تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هفتم، شماره ۱، زمستان و بهار ۹۰- ۱۳۸۹
Volume 7, No. 1, Winter & Spring 2011 (IR-WRR)
۶۷-۷۶

مکان‌یابی محل‌های مناسب دفن مواد زاید جامد شهری شهر اصفهان با در نظر گرفتن اهمیت منابع آب و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای

افسانه افضلی[۱] و جمال محمدولی سامانی[۲*]

چکیده

انتخاب محل مناسب جهت دفن مواد زاید جامد می‌تواند از اثرات نامطلوب اکولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی جلوگیری کند. توسعه روز افزون شهر اصفهان همزمان با رشد فرایند صنعتی و اقتصادی آن و افزایش بسیار سریع جمعیت و استانداردهای زندگی، باعث ایجاد تغییر در ترکیب زباله تولیدی و افزایش میزان آن گردیده است. با توجه به پر شدن گنجایش محل دفن فعلی و گسترش شهر به طرف این مرکز و نزدیک شدن مناطق مسکونی به آن، انجام مطالعات علمی و اصولی جهت انتخاب مکان‌های مناسب دفن مواد زاید جامد الزامی است. مکان‌یابی محل دفن نیازمند تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، قوانین و معیارهای قابل قبول است. در این تحقیق جهت تعیین محل‌های مناسب دفن از روش ارزیابی چند معیاره با تکیه بر تکنیک GIS استفاده شد. سپس به منظور اولویت‌بندی محل‌های پیشنهادی دفن از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) بهره گرفته شد. روشANP به منظور اصلاح روش AHP و بر اساس تکنیک سوپر ماتریس‌ها ارائه گردیده است. این روش قادر است برای مسائل پیچیده با ساختار غیر رده‌ای به کار رود و از مزایای عمده آن امکان در نظر گرفتن ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به هم و همچنین ارتباط داخلی معیارهای تصمیم در یک سطح می‌باشد. در این مطالعه پس از بررسی معیارهای مؤثر در مکان یابی و تعیین محل‌های پیشنهادی دفن زباله، تغییرات و اهمیت نسبی عوامل ذکر شده بر اساس محل‌های پیشنهادی نیز به طور جداگانه مد نظر قرار گرفت که عملاً در روش‌های مرسوم تصمیم گیری از جمله AHP نادیده گرفته شده است. نتایج اهمیت قابل توجه منابع آب را گوشزد کرده و در اولویت بندی محل‌های پیشنهادی دفن زباله محل موقعیت بهینه را انتخاب نموده‌اند.

کلمات کلیدی: مکان یابی محل دفن، مواد زاید جامد، GIS، AHP، ANP، سوپر ماتریس، مقایسات زوجی.

تاریخ دریافت مقاله: ۲۹ دی ۱۳۸۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۷ آذر ۱۳۸۹

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استاد گروه سازه های آبی دانشگاه تربیت مدرس
*- نویسنده مسئول

Landfill Site Selection for Municipal Solid Waste of Esfahan City Using Analytic Network Process Considering the Importance of Water Resources Protection

A. Afzali[1] and M. V. Samani[2]*

Abstract

Selecting the suitable landfill site can prevent inappropriate ecological and socio economical effects. Industrial and economical development of the Esfahan metropolitan area and the fast increase in population and life standards has changed the amount and the components of the generated waste load. The present landfill has already reached its capacity and also the city is expanding toward this center. The fundamental studies for selecting suitable landfill sites should therefore be considered. Landfill site selection requires the analysis of spatial data, regulations and accepted criteria. In this research the multi criteria evaluation method by emphasis on GIS techniques was used for identifying suitable landfill sites for Esfahan city. Then the Analytic Network Process (ANP) was applied for prioritizing the suggested landfill sites. ANP is the modified version of AHP method which is based on the super matrix approach. This method is capable of applying for complex problems with non hierarchical structure and also give the possibility of considering interdependence relationships of decision criteria within and between levels. In this paper, in addition to evaluating the effective criteria in site selection and allocating the proposed landfill sites, the variation and relative importance of elements of these sites that cannot be considered in other decision making methods like AHP have been considered within the context of ANP method. The results indicated the significant importance of water resources protection in landfill site selection.

Keywords: Landfill Site Selection, Solid Waste, GIS, ANP, AHP, Super Matrix, Pair-Wise Comparisons.

Received: January 18, 2009
Accepted: December 8, 2010

1- Graduate Student of Environmental Department, Esfahan University of Technology, Esfahan, Iran. E-mail: Afzali_Afsaneh@yahoo.com
2- Professor of Water Structures Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: samani_j@modares.ac.ir
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

توسعه روز افزون مناطق شهری و افزایش بی رویه جمعیت در آن‌ها باعث تولید انواع زباله‌های شهری شده است (عبدلی، ۱۳۷۹). هر چند که در دهه‌های اخیر به کاهش تولید مواد زاید و بازیافت توجه زیادی شده است، روش دفن هنوز به عنوان معمول‌ترین روش دفع مواد زاید جامد محسوب می‌شود. این روش کم هزینه بوده و برای دفع انواع مختلف مواد زاید مناسب است. مکان‌یابی نامناسب محل دفن ممکن است اثرات منفی اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی را به همراه داشته باشد (Williams, 2005). بنابراین باید این جنبه‌ها در انتخاب محل دفن، مورد بررسی دقیق قرار گرفته و از میان گزینه‌های مختلف، بهترین مکان انتخاب گردد (یغمائیان، ۱۳۸۲). با توجه به این که عوامل زیادی در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید نقش دارند، مکان یابی محل دفن به عنوان یک مسئله چند معیاره در نظر گرفته می‌شود و استفاده از GIS[1] به دلیل توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از داده‌های مکانی مطلوب است (Sener et al, 2006). تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA)[2] مجموعه‌ای از روش‌های تحلیلی است که به تصمیم گیران در حل مسایل پیچیده و دارای ساختار ضعیف یا ناقص کمک می کند و از دانش تصمیم گیران و معیارهای موثر در حل این مسایل استفاده می‌کند (Malczewski, 1999). رویکردهای مختلفی برای تصمیم گیری‌های چند معیاره (MCDM)[3] گسترش یافته‌اند که بسته به مسائل مختلف می توانند موفق عمل کنند (Gemitzi et al, 2007). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[4] یک روش مورد قبول تصمیم‌گیری است که برای تعیین اهمیت نسبی معیار در یک مسئله تصمیم‌گیری معین استفاده می‌شود (Kontos et al., 2005; Gemitzi et al., 2007). یکی از مراحل اساسی در هر مسئله چند معیاره، تخمین دقیق داده‌های وابسته است. AHP بر پایه مقایسه زوجی است که به منظور تعیین اهمیت نسبی هر معیار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kontos et al., 2005). این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی، شاخص‌های مختلف و ضوابط و معیارهای چند گانه با ساختارهای چند سطحی اولویت‌دار را برای رتبه‌بندی یا تعیین اهمیت گزینه‌های مختلف یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده مورد استفاده قرار می‌دهد (Aragones et al, 2008). توانایی در تجزیه و تحلیل یک مسئله تصمیم گیری با یک ساختار رده‌ای زیر بنای اساسی در استفاده از روش AHP است (Saaty, 1999). لازمه داشتن یک ساختار رده‌ای این است که ارجحیت ممکن از یک سطح موجود، بستگی به عناصر سطوح پایین‌تر نداشته و از آنها مستقل باشد، در غیر این صورت سیستم تصمیم‌گیری موجود غیررده‌ای و بازخور[5] تلقی می‌شود و کاربرد روش AHP مورد شک واقع خواهد شد (Saaty and Luis, 2006). با توجه به طیف وسیع سیستم‌های تصمیم‌گیری بازخور، به منظور اصلاح روش AHP روشی موسوم به فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)[6] براساس تکنیک سوپر ماتریس‌ها ارائه گردید. این روش قادر است برای مسائل پیچیده با ساختار غیر رده‌ای به کار رود و از مزایای عمده آن امکان در نظر گرفتن ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به هم و همچنین ارتباط داخلی معیارهای تصمیم در یک سطح می‌باشد (Khan and Faisal, 2007). قابلیت‌های منحصر به فرد روش ANP در مقایسه با AHP باعث توجه اکثر محققان و مدیران به آن شده است. تا کنون مطالعات زیادی در ارتباط با تعیین محل مناسب دفن مواد زاید جامد با استفاده از تکنیک‌های تصمیم گیری چند معیاره انجام گرفته است (Cheng et al., 2003، Delgado et al., 2008، Sumathi et al., 2008 و Chang et al., 2008) که در برخی از آنها از روش AHP بهره گرفته شده است (Siddique et al., 1996، Kontos et al., 2005 ، Sener et al., 2006 و Gemitzi et al., 2007). مطالعات دیگری نیز در سال‌های اخیر با استفاده از ANP به منظور بررسی گزینه‌های سوخت رسانی به مناطق مسکونی (Erdogmus et al., 2006)، بررسی و مکان یابی ساختگاه‌های صنعتی (Aragones et al., 2008) و تعیین مناسبترین روش دفع زباله (Khan and Faisal, 2007) انجام گرفته است. هدف از این مطالعه اولویت بندی محل‌های پیشنهادی محل دفن مواد زاید جامد شهری شهر اصفهان با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر در مکان یابی و با استفاده از روش ANP و توانایی‌های منحصر به فرد آن در تصمیم گیری است.

۲- منطقه مطالعاتی

شهر اصفهان در عرض ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی واقع شده است. این شهر، با مساحت ۱۸۲۲۸ هکتار و جمعیت ۱۵۸۳۶۰۹ سومین شهر کشور از نظر جمعیتی می باشد. توسعه روز افزون شهر اصفهان همزمان با رشد فرایند صنعتی و اقتصادی آن و افزایش بسیار سریع جمعیت و استانداردهای زندگی باعث ایجاد تغییر در ترکیب زباله تولیدی و افزایش میزان آن گردیده است. تولید مواد زاید در این شهر ۹۰۰ تن زباله در هر روز است و بیشترین ترکیب آن شامل پسماندهای غذایی است. مرکز فعلی دفن زباله‌های شهر اصفهان حدود ۲۰ سالی است که زباله‌های این شهر را در خود جای داده و ظرفیت آن به زودی تکمیل می‌گردد. با توجه به گسترش شهر اصفهان به طرف

این مرکز و نزدیک شدن مناطق مسکونی به آن و افزایش تولید زباله در اصفهان و شهرک‌های اقماری آن، انجام مطالعات علمی و اصولی جهت انتخاب یکسری نقاط به عنوان مراکز دفن زباله شهر اصفهان الزامی است. در این مطالعه با توجه به این که شهر اصفهان به عنوان مرکز تولید زباله در نظر گرفته شده است، به منظور تعیین محل دفن زباله محدوده ۴۰ کیلومتری اطراف شهر اصفهان مورد بررسی قرار گرفت.

۳- روش‌ها

مکان یابی محل دفن یک مرحله دشوار، پیچیده و طولانی است زیرا بسیاری از عوامل و معیارها در مکان یابی باید به دقت سازمان دهی و تجزیه و تحلیل شوند که هر کدام به نوبه خود حائز اهمیت است و محدودیت‌هایی نیز ایجاد می‌کند (Kontos et al., 2005). در این مطالعه معیارهای مختلف فیزیکی، زیست محیطی و اجتماعی- اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به دستور العمل‌ها و قوانین سازمان محیط زیست و شهرداری‌ها مناطق نامناسب برای استقرار محل دفن از محدوده مطالعاتی حذف شدند (جدول ۱).

در این بررسی بعضی از معیارها تنها به عنوان محدودیت عمل کرده و با حذف مناطق نامناسب، مناطق باقیمانده از نظر آن معیار برتری به یکدیگر ندارند. گسل، زیستگاه حساس و فرودگاه، از این جمله‌اند. بقیه معیارها به عنوان فاکتور عمل کرده و بعد از حذف مناطق نامناسب از آنها، مناطق باقیمانده از درجه‌ای از اولویت نسبت به یکدیگر برخوردارند. پس از تعیین ۸ منطقه مناسب با حداقل مساحت لازم محل دفن برای ۱۵ سال، اولویت بندی آن‌ها با استفاده از فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) انجام می‌گیرد.

۳-۱- فرایند تحلیل شبکه ای (ANP)

روش ANP براساس تحلیل مغز انسان برای مسایل پیچیده و فازی با ساختار غیرردهای و به منظور اصلاح روش AHP ارایه شده است. در این روش پس از برپایی یک ساختار غیرردهای و تعیین ارتباط منطقی بین سطوح مختلف تصمیم، ساختار موجود به N زیرمجموعه ($S_1, S_2, ... S_N$) تقسیم شده و سپس از طریق مقایسات زوجی، ماتریس قضاوت برای سیستم بازخور تشکیل می‌شود. بدین منظور ابتدا لازم است با مقایسه دو به دو معیارها و زیر معیارها، ماتریس مقایسات زوجی تشکیل گردد. سپس به منظور بررسی سازگاری و قابلیت اعتماد تصمیم‌ها، نسبت سازگاری (CR)[۷] هر ماتریس با توجه به رابطه ارایه شده مطابق زیر محاسبه می‌گردد:

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۱)$$

که در آن CI شاخص سازگاری ماتریس مقایسه زوجی بوده و با استفاده از بزرگترین مقدار بردار ویژه[۸] (λ_{max}) و بعد آن (n)، توسط رابطه (۲) برآورد می‌گردد:

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

پارامتر RI تحت عنوان شاخص تصادفی نیز از جدول ۲ استخراج می‌گردد.

جدول ۱- معیارهای مؤثر و گستره قابل قبول برای مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد

ردیف	نام معیار	نوع معیار	محدوده قابل قبول برای مکان‌یابی
۱	عمق تا سطح آب زیرزمینی	فاکتور	بیش از ۱۰ متر
۲	فاصله از منابع آب سطحی	فاکتور	بیش از ۱۰۰ متر
۳	شیب	فاکتور	کمتر از ۲۰ درصد
۴	نفوذپذیری خاک	فاکتور	خاک‌های با بافت سنگین و متوسط تا سنگین
۵	گسل	محدودیت	بیش از ۱۰۰ متر
۶	زیستگاه‌های حساس	محدودیت	خارج از پارک ملی کلاه‌قاضی و محدوده ۵۰۰ متری اطراف آن
۷	فاصله از مناطق مسکونی	فاکتور	بیش از ۲ کیلومتر
۸	کاربری اراضی	فاکتور	زمین‌های بایر و مراتع کم تراکم
۹	فاصله از جاده‌های دسترسی	فاکتور	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
۱۰	فرودگاه	محدودیت	خارج از فرودگاه و محدوده ۳ کیلومتری اطراف آن

جدول ۲- مقادیر متناظر برای شاخص RI بر اساس بعد ماتریس

بعد(n)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

بنابراین در صورتی که $CR \le 10\%$ باشد، معیار سازگاری حاصل شده است، در غیر این صورت لازم است که در مقایسه زوجی معیارها بازنگری گردد.

پس از اطمینان از سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی، وزن هر عنصر در هر زیر گروه تعیین می‌شود. تکنیک بردار ویژه[۹] از جمله روشهای مناسب در این زمینه می‌باشد که در این صورت وزن هر عنصر ازطریق معادله زیر تعیین می‌گردد:

$$w_i = \frac{1}{\lambda_{\max}} \sum_{i=1}^{n} a_{ij}\, w_j \qquad \text{i} = 1,2, \ldots \text{n} \qquad (۳)$$

که در آن $\lambda_{\max}$ بزرگترین مقدار بردار ویژه و a_{ij} درایه‌های ماتریس مقایسات زوجی می‌باشند. بدین ترتیب در صورتی که n_i نشان دهنده تعداد عناصر مجموعه S_i بوده و w_{ik}^{j1} بیانگر وزن عنصر kام از زیر مجموعه iام در مقایسه با عنصر یکم از زیر مجموعه jام باشد، آنگاه ماتریس قضاوت برای عناصر زیر مجموعه iام در رابطه با عناصر موجود از زیر گروه jام به قرار ذیل است:

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} & w_{i1}^{j2} & \ldots & w_{i1}^{jnj} \\ w_{i2}^{j1} & w_{i2}^{j2} & \ldots & w_{i2}^{jnj} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{ini}^{j1} & w_{ini}^{j2} & \ldots & w_{ini}^{jnj} \end{bmatrix}$$

و سر انجام ماتریس نهایی برای مقایسات از کلیه زیر مجموعه‌ها با هریک از زیر مجموعه‌های دیگر معروف به سوپر ماتریس به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \ldots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & & W_{2N} \\ & & & \\ W_{N1} & W_{N2} & & W_{NN} \end{bmatrix}$$

ارجحیت نهایی برای هر عنصر از هر زیر گروه بر طبق استدلال ساعتی که بر اساس پروسه‌های مارکوف استوار است از طریق حد زیر قابل بیان می‌باشد:

$$W_C = \lim_{l \to \infty} \text{w}^{2l+1} \qquad (۴)$$

در این صورت عناصر سوپر ماتریس به سمت یک مقدار واحد همگرا شده که مقادیر آنها در هر سطر از سوپر ماتریس برابر خواهد بود. بدین ترتیب اولویت بندی گزینه‌ها از مقایسه و مرتب‌سازی مقادیر ماتریس W_C در هر ستون مقدور می‌باشد.

بنابر موارد ذکر شده به طور کلی مراحل لازم برای اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس روش ANP را می‌توان شامل ۵ گام دانست (Aragones et al, 2006):

الف) تشکیل ماتریس مقایسات زوجی ساختار تصمیم

ب) بررسی سازگاری تصمیم

ج) تعیین وزن نسبی عناصر تصمیم بر اساس روش بردار ویژه

د) تشکیل سوپرماتریس ساختار تصمیم بر اساس وزنهای محاسباتی در مرحله قبل

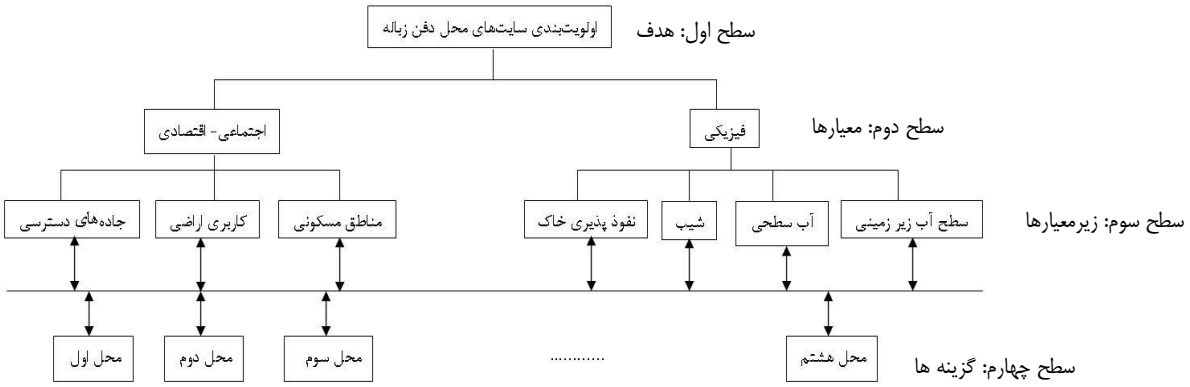
ه) محاسبه حد توانهای فرد سوپر ماتریس و تعیین ماتریس ارجحیت نهایی

۳-۲- اولویت بندی محل‌های دفن زباله براساس روش ANP

با توجه به این که هدف اصلی در این مطالعه اولویت بندی محل‌های دفن زباله می باشد در این راستا به منظور کاربرد روش ANP مراحل زیر مورد بررسی قرار می گیرد.

۳-۳- تعیین معیارها، گزینه‌ها و ساختار تصمیم

با توجه به مطالب ذکر شده ساختار تصمیم متناظر با معیارهای مؤثر در مکان یابی محل دفن زباله و ۸ محل پیشنهادی به صورت شکل ۱ قابل نمایش می باشد. ساختار تصمیم ذکر شده، یک ساختار بازخور در سطح سوم و چهارم تصمیم می باشد. به عبارتی همانطور که زیر معیارهای مؤثر بر مکان یابی در سطح سوم بر انتخاب گزینه‌ها در سطح چهارم مؤثر می باشند، زیر معیارهای سطح سوم نیز بر اساس موقعیت مکانی محل‌ها می توانند تحت تأثیر قرار گیرند و میزان اهمیت آنها بر اساس هر محل متغیر می باشد. بنابراین در این مطالعه علاوه بر بررسی تأثیر پذیری محل‌ها از عوامل دخیل در مکان یابی، تغییرات و اهمیت نسبی عوامل ذکر شده بر اساس محل‌ها نیز به طور جداگانه مد نظر قرار می گیرند که عملا در روش‌های مرسوم تصمیم‌گیری از جمله AHP نادیده گرفته می‌شود.



شکل ۱- ساختار تصمیم متناظر با فاکتورهای مؤثر بر مکان یابی و ۸ محل پیشنهادی

۳-۴- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی

به منظور کاربرد روش ANP ساختار تصمیم مسئله را به۳ زیر گروه S_1 شامل معیارها، S_2 شامل زیر معیارها و S_3 شامل گزینه‌ها تقسیم نموده و سپس ماتریس مقایسات زوجی و وزن هر عنصر برای هر زیر مجموعه محاسبه می گردد. ماتریس مقایسه زوجی بیانگر عددی ارتباط بین دو عنصر است که بر اساس معیارهای سطح بالاتر، عنصر مهم تر را تشخیص می‌دهد. ساعتی (۱۹۸۰) یک مقیاس ۱ تا ۹ را ارائه کرد (جدول ۳) که ۱ نشان دهنده اهمیت یکسان دو عنصر نسبت به یکدیگر و ۹ نشان‌دهنده اهمیت بسیار زیاد یک عنصر نسبت به دیگری است.

جدول ۳- سیستم استاندارد نمره دهی برای ۹ اولویت

ترجیحات	اولویت
کاملا مطلوب	۹
اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مهم‌تر یا مطلوب‌تر	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۸، ۶، ۴، ۲

با توجه به مقادیر عددی هر معیار، درایه‌های ماتریس بر اساس اهمیت نسبی آن‌ها به گونه‌ای تعیین می گردد که $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$.

بنابراین در مواردی که یک عنصر اهمیت کمتری نسبت به عنصر دیگر داراست محدوده امتیازات از ۱ تا $\frac{1}{9}$ متغیر است. در این مطالعه ۱۸ ماتریس مقایسه زوجی وجود دارد که به دلیل محدودیت جا، تنها به ۴ مورد از آنها در بخش نتایج اشاره شده است. برای بررسی سازگاری تصمیم نسبت سازگاری (CR) هر ماتریس محاسبه و بر اساس مقدار آستانه ای (۱۰٪) کنترل گردید. جهت محاسبه وزن هر گزینه نیز از روش بردار ویژه استفاده شد.

با توجه به این که معیارهای فیزیکی و اجتماعی- اقتصادی دارای اهمیت یکسانی هستند، وزن مشابهی به آن‌ها تعلق می گیرد. در مورد این ماتریس، این نکته حائز اهمیت است که در هنگام مقایسه دو معیار به تنهایی، نرخ سازگاری تعیین نمی‌شود.

۳-۵- تشکیل سوپر ماتریس و تعیین اولویت گزینه‌ها

پس از تعیین اوزان مربوط به هر عنصر، سوپر ماتریس نهایی برای مجموعه‌های S_1 ، S_2 و S_3 به صورت زیر تشکیل می گردد:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{bmatrix}$$

که در آن W_{ij} وزن نسبی عناصر مربوط به مقایسات مجموعه‌های S_1 و S_2 و S_3 می‌باشد. سوپر ماتریس تشکیل شده در این مطالعه، یک ماتریس ۱۸×۱۸ خواهد بود.

در مرحله بعد سوپر ماتریس تشکیل شده به توان‌های اعداد فرد می‌رسد تا زمانی که به پایداری برسد و اعداد هر سطر جدول یکسان شوند. در مورد ماتریس حاصله همگرایی لازم در توان ۱۳ ایجاد شده و ماتریس ارجحیت به دست آمد.

به منظور اولویت بندی محل‌های پیشنهادی دفن زباله می توان از درایه‌های ستون‌های ۵ تا ۱۱ ماتریس ارجحیت استفاده کرد.

گزینه‌ای که دارای بیشترین مقدار وزنی باشد به عنوان گزینه برتر معرفی می‌گردد و سایر آن‌ها بر اساس مقادیر عددی اختصاص یافته مرتب می‌شود.

۴- نتایج و بحث

مسئله مکان‌یابی محل دفن از جمله مواردی است که نیازمند در نظر گرفتن معیارهای مختلف اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی است. در این مطالعه عوامل محدودیت فرودگاه در شمال، پارک ملی کلاه قاضی در جنوب و گسل در شمال شرقی منطقه مورد مطالعه در مجموع باعث حذف ۱۶ درصد از منطقه مورد مطالعه شده و مناطق نامساعد از نظر فاکتورها نیز در مجموع حدود ۷۸ درصد از منطقه را حذف می کنند. با توجه به عواملی مانند نرخ تولید مواد زائد جامد، جمعیت، میزان مواد پوششی و دانسیته پسماند فشرده شده در محل دفن حداقل به ۹۶ هکتار زمین برای رفع احتیاجات ۱۵ ساله منطقه نیاز است. به این ترتیب به منظور کاهش هزینه ساخت و عملکرد محل دفن بهداشتی، مناطق با وسعت کمتر از ۹۶ هکتار به منظور مکان یابی نادیده گرفته شده و ۸ ناحیه از منطقه مورد نظر برای ایجاد محل دفن مناسب در نظر گرفته می‌شوند.

در این مطالعه به منظور اولویت‌بندی محل‌های مناسب دفن، ۱۸ ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد. از این میان، جداول ۴، ۵، ۶ و ۷ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی معیارها تحت هدف مکان‌یابی، ماتریس مقایسه زیر معیارهای فیزیکی تحت معیار فیزیکی، ماتریس مقایسه گزینه‌ها تحت زیر معیار مناطق مسکونی و ماتریس مقایسه زیر معیارها تحت گزینه ۱ را نشان می‌دهند. ستون آخر جداول، شامل وزن محاسبه شده از طریق روش بردار ویژه برای هر گزینه است. جداول ۸ و ۹ نیز به ترتیب سوپر ماتریس و ماتریس ارجحیت نهایی اولویت بندی محل‌های دفن زباله را نشان می دهند. سوپر ماتریس بر اساس وزن‌های محاسباتی حاصل از ماتریس مقایسات زوجی برای هر مجموعه بدست می آید و ماتریس ارجحیت نهایی از محاسبه حد توانهای فرد سوپر ماتریس حاصل می شود. اعداد صفر در این ماتریس‌ها بیانگر عدم وجود ارتباط بین دو عنصر است.

اولویت بندی این ۸ ناحیه از نظر فاکتورها در جدول ۹ نشان می‌دهد که آب سطحی با مقدار وزنی ۰/۲۵۵ و آب زیرزمینی با مقدار وزنی ۰/۲۳۴ از جمله مهمترین شاخص‌های تأثیر گذار در مکان یابی محل‌ها هستند که می‌تواند به دلیل نقش زیاد محل دفن در آلودگی آب‌های سطحی، نفوذ آب به داخل محل دفن، افزایش حجم شیرابه تولیدی و نشت آن به آب‌های زیرزمینی باشد. در این رتبه بندی دسترسی به جاده‌های موجود به عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل در مکان یابی تشخیص داده می‌شود. شکل ۲ سهم نسبی زیرمعیارهای تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی گزینه‌های پیشنهادی را نشان می‌دهد.

در مسئله مکان‌یابی به دلیل در نظر گرفتن تأثیر عوامل مختلف، از نظرات کارشناسی افراد خبره بهره گرفته می شود. بنابراین مدل ANP ارائه شده در این تحقیق تصمیم گیران را قادر می‌سازد تا به پیچیدگی‌های مختلف مسئله مکان‌یابی پی برده و مناطق مناسب را رتبه‌بندی کنند. جدول ۱۰ اولویت‌بندی محل‌های پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارها تحت هدف مکان‌یابی

وزن	معیار اجتماعی- اقتصادی	معیار فیزیکی	مکان یابی محل دفن
۰/۵	۱	۱	معیار فیزیکی
۰/۵	۱	۱	معیار اجتماعی- اقتصادی

جدول ۵- ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارهای فیزیکی تحت معیار فیزیکی

وزن	نفوذپذیری خاک	شیب	آب سطحی	سطح آب زیرزمینی	معیارهای فیزیکی
۰/۲۷۶	۲	۲	۰/۵	۱	سطح آب زیرزمینی
۰/۳۹۱	۲	۲	۱	۲	آب سطحی
۰/۱۹۵	۲	۱	۰/۵	۰/۵	شیب
۰/۱۳۸	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	نفوذپذیری خاک

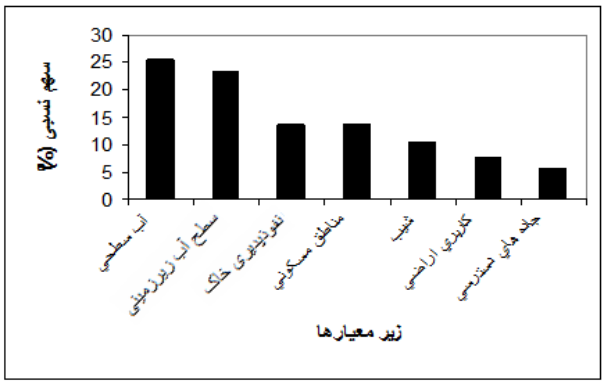
CR=۰/۰۵

با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود که محل پیشنهادی ۸ با مقدار وزنی ۰/۲۱۲ مناسبترین منطقه برای استقرار محل دفن تشخیص داده می‌شود. فاصله زیاد از منابع آب سطحی و زیرزمینی و همچنین مناطق مسکونی حاکی از آن است که این منطقه به طور نسبی از وضعیت مناسبتری نسبت به سایر گزینه‌ها برخوردار است.

ضمن اینکه وضعیت شیب و خاک این محل نیز از تناسب خوبی برخوردار است. محل پیشنهادی ۷ در مجاورت محل پیشنهادی ۸ نیز با مقدار وزنی ۰/۱۷۱ در اولویت بندی در رتبه بعدی قرار می‌گیرد که در وضعیت نسبتاً مشابهی با محل ۸ می‌باشد.

محل ۱ در اولویت بندی در رتبه آخر قرار می‌گیرد که دلیل عمده آن تناسب پایین‌تر این محل نسبت به سایر گزینه‌ها به لحاظ نزدیکتر بودن آن به منابع آب سطحی، بالاتر بودن سطح آب زیر زمینی، نزدیکتر بودن به مناطق مسکونی و تناسب کمتر خاک آن می‌باشد.

محل ۶ از لحاظ نزدیکی به جاده‌های دسترسی از وضعیت بهتری نسبت به سایر گزینه‌ها برخوردار است و به طور کلی از نظر این زیر معیار تمامی محل‌ها وضعیت نسبتا مشابهی را دارا می باشند. از لحاظ کاربری اراضی نیز همه محل‌ها در شرایط کویری یا مراتع کم تراکم واقع شده‌اند و از این نظر نیز تقریباً شبیه به هم هستند.



شکل ۲- سهم نسبی معیارهای تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی گزینه‌ها

جدول ۶- ماتریس مقایسه گزینه‌ها تحت زیر معیار مناطق مسکونی

وزن	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	مناطق مسکونی
۰/۰۳۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳	۱	۱
۰/۰۵۸	۰/۳۳	۱	۰/۳۳	۰/۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۳	۲
۰/۱۹۱	۱	۴	۲	۳	۰/۵	۱	۳	۵	۳
۰/۲۸۸	۳	۴	۳	۳	۱	۲	۴	۵	۴
۰/۱۰۸	۰/۵	۲	۲	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۲	۳	۵
۰/۱۱۸	۱	۳	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	۳	۴	۶
۰/۰۵۷	۰/۳۳	۱	۰/۳۳	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۱	۳	۷
۰/۱۴۸	۱	۳	۱	۲	۰/۳۳	۱	۳	۴	۸

CR=۰/۰۴

جدول ۷- ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارها تحت گزینه ۱

وزن	جاده‌های دسترسی	کاربری اراضی	مناطق مسکونی	نفوذپذیری خاک	شیب	آب سطحی	سطح آب زیرزمینی	گزینه ۱
۰/۲۳۱	۳	۲	۴	۴	۲	۰/۵	۱	سطح آب زیرزمینی
۰/۳۰۶	۳	۲	۵	۵	۲	۱	۲	آب سطحی
۰/۱۳۰	۳	۲	۱	۱	۱	۰/۵	۰/۵	شیب
۰/۰۸۷	۲	۱	۱	۱	۱	۰/۲	۰/۲۵	نفوذپذیری خاک
۰/۰۷۹	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۲	۰/۲۵	مناطق مسکونی
۰/۱۰۷	۳	۱	۱	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	کاربری اراضی
۰/۰۶۰	۱	۰/۳۳	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	جاده‌های دسترسی

CR=۰/۰۵

جدول ۸- ماتریس اولویت بندی محل‌های دفن زباله بر اساس معیارهای مؤثر بر مکان یابی

	G	P	SE	W	R	S	PW	RE	L	RA	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
هدف (G)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فیزیکی (P)	۰/۵[a]	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اجتماعی- اقتصادی (SE)	۰/۵[a]	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سطح آب زیرزمینی (W)	۰	۰/۲۷۶[b]	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۳۱[d]	۰/۲۸۴	۰/۲۳۰	۰/۲۲۷	۰/۲۳۸	۰/۲۵۰	۰/۲۱۷	۰/۲۲۷
آب سطحی (R)	۰	۰/۳۹۱[b]	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۰۶[d]	۰/۲۸۵	۰/۱۳۶	۰/۱۶۱	۰/۲۱۹	۰/۱۵۰	۰/۳۵۵	۰/۳۴۳
شیب (S)	۰	۰/۱۹۵[b]	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۳۰[d]	۰/۰۴۱	۰/۱۲۷	۰/۱۲۹	۰/۱۲۴	۰/۰۹۵	۰/۱۰۱	۰/۰۸۴
نفوذپذیری خاک (PW)	۰	۰/۱۳۸[b]	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸۷[d]	۰/۱۴۵	۰/۱۵۵	۰/۱۴۰	۰/۱۳۲	۰/۱۶۱	۰/۱۳۵	۰/۱۲۹
مناطق مسکونی (RE)	۰	۰	۰/۵۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۷۹[d]	۰/۱۳۳	۰/۱۸۹	۰/۱۷۲	۰/۱۴۵	۰/۱۳۹	۰/۱۰۰	۰/۱۲۹
کاربری اراضی (L)	۰	۰	۰/۲۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۰۷[d]	۰/۰۵۲	۰/۰۹۷	۰/۱۱۷	۰/۰۸۶	۰/۱۲۰	۰/۰۴۸	۰/۰۴۳
جاده‌های دسترسی (RA)	۰	۰	۰/۱۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶۰[d]	۰/۰۶۰	۰/۰۶۶	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	۰/۰۸۵	۰/۰۴۴	۰/۰۴۵
۱	۰	۰	۰	۰/۰۳۰	۰/۰۷۳	۰/۱۹۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲[c]	۰/۱۸۶	۰/۰۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۰	۰	۰/۱۲۲	۰/۰۷۶	۰/۰۱۸	۰/۱۳۸	۰/۰۵۸[c]	۰/۰۲۶	۰/۱۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰/۰۹۸	۰/۰۴۰	۰/۱۹۳	۰/۱۳۸	۰/۱۹۱[c]	۰/۱۸۴	۰/۱۷۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰/۰۸۰	۰/۰۴۰	۰/۱۲۰	۰/۱۳۸	۰/۲۸۸[c]	۰/۱۸۴	۰/۱۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰/۰۴۶	۰/۰۵۷	۰/۲۰۴	۰/۱۳۸	۰/۱۰۸[c]	۰/۱۸۴	۰/۱۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰/۱۵۴	۰/۰۲۳	۰/۰۶۵	۰/۱۳۸	۰/۱۱۸[c]	۰/۱۸۴	۰/۲۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰/۲۲۷	۰/۳۰۱	۰/۰۸۸	۰/۱۳۸	۰/۰۵۷[c]	۰/۰۲۶	۰/۰۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰/۲۴۳	۰/۳۹۰	۰/۱۱۸	۰/۱۳۸	۰/۱۴۸[c]	۰/۰۲۶	۰/۰۴۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

[a] وزن حاصل از جدول۴ [b] وزن حاصل از جدول۵ [C] وزن حاصل از جدول ۶ [d] وزن حاصل از جدول۷

جدول ۹- ماتریس ارجحیت نهایی اولویت بندی محل‌های دفن زباله

	G	P	SE	W	R	S	PW	RE	L	RA	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
هدف (G)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فیزیکی (P)		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اجتماعی- اقتصادی(SE)		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سطح‌آب- زیرزمینی(W)	۰	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴	۰/۲۳۴۴
آب سطحی (R)	۰	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵	۰/۲۵۵۵
شیب (S)	۰	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶	۰/۱۰۲۶
نفوذپذیری- خاک(PW)	۰	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷	۰/۱۳۶۷
مناطق مسکونی (RE)	۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰	۰/۱۳۶۰
کاربری اراضی (L)	۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰
جاده‌های دسترسی(RA)	۰	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۶۴
۱	۰/۰۷۲۶		۰	۰/۰۷۲۶	۰/۰۷۲۶	۰/۰۷۲۶	۰/۰۷۲۶	۰/۰۷۲۶	۰/۰۷۲۶	۰/۰۷۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰/۰۸۴۴		۰	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰/۱۲۲۱		۰	۰/۱۲۲۱	۰/۱۲۲۱	۰/۱۲۲۱	۰/۱۲۲۱	۰/۱۲۲۱	۰/۱۲۲۱	۰/۱۲۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰/۱۲۳۱		۰	۰/۱۲۳۱	۰/۱۲۳۱	۰/۱۲۳۱	۰/۱۲۳۱	۰/۱۲۳۱	۰/۱۲۳۱	۰/۱۲۳۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰/۰۹۹۹		۰	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰/۱۱۳۳		۰	۰/۱۱۳۳	۰/۱۱۳۳	۰/۱۱۳۳	۰/۱۱۳۳	۰/۱۱۳۳	۰/۱۱۳۳	۰/۱۱۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰/۱۷۱۷		۰	۰/۱۷۱۷	۰/۱۷۱۷	۰/۱۷۱۷	۰/۱۷۱۷	۰/۱۷۱۷	۰/۱۷۱۷	۰/۱۷۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰/۲۱۲۵		۰	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۲۵	۰/۲۱۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۱۰- اولویت بندی محل‌های دفن زباله بر اساس معیارهای مکان‌یابی

شماره سایت	۸	۷	۴	۳	۶	۵	۲	۱
وزن ماتریس ارجحیت	۰/۲۱۲	۰/۱۷۱	۰/۱۲۳	۰/۱۲۲	۰/۰۱۱۳	۰/۰۹۹	۰/۰۸۴	۰/۰۷۲
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸

۵- جمع بندی مطالعه

مطالعه حاضر کاربرد ارزیابی چند معیاره و فرایند تحلیل شبکه‌ای را در تعیین محل‌های مناسب دفن مواد زاید جامد نشان می دهد. با در نظر گرفتن ۳ معیار محدودیت و ۷ معیار فاکتور در این بررسی، نقشه محل‌های مناسب دفن تهیه شد. لازم به ذکر است که بدلیل تفاوت مناطق مختلف از نظر نقش محدودیت‌ها و همچنین نقش امتیاز دهی فاکتورها توسط کارشناسان خبره، با تغییر منطقه شرایط آن تغییر کرده و در نتیجه نتایج نهایی نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) روشی انعطاف پذیر است که از طریق شکستن یک مسئله پیچیده تصمیم گیری، در نظر گرفتن ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به هم و همچنین ارتباط داخلی معیارهای تصمیم در یک سطح که عملا در سایر روش‌های تصمیم‌گیری نادیده گرفته می‌شود، به تصمیم گیران کمک می‌کند. پیچیدگی و ساختار بازخور غالب مسایل مکان‌یابی، ضرورت استفاده از این روش را در اولویت بندی آنها آشکار می‌کند. این مدل می‌تواند به عنوان یک راهنما در بسیاری از مسائل مدیریت مواد زاید جامد عمل کرده و برای مسائل مختلف مرتبط با محیط زیست و منابع آب توسعه پیدا کند. البته این توسعه نیازمند تلاش و صرف زمان افراد خبره در ارزیابی عوامل مختلف و تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی است. با توجه به اهمیت مکان یابی محل‌های دفن زباله و همچنین در نظر گرفتن عوامل موثر بر آن، یک ساختار بازخور برای اولویت بندی آنها پیشنهاد می‌شود. بنابراین اولویت بندی محل‌های دفن زباله بر اساس روش ANP می‌تواند گامی موثر در تصمیم گیری مدیران و برنامه ریزان با در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر تصمیم و ارتباط متقابل آنها باشد. همچنین با توجه به توانایی‌های منحصر به فرد روش ANP و عدم امکان بررسی ساختارهای غیررده‌ای در سایر روشهای تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره از قبیل AHP لزوم شناخت و استفاده از این روش در سایر مسائل تصمیم‌گیری امری ضروری به نظر می‌رسد.

در این تحقیق اولویت بندی ۸ ناحیه از نظر فاکتورها نشان می‌داد که آب سطحی و آب زیرزمینی مهمترین شاخص‌های تأثیر گذار در مکان یابی محل‌ها هستند که می‌تواند به دلیل نقش زیاد محل دفن در آلودگی آب‌های سطحی، نفوذ آب به داخل محل دفن، افزایش حجم شیرابه تولیدی و نشت به آب‌های زیرزمینی باشد.

پی‌نوشت‌ها

1- Geographic Information System
2- Multi Criteria Decision Analysis
3- Multi Criteria Decision Making
4- Analytical Hierarchy Process
5- Feedback
6- Analytic Network Process
7- Consistency Ratio
8- Eigenvector
9- Eigenvector Method

۶- مراجع

عبدلی، م.ع. (۱۳۷۹)، "*مدیریت دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری درایران*"، انتشارات سازمان شهرداریهای کشور.

یغمائیان، ک. (۱۳۸۲)، "تجزیه مواد"، *مدیریت پسماند*، ۱، صص. ۴-۱۰.

Aragones, P., Aznar, J., Ferries, J. and Garica, M., (2006), "Valuation of urban industrial land: an analytical network process approach", *European journal of operation research*, Vol.185, pp. 322-339.

Chang, N.B., Parvathinathan, G. and Breeden, J.B., (2008), "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region", *Journal of Environmental Management*, Vol. 87, pp. 139-153.

Cheng, S., Chan, C.W. and Huang, G.H., (2003), An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 16, pp. 543-554.

Delgado, O.B., Mendoza, M. and Granados, E.L., (2008), "Analysis of land suitability for the siting of inter-municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico", *Waste Management*, Vol. 28, pp. 1137-1146.

Erdogmus, S., Aras, H. and Koc, E., (2006), "Evaluation of alternative fuels for residential

Saaty, T.L., (1999), "Fundamentals of the analytic network process", ISAHP, Kobe, Japan, August. pp. 12-14.

Saaty, T.L. and Vargas, L.G., (2006), "*Decision Making with the Analytic Network Process*", Springer Science, New York. USA.

Sener, B., Suzen, M.L. and Doyuran, V., (2006), "Landfill site selection by using geographic information systems", *Environ Geol*, Vol. 49. pp. 376-388.

Siddiqui, M., Everett, J.W. and Vieux, B.E., (1996), "Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 122, No 6, pp. 515-523.

Sumathi, V.R., Natesan. U. and Sarkar, C., (2007), "GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill", *Waste Management*, Vol. 28, pp. 2146-2160.

Williams, P.T., (2005), *Waste treatment and disposal*, Second edition, Wiley.

heating in Turkey using analytic network process with group decision making", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10, No. 3, pp. 269-279.

Gemitzi, A., Tsihrintzis, V.A., Voudrias, E., Petalas, C. and Stravodimos, G., (2007), "Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills", *Environ Geol*, Vol. 51, pp. 797-811.

Khan, S. and Faisal, M.N., (2007), "An analytic network process model for municipal solid waste disposal options" *Waste Management*, Vol. 28, pp. 1500-1508.

Kontos, T.D., Komilis, D.P. and Halvadakis, C.P., (2005), "Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology", *Waste Management*, Vol. 25, pp. 818-832.

Malczewski, J., (1999), *GIS and Multi Criteria Decision Analysis*, John Wiley & Sons Inc.