ارزیابی زیست‌محیطی توسعه شهری و تعیین محل دفن نخاله‌های ساختمانی کلانشهر یزد

جواد قانعی‌اردکانی[۱*]، فریماه آیتی[۲] و سیدابوالفضل کشفی[۳]

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

نویسنده مسئول: ghaneijavad@pnu.ac.ir *

دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۴ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶ نوع مقاله: کاربردی

چکیده

با توسعه روزافزون شهرنشینی، تولید عظیم نخاله‌های ناشی از ساخت و تخریب به تهدیدی جدی برای توسعه پایدار شهرها تبدیل شده است. دفن آن‌ها به عنوان متداول‌ترین روش برای دفع زائدات ساختمانی محسوب می‌گردد؛ اگرچه تلاش‌هایی در جهت استفاده مجدد و بازیافت نخاله‌های ساختمانی انجام شده است. با توجه به هدف نهایی که یافتن مکانی با کمترین اثرات سوء زیست‌محیطی بر منطقه و محیط طبیعی اطراف مدفن است، لذا تعیین مکان بهینه مدفن بهداشتی- مهندسی به روش مطلوب دارای مراحلی است که اجرای بهینه هر یک از آن‌ها در نتیجه نهایی تأثیرگذار است. در این پژوهش با وجود پارامترهای متعدد در انتخاب مدفن، چهار معیار محیط زیست طبیعی، شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی، وضعیت عوامل اقتصادی و نحوه بهره‌برداری منطقه به عنوان معیارهای اصلی در مکانیابی انتخاب گردیده و جهت مدیریت بهینه زمان، هزینه و اثرات پیچیده طرح، از ابزار قدرتمند سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره گرفته شده است. جهت مطالعات مکان‌یابی بهینه مدفن نخاله‌های ساختمانی شهر یزد ۸ لایه اطلاعاتی جمع‌آوری و رقومی‌سازی نقشه‌ها انجام شد. با جمع‌آوری و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز جهت تعیین مناطق مناسب دفن نخاله ساختمانی کلانشهر یزد از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. هر لایه اطلاعاتی و زیرلایه مربوطه وزن‌دهی و در نقشه نهایی با استفاده از لایه حریم، مناطق ممنوعه حذف شد. طبق نقشه نهایی ۴ منطقه در رده کاملا مناسب واقع شد. از بین این ۴ منطقه، محدوده‌ی ۲ و ۳ به علت قرارگیری در جهت باد غالب و انجام بازدید میدانی نهایی از مناطق حذف نموده و نهایتاً منطقه ۱ و ۲ (محل فعلی دفن) مناسب جهت دفن بهینه نخاله ساختمانی شهر یزد شناسایی و پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی زیست‌محیطی، مکان‌یابی، نخاله‌های ساختمانی، تحلیل سلسله مراتبی، کلانشهر یزد

۱- پیشگفتار

رشد بی‌رویه جمعیت منجر به توسعه روزافزون صنعت ساختمان‌سازی و متناسب با آن تولید پسماندهای ساختمانی گشته است. امروزه یافتن یک مکان دفن ایده‌آل که تمامی شرایط محیط زیستی و اقتصادی لازم را داشته باشد، یک هدف عمده در بحث پسماندها می‌باشد. عدم مدیریت و دفن هدفمند آن‌ها می‌تواند اثرات مخرب زیست محیطی و انسانی به همراه داشته باشد. در کشور ایران طبق آمار روزانه حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ هزار تن یعنی سالانه ۷۰ تا ۸۰ میلیون تن پسماندهای ساختمانی تولید می‌گردد (خداوردی و همکاران، ۲۰۰۹). شهر یزد در روند تکامل خود تاکنون تحول اساسی از نظر رشد و گسترش فضایی و کالبدی دیده است. این افزایش جمعیت و گسترش بدون برنامه شهری، عامل مؤثری در بحران‌های زیست‌محیطی و تولید انواع آلودگی‌ها در یزد می‌باشد (شماعی و همکاران، ۱۳۹۲). امروزه ارزیابی اثرات زیست محیطی در اکثر پروژه‌ها و طرح‌ها مورد عمل قرار می‌گیرد. ارزیابی زیست‌محیطی یک روش کاربردی در زمینه بررسی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های اجرایی و مهندسی می‌باشد و به کارشناسان در تعیین بهترین گزینه با بیشترین بازدهی کمک می‌کند. هدف از انجام ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، اطمینان یافتن از رعایت اهداف تعیین شده در یک پروژه در راستای ضوابط، معیارها و مقررات دولتی و زیست‌محیطی می‌باشد. در این ارتباط شهر یزد بیشترین آسیب را از رشد سریع و پراکنده متحمل شده است که با وجود فشردگی در مرحلهٔ پیدایش، رشد طبیعی آن امروز گرفتار ساختاری بیمارگونه است. نخاله ساختمانی یا پسماند ساخت، تخریب و نوسازی شامل بتن، آسفالت، چوب، فلزات، شیشه، گچ، آجر، انواع

سنگ، مواد پلیمری، موزائیک، سرامیک، کاشی و مواد لازم برای بام‌سازی هستند. این مواد یا به وسیله حوادث طبیعی زیست‌محیطی و یا عملیات تخریب و ساخت حاصل شده‌اند؛ این مصالح ساختمانی تقریبا نصف مصالح به کار رفته و پسماندهای ساختمانی نصف پسماندهای جامد کره زمین را تشکیل می‌دهد (پاشابی و همکاران، ۱۳۹۳). نخاله‌های ساختمانی نوع خاصی از زباله‌های جامد ناشی از انواع فعالیت‌های ساخت و ساز، حفاری زمین و فعالیت‌های مرتبط با تخریب و نوسازی زیرساخت‌ها است (بائو و لو، ۲۰۲۱). این مواد نه تنها شامل پسماندهایی از ساخت، بازسازی و از تخریب ساختمان‌هاست بلکه ضایعات زیربنایی از قبیل ساخت جاده‌ها، پل‌ها و دیگر سازه غیرساختمانی تا نخاله‌های پاکسازی زمین، پاکسازی صخره‌ها، درخت، خاک و ...را در برمی‌گیرد که به دلیل ناهمگونی زیاد آن‌ها، مدیرتشان دشوار است (اسلام و همکاران، ۲۰۱۹؛ لادیلا و همکاران، ۲۰۲۱؛ آبینا و همکاران، ۲۰۲۲). نخاله‌های ساختمانی در حقیقت به عنوان یک بحران جهانی در حال ظهور قلمداد می‌شوند (لو و همکاران، ۲۰۲۳). درگذشته به علت شناخته نشده بودن تاثیر مخرب نخاله ساختمانی بر محیط‌زیست، فقدان تکنولوژی، منابع ملی، قوانین جامع و غیره، به مدیریت دقیق و بهینه جهت جمع‌آوری، بازیافت و دفع این مواد اهمیت چندانی داده نمی‌شد. با رشد تکنولوژی و بهبود آگاهی جامعه نسبت به مشکلات و اثرات این ساخت و سازهای بی‌رویه که متوجه محیط زیست خواهد بود، مشخص گردید. در نتیجه مدیریت نخاله ساختمانی در حال حاضر از جمله ضرورت‌های مدیریت شهری به حساب آمده و نیاز به بررسی چگونگی جمع‌آوری، بازیافت، دفع، شناخت ترکیبات نخاله‌های ساختمانی، شناسایی معیارهای مکان دفن بهینه و غیره در آن احساس شده است. در چرخه مدیریت پسماند، دفن پسماند ضروری می‌باشد، چرا که زباله‌هایی وجود دارند که ممکن است از طریق دیگر روش‌های مدیریت از بین نروند و ناگزیر باید دفن گردد. از طرفی در کشورهایی مانند ایران به دلیل پهناور بودن سرزمین و در دسترس بودن زمین مناسب و نیز پایین بودن سطح تکنولوژی برای سایر روش‌های مدیریت نظیر کاهش از مبدا، تبدیل و سوزاندن، دفن پسماند جزو اولویت‌های نخست پسماندهای شهر است. این موضوع یکی از دغدغه‌های اصلی محیط زیست شده است (جعفری‌زاده و مومنی، ۱۴۰۱). کلان‌شهر یزد با سابقه تاریخی خود دارای بافتی قدیمی گسترده است. توسعه و گسترش سریع شهر در سال‌های اخیر و جایگزینی بافت قدیم با جدید، سبب تولید انبوه نخاله ساختمانی در سطح شهر شده است. دفع و دفن ناصحیح این مواد در نقاط مختلف شهرها، باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی متعددی می‌گردد. تنها با مدیریتی جامع و پایدار که جنبه‌های فنی مهندسی و زیست‌محیطی را توام با هم در نظر بگیرد، مکان‌گزینی بهینه جهت دفن مهندسی- بهداشتی که از ضروریات طرح‌های توسعه پایدار شهری است، حاصل می‌شود. از طرفی محل‌های دفن غیرفعال و متروکه که با تغییر کاربری مواجه شده‌اند و خاک دستی تخلیه شده در گذشته که اکنون با توسعه شهر در زیر سازه‌های شهری مدفون شده است، مشکلات متعددی به همراه دارد. رفع این معضلات، مشکل‌تر و پرهزینه‌تر از مکان‌یابی و انجام عملیات مهندسی - بهداشتی ساخت محل دفن جدید است، زیرا محل‌های دفن قدیمی، معمولاً از استاندارد مربوطه پیروی نکرده‌اند. در نتیجه با شناسایی مشکلات حاصل از دفع ناصحیح نخاله ساختمانی می‌توان به معیارهای جامع خاص همان منطقه دست پیدا کرد. جدیدترین روش دفن نخاله‌های ساختمانی مشابه با شرایط دفن زباله‌های خانگی می‌باشد و زمین دفع آن به زهکش‌های جمع‌آوری شیرآبه، ذخیره و تصفیه و سیستم‌های پایش، پوشش دوره‌ای نخاله‌ها و سایر نیاز دارد (جعفرزاده و همکاران، ۲۰۱۳). با وجود گستردگی کلانشهر یزد، وجود پارامترهای زیست‌محیطی متعدد و اطلاعات پیچیده نیاز به استفاده از یک سیستم توانمند به عنوان ابزاری مطمئن که توانایی استفاده از لایه‌های اطلاعاتی متعدد و تجزیه و تحلیل آن‌ها را داشته باشد، احساس می‌شود. در این گونه تصمیم‌گیری‌های پیچیده، تکنیک سنجش از دور در تفسیر تصاویر و عکس‌های ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی با توجه به توانایی‌های وسیع در ادغام و روی‌هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی بسیاری از محدودیت‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی را شبیه‌سازی و به بهترین نحو مدیریت می‌کند (کشفی و قانعی‌اردکانی، ۱۳۹۵). در این میان با استفاده از تحلیل‌هایی همچون تحلیل سلسله مراتبی، هم‌پوشانی لایه‌های پیچیده به نقشه ساده‌ای که کمترین آسیب را به محیط زیست می‌رساند، صورت می‌گیرد.

با توجه به اضافه شدن محدوده شهر یزد در سال ۱۳۹۲ به دلیل الحاق شهر حمیدیا به شهر یزد مسئله مدیریت نخاله ساختمانی هر دو شهر و انتخاب محل دفن بهینه برای هر دو شهر پیش می‌آید که در این پژوهش این مسائل دیده شده است. به دنبال اثرات منفی حاصل از رشد و توسعه بی برنامه بر روی محیط‌زیست، توجه به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از توسعه در طرح‌های توسعه شهری از ضروریات به حساب می‌آید. هدف تحقیق حاضر ارزیابی اثرات زیست محیطی انباشت نخاله‌های ساختمانی، عوامل و پارامترهای مؤثر زیست‌محیطی در انتخاب محل دفن بهینه نخاله ساختمانی یزد، انتخاب مدل و روش مناسب در راستای انتخاب بهینه‌ترین مکان دفن نخاله ساختمانی یزد، انتخاب مکان دفن بهینه مهندسی- بهداشتی یزد بر اساس ویژگی‌های طبیعی منطقه می‌باشد.

۲- موادو روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

کلان‌شهر یزد در مرکز استان یزد و در مسیر راه اصفهان- کرمان قرار دارد. این شهر در ۳۱ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. از لحاظ اقلیمی به سبب موقعیت جغرافیایی دارای آب و هوای گرم و خشک بیابانی است. اختلاف ارتفاع پست‌ترین تا مرتفع‌ترین نقطه شهر حدود ۴۰ متر بوده و شهر دارای شیب ملایمی می‌باشد (شکل ۱). از مهمترین عوارض جغرافیایی و ناهمواری‌های اطراف شهر یزد می‌توان به ارتفاعات شیرکوه در ۲۵ کیلومتری جنوب‌غربی شهر یزد اشاره کرد. کوه سنگ تراش نیز در۱۰ کیلومتری جنوب غربی شهر یزد از ارتفاعات مشرف به شهر می‌باشد. این منطقه از نظر زمین‌شناسی در خرد قارهٔ ایران مرکزی واقع شده و توسط تپه‌های ماسه‌ای و شنی حاصل از نهشته‌های آبرفتی جوان و کواترنری پوشیده شده است (حاج ملاعلی و مجیدی‌فرد، ۱۳۷۹).

۲-۲- روش پژوهش

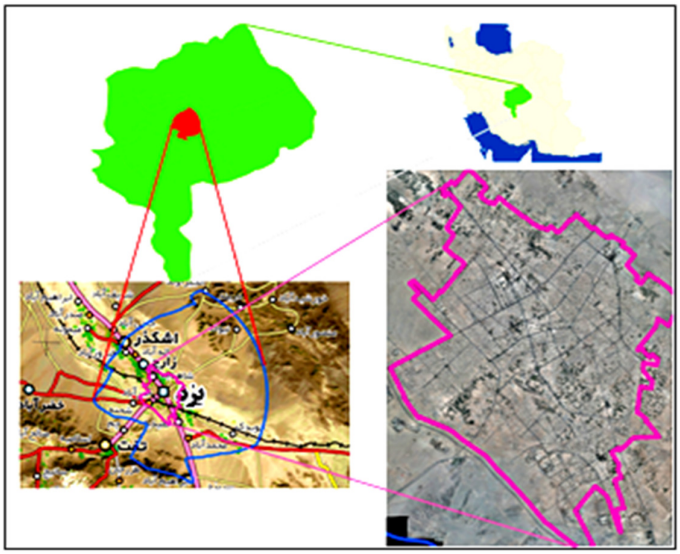
جهت ارزیابی زیست‌محیطی نخاله ساختمانی در شهر یزد محدوده حریم قانونی شهر یزد مورد بررسی قرار گرفته و انتخاب مکان دفن نخاله ساختمانی، منطقه مورد مطالعه با توجه به مرز شهرستان یزد و شعاع ۳۰ کیلومتری از حریم قانونی شهر یزد انتخاب شده است (شکل ۱). جهت شناسایی عوامل تاثیرگذار در ارزیابی زیست محیطی توسعه شهر یزد از روش توصیفی- تحلیلی و توسعه‌ای - کاربردی در پژوهش استفاده شده است.

روش‌های مختلفی جهت ارزیابی زیست‌محیطی مانند؛ انواع ماتریس، شباهت به گزینه ایده‌آل، چک لیست، روش انطباقی و شبکه وجود دارد. در این میان ماتریس یا همان آرایه بدلیل سادگی، اما جامع بودن می‌توانند در ارزیابی زیست‌محیطی فعالیت‌ها بسیار کارگشا باشند (یائو، ۲۰۱۷). ماتریس‌ها در حقیقت چک لیست‌های دوبعدی هستند که فعالیت‌های پروژه روی یک محور و فاکتورهای زیست‌محیطی تحت تأثیر آن بر روی محور دیگر قرار می‌گیرند (کنتر، ۱۹۹۶). ماتریس لئوپولد شناخته شده‌ترین در میان انواع ماتریس‌ها جهت ارزیابی زیست محیطی فعالیت‌های توسعه در ایران می‌باشد (حافظی مقدس و حاجی‌زاده، ۱۳۸۶). اطلاعات مورد نیاز تحقیق از طریق کار کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است. مکان‌یابی بهینه محل دفن نخاله ساختمانی جدید برای آینده با تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت پردازش و آنالیز داده‌ها، انجام گردید. جمع‌آوری اطلاعات و بررسی عوامل مؤثر در مکان- یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر یزد و انتخاب مدل مناسب، با توجه به ویژگی‌های طبیعی منطقه، نتایج حاصل از مراحل بالا، مطالعه مقالات و تحقیقات همسو، انجام گردید. نقشه‌های به دست آمده در این تحقیق جهت انجام مکان‌یابی محل دفن بهینه جهت نخاله ساختمانی با ادغام و روی هم‌گذاری لایه‌ها با توجه به وزن هر لایه و زیرلایه توسط تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار جامع سیستم اطلاعات جغرافیایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- نتایج و بحث

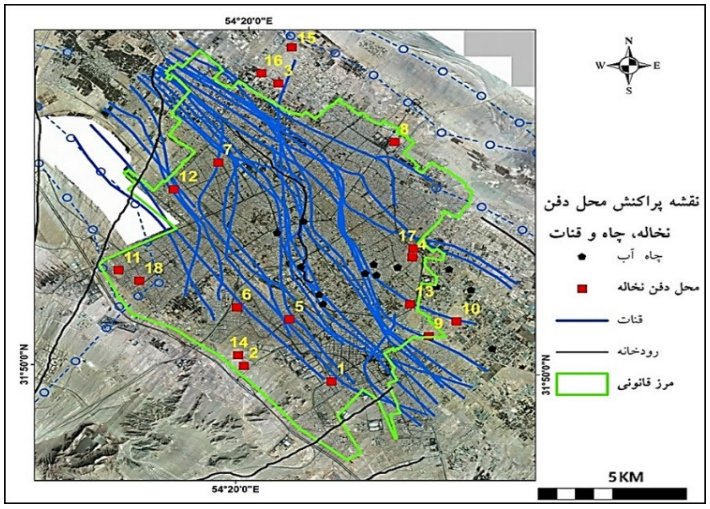
از جمله موارد زیست‌محیطی در محل‌های دفن نخاله‌های ساختمانی علاوه بر تولید گرد و خاک ناشی از تردد خودروها، از بین رفتن زیبایی منظر، افزایش خطر سیلاب، تخریب منابع طبیعی، امکان انتقال آلودگی، آلودگی خاک، آب سطحی، آب زیرزمینی و هوا را شامل می‌شود. محل دفن باید از لحاظ تاثیر بر عناصر محیط‌زیست و شرایط زیست‌محیطی جانداران منطقه مثل مشکلات ناشی از ترافیک، صدا، بو، گرد و غبار ذرات منطقه به وسیله هوا و

کنترل ناقلین بیماری‌زا، خطرات مربوط به سلامتی برای اجتماع مسکونی یا صنعتی مجاور، مخاطره‌ای ایجاد نکند. بخشی از این پژوهش به بررسی تاثیر نخاله ساختمانی بر عناصر محیط‌زیست شامل آب، خاک و هوا در مدفن‌های مجاز و غیرمجاز نخاله در شهر یزد پرداخته شده است:



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و حریم قانونی شهر یزد

Fig. 1. Location of the studied area and the legal boundaries of Yazd city



شکل ۲. نقشه ارتباط بین رشته قنات‌ها، چاه آب، رودخانه و محل دفن قدیمی نخاله شهر یزد

Fig. 2. Map of the connection between the series of aqueducts, the water well, the river and the old burial place of trash Yazd city

۳-۱- آلودگی آب

نفوذ و جاری شدن آب عامل تحرک و انتقال آلودگی خصوصاً آلودگی شیرآبه ناشی از نخاله هستند. از آنجا که عمق آب زیرزمینی در شهر یزد بیش از ۵۰ متر می‌باشد و از طرفی نخاله‌های ساختمانی در زمره پسماندهای خشک قرار دارند، بنابراین از لحاظ تاثیر بر آب زیرزمینی آلودگی چندانی ایجاد نمی‌کنند. در این منطقه مشکل چندانی از بابت آلودگی نخاله بر چاه و قنات شناسایی نشده است؛ همچنین رودخانه دائمی یا فصلی وسیعی در منطقه وجود ندارد. البته پس از گذر از دوره‌های خشک و در صورت وقوع بارندگی‌های متوالی، مخاطرات در بحث سیل، ناشی از بسته شدن مسیر توسط نخاله، شهر را تهدید خواهد نمود. شکل ۲ ارتباط بین رشته قنات‌ها، چاه آب شرب و

غیرشرب، رودخانه و محل دفن قدیمی نخاله ساختمانی شناسایی شده در شهر یزد، که محدوده‌های مستعد فرونشست در منطقه هستند، مورد بررسی قرار داده است. بر طبق این بررسی قنات در زیرزمین و میله چاه قنات که خشک و غیرفعال شده در شهر یزد جزء مناطق مستعد تخلیه نخاله ساختمانی در گذشته بوده است. در نتیجه این تخلیه نخاله این مناطق بیشتر مستعد فرونشست بوده و مشکل چندانی از بابت آلودگی نخاله بر چاه و قنات شناسایی نشده است.

۳-۲- آلودگی خاک

ریختن خاک و نخاله و جابه‌جا کردن آن‌ها در منطقه می‌تواند، زمینه‌ای برای فرسایش‌های آبی و بادی در منطقه ایجاد کند. این مواد بسته به دانه‌بندی خود باعث تغییر در بافت خاک می‌شوند. در بررسی میدانی صورت گرفته از مناطق دفن و تل‌انبار نخاله آلودگی به محیط‌زیست، خصوصاً در ارتباط با آلودگی خاک در منطقه، محرز گردید. نخاله بیشتر حواشی شهر و در داخل گودهای طبیعی و مصنوعی تل‌انبار می‌شدند. در محل کوره آجرپزی شهر یزد که مستعد دفن نخاله در گذشته بوده، به علت پخش و تل‌انبار نخاله در محل کوره احتمال آلودگی خاک منطقه بیشتر است. به علت گستردگی افقی بیش از حد شهر یزد، در سطح شهر زمین‌های بسیار به صورت بایر یا کشاورزی است که به مرور نخاله در این مناطق تل‌انبار شده و مرغوبیت خاک از بین رفته است؛ همچنین وجود نخاله در سطح شهر و ساخت و ساز بر روی آن‌ها به مرور با آب و فاضلاب شهری وارد واکنش شده و آلودگی خاک در منطقه دور از انتظار نخواهد بود؛ لذا با توجه به تاثیرات نخاله جهت دفع و دفن این مواد نیاز به مدیریت دقیق‌تر در منطقه احساس می‌شود.

۳-۳- آلودگی هوا

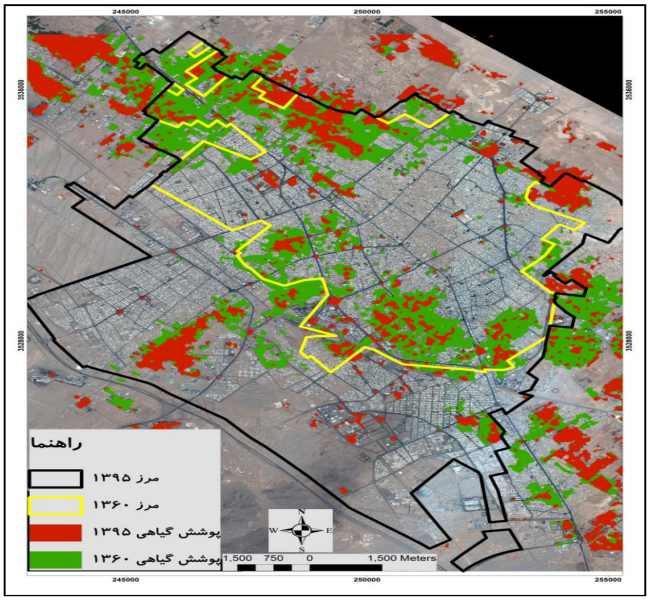
آشکارترین مشکل آلودگی هوا؛ غبار، بو، و دود حاصل از جمع‌آوری و دفع زباله و نخاله و گاهی آتش‌زدن آن‌ها است. از جمله مهم‌ترین ذرات خطرناک که بر اثر تخریب ساختمان‌ها حاصل می‌شود، ذرات آزبست است که سلامت محیط‌زیست و خصوصا افراد را تهدید می‌نماید. در مدفن نخاله که گاهاً در کنار پسماند جامد دفن شده می‌باشد، تولید گرد و غبار، بوی نامطبوع و دود حاصل از سوزاندن این مواد قابل مشاهده می‌باشد.

۳-۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی توسعه افقی کلانشهر یزد

با استفاده از عکس‌های هوایی منطقه و تکنیک سنجش از دور، تغییر حریم قانونی شهر و تغییر پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). در این بررسی مشخص گردید توسعه شهر به سمت جنوب، جنوب‌غربی و شمال غربی بیشتر بوده است و در این امتدادها پوشش گیاهی روبه کاهش داشته است؛ همچنین در مناطق توسعه یافته در داخل حریم نیز پوشش گیاهی از بین رفته و جای خود را به ساختمان‌ها داده است. این در حالی است که پوشش گیاهی و فضای سبز درون شهر طی این سال‌ها افزایشی قابل ذکر نداشته است.

همانطورکه گفته شد ماتریس لئوپولد شناخته شده‌ترین در میان انواع ماتریس‌ها جهت ارزیابی زیست‌محیطی فعالیت‌های توسعه در ایران می‌باشد. این ماتریس شامل دو محور یکی فعالیت‌های مربوط به پروژه (محور افقی) که در حقیقت فعالیت‌های بالقوه و اثرگذار ناشی از انجام عملیات می‌باشند و دیگری اثرات و فاکتورهای زیست‌محیطی (محور عمودی) اثراتی است که در نتیجه عملیات بر محیط فیزیکی و بیولوژیکی و اجتماعی تأثیر می‌گذارد. هر سلول ماتریس دو مقدار ارزشی مربوط به رابطه بین فعالیت‌ها و پروژه را بصورت یک عدد مثبت یا منفی نشان می‌دهد. یکی در بیان کمیت بزرگی اثر (شدت اثر) بوده و در پایین کسر قرار می‌گیرد و مقدار آن از ۱ تا ۵ (شدت کم تا زیاد) تغییر می‌کند. دیگری مقدار اهمیت ارزش سلول (دامنه اثرات) بوده، در بالای کسر قرار می‌گیرد و مقدار آن از ۵- تا ۵+ (مضر تا سودمند) متغیر است مفهوم و اعداد دامنه اثرات در جدول ۱ آورده شده است. ماتریس تنها اثرات مستقیم را معرفی می‌کند و شدیداً بر مسائل بیوفیزیکی تأکید دارد، در نتیجه مسائلی همچون زمان‌بندی یا طول دوره تأثیر در آن ذکر نمی‌شود. با بازدید صحرایی از محل و بررسی تحقیقات پیشین که شرایط مشابه با پروژه دارند، شدت و اهمیت اثرات هر فعالیت را بر زیر معیارهای زیست‌محیطی امتیازدهی کرده و در نهایت مجموع اثرات مثبت و منفی توسعه شهری بر محیط‌زیست را تعیین می‌کند و بدین ترتیب فعالیت‌هایی که دارای اثر منفی مهم بر محیط‌زیست هستند و نیازمند اقدامات اصلاحی شناسایی و مشخص می‌گردند. نهایتاً کارشناسان و مدیران شهری با دیدی روشن در رفع یا

کاهش مشکلات موجود اقدام کرده و بیشترین تلاش را در طرح توسعه بعدی، جهت حداقل رساندن این دست اثرات منفی و ارائه راهکار در به حداکثر رساندن اثرات مثبت توسعه، انجام می‌دهند. در ادامه با بازدید میدانی از سطح شهر شدت و اهمیت اثرات هر فعالیت بر زیر معیارهای زیست‌محیطی مرحله ساخت و بهره‌برداری، شامل؛ محیط فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی (آب، خاک، هوا، محیط‌زیست، انسان، اجتماع و اقتصاد) امتیازدهی کرده و در نهایت مجموع اثرات مثبت و منفی توسعه شهری بر محیط‌زیست تعیین شد (جدول ۲). در جدول ۳ امتیازبندی ارزیابی اثرات فعالیت‌های توسعه شهر یزد بر روی زیر معیارهای زیست‌محیطی توسط ماتریس اصلاح شده لئوپولد آورده شده است. مشخص گردید، فاکتور هوا بیشترین اثر منفی و فاکتور اقتصاد بیشترین اثر مثبت را از فعالیت توسعه در شهر یزد متاثر شده است.



شکل ۳. مرز قانونی و پوشش گیاهی شهر یزد

Fig. 3. Legal border and vegetation cover of Yazd city

جدول ۱. مفهوم و اعداد دامنه اثرات ماتریس اصلاح شده لئوپولد

Table 1. The concept and numbers of the effects of the modified Leopold matrix

اثر مثبت	ارزش اثر	اثر منفی	ارزش اثر
سودمندی بسیار زیاد	+۵	تخریب بسیار زیاد	-۵
سودمندی زیاد	+۴	تخریب زیاد	-۴
سودمندی متوسط	+۳	تخریب متوسط	-۳
سودمندی کم	+۲	تخریب کم	-۲
سودمندی بسیار کم	+۱	تخریب بسیار کم	-۱

در جدول ۴ امتیازات نهایی نیز مشخص گردید، فاکتور محیط فیزیکی بیشترین اثر منفی و فاکتور اجتماعی - اقتصادی کمترین اثر منفی را از فعالیت توسعه در کلانشهر یزد متاثر شده است. در این پژوهش تاثیرات بر روی فاکتور اقتصادی و اجتماعی از منظر تاثیرپذیری محیط‌زیست بررسی شده است و از در نظر گرفتن زیر معیاهای اقتصادیی که در کل در هر طرح توسعه‌ای وجود دارد چشم پوشی شده است. جدول ۵ امتیازبندی مربوط به مجموع تاثیرات هر فعالیت پروژه توسعه شهر یزد بر فاکتورهای زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. طبق این جدول به ترتیب اسکان جمعیت، پاک‌تراشی اراضی و خاک‌برداری- خاکریزی بیشترین اثرات منفی را در مجموع بر روی محیط زیست تحمیل نموده است.

جدول۲ . ماتریس لئوپولد ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پس از توسعه افقی شهر یزد

Table 2. Leopold's matrix of environmental impact assessment after the horizontal development of Yazd city

فعالیت پروژه / فاکتور زیست محیطی			پاکتراشی اراضی	ایجاد راه دسترسی	زیر ساخت	خاکبرداری خاکریزی	بدنه و پل سازی مسیل	ساخت وساز	تامین منابع قرضه	اسکان جمعیت	مصرف آب	مصرف سوخت	تولید پساب	تولید پسماند	فعالیت تفریحی و روزمره	فعالیت خدماتی
محیط فیزیکی	خاک	آلودگی خاک		-۲/۳	-۳/۲	-۴/۲	-۲/۱	-۵/۳		-۳/۲		-۴/۳	-۴/۲	-۴/۳	-۲/۱	
		مورفولوژی	-۱/۱	-۳/۲	-۱/۱	-۵/۱	-۱/۱	-۳/۲	-۳/۲							
		نشست	-۳/۱			-۴/۲		-۳/۲			-۴/۲					
	آب	آب سطحی	-۳/۲	-۳/۱	-۲/۱	-۴/۳	+۳/۲	-۴/۳	-۳/۳	-۲/۱	-۲/۲	-۳/۱	-۴/۱	-۳/۱	-۱/۱	
		آب زیرزمینی	-۱/۱	-۲/۱		-۲/۱		-۲/۱		-۲/۲	-۴/۳		-۳/۱			
	هوا	گردوغبار	-۴/۲	-۳/۲	-۲/۲	-۵/۵		-۳/۳	-۴/۳							
		بوی نامطبوع						-۲/۱		-۳/۳		-۴/۳	-۳/۲	-۳/۱	-۲/۱	
		دود ماشین		-۱/۱				-۲/۲		-۵/۴		-۳/۲			-۴/۳	
بیولوژیکی	محیط	گیاهان	-۵/۴	-۳/۴	-۲/۱	-۴/۲		+۳/۱		-۲/۱	-۲/۲	-۳/۱	+۴/۲	-۱/۱	-۱/۱	
		جانوران	-۴/۲	-۱/۲	-۱/۱	-۳/۲		-۲/۱		-۱/۱	-۲/۱	-۲/۱	+۳/۲	-۱/۱		
	انسان	بهداشت						-۳/۲		-۳/۳	+۳/۳	-۴/۲	-۳/۱	-۴/۱		+۴/۲
		بیماری روحی						-۲/۱		-۳/۲						+۳/۱
اجتماعی و اقتصادی	اجتماعی	زیبایی منظر	-۴/۲		+۱/۱	-۲/۱	+۴/۳	-۴/۳					-۲/۱	-۵/۲		+۲/۱
		ترافیک						-۳/۲		-۴/۳					-۴/۴	-۱/۱
		فضا تفریحی	-۵/۱							-۳/۲						
		بناهای تاریخی		-۴/۲				-۳/۲		-۴/۳		-۳/۱				-۱/۱
	اقتصادی	اشتغال		+۵/۲	+۳/۴	+۴/۳	+۴/۲	+۵/۵		+۴/۳						+۴/۳
		گردشگری	+۴/۳		+۳/۲									-۳/۱		+۳/۲
		خدمات شهر	+۲/۱	+۲/۱	+۳/۱		+۲/۱	-۴/۳		-۴/۲						+۳/۲
		دامداری	-۳/۱					-۲/۱			-۳/۱					
		کشاورزی	-۴/۱					-۴/۲			-۳/۱					

جدول۳. امتیازبندی ارزیابی اثرات توسعه شهر یزد بر روی فاکتورهای زیست‌محیطی توسط ماتریس لئوپولد

Table 3. Scoring evaluation of Yazd city's development effects on environmental factors by Leopold's matrix

فاکتور زیست محیطی	خاک	آب	هوا	محیط	انسان	اجتماع	اقتصاد	مجموع
امتیاز اثر توسعه	-۱۲۸	-۸۱	-۱۴۱	-۵۳	-۱۸	-۹۵	+۷۲	-۴۴۴

جدول۴. امتیازبندی نهایی ارزیابی اثرات توسعه شهر یزد بر روی فاکتورهای زیست‌محیطی توسط ماتریس لئوپولد

Table 4. The final scoring of the evaluation of the effects of the development of Yazd city on environmental factors by the Leopold matrix

فاکتور زیست محیطی	محیط فیزیکی	بیولوژیکی	اجتماعی - اقتصادی	مجموع
امتیاز اثر توسعه	-۳۵۰	-۷۱	-۲۳	-۴۴۴

جدول ۵. امتیازبندی مربوط به اثرات فعالیت پروژه توسعه شهر یزد

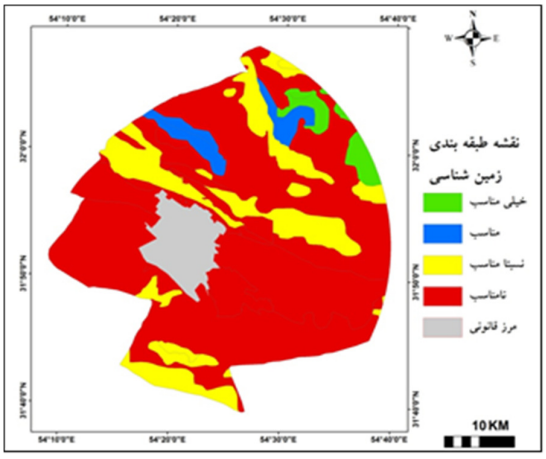
Table 5. Rating related to the effects of Yazd city development project activity

فعالیت	پاکتراشی اراضی	ایجاد راه دسترسی	زیر ساخت	خاکبرداری خاکریزی	بدنه و پل سازی مسیل	ساخت وساز	تامین منابع قرضه	اسکان جمعیت	مصرف آب	مصرف سوخت	تولید پساب	تولید پسماند	فعالیت تفریحی و روزمره	فعالیت خدماتی
امتیاز	-۶۵	-۱۴	+۶	-۶۴	+۲۵	-۳۲	-۲۷	-۷۷	-۲۵	-۴۹	-۱۲	-۳۷	-۳۴	+۲۳

در این بررسی به ترتیب فعالیت در زمینه اسکان جمعیت، پاک‌تراشی اراضی و خاک‌برداری- خاکریزی بیشترین اثرات منفی را بر روی محیط‌زیست تحمیل نموده است. با بررسی میدانی، بررسی اسناد موجود، بررسی عکس‌های هوایی و استفاده از نظر کارشناسان مشخص گردید، آلودگی خاک منطقه، تولید گرد و غبار، تغییر شکل طبیعی زمین، برهم زدن نظم طبیعی سیستم هیدرولوژی، تخریب پوشش گیاهی، از بین رفتن زیستگاه‌های جانور، قطع مسیرهای مهاجرتی حیات وحش، افزایش آلودگی صوتی منطقه، تولید و دفع انواع مواد زائد، تولید و دفع فاضلاب، آلودگی آب سطحی و زیرزمینی منطقه، تغییر رفتارهای تغذیه‌ای و مهاجرتی حیات وحش حاصل توسعه شهر یزد بر محیط-زیست می‌باشد.

۳-۵- مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی کلانشهر یزد

تحقیقات صورت گرفته در باب ارزیابی زیست‌محیطی توسعه شهری در ارتباط با شهر یزد با استفاده از عکس‌های هوایی منطقه و تکنیک سنجش از دور، تغییر حریم قانونی شهر و تغییر پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴). در این بررسی مشخص گردید توسعه شهر به سمت جنوب، جنوب‌غربی و شمال‌غربی بیشتر بوده است و در این امتدادها پوشش گیاهی روندی رو به کاهش داشته است؛ همچنین در مناطق توسعه یافته در داخل حریم نیز پوشش گیاهی از بین رفته و جای خود را به ساختمان‌ها داده است. این در حالی است که پوشش گیاهی و فضای سبز درون شهر طی این سال‌ها افزایشی قابل ذکر نداشته است. مکان‌یابی بهینه دفن نخاله‌های ساختمانی و سایر پروژه‌های زیست‌محیطی نیازمند به داشتن اطلاعات پایه دقیق و کاربردی از منطقه مورد مطالعه می‌باشد. لایه‌های اطّلاعاتی مورد نیاز جهت مکان‌یابی محل دفن جدید نخاله ساختمانی متعدد می‌باشد که با توجه به مطالعه شرایط منطقه و نظرات کارشناسی مهم‌ترین لایه‌ها، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از محدوده شهر، سیل‌گیری، نفوذپزیری، شیب، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از چاه و قنات، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از خطوط نیرو، فاصله از فرودگاه، فاصله از مراکز صنعتی، فاصله از مناطق حفاظت شده، جهت بادِ غالب و لرزه‌خیزی می‌باشد. از دیرباز نخاله ساختمانی با سایر پسماندهای شهری دفع می‌شدند و این مخلوط شدن مشکلاتی را برای محیط‌زیست به وجود می‌آورند. جدیدترین روش دفن بهداشتی- مهندسی نخاله ساختمانی، پس از بازیافت، با توجه به استانداردهای دفن پسماند جامد شهری و مشابه آن می‌باشد. جهت مکان‌یابی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌بایست عوامل مؤثر، معیارها و محدودیت‌ها بصورت لایه‌های نقشه تهیه شده و مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن نخاله شهر یزد در طی چهار مرحله شامل طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی بر اساس اهمیت معیارها در مکان‌یابی، وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، شناسایی و حذف مناطق ممنوعه و حذف مکان‌های نامناسب دفن با توجه به عوامل محدود کننده مانند جهت باد غالب در این تحقیق صورت گرفته است.

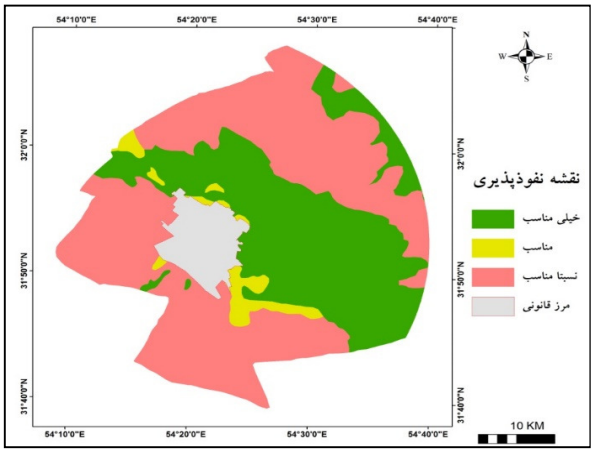


شکل ۴. نقشه طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی (اقتباس از حاج ملاعلی و مجیدی‌فرد، ۱۳۷۹)

Fig. 4. Classification map of the geological information layer (adapted from Haj Molla Ali and Majidi Fard, 2000)

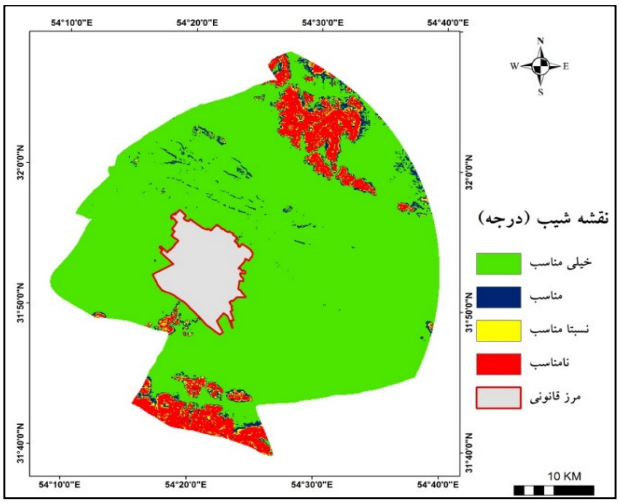
در این مطالعه ۸ لایه اصلی با توجه به میزان تأثیر در مکان‌یابی به ۴ کلاس خیلی مناسب (کلاس ۱)، مناسب (کلاس ۲)، نسبتا مناسب (کلاس ۳) و نامناسب (کلاس ۴) تقسیم شدند. از آنجا که حریم قانونی شهر برای انتخاب مکان دفن مد نظر نیست در مرحله طبقه‌بندی بر روی تمامی لایه‌ها حریم قانونی شهر یزد، بدون کلاس‌بندی اعمال می‌شود.

الف) لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و شیب: در جدول ۶ و شکل ۴ طبقه‌بندی واحدهای سنگی شهر یزد ارائه شده است. خاک منطقه نیز از لحاظ نفوذپذیری به چهار طبقه تقسیم‌بندی می‌شود. در جدول ۷ و شکل ۵ این تقسیم‌بندی نشان داده شده است. طبقه‌بندی پارامتر شیب نیز در جدول ۸ و شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۵. نقشه طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی خاک‌شناسی

Fig. 5. Classification map of soil science information layer



شکل ۶. نقشه طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی شیب شهر یزد

Fig. 6. Classification map of Yazd city slope information layer

جدول ۶. طبقه‌بندی سنگ‌شناسی در محدوده مطالعه

Table 6. Lithological classification in the study area

کلاس	واحدهای سنگ‌شناسی	توصیف
۱	شیل و ماسه‌سنگ، تناوب شیل، مارن و سنگ‌آهک	خیلی مناسب
۲	ماسه‌سنگ، شیل و آهک، ماسه‌سنگ و شیل ذغالی	مناسب
۳	کنگلومرا و ماسه‌سنگ، آندزیت، آهک، دولومیت و آهک، تناوب دولومیت، آهک، شیل	نسبتا مناسب
۴	رسوبات دشت دامنه‌ای، نهشته آبرفتی جوان، تپه ماسه	نامناسب

جدول۷. طبقه‌بندی اختصاصات خاک

Table 7. Classification of soil properties

کلاس	بافت خاک	خاک‌شناسی	توصیف
۱	خاک رسی، شور، سنگ، جاده، خاک کم عمق با بافت بسیار سنگین	گروه D (نفوذ بسیار کم)	خیلی مناسب
۲	خاک سیلتی رسی با لایه سخت و بافت سنگین	گروه C (نفوذ کم)	مناسب
۳	خاک شنی لومی - شنی رسی با بافت سبک تا متوسط	گروه B (نفوذ متوسط)	نسبتا مناسب
۴	خاک شنی و قلوه سنگی بافت بسیار سبک	گروه A (نفوذ زیاد)	نامناسب

جدول ۸. طبقه‌بندی پارامتر شیب (آلن و همکاران، ۲۰۰۳)

Table 8. Slope parameter classification (Allen et al., 2003)

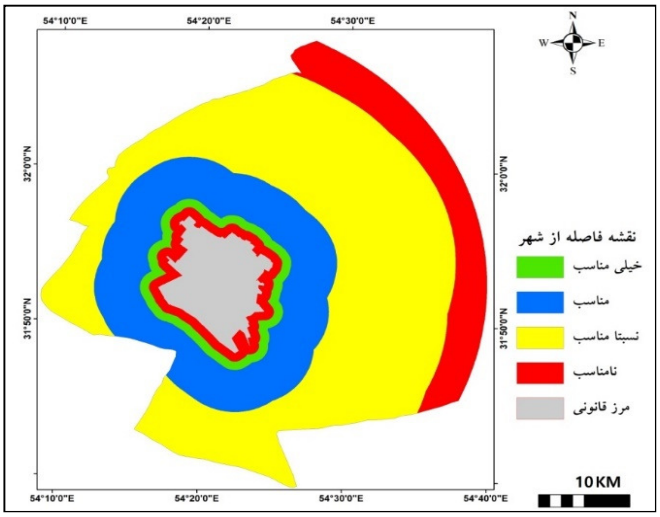
کلاس	شیب (درجه)	توصیف
۱	۰-۵	خیلی مناسب
۲	۵ -۱۰	مناسب
۳	۱۰-۱۵	نسبتا مناسب
۴	>۱۵	نامناسب

ب) لایه اطلاعاتی فاصله از شهر و فاصله از جاده: طبقه‌بندی فاصله از شهر در جدول ۹ و شکل ۷ نشان داده است. در جدول ۱۰ و شکل ۸ نحوه طبقه‌بندی شهر یزد بر اساس فاصله از جاده اصلی ارائه شده است.

جدول ۹. طبقه‌بندی فاصله از مناطق شهری (پربنایی، ۱۳۹۳)

Table 9. Classification of distance from urban areas (Prabnai, 2013)

کلاس	فاصله از شهر (کیلومتر)	توصیف
۱	۱-۲	خیلی مناسب
۲	۲-۷	مناسب
۳	۷-۲۰	نسبتا مناسب
۴	۱> فاصله و فاصله>۲۰	نا مناسب



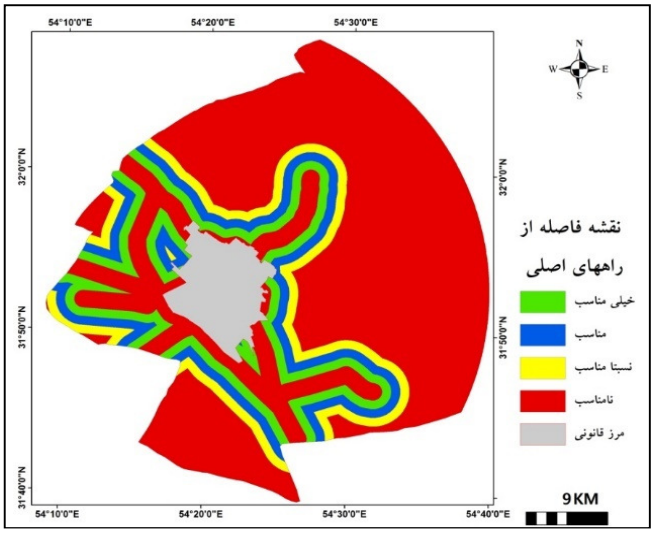
شکل ۷. نقشه طبقه‌بندی لایه فاصله از شهر بر حسب کیلومتر

Fig. 7. Classification map of distance from the city in kilometers

جدول ۱۰. طبقه‌بندی فاصله از جاده

Table 10. Classification of distance from the road

کلاس	فاصله از جاده اصلی	توصیف
۱	۱۰۰۰-۲۰۰۰	خیلی مناسب
۲	۲۰۰۰-۳۰۰۰	مناسب
۳	۳۰۰۰-۴۰۰۰	نسبتا مناسب
۴	۴۰۰۰ < و ۱۰۰۰>	نا مناسب

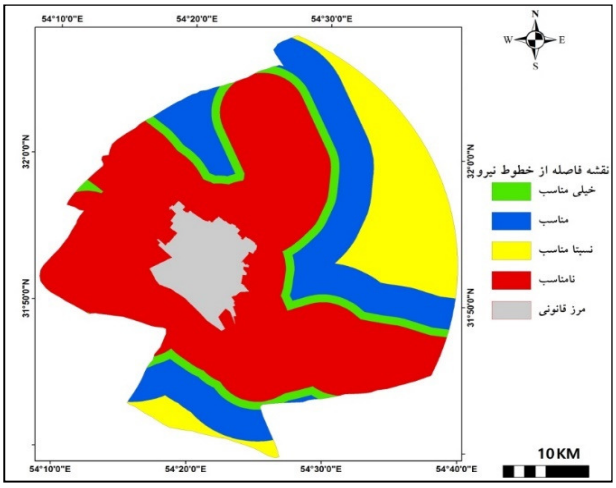


شکل ۸. نقشه طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی فاصله از جاده بر حسب کیلومتر

Fig. 8. Information layer classification map of the distance from the road in kilometers

ج) لایه فاصله از خطوط انتقال نیرو: در جدول ۱۱ و شکل ۹ نحوه طبقه‌بندی شهر یزد بر اساس فاصله از خطوط انتقال نیرو ارائه شده است.

د) لایه اطلاعاتی کاربری اراضی و لایه اطلاعاتی سیل-خیزی: در جدول ۱۲ نحوه طبقه‌بندی شهر یزد بر اساس کاربری اراضی مشخص شده در شکل ۱۰ نمایش داده شده است. طبقه‌بندی سیل‌خیزی بر اساس مقادیر عدد منحنی که نشانه استعداد سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک می-باشد صورت می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۷۷). در جدول ۱۳ و شکل ۱۱ نحوه طبقه‌بندی سیل‌خیزی شهر یزد نشان داده شده است.



شکل ۹. نقشه طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی فاصله از خطوط انتقال نیرو بر حسب کیلومتر کلانشهر یزد

Fig. 9. Information layer classification map of distance from power transmission lines in kilometers of Yazd metropolis

جدول ۱۱. طبقه‌بندی فاصله از خطوط نیرو (گیلوری و همکاران، ۱۳۹۳)

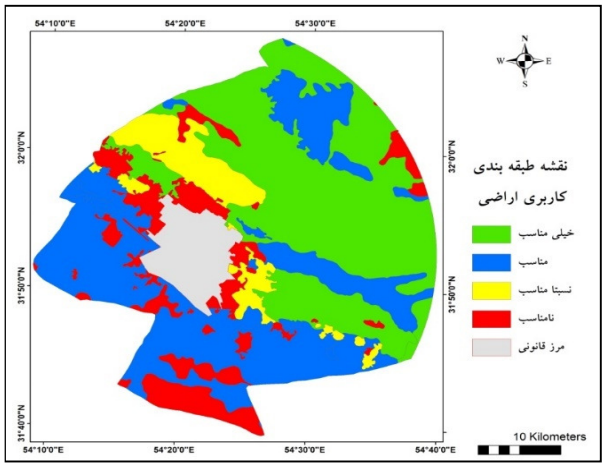
Table 11. Classification of distance from power lines (Gillory et al., 2013)

کلاس	فاصله از خطوط انتقال نیرو (کیلومتر)	توصیف
۱	۵-۶	خیلی مناسب
۲	۶-۱۰	مناسب
۳	۱۰-۲۰	نسبتا مناسب
۴	۲۰< و ۵>	نا مناسب

جدول۱۲. طبقه‌بندی کاربری اراضی

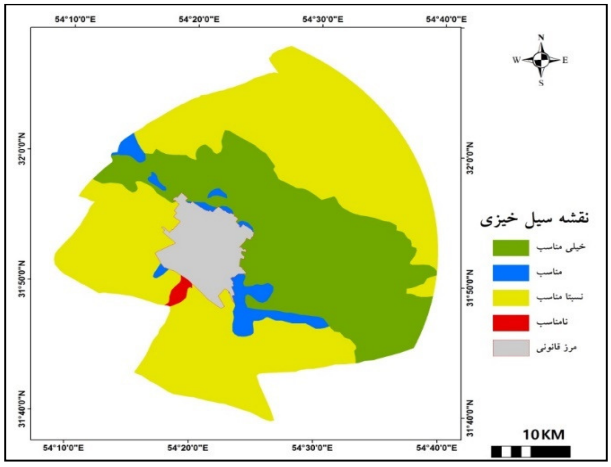
Table 12. Classification of land use

کلاس	کاربری اراضی	توصیف
۱	شوره‌زار و مناطق لم‌یزرع و فاقد پوشش گیاهی	خیلی مناسب
۲	مرتع، بیشه‌زار، پوشش گیاهی پراکنده	مناسب
۳	اراضی کشاورزی، باغداری	نسبتا مناسب
۴	سکونت‌گاه، مناطق گردشگری، صنعتی، تفریحی، کارخانه	نا مناسب



شکل۱۰. نقشه طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی کاربری اراضی شهر یزد

Fig. 10. Yazd land use information layer classification map



شکل ۱۱. نقشه طبقه‌بندی لایه سیل‌خیزی شهر یزد

Fig. 11. Flood layer classification map of Yazd city

جدول ۱۳. طبقه‌بندی سیل‌خیزی (گیلوری و همکاران، ۱۳۹۳)
Table 13. Classification of flooding (Gillory et al., 2013)

کلاس	سیل‌خیزی	توصیف
۱	فاقد سیل‌خیزی دوره ۱۰۰سال	خیلی مناسب
۲	پایین	مناسب
۳	متوسط	نسبتا مناسب
۴	بالا	نا مناسب

۳-۶- مکان‌یابی با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی

روش‌ها و مدل‌های مختلفی جهت تحلیل اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی موجود است. جهت تلفیق لایه-های اطلاعاتی روش تصمیم‌گیری چند معیاره انتخاب-های بسیاری را در اختیار ما قرار می‌دهد. انتخاب روش تلفیق و چگونگی امتیازدهی به لایه‌ها وابسته به تعداد، نوع لایه‌های اطلاعاتی و نظر کارشناسی می‌باشد. در این مطالعه با توجه به شرایط شهر یزد و تجربیات سایر محققین روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. منطق تحلیل سلسله مراتبی طوری طراحی شده که با ذهن بشری مطابقت داشته و دارای ویژگی‌های منحصر به فردی همچون مدل ساده و انعطاف‌پذیر، تحلیل‌گر مسائل پیچیده، ساختار سلسله مراتب، همبستگی و وابستگی متقابل، اندازه‌گیری معیارهای کیفی، تلفیق جهت رتبه نهایی، تعادل در انتخاب بهترین گزینه، تلفیق قضاوت‌های گوناگون، تکرار فرآیند جهت تصحیح قضاوت و با قابلیت استفاده در تصمیم‌گیری‌های گروهی، فازی و روش‌های برنامه‌ریزی خطی است (قدسی‌پور، ۱۳۹۵).

در این مطالعه با توجه به شرایط شهر یزد و تجربیات سایر محققین از روش تحلیل سلسله مراتبی را استفاده شده است. در ابتدا ماتریس مقایسه زوجی برای ۸ لایه اطلاعاتی و زیرلایه‌های هر لایه تشکیل می‌شود. امتیازدهی جهت مقایسه دودویی یا زوجی از ۱ تا ۹ بر این اساس است که هر چه ارزش یک لایه اطلاعاتی نسبت به دیگری بالاتر باشد امتیاز بیشتری به آن اختصاص داده می شود. این مقایسه دو به دو لایه‌ها نسبت به هم ارزیابی صریح هر جفت را میسر می‌سازد (تاوارس و همکاران،۲۰۱۱). از آن جا که هر لایه خود به ۴ زیر لایه شامل: زیر لایه ۱ (کلاس کاملاً مناسب)، زیر لایه ۲ (کلاس مناسب)، زیر لایه ۳ (کلاس نسبتاً مناسب)، زیر لایه ۴ (کلاس نامناسب) طبقه‌بندی می‌شود، نیاز به تعیین وزن نهایی می‌باشد که از ضرب نمودن وزن نسبی هر لایه در وزن نسبی زیر لایه به دست می‌آید. در مرحله بعد نرخ ناسازگاری هر ماتریس مقایسه زوجی لایه و زیر لایه‌ها محاسبه می‌شود. در صورتی که نرخ ناسازگاری (I.R)<۰/۱ باشد ماتریس قابل قبول خواهد بود (پیرس و همکاران، ۲۰۱۱). نهایتاً پس از طبقه‌بندی لایه-های اصلی به زیر لایه‌های خود، در جدول ۱۴ ماتریس برای مقایسه زوجی و تعیین امتیاز نهایی لایه‌ها آورده شده است.

۳-۷- شناسایی و حذف مناطق ممنوعه و اعمال حریم برای عوارض موجود

جهت همپوشانی لایه‌ها، لایه محدود کننده مناطق ممنوعه بر روی نتیجه حاصل از وزن‌دهی توسط تحلیل سلسله مراتبی، اعمال می‌شود. این لایه شامل عواملی همچون وجود گسل، چاه، چشمه که دارای محدودیت هستند. این لایه به روش بافرینگ اعمال می‌شود. به علت عمق نسبتاً زیاد آب در یزد (بیش از ۵۰ متر) و قرارگیری در رده کاملاً مناسب به عنوان یک لایه نتیجه یکسانی بر وزن‌دهی داشته در نتیجه از اعمال آن صرف نظر گردید. همچنین بر اساس آمار هدایت الکتریکی (EC) چاه‌ها، چشمه و قنات‌های اخذ شده از سازمان آب و فاضلاب استان یزد، طبقه‌بندی کیفیت آب شهر یزد دارای هدایت الکتریکی بیشتر از۲۲۵۰ میکروزیمنس بوده که در محدوده خیلی مناسب جهت احداث لندفیل واقع است، در نتیجه از اعمال این لایه نیز به عنوان یک لایه اطلاعاتی خودداری شده‌است. در جدول ۱۵ و شکل ۱۲ نقشه مناطق ممنوعه و حریم مورد استفاده برای شهر یزد، با توجه به استانداردها، مطالعات پیشین، شرایط منطقه و بررسی‌های انجام شده بیان شده است. این مرحله از مکان‌یابی با انجام بافرزدن در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی بر روی لایه‌ها اعمال شده است. بعد از اعمال حریم از طریق عمل بافرینگ و وزن‌دهی نهایی بر روی لایه‌های اطلاعاتی، با عملگر sum (جمع جبری) هم-پوشانی انجام می‌شود. سپس مکان‌هایی که در کلاس

مناسب قرار دارند، تعیین می‌شوند. محدوده امتیازات در نقشه هم‌پوشانی شده با وزن‌دهی حاصل از ماتریس مقایسه زوجی از ۰/۰۲۷ تا ۱/۰۹ بود که در جدول ۱۶ کلاس‌بندی و محدوده‌های مربوط به آن‌ها آورده شده است. در شکل ۱۳ تصویر نهایی مناطق مناسب حاصل از روش ماتریس مقایسه زوجی آورده شده است. طبق این رده‌بندی چهار منطقه در رده کاملا مناسب واقع است. موقعیت دو مکان دفن مجاز فعلی نخاله ساختمانی شهر یزد نیز در رده کاملا مناسب جهت مدفن نخاله ساختمانی شهر یزد واقع است.

جدول۱۴. ماتریس مقایسه زوجی لایه‌های اصلی با نرخ ناسازگاری= ۰/۰۹۷

Table 14. Pairwise comparison matrix of the main layers with inconsistency rate = 0.097

ماتریس مقایسه زوجی ۱۰ لایه اصلی	فاصله از شهر	شیب	زمین‌شناسی	خاک‌شناسی	کاربری اراضی	فاصله از جاده	فاصله خطوط نیرو	سیل‌خیزی	وزن لایه
فاصله از شهر	۱	۲	۳	۴	۶	۷	۷	۸	۰/۳۲
شیب	۰/۵	۱	۳	۳	۴	۶	۷	۹	۰/۲۴
زمین‌شناسی	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۲	۲	۴	۶	۷	۰/۱۳
خاک‌شناسی	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۴	۶	۸	۰/۱۱
کاربری اراضی	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۵	۰/۵	۱	۵	۷	۸	۰/۰۹
فاصله از جاده	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲	۱	۴	۸	۰/۰۴
فاصله از خطوط نیرو	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۲۵	۱	۳	۰/۰۲
سیل‌خیزی	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۳۳	۱	۰/۰۱

جدول ۱۵. حریم مورد استفاده برای شهر یزد

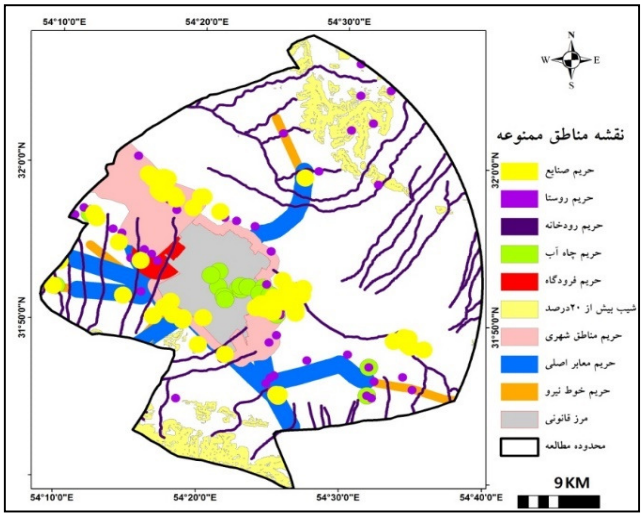
Table.15. The range used for the city of Yazd

معیار	حریم ممنوعه	مرجع
مراکز شهری	۰-۱۰۰۰	۲۷
روستا	۰-۵۰۰	۱۸
جاده اصلی	۰-۱۰۰۰	۱
مناطق حفاظت شده	۰-۲۰۰۰	۲۷
فاصله از فرودگاه	۰-۳۰۰۰	۲۷
مناطق شیب‌دار	بالای ۲۰	۲۷
خطوط نیرو	۰-۵۰۰	۱۸
چشمه، قنات	۰-۳۰۰	۱۲
رودخانه سطحی	۰-۱۵۰	۲۶
چاه آب شرب	۰-۱۰۰۰	۴
صنعتی و کارخانه	۰-۱۰۰۰	۳

جدول ۱۶. رده‌بندی نهایی امتیازات حاصل از ماتریس مقایسه زوجی

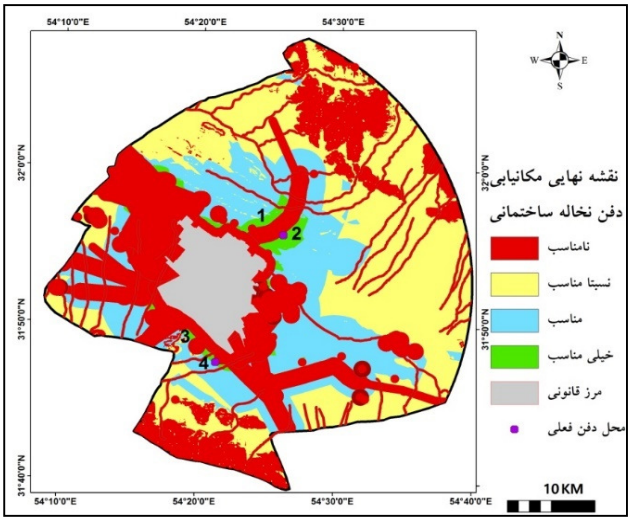
Table 16. The final ranking of scores obtained from the pairwise comparison matrix

کلاس	۱	۲	۳	۴
توصیف	کاملا مناسب	مناسب	نسبتا مناسب	نامناسب
امتیاز (درصد)	۰/۸۲-۱/۰۹	۰/۵۶-۰/۸۲	۰/۲۹-۰/۵۶	-۰/۲۹ ۰/۰۲۷



شکل ۱۲. نقشه حریم مناطق ممنوعه (بر اساس جدول ۱۵)

Fig. 12. Map of restricted areas (based on Table 15)



شکل ۱۳. تصویر نهایی مناطق مناسب حاصل از روش ماتریس مقایسه زوجی

Fig. 13. The final image of suitable areas resulting from the pairwise comparison matrix method

۳-۸- حذف نهایی مکان‌های نامناسب دفن

حذف مکان‌های نامناسب دفن با توجه به عوامل محدودکننده مانند جهت باد غالب و منطقه ممنوعه دیگر که از اطلاعات و نقشه‌های جمع‌آوری شده حاصل نشده باشد، و توسط بازدید میدانی از منطقه به آن پی برده شود. جهت باد غالب در منطقه یکی از اصلی‌ترین عوامل در پخش و انتشار آلودگی ناشی از نخاله ساختمانی در جهت حرکت باد خواهد بود. از آنجا که جهت وزش باد غالب یزد در ماه‌های آبان، آذر و دی از سمت جنوب‌شرقی می‌باشد و در ماه‌های اولیه سال جهت وزش باد اغلب از سمت غرب و شمال‌غربی می‌باشد. در نتیجه محدوده‌های ۳ و ۴ جنوب غربی محدوده شهر یزد نامناسب جهت دفن خواهد بود که حذف می‌گردند و محدوده‌های ۱ و۲ جهت انتخاب محل دفن مناسب می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

در مرحله اوّل این پژوهش به ارزیابی زیست‌محیطی اثرات دفن غیرمجاز و غیرمهندسی نخاله ساختمانی شهر یزد پرداخته و ۱۸ مکان قدیمی دفن نخاله ساختمانی شهر یزد، با بررسی عکس‌های هوایی شناسایی گردید. این مناطق بیشتر در حاشیه شهر بوده که اکنون با رشد شهر وارد محدوده قانونی شهر شده و ساخت و ساز بر روی آن‌ها صورت گرفته که نشست و ترک‌خوردگی در سازه‌های این مناطق، خطوط مواصلاتی و شبکه لوله آب و فاضلاب، با

گذشت زمان و تغییر کاربری رخ داده است. با توجه به پر بودن و غیرفعال شدن مکان‌های دفن نخاله ساختمانی و تولید بالای روزانه این نخاله (حدود دو برابر پسماند جامد شهری یزد) مکان‌یابی مناسب جهت دفن این ضایعات امری ضروری است.

در این پژوهش با استفاده از GIS و دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی و گزینه ایده‌آل TOPSIS، مکانیابی برای نخاله‌های ساختمانی شهر یزد با استفاده از سه معیار اصلی زیست‌محیطی، زمین‌شناسی و اقتصادی -اجتماعی صورت گرفته است. جهت مطالعات مکان‌یابی بهینه مدفن نخاله ساختمانی شهر یزد ۸ لایه اطلاعاتی جمع‌آوری و رقومی‌سازی نقشه‌ها انجام شد. وزن‌دهی لایه‌ها با توجه به نظر کارشناسی، مطالعات انجام شده با روش تحلیل سلسله مراتبی صورت گرفت. لایه‌های اطلاعاتی به زیرلایه‌ها بر طبق استانداردهای موجود طبقه‌بندی شدند. این زیرلایه ها به چهارگروه (خیلی‌مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب) تقسیم-بندی شدند.

با توجه به مطالعات انجام شده حریم مناطق ممنوعه اعمال شد. بر طبق نقشه نهایی تهیه شده چهار محدوده در رده خیلی مناسب واقع شده‌اند و از بین این چهار محدوده پیشنهادی، پس از انجام بازدید میدانی و با در نظر گرفتن شواهد میدانی و جهت باد غالب منطقه، محدوده‌های دو و سه حذف گردیده و نهایتاً محدوده‌های یک و دو که در نقشه شکل ۱۳ مشخص شده، مناسب جهت دفن بهینه نخاله‌های ساختمانی شهر یزد شناسایی و پیشنهاد می‌گردد. براساس بررسی‌های صورت گرفته مکان فعلی دفن زباله ساختمانی یزد که با محدوده دو منطبق بوده، مکان مناسبی برای دفن نخاله‌های ساختمانی است که در کنار مدفن پسماند جامد شهری و بیمارستانی در محدوده کیلومتر ۴ آزادگان می‌باشد.

References

Abina, A., Puc, U., Zidanšek, A (2022) Challenges and opportunities of terahertz technology in construction and demolition waste management. Journal of Environmental Management, 315: 115118.

Alizadeh, A (1998) Principles of applied hydrology (10th edition), Astane Ghods, Bonyade Ferhengiy Rezevi Publication, Meshhad, Iran, 815p (In persian).

Allen, A., Brito, G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donnelly, J., Koukoulas, S., O'Donnell, V., Robalo, C., Venda, S (2003) A Landfill Site Selection Process in Corporating Gis Modelling, Proceedings of Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia, Italy.

Bao, Z. and Lu, W (2021) A decision-support framework for planning construction waste recycling: A case study of Shenzhen, China. Journal of cleaner production, 309: 127449.

Canter, L. W (1996) Environmental Impacts Asessment, Mc Grew Hill Book Company, New York, 660 p.

General Directorate of Natural Resources of Yazd province (2006) Land use map of Yazd (In persian).

Guillori, S., Hafzi-Moqds, N., Mazloumi Bejstani, A.R. Mazhari, A (2014) Environmental assessment and location of waste landfill in Yazd city using remote sensing techniques and geographic information system, MS thesis, Mashhad Payam Noor University, 166 p (In persian).

Hafizi Moghadis, N. and Hajizadeh, H (2007) Environmental evaluation of the proposed options for special waste landfills in Razavi Khorasan province, the 5th Geological and Environmental Conference of Iran, 1215-1224 (In persian).

Haj-Molaali, A. and Majidi Fard, M (2000) Geological map 1:100000 of Yazd, Iran Geological and Mineral Exploration Organization (In persian).

Islam, R., Nazifa, T. H., Yuniarto, A., Uddin, A. S., Salmiati, S., Shahid, S (2019) An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. Waste management, 95: 10-21.

Jafarizadeh, J., and Momeni, A (2021) Landfill site selection for municipal solid waste of Esfarayen city. New Findings in Applied Geology, 16: 52-64 (In persian).

Jafarzadeh, N. A., Takdestan, A., Abtahi, M (2013) Construction waste, separation, recycling and disposal. Waste Management Journal, 3: 31-39.

Kashfi, S. A. and Qanei Ardakani, J (2016) evaluation of the environmental effects of the horizontal development of Yazd city using Leopold's matrix, the second conference on metropolitan management with an environmental approach, Iran, Environment Organization, Tehran (In persian).

Khodaverdi, K. Faghih, A. Eslami, E (2009) A fuzzy analytic network process approach to evaluate concrete waste management options, The International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Tehran, Iran.

Laadila, M. A., LeBihan, Y., Caron, R. F., Vaneeckhaute, C (2021) Construction,

renovation and demolition (CRD) wastes contaminated by gypsum residues: Characterization, treatment and valorization. Waste Management, 120: 125-135.

Lu, W., Peng, Z., Webster, C., Wu, L (2023) Developing a construction waste material passport for cross-jurisdictional trading. Journal of Cleaner Production, 137509.

Pashaei, R., Jadiri Iran, K., Qolizadeh, M., Hanifi, A (2014) Environmental use of construction waste using recycling methods and MSW, the first national conference on environmental management and assessment in Iran, Hegmatane Environmental Assessors Association, Aria Hegmatane Conferences Development Center, Hamedan (In persian).

Pires, A., Chang, N., and Martinho, G (2011) An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setubal Peninsula. Portugal Journal Resources, Conservation and Recycling, 56: 7–21.

Pourbanaei, F. A (2014) Assessment of the environmental effects of construction waste burial sites in Mashhad, MS thesis, Mashhad Payam Noor University, 126 p (In persian).

Qodsipour, H (2016) AHP Hierarchical Analysis Process, Amir Kabir University of Technology Publications, Tehran, Iran, 222 p (In persian).

Shamai, A., Mohaved, A., Daemi, S., Ahmadi, S (2013) investigating the environmental effects of spatial physical expansion - Yazd city, the third international conference on environmental planning and management, Tehran, Iran (In persian).

Tavares, G., Zsigraiová, Z., and Semiao, V (2011) Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste, Waste Management, 31: 1960–1972.

Yao, P (2017) Perspectives on technology for landfill leachate treatment. Arabian Journal of Chemistry, 10: 2567-2574

Yazd Municipality (2016) Map of roads, power lines and legal boundaries of Yazd city (In persian).

Yazd Province Agricultural Jihad Organization (2006) Soil permeability map of Yazd province (In persian).

Environmental Assessment of Urban Development and Landfill Location for Construction Waste in Yazd Metropolis

J. Ghanei Ardekani[1*], F. Ayati [2] and A. Kashfi [3]

1- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran
2- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran
3- M. Sc. (graduated), Dept., of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran

* ghaneijavad@pnu.ac.ir

Recieved: 2024.10.15 Accepted: 2025.2.4

Abstract

With the rapid growth of urbanization, the massive production of construction and demolition waste has become a significant challenge to the sustainable development of cities. Landfilling, the most prevalent method of disposing of construction waste, remains widely used, despite ongoing efforts to promote the reuse and recycling of construction debris. The primary objective is to identify a location that minimizes environmental impacts on both the local area and its surrounding natural environment. Determining the optimal location for a sanitary-engineering landfill involves multiple stages, and the effective execution of each stage critically influences the overall outcome. This study focuses on four key criteria for selecting a landfill site: natural environmental conditions, geological and hydrogeological factors, economic considerations, and land-use patterns in the area. To optimize the management of time, cost, and the complex impacts associated with the project, Geographic Information Systems (GIS) were employed. In the case of Yazd, eight informational layers were gathered, and maps were digitized to facilitate optimal landfill site selection. After compiling and integrating the necessary data layers to identify suitable areas for construction waste disposal within the Yazd metropolitan area, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied. Each data layer and its corresponding sub-layers were assigned weights, and restricted zones were excluded through the use of the privacy layer in the final map. Based on the final analysis, four areas were identified as highly suitable for landfill development. However, Zones 2 and 3 were excluded due to their location in the prevailing wind direction and the results of subsequent field visits. Ultimately, Areas 1 and 2 (the current landfill site) were determined to be the most suitable locations for optimal construction waste disposal in Yazd.

Keywords: Environmental Assessment, Location, Construction waste, Hierarchical Analysis, Yazd metropolis

Introduction

The rapid growth of the population has led to the continued expansion of the construction industry and the corresponding increase in construction waste. Today, finding an ideal disposal site that meets all necessary environmental and economic conditions is a key challenge in waste management. The aim of the current research is to assess the environmental impacts of construction waste accumulation, identify environmental factors, and determine the effective parameters for selecting the optimal disposal site for construction waste in Yazd. This research focuses on choosing the appropriate model and method to identify the most suitable disposal site in Yazd, with optimization based on the region's natural features and sanitary engineering considerations.

Materials and Methods

To assess the environmental impact of construction debris in Yazd, the legal boundaries of the city were examined, and potential disposal sites were selected within a 30-kilometer radius of Yazd's boundaries. Leopold's matrix, a widely recognized tool for environmental assessment in Iran (Hafezi Moqadas and Hajizadeh, 2016), was employed in this study. The optimal location for a future construction waste landfill was determined by combining remote sensing techniques with geographic information systems (GIS) for data processing and analysis. The maps generated for locating the optimal disposal site were

created by merging and overlaying various layers, with each layer's weight and sub-layer evaluated through hierarchical analysis in comprehensive system software. GIS was also utilized to support the decision-making process.

Discussion and Results

A part of this research investigated the impact of construction waste on environmental elements, including water, soil, and air, in both authorized and unauthorized landfills in Yazd city:

A) Water Pollution: The infiltration and flow of water are the primary causes of pollution transfer, particularly the contamination of water bodies from sewage. Since the depth of underground water in Yazd city is over 50 meters, and considering that construction waste is typically dry, it does not significantly impact underground water pollution.

B) Soil Pollution: Due to the extensive horizontal expansion of Yazd, many barren or agricultural lands have been affected by the accumulation of construction waste. This has led to a degradation of soil quality in these areas.

C) Air Pollution: The most noticeable aspect of air pollution is caused by dust, odors, and smoke, which result from the collection, disposal, and occasional burning of construction debris.

Table 3 shows the ranking of the environmental impacts of Yazd's development activities, as assessed by the modified Leopold matrix. The results revealed that air pollution has the most negative effect, while economic factors have the most positive effect from the development activities in Yazd. In this study, the hierarchical analysis method was applied based on the specific conditions of Yazd city and the experiences of other researchers. After classifying the main layers into their sub-layers, Table 14 presents the matrix for pairwise comparison and the final scores of the layers. Figure 13 illustrates the final map of suitable areas derived from the pairwise comparison matrix method. According to this classification, four regions fall into the "perfect" category. The locations of the two existing authorized construction waste disposal sites in Yazd are also classified as appropriate for construction debris burial.

Conclusion

In this research, eight layers of information were collected, and maps were digitized to study the optimal locations for a construction waste landfill in Yazd city. The layers were weighted based on expert opinions, and the analysis was conducted using the hierarchical analysis method. The information layers were classified into sub-layers according to existing standards. These sub-layers were then grouped into four categories: very suitable, suitable, relatively suitable, and unsuitable. Restrictions for prohibited areas were applied based on the studies. According to the final map, four areas were categorized as very suitable. However, Areas 2 and 3 were excluded due to their location in the direction of the prevailing wind and the results of the final field visits. Ultimately, Zones 1 and 2 were identified as the most suitable sites for the optimal burial of construction waste in Yazd city.