

## مکانیابی محل دفن پسماند شهر کرج با استفاده از تاپسیس فازی سلسله مراتبی (مطالعه موردی شهر کرج)

مظاهر معین الدینی<sup>۱\*</sup>، نعمت اله خراسانی<sup>۲</sup>، افشین دانه کار<sup>۳</sup>، علی اصغر درویش صفت<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

۲- ۴۰۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۳، تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۲/۲۲)

### چکیده:

مکان یابی محل دفن یک فرایند ضروری در مدیریت پسماند، در مناطق با رشد زیاد است. به علت پیچیدگی سیستم های مدیریت پسماند، انتخاب مکان مناسب برای استقرار محل دفن نیازمند بررسی راه حل های پیشنهادی متعدد و معیارهای ارزیابی مختلف است. این مطالعه استقرار محل دفن جدیدی را با استفاده از یکپارچگی تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره و تجزیه و تحلیل همپوشی لایه ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان می دهد. در این مطالعه برای بدست آوردن مناطق مناسب برای دفن زباله شهری در یک دوره ۲۰ ساله از روش های ترکیب خطی وزنی و تجزیه و تحلیل خوشه ای استفاده شد. در نهایت برای رتبه بندی مناطق، برای استقرار محل دفن از یک مدل ارزیابی سلسله مراتبی، تحت عنوان تاپسیس فازی سلسله مراتبی استفاده شد. نتایج نشان دهنده ارجح ترین گزینه برای استقرار محل دفن بود. در نتیجه از کل منطقه مورد مطالعه به مساحت ۱۳۶۱ کیلومتر مربع فقط حدود ۶ درصد آن برای مکان دفن مناسب است. استفاده از HFTOPSIS در این مطالعه، کارایی، سهولت و کاهش زمان را نسبت به سایر روش ها مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی نشان داد. همچنین کاربرد این روش برای مناطق مشابه برای مکانیابی محل دفن پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: تاپسیس فازی سلسله مراتبی، شهر کرج، مکانیابی محل دفن زباله

## مقدمه

عملیات اجرایی دفن پسماند به عنوان یک روش رایج، بوسیله جوامع مختلف در طول سالیان گذشته مورد استفاده قرار گرفته است (Komilis, et al, 1999). به رغم تلاش های گسترده ای که برای بازیافت و بازیابی پسماند انجام شده، مکان یابی محل های دفن گریز ناپذیر است. این امر همچنین در آینده به عنوان یکی از اقدامات مهم طرح های مدیریت پسماند ضرورت دارد. پسماند دفع شده در محل های دفن به طور معمول تحت تاثیر فرایندهای پیچیده بیوفیزیکوشیمیایی است که باعث تولید و انتشار شیرابه و انواع گازها به محیط زیست می شود. شیرابه تولیدی حاوی ترکیبات محلول و محمولات جانبی با منشأ تجزیه و تخریب پسماند است. گازهای گلخانه ای از قبیل متان و دی اکسید کربن در طی تثبیت شدن مواد آلی پسماند تولید می شود. این گازها به همراه ترکیبات آلی فرار و سایر ترکیبات زیان آور از محل دفن نشت کرده و با ورود به اتمسفر می توانند مشکلاتی را برای محیط زیست ایجاد کنند. از جمله مطالعاتی که به بررسی ورود و نشت شیرابه تولید شده در محل دفن به آب های زیر زمینی می توان به مطالعات Kjeldsen و Sawney و Kozolowski (1984)، Nixon et al (1997) اشاره کرد. محل دفن می تواند بطور بالقوه بر محیط اطراف اثرات منفی و زیان بار به دنبال داشته و بر سلامتی جامعه، اقتصاد و محیط زیست بازتاب داشته باشد. به همین دلیل ایجاد تاسیساتی مانند محل دفن، فعالیت دشوار است و استقرار آن نیز اغلب با مخالفت های عمومی روبرو می شود (Tchobanoglous et al, 1993). بنابراین ارزیابی جامعی برای استقرار محل دفن ضرورت دارد. در انتخاب محل دفن می بایست الزامات و قوانین دولتی رعایت شود و از سوی دیگر، این انتخاب باید با کمترین آثار منفی اجتماعی، سلامتی، اقتصادی و محیط زیستی همراه باشد (Siddiqui et al, 1996).

برای مکان یابی محل دفن از روش های مختلفی استفاده شده است و به همین منظور معیارهای متعددی برای انتخاب مکان مناسب به کار گرفته شده است. از بررسی ها

و مطالعات مرتبط می توان به بررسی Basiji (1997)، Heidarzadeh (2000)، Shokraee (2002)، Badve (2003)، Koochi (2006)، Ramuu و Kennedy (1994)، Siddiqui et al (1996)، Lin و Kao (1996)، Valentine Charnpratheep et al (1997)، Leao et al (2001)، Guputa et al (2003)، Kontos et al (2005)، Al-Jarrah و Abu-Qdais (2006)، Wang et al (2009) اشاره نمود.

فرایند مکان یابی با تکیه به اطلاعات کاملی از سرزمین انجام می شود تا اطمینان حاصل شود که استقرار محل دفن به خوبی صورت گرفته است. از سوی دیگر نحوه به کار بردن این اطلاعات و نحوه تصمیم گیری در انتخاب محل دفن، موضوع مهم و دارای اهمیت فراوانی است. برای به کارگیری فن مناسب تصمیم گیری چند شاخصه، برای انتخاب گزینه برتر برای استقرار محل دفن، دو مشکل عمده وجود دارد، ۱- یکپارچه کردن همزمان نظرات گروهی تصمیم گیران، ۲- هیچ یک از تصمیم گیران، قادر به تخصیص مقدار کمی دقیق برای یک گزینه، نسبت به یک معیار نیست و معمولاً از مقادیر و یا الفاظ زبانی استفاده می شود. لذا، باید از فنی استفاده کرد که بخوبی قادر به رفع دو مشکل فوق باشد. این فن باید توانائی اعمال نظر همه نظرات تصمیم گیرندگان را داشته باشد و همچنین باید قادر به تخصیص مقدار کمی مناسبی به متغیرهای زبانی باشد. برای این منظور از تئوری و نظریه فازی استفاده می شود (Moeinaddini, 2008). هدف این مقاله به کارگیری روش تصمیم گیری چند معیاره جبرانی از زیرگروه سازشی با عنوان تاپسیس فازی سلسله مراتبی (HFTOPSIS)<sup>۱</sup> در حل مسائل محیط زیستی و به عنوان نمونه، مکانیابی محل دفن پسماند برای شهر کرج می باشد.

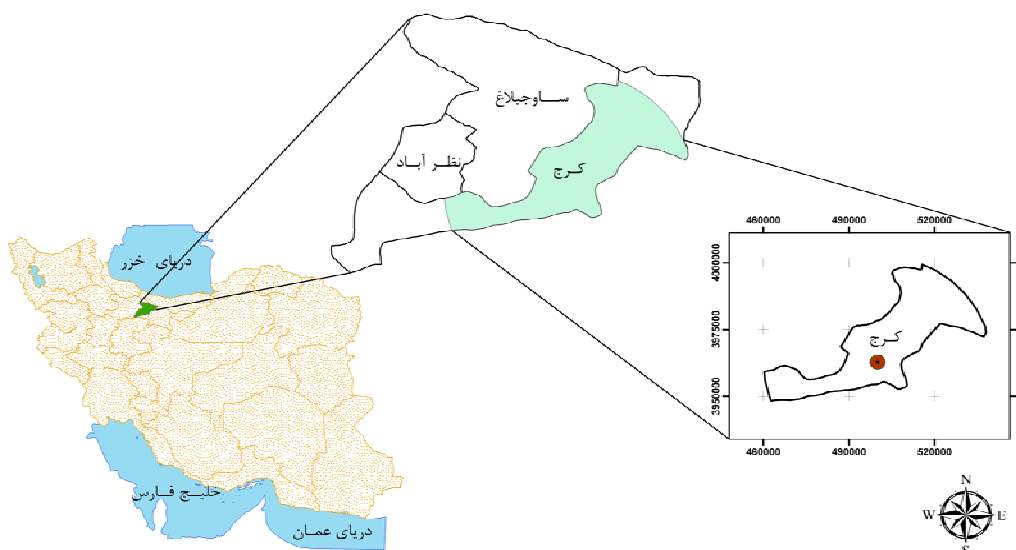
<sup>۱</sup>-Hierarchical Fuzzy Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution (HFTOPSIS)

## مواد و روش ها

## معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان کرج مرکز استان البرز در دامنه جنوبی، رشته کوه البرز با مساحت حدود ۲۲۵۵ کیلومتر مربع و طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ با جمعیت حدود یک میلیون و ۷۳۰ هزار نفر واقع شده است. از این تعداد ۹۶/۲ درصد در مناطق شهری و معادل ۳/۸ درصد در روستاها زندگی می کنند (Iran Statistics Center, 2006). مطابق نتایج

بررسی‌های پیشین (Heidarzadeh (2000)، Shokraee (2002)، Koochi (2006))، شعاع ۴۰ کیلومتری از مرکز تولید پسماند (شهر کرج) محدود به مرز شهرستان کرج به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد که مساحت آن برابر با ۱۳۶۱ کیلومتر مربع می باشد. مهم ترین دلیل این انتخاب، حداکثر فاصله ای است که در سیستم مدیریت پسماند، اقتصادی است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

تهیه نقشه از معیارهای کیفی از تئوری فازی استفاده شد. کاربرد مجموعه های فازی در مسائل تصمیم گیری یکی از مهم ترین و کارآمدترین کاربردهای تئوری در مقایسه با تئوری های کلاسیک است. در واقع تئوری تصمیم گیری فازی، تلاش می کند که ابهام و عدم قطعیت های ذاتی موجود در ترجیحات، اهداف و محدودیت های موجود در تصمیم گیری را به صورت یک مدل در آورد. استاندارد سازی فازی معیارها در دامنه عددی ۰-۲۵۵ انجام شد. به این معنا که عدد صفر دارای کمترین شایستگی و عدد ۲۵۵ دارای بیشترین شایستگی برای استقرار محل دفن است. جدول ۳ نوع توابع عضویت فازی

## روش کار

ابتدا معیارهای مکان یابی با استفاده از نتایج بررسی های (Basiji (1994)، Zamiran consulting (1997)، Ghiasi (2005)، Farhoodi (2002)، Shokraee (2006)، Koochi (2006)، GholamaliFard (2006)، Siddiqui et al (1996)، Doerhoefer و Siebert (1998)، Sharifi و Herwijnen (2003)، Kontos et al (2005)، Abu-Qdais و Al-Jarrah (2006) تهیه و نقشه سازی شد. معیارها و زیر معیارها نسبت به هدف مورد مطالعه در ساختار سلسله مراتبی قرار گرفت (شکل ۲). برای هم واحد نمودن معیارهای کمی و همچنین برای

**HFTOPSIS**

با توجه به اینکه روش‌ها و فنون مختلفی برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد، اما روش تاپسیس (TOPSIS) حساسیت کمتری نسبت به روش وزن‌دهی به معیارها را دارد (Malczewski, 1999). TOPSIS یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که  $m$  گزینه را با توجه به  $n$  معیار، رتبه بندی می‌کند. اساس این روش، انتخاب گزینه ای است که کمترین فاصله را از جواب ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را از جواب منفی ایده آل، دارد (Asgarpour, 2006).

در روش TOPSIS کلاسیک و فازی، تعدادی معیار اصلی و تعدادی گزینه وجود دارد و سطوح سلسله مراتبی مسأله دارای سه سطح هدف، معیارهای اصلی و گزینه‌ها است. چنانچه ساختار سلسله مراتبی مسأله دارای زیرمعیار باشد روش‌های TOPSIS کلاسیک و فازی غیر قابل استفاده خواهد بود، به همین دلیل با یک روش توسعه یافته TOPSIS تحت عنوان HFTOPSIS (Ates et al, 2006)، مکان یابی محل دفن پسماند شهر کرج انجام شد. هر معیار اصلی دارای  $r_i$  زیر معیار است که تعداد کل این زیر معیارها مطابق رابطه ۱ برابر با  $m$  است.

ساختار سلسله مراتبی دارای چهار سطح هدف، معیارهای اصلی، زیرمعیارها و گزینه‌ها است (شکل ۲). باید برای این روش سه ماتریس وزن تهیه شود که عبارتند از: ۱- ماتریس (بردار) وزن معیارهای اصلی نسبت به هدف (مکان یابی محل دفن پسماند شهر کرج) که با  $\tilde{I}_{MA}$  (رابطه ۲ و ۴) نشان داده می‌شود.

۲- ماتریس وزن زیر معیارها نسبت به معیارهای اصلی مربوطه خود که با  $\tilde{I}_{SA}$  (رابطه ۵) نشان داده می‌شود.

۳- ماتریس وزن گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها که با  $\tilde{I}_A$  (۶) نشان داده می‌شود.

برای تعیین وزن هر معیار اصلی نسبت به هدف و همچنین هر زیرمعیار نسبت به معیار اصلی از جدول ۱ و ۳ و برای تعیین وزن گزینه‌ها نسبت به زیر معیارها از جدول ۲ و ۴ استفاده شد.

به کار رفته و نقاط کنترل را برای استانداردسازی فازی هر زیر معیار نشان می‌دهد. در شکل ۳ نیز تعدادی از نقشه زیرمعیارهای استاندارد شده نشان داده شده‌اند. برای تعیین گزینه‌های مناسب از رویکرد ترکیب وزنی خطی (WLC)<sup>۲</sup> استفاده شد (Malczewski, 1999). برای تعیین وزن اهمیت معیار در رابطه با هدف و زیرمعیارها (جدول ۳) نسبت به معیار اصلی از روش مقایسه زوجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Ghodsipour, 2005) استفاده شد. نتیجه حاصل از ترکیب وزنی خطی، تولید نقشه شایستگی مکان‌ها برای دستیابی به هدف مطالعه بود (شکل ۳).

در مرحله بعد، فرایند تحلیل خوشه‌ای بروی نقشه شایستگی، انجام شد تا گزینه‌های مناسب برای محل دفن انتخاب شود. گزینه مکانی می‌بایست دارای حداقل میانگین سطحی ۲۰۰ در نقشه شایستگی، دارای حداقل مساحت لازم برای دفن در یک دوره ۲۰ ساله بود (با توجه به میزان تولید پسماند در شهر کرج، نرخ رشد جمعیت شهر و تعیین نوع دفن)، باشد و به این ترتیب حداقل وسعت لازم معادل ۲۵۰ هکتار (Moeinadini, 2007) تعیین شد (شکل ۴).

برای اولویت بندی بین گزینه‌های به دست آمده از مراحل قبل، از روش HFTOPSIS استفاده شد. برای تعیین صحت در مراحل مختلف انجام کار، از نرخ سازگاری به دست آمده در تعیین وزن اهمیت نسبی معیارها و برای نقشه شایستگی از آماره‌های فضایی Maron's I (دو رویکرد Rook's Case و King's Case) استفاده شد. یکی از قدیمی‌ترین شاخص‌های خود همبستگی فضایی، شاخص Maron's I است. این ضریب مقدار متغیر را در یک مکان با سایر ارزش‌های سایر مکان‌ها مقایسه می‌کند. هدف این بررسی، اندازه‌گیری میزان و شدت خود همبستگی فضایی در نقشه و آزمون فرض مستقل بودن یا تصادفی بودن است (Eastman, 2003).

<sup>۲</sup>- Weighted Linear Combination (WLC)

هر زیر معیار را به طور متوسط در سطح هر گزینه نشان می دهد. برای به دست آوردن وزن گزینه ها نسبت به معیارها یک ستون به جدول ۲ تحت عنوان ارزش میانگین زیر معیار اضافه شد تا بتوان مقادیر مورد نظر را به دست آورد.

۵- برای ترکیب کردن مقادیر  $(S^+, S^-)$  (رابطه ۱۱) و در نتیجه مقایسه گزینه ها از رابطه ۳ استفاده شد (حاصل رابطه ۱۲). به این ترتیب محاسبه نزدیکی هر گزینه به ایده ال  $(C_i^+)$  به دست آمد.

۶- بر اساس ترتیب نزولی  $C_i^+$  گزینه ها، از نظر مناسب بودن برای استقرار محل دفن رتبه بندی شد (جدول ۵).

### نتایج

حاصل روش ترکیب خطی وزنی و تحلیل خوشه ای فضایی، ۴ گزینه با حداقل مساحت قابل قبول بود. در نتیجه از کل منطقه مورد مطالعه فقط حدود ۶ درصد آن برای مکان دفن مناسب بود. نتایج خود همبستگی فضایی، نقشه شایستگی از رویکردهای انجام شده عبارت از رویکرد Rook's Case برابر با ۰/۹۸۹۰ و رویکرد King's Case برابر با ۰/۹۷۱۹ بود.

$$m = \sum_{i=1}^n r_i \quad (۱) \text{ رابطه}$$

$$\tilde{I}_{MA} = MA_p \begin{bmatrix} \tilde{W}_1 \\ \vdots \\ \tilde{W}_p \\ \vdots \\ \tilde{W}_n \end{bmatrix} \quad (۲) \text{ رابطه}$$

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (۳) \text{ رابطه}$$

ماتریس های وزن معیارها نسبت به هدف و زیر معیارها نسبت به معیارهای مربوطه (جدول ۳) از پرسشنامه (۱۰ عدد پرسشنامه) و روش مقایسه زوجی به دست آمد. ماتریس ارزیابی (جدول ۴) با میانگین گیری از ارزش های نقشه هر زیر معیار در سطح گزینه حاصل شد، که مقدار

جدول ۱ - وزن هر معیار اصلی نسبت به

هدف و زیر معیار نسبت به معیار اصلی

توصیف	بیان فازی
خیلی کم	(۰/۲ و ۰/۰)
کم	(۰/۴ و ۰/۲)
متوسط	(۰/۷ و ۰/۵)
زیاد	(۰/۸ و ۰/۶)
خیلی زیاد	(۰/۸ و ۰/۸)

جدول ۲ وزن گزینه ها نسبت به معیارها

توصیف	بیان فازی	ارزش میانگین زیر معیار
خیلی ضعیف	(۰ و ۲۰)	۱۰۰ >
ضعیف	(۲۰ و ۴۰)	۱۰۰-۱۵۰
بی تفاوت	(۳۰ و ۵۰)	۱۵۰-۲۰۰
خوب	(۶۰ و ۸۰)	۲۰۰-۲۲۵
خیلی خوب	(۸۰ و ۱۰۰)	۲۲۵-۲۵۵

بعد از بدست آوردن سه ماتریس ذکر شده، مراحل زیر گام به گام انجام شد (Ates et al, 2006).

۱- نرمالیز کردن ماتریس تصمیم  $\tilde{I}_A$  (۶)، که با هدف بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم انجام شد (ماتریس  $D'$  یا رابطه ۷). برای نرمالیز کردن آن از روش Chen, Hwang (1992) با نرمالیز کردن خطی استفاده شد.

۲- ماتریس تصمیم نرمالیز شده وزن دار  $v$  (رابطه ۸)

۳- جواب ایده آل مثبت  $(PIS^3)$  یا  $D^+$  و جواب ایده آل منفی  $(NIS^4)$  یا (۱۰ و ۹)، به دست آمد.

۴- اندازه فاصله هر گزینه نسبت به ایده آل مثبت و منفی  $(S^+, S^-)$  (رابطه ۱۱) محاسبه شد.

۳- Positive Ideal Solution

۴- Negative Ideal Solution

رابطه (۴)

$$\tilde{I}_{MA} = \begin{matrix} V.S \\ LU \\ S.E \\ B.D \\ P.A \end{matrix} \begin{bmatrix} (0,0,2,0,04) \\ (0,3,0,5,07) \\ (0,6,0,8,1) \\ (0,8,1,1) \\ (0,3,0,5,07) \end{bmatrix}$$

رابطه (۱۰)

$$D^- = \begin{matrix} V.R \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} V.U & \dots & P \\ 0.125 & 0.074 & \dots & 0.243 \\ 0 & 0.074 & \dots & 0.373 \\ 0.125 & 0 & \dots & 0.373 \\ 0 & 0.074 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

رابطه (۵)

$$\tilde{I}_{SA} = \begin{matrix} V.R \\ V.U \\ LU \\ S.E \\ \vdots \\ P \end{matrix} \begin{bmatrix} (0,0,2,0,04) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (0,8,1,1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (0,8,1,1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (0,8,1,1) & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (0,8,1,1) \end{bmatrix}$$

رابطه (۱۱)

$$S_{A_1}^+ = 0 + 0 + \dots + 0.128 = 1.941$$

$$S_{A_2}^- = 0.125 + 0.074 + \dots + 0.243 = 2.765$$

رابطه (۱۲)

$$C_{A_1}^+ = \frac{1.941}{2.765 + 1.941} = 0.5857$$

### بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده کمیابی زمین را در محدوده مورد مطالعه برای دفن پسماند نشان داد. با توجه به رویکرد توسعه پایدار، شایسته است هر چه زودتر طرح جامع مدیریت پسماند شهر کرج، تهیه و اجرا شود تا در آینده سیستم مدیریت پسماند شهر کرج با کمیابی زمین برای دفن در شهرستان مواجه نشود. در این بین با استفاده از فرایند HFTOPSIS گزینه ۳ بعنوان ارجح ترین مکان برای استقرار محل دفن شناسایی شد. نتایج بدست آمده از بررسی خود همبستگی فضایی طبق شاخص جهانی Maron's I نشان داد که نقشه شایستگی دارای همبستگی فضایی بالایی می باشد.

رابطه (۶)

$$\tilde{I}_A = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} (0,0,4,0,16) & (0,0,2,0,4) & \dots & (0,24,0,5,0,7) \\ V.R & V.U & \dots & P \\ (30,50,70) & (80,100,100) & \dots & (60,80,100) \\ (80,100,100) & (80,100,100) & \dots & (80,100,100) \\ (30,50,70) & (60,80,100) & \dots & (80,100,100) \\ (80,100,100) & (80,100,100) & \dots & (30,50,70) \end{bmatrix}$$

رابطه (۷)

$$D' = \begin{matrix} V.R \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} V.U & \dots & P \\ (0,3,0,5,0,875) & (0,8,1,1,25) & \dots & (0,6,0,8,1,25) \\ (0,8,1,1,25) & (0,8,1,1,25) & \dots & (0,8,1,1,25) \\ (0,3,0,5,0,875) & (0,6,1,1,25) & \dots & (0,8,1,1,25) \\ (0,8,1,1,25) & (0,8,1,1,25) & \dots & (0,3,0,5,0,875) \end{bmatrix}$$

رابطه (۸)

$$V = \begin{matrix} V.R \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} V.U & \dots & P \\ (0,0,2,0,5) & \dots & (0,144,0,4,0,875) \\ (0,0,4,0,2) & (0,0,2,0,5) & \dots & (0,192,0,5,0,875) \\ (0,0,0,2,0,14) & (0,0,16,0,5) & \dots & (0,192,0,5,0,875) \\ (0,0,4,0,2) & (0,0,2,0,5) & \dots & (0,072,0,25,0,612) \end{bmatrix}$$

روش HFTOPSIS یکی از روش های مبتنی بر نقطه ایده آل است که اطلاعات کامل و رتبه بندی گزینه ها را در رابطه با فاصله نسبی هر گزینه نسبت به نقطه ایده آل مشخص می کند. در این رویکرد مشکلی که در بعضی روش ها مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۵</sup> ناشی از فرض استقلال در میان معیارها، وجود ندارد. با کاربرد این رویکرد، قابل اجتناب خواهد بود. در رویکردهای مبتنی بر نقطه ایده آل، یک گزینه به عنوان یک دسته تفکیک پذیر از صفات، مورد توجه قرار می گیرد و بر همین اساس

رابطه (۹)

$$D^+ = \begin{matrix} V.R \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} V.U & \dots & P \\ 0 & 0 & \dots & 0.128 \\ 0.625 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0.074 & \dots & 0 \\ 0.625 & 0 & \dots & 0.373 \end{bmatrix}$$

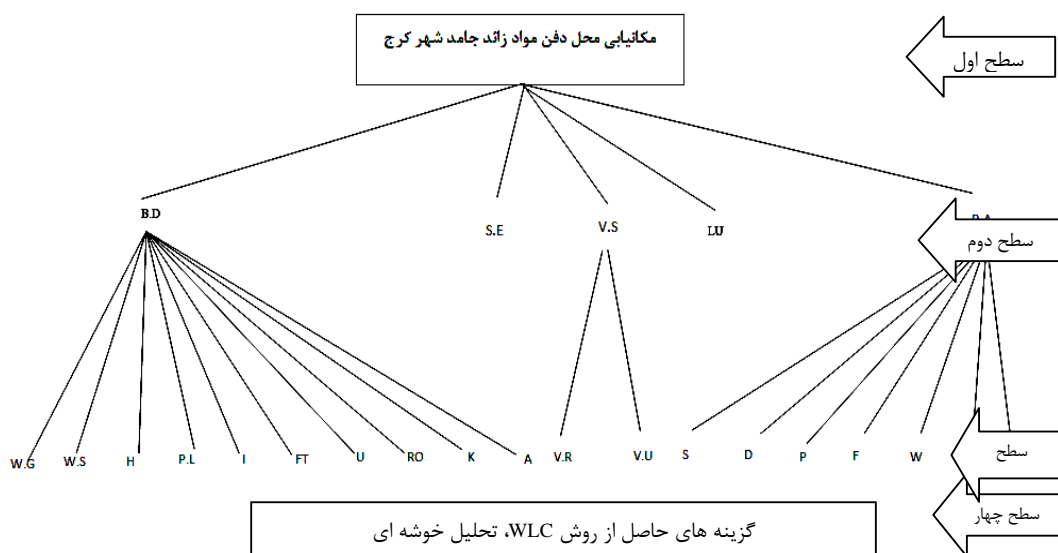
۵- Analytical hierarchy process (AHP)

سهولت کاربرد و کاهش زمان را نسبت به سایر روش ها مانند AHP نشان داد. البته این به آن معنا نیست که روش AHP روش ناکارآمدی است. برخی مطالعات با هدف مقایسه دقت و صحت روش TOPSIS و AHP، میزان دقت این دو روش را تقریباً مشابه، نشان داده است (Salomon, Montevechi, 2001)

در انتها این روش برای مکان یابی و تعیین ارجحیت بین گزینه ها، با هدف مکان یابی محل دفن در مناطق مشابه پیشنهاد می شود. همچنین از رویکرد و روش شناسی به کار رفته می توان برای مکان یابی سایر تاسیسات مورد نظر برای توسعه نیز بهره برد.

بی معنی خواهد بود که وابستگی را به طور مجزا مورد بررسی قرار داد و به ارزیابی ارزش ها و وابستگی ترجیحی پرداخت (Pereira, Duckstein, 1993; Zeleny, 1982). تا زمانی که آزمون یا بازبینی وابستگی در بین معیارها مشکل باشد، روش شناسی مبتنی بر نقطه ایده آل به عنوان یک رویکرد جذاب در مسائل تصمیم گیری مطرح خواهد بود و این موضوع در تصمیم گیری های فضایی که پیچیدگی ها خاص خود را دارند نیز صدق می کند (Malczewski, 1999).

در صورت به کارگیری TOPSIS برای حل مساله تصمیم گیری، اگر معیارها دارای زیر معیار باشند بایستی از TOPSIS سلسله مراتبی استفاده شود (Ates et al, 2006). استفاده از HFTOPSIS در این مقاله کارایی،



شکل ۲ ساختار سلسله مراتبی با هدف مکان یابی محل دفن پسماند

(مخفف های به کار رفته عبارتند از P.A ویژگی های فیزیکی سرزمین، B.D فاصله ها و حریم ها، V.S قابلیت دید، T دما، R بارندگی، W جهت و شدت باد، F سیل خیزی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، P نفوذپذیری خاک، D عمق خاک، S شیب زمین، A فاصله از فرودگاه، K فاصله از قنات، چشمه و چاه، RO فاصله از راه ها و راه آهن، U فاصله از سکونتگاه ها، FT فاصله از غسل، I فاصله از صنایع، P.L فاصله از خطوط انتقال نیرو، H مراکز تاریخی و گردشگری، W.S فاصله از منابع آب سطحی، W.G فاصله از سطح آب زیرزمینی، V.R قابلیت دید از راه ها و راه آهن، V.U قابلیت دید از سکونتگاه ها، L.U کاربری اراضی، S.E زیستگاه های حساس)

## جدول ۳ معیارها، زیرمعیارها و وزن نسبی آنها را به همراه شکل تابع عضویت، نوع تابع عضویت فازی

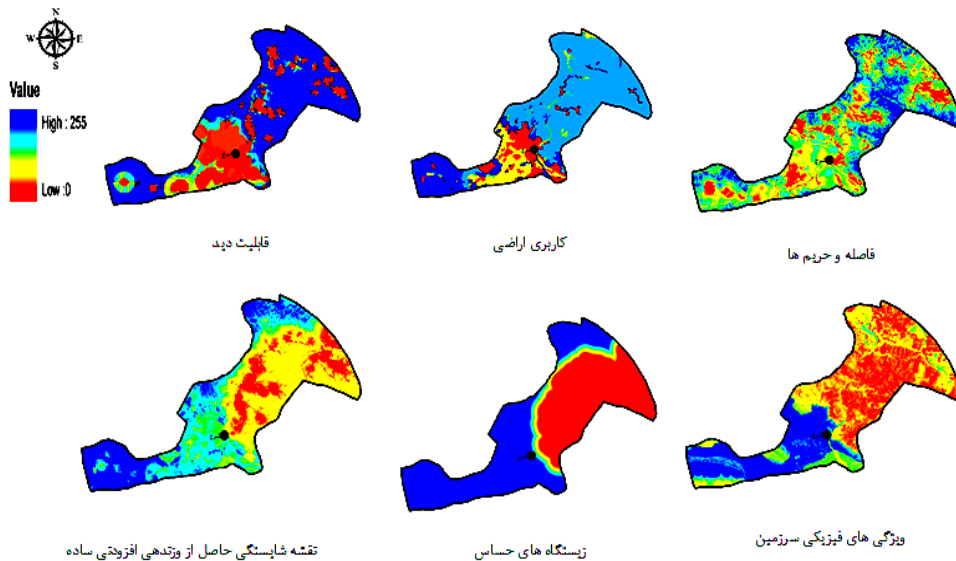
(شکل تابع عضویت یکنواخت افزایشی M.I (Monotonically Increasing)، شکل تابع عضویت یکنواخت کاهششی M.D (Monotonically Decreasing))

(U.D، تابع عضویت متقارن S (Symmetric)، تابع سیگموئید S، تابع تعریف شده U.D)

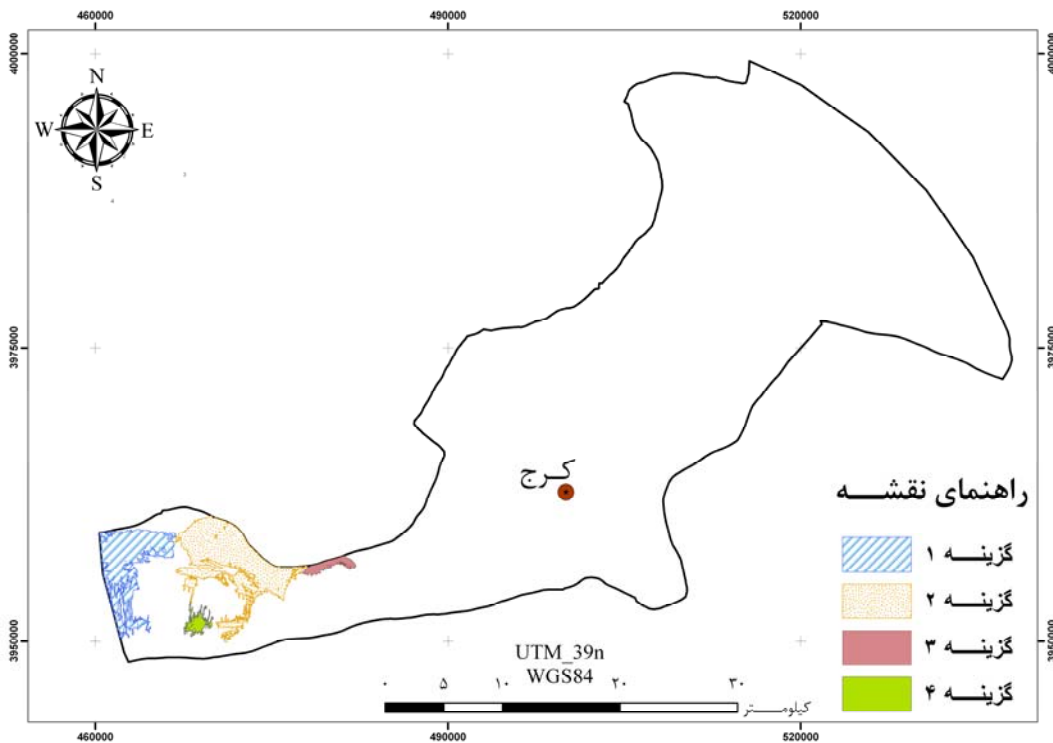
نوع تابع عضویت	شکل تابع عضویت فازی	نقاط کنترل				وزن معیار	زیر معیارها	معیار اصلی
		d	c	B	a			
S	M.I	۵۰۰۰	*	*	۳۰۰۰	۰/۰۶۲۳	فاصله از فرودگاه (متر)	فاصله و جریم ها (۰/۳۳۴۰)
S	M.I	۲۵۰۰	*	*	۱۰۰۰	۰/۰۷۳۵	فاصله از قنات، چاه و چشمه (متر)	
S	M.I	۶۰	*	*	۱۵	۰/۱۸۲۷	فاصله از سطح آب زیرزمینی (متر)	
S	S.M S.M S.M	۱۵۲۰	۱۰۰۰	۳۲۰	۲۵۰	۰/۰۶۹۵	فاصله از جاده ها (متر)	
		۱۵۲۰	۱۰۰۰	۲۴۰	۱۶۰		• فاصله از راه آهن و بزرگراه	
		۱۵۲۰	۱۰۰۰	۱۲۰	۴۰		• فاصله از جاده های اصلی درجه ۱ • فاصله از جاده های روستایی و مالرو	
S S	S.M M.I	۴۰	۲۵	۵	۳	۰/۱۶۲۲	فاصله از سکونتگاه ها (کیلومتر)	
		۵			۱		• فاصله از مرکز تولید • فاصله از مناطق روستایی	
S	M.I	۳۰۰۰	*	*	۳۲۰	۰/۰۸۸۳	فاصله از مراکز تاریخی و گردشگری (متر)	
U.D	S.M	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۲۰	۱۲۰	۰/۰۱۸۶	فاصله از خطوط انتقال نیرو (متر)	
S	M.I	۱۵۲۰	*	*	۱۰۰۰	۰/۰۳۳۲	فاصله از مناطق صنعتی (متر)	
S	S.M S.M	۲۰۰	*	*	۱۲۰	۰/۱۳۹۳	فاصله از غسل (متر)	
		۱۶۰	*	*	۸۰		• غسل اصلی • غسل فرعی	
U.D	M.I	-۳	-۲	-۱	-۱	۰/۰۴۲۸	دما (سانتی گراد)	
S	M.I	۵۰۰	۱۰۰	*	*	۰/۰۹۸۳	بارندگی (میلی متر)	
S	M.I	۱۶	*	*	۳	۰/۳۱۵۳	عمق خاک (متر)	
S	M.D	۴۰	۶	*	*	۰/۱۷۲۸	شیب زمین (درصد)	
U.D	M.D	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	۰/۱۷۵۵	جهت و شدت باد	
U.D	M.I	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	۰/۳۱۴۰	نفوذپذیری خاک	
S	M.I	۱۶۰	*	*	۸۰	۰/۰۸۱۳	سیل خیزی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله (متر)	
S	M.I	۶۰۰۰	*	*	۳۲۰	۰/۲۸۳	زیستگاه های حساس	
U.D	M.I	بایر	مرتفع درجه ۳ و ۴	مرتفع درجه ۲ و ۱	اراضی کشاورزی و مسکونی	۰/۰۵۷	کاربری اراضی	
U.D U.D	M.I M.I	غیر قابل دید	*	*	قابل دید	۰/۰۵۷	قابلیت دید	
		غیر قابل دید	*	*	قابل دید	۰/۲۰۴	قابلیت دید از جاده ها	
						۰/۷۹۶	قابلیت دید از سکونتگاه ها	

ویژگی های فیزیکی سرزمین  
۰/۱۵۷۵





شکل ۳ - تعدادی از نقشه های استاندارد شده به همراه نقشه شایستگی حاصل از وزندهی افزودنی ساده



شکل ۴ نقشه گزینه های مناسب بعد از انجام تحلیل خوشه ای فضایی دارای حداقل مساحت ۲۵۰ هکتار برای دوره ۲۰ ساله

جدول ۴ ماتریس ارزیابی برای مکان یابی محل دفن شهر کرج که از نقشه های استاندارد شده با رویکرد فازی استخراج شده است.

گزینه ها	ویژگی های فیزیکی سرزمین							قابلیت دید		فاصله ها و حریم ها											
	دما	بارندگی	شدت و جهت باد	سیل خیزی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله	تفوذپذیری خاک	عمق خاک	شیب زمین	قابلیت دید از راه ها و راه آهن	قابلیت دید از مناطق مسکونی	فاصله از فرودگاه	فاصله از راه ها و راه آهن	فاصله از چشمه و چاه	فاصله از سکونتگاه ها	فاصله از گسل	فاصله از صنایع	فاصله از خطوط انتقال نیرو	فاصله از مراکز تاریخی و گردشگری	فاصله از منابع آب های سطحی	فاصله از سطح آب های زیر زمینی	زیستگاه های حساس	کاربری اراضی
گزینه ۱	۲۲۸	۲۰۸	۹۵	۲۲۳	۲۱۳	۲۴۴	۲۵۴	۱۹۸	۲۳۷	۲۵۵	۲۳۷	۱۴۲	۱۴۵	۲۵۱	۲۳۰	۲۵۱	۲۵۳	۱۷۶	۲۲۳	۲۵۵	۲۵۴
گزینه ۲	۲۲۹	۲۱۱	۸۳	۱۸۶	۲۳۴	۲۵۱	۲۵۳	۲۴۱	۲۴۵	۲۵۵	۲۴۵	۷۱	۱۸۱	۲۵۰	۲۵۵	۲۵۲	۲۵۴	۱۷۵	۱۸۵	۲۵۵	۲۵۴
گزینه ۳	۲۲۹	۲۱۰	۱۱۷	۲۵۵	۲۴۷	۲۵۵	۲۵۵	۱۷۴	۲۱۷	۲۵۵	۲۵۵	۱۶۴	۱۳۵	۲۵۵	۱۹۰	۲۴۱	۱۶۸	۲۵۵	۲۵۵	۲۵۵	۲۰۰
گزینه ۴	۲۲۰	۱۸۸	۱۶۷	۲۵۵	۱۵۷	۲۲۲	۲۴۹	۲۴۵	۲۴۶	۲۵۵	۱۶۱	۱۴۲	۱۳۳	۲۴۹	۲۳۵	۲۴۹	۲۵۵	۹۶	۲۵۴	۲۵۵	۲۵۵

جدول ۵- اولویت بندی گزینه های مناسب برای محل دفن بهداشتی پسماند شهری کرج مختصات جغرافیایی گزینه ها

گزینه	$x_{min}$	$x_{max}$	$Y_{min}$	$Y_{max}$	مساحت (هکتار)	$C_i^+$	رتبه بندی گزینه ها به روش HFTOPSIS
A <sub>1</sub>	۵۰/۱۵۵	۵۰/۶۳	۳۵/۷	۳۵/۷۸	۲۵۴۹/۴۴	۰/۵۸۵۷	۲
A <sub>2</sub>	۵۰/۶۳	۵۰/۷۵	۳۵/۷۲	۳۵/۷۸	۳۸۹۲/۹۶	۰/۴۲۳۸	۳
A <sub>3</sub>	۵۰/۷۵	۵۰/۸	۳۵/۷۳	۳۵/۷۵	۲۸۸/۱۶۰	۰/۸۱۳۸	۱
A <sub>4</sub>	۵۰/۶۳	۵۰/۶۷	۳۵/۶۸	۳۵/۷۲	۲۶۸/۱۶۰	۰/۳۴۰۱	۴

## References

- 1- Al-Jarrah, O. and Abu-Qdais, H., 2006. Municipal solid waste landfill siting using intelligent system, *Waste Management* 6(5), 534–546.
- 2- Asgharpour, M.J., 2006. *Multiple Criteria Decision Making*. 5th Edition. University Tehran Press. 399pp (In Persian).
- 3- Ates, N.Y., Cevik, S., Kahraman, C., Gulbay, M., Erdogn, A., 2006. Multi attribute performance evaluation using a hierarchical fuzzy TOPSIS Method. *Fuzzy Applications in Industrial Engineering, Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 201, 537–572.
- 4- Badve, K., 2003. Landfill. *Waste management* 1, 16-31 (In Persian).
- 5- Basiji, M., 1997. Study statue of solid waste management in Iran and designing patterns for landfilling. MSc thesis. Environmental Education, Planning and managmnet Department. Tehran University. 165pp. (In Persian).
- 6- Charnpratheap, K., Zhou, Q., Garner, B., 1997. Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information system. *Waste Management and Research* 15, 197-215.
- 7- Chen, S.J., Hwang, C.L., 1992. *Fuzzy Multi Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York, 536p.
- 8- Doerhoefer, G., Siebert, H., 1998. The search for landfill sites—requirements and implementations in lower saxony. Germany—*Environmental Geology* 35, 55-65.
- 9- Eastman, J.R., 2003. *IDRISI for Windows Users Guide Version Kilimanjaro*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, Software Help, 327pp.
- 10- Farhoodi, R., Habibi, K., zand Bakhtiari, P., 2005. Landfill siting for solid waste municipal by fuzzy logic in geography data bases: case study :Sannadaj. *Honarhai Ziba* 23, 15-24(In Persian).
- 11- Ghiasi, S., 2006. Landfill siting for solid waste municipal in Arak by GIS. MSc thesis. Enrgy and Environment Faculty. Science and research of Islamic Azad University. 124pp(In Persian).
- 12- Ghodsipour, S.H., 2005. *Analytical Hierarchy Process*. Industrial Amir Kabir University press. 230 pp.
- 13- GholamaliFard, M., 2006 Applying a model for evaluating land demand and supply for landfilling solid waste municipal by urban dynamics modeling in GIS (case study: Gorgan). MSc thesis. Environmental Science Department. Tarbiat Modares University. 129pp(In Persian).
- 14- Guputa, R., Kewalramaniz, M.A., Ralegaonkar, R.V., 2003. Environmental impact analysis using fuzzy relation for landfill siting. *Journal of Urban Planning and Development* 129(3), 121-139.
- 15- Heidarzadeh, N., 2000. Siting MSW landfill for Tehran city with using GIS. MSc thesis. Environmental Engineering Department. Tarbiat Modares University. 100 pp. (In Persian).
- Iran Statistics Center. 2006. *General Census of Population and Housing of Karaj City*. <http://www.amar.org.ir>. (In Persian).
- 16- Kao, J.J., Lin, H.U., 1996. Multifactorial spatial analysis of landfill siting. *Journal of Environmental Engineering* 122, 902-908.
- 17- Komilis, D.P., Ham, R.K., Stemann, R., 1999. The effect of municipal solid waste pretreatment on landfill behavior: a literature review. *Waste Management and Research* 17, 10-19.
- 18- Kontos, T., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management* 25, 818–832.
- 19- Koohi, S., 2006. Siting MSW landfill for Gharchk city. MSc thesis. Environmental Education, Planning and managmnet Department. Tehran University. 136pp (In Persian).
- Leao, S., Bishop, I., Evans, D., 2001. Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modeling in a GIS environment. *Resources, Conservation and Recycling* 33, 289-313.
- 20- Malczewski, J., 1999. *GIS and Multi Criteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, New York, 392 pp.

- 21- Moeinadini, M., 2007. Landfill sitting for solid waste municipal for Karaj city by AHP and GIS. MSc thesis. Environmental Science Department. Tehran University. 117pp (In Persian).
  - 22- Moeinadini, M., Danehkar, A., 2008, Quantifying EIA by Fuzzy logic. Sustainable development and Environment 5, 53 – 68 (In Persian).
  - 23- Nixon, W.B., Murphy R.J., Stessel, R.I., 1997. An empirical approach to the performance assessment of solid waste landfills. Waste Management and Research 15(6), 607-626.
  - 24- Pereira, G., Duckstein, L., 1993. A multiple criteria decision making approach to GIS-based land suitability evaluation. International Journal of Geographical Information Systems 7(5), 407-424.
  - 25- Ramuu, N., Kennedy, W., 1994. Heuristic algorithm to locate waste disposal site. Journal of Urban Planning and Development 120, 14-21.
  - 26- Salomon, V.A., Montevechi, J.A., 2001. A Compilation of Comparisons on the Analytic Hierarchy Process and Others Multiple Criteria Decision Making Methods: Some Cases Developed in Brazil. 6th ISAHP Berne, Switzerland, 413- 420.
  - 27- Sawney, B.L., Kozoloski, R.P., 1984. Organic pollution in leachates from landfill sites. Journal of Environmental Quality 13, 349-353.
  - 28- Scultz, B., Kjeldsen, P., 1986. Screening of organic matter in leachates from sanitary landfills using gas chromatography combined with mass spectrophotometry. Water Research 20(8), 965 – 970.
  - 29- Sharifi, A., Herwijnen, M.V., 2003. Spatial Decision Support System. ITC, Enschede, 64pp.
  - 30- Shokraee, A., 2002. Environment studies for selection of suitable landfill for solid waste of Sari city. MSc thesis. Environmental Science Department. Tehran University. 117pp (In Persian).
  - 31- Siddiqui, M.Z., Everett, J.W., Vieux, B.E., 1996. Landfill sitting using geographical information systems: a demonstration, Environmental Engineering 122 (6), 515-523.
  - 32- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, New York, 987p.
  - 33- Valentine, E., 1997. Environmental impact assessment in the site selection process: a case study. In 6th International Landfill Congress. Sardinia, Italy, 223-231.
  - 34- Wang, G., Qin, L., Li, G., Chen, L., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China. Journal of Environmental Management 90(8), 2414-2421.
  - 35- Zamiran consulting., 1994. Final report of environmental studies in dangerous waste management and selection of landfill in Markazi province. Employer EPO Markazi province. 1, 198pp (In Persian).
- Zeleny, M., 1982. Multiple Criteria Decision Making. MacGraw Hill, New York, 563p.

## Siting MSW Landfill using Hierarchical Fuzzy TOPSIS methodology (case study: karaj)

M. Moeinaddini<sup>1\*</sup>, N. Khorasani<sup>2</sup>, A. Danehkar<sup>3</sup>  
A.A. Darvishsefat<sup>4</sup>

1- PhD Student of Environmental Science, Faculty of Natural Resource and Marin Science, Tarbiat Modares University (M\_moeinaddini@yahoo.com)

2,4- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

3- Associate Professor of Natural Resources, University of Tehran

(Received: 13/Jan./2010, Accepted: 12/Mar./2011)

### Abstract

Site selection is an important and necessary issue for waste management in fast-growing regions. Because of the complexity of waste management systems, the selection of the appropriate solid waste landfill site requires consideration of multiple alternative solutions and evaluation criteria. This paper addresses the siting of a new landfill using a multi-criteria decision analysis (MCDA) and overlay analysis using a geographic information system (GIS). In this article, to obtain suitable sites for siting MSW landfill, options were identified and presented for a 20-year period of MSW landfill, WLC (Weighted Linear Combination) and cluster analysis methods are used. Finally, to rank the suitable sites for landfill siting, using the comprehensive hierarchical evaluation model with many main and sub-criteria is constructed and that is used. This approach is Hierarchical Fuzzy TOPSIS. The result showed that third option identified as the most preferred option for siting MSW landfill. Subsequently, 1361 Sq. Km., i.e., 6 percent of the total area of study area, is suitable for landfill site. Using HFTOPSIS showed easy to use, time saving and performance than other methods as AHP. We suggest the employed procedure for other similar regions.

**Key words:** Hierarchical Fuzzy TOPSIS, Karaj, Landfill siting.

---

\* Corresponding author: Tel: +989157142276 Fax: +982245908 Email: M\_moeinaddini@yahoo.com