین محرز شده که این عناصر را در گیاهان ناحیه مورد مطالعه نیز می‌توان مشاهده کرد. بر اساس نتایج آنالیزها، لزوم توجه ویژه به اثرات زیست محیطی محل دفن کنونی حائز اهمیت می‌باشد.

جدول۳- ترکیب زباله‌های تولیدی (به درصد) در شهر خرم‌آباد و تغییرات فصلی آن‌ها (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
سایرمواد	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	۰/۰۱	۰/۱۲
PET	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۱

جدول۴- نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه شیرابه محل دفن زباله‌های شهر خرم‌آباد (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
نیتریت (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

۴-۲- مکانیابی محل بهینه جهت دفن زباله‌های شهری

در این تحقیق پس از جمع‌آوری لایه‌های 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، مقایسه‌ها به درستی انجام گرفته است (جدول ۶).

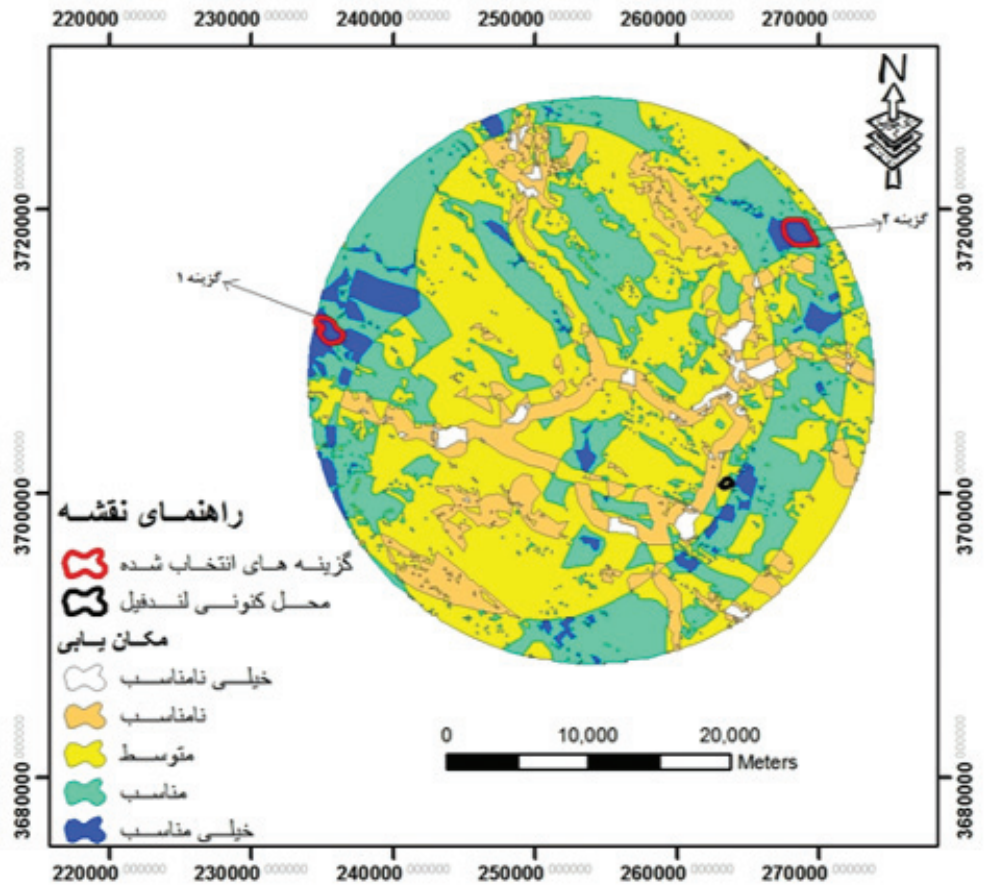
جدول۵- فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در خاک و گیاهان محدوده مورد مطالعه (اداره کل محیط زیست استان لرستان ۱۳۸۷)

پارامترهای اندازه‌گیری شده در خاک (درصد)		پارامترهای اندازه‌گیری شده در گیاهان (درصد)	
سرب	۰/۰۰۱۷	سرب	۰/۰۰۴
کروم	۰/۰۰۳۵	کروم	۰/۰۰۰۶
مس	۰/۰۰۲۰	مس	۰/۰۰۰۴
باریم	۰/۱۰۲۵	باریم	۰/۰۲۵۸
منگنز	۰/۰۲۵۳	منگنز	۰/۰۰۴۵
روی	۰/۰۰۶۸	روی	۰/۰۰۲۵
نیکل	۰/۰۰۶۷	نیکل	۰/۰۰۰۴
جیوه	۰/۰۲۰۰	جیوه	۰/۰۰۹۵

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

۴-۳- مقایسه‌ی گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه

با توجه به تولید روزانه ۳۰۰ تن زباله در شهر خرم‌آباد 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 ۲۵۸۷۹۵۵۱۴۰ کیلوگرم خواهد بود (جدول ۷).



تصویر ۲- نقشه مکان یابی زباله‌های شهری شهر خرم‌آباد

جدول ۶- وزن‌های 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		۱۰>	۰/۰۴۱	۰/۰۹
				۱۰-۱۵	۰/۱	
				۱۵-۲۰	۰/۲۰۸	
				۲۰<	۰/۶۵۱	
	کاربری اراضی	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	
	سنگ شناسی	۰/۰۵۷		گنگلومرا	۰/۰۳۷	۰/۰۳
				آبرفت‌های جوان (کنگلومرا و ماسه سنگ)	۰/۰۶۳	
				آهک توده‌ای سفیدرنگ	۰/۰۸۶	
				شیل و ماسه سنگ	۰/۱۲۴	
				آهک مارنی، مارن و ماسه سنگ	۰/۱۹۳	
				مارن	۰/۴۹۷	
	شیب (درجه)	۰/۰۷۷		۰-۵	۰/۶۴۲	۰/۰۹
				۵-۱۰	۰/۲۰۶	
				۱۰-۱۵	۰/۱۰۶	
				۱۵<	۰/۰۴۶	
	فاصله از گسل (متر)	۰/۰۵۲		۲۰۰۰>	۰/۱	۰
				۲۰۰۰<	۰/۹	
اقتصادی	فاصله از جاده‌های اصلی (متر)	۰/۰۷۵		۰-۱۰۰۰	۰/۰۴۲	۰/۰۹
				۱۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۶۵۷	
				۳۰۰۰-۶۰۰۰	۰/۲۱۹	
				۶۰۰۰<	۰/۰۸۱	
	فاصله از جاده‌های فرعی (متر)	۰/۰۵۴		۰-۱۰۰۰	۰/۱۰۶	۰/۰۰۸
				۱۰۰۰-۸۰۰۰	۰/۷۰۱	
				۸۰۰۰<	۰/۱۹۳	
	ارتفاع (متر)	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	
				۳۰۰۰<	۰/۷۳۳	
	فاصله از فرودگاه (متر)	۰/۰۶۴		۳۰۰۰>	۰/۰۶۰	۰/۰۹
				۳۰۰۰-۴۰۰۰	۰/۱۹۳	
				۴۰۰۰<	۰/۷۴۷	

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	۳۰۰۰۰۰	۱۰۹۴۳۱۷۲۰/۶
۱۳۹۳	۳۶۰۵۸۱	۳۰۳۳۲۰/۷	۱۱۰۷۱۲۰۶۹/۱
۱۳۹۴	۳۶۴۷۹۹	۳۰۶۸۶۸/۹	۱۱۲۰۰۷۱۵۵/۴
۱۳۹۵	۳۶۹۰۶۸	۳۱۰۴۶۰	۱۱۳۳۱۷۹۰۰/۶
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	۱۲۵۸۲۴۱۷۲/۴
۱۴۰۵	۴۱۴۵۹۵	۳۴۸۷۵۷/۳	۱۲۷۲۹۶۴۱۹/۶
۱۴۰۶	۴۱۹۴۴۶	۳۵۲۸۳۸	۱۲۸۷۸۵۸۶۰/۹
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			۲۵۸۷۹۵۵۱۴۰

جدول ۸- مقایسه گزینه‌های انتخاب شده جهت دفن زباله

پارامترها	مکان شماره ۱	مکان شماره ۲
شیب	بیشتر منطقه داری شیب کمتر از ۵ درجه	داری شیب کمتر درجه‌از ۱۵
ارتفاع	کمتر از ۱۳۰۰ متر	بیشتر از ۱۷۰۰ متر
لیتولوژی	کنگلومرا و ماسه سنگ	کنگلومرا
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

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

رابطه (۴)

$$\text{سطح مورد نیاز} = \frac{\text{جمعیت هدف} \times ۳۶۵ \times \text{تولید زباله روزانه (کیلوگرم)}}{\text{عمق متوسط دفن زباله (متر)} \times \text{چگالی (کیلوگرم بر متر مربع)}}$$

$$= \frac{۲۵۸۷۹۵۵۱۴۰}{۳۲۱ \times ۳} = ۲۶۸۷۳۸۸ \ m^2$$

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

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق پس از مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهر خرم آباد نتایج زیر به دست آمد.

محل دفن کنونی زباله‌های 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 گزینه‌نهایی در پهنه بسیار مناسب تعیین و مورد مقایسه قرار گرفتند. بر اساس مقایسه خصوصیات هر گزینه و نتایج حاصل، مناسبترین محل جهت دفن زباله‌های شهر خرم آباد در طول و عرض جغرافیایی "۳ '۹ °۴۸ و "۳۰ '۳۰ °۳۳ 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 زباله‌های 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.

تقدیر و تشکر

مطالعه حاضر با حمایت مالی باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد 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 می‌نمایند.

مراجع

اداره کل محیط زیست استان لرستان، ۱۳۸۷. ارزیابی اثرات زیست محیطی مکان‌های دفن زباله شهرستان‌های استان لرستان. ج ۱ و ۲.

Alloway, B.J., D.C., Ayres., 1997 . Chemical principles of environmental pollution (Second edition) . *Waste andother 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., Breeden., 2008. "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for land?ll 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 land?ll site selection by integrating fuzzy logic. AHP and geographic information systems. *Environ Earth Sci, 67:121-131.*

Eskandari, M., Homaee, M. , S., Mahmodi., 2012. An integrated multi criteria approach for landll siting in a conicting 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., Esmyot, M. , R., Boojhawon., 2009. The health impact of nonhazardous solid waste disposal in a community: the case of the Mare Chicose land?ll 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 land?ll site selection: a case study using ordered weighted average. *Waste Manag, 32:287-296.*

Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L. , C., Lijun., 2009. Land?ll site selection using spatial information technologies 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 land?lls 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 landÁll 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 ?sh cage site-selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture, 224(1-4):51-68.*

Saaty, TL., 1980. The analytic hierarchy process, *McGraw-Hill, New York.*

Siddiqui, M., Everett, J.M. , B.E., Vieux., 1996. LandÁll 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 landÁll. *Waste Manag (Oxford), 28:2146-2160.*

Uyan, M., 2014. MSW landll 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 landÁll 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 landÁll 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.*