پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ٤٦، شمارهٔ ٢، تابستان ١٣٩٣
ص. ٤٤٨-٤٢٧

مقایسهٔ کارآیی فنون تحلیل چندمعیاری در بررسی تناسب ارضی (مطالعهٔ موردی: مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شیراز)

عطا غفاری گیلانده* ـ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی
عبدالوهاب غلامی ـ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ١٣٩١/٠٢/٢٠ تأیید نهایی: ١٣٩٢/٠٤/١٦

چکیده

امروزه، تعدد معیارهای دخیل در امر تصمیم‌گیری باعث شده است تا استفاده از فنون تحلیل چندمعیاری، امری اجتناب‌ناپذیر تلقی شود. با وجود این، هنگام به‌کارگیری فنون تحلیل چندمعیاری، لازم است استفادهٔ اصولی از آنها در زمینه‌های کاربردی مختلف، مورد ارزیابی قرار گیرد. بر همین اساس در این نوشتار قابلیت‌های استفادهٔ عملیاتی از فنون TOPSIS و WLC، در یک زمینهٔ تجربی (مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهر شیراز) به آزمون گذاشته شده و در ادامه، الگویی در اولویت‌بندی استفاده از این روش‌ها در زمینهٔ تجربی ارائه شده است. در الگوی ارائه‌شده، فرض بر این است که بالارفتن میزان غربال‌زنی پیکسل‌ها در نقشهٔ خروجی حاصل از هر یک از مدل‌های معرفی‌شده که در سطوح مختلف از آستانه‌های مطلوبیت قابل رهگیری است، می‌تواند نقطهٔ مثبتی در به‌کارگیری مدل مربوطه تلقی شود. برای مثال با توجه به نمایهٔ آماری مربوط به خروجی WLC، تعداد پیکسل‌هایی که تا آستانهٔ مطلوبیت فرضی ٢١٤ غربال می‌شوند، ٢٢٦٢٣٥٥ پیکسل است، ولی در همان سطح آستانهٔ مطلوبیت فرضی، تعداد پیکسل‌های غربال‌شده در خروجی حاصل از TOPSIS، بیش از ٢٤٤٣٤٩٩ پیکسل است. بنابراین در سطح مطلوبیت بیان‌شده، کاربرد روش TOPSIS از ارجحیت برخوردار است. بررسی موردی چند نمونه از پیکسل‌های اولویت‌دار در خروجی حاصل از روش TOPSIS نیز نشان می‌دهد که این پیکسل‌ها به‌لحاظ معیارهای تعیین‌شده در مکان‌یابی محل دفن زباله‌ها شرایط مطلوبی دارند. این امر می‌تواند اعتبار نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل را تأیید کند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل چندمعیاری، شیراز، قواعد تصمیم‌گیری، محل دفن پسماندهای شهری، مکان‌یابی.

---

* نویسندهٔ مسئول: ٠٩١٤١٥٥٧٠٠١ E-mail: Atagafari@gmail.com

مقدمه

امروزه فرآیند تصمیم‌گیری که متضمن انتخاب گزینه‌های اولویت‌دار از میان گزینه‌های پیشنهادی است، ممکن است مستلزم در نظر گرفتن معیارهای متعدد باشد، بر همین اساس استفاده از مدل‌ها و فنون تحلیل چندمعیاری را که به‌صورت توأم با قابلیت‌های GIS[1] به‌کار گرفته می‌شوند، می‌توان یکی از مظاهر برجستهٔ عینیت‌بخشی به استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)[2] در فرآیند تصمیم‌گیری تلقی کرد. استفاده از این فنون در فرآیند ارزیابی تناسب اراضی، باعث می‌شود میزان تناسب گزینه‌های مکانی برای اختصاص به کاربری‌های مورد نظر، در فرآیند استفاده از معیارها و قیود محدودیت متعدد، تعیین شده و درنتیجه، زمین اختصاص‌یافته به یک کاربری، دارای بیشترین تناسب برای آن کاربری و متصف به شرایط مطلوب از دید معیارهای مطرح در مکان‌گزینی کاربری مورد نظر باشد (غفاری‌گیلانده، ۱۳۹۰: ۱۱۴).

در عرصهٔ فنون تصمیم چندمعیاری (MCDM)[3]، قواعد تصمیم‌گیری متعددی برای تعیین میزان مناسبت کاربری اراضی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون، AHP[4]، VIKOR[5]، WLC[6] و TOPSIS[7] اشاره کرد (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۳۳). با وجود کاربرد گستردهٔ این قواعد که نمونه‌های آن را می‌توان در ادبیات پژوهش‌های مرتبط با تصمیم‌گیری چندمعیاری سراغ گرفت، تجربه نشان داده است که نتایج چند پژوهش مربوط به تعیین تناسب اراضی در یک محدودهٔ جغرافیایی واحد که با قاعدهٔ یکسان تحلیل چندمعیاری و در یک موضوع یکسان صورت می‌گیرد، امکان دارد به‌صورت متفاوت از هم نمود پیدا کند. علت این تفاوت نتایج را باید در چگونگی استفاده از فنون تحلیل چندمعیاری در یک زمینهٔ کاربردی خاص جست‌وجو کرد که در عواملی چون، دقت در تعیین معیارها، روش ارزش‌گذاری دامنهٔ تغییرات اندازه‌ها و برچسب‌های ثبت‌شده از معیارها، روش‌های استانداردسازی ارزش‌ها و مقادیر ثبت‌شده از معیارها و روش‌های وزن‌دهی معیارها، قابل شرح و تبیین است. بر همین اساس باید از یکسو به چگونگی کاربرد اصولی این فنون در زمینه‌های کابردی خاص توجه کرد و از سوی دیگر، به مقایسهٔ تطبیقی از کارایی چندین روش در یک موضوع خاص، اهتمام داشت. تداوم توجه به نکات مذکور، می‌تواند بیش از پیش به نهادینه‌کردن کاربرد اصولی قواعد و فنون تحلیل چندمعیاری در فرآیند تصمیم‌گیری‌ها کمک کند. بر همین اساس در مقالهٔ حاضر، تلاش شده است که در یک زمینهٔ تجربی (مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری شیراز) قابلیت‌های استفادهٔ عملیاتی از دو نمونهٔ برجسته از فنون تحلیل چندمعیاری با نام‌های TOPSIS و WLC آزمون شود و الگویی در اولویت‌بندی استفاده از این روش‌ها در یک عرصهٔ کاربردی، ارائه شود.

1. Geographical Information System
2. Decision Support System
3. Multi-criteria Decision Making
4. Analyitic Hierarchy Process
5. Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
6. Weighted- Linear Combination
7. Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution

هرچند توجه به پیش‌فرض‌هایی که در ذیل هر یک از روش‌های TOPSIS و WLC مطرح است و در مباحث نظری به آنها پرداخته خواهد شد، می‌تواند در انتخاب روش مورد استفاده تأثیرگذار باشد؛ با وجود این، مقایسهٔ خروجی‌های حاصل از این روش‌ها در سطوح مختلف از آستانه‌های مطلوبیت، نشان داد که یکی از وجوه بارز داوری درخصوص انتخاب یک روش، باید مبتنی بر دستورالعملی باشد که امکان گزینش از میان روش‌های TOPSIS و WLC را در سطوح مختلف از آستانه‌های مطلوبیت، فراهم کند. بر همین اساس نگارندگان مقالهٔ حاضر، با پردازش خروجی‌های حاصل از TOPSIS و WLC در حالت‌های مختلف، به انجام آزمون و خطای متوالی در راستای حصول به راه حل مناسب اقدام کردند. نتیجهٔ این آزمون و خطاها، استخراج دستورالعملی بود که می‌تواند در گزینش از میان روش‌های TOPSIS و WLC در یک زمینهٔ خاص، کارساز باشد. ضمن اینکه کاربرد این دستورالعمل می‌تواند در به‌کارگیری سایر فنون تحلیل چندمعیاری نیز قابل طرح و بررسی باشد. با توجه به مباحث یاد شده، پژوهش حاضر در صدد پاسخگویی به این سؤالات است که چگونه می‌توان در یک زمینهٔ کاربردی با استفاده از روش‌های TOPSIS و WLC، میزان تناسب گزینه‌های مکانی برای تخصیص محل دفن پسماندهای شهری را مشخص کرد؟ و چگونه می‌توان اولویت استفاده از هر یک از روش‌های TOPSIS و WLC را در تعیین سطح تناسب گزینه‌های مکانی مشخص کرد؟ در پاسخ به سؤال دوم فرض بر این است که در خروجی حاصل از روش‌های فوق‌الذکر، می‌توان با توجه به میزان غربال‌زنی پیکسل‌ها در هر سطح از آستانهٔ مطلوبیت پیکسل برای انتخاب، اولویت استفاده از مدل را در آن سطح از مطلوبیت تعیین کرد. این روش را می‌توان یک قاعدهٔ کلی دانست و در بررسی خروجی‌های حاصل از فنون دیگر تحلیل چند معیاری به‌کار برد.

با توجه به آنکه مکان‌یابی محل دفن زباله در فاصله‌های کمتر از ۳ کیلومتر و بیشتر از ۳۰ کیلومتر از شهر اصلی توصیه نمی‌شود (عبدلی،۱۳۷۲: ۲۱۴)؛ بر همین اساس با توجه به کلانشهری چون شیراز و گسترش آن در قالب منطقهٔ کلانشهری، محدودهٔ ۳۰ کیلومتری آن محدودهٔ مورد مطالعه در فرآیند مکان‌یابی انتخاب شده است، ولی از آنجا که در مکان‌یابی محل دفن، فاصلهٔ مناسب از شهرها و سکونتگاه‌های واقع در پیرامون این محدوده نیز مد نظر بود، بر همین اساس حریم تعیین‌شده برای انتخاب نهایی محدودهٔ مورد مطالعه، در محدودهٔ ۳۵ کیلومتری شیراز مد نظر قرار گرفته است، ولی روشن است که جست‌وجوی مکان اولویت‌دار در نقشهٔ نهایی، قاعدتاً باید در داخل شعاع ۳۰ کیلومتری از شهر صورت پذیرد. حجم بالای تولید زباله در شهر شیراز در جایگاه یکی از شهرهای میلیونی کشور که میانگین وزن زبالهٔ آن از ۷۹۱ تن در روز در سال ۱۳۸۲ به ۱۰۹۰ تن در روز در ۱۳۸۹ افزایش یافته است (سازمان مدیریت پسماند شهرداری شیراز، ۱۳۸۹)، نشانگر ضرورت و اهمیت مدیریت پسماند در این شهر است که به موازات آن، انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماندهای این شهر ضرورت می‌یابد. مکان فعلی دفن پسماندهای شهری شیراز یک فضای ۴۰ هکتاری است که در ۱۸ کیلومتری جنوب شرق شیراز قرار دارد، ضمن اینکه فضاهای دیگر این محدوده برای کاشت درختان، فضای سبز و مجتمع‌های صنعتی بازیافت اختصاص یافته است. عمر مفید مکان فعلی دفن پسماندهای شهری شیراز ۳۲ سال برآورد شده است و در حال حاضر بیش از یک دهه از بهره‌برداری آن می‌گذرد (سازمان مدیریت پسماندهای شهری شیراز،

۱۳۸۹). با این توصیفات، بررسی سطح تناسب مکان اختصاص یافته برای دفن زباله نیز یکی از محورهای اصلی پژوهش حاضر به حساب می‌آید.

در خصوص پیشینهٔ پژوهش نیز باید گفت که بحث پیرامون الگوها و روش‌های مطرح در فرآیند تحلیل چندمعیاری و کاربرد آن در تعیین تناسب اراضی برای اختصاص به کاربری‌های مختلف (اعم از محل دفن زباله)، سرمنشأ مطالعات و پژوهش‌های بسیاری است که مراجعه به آنها در غنای نظری پژوهش حاضر نقش برجسته‌ای داشته‌اند. ازجملهٔ این مطالعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

شمسایی‌فرد (۱۳۸۲) در یک کار پژوهشی، استفاده از تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی در مکان‌یابی محل دفن زباله برای شهر بروجرد را در شعاع ۲۰ کیلومتری مورد آزمون قرار داده است. ویژگی برجستهٔ این پژوهش، استفاده از پارامترهای متعددی است که در محورهایی متشکل از هیدرولوژی و ژئوهیدرولوژی، جنس خاک، زمین‌شناسی محل، ترافیک و حمل و نقل، نزدیکی و دوری به راه‌های اصلی و فرعی، آب‌وهوا، فاصله از شهر، قرار گرفتن در جهت توسعهٔ شهر، توپوگرافی محل، پوشش گیاهی منطقه، فاصله از نواحی مسکونی و مساحت محل دفن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این‌گونه ملاحظات می‌تواند به غنای بیشتر ماهیت چند بعدی فرآیند تصمیم‌گیری در انتخاب محل دفن زباله بینجامد. فرهودی، حبیبی و زندی بختیاری (۱۳۸۴) با در نظر گرفتن ۱۹ معیار مختلف در مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهر سنندج، زمینه‌های استفادهٔ کاربردی از محاسبات فازی در محیط GIS را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش ضمن بررسی مروری از کاربرد روش‌های مختلفی چون منطق همپوشانی، ضریب همبستگی، منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی در فرآیند تلفیق لایه‌ها و معیارها، درنهایت روش مورد استفاده در تلفیق متغیرهای مطرح در فاز مکان‌یابی، محاسبات فازی در نظر گرفته شده است. از نقاط قوت این پژوهش، بررسی وضعیت مناطق اولویت‌دار حاصل از تحقیق به‌تفکیک معیارها است که به نوعی اعتبار نتایج حاصل از پژوهش مستندسازی شده است. متکان، شکیبا، پورعلی و نظم‌فر (۱۳۸۷) ضمن انتخاب شهر تبریز برای مطالعهٔ موردی، کاربرد روش‌های WLC و OWA را در مکان‌یابی محل دفن زباله مورد آزمون قرار داده و در یک رویکرد قیاسی، به مقایسهٔ خروجی‌های حاصل از به‌کارگیری دو روش مذکور پرداخته‌اند. نتایج مقایسه نشان داد که خروجی حاصل از OWA دارای قدرت تفکیک بهتری است و بیش برآورد روشWLC در مقایسه با روش OWA زیاد است. پناهنده، ارسطو قویدل و قنبری (۱۳۸۸) با انتخاب شهر سمنان برای مطالعهٔ موردی، قابلیت‌های استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار GIS در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری را مورد آزمون قرار دادند. پارامترهای مورد استفادهٔ آنها در مکان‌یابی محل دفن پسماند در قالب پنج گروه، تعریف عملیاتی شده است، در پژوهش‌های انجام‌گرفتهٔ سنر، سنر، ناس و کاراگوزل (۲۰۱۰) و چانگ، پارواتیناتان و بریدن (۲۰۰۷) قابلیت‌های برخی از فنون تحلیل چندمعیاری در یک زمینهٔ تجربی از مکان‌یابی محل دفن زباله، به آزمون گذاشته شده است که به نوبه خود می‌تواند همچون الگویی، راهنمای عمل تصمیم‌گیران باشد. بر مبنای نتایج بررسی پژوهش‌های مذکور و مطالعات دیگری که به نوعی در ارتباط با مکان‌یابی دفن زباله به انجام رسیده‌اند، می‌توان گفت که همپوشی زیادی در چارچوب روش‌شناسی اغلب آنها دیده می‌شود و به نوعی می‌توان آنها را بسط کاربرد الگوی پژوهشی مشابه در نمونه‌های

موردی متفاوت قلمداد کرد. تکرار روندهای مذکور می‌تواند اصل نوآوری در کار پژوهشی را زیر سؤال ببرد، مگر آنکه روش‌ها و ایده‌های جدیدی در مکان‌یابی دفن زباله مطرح شده و در یک زمینهٔ پژوهشی مورد آزمون قرار گیرد. در مقالهٔ حاضر با درک خلأ مطرح‌شده در خصوص ارائهٔ چارچوب قاعده‌مند در آزمون مقایسه‌ای نتایج حاصل از به‌کارگیری روش‌های تحلیل چند معیاری در امر مکان‌یابی محل دفن زباله، تلاش شده است، چارچوب مقاله به‌گونه‌ای طراحی شود که گامی در مسیر پر کردن خلأ مذکور تلقی شود.

مبانی نظری

همان‌گونه که مطرح شد در عرصهٔ فنون تصمیم چند معیاری (MCDM) ، قواعد تصمیم‌گیری متعددی برای تعیین میزان مناسبت کاربری اراضی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون AHP , VIKOR, WLCو TOPSIS اشاره کرد . با توجه به آنکه در پژوهش حاضر به استفادهٔ عملیاتی از دو نمونه از روش‌های تحلیل چندمعیاری پرداخته شده است، بر همین اساس در ادامه به طرح مباحث مشروح‌تر از این دو روش پرداخته می‌شود.

ترکیب خطی وزن‌دار

یکی از روش‌های متداول در ارزیابی چندمعیاری که کاربرد گسترده‌ای در محیط GIS دارد، روش تلفیقی خطی وزن‌دار (WLC) است. در این روش با ضرب لایه‌های نقشهٔ استاندارد شده در وزن‌های متناظر آنها، نقشه‌های استاندارد شدهٔ وزنی تهیه شده است. در ادامه با اعمال عملیات همپوشی جمعی روی لایه‌های نقشهٔ استاندارد شدهٔ وزنی، نمره یا امتیاز کل هر گزینه به‌دست آمده است. امتیاز کل به‌دست‌آمده، مبنای رتبه‌بندی گزینه‌های مکانی در نظر گرفته می‌شود (غفاری‌گیلانده،۱۳۹۰: ۵۸). روش WLC با توجه به سهولت استفاده، در بعد گسترده‌ای از زمینه‌های مربوط به جهان واقعی به‌کار گرفته شده است. در رابطه با این مدل دو پیش‌فرض به‌صورت تلویحی قابل تصور است. پیش‌فرض اول مربوط به خطی‌بودن آن است؛ بدین صورت که مطلوبیت یک واحد اضافی از رقم مربوط به معیار، در هر سطحی از آن معیار ثابت است. پیش‌فرض دوم به استقلال صفات از یکدیگر مربوط می‌شود (مالچفسکی، ۱۳۸۶: ۳۴۳-۳۴۲).

به نظر می‌رسد پیش‌فرض اول پس از گذاشتن مقادیر مورد نیاز معیار از نقطهٔ سیر یا نقطهٔ اشباع مطلوبیت، وجههٔ قابل قبولی نداشته باشد. برای مثال، افزایش فاصله از محدودهٔ زمین‌لغزش، می‌تواند در واحدهای اولیه از فاصله با افزایش سطح مطلوبیت همراه باشد، ولی پس از دورشدن از محدودهٔ تنش‌زای زمین‌لغزش، افزایش یک واحد فاصله نمی‌تواند با افزایش یک واحد مطلوبیت همراه باشد. در مقاله حاضر به نظر می‌رسد این معضل با استفاده از اصول به‌کار گرفته‌شده در استانداردسازی مقادیر اندازه‌گیری شده از معیارها بر مبنای تابع عضویت در عدد فازی، تا حدودی حل شده باشد. پیش‌فرض دوم نیز که به استقلال صفات از یکدیگر مربوط می‌شود، در شرایط عدم تحقق همبستگی بین صفات عینیت می‌یابد. در پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد استفاده از روش CRITIC در روش وزن‌دهی معیارها می‌تواند گامی در جهت حل این معضل باشد؛ زیرا در این روش وجود همبستگی بالای یک معیار با معیارهای دیگر، می‌تواند در کاهش وزن آن

معیار اثرگذار باشد. با وجود این، اگر روش WLC در چارچوب تکنیک ANP[1] به‌کار گرفته شود، با توجه به آنکه در روش ANP برای تعیین وزن معیار، وضعیت آن معیار در ارتباط با گزینه‌های مختلف و معیارهای دیگر نیز در نظر گرفته می‌شود، بنابراین پیش‌فرض دوم در روش‌هایی چونANP مطرح نمی‌شود.

روش مرتب‌سازی اولویت گزینه‌ها برمبنای میزان مشابهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS)

روش تاپسیس یکی از روش‌های دیگر تحلیل چندمعیاری مورد استفاده در پژوهش پیش رو است که متداول‌ترین روش در تعیین میزان انفکاک از موقعیت ایده‌آل به‌شمار می‌رود. بر اساس این روش بهترین گزینه، گزینه‌ای است که به‌طور همزمان، نزدیک‌ترین واحد به نقطهٔ ایده‌آل و دورترین واحد از نقطهٔ متصف به شرایط نامطلوب باشد. از امتیازهای مهم این روش آن است که به‌طور همزمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده کرد. با این حال لازم است در این مدل هنگام محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت‌داده‌شده به معیارها از نوع کمّی باشند و در صورت کیفی‌بودن نسبت‌داده‌شده به معیارها، می‌باید آنها را به مقادیر کمّی تبدیل کرد (مالچفسکی، ۱۳۸۶: ۳۷۵-۳۷۴). اگرچه روش تاپسیس را می‌توان هم در محیط رستری و هم در محیط بُرداری مربوط به GIS به کار برد، اما این روش در پژوهش حاضر در چارچوب ساختار داده‌های رستری به‌کار گرفته شده است.

یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های روش‌های مبتنی بر فاصله از نقطهٔ ایده‌آل در این است که به تناسب گستردگی معیارهای در نظر گرفته‌شده، رتبه‌بندی و اطلاعات قابل توجهی را در مورد فاصلهٔ نسبی هر گزینه نسبت به نقطهٔ ایده‌آل در اختیار کاربر قرار می‌دهد (غلامی، ۱۳۹۰: ۱۷۲). بنابراین معضل منتج از پیش‌فرض استقلال گزینه‌ها که در روش قبل مورد اشاره قرار گرفت، ایجاد نخواهد شد؛ زیرا هر گزینه (پیکسل) در کلیت خود و در ماحصل ارزش‌های منبعث از مجموعهٔ صفات، یک صورت وضعیت کسب می‌کند که با صورت وضعیت ایده‌آل مقایسه می‌شود. مثال ملموس‌تر این قضیه را می‌توان در رابطه با شخصیت یک فرد مطرح کرد که می‌تواند با یک شخصیت ایده‌آل مقایسه شود. در این شرایط با ماحصل مجموعه‌ای از صفات مختلف که در قالب یک شخصیت عینیت یافته روبه‌رو هستیم و شخصیت به‌صورت یک کل با شخصیت ایده‌آل به‌منزلهٔ یک کل مقایسه می‌شود. بنابراین وابستگی متقابل پیچیده در بین صفات، معضلی ایجاد نمی‌کند.

مدل مفهومی پژوهش

در پژوهش پیش رو تلاش شده است که روند کار در یک نظام به‌هم‌پیوسته از گام‌های متوالی دنبال شود. بر همین اساس، فرایند پژوهش که در شکل ۱ نشان داده شده است، گویای چارچوب کلی روش‌شناسی کار و گام‌هایی است که ارتباط منطقی با یکدیگر دارند و شاکلهٔ پژوهش برمبنای آنها صورت‌بندی شده است.

1. Analytic Network Process

پیکسل	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	۰	معیار n
پیکسل ۱	صورت وضعیت ۱۱	صورت وضعیت ۱۲	صورت وضعیت ۱۳	۰	صورت وضعیت ۱n
پیکسل ۲	صورت وضعیت ۲۱	صورت وضعیت ۲۲	صورت وضعیت ۲۳	۰	صورت وضعیت ۲n
پیکسل ۳	صورت وضعیت ۳۱	صورت وضعیت ۳۲	صورت وضعیت ۳۳	۰	صورت وضعیت ۳n
۰	۰	۰	۰	۰	۰
پیکسل m	صورت وضعیت m۱	صورت وضعیت m۲	صورت وضعیت m۳	۰	صورت وضعیت mn
اولویت	وزن ۱	وزن ۲	وزن ۳	۰	وزن n

پیکسل	رتبهٔ نهایی در خروجی WLC	رتبهٔ نهایی در خروجی TOPSIS	نمرهٔ استاندارد شده در خروجی WLC	نمرهٔ استاندارد شده در خروجی TOPSIS	رتبهٔ نهایی در خروجی WLC	رتبهٔ نهایی در خروجی TOPSIS
پیکسل ۱	X۱۱	X۱۲	X'۱۱	X'۱۲	W۱۱	T۱۱
پیکسل ۲	X۲۱	X۲۲	X'۲۱	X'۲۲	W۲۲	T۲۲
پیکسل ۳	X۳۱	X۳۲	X'۳۱	X'۳۲	W۳۳	T۳۳
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
پیکسل m	Xm۱	Xm۲	X'm۱	X'm۲	Wrm	Trm

شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

روش پژوهش

داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

داده‌هایی که در این آزمون‌ها به‌کار گرفته شده‌اند، مشتمل بر نقشه‌ها یا اطلاعات بایگانی‌شدهٔ مربوط به معیارها و قیود محدودیتی هستند که در تعیین مطلوبیت مکانی برای دفن پسماندهای شهری به‌کار گرفته می‌شوند. بخشی از این اطلاعات بر پایهٔ استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اسنادی، دیجیتالی و پایگاه‌های اینترنتی مرتبط با موضوع پژوهش جمع‌آوری شده و بخشی از طریق مراجعه به سازمان‌ها و ارگان‌هایی چون سازمان مدیریت پسماند شهرداری شیراز، سازمان محیط زیست استان، سازمان آب منطقه‌ای استان، استانداری و ادارهٔ مسکن و شهرسازی استان به‌دست آمده است. در این پژوهش به تناسب نیاز از نرم‌افزارهای Excel 2010، Arc GIS 10 و IDRISI Kilimanjaro در فازهای مربوط به ورود داده‌ها، ذخیره و مدیریت داده‌ها، پردازش و تحلیل داده‌ها و نیز، خروجی گرفتن از داده‌ها، استفاده شده است.

بحث و یافته‌ها

تهیهٔ نقشه‌های معیار

یک معیار[1]، میزان و مبنا برای آزمون سطح مطلوبیت گزینه‌های تصمیم‌گیری به حساب می‌آید. از نقشه‌هایی که معرف تغییرات صورت وضعیت و مقادیر معیار در فضای جغرافیایی هستند، با نام نقشه‌های معیار یاد می‌شود (غفاری‌گیلانده، عابدینی و نجاتی ، ۱۳۹۰: ۲۰۷). فهرست معیارهای مورد استفاده در یک مسئلهٔ ارزیابی و تصمیم‌گیری را می‌توان از طریق مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، بررسی ادبیات موضوع و پیمایش نظرات و عقاید افراد صاحب‌نظر تهیه کرد. در جدول ۱ فهرستی از معیارهای استخراج شده و نکات کلیدی مطرح در ارزش‌گذاری دامنهٔ تغییرات مقادیر هر یک از آنها در فرایند مکان‌یابی دفن زباله آورده شده است.

دستهٔ دیگر از متغیرهای مورد استفاده در فرآیند ارزیابی، قیود محدودیت[2] هستند که محدودیت‌های اعمال‌شده در انتخاب گزینه‌ها را به نمایش گذاشته و مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن را تعیین می‌کنند. از مصادیق بارز قید محدودیت در موضوع مورد بررسی، می‌توان به ضوابطی اشاره کرد که سازمان محیط زیست آن را ارائه کرده است (جدول ۲).

در یکپارچه‌سازی نتایج حاصل از به‌کارگیری معیارهای مطرح در جدول ۱ با قیود محدودیت مندرج در جدول ۲، از ضرب زوجی استفاده شده است. بر همین اساس با ضرب نقشهٔ اولویت‌بندی‌شدهٔ حاصل از تحلیل چندمعیاری در نقشه‌های بولین مربوط به قیود محدودیت، مناطق منطبق بر وضعیت عدم احراز شرایط به لحاظ قیود محدودهٔ تعیین شده، حذف می‌شوند و فرایند اولویت‌بندی و انتخاب از نقشهٔ تعیین تناسب اراضی در مناطق خارج از محدودیت‌های حاصل از اعمال قیود محدودیت، صورت می‌گیرد.

1. Criterion
2. Constraints

جدول ۱. ماهیت توجیهی معیارهای مورد استفاده و مبنای ارزش‌گذاری دامنهٔ تغییرات مقادیر این معیارها

نام معیار	نحوهٔ ارزش‌گذاری مطلوبیت دامنهٔ تغییرات ثبت‌شده از معیارها
شیب	عدم مطلوبیت شیب‌های هموار به‌لحاظ راکد ماندن شیراب، عدم مطلوبیت شیب‌های تند به‌دلیل هزینهٔ بالای دفن بهداشتی، گودبرداری و خاکریزی و نیز امکان نفوذ شیرابه در مناطق پست، درجات متغیر مطلوبیت در حد فاصل شیب‌های ۱ تا ۱۵ درصد.
فاصله از خطوط گسل	عدم مطلوبیت فواصل کمتر از ۶۰ متری با توجه به افزایش نفوذپذیری شیرابه‌ها در درز و شکاف‌های حاصل از گسل و خطر تخریب و دفن در مواقع زمین‌لرزه، افزایش مطلوبیت فواصل بیش از ۲۰۰ متری.
وضعیت سازندهای زمین شناسی	عدم مطلوبیت سازندهای آهکی و دولومیتی به‌دلیل امکان نفوذپذیری بالای شیرابه‌ها، مطلوبیت سازندهایی همچون رسی و مارنی به‌دلیل امکان کم نفوذپذیری شیرابه‌های حاصل از پسماند، مطلوبیت متغیر سایر سازندها در فاصلهٔ میان دو حد یاد شده.
وضعیت فرسایش	مطلوبیت پایین مناطق دارای پتانسیل بالای فرسایش برای اختصاص یافتن به محل دفن زباله.
فاصلهٔ مناسب از منابع آبی و مناطق حفاظتی	رعایت فواصل مناسب تعیین‌شده از چاه‌ها، سدها و آب‌بندها، رودخانه، تالاب‌ها، مناطق حفاظتی، چشمه‌ها و قنات‌ها برای حفظ ویژگی‌های کیفی و کمی آنها و رعایت ملاحظات زیست‌محیطی.
موقعیت نسبت به کانسارهای معدنی	عدم مطلوبیت قرارگیری محل دفن زباله بر روی کانسارهای معدنی در راستای پرهیز از تبعات منفی ممکن به هنگام بهره برداری از این کانسارها
موقعیت نسبت به دشت‌های سیلابی	عدم مطلوبیت قرارگیری مکان‌های دفن زباله در دشت‌های سیلابی به‌دلیل وجود خطر سیل و بالابودن سطح آبهای زیرزمینی در این دشت‌ها.
عمق آب زیرزمینی	مطلوبیت پایین مناطق دارای عمق پایین آب با توجه به خطر آلودگی آبهای زیرزمینی.
وضعیت تبخیر	مطلوبیت مناطق دارای پتانسیل تبخیر بالا به‌دلیل امکان کاهش تولید شیرابه‌ها.
فاصله از اراضی کشاورزی، باغات و جنگل‌ها	عدم مطلوبیت اختصاص زمین‌های مستعد کشاورزی برای دفن زباله، عدم مطلوبیت فواصل کمتر از ۲۰۰ متری محل دفن زباله نسبت به اراضی زراعی، باغات و جنگل‌ها.
فاصله از مراکز روستایی	رعایت حداقل فواصل ۱۵۰۰ متری از مراکز روستایی با توجه به لحاظ ملاحظات زیست‌محیطی.
فاصله از مراکز شهری	ضرورت رعایت حریم زیست‌محیطی شهرها، ضرورت رعایت حداقل فاصلهٔ ۲ تا ۵ کیلومتری و حداکثر فاصلهٔ ۱۰ تا ۳۰ کیلومتری محل دفن زباله از شهر.
فاصله از فرودگاه	ضرورت رعایت فاصلهٔ ۳ و ۸ کیلومتری از فرودگاه‌های محلی و بین‌المللی با توجه به زمینه‌های تجمع پرندگان در مکان‌های دفن زباله و بازتاب‌های منفی اجتماعی و اکولوژیکی محل دفن.
فاصله از خطوط ارتباطی	ضرورت رعایت موقعیت مناسب به خطوط ارتباطی و در عین حال، رعایت حداقل فاصلهٔ تعیین شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست.
فاصله از خطوط انتقال نیرو	ضرورت رعایت موقعیت مناسب به خطوط انتقال نیرو به لحاظ نیاز به انرژی الکتریسیته در احداث تجهیزات تکمیلی و در عین حال، رعایت حداقل فاصلهٔ ۵۰۰ متری
فاصله از شهرک‌های صنعتی	رعایت حداقل فواصل ۱۵۰۰ متری از شهرک‌های صنعتی به‌دلیل ملاحظات زیست‌محیطی.

منبع: خراسانی، مهردادی، درویش‌صفت و شکرایی، ۱۳۸۳؛ عبدلی، ۱۳۷۲؛ باقرزاده، ۱۳۸۹؛ خلیل‌وند، ۱۳۸۹؛ عبدلی، ۱۳۷۲؛ مخدوم، ۱۳۸۹؛ سازمان محیط زیست، ۱۳۸۴؛ رضایی، دهزاد، عمرانی و هاشم‌پور، ۱۳۸۶؛ نیرآبادی، ۱۳۸۶؛ شمسایی‌فرد، ۱۳۸۳؛ متکان و همکاران، ۱۳۸۷؛ فرهودی و همکاران، ۱۳۸۴.

جدول ۲. قیود محدودیت مورد استفاده در مکان‌یابی محل دفن پسماند

نوع قید محدودیت	احراز شرایط	عدم احراز شرایط
رعایت حریم ۱۰۰۰ متری از مناطق حفاظتی	۱	۰
رعایت حریم ۳۰۰۰ متری از آثار باستانی و تاریخی	۱	۰
رعایت حریم۸۰۰۰ متری از فرودگاه بین‌المللی	۱	۰
رعایت حریم ۱۰۰۰ متری از مراکز صنعتی	۱	۰
رعایت حریم ۳۰۰ متری از خطوط ارتباطی	۱	۰
عدم قرارگیری در فاصلهٔ ۱۵۰۰ متری از روستا	۱	۰
عدم قرارگیری در فاصلهٔ حریم زیست‌محیطی شهر	۱	۰
عدم قرارگیری در مسیر بادهای غالب منتهی به شهر	۱	۰
رعایت حریم ۲۰۰ متری از اراضی زراعی، جنگل و باغات	۱	۰
عدم قرارگیری روی ذخایر معدنی	۱	۰
عدم قرارگیری در محدوده‌هایی با سنگ بستر آهکی و دولومیتی کارستی، انحلال‌پذیر و گنبدهای نمکی	۱	۰
رعایت حریم ۲۰۰ متری از خطوط گسل	۱	۰
عدم تناسب شیب‌های بالای ۱۵ درصد	۱	۰
عدم قرارگیری روی دامنه‌های مستعد زمین‌لغزش با رعایت حریم ۱۰۰۰ متری	۱	۰
عدم قرارگیری بر مناطق سیلابی و رعایت حریم ۵۰۰ متری	۱	۰
عدم قرارگیری در اراضی دارای عمق آب زیرزمینی کمتر از ۵ متر	۱	۰
رعایت حریم ۱۰۰۰ متری از سد و آب‌بندها	۱	۰
رعایت حریم ۴۰۰ متری از چاه و قنات	۱	۰
عدم قرارگیری در محدودهٔ ۱۰۰۰ متری از چشمه‌ها	۱	۰
رعایت حریم ۱۰۰۰ متری از دریاچه و تالاب	۱	۰
عدم قرارگیری در ۱۰۰۰ متری رودخانه	۱	۰

مستخرج از منابع جدول یک توسط نگارندگان

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های معیار

ارزش‌گذاری به‌معنای آن است که به مقادیر یا برچسب‌های مشخص‌شده از معیارها، برحسب میزان مطلوبیت، ارزشی تعلق بگیرد. استانداردکردن داده‌ها نیز به‌معنای همسان‌کردن دامنهٔ تغییرات داده‌ها در دامنه‌های ۰ تا ۱ و ۰ تا ۲۵۵ است (آشور،۱۳۹۰: ۱۵۴)؛ زیرا معیارهای مورد استفاده در فرآیند ارزیابی ممکن است در واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند (مانند درصد در اندازه‌گیری شیب و متر در اندازه‌گیری فاصله از گسل)، درنتیجه نمی‌توان عملیات ریاضی را در فرآیند همپوشی روی آنها انجام داد. در پژوهش حاضر، فرآیند ارزش‌گذاری و استانداردسازی به‌صورت توأم و برمبنای ارزش عضویت در مجموعهٔ فازی در نظر گرفته شده است. ارزش عضویت یا درجهٔ تعلق در یک مجموعهٔ فازی را می‌توان با شماره‌ای تعیین کرد که دامنهٔ آن بین مقادیر ۰ تا ۱ (یا حالت کش‌داده‌شدهٔ آن در دامنهٔ ۰ تا ۲۵۵) قرار دارد. در دامنهٔ بین ۰ و ۱ اگر $\mu_A(x) = ۱$ باشد، در آن صورت عنصر x به‌صورت کامل به مجموعهٔ A تعلق دارد. به همین ترتیب اگر $\mu_A(x) = ۰$ باشد، در آن صورت عنصر x به‌طور مشخص به مجموعهٔ A تعلق ندارد (افروز، ۱۳۹۰: ۶۴).

درجهٔ بالای ارزش عضویت یک عنصر، نشانگر نسبت بالای تعلق آن به مجموعهٔ معرف وضعیت تناسب‌بوده که نشان‌دهندهٔ افزایش درجه مطلوبیت است. در پژوهش پیش رو با استفاده از امکاناتی که در تابع فازی از نرم‌افزار IDRISI Kilimanjaro وجود دارد، برای استانداردسازی نقشه‌هایی که به‌صورت نقشه‌های معیار تهیه شده‌اند، به تناسب، از توابع عضویت Sigmoidal و linear در قالب‌هایی چون افزایشی به‌صورت یکنواخت، کاهشی به‌صورت یکنواخت و سایمتریک استفاده شده است و نقشه‌های استاندارد هر یک از معیارها، در دامنهٔ کش‌یافته ۲۵۵-۰ به‌دست آمده است.

وزن‌دهی نقشه‌های معیار

با توجه به آنکه اغلب عوامل مؤثر در تعیین تناسب اراضی از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر، باید اهمیت نسبی آنها بر اساس ضرایب ویژه‌ای با نام وزن، در تجزیه و تحلیل اطلاعات اعمال شود. تا کنون روش‌های متعددی در تعیین وزن استفاده شده است که روش‌های مقایسهٔ زوجی[1] و CRITIC (اهمیت معیار بر مبنای همبستگی بین معیاری)[2] ازجمله آنها هستند (جهانی، ۱۳۷۷: ۷۱). در این پژوهش روش CRITIC با پیش‌فرض‌هایی که در ذیل آن وجود دارد، مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش میزان همبستگی، تداخل و تضاد مقادیر استاندارد شده از معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در تعیین وزن دخالت داده می‌شود. در جدول ۳ مجموع تضاد، انحراف معیار و وضع نهایی هر یک از معیارهای مطرح در مکان‌یابی محل دفن زباله‌ها که در مراحل مختلف از عملیاتی‌سازی روش CRITIC به‌دست آمده است، نشان داده می‌شود.

1. Pair – wise Comparison
2. Criteria Importance Through Intercriteria Correlation

جدول ۳. مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در مکان‌یابی محل دفن پسماند بر اساس روش CRITIC

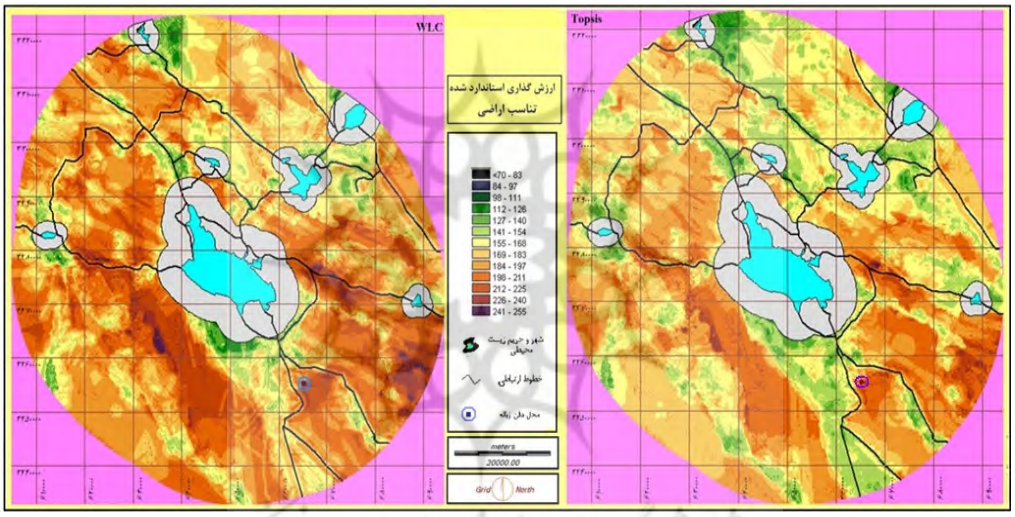
نام معیار	مجموع تضاد	انحراف معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
مناطق شهری	۲۵/۱۴۸	۱۰۸/۰۵۸	۲۷۱۷/۵۲۲	۰/۰۷
مناطق روستایی	۲۳/۴۱۱	۱۱۱/۰۳۸	۲۵۹۹/۵۵۷	۰/۰۶۷
خطوط ارتباطی	۲۶/۲۰۷	۶۵/۶۲۳	۱۷۱۹/۸۲۹	۰/۰۴۴
آثار تاریخی و باستانی	۲۳/۷۴۷	۸۸/۲۴۲	۲۰۹۵/۴۹۴	۰/۰۵۴
گسل	۲۴/۸۴۹	۲۹/۵۸۵	۷۳۵/۱۹۲	۰/۰۲
دریاچه و تالاب	۲۵/۶۴۰	۵۸/۰۷۷	۱۳۶۰/۸۸۶	۰/۰۳۵
فرودگاه	۲۳/۶۹۳	۵۱/۶۰۳	۱۲۲۲/۶۳۹	۰/۰۳
انتقال انرژی	۲۴/۲۲۲	۴۷/۱۷۱	۱۸۲۰/۸۰۷	۰/۰۴۷
شیب	۲۵/۸۳۸	۹۵/۱۵۷	۲۴۵۸/۶۶	۰/۰۶۳
چشمه	۲۴/۳۸۹	۵۹/۵۷۱	۱۴۵۲/۸۷۹	۰/۰۳۷
قنات	۲۴/۳۸۳	۲۵/۰۷۴	۶۱۱/۳۹۸	۰/۰۱۶
سد	۲۴/۷۵۶	۱۳/۸۹۹	۳۴۴/۱۰۶	۰/۰۱
عمق آب زیرزمینی	۲۴/۵۸۹	۷۶/۳۸۷	۱۸۷۸/۳۲۲	۰/۰۴۸
زمین‌شناسی	۲۴/۵۹۲	۵۱/۴۲۲	۱۲۶۴/۵۸۹	۰/۰۳
فرسایش	۲۶/۷۷۴	۰/۴۴	۱۱/۷۹۶	۰/۰۰۰۳
رودخانه	۲۴/۶۹۴	۶۶/۰۴۶	۱۶۳۰/۹۷۳	۰/۰۴۲
چاه آب	۲۳/۲۷۹	۱۰۲/۹۲	۲۳۹۵/۹۳۸	۰/۰۶۲
معدن	۲۵/۰۴۹	۵/۴۱۷	۱۳۵/۷۰۱	۰/۰۰۳۵
مناطق حفاظتی	۲۵/۲۷۶	۸۸/۸۱۴	۲۲۴۴/۸۷۹	۰/۰۶
شهرک صنعتی	۲۴/۵۸۲	۲۱/۸۹۲	۵۳۸/۱۴۷	۰/۰۱۴
زمین‌لغزش	۲۴/۵۵۷	۱۶/۹۱۴	۴۱۵/۳۷۱	۰/۰۱۱
دشت سیلابی	۲۴/۴۰۸	۷۶/۹۷۷	۱۸۷۸/۸۹۴	۰/۰۴۸
اراضی زراعی	۲۳/۴۳۲	۱۲۴/۲۶۵	۲۹۱۱/۷۲۸	۰/۰۷۵
جنگل و باغات	۲۴/۹۸۶	۰/۳۱	۷/۷۵۵	۰/۰۰۰۲
باد	۲۴/۹۳۷	۹۳/۹۹۹	۲۳۳۴/۷۲۸	۰/۰۶
تبخیر	۲۵/۳۹۲	۹۱/۰۷۱	۲۰۵۸/۶	۰/۰۵۳

منبع: محاسبات نگارندگان

در محاسبهٔ مجموع تضاد هر معیاری با معیار دیگر، ابتدا همبستگی مقادیر استانداردشدهٔ هر معیار با معیارهای دیگر به‌دست‌آمده و نتیجه از عدد یک کم می‌شود تا میزان تضاد به‌دست آید (در ماتریس با ابعاد ۲۶ × ۲۶). بر همین اساس، در ادامه می‌توان مجموع تضاد هر معیار را با معیارهای دیگر محاسبه کرد. میزان اطلاعات هر معیار نیز از ضرب مجموع تضاد معیار در میزان انحراف مقادیر استاندارد شده به‌دست می آید. درنهایت وزن هر معیار عبارت است از حاصل تقسیم میزان اطلاعات همان معیار در مجموع میزان اطلاعات معیارهای به‌کار گرفته شده که به‌صورت کسری از عدد ۱ بیان می‌شود.

خروجی حاصل از به‌کارگیری ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

در پژوهش حاضر، عملیات WLC در محیط Idrisi Kilimanjaro و با استفاده از تابع MCE به‌انجام رسیده است، ضمن آنکه خروجی‌های حاصل از مدل WLC، با کشش خطی ساده (با استفاده از تابع STRETCH) در حدفاصل ۲۵۵– ۰، کش‌داده‌شده و استانداردسازی می‌شوند تا مقایسهٔ نمرات گزینه‌ها با وضعیت مطلوب، نرم مشخص‌تری را به خود بگیرد و با وضعیت کش‌داده‌شده و استانداردشدهٔ نقشهٔ اولویت‌بندی حاصل از روش TOPSIS قابل مقایسه باشد؛ زیرا تغییرات نمرات در خروجی حاصل از TOPSIS مقطعی از دامنهٔ نمرات را در حدفاصل ۱–۰ شامل می‌شود و با دامنهٔ به‌دست‌آمده از خروجی WLC همخوانی ندارد، ولی با کشش خطی هر دو نقشه در حد فاصل ۲۵۵– ۰ امکان مقایسه نتایج در سطوح واحد مطلوبیت فراهم می‌شود (شکل ۲). در خروجی حاصله، به شرط خارج بودن از دایرهٔ قیود محدودیت، هرچه نمرهٔ پیکسل به عدد ۲۵۵ میل می‌کند، نشانگر تناسب بیشتر آن پیکسل برای اختصاص دادن محل دفن زباله است.



شکل ۲. خروجی طبقه‌بندی‌شدهٔ حاصل از روش TOPSIS (سمت راست) و WLC (سمت چپ)

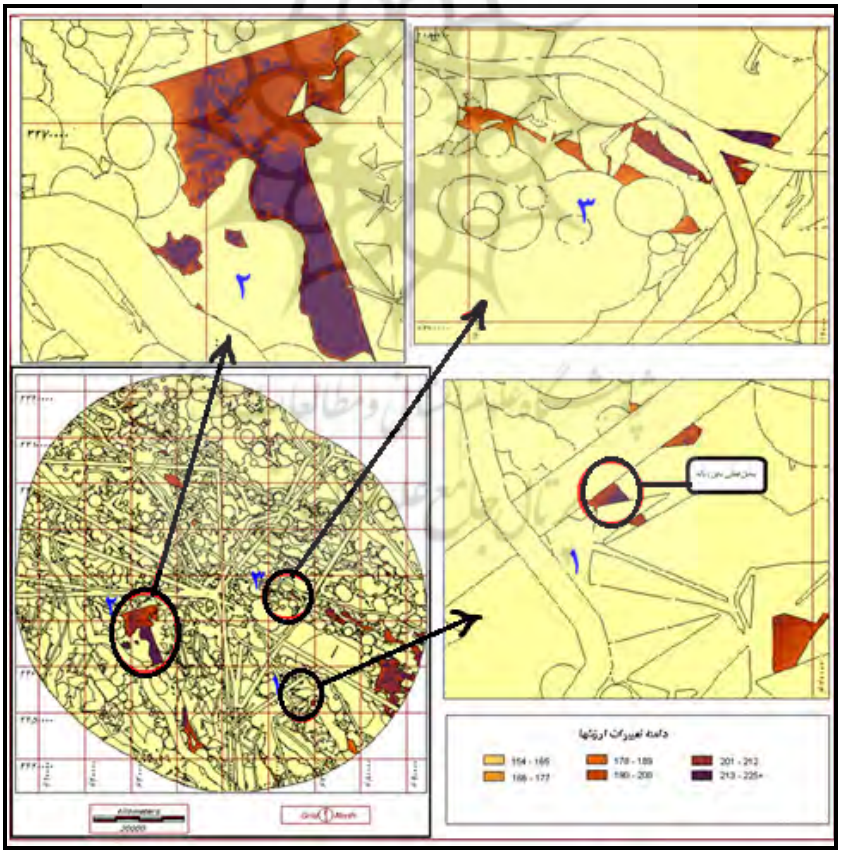
خروجی حاصل از به‌کارگیری مدل تاپسیس

روش مرتب‌سازی اولویت گزینه‌ها برمبنای میزان مشابهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS)، یکی دیگر از روش‌های تحلیل چندمعیاری است که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. این روش متداول‌ترین روش‌ها در تعیین میزان انفکاک از موقعیت ایده‌آل محسوب می‌شود. بر اساس این روش بهترین گزینه، گزینه‌ای است که به‌طور همزمان، نزدیک‌ترین واحد به نقطهٔ ایده‌آل و دورترین واحد از نقطهٔ متصف به شرایط نامطلوب باشد. از امتیازهای مهم این روش آن است که به‌طور همزمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده کرد. با وجود این، لازم است هنگام محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت‌داده‌شده به معیارها از نوع کمّی باشد و در صورت کیفی‌بودن نسبت‌داده‌شده به معیارها، بایستی آنها را به مقادیر کمّی تبدیل کرد (مالچفسکی، ۱۳۸۶: ۳۷۵–۳۷۴). اگرچه روش تاپسیس را می‌توان هم در محیط رستری و هم در محیط برداری مربوط به GIS به‌کار برد، اما در پژوهش حاضر این روش در چارچوب ساختار داده‌های رستری به‌کار گرفته شده است. در پژوهش حاضر پس از اجرای مدل تاپسیس در چارچوب محدودهٔ مورد

مطالعه، نقشهٔ خروجی اولویت‌بندی تناسب اراضی در مکان‌گزینی دفن زباله به‌دست آمد. در نقشهٔ به‌دست‌آمده اولویت‌دارترین اراضی با نمرهٔ ۰/۷۳ مشخص می‌شود. بر همین اساس، هرچه مقادیر پیکسل‌ها عدد پایین‌تری را نشان دهند، از مطلوبیت پیکسل برای اختصاص به محل مورد نظر کاسته خواهد شد. در ادامه بنابر دلایل مطرح‌شده در مبحث مربوط به خروجی WLC که شرح آن گذشت، دامنهٔ نمره‌های به‌دست‌آمده در مدل تاپسیس با استفاده از کشش سادهٔ خطی، در حد فاصل ۲۵۵–۰ کش‌داده شد.

استفاده از منطق بولین

در نقشه‌های بولین که با ارزش‌های زوجی ۰ و ۱ مشخص می‌شود، صفر نمایندهٔ محدودیت و یک نشانگر عدم محدودیت است. در واقع برای اعمال قیود محدودیت روی نقشهٔ خروجی حاصل از مدل WLC و TOPSIS، به ضرب این نقشه‌ها در نقشه‌های بولین مربوط به قیود محدودیت اقدام می‌شود (شکل ۳). ۳ گویای آن است که مکان فعلی دفن زباله‌های شهری شیراز (قطعهٔ ۱) از تمامی شرایط تعیین‌شده در قیود محدودیت برخوردار است.



شکل ۳. نمایی از محدوده‌های خارج از شرط قیود محدودیت بعد از اعمال منطق بولین

دستورالعمل به‌دست آمده در گزینش از میان روش‌های TOPSIS و WLC

دستورالعمل پیشنهادی که در ادامه معرفی‌شده و با یک نمونهٔ عملیاتی تشریح می‌شود، به دفعات متناوب و در

پیش‌فرض‌های مختلف مورد آزمون قرار گرفته شده است تا از تعمیم کاربرد آن اطمینان حاصل شود. دستورالعمل پیشنهادی که در محیط Idrisi Kilimanjaro، صورت عملیاتی به خود گرفته به شرح زیر است:

۱. همان‌گونه که پیش از این بیان شد با توجه به ناهمخوانی دامنهٔ نمرات خروجی‌های حاصل از TOPSIS و WLC، ابتدا دامنهٔ نمرات در هر دو نقشه با استفاده از کشش خطی در حد فاصل ۲۵۵–۰ کش‌داده‌شده و استانداردسازی شدند. با وجود این، با توجه به قاطبهٔ ارزش‌های مطرح در نقشه‌های استاندارد شدهٔ داخل محدوده در مقالهٔ حاضر، کف نمرات در فرآیند غربال‌زنی از عدد ۱۰۰ ≤ شروع شده و به سقف نمرات در عدد ۲۵۵ منتهی می‌شود.

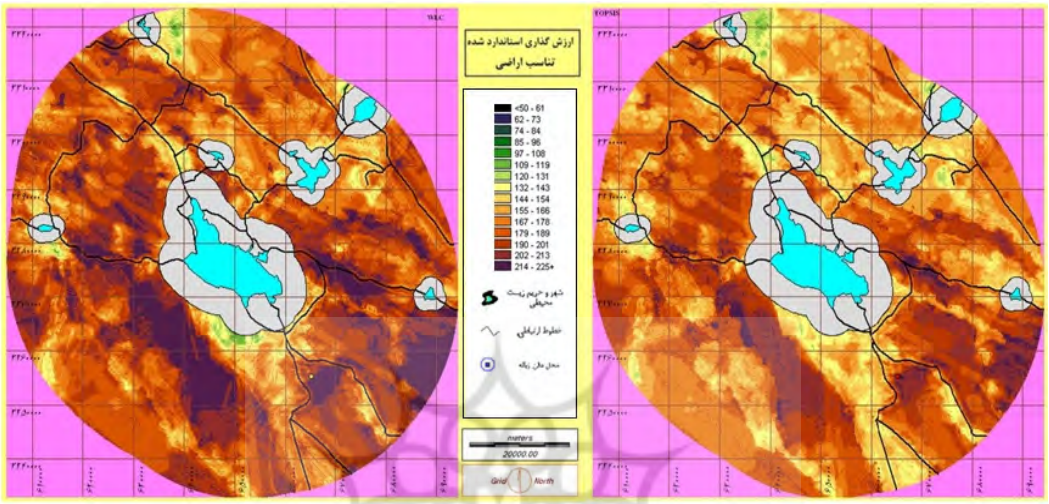
۲. دامنهٔ نمرات اتخاذشده را می‌توان در فواصل مشخص طبقه‌بندی کرد. البته پایین‌آمدن تعداد طبقات نباید در حدی باشد که به فشرده‌سازی بیشتر اطلاعات و عدم انعکاس جزئیات مورد نیاز از تغییرات داده‌ها منجر شود. در شکل ۲، نمونه‌ای از این طبقه‌بندی دیده می‌شود.

۳. آستانه‌ای از نمرات استانداردشده مشخص می‌شود که در آن آستانه می‌توان به مطلوبیت مورد نظر دست یافت. آستانهٔ مطلوبیت به تناسب حساسیت موضوع و نوع نگاه کارشناسی می‌تواند متفاوت باشد. با وجود این، در دامنهٔ واقع در حدفاصل ۲۵۵–۰، هرچه در انتخاب پیکسل مناسب نگاه سخت‌گیرانه‌تری اعمال شود، آستانهٔ مطلوبیت به سمت عدد ۲۵۵ میل می‌کند؛ در حالیکه با انعطاف‌پذیری بیشتر آستانهٔ مطلوبیت پایین می‌آید. یک طبقه‌بندی اولیه از نمرات اخذشدهٔ معیارها در رده‌بندی‌های ده‌کلاسه، دوازده‌کلاسه، پانزده‌کلاسه و مانند آنها، می‌تواند در انتخاب آستانه مؤثر باشد. برای مثال، اگر نمرات استاندارد اخذ شدهٔ پیکسل‌ها در فاصلهٔ میان ۱۰۰ ≤ و ۲۵۵ ≥ متغیر باشد و یک طبقه‌بندی ده‌گانه را روی آن اعمال کنیم، نمرات ۲۵۵– ۲۴۰ در کلاس ۱۰ (کلاس اولویت‌دار) و نمرات ۲۳۹–۲۲۴، در طبقهٔ ۹ (اولویت در سطح دوم) قرار می‌گیرند. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که اگر دو کلاس یادشده را به‌صورت توأم دارای مطلوبیت لازم در نظر بگیریم، در آن صورت عدد آستانه برابر با ۲۲۴ خواهد بود.

در شکل ۲، خروجی‌های دو روش TOPSIS و WLC در سطح مطلوبیت ۲۴۱ نشان داده شده است؛ بدین صورت که پیکسل‌های با ارزش ۲۴۱ و بالاتر با رنگ یکسانی که معرف شرایط مطلوبیت برای انتخاب در ردهٔ اول هستند، نشان داده می‌شود. هرچه پیکسل‌های حامل این رنگ در خروجی به‌دست‌آمده از یک روش محدودتر باشد، نشان‌دهندهٔ غربال‌شدن بیشتر پیکسل‌ها تا رسیدن به سطح مورد نظر است. این امر خود می‌تواند معرف شدت سخت‌گیری در جای‌گیری پیکسل‌های حائز شرایط مطلوب در ردهٔ اول باشد. شکل ۴ نیز خروجی‌های دو روش مذکور را در آستانهٔ مطلوبیت ۲۱۴ نشان می‌دهد. با پایین آوردن آستانهٔ مطلوبیت، انعطاف‌پذیری بیشتر شده و تعداد پیکسل‌هایی که بعد از غربال در ردهٔ اول باقی می‌مانند، افزایش می‌یابد. با این اوصاف می‌توان گفت که هریک از روش‌های TOPSIS و WLC که تا یک سطح مشخص و یکسان از آستانهٔ مطلوبیت، قدرت غربال‌زنی بیشتری داشته باشد، به‌منزلهٔ آن است که در آن سطح، سخت‌گیرانه‌تر عمل می‌کند.

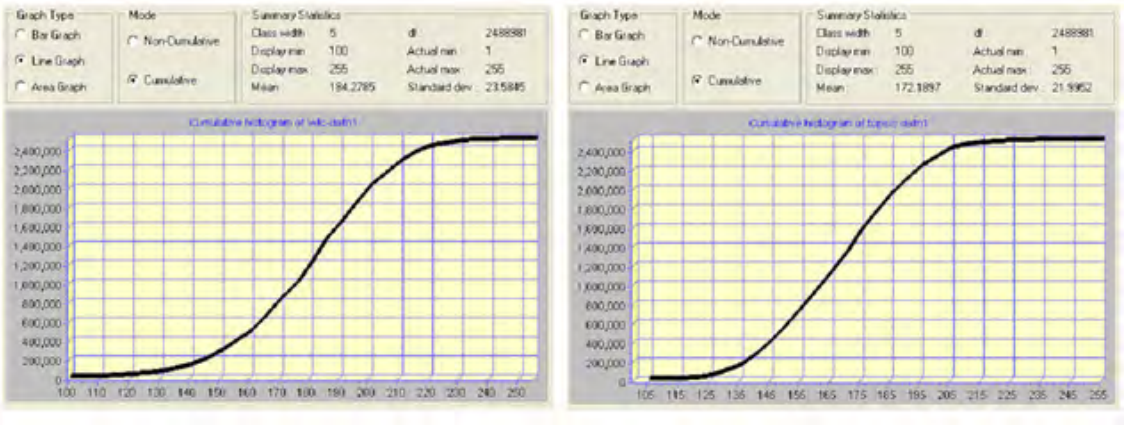
۴. در گام بعدی به تهیهٔ جدول غربال‌زنی و نمودار غربال‌زنی از پیکسل‌ها پرداخته می‌شود که معرف میزان غربال پیکسل‌ها در هر سطح از آستانه‌های فرضی مطلوبیت است. میزان غربال‌زنی پیکسل‌ها در هر سطح از آستانه‌های فرضی بر اساس فراوانی تجمعی پیکسل‌هایی تعیین می‌شود که تا رسیدن به آن آستانه، غربال می‌شوند. فراوانی تجمعی مذکور

را می‌توان از جدول فراوانی تجمعی و نمودار فراوانی تجمعی قرائت کرد. شیب تندتر نمودار غربال‌زنی در هر مقطع از نمودار، نشانگر میزان بالاتر پیکسل‌های غربال‌شده تا آن مقطع است. فرض بر این است که میزان بیشتر از غربال‌زنی در آستانهٔ تعیین‌شده، معرف نگاه سخت‌گیرانه در انتخاب پیکسل‌ها است؛ زیرا باعث می‌شود پیکسل‌های محدودتری بعد از آستانهٔ تعیین‌شده به‌منزلهٔ پیکسل‌های حائز نمرهٔ مطلوبیت، باقی بمانند.



شکل ٤. خروجی حاصل از روش‌های TOPSIS (سمت راست) و WLC (سمت چپ) در سطح مطلوبیت ۲۱٤

برای مثال اگر بخواهیم بدانیم در آستانهٔ مطلوبیت ۲۴۱، چه تعداد از پیکسل‌ها در خروجی حاصل از WLC (سمت راست شکل ۲) و خروجی حاصل از TOPSIS (سمت چپ شکل ۲) غربال می‌شوند و با تغییر آستانه‌های مطلوبیت در سطوح ۲۱۴ (شکل ۴)، چه تغییراتی در روند غربال‌زنی پیکسل‌ها اتفاق می‌افتد، باید به نمودار فراوانی تجمعی و جدول فراوانی تجمعی غربال‌های خروجی‌های WLC و TOPSIS در سطوح تعیین‌شده از آستانه مطلوبیت، مراجعه کنیم. در شکل ۵ نیز فراوانی تجمعی غربال‌زنی روش‌های TOPSIS و WLC در سطوح مختلف از آستانهٔ مطلوبیت نشان داده شده است. هدف از ارائهٔ شکل‌های ۵ این است که بتوان در قالب نمودار گرافیکی دوبعدی، میزان پیکسل‌های غربال‌شده (با توجه به مقادیر محور Y) به‌ازای هر یک از سطوح مطلوبیت فرضی (مندرج در محور **X**) را قرائت کرد. در این منحنی‌ها، محور افقی تغییرات نمرات استاندارد شدهٔ پیکسل‌های داخل محدوده را نشان می‌دهد که از ۱۰۰ تا ۲۵۵ متغیر است و آستانهٔ مطلوبیت فرضی از داخل این دامنه انتخاب می‌شود. ستون عمودی نیز معرف پیکسل‌هایی است که در سطح مطلوبیت مورد نظر از مطلوبیت غربال می‌شوند. برای مثال، مطابق با نمودار مندرج در شکل ۵، در آستانهٔ مطلوبیت ۲۰۰ بیش از ۲,۰۰۰,۰۰۰ پیکسل در خروجی حاصل از WLC غربال می‌شوند؛ در حالیکه در همان سطح از آستانهٔ مطلوبیت، نزدیک به ۲,۳۰۰,۰۰۰ پیکسل در خروجی حاصل از TOPSIS غربال می‌شود. به همین ترتیب می‌توان میزان غربال‌زنی در خروجی‌های WLC و TOPSIS را در آستانه‌های دیگر فرضی از مطلوبیت همچون ۲۱۴ و ۲۴۱، کنترل و با هم مقایسه کرد. در مثال‌های طرح‌شده از آستانه‌های فرضی مطلوبیت، خروجی TOPSIS به‌دلیل غربال‌زنی بیشتر، اولویت دارد.



شکل ٥. روند فراوانی تجمعی غربال زنی پیکسل‌ها در خروجی TOPSIS (سمت راست) و WLC (سمت چپ)

شکل دیگری از روند رهگیری در میزان غربال‌زنی در سطوح مختلف از آستانه‌های مطلوبیت، بر پایهٔ جدول فراوانی تجمعی انجام می‌گیرد که در نمایه‌های آماری مربوط به نقشه‌های تناسب اراضی در محیط نرم‌افزار EDRISI مندرج است. (جداول ۴ و ۵)

جدول ٤. برخی از **نمایه‌های آماری نقشهٔ خروجی حاصل از روش WLC**

طبقه	حد پایین طبقه	حد بالای طبقه	فراوانی	فراوانی تجمعی	طبقه	حد پایین طبقه	حد بالای طبقه	فراوانی	فراوانی تجمعی
۱	۱۰۰	۱۰۴/۹۹۹	۲۶۱	۲۶۱	۱۷	۱۸۰	۱۸۴/۹۹۹	۲۰۱۹۴۲	۱۱۸۴۷۳۹
۲	۱۰۵	۱۰۹/۹۹۹	۶۵۴	۹۱۵	۱۸	۱۸۵	۱۸۹/۹۹۹	۲۵۸۹۲۹	۱۴۴۳۶۶۸
۳	۱۱۰	۱۱۴/۹۹۹	۱۶۰۱	۲۵۱۶	۱۹	۱۹۰	۱۹۴/۹۹۹	۱۷۸۱۸۴	۱۶۲۱۸۵۲
۴	۱۱۵	۱۱۹/۹۹۹	۵۸۳۶	۸۳۵۲	۲۰	۱۹۵	۱۹۹/۹۹۹	۱۹۴۴۲۷	۱۸۱۶۲۷۹
۵	۱۲۰	۱۲۴/۹۹۹	۹۲۲۴	۱۷۵۷۶	۲۱	۲۰۰	۲۰۴/۹۹۹	۱۹۳۹۷۹	۲۰۱۰۲۵۸
۶	۱۲۵	۱۲۹/۹۹۹	۱۱۷۰۰	۲۹۲۷۶	۲۲	۲۰۵	۲۰۹/۹۹۹	۱۲۳۶۰۷	۲۱۳۳۸۶۵
۷	۱۳۰	۱۳۴/۹۹۹	۲۲۸۴۸	۵۲۱۲۴	۲۳	۲۱۰	۲۱۴/۹۹۹	۱۲۸۴۹۰	۲۲۶۲۳۵۵
۸	۱۳۵	۱۳۹/۹۹۹	۳۳۱۰۵	۸۵۲۲۹	۲۴	۲۱۵	۲۱۹/۹۹۹	۹۷۱۷۵	۲۳۵۹۵۳۰
۹	۱۴۰	۱۴۴/۹۹۹	۳۷۷۲۰	۱۲۲۹۴۹	۲۵	۲۲۰	۲۲۴/۹۹۹	۵۴۸۱۴	۲۴۱۴۳۴۴
۱۰	۱۴۵	۱۴۹/۹۹۹	۶۲۹۵۹	۱۸۵۹۰۸	۲۶	۲۲۵	۲۲۹/۹۹۹	۳۰۸۵۷	۲۴۴۵۲۰۱
۱۱	۱۵۰	۱۵۴/۹۹۹	۸۴۱۲۴	۲۷۰۰۳۳	۲۷	۲۳۰	۲۳۴/۹۹۹	۲۵۰۱۵	۲۴۷۰۲۶۱
۱۲	۱۵۵	۱۵۹/۹۹۹	۱۰۷۲۴۶	۳۷۷۲۷۶	۲۸	۲۳۵	۲۳۹/۹۹۹	۱۰۹۸۵	۲۴۸۱۲۰۱
۱۳	۱۶۰	۱۶۴/۹۹۹	۱۰۳۲۸۹	۴۸۰۵۶۷	۲۹	۲۴۰	۲۴۴/۹۹۹	۳۵۳۳	۲۴۸۴۷۳۴
۱۴	۱۶۵	۱۶۹/۹۹۹	۱۶۹۴۲۷	۶۴۹۹۹۴	۳۰	۲۴۵	۲۴۹/۹۹۹	۳۷۷۹	۲۴۸۸۵۱۳
۱۵	۱۷۰	۱۷۴/۹۹۹	۱۸۲۱۳۹	۸۳۲۱۳۳	۳۱	۲۵۰	۲۵۴/۹۹۹	۴۶۸	۲۴۸۸۹۸۱
۱۶	۱۷۵	۱۷۹/۹۹۹	۱۵۰۶۶۴	۹۸۲۷۹۷					

منبع: محاسبات نگارندگان

جدول ۵. نمایه‌های آماری خروجی حاصل از روش TOPSIS

طبقه	حد پایین طبقه	حد بالای طبقه	فراوانی	فراوانی تجمعی	طبقه	حد پایین طبقه	حد بالای طبقه	فراوانی	فراوانی تجمعی
۱	۱۰۵	۱۰۹/۹۹۹	۲۲	۲۲	۱۷	۱۸۵	۱۸۹/۹۹۹	۱۹۱۵۲۴	۱۹۳۳۲۹۰
۲	۱۱۰	۱۱۴/۹۹۹	۹۱۵	۹۳۷	۱۸	۱۹۰	۱۹۴/۹۹۹	۱۴۷۰۰۰	۲۰۸۰۲۹۰
۳	۱۱۵	۱۱۹/۹۹۹	۲۵۳۱	۳۴۶۸	۱۹	۱۹۵	۱۹۹/۹۹۹	۱۳۵۲۶۹	۲۲۱۵۵۵۹
۴	۱۲۰	۱۲۴/۹۹۹	۹۳۸۹	۱۲۸۵۷	۲۰	۲۰۰	۲۰۴/۹۹۹	۹۵۴۵۹	۲۳۰۱۱۰۱۸
۵	۱۲۵	۱۲۹/۹۹۹	۲۳۶۵۵	۳۶۵۱۲	۲۱	۲۰۵	۲۰۹/۹۹۹	۹۶۶۵۳	۲۴۰۷۶۷۱
۶	۱۳۰	۱۳۴/۹۹۹	۴۲۹۰۶	۷۹۴۱۸	۲۲	۲۱۰	۲۱۴/۹۹۹	۳۵۸۲۸	۲۴۴۳۹۹
۷	۱۳۵	۱۳۹/۹۹۹	۷۲۳۳۰	۱۵۱۷۴۸	۲۳	۲۱۵	۲۱۹/۹۹۹	۱۵۹۹۶	۲۴۵۹۴۹۵
۸	۱۴۰	۱۴۴/۹۹۹	۱۱۲۲۰۸	۲۶۳۹۵۶	۲۴	۲۲۰	۲۲۴/۹۹۹	۹۳۲۳	۲۴۶۸۸۱۸
۹	۱۴۵	۱۴۹/۹۹۹	۱۳۹۸۳۳	۴۰۳۷۸۹	۲۵	۲۲۵	۲۲۹/۹۹۹	۱۰۷۷۶	۲۴۷۹۵۹۴
۱۰	۱۵۰	۱۵۴/۹۹۹	۲۶۲۲۰۲	۵۶۴۹۹۱	۲۶	۲۳۰	۲۳۴/۹۹۹	۵۰۵۱	۲۴۸۴۶۴۵
۱۱	۱۵۵	۱۵۹/۹۹۹	۱۸۰۵۵۹	۷۴۵۵۵۰	۲۷	۲۳۵	۲۳۹/۹۹۹	۳۲۰۷	۲۴۸۷۸۵۲
۱۲	۱۶۰	۱۶۴/۹۹۹	۱۹۴۱۴۷	۹۳۹۶۹۷	۲۸	۲۴۰	۲۴۴/۹۹۹	۸۸۰	۲۴۸۸۷۳۲
۱۳	۱۶۵	۱۶۹/۹۹۹	۱۸۶۸۲۳	۱۱۲۶۵۲۰	۲۹	۲۴۵	۲۴۹/۹۹۹	۲۴۵	۲۴۸۸۹۷۷
۱۴	۱۷۰	۱۷۴/۹۹۹	۲۰۳۴۸۴	۱۳۳۰۰۰۴	۳۰	۲۵۰	۲۵۴/۹۹۹	۴	۲۴۸۷۹۸۱
۱۵	۱۷۵	۱۷۹/۹۹۹	۲۴۰۴۵۸	۱۵۷۰۴۶۲	۳۱	۲۵۵	۲۵۹/۹۹۹	۱	۲۴۸۸۹۸۲
۱۶	۱۸۰	۱۸۴/۹۹۹	۱۷۱۳۰۴	۱۷۴۱۷۶۶					

منبع: محاسبات نگارندگان

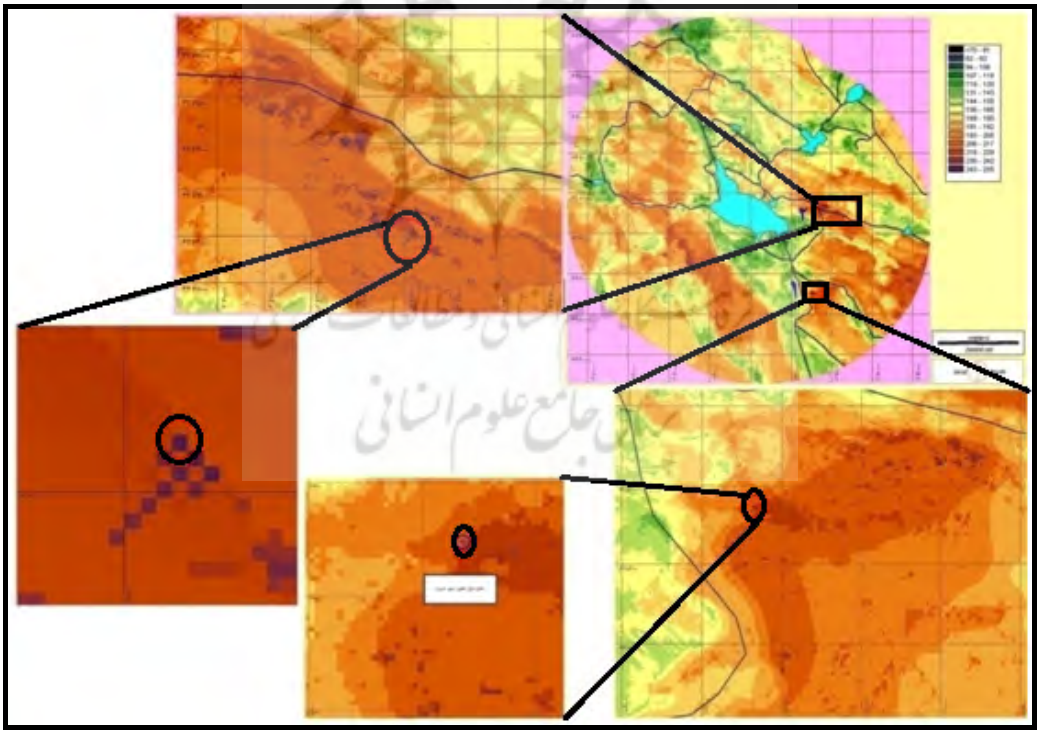
همان‌گونه که در جداول ۴ و ۵ دیده می‌شود، تغییرات نمرات استانداردشدهٔ نهایی به‌صورت طبقه‌بندی شده که در آن فاصله طبقات برابر با ۵ است، نشان داده می‌شود. ستون ششم از این جداول، ستون توزیع فراوانی تجمعی را شامل می‌شود. مطابق با جدول ۴ تعداد پیکسل‌هایی که تا رسیدن به آستانه‌های فرضی مطلوبیت ۲۴۰، ۲۱۴ و ۲۰۰ در خروجی WLC غربال می‌شوند (فراوانی تجمعی در عدد ماقبل آستانه‌های مذکور). به‌ترتیب برابر با ۲۴۸۱۲۰۱، ۲۲۶۲۳۵۵ و ۱۸۱۶۲۷۹ پیکسل است، ولی در همان سطوح از آستانه‌های فرضی مطلوبیت در خروجی حاصل از TOPSIS، پیکسل‌های غربال‌شده به‌ترتیب بیش از ۲۴۸۷۸۵۲، ۲۴۴۳۴۹۹ و ۲۲۱۵۵۵۹ پیکسل می‌شود (جدول ۵). بنابراین تا رسیدن به هر یک از آستانه‌های مطلوبیت تعیین شده، روش TOPSIS غربال بیشتری از سلول‌ها را در مقایسه با روش WLC به‌دنبال دارد. بنابراین روش TOPSIS در آستانه‌های تعیین شده سخت‌گیرانه‌تر عمل کرده و پیکسل‌هایی که در غربال می‌مانند، محدودتر هستند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، ضمن عملیاتی‌سازی مراحل و دستورالعمل‌های مطرح در فرآیند به‌کارگیری مدل TOPSIS و روش WLC، به تهیهٔ نقشه‌های اولویت‌بندی تناسب گزینه‌های مکانی برای اختصاص محل پسماندهای شهری اقدام شد. در

ادامه برای فراهم‌کردن امکان مقایسهٔ خروجی‌های حاصل از این دو روش، تصمیم گرفته شد تا ارزش‌های مندرج در نقشه‌های به‌دست‌آمده با استفاده از کشش خطی در فاصلهٔ میان ۲۵۵–۰ تعریف شوند. در نقشه‌های حاصله، هر پیکسلی که نمرهٔ آن به عدد ۲۵۰ نزدیکتر باشد، نشانگر شرایط مطلوب‌تر پیکسل برای اختصاص به محل دفن زباله است که به تناسب نیاز در یک محدودهٔ مشخص و با در نظر گرفتن قیود محدودیت فهرست‌شده در جدول، می‌تواند راهنمای عمل تصمیم‌گیران در انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماندهای شهری باشد. مقایسهٔ میزان غربال‌زنی در خروجی‌های حاصل از روش‌های TOPSIS و WLC، نشان می‌دهد که در آستانه‌های مطلوبیت مفروض برای دفن زباله در نمونهٔ مورد مطالعهٔ این پژوهش، میزان غربال‌زنی در خروجی حاصل از روش TOPSIS، بیشتر است. بر همین اساس می‌تواند به‌لحاظ سخت‌گیری بیشتر در جای‌گیری پیکسل‌ها در ردهٔ اولویت‌دار از مطلوبیت، دارای ارجحیت استفاده در زمینهٔ کاربردی حاضر باشد.

برای مستندسازی بیشتر اعتبار نقشه‌های تناسب اراضی به‌دست‌آمده در فرآیند استفاده از مدل TOPSIS، در این بخش تلاش شده است پس از انتخاب دو نمونه از پیکسل‌های معرفی‌شده به‌منزلهٔ نقاط اولویت‌دار، در خارج از محدوده شمول قید محدودیت، به بررسی مورد به مورد ویژگی‌های این پیکسل‌ها به‌لحاظ معیارهای تعیین شده پرداخته شود (شکل ۶ و جدول ۶).



شکل ٦. موقعیت پیکسل‌های نمونهٔ مورد بررسی در خروجی استاندارد شدهٔ حاصل از مدل TOPSIS در دامنهٔ ۲۵۵–۰

نمونهٔ اول، در محدودهٔ فعلی دفن پسماندهای شهر شیراز قرار دارد. این محدوده در حدود ۱۸ کیلومتری جنوب شرق شیراز واقع شده است. وسعت در نظر گرفته‌شدهٔ این مکان برای دفع و پردازش پسماندهای شهر، بیش از ۵۰۰۰ هکتار است که ۴۰ هکتار از این مساحت برای دفن زباله اختصاص یافته و ۳۰ هکتار برای احداث مجتمع صنعتی بازیافت در

نظر گرفته شده است، ضمن آنکه مساحت باقی‌مانده، به فضای سبز اختصاص یافته است (سازمان مدیریت پسماند شهرداری شیراز، ۱۳۸۹). برای نمونهٔ دوم، یکی از پیکسل‌های حائز نمرهٔ بالا (ارزش ۲۵۵) در نظر گرفته شده که در ۱۴ کیلومتری شرق شیراز واقع شده است (شکل ۶).

در جدول ۶ نیز ارزش‌های عادی و فازی پیکسل‌های نمونهٔ معرفی‌شده، در هر یک از نقشه‌های حامل مقادیر واقعی و استانداردشدهٔ فازی معیارهای مورد استفاده، آورده شده است؛ به‌گونه‌ای که موقعیت دو پیکسل مورد بررسی در تمام نقشه‌های مذکور به‌ترتیب با شماره ستون و سطر (r:۱۳۶۱ وc:۱۲۰۷) و (r:۱۰۲۸ وc:۱۳۸۴) مشخص می‌شود.

جدول ٦. ارزش‌های عادی و فازی دو نمونهٔ مورد بررسی از پیکسل‌های اولویت‌دار

معیار	(محل دفن زباله) c:۱۲۰۷ ؛r:۱۳٦۱		c:۱۲۰۷ ؛r : ۱۳٦۱	
	ارزش عادی	ارزش فازی	ارزش عادی	ارزش فازی
فاصله از سکونتگاه‌های شهری	۱۳۳۰۹متر	۲۵۵	۱۶۵۱۷	۲۵۴
فاصله از سکونتگاه‌های روستایی	۴۵۰۷	۲۵۵	۳۲۳۳	۲۵۵
فاصله از شهرک صنعتی	۱۵۰۶۲	۲۵۵	۶۵۰۰	۲۵۵
فاصله ازخطوط ارتباطی	۱۴۳۰	۱۰۹	۲۱۱۰	۱۵۴
فاصله از خطوط انتقال نیرو	۴۵۴۸	۲۳۶	۶۲۶	۱۲۹
فاصله از فرودگاه	۱۷۷۷۸	۲۵۵	۲۴۴۵۰	۲۵۵
فاصله از آثار باستانی و تاریخی	۱۸۲۱۷	۲۵۵	۳۴۶۵	۱۱۴
فاصله از مناطق حفاظتی	۶۶۵۷	۲۵۵	۲۲۵۵۰	۲۵۵
فاصله از معدن	۱۱۱۴۵	۲۵۵	۴۳۲۹	۲۵۵
فاصله از دریاچه و باتلاق	۳۱۰۰	۲۵۵	۴۵۵۳	۲۵۵
فاصله از مسیر رودخانه	۱۸۵۴۱	۲۵۵	۲۵۱۹۷	۲۵۵
فاصله از چشمه	۳۹۲۶	۲۵۵	۴۶۹۸	۲۵۵
فاصله از قنات	۸۶۱۸	۲۵۵	۱۲۸۸۰	۲۵۵
فاصله از چاه آب	۱۶۲۸	۲۵۵	۱۴۱۵	۲۵۵
فاصله از سد	۳۱۳۴۸	۲۵۵	۳۵۸۹۰	۲۵۵
عمق آب زیرزمینی	بالای ۲۰متر	۲۵۵	بالای ۲۰متر	۲۵۵
فاصله از دشت سیلابی	۴۲۵۳	۲۵۵	۴۰۶۷	۲۵۵
فاصله از زمین زراعی	۱۰۵۰	۲۵۵	۱۴۶۶۰	۲۵۵
فاصله از زمین‌لغزش	۶۱۵۰۰	۲۵۵	۱۲۳۷	۲۵۵
فاصله از گسل	۲۶۸۷۲	۲۵۵	۹۳۶۰	۲۵۵
جنس زمین منطقه	متوسط	۱۳۷	متوسط	۱۳۷
مسیر باد	محدوده ۵	۱۵۶	محدوده ۴	۱۵۶
فاصله از جنگل و باغ	۳۰۳۰۴	۲۵۵	۱۳۵۵۰	۲۵۵
شیب منطقه	۳/۵	۲۴۹	۴/۸	۱۷۸

منبع: محاسبات نگارندگان

بر همین اساس، صورت وضعیت این پیکسل به‌لحاظ هر یک از معیارها در نقشه‌های حاوی ارزش‌های عادی قبل از استانداردسازی و نقشه‌های استاندارد شده، قرائت شده و در ستون‌های مربوطه در جدول جایگزین شده‌اند. مطابق با جدول ۶، پیکسل‌های انتخاب‌شده برای نمونهٔ اول و دوم به‌ترتیب در ۱۸ و ۱۹ مورد از ۲۴ معیار، نمرهٔ بیش از ۲۵۰ به‌دست آورده‌اند و در بقیهٔ معیارها هم مطابق با دامنه‌های تعریف‌شده از مطلوبیت، وضعیت مناسبی دارند.

منابع

1. Abduli, M., 1993, **Municipal Solid Waste Management System and its Control Methods**, Publications, Organization of Municipalities and Recycling Materials, Printing.
2. Afrouz, B., 2011, **Presenting of Appropriate in the Classification of Urban Management Function in Preparing the Way for Entrepreurship Development (Case Study: Ardabil City),** M.S. Thesis in geography and urban planning,Supervisor: Dr Ata Ghaffari, Faculty of Literature & Human Science of Mohaghegh Ardabili University (*in Persian*)
3. Ashour, H., 2011, **Analyzing the Proportion and Attractions of Industrial Town of Amol in Location Switching Industrial,** M.S. Thesis in geography and urban planning,Supervisor: Dr Ata Ghaffari, Faculty of Literature & Human Science of Mohaghegh Ardabili University (*in Persian*)
4. Bagherzadeh, K., 2010, **Climatic Factors Affecting the City Shabestar Landfill Site Selection in GIS**, Natural MS Thesis, University of Mohaghegh Ardabil. (*in Persian*)
5. Chang, N.B., Parvathinathan, G. Breeden, Jeff B., 2007, **Combining GIS with Fuzzy Multicriteria Decision-Making for Landfill Siting in a Fast-growing Urban Region**, Journal of Environmental Management, Vol.87, No.1, PP. 139–153.
6. Farhudi, R., Hbibi, K., Zande Bakhtiari, P., 2005, **Site Selection of Landfill for Municipal Solid Waste Using Fuzzy Logic in GIS (Case Study: Sanandag),** Honar Ha Ye Ziba, Vol. 23, No. 23, PP. 121-132 (*in Persian*)
7. Ghafari Gilandeh, A., 2011, **Feasibility Study on the Optimum Exploitation of Environmental Potential (Human and Natural) in the Ardabil, Nir and Namin by Using of Multicriteria Decision Rules and Swot Analysid**, Faculty of Literature & Human Science of Mohaghegh Ardabili University. (*in Persian*)
8. Ghafari Gilandeh, A., Abedini, M., Nejati, Y., 2011, **Multi-criteria Analysis in Site Selection of Educational Centers (Case study: Astara Educational Centers with an Emphasis on Junior Schools),** Geography and Planning, Vol.16, No.36, PP. 189-213. (*in Persian*)
9. Golami, A., 2011, **Implicating of MCDM Techniques in the Propounding and Prioritizing of Appropriate Alternatives in the Recovering and Burying of Urban Solid Wastes**, M.S. Thesis in Geography and Urban Planning, Supervisor: Dr Ata Ghaffari, Faculty of Literature & Human Science of Mohaghegh Ardabili University. (*in Persian*)
10. Jahani, A., (2009): **Satellite Information Ability and GIS in Land Evaluation Studies, Case Study: Taleqan Basin**, M.S. Thesis in Remote Sensing and Geographic Information System, Faculty of Human Science of Tarbiat Modarres University. (*in Persian*)
11. Khalilvand, M., 2010, **Marvdasht City Landfill Site Selection Using Climatic Parameters in the GIS Environment**, M.S. Thesis in physical geography,Supervisor: Dr Behruz Sobhani, Faculty of Literature & Human Science of Mohaghegh Ardabili University. (*in Persian*)
12. Khorasani, N., Mehrdadi, N., Darvish Sefat, A., Shokraei, A., 2004, **Environmental Studies in Order to Select Suitable Locations for Landfill (Case Study: City of Sari),** Iran Journal of Natural Resources, Vol. 57, No. 2, PP. 275-284. (*in Persian*)

13. Malczewski, J., 2006, **Geographic Information System and Multi Criteria DecisionMaking Analysis,** Translated by Akbar Parhizkar and Ata Ghaffari Gilandeh, First Edition, The Compiling and Studing Organization of Universities, SAMT, Tehran. *(in Persian*)

14. Matkan, A., Shakiba, A., Porali, S.H., Nazmfar, H., 2009, **Location Finding Suitable Landfill Areas Using GIS (Study Area: Tabriz),** Environmental Sciences, Vol. 6, No. 2, PP. 121-132. (*in Persian*)

15. Nayyer Abadi, H., Haji Mir Rahimi, M., 2007, **Municipal Solid Waste Management Using GIS,** Municipal GIS Conference, North University, Amol. (*in Persian*)

16. Panahande, M., Arastoo, B., Ghavidel, A., Ghanbari, F., 2009, **Seeking Places in the City of Semnan Landfill Sites and Software Using AHP Model GIS,** Twelfth National Conference on Environmental Health of Iran, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Faculty of Health. (*in Persian*)

17. Rezaei, A., Dehzad, B., Omrani, Q., Hashempoor, Y., Fakhim Ahmadi, H., 2007, **Optimal Management of Solid Waste Disposal Site Selection Studies and Hashtgerd New Town,** Tenth National Conference on Environmental Health, Hamadan. (*in Persian*)

18. Sener, S., Sener, E., Nas, B., Karaguzel, R., 2010, **Combining AHP with GIS for Landfill Site Selection: A Case Study in the Lake Beys Ehir Catchment Area (Konya, Turkey),** Waste Management, Vol.30, No.13, PP. 2037-2046 . (*in Persian*)

19. Shamsaee fard, K., 2003, **Sanitary Landfill MSW Site Selection Using GIS (Case Study Boroujerd City),** MA Thesis, Geography and Urban Planning, Tehran Teacher Training University. (*in Persian*)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی