

مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP)
(مطالعه موردی: شهرستان علی‌آباد)

وحید نیک زاد^۱ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
محمدجواد امیری - استادیار مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
یاسر معرب - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
نگار فروغی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۲

چکیده

مکان‌یابی مناسب محل دفن پسماندهای شهری از به وجود آمدن معضلات زیست‌محیطی در اطراف شهرها جلوگیری می‌کند. انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماند نیازمند در نظر گرفتن عوامل متعددی است که با توجه به گستردگی و پیچیدگی عوامل مؤثر در مکان‌یابی، ضرورت استفاده از فناوری‌های اطلاعات مکانی و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح می‌شود. به این منظور، به‌کارگیری سیستمی یکپارچه متشکل از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) ابزار مناسبی برای مکان‌یابی دفن پسماند هستند. در این تحقیق برای تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماند شهرستان علی‌آباد از معیارهای فاصله از جاده، شیب، ارتفاع از سطح دریا، کاربری، میزان بارش، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، زمین‌شناسی، فاصله از شهر و فاصله از روستا استفاده شد. نقشه‌های مربوط به هر یک از لایه‌ها در محیط Idrisi استانداردسازی و به‌صورت فازی تهیه گردید، در ادامه برای وزن دهی و تلفیق لایه‌ها از تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP) و GIS استفاده شد و نقشه‌های نهایی به پنج روش Sum ، Or ، And ، gamma و Product تهیه شد. سپس نقشه‌های مناسب مکان‌یابی دفن پسماند انتخاب شدند و هرکدام از آن‌ها به چهار طبقه مناسب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی گردید و طبقه مناسب روش‌های انتخابی لکه بندی شدند. روش‌هایی که میزان مساحت لکه‌های آن‌ها از میزان مساحت لازم برای دفن پسماند برای جمعیت تخمینی ۲۰ سال آینده شهرستان علی‌آباد کمتر بود، حذف شد. در نهایت روش‌های And و gamma با عدد ۰/۹ مکان مناسب دفن پسماند برای یک دور زمانی ۲۰ ساله را مشخص کردند.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، GIS، FANP، علی‌آباد، محل دفن پسماند.

۱. مقدمه

در کشورهای در حال توسعه، جمعیت انسانی رو به افزایش، پدیده شهرنشینی را نسبت به دهه‌های گذشته شتاب داده است. این افزایش جمعیت منجر به تولید زباله، شامل پسماندهای خانگی، صنعتی و مواد زائد دیگر در ابعاد گسترده شده است. لذا افزایش تولید زباله به یک مشکل پایدار تبدیل شده، تخریب و آلودگی محیط زیست، که یکی از عوامل اصلی چالش‌های زیست محیطی می‌باشد، به وجود آورده است (ساماسی و همکاران^۱، ۲۰۰۸: ۲۱۴۷). بنابراین این افزایش جمعیت و شهرنشینی، بهبود خدمات مدیریت پسماند را می‌طلبد که در صورت عدم مدیریت مناسب آن منجر به آلودگی آب، خاک و هوا می‌شود که خطرات بهداشتی عمومی را به همراه دارد (مقدس و همکاران^۲، ۲۰۰۹ و بانی و همکاران^۳، ۲۰۱۳: ۳). در سال‌های اخیر نیز مفهوم مدیریت یکپارچه پسماند و استراتژی‌های کاهش ضایعات رو به رشد بوده است. یکی از مؤلفه‌های تشکیل دهنده مدیریت پسماند، جمع‌آوری پسماند است. جمع‌آوری و حمل پسماند بنا بر ضرورت و امکانات به شیوه‌های متفاوتی انجام می‌گیرد که شیوه استفاده از ایستگاه انتقال پسماند از رایج‌ترین روش‌ها در کشور ما است (عشور نژاد و دیگران، ۱۳۹۲؛ معاونت آموزشی جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۷). شناسایی بهترین مکان دفن پسماند نیاز به یک فرآیند ارزیابی گسترده دارد. این مکان باید با الزامات قانونی و مقررات دولتی مطابقت داشته باشد و همچنین هزینه‌های اقتصادی، زیست محیطی، بهداشتی و اجتماعی را به حداقل برساند. حداکثر اطلاعات موجود در روش انتخاب سایت باید شناسایی شود و اطمینان حاصل شود که نتیجه این فرآیند توسط اکثر ذینفعان قابل قبول است، لذا مکان دفن پسماند نیاز به پردازش انواع داده‌های مکانی دارد و باید معیارها و عوامل بسیاری با دقت سازمان‌دهی و تحلیل شوند. مکان‌یابی پسماند شهری به دلیل تأثیر بسزایی که در اقتصاد، اکولوژی و بهداشت محیط منطقه دارد یک مسئله حیاتی در فرآیند برنامه‌ریزی شهری بوده و ارزیابی آن بسیار پیچیده است، که نیاز به متخصصان مختلف در زمینه‌های اجتماعی و زیست محیطی از جمله علوم خاک، مهندسی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، جامعه‌شناسی و اقتصاد دارد (ساماسی و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۱۴۷ و چانگ و همکاران^۴، ۲۰۰۸). بنابراین باید بهترین مکان‌های دفن پسماند با روش‌های ترکیبی و جدید شناسایی شوند تا کمترین آسیب و تخریب را در محیط زیست شهرها شاهد بود (خارباندا^۵، ۱۹۹۰). به‌طور کلی مکان‌یابی محل دفن پسماند یک فرآیند دشوار و طولانی است که به دو مرحله‌ی اساسی تقسیم می‌شود: مرحله اول شناسایی سایت‌های بالقوه از طریق غربالگری مقدماتی و مرحله دوم ارزیابی توان آن‌ها بر اساس ارزیابی اثرات زیست محیطی، امکان‌سنجی اقتصادی و طراحی مهندسی و

1 Sumathi et al
2 Moghaddas et al
3 Gbanie et al
4 Chang et al
5 Kharbanda et al

محاسبه‌ی هزینه‌ها می‌باشد (آلانچ^۱، ۱۹۹۲). در حال حاضر از تکنیک‌های مختلفی در فرآیند مکان‌یابی دفن پسماند استفاده می‌شود (شریفی و همکاران^۲، ۲۰۰۹). در واقع امروزه فرآیند مکان‌یابی دفن پسماند به تجزیه و تحلیل‌های پیچیده فضایی بستگی دارد که با توسعه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) همراه است. پیشرفت‌های اخیر باعث بهبود چشمگیر در توانایی‌های GIS در تجزیه تحلیل مکانی شده است. GIS، ابزار قدرتمندی برای تحلیل‌های فضایی هستند که قابلیت ضبط، ذخیره، پرس و جو، آنالیز، نمایش و خروجی اطلاعات جغرافیایی را دارند. به این ترتیب آن‌ها تأثیر شگرفی در فرآیند تصمیم‌گیری فضایی دارند (رونالد ایستمن و همکاران^۳، ۱۹۹۸ و ریکالویچ و همکاران^۴، ۲۰۱۴: ۱۰۵۵). همچنین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) نیز توانایی ترکیب نظر کارشناسان با اطلاعات واقعی را دارند. این روش‌ها معیارهای مختلف را ارزیابی کرده و همه نتایج ممکن و اهداف متناقض ناشی از تجزیه و تحلیل را شامل می‌شوند (ال حنبلی و همکاران^۵، ۲۰۱۱). روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) نیز یکی از این روش‌ها است. این روش یک روش پیچیده برای ارتباط میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای است (زبردست، ۱۳۸۹، ۸۰). بنابراین این روش یک روش ایده آل به منظور مدل‌سازی و ایجاد تعاملات و وابستگی‌ها میان شاخص‌ها است. همچنین با توجه به ابهام و عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های تصمیم‌گیران برای مقایسه عناصر می‌توان از منطق فازی استفاده کرد که محدوده‌ای از ارزش‌ها را برای بیان عدم قطعیت‌ها در نظر می‌گیرد (کریمی، ۱۳۹۳). در زمینه مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تاکنون تحقیقات متعددی صورت گرفته، از این میان در سطح جهان می‌توان به، جان بنت در سال ۲۰۰۴ اشاره کرد که گزارشی حاکی از پیشرفت سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در شهر رم، برای مدیریت و دفن مواد زائد جامد ارائه داد. این گزارش نشان می‌دهد ابتدای شروع این روند از دهه ۱۹۹۰ میلادی بوده و پیشرفت کندی داشته است، اما پس از چند سال و به‌خصوص در سال ۲۰۰۳ و با کمک نقشه‌های پشتیبانی اینترنتی، اطلاعات موجود برای سیستم اطلاعات جغرافیایی به موضوع مهمی برای کارکنان واحد خدماتی شهرداری و عموم شهروندان رمی تبدیل شد (بنت^۶، ۲۰۰۵: ۸۴). همچنین در زمینه مکان‌یابی بهینه دفن مواد زائد جامد شهری، موسوی و همکاران در ۱۳۹۲ با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP به مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان زنجان پرداختند که چند معیار و زیر معیار را ارزیابی کرده و سپس مناسب‌ترین مکان را در بین گزینه‌های پیشنهادی انتخاب کردند (موسوی و دیگران، ۱۳۹۲: ۶۶). زامورانو و همکارانش نیز در اسپانیا با

1 Allanach

2 Sharifi et al

3 Ronald Eastman et al

4 Rikalovic et al

5 Al-hanbali et al

6 Bennet

استفاده از GIS، نقاط بهینه جمع‌آوری پسماند و مسیرهای بهینه خودروه‌های انتقال پسماند را به‌منظور کاهش مصرف سوخت ارائه دادند (زامورانو و همکاران^۱، ۲۰۰۹). همچنین شکرریز فرد و همکاران در شیراز به محاسبه همزمان بهترین مسیر حمل پسماند شهری و مکان‌یابی بهینه‌ی ایستگاه‌های انتقال پسماند پرداختند. برای این منظور برنامه غیرخطی باینری تهیه کردند که تابع هدف مدل مربوطه نیز حداقل کردن مجموع هزینه‌های حمل پسماند به محل ایستگاه‌های انتقال است (شکرریز فرد و همکاران، ۱۳۸۸).

مهم‌ترین هدف از انجام این مطالعه، شناسایی مکان بهینه جهت دفن پسماند در شهرستان علی‌آباد کتول با استفاده از روش منطق فازی در GIS و مدل تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP^۲) است که بر اساس میزان جمعیت تخمینی در ۲۰ سال آینده و مساحت موردنیاز برای دفع پسماند آن‌ها صورت می‌گیرد. تا کمکی برای برنامه ریزان و تصمیم‌گیران شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان باشد.

۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان علی‌آباد کتول با مساحت ۱۱۶۰ کیلومتر مربع از شهرستان‌های استان گلستان است که از شمال به شهرستان‌های گنبدکاووس و آق‌قلا، از غرب به شهرستان گرگان، از شرق به شهرستان رامیان و از جنوب به ارتفاعات البرز و استان سمنان محدود است. این شهرستان در عرض جغرافیای ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۹ دقیقه شرقی قرار گرفته و بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، دارای جمعیت ۱۳۲۷۵۷ نفر می‌باشد (مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۰).



شکل ۱ موقعیت شهرستان علی‌آباد

1 Zamorano et al

2 Fuzzy Analytical Network Process

۳. مواد و روش

۳-۱. روش ارزیابی چند معیاری (MCE)

در روش ارزیابی چند معیاره جهت مواجه شدن با یک هدف خاص، در اغلب موارد چندین معیار نیاز است که ارزیابی شوند (ایستمن^۲، ۲۰۱۲، کارور^۳، ۱۹۹۱ و وود^۴، ۱۹۸۳). هدف از ارزیابی چند معیاری، انتخاب بهترین گزینه (در اینجا بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه بندی آنها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. روش های متعددی برای تحلیل ارزیابی چند معیاری وجود دارد که مهم ترین و اصلی ترین آنها شامل روش ترکیب خطی وزنی، روش بولین، رویکردهای تابع ارزش / مطلوبیت، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، روش نقطه ایده آل و روش توافقی هستند (مالچفسکی^۵، ۱۹۹۹: ۱۹۹).

۳-۲. روش ترکیب خطی وزن دار (WLC)

روش WLC رایج ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاری است. این تکنیک، روش امتیازدهی نیز نامیده می شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل گر یا تصمیم گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار مورد بررسی، وزن هایی به معیارها می دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می آید. پس از آنکه مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه ای که بیش ترین مقدار را داشته باشد مناسب ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهد بود (شهابی و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۴).

WLC می تواند با استفاده از GIS و قابلیت های همپوشانی این سیستم اجرا شود. فنون همپوشانی در GIS اجازه می دهد که برای تولید یک نقشه ای ترکیبی (نقشه برون داد) لایه های نقشه ای معیار (یعنی نقشه های برون داد) با هم ترکیب و تلفیق شوند. استفاده از این روش در هر دو نوع قالب رستری و برداری GIS عملی است (بارو^۷، ۱۹۹۰).

۳-۳. استاندارد سازی نقشه ها در منطق فازی

در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار مورد نظر را رعایت می کند، مقدار عضویتی می گیرد که بیان کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه است. بدین معنی که هر ناحیه، با مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت

1 Multi Criteria Evaluation (MCE)

2 Eastman

3 Carver

4 Voogd

5 Malczewski

6 Weighted Linear Combination

7 Burrough

بالا تری برخوردار است. در منطق فازی مسئله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه بندی می شود (لین و همکاران^۱، ۱۹۹۶). یکی دیگر از عوامل مؤثر در استانداردسازی نقشه های فازی تعیین حد آستانه می باشد که به آن ها نقاط کنترل (نقاط کلیدی توابع استانداردسازی) نیز گفته می شود. اما نکته ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع کاهشی یا افزایشی بودن (جدول ۲) معیار مورد نظر می باشد (والی زاده و همکاران^۲، ۲۰۰۹)، که این موارد با لحاظ نظر کارشناسان تعیین گردید. جدول ۱ نقاط کنترل و نوع تابع فازی آورده شده است.

جدول ۱ نقاط کنترل و نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه های معیار در منطق فازی

نقاط کنترل				نوع تابع	زیر شاخص	شاخص
a	b	c	d			
۵۰۰	۲۰۰۰			S شکل افزایشی	فاصله از روستاها (m)	اجتماعی
۲۰۰۰	۵۰۰۰	۷۰۰۰	۳۰۰۰۰	S شکل متقارن	فاصله از شهرها (m)	
۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	S شکل متقارن	فاصله از جاده ها (m)	اقتصادی
		۰	۳۷۰۰	خطی کاهشی	ارتفاع (m)	
		۶	۳۰	خطی کاهشی	شیب (D)	
		۳۵۰	۵۰۰	خطی کاهشی	میزان بارش (mm)	زیست محیطی
۱۰۰۰	۵۰۰۰			S شکل افزایشی	فاصله از گسل (m)	
۱۰۰۰	۵۰۰۰			S شکل افزایشی	فاصله از آب های سطحی (m)	
۱۰۰۰	۵۰۰۰			S شکل افزایشی	فاصله از مناطق حفاظت شده (m)	

جدول ۲ شکل و فرمول توابع فازی

فرمول تابع فازی	شکل تابع فازی	نوع تابع
$\mu = \cos^2 \alpha = (1 - (x - \text{point } a) / (\text{point } b - \text{point } a)) * \pi / 2$ When $x > \text{point } b, \mu = 1$		S شکل افزایشی
$\mu = \cos^2 \alpha = (1 - (x - \text{point } a) / (\text{point } b - \text{point } a)) * \pi / 2$ $\alpha = (x - \text{point } c) / (\text{point } d - \text{point } c) * \pi / 2$ When $\text{point } b < x < \text{point } c, \mu = 1$		S شکل متقارن
$\mu = (1 - (x - \text{point } c) * (1 / (\text{point } d - \text{point } c)))$ When $x < \text{point } c, \mu = 1$ When $x > \text{point } d, \mu = 0$		خطی کاهشی

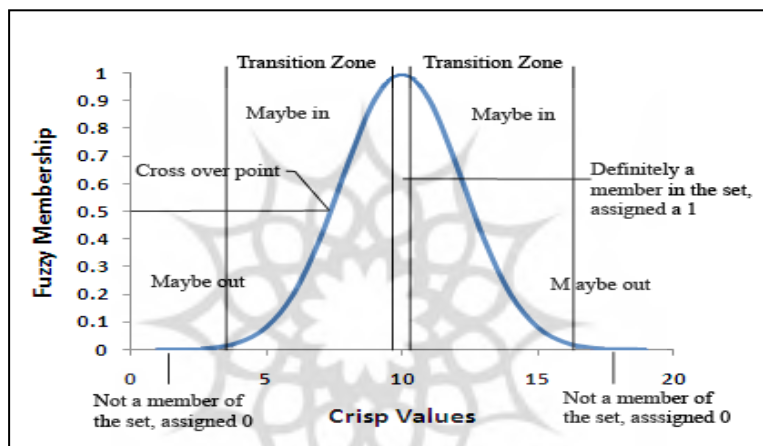
منبع: ایستمن، ۲۰۱۲

1 Lin et al

2 Valizadeh et al

۳-۴. روش مدل‌سازی فازی

در این روش کلیه فاکتورها در یک مرحله باهم ترکیب می‌شوند و الگوی هدفمند تلفیق نقشه‌ها را می‌توان بکار برد. ایده منطق فازی، اشیاء فضایی را بر روی نقشه مانند اعضای یک مجموعه در نظر می‌گیرد. در تئوری مجموعه فازی، عضویت می‌تواند هر مقداری بین ۰ و ۱ را بگیرد که منعکس‌کننده درجه قطعی عضویت است و هیچ محدودیت عملی در انتخاب مقادیر عضویت فازی وجود ندارد (کبیر و همکاران^۱، ۲۰۱۴، گوش و همکاران^۲، ۲۰۱۲، هانسن^۳، ۲۰۰۵ و لی^۴، ۲۰۰۷). روش منطق فازی، ترکیبات انعطاف‌پذیرتر نقشه‌های وزنی را به وجود می‌آورد و می‌تواند به آسانی با زبان مدل‌سازی GIS اجرا شود (لی، ۲۰۰۷). مقادیر بر اساس قضاوت ذهنی انتخاب می‌شوند تا درجه عضویت مجموعه را نشان دهند (شکل ۲).



شکل ۲ نمودار تابع عضویت فازی

Dombi, 1990

۳-۵. روش FANP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برای اولین بار توسط ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد. یک روش معمول برای حل مسائل تجزیه و تحلیل چند معیاره به صورت کمی است (دنگ^۵، ۱۹۹۹). در واقع یک روش انعطاف‌پذیر و کمی برای انتخاب معیارها بر اساس عملکردشان با توجه به یک یا چند معیار موردنظر است (بروشاکی و مالچفسکی^۶، ۲۰۰۸ و لینکو و همکاران^۷، ۲۰۰۷). با توجه به اینکه دنیای واقعی معیارها معمولاً وابسته به یکدیگرند، رهیافت‌های سنتی در این زمینه به شکل مناسبی قابل اندازه‌گیری نیستند. به همین علت، ساعتی فرآیند

1 Kabir et al

2 Ghosh et al

3 Hansen

4 Lee

5 Deng

6 Boroushaki and Malczewski

7 Linkov et al

تحلیل شبکه‌ای را که توسعه یافته فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است، برای به دست آوردن مجموعه‌ای از وزن‌های مناسب برای معیارها معرفی کرد (عالم تبریز و باقر زاده آذر، ۱۳۸۸، قدسی پور، ۱۳۸۹). لازمه استفاده از این روش، شناخت کافی از هدف تصمیم‌گیری، محیط تصمیم و تمامی عناصر تصمیم‌گیری به وسیله تصمیم‌گیرنده است. این شناخت به این علت لازم است که تصمیم‌گیرنده بتواند همه ملاک‌های مؤثر در تصمیم را تعیین و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر را مشخص و بتواند واقعی‌ترین حالتی از شبکه را رسم کند. مقایسه‌های زوجی بایستی اولویت واقعی عناصر نسبت به یکدیگر را نشان دهند، اما از آنجاکه این شناخت کافی از سیستم همیشه موجود نیست و تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند در حالت کلی با اطمینان کامل در مقایسه‌های زوجی قضاوت کند، بنابراین برای رفع این مشکل مدل تحلیل شبکه‌ای توسعه داده می‌شود. راه‌حل طبیعی برای انجام مقایسه‌ها در حالت‌های نبود قطعیت استفاده از مقایسه‌های فازی است که حالت‌های ابهام در مقایسه را مدل‌سازی می‌کند (رزمی و دیگران، ۱۳۸۷). به عبارت دیگر، لئونگ و چاو معتقدند که دلایل دقت پایین بودن این نوع کسب نظرات از افراد آن است که از فرد خواسته می‌شود بر اساس درک خود از پدیده‌ها نسبتی دقیق به مقایسه زوجی آن‌ها اختصاص دهد و این در حالی است که درک فرد از پدیده در قالب عددی قطعی قابل بیان نیست بلکه بازه‌ای از اعداد می‌تواند بهتر از عدد قطعی منعکس‌کننده درک فرد از اهمیت یک پدیده در قیاس با پدیده‌ای دیگر باشد (لئونگ و کاو، ۲۰۰۰: ۱۳).

وزن شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها در تحلیل شبکه‌ای فازی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت به این صورت به دست آمد (لین و همکاران، ۲۰۱۱):

مرحله اول: ابتدا مقایسات زوجی، توسط کارشناسان با استفاده از اعداد فازی مندرج در جدول ۳ صورت پذیرفت. در ادامه جهت اجماع نظر کارشناسان، از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان میانگین هندسی گرفته شد.

جدول شماره ۳ طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

کد	عبارات کلامی	اعداد فازی
۱	ترجیح برابر	(۱, ۱, ۱)
۲	ترجیح کم تا متوسط	(۱, ۱.۵, ۱.۵)
۳	ترجیح متوسط	(۱, ۲, ۲)
۴	ترجیح متوسط تا زیاد	(۳, ۳.۵, ۴)
۵	ترجیح زیاد	(۳, ۴, ۴.۵)
۶	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد	(۳, ۴.۵, ۵)
۷	ترجیح خیلی زیاد	(۵, ۵.۵, ۶)
۸	ترجیح خیلی زیاد تا کاملاً زیاد	(۵, ۶, ۷)
۹	ترجیح کاملاً زیاد	(۵, ۷, ۹)

1 Leung & Cao

2 Lin et al

مرحله دوم: محاسبه بردار ویژه: برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق فرمول زیر از روش لگاریتمی حداقل مجزورات، استفاده می شود.

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{kj}^s \right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}^m \right)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, u\}$$

به طوری که :

$$\tilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

مرحله سوم: تشکیل ماتریس های بردار ویژه (W_{ij}): این ماتریس ها شامل بردارهای ویژه ای هستند که از مقایسات زوجی مرحله دوم به دست آمده اند. به علت زیاد بودن جدول ها نگارندگان قادر به ارائه آن ها در این پژوهش نبودند.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح: برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه های هر سطح (W_i^*) می بایست حاصل ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

در صورتی که برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشته، لازم است یک ماتریس یکه هم درجه جایگزین آن گردد. به عبارت دیگر می بایست از فرمول زیر استفاده شود:

$$W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

همچنین دولایه کاربری زمین و زمین شناسی نیز بر اساس نظر کارشناسان وزن دهی شدند (در جدول ۴ وزن طبقات کاربری و در جدول ۵ وزن طبقات زمین شناسی آورده شده است).

جدول ۴ وزن طبقات کاربری زمین

کاربری	ارزش
جنگل	۰/۲۵
زمین زراعی	۰/۵
مرتع	۰/۷۵
بایر	۱

جدول ۵ وزن طبقات زمین شناسی

نوع	Js	Jsc	K11	K211	K212	Kab-ad	Kat	Kig	Ksh	Ksn
ارزش	۰/۴۱	۰/۴	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۵۵	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۶	۰/۴۱
Ktr	Pd	Pech	Pep	Pr	Qal	Qcf	Ql	Qm	Sn	TRe
۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۴۱	۰/۹۲	۰/۳۳	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۲۶	۰/۳۴
Urlc	Cm	Cs	Dcg	Deg	Dkh	Dkn	E1m	E2s	Ek	Ekh
۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۴۱
Jd	Qs	Jeb	Urm	Kuig	lmet	PZ1 vib	Jmz	Jl	TRe1	Ksr
۰/۳	۰/۶۷	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۲۹

۴. مساحت زمین مورد نیاز برای دفن پسماند

جهت محاسبه مساحت زمین مورد نیاز برای دفن پسماند، عواملی همچون نرخ تولید زباله، جمعیت، دانسیته مواد فشرده شده در محل دفن مورد نیاز می باشند (مکین و همکاران^۱، ۱۹۹۵). زمین مورد نیاز برای دفن زباله، به علت تغییرات جمعیتی برای یک دوره ۲۰ ساله در نظر گرفته می شود، لذا جهت برآورد آن از فرمول محاسبه جمعیت آتی به شرح زیر استفاده شد (کاظم پور، ۱۳۸۳: ۳۲).

$$P_t = P_0 (1+r)^t$$

رابطه ۱

P_t : میزان جمعیت سال مورد نظر

P_0 : جمعیت حال حاضر هنگام محاسبه

r : نرخ رشد جمعیت

t : دوره طرح یا تعداد سال هایی که قرار است طرح کاربرد داشته باشد.

ابتدا میزان جمعیت با در نظر گرفتن نرخ رشد ۱/۹ درصد بر اساس سرشماری جمعیت سال ۱۳۹۰ (مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۰) و با فرض ثابت بودن آن، برای سال جاری و سپس برای یک دوره ۲۰ ساله، با استفاده از رابطه ۱ برآورد گردید.

همچنین طبق تحقیقات انجمن علمی آمریکا در مورد فضای مورد نیاز برای دفن بهداشتی فرمول تجربی زیر ارائه شده است (کوین و همکاران^۲، ۱۹۹۶):

1 Mcbean et al.

2 Kevin et al

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

رابطه ۲

V: فضای موردنیاز در طول سال به ازای هر نفر (m^3)

R: سرانه زباله تولیدی هر نفر در سال ($kg/year$)

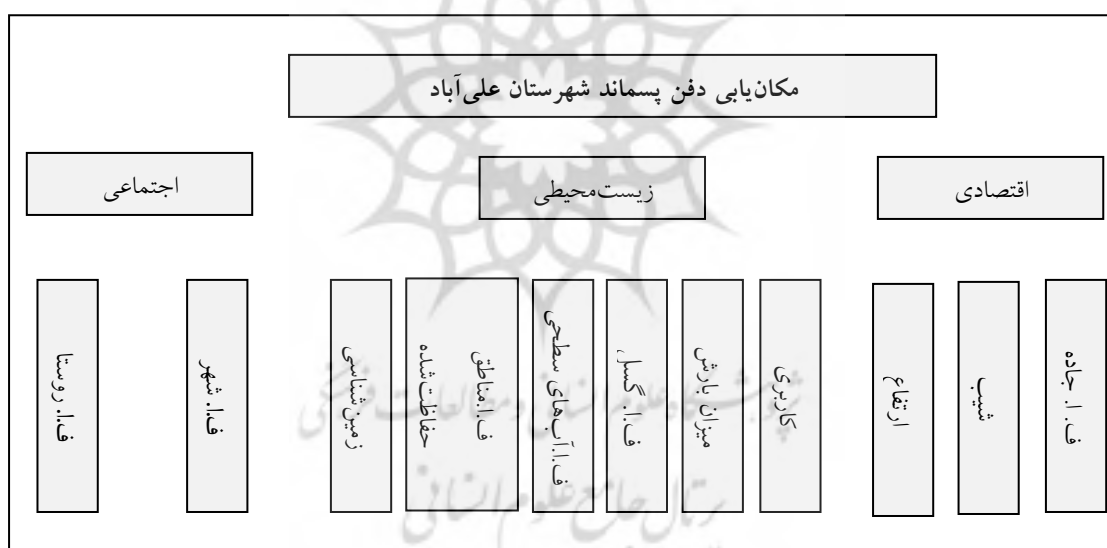
CV: حجم خاک پوششی موردنیاز (m^3)

P: درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی

D: دانسیته متوسط زباله (kg/m^3)

تعیین معیارهای مناسب برای مکان‌یابی دفن پسماند

در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی فاصله از روستا، فاصله از شهر، فاصله از جاده، شیب، ارتفاع، کاربری، میزان بارش، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده و زمین‌شناسی برای مکان‌یابی دفن پسماند در سه شاخص اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفتند. در شکل ۲ ساختار سلسله مراتبی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها آورده شده است.



شکل ۲ ساختار سلسله مراتبی مکان‌یابی دفن پسماند شهرستان علی‌آباد

۴. بحث و نتایج

مقایسه‌های دودویی وابستگی‌های درونی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها وابستگی‌های متقابل شاخص‌ها و مؤلفه‌ها در جدول‌های ۶ و ۷، به منظور تعیین روابط بین معیارها نشان داده شده‌اند. برای رسیدن به این جدول‌ها و تعیین وابستگی‌های متقابل بین شاخص‌ها و مؤلفه‌ها از نظرات کارشناسان و خبرگان استفاده شده است.

جدول ۶ وابستگی درونی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر

شاخص‌ها	زیست محیطی	اقتصادی	اجتماعی
زیست محیطی		✓	✓
اقتصادی	✓		✓
اجتماعی	✓	✓	

جدول ۷ وابستگی‌های درونی مؤلفه‌ها نسبت به یکدیگر

زیر شاخص‌ها	ف.ا.روستا	ف.ا.شهر	ف.ا.جاده	ارتفاع	شیب	کاربری	باران	ف.ا.گسل	سطحی	ف.ا.آب‌های سطحی	حفاظت شده	ف.ا.مناطق	زمین شناسی
ف.ا.روستا					✓								
ف.ا.شهر					✓								
ف.ا.جاده													
ارتفاع					✓	✓	✓				✓		
شیب	✓					✓					✓		
کاربری					✓						✓		✓
باران									✓				
ف.ا.گسل													
ف.ا.آب‌های سطحی							✓						
ف.ا.مناطق حفاظت شده												✓	
زمین شناسی						✓						✓	

۵-۱. مراحل به دست آوردن وزن شاخص‌ها و مؤلفه‌ها با تحلیل شبکه‌ای فازی

با استناد به نظر کارشناسان و با کمک تکنیک FANP مقایسات زوجی بین شاخص‌ها و مؤلفه‌ها صورت گرفت (به دلیل زیاد بودن جدول‌های مقایسات زوجی از ذکر آن‌ها خودداری شده است). در ادامه با توجه به مقایسات زوجی، وزن شاخص‌ها و مؤلفه‌های ذکر شده در جدول‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

جدول ۸ وزن معیارهای مورداستفاده در مکان‌یابی دفن پسماند

شاخص‌ها	وزن نهایی فازی	وزن قطعی نهایی شاخص‌ها
زیست‌محیطی	(۰/۳۰۷, ۰/۴۱۳, ۰/۴۶۴)	۰/۴۰۴
اقتصادی	(۰/۲۰۵, ۰/۲۹۷, ۰/۳۶۱)	۰/۲۹۲
اجتماعی	(۰/۲۵۷, ۰/۲۹, ۰/۳۹)	۰/۳۰۱

جدول ۹ وزن زیر معیارهای مورداستفاده در مکان‌یابی دفن پسماند

مؤلفه‌ها	وزن نهایی فازی	وزن قطعی نهایی زیر شاخص‌ها
کاربری	(۰/۰۷۸, ۰/۱۲۹, ۰/۱۷۲)	۰/۱۲۷
باران	(۰/۰۱۹, ۰/۰۳۳, ۰/۰۵۶)	۰/۰۳۵
گسل	(۰/۰۲۳, ۰/۰۳۴, ۰/۰۵)	۰/۰۳۵
آب سطحی	(۰/۰۰۴, ۰/۰۷۹, ۰/۰۹۶)	۰/۰۷۵
منطق حفاظت‌شده	(۰/۰۳۱, ۰/۰۵۱, ۰/۰۷۶)	۰/۰۵۲
زمین‌شناسی	(۰/۰۲۳, ۰/۰۳۸, ۰/۰۵۳)	۰/۰۳۸
فاصله از جاده	(۰/۰۸۲, ۰/۱۶۴, ۰/۲۰۷)	۰/۱۵۸
ارتفاع	(۰/۰۵۸, ۰/۰۹۶, ۰/۱۵۵)	۰/۰۹۹
شیب	(۰/۰۰۴, ۰/۰۸۱, ۰/۱۱۹)	۰/۰۸۱
فاصله از روستا	(۰/۱۲۳, ۰/۱۹۶, ۰/۲۶۵)	۰/۱۹۵
فاصله از شهر	(۰/۰۸۷, ۰/۰۹۹, ۰/۱۸۷)	۰/۱۱۱

۲-۵. محاسبه زمین موردنیاز جهت دفن پسماند شهرستان علی‌آباد

$$P_{1393} = P_{1390} (1+r)^3$$

$$P_{1393} = 132757 * (1+0.019)^3 = 140468 \quad \text{جمعیت شهرستان علی‌آباد در سال ۱۳۹۳}$$

$$P_{1394} = 140468 * (1+0.019) = 143136$$

$$P_{1413} = 140468 * (1+0.019)^{20} = 204673 \quad \text{جمعیت شهرستان علی آباد در سال ۱۴۱۳}$$

$$P_{1394} + P_{1395} + P_{1396} + \dots + P_{1413} = 3443416 \quad \text{جمعیت ۲۰ سال آینده شهرستان علی آباد}$$

سپس بر اساس رابطه ۲ حجم موردنیاز زباله تولیدشده توسط هر نفر در طول سال محاسبه گردید. با در نظر گرفتن حجم خاک پوششی به زباله با نسبت ۱ به ۴ رابطه ۲ به صورت زیر تغییر کرد.

$$V = (R/D)(1-P/100)+CV \quad \rightarrow \quad V = 1.25 (R/D)(1-P/100)$$

$$R = 365 * 0.75 = 273.75 \quad \text{kg/year}$$

جدول شماره ۱۰ جدول اطلاعاتی پسماند شهرستان علی آباد

۲۷۳,۷۵	سرانه زباله تولیدی هر نفر در سال (kg/year)
%۴۰	درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی
۲۴۳	دانسیته متوسط زباله (kg/m ³)

منبع: سازمان مدیریت پسماند شهرداری های استان گلستان

$$V = 1.25 (273.75/243)(1-40/100) = 0.845 \quad \text{m}^3$$

فضای موردنیاز برای زباله تولیدی در طول سال به ازای هر نفر

$$0.845 * 3443416 = 2909686.52 \quad \text{m}^3 \quad \text{فضای موردنیاز برای زباله تولیدی در طول ۲۰ سال (علی آباد)}$$

جهت محاسبه سطح زمین موردنیاز برای دفن پسماند تولیدی در طول ۲۰ سال آینده، دفن پسماند به روش ترانشه‌ای، با عمق ۴ متر صورت می‌گیرد. همچنین فاصله بین ترانشه‌ها برابر با عرض آن‌ها در نظر گرفته شده است. با این مفروضات، سطح مفید، ۵۰ درصد کل محدوده تعیین شده را تشکیل می‌دهد.

$$2909686.52 / 4 = 727421.63 \quad \text{m}^2$$

سطح مفید موردنیاز برای دفن زباله تولیدی در طول ۲۰ سال (علی آباد)

$$727421.63 * 2 = 1454843.26 \quad \text{m}^2$$

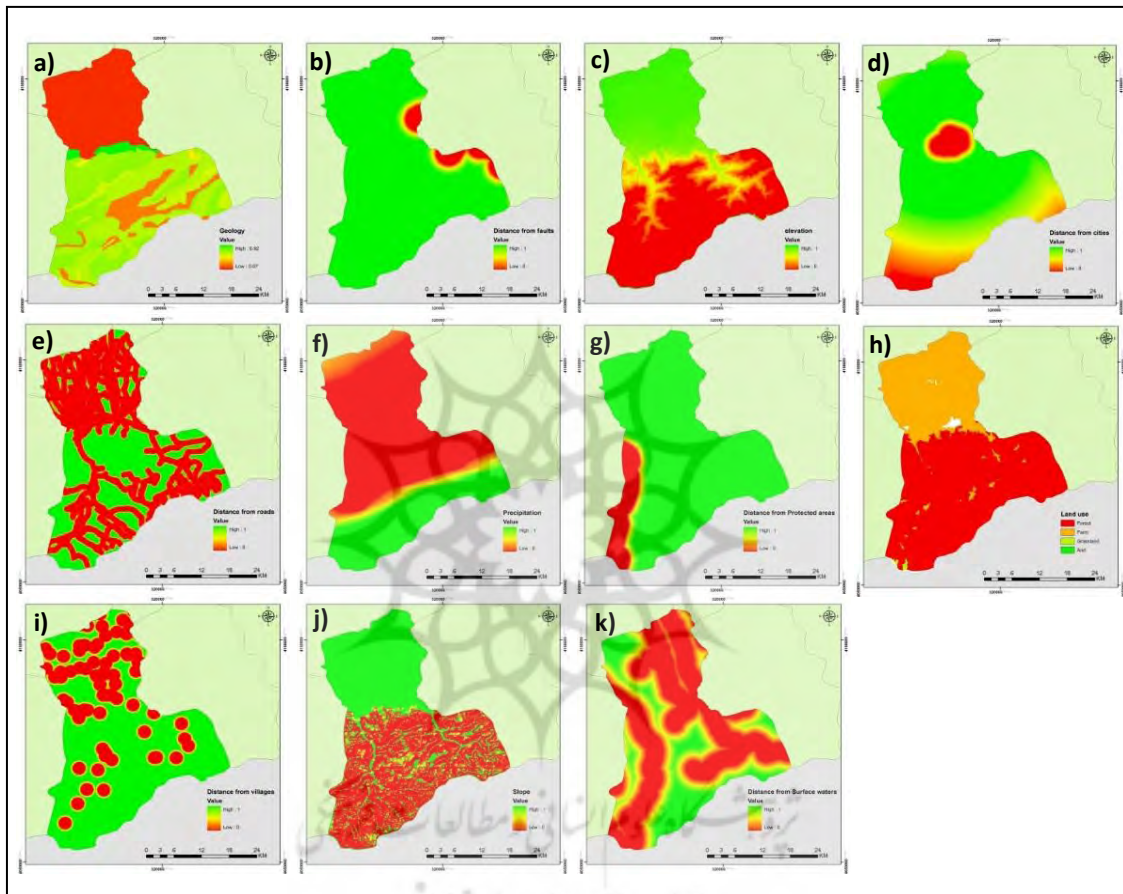
کل مساحت موردنیاز برای دفن زباله تولیدی در طول ۲۰ سال (علی آباد)

بنابراین شهرستان علی آباد توجه به محاسبات انجام شده، نیاز به (۱۴۵۴۸۴۳,۲۶) مترمربع زمین برای دفن

زباله تولیدشده در طول ۲۰ سال خواهد داشت.

۳-۵. تهیه نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی

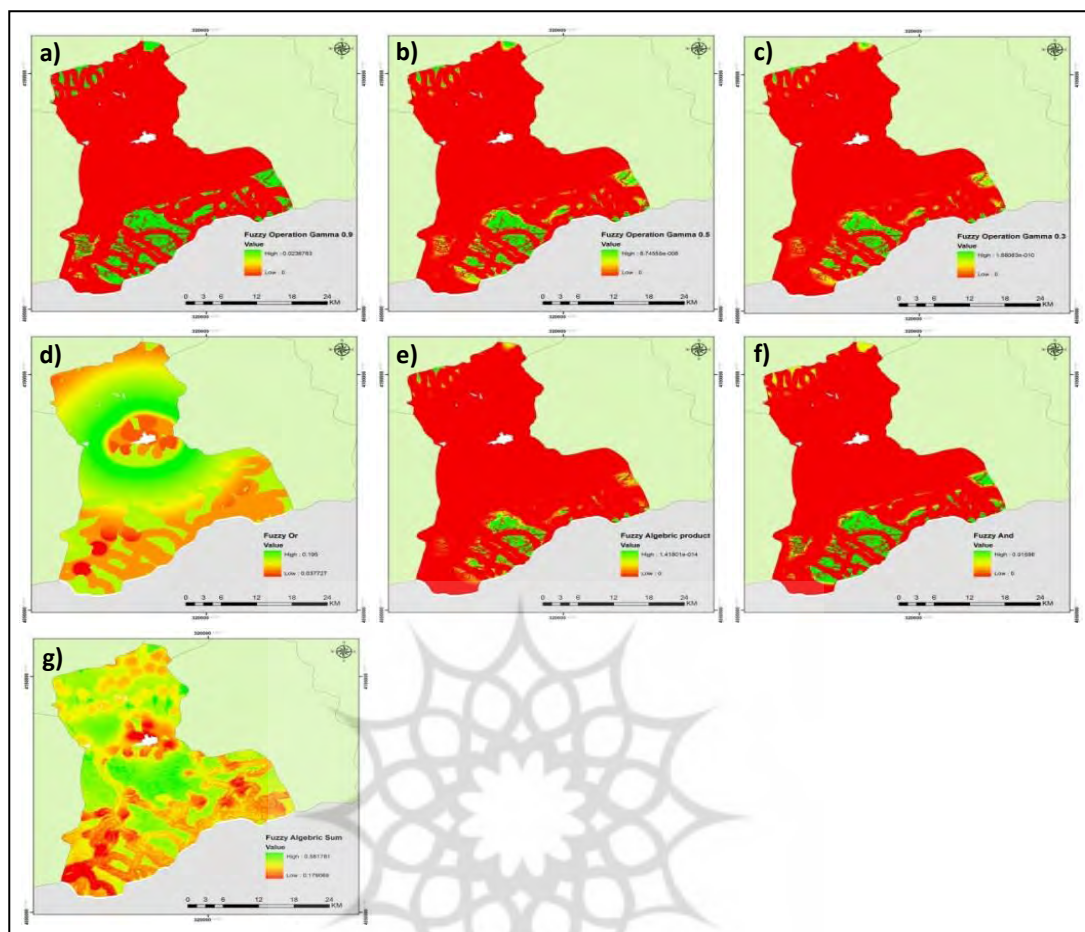
در این پژوهش تهیه نقشه‌ها بر اساس منطق فازی صورت گرفته است. هر یک از لایه‌های اطلاعاتی تأثیرگذار در مکان‌یابی دفن پسماند در محیط Idrisi استانداردسازی شدند. در ادامه نیز نقشه‌های فازی آن‌ها در این برنامه تهیه شد. در شکل ۳ نقشه فازی لایه‌های اطلاعاتی آورده شده است.



شکل ۳ نقشه‌های فازی (a) زمین‌شناسی (b) گسل (c) ارتفاع (d) ف. ا. شهر (e) ف. ا. جاده (f) بارش (g) فاصله از مناطق حفاظت‌شده (h) کاربری (i) ف. ا. روستا (j) شیب (k) ف. ا. آب‌های سطحی

۴-۵. روی هم گذاری لایه‌ها

نقشه‌های تهیه‌شده در محیط Idrisi در محیط GIS به پنج روش ۱- gamma ۲- And ۳- Or ۴- Product ۵- Sum جهت انجام عملیات مکان‌یابی و رسیدن به مناطق مناسب جهت دفن پسماند روی هم گذاری شد و مناطق مسکونی شهری به‌عنوان لایه محدودیت از نقشه‌های نهایی حذف شد در شکل ۴ این نقشه‌ها نشان داده شده‌اند.



شکل ۵ (a) $\gamma = 0.9$ (b) $\gamma = 0.5$ (c) $\gamma = 0.3$ (d) Fuzzy Or (e) Fuzzy Algebraic product (f) Fuzzy And (g) Fuzzy Algebraic Sum

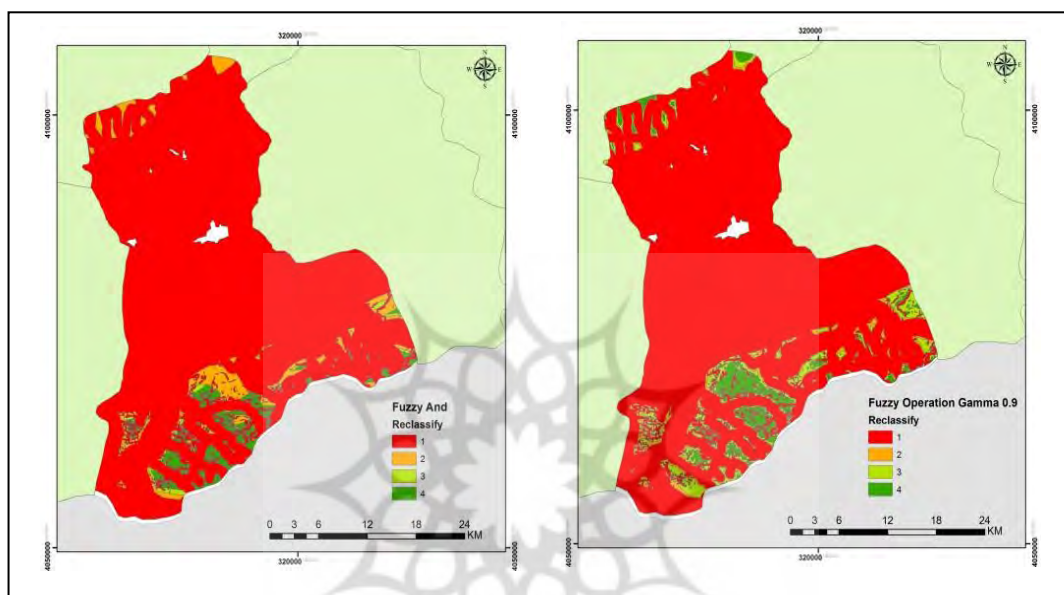
۵ نتیجه گیری

تهیه نقشه با عملگرهای Fuzzy Sum و Fuzzy OR به دلیل چشم پوشیدن از عوامل نامطلوب، مناسب مکان-یابی دفن پسماند نمی باشد. در عملگر Fuzzy product نیز برخلاف دو عملگر جمع و اجتماع رویکرد بسیار محتاطانه در مکان یابی دفن پسماند در نظر داشته است و فقط بهترین نقاطی را که مناسب این نوع مکان یابی است نشان می دهد. همچنین Fuzzy gamma با عدد ۰,۳ و ۰,۵ و Fuzzy AND و Fuzzy gamma با عدد ۰,۹ به ترتیب رویکرد محتاطانه کمتری به نسبت Fuzzy product دارند ولی در مجموع، این عملگرها به همراه Fuzzy product مناسب مکان یابی دفن پسماند می باشند. در این میان از عملگرهای مناسب ذکر شده، بر اساس روش Natural Breaks (Jenks) نقشه هایی با چهار طبقه (جدول ۱۱) مناسب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف تهیه شد (در شکل ۵ طبقه بندی برخی از این عملگرها آورده شده است). در ادامه طبقه مناسب (۵) پهنه بندی شد و عملگرهایی که پهنه بندی طبقه مناسب آن ها مساحتی کمتر از میزان مساحت مورد نیاز برای جمعیت تخمینی در ۲۰

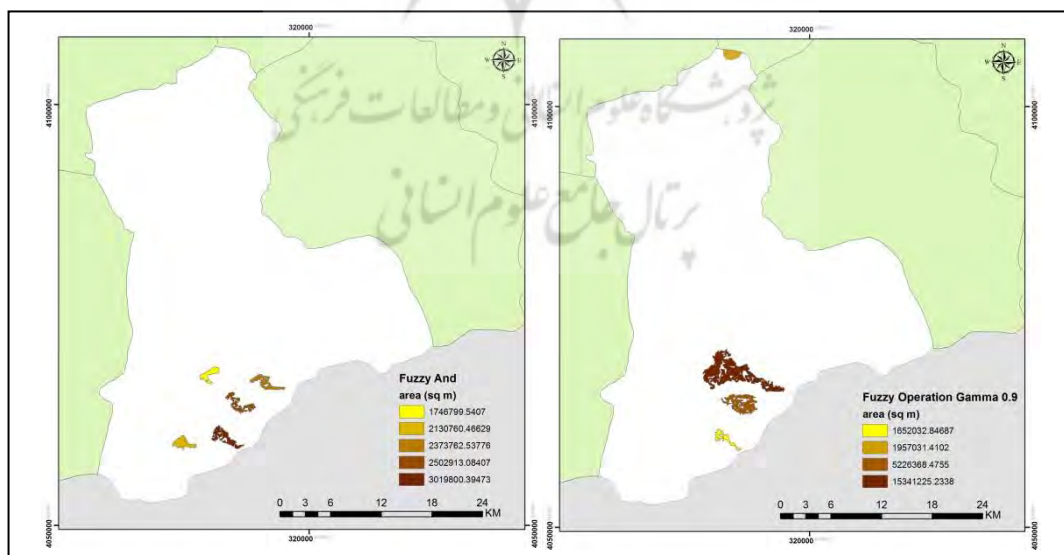
سال آینده داشتند، حذف شدند. در نهایت دو عملگر Fuzzy gamma با عدد ۰,۹ و Fuzzy AND پهنه‌های مناسب با مساحت مورد نیاز در یک چشم انداز ۲۰ ساله همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، دارا بودند.

جدول ۱۱ ارزش طبقات نقشه‌های نهایی طبقه‌بندی شده

شماره طبقه	۱	۲	۳	۴
ارزش طبقه	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	مناسب



شکل ۵ طبقه‌بندی عملگرهای مناسب مکان‌یابی دفن پسماند شهرستان علی‌آباد



شکل ۶ پهنه‌بندی مکان‌های مناسب دفن پسماند علی‌آباد

کتابنامه

- رزمی، ج، صادق عمل نیک، م، هاشمی، م؛ ۱۳۸۷. انتخاب تأمین کننده با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، نشریه دانشکده فنی (دانشگاه تهران) دوره ۴۲، شماره ۷، صص ۹۳۵-۹۴۶.
- زبردست، اسفندیار؛ ۱۳۸۹. کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، شماره ۴۱، ۷۹-۸۰.
- شکرریزفرد، مریم، ناصر طالب بیدختی و پویا شکرریزفرد؛ ۱۳۸۸. «روشی برای محاسبه همزمان بهترین مسیر حمل پسماندهای شهری و مکانیابی بهینه‌ی ایستگاه‌های انتقال پسماند به روش Nonlinear Integer Programing»، دومین سمپوزیوم بین المللی مهندسی محیط زیست.
- شهابی، همین، نیازی، چیا؛ ۱۳۸۸. بررسی فاکتورهای مؤثر در مکانیابی ایستگاه‌های امداد و نجات جاده سقز- سنندج با استفاده از مدل ترکیب خطی وزنی، همایش ژئوماتیک ۸۸، تهران.
- صدر موسوی، میر ستار؛ شهرام ابادزلو، کامران موسی خانی و سجاد ابادزلو؛ ۱۳۹۲. «مکان یابی بهینه دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP (نمونه موردی شهرستان زنجان)»، فصل نامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۱، صص ۷۵-۹۸.
- عشورنژاد، غدیر؛ مرضیه طاهری و رحیم علی عباسپور؛ ۱۳۹۲. «به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (FUZZY) (ANP) در شناسایی مکان بهینه ایستگاه‌های انتقال پسماند شهرستان اصفهان»، مجله محیط شناسی، سال سی و نهم، شماره ۳، صص ۱۶۵-۱۷۷.
- قدسی پور، سید ح؛ ۱۳۸۵. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ هشتم، تهران.
- کاظم پور، شهلا؛ ۱۳۸۳. «مبانی جمعیت شناسی»، چاپ دوم، مرکز مطالعات و پژوهش‌های جمعیتی آسیا و اقیانوسیه، تهران.
- کریمی، سعید؛ ۱۳۹۳. جزوه درس کاربرد GIS در برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- مرکز ملی آمار ایران؛ ۱۳۹۰. نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، درگاه ملی مرکز آمار ایران.
- Ahmed, S., & Ali, S. (2006). People as partners: Facilitating people participation in public private partnerships for solid waste management. *Habitat International*, 30(4), 781° 796.
- Al-hanbali, A., Alsaaidh, B., & Kiondoh, A. (2011). Using GIS-based weighted linear combination analysis and remote sensing techniques to select optimum solid waste disposal sites within Mafraqcity, Jordan. *Journal of Geographic Information System*, 3, 267° 278.
- Allanach, W.C. (1992). Regional landfill planning and siting. *Public Works*, December, 48° 50.
- Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J.P., García-García, F., & Pascual-Agulló, A. (2010). An analytic network process approach for siting a municipal solid waste plant in the metropolitan area of Valencia (Spain). *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1071° 1086.

- Bennet, J.(2005). City of Rome Annual Report. Solid Waste Collections Department, Rome.
- Bolstad, P.(2012). GIS fundamentals: A first text on geographic information systems(4th ed.). Minnesota: University of Minnesota.
- Borouhaki, S., &Malczewski, J.(2008). Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 34(4), 399-410.
- Burrough, P.A.(1990). Methods of spatial analysis in GIS. *International Journal of Geographic Information Systems* 4, 221-223.
- Carver, S.J.(1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 5(3), 321-339.
- Chang, N.B., Parvathinathan, G., &Breedem, J.(2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management*, 87, 139° 153.
- Charnpratheep, K.,Zhou, Q., &Garner, B.(1997). Preliminary landfill site screening using fuzzy geographic information systems. *Waste Management and Research*, 15, 197° 215.
- Deng, H.(1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, 215-231.
- Dombi, J.(1990). Membership function as an evaluation. *Fuzzy sets and systems*, 35(1), 1-21.
- Eastman, J.R.(2012). IDRISI Selva manual. Clark University. (www.clarklabs.org).
- Ekmekci o ul, M., Kaya, T., &Kahraman, C.(2010). Fuzzy multi criteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste Manage*, 30(8-9), 1729° 1736.
- Eldrandaly, K.(2013). Developing a GIS-based MCE site selection tool in ArcGIS using COM technology. *The International Arab Journal of Information Technology*, 10(3), 276-282.
- García, J.L., Alvarado, A., Blanco, J., Jiménez, E., Maldonado, A.A., &Cortés, G.(2014). Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic hierarchy process. *Computers and Electronics in Agriculture*,100, 60° 69.
- Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J.S., Medo, J., &SimbayKabba, V.T.(2013). Modeling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. *Geography*, 36, 3-12.
- Ghosh, J.K., Bhattacharya, D., &Sharma, S.K., (2012). Fuzzy knowledge based GIS for zonation of landslide susceptibility. *Applications of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering*,2, 21-37.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., &Frizado, J.P.(2012). Integrating multi- criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. *Waste Manage*, 32, 287° 296.

- Hansen, H.S.(2005). GIS-based multi-criteria analysis of wind farm development. ScanGIS 2005: Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, Stockholm, 75-87.
- Kabir, S., Edifor, E., Walker, M., &Gordon, N.(2014). Quantification of temporal fault trees based on fuzzy set theory. Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX, Brunów, Poland, 255-264.
- Kevin, K., &Joe, P.(1996). A planners guide to sustainable development. American Planning Association (APA), The University of Michigan.
- Kharbanda, O., &Stallworthy, E. (1990). Waste management towards a sustainable society. Gower, England, 53- 62.
- Ki Rahman, M.M., Sultana, K.R., &Hoque, M.A.(2008). Suitable sites for urban solid waste disposal using GIS approach in Khulna city, Bangladesh. Proceedings of Pakistan Academy of Sciences, 45(1), 11° 22.
- Ki, S.J., &Ray, C.(2014). Using fuzzy logic analysis for siting decisions of infiltration trenches for highway runoff control. Science of the Total Environment, 493, 44° 53.
- Lee, S.(2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 52(4), 615-623.
- Leung, L.C., &Cao, D.(2000). On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. European Journal of Operational Research, 124(1),102-113.
- Lin, H., Kao, J., Li, K.,Hwang, H.,&National Chiao Tung University. (1996). Fuzzy GIS assisted landfill siting analysis. Proceeding of international conference on Solid Waste Technology and Management, 322_324.
- Lin, L. Z., &Hsu, T.O.(2011). Designing a model of FANP in brand image decision-making. *Applied Soft Computing*, 11, 561° 573.
- Linkov, I., Satterstrom, F.K., Steevens, J., Ferguson, E., &Pleus, R.C.(2007). Multi-criteria decision analysis and environmental risk assessment for nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 9, 543° 554.
- Liu, H.C., You, J.X., Fan, X.J.,& Chen, Y.Z. (2014). Site selection in waste management by the VIKOR method using linguistic assessment. *Applied Soft Computing*, 21, 453° 461.
- Malczewski, J.(1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Malczewski, J.(2006). Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: The ordered weighted averaging (OWA) approach. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 6(1-2), 7-19.
- McBean, E.A., Rovers, F.A., &Farquhar, G.J.(1995). *Solid waste landfill engineering and design*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Moghaddas, N.H., &Namaghi, H.H.(2009). Hazardous waste landfill site selection in Khorasan Razavi province, Northeastern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 4(1-2), 103° 113.
- Önüt, S., &Soner, S., (2008). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, 28(9), 1552° 1559.

- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection. *Procedia Engineering*, 69, 1054° 1063.
- Ronald Eastman, J., Jiang, H., & Toledano, J. (1998). Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS. *Multicriteria Analysis for Land-Use Management Environment & Management*, 9, 227° 251.
- Sener, S., Sener, E., Nas, B., & Karagüzel, R. (2010). Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehi catchment area (Konya, Turkey). *Waste Management*, 30, 2037° 2046.
- Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S., & KhodaMoradpour, M. (2009). Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS based hazardous waste landfill siting in Kurdistan Province, Western Iran. *Elsevier Waste Management*, 29, 2740° 2758.
- Sumathi, V. R., Natesan, U., & Sarkar, C. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management*, 28(11), 2146° 2160.
- Valizadeh, K., & Shababi, H. (2009). Necessities of GIS usage in urban water management at the time of natural accidents (Case study: Saqqez city). 4th International Conference on Geographic, Paris, France, 10-19.
- Voogd, H. (1983). *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*. London: Pion, Ltd.
- Zamorano, M., Molero, E., Grindlay, A., Rodrigues, M.L., Hurtado, A., & Calvo, F.J. (2009). A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 54, 123° 133.