محیط‌شناسی، دورهٔ ۳۹، شمارهٔ ٤ ، زمستان ۱۳۹۲، صفحهٔ ۸۸-۶۷

کاربرد مدل TOPSIS در مکان‌گزینی واحدهای بازیافت کاغذ در محیط GIS (مطالعهٔ موردی: استان فارس)

عطا غفاری گیلانده*[۱]، محمدحسن یزدانی[۲]، عبدالوهاب غلامی[۳]، فرشید کاظمی[٤]

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی دانشگاه محقق اردبیلی
۲. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی دانشگاه محقق اردبیلی yazdani@uma.ac.ir
۳. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری yazdani.51@gmail.com
٤. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری farshid.kazemy@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۶

چکیده

امروزه در کشور، روزانه ده‌ها هزار تن زباله که درصد بالایی از آن‌ها بازیافتی و قابل تبدیل به کودند و هزاران تن پلاستیک، کاغذ و کارتن را دربر دارند به خاک سپرده یا در حوالی شهرها پراکنده می‌شوند. ضایعات کاغذ در کشور، بعد از مواد فسادپذیر، از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهندهٔ ضایعات شهری به شمار می‌روند. با توجه به برآوردهای گزارش‌شده، ضایعات کاغذ و مقوا به طور متوسط ۶/۳۵ درصد از ترکیب پسماندهای شهری استان فارس را شامل می‌شوند که این نسبت در شهرهای شیراز، فیروزآباد، جهرم و فسا به ترتیب معادل ۵/۳۸، ۹/۹۵، ۱۳/۰۲ و ۹/۱۲ درصد است. بر همین اساس، سرمایه‌گذاری در ایجاد واحدهای بازیافت کاغذ و به تبع آن تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار این واحدها را می‌توان از مراحل حساس سیستم مدیریت پسماندهای شهری در فاز بازیافت تلقی کرد. فرایند تعیین سطح مطلوبیت مکانی برای استقرار واحدهای بازیافت کاغذ، مستلزم در نظر گرفتن متغیرهای متعددی است. بر همین اساس، با توجه به ماهیت چندمعیاری مسئله، در مقالهٔ حاضر، سعی شده است با انتخاب استان فارس به‌منزلهٔ مطالعهٔ موردی، کاربرد مدل TOPSIS در حکم یکی از فنون تحلیل چندمعیاری در یک زمینهٔ تجربی از موضوع تحقیق به آزمون گذاشته و خروجی حاصل در قالب نقشهٔ درجه‌بندی‌شده از مطلوبیت مکانی، ارائه شود. برای مستندسازی اعتبار پیکسل‌های اولویت‌دار در خروجی حاصل از مدل، لازم است وضعیت پیکسل به لحاظ تک تک معیارها ارزیابی و مشخص شود که وضعیت مطلوبیت به تفکیک معیارها به چه ترتیبی است. برای مثال، بررسی موردی نمونه‌ای از پیکسل اولویت‌دار به لحاظ مطلوبیت مکانی نشان داد که این پیکسل، در ۸ مورد از معیارهای مورد بررسی در دامنهٔ نمرات ۰/۲۵۵ حائز نمرهٔ ۲۳۰ و بالاتر شده است.

کلیدواژه

استان فارس، بازیافت کاغذ، پسماندهای جامد شهری، تحلیل چندمعیاری، مکان‌یابی.

۱. سرآغاز

امروزه روند صعودی تولید پسماندهای جامد را می‌توان از بارزترین معضلات بهداشتی و زیست‌محیطی شهرها عنوان کرد. بیشتر مردم این پسماندها را به‌منزلهٔ مادهٔ دورریز می‌نگرند که باید از محیط زندگی آن‌ها دور و دفن شود. اما در برخورد با این معضل، باید آن را مدیریت و با استفادهٔ حداکثری از مواد زاید جامد شهری تهدید را به یک فرصت تبدیل کرد (سعیدنیا، ۱۳۸۳). در کشور ما روزانه بیش از ٤۰ هزار تن زباله که حدود ۷۰ درصد آن قابل بازیافت و تبدیل به کود است و هزاران تن پلاستیک، کاغذ و کارتن را دربر دارد، به‌منزلهٔ ضایعات به خاک سپرده یا در حوالی شهرها پراکنده می‌شوند (نبی بیدهندی و همکاران، ۱۳۸٦). این در حالی است که با اعمال‌کردن فیلترهایی چون پردازش و جداسازی در محل، تولید کمپوست، بازیافت کاغذ، بازیافت پلاستیک، بازیافت شیشه، زباله‌سوزی و بازیافت انرژی، در حد فاصل مراحل

* نویسنده مسئول، تلفن تماس ۰۹۱٤۱۵۵۷۰۰۱ Email: Atagafari@gmail.com

تولید و دفن زباله، می‌توان ضمن کاستن از درصد پسماندهایی که به مرحلهٔ دفن می‌رسند، از فرصت‌های بهره‌برداری اقتصادی حاصله استفاده کرد و در کاهش عوارض بهداشتی و زیست‌محیطی حاصل از انباشت و دفن پسماندهای شهری، گام برداشت. با وجود نواقص در مدیریت پسماندها در کشور، انتظار می‌رود که اجرایی‌شدن قانون مدیریت پسماند (مصوب ۱۳۸۳) و آیین‌نامهٔ اجرایی آن (مصوب ۱۳۸٤)، زمینهٔ مناسبی در مسیر بهبود مدیریت پسماند در کشور ایجاد کند و سبب شود تا در تهیهٔ طرح‌های جامع مدیریت پسماند، تأکید بر پردازش و بازیافت زباله‌ها، نمود برجسته‌ای به خود گیرد (عبدلی، ۱۳۸۷).

معمولاً بر مبنای وزن و آنالیز فیزیکی، بعد از مواد زاید جامد فسادپذیر، کاغذ، یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ پسماندهای شهری محسوب می‌شود (چویانگلوس و همکاران، ۱۳۸۸). در برخی از کشورهایی که صنایع بسته‌بندی پیشرفته‌ای دارند سهم کاغذ و زباله از پسماندهای شهری، بالغ بر ۲۵ درصد کل حجم زباله است (مرکز مطالعات و خدمات تخصصی شهری و روستایی، ۱۳۸۵). این نسبت در ایران کمتر است و طبق برآوردهای به‌عمل‌آمده در تهران، رقمی معادل ۱۰درصد از کل زباله های شهری گزارش شده است (جرفی و همکاران، ۱۳۸۵). در استناد به گزارش تحقیقی (زززولی و همکاران،۱۳۸٦؛ آرشیو اطلاعات سازمان مدیریت پسمان های شهری شیراز، ۱۳۸۸)، سهم کاغذ معمولاً در ترکیب فیزیکی پسماندهای شهرهای استان فارس معمولاً در رتبه‌های دوم یا سوم است. با توجه به برآوردهای گزارش‌شده، ضایعات کاغذ و مقوا به طور متوسط ٦/۳۵ درصد از ترکیب پسماندهای شهری استان فارس را شامل می‌شوند و این نسبت در شهرهای شیراز، فیروزآباد، جهرم و فسا به ترتیب معادل ۵/۳۸، ۹/۹۵، ۱۳/۰۲ و ۹/۱۲ درصد است. در دهه‌های اخیر با رشد آگاهی‌های عمومی نسبت به خطرهای برداشت بی‌رویه از منابع چوب جنگل‌ها، افزایش قیمت مواد خام تولید کاغذ، مقاومت سازمان های طرفدار محیط‌زیست و کاهش وسعت جنگل‌ها در برخی مناطق اصلی تولید چوب، به تدریج گرایش مناسبی به سوی بازیافت کاغذهای مصرف‌شده به منظور تأمین بخشی از نیازها، به وجود آمده است (جرفی و همکاران، ۱۳۸۵). در همین راستا برخی از مزایای بازیافت کاغذ و مقوا از زباله‌های شهری را می‌توان به صورت زیر فهرست کرد: ۱. کاهش ٤۰ درصدی میزان انرژی مصرفی و ٦۰ درصدی مصرف آب در تولید کاغذ از کاغذهای پسماند در مقایسه با مقدار مشابه تولید کاغذ از الوار؛ ۲. کاهش مصرف سوخت های فسیلی و کاهش انتشار دی اکسید کربن در جو؛ ۳. ایجاد اشتغال در قالب ایجاد کارگاه‌های جمع‌آوری، خرید و فروش، توزیع و استفاده از کاغذ و مقوای بازیافتی؛ ٤. حفظ سرمایه و منابع از طریق جلوگیری از واردات و ایجاد درآمد حاصل از فروش مواد بازیافتی؛ ۵. کاهش حجم زباله و تأثیر آن روی سایر مراحل مدیریت مواد زاید جامد؛ ٦. کاهش انتشار ۳۹۸۹ گرم ذرات معلق، ۲۷۸۲ گرم CO_2 و کاهش تخلیهٔ حدود ۱۵ گرم H_2S به جو به ازای استفادهٔ مجدد از هر تن کاغذ بازیافتی؛ ۷. کاهش قطع درختان و کمک به حفظ محیط‌زیست (فرزادکیا و همکاران، ۱۳۸۷).

بر پایهٔ گزارش مطالعات فنی- اقتصادی بازیافت زباله‌های شهری در استان فارس، ٦٦ درصد از پسماندهای شهری مشتمل بر مواد فسادپذیر است و پلاستیک و کاغذ به ترتیب ۱۳ و ٦/۳۳ درصد از حجم زباله را شامل می شوند (زززولی و همکاران، ۱۳۸٦). بنابراین، در وضعیت فعلی با در نظر گرفتن برآورد حجم تولید سالیانه بیش از ۸۵۰ هزار تنی پسماندهای شهری در سطح استان و تولید پسماند با تناژ سالیانه بیش از ٤۰۰ هزار تنی در شیراز، درصدهای مذکور می‌توانند حجم بالایی از پسماندهای شهری را شامل شوند. به گونه‌ای که با ضرب درصدهای مذکور در کل حجم پسماندهای شهری استان می‌توان انتظار داشت روزانه بیش از ۱۱۷ تن پسماند کاغذ و مقوا،

۲۴۳ تن پلاستیک نرم، ۲۸ تن پلاستیک سخت و ۱۶ تن PET (پلی‌اتلین تری تلیت) تولید شود. در گزارش مطالعات فنی- اقتصادی بازیافت زباله های شهری در استان فارس که بر مبنای آماری کم و کیف تولید پسماندهای شهری در سال ۱۳۸۱، انتشار یافته است، به ضرورت ایجاد واحدهای بازیافت کاغذ با ظرفیت ۲۰ تا ۳۰ تن در روز، کارخانه بازیافت پلاستیک نرم با ظرفیت ۱۲۰ تن در روز و کارخانه‌های بازیافت پلاستیک سخت با ظرفیت‌های ۱۵ تا ۲۰ تن در روز، صحه گذاشته شده است (زززولی و همکاران، ۱۳۸۶). با وجود این، امروزه با توجه به شتاب افزایشی سرانهٔ تولید زباله در سال‌های اخیر، تعداد واحدهای بازیافت مورد نیاز و ظرفیت بهره‌برداری در اندازه‌های بیشتری قابل طرح و بررسی است.

با این اوصاف، سرمایه‌گذاری در ایجاد واحدهای بازیافت کاغذ و به تبع آن تعیین مکان های مناسب برای استقرار این واحدها از مراحل حساس سیستم مدیریت پسماندهای شهری در فاز بازیافت محسوب می‌شود و لازم است که نهادینه‌کردن سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در این فرایند، در دستور کار قرار گیرد. با توجه به اینکه فرایند تعیین مطلوبیت مکانی برای استقرار واحدهای بازیافت کاغذ، مستلزم در نظر گرفتن معیارهای متعدد و چندگانه است، استفاده از مدل‌ها و فنون تحلیل چندمعیاری می‌تواند یکی از مظاهر برجستهٔ عینیت‌بخشی به استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در نظام مدیریت پسماندهای شهری باشد. در تحقیق حاضر سعی شده است با انتخاب استان فارس در حکم محدودهٔ مورد مطالعه، کاربرد مدل TOPSIS به‌منزلهٔ یکی از فنون برجستهٔ تصمیم چندمعیاری (MCDM) در مدل‌سازی چیدمان مکانی- فضایی واحدهای بازیافت کاغذ و ارائهٔ الگوی مناسب در طرح و اولویت‌بندی مطلوبیت مکانی، آزمون شود. با توجه به اینکه مکان یابی واحدهای بازیافت کاغذ در حد فاصل کانون‌های تأمین مواد اولیه (شهرها به‌منزلهٔ نقاط ثقل جمعیتی و کانون‌های تولید پسماند) مستلزم دید منطقه‌ای است، در تحقیق حاضر، مقیاس جغرافیایی مورد مطالعه، در سطح استان فارس در نظر گرفته شده است. استان فارس با ۱۲۲۶۰۸ کیلومتر مربع مساحت دارای ۸۶ شهر و جمعیت آن بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰، ۴۵۹۶۶۵۸ نفر است.

بحث دربارهٔ ضرورت‌ها و سازوکارهای مطرح در فازهای مختلف از نظام مدیریت پسماندهای شهری، سرمنشأ تحقیقات و پژوهش‌های عدیده‌ای محسوب می‌شود که مراجعه به آن‌ها می‌تواند در غنای نظری پایه‌های تئوریکی مرتبط با موضوع تحقیق، نقش برجسته‌ای داشته باشد. با وجود این، مرور ادبیات تحقیق نشان داد که فقر ادبیات پژوهش پیرامون مکان‌یابی واحدهای بازیافت کاغذ، امری مسلم است و در واقع، حلقهٔ ارتباط تحقیقات مرتبط با مدیریت پسماندها شهری و فنون مکان‌یابی در بسیاری از موارد، در عرصهٔ مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری نمود یافته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

با انتخاب تبریز به‌منزلهٔ مطالعهٔ موردی، متکان و همکاران(۱۳۸۷) کاربرد روش های WLC[1] و OWA[2] را در مکان‌یابی محل دفن زباله آزمایش کرده و در رویکرد قیاسی به مقایسهٔ خروجی‌های حاصل از به کارگیری دو روش مذکور پرداخته‌اند. نتایج مقایسه نشان داد که خروجی حاصل از OWA قدرت تفکیک بهتری دارد و بیش‌برآورد روش WLC در مقایسه با روش OWA زیاد است فرهودی و همکاران(۱۳۸۴) با در نظر گرفتن ۱۹ معیار مختلف در مکان‌یابی محل دفن زباله‌های سنندج، زمینه های استفادهٔ کاربردی از محاسبات فازی در محیط GIS را بررسی کرده‌اند. در این تحقیق ضمن مرور کاربرد روش‌های مختلفی چون منطق همپوشانی، ضریب همبستگی، منطق فازی و شبکه های عصبی مصنوعی در فرایند تلفیق لایه‌ها و معیارها، در نهایت، محاسبات فازی به‌منزلهٔ روش مورد استفاده در تلفیق متغیرهای مطرح در فاز مکان‌یابی در نظر گرفته شده است. از مزایای این

پژوهش این است که وضعیت مناطق اولویت‌دار حاصل از تحقیق به تفکیک معیارها، بررسی و به نوعی اعتبار نتایج حاصل از تحقیق مستندسازی شده است. شمسایی‌فرد(۱۳۸۲) در یک کار پژوهشی استفاده از آنالیز سلسله مراتبی در مکان‌یابی محل دفن زباله برای بروجرد را در شعاع ۲۰ کیلومتری آزمایش کرده است. ویژگی برجستهٔ این تحقیق، 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 راه های اصلی و فرعی، آب و هوا، فاصله از شهر، قرارگرفتن در جهت توسعهٔ شهر، توپوگرافی محل، پوشش گیاهی منطقه، فاصله از نواحی مسکونی و مساحت محل دفن استفاده شده‌اند. این‌گونه ملاحظات می‌توانند به غنای بیشتر ماهیت چندبعدی فرایند تصمیم‌گیری در انتخاب محل دفن زباله منجر شوند. در مکان یابی محل دفن زباله در اطراف شهر رانسی، که با استفاده از قابلیت‌های RS و GIS شکل گرفته است، به ویژگی‌های مختلفی همچون نوع سازندهای زمین‌شناسی و خاک، فاصله از خطوط گسل، شیب، عمق آب زیرزمینی، فاصله از مراکز شهری و فاصله از شبکه های ارتباطی توجه شده است. در پژوهش‌های شکل‌گرفته، قابلیت‌های برخی از فنون تحلیل چندمعیاری در یک زمینهٔ تجربی از مکان‌یابی محل دفن زباله، به آزمون گذاشته شده‌اند که خود می‌توانند به‌منزلهٔ الگو، راهنمای عمل برای تصمیم‌گیران باشند (Chang, et al., 2007; Sener, et al.,2010). بر مبنای نتایج بررسی تحقیقات مذکور و تحقیقاتی که به نوعی در خصوص مکان‌یابی دفن زباله انجام شده‌اند، می‌توان استنباط کرد که چارچوب روش‌شناسی تعداد زیادی از آن‌ها هم‌پوشی زیادی دارند و می‌توان آن‌ها را بسط کاربرد الگوی پژوهشی مشابه در نمونه‌های موردی متفاوت قلمداد کرد.

در بیان ادبیات پژوهش در عرصهٔ مرتبط با بازیافت کاغذ باید گفت که در عین قلّت فعالیت‌های پژوهشی در عرصهٔ مکان‌یابی واحدهای بازیافت کاغذ، تحقیقات متعددی در خصوص فرایند بازیافت کاغذ و جایگاه آن در چارچوب نظام مدیریت پسماندهای شهری به عمل آمده است و پژوهش‌های ارزشمندی را در خصوص امکان‌سنجی بازیافت از کاغذ پسماندهای شهری و آثار تبعی حاصل از این اقدامات شاهدیم. برای مثال، جرفی و همکاران طی کار پژوهشی، قابلیت بازیافت کاغذ از مواد زاید جامد تهران را بررسی و با آمارهایی در خصوص برخی کشورهای جهان، مقایسه کردند (جرفی و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج بررسی یادشده نشان می‌دهد که ۳۸ درصد از کاغذ و مقوای باطله در تهران بازیافت می‌شود و در صورت افزایش آن به ۵۰ تا ۷۵ درصد، می‌توان انتظار داشت صرفه‌های اقتصادی حاصله در فرایند بازیافت کاغذ، با برجستگی بیشتری همراه باشد. از جمله تحقیقات دیگر می‌توان به کار پژوهشی محمدی پیرامون شناخت کمّی و کیفی زباله‌ها از روی نمونه‌های به‌عمل‌آمده در بابل و امکان‌سنجی بازیافت از پسماندهای شهری، اشاره کرد (محمدی، ۱۳۸۲). مطابق با همین پژوهش، سالانه حدود ۵۶۳۲ تن کاغذ باطله، ۵۸۰۳ تن مواد پلاستیکی، ۲۶۶۴۵۰ کیلوگرم PET، ۱۳۴۰ تن فلزات و ۷۸۸ تن شیشه، در زمین دفن می‌شوند که از طریق بازیافت می‌توان از هدررفتن سرمایه‌های زیادی جلوگیری کرد. Troschinetz با پرداختن به جایگاه بازیافت در کشورهای در حال توسعه آن را یکی از موارد مدیریت پایدار مواد زاید جامد شهری دانسته است (Troschinetz, et al., 2008). در این تحقیق، ضمن بررسی وضعیت تولید زباله های شهری در ۲۹ مورد، با توجه به فاکتورهایی چون خصوصیات و ویژگی های زباله، ویژگی های کمّی و کیفی زباله و وضعیت مدیریت اجرایی مواد زاید جامد شهری؛ موانع و مشوق‌های بازیافت زباله معرفی و تحلیل شدند. Yau با انتخاب هنگ کنگ به‌منزلهٔ مطالعهٔ موردی، اثر بازیافت زباله را یکی از عوامل اصلی در پایداری محیط‌زیست شهر و برای داشتن برنامهٔ بازیافت موفقیت‌آمیز، مشارکت همگانی را ضروری می داند و بر نقش مشوق‌های اقتصادی تأکید می‌کند (Yau, 2009).

در جمع‌بندی سوابق پژوهشی مورد مراجعه می‌توان به این نتیجه رسید که خلأ پژوهش در حوزهٔ مکان‌یابی واحدهای بازیافت کاغذ و استفاده از فنون تحلیل چندمعیاری در این حوزه، امری مشهود است. با وجود این، مواردی چون عرصه‌های مورد اشاره از تحقیقات در پیرامون بازیافت کاغذ، می‌توانند در تعیین ضرورت ایجاد و تعداد واحدهای بازیافت کاغذ و ظرفیت اسمی استفاده از کاغذهای بازیافتی، استفاده و به‌منزلهٔ پیش‌مقدمه‌ای بر تحقیقات پیرامون مکان یابی واحدهای بازیافت مورد نیاز برای احداث، تلقی شوند. بر همین اساس، تحقیق حاضر را می‌توان به منزلهٔ گامی در جهت پرکردن خلأ مذکور در نظر گرفت که طی آن قابلیت‌های مدل TOPSIS به‌مثابهٔ یکی از فنون تحلیل چندمعیاری در مکان یابی واحدهای بازیافت کاغذ که می‌تواند در نقاط ثقل واقع در حد فاصل کانون‌های شهری تولید کاغذهای بازیافتی انتخاب شود، آزمون شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. داده‌ها و ابزار مورد استفاده

داده‌هایی که در تحقیق حاضر به کار گرفته شده‌اند مشتمل بر نقشه‌ها یا آرشیوهای اطلاعاتی مربوط به معیارها و قیود محدودیتی‌اند که در تعیین مطلوبیت مکانی برای استقرار واحدهای بازیافت کاغذ به کار گرفته می‌شوند (جداول ۱ و ۲). اطلاعات مذکور بر پایهٔ استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اسنادی، دیجیتالی و پایگاه‌های اینترنتی مرتبط با موضوع تحقیق و با مراجعه به سازمان‌ها و ارگان‌های سازمان مدیریت پسماند شهرداری شیراز، سازمان محیط‌زیست استان، سازمان آب منطقه‌ای استان، استانداری و ادارهٔ مسکن و شهرسازی استان به دست آمده است. نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق نیز عبارت‌اند از: Arc GIS، ARC View 3.3، IDRISI Kilimanjaro و ILWIS 3.3 که به تناسب نیاز در فازهای مربوط به ورود، ذخیره و مدیریت، پردازش و تحلیل داده‌ها استفاده شدند؛ نرم‌افزار Excel 2007، برای اجرای محاسبات کمّی؛ و نرم‌افزار Expert Choice برای مقایسهٔ زوجی معیارها.

۲.۲. تعریف معیارها و تهیهٔ نقشه‌های معیار

معیار[۳] ضابطه و استانداردی برای قضاوت یا قاعده‌ای برای آزمون میزان مطلوبیت گزینه‌های تصمیم‌گیری است و از نقشه هایی که معرف تغییرات صورت وضعیت و مقادیر معیار در فضای جغرافیایی‌اند با نام «نقشه‌های معیار» یاد می‌شود (مالچفسکی، ۱۳۸۵).

فهرست معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی مراکز بازیافت کاغذ در برایند جمع‌بندی از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، بررسی ادبیات موضوع و پیمایش نظرهای برخی افراد صاحب‌نظر، صورت گرفته است. علل توجیهی استفاده از این معیارها در زیر مباحث ارزش‌گذاری و استانداردسازی دامنهٔ تغییرات ثبت‌شده از معیارها بیان خواهد شد. با وجود این، در این قسمت خاطر نشان می‌شود که معیارهای موقعیت نسبت به وزنه های پسماند کاغذ تولیدشده (به‌منزلهٔ کانون‌های تأمین مواد اولیهٔ مورد مصرف در صنایع کاغذ) و موقعیت نسبت به صنایع کاغذ را می‌توان معیارهای متناسب با مقتضیات خاص صنایع بازیافت کاغذ قلمداد کرد. معیارهای دیگر مورد استفاده نیز با توجه به علت توجیهی آن‌ها که در ادامه خواهد آمد، غالباً ماهیت کاربردی عمومی در بسیاری از صنایع کوچک و متوسط (اعم از صنایع بازیافت کاغذ) دارند. البته باید توجه داشت که معیارهای عمومی مورد استفاده در صنایع خاص می‌توانند از ضریب اهمیت متفاوتی برخوردار باشند که در بخش تعیین وزن معیارها به این مهم توجه می‌شود. معیارهای دیگر مورد استفاده نیز با توجه به علت توجیهی آن‌ها که در ادامه خواهد آمد، در بسیاری از صنایع کوچک و متوسط (اعم از صنایع بازیافت کاغذ) غالباً ماهیت کاربردی عمومی دارند. البته باید توجه داشت که معیارهای عمومی مورد استفاده در صنعت خاص می‌توانند از ضریب اهمیت متفاوتی برخوردار باشند که در بخش تعیین وزن

معیارها به این مهم توجه می‌شود. بنابراین، معیارهای نهایی‌شده ادلهٔ خاص خود را دارند که در بحث ارزش‌گذاری و استانداردسازی دامنهٔ تغییرات ثبت‌شده از ۷ معیارها به صورت مشروح بیان شده است.

مطابق جدول ۱، در ماتریس معیارهای ارزیابی، هر X_{ij} ، معرف صورت وضعیت پیکسل i (سلول تشکیل‌دهندهٔ نقشهٔ رستری از محدودهٔ مورد مطالعه) است که به ازای وضعیت ثبت‌شده از معیار (j)، تعیین شده است. دستهٔ دیگر از متغیرهای مورد بررسی، قیود محدودیت اند که محدودیت‌های اعمال‌شده در انتخاب پیکسل‌ها در حکم گزینه‌ها را به نمایش می‌گذارند و مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن را تعیین می کنند. از مصادیق بارز قید محدودیت که در تحقیق حاضر از آن ها استفاده شده (جدول ۲) ضوابطی است که از سوی سازمان محیط زیست ارائه شده است. مطابق ضابطه های این سازمان، صنایع بر اساس شدت و ضعف آلودگی و دیگر مسائل زیست‌محیطی در گروه‌هایی با مشخصات زیر قرار می‌گیرند (سازمان محیط زیست، ۱۳۷۸):

– گروه «الف»: صنایع این گروه مجازند در مناطق صنعتی یا تجاری داخل محدودهٔ مصوب شهری استقرار یابند. (محدودهٔ مصوب شهری عبارت از محدوده‌ای است که طبق نظر دفتر فنی استانداری یا ادارهٔ کل مسکن و شهرسازی استان تعیین می‌شود).

– گروه «ب»: صنایع این گروه مجازند تا داخل حریم زیست محیطی شهرها مشروط به رعایت حداقل فاصلهٔ ۲۰۰ متر از مراکز مسکونی، درمانی و آموزشی و ۱۰۰ متری مراکز نظامی و انتظامی و رعایت حریم رودخانه‌ها و قنوات دایر استقرار یابند. بدیهی است که رعایت کلیهٔ حریم‌های قانونی الزامی است (حریم زیست‌محیطی عبارت از محدوده‌ای است به عرض ۵ کیلومتر بعد از محدودهٔ مصوب شهری برای شهرهایی با جمعیت بیش از ۲۰۰ هزار نفر و ۳ کیلومتر برای شهرهای دارای جمعیتی بین ۷۵ تا ۲۰۰ هزار نفر و ۲ کیلومتر برای شهرهای دارای جمعیت کمتر از ۷۵ هزار نفر).

– گروه «ج»: صنایع این گروه مجازند تا در مناطق صنعتی داخل حریم زیست محیطی هر شهر یا خارج از حریم زیست محیطی و با رعایت حداقل فاصلهٔ ۵۰۰ متر از مراکز مسکونی، آموزشی و درمانی و رعایت حریم قانونی جاده استقرار یابند.

– گروه «د» و «ه»: صنایع این گروه مجازند خارج از حریم زیست محیطی هر شهر مشروط به رعایت فواصل لازم از مراکز حساس مطابق با جدول ۲ استقرار یابند. یکی دیگر از ضوابطی که می‌توان به مندرجات این جدول افزود این است که صنایع گروه «د» و «ه» به ترتیب در فاصله‌های ۳ و ۵ هزار متری از حریم زیست‌محیطی شهرها قرار داشته باشند.

– گروه «و»: محل پیشنهادی برای استقرار صنایع این گروه با توجه به آثار زیست‌محیطی آن‌ها، اصول کاربری زمین و ظرفیت پذیرش محیط، از سوی سازمان حفاظت محیط‌زیست، ارزیابی و اعلام می‌شود.

با توجه به مباحث ذکرشده در تعیین قیود محدویت، علاوه بر مراجعه به ادبیات موضوع می‌توان به ضوابطی مراجعه کرد که از سوی سازمان محیط‌زیست ارائه شده است. در جدول مربوط به قیود محدودیت در تحقیق حاضر، می توان به اقتضای شرایط، قیود محدودیت دیگری را افزود. در واقع به تناسب مقتضیات و ضوابط جدید سازمان‌های مسئول نیز می‌توان نقشه‌های قیود محدودیت تهیه کرد و در همپوشی با نقشهٔ نهایی اولویت‌بندی مکان‌ها قرار داد. در این شرایط طبیعی است آن دسته از پیکسل‌های مربوط به نقشهٔ نهایی اولویت‌بندی که در محدوده‌های شناسنامه‌دار با عنوان قید محدودیت قرار می‌گیرند، حذف شوند.

همان‌گونه که گفته شد، مطابق با ضابطه های سازمان محیط‌زیست، صنایع بر اساس شدت و ضعف آلودگی و دیگر مسائل زیست محیطی به ترتیب در ٦ گروه «الف»،

«ب»، «ج»، «د»، «ه» و «و» طبقه‌بندی می‌شوند و محدودیت‌های مطرح در مکان‌یابی صنایع مندرج در زیر گروه، مشخص شده است. با مرور مصادیق صنایع و تأسیساتی که می‌توانند در زیرگروه‌های یادشده قرار داشته باشند، مشخص شد که واحدهای تولید کاغذ و مقوا از کاغذهای باطله در گروه «ه» قرار می‌گیرند. صنایع داخل در این گروه به لحاظ میزان آلایندگی و مسائل زیست‌محیطی در وضعیت حادتری نسبت به چهار گروه اول قرار دارند و لازم است مکان اختصاص‌یافته به این صنایع، ضمن رعایت فواصل لازم از مراکز حساس، حداقل ۵ هزار متر از حریم زیست‌محیطی شهرها فاصله داشته باشند (جدول ۳).

جدول ۱. ماتریس معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی واحدهای بازیافت کاغذ

معیار / پیکسل	شیب	فاصله از خطوط گسل	وضعیت سازند زمین‌شناسی	عمق آب زیرزمینی	قابلیت اراضی از بعد کشاورزی و اکولوژیکی	موقعیت نسبت به وزنه‌های پسماند کاغذ تولید شده در کانون‌های شهری تولید پسماند	کانون‌های شهری و روستایی بر اساس وزنه جمعیتی	فاصله از خطوط ارتباطی	فاصله از خطوط انتقال نیرو	فاصله از شهرک‌های صنعتی و صنایع کاغذ
پیکسل ۱	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	...	...	...	...	...	x_{1n}
پیکسل ۲	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	...	...	...	...	...	x_{2n}
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
پیکسل m	x_{m1}	x_{m2}	x_{m3}	...	...	...	...	...	...	x_{mn}

مأخذ: فهرست معیارهای مورد استفاده در برایند جمع‌بندی از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، بررسی ادبیات موضوع (فهرست مندرج در بخش منابع) و پیمایش نظرهای برخی افراد صاحب‌نظر، شکل گرفته است.

جدول ۲. قیود محدودیت مطرح در مکان‌یابی واحدهای بازیافت کاغذ

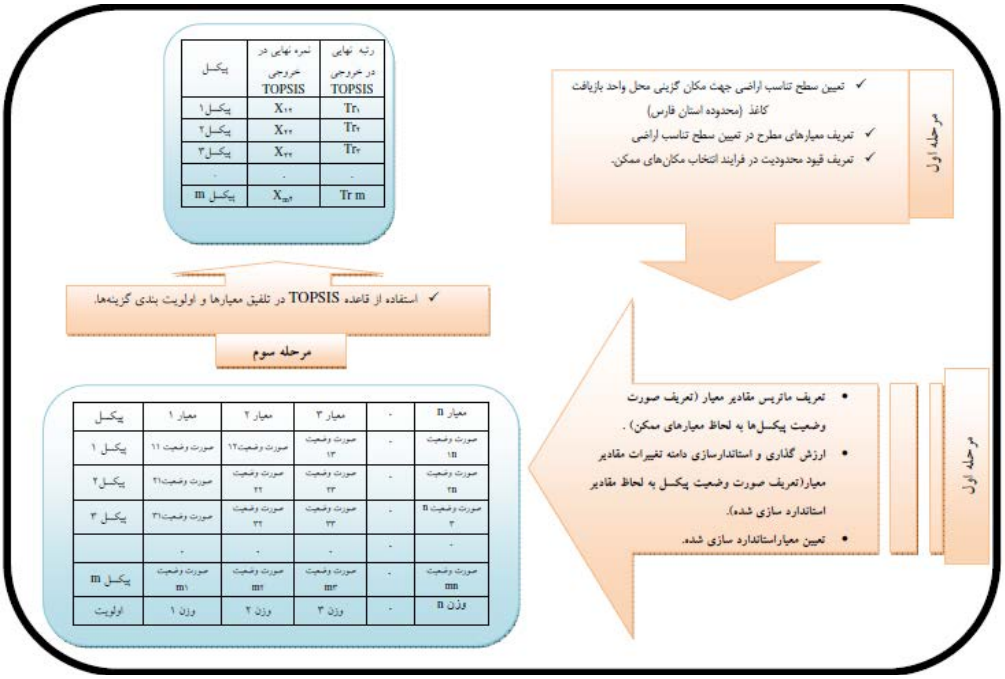
نوع قید محدودیت	حریم اعمال‌شده	احراز شرایط	نبود احراز شرایط
شهرها و محدودهٔ زیست‌محیطی	حداقل فاصلهٔ ۵ هزار متری از حریم زیست‌محیطی شهرها	۱	۰
سکونتگاه‌های روستایی	۱۵۰۰ متر (به‌منزلهٔ حداقل فاصله)	۱	۰
راه‌های اصلی	۱۵۰ متر (به‌منزلهٔ حداقل فاصله)	۱	۰
دریاچه، باتلاق، تالاب و مناطق حفاظتی	۱۰۰۰ متر (به‌منزلهٔ حداقل فاصله)	۱	۰
رودخانه و قنات	۲۰۰ متر (به‌منزلهٔ حداقل فاصله)	۱	۰
دشت‌های سیلابی	قرارنگرفتن بر این مناطق	۱	۰
محدوده‌های زمین لغزش	قرارنگرفتن بر این مناطق	۱	۰

مأخذ: مقادیر قیدشده به‌منزلهٔ حداقل فاصله بر اساس حداقل فاصله‌ای قرار دارد که لازم است مطابق با ضوابط سازمان محیط‌زیست، بین واحدهای صنعتی دارای کد آلایندگی «ه» و مراکز حساس مذکور وجود داشته باشد.

جدول ۳. حداقل فاصلهٔ واحدهای صنعتی مندرج در زیرگروه «د» و «ه» از مراکز حساس- به متر با در نظر داشتن قرارگیری صنایع مربوط به بازیافت کاغذ در زیرگروه «ه»

ردیف	مراکز	گروه صنایع «د»	گروه صنایع «ه»
۱	مراکز مسکونی (یا واحدهای سکونتگاهی همچون آبادی)	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۲	مراکز درمانی و آموزشی	۵۰۰	۱۰۰۰
۳	بزرگراه و جادهٔ ترانزیت (فاصله از محور)	۱۵۰	۱۵۰
٤	جادهٔ اصلی (فاصله از محور)	۱۵۰	۱۵۰
۵	پارک ملی- تالاب، دریاچه- دریا، منطقهٔ حفاظت‌شده با موافقت سازمان، پناهگاه، آثار طبیعی ملی	۱۰۰۰	۱۰۰۰
٦	رودخانهٔ دائمی و قنات دایر	۲۰۰	۳۰۰

مأخذ: سازمان محیط‌زیست (۱۳۷۸)



شکل ۱. شاکلهٔ اصلی فرایند تحقیق

۳.۲. روش‌ها

در تحقیق حاضر سعی شده است که فرایند تحقیق در یک نظام به هم پیوسته از مراحلی که در یک نظام منطقی در امتداد هم قرار می‌گیرند، دنبال شود. شاکلهٔ این فرایند در شکل ۱، منعکس شده است. در این مقاله، مرحلهٔ مربوط به ارزش‌گذاری و استانداردسازی دامنهٔ مقادیر مربوط به معیارهای مورد استفاده، به صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی در نظر گرفته شده است. ارزش عضویت یا درجهٔ تعلق در یک مجموعهٔ فازی را می توان با شماره‌ای که دامنهٔ آن بین مقادیری چون «۰» تا «۱» یا «۰» تا «۲۵۵» قرار دارد، تعیین کرد. در دامنهٔ بین «۰» و «۱»، اگر $\mu_A(x)=1$ باشد در این صورت عنصر x به صورت کامل به دامنهٔ A تعلق دارد (نمونهٔ ارائه‌شده در جدول ٤). به همین ترتیب اگر $\mu_A(x)=0$ باشد، عنصر x مشخصاً به دامنهٔ A تعلق ندارد. درجهٔ بالای ارزش عضویت یک عنصر به معنای نسبت بالای تعلق آن به مجموعه است (مالچفسکی، ۱۳۸۵).

در تحقیق حاضر با استفاده از امکاناتی که در تابع

FUZZY از نرم‌افزار IDRISI Kilimanjaro وجود دارد برای استانداردسازی نقشه‌هایی که به صورت نقشه‌های معیار تهیه شده‌اند به تناسب، از توابع عضویت Sigmoidal و linear و در قالب‌هایی چون افزایشی به صورت یکنواخت، کاهشی به صورت یکنواخت و سایمتریک استفاده شده است (مانند نمونه‌های مطرح‌شده در جدول ٤). تفسیر ارزش‌های استانداردشده بر مبنای درجهٔ عضویت در تابع فازی بدین صورت است که به تناسب افزایش تغییرات در درجهٔ عضویت مقادیر ثبت‌شده از معیارها در حد فاصل «۰» تا «۱» یا «۰» تا «۲۵۵» یعنی $(0 \le \mu_D(x) \le 1)$ یا $(0 \le \mu_D(x) \le 255)$ میزان مطلوبیت پیکسل‌ها به لحاظ معیار مربوط افزایش می‌یابد. در تحقیق حاضر برای استانداردسازی دامنهٔ تغییرات مقادیر معیار در محیط IDRISI Kilimanjaro از تابع FUZZY استفاده و تغییرات درجهٔ عضویت در دامنهٔ $(0 \le \mu_D(x) \le 255)$ تعریف شده است.

از سوی دیگر، به استفاده از روش مقایسهٔ زوجی در تعیین وزن‌های معیار و استفاده از مدل TOPSIS به‌منزلهٔ قاعدهٔ تصمیم‌گیری چندمعیاری در اولویت‌بندی گزینه‌های مکانی به‌منزلهٔ دو محور اصلی در فرایند بررسی روش‌شناسی تحقیق توجه شد. تکنیک مرتب‌سازی اولویت گزینه‌ها بر مبنای میزان مشابهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS)، از متداول‌ترین روش‌ها در تعیین میزان انفکاک از موقعیت ایده‌آل محسوب می‌شود. بر اساس این تکنیک، بهترین گزینه، گزینه‌ای است که همزمان، نزدیک‌ترین واحد به نقطهٔ ایده‌آل و دورترین واحد از نقطهٔ متصف به شرایط نامطلوب باشد. از امتیازات مهم این روش آن است که همزمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده کرد. با این حال در این مدل باید برای محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمّی باشد و در صورت کیفی‌بودن نسبت‌داده‌شده به معیارها، می‌باید آن‌ها را به مقادیر کمّی تبدیل کرد (مانند نمونهٔ مربوط به سازند زمین‌شناسی در جدول ٤). اگرچه TOPSIS را می‌توان در محیط رستری و برداری مربوط به GIS به کار برد، این روش به طور ویژه‌ای متناسب با ساختار داده‌های رستری است. روش کار مبتنی بر GIS مشتمل بر مراحل زیر است (مالچفسکی، ۱۳۸۵):

مرحلهٔ اول: تشکیل ماتریس داده‌ها بر اساس n آلترناتیو و m شاخص، که در آن x_{ij} معرف نمرهٔ خام پیکسل iام در معیار jام است.

مرحلهٔ دوم: در این مرحله با استانداردسازی داده‌ها، دامنهٔ مقادیر (x_{ij}) را که در واحدهای اندازه‌گیری متفاوت (همچون واحد اندازه‌گیری رتبه‌ای، درصدی و متریک) وجود دارند به یک دامنهٔ استاندارد، تبدیل و مقادیر استانداردشدهٔ داده‌ها ($\mathbf{Z}_{ij}$) را به دست می‌آوریم. در چنین روندی لایه‌های نقشهٔ استاندارد که می‌توان آن‌ها با هم مقایسه و ترکیب کرد به دست می‌آید.

مرحلهٔ سوم: وزن‌های (w_j) مربوط به هر صفت تعیین می‌شود؛ مجموع وزن‌ها باید به گونه‌ای باشد که $0 \le W_j \le 1$ و $\sum_j W_j = 1$ به دست آید.

مرحلهٔ چهارم: با ضرب هر ارزش از لایهٔ صفت استانداردشده v_{ij} در وزن متناظر بر آن (w_j)، لایه‌های نقشهٔ استانداردشدهٔ وزنی ایجاد می‌شود؛ هر سلول از لایه‌ها، شامل ارزش استانداردشدهٔ وزنی v_{ij} می‌شوند.

مرحلهٔ پنجم: ارزش حداکثر (v_{+j}) در هر یک از لایه‌های نقشهٔ استانداردشدهٔ وزنی، تعیین می‌شود (ارزش‌ها تعیین‌کنندهٔ نقطهٔ ایده‌آل‌اند)؛ یعنی

$$v_{+j} = (v_{max\,1}, v_{max\,2}, \ldots, v_{max\,n})$$

مرحلهٔ ششم: در این مرحله ارزش حداقل (v_{-j}) را برای هر لایهٔ نقشهٔ استانداردشدهٔ وزنی، تعیین می‌شود (ارزش‌ها تعیین‌کنندهٔ نقطهٔ حضیض‌اند) به صورتی که

$$v_{-j} = (v_{min\,1}, v_{min\,2}, \ldots, v_{min\,n})$$

مرحلهٔ هفتم: با استفاده از اندازهٔ انفکاک، فاصلهٔ بین نقطهٔ ایده‌آل و هر گزینه محاسبه می‌شود؛ انفکاک را می‌توان با استفاده از متریک فاصلهٔ اقلیدسی محاسبه کرد:

$$s_{i+} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{+j})^2}$$

مرحلهٔ هشتم: با استفاده از همان اندازهٔ انفکاک، فاصلهٔ بین هر گزینه و نقطهٔ حضیض محاسبه می‌شود:

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{-j})^2}$$

مرحلهٔ نهم: با استفاده از رابطهٔ زیر، نزدیکی نسبی به نقطهٔ ایده‌آل (c_{i+}) محاسبه می‌شود؛ به طوری که $0 < c_{i+} < 1$ است. بر این اساس هر اندازه یک گزینه به نقطهٔ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد c_{i+} به سمت ۱ میل می‌کند.

$$c_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}}$$

مرحلهٔ دهم: در این مرحله گزینه‌ها بر حسب یک ترتیب نزولی از c_{i+} رتبه‌بندی می‌شوند؛ گزینه‌ای که با بالاترین ارزش از c_{i+} همراه باشد بهترین گزینه است.

۳. نتایج

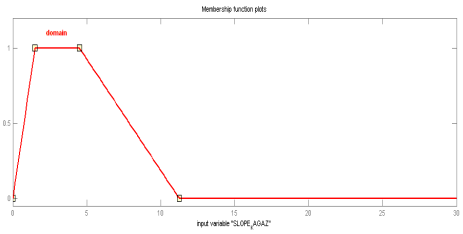
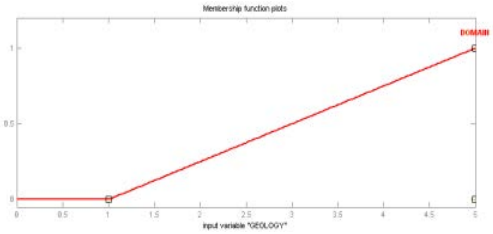
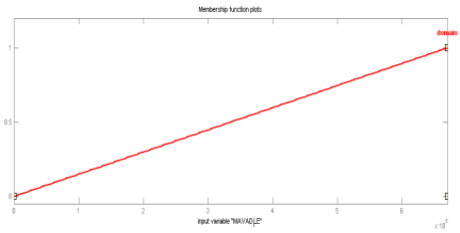
۱.۳. ارزش‌گذاری و استانداردسازی دامنهٔ تغییرات ثبت‌شده از معیارها

در این مقاله، فرایند عملیاتی ارزش‌گذاری و استانداردسازی به صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعهٔ فازی انجام شده است. در تحقیق حاضر، ارزش‌گذاری به این معناست که به مقادیر مشخص‌شده از معیارها بر حسب میزان مطلوبیت، ارزشی تعلق گیرد. استانداردکردن داده‌ها نیز به معنی همسان‌کردن دامنهٔ تغییرات مقادیر ارزش‌گذاری‌شده داده‌ها در دامنه‌هایی همچون «۰» تا «۱» و «۰» تا «۲۵۵» است (غلامی، ۱۳۹۰) که در تحقیق حاضر برای استانداردسازی مقادیر معیارها در فرمت نقشه، دامنهٔ«۰» تا «۲۵۵» مد نظر قرار گرفته است. فهرست نقشه های معیار مورد استفاده در این مقاله و مبنای تئوریکی مطرح در ارزش‌گذاری و استانداردسازی مقادیر ثبت‌شده در نقشه‌های معیار عبارت‌اند از:

نقشهٔ معیار شیب: از نظر مسائل ژئوتکنیکی، شیب اراضی، عامل مهم و مؤثری در پایداری استاتیکی و دینامیکی زمین است و زمین‌های پرشیب تحت تأثیر آب، بارندگی و لرزش‌های ناشی از زمین لرزه در معرض لغزش قرار دارند (گروه مهندسان مشاور همکار توسعهٔ بوم سازگان پایدار، ۱۳۸٦). در شیب‌های بالای ۹ درصد تناسب زمین برای توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی، زیر سؤال و هزینه‌های بهره‌برداری بالا می‌رود (مخدوم، ۱۳۸۷). شیب‌های بسیار پایین نیز با مشکل دفع فاضلاب‌ها و حرکت روان آب‌ها مواجه‌اند، به طوری که شیب۳ تا ٦ درصد، شیب بهینه برای اموری چون سکونت و صنعت تشخیص داده شده است. بدیهی است شیب‌های تندتر به خصوص شیب‌های بالای ۱۵ درصد به‌منزلهٔ قید محدودیت در نظر گرفته می‌شوند (جدول ٤).

فاصله از خطوط گسل: بسترهای اختصاص‌یافته به ساخت و سازهای شهری و صنعتی را باید در محدوده‌هایی انتخاب کرد که در آن‌ها حریم خطوط گسل رعایت شود و از پایداری لازم به منظور کاهش خطرهای ناشی از زمین لرزه احتمالی، برخوردار باشند. با توجه به آنکه بر اساس توصیه های مطرح‌شده، حداقل حریم برای گسل را می‌توان ۳۰۰ متر تا ۱۰ هزار متر از طرفین در نظر گرفت، دامنهٔ حریم یادشده می‌تواند با توجه به نوع گسل و حساسیت پروژه‌ها به لحاظ آسیب‌پذیری درخور تعریف باشد. با توجه به آنکه تهیهٔ اطلاعات تفصیلی برای تعیین حریم مناسب به تفکیک گسل‌های منطقه برای نگارندگان مقاله مقدور نبود، مبنای کار بر افزایش تدریجی ارزش به تناسب افزایش فاصله از گسل قرار گرفت. با وجود این، برای اعمال‌کردن دامنهٔ حریم ذکرشده تصمیم گرفته شد که در ۳۰۰ متر اولیهٔ فاصله از گسل، تعلق ارزشی به پیکسل‌ها وجود نداشته باشد منتها بعد از این مقطع از فاصله، شاهد افزایش خطی و یکنواخت مطلوبیت به ازای افزایش فاصله نباشیم، بلکه در فواصل اولیه از مقطع ذکرشده شتاب افزایش مطلوبیت به خصوص تا فاصلهٔ ۱۰۰۰ متری نسبت به فواصل دورتر، خیلی کند باشد تا انعکاسی از حساسیت بیشتر نسبت به قرارگیری در فواصل نزدیک به گسل تلقی شود. بنابراین، در ارزش‌گذاری و استاندارد سازی بر مبنای درجهٔ عضویت در تابع فازی استفاده از تابع عضویت نوع Sigmoidal، بر تابع عضویت نوع linear، رجحان داده شد.

جدول ۴. نمونه‌های نمایشی از استانداردسازی و ارزش‌گذاری فازی دامنهٔ تغییرات مقادیر معیارها

نام معیار	نمایش درجهٔ عضویت در تابع فازی $(0 \le \mu_D(x) \le 1)$	توضیحات مربوط به روش ارزش‌دهی
شیب		ارزش‌دهی رتبه‌ای: روند افزایشی از سطوح بدون شیب تا شیب ۲ درصد؛ مقطع دارای شیب‌های۲ تا ٦ درصد با مطلوبیت بالا به واسطهٔ قرارگیری در مقطع دارای درجهٔ عضویت ۱؛ روند کاهشی در حد فاصل شیب‌های ٦ تا ۱۵ درصد؛ نامطلوب‌بودن در فواصل دیگر بر پایهٔ درجهٔ عضویت صفر در عدد فازی.
وضعیت سازندهای زمین‌شناسی		ارزش‌دهی طبقه‌ای: نامطلوب‌بودن در سازندهای واقع در طبقه یک (مانند پهنه‌های شناسنامه‌دار با سازندهایی چون دامنه‌های آبرفتی جوان یا سازندهای گچی) با درجهٔ عضویت صفر در عدد فازی؛ شروع روند افزایش تدریجی ارزش از سازندهای قرارگرفته در طبقهٔ ۲ (مانند سازندهای شناسنامه‌دار با شیل و مارن) تا سازندهای متعلق به طبقهٔ ۵ (مانند سازندهای شناسنامه‌دار با کنگلومرا و گابرو)؛ درجهٔ عضویت برابر با ۱ در مقطع طبقهٔ ۵ ضمن آنکه در زیر رتبهٔ ۳ سازندهایی مانند سنگ‌های آهکی و دولومیتی و تراس‌های آبرفتی و در زیر رتبهٔ ٤ نیز سازندهایی چون سازندهای شناسنامه‌دار با ماسه سنگ و توف قرار می‌گیرند.
موقعیت نسبت به وزنه‌های پسماند کاغذ تولیدشده در کانون‌های شهری تولید پسماند		ارزش‌گذاری مستقیم: روند افزایشی به تناسب بالارفتن نمرهٔ به‌دست‌آمده در برایند درون‌یابی‌های شکل گرفته است.

✓ **جنس زمین**: از نظر استقرار تأسیسات صنعتی اعم از واحدهای بازیافت، باید مقاومت سنگ بستر و جنس زمین منطقه، مطالعه و به منظور کاهش خسارات ناشی از زلزله و لغزش زمین، از احداث این‌گونه تأسیسات روی سازندهای سست و پر از درز و شکاف، جلوگیری شود. انواع سازندهای زمین‌شناختی اعم از سنگ‌های آذرین درونی (مانند گرانیت و گابرو)، سنگ‌های آذرین بیرونی (مانند آندزیت، بازالت و توف)، سنگ‌های دگرگونی (مانند گنیس، شیست و کوارتزیت) و سنگ‌های رسوبی (مانند کنگلومرا، ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت)، بسته به شرایط اقلیمی که در آن واقع شده‌اند، دارای سطوح متفاوتی از مطلوبیت در زمینهٔ ساخت‌وسازهای شهری و صنعتی‌اند (مخدوم، ۱۳۷۸). بر همین اساس با مشورت تعدادی از استادان و صاحب‌نظران متخصص در زمینهٔ

ژئومرفولوژی و زمین‌شناسی، اولویت یا تناسب سازندهای زمین‌شناختی محدودهٔ مورد مطالعه در خصوص ساخت و سازهای شهری و صنعتی با توجه به شرایطی که می‌توانند به لحاظ تناسب در رابطه با ساخت و سازها داشته باشند به ۵ حالت تقسیم‌بندی شدند که طیفی از شرایط نامتناسب تا شرایط با تناسب بالا را به لحاظ سازند زمین‌شناسی شامل می‌شدند. این ۵ حالت، رتبه‌های ۵گانهٔ مورد استفاده در ارزش‌گذاری و استانداردسازی را شامل می‌شود (جدول ٤).

✓ **قابلیت اراضی:** اصولاً بالارفتن قابلیت اراضی برای فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند با پایین‌آمدن ارزش این اراضی برای ساخت‌وساز و کاربری های صنعتی اعم از واحدهای بازیافت همراه باشد. در انتخاب مکان بازیافت باید سعی شود مکان انتخابی ضمن دارابودن ویژگی‌های مناسب به لحاظ مقر و موقعیت، از نظر بهره‌برداری کشاورزی کم‌ارزش باشد. این مقوله می‌تواند کمکی برای توسعهٔ پایدار کشاورزی باشد.

✓ **عمق آب های زیرزمینی:** در مکان یابی بسترهای مناسب برای اختصاص به ساخت‌وسازهای شهری و صنعتی، بالابودن عمق آب زیرزمینی یک مانع به حساب می‌آید. بالابودن آب‌های زیرزمینی می‌تواند در دفع فاضلاب‌ها و استحکام بنا، تبعات نامناسبی داشته باشد (شیعه، ١٣٨٦).

✓ **موقعیت نسبت به اراضی سیلابی:** اراضی سیلابی در فرایند مکان یابی محل استقرار واحدهای بازیافت کاغذ به‌منزلهٔ قید محدودیت در نظر گرفته شده‌اند. قرارگیری در معرض خطر سیل و بالابودن آب های زیرزمینی دو معضل عمدهٔ این اراضی است (شیعه، ۱۳۷۱).

✓ **موقعیت نسبت به کانون های مستعد زمین‌لغزش:** ساخت‌وسازها در دامنه های دارای پتانسیل زمین‌لغزش و اراضی پایین‌دستی این دامنه ها نیز ممکن است ضرایب متفاوتی از خطر و آسیب‌پذیری را به همراه داشته باشند. وسعت محدوده‌ای را که در اراضی پایین‌دستی دامنه‌های مستعد زمین لغزش، در معرض خطر قرار می‌گیرد، می‌توان با توجه به فاکتورهایی چون شیب دامنه، جنس مواد رسوبی روی دامنه، جنس سازند زیرین قشر بیرونی و شدت و تداوم بارش، تعیین کرد. این کار پیچیده است و بررسی‌ها و آزمایش‌های میدانی ویژه‌ای را در خصوص تک‌تک پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش می‌طلبد. در تحقیق حاضر برای تهیهٔ نقشه‌های ارزش‌گذاری‌شده فاصله از نقاط دارای زمین‌لغزش، ابتدا نقشهٔ پراکندگی نقاط دارای پتاسیل زمین‌لغزش از پایگاه داده‌های علوم زمین أخذ و به فرمت نقشهٔ نقطه‌ای رقومی‌شده از پراکندگی زمین لغزش‌ها تبدیل شد. در ادامه با افزودن این نقشه روی نقشهٔ TIN از منطقه، دامنه‌هایی که بر نقاط دارای زمین‌لغزش منطبق می‌شدند مشخص شدند و با تهیهٔ نقشهٔ پلیگونی از این دامنه ها و اراضی واقع در پای دامنه، نقشهٔ اولیه از محدوده‌های خطر به لحاظ زمین‌لغزش استخراج شد. در ادامه با توجه به اینکه زمین‌لغزش می‌تواند به بی‌تعادلی سازندهای محدوده نیز منجر شود و در راستای تأمین ضریب اطمینان بیشتر، یک بافر ۱ کیلومتری به محدودهٔ تعیین‌شده اضافه شده و محدودهٔ جدید به‌دست‌آمده به‌منزلهٔ قید محدودیت در خصوص مکان‌یابی بسترهای مورد اختصاص به ساخت‌وسازهای شهری و صنعتی در نظر گرفته می‌شود.

✓ **موقعیت نسبت به وزنه های پسماند تولیدشده در کانون‌های شهری تولید پسماند:** ماهیت صنایع در تبدیل مادهٔ اولیه به کالا و کسب ارزش‌افزودهٔ نهفته است. موقعیت مناسب نسبت به کانون‌های تأمین مواد اولیه که می‌تواند با کاهش هزینهٔ حمل و نقل نیز همراه باشد، یکی از ملاک‌های مطرح در مکان‌یابی صنایع تلقی می‌شود (تولایی، ۱۳۷۵). در مکان‌یابی واحدهای بازیافت کاغذ نیز موقعیت مناسب نسبت به وزنه‌های پسماندهای کاغذ تولیدشده در شهرها، یکی از مصادیق بارز اصل نزدیکی به کانون های تأمین مواد اولیه در مکان یابی صنایع محسوب می‌شود. در تهیهٔ اطلاعات مورد نیاز در این خصوص، از داده‌های مستخرج از گزارش طرح توجیه فنی و اقتصادی بازیافت و تعیین آنالیز فیزیکی و شیمیایی مواد زاید شهری

استان فارس (زرولی و همکاران، ۱۳۸٦) به‌منزلهٔ داده‌ها و اطلاعات پایه ای استفاده شد. در طرح یادشده، شهرهای شیراز، کازرون، فسا، مرودشت، جهرم و فیروزآباد برای نمونه‌برداری و انجام آنالیز فیزیکی و شیمیایی انتخاب شده‌اند. بررسی کمّیت و کیفیت مواد زاید شهری و اندازه‌گیری مشخصه هایی چون ترکیب فیزیکی و شیمیایی زباله، چگالی، درصد رطوبت و سرانهٔ تولید، در سطح استان فارس، جهت‌گیری محوری طرح مذکور را تشکیل می‌دهد. در به‌روزرسانی داده های مستخرج از طرح نیز اقدامات زیر به عمل آمده است:

گام اول: نمایه‌های مربوط به وضعیت زباله در این شش شهر به‌منزلهٔ نمونه در تبیین نمایه‌های مربوط به وضعیت زبالهٔ شش محدوده از استان، که شهرهای شش‌گانه در آن قرار گرفته‌اند به کار گرفته شده است. در تحقیق حاضر، برای استخراج این شش محدوده، از روش چندضلعی‌های تیسن استفاده شده است (شکل ۲). در این روش هر مکان به نزدیک‌ترین نقطهٔ کانون (شهرهای شش‌گانه در تحقیق حاضر) اختصاص داده می‌شود (مالچفسکی، ۱۳۸٦).

گام دوم: اطلاعات تفصیلی آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماند شهری شیراز در سال ۱۳۸۸که از سوی سازمان مدیریت پسماند شهرداری شیراز تهیه شده، به‌منزلهٔ بخش دیگری از اطلاعات پایه‌ای، استفاده شده است. این پسماندها، وزنهٔ اصلی پسماندهای شهری استان را دربر می‌گیرند، به گونه‌ای که ٤٦ درصد از پسماندهای شهری استان در شیراز تولید می‌شود. مقایسهٔ نمایه وضعیت زباله در شیراز در سال ۱۳۸۸ با نمایه‌های وضعیت زباله در طرح توجیهی ذکرشده نشان می‌دهد که سرانهٔ تولید زباله به ازای هر نفر در روز در شیراز برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۸به ترتیب ٦٤٤ و ۷۲٦ گرم بوده است. با توجه به اینکه از یک سو سرانهٔ تولید زبالهٔ شیراز در سال ۱۳۸۱ به میانگین زبالهٔ استان در این سال (٦۵۰ گرم در روز به ازای هر نفر) نزدیک بوده است و از سوی دیگر نمایه های آماری مربوط به شیراز را می‌توان به‌منزلهٔ نمایه‌های جرم عمدهٔ پسماندهای شهری استان تلقی کرد. بر همین اساس، نرخ رشد سالانهٔ سرانهٔ زباله برای شیراز با توجه به تغییرات در حد فاصل سال‌های یادشده، محاسبه و با از استفاده از نرخ رشد به‌دست آمده، به تخمین سرانهٔ زبالهٔ شهرهای شش‌گانه در سال ۱۳۹۰، پرداخته شده است. در ادامه از روی سرانه های مربوط به این شهرها، میانگین سرانه های تولید زباله در روز به ازای هر نفر برای سال ۱۳۹۰، محاسبه شده است. (جدول ۵).

گام سوم: در این قسمت جمعیت شهرهای استان در سال ۱۳۹۰ که در عطف به نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن قرار دارد، به دست آمده است و در ادامه با ضرب جمعیت هر شهر در میانگین سرانهٔ برآوردشده از تولید زباله در روز به برآورد میزان کلی (وزنه) زبالهٔ روزانه برای هر شهر در سال ۱۳۹۰ پرداخته شد.

گام چهارم: با توجه به درصد پسماندهای کاغذ در ترکیب کلی پسماندهای شهری استان، به ضرب درصد مذکور در میزان (وزنه) کلی زبالهٔ برآوردشده، برای شهرهای واقع در پلیگون های شش‌گانه، اقدام شده و میزان کلی (وزنه) پسماندکاغذ برای هر یک از شهرهای استان به دست آمده است (شکل ۳).

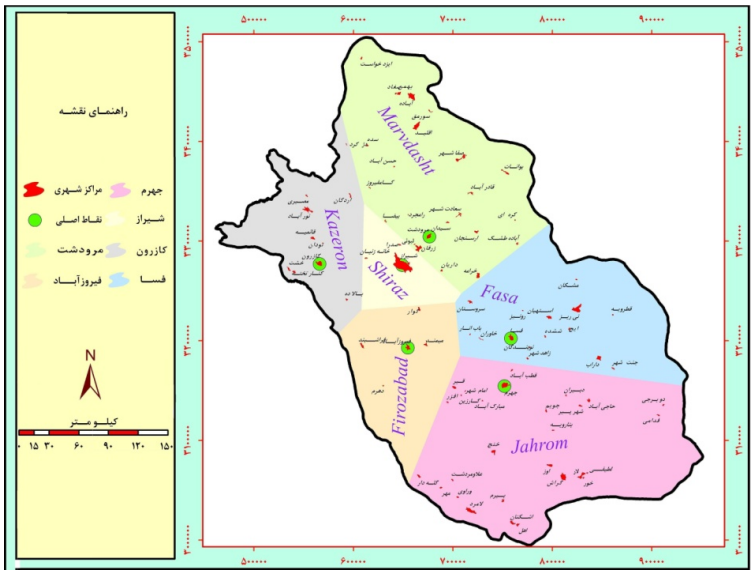
گام پنجم: با توجه به اینکه امتیاز ناشی از موقعیت نسبت به وزنه‌های تأمین پسماند کاغذ مورد استفاده به‌منزلهٔ مواد اولیه، در مکان‌یابی محل استقرار واحدهای بازیافت کاغذ، با نزدیک‌شدن به کانون‌هایی که دارای حجم بالایی از تولید پسماند مورد استفاده در این صنایع‌اند، بیشتر می‌شود؛ بر همین اساس کانون‌های شهری بر اساس حجم تولید پسماند کاغذ به کیلوگرم در روز، شناسنامه‌دار شدند. در همین خصوص نزدیکی به کانون‌های متصف به وزن بالای تولید پسماند کاغذ، می‌تواند حامل امتیاز بیشتر برای مکان گزینی واحد بازیافت کاغذ باشد. با توجه به اینکه از یک سو امتیاز مذکور در فرایند درون‌یابی مشخص می‌شود و از سوی دیگر در موضوع مورد بحث، درون‌یابی بدون طبقه‌بندی اولیه از کانون های انباشت پسماند کاغذ، نتایج غیرواقع‌بینانه‌ای را ارائه می‌دهد، برای تهیهٔ نقشه درون‌یابی‌شدهٔ مورد نیاز در این خصوص، ابتدا کانون‌های شهری به لحاظ میزان پسماند کاغذ تولیدشده، در دو گروه

زیر ۱۰۰۰۰ و بالای ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در روز، طبقه‌بندی شدند و در ادامه در هر طبقه، عملیات درون‌یابی در خصوص وزنه‌های مطرح در همان طبقه اجرا شده است. در گام بعدی نقشه‌های حاصل از درون‌یابی با هم جمع شدند، به گونه‌ای که نقشهٔ حاصل از عملیات جمع، حامل نمرهٔ هر پیکسل به لحاظ بار وزنی ناشی از موقعیت نسبت به وزنه‌های تولید پسماند است.

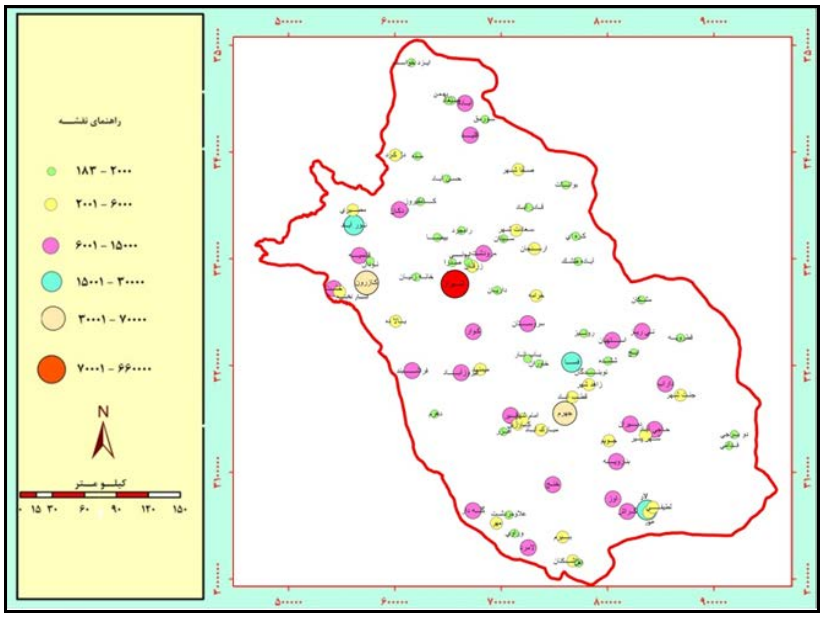
جدول ۵. آمار میانگین سرانهٔ تولید روزانهٔ زباله به گرم

عنوان		شیراز	کازرون	فیروزآباد	مرودشت	جهرم	فسا	کل استان
میانگین سرانهٔ تولید روزانهٔ زباله(gr)	۱۳۸۱	٦٤٤	۸٦٤	٤۷٦	٦۲٥	۷۰۳	٥۹٥	٦٥۰
	۱۳۹۰	۷٦٥	۱۰۱٦	۳٦٥	۷٤۲	۸۳٥	۷۰۷	۷۷۱

مأخذ: برآوردهای نگارندگان، زرولی و همکاران، ۱۳۸٦و آرشیو داده‌های سازمان مدیریت پسماند شهرداری شیراز



شکل ۲. پهنه‌های حاصل از به کارگیری روش تیسن در خصوص شهرهای شش‌گانهٔ نمونه



شکل ۳. نقشهٔ پراکندگی وزنه‌های تولید پسماند کاغذ در شهرها به کیلوگرم در روز

✓ **موقعیت نسبت به کانون های شهری و روستایی به منزلهٔ وزنه‌های جمعیتی:** مراکز سکونتی شهری به تفکیک اجزای مختلف از مراکز اصلی تولید پسماند به شمار می‌روند، که در زیرمعیار موقعیت نسبت به وزنه‌های تأمین پسماند مورد استفاده به‌منزلهٔ مواد اولیه بررسی شده‌اند. بنابراین، در مقالهٔ حاضر، طرح جداگانهٔ معیار موقعیت نسبت به کانون‌های شهری- روستایی به‌منزلهٔ وزنهٔ جمعیتی، از لحاظ معیار ذکرشده مد نظر قرار نمی‌گیرد؛ بلکه فرض بر این است که وزنه‌های جمعیتی بالا می‌توانند با وزنه های بیشتر تمرکز امکانات، خدمات، تأسیسات و تجهیزات همراه شوند و در تدارک برخی از نیازمندی‌های صنایع بازیافتی سهیم باشند. همچنین، وزنه‌های جمعیتی، می‌توانند بازار مصرفی برای فراورده‌های بازیافتی را به وجود آورند. البته با توجه به آنکه یک بار در عمل، ارزش پیکسل‌ها به لحاظ موقعیت نسبت وزنه های تأمین پسماند مورد استفاده به‌منزلهٔ مواد اولیه محاسبه می‌شود. بر همین اساس برای جلوگیری از حساب مضاعف بار ارزشی موقعیت نسبت به کانون‌های شهری، سعی شده است در مقایسهٔ دوبه‌دو و تعیین وزن، به اهمیت معیار موقعیت نسبت به وزنه های جمعیتی از منظر تأمین مواد اولیه توجه نشود.

✓ **موقعیت نسبت به شهرک های صنعتی و محل استقرار صنایع کاغذ:** شهرک صنعتی مکانی است دارای محدوده و مساحت معین برای استقرار مجموعه‌ای از واحدهای صنعتی و خدمات پشتیبانی از قبیل طراحی مهندسی، آموزش و فناوری، اطلاع‌رسانی، مشاوره ای، بازرگانی، صنفی و کارگاهی که تمام یا پاره ای از امکانات زیربنایی، خدمات ضروری و امتیازات ویژه را با توجه به نوع و وسعت شهرک و ترکیب فعالیت آن در اختیار واحدهای مذکور قرار می دهد (ممتازان، ۱۳۸۳). مزایای شهرک‌های صنعتی برای استقرار صنایع عبارت اند از: ۱. تهیهٔ زمین مناسب برای اجرای طرح‌های صنعتی با توجه به مکان یابی و طراحی انجام‌شده مطابق با اصول فنی و مهندسی و آخرین روش های شهرک‌سازی؛ ۲. بی‌نیاز بودن به کسب مجوز جداگانه از ادارات و سازمان های متعدد از قبیل محیط‌زیست، منابع طبیعی، کشاورزی، آب، برق و امور اراضی، میراث فرهنگی، خاک‌شناسی، راه، امور ترابری، کار و امور اجتماعی مستثنی‌بودن از قانون شهرداری‌ها؛ ۳. ایجاد شرایط لازم به منظور هم‌افزایی صنایع مستقر در شهرک‌ها و نواحی صنعتی؛ ٤. فراهم‌شدن بستر مناسب برای ایجاد شبکه ها و خوشه های مرتبط به یک صنعت در محدودهٔ شهرک‌ها و نواحی صنعتی؛ ٥. دسترسی آسان و سریع به امکاناتی از قبیل راه، آب، برق، گاز، فاضلاب صنعتی، مخابرات، اینترنت و غیره؛ ٦. استفاده از خدمات نرم‌افزاری (مشاوره‌ای، فنی، مهندسی و مدیریتی) مراکز خدمات فناوری و کسب و کار؛ ۷. ارائهٔ خدمات رایگان در زمینهٔ صدور مجوزهای ساخت و ساز و پایان کار واحدهای صنعتی؛ ۸. کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری به علت استفاده از خدمات مشترک ساماندهی‌شده؛ ۹. امکان اجاره و خرید کارگاه های کوچک آماده و پیش‌ساخته به منظور تسریع در بهره‌برداری و اشتغال‌زایی؛ ۱۰. واگذاری ادارهٔ شرکت‌ها و نواحی صنعتی به هیئت امنای منتخب صاحبان صنایع؛ ۱۱. پرداخت نقد و اقساط هزینه‌های حق بهره‌برداری از تأسیسات (آشور، ۱۳۹۰). با توجه به آنکه فراورده های حاصل از بازیافت کاغذ در صنایع کاغذ مصرف می شوند، بنابراین نزدیکی به این صنایع به منزلهٔ فاکتور مثبت در مکان یابی واحدهای بازیافت کاغذ در نظر گرفته می شوند. صنایع کاغذ می‌توانند در چارچوب شهرک صنعتی مستقر شوند.

✓ **فاصله از خطوط ارتباطی:** دسترسی به راه های ارتباطی، موجب می‌شود محل استقرار واحدهای بازیافت کاغذ در ارتباط سیال‌تر و کارامدتری با کانون‌های تأمین مواد اولیه و خدمات و کانون‌های عرضهٔ فراورده‌های این واحدها قرار داشته باشد. با وجود این، مکان یابی باید با رعایت حریم تعیین‌شده برای راه‌ها همراه باشد. این حریم‌ها به‌منزلهٔ قید محدودیت در نظر گرفته می‌شوند.

✓ **فاصله از خطوط انتقال گاز، نیرو و برق:** با توجه به اینکه دسترسی به خطوط نیرو و گاز در گردش جریان تولید در واحدهای بازیافت و تأمین انرژی مورد نیاز در این واحدها نقش تعیین‌کننده ای دارد، بر همین اساس فاصله از این خطوط به‌منزلهٔ معیار در مکان‌یابی در نظر گرفته شد، بدین صورت که با افزایش فاصله از این خطوط، کاهش مطلوبیت را شاهد خواهیم بود. با وجود این، در نقشهٔ خروجی نهایی باید حریم‌های مربوط به خطوط و تأسیسات انتقال نیرو، گاز و نفت را به‌منزلهٔ قید محدودیت در نظر گرفت و حذف کرد.

وزن‌دهی نقشه های معیار: برای دخالت‌دادن اهمیت نسبی هر کدام از عوامل مشخص‌شده در فرایند تعیین مکان بهینه، باید ضرایب ویژه‌ای به‌منزلهٔ وزن به آن‌ها اختصاص داد. برای این منظور در تحقیق حاضر، از روش مقایسهٔ زوجی، استفاده شده است. با وجود تنوع تکنیک های تعیین وزن، روش مقایسهٔ زوجی به علت امکان مقایسهٔ دوبه‌دو اهمیت متغیرها از دقت بیشتری برخوردار است. این روش در سال ۱۹۷۷ به وسیلهٔ ساتی ابداع و برای اولین بار در سال ۱۹۹۹ به وسیلهٔ مت در کاربردهای GIS معرفی شد (جهانی، ۱۳۷٦). با استفاده از این روش برای هر کدام از عوامل، وزن خاصی تعیین می‌شود. اساس تعیین وزن در این روش را مقایسهٔ دوبه‌دو عوامل تشکیل می‌دهد. روش کار مشتمل بر سه گام اصلی است که عبارت‌اند از: ایجاد ماتریس مقایسه ای دوبه‌دو[۵]، محاسبهٔ وزن های معیار[٦] و تخمین نسبت پایندگی یا سازگاری. صورت عملیاتی گام‌های مذکور به ترتیبی است که در ادامه می‌آید:

۱. ایجاد ماتریس مقایسه ای دوبه‌دو: در این روش برای درجه‌بندی اولویت‌های نسبی در خصوص مقایسهٔ دوبه‌دو معیارها، از یک مقیاس پایه ای که مقادیر آن از ۱ تا ۹ متغیر است؛ استفاده شده است (جدول‌های ٦ و ۷).

۲. محاسبهٔ وزن‌های معیار: این مرحله مشتمل بر عملیات‌های زیر است: (a) ارزش‌های مربوط به هر ستون از ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو با هم جمع می‌شوند؛ (b) هر عنصر ماتریس در مقدار کل ستون آن تقسیم می‌شود (از ماتریس حاصل با نام ماتریس استانداردشده از مقایسهٔ دوبه‌دو نام برده می‌شود)؛ و (c) میانگین عناصر مطرح در هر ردیف از ماتریس استانداردشده محاسبه می‌شود، بدین صورت که مجموع نمره‌های استانداردشدهٔ مربوط به هر ردیف در تعداد معیارها تقسیم می‌شود. این میانگین‌ها تخمینی از وزن‌های نسبی معیارهای مورد مقایسه به دست می‌دهند.

جدول ۶. ضرایب مورد استفاده در مقایسهٔ زوجی اهمیت نسبی معیارها

۹	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر ۱۰۰ درصد اهمیت دارد.
۷	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر بسیار مهم است.
۵	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر مهم است.
۳	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر قدری مهم است.
۱	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر با متغیر ستون از نظر اهمیت مساوی است.
۱/۳	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر قدری کم‌اهمیت است.
۱/۵	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر کم‌اهمیت است.
۱/۷	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر بسیار کم‌اهمیت است.
۱/۹	نسبت به متغیر ستون، متغیر سطر۱۰۰ درصد بی‌اهمیت است.

۳- تخمین نسبت پایندگی یا سازگاری: در این مرحله باید به این سؤال جواب دهیم که آیا مقایسه‌های ما دارای پایندگی‌اند یا خیر؟ این مهم مشتمل بر عملیات‌های زیر است: (a) با ضرب وزن مربوط به اولین معیار در ستون اول از ماتریس اولیه از مقایسهٔ دوبه‌دو، سپس ضرب دومین وزن در ستون دوم و ضرب سومین معیار و نهایتاً جمع این ارزش‌ها در طول ردیف‌ها، بردارهای مجموع وزنی[۷] به دست می آید، (b) با تقسیم بردارهای مجموع وزنی در وزن های معیار تعیین‌شده در مرحلهٔ قبل، بردار پایندگی تعیین می شود. بعد از محاسبهٔ بردار پایندگی، لازم است که ارزش‌ها را در دو بعد دیگر یعنی میزان لاندا (λ) و شاخص پایندگی (CI)[۸] محاسبه کنیم. ارزش مربوط به لاندا به طور ساده مشتمل بر میانگین ارزش بردار پایندگی است. محاسبهٔ (CI) بر پایهٔ مشاهداتی قرار دارد که در آن‌ها میزان (λ) برای ماتریس‌های مثبت دوسویه، همواره بزرگ‌تر یا برابر با تعداد معیارهای مورد نظر (n) است و اگر ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو، یک ماتریس دارای استحکام و پایندگی باشد، آنگاه خواهیم داشت: $\lambda = n$، همچنین $\lambda - n$ را

می‌توان سنجه‌ای از درجهٔ بی‌ثباتی و پایندگی در نظر گرفت. این سنجه را می‌توان به صورتی که در زیر می‌آید استاندارد کرد:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

از اصطلاح (CI) به منزلهٔ شاخص پایندگی یاد می شود که مشخص‌کنندهٔ اندازهٔ انحراف از پایندگی است. علاوه بر این، می‌توانیم نسبت پایندگی[۹]، (CR) را نیز تعیین کنیم که در قالب عبارت زیر تعریف می‌شود:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

که در آن RI، نشانگر شاخص راندمی است. این شاخص، همان شاخص پایندگی از ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو است که به صورت اتفاقی ایجاد شده است (جدول ۸).

می‌توان نشان داد که RI به تعداد عناصر مورد مقایسه وابسته است. نسبت پایندگی به گونه‌ای تعیین می‌شود که اگر CR <۰/۱۰، این نسبت، دلالت بر سطح قابل قبول پایندگی در مقایسه های دوبه‌دو دارد. با وجود این اگر CR ≥۰/۱۰ باشد، ارزش‌های نسبت، نشانگر قضاوت‌های ناپاینده‌اند. در چنین حالت‌هایی باید ارزش‌های اولیهٔ مطرح در ماتریس مقایسه ای دوبه‌دو را بازبینی و تجدیدنظر کرد. با توجه با آنکه در تحقیق حاضر در تمام سه مجموعه از مقایسه های دوبه‌دو میزان CR کمتر از ۰/۰۷ شد، می‌توان به وضعیت قابل قبول سطح پایندگی اذعان داشت. بنابراین، وزن‌های مندرج در جدول ۹ به‌منزلهٔ وزن‌های نهایی انتخاب شدند.

جدول ۷. ماتریس‌های مقایسهٔ دوبه‌دو از معیارهای مورد استفاده در سه مجموعه از مقایسهٔ دوبه‌دو

مقایسهٔ دوبه‌دو در سطح محورهای اصلی معیارها					
معیار اصلی	انسانی	طبیعی			
انسانی	۱	۳			
طبیعی		۱			
مقایسهٔ دوبه‌دو در سطح معیارهای مطرح در زیر مجموعهٔ عوامل طبیعی					
زیرمعیار	شیب	فاصله از خطوط گسل	قابلیت اراضی از بعد کشاورزی و اکولوژیکی	جنس زمین	عمق آب زیرزمینی
شیب	۱	۲	۵	۵	۷
فاصله از خطوط گسل		۱	۳	۳	٤
قابلیت اراضی از بعد کشاورزی و اکولوژیکی			۱	۲	۳
جنس زمین				۱	۲
عمق آب زیرزمینی					۱
مقایسهٔ دوبه‌دو در سطح معیارهای مطرح در زیرمجموعهٔ عوامل انسانی					
زیرمعیار	وزنه‌های پسماند کاغذ تولیدشده	فاصله از شهرک‌های صنعتی و صنایع کاغذ	فاصله از راه‌های ارتباطی	کانون‌های شهری و روستایی بر اساس وزنه‌های جمعیتی	فاصله از خطوط انتقال انرژی
وزنه‌های پسماند کاغذ تولیدشده	۱	۳	۳	۳	٤
فاصله از شهرک‌های صنعتی و صنایع کاغذ		۱	۲	۱	۳
فاصله از راه‌های ارتباطی			۱	۲	۳
کانون‌های شهری و روستایی بر اساس وزنه‌های جمعیتی				۱	۳
فاصله از خطوط انتقال انرژی					۱

یکی از ویژگی های برجستهٔ روش مبتنی بر مقایسهٔ دوبه‌دو، این است که در یک زمان تنها باید به دو معیار توجه کرد. اگر معیارهای زیادی برای مقایسه وجود داشته باشد، در آن صورت اندازهٔ مسئله بسیار بزرگ می‌شود. بدین صورت که اگر n معیار وجود داشته باشد، تعداد مقایسه‌های دوبه‌دو مشتمل بر n(n −۱)/۲ خواهد بود. برای مثال، اگر در یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری، ۱۰ معیار ارزیابی مطرح باشد، در آن صورت ٤٥ مقایسهٔ دوبه‌دو مورد نیاز خواهد بود. همچنین، این روش دربرگیرندهٔ محاسباتی زمان‌بر است. خوشبختانه برنامه‌های کامپیوتری می‌توانند تمام محاسبات ضروری را انجام دهند. Expert Choic، یکی از متداول‌ترین بسته‌های نرم‌افزاری است که در خصوص روش کار مبتنی بر مقایسهٔ دوبه‌دو مطرح است (مالچفسکی، ۱۳۸۵).

جدول ۸. شاخص پایداری تصادفی (RI)

تعداد(n)	(RI)	تعداد(n)	(RI)	تعداد(n)	(RI)
۱	۰/۰۰	٦	۱/۲٤	۱۱	۱/۵۱
۲	۰/۰۰	۷	۱/۳۲	۱۲	۱/٤۸
۳	۰/۵۸	۸	۱/٤۱	۱۳	۱/۵٦
٤	۰/۹۰	۹	۱/٤۵	۱٤	۱/۵۷
۵	۱/۱۲	۱۰	۱/٤۹	۱۵	۱/۵۹

در کاربرد روش مقایسهٔ زوجی باید توجه داشت که اصولاً این مقایسه از سوی یک کارشناس انجام می‌گیرد، در چنین شرایطی برای دخالت‌دادن کارشناسان مختلف در تعیین وزن، دو رویکرد مطرح است (مالچوفسکی، ۱۳۸۵). رویکرد اول آنکه، کارشناسان مربوطه به صورت یک تیم، به همکاری و تشریک مساعی در تعیین اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر می‌پردازند و نتیجهٔ نهایی مقایسهٔ دوبه‌دو، نمایانگر اولویت های توافقی اعضای تیم در تعیین وزن معیارهاست. رویکرد دیگر آنکه، اولویت های هر شخص به صورت جداگانه صورت می‌گیرد و در ادامه برای حصول به وزن‌های کلی، به میانگین‌گیری از مجموع وزن‌های منفرد پرداخته می‌شود. با توجه به مطالب ذکرشده، در تحقیق حاضر برای تعیین وزن از رویکرد اول استفاده شده است. بدین صورت که وزن های به‌دست‌آمده حاصل تشریک مساعی و بحث مشترک ۵ نفر از صاحب‌نظران دانشگاهی دارای سابقهٔ تحقیق و پژوهش در حوزهٔ مورد مطالعه است. تأمل روی برخی از وزن‌های منعکس‌شده در جدول ۹، ممکن است در مبادی امر، سؤال‌برانگیز باشد که نمونهٔ آن را می‌توان در مقایسهٔ وزن شیب با وزن فاصله از شهرک‌های صنعتی مشاهده کرد. باید توجه داشت که تعیین وزن دو معیار ذکرشده در گروه‌های جداگانه شکل گرفته است و وزن پایین فاصله از شهرک‌های صنعتی در مقایسه با وزن شیب، به واسطهٔ وزن های معیارهای دیگری چون فاصله از خطوط انتقال نیرو و فاصله از شبکه‌های ارتباطی که در محدودهٔ مورد مطالعه معمولاً هم‌راستا با معیار فاصله از شهرک های صنعتی قرار دارند قابل جبران است.

خروجی حاصل از به کارگیری مدل TOPSIS: در برایند عملیاتی‌سازی مراحل و دستورالعمل‌های مطرح در فرایند به کارگیری مدل TOPSIS، نقشه‌های اولویت‌بندی‌شده از گزینه‌های مکانی برای استقرار واحدهای بازیافت کاغذ به دست آمد که امتیاز آن‌ها در دامنهٔ بین صفر و یک مشخص شده‌اند (شکل ٤). در نقشهٔ خروجی حاصله هر قدر نمرهٔ پیکسلی به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد نشانگر شرایط مطلوب‌تر پیکسل برای استقرار واحد تولید بازیافت کاغذ است که به تناسب نیاز برای اختصاص زمین به کاربری مذکور در یک محدوده مشخص و با در نظر گرفتن قیود محدودیت فهرست‌شده در جدول ۲ می‌تواند راهنمای عمل تصمیم‌گیران در جهت‌دهی چیدمان مکانی– فضایی واحدهای بازیافت کاغذ باشد. در واقع نمرهٔ بالای یک پیکسل در محدودهٔ مشخص، به شرط خارج‌بودن از دایرهٔ قیود محدودیت، نشانگر مطلوبیت بیشتر آن پیکسل برای به کارگیری در رابطه با هدف است.

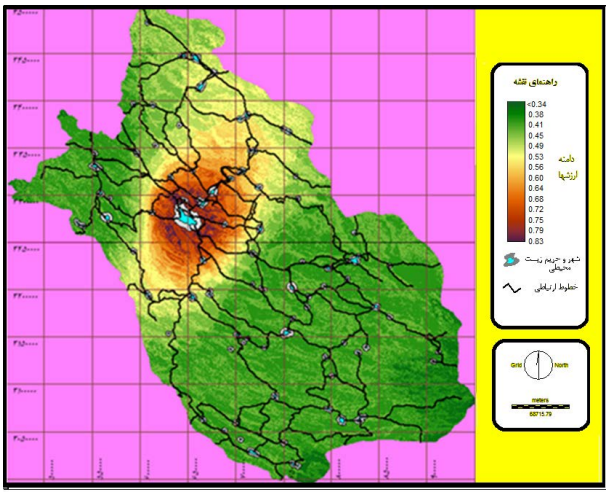
استفاده از منطق بولین: برای اعمال قیود محدودیت

لازم است که نقشهٔ نهایی از تناسب اراضی، در نقشه‌های قیود محدودیت که ارزش‌های«۰» یا «۱» را دربر می‌گیرند، ضرب شوند. در نقشهٔ قیود محدودیت، محدوده‌هایی که شرایط مندرج در قید محدودیت در آن مراعات شده و فارغ از محدودیت قیود مربوطه‌اند با کد ۱ مشخص شده‌اند و در غیر این صورت، محدودهٔ با کد «۰»، شناسنامه‌دار می‌شود. بدیهی است که با ضرب نقشه‌های بولین مربوط به قیود محدودیت در نقشهٔ تناسب اراضی، محدوده‌هایی از نقشهٔ تناسب اراضی که در عدد ۱ مربوط به نقشه بولین ضرب شده‌اند ارزش خود را حفظ کرده‌اند و در غیر این صورت با نمرهٔ صفر، مارک‌دار می‌شوند. با این ضرب تنها پیکسل‌هایی باقی می‌مانند که بدون استثنا، شرایط قیدشده در آن‌ها رعایت شده باشد. در شکل ۵ محدوده‌های شناسنامه‌دار با قیود محدودیت، به صورت لکه‌های رنگی مشخص و محدوده‌های سفید که درون محدوده‌های شناسنامه‌دار با قیود محدودیت دیده می‌شوند معرف پیکسل‌هایی‌اند که در آن‌ها بدون استثنا تمام شرایط مندرج در زیر مبحث قیود محدودیت، مراعات شده‌اند.

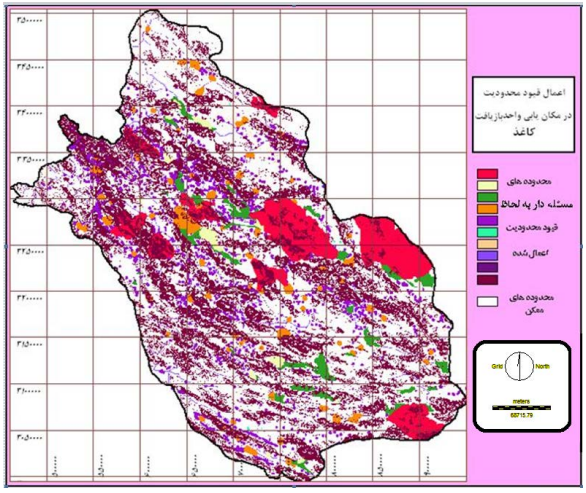
جدول ۹. وزن نهایی‌شدهٔ معیارها

گروه معیارها	نام معیار	وزن		وزن نهایی معیار
		گروه	معیار	
عوامل انسانی	موقعیت نسبت به وزنه‌های پسماند کاغذ تولیدشده در کانون‌های شهری تولید پسماند	۰/۷۵	۰/۲۴۲	۰/۳۲
	فاصله از شهرک‌های صنعتی و صنایع کاغذ		۰/۱۹۵	۰/۱۱
	فاصله از راه‌های ارتباطی		۰/۱۷۱	۰/۱۴۶
	کانون‌های شهری و روستایی بر اساس وزنه‌های جمعیتی		۰/۱۴۶	۰/۱۲۸
	فاصله از خطوط انتقال انرژی		۰/۰۶۵	۰/۰۴۸
عوامل طبیعی	شیب	۰/۲۵	۰/۴۷۴	۰/۱۲
	فاصله از خطوط گسل		۰/۲۶۳	۰/۰۶۵
	قابلیت اراضی از بعد کشاورزی و اکولوژیکی		۰/۱۲۵	۰/۰۳
	جنس زمین		۰/۰۸۵	۰/۰۲
	عمق آب زیرزمینی		۰/۰۵۳	۰/۰۱۳

مأخذ: نتایج حاصل از مقایسه دوبه‌دو



شکل ۴. نقشهٔ تناسب مکانی برای استقرار واحدهای بازیافت کاغذ

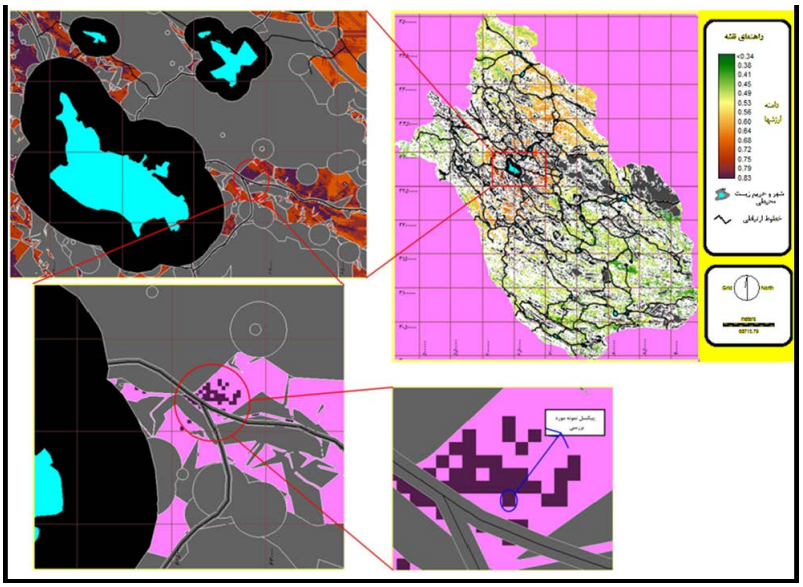


شکل ۵. محدوده‌های شناسنامه‌دار با قید محدودیت

٤. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج به کارگیری مدل در محدودهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد که پیکسل‌های اولویت‌دار معرفی‌شده در خروجی حاصل از مدل، متصف به شرایط بهینه از منظر معیارهای تعریف شده‌اند. بنابراین، تصمیم‌گیران می‌توانند این مدل را به‌منزلهٔ یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) در فرایند چیدمان مکانی- فضایی واحدهای بازیافت کاغذ استفاده کنند. بدیهی است ابعاد و ظرفیت اسمی واحدهای بازیافت کاغذ در نقاط اولویت‌دار در هر محدوده از استان، به تناسب حجم پسماندهایی خواهند بود که در محدودهٔ پیرامونی یک نقطهٔ پیشنهادی برای استقرار واحد بازیافت کاغذ، تولید شده‌اند و می‌توانند به سمت نقطهٔ مذکور (در حکم نقطهٔ ثقل)، جریان داشته باشند.

برای مستندسازی بیشتر اعتبار نقشه‌های تناسب اراضی به‌دست‌آمده در فرایند استفاده از مدل TOPSIS، در این قسمت سعی شده است بعد از انتخاب نمونه‌ای از پیکسل‌های معرفی‌شده به‌منزلهٔ نقاط اولویت‌دار، در خارج از محدودهٔ شمول قید محدودیت، به بررسی موردی ویژگی‌های این پیکسل به لحاظ معیارهای تعیین‌شده پرداخته شود (شکل ٦ و جدول ١٠). همان‌گونه که در شکل ٦ مشاهده می‌شود، پیکسل نمونه که در ١٠ کیلومتری شرق شیراز قرار دارد در دامنهٔ ارزش‌های استانداردشدهٔ مربوط به خروجی نهایی از نقشهٔ تناسب اراضی، حایز نمرهٔ ٠/٨٣ است. همان‌گونه که در جدول ١٠ نیز دیده می‌شود، پیکسل بررسی‌شده به‌منزلهٔ نمونه، در تمام معیارهای مورد استفاده، حایز نمرهٔ ٢١٨ و بالاتر از دامنهٔ نمره‌های ارزش‌گذاری‌شدهٔ استاندارد در خصوص هر معیار شده و در ٧ معیار از ١٠ معیار مورد بررسی نیز حایز نمرهٔ بالای ٢٥٠ است.



شکل ۶. موقعیت پیکسل نمونهٔ مورد بررسی در نقشهٔ خروجی اولویت‌بندی تناسب اراضی

جدول ۱۰. ارزش‌های عادی و فازی در نمونهٔ مورد بررسی از پیکسل‌های اولویت‌دار

معیار	ارزش عادی	ارزش فازی
موقعیت نسبت به وزنه‌های پسماند کاغذ تولیدشده در کانون‌های تولید پسماند	۱۲۲۹۷(کیلوگرم)	۲۵۱
فاصلهٔ شهرک‌های صنعتی و صنایع کاغذ	۱۵۶۰۰ (متر)	۲۵۲
فاصله از راه‌های ارتباطی	۲۸۰ (متر)	۲۵۵
کانون‌های شهری و روستایی بر اساس وزنه‌های جمعیتی	۳۰۳۶۶۴ (نفر)	۲۳۳
فاصله از خطوط انتقال انرژی	۱۰۰۰ (متر)	۲۵۴
شیب	۳ (درصد)	۲۵۵
فاصله از خطوط گسل	۲۴۶۰۰ (متر)	۲۵۵
قابلیت اراضی از بعد کشاورزی و اکولوژیکی	مرتع نیمه‌متراکم	۲۴۹
جنس زمین	۵ (طبقه)	۲۵۵
عمق آب زیرزمینی	۱۵ (متر)	۲۱۸

مأخذ: یافته‌های نگارندگان

پیشنهاداتی که در برایند تحقیق مد نظر نگارندگان مقالهٔ حاضر قرار گرفته است، به ترتیبی که در زیر می‌آید ارائه می‌شود:

✓ پیشنهاد می‌شود مکان‌گزینی واحدهای بازیافت کاغذ از پسماندهای شهری، با دیدگاه منطقه ای همراه شود و مراکز بازیافت در هر منطقه از استان در کانون هایی مستقر شوند که از آن‌ها به منزلهٔ نقطهٔ ثقل در دسترسی به مواد اولیهٔ مورد نیاز در امر بازیافت یاد می‌شود.

✓ بنا بر ضرورت تمرکززدایی و توزیع متعادل تر واحدهای بازیافت کاغذ در سطح استان، پیشنهاد می‌شود به موازات مرکز ثقل شیراز، مراکز ثقل ثانویه ای نیز به تناسب پراکنش وزنه های جمعیتی در سطح استان ایجاد شود. تعیین ظرفیت اسمی واحدهای بازیافت کاغذ در هر منطقه به تناسب حجم پسماندهای کاغذ است که به منزلهٔ مواد اولیه در واحدهای بازیافت کاغذ، مصرف می‌شوند.

✓ پیشنهاد می‌شود به تفکیک معیارهای مطرح در تعیین تناسب اراضی برای مکان‌گزینی واحدهای بازیافت کاغذ، پژوهش های ویژه‌ای در نظام ارزش‌گذاری دقیق‌تر مقادیری اندازه‌گیری‌شده از معیارها صورت گیرد.

✓ پیشنهاد می شود به موازات اقبال هرچه بیشتر به نهادینه‌کردن استفاده از قواعد تحلیل چندمعیاری در انتخاب مکان مناسب برای استقرار واحدهای بازیافت کاغذ، مطالعات دامنه‌داری در خصوص استفاده از قواعد چندمعیاری در انتخاب روش های مناسب در امر بازیافت کاغذ که دارای تناسب بیشتری با شرایط بومی است شکل گیرد.

یادداشت‌ها

1. Weighted Linear Combination
2. Ordered Weighted Average
3. Criterion
4. technique for order preference by similarity to the ideal solution
5. pairwise comparison matrix
6. criterion weights computation
7. weighted sum vector
8. consistency index
9. consistency ratio

منابع

آشور، ح، (۱۳۹۰). *بررسی و تحلیل تناسب و جاذبه‌های شهرک صنعتی آمل در مکان‌گزینی واحدهای صنعتی*، پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی.

پناهنده، م؛ ارسطو، ب؛ قویدل، آ؛ قنبری، ف، (۱۳۸۸). «مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند در شهرستان سمنان با استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار GIS»، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکدهٔ بهداشت، تهران.

تولایی، س، (۱۳۷۵). *درآمدی بر مبانی جغرافیایی اقتصادی*، انتشارات جهاد دانشگاهی تربیت معلم، چاپ اول، تهران، صفحهٔ ۲٤۰.

جرفی، س؛ فرزادکیا، م؛ عامری، ا، (۱۳۸٦). «بررسی قابلیت بازیافت کاغذ از زباله های شهر تهران»، سومین همایش ملی روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری، تهران.

جهانی، ع، (۱۳۷۷). «قابلیت‌های اطلاعات ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات ارزیابی زمین، مطالعهٔ موردی حوزهٔ آبریزی طالقان»، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

چوبانگلوس، ج؛ تیسن، ه؛ ویجیل، س، (۱۳۸۸). *مدیریت جامع پسماند*، ترجمهٔ نعمت‌الله جعفرزاده، حقیقی‌فرد، کامیار یغمانیان، محمد حسینی و حمیده بهرامی، انتشارت خانیران، تهران، چاپ اول، ٦۷۲ صفحه.

زرولی، م؛ عمرانی، ع؛ احمدی‌مقدم، م؛ بابایی، ع. ا، (۱۳۸٦). «بررسی پتانسیل بازیافت مواد زاید جامد شهری در استان فارس»، سومین همایش روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری، تهران.

سازمان محیط زیست، (۱۳۷۸). *ضوابط و معیارهای استقرار صنایع*، مصوبهٔ شمارهٔ ٦٤٦۷۷/ ت ۱۸۵۹۱ ه مورخ ۷۸/۱۲/۲٦ هیئت وزیران، تهران.

سعیدنیا، ا، (۱۳۸۳). *مواد زاید جامد شهری*، کتاب سبز شهرداری‌ها، جلد هفتم، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران، ۱۱٤ صفحه.

شمسایی‌فرد، خ، (۱۳۸۲). «مکان‌یابی محل دفن بهداشتی مواد زاید جامد شهری با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: شهر بروجرد)»، پایان‌نامهٔ ارشد *جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری*، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم تهران.

شیعه، ا، (۱۳۸٦). *کارگاه برنامه‌ریزی شهری*، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ پنجم، ۳۰۹ صفحه.

عبدلی، م. ع، (۱۳۷۲). *سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روش‌های کنترل آن*، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری، چاپ اول، ۳۲۱ صفحه.

عبدلی، م. ع، (۱۳۸۷). *بازیافت مواد زاید جامد شهری*، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ٤۰۲ صفحه.

غلامی، ع، (۱۳۹۰). «کاربرد فنون MCDM در طرح و اولویت‌بندی گزینه‌های مناسب در امر بازیافت و دفن پسماندهای شهری»، پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی.

فرزادکیا، م؛ دالوند، آ؛ تقدیسی، م، (۱۳۸۷). «ارزیابی جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بازیافت کاغذ و مقوا از زباله‌های شهری اصفهان»، مجلهٔ *طبیب شرق*، دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۳، پائیز، صص ۲۳۷- ۲٤٦.

فرهودی، ر؛ حبیبی، ک؛ زندی بختیاری، پ، (۱۳۸٤). «مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالعهٔ موردی: شهر سنندج)»، نشریهٔ *هنرهای زیبا*، شمارهٔ ۲۳، پاییز، ص ۲۱.

گروه مهندسان مشاور همکار توسعهٔ بوم سازگان پایدار، (۱۳۸٦). *طرح کالبدی منطقهٔ فارس جلدهای اول تا سوم*، وزارت مسکن و شهرسازی معاونت شهرسازی و معماری.

مالچفسکی، ی، (۱۳۸۵). *سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری*، ترجمهٔ اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، تهران، انتشارات سمت، صفحهٔ ۵۹۸.

متکان، ع؛ شکیبا، ع؛ پورعلی، س؛ نظم‌فر، ح، (۱۳۸۷). «مکان‌یابی مناطق مناسب برای دفن پسماند با استفاده از GIS، (ناحیهٔ مورد مطالعه: شهر تبریز)»، فصلنامهٔ *علوم محیطی*، سال ششم، شمارهٔ دوم، زمستان.

محمدی، ص، (۱۳۸۲). «امکان‌سنجی بازیافت زباله‌های شهری در بابل»، پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

مخدوم، م، (۱۳۸۹). *شالودهٔ آمایش سرزمین*، انتشارات دانشگاه تهران، صفحهٔ ۲۹۵.

مرکز آمار ایران، (۱۳۹۱). *نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰ (استان فارس)*.

مرکز مطالعات و خدمات تخصصی شهری و روستایی، (۱۳۸۵). از سری متون تخصصی ویژهٔ شهرداران «مدیریت خدمات شهری»، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران، ص ۱۳۸.

میریان، س؛ صوفی، س؛ برمکی، م؛ اسماعیلی، ا؛ مجیدیان، ن، (۱۳۸٦). «بازیافت کاغذ»، سومین همایش ملی روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری، تهران.

نبی بیدهندی، غ؛ هویدی، ح؛ نصرآبادی، ت، (۱۳۸٦). «بهینه‌سازی سیستم بازیافت مواد زاید جامد بر اساس استراتژی‌های مدیریت محیط‌زیستی به روش SWOT»، سومین همایش روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری، تهران، ص ۳۱۱.

Chang, N., G., Parvathinathan, J., Breeden. 2007. Com bining GIS with fuzzy m ulticriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management, Vol. 87, PP: 139–153.

Sener, S., E., Sener, B., Nas, R., Karaguzel. 2010. Combining AHP with GI S for landfill site selection: Acase study in the Lake Beys ehir catchment area (Konya, Turkey). Waste Management, No.30,PP: 2037- 2046.

Troschinetz, A. M., Mihelcic, R., James . 2008. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. Waste Management, No. 29, PP: 915–923.

Yau, Y. 2010. Domestic waste recy cling, collective action and econom ic incentive: The case in Hong Kong. Waste Management, No.30,PP: 2440- 2447.