مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۴، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶/ ص ۱۷۴-۱۵۷

مکان‌یابی بهینهٔ محل دفن پسماند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (مطالعهٔ موردی: بخش میانکوه شهرستان اردل)

سید اسکندر صیدایی*
دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه اصفهان
نسیم حسین‌زاده سورشجانی
کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه اصفهان (Nasim.hosseinzadeh71@gmail.com)

(تاریخ دریافت۱۳۹۶/۶/۲۲ – تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۸/۲۴)

چکیده

آلایندگی پسماندها منشأ بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی است. این آلاینده‌ها سبب آلودگی منابع آب، خاک و هوا و تخریب منظرهای طبیعی و گسترش بیماری می‌شوند. تعیین مناطق مناسب برای دفن پسماند از راهکارهای عمومی در مقابله با این بحران است. هدف این پژوهش یافتن مناطق مناسب دفع پسماند در بخش میانکوه شهرستان اردل به‌دلیل موقعیت خاص آن از نظر منابع آب فراوان (آب‌های معدنی) و اکوتوریسم است. مکان‌یابی دفن پسماند از طریق روش‌های متنوع در رسیدن به این هدف مؤثر است. روش‌های ارزیابی چندمعیاره (MCE) از روش‌های تحلیل فضایی است که در مکان‌یابی دفن پسماند کاربرد دارد. روش تحقیق در این پژوهش توصیفی، تحلیلی و کمّی بود و تحقیق از طریق مطالعات، پرسش میدانی و تحلیل پایگاه داده‌ها و نقشه‌ها با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی کمّی انجام گرفت. برای مکان‌یابی دفن پسماند از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و برای تلفیق نقشه‌ها از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) استفاده شد. از پایگاه داده‌های زمینی ارتفاع، کاربری اراضی، روستاها و زمین‌شناسی براساس معیارهای استاندارد دفن پسماند در روش تحلیل سلسله‌مراتبی- زوجی استفاده شد. نتایج نشان داد که فاصله از کانون‌های جمعیتی، مناطق حفاظت‌شدهٔ زیست‌محیطی، کاربری اراضی و منابع آب مهم‌ترین شاخص‌ها هستند و فاصله از زیرساخت‌های زیربنایی، سازندهای زمین‌شناسی و شیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در این منطقه، ۸/۷۱ کیلومتر مربع در طبقهٔ بسیار مناسب، ۹/۶۳ کیلومترمربع در طبقهٔ مناسب، ۲۵/۹۶ کیلومترمربع در طبقهٔ به‌نسبت مناسب، ۱۴/۱۷ کیلومتر مربع در طبقهٔ به‌نسبت نامناسب و ۶۹۳/۳۵ کیلومترمربع در طبقهٔ نامناسب قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: بخش میانکوه شهرستان اردل، پسماند، مکان‌یابی، AHP.

* نویسندهٔ مسئول
Email: s.seidaiy@geo.ui.ac.ir

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و توسعهٔ شهری، فعالیت روزمرهٔ انسان، مواد زایـد جامـدی را تولید خواهد کرد که هم از نظر منبع تولید و هم از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی تنوع بسـیار زیادی دارند. مواد زاید جامد شهری شامل زباله‌های خانگی، تجاری و صنعتی، درمانی بهداشتی و خدماتی است. از نظر زیست‌محیطـی مـدیریت مـواد زایـد جامـد شـهری شـامل جمـع‌آوری، حمل‌ونقل و انتخاب روش دفع است. وجود استانداردهایی با دستورالعمل‌های مدرن در مدیریت مواد زاید جامد شهری در جلوگیری از آلودگی آب‌هـای زیرزمینـی الزامـی اسـت [۴]. یکـی از مشکلات عمده و بغرنج جوامع انسانی، تولید انـواع مـواد جامـد و دفـع آن اسـت [۱۳]. امـروزه چگونگی دفع و معدوم کردن این زباله‌ها یکی از دغدغه‌های محیط زیستی است [۱۰].

مدیریت مواد زاید جامد به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که به کنترل مـنظم و هـدف‌دار عناصر زائد تولید، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، پردازش و بازیافت و دفن، از نقطهٔ تولید تا محل دفن نهایی می‌انجامد [۱۱]. این کار یکی از مسئولیت‌های مهم دولت‌ها و نیز چالشی برای کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود؛ چالشی که در آینده در پی مشـکلات مهـم زیسـت‌محیطـی و افزایش زباله، اهمیتی دوچندان خواهد یافت [۲۱]؛ بنـابراین لازم اسـت کـه مطالعـات وسـیعی برای برنامه‌ریزی، طراحی و مکان‌یابی محل دفن پسماند با توجه به عوامل مـؤثر در ایـن زمینـه انجام گیرد. مشکل دفن مواد زاید جامد از سال‌های دور وجود داشته است؛ ساده‌ترین راهی که در ابتدا به نظر می‌رسید، تلنبار کردن زباله در زمین‌های پست خارج از محدودهٔ شهرها و سپس سوزاندن آن به‌منظـور جلـوگیری از آلـودگی بـود. مشـکلات و مسـائل ناشـی از دفـع زبالـه در مکان‌های مذکور سبب شد که زباله‌دان‌های روباز به‌سرعت جـای خـود را بـه محـل‌هـای دفـن بهداشتی بدهند [۱۶]. معیارها و شاخص‌های متعددی در انتخاب محل مناسب مدفن دخیل‌انـد که هرکدام اهمیت خاصی دارند و محدودیت‌هایی را در انتخاب ایجاد می‌کنند. به‌عبـارت دیگـر هر یک از معیارها براساس یکی از زمینه‌های علمی بنا شده‌اند، به‌گونه‌ای که مطالعات مکان‌یابی هویت چندبعدی و ساختار میان‌رشـته‌ای یافتـه اسـت [۷]. هـدف نهـایی ایـن معیارهـا یـافتن مناسب‌ترین محلی است که کمترین اثرهای سوء زیست‌محیطی را بـر محـیط طبیعـی اطـراف منطقه داشته باشد و از نظر اقتصادی کم‌هزینه‌تـرین بـوده و از دیـدگاه مهندسـی نیـز بهتـرین ویژگی را دارا باشد [۶].

مهم‌ترین عامل در بهره‌برداری موفق یک محل دفن، انتخـاب مناسـب جایگـاه آن اسـت. از این‌رو آگاهی از معیارهای انتخاب محل دفن ضروری است. این معیارها عبارت‌اند از: توپـوگرافی

منطقه، هیدرولوژی منطقه، زمین‌شناسی، مجاورت با مناطق مسکونی، فاصلهٔ محل جمع‌آوری تا محل دفن، نزدیکی به جاده‌ها و راه‌های اصلی، معیارهای اقتصادی، زیبایی و پذیرش از سوی مردم، شرایط اقلیمی منطقه، استفاده کنونی و آتی از زمین [۳].

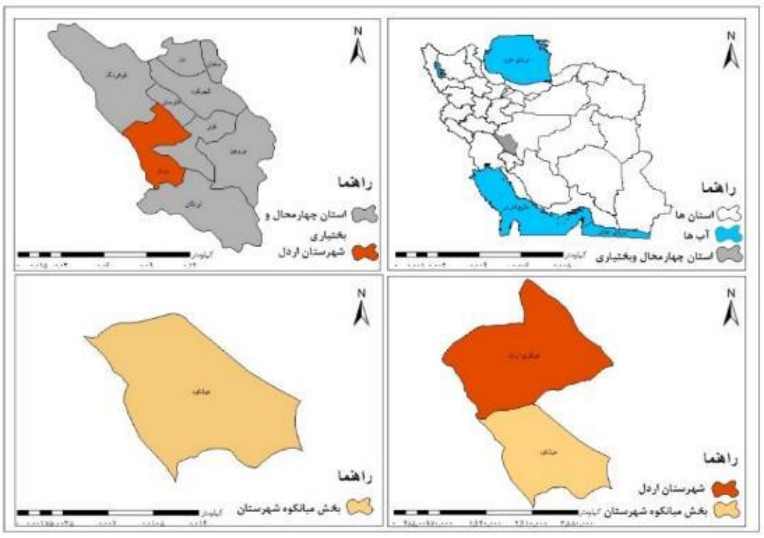
در تحقیقی با تحلیل عوامل اقتصادی و وزن معیارها یک مدل سلسله‌مراتبی برای حل مسئلهٔ انتخاب مکان دفن زباله‌های جامد در شهر پکن ارائه شد [۲۲]. در پژوهش دیگری نیز با در نظر گرفتن معیارهایی چون زمین‌شناسی، گسل‌ها، شیب زمین، نوع خاک، آب‌های سطحی و عمق آب زیرزمینی، مراکز شهری، شبکهٔ ارتباطی موجود، فاصله از فرودگاه از طریق مقایسهٔ زوجی مکان‌های مناسب دفع زباله انتخاب شد [۲۵]. در تحقیقی دیگر، با استفاده از معیارهای زمین‌شناسی، کارتوگرافی، کاربری اراضی، آب‌وهوا و گسله‌ها، مناطق مناسب دفن پسماندهای خطرناک در جنوب شرقی آناتولی تعیین شد [۲۳]. با کمک شاخص‌های مؤثر در دفن بهداشتی و با دخالت دادن معیارهای (اقتصادی، اجتماعی، جغرافیایی)، پنج جایگاه برای مکان‌یابی دفن زباله در شهرستان میانه انتخاب شد [۱۷]. محققان، مکان بهینه‌ای را برای دفن پسماندهای جامد با استفاده از روش تلفیقی پرموتاسیون و منطق بولین در شهرستان فارسان تعیین کردند [۱۹].

در پژوهش‌هایی با استفاده از منطق فازی و GIS و شاخص‌های فاصله از محدودهٔ قانونی، جاده، کاربری اراضی، گسل، جهت باد، آب‌های سطحی و شیب مکان مناسب دفن زباله در شهر سنندج، شهر سقز، روستاهای شهرستان گرمی و تهران را مشخص کردند [۱۵، ۱۴، ۹، ۸].

مخاطره، مترادف نسبت به خطر است. سمت دیگر آن نسبت سلامت است. از یک سو نسبت خطر در محیط و جامعه را رصد می‌کند و از سوی دیگر نسبت سلامت را. همچنین مخاطره را می‌توان پدیده‌ای دانست که رخداد آن برای فرد، جامعه و محیط زیان جدی داشته باشد. ویژگی یک مخاطره از طریق برد مکانی، اندازه، فراوانی، احتمال وقوع و همچنین جمعیتی که تحت تأثیر قرار می‌دهد تشخیص داده می‌شود [۱۸]. بخش میانکوه شهرستان اردل به‌دلیل شرایط اکوتوریسمی و وجود چشمه‌های متعدد آب معدنی جایگاه مناسبی در اکوتیپ‌ها و بانک‌های ژنتیک منطقه‌ای و ملی دارد. هدف این پژوهش، یافتن مکان مناسب دفع پسماند در بخش میانکوه شهرستان اردل با استفاده از تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، انسانی، هیدرولوژیکی منطقه از طریق سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بود. به‌عبارتی این پژوهش سعی دارد به‌کمک GIS و مدلAHP مؤلفه‌های مؤثر در مکان‌یابی دفع پسماند در بخش میانکوه شهرستان اردل را تحلیل و مناسب‌ترین محل دفع پسماند با کمترین آثار مخرب زیست‌محیطی و انسانی را به‌صورت نقشه ارائه کند.

منطقهٔ تحقیق

بخش میانکوه از توابع شهرستان اردل به مساحت ۷۸۸/۰۵ کیلومتر مربع بین ۵۰ درجه و ۱۸ دقیقه و ۵۰ درجه و ۴۴ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقهٔ عرض شمالی قرار دارد. این بخش در جنوب غرب استان چهارمحال و بختیاری قرار گرفته و از شمال به بخش مرکزی شهرستان اردل و بخش ناغان از شهرستان کیار، از شرق به بخش ناغان شهرستان کیار، از جنوب به شهرستان لردگان و از غرب به شهرستان ایذه محدود می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت جغرافیایی منطقهٔ تحقیق در شهرستان و استان

داده‌ها و روش بررسی

داده‌های استفاده‌شده در این مقاله شامل داده‌های رقومی ارتفاعی منطقه (DEM)(توپوگرافی، شیب و جهت شیب)، نقشهٔ زمین‌شناسی (لیتولوژی، گسل‌ها و سازندهای زمین‌شناسی)، نفوذپذیری خاک، داده‌های هیدرولوژی مانند شبکهٔ آبراهه، قنوات، چشمه‌ها و چاه‌ها، کاربری اراضی، خطوط انتقال انرژی و راه‌ها و سکونتگاه‌های انسانی است. این داده‌ها از پایگاه داده‌های زمینی استانداری چهارمحال و بختیاری اخذ شده است. عوامل ایجادکنندهٔ محدودیت در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. عوامل محدودیت در نظر گرفته‌شده برای احداث سایت دفن پسماند [۵].

گروه	معیار	محدودیت
توپوگرافی	شیب	شیب کمتر از ۳۰٪
	جهت جغرافیایی	جهت‌های جنوبی و شرقی نامناسب‌اند.
	طبقات ارتفاعی	حداقل ارتفاعات جهت دفن در نظر گرفته شود.
زمین‌شناسی	سنگ‌بستر	درشت‌دانه و متخلخل، مخروط‌افکنه، آهکی و کارستی نامناسب
	خاک‌شناسی	احداث محل دفن در خاک‌های حاصلخیز
	گسل	حداقل ۲۰۰ متر
هیدرولوژی	آب‌های سطحی	۱ کیلومتر فاصله از آب‌های جاری
	فاصله از چاه‌ها	حداقل ۴۰۰ متر
	فاصله از چشمه	حداقل ۴۰۰ متر
	فاصله از قنات	حداقل ۴۰۰ متر
زیست‌محیطی	آلودگی هوا،خاک	محل دفن نباید موجب آلودگی‌های آب، خاک و... را موجب شود.
	مناطق حفاظت‌شده	حداقل ۱ کیلومتر فاصله
	پوشش گیاهی	محل دفن در فاصلهٔ ۴۰۰ متری با کاربری کشاورزی، باغ و مراتع عالی
کاربری اراضی		مناطقی با پوشش مراتع فقیر، پوشش جنگلی تُنُک، مناسب است
زیرساختی	جاده	حداقل ۳۰۰ متر فاصله
	انتقال گاز	حداقل ۵۰۰ متر فاصله
	انتقال برق	حداقل ۵۰۰ متر فاصله
	فرودگاه	از فرودگاه بین‌المللی و محلی به‌ترتیب ۸ و ۳ کیلومتر
اجتماعی	سکونتگاه‌ها	۱ کیلومتر فاصلهٔ محل دفع از مناطق مسکونی

روش تحقیق

در این تحقیق از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای ارزیابی چندمعیاری استفاده شد. از نرم‌افزار Arc GIS نیز برای ایجاد و تکمیل پایگاه دادهٔ لایه‌ها، زمین‌مرجع کردن نقشه‌ها، تعیین سیستم مختصات، استانداردسازی لایه‌ها، کاربرد توابع Spatial Analysis برای تحلیل ارزیابی چندمعیاره و همچنین با توجه به قابلیت‌های زیاد این نرم‌افزار برای ویرایش، پرسش و تحلیل، ایجاد لایه‌های اطلاعاتی، خلاصه‌سازی و ... استفاده شد.

هدف تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره انتخاب بهترین گزینه است، قواعد تصمیم‌گیری متعددی در این زمینه وجود دارند که شناخته‌شده‌ترین آنها عبارت‌اند از: روش وزن‌دهی

افزودنی ساده، روش‌های تابع مقدار سودمندی، فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی، روش‌های نقطهٔ ایده‌آل و روش‌های مطابقت [۲].

در پژوهش حاضر برای تلفیق لایه‌ها و تصمیم‌گیری چندمعیاره از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) از مجموعه روش‌های مبتنی بر مفهوم میانگین وزنی استفاده شد. در این روش تصمیم‌گیر به‌طور مستقیم وزن‌های اهمیت نسبی را به هر صفت تخصیص می‌دهد، سپس یک امتیاز کلی برای هر گزینه از طریق ضرب کردن وزن اهمیت تخصیص یافته برای هر صفت در مقدار مقیاس‌بندی‌شده به‌دست می‌آید که برای گزینه در آن صفت معلوم است و با جمع کردن، نتایج حاصل ایجاد می‌شود. پس از محاسبهٔ امتیازهای کلی برای همهٔ گزینه‌ها، گزینهٔ دارای بیشترین امتیاز کلی انتخاب می‌شود. بر این اساس برای هر گزینه خواهیم داشت:

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} W_J X_{ij} \qquad (۱)$$

در این رابطه X_{ij} امتیاز گزینه j ام با رعایت صفت j ام و وزن W_J یک وزن نرمال شده است ($\Sigma W_j = 1$) که اهمیت نسبی صفات را نشان می‌دهند و بهترین گزینه از راه تعیین بیشترین مقدار A_i ($j= 1,2,...m$) انتخاب می‌شود.

روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) را می‌توان با استفاده از GIS و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا کرد. فنون همپوشانی در GIS اجازه می‌دهد که برای تولید یک نقشهٔ ترکیبی (نقشهٔ برونداد) لایه های نقشهٔ معیار (نقشه های درونداد) با هم ترکیب و تلفیق شوند. استفاده از این روش در هر دو نوع قالب رستری و برداریGIS عملی است [۲۰].

الف) معیارهای ارزیابی و استانداردسازی معیارها به روش استانداردسازی خطی

در بررسی حاضر، معیارهای مکان‌یابی دفن پسماند پس از رقومی شدن و ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از کارکردهای بنیادین GIS به نقشه‌های معیار تبدیل شدند. چون هر نقشهٔ معیار یا هر خصیصه دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری باید مقیاس اندازه‌گیری آنها را همخوان و درخور همدیگر کرد. به‌منظور قابل مقایسه شدن مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری (به‌ازای شاخص‌های گوناگون) باید از بی‌مقیاس کردن استفاده کرد که بدان طریق عناصر مربوط به هر شاخص، بدون بُعد اندازه‌گیری می‌شوند. در GIS برای ساخت معیارهای قابل مقایسه و استانداردشده، چند رویکرد اصلی وجود دارد که از این میان در این بررسی روش نرمال‌سازی خطی استفاده شد. در نرمال‌سازی خطی برای شاخص‌های مثبت، متغیر را بر بیشترین مقدار تقسیم می‌کنیم و برای

شاخص‌های منفی، مقادیر آنها را معکوس کرده و بر بیشترین مقادیر تقسیم می‌کنیم [۱]. در مرحلهٔ استانداردسازی، تمامی لایه‌ها بین مقادیر صفر و یک نرمال می‌شوند، به‌گونه‌ای که مقدار یک بر بیشترین اهمیت و مقدار صفر بر کمترین اهمیت دلالت دارد [۲۴]. در پژوهش حاضر نقشه‌های معیار با استفاده از این توابع در محیط نرم‌افزار GIS استاندارد شده و ارزش‌های آنها به واحدهای قابل‌مقایسه‌ای از صفر تا یک تبدیل و بر این اساس طبقه‌بندی شد.

ب) روش وزن‌دهی

پس از آنکه معیارهای ارزیابی به مقیاس‌های قابل مقایسه و استاندارد تبدیل شدند، وزن و اهمیت نسبی هر یک از آنها در رابطه با هدف مورد نظر تعیین می شود. در این پژوهش از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) که از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره است، استفاده شده است. این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمّی و کیفی مسائل چندمعیاری است و خصوصیت اصلی آن مقایسهٔ دوبه‌دو داده‌هاست. در این پژوهش یک رشته مقایسهٔ دوبه‌دویی از اهمیت نسبی معیارها برای ارزیابی مورد نظر به‌عمل آمد. این مقایسه‌های دوبه‌دویی سپس برای ایجاد یک رشته از وزن‌ها (که جمع جبری آنها برابر یک است)، تحلیل می‌شوند [۱۲]. برای این منظور ده پرسشنامه بین کارشناسان و صاحب‌نظران با هدف مقایسهٔ زوجی بین معیارها و زیرمعیارها توزیع شد. معیارها و وزن‌های نسبی به‌دست‌آمده برای هر یک از آنها، داده‌های ورودی اصلی برای تحلیل ارزیابی چندمعیاری در محیطGIS است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. روشی که ساعتی برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته، محاسبهٔ ضریبی به‌نام نسبت سازگاری (C.R)[Consistency ratio] است که از تقسیم شاخص سازگاری (C.I)[Consistency index] به شاخص تصادفی بودن (R.I)[Random index] به‌دست می‌آید (Saaty,1980). چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد، وزن‌دهی صحیح است، در غیر این‌صورت وزن‌های نسبی داده‌شده به معیارها تغییر می‌یابد و وزن‌دهی باید از نو انجام گیرد. پس از تعیین وزن هر معیار، ارزیابی چندمعیاری در محیط GIS با استفاده از عملیات همپوشانی و تابع اجتماع انجام گرفت و نقشهٔ نهایی توان طبیعی زمین برای کشاورزی به‌دست آمد.

به‌طور کلی روش وزن‌دهی به‌شرح زیر است:

گام اول: بعد از تشکیل ماتریس مقایسهٔ زوجی، به کمک رابطهٔ ۱ به محاسبهٔ بردار ویژهٔ مقادیر می‌پردازیم:

$$WC = \frac{SUM\ X_{ij}}{D} \quad (۲)$$

Xij میزان برخورداری هر گزینه از هر معیار و D ماتریس مقایسهٔ زوجی است (۲):

$$WSV = D * WC \quad (۳)$$

برای محاسبهٔ بردار مجموع وزنی (WSV)، ماتریس مقایسه‌های (D) را در بردار وزن‌های نسبی (WC) ضرب می‌کنیم.

به‌منظور محاسبهٔ بزرگ‌ترین مقدار ویژهٔ ماتریس مقایسه‌های (λmax)، میانگین عناصر بردار سازگاری محاسبه می‌شود (۳):

$$Sum\ CV / N = \lambda_{max} \quad (۴)$$

ال‌ساعتی (۱۹۹۴) برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها، نرخ ناسازگاری (R.I)[ ] Inconsistency Ratio را به‌کار برد که از تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I) به شاخص تصادفی بودن (I.R.I) حاصل می‌شود.n تعداد معیارهاست (۴).

$$I.I = \frac{avrege\ \lambda max - n}{n - 1} \quad (۵)$$

برای محاسبهٔ نرخ سازگاری براساس رابطهٔ ۵ عمل می‌شود

$$IR = \frac{I.I}{IRI} \quad (۶)$$

بحث و نتایج

پس از تعیین معیارها و زیرمعیارها براساس سوابق پژوهش و نظر کارشناسان، نخست با عملگر OR لایه‌های مناسب براساس منطق بولین با گرفتن مقدار صفر حذف شد. در این چارچوب مناطق با کاربری اراضی کشاورزی، باغ‌ها، مناطق مسکونی و مناطق با شیب زیاد حذف شد. در مرحلهٔ بعد، پس از تعیین نقشهٔ محدودیت در محیط نرم‌افزار Arc GIS این لایه به‌واسطهٔ نداشتن قابلیت دفن پسماند براساس فرایند تحقیق برای ادامهٔ تحلیل از کل محدودهٔ تحقیق به کمک ابزار Erase، جدا شد و محدوده‌های باقی‌مانده با مساحت ۵۸/۴۷ هکتار معادل ۷/۷۷ درصد به‌عنوان محدودهٔ مناسب برای دفن پسماند داخل محدوده تحلیل شد.

در این مرحله معیارهایی که در مرحلهٔ اول مکان‌یابی برای دفن پسماند معرفی و در تفکیک کلان اراضی استفاده شدند، در کنار برخی پارامترهای دیگر همچنان به‌عنوان شاخص ارزش‌گذاری استفاده می‌شوند. معیارهای ساخته‌شده در محدودهٔ تحلیل، مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی دارند که برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری باید مقیاس اندازه‌گیری آنها را همخوان و متناسب با هم کرد. برای این منظور با استفاده از روش نرمال‌سازی خطی در محیط GIS، نقشه‌های معیار قابل مقایسه و استانداردشده بین مقادیر صفر و یک ایجاد شد. بعد از تهیهٔ معیارهای استاندارد، وزن نسبی هر یک از زیرمعیارها در رابطه با هدف مورد نظر با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و با توجه به مقایسه‌های صورت‌گرفته تعیین شد. همان‌طور که در گذشته در مورد نرخ ناسازگاری (C.R) اشاره شده، این مقدار به‌دست‌آمده برای وزن‌دهی به معیار کمتر از ۰/۱ است. پس از تعیین وزن زیرمعیارها، اولویت معیارهای اصلی در سطوح بالاتر و محاسبهٔ اوزان این معیارها تعیین شد.

چنانکه اشاره شد برای تهیهٔ داده‌های لازم برای تجزیه‌وتحلیل در این بخش که با کمک روش AHP انجام می‌گیرد به پرسش از کارشناسان صورت گرفت که نتیجهٔ پردازش‌شدهٔ این پرسشگری در جدول ۲ آمده است. در ادامه با استفاده از روابط ۱ تا ۵ ضرایب لازم برای معیارهای مؤثر در دفن پسماند محاسبه شد (جدول‌های ۲ تا ۴). علاوه‌بر آن شاخص ناسازگاری و نرخ آن نیز به‌ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۶ محاسبه شد.

جدول ۲. ماتریس مقایسهٔ زوجی، بردار ویژهٔ تقریبی معیارها

معیار	کاربری	زیست‌محیطی	روستا	هیدرولوژی	زیربنایی	توپوگرافی	زمین‌شناسی	WC
کاربری اراضی	۱	۰/۲۵	۲/۵	۲/۰۰	۱/۵۰	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۰۹
زیست‌محیطی	*	۱	۳/۵۰	۳/۰۰	۸/۰۰	۱/۵۰	۷/۰۰	۰/۳۱
روستا	*	*	۱	۱/۵۰	۱/۵۰	۰/۲۵	۲/۰۰	۰/۰۸
هیدرولوژی	*	*	*	۱	۳/۰۰	۰/۱۵	۱/۵۰	۰/۰۸
زیربنایی	*	*	*	*	۱	۰/۱۲	۱/۵۰	۰/۰۵
توپوگرافی	*	*	*	*	*	۱	۶/۰۰	۰/۳۵
زمین‌شناسی	*	*	*	*	*	*	۱	۰/۰۵

جدول ۳. محاسبهٔ بردار مجموع وزنی (WSV) معیارهای اصلی

معیار	کاربری اراضی	زیست‌محیطی	روستا	هیدرولوژی	زیربنایی	توپوگرافی	زمین‌شناسی
وزن بردار	۰/۷۱	۲/۴۳	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۳۴	۲/۵۱	۰/۴۰

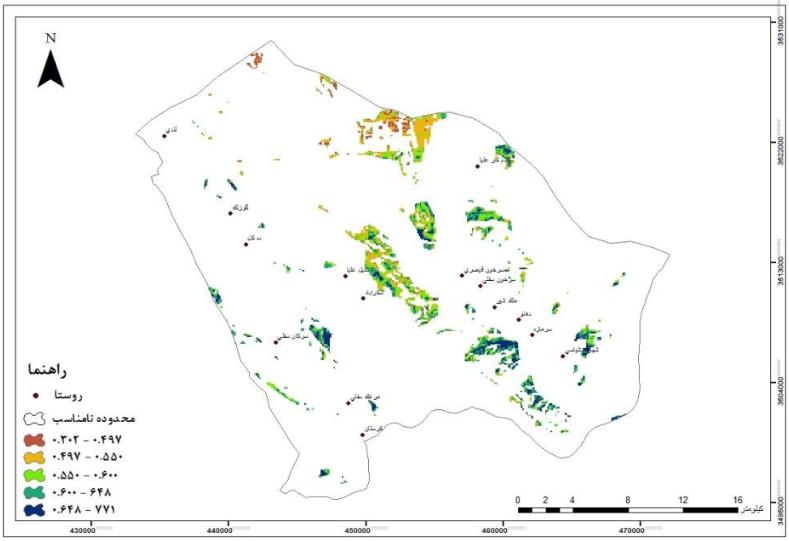
جدول ۴. محاسبهٔ بزرگ‌ترین مقدار ویژهٔ ماتریس مقایسه‌های زوجی (λmax)

معیار	کاربری اراضی	زیست‌محیطی	روستا	هیدرولوژی	زیربنایی	توپوگرافی	زمین‌شناسی	میانگین
وزن بردار	۷/۸۵	۷/۸۹	۷/۵۶	۶/۹۸	۷/۰۱	۷/۱۹	۸/۰۳	۷/۵۰

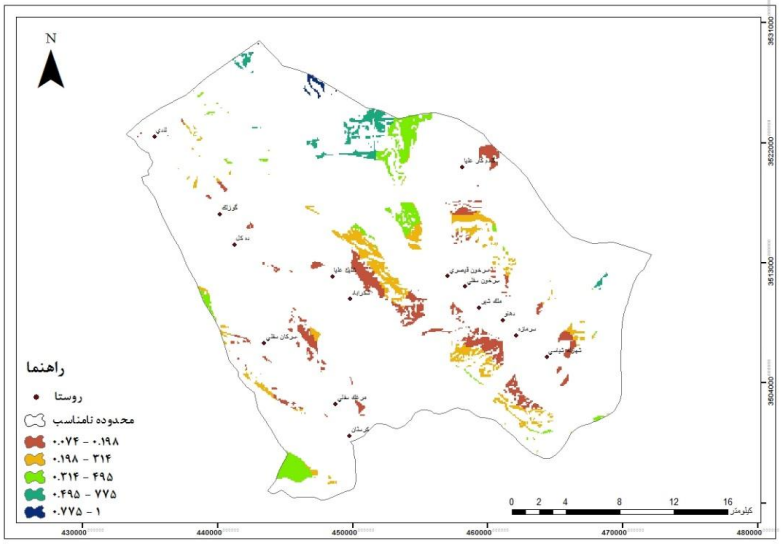
جدول ۵. وزن‌های حاصل از روش AHP

معیارها	زیر معیارها	وزن زیرمعیارها
هیدرولوژی ۰/۱۲	فاصله از رودخانه	۰/۴۶
	فاصله از چشمه	۰/۱۵
	فاصله از قنات	۰/۱۴
	فاصله از چاه	۰/۲۵
توپوگرافی ۰/۳۱	شیب	۰/۵۴
	ارتفاع	۰/۳۰
	جهت جغرافیایی	۰/۱۶
امکانات زیرساختی ۰/۰۴	فاصله از راه دسترسی	۰/۷۵
	فاصله از خطوط نیرو	۰/۲۵
زمین‌شناسی ۰/۰۵	گسل	۱
کاربری اراضی ۰/۰۸	مرتع فقیر	۰/۵۴
	جنگل تنک	۰/۲۶
	جنگل تنک و مرتع متوسط	۰/۲۰
مناطق جمعیتی ۰/۰۹	فاصله از مناطق شهری	۰/۵۰
	فاصله از مناطق روستایی	۰/۵۰
زیست‌محیطی ۰/۳۶	فاصله از اراضی زراعی	۰/۳۰
	فاصله از جنگل و مرتع	۰/۲۵
	فاصله از باغ	۰/۲۰
	فاصله از مسیل	۰/۲۵

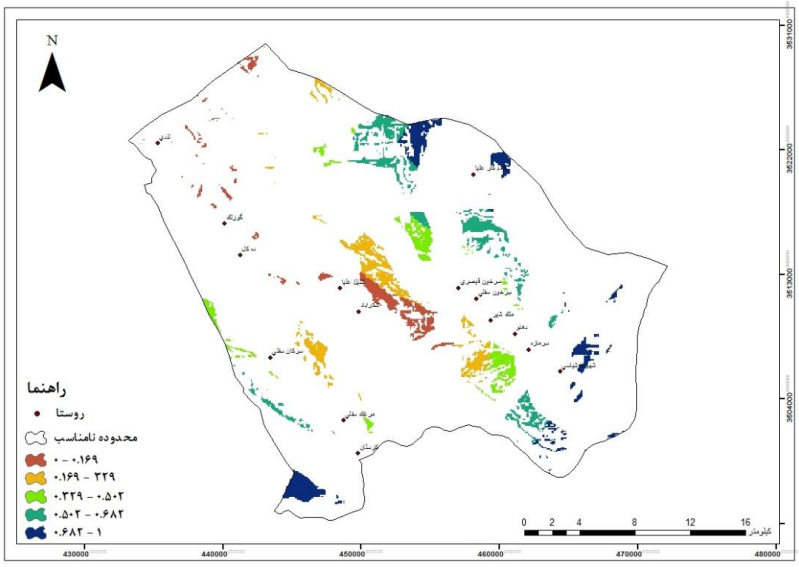
در ادامه با به‌کارگیری اوزان حاصل از پردازش نظر کارشناسان، ارزش‌گذاری پارامترهای مورد نظر در محیط GIS و سپس همپوشانی لایه‌های مربوط انجام گرفت (شکل‌های ۲ تا ۸).



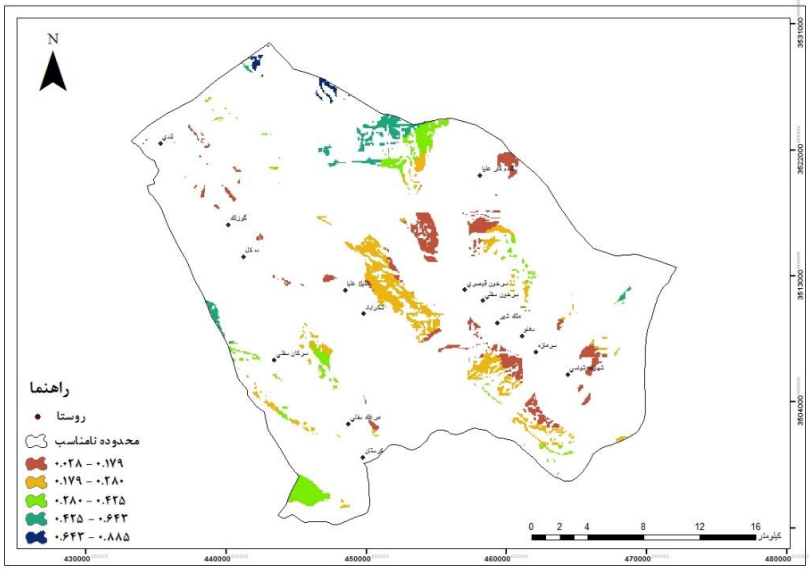
شکل ۲. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار توپوگرافی



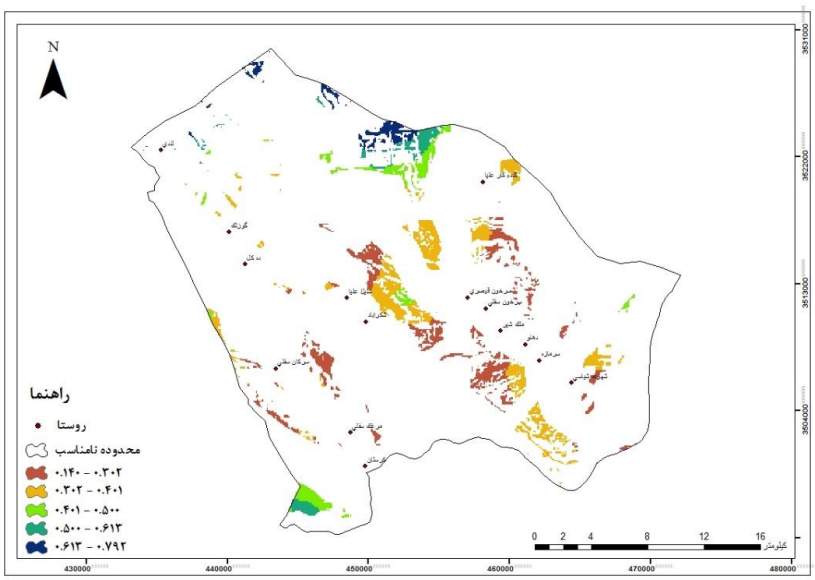
شکل ۳. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار مناطق جمعیتی



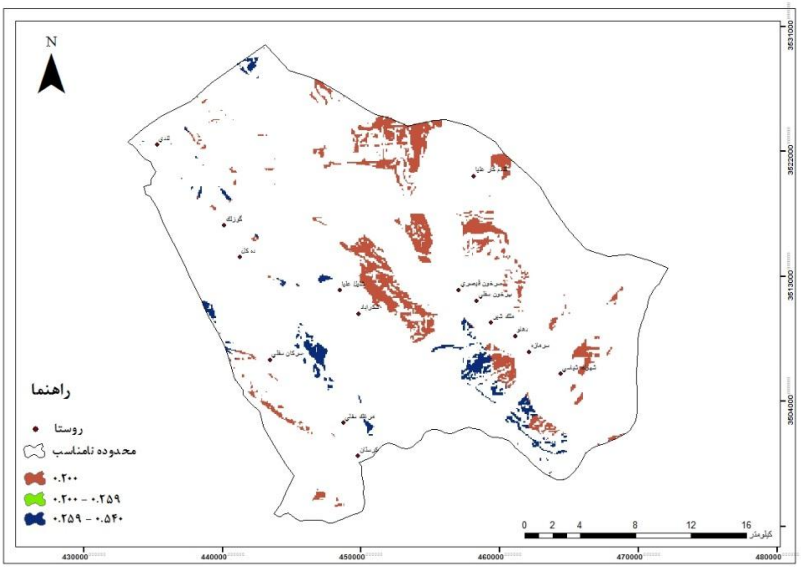
شکل ۴. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار زمین‌شناسی



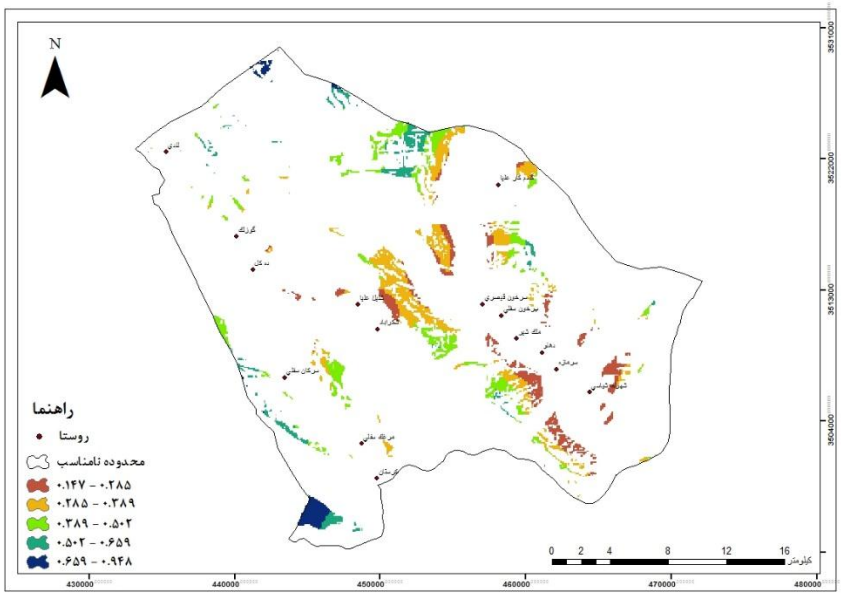
شکل ۵. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار زیرساختی



شکل ۶. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار زیست‌محیطی



شکل ۷. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار کاربری اراضی



شکل ۸. نقشهٔ مناطق مناسب دفن پسماند براساس معیار هیدرولوژی

پس از تهیهٔ نقشه‌های تلفیقی معیارهای اصلی، این نقشه‌ها در محیط Arc GIS، با در نظر گرفتن اوزان، جدول (۲) و با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) با یکدیگر ادغام شده و درنهایت نقشهٔ مکان‌های مناسب دفن پسماند در منطقه مشخص شد.

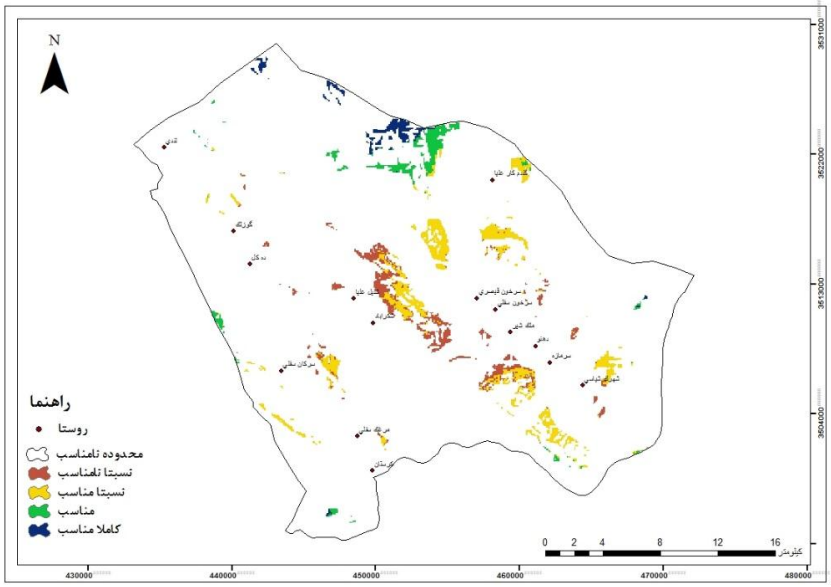
به‌منظور استخراج لایهٔ نهایی که همان مکان‌گزینی مناطق مناسب دفن پسماند است از رابطهٔ ۶ استفاده شد:

$$\text{Layer} = (\text{land}*0.28 + \text{Env}*0.19 + \text{popce}*0.19 + \text{Hydro}*0.12 + \text{subs}*0.09 + \text{Top}*0.08 + \text{Geo}*0.05) \quad (۷)$$

در این رابطه، لایهٔ رستری هر کدام از معیارها که از تلفیق زیرمعیارها حاصل شده در مقادیر استانداردشدهٔ AHP اوزان نهایی ضرب شد و از حاصل جمع آنها نقشهٔ نهایی دفن پسماند در پنج طبقهٔ بسیار مناسب با مساحت ۸/۷۱ کیلومتر مربع، مناسب با ۹/۶۳ کیلومتر مربع، به‌نسبت مناسب با ۲۵/۹۶ کیلومتر مربع و به‌نسبت نامناسب با مساحت ۱۴/۱۷ کیلومتر مربع و نامناسب با مساحت ۶۹۳/۳۵ کیلومتر مربع محاسبه شد (جدول ۶). پراکنش جغرافیایی این طبقات در شکل ۹ نشان داده شده است.

جدول ۶. مساحت طبقات مختلف برای دفن پسماند در بخش میانکوه شهرستان اردل

درجهٔ تناسب	مساحت (هکتار)	درصد
بسیار مناسب	۸/۷۱	۱/۱۶
مناسب	۹/۶۳	۱/۲۸
به‌نسبت مناسب	۲۵/۶۹	۳/۴۵
به‌نسبت نامناسب	۱۴/۱۷	۱/۸۶
نامناسب (محدودیت)	۶۹۳/۳۵	۹۲/۲۲
جمع	۷۵۱/۸۲	۱۰۰



شکل ۹. نقشهٔ نهایی اولویت‌بندی مکان دفن پسماند بخش میانکوه

نتیجه‌گیری

محل‌های دفن مواد زاید، از مراکز مهمی است که کارکرد مهمی در توسعهٔ پایدار یک منطقه دارند. این اهمیت، اتخاذ فرایندی صحیح برای مکان‌یابی این سایت‌ها را ضرورت می‌بخشد. در این پژوهش با ارائهٔ مدلی برمبنای مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، چارچوبی هدفمند و کارا در زمینهٔ مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد ارائه شد. با

در نظر گرفتن تمام عوامل مؤثر در مکان‌یابی محل دفن پسماند و وزن‌دهی به هر کدام از معیارها و زیرمعیارها مکان مناسب مشخص شد. مهم‌ترین شاخص‌ها در مکان‌یابی مناطق مناسب دفن پسماند در این منطقه دوری و نزدیکی به کانون‌های جمعیتی، مناطق حفاظت‌شدهٔ زیست‌محیطی، کاربری اراضی و منابع آب است. توجه به ساختارهای زیربنایی، سازندهای زمین‌شناسی و شیب نیز در اولویت‌های بعدی قرار دارند. بنابراین با انتخاب مناطق مناسب دفن پسماند می‌توان برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی مانند آلودگی منابع آب و خاک، کاهش بیماری‌های مسری و حفظ چشم‌اندازهای طبیعی و پایداری اکوتوریسم منطقه اقدام کرد.

منابع

[۱]. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۹۳). *تصمیم‌گیری چندمعیاره*. چ دوازدهم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۲]. پرهیزگار، اکبر؛ غفاری گیلانده، عطا (۱۳۸۵). *سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری*. تهران: سمت.

[۳]. حیدرزاده، نیما (۱۳۸۰). *معیارهای مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری*. تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور.

[۴]. رقیمی، مصطفی (۱۳۸۰). «ضرورت استانداردسازی سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری». *مجموعه مقالات نخستین کنفرانس توسعه و ترویج استاندارد*. تهران: انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.

[۵]. سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۳۸۰). *دستورالعمل مکان‌یابی محل دفن مهندسی-بهداشتی پسماندها*. دفتر بررسی آلودگی آب‌وخاک.

[۶]. سعیدی، محسن؛ عابسی، عزیز؛ سرپاک، مسعود (۱۳۸۸). «مکان‌یابی محل مناسب دفن مواد زاید خطرناک با استفاده از تکنیک‌های GIS و اولویت‌بندی سایت‌ها و استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP)». *علوم و تکنولوژی محیط زیست*. دورهٔ ۱۱. ش ۱. ویژه‌نامهٔ بهار ۸۸.

[۷]. شمسایی‌فرد، خدامراد (۱۳۸۲). مکان‌یابی محل دفن بهداشتی مواد زاید جامد شهری با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: شهر بروجرد). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ علوم جغرافیایی. دانشگاه تربیت معلم تهران.

[۸]. شهابی، هیمن؛ علایی، مسعود؛ حسینی، سید محمد؛ رحیمی، عثمان (۱۳۸۹). «ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید شهری با تأکید بر عوامل ژئومورفیک (مطالعهٔ موردی: شهر سقز)». آمایش محیط. دورهٔ ۳. ش ۱۰.

[۹]. صفاری، امیر (۱۳۹۲). «تحلیل مخاطرات زیست‌محیطی و راهبردهای مدیریت پسماند در نواحی روستایی (مطالعهٔ موردی دهستان اجارود شهرستان گرمی)». *فصلنامهٔ اقتصاد فضا و توسعه روستایی*. سال دوم. بهار ۹۲.

[۱۰]. صمدی، مهدی؛ لشکری انباردان، سمیه؛ فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۸۹). «استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی،AHP و topsis جهت مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری؛ مطالعهٔ موردی: شهر زنجان». دومین همایش ملی فضای جغرافیایی، رویکرد آمایشی، مدیریت محیط. دانشگاه آزاد واحد اسلامشهر. ۳۰ آبان ماه.

[۱۱]. عبدلی، محمدعلی (۱۳۸۷). *بازیافت مواد زاید شهری*. چ سوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۱۲]. غفاری، سید رامین (۱۳۸۲). «اولویت‌بندی در سکونتگاه‌های روستایی با روشAHP؛ مطالعهٔ موردی: دهستان بازفت». فصلنامهٔ مهندس مشاور. ش ۱۲.

[۱۳]. فتائی، ابراهیم؛ ال شیخ، علی (۱۳۸۸). «مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی؛ مطالعهٔ موردی: شهر گیوی». *مجلهٔ علوم محیطی*. ش ۳.

[۱۴]. فتحی، تورج (۱۳۸۶). «معیارهای مکان‌یابی زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماندهای خطرناک». سومین همایش ملی مدیریت پسماند. سازمان شهرداری‌ها و دهداری‌های کشور. تهران.

[۱۵]. فرهودی، رحمت‌الله؛ حبیبی، کیومرث؛ زندی بختیاری، پروین (۱۳۸۴). «مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS؛ مطالعهٔ موردی: شهر سنندج». *نشریهٔ هنرهای زیبا*. ش ۳۳.

[۱۶]. مجلسی، منیره؛ دامن‌افشان، حجت (۱۳۸۸). «مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شهرستان دزفول با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS». دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. دانشکدهٔ بهداشت.

[۱۷]. مددی، صدیقه (۱۳۸۴). مکان‌یابی و مدیریت زیست‌محیطی دفع زباله‌های جامد شهرستان میانه. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ علوم زمین. گروه جغرافیا. دانشکدهٔ علوم زمین. دانشگاه شهید بهشتی.

[۱۸]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). *دانش مخاطرات برای زندگی با کیفیت بهتر و محیط پایدارتر*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۱۹]. ملایی، زینب؛ بخشی، محمدرضا؛ دباغ، اردلان (۱۳۹۱). «تعیین مکان بهینهٔ انباشت پسماند روستایی فیل‌آباد فارسان با استفاده از رهیافت تلفیقی: پرموتاسیون وبولین». *مسکن و محیط روستا*. دورهٔ ۳۱. ش ۱۳۸.

[20]. Burrough, P, A. (1990). "Methods of Spatial Analysis in GIS", *International Journal of Geographic Information Systems*, 4: 221-223.

[21]. Ronteltap, M. R.; Khadkaa, A. R.; Sinnathurai, S.Maessen. (2009): "Integration of human excreta management and solid waste management in practice", *Desalination*, No. 248: 369-376.

[22]. Wang, G, (2009). "Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China", *Journal of Environmental Management* 90: 2414-2421.

[23]. Yesilnacar,M,I; Cetin, H. (2005). "Site selection for hazardous wastes: A case study from the GAP area, Turkey", *Engineering Geology*,81(4): 371-388.

[24]. Sui, D. Z. (1999). "A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban Land Evaluation", *Computer, Environment, and Urban System*, Vol. 16: 101-114.

[25]. Vastava, Sh.; Nathawa, T. (2003). "Selection of potential waste disposal sites around ranchi urban complex using remote sensing and GIS techniques", *urban planning*, Map Asia Conference: 35-89.