محیط شناسی، سال سی و هشتم، شمارهٔ ۶۱، بهار ۹۱، صفحهٔ ۱۳۱-۱۴۰

مکانیابی دفن پسماندهای شهری با استفاده از AHP و SAW در محیط GIS (مطالعهٔ موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد)

حمیدرضا جعفری[۱]، یوسف رفیعی[۲*]، مجید رمضانی‌مهریان[۳]، حسین نصیری[٤]

۱- دانشیار گروه برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران hjafari@ut.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران majidmehrian@ut.ac.ir

٤- دانشجوی کارشناسی ارشد RS & GIS دانشگاه تهران nsirih@ut.ac.ir

تاریخ دریافت : ۸۹/۱۲/۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۱۰

چکیده

با وجود تلاش‌های فراوان جهت کاهش یا بازیافت پسماندها، دفن بهداشتی هنوز راهکار اصلی مدیریت پسماند است. بنابراین دفن بهداشتی پسماندهای شهری با رعایت اصول محیط زیستی و در راستای توسعهٔ پایدار از ضرورت‌های عصر حاضر است. یکی از مشکلات جدی در اغلب محدوده‌های شهری کمبود زمین مناسب برای دفن پسماندهای شهری است. انتخاب محل مناسب برای دفن پسماندهای شهری امری مشکل، پیچیده و زمانبر است و نیاز به بررسی معیارهای بسیاری دارد. در این تحقیق برای تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماند استان کهگیلویه و بویر احمد از معیارهای شیب، پوشش اراضی، فاصله از راههای اصلی، فاصله از مراکز شهری و روستایی، زمین شناسی، شبکه آبهای سطحی، فاصله از گسل، بارش و ارتفاع استفاده شد. نقشه‌های مربوط به هر یک از شاخص‌های طبیعی و انسانی مورد استفاده در محیط GIS تهیه و برای وزن دهی و تلفیق لایه‌ها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و وزن دهی تجمعی ساده (SAW) استفاده شد. وزن‌دهی و محاسبهٔ نرخ ناسازگاری جدول‌های مقایسهٔ زوجی در AHP با استفاده از نرم افزار Expert Choice صورت گرفت. نواحی دارای محدودیت برای دفن که بر اساس استانداردها و یا نظرهای کارشناسی دارای ارزش برابر صفر هستند نیز از هر یک از نقشه‌ها استخراج و برای آن یک نقشهٔ جداگانه به نام لایهٔ محدودیت تهیه شد. نتایج به‌دست آمده در هر یک از تکنیک‌های مورد استفاده در لایهٔ محدودیت ضرب و نتایج نهایی در پنج طبقه محدودیت، به‌نسبت نامناسب، به‌نسبت مناسب، مناسب و کاملاً مناسب قرارگرفتند. مقایسه نتایج حاصل از دو روش در این تحقیق مبین این است که AHP نسبت به SAW نتایج محافظه کارانه‌تری را ارائه می‌کند.

کلید واژه

مکانیابی، GIS، AHP، SAW، دفن پسماند، کهگیلویه و بویر احمد

سرآغاز

حفاظت از محیط‌زیست و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی، از ضرورت‌های توسعه پایدار در تمامی سطوح از جمله سطوح منطقه‌ای بشمار می‌رود. دفن بهداشتی پسماندهای شهری مانند هر پروژه مهندسی دیگر، به اطلاعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیازمند است. انتخاب شاخص‌های متعدد سبب تعدد لایه‌های اطلاعاتی شده و کوشش‌ها برای یافتن راه حلی مناسب برای تحلیل لایه‌های اطلاعاتی و اخذ نتیجه صحیح، تصمیم‌گیران را به سمت و سوی استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات در حد بالایی قرار داشته باشد. امروزه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)[۱] ، به طور گسترده توانایی استفاده در برنامه‌ریزی‌های محیط زیستی و مسایل مهندسی را دارا هستند. با وجود این مهم که هر ساله مقدار زیادی مواد زاید در محیط‌های شهری و روستایی و یا در نتیجه فعالیت‌های تولیدی ایجاد می‌شود و این مواد نه تنها آب و هوا، بلکه زیست‌بوم‌هایی را که حیات شهری و روستایی به آن وابستگی داشته را بشدت تهدید می‌کند، برای اطمینان‌پذیری از حفظ محیط‌زیست و رعایت اهداف توسعهٔ پایدار و نیز هدایت مدیریت منطقی پروژه‌های توسعه و جلوگیری از آلودگی زیست محیطی، مکانیابی مراکز دفن بهداشتی زباله و دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار ضروری به نظر می‌رسد.

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۴۳۳۷۶۶۱

E-Mail: yusefrafii@ut.ac.ir

انتخاب مکان مناسب برای دفن زباله مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است که با توجه به گستردگی و پیچیدگی عوامل مؤثر در مکانیابی، ضرورت استفاده از فناوری‌های اطلاعات مکانی و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح می‌شود.

با توسعهٔ دانش در همه زمینه‌ها، روشها و مدل‌های مختلفی در زمینه‌های مختلف علم از سوی افراد متعددی با هدف آسان کردن کار و سهولت دستیابی به نتایج بهتر پایه ریزی شد و برخی از این روشها و مدل‌ها به تدریج توسط دیگران به منظور بهبود عملکردشان توسعه یافتند. سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[۲] از این دسته‌اند. به طور کلی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره با مجموعهٔ گزینه‌هایی سر و کار دارند که بر پایهٔ مجموعه ای از معیارها ارزیابی می‌شود.

این معیارها اغلب ناهمگون و گاهی متضادند. سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر مبانی نظری به نسبت قوی بوده و چارچوب مناسبی برای کمک به تصمیم‌گیری‌های پیچیده ارائه می‌کنند. این سیستم‌ها مجموعه‌ای از روشهای تحلیلی است که به تصمیم‌گیران در حل مسائل پیچیده و دارای ساختار ضعیف کمک می‌کند و از دانش تصمیم‌گیرندگان در حل این مسائل استفاده می‌کند (Malkzewski, 1997). در این تعریف منظور از گزینه‌ها متغیرهایی هستند که در فرایند تصمیم‌گیری میزان مناسبت هر یک از آنها محاسبه می‌شود. این ارزیابی با توجه به معیارهایی صورت می‌گیرد که اساس تصمیم‌گیری هستند (Goodchild & Kemp, 1992). فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۳] و وزن دهی تجمعی ساده (SAW)[۴] از جمله سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره‌اند که در این مقاله از آنها استفاده شده است.

AHP یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است (Omkarprasad, 2004) و انتخاب مکان بهینهٔ دفن پسماند نیز یکی از مهمترین پیامدهای مدیریت پسماند است که نیاز به تصمیم‌گیری چندمعیاره دارد (Onut, 2007). AHP ابتدا در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ال ساعتی برای بیان تصمیم‌گیری‌های چند معیاره پیشنهاد شد (Ngai, 2003).

تحلیل سلسله مراتبی فرایندی است ساده، قوی و منعطف که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری مختلف، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجهند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bertolini, 2006). این روش تاکنون در علوم بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است.

SAW نیز یکی دیگر از روشهای پیش رو در اولویت‌بندی معیارها است که بر اساس نظرات تصمیم‌گیرنده به هر یک از معیارها و طبقات آنها یک امتیاز بر اساس اولویت آنها داده می‌شود. در این روش طبقات مختلف معیارها نسبت به هم مقایسه نمی‌شوند و هر طبقه صرفا بر اساس نظر فرد یا گروه یک امتیاز کسب می‌کند (تفاوت دو روش).

با توجه به مطالب بیان شده، در مقاله حاضر به الگوسازی مکان‌یابی دفن بهداشتی مواد زاید با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط نرم افزار Expert choice که به منظور سهولت تعریف و وزن دهی معیارها توسعه یافته است و وزن دهی تجمعی ساده (SAW) ، مناطق مستعد، شناسایی و در نهایت نتایج حاصل از دو روش به منظور سنجش دقت آنها مقایسه شد.

پیشینهٔ تحقیق

تاکنون پژوهش‌های فراوانی در زمینه‌ی مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از GIS در سطح جهان با مدل‌های گوناگون صورت گرفته است. در این بخش به بررسی برخی از مطالعات انجام شده در این زمینه در ایران و سطح دنیا پرداخته می‌شود.

در سال ۲۰۱۰ مظاهر معین الدینی و همکارانش با تلفیق AHP وGIS با در نظر گرفتن معیارهای دما، بارش، جهت باد، اراضی سیلابی، شیب، نفوذ پذیری خاک، عمق خاک، فاصله از فروگاه، فاصله از قنات، چاهها و چشمه‌ها، راهها، اراضی مسکونی، گسل‌ها، صنایع، خطوط انتقال نیرو، مراکز تاریخی و توریستی، آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی اراضی مستعد دفن پسماندهای شهری را در منطقهٔ کرج در ایران مکانیابی کردند.Sehnaz Sener و همکارانش در سال (۲۰۱۰) از طریق تلفیق AHP با GIS و با در نظر گرفتن معیارهای راه، شیب، ارتفاع، زمین شناسی، کاربری اراضی، سکونتگاهها، جهت وزش باد و مناطق حفاظت شده نسبت به مکانیابی اراضی مستعد دفن پسماند در منطقهٔ کنیا در ترکیه اقدام کردند. Wang Guiqina و همکارانش در سال (۲۰۰۹) با استفاده از AHP و در محیط GIS با در نظر گرفتن معیارهای سکونتگاههای انسانی و حیوانی، آبهای سطحی، آبهای زیرزمینی، اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی، اراضی خاص، فاصله از فرودگاه، شکل زمین، قیمت زمین و فاصله حمل و نقل به مکانیابی مکان‌های مناسب دفن پسماند در پکن اقدام کردند. Sener و همکارانش در سال (۲۰۰۵) نسبت به مکانیابی بهینهٔ محل دفن زباله با استفاده از AHP و

SAW در منطقه‌ای به نام سینکان در کشور ترکیه اقدام کردند. در سال ۲۰۰۱ مانولیادیس و ساچپازیس با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی، بهترین مکان را برای دفن زباله طراحی کردند (Manoliadis, et al., 2001).

Higgs در پژوهش خود بر روی مزایا و فواید استفاده از روش ارزیابی چند معیاره یکپارچه شده با GIS در بالا بردن مشارکت عمومی بحث می‌کند. او به منظور نشان دادن این فواید، چالش‌ها و فرصت‌هایی را که تصمیم‌گیران در رابطهٔ با افزایش مشارکت عمومی در مراحل فرایند مدیریت مواد زاید با آنها مواجهند، بیان کرده و در نهایت نتیجه‌گیری می‌کند که استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مبتنی بر GIS می‌تواند کارآیی بسیار بالایی در افزایش مشارکت عمومی در طرحها داشته باشد.(Higgs, 2006)

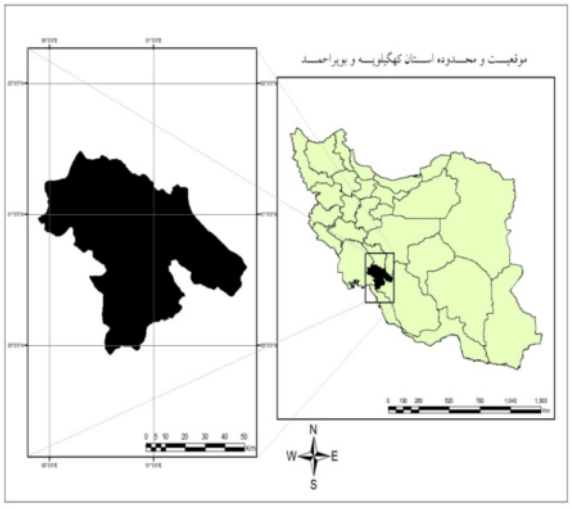
Vatalis و همکاران برای انتخاب مکان دفن زباله در غرب مقدونیه و یونان تحقیقی با عنوان "دو آنالیز چند معیاره برای انتخاب مکان دفن زباله با استفاده از GIS" انجام داده‌اند. در این تحقیق از دو روش: الف) روش رویهم‌گذاری نقشه‌ها ب) روش وزندهی افزودنی ساده استفاده شده که متداول‌ترین تکنیک‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی هستند که به آنها تکنیک‌های تلفیق خطی _ وزنی یا روشهای امتیازبندی گفته می‌شود (Vatalis, et al., 2002).

در زمینهٔ استفاده از روش AHP در مکان‌یابی محل دفن Charnpratheep و همکاران نیز مطالعه‌ای انجام داده‌اند، که در آن تلفیق روش AHP با تئوری مجموعه فازی در محیط رستر GIS برای غربال کردن اولیهٔ مکان‌های دفن در تایلند استفاده شده است (Charnpratheep, et al, 1997). فرهودی، حبیبی و زندی در سال ۱۳۸۴ پژوهشی با عنوان مکانیابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS در شهر سنندج انجام دادند. در این پژوهش با استفاده از داده‌هایی مانند فاصله از محدوده قانونی، فاصله از جاده، کاربری اراضی، گسل، جهت باد، آبهای سطحی، شیب و ... نقشه‌ها را بر اساس مدل فازی ترکیب کرده و مکان‌گزینی دفن زباله را در شهر سنندج ارائه دادند.

نیما حیدرزاده در سال ۱۳۷۹ با استفاده از روشهای چند معیاره در محیط GIS ، به مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد پرداخته است. خراسانی و کورکی در سال ۱۳۷۹ با استفاده از GIS برای انتخاب محل مناسب دفن زباله در مناطق خشک انواع مشخصه‌های شیب، بارندگی سالانه، فاصله محل دفن تا سکونتگاهها را مورد بررسی قرار داده است و مکان مناسب را به این منظور انتخاب کرده است.

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

استان کهگیلویه و بویراحمد با ۱۶۲۶۴ کیلومتر مربع وسعت در جنوب غربی ایران بین دو مدار ۲۹ درجه و۵۲ دقیقه، و ۳۱ درجه و۲۶ دقیقهٔ شمالی و نصف النهارهای ۴۹ درجه و۵۵ دقیقه، و۵۱ درجه و ۵۳ دقیقهٔ شرقی قرار گرفته است (شکل شمارهٔ ۱).



شکل شمارهٔ (۱): موقعیت جغرافیایی استان کهگیلویه و بویراحمد در ایران

براساس آخرین تقسیمات سیاسی و اداری، شهرستان‌های استان عبارتند از: کهگیلویه با مرکزیت دهدشت، بویراحمد با مرکزیت یاسوج، گچساران با مرکزیت دو گنبدان، دنا به مرکزیت سی‌سخت و بهمئی با مرکزیت لیکک. این استان در سال ۱۳۸۵، ۶۳۴۲۹۹ نفر جمعیّت داشته که از این تعداد ۴۷/۶۴ درصد در نقاط شهری و ۵۲ درصد در نقاط روستایی سکونت داشته‌اند و بقیه نیز غیر ساکن بوده‌اند. استان کهگیلویه و بویراحمد منطقه‌ای ناهموار و کوهستانی است که در حدود ۴۵ درصد مساحت آن را ارتفاعات وتپه ماهورها تشکیل داده‌اند. بلندترین نقطه استان، قلّه دنا با ارتفاع ۴۴۰۹ متر، و پست ترین نقطهٔ آن چره زن در جنوب غربی بی بی حکیمه در شهرستان گچساران است که ۱۹۷ متر از سطح دریا ارتفاع دارد.

با توجه به وجود طبیعت بکر و حضور گسترده جنگل‌های زاگرس مرکزی در این استان ضرورت توجه به مکانیابی دفن پسماندهای شهری منطبق با اصول محیط زیستی ضروری است.

داده‌ها و روشهای مورد استفاده

- **معیارهای انتخاب مکان مناسب برای دفن زباله**

بر اساس بررسی انجام شده از طریق مطالعات کتابخانه‌ای مشخصه‌های مهم در مکانیابی دفن بهداشتی پسماند در راستای اصول محیط زیستی شناسایی شدند.

سپس معیارهایی به عنوان منابع در دسترس و مهمترین عوامل بر اساس اصول محیط زیستی در تعیین مکان بهینه دفن پسماند در استان کهگیلویه و بویراحمد انتخاب شدند.

۱- فاصله از شهر ۲- فاصله از شبکه راههای ارتباطی اصلی ۳- فاصله از گسل‌ها ۴- فاصله از شبکه آبراهه‌های اصلی ۵- میزان بارندگی ۶- شیب ۷- فاصله از روستا ۸- ارتفاع ۹- پوشش اراضی ۱۰- زمین شناسی.

البته شایان ذکر است که برای افزایش دقت کار از اطلاعات زیر نیز می‌توان استفاده کرد:

-لایه سطح آب زیرزمینی (که در مورد مقالهٔ حاضر با توجه به مقیاس کار که کل استان است چنین لایه‌ای وجود ندارد)

- فاصله از پارک‌ها و تفریحگاهها
- دشت‌های سیلابی
- توجه به خصوصیات اکولوژیکی منطقه
- رعایت حریم مکان‌های تاریخی و باستانی
- فاصله از اراضی ناپایدار مثل فرونشستگی‌ها، زمین‌های رانشی، طاق‌های نمکی و معادن و - جهت باد غالب و ...

روشهای مورد استفاده

۱. مدل AHP (فرایند تحلیل سلسله مراتبی)

ویژگی اصلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت دو دوئی است.

نتایج به‌دست آمده در نتیجه استفاده از این روش برای تعیین وزن لایه‌ها نشان می‌دهد که با توجه به سادگی و انعطاف‌پذیری آن و همچنین محاسبه سازگاری در قضاوت‌ها، می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکانیابی کاربرد مطلوبی داشته باشد (Omkarprasad, 2004 and Hill, 2005).

مدل AHP در نرم افزار Expert choice قابل اجرا و پیاده سازی است. در Expert choice هدف به عنوان اصلی‌ترین شاخه سلسله مراتبی و معیارها و گزینه‌های آن به عنوان زیر شاخه‌های هدف محسوب و معرفی می‌شوند. در مدل AHP معیارها و گزینه‌ها در یک نظام سلسله مراتبی قرار گرفته و با اختصاص وزنی در مقیاس ۱ تا ۹ به صورت زوجی مقایسه می‌شوند.

سپس ارزش نهایی آنها از طریق استاندارد سازی بر اساس یکی از روشهای موجود تعیین می‌شود. استفاده از مقایسه‌های زوجی برای تعیین اهمیت نسبی مؤلفه‌های هر سطح نسبت به سطح بالاتر باعث افزایش دقت و ایجاد امکان مقایسه داده‌ها در هر سطح خواهد شد (Cimren, 2007).

در این تحقیق پس از مشخص شدن درجه اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر و همچنین طبقات مختلف (گزینه‌ها) یک معیار نسبت به هم به صورت دو دوئی با بهره‌گیری از نظرات افراد خبره در این زمینه، مطالعه و مقایسه کارهای مشابه قبلی و در نظر گرفتن شرایط منطقه مطالعاتی که با استفاده از نرم افزار Expert choice صورت گرفت، در پایان نقشهٔ هر یک از معیارها بر اساس وزن‌های به‌دست آمده در محیط نرم افزار ArcGIS تهیه شد. هر یک از معیارهای مورد نظر در دفن زباله خود به طبقات مختلفی تقسیم شده اند.

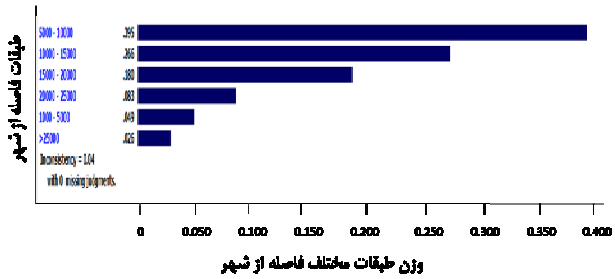
به عنوان مثال معیار فاصله از شهر در ۵ دسته طبقه بندی شد. در وزن دهی طبقات آن با استفاده از AHP و به صورت مقایسه زوجی یک ارزش وزنی از ۱ تا ۹ داده شد که در نهایت با استاندارد سازی، وزن اکتسابی نهایی هر یک از طبقات و اولویت آنها برای دفن تعیین شد.

جدول شمارهٔ (۱) مقایسه‌های زوجی طبقات معیار فاصله از شهر را به عنوان نمونه نشان می‌دهد (جدول شمارهٔ ۱). در حین مقایسهٔ زوجی برای هر مجموعه تجزیه و تحلیل سازگاری و محاسبه نرخ ناسازگاری نیز برای هر یک از معیارها توسط نرم افزار صورت گرفت.

برای نمونهٔ نمودار شمارهٔ (۱) درجه وزن طبقات و ضریب ناسازگاری فاصله از شهر را (۰/۰۴) نشان می‌دهد (نمودار شمارهٔ ۱). این عدد باید از ۰/۱ کوچکتر باشد (Tzeng, 2002). پس از ایجاد جدول هر یک از معیارها و مشخص شدن وزن هر یک از طبقات آنها، وزن و نرخ ناسازگاری تمام معیارهای مورد استفاده در مکانیابی نیز به همان شیوه محاسبه شد، تا درجه اهمیت و وزن هر یک از معیارها در مکانیابی دفن زباله در استان مشخص شود (جدول شمارهٔ ۲). سپس نقشهٔ هر یک از معیارها در محیط GIS تهیه شد.

جدول شمارهٔ (۱): جدول مقایسهٔ زوجی طبقات مختلف فاصله از شهر و وزن استاندارد شده آنها در AHP

فاصله از شهر به متر	۵۰۰۰–۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰–۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰–۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰–۲۵۰۰۰	۱۰۰۰–۵۰۰۰	۲۵۰۰۰–۳۰۰۰	وزن نهایی
۵۰۰۰–۱۰۰۰۰	۱	۲	۳	۵	۷	۹	۰/۳۹۵
۱۰۰۰۰–۱۵۰۰۰	۱/۲	۱	۲	۴	۶	۸	۰/۲۶۶
۱۵۰۰۰–۲۰۰۰۰	۱/۳	۱/۲	۱	۳	۵	۷	۰/۱۸۰
۲۰۰۰۰–۲۵۰۰۰	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱	۲	۵	۰/۰۸۳
۱۰۰۰–۵۰۰۰	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۲	۱	۳	۰/۰۴۹
۲۵۰۰۰–۳۰۰۰	۱/۹	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱	۰/۰۲۶



نمودار شماره (۱): نمایش وزن طبقات مختلف فاصله از شهر و نرخ ناسازگاری در نرم افزار Expert choice

جدول شمارهٔ (۲): جدول مقایسهٔ زوجی معیارها و وزن استاندارد شده آنها در AHP

	فاصله از شهر	فاصله از راه اصلی	شیب	فاصله از رودخانه	ارتفاع	بارش	کاربری اراضی	فاصله از روستا	فاصله از گسل	زمین‌شناسی	وزن نهایی
فاصله از شهر	۱	۵	۵	۳	۷	۷	۵	۲	۸	۴	۰/۲۷۵
فاصله از راه اصلی	۱/۵	۱	۳	۱/۳	۲	۴	۱	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۰/۰۵
شیب	۱/۵	۱/۳	۱	۱/۴	۲	۲	۱/۲	۱/۵	۲	۱/۳	۰/۰۴
فاصله از رودخانه	۱/۳	۳	۴	۱	۵	۶	۳	۱/۲	۸	۲	۰/۱۵۲
ارتفاع	۱/۷	۱/۲	۱/۲	۱/۵	۱	۲	۱/۳	۱/۷	۲	۱/۴	۰/۰۳۱
بارش	۱/۷	۱/۴	۱/۲	۱/۶	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۰/۰۱۸
کاربری اراضی	۱/۵	۱	۲	۱/۳	۳	۴	۱	۱/۴	۴	۱/۲	۰/۰۶۸
فاصله از روستا	۱/۲	۵	۵	۲	۷	۷	۴	۱	۸	۳	۰/۲۱۴
فاصله از گسل	۱/۸	۴	۱/۲	۱/۸	۱/۲	۶	۱/۴	۱/۸	۱	۱/۴	۰/۰۴۶
زمین شناسی	۱/۴	۴	۳	۱/۲	۴	۶	۲	۱/۳	۴	۱	۰/۱۰۶

۲. مدل SAW (وزن دهی تجمعی ساده)

مدل SAW نیز به‌سادگی قابل اجرا و پیاده سازی است. به این صورت که به معیارها و گزینه‌هایشان بر اساس تجربیات فرد یا گروه امتیاز و ارزشی تعلق می‌گیرد و نقشه‌های هر یک از مشخصه‌ها بر اساس آن ارزشها در GIS طبقه‌بندی می‌شوند. این مدل ساده‌ترین و اغلب پر کاربردترین روش به عنوان یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاری است (Malczewski, 1997) که امتیازها به طور مستقیم توسط تصمیم گیرنده تخمین زده می‌شوند (Janssen, 1992) (جدول شمارهٔ ۳). اولین مرحلهٔ SAW بر پایه GIS تعریف وزن معیارهاست. از آنجا که گستره اهمیت طبقات هر معیار نسبت دیگر معیارها متفاوت است، لازم است ماتریس تصمیم‌گیری با یک روش مناسب استاندارد شود، برای این منظور از (رابطهٔ ۱) استفاده شد (Jian Ma, et al., 1999). وزن هر یک از معیارها نیز به همین صورت مشخص و در نهایت با استفاده از (رابطهٔ ۲) استاندارد شد (جدول شمارهٔ ۴). درنهایت ۱۰ لایه نقشهٔ (به ازای هر لایه یک نقشه)، بر اساس وزن‌های به‌دست آمده تهیه شد. رابطهٔ شمارهٔ (۱): استاندارد سازی وزن گزینه‌ها در مدل SAW

$$X'ij = \frac{Xij - X_j^{\min}}{X_j^{\max} - X^{\min}_j}$$

$X'ij$ نمره استاندارد شده برای آلترناتیو i‌ام و معیار jام، Xij نمره آلترناتیو i‌ام و معیار jام، X_j^{max} و X_j^{min} به‌ترتیب نمره مینیمم و ماکزیمم معیار jام هستند. رابطهٔ شماره (۲): استانداردسازی وزن معیارها در مدل SAW

$$X'j = \frac{X_j}{\sum_{j=1}^{n} X_j}$$

نمرهٔ استاندارد شده معیار jام، X_j نمره معیار jام، n تعداد کل معیارها.

جدول شمارهٔ (۳) : جدول وزن دهی به طبقات معیارها بر اساس SAW

نام لایه	محدوده	امتیاز
شیب (%)	>۲۰	۱
	۱۵-۲۰	۲
	۱۰-۱۵	۳
	۵-۱۰	۴
	۰-۵	۵
بارش (mm/year)	>۷۰۰	۱
	۶۰۰-۷۰۰	۲
	۶۰۰-۵۰۰	۳
	۴۰۰-۵۰۰	۴
	۰-۴۰۰	۵
ارتفاع (m)	۰-۵۰۰	۱
	>۲۹۰۰	۲
	۲۱۰۰-۲۹۰۰	۳
	۱۳۰۰-۲۱۰۰	۴
	۵۰۰-۱۳۰۰	۵
فاصله از روستا (m)	۰-۵۰۰	۰
	۵۰۰-۱۰۰	۱
	>۱۰۰۰	۲
فاصله از شهر (m)	۰-۱۰۰۰ و >۳۰۰۰۰	۰
	۲۵۰۰۰-۳۰۰۰۰	۱
	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۲
	۲۰۰۰۰-۲۵۰۰۰	۳
	۱۵۰۰۰-۲۰۰۰	۴
	۱۰۰۰-۱۵۰۰۰	۵
	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۶
فاصله از راه (m)	۰-۳۰۰ و >۱۵۰۰	۱
	۳۰۰-۵۰۰	۲
	۵۰۰-۷۵۰	۳
	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۴
	۷۵۰-۱۰۰۰	۵
پوشش اراضی	جنگل	۰
	کشاورزی آبی	۳
	کشاورزی دیم	۶
	دامنه ای	۹
	صخره ای	
فاصله از گسل (m)	۰ -۱۰۰	۱
	۱۰۰-۲۰۰	۳
	۳۰۰-۴۰۰	۸
	>۴۰۰	۱۰
فاصله از رود (m)	۰-۲۵۰	۰
	۲۵۰-۵۰۰	۲
	۵۰۰-۷۵۰	۵
	۷۵۰-۱۰۰۰	۸
	>۱۰۰۰	۱۰
زمین شناسی	۱ (سنگ آهک، سازند های آسماری، سروک، گدوان)	۱
	۲ (رسوبات و پادگانه های آبرفتی)	۴
	۳ (رسی –آهکی، آهک، رسی – ماسه ای، کنگلومرا)	۸
	۴ (شیل، مارل، سازند های آقاجاری، زاگون، گچساران، میشان)	۱۰

جدول شمارهٔ (۴): جدول وزن رتبه‌ای معیارهای مختلف مشارکت کننده در دفن و وزن استاندارد (نرمال) شده آنها بر اساس SAW

	وزن	وزن نرمال شده
فاصله از شهر	۱۰	۰/۱۸۵
فاصله از راه اصلی	۴	۰/۰۷۴
شیب	۳	۰/۰۵۵
فاصله از رودخانه	۸	۰/۱۴۸
ارتفاع	۳	۰/۰۵۵
بارش	۲	۰/۰۳۷
کاربری اراضی	۵	۰/۰۹۲
فاصله از روستا	۹	۰/۱۶۶
فاصله از گسل	۳	۰/۰۵۵
زمین شناسی	۷	۰/۱۲۹

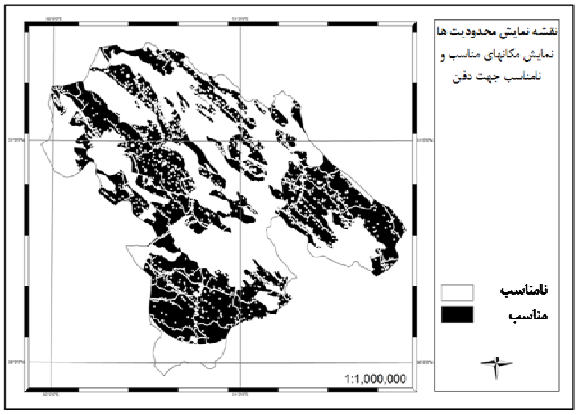
محدودیت

لایهٔ محدودیت‌های دفن نشانگر مناطقی است که برای انتخاب به عنوان مکان دفن زباله محدود شده‌اند و نباید از آنها به عنوان سایت دفن پسماند استفاده کرد. لایه‌های فاصله از شهر (تا ۱۰۰۰ متری شهرها)، فاصله از روستا (تا ۵۰۰ متری روستاها)، فاصله از راه اصلی (تا ۳۰۰ متری راه اصلی)، فاصله از شبکهٔ آبهای سطحی (تا ۲۵۰ متری آبراهه‌ها) و کاربری اراضی (اراضی جنگلی) دارای مناطقی با چنین شرایطی بودند. این لایه به صورت زیر تهیه شد. مناطق منع شده و محدودیت‌های فیزیکی مناطقی هستند که در طبقه‌بندی اولیه لایه‌ها دارای ارزش صفر بودند. نقشه محدودیت با ضرب لایه‌ها در هم در محیط GIS به‌دست آمد.

به این صورت که اگر یک پیکسل حداقل در یکی از لایه‌ها ارزش صفر داشته باشد، آن پیکسل در لایهٔ محدودیت و نتیجه نهایی (با توجه به ضرب این لایه در نتیجهٔ حاصله از دو روش) ارزش صفر خواهد داشت (شکل شمارهٔ ۳).

تجزیه و تحلیل اطلاعات

بعد از تهیهٔ همه لایه‌های داده ورودی، نقشه‌های خروجی تولید شده به وسیلهٔ هر دو روش، در وزن مشخص شده برای هر معیار ضرب و در مرحله بعد با یکدیگر جمع شدند (این فرایند در محیط نرم افزار Arc GIS انجام شد). نتیجهٔ این قسمت در لایهٔ محدودیت نیز ضرب شد و به این ترتیب نقشهٔ نهایی تعیین اولویت‌های دفن برای هر دو روش به‌دست آمد (شکل شمارهٔ ۴). در نتیجهٔ این فرایند، و سپس طبقه‌بندی نقشه به‌دست آمده، اولویت مناطق مختلف برای دفن مشخص شد. با توجه به این‌که در انجام این پژوهش از دو مدل برای مقایسهٔ کیفیت نقشه‌های خروجی استفاده شده است، طبیعی است که نتایج به‌دست آمده حاصل از این دو مدل با هم متفاوت باشند.



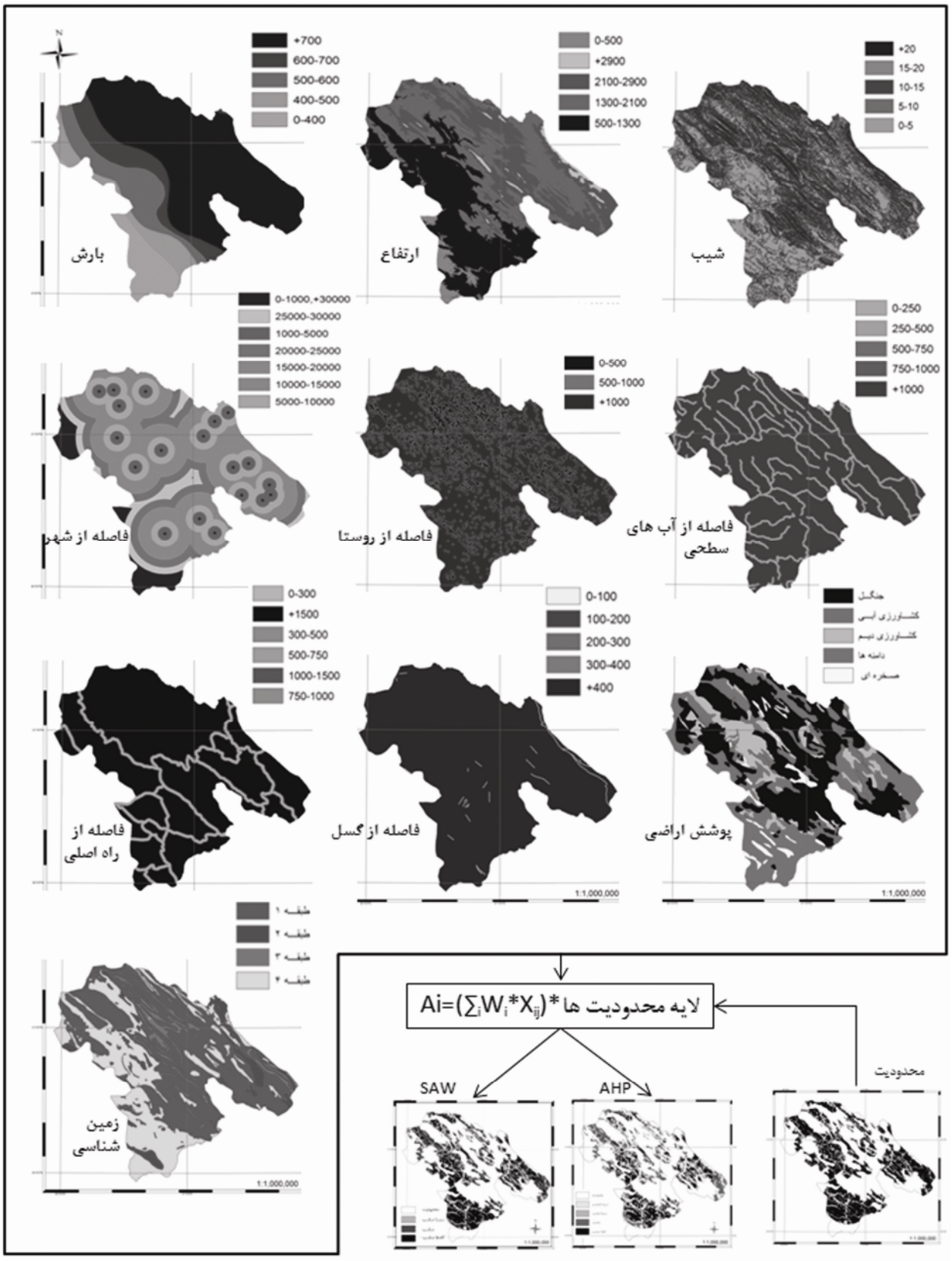
شکل شمارهٔ (۳): لایهٔ محدودیت (محدودهٔ سفید رنگ)

یافته‌ها

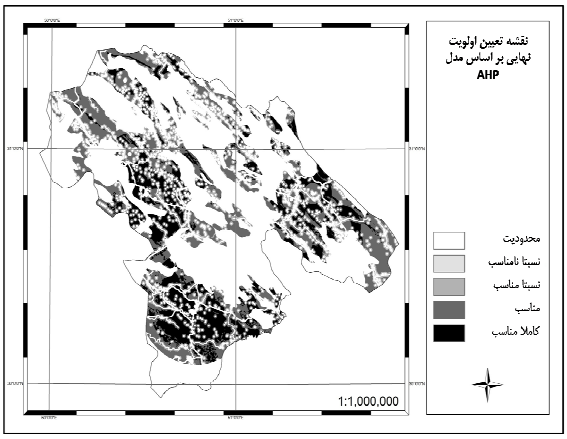
پس از فرایند تلفیق لایه‌ها و ضرب آنها در لایهٔ محدودیت در هر دو مدل، در نهایت به خروجی‌هایی (شکل‌های شمارهٔ ۵ و ۶) خواهیم رسید. نقشه‌های نهایی بر اساس طبقه بندی‌های رایج در ۵ طبقه به شرح زیر طبقه بندی شدند: ۱- محدودیت ۲- به نسبت نامناسب ۳- به نسبت مناسب ۴- مناسب ۵-کاملا مناسب. بر این اساس و بدلیل تفاوت در روش وزن دهی به معیارها و طبقات آنها نقشه‌های به‌دست آمده خروجی مدل‌های AHP و SAW تا حدی با هم متفاوتند.

در نقشهٔ خروجی مدل AHP (شکل شمارهٔ ۵) همانطورکه در نمودار مربوط به آن نیز مشاهده می‌شود، از مجموع کل مساحت استان، ۵۹٪ آن در لایهٔ محدودیت قرار گرفته است. بدین معنی که این مناطق برای انجام عملیات دفن پسماند مناسب نیستند. بعد از آن به ترتیب اولویت‌های کاملا مناسب با ۱۹٪ ، مناسب با ۱۸٪ ، به‌نسبت مناسب با ۲٪ ، و به‌نسبت نامناسب حدود ۱٪ مساحت استان را شامل می‌شوند. اما در نقشهٔ خروجی حاصل از مدل SAW (شکل شمارهٔ ۶) این نسبت‌ها بدلیل تفاوت این روش در وزن دهی به معیارها تا حدی متفاوت است.

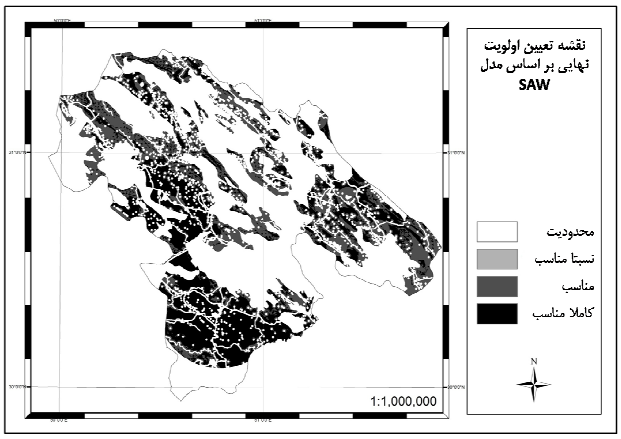
مساحت مناطق دارای محدودیت در این روش بدلیل اشتراک این لایه در دو روش مورد استفاده همان ۵۹٪ از مجموع کل مساحت استان است. اما پس از آن به ترتیب اولویت‌های کاملا مناسب با ۲۲٪ ، مناسب با ۱۸٪ و به‌نسبت نامناسب حدود ۱٪ مساحت استان را در بر می‌گیرند.



شکل شمارهٔ (۴): فرایند تلفیق لایه‌ها



شکل شمارهٔ (۵): نقشهٔ تعیین اولویت نهایی بر اساس مدل AHP



شکل شمارهٔ (۶): نقشهٔ تعیین اولویت نهایی بر اساس مدل SAW

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، همه داده‌های مورد نیاز برای تحلیل‌ها از سه نقشه منبع تولید شدند، که شامل نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین شناسی و نقشه‌های کاربری زمین هستند. از نقشه‌های توپوگرافی برای تولید لایه‌هایی چون، آبهای سطحی، شیب، ارتفاع، راههای اصلی، مراکز شهری و روستاها استفاده شد. در حین انتخاب معیارهای انتخاب مکان، محدودیت‌های اقتصادی، مالی و سیاسی مورد مورد توجه قرار نگرفتند. اندازه پیکسل‌ها برای همه نقشه‌های تولید شده ۳۰×۳۰متر مربع انتخاب شد. دو روش متفاوت استفاده شده (روشهای SAW و AHP) برای مکان یابی محل دفن زباله با لایه‌های اطلاعاتی یکسان بکار گرفته شدند. AHP مسائل مورد تصمیم‌گیری پیچیده را به مسائل ساده قابل تجزیه و تصمیم‌گیری آسان تبدیل می‌کند. برای تعیین وزن معیارها از مقایسه زوجی استفاده شد. مقایسهٔ زوجی برای تعیین وزن‌ها مناسب‌تر از تعیین مستقیم آنهاست (SAW) ، به‌دلیل این‌که در مقایسه زوجی (AHP) وزن طبقات هر معیار بر اساس ترجیح یک طبقه نسبت به تمام طبقات آن معیار به‌دست می‌آید اما در تعیین مستقیم وزن‌ها (SAW) این فرایند صورت نمی‌پذیرد. بعد از تولید لایه‌های خروجی بوسیله دو روش، با یک تحلیل سطحی می‌توان به این نتیجه رسید که مدل AHP نتایج محافظه‌کارانه‌تری را نسبت به مدل SAW ارائه داده است.

در پایان می‌توان این طور ادعا کرد که به کارگیری سیستمی یکپارچه متشکل از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند ابزار مناسبی برای برنامه‌ریزی‌های محیط زیستی باشد.

یادداشت‌ها

1-Geographic Information System
2-Multi Criteria Decision Making
3-Analytic Hierarchy Process
4-Simple Additive Weighting

منابع مورد استفاده

حیدرزاده، ن. ۱۳۷۹. مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد با استفاده از GIS، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.##

خراسانی، ن. ا... و کورکی، ف.۱۳۷۹. استفاده از GIS برای تعیین محل مناسب دفن زباله در مناطق خشک، مجلهٔ بیابان، شمارهٔ ۱، جلد ۵.##

فرهودی، ر. ، حبیبی، ک. ، زندی بختیاری، پ.۱۳۸۴. مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS مطالعهٔ موردی شهر سنندج، نشریهٔ هنرهای زیبا، شمارهٔ ۳۳.##

Bertolini,M. , M., Braglia. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for publicwork contract. 17 January.##

Charnpratheep,K. , et al. 1997. Preliminary landfill site screening using fuzzy geograohical ingormation systems. Waste management & research, 15 (2), 197 – 215.##

Goodchild,M.F. and K.K.,Kemp . 1992. NCGIA education activities: the core curriculum and beyond. International Journal of Geographical Information Systems, 6(4): 30320##

Higgs,G. 2006. Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. Journal of Waste Management& Research, 24, 105-117##

Hill,M. 2005. Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis. Environmental Modeling & Software, 20 955–976.##

Jian,M. , et al. 1999. A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights. European Journal of Operational Research, 112, 397-404.##

Malczewski,J. 1997. Propagation of errors in multicriteria location analysis: a case study. In: Fandel G, Gal T (eds) Multiple criteria decision making. Springer, Berlin Heidelberg New York, 154–155.##

Manoliadis,O. , et al. 2001. A two level multicreteria DSS for Landfill Site Selection Environmental Protection and Ecology, 45-49.##

Moeinaddini,M. , et al. 2010.Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj), Waste Management 30 912ehka##

Ngai,E.W.T.2003. Selection of web sites for online advertising using the AHP, Information & Management 40. 233-242 ##

Omkarprasad,V. , K.,Sushil .2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications, April.##

Onut,S. , S.,Soner.2007. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment, Waste Management.##

Sehnaz Sener , et al .2010. Combining AHP with GIS for land fill site selection: A case study in the lake beyseir catchment area (Konya, Turkey). Waste Management ##

Sener,B. , et al. 2005. Landfill site selection by using geographic information systems. Environ Geol (2006) 49: 376–388.##

Tzeng,G.H, M.H.,Teng .2002. Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei, Hospitality Management 21, 171–187.##

Vatalis,K. , O.,Manoliadis. 2002. A two level multicriterian DSS for land fill site selection using GIS: Case study in western Macedonia, Greece, 49-56.##

Wang,G., et al. 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China, Journal of Environmental Management 90. 2414−2421.