

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱

صص ۱۰۵-۸۷

مکان‌یابی محل دفن زباله با ترکیب روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) و GIS در مشهد

محمد رحیم رهنما - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
حسین آقاجانی^۱ - کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
مهدی فتاحی - کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

حفاظت از محیط زیست از مهم‌ترین اولویت‌های انواع برنامه‌ریزی است. در این بین مسأله جا و مکان جغرافیایی بیشترین نقش را دارد و اهمیت آن زمانی دوچندان می‌شود که بی‌توجهی به مسأله اثرات نامطلوب زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری را ایجاد کند. یکی از این موارد مکان‌یابی محل دفن زباله شهرها و بویژه در پیرامون کلانشهرهاست. در این مطالعه، روش تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر GIS برای انتخاب مکان مناسب دفن زباله در کلانشهر مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل عوامل محیطی و اجتماعی - اقتصادی است که با استفاده از توابع عضویت فازی استاندارد شده و بر اساس روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) یکپارچه‌سازی و ترکیب شده‌اند. روش AHP برای استخراج وزن‌های خصوصیات استفاده می‌شود، درحالی‌که تابع عملگر OWA در ایجاد دامنه وسیعی از گزینه‌های تصمیم‌گیری برای نشان دادن عدم اطمینان، در ارتباط با اثر متقابل چندین معیار به کار می‌رود. مزیت این روش آن است که سناریوهای مختلف OWA مکان دفن زباله مناسب را در مقیاس بین صفر و یک نشان می‌دهد. سناریوهای OWA برای تعیین کمیت سطوح ریسک پذیری (یعنی، خوشبینانه، بدبینانه و خنثی) در نظر گرفته شده و برای تسهیل در درک بهتر الگوهای از گزینه‌های تصمیم‌گیری دخیل در فرایند تصمیم‌گیری را ارائه می‌کند. در نهایت در این نوشتار مکان‌های مناسب بر اساس مدل‌ها در قالب سه سناریو شناسایی شده و جهت استفاده در مکان‌یابی محل دفن زباله پیرامون کلانشهر مشهد معرفی شده است.

کلید واژه‌ها: مکان‌یابی، دفن زباله، مجموعه‌های فازی، AHP، OWA.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت شهری ایران به همراه ایجاد مراکز جمعیتی جدید، فقدان سیاست‌گذاری و ارزیابی عملکردها و فعالیت‌های گوناگون شهری و تداوم تخلیه انواع زائدات و فاضلاب به محیط زیست از جمله عوامل بحران‌زایی است که محیط زیست طبیعی و کیفیت بهداشت و سلامتی انسان‌ها، به ویژه شهرنشینان را در معرض خطرات و زیان‌های گوناگونی قرار داده است (عبدلی، ۱۳۷۹: ۱۱). در دهه‌های اخیر با پیشرفت فناوری مدیریت جامع، مواد زاید جامد شهری، از روش‌هایی نظیر بازیافت، تیمار بیولوژیکی، تیمار حرارتی و دفن بهداشتی استفاده شده است. امروزه به‌کارگیری فناوری‌ها و سیاست‌های کاهش تولید مواد زاید و وجود مکان مناسب برای دفن بهداشتی در سیستم مدیریت مواد زاید جامد ضروری است. دفن در زمین به عنوان معمول‌ترین روش دفع پسماندهای شهری در اغلب مناطق دنیا رواج دارد. انتخاب محل مناسب جهت دفن مواد زاید جامد می‌تواند از اثرات نامطلوب اکولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی جلوگیری کند. مکان‌یابی محل دفن زباله نیازمند تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، قوانین و معیارهای قابل قبول است (افضلی، ۱۳۸۷). انتخاب محل دفن زباله فرایند مهمی در برنامه ریزی شهری است که بر بخش‌های مختلف اقتصادی، زیست محیطی و بخش‌های بهداشت محیط اثر می‌گذارد (بارلاز^۱ و دیگران، ۱۹۹۶: ۲۹۴؛ کوزنتسوا^۲ و دیگران، ۲۰۰۷: ۷۶؛ گوراه^۳ و دیگران، ۲۰۰۹: ۵۰). درانتخاب محل دفن زباله باید مسایلی همچون دسترسی به زمین، مقررات چندگانه منطقه‌ای و استانی، میزان تولید زباله و همچنین اطلاعات عامه مردم در نظر گرفته شود (لوبر^۴ و دیگران، ۱۹۹۶: ۳۸۰؛ کنتوس^۵ و دیگران، ۲۰۰۳: ۲۶۴؛ شیوک^۶، و دیگران ۲۰۰۸: ۲۶۹۴). سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش ارزیابی چندمعیاره می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و به‌کارگیری لایه‌های اطلاعاتی مختلف در مرحله مکان‌یابی مورد استفاده قرارگیرند. در ایران، آمیسی با روش‌های تحلیلی مختلف در GIS به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهر ساری با دو روش بولین و فازی پرداخته است (آمیسی، ۱۳۸۵). شایسته عظیمیان و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با بهره‌گیری از نرم افزارهای Expert Choice و ArcView اقدام به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهرستان نیشابور نموده‌اند. لایه‌های به‌کارگرفته شده شامل: زمین شناسی، سطح آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی، راه‌ها، طبقات ارتفاع و شیب است که با مقایسه زوجی معیارها، ارزیابی و نقاط نهایی جهت مکان‌یابی شناسایی گردید. حیدرعلی و دیگران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای عوامل اصلی در مکان‌یابی محل دفن پسماندها را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق توپوگرافی، شیب زمین، جنس خاک، زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوهیدرولوژی، فاصله از منابع آبهای سطحی، مراکز جمعیتی شهری و روستایی، جاده دسترسی و منابع

1 Barlaz
2 Kouznetsova
3 Goorah
4 Lober
5 Kontos
6 Chiueh

تولید پسماندها بوده است. تکنیک به‌کار رفته در این تحقیق روش برنامه‌ریزی خطی است که در آن به‌منظور مکان‌یابی مناسب در محیط ArcGIS با استفاده از برنامه نویسی انجام گرفته است. این مطالعه به‌منظور دفن زباله‌های خطرناک صورت گرفته که در نهایت ۸ محدوده مشخص گردیده است. افزولی، با روش تحلیل سلسله‌مراتبی به مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری در شهر نجف آباد اصفهان پرداخته است (افضلی، ۱۳۸۷). معمولاً مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاری مکانی بر اساس چندین معیار مختلف ارزیابی می‌شوند. پردازش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری در GIS را می‌توان به عنوان فرایندی که داده‌های مکانی و مقادیر ارزیابی‌ها را با هم ترکیب می‌کند در نظر گرفت. روش‌های مرسوم تجزیه و تحلیل چندمعیاره در GIS مانند عملگرهای همپوشانی بولین و روش‌های ترکیب خطی وزن‌دار^۱ (WLC) در بسیاری از مسائل مکان‌یابی و ارزیابی کاربری‌های اراضی استفاده گردیده است (مالچفسکی^۲، ۲۰۰۴: ۳۳؛ بیداسی و وایت^۳، ۱۹۹۹: ۱۶۷).

تمامی روش‌های فوق در زمینه مکان‌یابی دفن زباله به نوعی ادبیات کار انجام شده از دهه ۱۹۶۰ و با بهره‌گیری از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی است و هر کدام مرحله‌ای از کار را تا زمان حاضر پوشش داده و در انتها در قالب مدل OWA ترکیب و تکمیل شده‌اند. اما آنچه مورد سؤال این تحقیق و در تکمیل روش‌های گذشته است "معرفی روشی است که علاوه بر به‌کارگیری مدل چندمعیاره بتواند طیف وسیعی از انتخاب‌ها را بر اساس تصمیم‌گیری به‌صورت فضایی نمایش دهد". در این پژوهش، ما بخش دیگری از چارچوب ارزیابی چندمعیاره^۴ (MCE) برای برنامه‌ریزی مکان دفن زباله معرفی کرده‌ایم که میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی^۵ (OWA) نامیده می‌شود (یاگر^۶، ۱۹۹۸: ۱۸۵). روش OWA در بسیاری از موارد کاربردی نظیر رتبه‌بندی شاخص‌های سلامت و مناطق محروم شهری (بل^۷ و دیگران، ۲۰۰۷: ۸) تناسب کاربری اراضی و ارزیابی کیفیت مسکونی (بروشکی و مالچفسکی^۸، ۲۰۱۰: ۳۰۸)، فازی‌سازی کمیت-های زبانی در توسعه مسکونی (مالچفسکی و رینر^۹، ۲۰۰۵: ۲۷۵)، مدیریت آب شهری (مارکوپولوس^{۱۰} و دیگران، ۲۰۰۳: ۷۳) و نقشه خطر زمین لغزش (گورسفسکی و دیگران، ۲۰۱۰: ۱۳۸) و انتخاب محل دفن زباله (جمیتزی^{۱۱} و دیگران، ۲۰۰۷: ۸۰۰) استفاده شده است.

1 Weighted Linear Combination

2 Malczewski

3 Beedasy&Whyatt

4 Multi-Criteria Evaluation

5 Ordered Weighted Average

6 Yager

7 Bell

8 Boroushaki&Malczewski

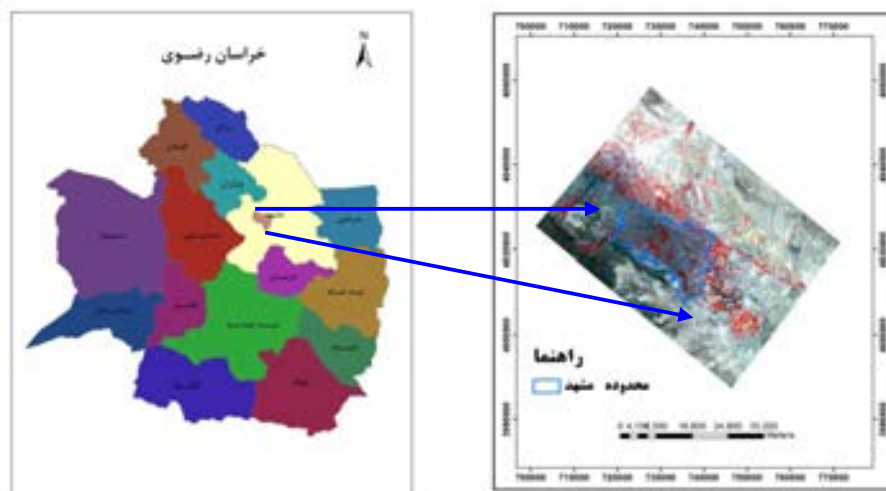
9 Rinner

10 Makropoulos

11 Gemitzi

منطقه مورد مطالعه

کلانشهر مشهد دومین شهر پرجمعیت کشور پس از تهران و بزرگ‌ترین سکونتگاه جمعیتی نیمه شرقی کشور است که بجز درون خود در پیرامون خود سکونتگاه‌های جمعیتی بیشمار و متراکمی را دارد (رهنما، ۱۳۹۰). این کلانشهر ۶۶ درصد جمعیت کل استان و نزدیک به ۶۷ درصد از جمعیت شهری آن را در خود جای داده و بزرگ‌ترین شهر منطقه است (معاونت برنامه ریزی استانداری خراسان رضوی، ۱۳۸۷). محدوده مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه بین رشته‌کوه‌های بینالود و هزار مسجد واقع است. با توجه به عنوان تحقیق شعاعی به میانگین ۱۸ کیلومتر پیرامون کلانشهر مشهد با توجه به محدودیت‌های جنوبی و جنوب غربی آن تعیین شده است. وسعت این منطقه حدود ۲۴۶۶ کیلومترمربع محاسبه شده که در آن شهرهای مشهد، طرنبه، شاندیز و شهرک رضویه (شرقی ترین نقطه شهری منطقه مورد مطالعه) قرار دارد. این محدوده به دلایلی همچون فاصله از سکونتگاه‌های شهری، محدودیت‌های ارتفاعی پیرامون شهر مشهد و غیره انتخاب و تعیین شده است (شکل ۱). روند افزایش جمعیت، زائرین حرم مطهر امام‌رضا (ع)، توسعه بی رویه شهر، فزونی فعالیت‌های تجاری و تمرکز واحدهای صنعتی و اداری در مشهد سبب افزایش تولید زباله گردیده که این نیز تأثیرات مخربی بر کیفیت محیط زیست مشهد بر جای گذاشته است. بر اساس آمارها سرانه تولید زباله در مشهد تا حدی کمتر از سرانه ملی (۶۲۶ گرم در برابر ۷۰۰ گرم سطح ملی) اما حدود دو برابر سرانه جهانی (۳۰۰ تا ۴۰۰ گرم) است (رهنما، ۱۳۹۱). در حال حاضر حجم تولید زباله در شهر مشهد حدود ۱۵۰۰ تن و در ایام اوج ورود مسافری به مشهد (عید نوروز و تابستان) این رقم به ۲۰۰۰ تن نیز می‌رسد (خدمات شهری شهرداری مشهد، ۱۳۸۹).



شکل ۱ منطقه مورد نظر

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از عوامل محیطی و اجتماعی-اقتصادی به عنوان معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی دفن زباله استفاده شده است. به منظور بهره‌گیری از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره لازم است ابتدا معیارها و شاخص‌های مورد نیاز و البته موجود و اجرایی شناسایی و داده‌های لازم (نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی) تهیه و آماده شوند. پس از تهیه اطلاعات با استفاده از بسته نرم‌افزاری Spatial Analyst در ArcGIS از قالب اولیه (Shape) به ساختار رستری برای به‌کارگیری در مدل‌ها ارزش‌گذاری شدند. سپس با استفاده از توابع عضویت فازی لایه‌ها استاندارد شده و در نهایت بر اساس روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) یکپارچه‌سازی و ترکیب شده‌اند. در این تحقیق نوآوری همان معرفی روش OWA است که تا حدود زیادی علاوه بر پوشش روش‌های گذشته چندمعیاره و فازی سازی، گزینه‌های انتخاب مختلفی را در اختیار قرار می‌دهد.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

در آغاز AHP به عنوان یک روش ساده، که به مردم در تصمیم‌گیری‌های پیچیده کمک کند، توسعه داده شده بود. اما بعدها، قدرت و سادگی AHP باعث پذیرش و کاربرد گسترده آن شد (حیبی و دیگران، ۲۰۰۸: ۳۳۰۷؛ بنایی، ۱۹۹۳: ۳۲۰). روش مقایسه زوجی وزن‌دهی بخشی از روش AHP است که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی^۱ مطرح شده است. در روش وزن‌دهی مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر تعیین می‌شود. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارها است (مالچفسکی، ۱۹۹۹). به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که روش AHP شامل سه گام اصلی می‌شود: (۱) ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی (۲) مقایسه دویه‌دوی عناصر ساختار سلسله‌مراتبی (۳) ارزش‌دهی معیارها. البته مقادیر مربوط به مقایسه دویه‌دو می‌بایست کاملاً به صورت کارشناسی شده تعیین شوند و مقادیر اختیاری در نظر گرفته نشوند. روش مقایسه زوجی یک مقیاس اصولی با مقادیر فرد از ۱ تا ۹ برای اولویت‌دهی نسبی دو عنصر سلسله‌مراتب به کار می‌گیرد. در صورت نیاز مقادیر میانه (۲، ۴، ۶ و ۸) بین دو شدت مجاور نیز می‌تواند استفاده شود.

میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA)

در یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره، افراد ریسک‌پذیر بر روی خواص مطلوب یک گزینه و افراد ریسک‌گریز بر روی خواص نامطلوب یک گزینه تأکید می‌کنند و آنها را ملاک انتخاب خود قرار می‌دهند (ملرز و چانگ^۲، ۱۹۹۴: ۱۶۷-۱۸۴). روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی OWA قادر به محاسبه میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی افراد و

1 Analytical Hierarchy Proses

2 Saaty

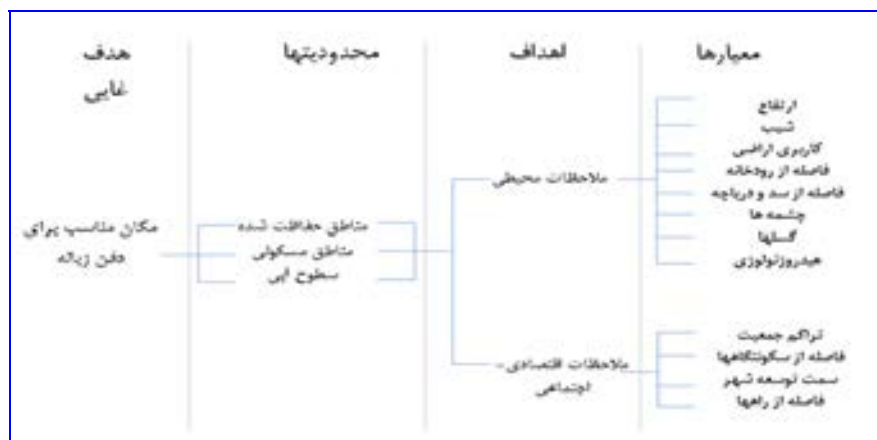
3 Mellers & Chang

اعمال آن در انتخاب گزینه نهایی است، این روش بوسیله یاگر معرفی شد. عملگر OWA روشی برای رتبه بندی معیارها و پرداختن به عدم اطمینان اثر متقابل آنهاست (یاگر، ۱۹۹۱، ۱۹۹۹). توانایی روش OWA در این است که منجر به درجه بندی پیوسته سناریوهایی بین عملگر اشتراک (خطر ناسازگاری-ریسک ناپذیری) و عملگر اجتماع (ریسک پذیری) می شود. این درجه بندی پیوسته بوسیله وزن سراسری (کلی) و محلی انجام شده است. وزن سراسری ابتدا بر اساس قضاوت تصمیم گیرندگان و یا از طریق مقایسه زوجی برای کنترل سطح جبران پذیری معیارها نسبت به معیارهای دیگر تعیین می شوند؛ در حالی که وزنهای محلی به طور تدریجی اضافه شده و حذف معیارها و قدرت نفوذ برای کنترل سطح عدم اطمینان و ریسک پذیری را فراهم می کند. روش OWA ترکیب نسبتاً جدید MCE است که مانند روش WLC بوده، اما دو مجموعه از وزنها را در بر می گیرد. اولین مجموعه از وزنها سهم نسبی معیار خاص را کنترل می کند؛ در حالی که مجموعه دوم وزنها رتبه تجمع (اجتماع) معیارهای وزن دار را کنترل می کند (جیانگ و ایستمان، ۲۰۰۰: ۱۷۳-۱۸۴؛ مالچفسکی، ۱۹۹۹). جاذبه روش OWA این است که محقق می تواند بواسطه دوباره مرتب سازی و تغییر پارامترهای معیار، دامنه وسیعی از نقشه ها و راه حل های مختلف و سناریوهای پیش بینی را تولید کند. بر خلاف همپوشانی بولین که عملگر اشتراک (AND) ریسک پایین را نشان می دهد، عملگر اجتماع (OR) ریسک بالا در تصمیم گیری را نشان می دهد. این روش می تواند یک طیف کامل سناریوهای ریسک بین دو حد (مرز) عملگرهای اشتراک (AND) و اجتماع (OR) را به دست دهد (گورفسکی و دیگران، ۲۰۱۲). ارب نسبتی وزنهای ترتیبی سطح ریسک مرتبط با AND و OR، را می توان در پیوستگی بین AND و OR از طریق معادلات در OWA به دست آورد. این معادلات شامل ANDness درجه ای است که عملگر OWA شبیه به AND منطقی و ORness درجه ای که عملگر OWA شبیه به OR منطقی است را اندازه گیری می کند (رینر و مالچفسکی، ۲۰۰۲؛ جیانگ و ایستمان، ۲۰۰۰). درجه پراکندگی وزنها را سطح TRAD-OFF کنترل می کند که اندازه جبران پذیری را نشان می دهد.

متغیرهای مؤثر بر مکان یابی دفن زباله

فرایند مکان یابی سالم و بی خطر مکان دفن زباله نیاز به در نظر گرفتن معیارهای گسترده و مراحل ارزیابی برای شناسایی بهترین محل در دسترس موجود است و همچنین از بین بردن عوامل آزار دهنده متعاقب آن (به طور مثال، بو، گردوغبار، اشغال، سروصدا، حشرات موذی) و عوارض جانبی دراز مدت (به عنوان مثال، آلودگی محیط زیست محلی از طریق آلودگی آب های زیرزمینی و آبخوانها). شکل (۲) ساختار سلسله مراتبی فرایند تصمیم گیری را نشان می دهد، که شامل چهار سطح، یعنی هدف غایی، محدودیتها، اهداف و معیارها یا فاکتورهاست. سطح اول نشاندهنده هدف غایی (مکان یابی محل دفن زباله) است. سطح دوم نشاندهنده محدودیت هایی است که نواحی جغرافیایی موجود برای مکان یابی

دفن زباله دارند. تصمیم‌گیری چندهدفه و چندمعیاره در سطح سوم با دو هدف نشان داده شده است. اولین هدف مربوط به نیاز به محافظت از محیط زیست و دومین هدف شامل در نظر گرفتن عوامل اجتماعی-اقتصادی می‌شود؛ به عنوان مثال، برخی از هدف‌ها که در مطالعات گذشته ذکر شده (چانگ و دیگران، ۲۰۰۸؛ کتوس و دیگران، ۲۰۰۳؛ ۲۷۰؛ ژو کین^۱، ۲۰۰۹ و دیگران: ۲۴۲۰). استفاده از ملاحظات طبیعی برای به حداقل رساندن هرگونه آسیب به سلامت بالقوه و خطرات آلودگی به دلیل مجاورت مستقیم یا غیر مستقیم با منابع دفع زباله است؛ درحالی‌که، اقتصاد رویکردگرا برای به حداقل رساندن ساخت و ساز، عملیات و هزینه نگهداری استفاده شده است. هر هدف، نیاز به تعدادی از عوامل دارد که در سطح آخر شکل نشان داده شده است. شرح مفصلی از عوامل مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۱) و در ادامه آورده شده است.



شکل ۲ ساختار سلسله‌مراتبی معیارهای مطرح شده برای مکان‌یابی دفن زباله

عوامل محیطی

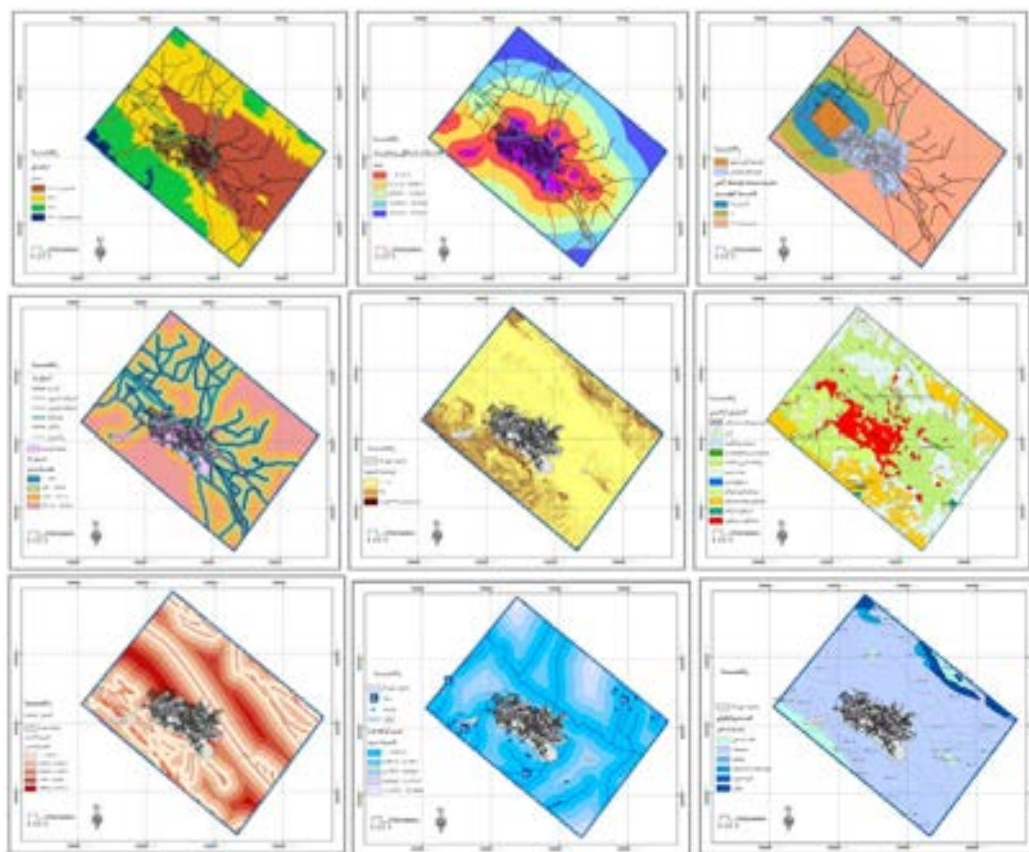
ارتفاع: ارتفاع نقش مهمی در سطح زمین، فرآیندهای جوی و برای استخراج ویژگی‌های محیطی نظیر، شیب، جهت شیب و نقشه اندازه‌گیری درجه نیمرخ دارد (گالانت و ویلسون^۲، ۲۰۰۰؛ ۵۱؛ گروبر و پکهام، ۲۰۰۸؛ ۱۷۱). جدول (۱) نقاط کنترل (a, b) را نشان می‌دهد که حاکم بر شکل تابع درجه عضویت فازی و نوع عضویت توابع استفاده شده برای استاندارد سازی معیارهاست. برای ارتفاع، نوع تابع درجه عضویت J شکل کاهشی که اولین نقطه کنترل (a=۸۰۰) نشان دهنده مقداری است که تابع عضویت شروع به کاهش از عضویت کامل به جزئی می‌کند. نقطه کنترل دوم (b=۱۲۰۰) نشان می‌دهد نقطه‌ای که تابع می‌رسد به عضویت ۰/۵ به جای صفر که در بی‌نهایت خواهد رسید. در این مطالعه، انتخاب

1 Guiqin

2 Gallant and Wilson

توابع فازی مناسب و نقاط کنترل مرتبط شامل دانش تخصصی و بازدید یا مرور مطالبی است که در قوانین سازمان محیط زیست کشور و اتحادیه اروپا است. به هر حال، شخص باید درک روشنی داشته باشد که راه حل مدل بهینه نیست زیرا انتخاب توابع فازی و نقاط کنترل در میان کارشناسان مختلف می تواند متفاوت باشد که می تواند بر نتایج مورد استفاده در فرایند تصمیم گیری تأثیر بگذارد (گورسفسکی و دیگران، ۲۰۰۶: ۱۳۰).

شیب؛ شیب بر بسیاری از فرایندهای مهم چشم انداز مانند درصد رطوبت خاک، پتانسیل فرسایش، میزان رواناب و بر سرعت جریان سطحی و زیر سطحی تأثیر می گذارد. شیب یک عامل مهم بویژه برای تعیین محل دفن زباله و همچنین پایداری (ثبات) ترکیب وزن مواد (مصالح) است. گرادیان شیب نرخ تغییرات ارتفاع را در جهت نزول سریع که بر حسب درصد بیان شده بود، اندازه گیری می کند. شیب بوسیله تابع فازی Sigmoidal – decreasing استاندارد شد که بوسیله دو نقطه ($a = 10\%$ و $b = 20\%$) کنترل می شود. شیب کمتر از 10% مناسب ترین (عضویت کامل) و بیشتر از 20% مناسب نیست (عدم عضویت کامل) (جدول ۲). در زیر نقشه انواع معیارها به صورت نقشه تهیه شده است.



شکل ۳ نقشه اولیه انواع معیارها به منظور مکان یابی دفن زباله

برای تعیین عضویت نقاط مختلف محدوده در معیارهای مربوطه به شرح جدول زیر تهیه شده است.

جدول ۱ مجموعه عضویت‌های فازی و توابع عضویت با نقاط کنترل استفاده شده برای انتخاب مکان‌یابی دفن زباله

اهداف	معیارها	نقطه کنترل a	نقطه کنترل b	تابع عضویت فازی
محیطی	ارتفاع	۸۰۰	۱۲۰۰	J-shaped – decreasing
	شیب (%)	۱۰	۲۰	Sigmoidal – decreasing
	کاربری اراضی	-	-	User defined
	فاصله از رودخانه	۱۰۰	۳۰۰۰	Sigmoidal – increasing
	فاصله از سد و دریاچه	۱۰۰۰	۵۰۰۰	Sigmoidal – increasing
	چشمه‌ها	۱۰۰۰	۵۰۰۰	Sigmoidal – increasing
	گسل‌ها	۵۰۰	۱۰۰۰	Linear – increasing
	هیدروژئولوژی	-	-	User defined
اجتماعی - اقتصادی	تراکم جمعیت	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	Sigmoidal – decreasing
	سمت توسعه شهر	-	-	User defined
	فاصله از راه‌ها	۱۰۰۰	۵۰۰۰	J-shaped – decreasing

فاصله از آب؛ محل دفن زباله در درازمدت می‌تواند منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی را تهدید کند. برای محاسبه کردن تغییرپذیری در اطراف منابع آبی در این مطالعه، بافرهایی در فواصل مختلف برای هر یک تعیین شد. فواصل بیرون از منطقه حریم آبی با استفاده از تابع فاصله اقلیدسی محاسبه گردید که در یک خط مستقیم از هر سلول تا نزدیک‌ترین منبع به آن را اندازه می‌گیرد. جدول ۱ نشان می‌دهد که تابع فازی Sigmoidal increasing برای استانداردسازی فاصله مرتبط با رودخانه‌ها، چشمه، سد و دریاچه‌ها استفاده شده است.

فاصله از گسل؛ گسل‌ها نقش مهمی در پیشگیری از آلودگی دارند. آنها می‌توانند زلزله یا دیگر حرکات زمین را سبب شوند. در این مطالعه، فاصله از گسل‌ها با استفاده از تابع خط مستقیم (اقلیدسی) محاسبه شد؛ پیش از آنکه با استفاده از تابع افزایش خطی استاندارد شوند ($a=500$ و $b=1000$ متر). فاصله کمتر از ۵۰۰ متر مقدار صفر تخصیص داده شده یا نامناسب در حالی که فاصله ۱۰۰۰ متر و بیشتر با مقدار یک تخصیص یافته یا مناسب‌ترین مکان برای دفن زباله است.

هیدروژئولوژی؛ وضعیت آبدهی و جنس زمین و نوع سازندهای زمین ساختی در کنار عمق آب زیرزمینی از عوامل و معیارهای ژئوهیدرولوژی است که باید در ارتباط با مطالعات مکان‌یابی و بویژه دفن زباله مورد توجه قرار گیرند. در این مطالعه با توجه به محدودیت‌های اطلاعاتی، عمق آب و وضعیت آبدهی به‌عنوان فاکتورهای ژئوهیدرولوژی انتخاب و در معادلات به‌کار گرفته شد. با توجه به اطلاعات دریافت شده از سازمان آب منطقه‌ای

خراسان رضوی محدوده های با درجات مختلف آبدهی مشخص و فازی سازی شدند. همچنین بر اساس نقشه های سطح آب، نقشه سطح آب محدود تعیین و فازی سازی و در مدل قرار گرفتند. به منظور مقایسه زوجی و تعیین وزن هر یک از معیارها در تعیین مکان مناسب جدول مقایسه زوجی معیارها تعیین شد که در آن علاوه بر مطالعات قبلی از نظرات کارشناسان خبره در این ارتباط استفاده شد که نتایج آن در جدول (۲) آمده است. نرخ سازگاری هم 0/06 محاسبه شده که تعیین کننده فضاوت های مناسب برای معیارها است.

جدول ۲ ماتریس مقایسه زوجی برای محاسبه وزن معیارهای محیطی برای انتخاب مکان دفن زباله

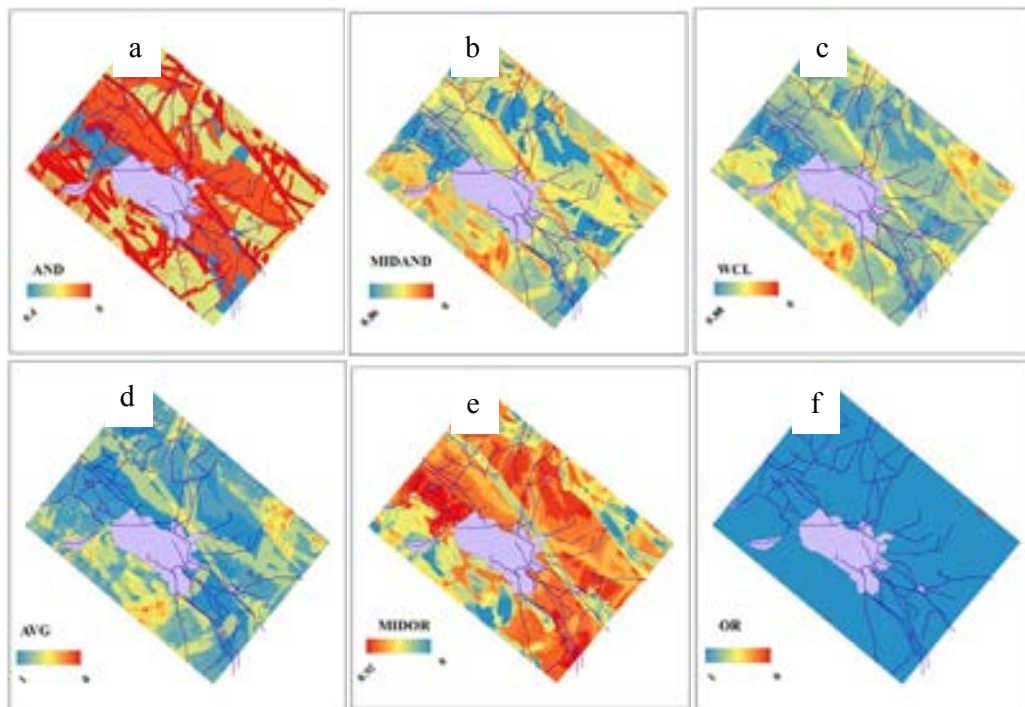
وزن	سطح آب زیرزمینی	چشمه	شیب	آبراهه - رودخانه	کاربری اراضی	هیدروژئولوژی	گسل	ارتفاع	سد	
۰/۱۰۶۷	۰.۵	۱	۲	۱	۱	۲	۰.۳۳۳	۰.۵	۱	سد
۰/۱۴۲	۰.۵	۲	۳	۲	۲	۰.۵	۱	۱		ارتفاع
۰/۱۷۰۱	۳	۲	۵	۳	۱	۰.۵	۱			گسل
۰/۲۳۶۴	۴	۵	۶	۲	۳	۱				هیدروژئولوژی
۰/۱۱۲	۲	۲	۴	۲	۱					کاربری اراضی
۰/۰۶۹۹	۱	۱	۲	۱						آبراهه-رودخانه
۰/۰۳۸۴	۰.۵	۰.۵	۱							شیب
۰/۰۶۳	۱	۱								چشمه
۰/۰۷۵۱	۱									سطح آب زیرزمینی

CR=0/06 < 0/1 - نرخ سازگاری

جدول ۳ وزن های OWA استفاده شده برای سطوح کنترل جبران پذیری و ریسک متغیرهای محیطی

TRAD-OFF	ORness	ANDness	وزنهای ترتیبی	جواب
۰	۰	۱	(۰,۰,۰,۰,۰,۰,۰,۰,۱)	AND
۰/۹۸	۰.۲۶	۰/۷۴	(۰/۴, ۰/۲, ۰/۱, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵)	MIDAND
۱	۰/۵	۰/۵	(۰/۱۱, ۰/۱۱/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱)	WLC
۰/۹۴	۰/۵	۰/۵	(۰, ۰, ۰, ۰/۳۳, ۰/۳۳, ۰/۳۳, ۰, ۰, ۰)	AVG
۰/۹۸	۰/۷۴	۰/۲۶	(۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۰۵, ۰/۱, ۰/۲, ۰/۴)	MIDOR
۰	۱	۰	(۰,۰,۰,۰,۰,۰,۰,۰,۰,۱)	OR

پس از تعیین وزن زوجی هر یک از معیارها، لایه‌های تهیه شده از معیارهای محیطی در ۶ حالت و سطح مختلف با استفاده از روش OWA تعیین شد (شکل ۳).



شکل ۳ نقشه‌های مناسب متغیرهای محیطی که با استفاده از روش OWA (جدول ۳) استنتاج شده است.

عوامل اجتماعی - اقتصادی

نزدیکی به راه؛ مکان‌های دفن زباله که در فاصله دور از شبکه ارتباطی قرار می‌گیرند، هزینه‌های مرتبط با احداث راه‌های دسترسی جدید و عملیات متعاقب آن را افزایش می‌دهند. فاصله اقلیدسی از جاده‌های موجود با استفاده از حداقل فاصله از راه برای هر پیکسل در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. فواصل نزدیک به جاده مقدار عضویت بالا، در حالی که فواصل دورتر مقدار عضویت کمتر تخصیص داده شد. تابع j -shaped decreasing نیز برای فازی‌سازی استفاده شد که فواصل کمتر از یک کیلومتر مقدار ۱ اختصاص داده شدند؛ در حالی که برای فواصل پنج کیلومتر و فراتر مقدار عضویت از ۰/۵ با روند نزدیکی به صفر شروع می‌شود (جدول ۱).

نزدیکی به مراکز تراکم جمعیت؛ این معیار هزینه‌های مرتبط با مسافت‌های اقتصادی از منبع تولید زباله را که بر اساس تراکم جمعیت تنظیم شده است، در نظر می‌گیرد. بنابراین، نزدیکی به منبع زباله مدت حمل و نقل را

کاهش می‌دهد و هزینه‌های عملیات اقتصادی را در درازمدت بهتر ترقی می‌دهد (بابان و فلانگان، ۱۹۹۸). برآورد تراکم جمعیت بوسیله تابع چگالی صورت گرفته است. از تابع Sigmoidal – decreasing با نقاط کنترل ($a=2000$ و $b=10000$) برای استانداردسازی استفاده گردید (جدول ۱).

منطقه توسعه آبی شهری؛ شهر مشهد بر اساس دو طرح جامع دارای برنامه می‌باشد که از دهه ۵۰ آغاز و تا ۱۳۹۰ دارای طرح پیشنهادی می‌باشد. طرح جامع اول آن خازنی که در حال حاضر محدوده اولیه شهر را شامل می‌شد و افق آن ۱۳۷۰ تعیین شده بود. اما طرح دوم که توسعه آبی شهر را تا افق ۱۳۹۰ ترسیم کرده طرح جامع مهران می‌باشد که در این مطالعه محدوده سمت توسعه شهر در شمال غربی و بر اساس آن طرح تعیین و در مدل به کار گرفته شده است.

تعیین وزن‌ها و اجتماع معیارها؛ همان‌طور که نشان داده شد، OWA، که یک نوع از WLC است، دو مجموعه از وزن‌ها را به کار می‌گیرد. اولین مجموعه از وزن‌ها، وزن‌های کلی یا جهانی (عمومی) هستند، که اهمیت نسبی فاکتورها را نشان می‌دهند. در اینجا، AHP برای استخراج وزن‌ها و تعیین اهمیت نسبی فاکتورها استفاده شده است. روش‌های مقایسه زوجی پیچیدگی مسائل تصمیم‌گیری را بوسیله ارزیابی اهمیت نسبی دو معیار در یک لحظه با ایجاد یک سلسله‌مراتب انعطاف پذیر از معیارهای تصمیم‌گیری کاهش می‌دهد (مالچفسکی، ۱۹۹۹). جدول‌های (۲ و ۴) ماتریس مقایسه زوجی، اهمیت نسبی و وزن‌های مرتبط با فاکتورهای محیطی و اقتصادی را نشان می‌دهند. در جدول (۲) بالاترین وزن‌ها به هیدروژئولوژی، گسل، ارتفاع و کاربری زمین و در جدول (۴) به تراکم جمعیت و توسعه آبی شهر اختصاص داده شده است که مهم‌ترین فاکتورها هستند. نرخ سازگاری (CR) برای دو جدول به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۲ می‌باشد که نشان دهنده سازگاری قضاوت‌های استفاده شده برای مقایسه است.

جدول ۴ ماتریس مقایسه زوجی برای محاسبه وزن معیارها اجتماعی-اقتصادی برای انتخاب مکان دفن زباله

وزن	توسعه آبی شهر	راهها	تراکم جمعیت	
۰/۶۲۶۱			۱	تراکم جمعیت
۰/۱۳۶۵		۱	۰.۲۵	راهها
۰/۲۸	۱	۰.۵	۰.۳۳۳	توسعه آبی شهر

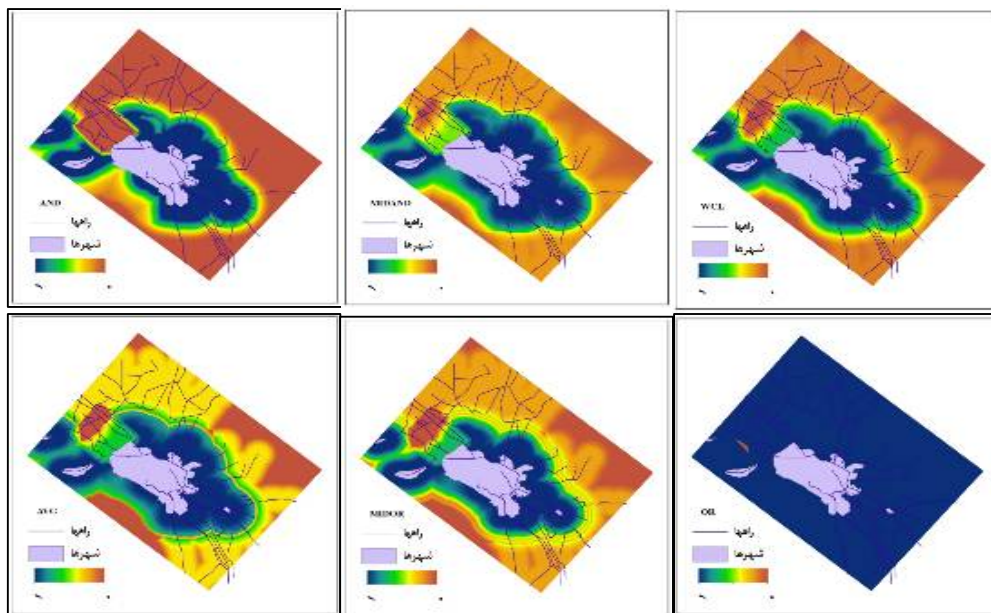
CR=0.02 < 0.1 - نرخ سازگاری

مجموعه دوم از وزن‌ها، وزن‌های محلی هستند، که بر اساس یک پیکسل اختصاص داده شده، که ترتیب رتبه صعودی فاکتورهای وزن داده شده در اجتماع را کنترل می‌کند. وزن‌های محلی یا ترتیبی، برای فاکتورها بر اساس رتبه بندی AHP اختصاص داده نشدند، بلکه با توجه به رتبه ترتیب‌شان بعد از به کار بردن وزن فاکتورهاست (یاگر، ۱۹۸۸؛ مالچفسکی، ۱۹۹۹؛ جیانگ و ایستمان، ۲۰۰۰؛ گورسفسکی و دیگران، ۲۰۰۶).

جدول ۵ وزن‌های OWA استفاده شده برای سطوح کنترل جبران پذیری و ریسک فاکتورهای اقتصادی

TRAD-OFF	ORness	ANDness	وزنهای ترتیبی	روش
۰	۰	۱	(۱، ۰، ۰)	AND
۰/۹۹	۰/۳۵	۰/۶۵	(۰/۵، ۰/۳، ۰/۲)	MIDAND
۱	۰/۵	۰/۵	(۰/۳۳، ۰/۳۳، ۰/۳۳)	WLC
۰/۹۷	۰/۵	۰/۵	(۰/۲، ۰/۶، ۰/۲۳)	AVG
۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۲۶	(۰/۲، ۰/۳، ۰/۵)	MIDOR
۰	۱	۰	(۰، ۰، ۱)	OR

با تغییر وزن‌های ترتیبی، OWA، نتایج اجتماع را بصورت پیوسته تولید می‌کند که در آن نقش تصمیم‌گیری در فضای یک مثلث تصمیم‌گیری بین عملگر AND (ریسک‌گریزی) و عملگر OR (ریسک‌پذیری) قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، وزن‌های ترتیبی در تصمیم‌گیری که شامل سه فاکتور است، (۰، ۰، ۱) برای عملگر AND و (۱، ۰، ۰) برای عملگر OR و (۰/۳۳، ۰/۳۳، ۰/۳۳) برای میانگین ریاضی گرفته می‌شود. در نهایت به دلیل اینکه این یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره است که معیارهای محیطی و اقتصادی را در بر می‌گیرد، برای تخصیص محل دفن زباله، از روش WLC برای اجتماع نقشه‌های مناسب ایجاد شده بوسیله هر هدف استفاده شد. نقشه‌های مناسب ممکن (شکل ۴) به‌دست آمده بوسیله این روش در بخش زیر مورد بحث قرار گرفته است.



شکل ۴ نقشه های مناسب فاکتورهای اجتماعی-اقتصادی که با استفاده از روش OWA (جدول ۶) استخراج شده است.

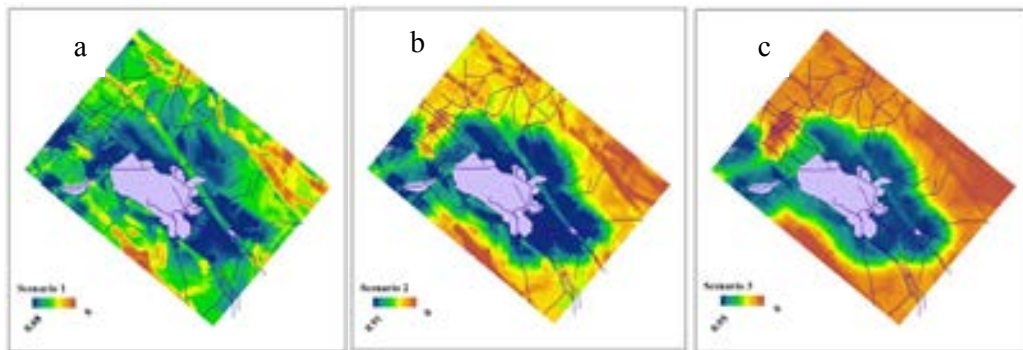
بحث و نتایج

شکل (۳) مجموع شش گزینه تصمیم‌گیری برای محل مناسب دفن زباله مرتبط با فاکتورهای محیطی را نشان می‌دهد. وزن‌های OWA در جدول (۴) نشان داده شده است که برای ایجاد الگوهای مختلف کنترل سطوح جبران پذیری و ریسک استفاده شده‌اند. گزینه تصمیم‌گیری (a) با عملگر AND مرتبط است و یک جواب ریسک‌گریزی تولید می‌کند. بر طبق این گزینه مناسب‌ترین نواحی برای مکان‌یابی دفن زباله در شمال و شمال غربی و لکه‌هایی نیز در جنوب شرقی شهر مشهد را نشان می‌دهد. راهنماها در شکل یک درجه (واحد) مناسب از دفن زباله را نشان می‌دهد که احتمال آن در مقیاسی بین دامنه صفر و یک بیان می‌شود. در جدول (۴) مقدار یک برای ANDness اشاره به این دارد که جواب منطبق با AND می‌باشد؛ در حالی که مقدار صفر برای ORness اشاره به این دارد که جواب خیلی دور از OR است. اندازه جبران‌پذیری صفر نشان‌دهنده عدم جبران‌پذیری، در حالی که یک نشان‌دهنده جبران‌پذیری کامل است. گزینه تصمیم‌گیری (b) با جواب MIDAND مرتبط می‌باشد که ریسک در این جواب افزایش می‌یابد و زمین مناسب برای مکان‌یابی محل دفن زباله نیز افزایش می‌یابد. این الگوی جواب اجازه جبران‌پذیری (۰/۹۸) و تنزل بین AND و ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) عرفی در یک فضای تصمیم‌گیری مثلثی را می‌دهد. شکل (۳b) نشان می‌دهد که مناسب‌ترین برای دفن زباله در مقایسه با گزینه تصمیم‌گیری قبلی افزایش می‌یابد. جواب‌ها با گزینه‌های تصمیم‌گیری (c) و (d) یا WLC و AVG در وسط ریسک پیوسته قرار می‌گیرند و آنها نه جواب‌های مخالف ریسک‌اند و نه ریسک‌پذیر هستند. با این حال، جواب AVG کمی متفاوت از WLC است، زیرا تقریباً جبران‌پذیری را با این جواب اجازه می‌دهد (جدول ۴). مقایسه نقشه‌های متناظر در شکل (d و ۳c) نشان می‌دهد که گزینه AVG ناحیه وسیع‌تری برای مکان‌یابی دفن زباله تولید می‌کند. مجموعه گزینه تصمیم‌گیری پیوسته بعدی جواب‌های ریسک‌پذیر تولید می‌کند. جواب MIDOR در شکل (۳e) بین WLC و OR قرار می‌گیرد که تقریباً اجازه جبران‌پذیری را می‌دهد، و OR در نهایت تضاد از جواب AND است. نواحی مناسب برای مکان‌یابی دفن زباله با این گزینه وسعت فضایی زیادی را در بر می‌گیرد و شامل انواع کاربری زمین می‌شود. در نهایت، در آخر این زنجیره جواب OR است که بیشتر نواحی ورودی را به عنوان مکان مناسب برای مکان‌یابی دفن زباله توصیه می‌کند (شکل ۳f).

همچنین شکل (۴) مجموع شش گزینه تصمیم‌گیری برای مکان مناسب دفن زباله مرتبط با فاکتورهای اجتماعی - اقتصادی را نشان می‌دهد. وزن‌های OWA در جدول (۶) نشان داده شده است که برای ایجاد الگوهای مختلف و کنترل سطوح جبران‌پذیری و ریسک استفاده شده است. همانند شکل (۳)، گزینه تصمیم‌گیری (a) جواب عملگر AND است، گزینه (b) جواب MIDAND است، گزینه (c) جواب WLC است، گزینه (d) جواب AVG، گزینه (e) جواب MIDOR و گزینه (f) جواب عملگر OR است. نتایج به دست آمده بوسیله سناریوهای پیشنهادی مختلف

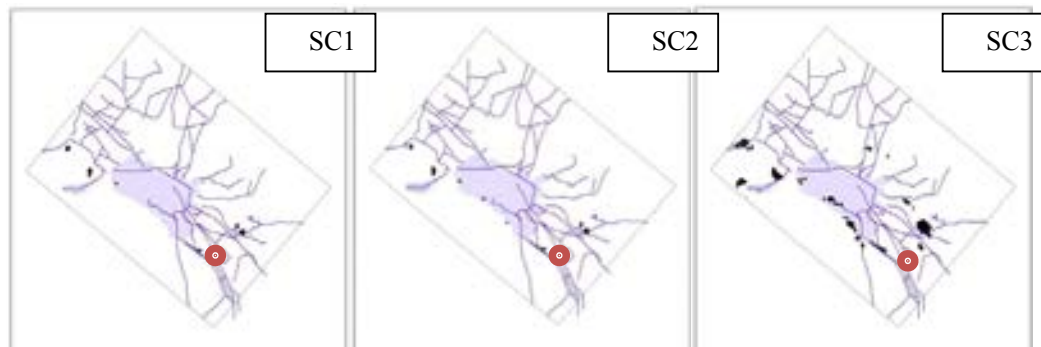
نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری با ریسک پایین با کمترین نواحی ممکن مرتبط می‌شود، زیرا تجمع نیاز به شایستگی بالا در همه فاکتورها دارد. از طرف دیگر، تصمیم‌گیری با ریسک بالا بیشترین نواحی ممکن را توصیه می‌کند، زیرا این نوع از تجمع (اجتماع) نیاز به یک فاکتور با شایستگی بالا دارد.

شکل (۵) یکی از حالات سناریوی تجمع ممکن برای اهداف محیطی و اقتصادی را به صورت تلفیقی نشان می‌دهد. نقشه‌ها در شکل (۵) با استفاده از گزینه‌های WLC در شکل‌های (۳c و ۴c) و سناریوهای مختلف ایجاد شده بوسیله وزن‌های متفاوت به کار برده شده برای اهداف را نشان می‌دهد؛ مثلاً، در گزینه (a) وزن ۰/۷۵ برای هدف محیطی و وزن ۰/۲۵ برای هدف اقتصادی به کار برده شده است، گزینه (b) وزن‌های مساوی استفاده می‌کند و گزینه (c) وزن ۰/۲۵ برای هدف محیطی و وزن ۰/۷۵ برای هدف اقتصادی استفاده شده است.



شکل ۵ لایه‌های تلفیقی نهایی محیطی و اجتماعی-اقتصادی در سه سناریو با WLC

شکل (۵) همچنین درصد نواحی دسته‌بندی شده مناسب بوسیله مقادیر عضویت فازی را نشان می‌دهد. به منظور دستیابی به نمایش بهتر مکان‌های مناسب سه سناریو در قالب نقشه در شکل (۶) ارائه شده است.



شکل ۶ سناریوهای نهایی مکان دفن زباله در نمایشی مشخص تر

در مطالعه، محل دفن زباله در وضع موجود نیز با محدوده های تعیین شده بر اساس مدل مورد ارزیابی قرار گرفت و مقایسه آن نشان می دهد که این محدوده بجز در سناریوی ۳ که با ریسک بیشتری تولید شده است، با دیگر سناریوها هیچ انطباقی ندارد.

جدول ۶ وسعت و درصد هر یک از نقاط بهینه به دست آمده از مدل در سه سناریو

SC3	SC2	SC1	
3040.5	543.3	491.5	وسعت(هکتار)
1.233	0.22	0.199	درصد از کل

نتیجه گیری

این پژوهش کاربردی از روش ارزیابی چندمعیاره بر اساس GIS، برای تعیین و تخمین پتانسیل مکان های مطلوب دفن زباله در منطقه مشهد را ارائه می کند. به طور خاص، مورد مطالعه کاربردی از روش های تجمیع AHP/OWA برای تولید طیف گسترده ای از گزینه های تصمیم گیری برای مسائل دفن زباله مناسب ارائه کرده است. روش AHP برای ارزیابی اهمیت معیارها و ایجاد وزن های کلی استفاده می شود، که این در ارتباط با وزن های محلی در روش OWA برای تولید گزینه های تصمیم گیری استفاده می شوند. روش تجمیع AHP/OWA شامل عدم قطعیت از طریق تابع عضویت فازی و نظرات کارشناسان است. علاوه بر این، وزن های محلی برای ارائه اهرمی برای کنترل سطح عدم قطعیت همراه با گزینه های تصمیم گیری مختلف و ریسک پذیری (یعنی، خوشبینانه، بدبینانه و خنثی) استفاده می شوند. در این پژوهش، انتخاب متغیرها برای کاهش داده ها محدود شده بود و برخی از متغیرهای کلیدی حذف شده است که می تواند بر گزینه های مختلف تصمیم گیری اثر بگذارد. اما خروجی های این مدل می تواند در ادامه نیز مورد ارزیابی و بر اساس معیارهای دیگری که در مدل به کار گرفته نشده اند نیز مد نظر قرار گیرد و سناریوی انتخابی نهایی را مشخص نماید.

نتایج این پژوهش نشان می دهد هدف از این روش پیدا کردن یک جواب بهینه تنها نیست، اما نقطه قوت دیگری مرتبط با وزن های انعطاف پذیر روش OWA را نشان می دهد؛ به عنوان مثال، روش OWA یک مجموعه ابزار قوی تعاملی برای تنظیم جبران پذیری و جبران کردن بین معیارها را فراهم می کند که اجازه ارزیابی سریع و شرح سناریوهای ممکن و روابط بین معیارها را می دهد. نقاط قوت دیگر این روش شامل توانایی یکی کردن مجموعه داده های همگن مانند معیارهای کیفی و کمی با استفاده از دانش تخصصی، انعطاف پذیری لازم برای انتخاب معیارهای خاص برای مناطق مورد مطالعه مختلف یا مسائل مختلف مطرح شده، برای اجرای یک یا یک گروه تصمیم گیری، انعطاف پذیری برای تغییر سطح اهمیت معیار و آزادی برای توسعه سناریوهای مدلسازی مختلف برای سطوح قابل قبول ریسک های تصمیم گیری می شود. به هر حال، از آنجایی که مکان یابی دفن زباله به معیارهای مختلف

وبه نفوذ نظرات عمومی و سیاسی در رابطه با تجزیه و تحلیل علمی بستگی دارد، فرض ماست که این روش، پتانسیل قابل توجهی برای حمایت از پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری کاربردهای دنیای واقعی دارد.

References

- Mashhad Municipality, Department of Planning and Development., 2010. Statistics of Mashhad Metropolitan.
- Afzali, A., 2008. The Application of GIS and AHP in Urban Waste Exclusion Site Selection, Study Area (NajafAbad). Esfahan University, Department of Natural Resources.
- Amini, M., 2006. Site Selection of Urban Solid Waste Exclusion by Remote Sensing technology and GIS. Tabriz University.
- Rahnma, et. Al., 2012. Analysis Strategy of Mashhad Local Environmental Management –in terms of SWOT. Second Conference on Environmental Management.
- Abdoli, M., 2000. Urban Solid Waste Exclusion Management. Urban Planning Department of Ministry of Interior.
- Yousefi, Heidarali, et. al., 2010. Geographic Journal of territory. Science-Research. Year VII, No, 26, Summer 2010, p 103.
- Baban, S.M.J., Flannagan, J., 1998. Developing and implementing GIS-assisted constraints criteria for planning landfill sites in the UK. Planning Practice and Research 13, 139–151.
- Banai, R., 1993. "Fuzziness in Geographical Information Systems: Contribution from the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Geographical Information Science 7 (4), 315-329.
- Barlaz, M., Kaplan, P., Ranjithan, S., Rynk, R., 2003. Evaluating environmental Impacts of solid waste management alternatives. BioCycle 44, 52–56.
- Beedasy, J., D., Whyatt., 1999. Diverting the tourists: a spatial decision- support system for tourism planning on a developing island. J. Appl. Earth Observ. Geoinform 3 (4), 163–174.
- Bell, N., Schuurman, N., Hayes, M.V., 2007. Using GIS-based methods of multicriteria analysis to construct socio-economic deprivation indices. International Journal of Health Geographics 6 (17). doi:10.1186/1476-072X-6-17.
- Borouhaki, S., Malczewski, J., 2010. Using the fuzzy majority approach for GIS based multicriteria group decision-making. Computers and Geosciences 36, 302–312.
- Calijuri, M.L., 2004. Multi-criteria analysis for the identification of waste disposal areas. Geotechnical and Geological Engineering 22 (2), 299–312.
- Chang, N.B., Parvathinathan, G., Breedenc, J.B., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management 87, 139–153.
- Chiueh, P.T., Lo, S.L., Chang, C.L., 2008. A GIS-based system for allocating municipal solid waste incinerator compensatory fund. Waste Management 28, 2690–2701.
- Gallant, J.C., Wilson, J. P., 2000. Primary Topographic Attributes. In: Wilson, J. P., Gallant, J. C. (Eds.), Terrain Analysis Principles and Applications. John Wiley & Sons, Inc., New York, 51–85.
- Gemitzi, A., Tsihrintzis, V.A., Voudrias, V., Petalas, C., Stravodimos, G., 2007. Combining GIS, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. Environmental Geology 51, 797–811.
- Goorah, S., Esmyot, M., Boojhawon, R., 2009. The health impact of nonhazardous Solid waste disposal in a community: the case of the Mare Chicose landfill in Mauritius. Journal of Environment Health 72, 48–54.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K, R., Mitrovski, C, D and Frizado, J, P. 2012. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information Systems for landfill site selection.

- Gorsevski, P.V., Jankowski, P., Gessler, P.E., 2006. An heuristic approach for mapping landslide hazard by integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process. *Control and Cybernetics* 35, 121–146.
- Gruber, S., Peckham, S., 2008. Land Surface Parameters and Objects in Hydrology. In: Hengl, T., Reuter, H.I. (Eds.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications, Developments in Soil Science*. Elsevier, Amsterdam 171–194.
- Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L., Lijun, C., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management* 90, 2414–2421.
- Habibi, K., Lotfi, S. and Koohsari, M. J. 2008 “Spatial Analysis of Urban Fire Station Locations by Integrating AHP Model and IO Logic Using GIS,” *Journal of Applied Sciences* 8 (19), 2008, 3302-3315.
- Jiang, H., Eastman, R.J., 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* 14, 173–184.
- Kontos, T.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., 2003. Siting MSW landfills on Lesbos Island with a GIS based methodology. *Waste Management & Research* 21, 262–277.
- Kouznetsova, M., Huang, X., Ma, J., Lessner, L., Carpenter, D., 2007. Increased rate of Hospitalization for diabetes and residential proximity of hazardous waste sites. *Environmental Health Perspectives* 115, 75.
- Lober, D.J., 1996. Why not here? The importance of context, process, and outcome on public attitudes toward siting of waste facilities. *Society and Natural Resources* 9, 375–394.
- Makropoulos, C., D., Butler, 2005. Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making. *Environmental Modelling & Software* 21 (1), 69–84.
- Makropoulos, C., Butler, D., Maksimovic, C., 2003. A fuzzy logic spatial decision support system for urban water management. *Journal of Water Resources Planning and Management* 129, 69–77.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis: Evaluation Criteria and Criterion Weighting*. John Wiley & Sons, Inc. 392 pp
- Malczewski, J., Rinner, C., 2005. Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: a case study of residential quality evaluation. *Journal of Geographical Systems* 7, 249–268.
- Malczewski, J., C., Rinner. 2005. Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: a case study of residential quality evaluation. *Journal of Geographical Systems* 7 (2), 249–268
- Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progr. Plann.* 62 (1), 3–65.
- Malczewski, J., 1999. *GIS and Multi criteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Malczewski, J., et al. 2003. GIS multicriteria evaluation with ordered weighted averaging (OWA): case study of developing watershed management strategies. *Environment and Planning A* 35 (10), 1769–1784.
- Mellers, B., and Chang, S., 1994. “Representations of risk judgments”. *Organ Behav Hum Dec* 52(7), 167–184.
- Rinner, C., Malczewski, J., 2002. Web-enabled spatial decision analysis using Ordered Weighted Averaging (OWA). *Journal of Geographical Systems* 4, 385–403.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Sharifi, M.A., Vanwesten. C. J., Site selection for Wasted is Posal through Spatial Multiple Criteria Decision Making, ITC, 1997.

- Wagner, E.D. 2002. Public key infrastructure (PKI) and virtual private network (VPN) compared using a utility function and the analytic hierarchy process (AHP). M.Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 50 pp.
- Yager, R.R., 1991. "Connectives and quantifiers in fuzzy sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 40, 39-76.
- Yager, R.R., Filev, D.P., 1999. "Induced ordered weighted averaging operators", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics- Part B* 29, 141-150.
- Yager, R. R., 1988. On ordered weighted averaging aggregation operators in Multi criteria decision making *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 8, 183-190.