علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره نه، آذر ماه ۹۹

مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی با استفاده از GIS و روش AHP

(مطالعه موردی: شهر همدان)

فاطمه جعفری نوبخت[۱]

مهرداد چراغی[۲]

بهاره لرستانی[۳]

Cheraghi_md@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۴

چکیده

زمینه و هدف: رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی و افزایش فعالیت‌های انسانی ره‌آوردهای مختلفی از جمله تولید و تجمیع مواد زاید و به دنبال آن آلودگی‌های محیط‌زیست را به‌همراه خواهد داشت. در کشورهای در حال توسعه، نخاله‌های ساختمانی بخش بزرگی از زباله شهری را به خود اختصاص می‌دهند که علاوه بر هزینه بسیار برای دفع آن، عواقب نامطلوبی نیز بر محیط‌زیست دارند. از آن‌جا که نخاله‌های ساختمانی به دلیل حجیم بودن فضای زیادی را اشغال می‌کنند، لذا دفع آن‌ها در محل‌های دفن زباله منجر به کاهش عمر مفید این محل‌ها می‌شود و یافتن مکان جدید جهت دفن نخاله‌های ساختمانی ضرورت می‌یابد.

روش بررسی: جستجو برای یافتن مکان جدید دفن مواد زاید، فرآیندی پیچیده و وقت‌گیر بوده و نیازمند سیستمی توانا و کارآمد است، چنان‌چه با استفاده از GIS و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف و در نظر گرفتن معیارهای محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی، می‌توان مناسب‌ترین مکان را برای دفن نخاله‌های ساختمانی مکان‌یابی نمود. در تحقیق حاضر، ۱۶ معیار (شیب، کاربری اراضی، مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی، روستاها، راه‌ها (شامل ۳ لایه بزرگ‌راه، راه اصلی و راه فرعی)، آب‌ها (شامل ۶ لایه چاه، چشمه، قنات، رودخانه، سد و آب‌راهه)، آثار باستانی، باند فرودگاه و معادن) در انجام فرآیند مکان‌یابی دخیل‌اند، به‌طوری‌که ابتدا اقدام به تهیه نقشه‌های حریم و فواصل شد و سپس به منظور دست‌یابی به اطمینان بیش‌تر، امتیازدهی به طبقات یا فواصل پارامترها به سه شیوه صورت گرفت. وزن‌دهی به معیارها با نرم افزار Expert Choice و به شیوه تحلیل سلسله مراتبی (AHP) صورت گرفت.

یافته ها: نتایج حاصل از سه نوع امتیازدهی به منظور انجام آنالیز چند معیاره نشان داد که تفاوت چندانی در نتایج حاصل از روش‌های مختلف امتیازدهی مشاهده نمی‌شود.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

۳- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

بحث و نتیجه گیری: نتایج حاصل از تلفیق ۱۶ پارامتر دخیل در مکان‌یابی در نرم فزار ArcGIS 9.3، نشان داد که پهنه‌های مستعد جهت دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان، اغلب در یک قاچ ۹۰ درجه‌ای و در شرق شهر همدان واقع شده‌اند.
واژه‌های کلیدی: پسماندها، نخاله‌های ساختمانی، مکان‌یابی محل دفن، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و AHP

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.9, November, 2021

Landfill Site Selection of Construction and Demolition Wastes Using GIS and AHP Method

(A Case Study of Hamedan City)

Fateme Jafari Nobakht [1]

Mehrdad Cheraghi* [2]

Bahareh Lorestani [3]

Cheraghi_md@yahoo.com

Accepted: 2016.10.25 Received:2015.10.06

Abstract

Background and Objectives: Population growth, urban development, and increased human activities will bring various outcomes, including the production and accumulation of waste, followed by environmental pollution. In developing countries, construction waste accounts for a large proportion of municipal waste, which in addition to the high cost of disposal, also has adverse effects on the environment. Because construction debris takes up a lot of space due to its bulk, disposing of it in landfills reduces the useful life of these areas and it is necessary to find a new place to bury construction debris.

Method: Searching for a new landfill is a complex and time consuming process and requires a capable and efficient system, as using GIS and combining different layers of information and considering environmental, social and economic criteria, the most suitable landfill can be found. Located a building. In the present study, 16 criteria (slope, land use, residential, commercial and industrial centers, villages, roads (including 3 layers of highways, main roads and side roads), water (including 6 layers of wells, springs, aqueducts, Rivers, dams and waterways), antiquities, airport runways and mines) are involved in the location process, so that privacy and distance maps are prepared first ,then, in order to achieve more reliability, scoring the classes or parameter intervals was done in three ways. Criteria were weighted using Expert Choice software and hierarchical analysis (AHP).

Findings: The results of the three types of scoring to multi-criteria analysis showed that there were significant differences in the results of different methods of scoring.

Discussion and Conclusions: The results of combining 16 parameters involved in site selection in software Arc GIS9.3 showed that the appropriate zones for construction and demolition wastes buried in Hamadan, often are located in a 90-degree slice.

Key words: Wastes, Construction and Demolition Wastes (C&DW), Landfill Site Selection, Geographic Information System (GIS) and AHP

1- M.Sc. Student, Environmental Science, Faculty of Science, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

2- Associate Prof., Department of Environmental Science, Faculty of Science, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamadan, Iran

3- Associate Prof., Department of Environmental Science, Faculty of Science, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamadan, Iran

مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت و به دلیل افزایش ارزش افزوده زمین و مسکن در شهرهای بزرگ و تمرکز سرمایه‌گذاری در این بخش، شهرها توسعه یافته و بافت قدیمی تخریب و با ساختمان‌های جدید جایگزین شده که بر همین اساس، میزان تولید نخاله‌های ساختمانی نیز افزایش یافته است (۱). اجرای برنامه‌های عمرانی در هر جامعه امری اجتناب‌ناپذیر است و میزان انجام این فعالیت‌ها با وضعیت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی رابطه‌ای مستقیم دارد (۲ و ۳). عمر مفید ساختمان-ها در کشورهای جهان حدود ۴۰ سال است، لیکن در ایران ۳۰ سال برآورد می‌گردد و از آن‌جا که ۲۵٪ بافت شهری فرسوده است و با افزودن بلایای طبیعی چون سیل، طوفان و زلزله، هر ساله حجم بسیار بالایی نخاله ساختمانی و یا آوار در شهرها و روستاهای کشورها تولید می‌شود که سرمایه مالی و انسانی زیادی را تلف خواهد کرد (۴). صنعت ساخت و ساز مقدار بسیار عظیمی از منابع طبیعی را مصرف و مقدار قابل توجهی نخاله ساختمانی تولید می‌کند (۵). در واقع وقتی یک ساختمان ساخته شده، تعمیر و یا تخریب می‌شود، مصالح ساختمانی مصرف شده و زباله تولید می‌گردد (۶). حجم نخاله‌های ساختمانی به حدی است که اکنون این مسأله نه تنها در ایران بلکه در کشورهای پیشرفته نیز یک مشکل اجتماعی و محیط‌زیستی است. حجم بسیار زیاد نخاله‌های ساختمانی و دفع غیراصولی آن‌ها مشکلات فراوانی (مشکلات محیط‌زیستی، مسایل بهداشتی، نیاز به مکان دفن زباله، ایجاد چشم انداز نامناسب و ...) را برای شهرها ایجاد کرده است (۷). از این‌رو جمع‌آوری، حمل و نقل، بازیافت و دفع این نخاله‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آن‌جا که نخاله‌های ساختمانی به دلیل حجیم بودن فضای زیادی را اشغال می‌کنند، لذا دفع آن‌ها در محل‌های دفن زباله منجر به کاهش عمر مفید این محل‌ها می‌شود و یافتن مکان جدید جهت دفن نخاله‌های ساختمانی ضرورت می‌یابد (۲). محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر همدان نیز از این امر مستثنی نیست و هجوم حجم زیادی از نخاله‌ها در سال‌های اخیر به دلیل افزایش ساخت و ساز در این شهر، منجر به کاهش عمر محل دفن این نخاله‌ها شده است. هم‌چنین محل فعلی دفن نخاله‌های ساختمانی شهر همدان از نظر موقعیت مکانی، مشکلات محیط‌زیستی، بهداشتی و اجتماعی را ایجاد کرده است، لذا یافتن مکان جدید جهت دفن نخاله‌های ساختمانی برای این شهر ضرورت می‌یابد. بنابراین با استفاده از GIS و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف و در نظر گرفتن معیارهای محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی، می‌توان مناسب‌ترین مکان را برای دفن نخاله‌های ساختمانی شهر همدان مکان‌یابی نمود.

در تحقیق مشابهی که توسط غیور سالانقوچ و همکاران در سال ۱۳۹۰ و به منظور مکان‌یابی لندفیل شهر قوچان با استفاده از تلفیق سیستم GIS و روش MCDA انجام شد، از ۱۳ لایه نقشه داده استفاده گردید. جهت تعیین وزن نسبی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بهره گرفته شد و لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از جمله نقشه-های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری‌اراضی، شیب منطقه، توپوگرافی، موقعیت روستاها، حریم شهری، آب‌های سطحی و زیرزمینی، جاده‌ها و گسل‌ها، جمع‌آوری و سپس در محیط GIS 9.3 آماده‌سازی و در نرم‌افزار Expert Choice11 وزن‌دهی و با اعداد ۱ تا ۹ امتیازدهی گردید (۸). هم‌چنین در تحقیق دیگری که توسط برومندی و همکاران در سال ۱۳۸۷ و به منظور مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک با استفاده از GIS و تحلیل‌های چندمتغیره در استان زنجان انجام شد، جهت تعیین وزن نسبی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی، از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده و امتیازدهی با اعداد ۱ تا ۵ صورت گرفته و از وزن‌دهی ساده برای شناسایی شاخص مناسب بودن استفاده گردیده است (۹). در تحقیق مشابه دیگری که توسط کُرُنادو و همکاران[1] در سال ۲۰۱۱ و به منظور برآورد تولید نخاله‌های ساختمانی و تحلیل چند معیاره گزینه‌های مدیریت نخاله‌های ساختمانی در اسپانیا انجام شد، از

1 - Coronado et al., 2011

معیارهای اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی برای تحلیل چند معیاره مدیریت نخاله‌های ساختمانی در کانتابریای اسپانیا استفاده شده است (۶). هم‌چنین در تحقیق دیگری که توسط سِنِر و همکاران[1] در سال ۲۰۱۰ و به منظور مکان‌یابی محل‌دفن مواد زاید با استفاده از GIS و AHP در ترکیه انجام شد، نُه معیار جهت انتخاب محل دفن مواد زاید مطرح شده است. هر یک از معیارها توسط AHP وزن‌دهی و به‌وسیله روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌کشی شده است (۱۰).

فرآیند مکان‌یابی با استفاده از GIS، شامل یک سری مراحل معین و مشخصی بوده که برای دست‌یابی به نتایج قابل اطمینان، اجرای آن‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به‌طور کلی فرآیند مکان‌یابی شامل مراحل زیر می‌باشد (۱۱):

- شناخت ← شناخت کلی و انجام یک سری مطالعات دقیق و جامع در ارتباط با اهداف پروژه
- تعیین داده‌ها و پارامترهای مؤثر
- بررسی ویژگی‌های محدوده مطالعاتی
- جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها و تهیه لایه‌ها
- تهیه نقشه‌ها
- وزن‌دهی به نقشه‌ها
- تلفیق نقشه‌ها
- نقشه‌های نهایی

تعیین داده‌ها و پارامترهای مؤثر (معیارهای مکان‌یابی)

در این مرحله با توجه به اطلاعات حاصل از مرحله شناخت و با درنظر گرفتن نظرات کارشناسی متخصصین و بررسی کارهای مشابه انجام شده در این زمینه، اقدام به تهیه داده‌های مورد نیاز برای تعیین عوامل مؤثر در مکان‌یابی می‌شود (۱۱). چنان‌چه عوامل مؤثر در مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- شیب توپوگرافی: ریخت‌شناسی سطح زمین یک پارامتر پایه در احداث محل دفن می‌باشد. ریخت‌شناسی سطح زمین به وسیله شیب توپوگرافی ارزیابی می‌شود. مناطقی که شیب زیادی دارند اصولاً جهت دفن پسماندها مناسب نیستند (۹).

۲- پوشش گیاهی و کاربری زمین: نوع پوشش گیاهی که تعیین کننده نوع کاربری زمین نیز می‌باشد، در مکان‌یابی محل دفن پسماندها مورد توجه قرار می‌گیرد (۹). بنابراین بر اساس نوع پوشش گیاهی، مناطق امتیازات متفاوتی می‌گیرند.

۳- مراکز شهری و روستایی: شهرها از دو جنبه متفاوت دارای اهمیت می‌باشند: یکی این‌که محل دفن در نزدیکی شهرها نباید واقع شود و حریم لازم برای آن‌ها در نظر گرفته شود و دیگر این‌که شهرها خود به عنوان یک منبع تولید کننده پسماندها می‌باشند و از نظر اقتصادی و هزینه حمل و نقل اهمیت پیدا می‌کنند (۹) و از آن‌جا که جهت حمل نخاله‌های ساختمانی از وسایل نقلیه کوچک (کامیون ها) استفاده می‌شود، لذا افزایش بیش از اندازه فاصله از شهرها باعث بالا رفتن هزینه‌ها، کاهش راندمان و تخلیه نخاله‌ها در حواشی شهر توسط رانندگان می‌شود. البته این موضوع می‌تواند از نظر زیبایی‌شناختی نیز اهمیت پیدا کند.

۴- آب‌های سطحی: محل دفن پسماندها به هیچ وجه نباید در مجاورت آب‌های سطحیِ در حال جریان واقع شوند (۹). پیکره‌های آب سطحی در استان شامل رودخانه‌ها، آب‌راهه‌های اصلی و سدها یا دریاچه‌ها بوده و در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۵- منابع آب زیرزمینی: در مکان‌یابی محل دفن پسماندها باید پراکندگی، ضخامت و عمق آب‌خوان‌ها مورد توجه قرار بگیرد (۹). این منابع شامل چشمه‌ها، چاه‌ها و قنوات بوده و محل تمرکز آن‌ها به عنوان آب‌خوان‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

۶- راه‌ها: هرچند نزدیکی به راه‌ها به دلیل صرفه جویی در هزینه‌های حمل و نقل یک مزیت محسوب می‌شود، ولی باید عوامل دیگری مانند زیبایی‌شناختی، ترافیک و ... نیز مورد توجه قرار بگیرند (۹).

۷- فرودگاه: فاصله از باند فرودگاه نیز به دلیل زیبایی‌شناختی اهمیت پیدا می‌کند.

به طور کلی معیارهای مورد نظر به منظور مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی برای منطقه مورد مطالعه بر اساس ضوابط و استانداردها، براساس جدول (۱) می‌باشد.

1 - Sener et al., 2010

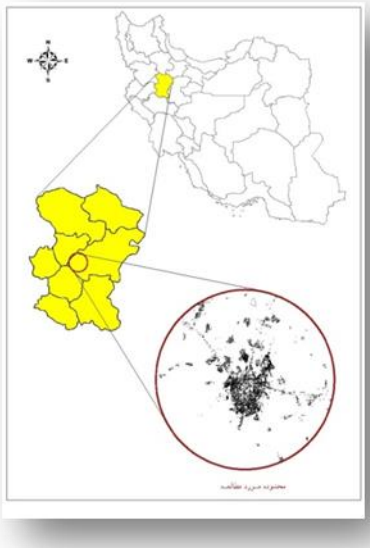
جدول ۱- ضوابط و استانداردهای مورد نظر جهت مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی

Table 1- Criteria and standards for construction waste landfill site selection

ردیف	نام معیار	حداقل فواصل	ردیف	نام معیار	حداقل فواصل
۱	شیب	شیب کمتر از ۱۵ درصد باشد	۸	آثار باستانی	حداقل فاصله ۳۰۰ متر
۲	کاربری اراضی	تا حد امکان دارای کاربری با ارزشی مانند کشاورزی، جنگل ، تالاب و دریاچه نباشد	۹	قنات	حداقل فاصله ۳۰۰ متر
۳	مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی	حداقل فاصله ۵۰۰ متر	۱۰	چاه‌های آب	حداقل فاصله ۳۰۰ متر
۴	روستاها	حداقل فاصله ۵۰۰ متر	۱۱	چشمه‌ها	حداقل فاصله ۳۰۰ متر
۵	جاده	حداقل ۵۰۰ متر از بزرگراه‌ها و ۳۰۰ متر از راه‌های اصلی و ۱۵۰ متر از راه‌های فرعی	۱۲	معادن	حداقل فاصله ۱۰۰ متر
۶	منابع آب سطحی	حداقل ۲۰۰ متر از رودخانه‌های اصلی و ۱۵۰ متر از آبراهه‌ها و ۵۰۰ متر از سدها	۱۳	باند فرودگاه	حداقل فاصله ۲۰۰۰ متر
۷	آب زیرزمینی	حداقل عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی ۱۰ متر و حداقل فاصله ۳۰۰ متر	۱۴	باد	عدم قرارگیری محل‌دفن در بالادست جریان باد غالب منطقه نسبت به مناطق مسکونی

ویژگی‌ها و موقعیت جغرافیایی منطقه و محدوده مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در تحقیق حاضر، شهر همدان از شهرستان همدان می‌باشد و محدوده مطالعاتی نیز دایره‌ای به شعاع ۱۲ الی ۱۳ کیلومتر از مرکز شهر روی نقشه است. این محدوده با وسعتی حدود ۴۹۲ کیلومتر مربع و به صورت هایلی، بخش مرکزی همدان را در دره‌ها و دامنه‌های شمالی الوند در بر گرفته است. شرقی‌ترین نقطه این محدوده ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵ ثانیه و غربی‌ترین آن ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه و ۴۰ ثانیه از نصف النهار گرینویچ فاصله دارد و در حد فاصل ۳۴ درجه و ۴۱ دقیقه و ۴۲ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۵۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی واقع شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- The geographical location of the study area

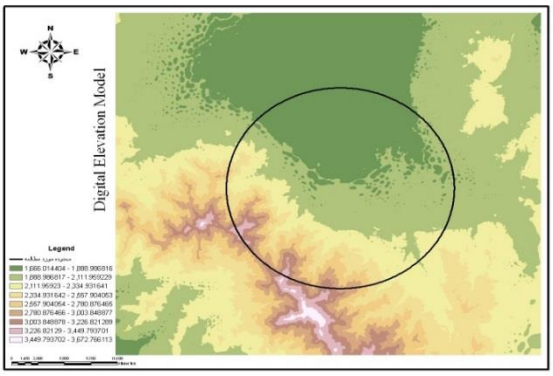
روش انجام تحقیق

۲-۱ جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها و تهیه لایه‌ها

۲-۱-۱ جمع‌آوری داده‌ها: جمع‌آوری داده ها به دو طریق صورت گرفته است: ۱- شیت‌های ۱:۲۵۰۰۰ با فرمت DGN و ۲- داده‌های خام دریافتی از ادارات آب، راه و شهرسازی، بنیاد مسکن، منابع طبیعی و سازمان میراث فرهنگی.

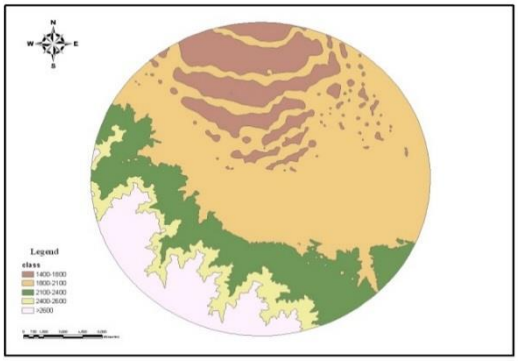
۲-۱-۲ تهیه لایه‌ها: الف) اولین اقدام تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM[1]) در محدوده مورد مطالعه می‌باشد (نقشه ۱)، لذا با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع و طبقه‌بندی دکتر مخدوم، نقشه‌های طبقات ارتفاعی (هیپسومتری) در ۵ طبقه ارتفاع زاگرسی، درصد شیب در ۹ طبقه و جهت‌های جغرافیایی در ۱۰ طبقه تهیه شد (نقشه‌های ۲، ۳ و ۴).

\



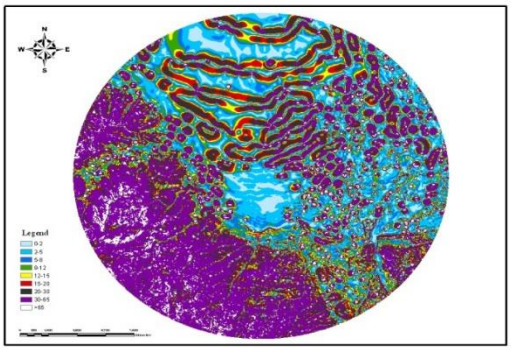
نقشه ۱- مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه مورد بررسی به همراه محدوده مورد مطالعه

Map 1- Digital elevation model (DEM) of the area Along with study area



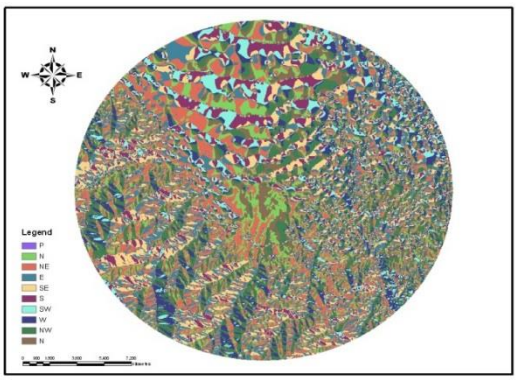
نقشه ۲- نقشه طبقات ارتفاعی محدوده مورد مطالعه

Map 2- The elevation Classes of Study area



نقشه ۳- نقشه درصد شیب محدوده مورد مطالعه

Map 3- The Slope Percent of Study area



نقشه ۴- نقشه جهت‌های جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

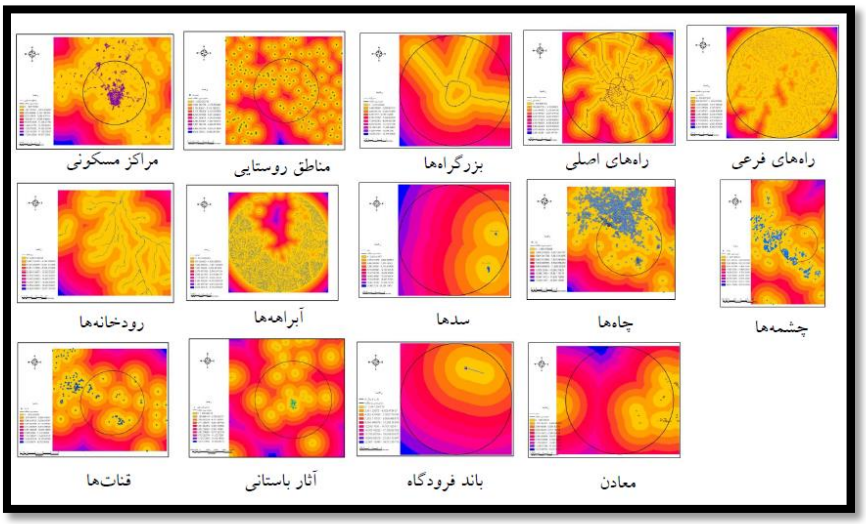
Map 4: The Geographical directions of Study area

ب) تهیه سایر لایه‌های موردنیاز: برای این منظور، داده‌های خام دریافتی از ادارات مختلف سامان‌دهی و سپس اقدام به تهیه لایه‌های مورد نیاز (۱۴ لایه) شد که شامل موارد ذیل است: مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی، روستاها، راه‌ها (شامل ۳ لایه بزرگ‌راه، راه اصلی و راه فرعی)، آب‌ها (شامل ۶ لایه چاه، چشمه، قنات، رودخانه، سد و آبراهه)، آثار باستانی، باند فرودگاه و معادن

لازم به ذکر است، برای حفظ هماهنگی مکانی بین نقشه‌ها، سیستم تصویر UTM با مبنای WGS84 و مربوط به Zone39N برای تمامی نقشه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

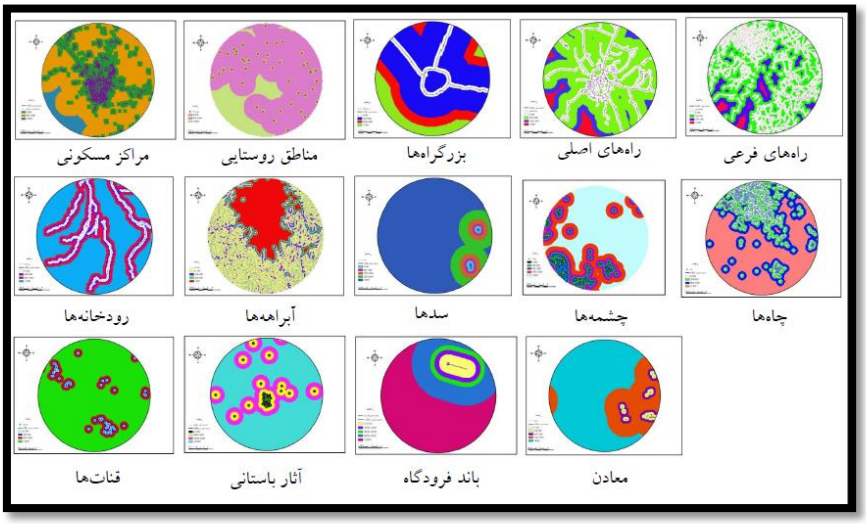
تهیه نقشه‌ها

از آن‌جا که برای انجام فرآیند مکان‌یابی، لزوم تهیه نقشه‌های حریم محسوس می‌باشد، لذا، ابتدا اقدام به تهیه لایه‌های رستری تعیین حریم شد و نقشه حریم (Distance Map) برای ۱۴ لایه مورد بررسی (مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی، روستاها، راه‌ها (شامل ۳ لایه بزرگ‌راه، راه اصلی و راه فرعی)، آب‌ها (شامل ۶ لایه چاه، چشمه، قنات، رودخانه، سد و آب‌راهه)، آثار باستانی، باند فرودگاه و معادن) تهیه گردید (شکل ۲). سپس بر اساس طبقات مندرج در جدول (۲) اقدام به طبقه‌بندی مجدد لایه‌های رستری شد و نقشه فواصل تهیه گردید (شکل ۳).



شکل ۲- نقشه‌های حریم ۱۴ پارامتر

Figure 2- Distance Maps of 14 parameters



شکل ۳- نقشه‌های فواصل (طبقات) ۱۴ پارامتر

Figure 3- Classes Maps of 14 parameters

امتیازدهی به طبقات یا فواصل پارامترها

در این مرحله، فواصل تعیین شده برای هر پارامتر، ارزش‌گذاری یا امتیازدهی می‌شوند. لذا، به منظور حصول اطمینان بیش‌تر در یافتن مکان مناسب جهت دفن نخاله‌های ساختمانی، طبقات یا فواصل ۱۶ پارامتر مورد بررسی (شیب، کاربری اراضی، مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی، روستاها، راه‌ها (شامل ۳ لایه بزرگ‌راه، راه اصلی و راه فرعی)، آب‌ها (شامل ۶ لایه چاه، چشمه، قنات، رودخانه، سد و آب‌راهه)، آثار باستانی، باند فرودگاه و معادن)، به سه روش ذیل امتیازدهی می‌شوند (در جدول ۲ امتیازات تعلق گرفته به طبقات نشان داده می شود):

امتیازدهی۱: در این روش امتیازدهی از ۱ تا ۹ می‌باشد، بدین صورت که عدد ۱ کم‌ترین امتیاز و عدد ۹ بیش‌ترین امتیاز را دارا می‌باشد. لذا در این روش، طبقات امتیازات ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ را دریافت می‌کنند (۸).

امتیازدهی۲: در این روش امتیازدهی از ۱ تا ۵ می‌باشد، بدین صورت که عدد ۱ کم‌ترین امتیاز و عدد ۵ بیش‌ترین امتیاز را دارا می‌باشد. لذا در این روش، طبقات برخی از پارامترها امتیازات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ و طبقات برخی دیگر نیز تنها امتیازات ۱، ۳ و ۵ را دریافت می‌کنند (۱۲).

امتیازدهی۳: در این روش امتیازدهی از ۰ تا ۲ می‌باشد، بدین صورت که عدد ۰ کم‌ترین امتیاز و عدد ۲ بیش‌ترین امتیاز را دارا می‌باشد. لذا در این روش، طبقات امتیازات ۰، ۱ و ۲ را دریافت می‌کنند.

جدول ۲- امتیازات در نظر گرفته شده برای طبقات پارامترها

Table 2- Intended scores for classes of The Parameters

پارامترها	طبقات یا فواصل پارامترها	امتیازدهی ۱	امتیازدهی ۲	امتیازدهی ۳
شیب	>۱۵	۱	۱	۰
	۱۲-۱۵	۳	۲	۱
	۸-۱۲	۵	۳	۱
	۵-۸	۷	۴	۲
	۲-۵	۹	۵	۲
	۰-۲	۹	۵	۲
کاربری اراضی	جنگل، دریاچه و مراکز مسکونی	۱	۱	۰
	زراعت آبی	۳	۲	۱
	مرتع متراکم	۵	۳	۱
	مرتع نیمه متراکم، دیم	۷	۴	۲
	مرتع فقیر، اراضی متروکه و بایر	۹	۵	۲
مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی	۰-۵۰۰	۱	۱	۰
	>۳۰۰۰	۵	۳	۱
	۵۰۰-۳۰۰۰	۹	۵	۲
روستاها	۰-۵۰۰	۱	۱	۰
	>۳۰۰۰	۵	۳	۱
	۵۰۰-۳۰۰۰	۹	۵	۲
بزرگ راه ها	۰-۵۰۰	۱	۱	۰
	>۷۰۰۰	۳	۳	۱
	۵۰۰۰-۷۰۰۰	۷	۳	۱
	۵۰۰-۵۰۰۰	۹	۵	۲

راه های اصلی	۰-۳۰۰	۱	۱	۰
	>۳۰۰۰	۳	۳	۱
	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۷	۳	۱
	۳۰۰-۲۰۰۰	۹	۵	۲
راه های فرعی	۰-۱۵۰	۱	۱	۰
	>۱۵۰۰	۳	۳	۱
	۷۰۰-۱۵۰۰	۷	۳	۱
	۱۵۰-۷۰۰	۹	۵	۲
رودخانه ها	۰-۲۰۰	۱	۱	۰
	۲۰۰-۵۰۰	۳	۳	۱
	۵۰۰-۱۰۰۰	۷	۳	۱
	>۱۰۰۰	۹	۵	۲
آب راهه ها	۰-۱۵۰	۱	۱	۰
	۱۵۰-۳۰۰	۳	۳	۱
	۳۰۰-۵۰۰	۷	۳	۱
	>۵۰۰	۹	۵	۲
سدها	۰-۵۰۰	۱	۱	۰
	۵۰۰-۱۰۰۰	۳	۲	۱
	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵	۳	۱
	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۷	۴	۲
	>۴۰۰۰	۹	۵	۲
چشمه ها	۰-۳۰۰	۱	۱	۰
	۳۰۰-۱۰۰۰	۳	۳	۱
	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۷	۳	۱
	>۲۰۰۰	۹	۵	۲
چاه ها	۰-۳۰۰	۱	۱	۰
	۳۰۰-۵۰۰	۳	۳	۱
	۵۰۰-۱۰۰۰	۷	۳	۱
	>۱۰۰۰	۹	۵	۲
قنات ها	۰-۳۰۰	۱	۱	۰
	۳۰۰-۵۰۰	۳	۳	۱
	۵۰۰-۱۰۰۰	۷	۳	۱
	>۱۰۰۰	۹	۵	۲
آثار باستانی	۰-۳۰۰	۱	۱	۰
	۳۰۰-۱۰۰۰	۳	۳	۱
	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۷	۳	۱
	>۲۰۰۰	۹	۵	۲

باند فرودگاه	۰-۲۰۰۰	۱	۱	۰
	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۳	۲	۱
	۳۰۰۰-۴۰۰۰	۵	۳	۱
	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۷	۴	۲
	>۸۰۰۰	۹	۵	۲
معادن	۰-۱۰۰	۱	۱	۰
	۱۰۰-۵۰۰	۳	۲	۱
	۵۰۰-۱۰۰۰	۵	۳	۱
	۱۰۰۰-۴۰۰۰	۷	۴	۲
	>۴۰۰۰	۹	۵	۲

وزن‌دهی به نقشه‌ها

در ارزیابی توان محیط‌زیست برای دفن بهداشتی مواد زاید، تمامی معیارها هم وزن نیستند و برخی از معیارها به عنوان عامل اصلی عمل می‌نمایند، به طوری که حتی اگر سایر پارامترها مناسب باشند، باعث خواهد شد که منطقه مورد بررسی نامناسب ارزیابی گردد. به همین دلیل جهت حصول رتبه‌بندی و اهمیت نهادن به معیارهای تصمیم‌گیری در مورد مکان دفن زباله، معیارها وزن‌دهی می‌شوند (۱۲). از آن‌جا که روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) معمول‌ترین روش تحلیل تصمیم‌گیری‌ها در زمینه مدل‌سازی محیط‌زیست می‌باشد (۱۲) و هم‌چنین می‌تواند برای به دست آوردن اوزان یا اهمیت نسبی پارامترها مورد استفاده قرار بگیرد (۹)، لذا در تحقیق حاضر، از این روش استفاده شده است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس نحوه تحلیل انسان از مسایل فازی توسط توماس ساتی[1] پیشنهاد گردید. AHP بر مبنای مقایسه زوجی بنا شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که این خود از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) است و مبنای نظری قوی و مستحکمی هم دارد. کلیه مقایسه‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد، که در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود، تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات جدول (۳) است که توماس ساعتی آن را ارایه کرده است (۱۳). وزن‌دهی با روش AHP خود به شیوه‌های مختلفی از جمله روش تحلیل سلسله مراتبی نُه درجه‌ای (AHP nine-degree)، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP)، روش تحلیل سلسله مراتبی سه درجه‌ای (AHP three-degree) و روش تحلیل سلسله مراتبی ساختار یافته (Structured AHP) انجام می شود که البته به منظور کاهش تعداد مقایسات، روش ساختار یافته ارایه شده است. در این روش ابتدا با یکی از روش‌های ساده، رتبه پارامترها مشخص می‌شود، یعنی پارامترها از مهم‌ترین تا کم اهمیت‌ترین پارامتر رتبه‌بندی می‌گردند. مقایسه دوتایی در این روش بین همه پارامترها انجام نمی‌گیرد، بلکه فقط بین دو پارامتری که از لحاظ رتبه پشت سرهم هستند مقایسه انجام می‌گیرد، به همین دلیل در پر کردن ماتریس باید پارامترها به ترتیب از مهم‌ترین تا کم اهمیت‌ترین پارامتر با یک‌دیگر مقایسه شوند و به همین ترتیب نیز در ماتریس نوشته شوند (۱۴و ۱۵).

1- Tomas L. Saaty

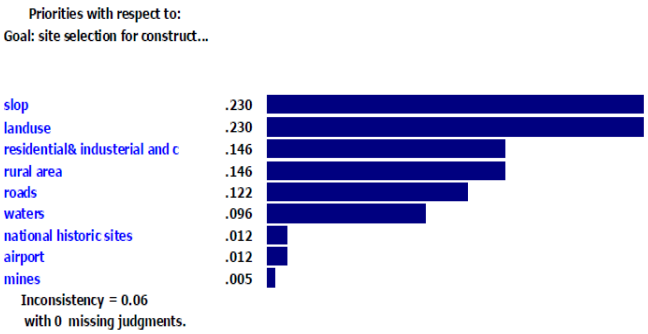
جدول ۳- مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی

Table 3- The amounts of Priorities for paired comparisons

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملاً مرجح	۹
مطلوبیت خیلی قوی	۷
مطلوبیت قوی	۵
کمی مطلوب تر	۳
مطلوبیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل مذکور	(۲، ۴، ۶، ۸)

از آن‌جا که به منظور ارایه نتیجه قابل قبول ماتریس تهیه شده باید سازگاری داشته باشد، لذا جهت تعیین میزان سازگاری از شاخص CR[1] (نرخ سازگاری) استفاده می‌شود، چنانچه اگر این مقدار کمتر از ۱۰ درصد باشد ماتریس قابل قبول می‌باشد (۱). از آن‌جا که در برخی منابع این شاخص به عنوان میزان خطا معرفی می‌شود، لذا میزان خطا در وزن‌دهی باید کم‌تر از ۰/۱ باشد (۸). لازم به ذکر است، مقدار CR از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌طوری‌که اگر مقدار CR از ۰/۱ بیش‌تر شود، باید در وزن‌ها تجدید نظر نمود (۱۳).

در تحقیق حاضر، انجام مقایسات و وزن‌دهی به معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی ساختار یافته (Structured AHP) و با استفاده از نرم افزار Expert Choice صورت می‌پذیرد؛ بدین صورت که ساختار درختی برای معیارها و زیرمعیارها ایجاد و معیارها به ترتیب اهمیت مرتب شده (از مهم‌ترین به کم اهمیت‌ترین) و ماتریس مقایسات برای انجام مقایسه دوتایی معیارها تشکیل می‌شود (شکل ۵). لازم به ذکر است در تحقیق حاضر، اهمیت دو پارامتر شیب و کاربری اراضی با هم برابر و اهمیت این دو پارامتر از اهمیت سایر پارامترها بیش‌تر در نظر گرفته می‌شود، با توجه به شکل (۴) این دو پارامتر بالاتر از سایر پارامترها قرار گرفته و پارامترهای دیگر به ترتیب اهمیت تا انتها مرتب می‌شوند.

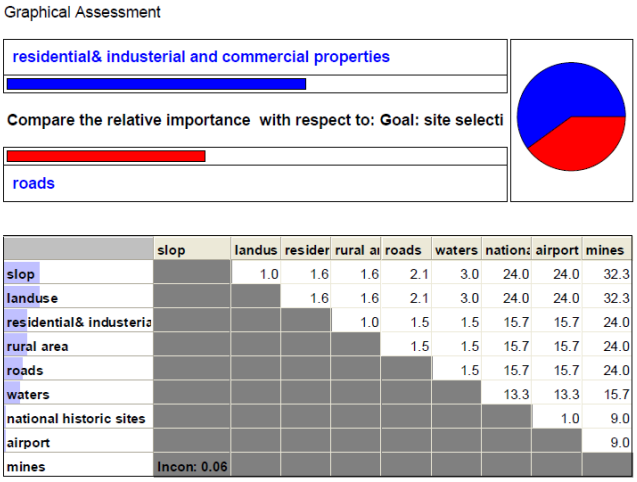


شکل ۴- میزان ارجحیت و اوزان پارامترها

Figure 4-The Amount of Priorities and Weights of parameters

1- Consistency Ratio

نرم افزار مذکور با توجه به ماتریس تشکیل شده، برای هر معیار یا لایه یک وزن مشخص در نظر می‌گیرد و میزان سازگاری توسط نرم افزار محاسبه و نمایش داده می‌شود، به‌طوری‌که با توجه به شکل (۴)، میزان خطا یا میزان سازگاری محاسبه شده توسط نرم افزار برابر ۰/۰۶ بوده و از آن‌جا که در محدوده مجاز (۰/۰۶ <۰/۱) است، لذا مقایسات فوق قابل قبول می‌باشد.



	slop	landus	reside	rural a	roads	waters	nationa	airport	mines
slop		1.0	1.6	1.6	2.1	3.0	24.0	24.0	32.3
landuse			1.6	1.6	2.1	3.0	24.0	24.0	32.3
residential& industeria				1.0	1.5	1.5	15.7	15.7	24.0
rural area					1.5	1.5	15.7	15.7	24.0
roads						1.5	15.7	15.7	24.0
waters							13.3	13.3	15.7
national historic sites								1.0	9.0
airport									9.0
mines	Incon: 0.06								

شکل ۵- ماتریس‌بندی لایه‌ها به صورت ارزیابی گرافیکی

Figure 5- Matrix Packaging of layers for graphical evaluation

لازم به ذکر است، اوزان تعیین شده برای پارامتر راه‌ها و آب‌ها، وزن کلی این معیارها است. لذا، به منظور تعیین وزن زیرمعیارهای معیار آب‌ها (با ۶ زیرمعیار) و راه‌ها (با ۳ زیرمعیار) باید ماتریس مقایسات برای این دو پارامتر به طور جداگانه تشکیل و وزن هریک از زیرمعیارها تعیین گردد، چنان‌چه اوزان تعیین شده برای پارامتر راه‌ها و آب‌ها، وزن زیرمعیارها نسبت به کل وزن تعیین شده برای هر معیار یا پارامتر خواهد بود و برای به‌دست آوردن وزن هر زیرمعیار، باید با عمل تناسب‌گیری، وزن هر زیرمعیار را نسبت به کل معیارهای دخیل در مکان‌یابی به‌دست آوریم.

تلفیق لایه‌ها و تعیین پهنه‌های مستعد جهت دفن نخاله‌های ساختمانی

پس از ارزیابی و وزن‌دهی پارامترها، برای به دست آوردن مناطق مستعد باید همه پارامترها را با هم ترکیب کرده تا مکان‌های مناسب مشخص شوند. نحوه امتیازدهی برای پارامترهای مختلف و محاسبه اوزان یا اهمیت نسبی هر پارامتر در بخش‌های قبل ذکر شد. لذا، برای محاسبه شاخص مناسب بودن، وزن هر پارامتر در امتیازات طبقات همان پارامتر ضرب شده و وزن نهایی حاصل می‌شود. در واقع، وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی از مجموع حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه ها به‌دست می‌آید که البته این محاسبات در محیط نرم افزار ArcGIS 9.3 و در جدول اطلاعاتی لایه-ها صورت گرفته و وزن نهایی هر لایه بر روی نقشه نمایش داده می‌شود. برای هر یک از روش‌های امتیازدهی به طور جداگانه این مراحل تکرار و نقشه‌های مورد نیاز تهیه می‌شود (شکل ۶). در جدول (۴)، اوزان تعیین شده برای معیارها، امتیازات طبقات هر معیار و وزن نهایی محاسبه شده برای هر طبقه از هر معیار نشان داده می‌شود.

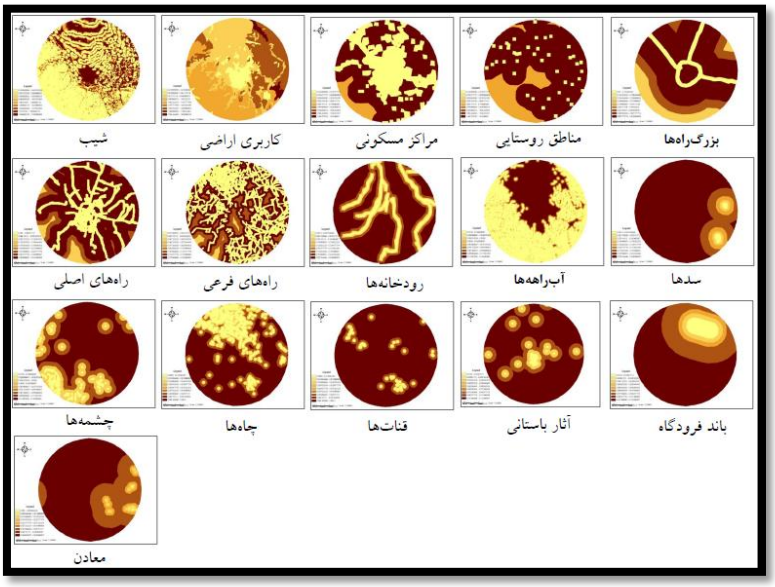
جدول ۴- اوزان معیارها، امتیازات و وزن نهایی طبقات پارامترها

Table 4- The Weights of Criteria, Scores and final weight of classes of The Parameters

معیار	وزن کلی معیار	امتیاز۱	وزن نهایی امتیاز۱	امتیاز۲	وزن نهایی امتیاز ۲	امتیاز۳	وزن نهایی امتیاز ۳
شیب	۰/۲۳۰	۹	۲/۰۷۰	۵	۱/۱۵۰	۲	۰/۴۶۰
		۹	۲/۰۷۰	۵	۱/۱۵۰	۲	۰/۴۶۰
		۷	۱/۶۱۰	۴	۰/۹۲۰	۲	۰/۴۶۰
		۵	۱/۱۵۰	۳	۰/۶۹۰	۱	۰/۲۳۰
		۳	۰/۶۹۰	۲	۰/۴۶۰	۱	۰/۲۳۰
		۱	۰/۲۳۰	۱	۰/۲۳۰	۰	۰
کاربری اراضی	۰/۲۳۰	۹	۲/۰۷۰	۵	۱/۱۵۰	۲	۰/۴۶۰
		۷	۱/۶۱۰	۴	۰/۹۲۰	۲	۰/۴۶۰
		۵	۱/۱۵۰	۳	۰/۶۹۰	۱	۰/۲۳۰
		۳	۰/۶۹۰	۲	۰/۴۶۰	۱	۰/۲۳۰
		۱	۰/۲۳۰	۱	۰/۲۳۰	۰	۰
مراکز مسکونی، تجاری و صنعتی	۰/۱۴۶	۹	۱/۳۱۴	۵	۰/۷۳۰	۲	۰/۲۹۲
		۵	۰/۷۳۰	۳	۰/۴۳۸	۱	۰/۱۴۶
		۱	۰/۱۴۶	۱	۰/۱۴۶	۰	۰
مناطق روستایی	۰/۱۴۶	۹	۱/۳۱۴	۵	۰/۷۳۰	۲	۰/۲۹۲
		۵	۰/۷۳۰	۳	۰/۴۳۸	۱	۰/۱۴۶
		۱	۰/۱۴۶	۱	۰/۱۴۶	۰	۰
بزرگ راه‌ها	۰/۰۷۰	۹	۰/۶۳۰	۵	۰/۳۵۰	۲	۰/۱۴۰
		۷	۰/۴۹۰	۳	۰/۲۱۰	۱	۰/۰۷۰
		۳	۰/۲۱۰	۳	۰/۲۱۰	۱	۰/۰۷۰
		۱	۰/۰۷۰	۱	۰/۰۷۰	۰	۰
راه‌های اصلی	۰/۰۳۵	۹	۰/۳۱۵	۵	۰/۱۷۵	۲	۰/۰۷۰
		۷	۰/۲۴۵	۳	۰/۱۰۵	۱	۰/۰۳۵
		۳	۰/۱۰۵	۳	۰/۱۰۵	۱	۰/۰۳۵
		۱	۰/۰۳۵	۱	۰/۰۳۵	۰	۰
راه‌های فرعی	۰/۰۱۷	۹	۰/۱۵۳	۵	۰/۰۸۵	۲	۰/۰۳۴
		۷	۰/۱۱۹	۳	۰/۰۵۱	۱	۰/۰۱۷
		۳	۰/۰۵۱	۳	۰/۰۵۱	۱	۰/۰۱۷
		۱	۰/۰۱۷	۱	۰/۰۱۷	۰	۰

رودخانه	۰/۰۲۷۴	۹	۰/۲۴۶۶	۵	۰/۱۳۷۰	۲	۰/۰۵۴۸
		۷	۰/۱۹۱۸	۳	۰/۰۸۲۲	۱	۰/۰۲۷۴
		۳	۰/۰۸۲۲	۳	۰/۰۸۲۲	۱	۰/۰۲۷۴
		۱	۰/۰۲۷۴	۱	۰/۰۲۷۴	۰	۰
سد	۰/۰۲۷۴	۹	۰/۲۴۶۶	۵	۰/۱۳۷۰	۲	۰/۰۵۴۸
		۷	۰/۱۹۱۸	۴	۰/۱۰۹۶	۲	۰/۰۵۴۸
		۵	۰/۱۳۷۰	۳	۰/۰۸۲۲	۱	۰/۰۲۷۴
		۳	۰/۰۸۲۲	۲	۰/۰۵۴۸	۱	۰/۰۲۷۴
		۱	۰/۰۲۷۴	۱	۰/۰۲۷۴	۰	۰
آب راهه	۰/۰۱۳۸	۹	۰/۱۲۴۲	۵	۰/۰۶۹۰	۲	۰/۰۲۷۶
		۷	۰/۰۹۶۶	۳	۰/۰۴۱۴	۱	۰/۰۱۳۸
		۳	۰/۰۴۱۴	۳	۰/۰۴۱۴	۱	۰/۰۱۳۸
		۱	۰/۰۱۳۸	۱	۰/۰۱۳۸	۰	۰
چشمه	۰/۰۱۳۸	۹	۰/۱۲۴۲	۵	۰/۰۶۹۰	۲	۰/۰۲۷۶
		۷	۰/۰۹۶۶	۳	۰/۰۴۱۴	۱	۰/۰۱۳۸
		۳	۰/۰۴۱۴	۳	۰/۰۴۱۴	۱	۰/۰۱۳۸
		۱	۰/۰۱۳۸	۱	۰/۰۱۳۸	۰	۰
چاه	۰/۰۰۶۸	۹	۰/۰۶۱۲	۵	۰/۰۳۴۰	۲	۰/۰۱۳۶
		۷	۰/۰۴۷۶	۳	۰/۰۲۰۴	۱	۰/۰۰۶۸
		۳	۰/۰۲۰۴	۳	۰/۰۲۰۴	۱	۰/۰۰۶۸
		۱	۰/۰۰۶۸	۱	۰/۰۰۶۸	۰	۰
قنات	۰/۰۰۶۸	۹	۰/۰۶۱۲	۵	۰/۰۳۴۰	۲	۰/۰۱۳۶
		۷	۰/۰۴۷۶	۳	۰/۰۲۰۴	۱	۰/۰۰۶۸
		۳	۰/۰۲۰۴	۳	۰/۰۲۰۴	۱	۰/۰۰۶۸
		۱	۰/۰۰۶۸	۱	۰/۰۰۶۸	۰	۰
باند فرودگاه	۰/۰۱۲۵	۹	۰/۱۱۲۵	۵	۰/۰۶۲۵	۲	۰/۰۲۵۰
		۷	۰/۰۸۷۵	۴	۰/۰۵۰۰	۲	۰/۰۲۵۰
		۵	۰/۰۶۲۵	۳	۰/۰۳۷۵	۱	۰/۰۱۲۵
		۳	۰/۰۳۷۵	۲	۰/۰۲۵۰	۱	۰/۰۱۲۵
		۱	۰/۰۱۲۵	۱	۰/۰۱۲۵	۰	۰

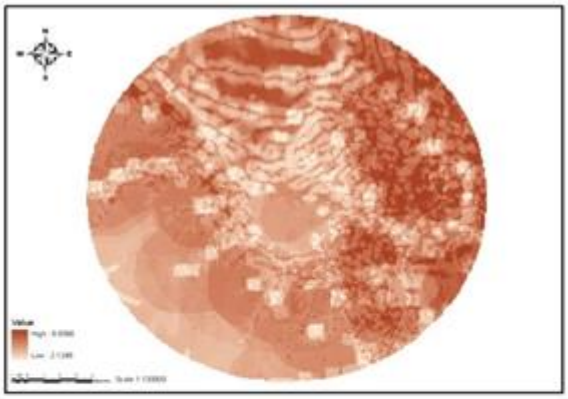
آثار باستانی	۰/۰۱۲۵	۹	۰/۱۱۲۵	۵	۰/۰۶۲۵	۲	۰/۰۲۵۰
		۷	۰/۰۸۷۵	۳	۰/۰۳۷۵	۱	۰/۰۱۲۵
		۳	۰/۰۳۷۵	۳	۰/۰۳۷۵	۱	۰/۰۱۲۵
		۱	۰/۰۱۲۵	۱	۰/۰۱۲۵	۰	۰
معادن	۰/۰۰۵	۹	۰/۰۴۵	۵	۰/۰۲۵	۲	۰/۰۱۰
		۷	۰/۰۳۵	۴	۰/۰۲۰	۲	۰/۰۱۰
		۵	۰/۰۲۵	۳	۰/۰۱۵	۱	۰/۰۰۵
		۳	۰/۰۱۵	۲	۰/۰۱۰	۱	۰/۰۰۵
		۱	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۰۵	۰	۰
مجموع اوزان	۱						



شکل ۶- لایه های رستری وزن دهی شده معیارها در امتیازدهی ۱

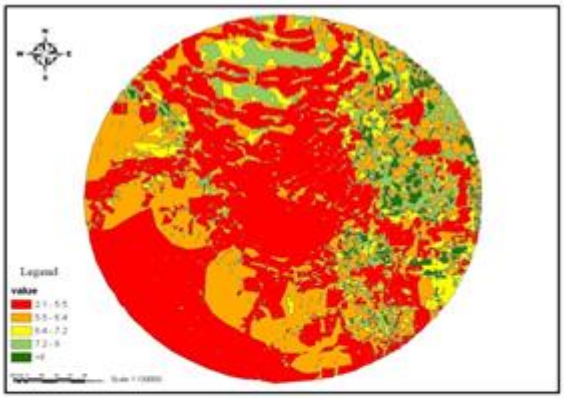
Figure 6- Raster layers weighted of criteria in Scoring 1

تلفیق نقشه‌ها در فرآیند مکان‌یابی جهت تجمیع اوزان نقشه‌ها (همه پارامترهای دخیل در مکان‌یابی) و به منظور یافتن مکانی با وزن بیش‌تر از سایر مناطق صورت می‌گیرد. لذا در این مرحله به منظور یافتن مکانی با بالاترین وزن، اقدام به تلفیق و تجمیع اوزان نقشه‌ها (۱۶ لایه رستری) در نرم افزار ArcGIS 9.3 می‌نماییم. در نهایت یک لایه رستری ایجاد می‌شود که این لایه مناطق مناسب را نشان می‌دهد که البته دربردارنده محدوده‌ای از مناسب بودن است (نقشه ۵). سپس این لایه رستری را در ۵ طبقه، طبقه‌بندی مجدد (طبقه‌بندی عددی) نموده و به Shapfile پلی‌گونی تبدیل می‌نماییم (نقشه ۶). این عملیات را برای هر سه نوع امتیازدهی تکرار کرده و انجام می‌دهیم.



نقشه ۵- لایه رستری حاصل از جمع ۱۶ لایه رستری وزن‌دهی شده در امتیازدهی ۱

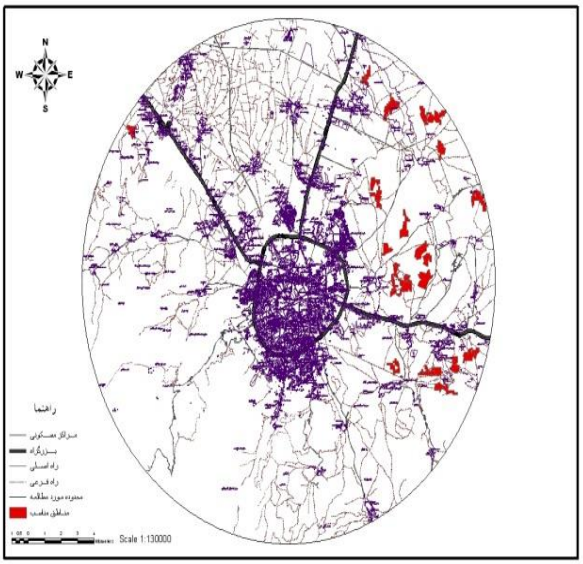
Map 5- The raster layers resulted of sum of 16 raster layer weighted in Scoring 1



نقشه ۶- لایه پلی‌گونی حاصل از طبقه‌بندی نقشه ۵

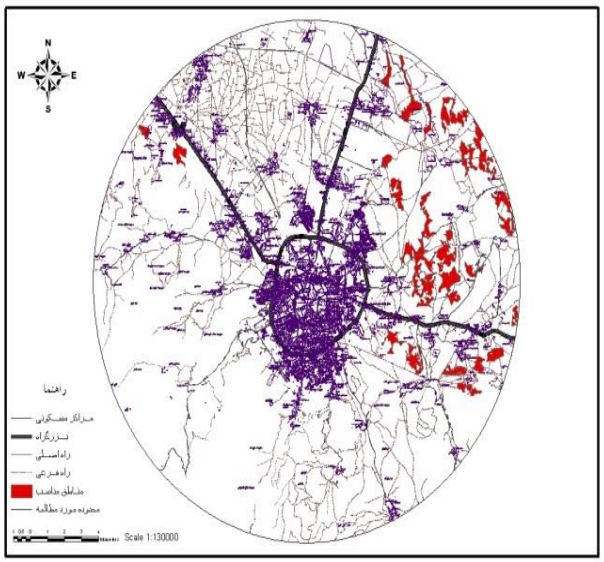
Map 6- The Polygon layer resulted of classification of map 5

از آن‌جا که محل دفن جدید باید برای سال‌های مدیدی قابل استفاده باشد، لذا لازم است وسعت قابل توجهی داشته باشد. حداقل وسعت در نظر گرفته شده برای پلی‌گون‌های مناطق مناسب، ۲۰ هکتار است. لذا مساحت پلی‌گون‌ها را محاسبه کرده و پلی‌گون‌های کوچک‌تر از ۲۰ هکتار را حذف می‌نماییم و در نهایت مکان‌های مناسبی را که مساحت آن‌ها برابر یا بیش‌تر از ۲۰ هکتار است، خواهیم داشت (نقشه‌های ۷، ۸ و ۹).



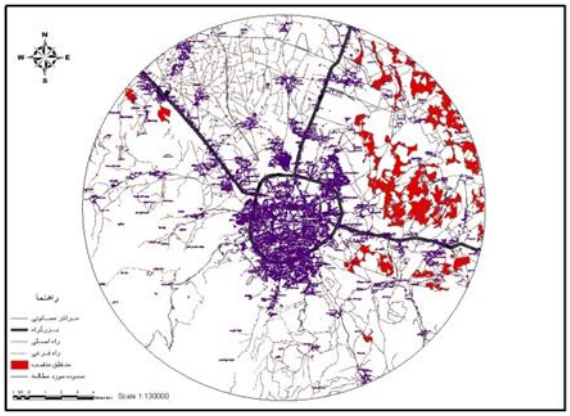
نقشه ۷- مناطق مناسب با وسعت ≤۲۰ هکتار جهت دفن نخاله‌های ساختمانی در امتیازدهی۱

Map 7- Suitable areas with an area of ≥20 hectares for Burial of Construction and Demolition Wastes in scoring 1



نقشه ۸- مناطق مناسب با وسعت ≤۲۰ هکتار جهت دفن نخاله‌های ساختمانی در امتیازدهی۲

Map 8- Suitable areas with an area of ≥20 hectares for Burial of Construction and Demolition Wastes in scoring 2



نقشه ۹- مناطق مناسب با وسعت ≤۲۰ هکتار جهت دفن نخاله‌های ساختمانی در امتیازدهی۳

Map 9- Suitable areas with an area of ≥20 hectares for Burial of Construction and Demolition Wastes in scoring 3

اولویت‌دهی به مناطق مناسب پیشنهادی جهت دفن نخاله‌های ساختمانی

همان‌طور که ذکر شد، وسعت مناطق پیشنهادی از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد، لذا به منظور انتخاب مناطق مناسب جهت دفن نخاله‌های ساختمانی، بین پلی‌گون‌هایی که مساحتی برابر یا بیش‌تر از ۲۰ هکتار دارند، امتیازدهی و تعیین اولویت می‌نماییم، بنابراین امتیازدهی و اولویت‌دهی به پلی-گون‌ها، براساس چندین پارامتر نظیر نوع کاربری اراضی، وسعت، یکپارچگی، مسافت (دوری یا نزدیکی پلی‌گون به مرکز شهر)، نزدیکی به مراکز جمعیتی، فضای لازم صورت می‌گیرد و در نهایت بر اساس امتیازات تعلق گرفته، مناطق مناسبی جهت دفن نخاله‌های ساختمانی پیشنهاد می‌شود. سپس براساس مجموع امتیازات هر پلی‌گون الویت‌دهی نموده، بدین ترتیب که پلی‌گون یا منطقه‌ای که بیش‌ترین امتیاز را دریافت نموده و از نظر پارامترهای فوق شرایط مناسب‌تری دارد، اولویت اول و به ترتیب الویت‌های دوم و سوم را به مناطق دیگر با امتیازات پایین‌تر اختصاص می‌دهیم. در جدول (۵) نحوه امتیازدهی به پارامتر کاربری اراضی نشان داده شده است.

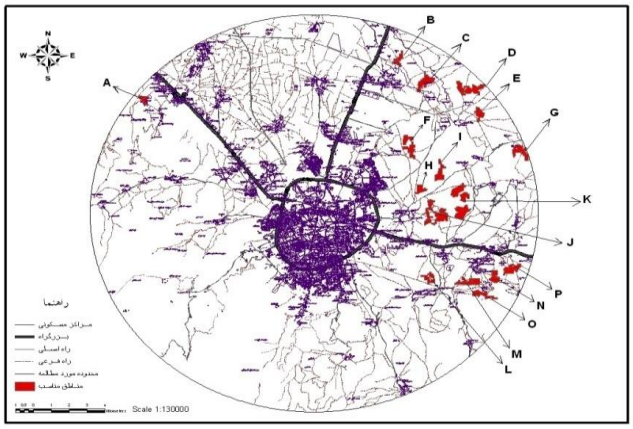
جدول ۵- ترتیب امتیازدهی به پارامتر کاربری اراضی

Table 5- The method of scoring to the parameter of landuse

نوع کاربری اراضی
اراضی متروکه
مراتع فقیر
مراتع نیمه متراکم
زراعت دیم
زراعت آبی

↓ کاهش

به منظور امتیازدهی به پلی‌گون‌های منتخب در امتیازدهی ۱ (نقشه ۷)، باید آن‌ها را نام‌گذاری نموده (نقشه ۱۰) و با امتیازدهی و تجمیع امتیازات پلی‌گون‌ها، اولویت‌دهی به مناطق را انجام دهیم. نتیجه در جدول (۶) نشان داده می‌شود.



نقشه ۱۰- نام‌گذاری مناطق مناسب با وسعت ≥۲۰ هکتار جهت اولویت‌دهی به پلی‌گون‌ها در امتیازدهی۱

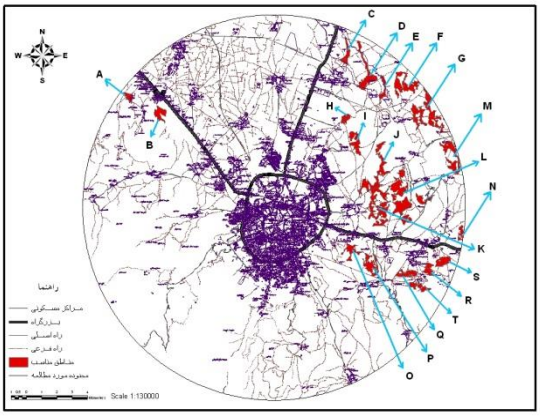
Map 10- Naming of suitable areas with an area of ≥20 hectares for giving priority to polygons in scoring 1

جدول ۶- امتیازدهی به پلی‌گون‌های منتخب در امتیازدهی ۱

Table 6- The Scoring to selected polygons in the Scoring 1

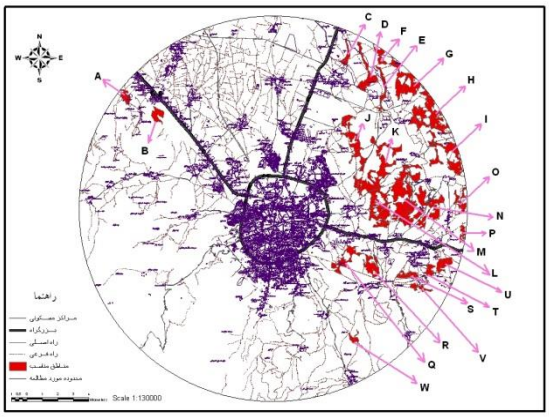
پلی‌گون	کاربری اراضی	وسعت	یکپارچگی	مسافت (دوری یا نزدیکی)	نزدیکی به مراکز جمعیتی	فضا	جمع
A	۱	۱	۲	۱	۱	۱	**۷**
B	۳	۱	۱	۲	۱	۱	**۹**
C	۳	۲	۲	۲	۲	۲	**۱۳**
D	۱	۲	۲	۱	۲	۲	**۱۰**
E	۱	۱	۱	۱	۱	۲	**۷**
F	۱	۲	۲	۳	۱	۲	**۱۱**
G	۱	۲	۲	۱	۲	۱	**۹**
H	۱	۱	۲	۳	۱	۱	**۹**
I	۱	۲	۲	۳	۲	۲	**۱۲**
J	۱	۲	۱	۳	۱	۱	**۹**
K	۱	۲	۲	۳	۲	۲	**۱۲**
L	۱	۱	۱	۳	۱	۲	**۹**
M	۲	۲	۱	۳	۱	۱	**۱۰**
N	۲	۱	۲	۲	۱	۱	**۹**
O	۲	۲	۱	۲	۲	۱	**۱۰**
P	۱	۲	۱	۱	۱	۱	**۷**

به منظور امتیازدهی به پلی‌گون‌های منتخب در امتیازدهی ۲ و ۳ (نقشه‌های ۸ و ۹)، نیز به‌این صورت عمل می‌نماییم (نقشه‌های ۱۱ و ۱۲).



نقشه ۱۱- نام‌گذاری مناطق مناسب با وسعت ≥۲۰ هکتار جهت اولویت‌دهی در امتیازدهی۲

Map 11- Naming of suitable areas with an area of ≥20 hectares for giving priority to polygons in scoring 2



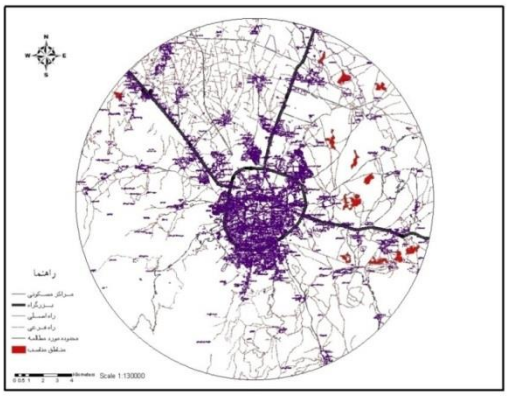
نقشه ۱۲- نام‌گذاری مناطق مناسب با وسعت ≥۲۰ هکتار جهت اولویت‌دهی در امتیازدهی۳

Map 12- Naming of suitable areas with an area of ≥20 hectares for giving priority to polygons in scoring 3

نتایج و بحث

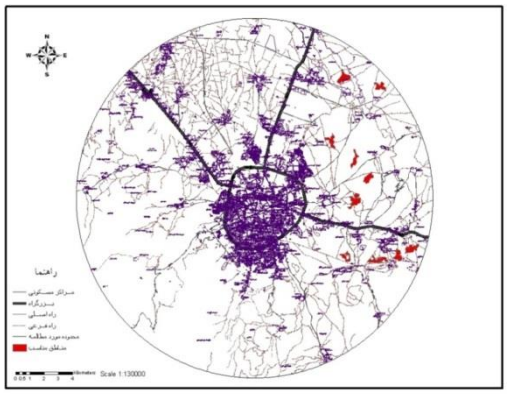
AHP یکی از روش‌های جامع تصمیم گیری است، به طوری که علاوه بر این‌که امکان مدل کردن متغیرهای زبانی را فراهم می سازد، در فرآیندی سلسله مراتبی به مقایسه گزینه ها و ویژگی ها می پردازد و رتبه نهایی گزینه ها را تعیین می‌کند. رتبه نهایی گزینه ها در روش AHP دارای انعطاف پذیری بالایی است، به طوری که امکان قضاوت درباره تمام گزینه ها وجود دارد (۱۳). تلفیق GIS و MCDA ابزار قدرت‌مندی جهت حل مسأله انتخاب مکان لندفیل می باشد، زیرا GIS به صورت کارا و موثر، کاربری و ارایه داده ها را فراهم می‌آورد و MCDA درجه بندی سازگار از نواحی بالقوه مناسب لندفیل بر مبنای تعدادی از معیارها را مهیا می‌سازد. علاوه بر این، امکان می دهد تا با توجه به اهمیت هر یک از پارامترها در وزن دهی لایه ها، بهترین گزینه ممکن، در منطقه مورد بررسی را مشخص نماید. چنان‌چه در تحقیق مشابهی که توسط غیورسالانقوچ و همکاران در سال ۱۳۹۰ و به منظور مکان‌یابی لندفیل شهر قوچان با استفاده از تلفیق سیستم GIS و روش MCDA انجام شد، به منظور تعیین وزن نسبی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد و لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط GIS 9.3 آماده‌سازی و در نرم افزار Expert Choice11 وزن‌دهی گردیدند (۸).

با توجه به نقشه‌های(۷، ۸ و ۹) که حاصل سه نوع امتیازدهی به منظور انجام آنالیز چند معیاره AHP است، در می‌یابیم که تفاوت چندانی در نتایج حاصل از روش‌های مختلف امتیازدهی مشاهده نمی‌شود و مناطق مناسب در سه نقشه مذکور در یک قاچ ۹۰ درجه‌ای قرار گرفته است. بنابراین ۳ نقشه فوق را با دستور Intersect روی‌هم گذاری نموده و نقشه ۱۳ حاصل گردید. سپس مناطق مناسبی که وسعت آن‌ها کم‌تر از ۲۰ هکتار است را حذف کرده و نقشه ۱۴ به‌دست آمد. در نهایت به منظور امتیازدهی به پلی‌گون‌های نقشه ۱۴، باید آن‌ها را نام-گذاری نموده (نقشه ۱۵) و با امتیازدهی و تجمیع امتیازات پلی‌گون‌ها، اولویت‌دهی به مناطق را انجام دهیم.



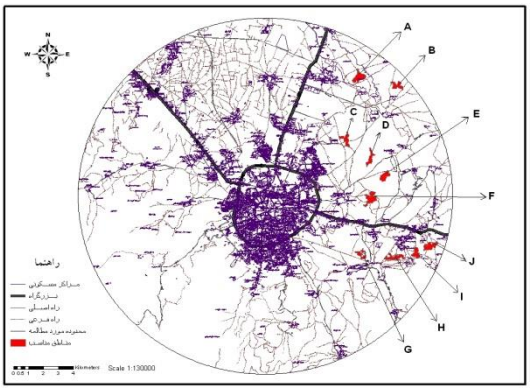
نقشه ۱۳- نقشه حاصل از روی‌هم گذاری مناطق مناسب نقشه‌های ۷، ۸ و ۹

Map 13- The Map resulted of overlaying of suitable areas of maps 7, 8 and 9



نقشه ۱۴- نقشه مناطق مناسب با وسعت ≤ ۲۰ هکتار جهت دفن نخاله‌های ساختمانی

Map 14- The Map of suitable areas with an area of ≥20 hectares for Burial of Construction and Demolition Wastes

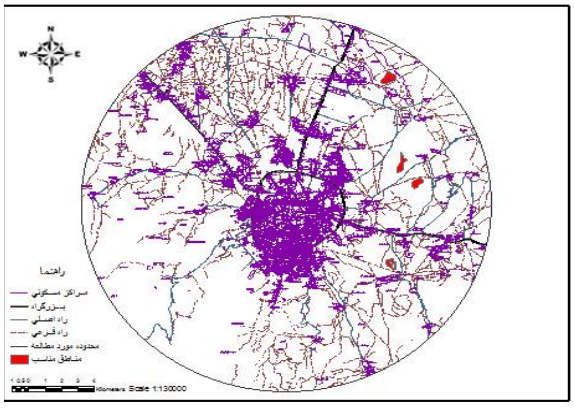


نقشه (۱۵)- نام‌گذاری مناطق مناسب با وسعت ≤۲۰ هکتار جهت اولویت‌دهی به پلی‌گون‌های نقشه ۱۴

Map 15: Naming of suitable areas with an area of ≥20 hectares for giving priority to polygons of map 14

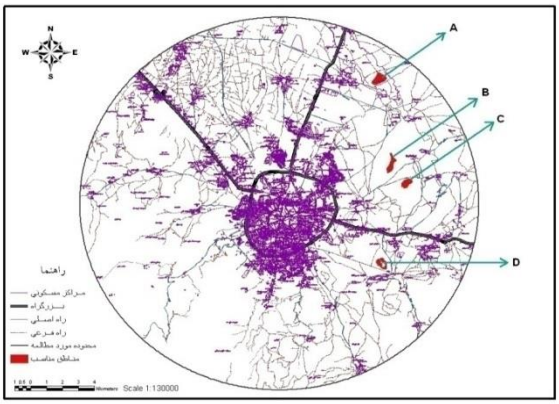
مناطق نهایی منتخب جهت دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان

با بررسی نتایج نقشه‌های حاصل از سه نوع روش امتیازدهی و با توجه به نقشه حاصل از روی‌هم گذاری مناطق مناسب سه نقشه مذکور و امتیازات دریافتی پلی‌گون‌ها، در نهایت با اعمال نظر کارشناسی، ۴ پلی‌گون انتخاب شده که در همه روش‌های امتیازدهی الویت اول، دوم و یا سوم را داشته‌اند (نقشه ۱۶). در نهایت به منظور تعیین محل نهایی جهت دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان، اولویت‌دهی به پلی‌گون‌های منتخب نهایی (نقشه ۱۶)، توسط امتیازدهی براساس چندین پارامتر نظیر نوع کاربری اراضی، وسعت، یکپارچگی، مالکیت، زیبایی-شناختی (آلودگی بصری)، ترافیک و جهت باد غالب منطقه صورت می‌گیرد. لذا به منظور امتیازدهی به پلی‌گون‌های نقشه ۱۶، باید آن‌ها را نام‌گذاری نموده (نقشه ۱۷) و با اعمال نظرات کارشناسی، امتیازدهی کرده و با تجمیع امتیازات پلی‌گون‌ها، اولویت‌دهی به مناطق را انجام دهیم که نتیجه در جدول (۷) نشان داده شده است.



نقشه ۱۶- مناطق مناسب منتخب جهت دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان

Map 16- The selected suitable areas for Burial of Construction and Demolition Wastes of Hamadan city



نقشه ۱۷- نام‌گذاری مناطق مناسب منتخب جهت اولویت‌دهی به پلی‌گون‌های نقشه ۱۶

Map 17- Naming of selected suitable areas for giving priority to polygons of map 16

جدول ۷- امتیازدهی به پلی‌گون‌های نقشه ۱۷

Table 7- The Scoring to polygons of map 17

پلی‌گون	کاربری اراضی	وسعت	یکپارچگی	مالکیت *	ترافیک	زیبایی شناختی	جهت باد	جمع
A	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۱۲
B	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱۳
C	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۱۰
D	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۸

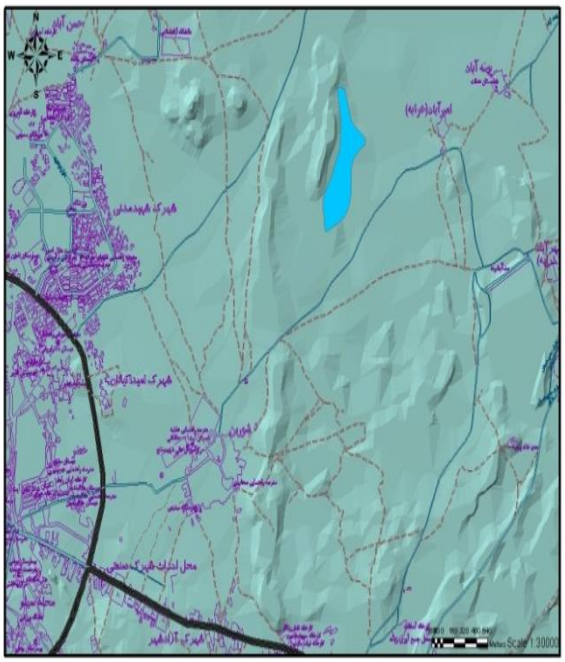
* در خصوص پارامتر مالکیت، پلی‌گونی که به‌دست آوردن مالکیت آن آسان‌تر و محتمل‌تر باشد، امتیاز ۲ و در غیر این صورت امتیاز ۱ می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد، مورد استفاده قرار می گیرد. AHP یکی از گسترده ترین ابزارهای تصمیم گیری چند معیاره است که قادر است مسایل بسیار پیچیده را به مسایل ساده تر تبدیل کند (۸). چنان‌چه در تحقیقات مشابهی که توسط متکان و همکاران در سال ۱۳۸۸و به منظور مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی در تهران و در سال ۱۳۸۷ و به منظور مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند در شهر تبریز انجام شد، نتایج نشان دادند که روش AHP به دلیل انعطاف پذیری بالا مناسب‌ترین روش مورد استفاده می باشد (۵ و ۱۶).

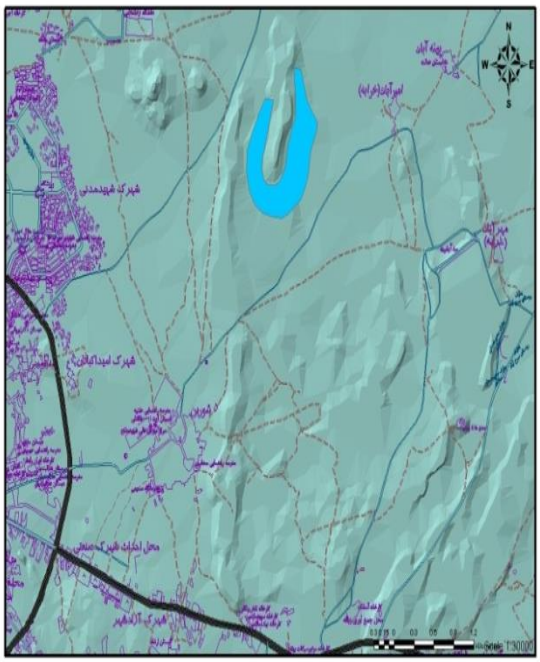
همان‌طور که از مجموع امتیازات جدول ۸ برمی‌آید، نتیجه می-گیریم که پلی‌گون B بیش‌ترین امتیاز را دریافت نموده است، لذا، این منطقه اولویت اول را برای دفن نخاله‌های ساختمانی شهر همدان دارا می‌باشد. این پلی‌گون با وسعتی حدود ۳۴ هکتار در شرق شهر همدان واقع شده و در فاصله ۷/۵ کیلومتری از مرکز شهر روی نقشه و ۱۱ کیلومتری از مرکز

شهر روی زمین قرار دارد. بررسی‌های بیش‌تر و بازدیدهای میدانی صورت گرفته از این محل، اطلاعات کامل‌تری از ویژگی‌های منطقه موردنظر به‌دست داد و محل آتی دفن نخاله-های ساختمانیِ شهر همدان را تعیین نمود (شکل ۷). عملیات تخلیه و دفن نخاله‌های ساختمانی را می‌توان با دو روش حلزونی و ارتفاعی انجام داد. با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه در نقشه ۱۸ و وجود ارتفاعات در اطراف منطقه پیشنهادی (پلی‌گون B)، می‌توان از روش ارتفاعی برای تخلیه و دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان بهره جست. در روش ارتفاعی، وسیله نقلیه حامل نخاله‌های ساختمانی در ارتفاعات قرار گرفته و با تخلیه نخاله‌ها به سمت پایین و داخل گودی‌ها، عملیات دفن را انجام می‌دهد، به‌طوری‌که به منظور افزایش وسعت و مدت زمان بهره‌وری محل دفن انتخابی، می‌توان از سایر گودی‌های اطراف این ارتفاعات بهره جست و وسعت محل دفن پیشنهادی را گسترش داد (نقشه ۱۹). لذا به منظور دست‌یابی به اطمینان بیش‌تر از منطقه پیشنهادی نقشه ۱۹، بررسی‌های بیش‌تری در خصوص فاصله این منطقه (منطقه اضافه‌شده) از معیارهای دخیل در مکان‌یابی صورت گرفت و این منطقه با وسعتی حدود ۷۰ هکتار، به عنوان محل دفن پیشنهادی تعیین گردید. از آن‌جا که محل دفن پیشنهادی در ارتفاعات اطراف محصور شده، لذا از نظر زیبایی‌شناختی مشکلی ایجاد نخواهد کرد.



نقشه ۱۸- وضعیت توپوگرافی منطقه نسبت به پلی‌گون B

Map 18- The topography of the region proportion to the position of polygon B



نقشه ۱۹- وضعیت توپوگرافی منطقه نسبت به منطقه پیشنهادی جهت دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان

Map 19- The topography of the region proportion to proposed area for Burial of Construction and Demolition Wastes of Hamadan city

شکل ۷- محل آتی دفن نخاله‌های ساختمانیِ شهر همدان

Figure 7- The future site for Burial of Construction and Demolition Wastes of Hamadan city

پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی

۱- مطالعاتی در خصوص ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نخاله‌های ساختمانی شهر همدان در محل دفن فعلی و آتی.

۲- مطالعه و بررسی ترکیب نخاله‌های ساختمانی شهر همدان به منظور شناخت و تفکیک نخاله‌ها جهت بازیافت .

۳- مطالعه و بررسی میزان تولید نخاله‌های ساختمانی شهر همدان به منظور برنامه‌ریزی جهت دفع آن‌ها و اعمال مدیریت کارآمد.

۴- مطالعاتی در خصوص مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی با استفاده از سایر روش‌های وزن‌دهی و تصمیم‌گیری چند معیاره.

منابع

1. Shokohian, M., Najafian Razavi, A., 2011, Management and approach of reduction of environmental pollution of construction wastes and their recycling, 6th National Congress on Civil Engineering, Semnan University, 8 p (In Persian).
2. Jaafarzadeh, N., Takdastan, A., Abtahi, M., 2004, Separation, recycling and disposal of construction wastes, Waste Management, 2(3): 31-39 (In Persian).
3. Mousavi, A., Hafezi Moghadas, N., 2011, Environmental organizing of construction wastes of city of Shahrood, The 7th Iranian conference of engineering geology and the Environment, Shahrood University of Technology, 11 p (In Persian).
4. Rezaei, H., Lashgari Pour G.R., 2009. Geotechnical properties of construction waste and their application in construction projects, 6th Iranian Conference of Engineering Geology and the Environment, Tarbiat Modares University, 7 p (In Persian).
5. Matkan, A.A., Shakib, A.R., Pouali, S.H., Nazmfar, H., 2009, Urban waste landfill site selection by GIS (Case study: Tabriz City), Environmental Sciences, 6(2): 121-132 (In Persian).
6. Coronado, M., Dosal, E., Coz, A., Viguri, J. R., Andres, A., 2011, Estimation of construction and

demolition waste (C&DW) generation and multicriteria analysis of C&DW management alternatives: A case study in Spain, Waste and Biomass Valorization, 2: 209-225.

7. Bolouri Bazzaz, J., Zanjani, M.M,, 2010, An investigation on the strength of road base materials made of recycled construction debris, Transportation Research Journal, 7(2): 119-133 (In Persian).
8. Ghauor, Z., Razmara, M., 2018, Landfil location in Quchan city using the integration of the GIS system and the MCDA method, Journal of Environmental Geology, 12(42): 11-20 (In Persian).
9. Boroumandi, M., Khamehchyian, M., Nikoudel, M.R., 2015, Hazardous wastes landfill site selection using analytical hierarchy process (AHP) in Zanjan Province, Journal of Environmental Science and Technology, 16(4): 97-109 (In Persian).
10. Sener, S., Sener, E., Nas, B., Karaguzel, R., 2010, Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey), Waste Management, 30: 2037-2046.
11. Azimi Hosseini, M., Nazari Far, M.H., Moemeni, R., 2014, Application of GIS in site selection, Mehregan Ghalam Publication, Tehran, pp 304 (In Persian).
12. Fataee, E., Alesheikh, A., 2009, Housing site selection of landfills for urban solid wastes using GIS technology and analytical Hierarchy process (A case study in the city of Givi), Environmental Sciences, 6(3): 145-158 (In Persian).
13. Amini, J., Karami, J., Alimohammadi Sarab, A., Hashemi, S.H., 2010, Evaluation of fuzzy screening, AHP and AHP-OWA decision making methods in site selection for rural sports-cultural centers (Case study: Cani Bzar, Mahabad), IranianRemote Sensing & GIS, 1(4): 41-54 (In Persian).
14. Shahabi, H., Barzegar, S., Keihanfard, S., Keyhanfard, S., 2011, Comparison and evaluation frequently and AHP methods in ranking site selection (Case study: 4 region of Tehran 15 zone), Journal of Geograpical Sciences, 18(21): 111-129 (In Persian).
15. Karimi, V., Ebadi, H., Ahmadi, S., 2007, Modeling the site selection of urban facilities using GIS with emphasis on the location of multi-storey car parks, Geomatics Conference, 6 p (In Persian).
16. Matkan, A.A., Shakiba, A., Pourali, S.H., Ebadi, E., 2009, Crisp and fuzzy decision making in multistore public parking lots, Environmental Sciences, 6(3): 207-222 (In Persian).