مجله آمایش جغرافیایی فضا
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال سوم/ شماره مسلسل دهم/ زمستان ۱۳۹۲

مکان‌یابی چند معیاری محل دفن مواد زاید ساختمانی با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی. مطالعه موردی شهر گرگان

سیدعلی تقی‌زاده دیوا[۱*]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]، میرمسعود خیرخواه زرکش[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته ارزیابی و آمایش محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، [۲]دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، [۳]دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۴

چکیده

انتخاب محل دفن پسماندها یکی از مراحل مهم در مدیریت پسماندهای جامد شهری است و با توجه به اثرات مخرب محیط زیستی، اقتصادی و اکولوژیکی این محل‌ها، انتخاب محل دفن باید با دقت و طی یک فرایند علمی صورت گیرد. استفاده از داده‌های مکانی و تحلیل درست این داده‌ها برای بهره‌گیری در مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی اهمیت فراوانی دارد. دفن بهداشتی پسماندهای شهری مانند هر پروژه مهندسی دیگر، به اطلاعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیازمند است. انتخاب فاکتورهای متعدد سبب تعدد لایه‌های اطلاعاتی شده و کوشش‌ها برای یافتن راه‌حلی مناسب برای تحلیل بر تعداد زیادی لایه‌های اطلاعاتی و اخذ نتیجه‌ی صحیح، تصمیم‌گیران را به سمت استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات در حد بالایی قرار داشته باشد. از این‌رو طی تحقیق حاضر شهرستان گرگان با استفاده از روش ارزیابی چند متغیره و با تکیه بر معیارهای اکولوژیکی و برخی معیارهای شبه اقتصادی و اجتماعی پهنه‌بندی شد. معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل خاک، سنگ‌بستر و زمین‌شناسی، فاصله از منابع آب‌های سطحی، شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آب‌های زیرزمینی، فاصله از فرودگاه و فاصله از مناطق حفاظت‌شده هستند. برای وزن‌دهی به معیارها از روش مقایسات زوجی در قالب تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد و سپس با تکیه بر دو روش فازی و بولین در رهیافت ترکیب خطی وزن داده شده (WLC) لایه‌ها باهم ترکیب شدند و نقشه قابلیت سرزمین برای مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی به‌دست آمد. در نهایت بر اساس روش شایستگی ناحیه‌ای

*نویسنده مسئول: satdiva@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

سرزمین، چهار منطقه‌ی مناسب برای احداث دفن نخاله‌های ساختمانی برای بررسی‌های دقیق‌تر مشخص شد که این چهار منطقه اکثراً در بخش شمال شرقی محدوده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و دارای ۳۱۴، ۱۵۰، ۱۶۶و ۲۸۴ هکتار مساحت هستند.

واژه‌های کلیدی: نخاله‌های ساختمانی، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS)، منطق فازی، AHP، ترکیب وزنی خطی (WLC).

مقدمه

فعالیت‌های انسان را که جنبه حیاتی برای بقای بشر دارد باید متناسب با نیازهای حال و آینده سنجیده شود و هر چه بیش‌تر در توسعه و تکامل آن تلاش نمود، مشروط بر آن‌که به بهای نابودی محیط زیست و منابع طبیعی نباشد. با توجه به این‌که توسعه و محیط زیست دو موضوع جدایی‌ناپذیر هستند، ضروری است که با استفاده از ابزارهای مدیریت محیط‌زیست در کلیه برنامه‌های توسعه، حداقل خسارت به منابع و محیط‌زیست وارد شود. دفن بهداشتی پسماندهای شهری مانند هر پروژه مهندسی دیگر، به اطلاعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیازمند است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۱). مدیریت مواد زائد جامد یکی از مشکلات عمده پیش روی برنامه‌ریزان شهری در سراسر جهان است. این مشکل در کشورهای در حال توسعه شدیدتر است. در این کشورها برنامه‌ریزی ضعیف و فقدان منابع مالی، منجر به شیوه‌ی ضعیف مدیریت مواد زائد جامد می‌شود. علاوه بر این، بسیاری از مردم به‌ویژه در مناطق روستایی، مواد زائد جمع‌آوری شده را به نزدیک‌ترین مناطق پست مانند حاشیه‌ی جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی و مراتع، سواحل رودخانه‌ها و یا به‌طور مستقیم به رودخانه‌ها و مسیل‌ها تخلیه می‌کنند (Gorserski and *et al.*, 2012). چنین روش‌های ابتدایی دفن مواد زائد، منجر به آلودگی آب و خاک و هوا شده که منجر به خطراتی برای بهداشت عمومی می‌گردد (Gbanic and *et al.*, 2013). زائدات جامد شامل توده‌های ناهمگون از مواد دور ریخته شده از اجتماعات شهری و به همان اندازه توده‌های همگون‌تری از زائدات کشاورزی، صنعتی و معادن می‌باشد (Sufian and Bala, 2007).

بخش عمده‌ای از مواد زائد جامد شهری را زائدات ساختمانی تشکیل می‌دهند که از لحاظ وزنی حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد کل زائدات جامد را شامل می‌شود (Karl and Balt, 2000؛ Nabil and *et al.*, 2004).

زائدات ساختمانی به کلیه پسماندهای حاصل از ساخت و ساز، تخریب اماکن، ساختمان‌های فرسوده، گودبرداری، خاک‌برداری، تعمیر و نوسازی، آسفالت معابر، حفاری‌های مربوط به تأسیسات شهری و به‌طور کلی هر گونه پسماند حاصل از فعالیت عمرانی و ساختمانی مشتمل بر خاک و مخلوط

Archive of SID

www.SID.ir

حاصل از خاک‌برداری، شیشه، بتن، ملات، گچ، خاک، کاشی، سرامیک، ماسه، سیمان، قیرگونی، سنگ، آجر، موزاییک، رابیتس، تیرچه‌ی سقفی، شیروانی، چوب و سایر پسماندهای مشابه اطلاق می‌گردد (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۹۱: ۱). اگر چه بسیاری از این زائدات معمولاً بی‌اثر هستند و ممکن است به اندازه زائدات خطرناک یا سایر مواد زائد جامد شهری خطر محیط زیستی نداشته باشند ولی حجم زیاد آن‌ها مشکل عمده‌ای را برای بسیاری از جوامع از لحاظ کاهش ظرفیت محل‌های دفن و بر جای ماندن غیرقانونی دیگر مواد زائد ایجاد کرده است (Games and *et al.*, 2004). زائدات ساختمانی غالباً در محل‌های دفن، دفع می‌شوند و صنعت ساخت و ساز، مقادیر زیادی از منابع طبیعی را مصرف کرده و مقادیر عظیمی از زائدات ساخت و ساز و تخریب تولید می‌کند (Poon, 2007).

افزایش مقادیر زائدات ساختمانی چندین موضوع از قبیل کمبود فضای محل دفن، توسعه‌ی محل‌های جدید دفن، افزایش هزینه‌های محل دفن، مسائل محیط زیستی، مخالفت‌های عمومی و افزایش هزینه‌های ساخت و ساز را به‌طور نامطلوبی تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین مدیریت زائدات ساختمانی یک موضوع مهم خصوصاً در کشورهای در حال توسعه است (Nabil *et al.*, ؛Poon, 2007 2004). در کشورهای در حال توسعه به دلایلی چون عدم دسترسی به فناوری مناسب، فقدان آموزش حرفه‌ای، نبود بودجه‌ی کافی و کمبود تجهیزات کافی و مناسب، عدم به‌کارگیری سیستم‌های مناسب برای دفع زائدات، این مهم به تأخیر افتاده است (Manas *et al.*, 2005). با توجه به این‌که امروزه یافتن مکان یا مکان‌های مناسب برای ایجاد فعالیت در حوزه جغرافیایی معین، جزء مراحل مهم پروژه‌های اجرایی به‌ویژه در سطح کلان و ملی به شمار می‌رود، مکان‌های نهایی برای دفن پسماند می‌باید حتی‌الامکان همه شرایط و قیود مورد نیاز را تأمین کند و عدم بررسی این شرایط قبل از اجرای چنین پروژه‌هایی، نتایج نامطلوب فراوانی به‌دنبال خواهد داشت. با اجرای مکان‌یابی موفق، کلیه عوامل موثر در ایجاد فعالیت‌ها در سطح منطقه مطالعاتی بررسی می‌شود و مکان‌های مناسب در قالب خروجی فرآیند مکان‌یابی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان نهایی قرار می‌گیرد و این افراد نیز بر اساس سیاست‌های موجود و اولویت‌هایشان، گزینه‌ی مناسب را انتخـــاب می‌کنند. با توجه به مطالب فوق اجرای صحیح، دقیق و همه‌جانبه مکان‌یابی در پروژه‌ها اهمیت و ضرورت بالایی دارد (پرهیزکار، غفاری، ۱۳۸۵: ۱۵). یکپارچگی مدل تصمیم‌گیری و دانش کارشناسی به افزایش توانایی «GIS»، در کمک به اتخاذ تصمیمات مکانی درست و مناسب، موثر خواهد بود (امینی فسخودی، ۱۳۸۵: ۱۵). مطالعات بسیاری در زمینه‌ی مکان‌یابی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. شریفی و وانوستن با استفاده از آنالیز چند معیاره مکانی و با استفاده از GIS اقدام به مکان‌یابی دفن پسماند در شهر سین‌چینا واقع در شهر کلمبیا نمودند (Sharifi and Vanwesten, 1997). آن‌ها با در نظر گرفتن

Archive of SID

www.SID.ir

پارامترهایی نظیر شیب، زمین لغزش، نفوذپذیری خاک و فاصله از شهر، با استفاده از روش بولین و آنالیز چند معیاره، به نتایج کاربردی قابل قبولی دست یافتند.

همچنین هرزبوگ در بیان معیارهای مکان‌یابی برای دفن با توجه به اهمیت آب‌های زیرزمینی در منطقه‌ی تحقیق به آن وزن بیش‌تری داد. چانگ و همکاران در سال ۲۰۰۷ در پژوهشی به انتخاب محل دفن مواد زائد جامد شهر هارلینگن واقع در جنوب تگزاس، با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری مکانی، ارزیابی چند معیاره، منطق فازی، مکان‌های مناسب را طی دو مرحله انتخاب و اولویت‌بندی کردند و مکان مناسب برای محل دفن انتخاب شد (Chang and *et al.*, 2008).

غلامعلی‌فرد و ماهینی در سال ۲۰۰۶ برای شهر گرگان با استفاده از ۶ معیار (فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه‌ها، شیب، جهت باد، سطح‌آب‌های زیرزمینی) مکان‌یابی با استفاده از منطق فازی و ارزیابی چند معیاره انجام داده‌اند (Mahiny and Gholamalifard, 2006).

این پژوهش در نظر دارد با ارزیابی اراضی شهرستان گرگان با توجه به توان طبیعی و بررسی مسائل اقتصادی، اجتماعی بر اساس معیارها و ضوابط موجود، نواحی مناسب برای دفع نخاله‌های ساختمانی را پیشنهاد دهد.

مفاهیم، دیدگاه و مبانی نظری

مکان‌یابی عبارت است از تعیین مناسب‌ترین محل ممکن برای استقرار و اجرای یک طرح یا پروژه یا کارخانه با توجه به شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی (سیدمسعود منوری: ۱۳۸۱: ۱۲). مکان‌یابی از جمله تحلیل‌های مکانی است که تاثیر فراوانی در کاهش هزینه‌های ایجاد و راه‌اندازی فعالیت‌های مختلف دارد. به همین دلیل یکی از مراحل مهم و تاثیرگذار پروژه‌های اجرایی به‌شمار می‌رود.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه، زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. به‌علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و براساس اصولی بدیهی بنا نهاده شده است (سیدحسن قدسی‌پور، ۱۳۸۸: ۱۸۷).

Archive of SID

www.SID.ir

یک سامانه اطلاعات جغرافیایی، سامانه‌ای است کامپیوتری متشکل از چهار رکن سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده و کاربر که قادر است داده‌های مکان‌دار را به‌طور رقومی کسب، ذخیره و نگهداری، بازیابی، مدلسازی و تجزیه و تحلیل نموده و به‌طور متنی و گرافیکی ارائه کند. هر نوع سامانه اطلاعات جغرافیایی چهار وظیفه کلی کسب داده‌ها، نگهداری، تجزیه و تحلیل و ارائه را بر عهده دارد (شکوری، ابراهیم، ۱۳۹۱: ۷).

محدوده و قلمرو پژوهش

منطقه مورد مطالعه‌ی تحقیق عبارت است از محدوده‌ی شهرستان گرگان که در ″۱۰ °۵۴ تا ″۴۵ °۵۴ طول شرقی ″۴۴ °۳۶ تا ″۵۸ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. شهر گرگان مرکز استان گلستان می‌باشد که از شمال به آق‌قلا و بندر ترکمن، از شرق به شهرستان علی‌آباد کتول، از جنوب به استان سمنان و از غرب به شهرستان کردکوی محدود شده است. منطقه مذکور با مساحت ۱۳۱۶ کیلومتر مربع شامل ۲ شهر، ۲ بخش، ۵ دهستان و ۱۱۰ پارچه‌آبادی است که در مجموع ۴۲۶۴۵۵ نفر را در خود جای داده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن در استان گلستان و کشور ایران
(Mahiny and Clarcke, 2012)

روش تحقیق

تدوین معیارها: در این مطالعه ابتدا با مرور منابع و بررسی ضوابط موجود و همچنین نظر کارشناسان، معیارها و مشخصه‌های محیط زیستی تأثیرگذار در مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی تدوین

www.SID.ir

شده است و پس از تعیین مرز محدوده مطالعاتی با جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های اولیه، پایگاه سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه تهیه گردید.

در ارزیابی چند معیاری برای دست‌یابی به هدف باید معیارها را تعریف کرد تا بر مبنای آن بتوان به هدف معین دست یافت. براساس معیارها تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد و همچنین می‌باید معیارها قابل اندازه‌گیری باشند. معیارها به دو صورت عامل[1] و محدودیت[2] دسته‌بندی می‌شوند (Eastman, 2003). در این تحقیق معیارهای مورد بررسی شامل ویژگی‌های فیزیکی سرزمین (شیب، سنگ بستر، خاک، ارتفاع، پوشش گیاهی، آب‌های جاری و عمق آب‌های زیرزمینی) فاصله و حریم‌ها (فاصله از جاده، فاصله از مناطق حفاظت شده، فرودگاه‌ها و فاصله از مناطق مسکونی) در نظر گرفته شده است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۷). بر اساس لایه‌های ارائه شده در جدول ۱، نقشه‌های مربوط به معیار و محدودیت‌ها استخراج می‌گردد.

جدول ۱- داده‌های به کار رفته در ترسیم لایه‌های مربوط به معیارها و محدودیت‌ها بر اساس منبع

منبع داده	لایه‌های داده
شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان	آب‌های جاری، عمق آب‌های زیرزمینی
اداره شیلات استان گلستان	آب‌های جاری
اداره‌ی تحقیقات آب و خاک استان گلستان	خاک
وزارت صنایع و معادن	سنگ
اداره‌ی آبخیزداری استان گلستان	سنگ، شبکه راه‌های گرگان، ارتفاع، شیب، مناطق مسکونی، تراکم پوشش گیاهی
سازمان حفاظت محیط زیست	فرودگاه و مناطق حفاظتی

استانداردسازی معیارها

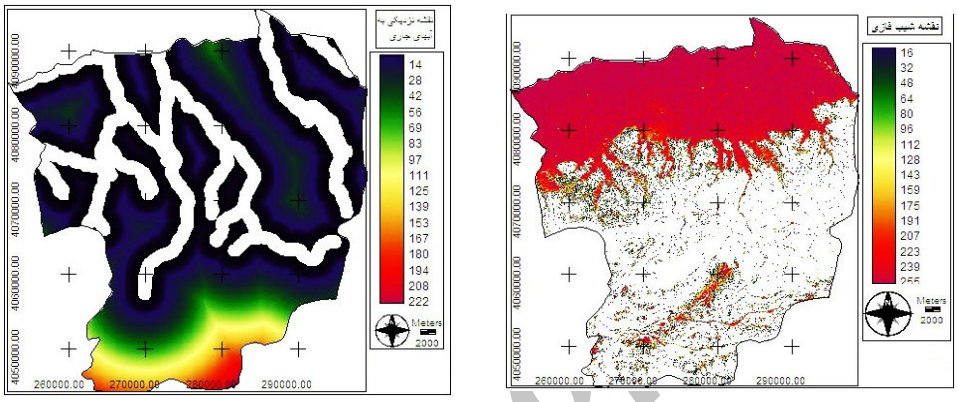
برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه و استاندارد شده از روش فازی استفاده شده است. نظریه مجموعه‌های فازی، نظریه‌ای ریاضی است که برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی در فرآیندها طراحی شده است (Lootsma, 1997). منطق فازی ابزاری برای مقابله با عدم قطعیت‌ها است. این ابزار هم در زمینه علوم طبیعی که معمولاً قانون‌های پذیرفته شده و دقیقی برای اهداف مدل‌سازی وجود ندارد و هم در زمینه‌های علوم مهندسی و فیزیک که مدل‌های ریاضی پذیرفته شده‌ای دارند، کاربرد دارد (Zimmermann, 1995).

1- Factor
2- Constraint

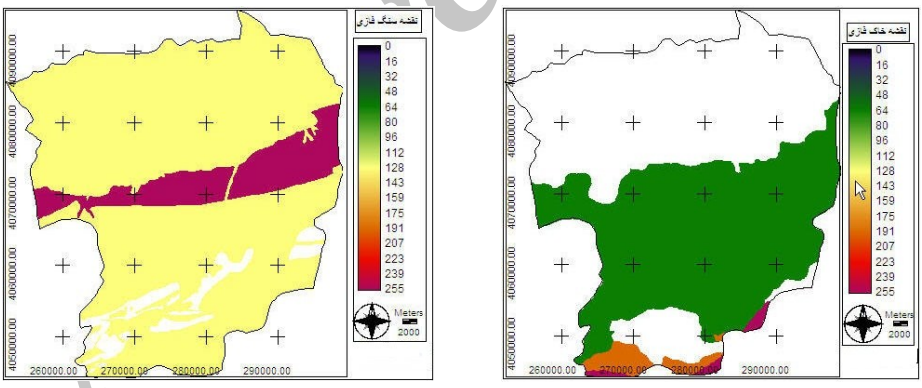
Archive of SID

www.SID.ir

در این تحقیق برای استاندارد سازی فازی پس از مرور منابع و بررسی نظرات کارشناسی از توابع خطی و S شکل فازی استفاده گردید. در این توابع و در محیط «IDRISI» برای فازی کردن لایه‌های نقشه باید موقعیت حداقل ۲ نقطه «a» و «b» بر روی نمودار تابع خطی معین شود. جدول ۲ مقادیر آستانه و نوع تابع فازی برای استاندارد سازی نقشه شاخص‌ها در این مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه‌های شیب فازی (راست) و نزدیکی به آب‌های جاری فازی (چپ)

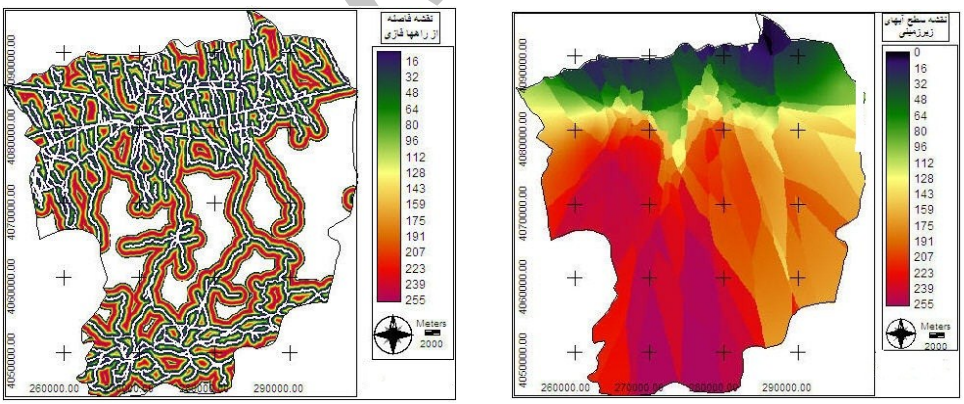


شکل ۳- نقشه‌های خاک فازی (راست) و سنگ فازی (چپ)

www.SID.ir

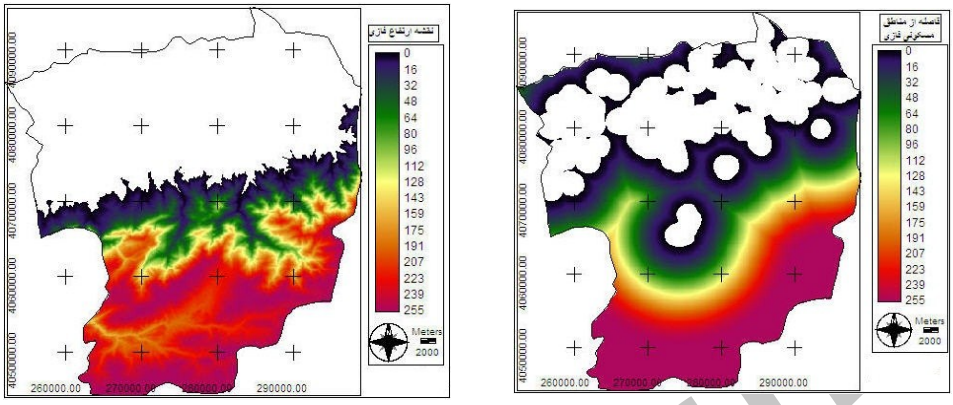
جدول ۲- مقادیر آستانه و نوع تابع فازی نقشه شاخص

معیار	شکل تابع	نوع تابع	نقاط کنترل		منابع
			a	b	-
شیب	S شکل	کاهشی	۱	۲۰	متکان و همکاران ۱۳۸۷، جعفری و همکاران ۱۳۹۱
نزدیکی به آب‌های سطحی	خطی	افزایشی	۲۵۰	۱۰۰۰	سالاری و همکاران ۱۳۹۱، جعفری و همکاران ۱۳۹۱
خاک	S شکل	کاهشی	۱	۳	مخدوم ۱۳۸۴
سنگ شناسی	S شکل	کاهشی	۱	۳	مخدوم ۱۳۸۴
عمق آب زیرزمینی	خطی	افزایشی	۷	۴۰	شکوری ۱۳۹۱
راه‌های ارتباطی	خطی	کاهشی	۳۰۰	۷۵۰	متکان و همکاران ۱۳۸۷، جعفری و همکاران ۱۳۹۱
مناطق مسکونی	خطی	افزایشی	۱۰۰۰	۳۰۰۰	جعفری و همکاران ۱۳۹۱
ارتفاع	S شکل	کاهشی	۱	۱۸۰۰	جعفری و همکاران ۱۳۹۱
پوشش گیاهی	S شکل	کاهشی	۰/۰۱	۵	شکوری ۹۱
فاصله از فرودگاه	خطی	افزایشی	۱	۳۰۰۰	متکان و همکاران ۱۳۸۷
فاصله از مناطق حفاظت شده	S شکل	افزایشی	۱	۱۰۰۰	نگارنده

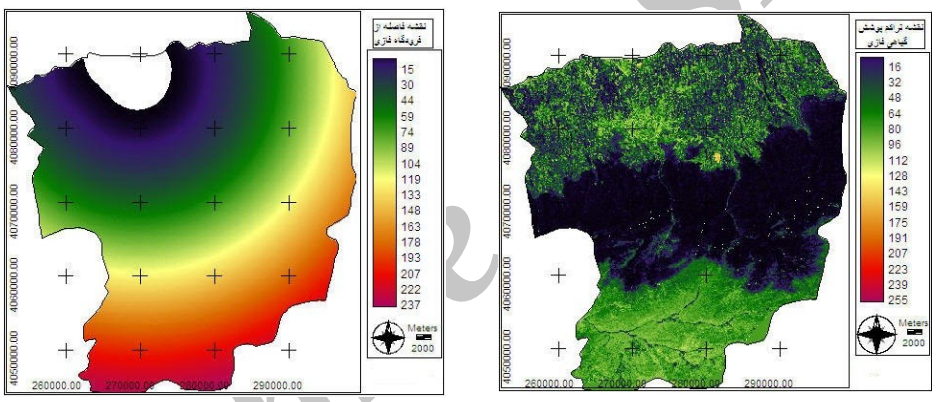


شکل ۴- نقشه‌های عمق آب زیرزمینی فازی (راست) و شبکه‌ی راه‌ها فازی (چپ)

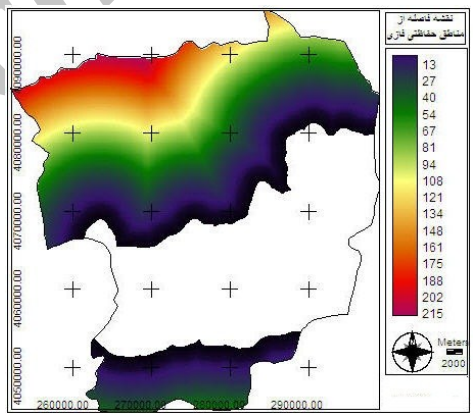
www.SID.ir



شکل ۵- نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی فازی (راست) و ارتفاع فازی (چپ)



شکل ۶- نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی فازی (راست) و فاصله از فرودگاه فازی (چپ)



شکل ۷- نقشه فاصله از مناطق حفاظتی فازی

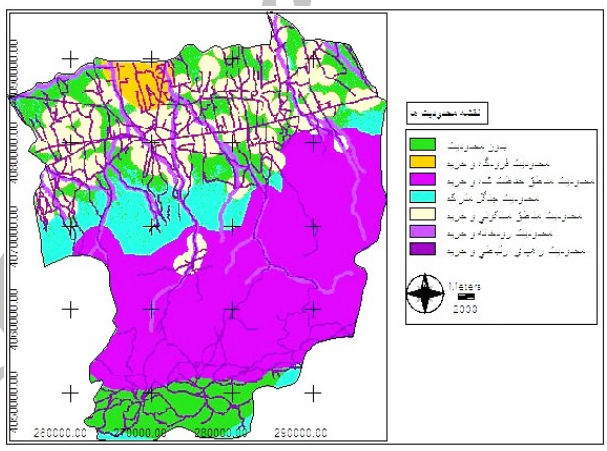
www.SID.ir

رویکرد بولین

یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای استانداردسازی محدودیت‌ها رویکرد «بولین» است که محدودیت‌ها به‌صورت نقشه‌های دو ارزشی ارائه می‌شوند؛ به‌طوری‌که ارزش صفر، مناطق نامناسب و ارزش یک، مناطق مناسب برای توسعه را نشان می‌دهند (Kue *et al.*, 2006). جدول ۳ و شکل ۸ محدودیت‌های به کار رفته در این پژوهش را براساس مرور منابع و نظر کارشناسی نشان می‌دهند.

جدول ۳- محدودیت‌های حاصل از تابع بولین

محدودیت	بازه با ارزش صفر	بازه با ارزش یک
مناطق حفاظت شده	۰ تا ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰ متر به بالا
مناطق متراکم جنگلی	مناطقی با تراکم بیش از ۷۰ درصد	مناطقی با تراکم کمتر از ۷۰ درصد
مناطقی با شیب بالا	مناطقی با شیب بیش از ۲۰ درصد	مناطقی با شیب کمتر از ۲۰ درصد
سرشاخه‌های رودخانه‌ها	فاصله کمتر از ۲۵۰ متر	فاصله بیشتر از ۲۵۰ متر
جاده‌ها	فاصله کمتر از ۳۰۰ متری جاده‌ها	فاصله بیشتر از ۳۰۰ متری رودخانه‌ها
حریم مناطق مسکونی	فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متری مناطق مسکونی	فاصله بیشتر از ۱۰۰۰ متری مناطق مسکونی
حریم فرودگاه	فاصله کمتر از ۳ کیلومتری فرودگاه	فاصله بیشتر از ۳ کیلومتری فرودگاه



شکل ۸- محدودیت‌های مکان‌یابی دفن

کلیه نقشه‌های ذکر شده با سیستم مختصات UTM و بیضوی مبنای WGS84 استفاده شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه در زون شماره ۴۰ واقع شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

وزن‌دهی معیارها

در این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] برای وزن‌دهی معیارها استفاده گردید. در این روش یک مجموعه مقایسه‌ی زوجی از اهمیت نسبی معیارها برای ارزیابی به عمل آمده و وزن‌های هر معیار مشخص گردیده است که در جدول ۴ قابل بررسی است. وزن‌های نسبی به‌دست آمده برای هر یک از معیارها، داده‌های ورودی اصلی برای تحلیل ارزیابی چند معیاری در محیط «GIS» هستند. برای تعیین درجه‌ی دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص سازگاری[2] استفاده می‌شود. چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد وزن‌دهی صحیح بوده در غیر این صورت وزن‌دهی نسبی داده شده به معیارها باید تغییر یابد و وزن‌دهی مجدد انجام شود (عرفانی و همکاران، ۴۶:۱۳۹۰).

جدول ۴- مقایسه‌های زوجی بین معیارهای کاربردی مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی

CR =۰/۰۱	شیب	سنگ بستر	خاک	سطح آب‌های زیرزمینی	فاصله از فرودگاه	فاصله از جاده	فاصله از اماکن مسکونی	فاصله از آب‌های جاری	ارتفاع	تراکم پوشش گیاهی	فاصله از مناطق حفاظتی
شیب	۱										
سنگ بستر	۱/۲	۱									
خاک	۱/۲	۱	۱								
سطح آب‌های زیرزمینی	۱/۲	۱	۱	۱							
فاصله از فرودگاه	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱						
فاصله از جاده	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۲	۱					
فاصله از اماکن‌مسکونی	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۲	۱	۱				
فاصله از آب‌های جاری	۱/۲	۱	۱	۱	۳	۲	۲	۱			
ارتفاع	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱		
تراکم پوشش گیاهی	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۳	۱	
فاصله از مناطق حفاظتی	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۲	۱	۱	۱/۲	۳	۲	۱

1- Analytical Hierarchy Process

2- Consistency Ratio

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- اهمیت نسبی شاخص‌ها در مقایسه‌ی زوجی

توصیف	اهمیت یکسان	نسبتاً مرجّح	ترجیح زیاد	ترجیح خیلی زیاد	ترجیح فوق‌العاده	ارزش بینابینی
درجه اهمیت	۱	۳	۵	۷	۹	۲،۴،۶،۸

جدول ۶- نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها

معیار	وزن
شیب	۰/۲۰۴۱
زمین شناسی (سنگ)	۰/۱۲۱۷
خاک	۰/۱۲۱۷
آب های زیر زمینی	۰/۱۲۱۷
فاصله از فرودگاه	۰/۰۴۳۴
فاصله از جاده‌ها	۰/۰۶۹۰
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۰۶۹۰
فاصله از رودخانه‌ها	۰/۱۱۹۸
ارتفاع	۰/۰۲۱۰
پوشش گیاهی	۰/۰۴۱۵
مناطق حفاظت شده	۰/۰۶۷۱

تلفیق معیارها

هدف از تحلیل چند معیاری، انتخاب بهترین گزینه[1] (بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیاری اصلی است. روش ترکیب خطی وزنی (WLC)[2] از رایج‌ترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی مکانی است.

این روش بر اساس مفهوم میانگین وزنی استوار است. تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیار دیگر، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد و پس از مجموع حاصل‌ضرب وزن نسبی هر مقدار آن معیار، مقدار قابلیت نهایی برای هر گزینه را به‌دست می‌آورد (عرفانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۷). WLC شیوه‌ای از محاسبه ارزیابی چند معیاری MCE [3] است که مطابق با فرمول شماره ۱ محاسبه می‌شود (Al-Hanbali *et al.*, 2011).

$$S = \sum w_i x_i \qquad (1)$$

x_iتناسب سرزمین یا ناحیه = S

1- Alternative
2- Weighted Linear Combination
3- Multi-Criteria Evolution

Archive of SID

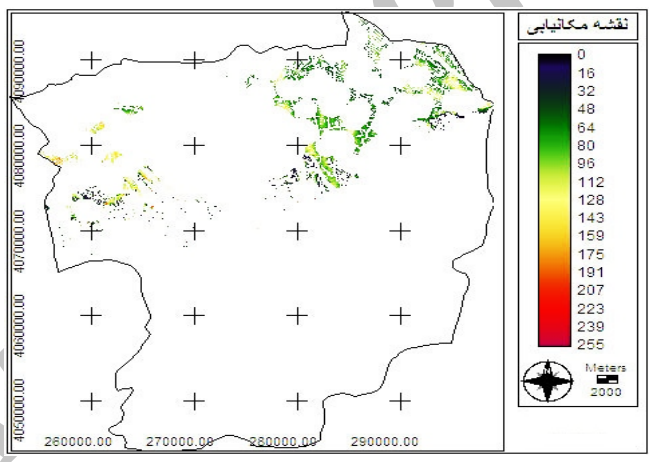
www.SID.ir

w_i= وزن فاکتور i ام
x_i= محدودیتi ام

پس از ایجاد لایه‌ها در ماژول «WLC» نقشه‌ها در ضریب‌های جدول «AHP» ضرب، باهم جمع کرده و سپس در لایه‌های محدودیت ضرب شدند. وزن‌های به‌دست آمده از نتیجه عملیات در نقشه‌های فاکتور ضرب شده و سپس نقشه «MCE» در طی عملیات «WLC» و نیز اِعمال لایه‌های محدودیت به‌دست آمد. شکل ۹ نقشه ارزیابی چند معیاری منطقه مورد مطالعه برای مکان‌یابی دفع نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان با استفاده از موارد یاد شده در دامنه ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد.

جدول ۷- مساحت محل‌های مناسب و نامناسب در منطقه

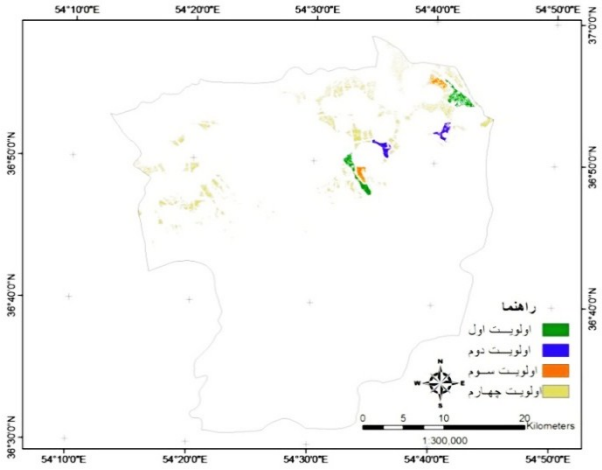
کیفیت	مساحت (هکتار)	حداقل ارزش	حداکثر ارزش
نامناسب	۲۴۳۶۱۷/۰۴	۰	۱۳۰
مناسب	۵۰۰۶	۱۳۰	۲۵۵



شکل ۹- نقشه MCE مکان‌یابی دفع نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان با استفاده از روش AHP

نقشه حاصل از تابع WLC در شکل ۹ به نمایش گذاشته شده که مطلوبیتی بین ۰ تا ۲۵۵ دارد. به‌عنوان یک سناریو، مکان‌هایی که ارزش ۱۳۰ به بالا دارند و حداقل ۱۰ هکتار هستند به عنوان نقاط مطلوب در نظر گرفته شدند که در شکل ۱۰ ارائه شده است.

www.SID.ir



شکل ۱۰- نقشه محل‌های مناسب دفع با ارزش حداقل ۱۳۰ و مساحت حداقل ۱۰ هکتار

بحث اصلی

ترتیب اهمیت معیارهای دخیل در مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی با توجه به اوزان کارشناسی ارائه شده از جدول AHP به‌ترتیب اولویت عبارتند از شیب، سنگ بستر، خاک، آب‌های زیرزمینی، فاصله از فرودگاه، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آب‌های سطحی، ارتفاع، پوشش گیاهی، مناطق حفاظت شده که به‌ترتیب ارزش تأثیر ۰/۲۰۴۱، ۰/۱۲۱۷، ۰/۱۲۱۷، ۰/۱۲۱۷، ۰/۰۴۳۴، ۰/۰۶۹۰، ۰/۰۶۹۰، ۰/۱۱۹۸، ۰/۰۲۱۰، ۰/۰۴۱۵ و ۰/۰۶۷۱ دارند.

با توجه به اوزان به دست آمده بیش‌ترین تأثیر فاکتورها در این مدل مربوط به عامل شیب و کمترین آن مربوط به مناطق حفاظت شده است.

وزن‌های به‌دست آمده از نتیجه‌ی عملیات در نقشه‌های فاکتور ضرب شده و سپس نقشه MCE در طی عملیات WLC و نیز اعمال لایه‌های محدودیت به‌دست آمد. نقشه ۱۰ نقشه ارزیابی چند معیاری منطقه‌ی مورد مطالعه برای مکان‌یابی دفع نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان با استفاده از روش AHP در دامنه ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد. مطابق با نقشه ۱۰ کل ناحیه‌ای از منطقه که توان مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی را صرف نظر از درجه‌ی توان داراست برابر ۵۰۰۶ هکتار است که این مقدار برابر با ۳/۲۲ درصد کل منطقه است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در مجموع بیش‌ترین مناطقی که برای دفن نخاله‌های ساختمانی پیشنهاد شده است در شمال غربی منطقه مورد مطالعه قرار دارند. برای پیشنهاد چند لکه‌ی نهایی مناسب برای جمع‌آوری نخاله‌های ساختمانی مطابق با سناریوی مطرح شده چهار نقطه به‌دست آمد که این نقاط دارای ۳۱۴، ۱۵۰، ۱۶۶و ۲۸۴ هکتار هستند (شکل ۱۰). شایان

Archive of SID

www.SID.ir

ذکر است پس از انجام ارزیابی چند معیاری می‌توان این نقاط را متناسب با نظر کارشناسان، اعمال تابع پرس و جو و نیز در نظر گرفتن نقاط با مساحت و مطلوبیت‌های دیگر نیز انجام داد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

برای کاهش آثار و تبعات منفی محل دفن بر محیط زیست باید مکان‌یابی این مراکز مبتنی بر ارزیابی توان اکولوژیک و معیارهای انتخابی در مدل‌های اکولوژیک باشد. این مقاله با طی روندی هدفمند و بهره‌گیری از سه مدل تصمیم‌گیری AHP، WLC و منطق FUZZY به فرایند انتخاب محل‌های دفن نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان پرداخته است. با بررسی‌ها و مرور منابعی که صورت گرفت تعداد یازده معیار و هفت محدودیت برای مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان مشخص گردید. پس از تعیین اهداف و معیارهای تأثیرگذار روی مسئله باید طی یک مدل تصمیم‌گیری برای انتخاب محل‌های مناسب از آن‌ها استفاده گردد. بدین منظور ابتدا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، از اطلاعات کمی کارشناسی در مورد ارزش نسبی عوامل و لایه‌ها برای مکان‌یابی بهره‌گیری و نقشه‌های خروجی با استفاده از نتایج این تحلیل در بطن رویکرد فازی و ارزیابی WLC نیز تولید شد. مزیت استخراج نقشه فازی شده این است که می‌توان بر اساس نظر کارشناسان امر به گزینش مناطقی پرداخت که یک حداقل مساحت و حداقل مطلوبیت خاصی را در خود داشته باشند. در این مرحله نیز با توجه به پیشنهاد کارشناسان و فقط برای طرح یک سناریو، گزینش نقشه‌ی نهایی مکان‌یابی برای حداقل مطلوبیت ۱۳۰ و حداقل ۱۰ هکتار انجام گرفت که در نتیجه آن پنج منطقه مختلف با مساحت‌های یاد شده به‌دست آمد. در ادامه این تحقیق می‌توان به بررسی مالکیت‌های این نواحی پرداخت و نیز با توجه به قیمت زمین در این نواحی، به گزینش ناحیه و یا نواحی ارزان‌تر برای یک ناحیه از بین این چهار منطقه اقدام نمود. ضمن اینکه فرایند به کار رفته در این تحقیق قابل تکرار است و ازاین‌رو می‌تواند به‌عنوان سامانه پشتیبان تصمیم نیز از آن استفاده نمود. برای این کار، افراد ذیصلاح و ذینفع می‌توانند با شرکت در فرایند وزن دهی به معیارها و استاندارد سازی و تعیین مساحت و تناسب لکه‌ها با تکرار و تغییر در این اعداد و روش‌ها در چارچوب قوانین پذیرفته بوم شناختی نتایجی جدید به بار آورند به گونه‌ای که بیشترین توافق جمعی از دل آن زاده شود.

منابع

۱-اردکانی، ط.، دانه‌کار، م. کرمی، ح. عقیقی، رفیعی، غ. و عرفانی، م. ۱۳۹۰. زون‌بندی خلیج چابهار با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند متغیره جهت کاربری تفرج متمرکز، جغرافیا و آمایش سرزمین، سال اول، شماره ۱، صفحات ۲۰-۱.

Archive of SID

www.SID.ir

۲-امینی فسخودی، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل «برنامه‌ریزی اولویت‌بندی فازی گروهی»، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، شماره ۲۰ (۱)، صفحات ۲۳۰-۲۱۱.
۳-پرهیزکار، ا. و غفاری‌گیلان، ع. ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری. تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها.
۴-جعفری، حمیدرضا. یوسف رفیعی، رمضانی مهریان، مجید. و نصیری، حسین. ۱۳۹۱. مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری با استفاده از «AHP» و «SAW» در محیط «GIS» (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)، محیط‌شناسی سال ۳۸، شماره ۶۱، صفحات ۱۴۰-۱۳۱.
۵-دفتر هماهنگی عمرانی و خدمات شهری سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. ۱۳۹۱. شیوه‌نامه اجرایی ساماندهی پسماندهای عمرانی و ساختمانی.
۶-سالاری، م. معاضد، هـ، و رادمنش، ف. ۱۳۹۱. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل AHP_FUZZY در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر شیراز)، مجله طلوع بهداشت، سال یازدهم، شماره اول، صص ۱۰۹-۹۶.
۷-شکوری، ا. ۱۳۹۱. مقایسه دو روش تصمیم‌گیری MOLA FUZZY و TOPSIS FUZZY در آمایش سرزمین (مطالعه موردی: شهرستان‌های علی‌آباد کتول، گرگان و کردکوی). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما: دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی، دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، دانشکده محیط زیست.
۸-عرفانی، م.، اردکانی، ط. صادقی، آ. ۱۳۹۰. مکان‌یابی برای تفرج متمرکز در منطقه چاه نیمه (شهرستان زابل) با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند متغیره، پژوهش‌های محیط‌زیست، سال دوم، شماره ۴، صفحات ۴۱–۵۰.
۹-قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۴. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۰-متکان، ع.ا. شکیبا، ع.، پورعلی، س.ح. و نظم‌فر، ح. ۱۳۸۷. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: تبریز)، مجله علوم محیطی، سال ششم، شماره دوم، صفحات ۱۳۲-۱۲۱.
۱۱-مخدوم، م. ۱۳۸۴. شالوده آمایش سرزمین. چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۲-منوری، م. ۱۳۸۱. الگوی ارزیابی اثرات زیست محیطی محل‌های دفن زباله. انتشارات سینه سرخ.

13. Al-Hanbali, A. Alsaaideh, B. and Kondoh, A. 2011. Using GIS-Based Weighted Linear Combination Analysis and Remote Sensing Techniques to Select Optimum Solid Waste Disposal Sites within Mafraq City, Jordan. Journal of Geographic Information System, 3: 267-278.
14. Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., and Kanno, T. 2005. Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. Engineering Geology 81, 432–445.
15. Bardossy, A., and Duckstein, L. 1995. Fuzzy Rule–Based Modeling with Application to Geophysical Biological and Engineering systems. CRC press Inc., Boca Raton, Florida, USA.

Archive of SID

www.SID.ir

16.Chang N.B., Parvathinathan G., and Breeden J.B. 2008. Combining GIS with Fuzzy Muliti Criteria Decision Making for Landfill Siting in a Fast-Growing Urban Region, Journal of Environmental Management 87:139-153.
17.Eastman, R.J. 2003. Idrisi for windows user guide, Clark University. New York.
18.Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J.S., Medo, J., and Kabba, V.T. 2013. Modelling Land Fill Location Using Geographie Information Systems (GIS) and Multi–Griteria Deosion Analysis (MCDA): Case Study Bo, Southern Sierraleone. Applied Geography, 36:3–12.
19.Gorserski, P.V., Donerska, K.R., and Mitrorski, C.D. 2012. Integrating multi–Criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. Waste Management, 27: 858–868.
20.Herzog, M.T. 1999. Suitability Analysis Decision, www.esri.com/Support system for Landfill siting/Library/User conf.
21.James, Y.W., Ali, T., Christoforos, C., and Hatim, F. 2004. A systems analysis tool for construction and demolition waste management. Waste Management, 24:989–997.
22.Kar, L, C.V., and Bart, L. 2000. Recy cling options for Gypsum from Construction and Demdition waste. Waste Materialsin Construction, 22: 325–331.
23.Lootsma, F.A. 1997. Fuzzy Logic for planning and Decision Making. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.
24.Mahiny A., and Clarcke K. 2012. Guiding SLEUTH land-use/ land cover change modeling using multicriteria evaluation: towards dynamic sustainable land-use planning, Environment and planning B: Planning and design, 39: 925-944.
25.Mahiny A., and Gholamalifard M. 2006. Siting MSW Landfill with a weighted Linear Combination Methodology in a GIS Environmental, International Journal of Environmental Science Technology.
26.Malczewski, J. 1999. GIS and Nulticriteria Decision Analysis. Johnwiley and sons.
27.Manas, R.R., Sanghita, R., Gopeshwar, M., NS enjuti, R., and Twisha, L. 2005. Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal soild waste dispsosal at an open landfill site in Delhi. Int. J. Hyg. Environ–Health; 208:255–262.
28.Nabil, K., Nayef, A., Ibrahim, A., and Jasem, A. 2004. Environmental Management of Construction and demolition waste in Kuwait. Waste Management, 24:1049–1059.
29.Poon, C.S. 2007. Management of construction and demolition waste. Waste Management, 27:159-160.
30.Sharifi, M.A., and Vanwesten. C.J. 1997. Siteselection for Wasted is POSAL through Spatial Multiple Criteria Decision Making, ITC. 1997.
31.Zimmermann, H.J. 1995. Fuzzy set theory and it's Application–Dordeche: Kluwer Nijhoff publishing Netherlands.

Archive of SID

www.SID.ir