



مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی با استفاده از منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی شهر ایلام

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۳

سارا نرگسی^۱، مریم بیاتی خطیبی^{۲*}

۱- دانشجوی آمایش دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

چکیده

هدف پژوهش حاضر مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام می‌باشد. شناسایی سایت‌های بهینه به منظور دفع پسماندهای ساختمانی یکی از گام‌های اساسی در زمینه مدیریت پسماندهای شهری محسوب می‌گردد. در این مقاله با هدف شناسایی محل مناسب دفع نخاله‌های ساختمانی از روش سلسله مراتبی استفاده شده است. در پژوهش حاضر فرایند مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام طی چهار گام اساسی صورت گرفت. در گام نخست متغیرهای موثر بر مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی به صورت لایه‌های موضوعی در چارچوب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شده و از نظر فضایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در گام دوم نسبت به بی‌بعدسازی لایه‌های موضوعی و ارزش‌گذاری مجدد مقادیر آنها با استفاده از توابع فازی اقدام گردید. در گام سوم وزن هر یک از معیارهای تحقیق با کاربست مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) محاسبه گردید. در گام آخر، لایه‌های موضوعی براساس ضرایب حاصل از مدل AHP با یکدیگر ترکیب شده و لایه تناسب اراضی به منظور دفع پسماندهای ساختمانی حاصل گردید. نتایج بیانگر این است که سه متغیر فاصله از شهر، شیب و فاصله از جاده‌های اصلی به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۹۲، ۰/۲۰۸ و ۰/۱۴۵ مهم‌ترین متغیرهای موثر بر مکان‌یابی بهینه پسماندهای ساختمانی شهر ایلام به شمار می‌روند. همچنین، دو پهنه‌ی واقع در جنوب غرب و شمال غرب شهر ایلام برای ایجاد سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی پیشنهاد گردید. موقع نسبی مطلوب نسبت به شهر ایلام، دسترسی و ارتباط‌پذیری مناسب و وجود اراضی نسبتاً هموار و کم‌شیب را می‌توان به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر مطلوبیت این پهنه‌ها برشمرد. همچنین در این پهنه‌ها مسائل زیست محیطی - بهداشتی به حداقل می‌رسد.

واژگان کلیدی: پسماند ساختمانی، AHP، منطق فازی، GIS، ایلام.

۱-مقدمه

امروزه با افزایش فزاینده جمعیت شهرها و گسترش و توسعه فعالیت‌های عمرانی و ساختمانی، همچنین تخریب و مرمت بناها و ساختمان‌ها، میزان نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. وجود نخاله‌های ساختمانی، مسائل و مشکلات فراوانی را از قبیل آلودگی‌های زیست‌محیطی، چشم‌اندازهای نامطلوب در فضای شهری، حتی تلفات جانی به واسطه برخورد وسائط نقلیه با نخاله‌ها و پسماندهای موجود در معابر- بویژه در تاریکی شب- را موجب گردیده است (مدیریت بهینه پسماند و تاثیر آن در اصلاح الگوی مصرف، ۱۳۸۸). فعالیت‌های ساختمانی بالغ بر ۱۲ درصد منابع آب و ۴۰ درصد انرژی جهان را به مصرف می‌رسانند. در حدود ۴۰ درصد از کل مواد اولیه استخراج شده از زمین و ۲۵ درصد چوب در همان مراحل اولیه به منظور ساخت و ساز به کار گرفته می‌شوند (یهییس^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). به پسماندهای ساختمانی پسماندهای ساخت و تخریب نیز اطلاق می‌گردد. پسماندهای ساخت و تخریب^۲ (C&D) را می‌توان تحت عنوان مواد زائد تولید گردیده در طی فرآیند ساخت، تعمیر و تخریب بناها و ساختمان‌ها تعریف کرد (مرکز آمار کانادا^۳، ۲۰۰۰). مواد زائد یا پسماندهای ساختمانی از دیدگاه دیگر بدین صورت قابل تعریف است: اختلاف مابین ارزش مواد تحویل داده شده در محل که به طور مطلوب و صحیحی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و ارزش موادی که به دلیل خسارت، سفارش‌دهی مازاد و مواردی نظیر تغییرات طرح به مکانی دیگر انتقال می‌یابند (دی سیلوا و ویتانا^۴، ۲۰۰۸). آوار و مواد ساختمانی و تخریبی بخش مهمی از پسماندهای جامد شهری به شمار می‌رود و بالغ بر ۱۵-۳۰ درصد از وزن کل پسماند جامد را شامل می‌شود (کارتام^۵ و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۰۴۹-۱۰۵۹).

پسماندهای C & D اثرات مخربی بر محیط زیست (از قبیل آلوده نمودن منابع آب و خاک، آلودگی هوا، تغییرات آب و هوایی و تاثیرات سوء بر پوشش گیاهی و گونه‌های جانوری)، اقتصاد (از بین رفتن منابع اولیه، اعتبار بین المللی، اثرات نامطلوب بر توریسم و مصرف سوخت در سیستم حمل و نقل) و سلامت همگانی و زندگی اجتماعی (مخاطرات بهداشتی، استفاده از فضای عمومی، گسترش آفات و اثرات منفی بر ایمنی کار) به بار می‌آورند (اسپایز^۶، ۲۰۰۹). بدین لحاظ شهرداری‌ها می‌بایست «در راستای وظایف محوله بر اساس قانون مدیریت پسماندها» نسبت به مدیریت پسماندهای عمرانی و ساختمانی برنامه‌ریزی، ساماندهی، مراقبت و عملیات اجرایی مربوط به تولید، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، جداسازی، حمل و نقل، بازیافت، پردازش، دفع و آموزش و اطلاع‌رسانی

1- Yeheyis

2- Construction and Demolition

3- Statistics Canada

4- Di Silva and Vithana

5- Kartam

6- Spies

در شهرها و حریم آنها اقدام نمایند (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۹۱: ۲). با توجه به تحقیقات انجام شده یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت پسماند، مربوط به مدیریت محل‌های دفن و دفع پسماند است. تولید سالانه میلیون‌ها تن مواد زاید ساختمانی از یک طرف و مسائل و مشکلات حاصل از جمع‌آوری، انتقال و دفع آنها از طرف دیگر، شهرداری‌ها را با یکی از مهم‌ترین معضلات و چالش‌های زیست محیطی در بخش مدیریت پسماند مواجه نموده است (کشاورزی شیرازی مسلمان، ۱۳۹۱: ۲).

با توجه به موارد مذکور و لزوم مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی، در پژوهش حاضر به مکان‌یابی بهینه محل دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام پرداخته می‌شود. شهر ایلام با جمعیتی بالغ بر ۱۹۴ هزار یکی از مهم‌ترین شهرهای غربی کشور به شمار می‌رود. این شهر در طی دهه‌های اخیر به دلیل افزایش سریع جمعیت دارای توسعه فضایی- کالبدی زیاد بوده است. این امر به تولید پسماندها و نخاله‌های زیاد مرتبط با ساخت و ساز شده است. فعالیت‌های عمرانی، از قبیل نوسازی بافت‌های فرسوده، در هسته اصلی شهر نیز حجم زیادی از نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی را تولید کرده است. این امر ضرورت مدیریت این پسماندها را ضروری می‌نماید. در پژوهش حاضر این مهم با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به انجام رسید. مکان‌یابی پسماندهای ساختمانی از ماهیت مکانی- فضایی برخوردار است و بنابراین استفاده از این سیستم اطلاعاتی می‌تواند به نتایج مطلوب منجر گردد.

در ادامه برخی از مطالعاتی که در زمینه مکان‌یابی پسماندهای شهری توسط محققان مختلف به انجام رسیده است مورد اشاره قرار می‌گیرد. طباطبایی و اقصایی (۱۳۹۵) به مکان‌یابی محل بهینه دفع پسماند ساختمانی شهر اصفهان با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی پرداختند. در این رابطه، ۱۹ لایه اطلاعاتی در محدوده شهر اصفهان در دو شاخه اصلی پارامترهای اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی مورد استفاده قرار گرفت. قانعی اردکانی و کشفی (۱۳۹۶) به مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی شهر یزد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. موسوی و همکاران (۱۳۹۸) به مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر کرج با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره پرداختند. سوماتی^۱ و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی در راستای مکان‌یابی سایت‌های دپوی زباله جامد شهری با کاربست سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به انجام رساندند. این محققان با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نسبت به وزن‌دهی لایه‌های موضوعی سازندهای زمین‌شناسی، منابع و ذخایر تامین آب، کاربری زمین، کیفیت هوا و کیفیت آب‌های زیرزمینی اقدام نمودند. لایه‌های موضوعی محدودیت شامل دریاچه، توده‌های آب، بستر و حریم رودخانه‌ها، منابع تامین آب منطقه، نقاط جمعیتی، بزرگراه‌ها و خطوط گسل به صورت بولین (دودویی) به نقشه نهایی اعمال گردید. درنهایت، سه سایت به منظور

پهنه‌های بهینه برای دفع پسماندها شناسایی گردید. ناس^۱ و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی به مکان‌یابی سایت‌های بهینه برای دفع پسماندها در شهر قونیه ترکیه پرداختند. در این تحقیق با بهره‌گیری از منطق بولین تعداد هشت لایه‌ی موضوعی فاصله از نقاط شهری، دسترسی مطلوب به شبکه‌ی حمل و نقل، راه آهن، فاصله از نواحی تاریخی و باستان‌شناختی، چاه‌های آب، کانال‌های آبیاری و زهکشی، اراضی کشاورزی و شیب زمین ترکیب شدند. گبانی^۲ و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به مدل‌سازی محل‌های بهینه برای دفع پسماند با کاربست سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره در شهر سیرالئون پرداختند. آنها در این تحقیق از ۱۱ لایه موضوعی مهم از قبیل زمین‌شناسی، پوشش زمین، سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و غیره بهره گرفتند. وزن هر لایه مطابق نظرات کارشناسان در قالب رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی حاصل گردید. نتایج منجر به شناسایی سایت‌های مناسب برای دفع پسماندها گردید. بسکسی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به انتخاب محل دفن زباله با استفاده از AHP فاز۱ و TOPSIS فاز۲ برای شهر استانبول پرداختند. آنها در این تحقیق انتخاب محل دفن زباله را یک مشکل شهری دانسته و از طریق فاکتورهای مانند مساحت زمین در دسترس، شرایط خاک‌شناسی، شرایط اقلیمی و ملاحظات اقتصادی به مکان‌یابی محل دفع زباله‌ها و پسماندهای شهری پرداختند. دینگ^۳ و همکاران (۲۰۱۸) به مکان‌یابی دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شترن با روش ترکیبی AHP-آنتروپی در GIS پرداختند. آنها به این نتیجه دست یافتند که فضاهای بسیار محدودی برای دفن نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در منطقه مطالعاتی وجود دارد.

۱-۱- منطقه مورد مطالعه

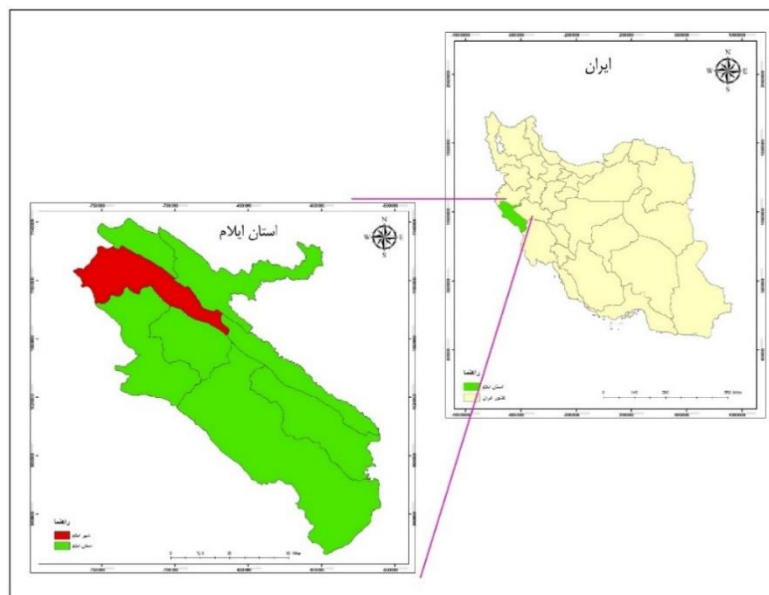
تحقیق حاضر به مکان‌یابی سایت‌های بهینه دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام می‌پردازد. برای مکان‌یابی محدوده کل شهرستان ایلام مورد توجه قرار گرفت (شکل ۱). این شهرستان دارای ۳ بخش، ۳ مرکز شهری، ۶ دهستان و ۵۸ آبادی دارای سکنه می‌باشد. مطابق با آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ (مرکز آمار کشور) جمعیت شهرستان ایلام بالغ بر ۲۳۵۱۴۴ نفر بوده است که از این تعداد ۸۵ درصد در نقاط شهری و ۱۴/۹۸ درصد در نقاط روستایی و ۰/۰۲ درصد غیرساکن بوده‌اند. جمعیت شهر ایلام مطابق آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن (سال ۱۳۹۵) ۱۹۴۰۳۰ نفر می‌باشد. نزدیک به نیمی از جمعیت شهرنشین استان (۴۹/۰۹ درصد) در شهر ایلام و مابقی (۵۰/۹۱ درصد) در سایر شهرهای استان سکونت دارند. شهر ایلام، به عنوان مرکز استان ایلام، در طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵ بالاترین رتبه جمعیتی را در بین شهرهای استان به خود اختصاص داده است (طرح آمایش سرزمین استان ایلام، تحلیل نظام شهری و روستایی

1- Nas

2- Gbanie

3- Ding

استان، ۱۳۹۷: ۴۷). تمرکز جمعیت استان در سطح شهر ایلام باعث افزایش شدید فعالیت‌های عمرانی و ساختمانی در سطح منطقه شده است. در این رابطه، پسماندهای ساختمانی جزئی جدایی‌ناپذیر از فعالیت‌های عمرانی و ساخت و ساز به شمار می‌روند و بدین ترتیب می‌توان به اهمیت مکان‌یابی سایت‌های بهینه دفع این پسماندها در سطح شهرستان ایلام پی برد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهرستان ایلام در غرب کشور

Fig (1): Geographical location of Ilam city in the west of the country

۲- مواد و روش‌ها

هدف پژوهش حاضر مکان‌یابی بهینه محل دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام می‌باشد. مکان‌یابی مستلزم ترکیب و یکپارچه نمودن متغیرهای متعددی می‌باشد. در این رابطه در پژوهش حاضر از متغیرهایی بدین شرح در چارچوب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده به عمل آمد: ارتفاع از سطح دریا، شیب سطح زمین، دوری از شهرها و روستاها منطقه، دسترسی به شبکه ارتباطی منطقه، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، سازندهای زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه‌های منطقه و فاصله از مناطق حفاظت شده. بدین منظور توزیع فضایی ارتفاعات، شیب و آبراهه‌های منطقه از روی تصویر مدل رقومی ارتفاع (DEM) مربوط به ماهواره Aster با قدرت تفکیک مکانی تقریباً ۲۸ متر استخراج گردیدند. از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای تهیه لایه پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی استفاده شد. لایه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی از طریق نقشه‌های ارائه شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه گردید. لایه سازندهای زمین‌شناسی با توجه به گستردگی منطقه از روی نقشه زمین‌شناسی

مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (برگه ایلام) تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شد. داده‌هایی مانند جاده‌ها، شهرها و روستاها نیز توسط مراجع و سازمان‌های مختلف کشور تهیه شده است.

در پژوهش حاضر، رویکرد اساسی مورد استفاده برای مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام متکی بر تکنیک روی هم‌گذاری^۱ لایه‌های موضوعی مربوطه می‌باشد. در واقع، لایه‌های موضوعی موثر بر مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماند با استفاده از مدل‌های خاص ترکیب شده و نقشه نهایی حاصل می‌گردد. در این رابطه از دو رویکرد منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده به عمل آمد. از توابع عضویت فازی برای فازی‌سازی و یا بی‌بعد کردن لایه‌های موضوعی و کاهش عدم قطعیت‌های مرتبط با کلاسه‌بندی لایه‌ها و از مدل AHP برای وزن‌دهی به هر یک از لایه‌های موضوعی بهره گرفته شد. در ادامه، توضیحاتی در رابطه با این مدل‌ها ارائه می‌شود.

۱-۲- کاربرد توابع عضویت فازی در استاندارد نمودن لایه‌ها

تئوری مجموعه‌های فازی، برای نخستین بار توسط عسگرزاده، استاد دانشگاه کالیفرنیا در برکلی، در سال ۱۹۶۵ میلادی معرفی گردید. منطق فازی به دسته‌ای از پدیده‌ها اطلاق می‌گردد که تعلق هر عضو مجموعه مرجع به یک عضو زیر مجموعه خاص، به صورت قطعی نمی‌باشد یعنی با اطمینان نمی‌توان بیان داشت که عضو موردنظر متعلق به این مجموعه هست یا نه. در این وضعیت عارضه‌ها تا اندازه‌ای به مجموعه‌های چندگانه تعلق دارند. مانند مجموعه‌ای از افراد بلندقد یا مجموعه اعداد بزرگ. دکتر عسگرزاده برای تجزیه و تحلیل این مجموعه‌ها، به هر یک از اعضای چنین مجموعه‌هایی عددی از بازه ۰ و ۱ به عنوان درجه عضویت آن عضو در مجموعه مورد نظر نسبت داده است. از اساسی‌ترین مباحث در تئوری فازی بحث تابع عضویت و چگونگی تعریف آن است، اساس اختلاف روش‌های فازی با روش‌های دیگر، در تعریف تابع عضویت است (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۱). براساس نظریه‌ی مجموعه‌های فازی، عضویت اعضا در یک مجموعه ممکن است به طور کامل نبوده و هر عضوی از درجه عضویت صفر تا یک برخوردار است. بدین ترتیب، مجموعه‌ای در نظر گرفته می‌شود که اعضای آن واحدهای هر کدام از نقشه‌های پایه و معیار عضویت در مجموعه‌ی مناسب برای مکان‌یابی و درجه‌ی عضویت بین صفر و یک باشند. مجموعه‌های فازی و یا کلاس‌های فازی فاقد مرز مشخص هستند و عضویت یا عدم عضویت یک مکان در مجموعه‌ای خاص به صورت تدریجی است (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۲: ۷۷) مجموعه‌های فازی بر منطق فازی متکی است و در اصل برای اقدام در شرایط ابهام معرفی شده است. هر فرد [در رابطه با موضوع تحقیق پیکسل] به طور همزمان در مجموعه‌های گوناگون اما به درجات متفاوت عضویت پیدا می‌کند. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و نیز خود این دو حد را می‌پذیرد. نظریه

منطق فازی در مقابل منطق کلاسیک ارائه گردیده است که هر چیزی را بر مبنای سیستم دودویی نشان می‌دهد (درست یا غلط، صفر یا یک، سیاه یا سفید). در نظریه مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف نمود (مومنی، ۱۳۸۷).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

در این تابع به هر عضو مجموعه A عدد (۱) و به هر عضو خارج از مجموعه عدد (۰) نسبت داده می‌شود. یک مجموعه فازی از طریق تابع عضویتی بیان می‌گردد که این تابع درجه‌ی تعلق اعضای مجموعه را با یک عدد حقیقی بین [۰ و ۱] نشان می‌دهد. به بیان دیگر اگر عضویتی در مجموعه‌ی A را در بازه‌ای از [۰ و ۱] قرار دهیم به هر x از A عددی در بازه [۰ و ۱] نسبت داده می‌شود. به این تابع، تابع عضویت گفته می‌شود و آن را به صورت $\mu_A(x)$ نشان می‌دهند که درجه عضویت بین (۰) و (۱) خواهد داشت. تابع عضویت برابر (۱) نشان‌دهنده‌ی عضویت کامل در مجموعه و مقدار (۰) نشان‌دهنده‌ی عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است. کاربرست منطق فازی امکان استانداردسازی لایه‌های موضوعی موثر بر مکان‌یابی بهینه پسماندهای ساختمانی را میسر می‌سازد.

۲-۲- کاربرد مدل AHP برای وزن‌دهی به لایه‌ها

در پژوهش حاضر برای محاسبه وزن هر یک از معیارهای موثر بر مکان‌یابی بهینه سایت‌های پسماندهای ساختمانی از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. روش تصمیم‌گیری مبتنی بر فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در زمره‌ی متداول‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره محسوب می‌گردد. این مدل در سال ۱۹۸۰ میلادی توسط ساعتی تحت عنوان فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) معرفی گردید. وزن‌دهی در این مدل بر مقایسه جفتی معیارها استوار است. در روش مقایسه زوجی، اهمیت نسبی معیارها در یک مقایسه پیوسته به ۹ بخش تقسیم می‌گردد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی شامل مراحل بدین شرح می‌باشد: ۱- تشکیل درخت سلسله مراتبی ۲- مقایسه دوتایی یا زوجی ۳- محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و ارزیابی سازگاری قضاوت‌ها. اساس این الگو در تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۴).

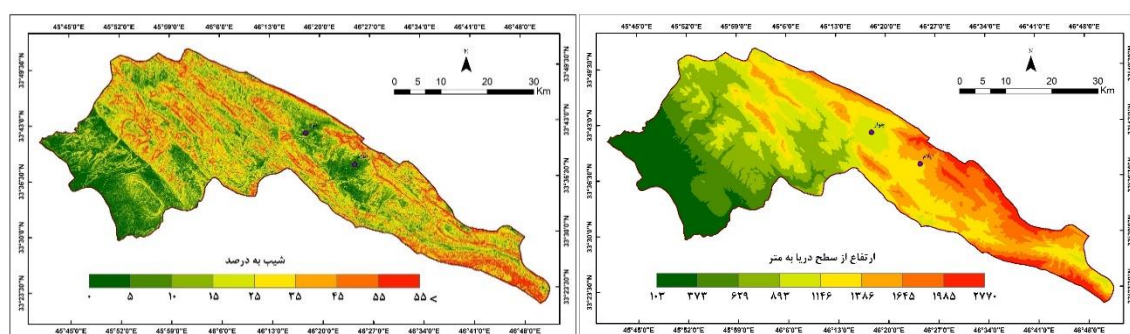
۲-۳- ارزیابی مکانی متغیرهای موثر بر مکان‌یابی پسماندهای ساختمانی شهر ایلام

متغیر ارتفاع از سطح دریا (شکل ۲): در حدود ۱۳ درصد محدوده شهرستان ایلام در طبقه ارتفاعی ۱۰۳ تا ۳۷۳ متر قرار دارد. این طبقه ارتفاعی منطبق بر اراضی نسبتاً هموار و کم‌ارتفاع باریکه‌ی غربی شهرستان (هم‌مرز عراق) می‌باشد. در شرایط برابر، این طبقه ارتفاعی بهترین پهنه‌ها برای ایجاد سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی به شمار می‌رود؛ با این حال، طبقه ارتفاعی مذکور در نواحی دور از مراکز شهری اصلی شهرستان

توزیع شده‌اند و در نتیجه هزینه‌های مرتبط با حمل و نقل باعث کاهش مطلوبیت این طبقات ارتفاعی می‌شود. در حدود ۱۰ درصد سطح شهرستان در طبقه ارتفاعی ۳۷۳ تا ۶۲۹ متر واقع شده‌اند. این کلاس ارتفاعی نیز تا حدودی از شرایط مشابه با کلاس قبلی برخوردار است. در حدود ۱۶ درصد از مساحت شهرستان در کلاس ارتفاعی ۶۲۹ تا ۸۹۳ متر واقع شده است. این طبقه ارتفاعی از نظر دسترسی پذیری به شهر ایلام از شرایط مساعدتری نسبت به دو طبقه ارتفاعی مذکور برخوردار است. از این طبقه بر درجه ناهمواری‌های منطقه افزوده می‌شود. طبقه ارتفاعی ۸۹۳ تا ۱۱۴۶ متر بالغ بر ۱۶ درصد مساحت شهرستان ایلام را به خود اختصاص داده است. این طبقه ارتفاعی از نظر دسترسی پذیری شهر ایلام از شرایط نسبتاً مستعدی برخوردار است. با این حال، از این طبقه ارتفاعی به شدت بر درجه ناهمواری‌های منطقه افزوده می‌شود. طبقه ارتفاعی ۱۱۴۶ تا ۱۳۸۶ متر حدود ۱۹ درصد از مساحت محدوده شهرستان ایلام را به خود اختصاص داده است. نیمه جنوبی شهر ایلام در این طبقه ارتفاعی قرار گرفته است. این طبقه ارتفاعی از نظر دسترسی و فاصله از شهر ایلام از شرایط مساعدی برخوردار است اما از نظر فیزیوگرافی و ژئومورفولوژیکی دارای محدودیت‌های زیادی می‌باشد. سایر طبقات ارتفاعی منطبق بر اراضی مرتفع منطقه (کبیرکوه) می‌باشند.

متغیر شیب سطح زمین (شکل ۳): شرایط کوهستانی و درجه ناهمواری بالا باعث شده است که بخش اعظم شهرستان ایلام مناسب ساخت و ساز و مکان‌گزینی کارکردهای مربوطه نباشد. متوسط شیب شهرستان ایلام ۲۳ درصد می‌باشد. این رقم نشان‌دهنده درجه بالای ناهمواری و غلبه اراضی ناهموار و پرتیب در سطح شهرستان است. این امر محدودیت‌های زیادی را در رابطه با مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی موجب می‌شود. تنها در حدود ۱۱ درصد از سطح شهرستان ایلام در طبقه شیب ۰ تا ۵ درصد واقع شده است. بخش عمده‌ی این اراضی در نوار غربی شهرستان و هم‌مرز کشور عراق توزیع شده است. بخش‌هایی نیز در محدوده شهرهای ایلام و چوار پراکنده شده‌اند. در حالت تطبیقی، این پهنه‌ها مناسب‌ترین پهنه‌ها برای مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی به شمار می‌روند. با این حال، مساله اصلی مربوط به محدود بودن این اراضی می‌باشد. علاوه بر این، بخش قابل توجهی از این پهنه‌ها تحت پوشش کاربری مسکونی یا کشاورزی آبی می‌باشد که خود مانعی برای استقرار سایت‌های دفع زباله محسوب می‌گردند. طبقات شیب ۵ تا ۱۰ درصد بالغ بر ۱۶ درصد از سطح شهرستان ایلام را شامل می‌شوند. این اراضی نیز به منظور مکان‌گزینی سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی تا حدودی مناسب می‌باشند. پراکندگی این اراضی تا حدودی در مجاورت اراضی با شیب ۰ تا ۵ درصد می‌باشند و با اندکی عملیات آماده‌سازی زمین (تسطیح، خاک‌برداری و ...) می‌توانند به منظور دفع نخاله‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرند. در مرتبه بعدی اراضی با شیب ۱۰ تا ۱۵ درصد قرار می‌گیرند که بالغ بر ۱۴ درصد از سطح شهرستان ایلام را به خود اختصاص داده‌اند. بدیهی است که با افزایش شیب

اقدامات و عملیات آماده‌سازی زمین افزایش خواهد یافت. این امر مخصوصاً در صورتی که قرار باشد در مجاورت این‌گونه سایت‌ها مراکز بازیافت استقرار یابند از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.



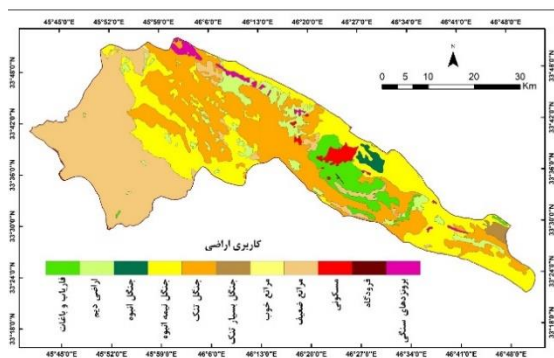
شکل (۳): نقشه توزیع شیب شهرستان ایلام
Fig. (3): Slope distribution map of Ilam city

شکل (۲): نقشه توزیع ارتفاعات شهرستان ایلام
Fig. (2): Altitude distribution map of Ilam city

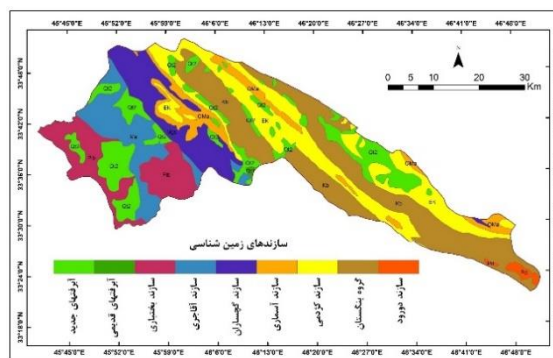
سازندهای زمین‌شناسی (شکل ۴): پراکندگی سازندهای زمین‌شناسی مخصوصاً از منظر نفوذپذیری و آلودگی آب‌های زیرزمینی حائز اهمیت است. شهرستان ایلام منطبق بر بخش‌هایی از سیستم چین‌خورده زاگرس است. بنابراین، بخش قابل توجهی از سازندهای زمین‌شناسی منطقه شامل سنگ‌های آهکی می‌باشد. آبرفت‌های کواترنری و واحدهای کنگلومرایی نیز در پایکوه‌ها و سطوح هموار شهرستان پراکنده شده‌اند. از نظر سطح رخنمون، گروه بنگستان از بیشترین میزان پراکندگی در سطح شهرستان ایلام برخوردار است. این سازند بالغ بر ۲۶ درصد سطح شهرستان ایلام را پوشش می‌دهد که عمدتاً در نیمه شرقی منطقه پراکنده شده‌اند. گروه تفکیک نشده بنگستان عمدتاً شامل سنگ آهک و شیل می‌باشد و مربوط به دوره کرتاسه است. این سازند از مقاومت خوبی در برابر فرایندهای فرسایشی برخوردار است و بدین ترتیب بخش عمده‌ای از ارتفاعات منطقه منطبق بر این سازند است. در حالت تطبیقی، سازند گروه بنگستان مناسب‌ترین سازند برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در سطح منطقه می‌باشد و در نتیجه از وزن بالاتری نیز برخوردار خواهد بود. سازند کژدمی دومین سازند زمین‌شناسی گسترده در سطح شهرستان ایلام می‌باشد که همانند سازند بنگستان در نیمه شرقی منطقه مطالعاتی رخنمون یافته است. این سازند شامل سنگ آهک فسیل‌دار لایه‌لایه تا توده‌ای می‌باشد و تشکیل آن مربوط به کرتاسه پسین است. از فرسایش‌پذیری متوسطی در برابر فرایندهای فرسایشی برخوردار است و می‌تواند برای دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. حدود ۲۰ درصد شهرستان ایلام منطبق بر سازند مذکور است. آبرفت‌های جدید کواترنری نیز درصد قابل توجهی از سطح شهرستان را پوشش می‌دهند. در حدود ۱۶ درصد سطح شهرستان مطالعاتی شامل این نوع سازند می‌باشد که عمدتاً منطبق بر مخروط‌افکنه‌ها (مخصوصاً در غرب شهرستان) و دشت‌های میان‌کوهی منطقه هستند. این

سازند به دلیل نفوذپذیر بالا و مقاومت پایین در برابر فرایندهای فرسایشی مناسب استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی نیست. در واقع، دفع پسماندهای ساختمانی بر روی این واحد می‌تواند باعث آلودگی شدید منابع آب زیرزمینی منطقه گردد.

کاربری اراضی (شکل ۵): کاربری اراضی یکی دیگر از متغیرهایی است که تاثیر زیادی بر مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی دارد. بدیهی است که در کاربری‌هایی مانند اراضی مسکونی، تالاب‌ها و ... نمی‌توان نسبت به دفع پسماندها اقدام کرد. بنابراین، می‌بایست کاربری‌های هر منطقه از نظر متناسب و مطلوب بودن برای دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی رتبه‌بندی شوند. کاربری‌های اراضی کشاورزی فاریاب و باغات، مسکونی، جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه و مراتع خوب، کاربری‌های نامناسب برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در سطح شهرستان ایلام به شمار می‌روند. در رابطه با اراضی کشاورزی فاریاب (آبی) اشاره به این نکته ضروری است که علی‌رغم دریافت نزولات جوی نسبتاً مناسب و وجود منابع آب کافی، این اراضی تنها در حدود ۵/۴ از سطح شهرستان ایلام را به خود اختصاص داده‌اند. این امر در ارتباط با غلبه توپوگرافی ناهموار و پرشیب در منطقه مطالعاتی می‌باشد که فعالیت‌های کشاورزی آبی را با محدودیت‌های شدیدی مواجه ساخته است. استقرار سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی در جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه و همچنین مراتع خوب نیز به دلیل ارزشمند بودن این اراضی و مسائل زیست محیطی مربوطه غیرمنطقی می‌باشد. جنگل‌های انبوه، نیمه انبوه و مراتع خوب به ترتیب در حدود ۰/۸ درصد، ۲۶/۵ درصد و ۰/۱ درصد از سطح شهرستان ایلام را به خود اختصاص داده‌اند. در این میان، مشخص می‌شود که بخش قابل توجهی از سطح شهرستان ایلام شامل اراضی جنگلی نیمه‌انبوه (جنگل‌های زاگرس) می‌باشد که از ارزش‌های اکولوژیکی بسیاری برخوردارند. کاربری‌های جنگل تنک و بسیار تنک و اراضی دیم را می‌توان جزو کاربری‌هایی با تناسب متوسط برای مکان‌یابی سایت‌های بهینه دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی به شمار آورد. کاربری‌های مراتع ضعیف و برونزدهای سنگی کاربری‌هایی مناسب برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی محسوب می‌شوند. کاربری مراتع ضعیف در حدود ۲۸/۸ درصد از مساحت شهرستان و برونزدهای سنگی نیز در حدود ۱/۳ درصد مساحت شهرستان ایلام را به خود اختصاص داده‌اند. با اینکه کاربری‌های مذکور در شرایط تطبیقی مطلوب‌ترین کاربری‌ها برای مکان‌یابی محل دپوی نخاله‌های ساختمانی می‌باشند اما ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که این کاربری‌ها با مسائل متعددی مانند عدم دسترسی مناسب مواجه می‌باشند.



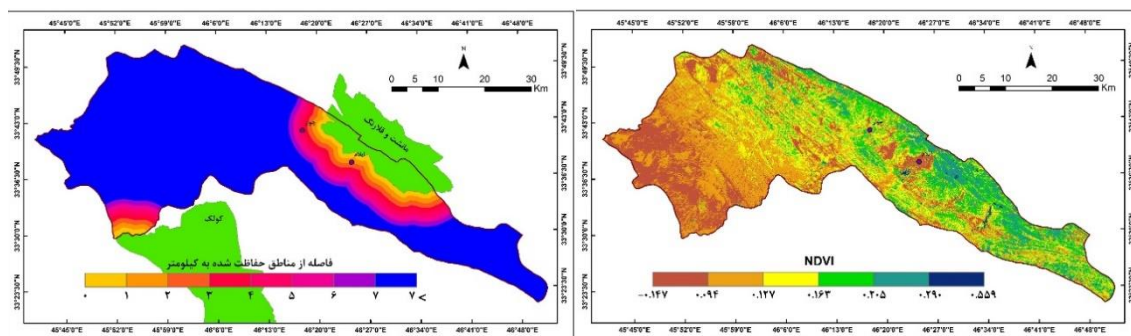
شکل (۵): نقشه کاربری اراضی شهرستان ایلام
Fig. (5): Land use map of Ilam city



شکل (۴): نقشه سازندهای زمین‌شناسی شهرستان ایلام
Fig. (4): Map of geological formations of Ilam city

پوشش گیاهی (شکل ۶): در رابطه با مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی توجه به پوشش گیاهی، مخصوصاً از جنبه‌های زیست محیطی، حائز اهمیت است. در پژوهش حاضر به منظور تهیه لایه توزیع فضایی پوشش گیاهی شهرستان ایلام از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (مربوط به اوایل تابستان ۱۳۹۹) بهره گرفته شد. با توجه به شکل مذکور می‌توان بیان داشت که تراکم پوشش گیاهی منطقه دارای ارتباطی مستقیم با توزیع ارتفاعات منطقه می‌باشد. مقادیر بالاتر شاخص NDVI در شرق منطقه و منطبق بر دامنه‌های غربی رشته‌کوه‌های کبیرکوه دیده می‌شوند. دامنه‌های غربی رشته‌کوه کبیرکوه (بخشی از سیستم چین‌خورده زاگرس) به دلیل موقعیت بادگیری از بارش فراوانی - به هنگام نفوذ بادهای غربی به منطقه - بهره‌مند می‌شوند و بنابراین شرایط برای شکل‌گیری پوشش گیاهی مطلوب و حتی جنگلی مهیا می‌گردد. این در حالی است که قسمت‌هایی از غرب منطقه مطالعاتی (هم‌مرز کشور عراق)، به دلیل ارتفاع پایین، بارش کمتری دریافت کرده و در نتیجه از پوشش گیاهی اندکی برخوردار می‌باشند. پهنه‌های مذکور از مقادیر شاخص NDVI پایینی (در حدود ۰/۱) برخوردارند. برخی از پهنه‌های با مقادیر بالای شاخص پوشش گیاهی در اراضی هموار منطقه در ارتباط مستقیم با اراضی کشاورزی فاریاب و باغات می‌باشند.

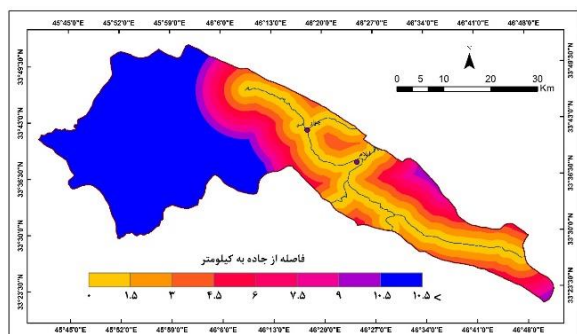
مناطق حفاظت شده (شکل ۷): در داخل یا مجاورت منطقه مورد مطالعه دو منطقه حفاظت شده شامل منطقه حفاظت شده مانشت و قلازنگ و منطقه حفاظت شده کولک وجود دارد. منطقه حفاظت شده مانشت و قلازنگ در شرق منطقه مطالعاتی واقع شده و بخش‌هایی از آن در محدوده شهرستان ایلام واقع شده است. در خصوص تاثیر این متغیر در مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی باید گفت که محدوده و مجاورت این مناطق جزو نامناسب‌ترین پهنه‌ها برای استقرار این مراکز می‌باشند و با فاصله گرفتن از آنها بر وزن پهنه‌ها نیز افزوده می‌شود. این متغیر از طریق دخالت دادن لایه فاصله از مناطق حفاظت شده در مکان‌یابی لحاظ گردید.



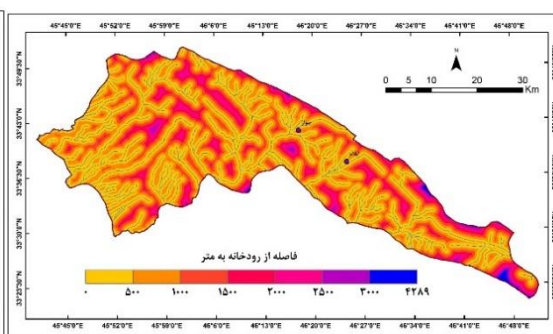
شکل (۶): تراکم پوشش گیاهی (NDVI) شهرستان ایلام شکل (۷): موقعیت مناطق حفاظت شده در شهرستان ایلام
 Fig. (6): Vegetation density (NDVI) of Ilam city Fig. (7): Location of protected areas in Ilam city

رودخانه‌ها و مسیل‌ها (شکل ۸): توجه به فاصله از رودخانه‌ها به دو دلیل در رابطه با مکان‌گزینی سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی حائز اهمیت زیادی است. دلیل اول مربوط به مسائل زیست‌محیطی می‌باشد. در واقع، نخاله‌های ساختمانی حاوی مواد آلاینده و گاهی بسیار سمی می‌باشند که نفوذ این آلایندها می‌تواند باعث آلودگی رودخانه‌ها و منابع آب سطحی منطقه گردد. دلیل دوم در ارتباط با مخاطره سیلاب می‌باشد. دفع نخاله‌های ساختمانی در مجاورت رودخانه‌ها می‌تواند موجب انسداد رودخانه‌ها- مخصوصاً رودخانه‌های فصلی و مسیل‌ها- شده و خطر سیلاب را به شدت افزایش دهد. بدین ترتیب، بدیهی است که بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها و پهنه‌های مجاور آنها جزو نامناسب‌ترین پهنه‌ها برای استقرار سایت‌های بهینه دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی به شمار می‌روند.

دسترسی به شبکه‌های ارتباطی منطقه (شکل ۹): توجه به توزیع فضایی جاده‌های اصلی و فاصله از آنها (شکل ۹) نشان می‌دهد که شهرستان ایلام از نظر توسعه زیرساخت‌های شبکه‌های جاده‌ای اصلی از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نیست. در واقع، بخش‌های زیادی از سطح استان فاقد جاده‌ها و شریان‌های ارتباطی درجه یک و درجه دو می‌باشند. بخش زیادی از این مساله از ماهیت کوهستانی شهرستان نشأت می‌گیرد. این محدودیت در قسمت‌های غربی شهرستان از نمود بیشتری برخوردار است. با این حال، در اطراف دو شهر اصلی شهرستان، یعنی شهرهای ایلام و چوار، جاده‌های عریض و مناسبی احداث شده‌اند که می‌توانند نقش موثری در مکان‌یابی و دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی ایفا نمایند. بدین ترتیب، در شرایط یکسان محور شمال غربی- جنوب شرقی شهرستان از شرایط مطلوب‌تری جهت مکان‌گزینی سایت‌های دفع پسماندها و نخاله‌های ساختمانی برخوردار می‌باشند.



شکل (۹): نقشه فاصله از جاده در شهرستان ایلام
Fig. (9): Map of the distance from the road in Ilam city

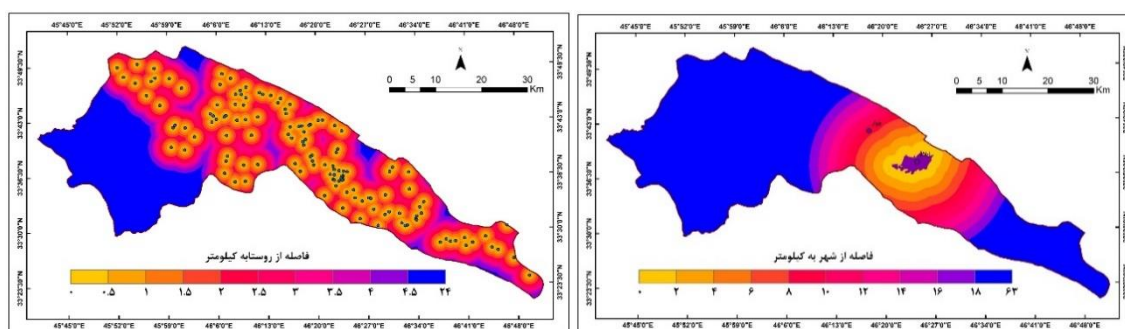


شکل (۸): نقشه آبراهه‌ها و فاصله از آنها در شهرستان ایلام
Fig. (8): Map of waterways and distance from them in Ilam city

فاصله از شهر (شکل ۱۰): سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی باید در فاصله مناسبی از شهر قرار گیرند. استقرار این سایت‌ها در نزدیکی و مجاورت شهر مسائل زیست محیطی بسیاری را به همراه دارد که در این رابطه می‌توان به انتشار بیماری سالک اشاره کرد. از طرف دیگر، استقرار سایت‌های دفع در نقاط دور از شهر باعث افزایش قابل توجه هزینه‌ها خواهد شد. در این رابطه بخش اعظمی از غرب محدوده شهرستان از دسترس‌پذیری اندکی برخوردار می‌باشند. به این عوامل می‌بایست شرایط توپوگرافیکی و درجه ناهمواری بالای منطقه را نیز اضافه نمود. بدین ترتیب یافتن پهنه‌ای در فاصله‌ای بهینه و مطلوب از شهر ایلام برای دفع نخاله‌های ساختمانی باز هم محدودتر می‌شود. فواصل ۰ تا ۱ کیلومتری و حتی ۲ کیلومتری به دلیل شرایط زیست محیطی، مناسب استقرار سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی نیستند. محدوده واقع در فواصل ۲ تا ۸ کیلومتری می‌تواند برای مکان‌یابی پهنه سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی مطلوب در نظر گرفته شود. از این نظر، پهنه‌هایی از شمال غرب و جنوب شرق شهر ایلام از شرایط مناسب‌تری برخوردار می‌باشند. در واقع، فواصل نزدیک‌تر از ۲ کیلومتر به دلیل مسائل زیست محیطی و فواصل بیش از ۸ کیلومتر به دلیل مسائل مرتبط با هزینه حمل و نقل از مطلوبیت کمتری برای دفع نخاله‌های ساختمانی برخوردارند.

فاصله از روستا (شکل ۱۱): فاصله از روستاها از جنبه‌های زیست محیطی و بهداشتی حائز اهمیت است. تاثیر این متغیر از طریق تهیه لایه فاصله از روستاها و دخالت دادن آن در فرایند روی هم‌گذاری لایه‌های موضوعی صورت گرفت. این متغیر مخصوصا در مورد روستاهای مستقر در سطوح هموار دشت‌های ناودیدی منطقه از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. استقرار سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی در مجاورت این روستاها علاوه بر ایجاد مسائل بهداشتی مختلف از قبیل انتشار انواع آلاینده‌ها و امراض مختلف (مخصوصا بیماری تنفسی و سالک)

می تواند باعث تخریب خاک های حاصلخیز منطقه گردد. بدین ترتیب، مطلوب است که سایت های دفع نخاله های ساختمانی در محلی دور از روستاها مکان یابی شوند.



شکل (۱۱): نقشه فاصله از روستا در شهرستان ایلام

Fig. (11): Map of the distance from the village in Ilam city

شکل (۱۰): نقشه فاصله از شهر ایلام (به کیلومتر)

Fig. (10): Distance map from Ilam city (in kilometers)

۴-۲- فاز سازی لایه های موضوعی

در پژوهش حاضر استفاده از توابع عضویت فازی با دو هدف اصلی صورت گرفت: هدف نخست مربوط به بی بعد کردن و همسان سازی لایه های موضوعی می باشد. هدف دوم مربوط به ارزش گذاری مجدد لایه ها با توجه به هدف تحقیق می باشد. فرایند فاز سازی عدم قطعیت های مرتبط با کلاس بندی داده ها را نیز رفع می کند. در پژوهش حاضر فاز سازی لایه های موضوعی به روش های زیر صورت گرفت:

- لایه ارتفاع از سطح دریا: ارتفاعات پایین منطقه از شرایط مطلوب تری برای استقرار سایت های بهینه دفع پسماندهای ساختمانی برخوردارند و با افزایش ارتفاع از میزان تناسب اراضی برای اهداف تحقیق کاسته می شود. از این رو تابع فازی خطی کاهشی می تواند به نحو مطلوبی برای ارزش گذاری مجدد لایه ارتفاع مورد استفاده قرار می گیرد. این امر بدین معنی است که با افزایش ارتفاع از میزان درجه عضویت پیکسل ها کاسته می شود و برعکس.

- لایه شیب: در حالت کلی با افزایش شیب از میزان تناسب اراضی برای مکان یابی محل دفع پسماندهای ساختمانی کاسته می شود. در پژوهش حاضر برای فاز سازی لایه شیب تابعی تعریف گردید که دارای سه نقطه کنترل می باشد. شیب های ۰ تا ۵ به عنوان شیب های ایده آل برای استقرار سایت های دفع پسماندهای ساختمانی تعریف گردید و در نتیجه ارزش ۱ را کسب نمودند. با دور شدن از این نقطه ایده آل از ارزش های پیکسل ها کاسته

می‌شود. این کاهش تا شیب‌های ۳۵ درصد تداوم می‌یابد. شیب‌های بیش از ۳۵ درصد تحت عنوان عدم عضویت معرفی شدند و مقدار ۰ را کسب نمودند.

- لایه‌های موضوعی کاربری اراضی و سازندهای زمین‌شناسی دو متغیر کیفی پژوهش به شمار می‌روند و بنابراین در گام نخست ضرورت دارد که متغیرهای مذکور به متغیرهای کمی تبدیل شوند. به منظور کمی نمودن لایه‌های موضوعی کاربری اراضی و سازندهای زمین‌شناسی کدهایی بر اساس میزان اهمیت در رابطه با مکان‌یابی سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی به هر کلاس تخصیص داده شد؛ به عنوان مثال، در پژوهش حاضر لایه کاربری اراضی مشتمل بر ۱۱ کلاس کاربری مختلف است. به منظور کمی‌سازی این لایه موضوعی کد ۱ برای کلاس کاربری مسکونی و فرودگاه و کد ۱۰ برای کلاس کاربری بایر و برونزدهای سنگی تخصیص داده شد. برای سایر کلاس‌ها متناسب با میزان اهمیت در رابطه با استقرار سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی کدهایی بین دو عدد ۱ و ۱۰ اختصاص یافت (به عنوان مثال کد ۹ برای مراتع با پوشش گیاهی ضعیف). در نهایت از تابع بزرگ فازی برای بی‌بعد کردن لایه‌های مذکور استفاده به عمل آمد.

- لایه پوشش گیاهی (NDVI): بدیهی است که با افزایش تراکم پوشش گیاهی از تناسب اراضی با هدف استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی کاسته می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، مقادیر بالاتر NDVI منطبق بر اراضی کشاورزی فاریاب یا اراضی جنگلی می‌باشند که به عنوان عدم عضویت، با ارزش‌های فازی صفر، تعریف شدند. اراضی بایر با مقادیر NDVI نزدیک به صفر نیز به عنوان ایده‌آل‌ترین اراضی برای دفع پسماندهای ساختمانی (از نظر متغیر پوشش گیاهی) تعریف شده و ارزش‌های صفر و نزدیک به آن را کسب کردند. سایر اراضی ارزش‌هایی بین ۰ و ۱ را کسب نمودند. در رابطه با متغیر پوشش گیاهی تابع خطی کاهشی یا کوچک فازی می‌تواند به عنوان تابع فازی‌ساز مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهش حاضر با توجه به پراکندگی پوشش گیاهی و اهمیت بسیار بالاتر اراضی بایر یا با پوشش گیاهی ضعیف، تابع کوچک فازی مورد استفاده قرار گرفت.

- لایه فاصله از مناطق حفاظت شده: بدیهی است مناطق حفاظت شده و همسایگی این مناطق برای دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی اصلاً مناسب نیستند و بدین ترتیب پهنه‌های مذکور ارزش صفر را کسب می‌کنند. هر چند برای فازی‌سازی لایه فاصله از مناطق حفاظت شده می‌توان از تابع خطی افزایشی استفاده به عمل آورد؛ اما در پژوهش حاضر به دلیل موقعیت قرارگیری مناطق حفاظت شده در محدوده شهرستان ایلام، یک تابع تعریف شده توسط کاربر جهت فازی‌سازی لایه مذکور مورد استفاده قرار گرفت. در واقع فرض بر این شد که پهنه‌های واقع در شعاع بیش از ۷ کیلومتری مناطق حفاظت شده از ارزش و اهمیت یکسانی برای مکان‌یابی نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی برخوردار می‌باشند. بدین ترتیب مناطق حفاظت شده و مجاور آنها به عنوان نامطلوب‌ترین پهنه‌ها برای دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی تعریف شده و ارزش صفر را کسب نمودند. با

افزایش فاصله از این پهنه‌ها بر عضویت فازي نیز افزوده شده و در شعاع تقریباً ۷ کیلومتری به مقدار ایده‌آل (ارزش ۱) می‌رسد. در شعاع بیش از ۷ کیلومتر تغییری در عضویت فازي صورت نگرفته و تا دورترین فاصله ارزش ۱ به صورت ثابت حفظ می‌شود.

- لایه فاصله از رودخانه: سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی می‌بایست دور از بستر و حریم رودخانه‌ها مکان‌یابی شوند. این اصل در فازي‌سازی لایه فاصله از رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی شهرستان ایلام مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به تعداد زیاد آبراهه‌های اصلی و رودخانه‌ها در سطح منطقه مطالعاتی از تابع فازي خطی افزایشی برای فازي‌سازی لایه مذکور استفاده به عمل آمد. این امر بدین معنی است که با افزایش فاصله از رودخانه‌ها بر تناسب و مطلوبیت اراضی جهت استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی افزوده می‌شود.

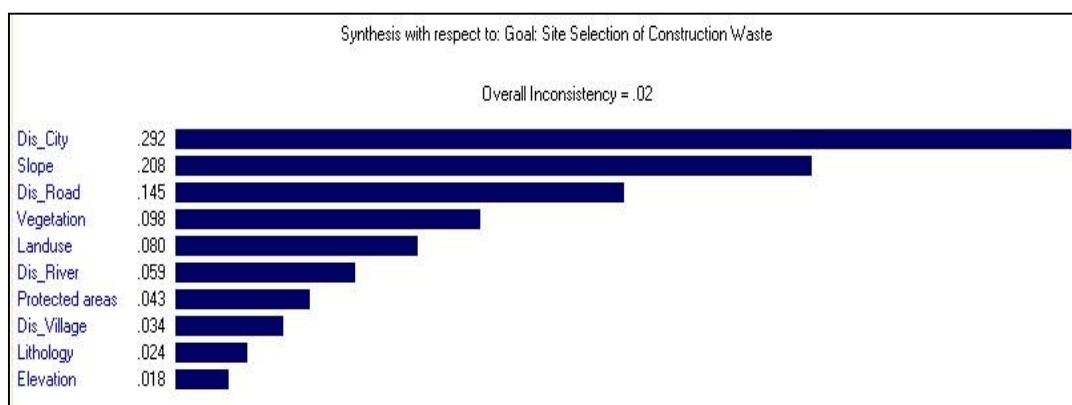
- فاصله از جاده: با توجه به کوهستانی بودن منطقه، لایه فاصله از جاده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین ترتیب، پهنه‌های نزدیک به جاده‌ها از درجه عضویت بالاتری برخوردار بوده و به عنوان نقاط ایده‌آل مجموعه تعریف می‌شوند. با دور شدن از جاده‌های اصلی از میزان درجه عضویت مجموعه کاسته می‌شود. با توجه به این موارد، تابع کوچک فازي، نزدیک فازي یا خطی کاهشی فازي می‌تواند برای فازي‌سازی لایه فاصله از جاده مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به اهمیت بسیار بیشتر مقوله دسترسی، تابع کوچک فازي برای فازي‌سازی لایه فاصله از جاده مورد استفاده قرار گرفت.

- فاصله از شهر: در رابطه با فازي‌سازی لایه فاصله از شهر از تابعی (تعریف کاربر) استفاده به عمل آمد که دارای چندین نقطه عطف می‌باشد. خود شهر و پهنه‌های بلافاصل آن (تا شعاع تقریباً ۵۰۰ متری) به عنوان عدم عضویت تعریف شده و ارزش‌های صفر یا نزدیک به آن را کسب نمودند. سپس روند تابع فازي صعودی شده و با دور شدن از شهر بر میزان عضویت فازي افزوده می‌شود و در شعاع ۴ تا ۶ کیلومتری به مقادیر تقریباً ایده‌آل (با ارزش‌های ۱ و نزدیک به آن) می‌رسد. در نهایت، از شعاع تقریباً ۶ کیلومتری روند تابع فازي نزولی می‌شود؛ چرا که با افزایش فاصله بر هزینه‌های حمل و نقل به شدت افزوده می‌شود.

- فاصله از روستا: سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی به دلیل مسائل زیست محیطی و بهداشتی هر میزان که دورتر از روستاها مکان‌یابی شوند مطلوب‌ترند. این امر به عنوان یک اصل در فرایند فازي‌سازی لایه فاصله از روستاها به کار بسته شد و یک تابع خطی افزایشی جهت فازي‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. این تابع بیان می‌کند که با افزایش فاصله از روستاها بر میزان عضویت فازي افزوده شده و پهنه‌ها از تناسب بیشتری برای دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی برخوردار می‌شوند.

۲-۵- محاسبه وزن معیارها با استفاده از مدل AHP

در شکل (۱۲) وزن‌های نهایی حاصل از مقایسات زوجی معیارهای تحقیق با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارائه شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که نرخ ناسازگاری مدل ۰/۰۲ است. اگر نرخ ناسازگاری کمتر یا مساوی ۰/۱ باشد مقایسات زوجی قابل قبول است.



شکل (۱۲): وزن معیارهای موثر بر مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در شهرستان ایلام
Fig.(12): The weight of the effective criteria on the optimal location of garbage and construction waste disposal sites in Ilam city.

۳- بحث و نتایج

با توجه به مقایسات زوجی و وزن معیارهای موثر بر مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی می‌توان بیان داشت که متغیرهای فاصله از شهر، شیب و فاصله از جاده به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۹۲، ۰/۲۰۸ و ۰/۱۴۵ مهم‌ترین متغیرهای موثر بر مکان‌یابی بهینه پسماندهای ساختمانی در سطح شهرستان ایلام به شمار می‌روند. موقعیت استقرار و شکل شهرستان ایلام باعث شده است که فاصله از شهر ایلام مهم‌ترین متغیر موثر بر مکان‌یابی محل دفع پسماندهای ساختمانی محسوب گردد. در واقع، در مجاورت بلافاصل شهر ایلام از نظر فاکتورهای متعددی- مخصوصاً فاکتورهای توپوگرافیکی- پهنه‌هایی مستعد برای دفع نخاله‌های ساختمانی وجود دارد؛ با این حال، مسائل بهداشتی و زیست محیطی و چندین معیار دیگر استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در این پهنه‌ها را غیرمنطقی و غیراصولی می‌سازد. در پهنه‌های دور از شهر ایلام نیز مسائل مرتبط با دسترسی و ارتباط‌پذیری و همچنین افزایش شدید هزینه‌های حمل و نقل پسماندهای ساختمانی (به دلیل حجم بودن) مطرح می‌باشد. در نتیجه، یکی از مهم‌ترین معیارهای موثر بر مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی در ارتباط با فاصله مطلوب و بهینه از شهر اصلی منطقه است. وزن بالای

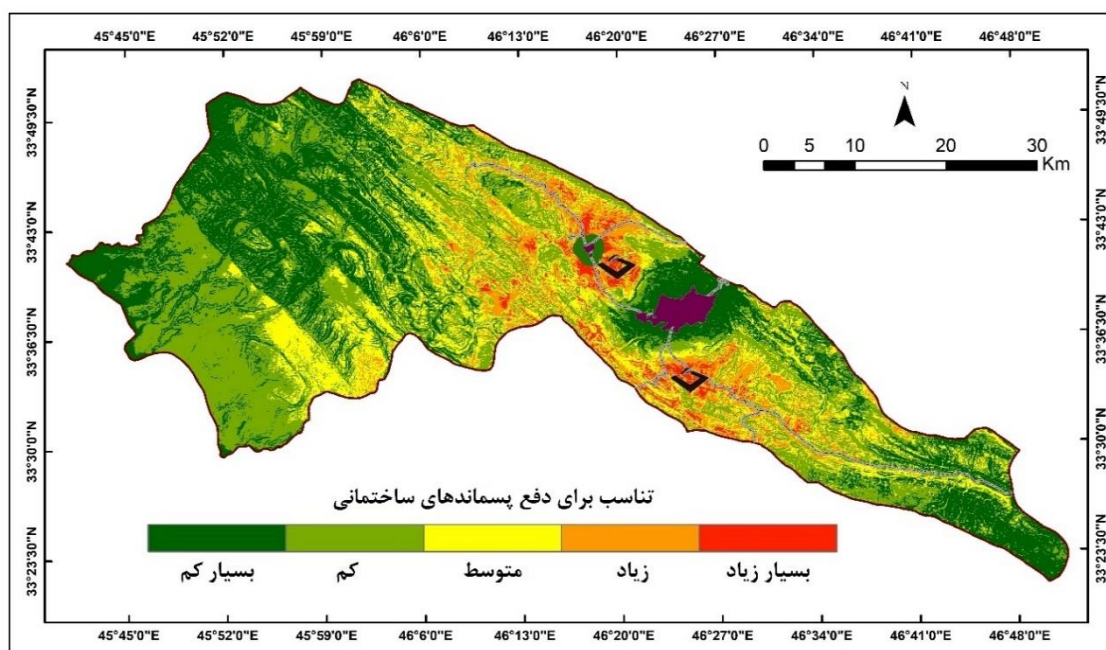
متغیر شیب نیز در ارتباط مستقیم با شرایط توپوگرافیکی حاکم بر سطح شهرستان ایلام می‌باشد. در واقع، درجه ناهمواری بالا و توپوگرافی ناهموار و خشن باعث اهمیت متغیر شیب در سطح منطقه شده است. می‌توان گفت اگر منطقه مطالعاتی دارای اراضی هموار و دشت‌های وسیع بود از اهمیت متغیر شیب به شدت کاسته می‌شد. موارد مذکور و اهمیت دسترسی مطلوب و بهینه به سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی موجب گردیده است که متغیر فاصله از جاده‌های اصلی منطقه به عنوان سومین متغیر مهم در مکان‌یابی مراکز دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در سطح شهرستان ایلام مطرح گردد. در واقع، سه متغیر مذکور بیشتر در ارتباط با مفهوم دسترسی‌پذیری بوده و نشان از اهمیت بالای آن در رابطه با مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی دارد. معیارهای پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و فاصله از مناطق حفاظت شده به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۹۸، ۰/۰۸۰، ۰/۰۵۹ و ۰/۰۴۳ از اهمیت متوسطی در رابطه با مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی در سطح شهرستان ایلام برخوردار می‌باشند. این متغیرها را می‌توان جزو متغیرهای زیست محیطی به شمار آورد. وجود اکوسیستم جنگلی و مراتع غنی در سطح شهرستان ایلام باعث شده است که متغیر پوشش گیاهی از وزن نسبتاً بالایی در رابطه با مکان‌یابی پسماندهای ساختمانی برخوردار باشد. متغیر کاربری اراضی نیز دارای اهمیت نسبتاً مشابهی با پوشش گیاهی بوده و در واقع، مکمل هم محسوب می‌شوند. وجود آبراهه‌های متعدد و سیل‌خیز بودن منطقه نیز باعث اهمیت بیشتر معیار فاصله از رودخانه نسبت به چندین معیار دیگر شده است. در نهایت، مناطق حفاظت شده و حریم استحقاقی آنها به عنوان یک محدودیت در استقرار مراکز سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی مطرح گردید.

معیارهای فاصله از روستا با وزن ۰/۰۳۴، لیتولوژی (سازندهای زمین‌شناسی) با وزن ۰/۰۲۴ و ارتفاع از سطح دریا با وزن ۰/۰۱۸ جزو معیارهای نسبتاً کم‌اهمیت موثر در مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی ایلام به شمار می‌روند. در رابطه با این معیارها می‌توان گفت که تاثیر آنها در مقیاس محلی باقی می‌ماند و این امر باعث کاهش ضریب اهمیت آنها می‌گردد.

- ترکیب لایه‌ها و تهیه نقشه تناسب اراضی برای دفع پسماندهای ساختمانی

مرحله نهایی پژوهش حاضر شامل روی هم‌گذاری^۱ و ترکیب لایه‌های موضوعی موثر بر مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی می‌باشد. در این مرحله ۱۰ لایه فازی تحقیق با استفاده از ضرایب حاصل از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ترکیب شدند. لایه نهایی تناسب اراضی شهرستان ایلام برای استقرار

سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی به پنج کلاس- از تناسب بسیار کم تا تناسب بسیار زیاد- طبقه‌بندی مجدد گردید (شکل ۱۳).



شکل (۱۳): تناسب اراضی شهرستان ایلام برای دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام

Fig. (13): Suitability of lands in Ilam city for the disposal of sewage and construction waste in Ilam city

بر اساس نتایج حاصل از لایه تناسب اراضی شهرستان ایلام برای ایجاد سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- در حالت کلی بخش‌های بسیار محدودی از سطح شهرستان ایلام مناسب دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام می‌باشند. حتی پهنه‌های بسیار مناسب در لایه نهایی تناسب اراضی برای دفع پسماندهای ساختمانی (شکل ۱۳) از حالت نسبی برخوردار بوده و در واقع، این پهنه‌ها در مقایسه با سایر پهنه‌های شهرستان از شرایط مطلوب‌تری برخوردار می‌باشند. می‌توان بیان داشت که مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی، مخصوصاً متغیرهای اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی، باعث محدودیت شدید در مکان‌یابی سایت‌های بهینه دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام در محدوده شهرستان ایلام شده‌اند. در این رابطه، بالغ بر ۳۲ درصد از محدود شهرستان ایلام در کلاس تناسب بسیار کم و ۳۹ درصد آن در کلاس با تناسب کم قرار گرفته است. بدین ترتیب در حدود

۷۱ درصد از محدوده شهرستان ایلام برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام از تناسب و مطلوبیت پایینی برخوردار است.

- در حالت نسبی بالغ بر ۲ درصد از محدوده شهرستان ایلام برای ایجاد مراکز دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام از تناسب و مطلوبیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشند. بخش قابل توجهی از این پهنه‌ها شامل پهنه‌های با مساحت بسیار محدود، پراکنده و نسبتاً پرت هستند و با توجه به نیاز سایت‌های مذکور به فضای نسبتاً وسیع، مناسب دفع پسماندهای ساختمانی نیستند. تنها در دو نقطه از منطقه مطالعاتی شرایطی مطلوب (در حالت تطبیقی) برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی برقرار است. پهنه نخست در جنوب غرب شهر ایلام واقع شده است که در پژوهش حاضر به عنوان پهنه با اولویت نخست پیشنهاد می‌گردد. این پهنه در فاصله ۳ کیلومتر از شهر ایلام واقع شده است. این پهنه بر اساس روی هم‌گذاری لایه‌های موضوعی از مطلوب‌ترین شرایط برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی برخوردار است. در این رابطه می‌توان به چند دلیل مهم اشاره کرد: این پهنه در فاصله مطلوب از شهر ایلام واقع شده و بدین ترتیب مسائل بهداشتی و هزینه‌های حمل و نقل را تا حد زیادی رفع می‌کند. این پهنه دسترسی مطلوبی به شریان‌های ارتباطی اصلی منطقه دارد که یکی از ضروریات مکان‌یابی این مراکز در سطح شهرستان به شمار می‌رود. این پهنه از نظر شرایط توپوگرافیکی و ژئومورفولوژیکی نیز از شرایط نسبی مطلوبی برخوردار است. وجود اراضی کم‌شیب و نسبتاً هموار هزینه‌های مرتبط با آماده‌سازی زمین را به شدت کاهش می‌دهد. علاوه بر این برای ایجاد مراکز بازیافت نیز شرایط مناسب و مطلوبی را فراهم می‌سازد. از نظر زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی نیز محدودیت‌چندانی را ایجاد نمی‌کند. پهنه دوم در شمال غربی شهر ایلام و اطراف شهر چوار واقع شده است. این پهنه برای استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام در اولویت دوم قرار می‌گیرد. این پهنه هر چند از بسیاری جنبه‌ها، مخصوصاً موقعیت مناسب نسبت به شهر ایلام و دسترسی به جاده‌ها، از شرایط نسبتاً مطلوبی برخوردار است و در واقع مشابه پهنه جنوب غربی می‌باشد اما از نظر توپوگرافی از شرایط چندان مناسبی برخوردار نیست. آماده‌سازی این اراضی برای ایجاد سایت دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی نیازمند عملیات آماده‌سازی زمین (تسطیح، خاک‌برداری و ...) است. بدین ترتیب می‌تواند مسائلی را در خصوص هزینه‌ها و صرفه اقتصادی موجب گردد. این پهنه در صورت عدم امکان ایجاد سایت دفع پسماند ساختمانی در جنوب غرب شهر ایلام (به دلایلی مانند مالکیت زمین و ...) می‌تواند برای ایجاد سایت دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی مورد ارزیابی تفصیلی تر قرار گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (به عنوان یکی از متداول‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره) و منطق فازی با سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب شده و نقشه تناسب اراضی جهت استقرار سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی شهر ایلام تهیه گردید. شهرستان ایلام منطقه‌ای به‌شدت کوهستانی و ناهموار می‌باشد و در نتیجه مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌ها و پسماندهای ساختمانی با محدودیت‌های شدیدی مواجه می‌شود. در رابطه با مکان‌یابی سایت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی شهر ایلام، عوامل فاصله مطلوب از شهر و دسترسی‌پذیری را می‌توان جزو مهم‌ترین معیارهای موثر به حساب آورد. این امر در خصوص شهر ایلام به دلیل ماهیت کوهستانی و محدودیت شدید فضا از اهمیتی مضاعف برخوردار است. نتایج وزن‌دهی حاصل از مدل AHP نیز نشان می‌دهد که متغیرهای فاصله از شهر، شیب و فاصله از جاده به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۹۲، ۰/۲۰۸ و ۰/۱۴۵ مهم‌ترین متغیرهای موثر بر مکان‌یابی بهینه پسماندهای ساختمانی در سطح شهرستان ایلام به شمار می‌روند. متغیرهای مذکور ارتباط مستقیمی با مفهوم دسترسی‌پذیری دارند و نشان‌دهنده اهمیت بالای این متغیرها در مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام هستند. نتایج بیانگر این است که محدودیت‌های شدیدی در خصوص مکان‌یابی بهینه سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی شهر ایلام در محدوده شهرستان ایلام وجود دارد. این محدودیت‌ها از عوامل متعددی نشأت می‌گیرند که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به طبیعت به‌شدت کوهستانی و بالا بودن درجه ناهمواری منطقه، وجود اکوسیستم‌های جنگلی، انزوا و دورافتادگی جغرافیایی و عدم دسترسی مطلوب اشاره نمود. در این رابطه تنها دو پهنه‌ی واقع در جنوب غرب و شمال غرب شهر ایلام برای ایجاد سایت‌های دفع پسماندهای ساختمانی از تناسب مطلوبی برخوردار می‌باشند. موقعیت نسبی مطلوب نسبت به شهر ایلام، دسترسی و ارتباط‌پذیری مناسب و وجود اراضی نسبتاً هموار و کم‌شیب را می‌توان به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر مطلوبیت این پهنه‌ها برشمرد. در این میان، پهنه واقع در جنوب غرب شهر ایلام از تناسب بالاتری نسبت به پهنه شمال غربی برخوردار است.

۵-منابع

- 1- Tabatabai, Javad; Aqsaei, Helen (2015). Locating the optimal site for construction waste disposal using weighted linear combination method, a case study of Isfahan city. *Health System Research*, Volume 12, Number 3, pp. 307-314.
- 2- Abedini, Musa; Iqbal, Mohammad Reza; Omrani Durbash, Mojtabi (2013). Choosing the optimal place for the future physical development of Namin city using the weighted overlap model in the GIS environment. The fourth urban planning and management conference.
- 3- Firouzi, Mohammad Ali; Dehcheshmeh, Musafati; Saidi, Jafar (2014). Evaluation of environmental instability indicators with emphasis on water, soil, noise pollution using hierarchical analysis method in Ahvaz metropolis: *Environmental Science and Technology*, 3(19), 81-70.
- 4- Ganani Ardakani, Javad; Kashfi, Seyyed Abulfazl (2016). Location of construction waste burial site in Yazd city using hierarchical analysis method. *Environmental Geology Quarterly*, Volume 11, Number 39, pp. 54-70.
- 5- Muslim Shirazi agriculture, Habib-oleh (2013). Locating construction waste landfills (case study of some cities in Fars province). Master's thesis in the field of road, construction and environmental engineering, under the guidance of Nasser Taleb Biddekhti. Shiraz University, International Unit.
- 6- Mousavi, Seyyed Hasan; Bigdlo, Saeeda; Moin-al-Dini, Mazher; Omrani, Qasem Ali; Mirzahosseini, Alireza (2018). Locating the landfill of construction waste in Karaj city using multi-criteria evaluation method. *Environmental Science Quarterly*, Volume 4, Number 4, pp. 1993-2002.
- 7- Momeni, Mansour (2017). New Topics in Operations Research, Second Edition, Tehran, University of Tehran Management Faculty.
- 8- Beskese, A., H. Handan, D., H. Kurtulus, O. (2015). Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 73(7): 3513-3521.
- 9- Di Silva, N and Vithana, S.B.K.H. (2008). Use of PC elements for waste minimisation in the Sri Lankan construction industry. *Structural Survey*, Vol. 2 No. 3, pp. 188-98.
- 10- Ding, Z., Zhu, M., Wu, Z., Fu, Y., L, X. (2018). Combining AHP-entropy approach with GIS for construction waste landfill selection—a case study of Shenzhen. *International journal of environmental research and public health* 15(10): 2254.
- 11- Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J. S., Medo, J., Kabba, V. T. S. (2013). Modelling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): case study Bo, Southern Sierra Leone. *Applied Geography* 36: 3-12.

- 12-Kartam, Nabil; Al-Mutairi, Nayef; Al-Ghusain, Ibrahim; Al-Humoud, Jasem (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Waste Management*, 24, pp. 1049–1059.
- 13-Nas, B., Cay, T., Iscan, F. and Berkay, A. (2010). Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation, *Environ Monit Assess*, Vol. 160, pp. 491–500.
- 14-Spies, S. (2009). 3R in Construction and Demolition Waste (CDW)- potentials and constraints. GTZ- German Technical Cooperation, Inaugural Meeting of the Regional 3R Forum in Asia, Tokyo, Japan. www.uncrd.or.jp/env/spc/. Accessed 24 Nov 2011.
- 15-Statistics Canada. (2000). Waste Management Industry Survey 2000-Business and Government Sectors Survey Guide, Environment Accounts and Statistics Division, Canada.
- 16-Sumathi, V.R., Natesan, U., Sarkar, C. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste land fill. *Waste Management*, PP 2146–2160.
- 17-Yeheyis, Muluken; Hewage, Kasun; Alam, M. Shahria; Eskicioglu, Cigdem; Sadiq, Rehan. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15:81–91.