فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۳، زمستان ۹۶

مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری شهر قزوین با استفاده از روش AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS

یونس خسروی[۱*]

khosravi@znu.ac.ir

حمید اشجعی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۰۶/۱۵**

چکیده

افزایش روزافزون جمعیت شهری و توسعه منطقه‌های شهری، افزایش مصرف مواد دارای پسماند تجزیه ناپذیر و بسیاری از دورریزهای دیگر زندگی ماشینی و مدرن سبب توجه بیش‌تر مدیران شهری به پسماندها شده است. اثرات مخرب محیط زیستی، اقتصادی و اکولوژیکی محل‌های دفن سبب توجه بیش‌تر به انتخاب محل دفن مناسب برای پسماندهای شهری شده است. هدف از این پژوهش، پیشنهاد بهترین مکان برای دفن پسماندهای شهری شهر قزوین می‌باشد.

در مطالعه حاضر نخست معیارها و اصول مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری بر اساس منابع معتبر بیان شده است و سپس لایه‌های اطلاعاتی نظیر خاک‌شناسی، زمین شناسی، آبراهه، نقاط شهری و روستایی، اقلیم، جاده‌ها و ... برای شهر قزوین معرفی شدند. با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بهره‌گیری از لایه‌های اطلاعاتی از طریق وزن‌گذاری لایه‌ها با استفاده از روش AHP در محیط نرم افزار ArcGIS 10.3، اطلاعات و نقشه‌ها تهیه شده‌اند.

بر اساس نقشه‌ها و لایه‌های ایجاد شده، مکان‌های مستعد برای دفن بهداشتی در ۵ کلاس مشخص شدند و زمین‌هایی با مساحت ۷۰ هکتار به بالا را از میان زمین‌های کلاس پنجم جهت بهترین مکان برای دفن پسماند در بازه ۴۰ ساله پیشنهاد شد. با تقسیم شهرستان قزوین به ۴ منطقه، مکان‌های مناسب دفن برای زباله‌های شهرها و روستاهای هر منطقه معرفی گردید.

براساس نتایج تحقیق مشخص شد محدوده مرکزی و شمالی شهر قزوین به دلیل نفوذپذیری کم و جنس خوب خاک، کاربری اراضی مناسب، فاصله و حریم مناسب از رودخانه‌ها، گسل‌ها، شهرها و روستاها، دسترسی و نزدیکی به جاده‌های ارتباطی، اقلیم خشک می‌تواند مناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند شهری پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پسماند، تحلیل سلسه مراتبی، دفن زباله، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهر قزوین.

۱- استادیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم های اطلاعات جغرافیایی، گروه نقشه برداری، دانشکده عمران و نقشه برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

مقدمه

شهر، فضایی پیچیده است که تمام اجزای آن به صورت سیستماتیک در ارتباط نزدیک با یک‌دیگر هستند؛ به طوری که ایجاد اختلال در هرکدام از اجزای این مجموعه سبب مشکل در کل سیستم می‌شود (۱). زباله‌های شهری یکی از همین اجزای شهر هستند که عدم توجه به آن می‌تواند چشم‌انداز واحدهای شهری را تحت تأثیر خود قرار دهد (۲). یکی از مشکلات عمده جوامع بشری، تولید انواع پسماند در کیفیت‌ها و کمیت‌های مختلف و دفع آن می‌باشد (۳). بنابراین آن‌چه که در نتیجه این مهم امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌آید، مدیریت اصولی و کارآمد است. از جمله مرحله‌های مدیریت پسماند کاهش مصرف، بازیافت و تبدیل زایدات به مواد قابل استفاده می‌باشد (۴). در تمام این مرحله‌ها مقداری مواد باقی می‌ماند که لزوماً باید دفن شوند. از این منظر انتخاب محل دفن مناسب برای پسماندها می‌تواند مهم‌ترین مرحله در مدیریت مواد زاید به شمار آید (۵). در گذشته، زباله‌ها در محیط‌های باز سوزانده و یا انباشت می‌گردید و در صورت دفن، از حفره‌های ایجاد شده برای استخراج مواد و سنگ‌های معدنی استفاده می‌شد (۶). می‌توان گفت انتخاب مکان مناسب دفن بهداشتی زباله، یک تصمیم‌گیری است که به منظور شناسایی محل دفن در دسترس و بهینه، نیاز به فرآیند گسترده ارزیابی زمینی دارد. همچنین باید براساس الزامات و مقررات دولتی و طیف گسترده‌ای از عوامل ارضی و حقوقی در جهت کاهش اثرات منفی بر محیط زیست باشد و در عین حال هزینه‌های اقتصادی، محیط زیستی، بهداشتی و اجتماعی کمینه گردد. چنین فرآیندی داده‌های مکانی زیادی دارد و برای پردازش این داده‌ها، راه‌حل‌های جایگزین و ارزیابی‌های متعددی باید در نظر گرفته شود (۷).

به طور کلی می‌توان گفت که هدف نهایی از مکان‌یابی، دست‌یابی به مناسب‌ترین محل جهت دفن زباله‌هایی است که کم‌ترین اثرات سوء را برای محیط زیست و منابع طبیعی اطراف دارد و از نظر اقتصادی کم هزینه‌ترین است و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگی را دارا باشد (۸). در این رابطه پردازش و ارزیابی داده‌ها نسبت به قوانین، مقررات، فاکتورها و محدودیت‌ها با یک ابزار قوی و کارآمد باید بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد (۹). از جمله ابزارهای مناسب برای تحلیل حجم زیاد اطلاعات فوق، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل دفن پسماند موضوع به‌نسبت جدیدی است که در دهه اخیر متداول گشته است. قابلیت بسیار وسیع این سیستم در مدیریت اطلاعات مکانی و ایجاد بستر مناسب برای تصمیم‌گیری سبب شده است که در عملیاتی نظیر مکان‌یابی محل دفن توجه بسیاری را به خود جلب کند (۱۰). در این رابطه سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نقش مهمی ایفاء می‌کنند.

فاکتورهای سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره اغلب ناهمگون و گاهی متضاد هستند. سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر مبانی نظری به نسبت قوی می‌باشد و چارچوب مناسبی برای کمک به تصمیم‌گیری‌های پیچیده ارایه می‌کنند. این سیستم‌ها مجموعه‌ای از روش‌های تحلیلی می‌باشند که به تصمیم‌گیران در حل مسایل پیچیده و دارای ساختار ضعیف کمک و از دانش تصمیم‌گیرندگان در حل این مسایل استفاده می‌کند (۱۱). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) از جمله سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در این پژوهش نیز از آن بهره گرفته شده است. این روش یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره به شماره می‌آید (۱۲). انتخاب مکان بهینه دفن پسماند نیز یکی از مهم‌ترین پیامدهای مدیریت پیامدهای مدیریت پسماند است که نیاز به تصمیم-گیری چند معیاره دارد (۱۳). تحلیل سلسله مراتبی فرآیندی ساده، قوی و منعطف است که برای تصمیم‌گیری در شرایط دشوار گزینش معیارهای تصمیم‌گیری مختلف و انتخاب بین گزینه‌ها مورد استفاده قرا می‌گیرد (۱۴).

در سال ۲۰۰۲ واستاوا و ناسوات در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی با استفاده از RS و GIS محل دفن زباله در اطراف شهر رانسی

1-Analytic Hierarchy Process

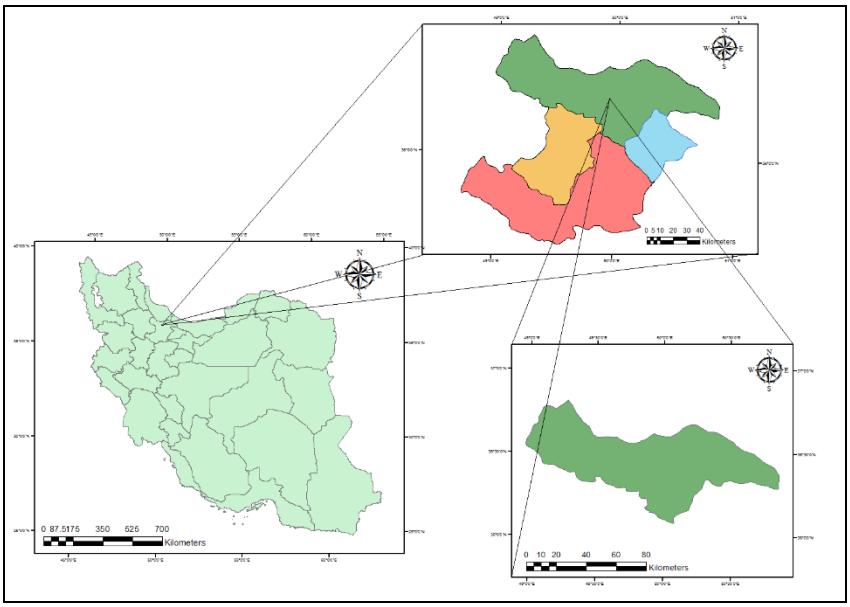
با استفاده از گرفتن معیارهایی چون زمین شناسی، گسل‌ها، شیب زمین، نوع سنگ مادر و خاک، آب‌های سطحی و عمق آب زیرزمینی، مرکزهای شهری، شبکه ارتباطی موجود، فاصله از فرودگاه و غیره با استفاده از این سیستم‌های و وزن‌دهی به شاخص‌ها از طریق مقایسه‌ای زوجی ۵ محل مجزا در اندازه‌های مختلف را برای دفن زباله این شهر ۸۰۰ هزار نفری انتخاب کردند (۱۵). جان بنت در سال ۲۰۰۴ گزارشی حاکی از پیشرفت سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در شهر رم، از جمله مدیریت و فن مواد زاید جامد را ارایه داده است. این گزارش نشان می‌دهد که ابتدای این روند دهه ۹۰ میلادی بوده است و نخست پیشرفت کندی داشته است، اما پس از چند سال و به‌ویژه در سال ۲۰۰۳ و با کمک نقشه‌های پشتیبانی اینترنتی، اطلاعات موجود برای این سیستم اطلاعات جغرافیایی به موضوع مهمی برای کارکنان واحد خدماتی شهرداری و عموم شهروندان رمی تبدیل شده است (۱۶). یوسفی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به مکان‌یابی دفن بهداشتی زباله-های شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS در شهر گنبد کاووس پرداختند. ایشان نتیجه گرفتند که با توجه به ساختار زمین‌شناسی و توپوگرافیک منطقه مورد مطالعه، بهتر است که محل دفن زباله‌های شهری در مکانی دورتر از مکان فعلی دفن پسماند شهر گنبد کاووس انتخاب شود (۱۷). در تحقیقی دیگر شهرام اباذرلو و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP با در نظر گرفتن معیارهای جهت شیب، شیب، خطوط فشار قوی، زمین شناسی، شهرها و مراکز سکونتگاهی، گسل و... نسبت به مکانیابی بهینه دفن مواد زاید جامد شهرستان زنجان اقدام کردند (۱۸).

پژوهش‌هایی نظیر یاهانا و همکاران (۱۹) در شهر ایبادان نیجریه، بسکس و همکاران (۲۰) در استانبول، راتور و همکاران (۲۱) در لاهور پاکستان، فرهودی و همکاران (۲۲) در سنندج (۱۳۸۴)، متکان و همکاران (۲۳) در شهر تبریز (۱۳۸۷) نشان از اهمیت موضوع مکان‌یابی محل دفن پسماند دارد. کار حاضر نیز با هدف مکان‌یابی دفن بهداشتی مواد زاید با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در اطراف شهر قزوین انجام شده است.

داده و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان قزوین در موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۸۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی با مساحتی بالغ بر ۵۸۷۷۳۲,۱۴۷۵ هکتار در شمال‌غرب ایران واقع شده است (شکل۱). جمعیت این شهرستان براساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰، برابر با ۵۶۶۷۷۳ نفر بوده است. سرانه تولید زباله در استان قزوین ۸۰۰ تن است که سهم شهر قزوین از این زباله‌ها ۴۵۰ تن به صورت روزانه است که سهم روزانه هر خانوار در تولید زباله ۴۵۰ گرم می‌باشد که از متوسط سرانه ۶۴۰ گرم ایران کم‌تر است (۲۴).



شکل ۱- موقعیت سیاسی شهرستان قزوین در سطح استان و کشور

روش تحقیق

براساس هدف و روش کار تعریف شده، برای مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند از لایه‌های مختلف جغرافیایی استفاده گردید. از جمله این لایه‌ها می‌توان به توپوگرافی، شیب، زمین‌شناسی، نفوذ پذیری خاک، کاربری اراضی، زیرساخت‌های حمل و نقل، رودخانه‌ها، گسل، نقاط زمین لغزش، مراکز شهری و روستایی، اقلیم‌شناسی و انواع فرسایش و اقلیم اشاره کرد. در کار حاضر تمامی لایه‌های اطلاعاتی از شهرداری شهرستان قزوین گردآوری شده است. برای انجام این پژوهش از نرم افزار ArcGIS برای تصحیح و آماده سازی لایه‌ها که شامل تبدیل لایه‌های برداری به لایه رستری و طبقه‌بندی مجدد لایه‌ها براساس وزن‌دهی به ویژگی‌های هر لایه و هم‌چنین انجام تحلیل‌های فضایی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده است. کلیه نقشه‌های تولید شده در محیط ArcGIS گردآوری، ذخیره و بعد از مشخص نمودن پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی و وزن‌دهی بر اساس معیارهای ۹ کمیتی ساعتی (جدول۱) (درباره این معیار توضیح لازم است)، از طریق فرآیند سلسله مراتبی (AHP) روی هم‌گذاری شده و نقشه مکان‌های بهینه دفن مواد جامد شهری در منطقه تهیه و مورد تحلیل قرار گرفته است.

جدول ۱- مقایسه ۹ کمیتی توماس ال ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها (۲۶)

امتیاز (شدت ارجحیت)	تعریف
۰	ترجیح یکسان
۱، ۳	کمی مرجح
۵	ترجیح بیش‌تر
۷	ترجیح خیلی بیش‌تر
۹	کاملاً مرجح
۲، ۴، ۶، ۸	ترجیحات بینابین

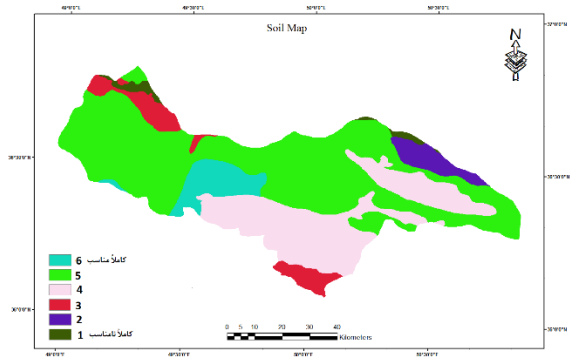
بحث و نتایج

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) چهارچوبی منطقی است که درک و تحلیل تصمیم‌گیری‌های پیچیده را با تجزیه آن به ساختاری سلسله مراتبی آسان می‌کند (۲۵). سلسله مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم‌گیری (گزینه-ها و معیارهای تصمیم‌گیری) را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد (۲۶). نخستین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، نمایش گرافیکی از مساله می‌باشد که در آن هدف و معیارها نشان داده می‌شود. در پژوهش حاضر از ۱۳ لایه اطلاعاتی جهت انجام مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهری استفاده شده است. در مرحله نخست تمامی فاکتورهای مؤثر در مکان‌یابی با توجه به مقیاس ۹ کمیتی ساعتی (جدول ۱) تنظیم شدند. وزن‌دهی به ویژگی‌های هر کدام از فاکتورها بر اساس جدول ۲ و مطابق با نظرات کارشناسی در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3 انجام پذیرفت. ارزش گذاری هر کدام از فاکتورهای مورد استفاده جهت مکان‌یابی در شکل‌های ۲ تا ۱۳ نشان داده شده است.

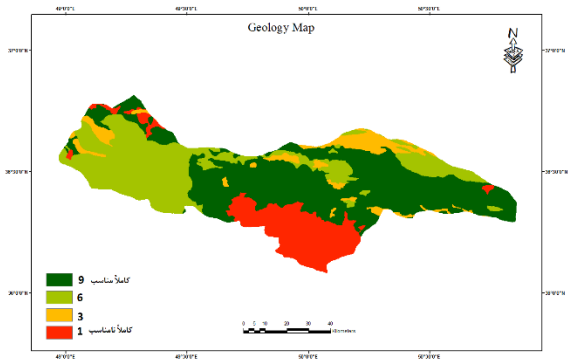
جدول ۲- طبقه‌بندی و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی

زمین شناسی	وزن معیار	۱		۳			۶			۹			
	زیر معیار	Qt1/EKgy		Eksh/Qt2/Pec/Kvbv/ Etbv			Eka/Pr/Js/Etlaii			Msm/Ek/Oiiv/Eviv			
نفوذ پذیری خاک	وزن معیار	۱		۲		۳	۴		۵			۶	
	نوع خاک	Alfisols		Mollisols		Aridisols	Inceptisols		Rock Outcrops/ Entisols			Rock Outcrops/ Inc	
کاربری اراضی	وزن معیار	۱				۳	۶			۹			
	زیر معیار	کشاورزی/شهری/باغ/آب/جنگل				مرتع خوب/بیشه-زار	مرتع متوسط/دیم			مرتع فقیر/صخره			
فاصله از رودخانه	وزن معیار	۱		۳			۵		۷			۹	
	اندازه (متر)	۰-۶۰۰		۶۰۰-۱۳۶۰			۱۳۶۰-۲۴۵۰		۲۴۵۰-۴۵۰۰			۴۵۰۰ به بالا	
اقلیم	وزن معیار	۱		۳			۵		۷			۹	
	زیر معیار	خیلی مرطوب		مرطوب			نیمه مرطوب/مدیترانه-ای		نیمه خشک			خشک	
فرسایش	وزن معیار	۱		۳			۵		۷			۹	
	زیر معیار	VIII/VII		V/VI			IV		III			II	
شیب	وزن معیار	۱		۹		۷	۵		۳			۱	
	درصد شیب	۰-۴		۴-۱۵		۲۰-۱۵	۲۰-۲۵		۲۵-۳۰			۳۰ به بالا	
فاصله از گسل	وزن معیار	۰		۱		۳	۵		۷			۹	
	اندازه (کیلومتر)	۰-۳		۳-۷		۷-۱۱	۱۱-۱۶		۱۶-۲۲			۲۲ به بالا	
فاصله از	وزن معیار	۱		۳			۵		۷			۹	

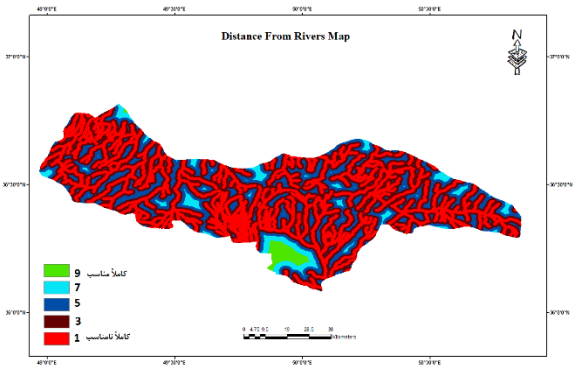
زمین لغزش	اندازه (کیلومتر)	۰-۴				۴-۹				۹-۱۴				۱۴-۲۰				۲۰ به بالا			
فاصله از جاده	وزن معیار	۱				۹			۷	۵				۳				۱			
	اندازه (کیلومتر)	۰-۱				۱-۴			۴-۶	۶-۸				۸-۱۱				۱۱ به بالا			
فاصله از شهر	وزن معیار	۱				۳			۵	۷		۹		۳		۱		۰			
	اندازه (کیلومتر)	۰-۵				۵-۸			۸-۱۱	۱۱-۱۴		۱۴-۱۷		۲۰-۱۷		۲۰-۲۴		۲۴ به بالا			
فاصله از روستا	وزن معیار	۱				۹				۷				۵				۳			
	اندازه (کیلومتر)	۰-۲				۲-۳				۳-۴				۴-۵				۵ به بالا			
جهت شیب	وزن معیار	۹		۹		۹			۷	۵		۳		۳		۱		۱			
	جهت شیب	مسطح		جنوبی		جنوب شرقی			شرقی	جنوب غربی		غربی		شمال شرقی		شمال غربی		شمالی			



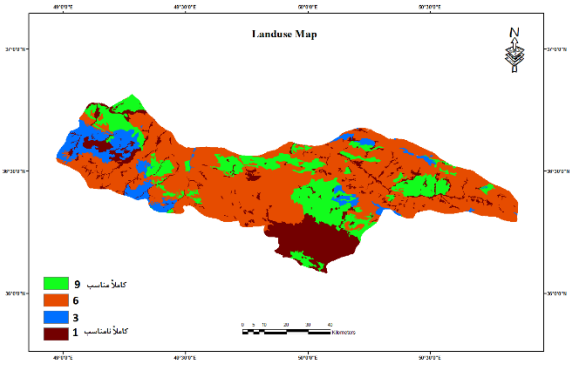
شکل ۲- رتبه‌بندی نفوذ پذیری خاک



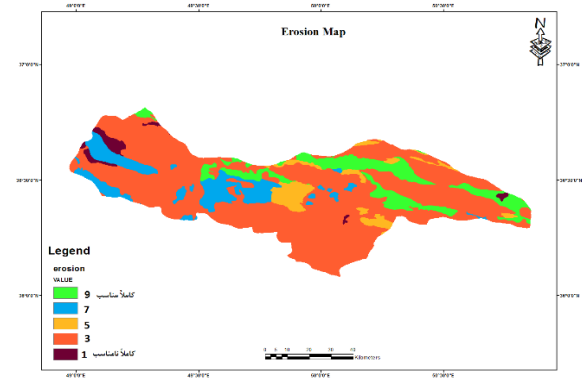
شکل ۳- رتبه‌بندی زمین شناسی



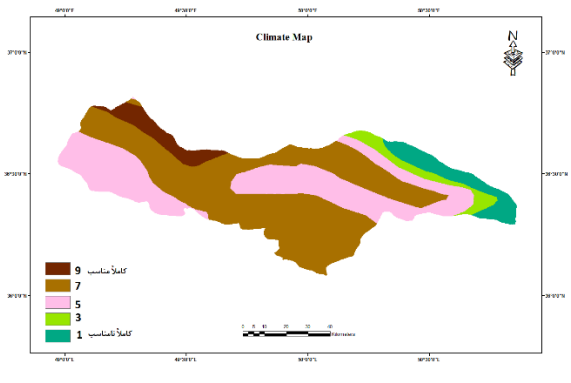
شکل ۴- رتبه‌بندی فاصله از رودخانه



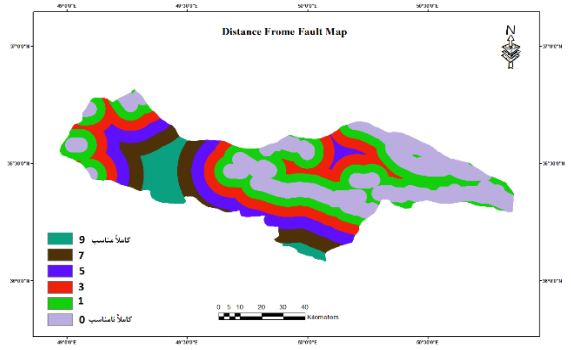
شکل ۵- رتبه‌بندی کاربری اراضی



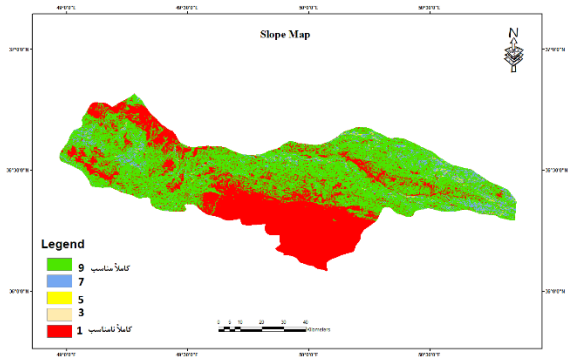
شکل ۶-رتبه‌بندی فرسایش



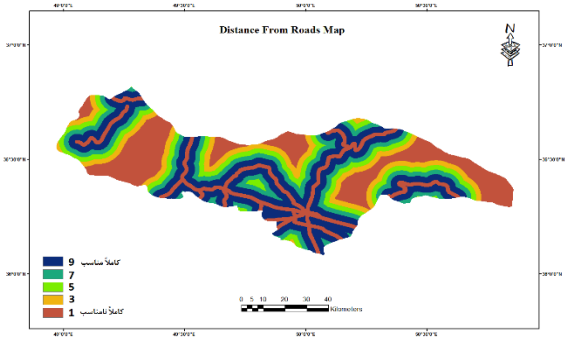
شکل ۷- رتبه‌بندی اقلیم



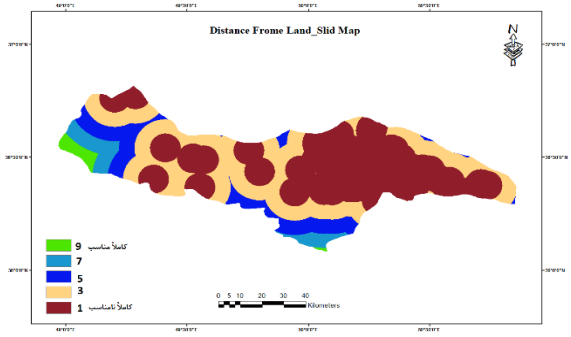
شکل ۸- رتبه‌بندی فاصله از گسل



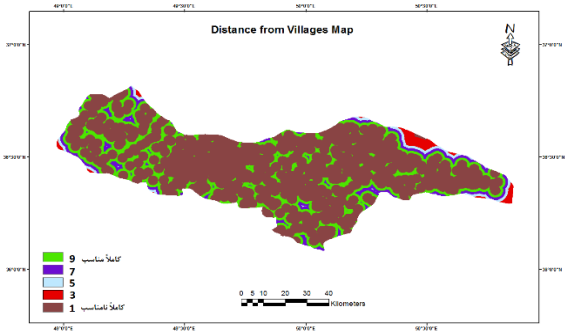
شکل ۹- رتبه‌بندی شیب



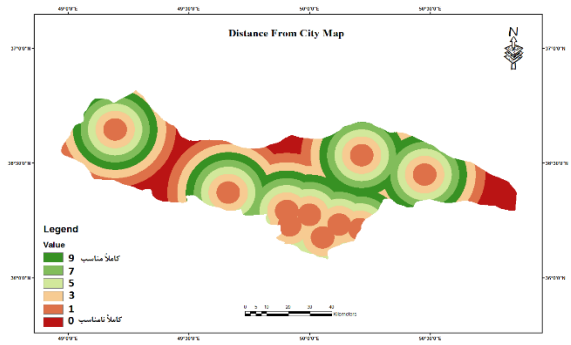
شکل ۱۰- رتبه‌بندی فاصله از جاده



شکل ۱۱- رتبه‌بندی فاصله از زمین لغزش



شکل ۱۲-رتبه‌بندی فاصله از روستا



شکل ۱۳- رتبه‌بندی فاصله از شهر

پس از وزن‌دهی درونی به هر کدام از لایه‌ها و بـه منظـور تهیـه نقشه نهایی مکان بهینه، از مدل AHP استفاده گردید. یکی از مهم‌ترین مرحله‌های کار در این مدل، وزن دهی به هر کـدام از معیارهای ۱۳ گانه است. هـدف از وزن دادن بـه معیارهـا بیـان نمودن اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر است. وزن نهـایی نرمال شده برای هر کدام از معیارهـا از طریـق ایجـاد مـاتریس AHP با نرخ ناسازگاری کم‌تر از ۰/۱ محاسبه شد. جـدول (۳) ماتریس AHP و وزن نهایی نرمـال شـده هـر کـدام ازمعیارهـا جهت ورود به عملیات روی‌هم‌گذاری بـرای یـافتن مکـان‌هـای مناسب برای دفن زباله را نشان می‌دهد.

جدول ۳- جدول وزن‌دهی به معیارهای مکانیابی دفن پسماند شهرستان قزوین با استفاده از روش AHP

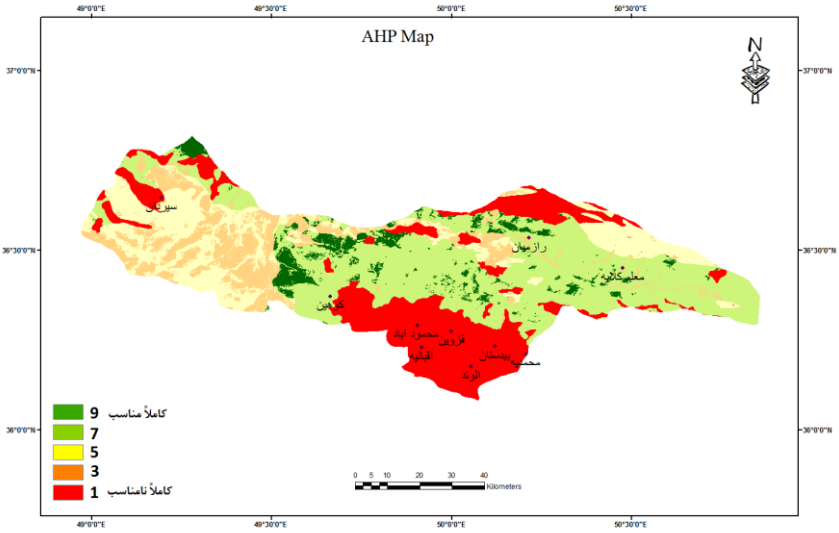
معیارها	زمین‌شناسی	نفوذپذیری خاک	کاربری اراضی	فاصله از رودخانه	اقلیم	فرسایش	شیب	فاصله از گسل	فاصله از زمین‌لغزش	فاصله از جاده	فاصله از شهر	فاصله از روستا	جهت شیب	وزن نهایی
زمین شناسی	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۷	۸	۰/۵۶
نفوذ پذیری خاک	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۷	۰/۱۱
فاصله از رودخانه	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۰/۰۹
کاربری اراضی	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۰/۰۶
اقلیم	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۰/۰۵
فرسایش	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۰/۰۳
شیب	۰/۲۵	۰,۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۰/۰۲
فاصله از گسل	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۴	۰/۰۲
فاصله از زمین لغزش	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۳	۰/۰۲
فاصله از جاده	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۳	۰/۰۱
فاصله از شهر	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۲	۰/۰۱
فاصله از روستا	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۲	۰/۰۱
جهت شیب	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۱۱	۰/۰۱

در این پژوهش ۵ پهنه متفاوت برای مکان‌یابی بهینه دفن مواد زاید جامد شهرستان قزوین در شکل شماره (۱۴) تشخیص داده شد. پهنه‌ای که با رنگ قرمز نشان داده شده نامناسب‌ترین مکان‌ها برای دفن مواد زاید جامد شهری که به‌طور عمده در نیمه جنوب و قسمتی از غرب و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه و دارای مساحتی به وسعت ۱۳۵۹۵۲/۲۲۶۸ هکتار (حدود ۲۳/۱۳ درصد منطقه مورد مطالعه) تشخیص داده شد. منطقه‌های به نسبت نامناسب، متوسط و مناسب (دارای ارزش ۳، ۵ و۷) به ترتیب دارای مساحت‌های ۱۱۰۴۹۷,۱۰۶۰، ۷۶۴۹۰,۰۰۶۵ و ۲۳۲۸۲۰,۸۷۱۷ هکتار (حدود ۱۸/۸، ۱۳/۰۱و ۳۹/۶۱ درصد منطقه مورد مطالعه) می‌باشد. پهنه‌های به‌طور کامل مطلوب برای دفن مواد زاید جامد شهری منطقه، به‌طور عمده در نواحی مرکزی و شمالی محدوده مورد مطالعه و دارای مساحت ۳۱۹۷۱/۹۳۶۳ هکتار (حدود ۵/۴۳ درصد منطقه

مورد مطالعه) قابل مشاهده هستند. مناطق مناسب (دارای ارزش ۷) بیش‌ترین مساحت را دارا می‌باشند و سپس مناطق کاملاً نامناسب، نسبتا نامناسب و متوسط (دارای ارزش ۱، ۳، ۵) و کم‌ترین مساحت مربوط به مناطق کاملاً مناسب (دارای ارزش ۹) می‌باشد، یعنی مناطق مناسب دفن پسماند شهر بخش اندکی از منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند.

علت عمده نامناسب بودن مناطق کاملا نامناسب (دارای ارزش ۱) را می‌توان موارد زیر برشمرد: ۱) نفوذپذیری زیاد و جنس خاک این مناطق ۲) کاربری کشاورزی، شهری، جنگلی و... نیمه جنوب و قسمتی از غرب و شمال شرقی منطقه ۳) فاصله کم‌تر از ۶۰۰ متر رودخانه‌ها ۴) مناطق دارای ارزش یک دارای اقلیم خیلی مرطوب و مرطوب می‌باشد.

از عامل‌های عمده مطلوب بودن منطقه‌های مناسب (دارای ارزش ۹) می‌توان چنین بیان کرد: ۱) نفوذپذیری کم و مناسب بودن بستر زمین‌شناسی این مناطق ۲) حریم مناسب بیش‌تر از ۲۲ کیلومتر با گسل‌های منطقه ۳) وجود شیب و جهت شیب مناسب برای دفن پسماند ۴) فاصله کاملا مطلوب از روستاها و شهرهای منطقه ۵) اقلیم خشک و کاربری مرتع فقیر و دیم می‌باشد.



شکل ۱۴- نقشه مکان‌های بهینه برای دفن مواد زاید جامد شهرستان قزوین با روش AHP

یکی از مهم‌ترین تحلیل‌ها پس از شناسایی مکان‌های بهینه برای دفن پساند، بررسی کفایت زمین‌های انتخاب شده برای بازه زمانی مورد نظر است. به طور کل زمین مورد نیاز دفن زباله به دلیل تغییرات جمعیتی به‌طور معمول برای یک دوره ۲۰ الی ۴۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. طبق تحقیقات انجمن علمی آمریکا (APA) در مورد اندازه زمین مورد نیاز برای دفن بهداشتی(مرجع) رابطه تجربی (۱) زیر ارایه شده است:

$$V = R/D\ (1 - P/100) + CV \qquad (۱)$$

در این فرمول V= فضای مورد نیاز در طول سال (هکتار)، R= سرانه تولیدی هر نفر، CV= حجم خاک پوشش مورد نیاز، P= درصد کاهش، حجم زباله در اثر فشردگی و D= دانسیته (تراکم) متوسط زباله است.

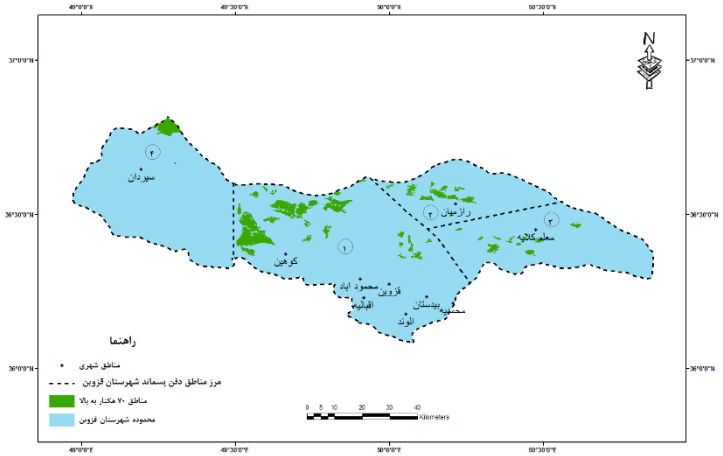
جدول ۴- جدول اطلاعاتی مواد زایدجامد شهرستان قزوین (مأخذ: بخش خدمات شهری شهرداری قزوین)

سرانه تولید زباله (g/day)	۶۲۰
حجم خاک پوششی مورد نیاز (m^3/day)	۲۶۵
درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی	٪۴۰
دانسیته (تراکم) متوسط زباله(Kg/m^3)	۲۲۶

طبق فرمول تجربی ارایه شده توسط انجمن علمی آمریکا در مورد اندازه زمین موردنیاز برای دفن بهداشتی و باتوجه به اطلاعات کسب شده از بخش خدمات شهری شهرستان قزوین در مورد مواد زاید شهری (جدول شماره ۴)، فضای مورد نیاز در طول سال برای دفن بهداشتی مواد زاید جامد شهرستان قزوین برابر ۱/۷۵ هکتار می‌باشد که در نتیجه زمین مورد نیاز دفن بهداشتی برای بازه زمانی ۴۰ سال در شهرستان قزوین برابر ۷۰ هکتار می‌باشد.

راهبردهای پیشنهادی

با توجه به نتایج و یافته‌های ارایه شده در این پژوهش علاوه بر مکان‌یابی محل دفن پسماند با معیارهای ارایه شده و همچنین به تولید زباله در این شهرستان و بازه زمانی معین، مکان‌های مناسب برای دفن زباله در نقشه زیر، شکل شماره (۱۵) نشان داده شده است و نکته قابل توجه این است که مناطق مناسب دفن پسماند هر منطقه فقط مختص شهرها و روستاهایی می‌شود که در همان منطقه قرار گرفته‌اند. برای مثال شهر قزوین که در قسمت جنوب منطقه (۱) قرار گرفته است، مکان مناسب برای دفن پسماند در قسمت شمال منطقه (۱) (منطقه‌های مشخص شده به رنگ سبز) پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۱۵- نقشه زمین‌های با مساحت ۷۰ هکتار به بالا، انتخاب شده از میان زمین‌های کاملا مناسب پسماند شهرستان قزوین

بحث و نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین ابعاد بهداشت محیط و سلامت فردی در ارتباط با مواد زاید جامد شهری، تعیین بهترین مکان برای دفن این مواد می‌باشد. بنابراین ارزیابی فاکتورهای محیطی در یک منطقه در رسیدن به این هدف امری مهم و ضروری به شمار می‌آید. در این رابطه انتخاب فاکتورهای مؤثر و متعاقب آن تعدد لایه‌های اطلاعاتی، تصمیم‌گیران امر را در استفاده از یک سیستم پرقدرت و دقیق برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی اجتناب ناپذیر می‌کند که می‌توان سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش

تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را مهم‌ترین آن‌ها برشمرد. پس از ارزیابی فاکتورهای مختلف محیطی در اطراف شهر قزوین مشخص گردید نامناسب‌ترین مکان برای دفن مواد زاید جامد شهری به‌طور عمده در نیمه جنوبی و قسمتی از غرب و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه واقع شده‌اند. از طرف دیگر پهنه‌های مطلوب برای دفن مواد زاید جامد شهری منطقه، به‌طور عمده در نواحی مرکزی و شمالی محدوده مورد مطالعه قابل مشاهده‌اند. در ادامه با توجه به نقشه نهایی بدست آمده و فرمول تجربی ارایه شده توسط انجمن علمی آمریکا در رابطه با اندازه زمین مورد نیاز برای دفن بهداشتی پسماند، مشخص گردید که زمین‌های با مساحت ۷۰ هکتار به بالا که از بین زمین‌های به‌طور کامل مناسب انتخاب شده‌اند، به عنوان بهترین مکان‌ها جهت دفن بهداشتی مواد زاید شهرستان قزوین قابل پیشنهاد هستند. به طور کل و براساس نتایج تحقیق، محدوده مرکزی و شمالی شهر قزوین را به عللی نظیر نفوذپذیری کم و جنس خوب خاک و بستر زمین منطقه مورد مطالعه، کاربری اراضی مناسب با منطقه‌های دفن پسماند شهری، فاصله و حریم مناسب از رودخانه‌ها، گسل‌ها، شهرها و روستاها، دسترسی و نزدیکی به جاده‌های ارتباطی، اقلیم خشک و فرسایش نوع ۲ این منطقه و شیب و جهت شیب مناسب را می‌توان مناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند شهری بیان نمود. یافته‌های تحقیق ضمن تعیین بهترین مکان برای دفن زباله در اطراف شهر قزوین، توانایی بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی در الگوسازی و یکجانگریستن معیارهای مختلف محیط زیستی، اقتصادی، بهداشتی و اجتماعی را در مدل‌های مختلف نشان می‌دهد.

منابع

1- McNnally., 2003. A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master of Engineering 'Protection of Water Resource in Landfill siting in Vietnam' Graduate Department of Civil Engineering: University of Toronto, pp. 27-28.

۲- سالاری، مرجان، «مکانیابی مناطق مناسب جهت دفن پسمانهای جامد شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: شهر تهران)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس تهران، دانشکده فنی، ۱۳۹۰، صص ۱۲۲-۱۲۳.

۳- فتائی، ابراهیم، مقدمه ای بر مدیریت مواد زائد جامد (زباله های شهری، خطرناک و مواد رادیو اکتیو)، تهران: مهد تمدن، ۱۳۸۵، صص ۲۷-۲۸.

۴- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، «طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری خاک‌چال‌های بهداشتی برای زباله‌ی شهری»، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۰.

5- Simsek, C., Kincal, C. & Gunduz, O., 2006. A solid waste disposal site selection procedure based on groundwater vulnerability mapping", Environmental Geology, Vol. 49(4): pp. 620-633.

6- Baban, SM., Flannagan, J., 1998. Developing and implementing GIS-assisted constraints criteria for planning landfill sites in the UK. Plan Pract Res, Vol. 13(2): pp. 139- 51.

7- Effat, H.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 Science, Vol. 15(2), pp.125-133.

۸- غضبان، فریدون، «زمین‌شناسی محیط زیستی»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵، صفحه ۴۴۰.

9- Daneshvar, R., Fernandes, L., Warith, M. & Daneshvar, B., 2003. Customizing Arcmap Interface to Generate a User-Friendly Landfill Site Selection, GIS Tool", Environmental Information Archives, Vol.1, pp. 428-437.

۱۰- سرتاج، مجید، صدوق، محمد باقر و جلالوندی، حمید، «کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مکان‌یابی محل‌های دفن پسماندهای ویژه»، سومین همایش ملی مدیریت پسماند، ۱۳۸۶، تهران، ایران.

11- 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, pp.154-155.

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

13- Onut, S., Soner, S., 2007. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy Environment, Waste Management.

14- Bertolini, M., M., Braglia., 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for Publicwork contract.

15- VA`stava, Shri, N., 2002. Selection of potential Waste disposal sites around Ranchi Urban complex using remote sensing and GIS techniques. Urban Planning, map Asia conference.

16- Bennet, J., 2005. Solid Waste Collections Department, City of Rome Annual Report, p 84.

۱۷- یوسفی، ذبیح اله؛ قرنجیک، امان محمد؛ امانپور، بهناز و عادلی، محسن، «مکانیابی مناسب جهت دفن بهداشتی زباله‌های شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: ش گنبد کاووس)»، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۱۳۹۱، دوره ۲۲، شماره ۱.

۱۸- اباذرلو، شهرام؛ سجاد اباذرلو و کامران موسی خانی، «مکان یابی دفن مواد زائدجامد شهری با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP نمونه موردی شهر جلفا»، ششمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند:۱۳۹۱، سازمان شهرداری‌ها و دهداری‌های کشور، مشهد، ایران.

19- Yahaya, S., Ilori, C., Whanda, S. and Edicha, J., 2010. Landfill site selection for municipal solid waste management using geographic information system and multicriteria evaluation. American Journal of Scientific Research, Vol. 10, pp.34-49.

20- Beskese, A., Demir, H.H., Ozcan, H.K. and Okten, H.E., 2015. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. EnvironmentalEarth Sciences, Vol.73(7), pp. 3513-3521.

21- Rathore, S., Ahmad, S.R. and Shirazi, S.A., 2016. Use of the suitability model to identify landfill sites in Lahore-Pakistan. Journal of Basic and Applied Sciences, Vol.12, pp.103-108.

۲۲- فرهودی، رحمت اله، حبیبی، کیومرث، زندی بختیاری، پروانه ، «مکان یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر سنندج)»، نشریه هنرهای زیبا، ۱۳۸۴، شماره ۲۳.

۲۳- متکان، علی‌اکبر؛ شکیبا، علی‌رضا ؛ پورعلی، سید حسین و نظم فر، حسین، «مکان یابی مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه

شهر تبریز)»، فصلنامه علوم محیطی، ۱۳۸۷، سال ششم، شماره دوم.

۲۴- خبرگزاری تسنیم، «نشست با اصحاب رسانه در سال اجتماعات سازمان محیط زیست استان قزوین»، ۱۳۹۴.

25- Al-Shalabi, M.A., Mansor, S.B., Ahmed, N.B. and Shiriff, R., 2006, October. GIS based multicriteria approaches to housing site suitability assessment. In XXIII FIG Congress, Shaping the Change, Munich, Germany, October (pp. 8-13).

26- Saaty, T., 1980. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, and resource allocation. NewYork/London: McGraw-Hill International, Book Co, p: 84.