ISSN 2345 - 4997

Available online at: www.geo-dynamica.com

Vol. (I)- No. 03- Winter 2014
10th Article- P. 55 to 67

GRIB
Geodynamics Research International Bulletin

Application of Hierarchical Fuzzy TOPSIS Method (HFTOPSIS) In Municipal Solid Waste Management

Sara Azizi Ghalaty[1], kazem Rangzan[2], Ayub Taghizadeh[3], Peyman Heidarian*[4]

[1] *Department of GIS and Remote Sensing, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.*
[2] *Department of GIS and Remote Sensing, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.*
[3] *Department of GIS and Remote Sensing, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.*
[4] *Department of GIS and Remote Sensing, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.*

*Corresponding Author (peyman.2012gis@yahoo.com)

Article History:	Received: Dec. 25, 2014	Reviewed: Jan. 04, 2014
Revised: Jan. 23, 2014	Accepted: Feb. 09, 2014	Published: Mar. 16, 2014

ABSTRACT

Selection of suitable places for municipal solid waste landfilling can dispel environmental, social and economic concerns caused by waste expulsion. Regarding the importance of this issue, choosing a comprehensive technique for doing this process makes environmental planners and decision-makers assure the reduction of the deleterious effects of landfilling. The main objective of the present research is to select optimum places for waste sanitary landfill in Shahriar town in Tehran province using Multi-Criteria techniques of FAHP and Hierarchical Fuzzy TOPSIS (HFTOPSIS). First, main factors affecting landfill places were modified using related institutions data and then the data was collected and standardized using Geographical Information Systems. Next, factor weights were calculated using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. After applying the weights to the corresponding criteria, using Fuzzy overlay functions, combinations of layers were done. Then, HFTOPSIS method was used to prioritize options. 31 suitable options were calculated through running the above-mentioned methods. Finally, one of these places was selected as the best place. The selected place was located in the south western part of Shahriar. Results showed that the selected sites are located in better places compared to the current one. Thus, this integrated approach showed better performance than that of the other approaches, for it takes into account the inexact nature of the phenomena.

Keywords: Solid waste, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Hierarchical Fuzzy TOPSIS, Shariar.

کاربرد روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی(HFTOPSIS) در مکان‌یابی محل دفن پسماند

سارا عزیزی قلاتی[۱]، کاظم رنگزن[۲]، ایوب تقی زاده[۳]، پیمان حیدریان[۴]

[۱] گروه GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
[۲] گروه GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
[۳] گروه GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
[۴] گروه GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، نگارنده رابط (peyman.2012gis@yahoo.com)

تاریخچه انتشار مقاله	**تاریخ دریافت:** ۱۳۹۲/۱۰/۰۴	**تاریخ داوری:** ۱۳۹۲/۱۰/۱۴
تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۲/۱۱/۰۳	**تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۲/۱۱/۲۰	**تاریخ انتشار:** ۱۳۹۲/۱۲/۲۵

چکیده

انتخاب محل مناسب دفن مواد زائد جامد شهری، به دلایل متعدد می‌تواند نگرانی‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ناشی از دفع مواد زائد را رفع کند. با توجه اهمیت بالای موضوع، انتخاب تکنیک‌های جامع برای انجام فرایند مذکور تا حد زیادی برنامه‌ریزان و تصمیم گیران محیطی را از کاهش آثار سوء ناشی از دفن پسماند مطمئن می‌سازد. بنابراین، هدف از این تحقیق، گزینش مکان مناسب جهت دفن مواد زائد جامد شهرستان شهریار در استان تهران با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و فازی تاپسیس سلسله مراتبی (HFTOPSIS) است. ابتدا معیارهای موثر در انتخاب محل دفن پسماند از سازمان‌های مربوطه جمع‌آوری شد، و با استفاده از

All rights reserved for GRIB

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی آنالیز و استانداردسازی شدند. سپس با به‌کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن معیارها محاسبه شده و بعد از اعمال وزن‌ها در لایه‌های متناظر، همپوشانی لایه‌ها با کمک توابع فازی انجام شد. در مرحله بعد با استفاده از روش HFTOPSIS اولویت‌بندی گزینه‌ها انجام شد. با اجرای روش فوق ۳۱ گزینه مناسب به دست آمد. سپس با انجام اولویت‌بندی ۳ گزینه به عنوان بهترین مکان‌ها انتخاب شدند که در بخش جنوب‌غربی شهر شهریار واقع شده‌اند. نتایج نشان داد که گزینه‌های انتخابی در مقایسه با مرکز دفن فعلی در مکان بهتری واقع شده‌اند و این رویکرد ترکیبی سلسله مراتبی فازی به دلیل لحاظ کردن ماهیت غیر دقیق پدیده‌ها، عمکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، فازی تاپسیس سلسله مراتبی، مواد زائد جامد شهری، شهریار.

۱. مقدمه

گسترش و توسعه شهرها و ایجاد مراکز جمعیتی در کشورهای مختلف و افزایش سطح کیفیت زندگی مردم که مصرف هر چه بیشتر انواع فرآورده‌های تولیدی را در پی داشته، تولید حجم انبوهی از زباله‌ها را در این شهرها نیز به دنبال داشته است (عمرانی و همکاران، ۱۳۹۱). چگونگی دفع پسماندهای تولید شده شهری، همواره از سال های دور، یکی از معضلات جامعه بشری بوده است (عبدلی، ۱۳۷۲). اصول بهسازی محیط در هر شهر ایجاب می‌کند که زباله‌های تولید شده در حداقل زمان ممکن از منازل و محیط زندگی دور و در اسرع وقت به شیوه‌های بهداشتی دفن گردد. همه این مسائل باعث می شود که لزوم پیاده‌سازی برنامه‌های مدیریتی در کلیه شهرها مد نظر قرار گیرد (عمرانی، ۱۳۷۷). کاهش تولید، بازیافت، استفاده دوباره و دفن پسماندها راهکارهایی هستند که در مدیریت مواد زائد به کار می‌روند. در تمام این مراحل مقداری مواد باقی می‌ماند که باید دفن شود، لذا انتخاب محل دفن مناسب برای پسماندها مهمترین مرحله در مدیریت مواد زائد می‌باشد (عابدی و همکاران، ۱۳۹۲). عوامل متعددی در انتخاب محل مناسب برای دفن بهداشتی زباله‌های جامد شهری نقش دارند که هر یک از آنها به اندازه کافی مهم هستند و نمی توان آنها را حذف کرد، چون محدودیت های انتخاب مکان را تعیین می‌کنند (Khorshid Dust 2011). از پارامترهای اساسی در انتخاب محل، مناسب بودن آن از نظر زمین‌شناسی، اکولوژی، هیدروژئولوژی، هیدرولوژی، توپوگرافی و شرایط آب و هوایی می‌باشد. از دیگر عوامل می توان به فاکتورهایی چون حمل و انتقال و فاکتورهای اجتماعی و اقتصادی اشاره نمود (دفتر امور فنی و تدوین معیارها، ۱۳۸۰). همچنین بسیاری از ویژگی‌های لحاظ شده در فرآیند انتخاب مکان های دفن بهداشتی زباله جنبه مکانی دارند، که در چند سال گذشته انگیزه برتری استفاده از روش‌های جغرافیایی را ایجاد کرده و امکان ترکیب ویژگی‌های متعدد با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را می‌دهد (Effat, et al 2012، Nas, et al 2010). بنابراین به منظور یافتن بهترین مکان برای دفن پسماند، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند توأم با منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورد استفاده قرار گیرد و ابزار قدرتمندی را برای حل و تصمیم‌گیری ارائه دهد (Cain 2002). منطق فازی برای اولین بار توسط پروفسور عسکر لطفی‌زاده استاد دانشگاه برکلی آمریکا، برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم‌اند صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۶). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] روشی انعطاف‌پذیر، قوی و ساده است و در شرایطی که معیارهای انتخاب گزینه‌ها متضاد هستند بهترین کارایی را دارد (Adlin and Taylor 2005). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به وسیله ساعتی پیشنهاد شده است که رویکردی موثر برای کشف وزن و اهمیت نسبی معیارها می‌باشد. این روش بر مبنای مقایسه دو زوجی است که برای تعیین اهمیت نسبی هر معیار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Saaty 2000). از مزایای ممتاز این روش محاسبه نرخ سازگاری و ناسازگاری تصمیم می‌باشد (قدسی‌پور، ۱۳۸۰). با تلفیق منطق‌های AHP و Fuzzy علاوه بر در نظر گرفتن مزیت‌های هر دو روش، مانند ارائه یک ساختار قابل درک بین تصمیم‌گیری چند معیاره با مجموعه‌ای از داده‌های کمی و کیفی، وجود ساختار مرتبه‌ای و مستقل قابل فهم، کاهش ضریب ناسازگاری و تولید اشکال دارای اولویت، می توان معایب فوق را رفع کرد (سالاری و

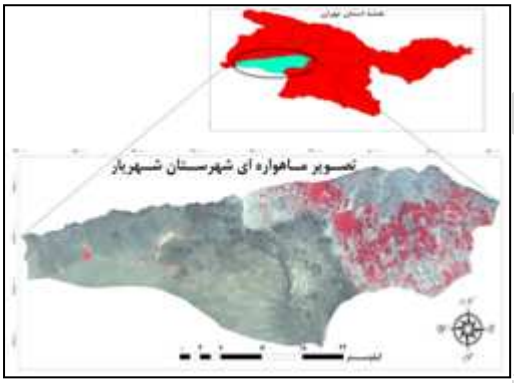
1 - Analytic Hierarch process (AHP)

All rights reserved for GRIB

همکاران،۱۳۹۱). منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی[1] تفکرات بشری را در استفاده از اطلاعات تقریبی و نامطمئن برای تصمیم‌گیری بازتاب داده است (Karsak and Tolga 2001). با توجه به اینکه روش ها و فنون مختلفی برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد، روش تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که m گزینه را با توجه به n معیار رتبه‌بندی می‌کند. اساس این روش، انتخاب گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از جواب منفی ایده‌آل دارد (اصغرپور، ۱۳۹۱). با ادغام روش تاپسیس و منطق فازی، وزن ها و ماتریس تصمیم‌گیری به صورت اعداد فازی تعریف می شوند و همانند روش تاپسیس کلاسیک بر اساس فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی رتبه‌بندی می‌شوند. از آنجا که روش‌های تاپسیس کلاسیک و فازی تاپسیس ساختار سلسله مراتبی موجود در مسایل چند معیاره را در نظر نمی‌گیرند در مطالعه حاضر برای رتبه‌بندی گزینه‌ها از روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی[2] استفاده شده است. از جمله مطالعات انجام شده در کشور می‌توان به هادیانی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره کرد، که با استفاده از منطق فازی جهت تعیین ارزش و وزن معیارهای مختلف مؤثر در مکان‌یابی محل دفن پسماند در شهر زنجان، مدلی طراحی کردند و با کنترل زمینی، نتایج تا حدود زیادی رضایت بخش بوده است (هادیانی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین نتایج تحقیق بیگ محمدی و همکاران در سال ۱۳۸۹، در مکان‌یابی دفن زباله با استفاده از GIS ، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در الگوسازی و کمک به مکان‌یابی دفع زباله و ترکیب معیارهای مختلف بهداشتی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در مدل‌های مختلف را نشان داد (بیگ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعات دیگری با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی، ترکیب خطی وزنی، الگوریتم‌های فازی و GIS در خارج و داخل انجام شده است (رسولی، ۱۳۹۱، Gbanie, et al 2010 ، Aidy 2013). در پژوهش حاضر، با توجه به روش‌های مطالعات گذشته، و نیز با در نظر گرفتن ماهیت پدیده‌های طبیعی موثر در امر مکانیابی محل دفن زباله، ترکیب جامعی از روش‌های موجود شامل Fuzzy AHP، HFTOPSIS و GIS به منظور مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهر شهریار استفاده می‌شود.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شهرستان شهریار است که با مساحت ۳۲۰ کیلومتر مربع یکی از ۱۲شهرستان استان تهران است. این شهرستان درغرب استان تهران واقع شده و با ارتفاع متوسط ۱۶۰متر از سطح دریا در موقعیت جغرافیایی بین ´۵۶ °۵۰ تا ´۵۳ °۵۱ دقیقه طول شرقی و ´۳۳ °۳۵ تا ´۴۰ °۳۵ عرض شمالی واقع شده‌است (شکل ۱)



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه.

۳. مواد و روش‌ها

این مقاله در دو مرحله انجام می شود، مرحله اول شامل:

۱- گردآوری اطلاعات

۲- استانداردسازی

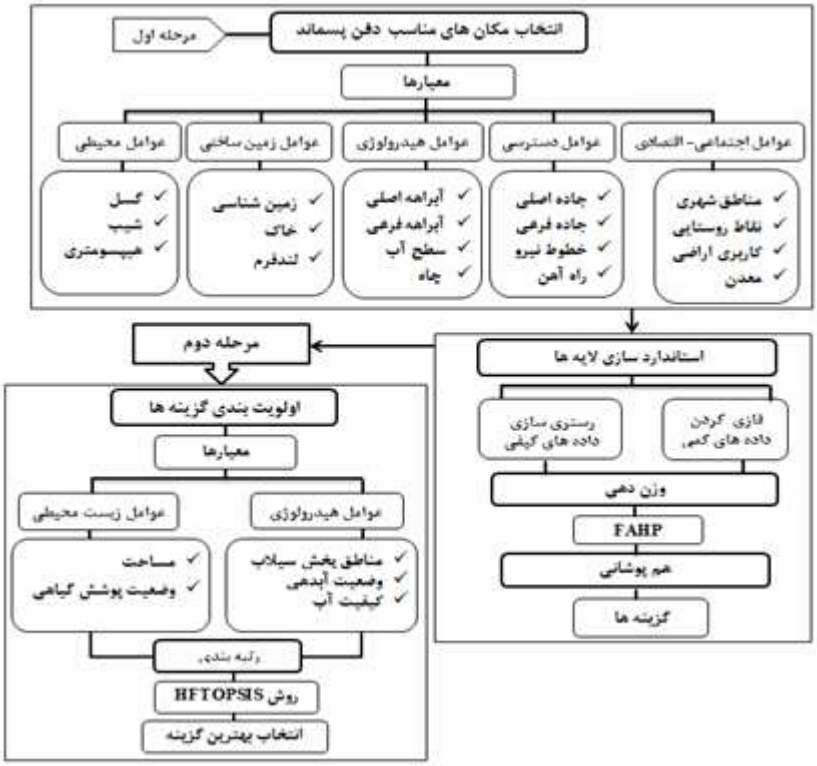
۳- وزن‌دهی به روش FAHP،

۴- هم‌پوشانی لایه‌ها با استفاده از توابع فازی.

در مرحله دوم اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از HFTOPSIS انجام می‌شود (شکل ۲).

1 - Fuzzy Analytic Hierarch process (FAHP)
2 - Hierarchical Fuzzy TOPSIS (HFTOPSIS)

All rights reserved for GRIB



شکل۲. مدل مفهومی مراحل انجام مکانیابی دفن پسماند (منبع: نگارنده).

۳. ۱. مرحله اول

۳. ۱. ۱. گردآوری اطلاعات

ابتدا پارامترها، معیارها و ضوابط انتخاب مکان‌های مناسب برای دفن بهداشتی با بررسی استانداردهای مربوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت کشور و تجربیات جهانی، شناسایی، ارزیابی و انتخاب گردیدند. مجموعه معیارها باید دارای آن دسته از خصوصیاتی باشند که به اندازه کافی معرف طبیعت چند معیاری یک مسئله تصمیم‌گیری است (Malchefscki 1999). پارامترهای تعیین شده زیرمجموعه ای از چهار معیار اصلی شامل عوامل اجتماعی-اقتصادی، عوامل دسترسی، عوامل هیدرولوژی و عوامل زمین ساختی می باشند جدول (۱). داده‌های مورد نیاز جهت انتخاب مکان دفن بهداشتی زباله های شهرستان شهریار بر اساس معیارهای منتخب، از اداره کل منابع طبیعی استان تهران تهیه، سپس لایه‌های اطلاعاتی کلیه زیر معیارهای مورد نظر برای مکانیابی در محیط GIS استخراج گردید.

جدول ۱. معیارها، زیرمعیارها و گستره قابل قبول داده های کمی.

معیارها	زیر معیارها	نوع داده	محدوده
عوامل محیطی	گسل	کمی	۳۰۰-۱۵۰ متر
	شیب	کمی	۱۰-۰ درصد
	هیپسومتری	کیفی	کم- متوسط
عوامل اجتماعی-اقتصادی	مناطق شهری	کمی	۳۰۰۰-۲۰۰۰ متر
	نقاط روستایی	کمی	۱۰۰۰-۵۰۰ متر
	کاربری اراضی	کیفی	کاربری های سازگار
	معدن	کمی	۳۰۰-۱۵۰ متر
عوامل دسترسی	جاده های اصلی	کمی	۱۰۰۰-۳۰۰ متر
	جاده های فرعی	کمی	۳۰۰- ۱۵۰ متر

All rights reserved for GRIB

معیارها	زیر معیارها	نوع داده	محدوده
	خطوط نیرو	کمی	۴۰۰-۲۰۰ متر
	راه آهن	کمی	۱۰۰۰- ۳۰۰ متر
عوامل هیدرولوژی	آبراهه اصلی	کمی	۶۰۰-۳۰۰ متر
	آبراهه فرعی	کمی	۴۰۰-۲۰۰ متر
	سطح ایستابی	کمی	۲۰-۱۰ متر
	چاه	کمی	۴۰۰-۳۰۰ متر
عوامل زمین ساختی	زمین شناسی	کیفی	سازندهای سخت
	خاک	کیفی	بافت ریز
	لندفرم	کیفی	کم ارتفاع و دشت ها

۳. ۱. ۲. استانداردسازی

با تعیین مجموعه‌ای از معیارها برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم گیری، لازم است که هر معیار به صورت یک لایه نقشه در پایگاه داده‌های GIS ذخیره شود. در اندازه گیری صفات، دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر همین اساس لازم است، ارزش‌های موجود در لایه‌های مختلف نقشه به واحدهای قابل مقایسه و در تناسب با هم تبدیل شوند. با انجام این کار نقشه‌های استاندارد و قابل مقایسه خواهیم داشت. یکی از روش های استاندارد سازی، روش فازی است. عملیات فازی‌سازی، ورودی‌ها را گرفته و توسط توابع عضویت مربوطه، یک درجه مناسب به هر یک نسبت می‌دهد. متغیرهای ورودی هر یک باید در محدوده رقومی تعریف شده خود باشند (مثلاً فاصله از خیابان از صفر تا ۵۰۰) و خروجی‌ها، درجه عضویت فازی از مجموعه‌های تعیین کننده زبانی (بین صفر و یک) هستند (مهجوری، ۱۳۹۱).

۳. ۱. ۳. وزن‌دهی به روش FAHP

هدف از وزن‌دهی معیار آن است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیارهای دیگر بیان کرد (مهجوری، ۱۳۹۱). یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد (Saaty 1980). این فرآیند بر اساس مقایسه‌ی زوجی بنا نهاده شده است. در این روش ابتدا بایستی مسئله به صورت سلسله مراتبی به اجزای کوچکتری تقسیم شود. این اجزاء شامل تعیین هدف، معیارها و گزینه‌ها هستند. سپس با استفاده از روش مقایسه‌ی زوجی، وزن هر گزینه به دست می‌آید و گزینه‌ی برتر انتخاب می‌شود (قدسی پور، ۱۳۸۰). با وجود محبوبیت زیاد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، غالباً از آن به علت ناتوانی در یکی کردن ابهام‌ها و ادراکات تصمیم گیرنده نسبت به اعداد دقیق انتقاد می‌شود. اما از آنجایی که عدم قطعیت یکی از معمول‌ترین مشخصه‌های مسائل تصمیم‌سازی است، روش FAHP برای پاسخگویی به این مشکل ایجاد شد (Mikhailov and Tsvetinov 2004). این روش به تصمیم‌سازان اجازه می‌دهد تا تقدم‌های حدودی یا انعطاف‌پذیر خود را با اعداد فازی بیان کنند (لطفی و همکاران، ۱۳۹۰). تصمیم‌ساز می‌تواند نظر خود را در قالب کلی به صورت خوشبینانه، بدبینانه، متوسط، کاملاً مربوط و نظیر آن بیان کند (Jeganathan 2003). در سال ۱۹۹۶ روشی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای[1] توسط Chang ارایه گردید که مراحل این روش در زیر شرح داده شده‌اند (عطایی، ۱۳۸۹):

۱- رسم نمودار سلسله مراتبی

۲- تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

۳- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی

ماتریس مقایسه زوجی ($\tilde{A}$) حاوی اعداد فازی تعریف شده می‌باشد و به صورت زیر خواهد بود.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \widetilde{a_{12}} & \cdots & \widetilde{a_{1n}} \\ \widetilde{a_{21}} & 1 & \cdots & \widetilde{a_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{a_{n1}} & \widetilde{a_{n2}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

1. Extant Analysis

All rights reserved for GRIB

۴- محاسبه Si برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \times \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} \quad (۲)$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیان کننده شماره ستون می‌باشد. M_{gi}^{j} در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j , \sum_{j=1}^{m} m_j , \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \quad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i , \sum_{i=1}^{n} m_i , \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \quad (۴)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j\ -1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \quad (۵)$$

در روابط بالا l_i و m_i و u_i به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \times \times \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) = = \left(\frac{\sum_{j=1}^{m} l_j}{\sum_{i=1}^{n} u_i} , \frac{\sum_{j=1}^{m} m_j}{\sum_{i=1}^{n} m_i} , \frac{\sum_{j=1}^{m} u_j}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \quad (۶)$$

۵- محاسبه درجه بزرگی S_iها نسبت به همدیگر به طور کلی درجه بزرگی S_i نسبت به S_j از معادلهٔ زیر بدست می‌آید.

$$V\left(S_i \geq S_j\right) = hgt\left(S_i \cap S_j\right) = \mu_{s_i}(d) = = \begin{cases} 1 & if\ m_i \geq m_j \\ 0 & if\ l_j \geq u_i \\ \dfrac{l_j - u_i}{(m_i - u_i) - (m_j - u_j)} & otherwise \end{cases} \quad (۷)$$

۶- محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی

برای محاسبه وزن نرمال نشده معیار باید میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی با سایر اعداد فازی مثلثی محاسبه شود و در نهایت حداقل میزان بزرگی، نشان دهندهٔ وزن نرمال نشده معیار است. بدین منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$d'(A_i) = MinV\left(S_i \geq S_k\right) \quad k = 1,2,\ldots,n\ ,\ k \neq i \quad (۸)$$

۷- محاسبه بردار وزن نهایی

بردار وزن نهایی از نرمال کردن بردار وزن معیارها به دست می‌آید.

$$W = \left(d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n)\right)^t \quad (۹)$$

۳. ۱. ۴. هم‌پوشانی

یکی از مهمترین توانایی‌های GIS که آن را به عنوان سیستمی ویژه و انحصاری مجزا می‌کند، توانایی تلفیق داده‌ها برای مدل‌سازی، مکانیابی و تعیین تناسب اراضی از طریق ارزش‌گذاری پهنه‌ی سرزمین است. زیرا در نتیجه تلفیق و ترکیب معیارها، بهترین نقطه برای استقرار مراکز و مکان‌های بهینه انتخاب می‌شود.

برای ترکیب معیارها روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از این روش‌ها منطق فازی است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۶). در این روش با استفاده از عملگرهای فازی لایه‌های مختلف ترکیب می‌شوند. انتخاب عملگر مناسب، بستگی به ماهیت داده‌ها و نحوه تأثیر آنها بر همدیگر داشته و از مهمترین مراحل همپوشانی است.

۳- ۲. مرحله دوم: اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از HFTOPSIS

روش پیشنهادی: روش تاپسیس توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. منطق اصولی این مدل راه حل ایده‌آل (مثبت) و راه حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راه حل ایده‌آل (مثبت) راه حلی است که معیار سود را افزایش و معیار

All rights reserved for GRIB

هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه حل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راه حل منفی دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس گزینه‌هایی که بیشترین تشابه با راه حل ایده‌آل را داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند (Kahraman and et.al 2007). با توجه به اینکه در بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها و مقایسه‌ها در داده‌های ورودی عدم قطعیت و ابهام وجود دارد روش تاپسیس قادر به مدلسازی و ارائه نتایج درست نمی‌باشد. لذا استفاده از مفاهیم فازی می‌تواند تأثیرگذاری عدم قطعیت توأم با تفکرات آدمی، در تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد (Roshandel and et.al 2013). اگر چه روش فازی تاپسیس یکی از روش‌های پر کاربرد در حل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره است ولی به دلیل در نظر نگرفتن ساختار سلسله مراتبی نمی‌تواند در همه تصمیم‌گیری‌ها استفاده شود. بنابراین برای حل مشکلاتی که ساختار سلسله مراتبی دارند بهتر است از روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی استفاده شود که در این مطالعه روش فازی تاپسیس با در نظر گرفتن مفهوم سلسله مراتبی پیشنهاد شده است (Mikhailov and Tsvetinov 2004).

۳. ۲. ۱. روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی

مجموعه فازی: یکی از ویژگی‌های روش فازی اختصاص دادن اهمیت ها به صورت نسبی به گزینه‌ها است. در صورتی که در روش‌های قطعی از ارزش‌های ریاضی و قطعی استفاده می‌شود. تعریف مجموعه فازی در مقالات زیادی بیان شده است (Zadeh 1965 ، Buckley 1985، Chen et al 2006 ، Zimmermann 1991). در این مقاله از رابطه (۱۰) استفاده شده است که توسط Xiaobing در سال ۲۰۱۱ به اختصار توضیح داده شده است.

$$\mu_{\acute{a}}(x)=\begin{cases}0, & x\le a_1,\\ \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1<x\le a_2\\ \dfrac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2<x\le a_3\\ 0, & x>a_3\end{cases} \qquad (۱۰)$$

$$d\left(\tilde{a},\tilde{b}\right)=\sqrt{1/3\left[\left(a_1-b_1\right)^2+\left(a_2-b_2\right)^2+\left(a_3-b_3\right)^2\right]}$$

قوانین بین دو مجموعه فازی مثلثی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. قوانین بین دو مجموعه فازی مثلثی

قوانین تلفیق	معادلات
جمع	$\tilde{\alpha}+\tilde{b}=(a_1,a_2,a_3)+(b_1,b_2,b_3)=(a_1+b_1,a_2+b_2,a_3+b_3)$
تفریق	$\tilde{\alpha}-\tilde{b}=(a_1,a_2,a_3)-(b_1,b_2,b_3)=(a_1-b_1,a_2-b_2,a_3-b_3)$
ضرب	$\tilde{\alpha}\times\tilde{b}=(a_1,a_2,a_3)\times(b_1,b_2,b_3)=(a_1\times b_1,a_2\times b_2,a_3\times b_3)$ $k\tilde{\alpha}=k\times(a_1,a_2,a_3)=(k\times a_1,k\times a_2,k\times a_3)$
تقسیم	$\tilde{\alpha}\div\tilde{b}=(a_1,a_2,a_3)\div(b_1,b_2,b_3)=(a_1\div b_1,a_2\div b_2,a_3\div b_3)$
معکوس	$\tilde{\alpha}^{-1}=(a_1,a_2,a_3)^{-1}=\left(\frac{1}{a_1},\frac{1}{a_2},\frac{1}{a_3}\right)$

مراحل رویکرد روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی در زیر شرح داده شده است:

۱- تشکیل ساختارسلسله مراتبی و محاسبه وزن‌های معیارهای اصلی (I_m) و زیرمعیارها (I_s).

۲- انتخاب ارزش‌های زبانی برای هر یک از گزینه‌ها (X_{ij}) با در نظر گرفتن معیارها (m) (انتخاب اهمیت گزینه‌ها). $\left(x_{ij};=1,2\ldots|m;j=1,2\ldots n\right)$، x_{ij} شامل ارزش زبانی هر یک از گزینه‌ها است و با توجه به اینکه ارزش ها به صورت تابع مثلثی فازی نرمال شده انتخاب شده‌اند {۰و۱} بنابراین نیازی به نرمال کردن ارزش گزینه‌ها وجود ندارد.

۴- ساخت ماتریس وزن‌دهی نرمال شده (V_{ij}). این ماتریس از ضرب وزن‌ها (معیارهای اصلی در زیر معیارها) در ماتریس فازی تاپسیس به دست می‌آید که در آن وزن‌ها را می‌توان از طریق FAHP به دست آورد.

$$Wj=I_m\times I_s$$
$$\mathrm{v_{ij}}=\mathrm{x_{ij}}\times\mathrm{w_j}\ \mathrm{i}=1,2\ldots\mathrm{m};\ \mathrm{j}=1,2\ldots\mathrm{n} \qquad (۱۲)$$

۵- به دست آوردن ایده‌آل مثبت (A^*) و ایده‌آل منفی (A^-) که از رابطه (۱۳) به دست می‌آید.

$$\mathrm{A}^*=\left\{\mathrm{v}_1^*,\mathrm{v}_2^*,\ldots,\mathrm{v}_\mathrm{n}^*\right\}=$$
$$=\left\{\left(\max_\mathrm{j}\mathrm{v_{ij}}|\mathrm{i}\in\mathrm{I}'\right),\left(\min_\mathrm{j}\mathrm{v_{ij}}|\mathrm{i}\in\mathrm{I}''\right)\right\} \qquad (۱۳)$$
$$\mathrm{i}=1,2\ldots\mathrm{m};\ \mathrm{j}=1,2\ldots\mathrm{n},$$

All rights reserved for GRIB

$$A^- = \left\{v_1^-, v_2^-, \ldots, v_n^-\right\} = \\ = \left\{\left(\min_j v_{ij} | i \in I'\right), \left(\max_j v_{ij} | i \in I''\right)\right\} \\ i = 1,2 \ldots m; \quad j = 1,2 \ldots n,$$

که در آن I' شاخص معیارهای سود و I'' شاخص معیارهای هزینه است.

۶- محاسبه فاصله هریک از گزینه‌ها نسبت به ایده‌آل منفی D^- و مثبت D^+ .که از طریق روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$D_i^* = \sum_{j=1}^{n} d\left(v_{ij}, v_j^*\right) \quad i = 1,2 \ldots m, \\ D_i^- = \sum_{j=1}^{n} d\left(v_{ij}, v_j^-\right) \quad i = 1,2 \ldots m, \qquad (۱۴)$$

۷- میزان مشابهت به راه حل ایده‌آل (CC) که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$CC_i = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^-} \qquad (۱۵)$$

۸- اولویت‌بندی گزینه‌ها با توجه به ارزش‌های CC_i به صورت نزولی (بزرگ به کوچک) (Xiaobing and et.al 2011).

۴. بحث و نتایج

۴. ۱. مرحله اول: اجرای روش FAHP

بعد از آماده کردن لایه‌های مورد نظر، استانداردسازی لایه‌ها انجام می‌شود. در این تحقیق برای استانداردسازی داده‌های کمی از روش فازی استفاده شده است. نکته‌ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع افزایشی یا کاهشی بودن معیار مورد نظر می‌باشد. به عنوان مثال در رابطه با فاصله از گسل، هر چه فاصله بیشتر باشد برای هدف مکانیابی دفن مواد زائد مناسب‌تر می‌باشد در نتیجه اینجا از تابع افزایشی استفاده می‌شود. این نکته نیز باید مد نظر قرار بگیرد که زیر معیارهای مناطق شهری، نقاط روستایی و جاده‌ها بدلیل توجیهات اقتصادی و زیست‌محیطی دارای فاصله افزایشی- کاهشی می‌باشند. برای داده‌های کیفی (مانند لایه کاربری اراضی) با استفاده از نظر کارشناسان در محدوده صفر تا یک، هر یک از کاربری‌های خاص امتیازدهی شده، سپس تبدیل به یک لایه رستر شده‌اند. پس از استانداردسازی داده‌ها، با توجه به اینکه هر یک از زیر معیارها تأثیر متفاوتی در تعیین محل مناسب دفن پسماند دارند، وزن‌دهی به لایه‌ها ضرورت می‌یابد. برای این کار از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. در این روش ابتدا اعداد فازی و مقیاس‌های فازی مورد استفاده تعیین شده و سپس ماتریس‌های زوجی از معیارهای مرتبط ایجاد شد. لایه‌ها به صورت دو به دو با استفاده از اعداد فازی، توسط تصمیم گیرندگان مقایسه و در جداول مربوطه به صورت اعداد فازی وارد شدند. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی و تکمیل آن، با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای وزن هر یک از معیارها مشخص شد. برای انجام این کار از برنامه نوشته شده در محیط نرم افزار متلب استفاده شد و با وارد کردن داده‌های جداول مقایسات که به صورت اعداد فازی بودند، وزن هر معیار مشخص شد (جدول۳).

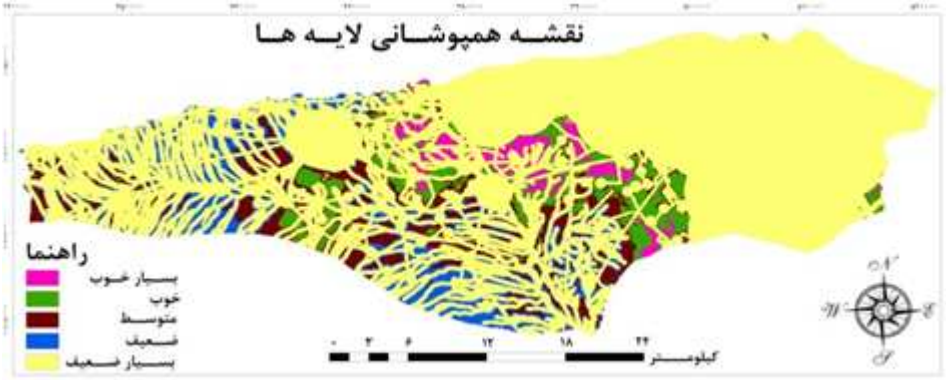
جدول ۳. وزن نهایی لایه‌ها.

معیار	وزن	معیار	وزن
مناطق شهری	۰/۴۲۵۸	آبراهه فرعی	۰/۱۴۸۵
نقاط روستایی	۰/۲۷۴۲	سطح آب	۰/۱۵۹۸
کاربری اراضی	۰/۱۸۴۱	چاه	۰/۳۴۲۲
معدن	۰/۱۱۵۹	زمین شناسی	۰/۴۲۷۹
جاده‌های اصلی	۰/۳۷۹	خاک	۰/۴۱۴۶
جاده‌های فرعی	۰/۲۲۳۲	لندفرم	۰/۱۵۷۵
خطوط نیرو	۰/۱۵۹۸	گسل	۰/۱۹۳۶
راه آهن	۰/۲۳۸۱	شیب	۰/۳۸۶۵
آبراهه اصلی	۰/۳۴۹۵	هیپسومتری	۰/۴۱۹۹

برای انجام عمل همپوشانی با روش فازی هر نقشه معیار در وزن حاصل از روش FAHP ضرب می‌شود. در نهایت همه نقشه‌ها توسط عملگرهای فازی با هم ترکیب می‌شوند و بهترین گزینه‌ها انتخاب می‌شوند. با انجام این عمل نقشه‌ای به دست می‌آید که مناطق مناسب برای دفن پسماند را نشان می‌دهد(شکل ۳).

در این نقشه مکان‌های به دست آمده در ۵ کلاس بسیار خوب، خوب، متوسط، ضعیف و بسیار ضعیف دسته‌بندی شده‌اند.

All rights reserved for GRIB

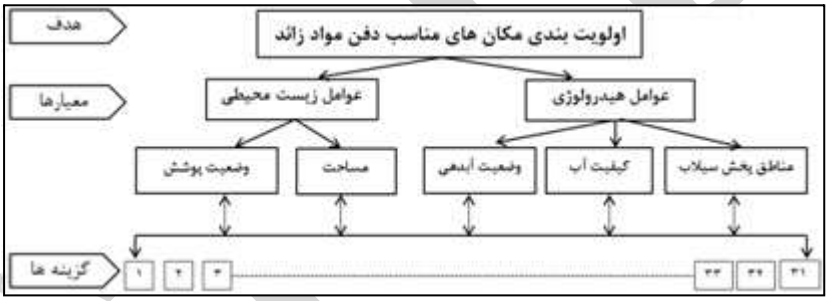


شکل۳. نقشه روی هم گذاری لایه ها (در محیط GIS).

۴. ۲. مرحله دوم: اجرای روش HFTOPSIS

۱- انتخاب معیارها و محاسبه وزن‌ها

با توجه به در نظر گرفتن ساختار سسلسله مراتبی، در این تحقیق دو معیار اصلی شامل عوامل هیدرولوژی با زیر معیارهای مناطق پخش سیلاب، کیفیت آب و وضعیت آبدهی، همچنین عوامل زیست‌محیطی با زیر معیارهای مساحت و وضعیت پوشش گیاهی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شد. در شکل (۴) ساختار سلسله مراتبی جهت رتبه‌بندی نشان داده شده است. همچنین وزن معیارها و زیر معیارها با استفاده از روش FAHP به دست آمد.



شکل ۴. ساختار سلسله مراتبی.

۲- ارزیابی گزینه‌ها با انجام روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی

با توجه به نتایج مرحله قبل و محاسبه وزن معیارهای اصلی و فرعی، ماتریس ارزش های گزینه ها با استفاده از رابطه (۱۲)، تشکیل شد. همان طور که در مراحل قبل توضیح داده شد چون ارزش‌های این ماتریس نرمال شده هستند بنابراین نیاز به نرمال‌سازی وجود ندارد. با توجه به نرمال بودن این ماتریس، ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی برای معیارهای سود به ترتیب؛ $\tilde{V}^*i=(1,1,1)$ و $\tilde{V}^-_i=(0,0,0)$ و برای معیارهای هزینه به ترتیب $\tilde{V}^*_i=(1,1,1)$ و $\tilde{V}^-_i=(0,0,0)$ انتخاب شدند. که در این مطالعه معیارهای مناطق پخش سیلاب و مساحت به عنوان سود و معیارهای کیفیت آب و وضعیت آبدهی به عنوان هزینه طبق جدول (۴) در نظرگرفته شدند.

در ادامه فاصله از گزینه ایده‌آل مثبت D^* و ایده‌آل منفی D^- با استفاده از رابطه (۱۴) و میزان مشابهت به راه حل ایده‌آل از طریق رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود. که نتایج آنها در جدول (۵) آمده است.

گزینه‌های ۲۳ ، ۹ و ۴ به ترتیب به عنوان بهترین مکان برای دفن پسماند انتخاب شد که در شکل ۵ نشان داده شده است.

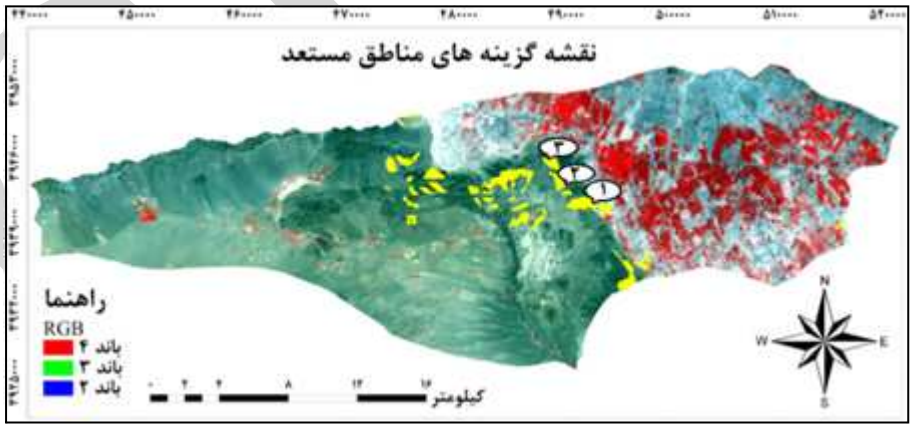
All rights reserved for GRIB

جدول ۴. ایده آل سود و ایده آل هزینه برای ۶ معیار.

	C1	C2	C3	C4	C5
ایده آل سود $(\tilde{V}^*_i)$	(۰،۰،۰)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)
ایده آل هزینه $(\tilde{V}^-_i)$	(۱،۱،۱)	(۰،۰،۰)	(۰،۰،۰)	(۰،۰،۰)	(۰،۰،۰)

جدول ۵. نتایج رتبه بندی با روش فازی تاپسیس سلسله مراتبی.

گزینه ها	CCi	D*	D⁻	گزینه ها	CCi	D*	D⁻
۱	۰/۵۷۵	۱/۲۳۳	۱/۶۶۵	۱۶	۰/۶۰۳	۱/۱۵۳	۱/۷۴۸
۲	۰/۵۹۰	۱/۱۹۱	۱/۷۱۱	۱۷	۰/۵۶۶	۱/۲۵۹	۱/۶۴۵
۳	۰/۵۶۷	۱/۲۶۰	۱/۶۴۸	۱۸	۰/۵۷۵	۱/۲۳۳	۱/۶۷۰
۴	۰/۶۰۹	۱/۱۳۳	۱/۷۶۵	۱۹	۰/۵۸۲	۱/۲۱۵	۱/۶۹۰
۵	۰/۵۵۹	۱/۲۸۲	۱/۶۲۳	۲۰	۰/۵۸۱	۱/۲۱۷	۱/۶۸۵
۶	۰/۶۰۹	۱/۱۳۳	۱/۷۶۵	۲۱	۰/۵۷۰	۱/۲۴۹	۱/۶۵۷
۷	۰/۵۵۵	۱/۲۹۲	۱/۶۱۴	۲۲	۰/۵۸۵	۱/۲۰۶	۱/۶۹۸
۸	۰/۵۳۹	۱/۳۴۱	۱/۵۶۷	۲۳	۰/۶۲۹	۱/۰۷۷	۱/۸۲۴
۹	۰/۶۱۴	۱/۱۱۹	۱/۷۷۸	۲۴	۰/۵۹۸	۱/۱۶۴	۱/۷۳۲
۱۰	۰/۵۸۶	۱/۲۰۲	۱/۷۰۱	۲۵	۰/۵۸۵	۱/۲۰۶	۱/۶۹۸
۱۱	۰/۵۷۵	۱/۲۳۳	۱/۶۷۰	۲۶	۰/۵۹۰	۱/۱۹۱	۱/۷۱۱
۱۲	۰/۵۸۶	۱/۱۹۹	۱/۷۰۰	۲۷	۰/۵۸۶	۱/۲۰۲	۱/۷۰۱
۱۳	۰/۵۷۵	۱/۲۳۳	۱/۶۷۰	۲۸	۰/۶۰۰	۱/۱۶۰	۱/۷۳۹
۱۵	۰/۵۹۲	۱/۱۸۳	۱/۷۱۹	۲۹	۰/۶۰۰	۱/۱۶۰	۱/۷۳۹
۱۵	۰/۵۶۶	۱/۲۵۹	۱/۶۴۵	۳۰	۰/۶۰۵	۱/۱۴۴	۱/۷۵۴
				۳۱	۰/۶۰۹	۱/۱۳۳	۱/۷۶۵



شکل ۵: نقشه گزینه های مناطق مستعد دفن پسماند و گزینه برتر (در محیط GIS).

۵. نتیجه‌گیری

اتخاذ رویکردهای فعال و پیشگیری کننده در برنامه ریزی های محیط زیست مؤثرترین رویکرد جهت اجتناب از پیامدهای زیست محیطی فعالیت زهای انسانی در هر سطحی است. در میان رویکردهای فعال، مکانیابی زیست‌محیطی پروژه‌های مختلف از جمله جایگاه‌های دفن زباله نقش مؤثری جهت اجتناب از مخاطرات احتمالی مکان دفن پسماند خواهد داشت. در این پژوهش با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده، از روش FAHP برای تصمیم‌گیری مکان‌های مناسب و از روش HFTOPSIS برای اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی

All rights reserved for GRIB

دفن پسماند استفاده شد. با توجه به حجم بالای داده‌های مورد استفاده در تعیین مکان بهینه دفن زباله و نتایج تحقیق، می‌توان اینگونه بیان کرد، که سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با توانایی در ذخیره و تجزیه و تحلیل حجم بالای داده‌های مورد نیاز، انجام مطالعات با سرعت و دقت مناسب را امکان‌پذیر می‌سازد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، اولویت اول با مساحت ۲۵۷/۹۷ هکتار به عنوان مکان پیشنهادی و نهایی دفن زباله شهر شهریار شناخته شد. منطقه پیشنهادی از نظر عوامل محیطی در فاصله بیش از ۱۵۰ متر از گسل، شیب کمتر از ۷-۶ درصد و محدوده ارتفاعی ۱۲۰۰-۱۰۰۰ متر قرار دارد. از نظر عوامل اجتماعی - اقتصادی با توجه به استانداردهای موجود در فاصله ۲۰-۳ کیلومتری مناطق شهری، فاصله بیش از ۵۰۰ متر از مناطق روستایی، ۱۵۰متر فاصله از معدن قرار دارد و نوع کاربری آن مراتع فقیر است. از نظر عوامل دسترسی منطقه پیشنهادی در فاصله ۱۰۰۰۰-۳۰۰ متری جاده‌های اصلی، فاصله ۵۰۰۰-۱۵۰ متری جاده‌های فرعی، بیش از ۳۰۰ متر از راه‌آهن و در فاصله ۲۰۰ متری از خطوط انتقال نیرو قرار گرفته است. همچنین از نظر عوامل هیدرولوژی و زمین‌ساختی به دلیل در نظر گرفتن استانداردهای لازم برای مکان‌یابی، این منطقه در شرایط مطلوبی قرار دارد. از جمله معیارهایی که طبق استانداردهای جهانی و زیست‌محیطی باید در مکانیابی دفن پسماند در نظر گرفته شوند، گلبادها و قیمت زمین است. اما در این مطالعه به دلیل در دسترس نبودن و محدودیت‌های موجود لحاظ نشده‌اند. با این حال، فقدان این لایه‌ها در نتایج خللی وارد نکرده است. زیرا منطقه پیشنهادی در مناطق با کاربری مرتع فقیر و در جهت جنوب‌غربی شهر شهریار واقع شده و در جهت بادهای اصلی منطقه یعنی جهت غربی واقع نشده است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که مطالعه حاضر در مقایسه با تحقیقات گذشته به دلیل استفاده از روش‌های فازی- مبنا با ساختار سلسله مراتبی هم در وزن‌دهی و هم در رتبه‌بندی عملکرد بهتری داشته است. زیرا استفاده از روش‌های فازی- مبنا با ساختار سلسله مراتبی نه تنها ماهیت پیوسته و غیر دقیق معیارهای مؤثر و پدیده‌های طبیعی در امر وزن‌دهی و رتبه‌بندی لحاظ می‌کند بلکه با در نظر گرفتن وزن سلسله مراتبی بین معیارها و زیرمعیارها دقت تصمیم‌گیری را بالا می‌برد. از جمله این مطالعات می‌توان به تحقیق معین‌الدینی و همکاران در سال ۱۳۹۰، در باب مکانیابی دفن زباله جامد استان البرز (معین الدینی و همکاران، ۱۳۹۰) و نیکنامی و حافظی مقدس در سال ۱۳۸۹ در زمینه مکانیابی دفن زباله شهر گلپایگان با استفاده از GIS اشاره کرد(نیکنامی و حافظی، ۱۳۸۹). در مطالعه اول در رتبه‌بندی، و در مطالعه دوم در وزن‌دهی از روش‌های فازی- مبنا استفاده نشده است و ماهیت پیوسته و غیر دقیق معیارها و پدیده‌های طبیعی در مکانیابی لحاظ نگردیده است. همچنین چیت‌سازان و همکاران در سال ۱۳۹۲ به مکانیابی محل دفن زباله شهر رامهرمز پرداخته‌اند (چیت‌سازان و همکاران، ۱۳۹۲). نقاط قوت این تحقیق در این است که برای وزن‌دهی معیارها از روش‌های فازی-مبنا استفاده کرده و معیار مهمی مانند جهت باد را در نظر گرفته‌اند. از جمله نقاط ضعفی که در مقایسه با تحقیق حاضر دارد این است که در انتخاب گزینه نهایی رتبه‌بندی صورت نگرفته و برای این منظور از نظرات کارشناسی و بدون در نظر گرفتن همه عوامل تأثیرگذار در امر رتبه‌بندی استفاده شده است. همچنین در این تحقیقات مناطق حفاظت شده که یکی از معیارهای مهم در مکانیابی استاندارد محل دفن پسماند است، لحاظ نشده است. در نهایت می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که با توجه به اینکه روزانه بیش از ۸۰۰ تن زباله در شهرستان شهریار تولید می‌شود و برای دفن و بازیافت این زباله‌ها تنها یک مرکز دفن زباله در اخترآباد فعال است، محل‌های دفن پیشنهادی با در نظر گرفتن معیارهای زیست‌محیطی، امکان‌سنجی اقتصادی و دارا بودن ظرفیت توسعه مکانی در آینده، نسبت به مرکز دفن فعلی در مکان بهتری واقع شده است. و همچنین به منظور لحاظ کردن ماهیت دقیق و مبهم تمام عوامل مؤثر در مکان‌یابی دفن زباله شهری، GIS می‌تواند توأم با روش‌های FAHP و HFTOPSIS مورد استفاده قرار گیرد و ترکیب جامعی از تکنیک‌های موجود را برای حل مسائل تصمیم‌گیری ارائه دهند.

منابع

اصغرپور، م.ج.، (۱۳۹۱) *تصمیم‌گیری‌های چند معیاره*، انتشارات دانشگاه تهران.

All rights reserved for GRIB

بیگ محمدی، ح.، مومنی، م. و زارع، ا.، (۱۳۸۹) مکان‌یابی بهینه دفن پسماند در شهرها با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شیراز)، *فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی*، (۴)۲، ۸۱-۶۵.

پوراحمد، ا.، حبیبی، ک.، محمدزهرایی، س. و نظری عدلی، س.، ۱۳۸۶، استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکانیابی تجهیزات شهری، مطالعه موردی: محل دفن زباله شهر بابلسر، *مجله محیط‌شناسی*، ۴۲، ۴۲-۳۱.

چیت‌سازان، م.، دهقانی، ف.، راست‌منش، ف. و میرزایی، ی. (۱۳۹۲) مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از فن‌آوری‌های اطلاعات مکانی و منطق فازی – تحلیل سلسله مراتبی Fuzzy-AHP (مطالعه موردی: رامهرمز)، *مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی*، ۱، ۵۵-۳۹.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها (۱۳۸۰) طراحی، اجرا، نگهداری و بهره برداری خاک چال‌های بهداشتی برای زباله شهری، *نشریه شماره ۲۱۷*، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.

رسولی، ع.ا.، محمودزاده، ح.، یزدچی، س. و زرین‌بال، م. (۱۳۹۱) ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی مواد زاید شهری، موردشناسی: شهرستان مرند، *مجله جغرافیای شهری*، ۴، ۵۲-۴۱.

سالاری، م.، معاضد، ه. و رادمنش، ف. (۱۳۹۱) مکانیابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل AHP-FUZZY در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر شیراز)، *فصلنامه طلوع بهداشت*، ۱، ۱۰۹-۹۶.

عابدی کوپایی، ج.، جواهری‌طهرانی، م. و دهقانی اشکذری، ف. (۱۳۹۲) *مکانیابی محل دفن زباله‌های شهری منطقه علویجه اصفهان با استفاده از نرم‌افزار ArcGis*، اولین همایش ملی بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان).

عبدلی، م.ع. (۱۳۷۲) سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روش‌های کنترل آن، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری کشور، تهران.

عطائی، م. (۱۳۸۹) *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی*، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

عمرانی، ق.ع. (۱۳۷۷) مواد زائد جامد، مدیریت، جمع‌آوری و حمل و نقل، دفن بهداشتی و تهیه کمپوست، جلد اول، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

عمرانی، ق.ع.، جاوید، ا.ح. و رمضانعلی، ا. (۱۳۹۱) بررسی معیارهای مکان‌یابی ایستگاه انتقال زباله منطقه ۲۲ کلان شهر تهران از نظر ملاحظات زیست‌محیطی هوا و شیرابه، *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲، ۱۶۰-۱۴۷.

قدسی‌پور، س.ح. (۱۳۸۰) *فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP*، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

لطفی، ص.، حسین‌زاده، ا.، فرجی‌ملایی، ا. و احمدی فیروزجانی، م. (۱۳۹۰) بررسی توزیع فضایی و مکانیابی پارک‌های شهری بابلسر با استفاده از منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی (FAHP)، *مجله محیط‌شناسی*، ۳، ۱۵۴-۱۴۷.

مالچفسکی، ی. (۱۹۹۹) *سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری*، ترجمه پرهیزگار ا. و غفاری گیلانده ع.، ۱۳۸۵، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

معین‌الدینی، م.، طهاری مهرجردی، م.ح.، خراسانی، ن.، دانه‌کار، ا.، درویش‌صفت، ع.ا. و شاکری، ف. (۱۳۹۰) مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: استان البرز)، *فصلنامه سلامت و محیط*، ۴، ۴۹۶-۴۸۳.

مهجوری، ر. (۱۳۹۱) *سنجش توزیع مکانی سوانح آتش‌سوزی، تعیین بهترین محل احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مسیریابی بهینه با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی و منطق فازی در شهر اهواز*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز.

نیکنامی، م.، حافظی مقدس، ن. (۱۳۸۹) مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری در شهر گلپایگان با استفاده از سیستم GIS، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی*، ۱، ۶۶-۵۷.

هادیانی، ز.، احدنژادروشتی، م.، کاظمی‌زاد، ش. و شاه‌علی، ا. (۱۳۹۱) مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS مطالعه‌ی موردی: شهر زنجان، *مجله فضای جغرافیایی*، ۴، ۱۱۶-۱۳۳.

Adeli, Z. and Khorshiddoust, A.M. (2011) Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection, Procedia. *Social and Behavioral Sciences*, 19, 662–667.

Adlin, Z., Amilia, T. and Michael, A.P. (2005) Consistent Method to Determine Flexible Criteria Weights for Multicriteria Transport Project Evaluation in Developing

All rights reserved for GRIB

Saaty, T. (1980) *The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority*. Resource Allocation, USA: RWS Publications.

Sheng-Hshiung T., Chang, T.Y. and Chang-Hua Y. (2002) The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 5, 107–115.

Xiaobing, Y., Shunsheng, G., Jun, G. and Huang, X. (2011) Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 38, 3550-3557.

Zadeh, L.A. (1965) Fuzzy sets. *Inform and Control*, 8, 338-353.

Hans-Jürgen, Z. (1991) *Fuzzy Set Theory and its Applications*, 2nd edition. Kluwer. Academic Publishers Boston.

Countries. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 3948-3963.

Aydi, A., Zaire, M., and Ben Shia, H. (2013) Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment. *Environment Earth Science*, 68, 1375-1389.

Buckley, J. (1985) Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 3 (17), 233-247.

chain. S.Y. (2002) AHP method for solving group decision – making fuzzy AHP problems. *Computers and Operation Research*, 29, 1969 – 2001.

Tung Chen, Ch., Ching-Torng, L. and Sue-Fn, H. (2006) A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 2 (102), 289-301.

Effat Hala, A. and Hegazy, M.N. (2012) Mapping potential landfill sites for North Sinai cities using spatial multicriteria evaluation. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 15, 125-133.

Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Samuel Momoh J., Medoc, J. and Temba Samba Kabab, V. (2013) Modeling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. *Applied Geography*, 36, 3-12.

Jeganathan, C. (2003) *Development of Fuzzy Logic Architecture to Access the Sustainability of the Forest Management*. M.S. Thesis, Enschede, ITC; 126-132.

Kahraman, C., Sezi, C., Nüfer, Y. A. and Murat, G. (2007) Fuzzy MultiCriteria Evaluation of Industrial Robotic Systems. *Computers and Industrial Engineering*, 52 (4), 414-433.

Karsak, E. and Tolga, E. (2001) Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments. *International Journal of Production Economics*, 69.

Mikhailov L. and Tsvetinov T. (2004) Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process. *Applied Soft Computing*, 5, 23–33.

Nas, B., Cay, T., Iscan, F. and Berktay, A. (2010) Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring Assessmen*t, 160.

Roshandel, J., Miri-Nargesi, S.S. and Hatami-Shirkouhi, L. (2013) Evaluating and selecting the supplier in detergent production industry using hierarchical fuzzy TOPSIS. *Applied Mathematical Modelling*, 1-12.

Saaty, T. and Millet, I. (2000) on the relativity of relative measures -accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. *European Journal of Operational Research*, 121, 205-212.

All rights reserved for GRIB