بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن

مکان‌یابی دمپ باطله با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با نگرش خاص زیست محیطی- مطالعه موردی: معدن مس عباس‌آباد

نگارنده: میلاد مونسان

استاد راهنما:

دکتر محمد عطایی

دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی

بهمن ۱۳۹۶

شماره: ۴۶/۹۶/۲۰۸۱
تاریخ: ۹۶/۱۱/۲۳

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای میلاد مونسان با شماره دانشجویی ۹۴۱۷۲۷۴ رشته مهندسی معدن، گرایش استخراج معدن تحت عنوان مکان‌یابی دمپ باطله با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با نگرش خاص زیست محیطی- مطالعه موردی: معدن مس عباس‌آباد که در تاریخ ۱۳۹۶/۱۱/۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: خیلی خوب) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☑ عملی ☑

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر محمد عطایی	استاد	
۲- استادراهنمای دوم	دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی	استادیار	
۳- استاد مشاور	—	—	—
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد جهانی چگنی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر رضا خالو کاکایی	استاد	
۶-ـ استاد ممتحن دوم	دکتر محمد کارآموزیان	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: علیرضا عباس‌زاده

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۹۶/۱۱/۲۳

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به مهربان فرشتگانی که،

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست،

تقدیم به خانواده عزیزم.

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنکه مهر آسمانی اش آرام بخش آلام زمینی ام است به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم.

تقدیم به آرام جانم، مقدس ترین واژه در لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت او می دانم.

تقدیم به برادران مهربانم، مهرشاد و آرمین عزیزم که در طی این چند سال مرا یاری دادند.

تشکر و قدردانی

سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم رسیده و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگیم مراقوت قلب بود.

با امتنان بیکران از مساعدت های بی شائبه ی استاد شایسته **جناب آقای دکتر محمد عطایی** مهربان که با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند و همچنین از استاد و سرور عزیزم **جناب آقای دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی** مهربان که در طی این چند سال دائما مراد در تمام مراحل زندگی ام یاری کردند و همچون برادری یار بنده بودند و زحمت راهنمایی مراد این پایان نامه بر عهده گرفتند، همچنین از اساتید و داوران گران قدر، آقایان دکتر رضا خالوکاکایی که استاد بنده و پدرم بودند و دکتر محمد کارآموزیان، که داوری پایان نامه بنده حقیر را پذیرفتند و نیز از مهندس بیطرف، مدیر عامل شرکت مس کاوان عباس آباد و مهندس رضاییان عزیز و مهندس رحیمی و مهندس یگانه که از قرار دادن اطلاعات در اختیار بنده از هیچ کمکی دریغ نکردند و با همکاری صبورانه در این پروژه مرا یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

سپاس بی دریغ از عموی عزیزم، علی آقا مونسان و دوستان گران مایه ام مهندسین سید محمود معصومی نسب، علی رضایی، رسول رمضان نیا طلوتی و سرکار خانوم مهندس فاطمه شهنما، که همگی مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده اند.

با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

تعهدنامه

میلاد مونسان

اینجانب **میلاد مونسان** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته‌ی معدن گرایش **استخراج معدن** دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه با موضوع **مکان‌یابی دمپ باطله با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با نگرش خاص زیست محیطی- مطالعه موردی: معدن مس عباس‌آباد** تحت راهنمایی **دکتر محمد عطایی و دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام‌شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا « Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده(یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ :۱۳۹۶/۱۰/۲۵

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات، مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته‌شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

- استفاده از اطلاعات نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده:

با توجه به مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در یک معدن، برای تعیین محل دمپ باطله باید تحقیقات اساسی و جامعی انجام شود تا بتوان بهترین مکان را برای دمپ باطله انتخاب کرد. البته این انتخاب خود شامل تجزیه و تحلیل و جمع آوری اطلاعات زیادی است. تعیین محل دمپ باطله یکی از ارکان اصلی در هر معدن است، زیرا این دمپ تا مدت زیادی در معدن مورد استفاده قرار می‌گیرد و تمام مسائل مختلف را به خود اختصاص می‌دهد. باتوجه به بررسی‌های انجام شده، میزان برداشت باطله در طی یک روز در معدن مس عباس‌آباد، بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تن می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود دمپ باطله‌ای که در این پایان‌نامه محل آن انتخاب خواهد شد،با توجه به وزن مخصوص نابرجا باطله که ۱/۷ و وزن مخصوص برجا باطله حدود ۲/۷۳ می‌باشد، باطله حدود ۲۰ میلیون تن را در خود جای دهد. در این تحقیق با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، اطلاعات مربوط به شاخص‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مناطق مستعد برای جانمایی دمپ باطله شناسایی شدند. بدین منظور ابتدا داده‌های مورد نیاز مانند نقشه های زمین شناسی منطقه، نقشه رقومی، توپوگرافی و ... پس از برداشت‌های صورت گرفته و محدودیت‌های موجود تهیه شد، پس از آن عوامل موثر در تعیین دمپ باطله مانند: شیب، آب‌های سطحی، مسیرهای دسترسی و ... بر اساس مطالعه مقالات و شرایط موجود در معدن مشخص شد، سپس این عوامل توسط کارشناسان، که شامل متخصصان معدنی و دانشگاهی بود، مورد نظرسنجی قرار گرفت. براساس روش فازی دلفی، ضرائب مربوط به هر لایه از تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها به‌دست آمد. پس از بررسی‌های انجام شده در معدن، تعدادی از این شاخص‌ها با یکدیگر تلفیق و یا حذف شدند. هرلایه اطلاعاتی به طور جداگانه وارد نرم‌افزار GIS شد و خروجی تمام لایه‌ها به‌دست آمد. پس از آن، نتایج دو روش با یکدیگر تلفیق و خروجی مورد نظر به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و چند معیاره فازی، جانمایی دمپ باطله، معدن مس عباس‌آباد، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

فهرست مطالب

۱- فصل اول:کلیات ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-اهمیت و ضرورت تحقیق ۳

۱-۳-کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل دمپ باطله ۴

۱-۴-منطقه مورد مطالعه ۵

۱-۵-طرح مسئله ۶

۱-۶-روش تحقیق ۶

۱-۷-ساختار پایان‌نامه ۷

۲- فصل دوم: مبانی انتخاب محل دمپ باطله ۹

۲-۲-مقدمه ۱۰

۲-۲-بررسی موارد موثر در جانمایی دمپ باطله ۱۰

۲-۳-شاخص و پارامترهای موثر در جانمایی دمپ باطله ۱۱

۲-۳-۱-شاخص‌های محیط‌زیست ۱۳

۲-۳-۲-شاخص‌های اقتصادی ۱۵

۲-۳-۳-شاخص‌های فنی ۱۷

۲-۴-روش‌های تعیین محل دمپ باطله ۱۹

۲-۴-۱-تصمیم‌گیری چند معیاره ۲۰

۲-۴-۲-تصمیم‌گیری چند معیاره فازی ۲۲

۲-۴-۳-سیستم اطلاعات جغرافیایی **GIS** ۳۹

۲-۴-۴-تلفیق تصمیم‌گیری چند معیاره با **GIS** ۴۰

۲-۵-جمع‌بندی ۴۱

۳- فصل سوم: تهیه نقشه‌های اولیه و استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی.. ۴۳

۳-۱=مقدمه ۴۴

۳=۲= معرفی منطقه مورد مطالعه ۴۴

۳-۳-شاخص موثر در تعیین محل دمپ باطله ۴۵

۳-۴-تهیه پرسش‌نامه برای پارامترها ۴۵

۳-۴-۱-تعریف اعداد فازی در پرسش‌نامه ۴۶

۳-۵-تشکیل ماتریس مقایسه زوجی بر اساس پرسش‌نامه ۵۰

۳-۵-۱-تشکیل ماتریس مقایسه زوجی ۶۱

۳-۵-۲-محاسبه Z و Z_i ۶۲

۳-۵-۳-محاسبه وزن فازی و غیرفازی پارامترها ۶۴

۳-۵-۴-محاسبه وزن پارامترها بدون در نظر گرفتن وزن شاخص اصلی ۶۵

۳-۶-محاسبه ضرائب برای شاخص‌های اصلی ۶۷

۳-۷-تلفیق ضرائب پارامترها و شاخص‌ها با یکدیگر ۶۷

۳-۸-تهیه نقشه‌های اولیه ۶۸

۳-۸-۱-تهیه نقشه مربوط به گسل ۶۸

۳-۸-۲-تهیه نقشه زمین‌شناسی ۶۹
۳-۸-۳-تهیه نقشه آبراهه‌ها ۷۰
۳-۸-۴-تهیه نقشه شیب ۷۱
۳-۸-۵-تهیه نقشه تغییرات ارتفاع ۷۲
۳-۸-۶-تهیه نقشه مسیرهای دسترسی (راه) ۷۳
۳-۹-جمع‌بندی ۷۴
۴- فصل چهارم: تولید لایه‌های اطلاعاتی در GIS و تلفیق آن‌ها در GIS با یکدیگر ۷۵
۴-۱-مقدمه ۷۶
۴-۲-حذف برخی پارامترها ۷۶
۴-۳-تولید لایه‌های اطلاعاتی در نرمافزار GIS ۷۹
۴-۳-۱-تولید لایه اطلاعاتی فاصله از گسل ۷۹
۴-۳-۲-تولید لایه اطلاعاتی چگالی گسل ۸۰
۴-۳-۳ تولید لایه اطلاعاتی جنس لایه ۸۱
۴-۳-۴-تولید لایه اطلاعاتی آبراهه ۸۳
۴-۳-۵-تولید لایه اطلاعاتی شیب منطقه ۸۴
۴-۳-۶-تولید لایه اطلاعاتی تغییرات ارتفاع منطقه ۸۵
۴-۳-۷-تولید لایه اطلاعاتی مسیرهای دسترسی (راه) ۸۶
۴-۴-نتایج به‌دست آمده از روش فازی دلفی ۸۷
۴-۵-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار GIS ۸۸

۴-۵-۱-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش هم‌پوشانی ساده ۸۸

۴-۵-۲-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش هم‌پوشانی وزن‌دار ۹۰

۴-۶-جمع‌بندی ۹۳

۵- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۹۵

۵-۱-جمع‌بندی ۹۶

۵-۲- نتیجه‌گیری ۹۸

۵-۳-پیشنهادها ۹۹

منابع ۱۰۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: نمای کلی منطقه. ۶
شکل ۲-۱: شاخص‌ها و زیر مجموعه‌ها ۱۲
شکل ۲-۲: نمایش عدد فازی مثلثی برای پارامتر. ۲۴
شکل ۲-۳: نمایش عدد فازی ذوزنقه‌ای برای پارامتر ۲۵
شکل ۲-۴: درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم. ۳۲
شکل ۲-۵: مراحل اجرای روش دلفی فازی ۳۶
شکل ۲-۶: تابع عضویت مثلثی در روش فازی دلفی. ۳۷
شکل ۳-۱: نقشه مربوط به خطواره‌های گسل در منطقه مورد مطالعه. ۶۹
شکل ۳-۲: نقشه مربوط به زمشناسی منطقه مورد مطالعه. ۷۰
شکل ۳-۳: نقشه مربوط به آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه. ۷۱
شکل ۳-۴: نقشه مربوط به مقدار شیب در منطقه مورد مطالعه. ۷۲
شکل ۳-۵: نقشه مربوط به تغییرات ارتفاع در منطقه مورد مطالعه. ۷۳
شکل ۳-۶: نقشه مربوط به مسیرهای دسترسی در منطقه مورد مطالعه. ۷۴
شکل ۴-۱: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به فاصله از گسل. ۸۰
شکل ۴-۲: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به چگالی گسل. ۸۱
شکل ۴-۳: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به میزان نفوذپذیری. ۸۲
شکل ۴-۴: لایه خروجی اطلاعات مربوط به تراکم آبراهه. ۸۳
شکل ۴-۵: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به شیب. ۸۵
شکل ۴-۶: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به تغییرات ارتفاع. ۸۶
شکل ۴-۷: لایه خروجی اطلاعات مربوط به مسیرهای دسترسی (راه). ۸۷

شکل ۴-۸: نمایی کلی تعیین دمپ باطله به روش هم‌پوشانی ساده. ۸۹
شکل ۴-۹: خروجی روش هم‌پوشانی ساده. ۹۰
شکل ۴-۱۰: نمایی کلی تعیین دمپ باطله به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS..... ۹۱
شکل ۴-۱۱: خروجی روش همپوشانی وزن‌دار. ۹۲
شکل ۵-۱: میزان اهمیت پارامترها در جانمایی دمپ باطله. ۹۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل (از قدیم به جدید).. ..... ۴

جدول ۲-۱: تفاوت‌های مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و چند هدفه. ۲۱

جدول ۲-۲: مثالی برای ماتریس مقایسه زوجی ۳۳

جدول ۲-۳: وزن نرمال شده معیارها در ماتریس مقایسه زوجی ۳۵

جدول ۳-۱: اعداد تعریف شده در روش فازی دلفی. ۴۶

جدول ۳-۲: شاخص‌های محیط‌زیست. ۴۷

جدول ۳-۳: شاخص‌های اقتصادی. ۴۸

جدول ۳-۴: شاخص‌های فنی معدن. ۴۹

جدول ۳-۵: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس اول برای شاخص‌های محیط‌زیست..... ۵۱

جدول ۳-۶: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس اول برای شاخص‌های اقتصادی..... ۵۱

جدول ۳-۷: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس اول برای شاخص‌های فنی..... ۵۱

جدول ۳-۸: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دوم برای شاخص‌های محیط‌زیست ۵۲

جدول ۳-۹: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دوم برای شاخص‌های اقتصادی..... ۵۲

جدول ۳-۱۰: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دوم برای شاخص‌های فنی ۵۲

جدول ۳-۱۱: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس سوم برای شاخص‌های محیط‌زیست ۵۳

جدول۳-۱۲: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس سوم برای شاخص‌های اقتصادی ۵۳

جدول ۳-۱۳: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس سوم برای شاخص‌های فنی ۵۳

جدول ۳-۱۴: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس چهارم برای شاخص‌های محیط‌زیست..... ۵۴

جدول ۳-۱۵: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس چهارم برای شاخص‌های اقتصادی ۵۴

جدول ۳-۱۶: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس چهارم برای شاخص‌های فنی..... ۵۴

جدول ۳-۱۷: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس پنجم برای شاخص‌های محیط‌زیست ۵۵

جدول ۳-۱۸: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس پنجم برای شاخص‌های اقتصادی ۵۵
جدول ۳-۱۹: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس پنجم برای شاخص‌های فنی..... ۵۵
جدول ۳-۲۰: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس ششم برای شاخص‌های محیط‌زیست..... ۵۶
جدول ۳-۲۱: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس ششم برای شاخص‌های اقتصادی ۵۶
جدول ۳-۲۲: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس ششم برای شاخص‌های فنی..... ۵۶
جدول ۳-۲۳: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هفتم برای شاخص‌های محیط‌زیست..... ۵۷
جدول ۳-۲۴: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هفتم برای شاخص‌های اقتصادی..... ۵۷
جدول ۳-۲۵: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هفتم برای شاخص‌های فنی..... ۵۷
جدول ۳-۲۶: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هشتم برای شاخص‌های محیط‌زیست..... ۵۸
جدول ۳-۲۷: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هشتم برای شاخص‌های اقتصادی ۵۸
جدول ۳-۲۸: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هشتم برای شاخص‌های فنی ۵۸
جدول ۳-۲۹: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس نهم برای شاخص‌های محیط‌زیست..... ۵۹
جدول ۳-۳۰: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس نهم برای شاخص‌های اقتصادی..... ۵۹
جدول ۳-۳۱: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس نهم برای شاخص‌های فنی..... ۵۹
جدول ۳-۳۲: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دهم برای شاخص‌های محیط زیست..... ۶۰
جدول ۳-۳۳: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دهم برای شاخص‌های اقتصادی ۶۰
جدول ۳-۳۴: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دهم برای شاخص‌های فنی..... ۶۰
جدول ۳-۳۵: ماتریس مقایسه زوجی به روش فازی دلفی بین شاخص‌های محیط‌زیست..... ۶۱
جدول ۳-۳۶: ماتریس مقایسه زوجی به روش فازی دلفی بین شاخص‌های اقتصادی..... ۶۱
جدول ۳-۳۷: ماتریس مقایسه زوجی به روش فازی دلفی بین شاخص‌های فنی. ۶۲
جدول ۳-۳۸: اعداد فازی Z مربوط به شاخص محیط‌زیستی. ۶۲
جدول ۳-۳۹ : اعداد فازی Zi مربوط به شاخص محیط‌زیستی. ۶۳

جدول ۳-۴۰: اعداد فازی Z مربوط به شاخص اقتصادی. ۶۳
جدول ۳-۴۱ : اعداد فازی Zi مربوط به شاخص اقتصادی. ۶۳
جدول ۳-۴۲: اعداد فازی Z مربوط به شاخص فنی. ۶۴
جدول ۳-۴۳ : اعداد فازی Zi مربوط به شاخص فنی. ۶۴
جدول ۳-۴۴ : وزن فازی و غیر فازی پارامترهای محیط‌زیستی. ۶۵
جدول ۳-۴۵ : وزن فازی و غیر فازی پارامترهای اقتصادی. ۶۵
جدول ۳-۴۶ : وزن فازی و غیر فازی پارامترهای فنی. ۶۵
جدول ۳-۴۷ : وزن پارامترهای شاخص محیط‌زیست. ۶۶
جدول ۳-۴۸: وزن پارامترهای شاخص اقتصادی. ۶۶
جدول ۳-۴۹: وزن پارامترهای شاخص فنی. ۶۶
جدول ۳-۵۰: ضرائب شاخص‌های اصلی. ۶۷
جدول ۳-۵۱: ضرائب نهایی برای تمام پارامترها. ۶۷
جدول ۴-۱: مساحت‌های ۵ محدوده با پتانسیل‌های مختلف (هم‌پوشانی ساده) ۸۹
جدول ۴-۲: مساحت‌های ۵ محدوده با پتانسیل‌های مختلف (هم‌پوشانی وزن‌دار) ۹۲

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

تعیین محل مناسب برای دمپ باطله در هر معدن نیازمند بررسی نظرات و دیدگاه‌های مختلف است. به همین منظور باید اطلاعات جامعی جمع‌آوری، ترکیب، تجزیه و تحلیل شوند تا بتوان نتیجه قابل قبولی به‌دست آورد. برای این‌که بتوان در هر ناحیه، پتانسیل‌های آن را تعیین کرد، باید تشخیص داد که در هر محدوده چه پتانسیلی وجود دارد تا بسته به نوع کاربرد آن، بتوان شاخص‌ها و معیارها را تعیین کرد. استفاده از این شاخص‌ها می‌تواند کمک قابل قبولی برای تعیین پتانسیل‌های موجود در هر ناحیه بکند (Xu et al., 2015).

انتخاب مکان مناسب برای هر منظوری مانند تعیین محل دمپ باطله یک چالش بزرگ به همراه دارد که نمی‌توان فقط براساس روش‌های ریاضی آن را تعیین کرد و باید از روش‌های غیر عددی نیز کمک گرفت، زیرا در این فرآیند، عوامل اقتصادی، فنی و محیط‌زیستی دخالت دارند. انتخاب محل دمپ باطله یکی از شاخص‌های تاثیرگذار در مسائل اقتصادی و محیط زیستی معدن است، زیرا انتخاب نامناسب، باعث به‌وجود آمدن هزینه‌های قابل توجه و تاثیرات محیط‌زیستی مخرب بر روی محیط معدن و اطراف آن می‌شود. پس برای تعیین محل دمپ باطله باید تمام عوامل موثر در انتخاب دمپ را بررسی کرد تا از لحاظ اقتصادی، فنی و محیط‌زیست وضعیت معدن بهبود یابد (Motlagh and Sayadi, 2015; Şener et al., 2010).

برای انتخاب محل دمپ باطله عوامل بسیاری می‌تواند دخیل باشد اما نمی‌توان تمام این عوامل را در نظر گرفت و از طرفی نمی‌توان به چنین موضوعی تک بعدی نگاه کرد (عطایی، ۱۳۸۸). به همین منظور برای آن‌که بتوان دیدگاه‌های جامع‌تری را در نظر گرفت و نیز با سرعت بیشتری به بهترین نتیجه ممکن رسید، باید از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و فازی استفاده کرد (Şener et al., 2010).

در این پایان نامه ابتدا از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (فازی دلفی) استفاده شده تا بتوان ضرائب مربوط به هر لایه اطلاعاتی را تعیین کرد و بعد از نرم‌افزار GIS برای نمایش خروجی هر لایه استفاده شده است، سپس ضرائب هر لایه وارد شد و خروجی‌های مدنظر به‌دست آمده است.

در این پایان‌نامه برای تعیین محل دمپ باطله مناسب در معدن‌بزرگ، مس عباس‌آباد، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (فازی دلفی) و نرم‌افزار GIS و بر اساس عوامل مختلف مانند آب‌های سطحی، گسل، توپوگرافی، میزان نفوذپذیری و ... کمک گرفته شده است و مناسب‌ترین محل برای دمپ باطله تعیین شد تا هم از نظر اقتصادی به معدن کمک کند و هم کمترین اثر سوء را بر محیط‌زیست منطقه داشته باشد.

۱-۲-اهمیت و ضرورت تحقیق

تعیین محل دمپ باطله، یکی از کارهای اساسی و گام‌های مؤثر در کم کردن هزینه‌های حفظ محیط زیست معدن و اطراف آن است. با توجه به این‌که دمپ باطله یکی از مکان‌هایی است که ماشین‌آلات دائماً به آنجا می‌روند و مسائل حمل و نقل هم یکی از شاخص‌های اصلی در به وجود آمدن هزینه می‌باشد، پس تعیین مکان مناسب می‌تواند کمک چشم‌گیری در کم‌کردن هزینه‌ها از نظر حمل و نقل داشته باشد و همچنین از آنجا که این دمپ باطله می‌تواند اثرات مخرب زیادی بر محیط زیست معدن و اطراف معدن داشته باشد، پس باید تمام مسائلی که باعث کم کردن آلودگی معدن می‌شود را در تعیین محل دمپ باطله دخالت داد (Jelokhani-Niaraki and Malczewski, 2015; Motlagh and Sayadi, 2015). علاوه بر این شاخص دیگری به نام شاخص فنی، که مربوط به شرایط معدن است، در تعیین محل دمپ باطله باید مورد مطالعه قرار گیرد.

۱-۳-کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل دمپ باطله

در سال‌های اخیر توجه معادن و مجامع دانشگاهی به ضرورت تصمیم‌گیری در مورد جانمایی دمپ باطله بیشتر شده است و مقالات زیادی در مورد جانمایی دمپ باطله در معادن، در داخل و خارج از کشور ارائه شده است که هر کدام با ابزارهای خاصی این امر را انجام داده‌اند. در اکثر این تحقیقات از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و نرم‌افزار GIS استفاده شده است که مهم‌ترین آن‌ها در جدول ۱-۱ آورده شده است. البته این نکته قابل ذکر است که تعیین محل دمپ باطله با تلفیق دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره و نرم‌افزار GIS به ندرت کار شده است.

جدول ۱-۱: کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل (از قدیم به جدید).

منابع	موضوع
(Vlachopoulou et al., 2001)	GIS در تصمیم‌گیری های انتخاب محل انبار
(Allen et al., 2003)	انتخاب محل دفن زباله با استفاده از GIS
(Sharifi.M.A et al., 2004)	انتخاب سایت برای دفع زباله از طریق تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره فضایی
(Akbari et al., 2008)	انتخاب محل دفن زباله با استفاده از روش GIS و تصمیم گیری چند معیاره فازی، مطالعه موردی: بندر عباس، ایران
(OzeairAbessi and Saeedi, 2009)	انتخاب سایت برای دفن زباله‌های خطرناک با استفاده از تکنیک GIS و پردازش اولویتی، مطالعه موردی: ضایعات نیروگاه در استان قزوین
(Goldfarb, 2009)	پرسش‌نامه برای انتخاب یک محل
(Church and Murray, 2009)	انتخاب محل کسب و کار با استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی و GIS
(Moiloa, 2009)	روش GIS برای انتخاب محل استراتژیک باد
(Sharifi et al., 2009)	ادغام روش تصمیم گیری چند معیاره و GIS برای دفن زباله های خطرناک در استان کردستان غرب ایران
(Şener et al., 2010)	ترکیب روش AHP با GIS برای انتخاب محل دفن زباله: مطالعه موردی در حوضه دریاچه بیسهر کاچمنت[1] در ترکیه
(Korucu, 2011)	بررسی ترکیب AHP با GIS برای انتخاب محل دفن زباله: مطالعه موردی در حوضه دریاچه بیشهر کاچمنت[1] در ترکیه
(Thanoon Khansaa A Ahmed et al., 2013)	استخراج اطلاعات هیدرولوژیکی برای انتخاب سد با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS
(Alanbari et al., 2014)	تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب محل دفن زباله، در شهر الهاشمی[2]
(Lelieveld, 2014)	انتخاب محل، گسترش طرح و طراحی ساختمان
(Xu et al., 2015)	شناسایی و انتخاب سایت نیروگاه برقی زغال سنگ مبتنی بر روش GIS

1 . Beysehir catchment

۲ Al-Hashimyah Qadaa

ادامه جدول ۱-۱

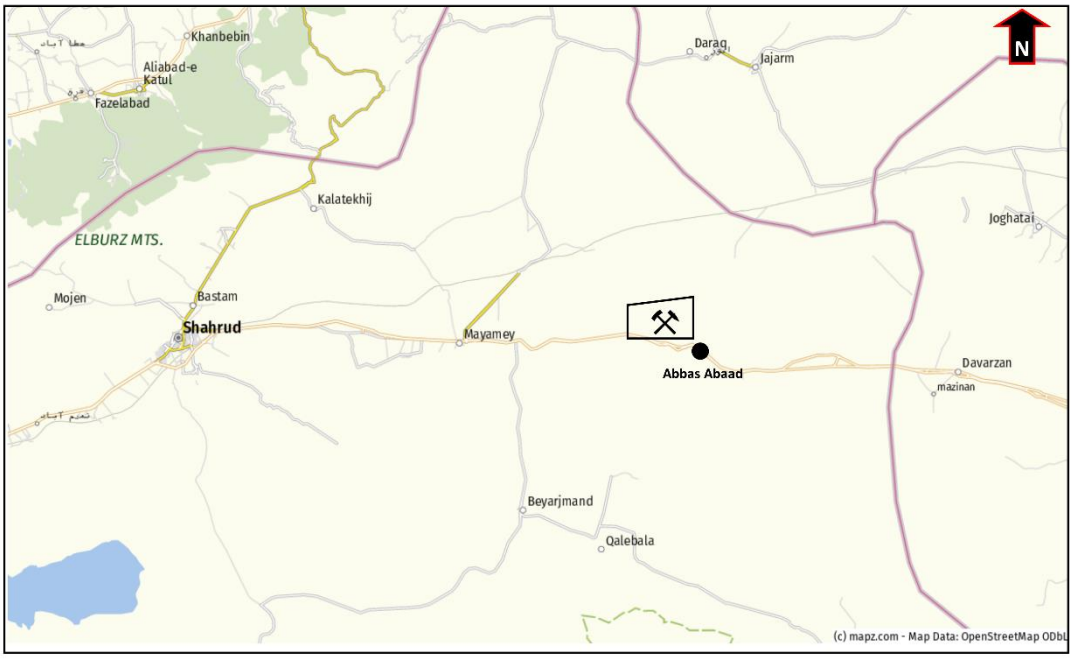
(Jelokhani-Niaraki and Malczewski, 2015)	تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب محل پارکینگ
(AMBANEH, 2016)	انتخاب محل دفن زباله جامد با استفاده از GIS و سنجش از دور، برای شهر موجوتون[۱] در کشور اتیوپی
(Vasileiou et al., 2017)	تصمیم گیری چند معیار مبتنی بر GIS برای انتخاب سایت سیستم های ترکیبی باد و سیستم های انرژی موج در یونان
(Al Garni and Awasthi, 2017)	انتخاب محل قرارگیری نیروگاه خورشیدی با استفاده از روش مبتنی بر GIS-AHP در عربستان سعودی
(Veronesi et al., 2017)	انتخاب خودکار وزن برای تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره مبتنی بر GIS مطالعه موردی انتخاب سایت برج‌های انتقال
(Rahmat et al., 2017)	انتخاب سایت با استفاده از GIS و AHP ، مطالعه موردی: بهبهان، ایران
(Barakat et al., 2017)	انتخاب محل دفن زباله با روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS. مطالعه موردی در منطقه بنی ملال خوریبگا[۲]، مراکش
(Siefi et al., 2017)	تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس GIS برای انتخاب محل نیروگاه های حرارتی در شهرستان کهنوج، جنوب شرقی ایران

۱-۴-منطقه مورد مطالعه

محدوده مس عباس در شمال‌شرق استان سمنان در محدوده‌های بین '۲۰ °۳۹ و '۲۹ °۳۹ عرض شمالی و '۱۹ °۵۶ و '۳۲ °۵۶ طول شرقی واقع شده است. فاصله این معدن تا شهرستان شاهرود حدود ۱۶۰ کیلومتر و فاصله آن تا شهر سبزوار حدود ۱۵۰ کیلومتر است. ارتفاع از سطح دریا در این منطقه ۱۰۷۵ متر است، که نزدیک‌ترین روستا به این معدن حدود ۳۰ کیلومتر از آن فاصله دارد. نقشه کلی منطقه در شکل ۱-۱ آورده شده است.

۱ MOJO TOWN

۲ Béni Mellal-Khouribga



شکل ۱-۱: نمای کلی منطقه.

۱-۵-طرح مسئله

باتوجه به میزان استخراج در معدن‌بزرگ، معدن مس عباس‌آباد که حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تن در روز می‌باشد، در سال حدود ۷۵۰۰۰۰ تن باطله وجود دارد که محل دمپ باطله می‌تواند، باطله حدود ۵ سال را در خود جای دهد. محدوده مورد مطالعه برای این قسمت از معدن حدود ۹ کیلومتر مربع می‌باشد. با توجه به نرخ افزایشی استخراج در این معدن پیش‌بینی می‌شود که این دمپ باطله زودتر از زمان مورد نظر پر شود، به همین منظور مکان‌هایی با پتانسیل متوسط نیز باید انتخاب شود تا در صورت پر شدن دمپ اصلی، مکان دیگری برای دمپ باطله وجود داشته باشد. در انتخاب محل دمپ باطله عوامل زیادی از نظر اقتصادی، محیط‌زیستی، اجتماعی و فنی مؤثر هستند که در فصل دوم به آن‌ها پرداخته شده است.

۱-۶- روش تحقیق

هدف از این تحقیق، انتخاب محل مناسب برای دمپ باطله معدن‌بزرگ، معدن مس عباس‌آباد می‌باشد، که برای این منظور موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

- به دست‌آوردن شاخص‌ها و پارامترهای مورد نیاز و تاثیرگذار در جانمایی دمپ باطله

- بررسی اثرات مثبت و منفی دمپ باطله بر شاخص‌های مورد نظر

- بررسی نظرات مسئولان معدن و کارشناسان دانشگاهی بر شاخص‌های مورد نظر

- انتخاب محل مناسب دمپ باطله بر اساس شاخص‌های مورد نظر و نظرات کارشناسان و مسئولان

برای انتخاب محل ابتدا باید منطقه از نظر مسائل اقتصادی و شرایط فنی معدن بررسی شود و همچنین باید از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای به‌دست آوردن ضرائب شاخص‌ها و نرم‌افزار GIS برای پردازش و تحلیل نقشه‌ها استفاده کرد.

در این تحقیق به منظور رسیدن به بهترین نتیجه از تمامی اطلاعات موجود در منطقه کمک گرفته شده است که این اطلاعات به شرح زیر است:

- نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰۰ و ۱/۲۰۰۰۰ منطقه، تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی و خود معدن

- تهیه نقشه‌های Aster، Landsat و همچنین Dem مربوط به منطقه از سایت USGS

- شناخت شاخص‌ها و پارامترهای موثر در جانمایی دمپ باطله

- تهیه اطلاعات مربوط به شاخص ها مانند: آبراهه، گسل، جنس خاک، نفوذ پذیری، مسیرهای دسترسی و ...

۱-۷-ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در چهار فصل تدوین شده است که در زیر به شرح فصل‌ها پرداخته شده است.

در فصل اول کلیاتی از موضوع، هدف و ضرورت تحقیق، کارهای صورت گرفته در گذشته، اطلاعاتی از منطقه مورد مطالعه و اهداف و روش تحقیق آمده است.

فصل دوم در مورد مبانی انتخاب محل دمپ باطله و معیارهای تصمیم‌گیری و شاخص‌های موثر در جانمایی دمپ باطله و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و نرم‌افزار GIS توضیح داده شده است.

فصل سوم در مورد نقشه‌های تهیه شده و نرم‌افزار GIS و در مورد استفاده از پرسش‌نامه و پیاده‌سازی آن توضیح داده شده است.

فصل چهارم نیز در مورد تهیه لایه‌های اطلاعاتی در GIS و نحوه تلفیق آن‌ها با یکدیگر در GIS و نتایج حاصل از روش فازی دلفی توضیح داده شده است.

در فصل پنجم، نتیجه‌های بدست آمده از این پایان‌نامه و نیز پیشنهادات در مورد انجام بهتر این چنین تحقیقات و نیز رسیدن به نتایج بهتر آورده شده است.

فصل دوم

مبانی انتخاب محل دمپ باطله

۲-۱-مقدمه

امروزه انسان‌ها در طول زندگی روزانه تصمیم‌های متنوعی می‌گیرند که تمام این تصمیم‌ها از مسائل شخصی تا مسائل بزرگ و کلان را شامل می‌شود، اما انتخاب بهترین تصمیم، کاری است که لازمه آن در نظر گرفتن مسائل مختلف و محدودیت‌های موجود است. با توجه به پیشرفت علم و افزایش چشم‌گیر نرم‌افزارهای مختلف در زمینه‌های متنوع، امکان انتخاب یک محل برای منظور خاص، آسان شده است. باتوجه به مسائل مختلف موجود در منطقه، مانند شرایط محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی می‌توان تمام محدودیت‌های موجود در محدوده را شناسایی و پارامترهای لازم برای تعیین مکان مورد نظر را معرفی کرد. پس از تعیین معیارها و شاخص‌های مربوط به شرایط معدن، می‌بایست براساس روش‌های مختلف مکان مناسب انتخاب شود (قدسی‌پور، ۱۳۷۷؛ عطایی، ۱۳۸۸).

در این فصل در مورد پارامترها و شاخص‌های موجود در معدن صحبت شده است، و همچنین به‌طور مختصر در مورد کارهای صورت گرفته در قبل توضیح داده شده است.

۲-۲-بررسی موارد موثر در جانمایی دمپ باطله

انتخاب درست محل دمپ باطله کاری سخت و دشوار است، زیرا برای این منظور باید تمام عوامل موثر در جانمایی دمپ باطله را در نظر گرفت، که این امری امکان ناپذیر است. دلیل آن محدودیت‌های موجود است، اما تا حد امکان این بررسی باید فنی و از جهات اقتصادی به صرفه باشد (Motlagh and Sayadi, 2015; Wang et al., 2009).

برای این‌که بتوان محلی مناسب برای دمپ باطله انتخاب کرد، باید از تمام اطلاعات موجود بهره برد. برای این منظور باید محدودیت‌ها و شرایط خاص معدن را مورد مطالعه قرار داد تا بتوان معیارها و شاخص‌های موثر را تعیین و در جانمایی دمپ باطله دخالت داد (Şener et al., 2010; Wang et al., 2009).

منظور از شاخص، شاخص اقتصادی، محیط‌زیستی و فنی می‌باشد. این شاخص‌ها خود دارای زیرمجموعه‌هایی هستند که در این تحقیق به‌نام پارامتر آورده شده است.

در بخش بعد معیارهای تصمیم‌گیری معرفی شده است و سپس شاخص‌ها و پارامترهای موثر بیان شده‌است.

۲-۳-شاخص و پارامترهای موثر در جانمایی دمپ باطله

برای انتخاب محل دمپ باطله شاخص‌های زیادی وجود دارد که این شاخص ها خود به ۳ دسته اصلی تقسیم می‌شوند (Şener et al., 2010)، که عبارتند از:

- شاخص‌های محیط زیست
- شاخص‌های اقتصادی
- شاخص‌های اجتماعی

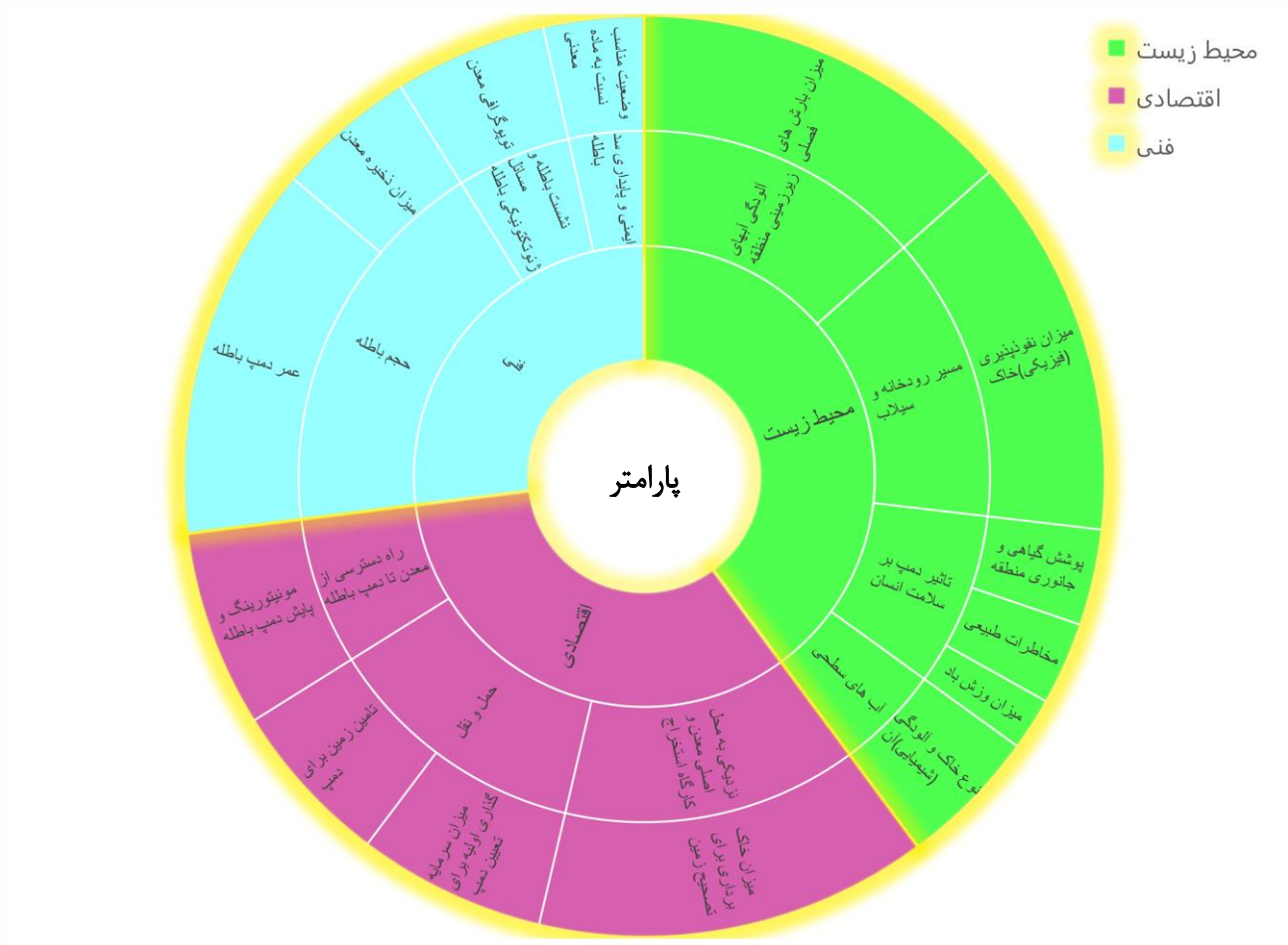
با توجه به مکان اصلی معدن و فاصله زیاد آن با اولین محل زندگی و تاثیر نداشتن شاخص اجتماعی در محل دمپ باطله در جانمایی دمپ باطله از این عامل چشم‌پوشی شده است و شاخص های مهم عبارتند از :

-شاخص‌های محیط زیستی
-شاخص‌های اقتصادی
-شاخص‌های فنی

منظور از شاخص فنی در این پایان‌نامه، مسائل مربوط به شرایط محیطی معدن که دقیقا مربوط به این معدن می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است

شاخص‌های اصلی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، خود شامل پارامترهایی است که در شکل ۲-۱ مشاهده می‌کنید.

البته این نکته قابل ذکر است که، برای جانمایی دمپ باطله ممکن است پارامترهایی بیشتری وجود داشته باشد، اما باید با توجه به شرایط معدن آن‌ها را انتخاب کرد و به بررسی آن‌ها پرداخت.



شکل ۲-۱: شاخص‌ها و زیر مجموعه‌ها (Goldfarb, 2009; Kontos et al., 2005; Motlagh and Sayadi, 2015; Şener et al., 2010)

در ادامه این پارامترها به طور کامل شرح داده شده است:

۲-۳-۱-شاخص‌های محیط‌زیست

با توجه به مسائل موجود، توجه ویژه معدن و دولت به مسائل محیط‌زیست و همچنین تاثیر مستقیم این شاخص و تاثیر سوء بر روی افراد و محیط اطراف باعث شده است که این شاخص با بیشترین میزان پارامتر همراه باشد و می‌توان گفت که تمام عوامل تاثیرگذار بر روی محیط‌زیست معدن در این پروژه مورد بررسی قرار گرفته است (شهنما، ۱۳۹۶؛ صفری، ۱۳۸۹)، که به شرح آن‌ها پرداخته شده است (Arıkan et al., 2017; Cai et al., 2015; Dörhöfer and Siebert, 1998; Kontos et al., 2005; Madeira et al., 2016; Mahmood et al., 2017; Motlagh and Sayadi, 2015; Şener et al., 2010; Sureshkumar et al., 2017)

- میزان وزش باد

این پارامتر باعث اثرات سوء بر محیط اطراف می‌شود اما با توجه به این‌که، محدوده مورد مطالعه حدود ۹ کیلومترمربع است و میزان وزش باد در تمام نقاط معدن یکسان است، و همچنین امکان وجود برداشت مستقیم این عامل وجود ندارد، پس از دخالت دادن این عامل در انتخاب دمپ باطله چشم‌پوشی شده است.

- میزان بارش‌های فصلی

به دلیل کوچک بودن محدوده و نبود ایستگاه هواشناسی در منطقه، این پارامتر نیز مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

- آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه

این عامل تاثیر مستقیم بر روی سلامت انسان دارد. این پارامتر از طریق میزان نفوذپذیری خاک منطقه، مورد ارزیابی قرار گرفته است، هرچه میزان نفوذپذیری خاک بیشتر باشد، امکان الودگی بیشتر است و بلعکس آلودگی آب‌های زیرزمینی کمتر می‌شود.

مناطقی که کمترین میزان نفوذپذیری را دارند بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهند.

- پوشش گیاهی و جانوری

با توجه به بازدید از منطقه، پوشش گیاهی بسیار کم است همچنین پوشش جانوری نیز در منطقه مشاهده نشده است. دلیل آن، قرار گرفتن منطقه در آب و هوای خشک و بیابانی است.

- نوع خاک و آلودگی آن (شیمیایی)

بر اساس جنس خاک موجود در منطقه و میزان نفوذپذیری خاک، می‌توان آلودگی هر قسمت را مشخص کرد، اما براساس آنالیزهای انجام شده امکان وجود کانی‌های سمی در منطقه وجود ندارد.

- مسیر رودخانه و سیلاب

با توجه به این نکته که قرار گرفتن دمپ باطله در مسیر رودخانه و سیلاب می‌تواند باعث آلودگی آب‌های سطحی و محیط‌زیست معدن شود، برداشت‌های لازم صورت گرفت و تمامی مسیرهای رودخانه، سیلاب و آبراهه‌ها مشخص شده است.

- مخاطرات طبیعی

مکان دمپ باطله باید طوری طراحی شود که تا حد امکان از گسل و مسیرهای سیلاب دور باشد. قرار گرفتن دمپ باطله بر روی گسل و یا در مسیر سیلاب می‌تواند اثرات سوء زیادی بر محیط‌زیست معدن داشته باشد.

- آب‌های سطحی

منظور از آب‌های سطحی، سد و یا آبگیرهای کوچک است، محل دمپ باید از این مکان‌ها کاملاً دور باشد. در این محدوده سد یا آبگیر وجود ندارد.

- میزان نفوذپذیری خاک (فیزیکی)

این عامل که تاثیر مستقیم بر روی آب‌های زیرزمینی منطقه دارد، از عواملی است که مورد بررسی دقیق قرار گرفته است. دمپ باطله باید در مکانی واقع شود که خاک آن محل کمترین میزان نفوذپذیری را داشته باشد.

- تاثیر دمپ بر سلامت انسان

اگر معدن نزدیک محل سکونت باشد باید این عامل به صورت جدی مورد ارزیابی قرار گیرد، ولی اگر از محل سکونت دور باشد، فقط باید تاثیر دمپ بر سلامت افراد معدن را ارزیابی کرد.

۲-۳-۲-شاخص‌های اقتصادی

از دیگر شاخص‌هایی که دارای اهمیت است، شاخص‌های اقتصادی می‌باشد. این شاخص‌ها از نظر مسئولان معدن دارای بیشترین اهمیت است و باید طوری طراحی شود که برای معدن صرفه اقتصادی داشته باشد. شاخص اقتصادی اهمیت بالایی در همه معادن دارد، زیرا در صورت نداشتن صرفه اقتصادی، جانمایی دمپ باطله کاری بیهوده است (صفری، ۱۳۸۹). شاخص اقتصادی خود شامل موارد زیادی است که باتوجه به معدن، برخی از این پارامترها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است و در ادامه به شرح داده شده است (Krishna et al., 2017; Mahmood et al., 2017; Motlagh and Sayadi, 2015; Sureshkumar et al., 2017):

- میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ باطله

منظور از سرمایه گذاری اولیه، همان میزان هزینه برای بررسی‌های مطالعاتی، تحقیقاتی و هزینه آماده کردن فضای موجود برای دمپ باطله است. به این عامل در معادن توجه کمتری می‌شود، در صورتی که اگر مطالعات اولیه بر روی دمپ انجام نشود، امکان قرار گرفتن دمپ در محلی غلط وجود دارد و همچنین کارهایی مانند استفاده از آستر در کف دمپ باطله کاری است که تعداد محدودی از معادن آن را انجام می‌دهند و این خود می‌تواند باعث جلوگیری از نفوذ آلودگی در لایه‌های زیرین زمین شود. اگر این عامل در معادن مورد توجه قرار گیرد، نه تنها از نظر اقتصادی کاملاً قابل توجیه است، بلکه می‌تواند تا حد زیادی به حفظ محیط‌زیست کمک کند.

- نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج

این پارامتر، جزء پارامترهایی است که در اکثر معادن مورد توجه قرار می‌گیرد و دلیل اهمیت بالای آن، دخالت زیاد این پارامتر در شاخص‌های اقتصادی است. هرچه محل دمپ باطله به کارگاه استخراج نزدیک‌تر باشد، از نظر اقتصادی بهتر است.

- راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله

اگر راه دسترسی از معدن تا محل دمپ وجود داشته باشد که هزینه‌ای برای جانمایی دمپ باطله نخواهد شد، ولی اگر راه دسترسی وجود نداشته باشد، باید این مسیر احداث شود، که یک مرحله زمان‌بر و هزینه‌بر است. پس تا حد امکان دمپ باطله باید در محلی قرار گیرد که راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله وجود داشته باشد.

- میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین

محل دمپ باطله باید در محلی باشد که از نظر توپوگرافی مناسب باشد. اگر محل مورد نظر دارای پستی و بلندی زیادی باشد، به خاکبرداری یا خاک‌ریزی نیاز خواهد بود، درواقع منظور از این پارامتر، هم مسیر دسترسی و هم خود دمپ باطله را شامل می‌شود.

- حمل و نقل

منظور از حمل و نقل نوع وسایل باربری، میزان زمان باربری و همچنین مسیر باربری است. در واقع این عامل دربرگیرنده چند بخش است که مورد بررسی قرار گرفته است.

- تامین زمین برای دمپ باطله

اگر دمپ باطله در داخل محدوده انتخاب نشود و یا شرایط طوری باشد که دمپ باطله خارج از محدوده قرار بگیرد، نیازمند تامین زمین است که این خود شامل بالابردن هزینه‌ها و زمان برای دمپ باطله است.

- مانیتورینگ و پایش دمپ باطله

در برخی از معادن به منظور بررسی‌ها و تغییرات دمپ از لحاظ شیب پایداری و مسائل تکتونیکی و نشست زمین و ...، محل دمپ را مورد بررسی قرار می‌دهند. این عامل می‌تواند کمک زیادی در پایداری دمپ باطله شود.

۲-۳-۳-شاخص‌های فنی

شاخص دیگری که اهمیت دارد، مسائل فنی است. این شاخص تابع شرایط محیطی معدن است و می‌تواند در هر معدن به طور ویژه مورد بررسی قرار گیرد (صفری، ۱۳۸۹). در ادامه به توضیح برخی از این پارامترها پرداخته شده است (Krishna et al., 2017; Mahmood et al., 2017; Motlagh and Sayadi, 2015):

- توپوگرافی معدن

توپوگرافی باعث به‌وجود آمدن هزینه در انتقال مواد به دمپ و همچنین قرارگیری در مسیر سیلاب و ... می‌شود. دمپ باطله باید در محلی قرار گیرد که تا حد امکان کمترین میزان توپوگرافی را داشته باشد.

- میزان ذخیره معدن

باتوجه به میزان ذخیره و عمر معدن و نسبت باطله به ماده معدنی باید دمپ باطله طراحی شود. این عامل در تمامی معادن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- عمر دمپ باطله

عمر دمپ باطله باتوجه به میزان استخراج روزانه، میزان حجم باطله در دمپ، وزن مخصوص باطله، نظر مسئولان معدن و ... تعیین می‌شود. عمر دمپ باطله در معدن عموما بین ۳ تا ۷ سال است.

- نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله

این عامل باعث به وجودآمدن هزینه اضافی در معدن می‌شود. باید دمپ باطله طوری طراحی شود که نشست اتفاق نیافتد.

- ایمنی و پایداری دمپ باطله

دمپ باطله باید طوری طراحی شود که از لحاظ ایمنی دارای ضریب اطمینان باشد. قرارگرفتن دمپ در کنار جاده و مسیرهای دسترسی می‌تواند باعث به‌وجودآمدن خطرهایی شود، پس دمپ باطله باید کاملا پایدار باشد.

- وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی

دمپ باطله باید در مکانی باشد که، در زیر دمپ ماده معدنی وجود نداشته باشد این عامل باید حتما مورد بررسی قرار گیرد و باید قبل از جانمایی دمپ محل را کاملا ارزیابی کرد.

- حجم باطله

منظور از حجم باطله همان حجم باطله تولیدی و منتقل شده به دمپ باطله است. هرچه حجم باطله کمتر باشد، میزان باطله بیشتری در دمپ می‌تواند قرار بگیرد. براساس حجم باطله و عمر دمپ، محل دمپ تعیین می‌شود.

این نکته قابل ذکر است که تمامی شاخص‌ها و پارامترهایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، تنها بعضی از مواردی هستند که می‌توان در معادن مورد بررسی قرار داد. مسلماً تمامی این پارامترها را نمی‌توان در یک پروژه مورد بررسی قرار داد، زیرا هم تمام این اطلاعات موجود نیستند و هم کاری زمان‌بر و هزینه‌بر است. در این پایان‌نامه تنها تعدادی از این پارامترها بررسی شده است.

۲-۴-روش‌های تعیین محل دمپ باطله

برای انتخاب محل دمپ باطله روش‌های مختلفی وجود دارد، ولی چون عموماً باید بین چند گزینه، باید یک گزینه را برای دمپ باطله انتخاب کرد، کاری بس دشوار است (Alonso, 2012; Bravo-Fritz et al., 2015).

برای انتخاب محل دمپ روش‌های زیادی وجود دارد که عبارتند از:

- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره
- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی
- سیستم اطلاعات جغرافیایی

- تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS

- تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی با GIS

در این پایان‌نامه از تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی با GIS استفاده شده است که در ادامه به توضیح کامل آن پرداخته شده است.

در گذشته، فارغ از درست یا غلط بودن، تصمیم‌ها توسط یک نفر (رییس) گرفته می‌شد و کار تصمیم‌گیری آسان بوده است. اما امروزه، وضعیت متفاوت شده است. وقتی تصمیم‌های مهم توسط افراد مختلف گرفته می‌شود، نقش روشی که به کمک آن تصمیم‌ها ایجاد و گرفته شود، برجسته‌تر خواهد بود (Triantaphyllou et al., 2000).

۲-۴-۱-تصمیم‌گیری چند معیاره

برای تحلیل یک سیستم چند معیاره باید عناصر آن را به خوبی شناخت و آنها را به طور دقیق تعریف کرد و سپس به مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل آن پرداخت. به طور کلی می‌توان گفت مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره شامل ۶ مؤلفه می‌باشند (اصغرپور، ۱۳۷۷):

۱- یک هدف یا مجموعه‌ای از اهداف

۲- تصمیم‌گیرنده[1] یا گروهی از تصمیم‌گیران

۳- مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی

۴- مجموعه‌ای از گزینه‌های تصمیم

۵- مجموعه‌ای از متغیرهای مجهول یا متغیرهای تصمیم

۶- مجموعه‌ای از نتایج حاصل شده از هر زوج گزینه ـ معیار

1 - Decision Maker

عنصر مرکزی این ساختار، یک ماتریس تصمیم است که شامل مجموعه‌ای از سطرها و ستون‌هاست. این ماتریس نتایج تصمیم را برای مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی بیان می‌کند. مسائل تصمیم‌گیری پیچیده عموماً از تعدادی تصمیم‌گیرنده تشکیل شده که به آنها گروه‌های ذینفع نیز گفته می‌شود. تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک نفر یا گروهی از مردم از قبیل دولت یا نهادهای حقوقی باشد که این افراد با اولویت‌های منحصر به فرد خود مشخص می‌شوند، که اولویت‌ها بر اساس اهمیت نسبی معیارها و گزینه‌های تصمیم می‌باشند. همچنین اولویت‌ها می‌توانند به صورت وزن‌های اختصاص داده شده برای معیارهای ارزیابی مورد استفاده قرار گیرند. با اولویت‌بندی نتایج تصمیم می‌توان بهترین گزینه را انتخاب کرد.

همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد، روش‌های چند معیاره به دو دسته‌ی چند شاخصه و چند هدفه تقسیم می‌شوند که تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند. در جدول ۲-۱ این تفاوت‌ها قید شده است.

جدول ۲-۱: تفاوت‌های مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و چند هدفه (عطایی، ۱۳۸۸)

محورها	مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه	مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه
اساس تعریف معیارها	شاخص‌ها	اهداف
هدف‌ها	غیر صریح و مبهم	واضح و روشن
شاخص‌ها	واضح و روشن	غیرصریح و مبهم
محدودیت‌ها	غیر الزام‌آور	الزام‌آور
تعداد راهکارها	متناهی(متناظر با اعداد صحیح)	نا متناهی(متناضر با اعداد پیوسته)
موارد استفاده	انتخاب و ارزیابی	طراحی

۲-۴-۲-تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره کلاسیک سعی می‌شود که تأثیر عوامل مختلف در تصمیم‌گیری با استفاده از مفاهیم ریاضی محاسبه شود. اما بیان بسیاری از عوامل با منطق ریاضی کلاسیک امکان‌پذیر نیست. از طرف دیگر همیشه در دنیای واقعی عدم قطعیت وجود داشته و همواره در مراحل مختلف مطالعه و بررسی یک مساله وجود دارد. بنابراین در بسیاری از موارد، تمام و یا قسمتی از داده‌های یک مساله‌ی تصمیم‌گیری چند معیاره، فازی هستند و اگر مساله با استفاده از داده‌های قطعی مدل و فرموله شود جواب درست و دقیقی به دست نخواهد آمد. لذا از نظریه‌ی فازی برای مدل کردن عدم قطعیت در تصمیم‌گیری استفاده می‌شود (عطایی، ۱۳۸۸).

اساس تصمیم‌گیری فازی بر منطق فازی است. منطق فازی و به دنبال آن مجموعه‌های فازی درصدد توصیف پدیده‌های فازی هستند. هر پدیده فازی یا از نوع مبهم[۱]و یا از نوع سربسته[۲]می‌باشد. پدیده‌ی مبهم پدیده‌ای است که حد و مرز آن مشخص نیست. واژگانی چون تقریباً، حدوداً و ... از نوع پدیده‌های مبهم هستند و مفهومی که معنی آن نیازمند توضیح باشد از نوع سربسته است، مانند مدیر خوب، کیفیت کار عالی و ... از این نوع هستند. این دو مفهوم، مفاهیمی فازی هستند که نظریه‌ی مجموعه‌های فازی درصدد توصیف آنهاست. به عبارت دیگر، منطق فازی، منطقی است که تکمیل کننده‌ی منطق کلاسیک (ارسطویی) است (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۱).

تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به خاطر محدودیت‌هایی که در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره کلاسیک وجود دارد معرفی شده است.

---

۱. Vague

۲. Ambiguity

- **مجموعه‌های فازی و درجه‌ی عضویت**

اگر x مجموعه‌ی مرجع باشد، هر مجموعه‌ی فازی A در x به صورت زوج مرتب‌های $(x , \alpha_A (x))$ نشان داده می‌شود (Dodagoudar and Venkatachalam, 2000; Triantaphyllou et al., 2000)، که در رابطه ۲-۱ آورده شده است:

$$A = \{(x. \alpha_A(x) | x \in X)\} \quad (۱-۲)$$

که $\alpha_{A (x)}$ تابع عضویت برای یک مجموعه‌ی فازی A به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha_A(x) : X \rightarrow [0.1] \quad (۲-۲)$$

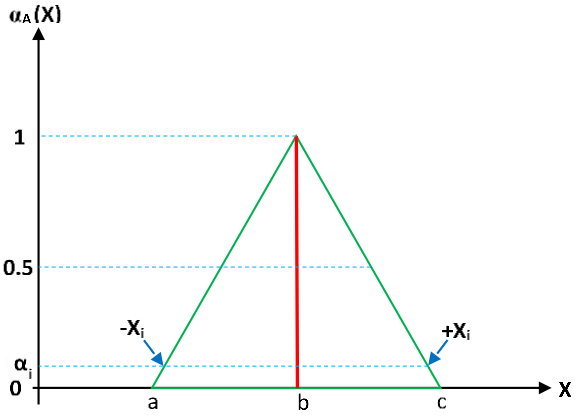
تابع عضویت در واقع نشان دهنده‌ی درجه‌ی سازگاری x در A یا درجه‌ی تعلق x به A است. مقدار معمول استفاده شده برای تابع عضویت در فاصله [۰,۱] است. تفاوت اساسی مجموعه‌های معمولی با مجموعه‌های فازی در توابع عضویتشان است. یک مجموعه‌ی معمولی فقط دارای یک تابع مشخصه است که نشان دهنده‌ی عضویت یا عدم عضویت اعضای آن به مجموعه است (Juang et al., 1998).

- **اعداد فازی:**

هر عدد فازی یک مجموعه فازی می‌باشد که شکل تابع عضویت محدب آن و حداقل دارای یک مقدار با درجه عضویت ۱ باشد. معمول‌ترین نوع اعداد فازی مورد استفاده اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای می‌باشند.

عدد فازی مثلثی حالت خاصی از عدد فازی ذوزنقه‌ای است که توسط سه پارامتر مینیمم، مد و ماکزیمم بیان می‌شود که در شکل ۲-۲ نمایش داده شده است (Nguyen and Walker, 2005).

$$\alpha(x)=\begin{cases}0 & x<a\\ \dfrac{x-a}{b-a} & a\le x\le b\\ \dfrac{x-d}{c-d} & b\le x\le c\\ 0 & c<x\end{cases} \qquad \text{که } a\le b\le c \qquad (۳-۲)$$

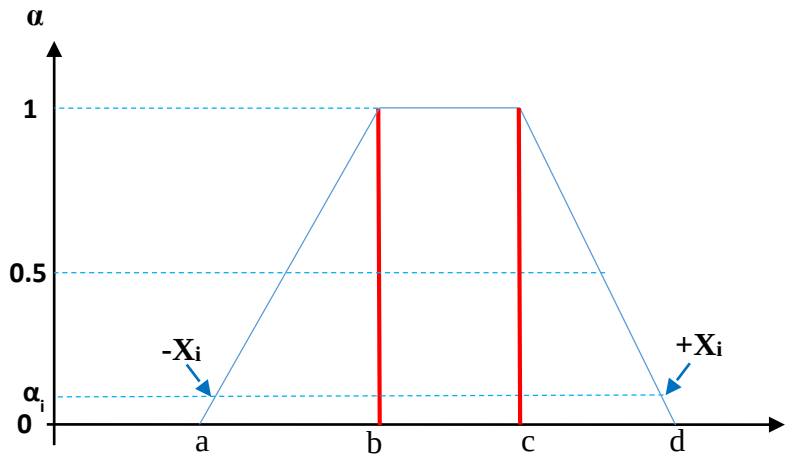


شکل ۲-۲: نمایش عدد فازی مثلثی برای پارامتر x (Juang et al., 1998).

اگر شکل تابع عضویت ذوزنقه‌ای باشد، عدد فازی ذوزنقه‌ای نامیده می‌شود و با چهار پارامتر به صورت زیر نشان داده می‌شود (Allen et al., 2003; Vlachopoulou et al., 2001).

$$\alpha(x)=\begin{cases}0 & x<a\\ \dfrac{x-a}{b-a} & a\le x\le b\\ 1 & b\le x\le c\\ \dfrac{x-d}{c-d} & c\le x\le d\\ 0 & d<x\end{cases} \qquad (۴-۲)$$

که a و d بیانگر کران بالا و پایین مقادیر x در $\alpha = 0$ ، b و c مقادیر x متناظر با $\alpha =1$ می‌باشند که در شکل ۲-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۲-۳: نمایش عدد فازی ذوزنقه‌ای برای پارامتر x (Dodagoudar and Venkatachalam, 2000).

لازم به ذکر می‌باشد در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. در ادامه به صورت مختصر به توضیح دو روش از روش‌های فازی پرداخته خواهد شد که برای حل مسئله از این روش‌ها استفاده شده است.

_ روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی[۱]

شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که مبنای این روش، انتخاب گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از جواب مطلوب و بیشترین فاصله را از جواب نامطلوب دارد. از آنجایی که دسترسی و جمع‌آوری داده‌های صحیح و قابل استناد مشکل است، به نظر می‌رسد برای کار با داده‌های غیرقطعی و یا بازه‌ای از داده‌ها، باید روش‌های ویژه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. از این رو، می‌توان از منطق فازی در تکنیک‌های تصمیم‌گیری مختلف استفاده کرد و از مزایای آن بهره برد، یکی از این تکنیک‌ها، تکنیک شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل است که با کاربرد منطق فازی در آن، به تکنیک شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل فازی تبدیل می‌شود که با روش شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل متفاوت دارد (عطایی، ۱۳۸۸).

۱. Fuzzy Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)

واضح است که منطق اصلی استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری به صورت فازی، تأثیرگذاری عدم قطعیت همزمان با تفکرات آدمی، در تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد (Li and Reeves, 1999). برای حل یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره با تکنیک شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل فازی مراحل زیر طی می‌شود (Chen et al., 1992):

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به n معیار، m گزینه و ارزیابی همه‌ی گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۵-۲)$$

در صورتی که در مساله از اعداد فازی مثلثی استفاده شود در این صورت $\tilde{x}_{ij}=(a_{ij}\ ,\ b_{ij}\ ,\ c_{ij})$ می‌باشد. اگر ارزیابی گزینه‌ها بر مبنای معیارها، به وسیله‌ی نظرخواهی از یک گروه دارای k عضو انجام گیرد و ارزیابی فازی k امین تصمیم‌گیرنده $\tilde{x}_{ijk}=(a_{ijk}\ ,\ b_{ijk}\ ,\ c_{ijk})$ باشد با توجه به معیارهای رتبه‌بندی فازی ترکیبی، گزینه‌ها را می‌توان بر اساس روابط زیر در نظر گرفت. به ازای $(i=1,2,3,\dots,m)$ و $(j=1,2,3,\dots,n)$

$$a_{ij} = Min\{a_{ijk}\} \qquad (۶-۲)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{k} b_{ijk}}{k} \qquad (۷-۲)$$

$$c_{ij} = Max\{c_{ijk}\} \qquad (۸-۲)$$

مرحله دوم: تعیین ماتریس وزن معیارها

در این صورت ضریب اهمیت معیارهای مختلف به صورت زیر است:

$$\widetilde{w} = [\widetilde{w_1} . \widetilde{w_2} . \dots \widetilde{w_n}] \quad (۹-۲)$$

در صورتی که از اعداد فازی مثلثی استفاده شود هر یک از مؤلفه‌های w_jبه صورت $\widetilde{w}_j=(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ تعریف می‌شود. در صورتی که وزن معیارها از گروه خبرگان به دست آید برای میانگین‌گیری نظر گروه می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

$$w_{j1} = Min\{w_{jk1}\} \quad (۱۰-۲)$$

$$w_{j2} = \frac{\sum_{k=1}^{k} w_{jk2}}{k} \quad (۱۱-۲)$$

$$w_{j3} = Max\{c_{jk3}\} \quad (۱۲-۲)$$

مرحله سوم: بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی

در این روش، برای بی مقیاس کردن مقادیر ماتریس تصمیم فازی، از تغییر مقیاس خطی برای تبدیل معیارهای مختلف به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود. در این صورت با توجه به این‌که x_{ij} ها به صورت فازی هستند مسلماً r_{ij} ها نیز فازی خواهد بود. اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند. درایه‌های ماتریس تصمیم برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_{ij}}{c_j^*} . \frac{b_{ij}}{c_j^*} . \frac{c_{ij}}{c_j^*}) \quad (۱۳-۲)$$

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{\bar{a}_j}{c_{ij}} . \frac{\bar{a}_j}{b_{ij}} . \frac{\bar{a}_j}{a_{ij}}) \quad (۱۴-۲)$$

$$c_j^* = Max\{c_{ij}\} \quad (۱۵-۲)$$

$$a_j^- = Min\{a_{ij}\} \quad (۱۶-۲)$$

مرحله چهارم: تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار

با توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار از ضرب کردن ضریب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس بی‌مقیاس شده فازی به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\widetilde{V_{ij}} = \widetilde{r_{ij}}\ \widetilde{w_j} \qquad (۱۷-۲)$$

که $\tilde{w}_j$ بیان کننده‌ی اهمیت معیار c_j می‌باشد. ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار به صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۱۸-۲)$$

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشد برای معیارهای با جنبه مثبت و منفی به ترتیب وجود دارد:

$$\widetilde{V_{ij}} = \widetilde{r_{ij}} \cdot \widetilde{w_j} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*} . \frac{b_{ij}}{c_j^*} . \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) \cdot (\widetilde{w_{j1}} . \widetilde{w_{j2}} . \widetilde{w_{j3}}) \qquad (۱۹-۲)$$

$$\widetilde{V_{ij}} = \widetilde{r_{ij}} \cdot \widetilde{w_j} = \left(\frac{\bar{a}_j}{c_{ij}} . \frac{\bar{a}_j}{b_{ij}} . \frac{\bar{a}_j}{a_{ij}}\right) \cdot (w_{j1} . w_{j2} . w_{j3}) \qquad (۲۰-۲)$$

مرحله پنجم: یافتن گزینه ایده‌آل و گزینه ضد ایده‌آل فازی

برای حل ایده‌آل فازی و حل ضد ایده‌آل فازی روابط ذیل ارایه شده است:

$$A^* = \{\widetilde{v_1^*} . \widetilde{v_2^*} . \dots . \widetilde{v_n^*}\} \qquad (۲۱-۲)$$

$$A^- = \{\widetilde{v_1^-} . \widetilde{v_2^-} . \dots . \widetilde{v_n^-}\} \qquad (۲۲-۲)$$

که $\tilde{v}_1^*$ بهترین مقدار i از بین تمام گزینه‌ها و $\tilde{v}_1^-$ بدترین مقدار i از بین تمام گزینه‌ها است، که از روابط ذیل محاسبه می‌شوند:

$$\widetilde{v_j^*} = Max\{\tilde{v}_{ij3}\} \qquad (۲۳-۲)$$

$$\widetilde{v_j^-} = Min\{\tilde{v}_{ij1}\} \qquad (۲۴-۲)$$

مرحله ششم: محاسبه فاصله از گزینه ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی

در این مرحله فاصله‌ی هر گزینه از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی به دست می‌آید:

$$s_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij} . \tilde{v}_j^*) \quad (۲۵-۲)$$

$$s_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij} . \tilde{v}_j^-) \quad (۲۶-۲)$$

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشد فاصله‌ی دو عدد مثلثی (a_1,b_1,c_1) و (a_2,b_2,c_2) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$d_v(\tilde{M}_1 . \tilde{M}_2) = \sqrt{\frac{1}{2}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (۲۷-۲)$$

مرحله هفتم: محاسبه شاخص شباهت

شاخص شباهت از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad (۲۸-۲)$$

مرحله هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این مرحله با توجه به مقدار شاخص شباهت گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند به طوری که گزینه‌هایی که شاخص شباهت بیشتری دارند رتبه بالاتری به دست می‌آورند.

_ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

روش تحلیل سلسله مراتبی به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند، زیرا در مقایسه‌های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می‌شود. از دیگر مواردی که اغلب روش تحلیل سلسله مراتبی به خاطر آن‌ها مورد انتقاد قرار می‌گیرد وجود مقیاس نامتوازن در قضاوت‌ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه‌های زوجی می‌باشد. تصمیم‌گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری‌ها اعلام کنند. به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ثابت ترجیح می‌دهند. برای غلبه بر این مشکلات روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده است.

در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، پس از تهیه نمودار سلسله مراتبی از تصمیم‌گیرنده (یا تصمیم‌گیرندگان) خواسته می‌شود تا عناصر هر سطح را نسبت به هم مقایسه کنند و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی بیان کنند (عطائی، ۱۳۹۴).

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به روش چانگ[۱] به شرح زیر است (عطائی، ۱۳۹۴):

مرحله۱: رسم نمودار سلسله مراتبی

مرحله۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

مرحله۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی $(\widetilde{A})$ با به کارگیری اعداد فازی

ماتریس مقایسه زوجی به صورت زیر خواهد بود:

$$\widetilde{A}=\begin{bmatrix} 1 & \widetilde{a}_{12} & \dots & \widetilde{a}_{1n} \\ \widetilde{a}_{21} & 1 & \dots & \widetilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{a}_{n1} & \widetilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \qquad (۲۹-۲)$$

۱. Chang

که این ماتریس حاوی اعداد فازی زیر است:

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ \tilde{1},\tilde{3},\tilde{5},\tilde{7},\tilde{9}\ or\ \tilde{1}^{-1},\tilde{3}^{-1},\tilde{5}^{-1},\tilde{7}^{-1},\tilde{9}^{-1} & i \neq j \end{cases} \qquad (۳۰-۲)$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی به کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مؤلفه اول آن حداقل نظرسنجی‌ها، مؤلفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مؤلفه سوم آن حداکثر نظرسنجی‌ها می‌باشد.

مرحله۴: محاسبه S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} \qquad (۳۱-۲)$$

که در این رابطه i بیان‌گر شماره سطر و j بیان‌گر شماره ستون می‌باشد. M_{gi}^{j} در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند. مقادیر $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ ، $\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$، $\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$ را می‌توان به ترتیب از روابط زیر محاسبه کرد:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \qquad (۳۲-۲)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \qquad (۳۳-۲)$$

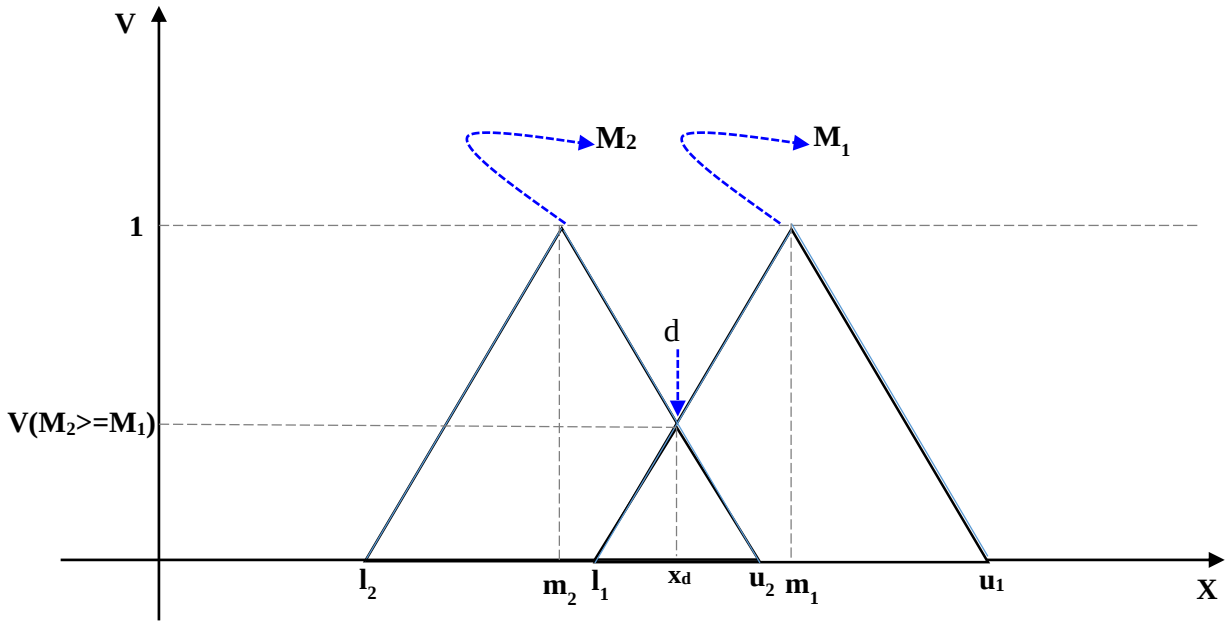
$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \qquad (۳۴-۲)$$

در روابط بالا l_i، m_i و u_i به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

مرحله۵: محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به همدیگر

به طور کلی اگر $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، طبق شکل ۲-۴ درجه بزرگی M_1 **نسبت به** M_2 **به صورت زیر تعریف می‌شود:**

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (۳۵-۲)$$



شکل ۲-۴: درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم (عطایی، ۱۳۸۸).

از طرف دیگر میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V(M \geq M_1, M_2, \ldots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \ldots \text{ and } (M \geq M_k)] \qquad (۳۶-۲)$$
$$= Min\ V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \ldots, k$$

مرحله۶: محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی

بدین منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$d'(A_i) = MinV(S_i \geq S_k) \qquad k = 1,2,...,n \ , \ k \neq i \qquad (۳۷-۲)$$

بنابراین بردار وزن نرمالیزه نشده به صورت زیر خواهد بود:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T \qquad (۳۸-۲)$$

$$A_i \ (i = 1, 2, ..., n)$$

مرحله۷: محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمالیزه کرد. بنابراین:

$$W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T \qquad (۳۹-۲)$$

به عنوان مثال ماتریس مقایسه زوجی در جدول ۲-۲ را در نظر بگیرید که داریه‌های این ماتریس اعداد فازی مثلثی هستند:

جدول۲-۲: مثالی برای ماتریس مقایسه زوجی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)
C_2	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)
C_3	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)
C_4	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
C_5	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1,1,1)

مقادیر $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ برای هر یک از سطرهای این ماتریس برابر است با:

$$C_1: \quad \left(1+\frac{2}{5}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}, 1+\frac{1}{2}+\frac{2}{3}+1+\frac{2}{3}, 1+\frac{2}{3}+1+\frac{3}{2}+1\right) = (2.9, 3.833, 5.167)$$

$$C_2: \quad \left(\frac{3}{2}+1+\frac{3}{2}+2+\frac{3}{2}, 2+1+2+\frac{5}{2}+2, \frac{5}{2}+1+\frac{5}{2}+3+\frac{5}{2}\right) = (7.5, 9.5, 11.5)$$

$$C_3: \quad \left(1+\frac{2}{5}+1+\frac{3}{2}+\frac{3}{2}, \frac{3}{2}+\frac{1}{2}+1+\frac{3}{2}+\frac{3}{2}, 2+\frac{2}{3}+1+2+2\right) = (4.4, 6, 7.667)$$

$$C_4: \quad \left(\frac{2}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{2}, 1+\frac{2}{5}+\frac{2}{3}+1+\frac{2}{3}, 2+\frac{1}{2}+1+1+1\right) = (3, 3.733, 5.5)$$

$$C_5: \quad \left(1+\frac{2}{5}+\frac{1}{2}+1+1, \frac{3}{2}+\frac{1}{2}+\frac{2}{3}+\frac{3}{2}+1, 2+\frac{2}{3}+1+2+1\right) = (3.9, 5.167, 6.667)$$

مقدار $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ نیز برابر است با:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = (1+\frac{2}{5}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{3}{2}+1+\frac{3}{2}+2+\frac{3}{2}+1+\frac{2}{5}+1+1+1+\frac{2}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{2}+1+\frac{2}{5}+\frac{1}{2}+1+1,$$
$$1+\frac{1}{2}+\frac{2}{3}+1+\frac{2}{3}+2+1+2+\frac{5}{2}+2+\frac{3}{2}+\frac{1}{2}+1+\frac{3}{2}+\frac{3}{2}+1+\frac{2}{5}+\frac{2}{3}+1+\frac{2}{3}+\frac{3}{2}+\frac{1}{2}+\frac{2}{3}+\frac{3}{2}+1,$$
$$1+\frac{2}{3}+1+\frac{3}{2}+1+\frac{5}{2}+1+\frac{5}{2}+3+\frac{5}{2}+2+\frac{2}{3}+1+2+2+2+\frac{1}{2}+1+1+1+2+\frac{2}{3}+1+2+1)$$
$$= (21.7,28.233,36.5)$$

و مقدار $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ برابر است با:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{36.5},\frac{1}{28.233},\frac{1}{21.7}\right) = (0.0274,0.0354,0.04608)$$

S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی برابر است با:

S_1 (2.9,3.833,5.167) $\otimes$ (0.0274,0.0354,0.04608)=(0.079,0.136,0.238)

S_2 (7.5,9.5,11.5) $\otimes$ (0.0274,0.0354,0.04608)=(0.205,0.336,0.530)

S_3 (4.4,6,7.667) $\otimes$ (0.0274,0.0354,0.04608)=(0.121,0.213,0.353)

S_4 (3,3.733,5.5) $\otimes$ (0.0274,0.0354,0.04608)=(0.082,0.132,0.253)

S_5 (3.9,5.167,6.667) $\otimes$ (0.0274,0.0354,0.04608)=(0.107,0.183,0.307)

درجه بزرگی هر یک از مقادیر S_i نسبت به همدیگر به شرح زیر خواهد بود:

$V(S_1 \geq S_2) = 0.14$	$V(S_1 \geq S_3) = 0.61$	$V(S_1 \geq S_4) = 1$	$V(S_1 \geq S_5) = 0.74$
$V(S_2 \geq S_1) = 1$	$V(S_2 \geq S_3) = 1$	$V(S_2 \geq S_4) = 1$	$V(S_2 \geq S_5) = 1$
$V(S_3 \geq S_1) = 1$	$V(S_3 \geq S_2) = 0.54$	$V(S_3 \geq S_4) = 1$	$V(S_3 \geq S_4) = 1$
$V(S_4 \geq S_1) = 0.98$	$V(S_4 \geq S_2) = 0.19$	$V(S_4 \geq S_3) = 0.62$	$V(S_4 \geq S_5) = 0.74$
$V(S_5 \geq S_1) = 1$	$V(S_5 \geq S_2) = 0.4$	$V(S_5 \geq S_3) = 0.86$	$V(S_5 \geq S_4) = 1$

با توجه به مقادیر S_i نسبت به همدیگر، وزن نرمال نشده معیارها در ماتریس‌های مقایسه زوجی در جدول ۲-۳ برابر است با:

جدول۲-۳: وزن نرمال شده معیارها در ماتریس مقایسه زوجی

	وزن نرمال شده	وزن نرمال نشده
C_1	۰/۰۶۲	۰/۱۴
C_2	۰/۴۴	۱
C_3	۰/۲۳۹	۰/۵۴
C_4	۰/۰۸۴	۰/۱۹
C_5	۰/۱۷۵	۰/۴۰

سایر مراحل روش مشابه روش تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک خواهد بود.

- روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی[1]

روش دلفی فازی در سال ۱۹۸۸ میلادی توسط کافمن و گوپتا[2]ابداع شد. کاربرد این روش به منظور تصمیم‌گیری و اجماع بر مسائلی که اهداف و پارامترها به صراحت مشخص نیستند، منجر به نتایج بسیار ارزنده‌ای می‌شود. ویژگی این روش، ارایه چارچوبی انعطاف‌پذیر است که بسیاری از موانع مربوط به عدم دقت و صراحت را تحت پوشش قرار می‌دهد. بسیاری از مشکلات در تصمیم‌گیری‌ها مربوط به اطلاعات ناقص و نادقیق است. همچنین تصمیم‌های اتخاذ شده خبرگان بر اساس صلاحیت فردی آنان بوده و به شدت ذهنی است. اغلب عدم قطعیت در نظرات خبرگان وجود دارد. بنابراین بهتر است داده‌ها به جای اعداد قطعی با اعداد فازی نمایش داده شوند و از مجموعه‌های فازی برای تحلیل نظرات خبرگان استفاده گردد. مراحل روش دلفی در واقع ترکیبی از اجرای روش دلفی و انجام تحلیل‌ها بر روی اطلاعات با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه‌های فازی است. الگوریتم اجرای روش دلفی فازی در شکل ۲-۵ نمایش داده شده است (عطایی، ۱۳۸۸).

۱ Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process (FDAHP)

2- Kaufman and Gupta

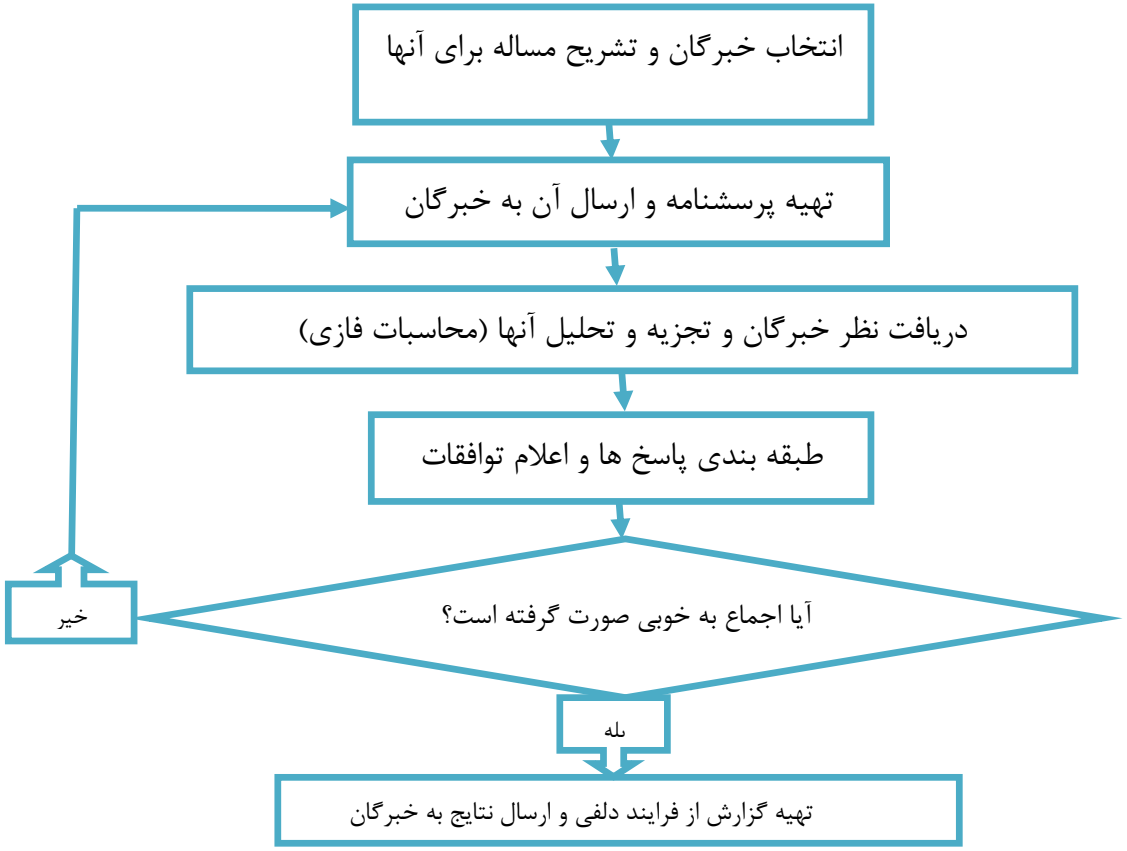
مراحل اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی به شرح زیر است:

مرحله اول: نظرسنجی از متخصصان

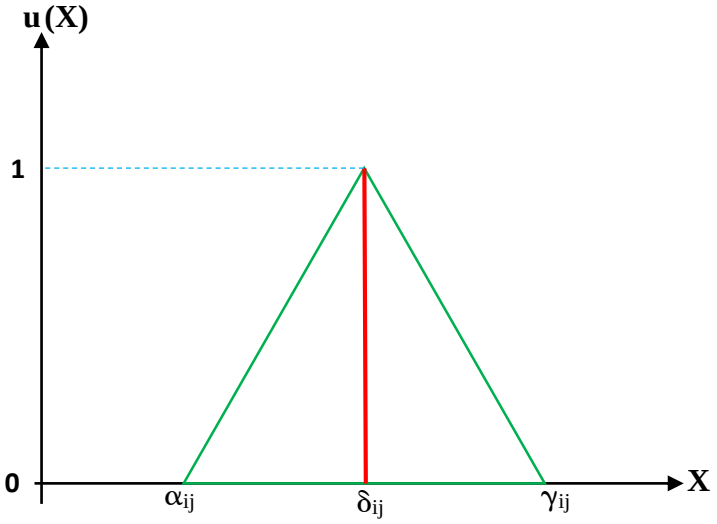
در این مرحله ابتدا از متخصصان مختلف در مورد پارامترهای مؤثر بر یک پدیده یا تصمیم به صورت کیفی یا در صورت امکان کمّی نظرسنجی به عمل می‌آید.

مرحله دوم: محاسبه اعداد فازی

رای محاسبه اعداد فازی ($\tilde{a}_{ij}$) نظرهای حاصل از نظرسنجی از متخصصان به طور مستقیم مد نظر قرار می‌گیرند. اعداد فازی در این مرحله را می‌توان بر اساس توابع عضویت مختلف همچون روش مثلثی و یا حالت ذوزنقه‌ای محاسبه کرد. با توجه به کاربرد زیاد و سهولت محاسبه روش مثلثی، محاسبه اعداد فازی در شکل ۲-۶ نشان داده شده است (Liu and Chen, 2007).



شکل ۲-۵: مراحل اجرای روش دلفی فازی (عطایی، ۱۳۸۸).



شکل ۲-۶: تابع عضویت مثلثی در روش فازی دلفی (Liu and Chen, 2007).

در روش فازی دلفی یک عدد فازی به صورت روابط (۲-۴۰) تا (۲-۴۳) تعریف می‌شود:

$$a_{ij} = (\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}) \qquad (۴۰-۲)$$

$$\alpha_{ij} = \text{Min}\,(\beta_{ijk})\ k = 1 \ldots, n \qquad (۴۱-۲)$$

$$\delta_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{n} \beta_{ijk}\right)^{1/n}, k = 1, \ldots, n \qquad (۴۲-۲)$$

$$\gamma_{ij} = \text{Max}(\beta_{ijk}), k = 1, \ldots, n \qquad (۴۳-۲)$$

در روابط فوق β_{ijk} نشان دهنده‌ی اهمیّت نسبی پارامتر i بر پارامتر j از دیدگاه متخصص k ام است و γ_{ij} و α_{ij} به ترتیب حد بالا و پایین نظرهای پرسش‌شوندگان و δ_{ij} میانگین هندسی نظرهای پرسش‌شوندگان است. بدیهی است که مؤلفه‌های عدد فازی به گونه‌ای تعریف شده‌اند که: $\alpha_{ij} \leq \delta_{ij} \leq$ γ_{ij}در ضمن مقادیر این مؤلفه‌ها در بازه $[1/9, 9]$ تغییر می‌کنند (عطایی، ۱۳۸۸).

مرحله سوم: تشکیل ماتریس معکوس فازی

در این مرحله با توجه به اعداد فازی به دست آمده در مرحله قبل ماتریس مقایسه زوجی فازی بین پارامترهای مختلف به شرح رابطه (۲-۴۴) تشکیل می‌شود (Liu and Chen, 2007).

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}], \tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ij} \approx 1 \ , \forall \ i, j = 1,2, \dots ,n \qquad (۴۴-۲)$$

یا به صورت:

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} (1,1,1) & (\alpha_{12},\delta_{12},\gamma_{12}) & (\alpha_{13},\delta_{13},\gamma_{13}) \\ (1/\gamma_{12}\ ,1/\delta_{12}\ ,\ 1/\alpha_{12}) & (1,1,1) & (\alpha_{23},\delta_{23},\gamma_{23}) \\ (1/\gamma_{13}\ ,1/\delta_{13}\ ,\ 1/\alpha_{13}) & (1/\gamma_{23}\ ,1/\delta_{23}\ ,\ 1/\alpha_{23}) & (1,1,1) \end{bmatrix} \qquad (۴۵-۲)$$

مرحله چهارم: محاسبه وزن فازی نسبی پارامترها

وزن فازی نسبی پارامترها از روابط (۲-۴۶) و (۲-۴۷) محاسبه می‌شوند (Liu and Chen, 2007):

$$\tilde{Z}_i = [\tilde{a}_{ij} \otimes \ \dots \otimes \tilde{a}_{in}]^{1/n} \qquad (۴۶-۲)$$

$$\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \otimes (\tilde{Z}_i \oplus \ \dots \oplus \tilde{Z}_n)^{-1} \qquad (۴۷-۲)$$

که در آن $\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 = (\alpha_1 \times \alpha_2, \delta_1 \times \delta_2, \gamma_1 \times \gamma_2)$ بوده و $\otimes$ نماد ضرب اعداد فازی و $\oplus$ نماد جمع اعداد فازی است. $\tilde{W}_i$ یک بردار سطری است که نشان دهنده‌ی وزن فازی پارامتر i ام می‌باشد.

مرحله پنجم: غیر فازی کردن وزن پارامترها

به منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها، طبق رابطه (۲-۴۸) میانگین هندسی مؤلفه‌های عدد فازی وزن پارامترها به دست می‌آید و بدین ترتیب وزن پارامترها به صورت یک عدد قطعی بیان می‌شوند (Liu and Chen, 2007).

$$W_i = (\prod_{j=1}^{3} w_{ij})^{1/3} \qquad (۴۸-۲)$$

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، از آنجایی که تکنیک فازی دلفی بر مبنای تجربیات و نظرات تعدادی از متخصصان یک علم استوار است، لذا به نظر می‌رسد نتایج به دست آمده از این روش می‌تواند رهیافت مناسبی برای ارزیابی اهمیت پارامترهای مؤثر بر یک پدیده و یک مفهوم باشد.

۲-۴-۳- سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS

گردآوری اطلاعات و تشکیل یک پایگاه اطلاعاتی از داده‌های موجود کاری وقت‌گیر و هزینه‌بر است. این اطلاعات در نرم‌افزار GIS جمع‌آوری می‌شود و باید دقت کافی را در جمع‌آوری این اطلاعات به خرج داد، زیرا اگر در جمع‌آوری این داده‌ها دقت کافی نکرد، تمامی مراحل بعد از آن دچار اشتباه می‌شود. معمولاً برای پروژه‌های GIS، دو مجموعه اطلاعات مورد نیاز است، نوع اول اطلاعات مکانی و نوع دوم اطلاعات توصیفی می‌باشد (Alanbari et al., 2014; Vasileiou et al., 2017). درواقع GIS از داده‌های سطح زمین و داده‌های ورودی استفاده می‌کند و تحلیل داده را انجام می‌دهد (Ambaneh, 2016). در واقع GIS یک طرح ابزار پشتیبانی برا انتخاب سایت‌ها ارائه می‌دهد. GIS با رسم و تجزیه و تحلیل داده‌ها از منابع مختلف و تولید نقشه‌ها و گزارش‌ها از لحاظ بصری قابل درک است. GIS برای مدیریت و تجزیه و تحلیل از داده‌های چند رشته‌ای در نرم‌افزار است و همچنین این نرم‌افزارقابلیت لمس و شبیه سازی فیزیکی، محدودیت‌های اقتصادی و محیط زیستی را دارا می‌باشد (Moiloa, 2009).

مهم‌ترین مزایای GIS عبارتند از:

_ یک ابزار مفید برای انتقال و ارائه اطلاعات با همپوشانی داده‌های جغرافیایی است.

_ این نرم‌افزار می‌تواند یک تصویر مرکب از محیط دریافت کند و نمایش دهد.

_ می‌توان برای ذخیره و نمایش داده‌های محیط‌زیستی از این نرم‌افزار استفاده کرد.

_ این برنامه می‌تواند اثرات تجمعی بر روی نقشه را نمایش دهد.

_ با استفاده از GIS، نقشه‌ها تجزیه و تحلیل می‌شود و می‌توان محل سایت‌های مختلف را تعیین کرد.

توابعی که در GIS وجود دارد شامل: آنالیز پرسشی، آنالیز ترکیبی، آنالیز نزدیکی، آنالیز پوششی، آنالیز مجاورت یا همسایگی، آنالیز شبکه‌ای و مدل کردن است (Moiloa, 2009).

- مدل‌سازی در روش GIS

یکی از راه‌های حل مشکلات تعیین محل دمپ باطله، استفاده از روش GIS است. روش GIS در مرکزیت روش‌ها برای تعیین یک راه‌حل مناسب قرار دارد. این برنامه اجازه می‌دهد تا داده‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، مسیرهای دسترسی و ... باهم تلفیق شود (Xu et al., 2015).

هسته اصلی نرم‌افزار GIS، استفاده از ArcGIS و نقشه اطلاعاتی[1] می‌باشد، که تحزیه و تحلیل کامل را انجام می‌دهد (Sharifi.M.A et al., 2004; Xu et al., 2015).

۲-۴-۴-تلفیق تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS

برای تعیین هر مکانی، تعداد زیادی از گزینه‌ها وجود دارد که پتانسیل لازم برای شرایط مورد نظر را دارند، اما تنها یک یا تعداد محدودی از گزینه‌ها در شبیه‌ترین حالت ممکن به حالت ایده‌آل هستند. در ابتدا برای تعیین گزینه‌ها روش‌های مختلفی وجود که بتوان تعدادی گزینه برای مکان مورد نظر پیشنهاد کرد اما برای بررسی گزینه‌های موجود روش‌های محدودی وجود دارد تا بتوان بهترین مورد را از میان گزینه‌های موجود انتخاب کرد (Abujayyab et al., 2017). استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند در ابتدا برای انتخاب گزینه‌ها کمک زیادی کند، اما استفاده از نرم‌افرار GIS می‌تواد کمک زیادی به روند حل مسئله بکند (Malczewski, 2006; Şener et al., 2010; Sureshkumar et al., 2017).

1. Map Information

می‌توان در GIS خروجی‌های به‌دست آمده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره را دسته‌بندی کرد و پس از آن این داده‌ها را در لایه‌های GIS وارد کرد و خروجی مورد نظر را به‌دست آورد (Chang et al., 2008).

یکی دیگر از کاربردهای GIS امکان ذخیره سازی و آنالیز داده‌هاست و دیگر کاربرد مهم این نرم‌افزار امکان تلفیق و ادغام داده‌های جغرافیایی و رسیدن به بهترین نتیجه ممکن است. نقش استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS در بالابردن حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی می‌باشد (Allen et al., 2003; Sharifi et al., 2009).

۲-۵-جمع‌بندی

در این فصل روش‌های مختلف روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS، تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی با GIS توضیح داده شده است. در این تحقیق، از تلفیق دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (فازی دلفی) و GIS استفاده خواهد شد، که در فصل سوم به توضیح کامل آن پرداخته خواهد شد.

فصل سوم

استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره فازی و تهیه نقشه‌های اولیه

۳-۱-مقدمه

با توجه به پیشرفت روزافزون علم، امروزه برای تعیین محل دمپ باطله از ابزارهایی مختلفی استفاده می‌شود که در این فصل از ادغام دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی(فازی دلفی) و روش GIS استفاده شده است. به منظور رسیدن به شاخص‌های مورد نظر از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و پرسشنامه مقایسه زوجی استفاده شد. تولید لایه‌های اطلاعاتی مختلف نظیر: گسل‌ها، زمین‌شناسی، مسیرهای دسترسی، نفوذ پذیری، شیب منطقه و ... و تلفیق این لایه‌های اطلاعاتی با یک روش خاص با یکدیگر می‌تواند خروجی مناسبی ارائه دهد. در این تحقیق تمامی اطلاعات لازم برای تهیه نقشه در نرم‌افزار GIS از طریق برداشت در معدن، تهیه شد و برخی اطلاعات مانند نقشه ارتفاعات و شیب از طریق سایت زمین شناسی آمریکا به‌دست آمد.

۳-۲-معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مس عباس در شمال شرق در شمال‌شرق استان سمنان در محدوده‌های بین '۲۰ °۳۹ و '۲۹ °۳۹ عرض شمالی و '۱۹ °۵۶ و '۳۲ °۵۶ طول شرقی واقع شده است. در این منطقه آثار معدن‌کاری‌های شدادی دیده شده و کانسار های مهم این منطقه، کانسار معدن بزرگ، آسیادیو، لب کالو و دامن جلا می‌باشند.

عمده سنگ‌ها در این منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی-تراکی بازالتی و در جنوب غرب سکانس‌های رسوبی سنوزوئیک است. سنگ‌های آتشفشانی منطقه از نوع گدازه بوده که ترکیب آندزیتی تا تراکتی بازالتی دارند و به همراه آن آگلومرا و توف نیز مشاهده می‌شوند.کانی‌های تشکیل دهنده: کوارتز، فلدسپار، پلاژیورکلاز، زئولیت، آنالسیم و کلسیت هستند. کانی‌زایی مس در دو لایه آندزیتی مشاهده می‌شود که در بخش‌های شمالی منطقه با سکانس‌های رسوبی هم‌شیب هستند. ضخامت این سکانس‌های رسوبی به طرف جنوب غرب منطقه به تدریج کاهش می‌یابد.

شکستگی های حاوی کانه‌زایی در منطقه روندی شمال‌شرق-جنوب‌غرب داشته و شکستگی هایی با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق نیز دیده می‌شود که گاه با کانی‌زایی همراه هستند.

یکی از قسمت‌های فعال این معدن، معدن‌بزرگ نام دارد که بیشترین میزان استخراج و بهره‌وری از این قسمت می‌باشد. در این تحقیق برای انتخاب محل دمپ باطله معدن بزرگ، پس از جمع‌آوری تمام اطلاعات مربوط به زمین‌شناسی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی، اثرات ناشی از احداث این دمپ باطله نیز تا حدودی بررسی شده تا بتوان تمام نظرات مختلف را در تعیین محل دمپ باطله دخالت داد. برای این منظور نظرات کارشناسان معدنی و دانشگاهی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نرم‌افزار GIS کمک گرفته شده‌است تا بتوان با تلفیق این داده‌ها، بهترین مکان را برای دمپ باطله معدن‌بزرگ، معدن مس عباس‌آباد تعیین کرد.

۳-۳-شاخص موثر در تعیین محل دمپ باطله

هدف از این تحقیق انتخاب بهترین مکان برای دمپ باطله معدن مس است. پارامترهای مختلفی از قبیل: مسائل اقتصادی، محیط‌زیستی و شرایط فنی در تعیین مکان نقش دارند. پارامترهایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت عبارتند از: دوری از گسل، چگالی گسل، میزان نفوذپذیری خاک، چگالی آبراهه، شیب منطقه، ارتفاعات منطقه و مسیرهای دسترسی.

۳-۴-تهیه پرسش‌نامه برای پارامترها

امروزه انواع مختلفی از پرسش‌نامه‌ها در روش تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرکدام از این پرسش‌نامه‌ها می‌تواند کمک مختلفی در به‌دست آوردن اطلاعات مورد نیاز بکند، اما در این تحقیق از پرسش‌نامه مقایسه زوجی استفاده شده است که در جدول ۳-۲، تاجدول ۳-۴ نمونه‌ای از این پرسش‌نامه را مشاهده می‌کنید. شاخص‌هایی که در جانمایی دمپ باطله، در این پایان‌نامه بررسی شده است، از مطالعه مقالات و بررسی شرایط معدن استخراج شده است.

در واقع هدف از طراحی این پرسش‌نامه و تکمیل آن توسط متخصصان مربوطه، به دست آوردن ضرائب مربوط به هر شاخص است، تا بتوان با وارد کردن این ضرائب در هر لایه اطلاعاتی، به بهترین خروجی ممکن رسید. تمامی شاخص‌هایی که در پرسش‌نامه آورده شده، در فصل دوم توضیح داده شده است.

پرسشنامه توسط ده نفر از کارشناسان معدنی تکمیل شد، که پنج نفر از آن‌ها دارای تجربه عملی بودند و پنج نفر دیگر دارای تجربه علمی و تجربی در زمینه معدن‌کاری بودند.

۳-۴-۱-تعریف اعداد فازی در پرسش‌نامه

برای تشکیل ماتریس مورد نظر در نرم‌افزار Microsoft Office (بخش Excel) اعداد مختلفی می‌توان قرار داد. براساس مطالعات صورت گرفته، نتیجه استفاده از اعداد خاصی شد که در جدول ۳-۱ به آن اشاره شده است.

جدول ۳-۱: اعداد تعریف شده در روش فازی دلفی (عطایی، ۱۳۸۸).

مقایسه نسبی شاخص‌ها	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی زیاد	اهمیت زیاد	اهمیت ضعیف	اهمیت یکسان	ترجیحات بین فواصل
امتیاز عددی	۹	۷	۵	۳	۱	۲، ۴، ۶ و ۸

جدول ۳-۲: شاخص‌های محیط‌زیست.

میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان بارش‌های فصلی	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آلودگی آب‌های زیرزمینی	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پوشش گیاهی و جانوری	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع خاک و آلودگی آن	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان نفوذپذیری خاک	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسیر رودخانه و سیلاب	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
میزان وزش باد	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آلودگی آب‌های زیرزمینی	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پوشش گیاهی و جانوری	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع خاک و آلودگی آن	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان نفوذپذیری خاک	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسیر رودخانه و سیلاب	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
میزان بارش‌های فصلی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پوشش گیاهی و جانوری	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع خاک و آلودگی آن	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان نفوذپذیری خاک	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسیر رودخانه و سیلاب	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع خاک و آلودگی آن	
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان نفوذپذیری خاک	
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسیر رودخانه و سیلاب	
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
نوع خاک و آلودگی آن(شیمیایی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان نفوذپذیری خاک	
نوع خاک و آلودگی آن(شیمیایی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسیر رودخانه و سیلاب	
نوع خاک و آلودگی آن(شیمیایی)	9	8	7	6	5	4	3	2	۱	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
نوع خاک و آلودگی آن(شیمیایی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
نوع خاک و آلودگی آن(شیمیایی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
میزان نفوذپذیری خاک(فیزیکی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسیر رودخانه و سیلاب	
میزان نفوذپذیری خاک(فیزیکی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
میزان نفوذپذیری خاک(فیزیکی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
میزان نفوذپذیری خاک(فیزیکی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
مسیر رودخانه و سیلاب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مخاطرات طبیعی	
مسیر رودخانه و سیلاب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
مسیر رودخانه و سیلاب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
مخاطرات طبیعی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آب‌های سطحی	
مخاطرات طبیعی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت انسان	
آب‌های سطحی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاثیر دمپ بر سلامت	

جدول ۳-۳: شاخص‌های اقتصادی.

میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج
میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله
میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین
میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حمل‌ونقل
میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تامین زمین برای دمپ
میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مونیتورینگ و پایش دمپ باطله
نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله
نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین
نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حمل‌ونقل
نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تامین زمین برای دمپ
نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مونیتورینگ و پایش دمپ باطله
راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین
راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حمل‌ونقل
راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تامین زمین برای دمپ
راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مونیتورینگ و پایش دمپ باطله
میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حمل‌ونقل
میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تامین زمین برای دمپ
میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مونیتورینگ و پایش دمپ باطله
حمل‌ونقل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تامین زمین برای دمپ
حمل‌ونقل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مونیتورینگ و پایش دمپ باطله
تامین زمین برای دمپ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مونیتورینگ و پایش دمپ باطله

جدول ۳-۴: شاخص‌های فنی معدن.

توپوگرافی معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان ذخیره معدن
توپوگرافی معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	عمر دمپ باطله
توپوگرافی معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله
توپوگرافی معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ایمنی و پایداری سد باطله
توپوگرافی معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی
توپوگرافی معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حجم باطله
میزان ذخیره معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	عمر دمپ باطله
میزان ذخیره معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله
میزان ذخیره معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ایمنی و پایداری سد باطله
میزان ذخیره معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی
میزان ذخیره معدن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حجم باطله
عمر دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله
عمر دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ایمنی و پایداری سد باطله
عمر دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی
عمر دمپ باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حجم باطله
نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ایمنی و پایداری سد باطله
نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی
نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حجم باطله
ایمنی و پایداری سد باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی
ایمنی و پایداری سد باطله	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حجم باطله
وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	حجم باطله

۳-۵-تشکیل ماتریس مقایسه زوجی بر اساس پرسش‌نامه

با توجه به پرسش‌نامه طراحی شده، ماتریس‌های مقایسه زوجی مربوط به هر قسمت تشکیل داده شد. در جدول ۳-۵ تا جدول ۳-۳۴ ، ماتریس‌های حاصل از نظرات کارشناسان در مورد جانمایی دمپ باطله مشاهده می‌شود. هر کدام از کارشناسان سه پرسش‌نامه اصلی که مربوط به شاخص‌های محیط‌زیست، شاخص‌های اقتصادی و شاخص‌های فنی است را تکمیل‌کرده‌اند، که تمام این اطلاعات در جدول‌های زیر آورده شده است. در جدول‌های زیر، Ev نماد شاخص محیط زیستی است و پارامترهای مربوط به این شاخص با نماد Ev1 تا Ev10 نشان داده شده که به ترتیب: میزان بارش‌های فصلی، آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه، پوشش گیاهی و جانوری منطقه، نوع خاک و آلودگی آن (شیمیایی)، میزان نفوذپذیری خاک (فیزیکی)، مسیر رودخانه و سیلاب، مخاطرات طبیعی، آب‌های سطحی و تاثیر دمپ بر سلامت انسان است. Ec نماد شاخص اقتصادی است و پارامترهای مربوط به این شاخص با نماد Ec1 تا Ec7 نشان داده شده که به ترتیب: میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ، نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج، راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله، میزان خاک‌برداری برای تصطیح زمین، حمل و نقل، تامین زمین برای دمپ و پایش دمپ باطله است و همچنین T نماد شاخص فنی است و پارامترهای مربوط به این شاخص با نماد T1 تا T7 نشان داده شده به ترتیب: توپوگرافی معدن، میزان ذخیره معدن، عمر دمپ باطله، نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله، ایمنی و پایداری سد باطله، وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی و حجم باطله است.

این پرسش‌نامه‌ها توسط ۵ نفر از اساتید دانشگاهی و ۵ نفر از مهندسین معدن تکمیل شده است.

جدول ۳-۵: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس اول برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		1	0.333	0.5	0.25	0.143	0.143	0.25	0.125	0.25
Ev2	1		0.333	0.5	0.2	0.143	0.125	1	0.143	0.2
Ev3	3	3		4	1	1	0.333	3	0.333	0.25
Ev4	2	2	0.25		3	0.25	0.25	3	0.333	0.5
Ev5	4	5	1	0.333		2	1	4	0.333	0.333
Ev6	7	7	1	4	0.5		1	4	1	0.2
Ev7	7	8	3	4	1	1		5	1	1
Ev8	4	1	0.333	0.333	0.25	0.25	0.2		0.2	0.333
Ev9	8	7	3	3	3	1	1	5		1
Ev10	3	5	4	2	3	5	1	3	0	

جدول ۳-۶: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس اول برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		0.2	0.2	1	0.25	1	5
Ec2	5		4	6	1	6	4
Ec3	5	0.25		6	2	6	3
Ec4	1	0.167	0.167		0.2	0.333	0.5
Ec5	4	1	0.5	5		4	3
Ec6	1	0.167	0.167	3	0.25		1
Ec7	0.2	0.25	0.333	2	0.333	1	

جدول ۳-۷: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس اول برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.143	0.125	0.143	0.167	0.143	0.125
T2	7		1	5	3	5	1
T3	8	1		2	0.2	0.25	0.167
T4	7	0.2	0.5		0.25	0.5	0.167
T5	6	0.333	5	4		0.5	0.2
T6	7	0.2	4	2	2		1
T7	8	1	6	6.000	5	1	

جدول ۳-۸: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دوم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.25	0.2	4	0.333	0.333	0.143	0.333	0.143	0.25
Ev2	4		0.333	3	0.2	0.5	0.333	6	1	0.2
Ev3	5	3		6	3	1	1	6	0.333	0.5
Ev4	0.25	0.333	0.167		0.143	0.125	0.125	0.5	0.143	0.111
Ev5	3	5	0.333	7		3	1	5	0.25	0.5
Ev6	3	2	1	8	0.333		0.167	4	0.2	0.5
Ev7	7	3	1	8	1	6		8	1	1
Ev8	3	0.167	0.167	2	0.2	0.25	0.125		0.125	0.111
Ev9	7	1	3	7	4	5	1	8		0.5
Ev10	4	5	2	9	2	2	1	9	2	

جدول ۳-۹: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دوم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		0.333	0.5	4	0.25	5	6
Ec2	3		1	7	3	8	9
Ec3	2	1		6	2	7	8
Ec4	0.25	0.143	0.167		0.167	1	2
Ec5	4	0.333	0.5	6		7	8
Ec6	0.2	0.125	0.143	1	0.143		3
Ec7	0.167	0.111	0.125	0.5	0.125	0.333	

جدول۳-۱۰: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دوم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.333	0.25	0.333	0.5	0.125	0.143
T2	3		1	4	5	0.167	1
T3	4	1		2	2	0.25	1
T4	3	0.25	0.5		1	0.143	0.167
T5	2	0.2	0.5	1		0.143	0.2
T6	8	6	4	7	7		3
T7	7	1	1	6	5	0.333	

جدول ۳-۱۱: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس سوم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.143	0.333	0.5	0.167	0.167	0.111	1	0.167	0.333
Ev2	7		1	3	0.25	0.2	0.167	7	0.5	7
Ev3	3	1		0.333	2	1	1	0.167	0.125	0.5
Ev4	2	0.333	3		0.25	0.167	0.125	0.2	0.125	1
Ev5	6	4	0.5	4		0.25	0.111	2	0.25	0.333
Ev6	6	5	1	6	4		0.143	0.2	0.2	0.5
Ev7	9	6	1	8	9	7		9	8	9
Ev8	1	0.143	6	5	0.5	5	0.111		0.25	0.25
Ev9	6	2	8	8	4	5	0.125	4		3
Ev10	3	0.143	2	1	3	2	0.111	4	0.333	

جدول ۳-۱۲: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس سوم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		0.111	0.111	0.125	0.111	0.111	0.333
Ec2	9		0.333	8	1	9	9
Ec3	9	3		8	1	7	8
Ec4	8	0.125	0.125		0.125	1	1
Ec5	9	1	1	8		5	9
Ec6	9	0.111	0.143	1	0.2		1
Ec7	3	0.111	0.125	1	0.111	1	

جدول ۳-۱۳: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس سوم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.167	0.167	0.333	0.25	0.25	0.25
T2	6		1	5	1	5	1
T3	6	1		1	1	1	1
T4	3	0.2	1		1	1	1
T5	4	1	1	1		1	1
T6	4	0.2	1	1	1		1
T7	4	1	1	1	1	1	

جدول ۳-۱۴: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس چهارم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.5	0.167	0.2	2	3	0.333	2	0.25	0.5
Ev2	2		0.25	0.333	3	0.5	0.5	3	0.5	2
Ev3	6	4		2	7	3	3	7	2	5
Ev4	5	3	0.5		6	2	2	6	2	4
Ev5	0.5	0.333	0.143	0.167		0.25	0.25	1	0.2	0.5
Ev6	0.333	2	0.333	0.5	4		1	4	0.5	2
Ev7	3	2	0.333	0.5	4	1		4	0.5	2
Ev8	0.5	0.333	0.143	0.167	1	0.25	0.25		0.2	0.5
Ev9	4	2	0.5	0.5	5	2	2	5		3
Ev10	2	0.5	0.2	0.25	2	0.5	0.5	2	0.333	

جدول ۳-۱۵: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس چهارم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		0.5	0.5	2	0.5	0.5	3
Ec2	2		2	3	1	2	5
Ec3	2	0.5		0.333	0.5	1	4
Ec4	0.5	0.333	3		0.333	0.5	2
Ec5	2	1	2	3		2	5
Ec6	2	0.5	1	2	0.5		3
Ec7	0.333	0.2	0.25	0.5	0.2	0.333	

جدول ۳-۱۶: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس چهارم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.333	0.5	3	2	4	0.25
T2	3		2	4	3	5	0.5
T3	2	0.5		3	2	4	0.333
T4	0.333	0.25	0.333		0.5	2	0.2
T5	0.5	0.333	0.5	2		3	0.25
T6	0.25	0.2	0.25	0.5	0.333		0.167
T7	4	2	3	5	4	6	

جدول ۳-۱۷: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس پنجم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.167	0.167	0.25	0.143	0.125	0.143	0.5	0.167	0.5
Ev2	6		0.143	1	0.333	0.2	0.333	4	1	0.5
Ev3	6	7		5	3	3	6	8	7	6
Ev4	4	1	0.2		0.2	0.333	1	1	0.25	0.2
Ev5	7	3	0.333	5		3	4	6	2	1
Ev6	8	5	0.333	3	0.333		5	7	2	0.333
Ev7	7	3	0.167	1	0.25	0.2		3	1	0.2
Ev8	2	0.25	0.125	1	0.167	0.143	0.333		0.25	0.2
Ev9	6	1	0.143	4	0.5	0.5	1	4		0.25
Ev10	7	2	0.167	5	1	3	5	5	4	

جدول ۳-۱۸: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس پنجم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		1	3	4	3	1	0.333
Ec2	1		3	4	4	4	1
Ec3	0.333	0.333		0.333	0.333	1	0.25
Ec4	0.25	0.25	3		1	2	0.2
Ec5	0.333	0.25	3	1		2	0.2
Ec6	1	0.25	1	0.5	0.5		0.25
Ec7	3	1	4	5	5	4	

جدول ۳-۱۹: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس پنجم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		1	0.5	0.333	0.25	1	0.333
T2	1		1	0.333	0.167	0.25	0.5
T3	2	1		0.333	0.2	1	0.333
T4	3	3	3		1	3	3
T5	4	6	5	1		5	7
T6	1	4	1	0.333	0.2		0.333
T7	3	2	3	0.333	0.142	3	

جدول ۳-۲۰: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس ششم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		4	0.167	2	0.333	0.2	0.167	3	0.25	0.2
Ev2	0.25		0.25	3	0.25	0.25	0.167	0.2	1	0.2
Ev3	6	4		4	4	4	0.333	3	4	3
Ev4	0.5	0.333	0.25		0.25	0.25	0.25	0.333	0.333	0.333
Ev5	3	4	0.25	4		3	0.333	3	4	0.25
Ev6	5	4	0.25	4	0.333		0.25	0.25	0.333	0.333
Ev7	6	6	3	4	3	4		4	4	0.25
Ev8	0.333	5	0.333	3	0.333	4	0.25		0.333	0.25
Ev9	4	1	0.25	3	0.25	3	0.25	3		0.25
Ev10	5	5	0.333	3	4	3	4	4	4	

جدول ۳-۲۱: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس ششم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		0.25	0.2	0.2	0.2	0.25	0.2
Ec2	4		5	5	5	5	5
Ec3	5	0.2		4	4	4	4
Ec4	5	0.2	0.25		6	6	0.167
Ec5	5	0.2	0.25	0.167		0.2	0.2
Ec6	4	0.2	0.25	0.167	5		5
Ec7	5	0.2	0.25	6	5	1	

جدول ۳-۲۲: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس ششم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.167	0.143	0.143	0.125	0.143	0.143
T2	6		0.167	0.167	0.167	0.2	0.167
T3	7	6		0.167	0.125	0.2	0.167
T4	7	6	6		0.125	5	5
T5	8	6	8	8		5	5
T6	7	5	5	0.2	0.2		0.167
T7	7	6	6	0.2	0.2	6	

جدول ۳-۲۳: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هفتم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.143	0.125	0.25	0.167	0.143	0.143	0.25	0.2	0.143
Ev2	7		0.143	0.2	0.143	1	1	5	6	6
Ev3	8	7		9	8	1	7	8	3	7
Ev4	4	5	0.111		0.2	0.5	0.25	0.5	0.167	0.25
Ev5	6	7	0.125	5		6	6	9	1	1
Ev6	7	1	1	2	0.167		1	4	0.5	0.5
Ev7	7	1	0.143	4	0.167	1		7	1	1
Ev8	4	0.2	0.125	2	0.111	0.25	0.143		0.167	0.2
Ev9	5	0.167	0.333	6	1	2	1	6		2
Ev10	7	0.167	0.143	4	1	2	1	5	0.5	

جدول ۳-۲۴: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هفتم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		1	1	3		3	4
Ec2	1		1	2	1	7	7
Ec3	1	1		5	1	7	8
Ec4	0.333	0.5	0.2		0.2	2	4
Ec5	1	1	1	5		8	8
Ec6	0.333	0.143	0.143	0.5	0.125		3
Ec7	0.25	0.143	0.125	0.25	0.125	0.333	

جدول ۳-۲۵: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هفتم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.125	0.143	0.125	0.111	0.125	0.125
T2	8		1	0.5	2	2	1
T3	7	1		0.5	0.5	1	1
T4	8	2	2		1	2	1
T5	9	0.5	2	1		1	1
T6	8	0.5	1	0.5	1		1
T7	8	1	1	1	1	1	

جدول ۳-۲۶: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هشتم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.333	0.143	0.2	0.333	3	0.25	1	0.25	0.167
Ev2	3		0.2	0.333	1	6	0.5	1	0.333	0.25
Ev3	7	5		4	6	9	5	9	4	3
Ev4	5	3	0.25		5	8	2	6	0.5	0.333
Ev5	3	1	0.167	0.2		6	2	4	0.5	0.25
Ev6	0.333	0.167	0.111	0.125	0.167		0.2	1	0.167	0.167
Ev7	4	2	0.2	0.5	0.5	5		4	0.5	0.167
Ev8	1	1	0.111	0.167	0.250	1	0.25		0.2	0.25
Ev9	4	3	0.25	2	2	6	2	5		0.5
Ev10	6	4	0.333	3	4	6	6	4	2	

جدول ۳-۲۷: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هشتم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		1	2	8	0.5	5	9
Ec2	1		1	5	0.5	6	7
Ec3	0.5	1		7	0.333	6	8
Ec4	0.125	0.2	0.143		0.125	0.333	3
Ec5	2	2	3	8		7	8
Ec6	0.2	0.167	0.167	3	0.143		1
Ec7	0.111	0.143	0.125	0.333	0.125	1	

جدول ۳-۲۸: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس هشتم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.125	0.167	0.25	0.167	1	0.125
T2	8		4	6	4	8	2
T3	6	0.25		3	1	6	0.25
T4	4	0.167	0.333		0.333	3	0.2
T5	6	0.25	1	3		5	0.25
T6	1	0.125	0.167	0.333	0.2		0.125
T7	8	0.5	4	5	4	8	

جدول ۳-۲۹: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس نهم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		0.167	0.125	0.2	0.167	0.2	0.167	4	0.143	0.125
Ev2	6		0.125	1	4	0.167	0.2	6	0.5	0.125
Ev3	8	8		4	5	6	1	6	1	1
Ev4	5	1	0.25		4	5	0.25	4	0.167	0.125
Ev5	6	0.25	0.2	0.25		5	0.2	5	0.2	0.143
Ev6	5	6	0.167	0.2	0.2		0.2	4	0.25	0.2
Ev7	6	5	1	4	5	5		5	1	1
Ev8	0.25	0.167	0.167	0.25	0.2	0.25	0.2		0.25	0.167
Ev9	7	2	1	6	5	4	1	4		1
Ev10	8	8	1	8	7	5	1	6	1	

جدول ۳-۳۰: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس نهم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		2	0.5	0.25	0.25	5	0.25
Ec2	0.5		0.333	0.25	0.333	3	0.5
Ec3	2	3		4	1	3	3
Ec4	4	4	0.25		0.333	2	0.333
Ec5	4	3	1	3		3	0.5
Ec6	0.2	0.333	0.333	0.5	0.333		0.5
Ec7	4	2	0.333	3	2	2	

جدول ۳-۳۱: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس نهم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		0.5	0.333	0.333	0.25	0.25	0.333
T2	2		0.5	0.333	0.25	0.25	0.25
T3	3	2		0.333	0.25	0.333	0.25
T4	3	3	3		0.25	3	0.333
T5	4	4	4	4		3	0.5
T6	4	4	3	0.333	0.333		0.333
T7	3	4	4	3	2	3	

جدول ۳-۳۲: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دهم برای شاخص‌های محیط زیست.

شاخص‌های محیط زیست	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7	Ev8	Ev9	Ev10
Ev1		1	0.143	0.167	0.2	0.143	0.143	0.5	1	0.111
Ev2	1		1	1	7	0.25	0.167	0.2	1	0.125
Ev3	7	1		1	1	1	1	1	1	1
Ev4	6	1	1		7	8	0.2	1	2	0.167
Ev5	5	0.143	1	0.143		7	2	5	1	1
Ev6	7	4	1	0.125	0.143		1	1	0.2	0.143
Ev7	7	6	1	5	0.5	1		5	1	0.167
Ev8	2	5	1	1	0.2	1	0.2		1	0.143
Ev9	1	1	1	0.5	1	5	1	1		0.143
Ev10	9	8	1	6	1	7	6	7	7	

جدول ۳-۳۳: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دهم برای شاخص‌های اقتصادی.

شاخص‌های اقتصادی	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7
Ec1		0.143	0.25	5	5	7	7
Ec2	7		1	6	7	6	6
Ec3	4	1		7	7	7	6
Ec4	0.2	0.167	0.143		3	0.2	0.167
Ec5	0.2	0.143	0.143	0.333		6	6
Ec6	0.143	0.167	0.143	5	0.167		7
Ec7	0.143	0.167	0.167	6	0.167	0.143	

جدول ۳-۳۴: ماتریس مربوط به نظرات کارشناس دهم برای شاخص‌های فنی.

شاخص‌های فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1		7	0.2	0.167	0.143	1	0.125
T2	0.143		0.125	0.143	0.111	1	0.125
T3	5	8		0.143	0.111	1	1
T4	6	7	7		1	9	1
T5	7	9	9	1		9	9
T6	1	1	1	0.111	0.111		0.125
T7	8	8	1	1	0.111	8	

۳-۵-۱- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی

پس از تهیه پرسش‌نامه و تکمیل آن‌ها توسط کارشناسان مورد نظر، ماتریس مقایسه زوجی تمام پارامترها تشکیل شد. ماتریس‌ها مقایسه زوجی برای سه شاخص اصلی تشکیل شد که عبارتند از: شاخص محیط زیستی، شاخص اقتصادی و شاخص فنی. ماتریس‌های تشکیل شده در جدول ۳-۳۵ تا جدول ۳-۳۷ مشاهده می‌شود. همچنین برای نمایش Min، Max و Geomean به ترتیب از علائم α، β و γ استفاده شده است.

جدول ۳-۳۵: ماتریس مقایسه زوجی به روش فازی دلفی بین شاخص‌های محیط زیست.

Ev10			Ev9			Ev8			Ev7			Ev6			Ev5			Ev4			Ev3			Ev2			Ev1			Ev
β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	توضیح
9	4.878	2	8	4.629	1	4	1.231	0.250	9	6.047	3	8	3.264	0.333	7	3.640	0.5	6	2.387	0.25	8	5.603	3	7	2.526	0.25	1	1	1	Ev1
8	1.942	0.143	7	1.395	0.167	5	0.527	0.143	8	3.542	1	7	2.541	0.167	7	1.585	0.143	5	1.128	0.333	8	3.508	1	1	1	1	4	0.396	0.143	Ev2
4	0.621	0.143	8	0.800	0.143	6	0.293	0.111	3	0.654	0.143	1	0.469	0.111	1	0.310	0.125	3	0.342	0.111	1	1	1	1	0.285	0.125	0.333	0.178	0.125	Ev3
9	2.877	0.250	8	2.857	0.5	5	0.821	0.167	8	2.699	0.5	8	1.218	0.125	7	1.011	0.143	1	1	1	9	2.927	0.333	3	0.887	0.2	4	0.419	0.167	Ev4
7	2.294	1	5	1.769	0.25	1	0.262	0.111	9	1.189	0.167	4	0.434	0.143	1	1	1	7	0.990	0.143	8	3.223	1	7	0.631	0.143	2	0.275	0.143	Ev5
7	2.869	0.5	6	2.664	0.5	5	0.555	0.143	7	1.961	0.2	1	1	1	7	2.306	0.25	8	0.821	0.125	9	2.132	1	6	0.394	0.143	3	0.306	0.125	Ev6
6	1.446	0.111	2	0.812	0.125	0.333	0.196	0.111	1	1	1	5	0.51	0.143	6	0.841	0.111	2	0.371	0.125	7	1.529	0.333	1	0.282	0.125	0.333	0.165	0.111	Ev7
9	4.529	2	8	4.038	1	1	1	1	9	5.108	3	7	1.801	0.2	9	3.812	1	6	1.218	0.2	9	3.418	0.167	7	1.897	0.2	4	0.812	0.250	Ev8
7	1.379	0.333	1	1	1	1	0.248	0.125	8	1.231	0.5	2	0.375	0.167	4	0.565	0.2	2	0.350	0.125	7	1.250	0.125	6	0.717	0.143	1	0.216	0.125	Ev9
1	1	1	3	0.725	0.143	0.5	0.221	0.111	9	0.692	0.167	2	0.349	0.143	1	0.436	0.143	4	0.348	0.111	7	1.612	0.25	7	0.515	0.125	0.5	0.226	0.111	Ev10

جدول ۳-۳۶: ماتریس مقایسه زوجی به روش فازی دلفی بین شاخص‌های اقتصادی.

Ec7			Ec6			Ec5			Ec4			Ec3			Ec2			Ec1			**Ec**
β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	توضیح
5	0.617	0.111	9	0.698	0.143	9	1.943	0.2	8	0.728	0.13	9	2.032	0.333	9	2.279	0.5	1	1	1	Ec1
2	0.247	0.111	1	0.194	0.111	3	0.654	0.143	4	0.283	0.13	3	0.772	0.2	1	1	1	2	0.439	0.111	Ec2
4	0.254	0.125	1	0.250	0.143	3	0.833	0.143	3	0.309	0.13	1	1	1	5	1.296	0.333	3	0.492	0.111	Ec3
6	1.365	0.25	5	1.065	0.167	8	2.334	0.167	1	1	1	8	3.235	0.333	8	3.532	0.25	8	1.374	0.125	Ec4
5	0.406	0.111	5	0.312	0.125	1	1	1	6	0.428	0.125	7	1.201	0.333	7	1.529	0.333	5	0.478	0.111	Ec5
4	0.729	0.143	1	1	1	8	3.201	0.2	6	0.939	0.2	7	3.996	1	9	5.148	2	7	1.433	0.111	Ec6
1	1	1	7	1.612	0.25	9	2.465	0.2	4	0.732	0.167	8	3.933	0.25	9	4.051	0.5	9	1.622	0.2	Ec7

جدول ۳-۳۷: ماتریس مقایسه زوجی به روش فازی دلفی بین شاخص‌های فنی.

T7			T6			T5			T4			T3			T2			T1			T
β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	توضیح
8	5.573	3	8	2.569	0.250	9	4.041	0.5	8	3.471	0.333	8	4.498	2	8	2.896	0.143	1	1	1	T1
8	1.813	0.5	6	0.867	0.125	9	1.137	0.2	7	0.891	0.167	8	1.282	0.25	1	1	1	7	0.345	0.13	T2
6	2.352	1	5	1.259	0.167	9	2.268	0.5	7	1.356	0.333	1	1	1	4	0.78	0.125	0.5	0.222	0.13	T3
6	1.681	0.2	7	0.557	0.111	8	1.943	1	1	1	1	3	0.738	0.143	6	1.122	0.143	3	0.288	0.13	T4
5	1.098	0.111	7	0.518	0.111	1	1	1	1	0.515	0.13	2	0.441	0.111	5	0.880	0.111	2	0.247	0.111	T5
8	2.421	0.333	1	1	1	9	1.932	0.143	9	1.795	0.143	6	0.794	0.2	8	1.153	0.167	4	0.389	0.13	T6
1	1	1	3	0.413	0.125	9	0.911	0.2	5	0.595	0.167	1	0.425	0.167	2	0.552	0.125	0.333	0.179	0.13	T7

۳-۵-۲-محاسبه Z و Z_i

در این مرحله اعداد فازی Z و Z_i برای تمام پارامترهای مربوط به هر شاخص اصلی محاسبه شده است و نتایج حاصل از این محاسبات در جدول ۳-۳۸ تا جدول ۳-۴۳ مشاهده می‌شود.

جدول ۳-۳۸: اعداد فازی Z مربوط به شاخص محیط زیستی.

β	γ	α	پارامتر
48771072	67454.98319	0.046875	Ev1
17561600	31.90309874	3.85642E-06	Ev2
576	0.000240165	7.81103E-09	Ev3
17418240	24.37282783	2.0668E-06	Ev4
987840	0.303285307	1.92821E-06	Ev5
13335840	4.051456257	3.98597E-06	Ev6
560	0.002610755	1.41756E-08	Ev7
61725888	4114.877277	0.002	Ev8
37632	0.006044531	1.93762E-07	Ev9
2646	0.001095726	2.08294E-08	Ev10

جدول ۳-۳۹ :اعداد فازی Zi مربوط به شاخص محیط زیستی.

پارامتر	α	γ	β
Ev1	0.736366679	3.040194744	5.872408115
Ev2	0.287487131	1.413784731	5.302203696
Ev3	0.154621841	0.434561229	1.888175023
Ev4	0.270103258	1.376228642	5.297859384
Ev5	0.268234978	0.887534282	3.976204027
Ev6	0.288438611	1.150167563	5.158245852
Ev7	0.164117189	0.551666507	1.882863353
Ev8	0.537159177	2.298453324	6.012384336
Ev9	0.213170425	0.599979296	2.867845363
Ev10	0.170556279	0.505789967	2.199170919
Z1+Z2+Z3+…+Zn	3.090255567	12.25836028	40.45736007
(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1	0.323597831	0.081576979	0.024717381

جدول ۳-۴۰: اعداد فازی Z مربوط به شاخص اقتصادی.

پارامتر	α	γ	β
Ec1	6.61376E-05	2.818159483	262440
Ec2	4.89908E-06	0.003006091	72
Ec3	1.18103E-05	0.010448853	540
Ec4	7.2338E-05	53.28014648	122880
Ec5	2.14335E-05	0.047647288	36750
Ec6	0.001269841	64.56607284	84672
Ec7	0.000208333	75.19571405	163296

جدول ۳-۴۱ : اعداد فازی Zi مربوط به شاخص اقتصادی.

پارامتر	α	γ	β
Ec1	0.252883895	1.159526812	5.944935499
Ec2	0.174359221	0.436229063	1.842184881
Ec3	0.197713885	0.521206478	2.456642527
Ec4	0.256142059	1.764624081	5.334193222
Ec5	0.215284724	0.647363654	4.489310256
Ec6	0.385700249	1.813727564	5.057813732
Ec7	0.297925992	1.853649353	5.555341899
Z1+Z2+Z3+…+Zn	1.780010025	8.196327004	30.68042202
(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1	0.561794589	0.122005869	0.032594076

جدول ۳-۴۲: اعداد فازی Z مربوط به شاخص فنی.

β	γ	α	Z
294912	2616.184353	0.035714286	T1
169344	0.704787477	6.51042E-05	T2
3780	1.579139778	0.000434028	T3
18144	0.433983739	5.66893E-05	T4
700	0.028071351	2.11689E-06	T5
124416	2.992768797	2.83447E-05	T6
90	0.009419828	1.08507E-05	T7

جدول ۳-۴۳ :اعداد فازی Zi مربوط به شاخص فنی.

β	γ	α	Zi
6.044837562	3.077785398	0.621245332	T1
5.584279103	0.951248589	0.252315605	T2
3.24392091	1.06744571	0.330860834	T3
4.058732545	0.887586103	0.247375876	T4
2.549426978	0.600237786	0.154662616	T5
5.34366793	1.169527538	0.224054185	T6
1.901855432	0.513543889	0.195334811	T7
28.72672046	8.267375013	2.025849261	Z1+Z2+Z3+…+Zn
0.034810796	0.120957377	0.493620142	(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1

۳-۵-۳-محاسبه وزن فازی و غیرفازی پارامترها

در این مرحله وزن فازی پارامترها محاسبه شده است و نتایج حاصل از این مرحله در جدول ۳-۴۴ تا جدول ۳-۴۶ مشاهده می‌شود.

جدول ۳-۴۴ : وزن فازی و غیر فازی پارامترهای محیط زیستی.

پارامتر	α	γ	β	وزن غیر فازی
Ev1	0.23828666	0.248009903	0.145150551	0.204705328
Ev2	0.093030212	0.081576979	0.131056591	0.099819831
Ev3	0.050035292	0.035450192	0.046670742	0.043582611
Ev4	0.087404829	0.112268575	0.130949211	0.108717346
Ev5	0.086800257	0.072402366	0.098281352	0.085162479
Ev6	0.093338109	0.093827195	0.12749833	0.10374426
Ev7	0.053107967	0.045003287	0.046539452	0.048092246
Ev8	0.173823545	0.187500879	0.148610397	0.169194809
Ev9	0.068981487	0.048944498	0.070885628	0.062086647
Ev10	0.055191642	0.041260818	0.054357746	0.049837647

جدول ۳-۴۵ : وزن فازی و غیر فازی پارامترهای اقتصادی.

پارامتر	α	γ	β	وزن غیر فازی
Ec1	0.142068804	0.141469076	0.193769678	0.157331381
Ec2	0.097954067	0.053222506	0.060044314	0.067898976
Ec3	0.11107459	0.063590249	0.080071993	0.082698055
Ec4	0.143899223	0.215294495	0.173863098	0.175293682
Ec5	0.120945793	0.078982165	0.146324919	0.11180967
Ec6	0.216684313	0.221285408	0.164854764	0.199202102
Ec7	0.16737321	0.2261561	0.181071235	0.189953765

جدول ۳-۴۶ : وزن فازی و غیر فازی پارامترهای فنی.

پارامتر	α	γ	β	وزن غیر فازی
T1	0.306659209	0.37228085	0.210425606	0.288541597
T2	0.124548065	0.115060535	0.1943932	0.140706712
T3	0.163319572	0.129115434	0.112923468	0.133536565
T4	0.122109715	0.107360087	0.14128771	0.122809648
T5	0.076344583	0.072603188	0.088747582	0.078939944
T6	0.110597659	0.141462984	0.186017333	0.142773428
T7	0.096421197	0.062116922	0.066205101	0.07346683

۳-۵-۴-محاسبه وزن پارامترها بدون در نظر گرفتن وزن شاخص اصلی

پس از انجام مراحل بالا، وزن تمام پارامترها برای شاخص‌های مختلف محاسبه شد که در جدول ۳-۴۷ تا جدول ۳-۴۹ مشاهده می‌شود.

جدول ۳-۴۷ : وزن پارامترهای شاخص محیط زیست.

پارامتر	وزن پارامترها
Ev1	0.037
Ev2	0.076
Ev3	0.175
Ev4	0.070
Ev5	0.089
Ev6	0.073
Ev7	0.158
Ev8	0.045
Ev9	0.123
Ev10	0.153

جدول ۳-۴۸: وزن پارامترهای شاخص اقتصادی.

پارامتر	وزن پارامترها
Ec1	0.109
Ec2	0.253
Ec3	0.208
Ec4	0.098
Ec5	0.154
Ec6	0.086
Ec7	0.091

جدول ۳-۴۹: وزن پارامترهای شاخص فنی.

پارامتر	وزن پارامترها
T1	0.058
T2	0.119
T3	0.126
T4	0.137
T5	0.213
T6	0.118
T7	0.229

۳-۶-محاسبه ضرائب برای شاخص‌های اصلی

برای چنین مسئله‌ای، سه دسته شاخص اصلی نیز وجود دارد و باتوجه به اینکه باید تمام شاخص‌ها و پارامترها باید نسبت بهم سنجیده شوند، پس از به‌دست آوردن ضرائب تمام پارامترها، ضرائب شاخص‌های اصلی نیز مانند روش فوق محاسبه گردید که ضرائب به‌دست آمده برای شاخص‌های اصلی را در جدول ۳-۵۰ مشاهده می‌کنید.

جدول ۳-۵۰: ضرائب شاخص‌های اصلی.

پارامتر	وزن نهایی سه شاخص اصلی
شاخص محیط زیستی	0.181
شاخص اقتصادی	0.812
شاخص فنی	0.007

۳-۷-تلفیق ضرائب پارامترها و شاخص‌ها با یکدیگر

بعد از انجام مراحل توضی داده شده و در قسمت قبل، ضرائب شاخص‌ها و پارامترها با یکدیگر تلفیق شدند. نتایج حاصل از این تلفیق در جدول ۳-۵۱ آورده شده است.

جدول ۳-۵۱: ضرائب نهایی برای تمام پارامترها.

پارامتر	ضرائب
نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج	0.206
راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله	0.169
حمل و نقل	0.125
میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ	0.089
میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین	0.080
مونیتورینگ و پایش دمپ باطله	0.074
تامین زمین برای دمپ	0.070
آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه	0.032
مسیر رودخانه و سیلاب	0.029
تاثیر دمپ بر سلامت انسان	0.028
آب های سطحی	0.022
نوع خاک و آلودگی آن(شیمیایی)	0.016
میزان بارش‌های فصلی	0.014
میزان نفوذپذیری خاک(فیزیکی)	0.013
پوشش گیاهی و جانوری منطقه	0.013

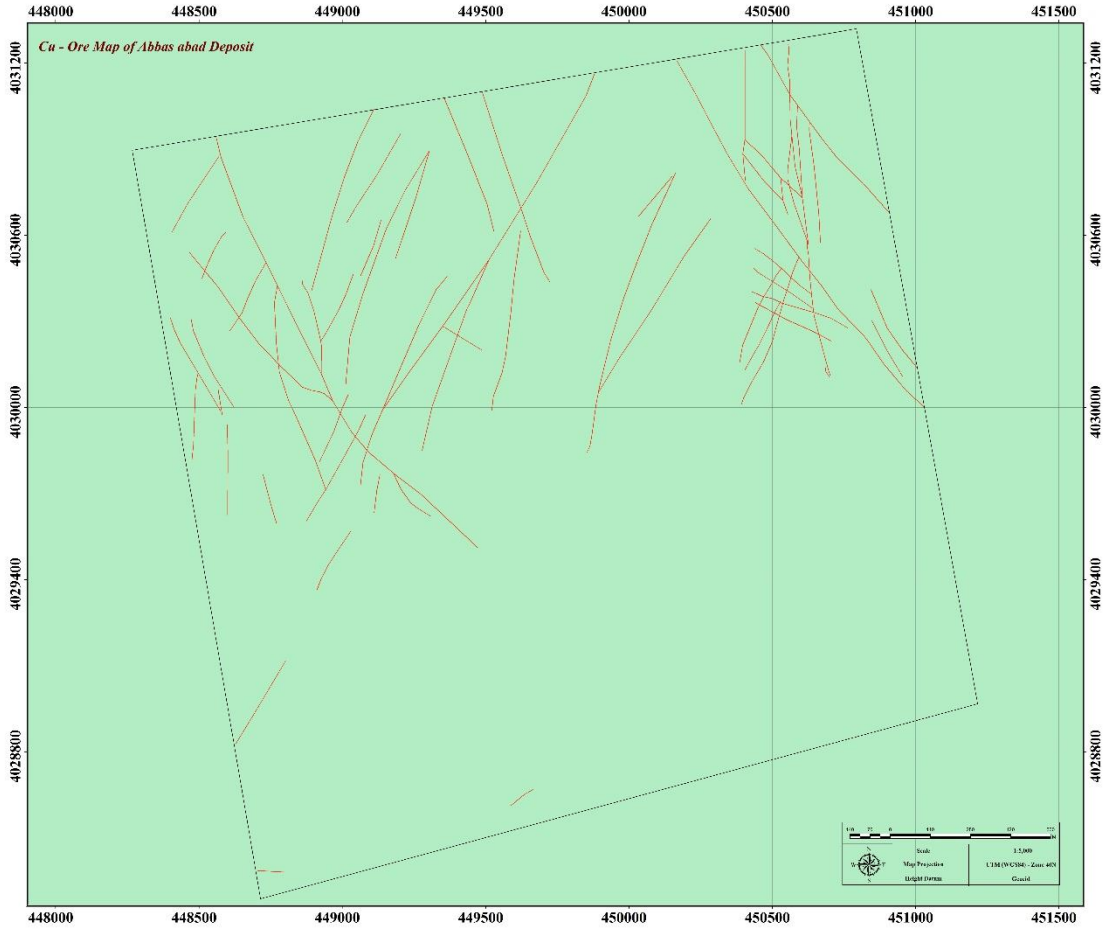
ادامه جدول ۳-۵۱

مخاطرات طبیعی	0.008
میزان وزش باد	0.007
حجم باطله	0.002
ایمنی و پایداری دمپ باطله	0.001
نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله	0.001
عمر دمپ باطله	0.001
میزان ذخیره معدن	0.001
وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی	0.001
توپوگرافی معدن	0.000

۳-۸-تهیه نقشه‌های اولیه

۳-۸-۱-تهیه نقشه مربوط به گسل

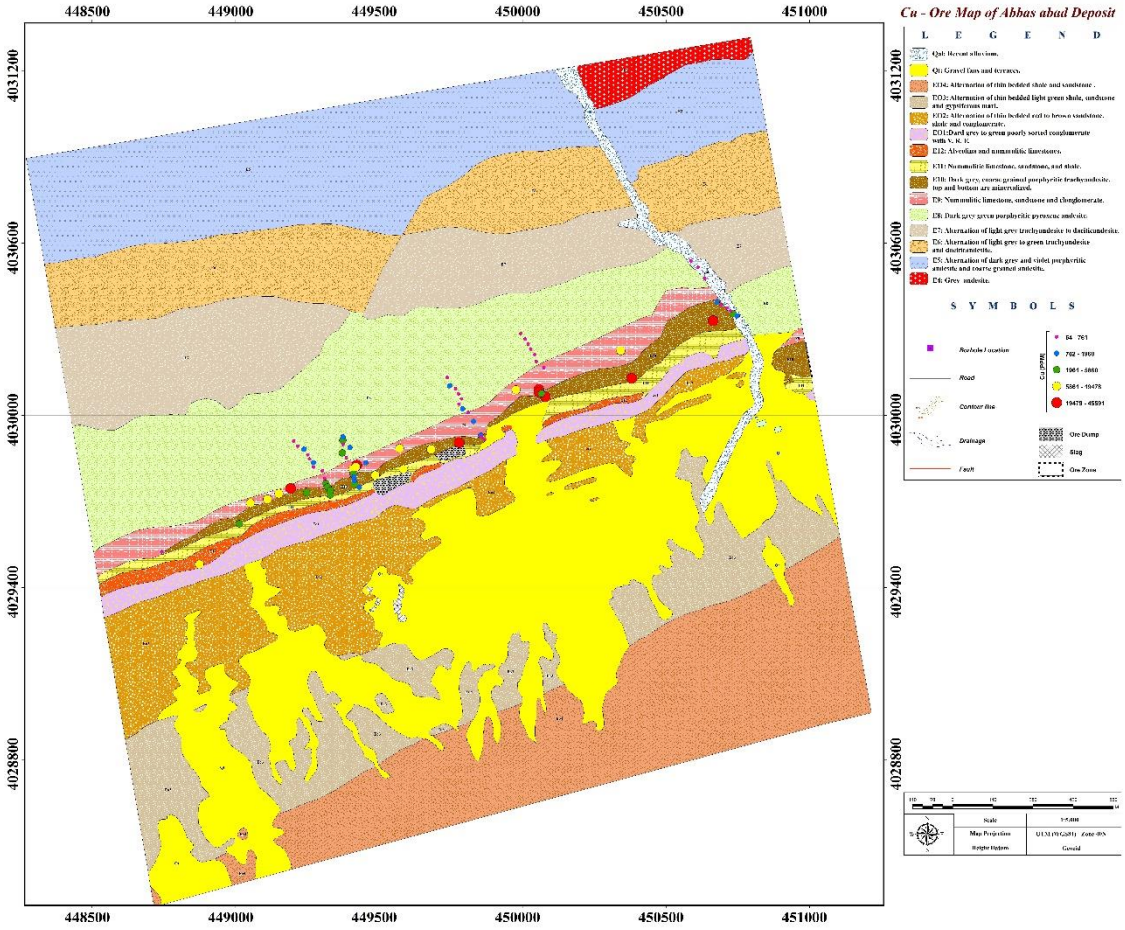
گسل می‌تواند باعث انتقال آلودگی به لایه‌های زیرین سطح زمین شود، بنابراین باید این مورد را مورد ارزیابی قرار داد. در این قسمت گسل‌های برداشت شده در معدن آورده شده است. همانطور که در شکل ۳-۱ واضح است، میزان تراکم گسل‌ها در قسمت شمال منطقه بسیار بیشتر است و اگر تنها از نظر وجود گسل منطقه برای دمپ باطله مورد ارزیابی قرار گیرد، مشخص است که شمال محدوده مکان مناسبی برای جانمایی دمپ باطله نمی‌باشد. البته این نکته قابل ذکر است که می‌توان میزان نفوذپذیری آلودگی به لایه‌های زیرین سطح زمین را با استفاده از آسترهای بتنی، رسی یا پلاستیکی، کم کرد.



شکل ۳-۱: نقشه مربوط به خطواره‌های گسل در منطقه مورد مطالعه.

۳-۸-۲-تهیه نقشه زمین‌شناسی

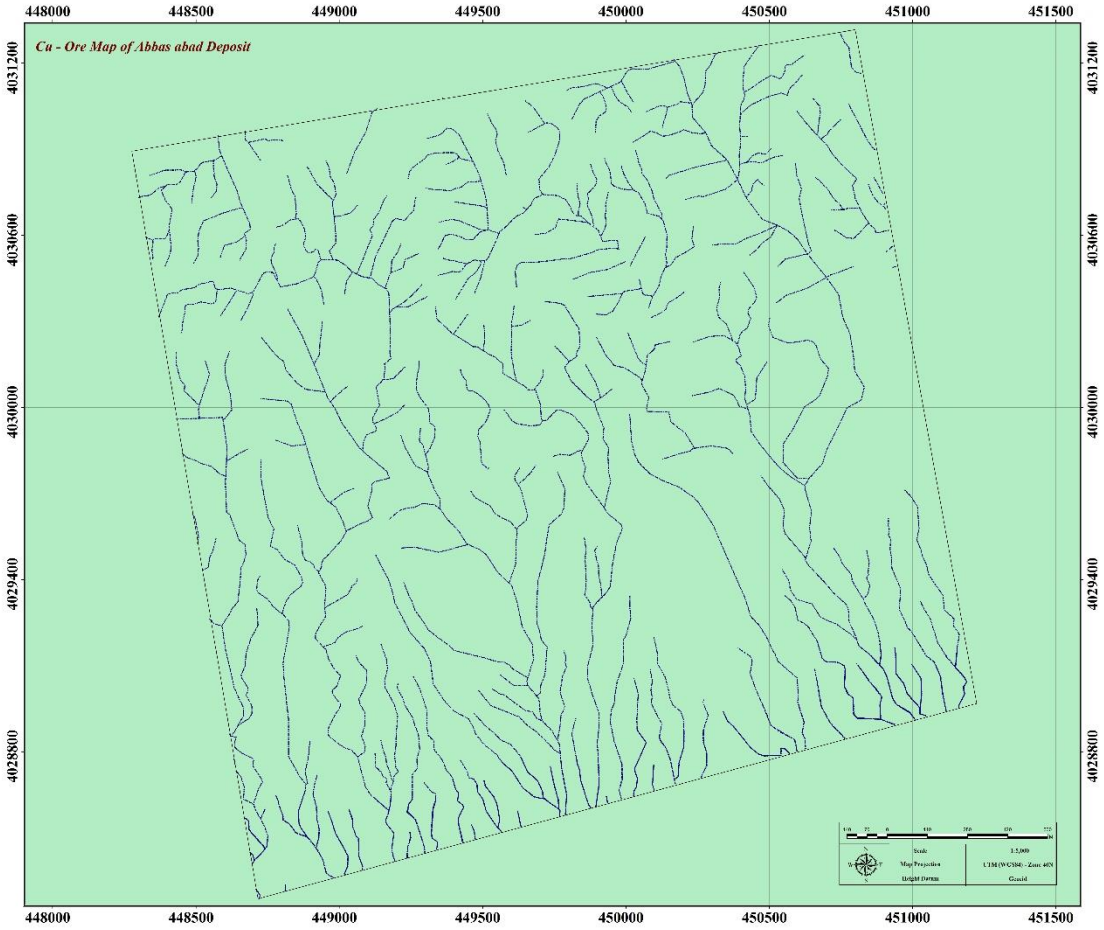
بر اساس برداشت‌های صورت گرفته، نقشه مربوط به جنس خاک و سنگ منطقه به‌دست آمد. همانطور که در شکل ۳-۲ مشاهده می‌شود، این مورد از روند خاصی پیروی نمی‌کند و هر قسمت دارای جنس خاصی می‌باشد، این جنس‌های مختلف دارای نفوذپذیری‌های متفاوتی هستند، که ترجیحا دمپ باطله باید در مکانی قرار گیرد که جنس خاک یا سنگ آن دارای نفوذپذیری کمی باشد، تا از انتقال آلودگی به لایه‌های زیرین زمین جلوگیری شود و همچنین محل اصلی معدن و چال‌های اکتشافی نیز در شکل۳-۲ آورده شده است./



شکل ۳-۲: نقشه مربوط به زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

۳-۸-۳-تهیه نقشه آبراهه‌ها

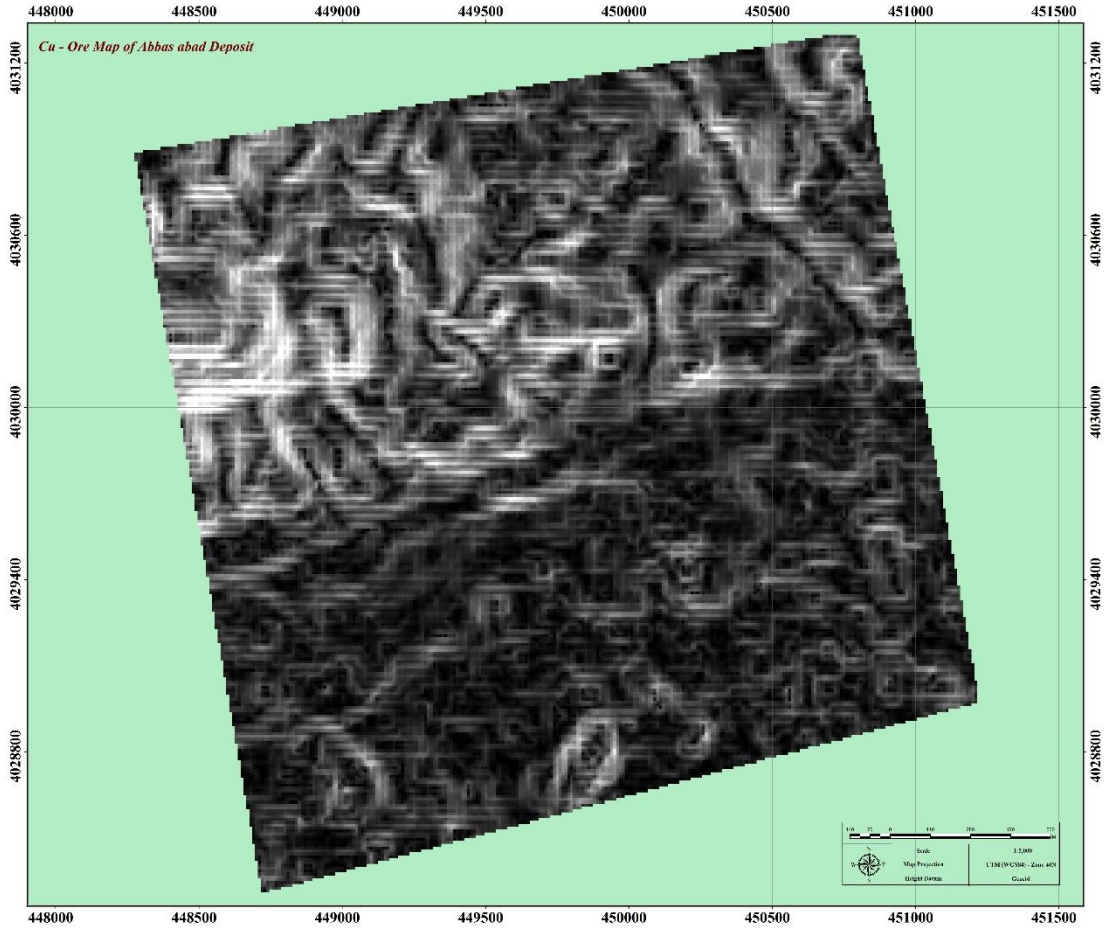
قرارگیری قسمتی از منطقه در دامنه کوه، باعث شده است که تعداد آبراهه‌ها در این منطقه بسیار زیاد باشد. همین امر سبب شده است که بر اساس دید اولیه و بر اساس آبراهه‌ها، منطقه وسیعی دارای پتانسیل بالا برای جانمایی دمپ باطله نباشد و فقط محدوده‌های کوچکی دارای این ظرفیت باشند. نقشه آبراهه‌های مربوط به منطقه در شکل ۳-۳ آورده شده است.



شکل ۳-۳: نقشه مربوط به آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه.

۳-۸-۴-تهیه نقشه شیب

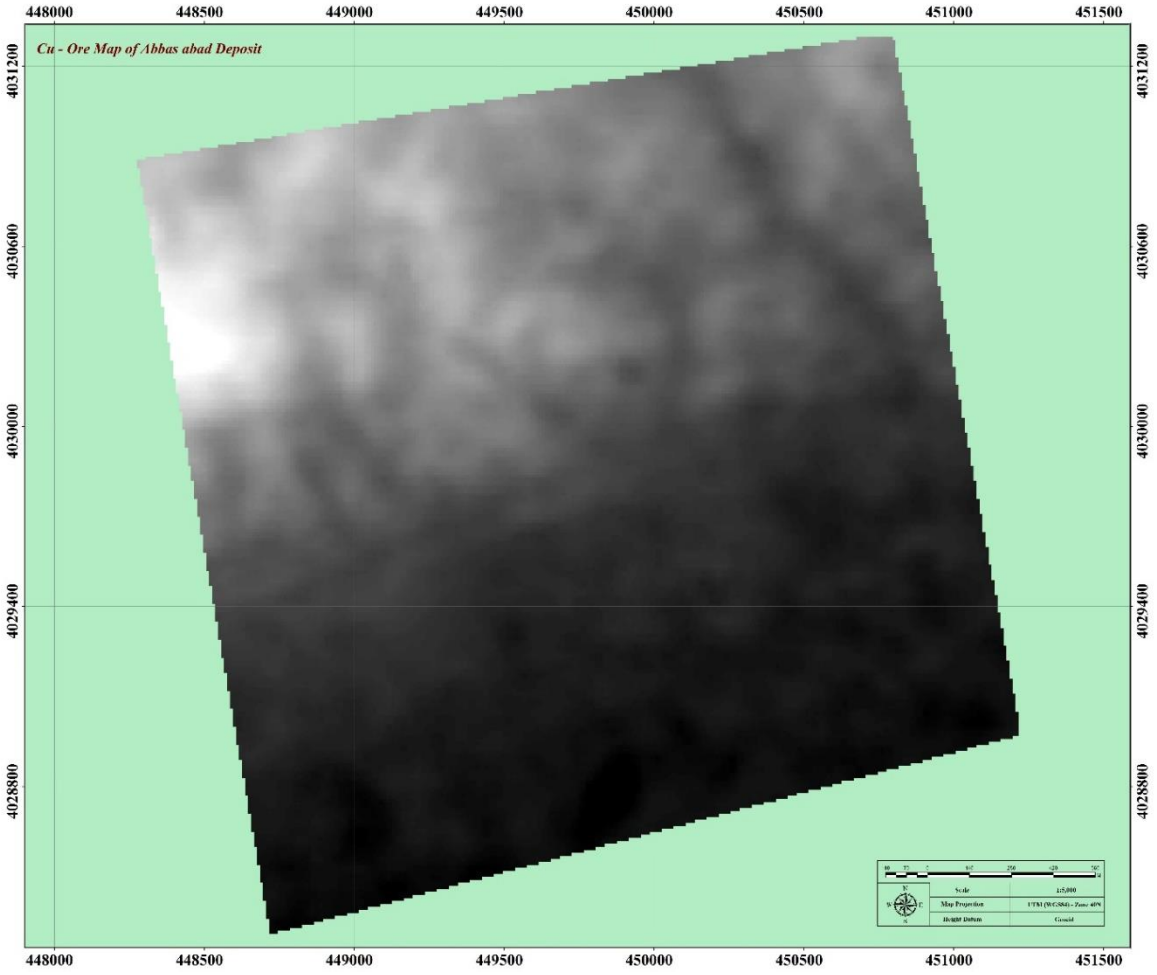
قرارگیری دمپ باطله در مناطقی که دارای شیب می‌باشند، باعث مشکلات زیادی همچون: ناپایداری دمپ باطله، انتقال سریع‌تر آلودگی به قسمت های مجاور، حمل‌ونقل دشوار برای انتقال باطله به دمپ و ... می‌شود. بر اساس شکل ۳-۴، قسمت شمال نقشه دارای شیب زیاد می‌باشد و اگر فقط بر اساس شیب، مکان دمپ باطله تعیین شود، مسلما قسمت‌های جنوبی دارای پتانسیل بیشتر می‌باشند.



شکل ۳-۴: نقشه مربوط به مقدار شیب در منطقه مورد مطالعه.

۳-۸-۵-تهیه نقشه تغییرات ارتفاع

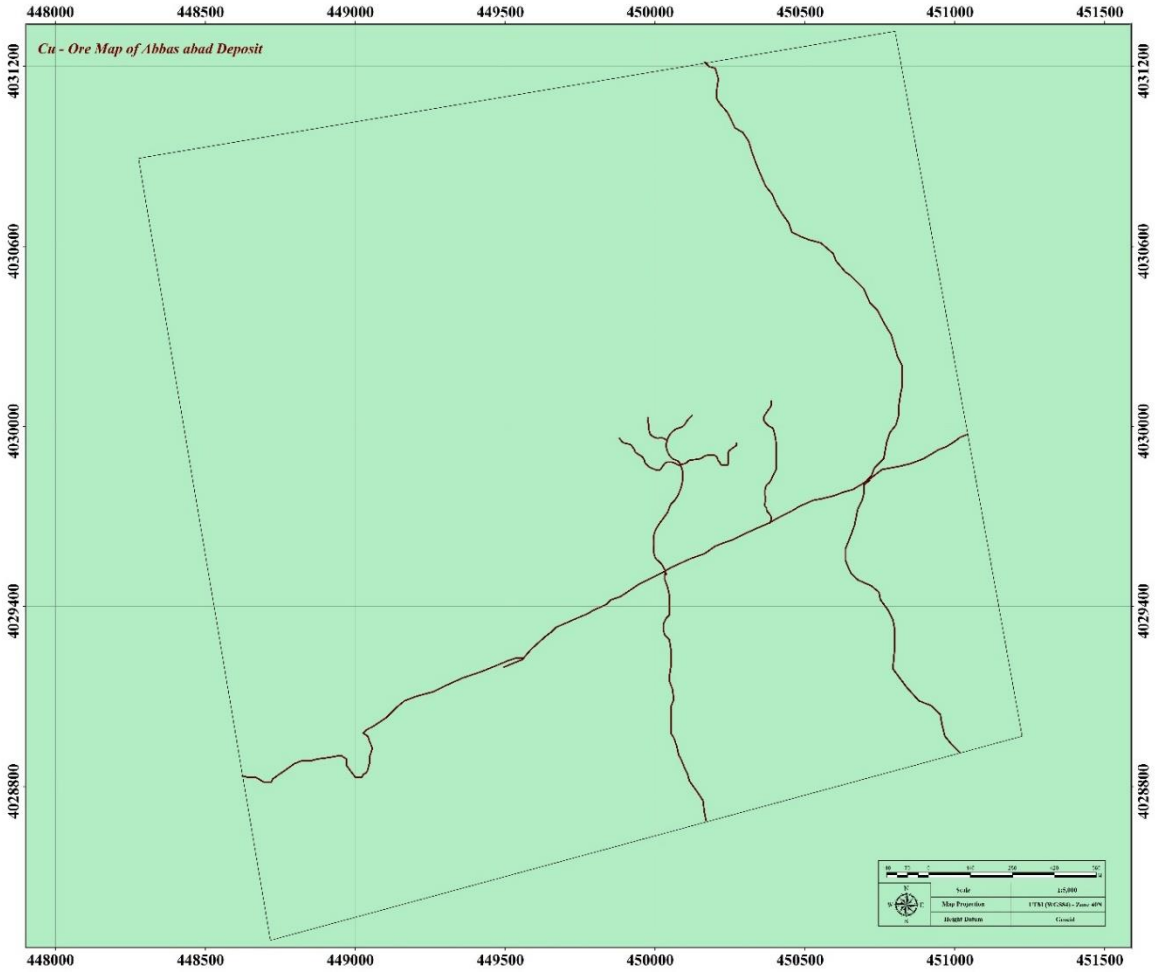
براساس برداشت‌های صورت گرفته و نقشه‌برداری‌های انجام شده و همانطور که در شکل ۳-۵ مشاهده می‌شود، تغییرات ارتفاع در قسمت شمال و شمال غرب منطقه بسیار زیاد است و باتوجه به این‌که تغییرات زیاد ارتفاع باعث مشکلات زیادی همچون: انتقال سخت‌تر باطله به محل مورد نظر و ... می‌شود، پس قرار گیری دمپ باطله باتوجه به فقط این لایه در قسمت‌های شمال منطقه پیش‌بینی نمی‌شود.



شکل ۳-۵: نقشه مربوط به تغییرات ارتفاع در منطقه مورد مطالعه.

۳-۸-۶-تهیه نقشه مسیرهای دسترسی (راه)

مسیرهای دسترسی موجود در محدوده مورد مطالعه باعث سهولت در حمل‌ونقل می‌شود. این عامل می‌تواند کمک زیادی به جانمایی دمپ باطله در هر معدنی شود. براساس برداشت‌های صورت گرفته و همانطور که در شکل ۳-۶ مشاهده می‌شود، در این مورد محدودیت وجود دارد و ترجیح بر این است که مکان دمپ باطله در محلی قرار گیرد که مسیر دسترسی از محل استخراج تا دمپ باطله وجود داشته باشد تا بتوان در هزینه‌ها صرفه جویی کرد و هزینه مازاد برای ایجاد راه به محل دمپ باطله متحمل نشود.



شکل ۳-۶: نقشه مربوط به مسیرهای دسترسی در منطقه مورد مطالعه.

۳-۹-جمع‌بندی

در این فصل شاخص‌های موثر در جانمایی دمپ باطله بیان شد. پرسش‌نامه مربوط به تعیین وزن پارامترها تهیه شد، که در جدول ۳-۲ تاجدول ۳-۴ مشاهده می‌شود. پس از تهیه پرسش‌نامه و تکمیل آن توسط کارشناسان، نقشه‌های اولیه از منطقه تهیه شد و در نرم‌افزار GIS رقومی شدند. به منظور رسیدن به هدف نهایی، که تعیین محل دمپ باطله است، خروجی‌های پرسش‌نامه و خروجی لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر تلفیق شدند، که در فصل چهارم به توضیح کامل آن پرداخته شده است.

فصل چهارم

تولید لایه های اطلاعاتی در GIS و تلفیق آن ها در GIS با یکدیگر

۴-۱-مقدمه

تعیین محل دمپ باطله، کاری سخت و دشوار است، که از مقیاس کوچک شروع و به مقیاس بزرگ تبدیل می‌شود و در نهایت به انتخاب دمپ باطله منجر می‌شود. برای این منظور نیاز به اطلاعات مکان‌یابی زیادی است، که این اطلاعات را باید به‌گونه‌ای که نرم‌افزار می‌تواند درک کند، وارد آن کرد. پس از ورود این اطلاعات، می‌بایست آن‌ها را توسط نرم‌افزار تجزیه و تحلیل کرد. باتوجه به این‌که میزان تاثیر پارامترها در جانمایی دمپ باطله متفاوت است، باید خروجی‌های به‌دست آمده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره را وارد نرم‌افزار کرد و سپس لایه‌های اطلاعاتی مختلف را باهم تلفیق کرد. در این فصل بر اساس روش هم‌پوشانی ساده (بدون وزن) و روش هم‌پوشانی وزن‌دار (براساس وزن لایه‌ها) خروجی‌ها به‌دست آمده است.

۴-۲-حذف برخی پارامترها

در این تحقیق ابتدا بر اساس مطالعات و کارهای انجام شده ، همه پارامترهای مهم و تاثیرگذار در جانمایی دمپ باطله تعیین شدند. در این میان ده پارامتر مربوط به شاخص محیط‌زیست، ۷ پارامتر مربوط به شاخص اقتصادی و ۷ پارامتر مربوط به شرایط فنی قرار دارند. مسلماً بررسی تمامی این ۲۴ پارامتر اصلی کاری سخت و زمان‌بر و مستلزم داشتن اطلاعات کافی از تمامی شرایط منطقه است. با توجه به محدودیت‌های موجود در منطقه، تعداد ۷ معیار مورد مطالعه قرار گرفتند، که برخی از این ۷ معیار، خود شامل چند پارامتر می‌باشند. در ادامه به توضیح برخی از پارامترهای حذف شده پرداخته شده است:

- پارامتر راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله

این پارامتر با توجه به همپوشانی زیاد با پارامتر نزدیکی به محل اصلی معدن تا دمپ باطله و با توجه به وجود نداشتن مسیرهای دسترسی کافی در معدن مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

- پارامتر میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ

این پارامتر که شامل مواردی همچون: هزینه اولیه برای انجام مطالعات ابتدایی برای تعیین محل دمپ باطله یا میزان هزینه برای آسترکشی در زیر دمپ باطله به منظور جلوگیری از نفوذ آلودگی به لایه‌های زیرین بود، با توجه به درخواست مسئولان معدن مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

- پارامتر پایش دمپ

با توجه به کم بودن اهمیت این پارامتر بررسی نشده است. همچنین بررسی این پارامتر مبتنی بر صرف زمان بسیار زیاد و همچنین مشخص بودن محل دمپ باطله می‌باشد.

- پارامتر تامین زمین برای دمپ باطله

با توجه به شرایط محدوده معدن و همچنین گسترش قسمت ثبت شده توسط معدن و همچنین باتوجه به کم بودن ضریب این پارامتر، این پارامتر بررسی نشده است.

- پارامتر تاثیر دمپ بر سلامت انسان

قرارگیری این معدن در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری از اولین روستا و رفت و آمد کمتر افراد به دمپ باطله باعث شده است که این عامل مورد بررسی قرار نگیرد. همچنین نحوه ورود اطلاعات مربوط به این پارامتر در نرم‌افزار GIS امکان‌پذیر نبوده است.

- پارامتر میزان بارش‌های فصلی

بررسی این عامل در محدوده کوچک منطقه مورد مطالعه که حدودا ۹ کیلومتر مربع است، کاری سخت و دشوار و مبنی بر وجود ایستگاه‌های هواشناسی زیاد در هر قسمت از منطقه، برای ثبت میزان بارندگی می‌باشد.

- پارامتر پوشش گیاهی و جانوری

باتوجه به محدوده مورد نظر که منطقه آزاد از نظر محیط‌زیست و منابع طبیعی است، وجود جانوران در این منطقه گزارش نشده است. همچنین با توجه به بیابانی بودن منطقه، پوشش گیاهی در این منطقه بسیار کم است.

- پارامتر میزان وزش باد

این پارامتر نیز مانند پارامتر میزان وزش باد، مستلزم قرار گیری ایستگاه‌های هواشناسی زیاد در هر قسمت از منطقه است.

- پارامتر حجم باطله

با توجه به قرارگیری دمپ‌های باطله متنوع برای هرقسمت از کارگاه‌های استخراج، میزان حجم باطله دارای اهمیت چندانی نبوده است.

- پارامتر ایمنی و پایداری دمپ باطله

ورود اطلاعات شامل این پارامتر در نرم‌افزار GIS امکان‌پذیر نمی‌باشد، به همین دلیل از بررسی این عامل پرهیز شده است.

- پارامتر نشست و مسائل ژئوتکتونیکی باطله

این پارامتر نیز امکان وارد کردن اطلاعات آن در نرم افزار GIS وجود ندارد و همچنین امکان بررسی این پارامتر قبل از جانمایی دمپ باطله وجود ندارد و باید این عامل را بعد از گذشت چند مدت از قرارگیری باطله در دمپ، مورد بررسی قرار داد.

- پارامتر عمر دمپ باطله

عمر دمپ باطله در زمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد که برای معدن، برنامه‌ریزی بلند مدت وجود داشته باشد و چون این معدن دارای برنامه‌ریزی کوتاه مدت حدود ۵ سال است، پیش‌بینی می‌شود این عامل نتواند نقش موثری در جانمایی دمپ باطله داشته باشد، گرچه این عامل به‌طور غیر مستقیم مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین امکان ورود اطلاعات این پارامتر در نرم افزار GIS وجود ندارد و همچنین ضریب اهمیت این پارامتر بسیار کم است و نمی‌تواند تاثیری بر انتخاب محل دمپ باطله داشته باشد.

- پارامتر میزان ذخیره معدن

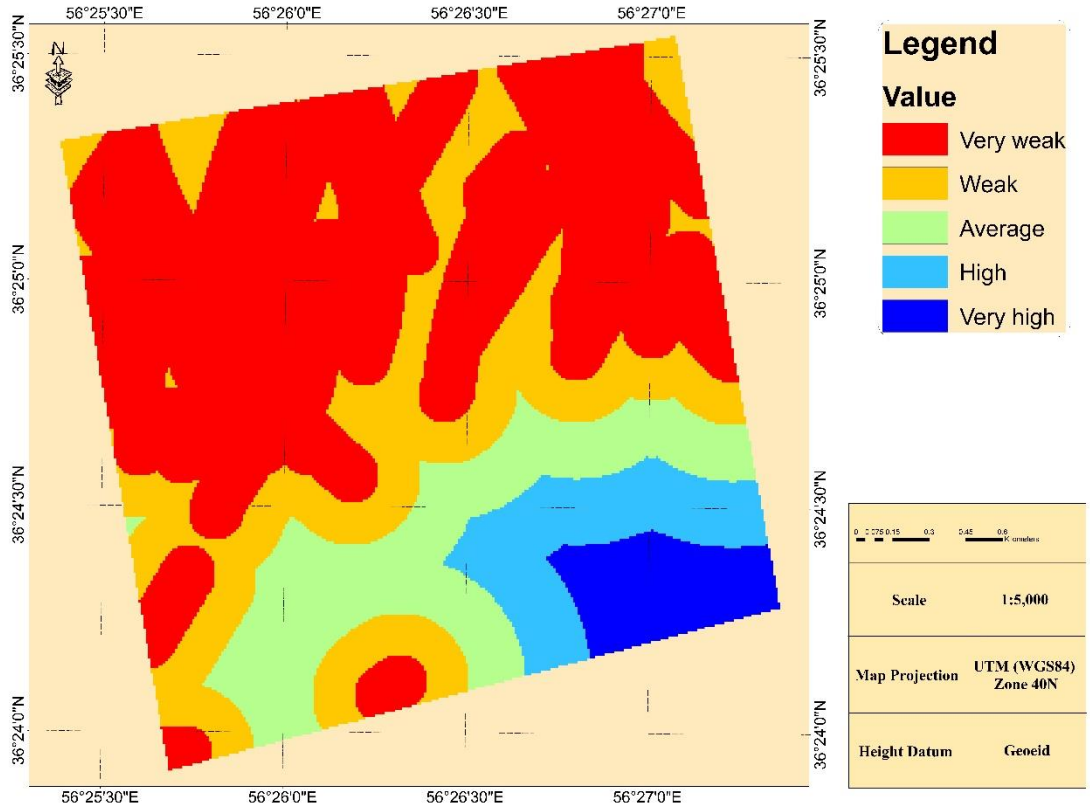
این پارامتر نیز مانند پارامتر قبل است و ارتباط مستقیم باهم دارند. همچنین ضریب این پارامتر با توجه به نظرات کارشناسان بسیار کم است و می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد.

۴-۳-تولید لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار GIS

۴-۳-۱-تولید لایه اطلاعاتی فاصله از گسل

باتوجه به تحقیقات انجام شده، وجود گسل عامل نامطلوب برای محل دمپ باطله می‌باشد (Motlagh and Sayadi, 2015). این عامل با توجه به پرسش‌نامه، امتیاز مربوط به مخاطرات طبیعی را به خود اختصاص داده است و دلیلش این است که هرچقدر دمپ باطله از گسل فاصله بیشتری داشته باشد امکان تاثیر مخاطرات طبیعی بر روی دمپ باطله کمتر می‌شود. با توجه به شکل ۳-۱ تجمع گسل‌ها در شمال منطقه می‌باشد و با توجه به این مورد که در این قسمت میزان فاصله از گسل مورد بررسی قرار گرفته است، پس هر قسمت از منطقه که از گسل‌ها فاصله بیشتری داشته باشد، امتیاز بیشتری به آن تعلق می‌گیرد. با توجه به کلاس‌بندی، در این تحقیق ۵ کلاس مختلف وجود دارد، مناطقی که دارای تجمع بیشتری از گسل هستند دارای امتیاز کمتری هستند.

ضریب خروجی به‌دست آمده از روش فازی دلفی برای این لایه با توجه به پرسشنامه برای پارامتر مخاطرات طبیعی، ۰/۰۰۸ می‌باشد و بر اساس درصد، ضریب این لایه حدود ۲/۱۲ می‌باشد. لایه به‌دست آمده از این قسمت در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به فاصله از گسل.

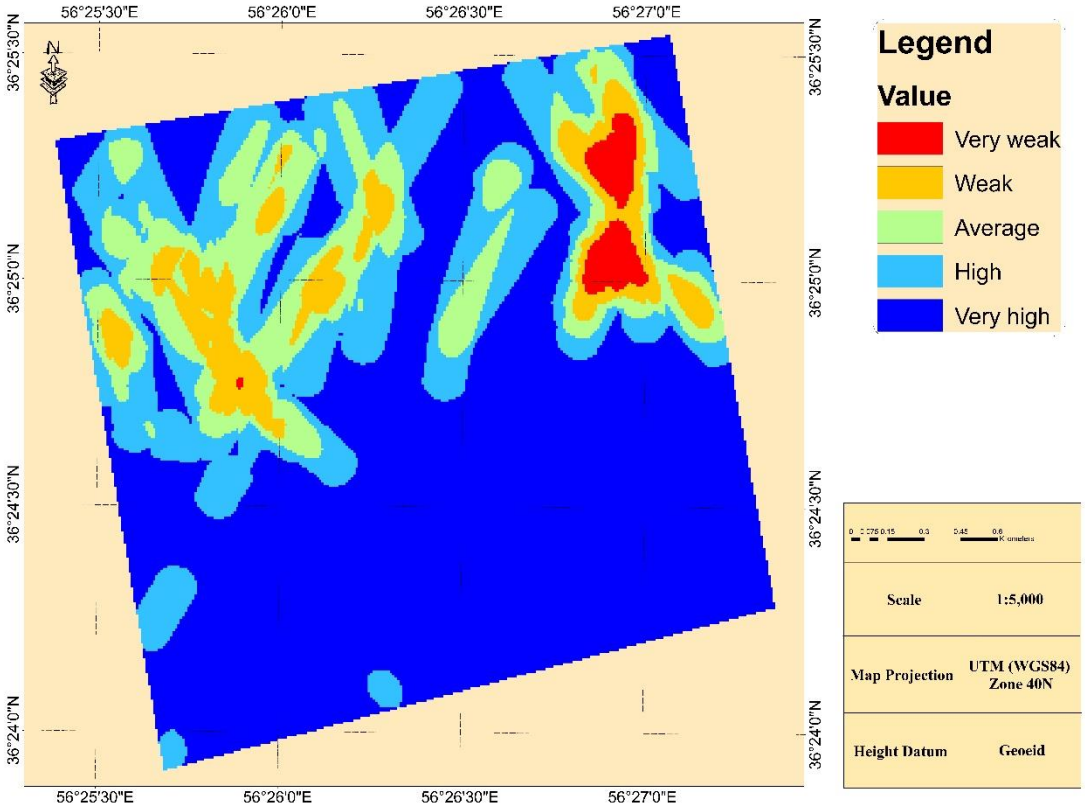
۴-۳-۲-تولید لایه اطلاعاتی چگالی گسل

با توجه به این نکته که ممکن است در منطقه‌ای میزان چگالی گسل در تمام منطقه متفاوت باشد، ولی فاصله‌های گسل‌ها یکسان باشد، این عامل می‌بایست مورد بررسی قرار می‌گرفت. براساس این لایه اطلاعاتی، هر قسمت از محدوده که دارای تراکم گسل کمتری است، دارای امتیاز بیشتری است.

همانطور که در شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود، قسمت‌های جنوبی منطقه دارای بیشترین امتیاز از لحاظ چگالی گسل را دارند.

با توجه به این نکته که، این لایه می‌تواند تاثیر زیادی بر آلودگی آب‌های زیرزمینی بگذارد، پس هرچه چگالی گسل در محل دمپ باطله کمتر باشد، برای انتخاب دمپ از امتیاز بیشتری برخوردار است.

امتیاز مربوط به این لایه اطلاعاتی با توجه به پرسش‌نامه به روش فازی دلفی و ضریب پارامتر آلودگی آب‌های زیرزمینی ، عدد ۰/۰۳۱ شده است و حدود ۸/۲۷ درصد در انتخاب محل دمپ باطله دارای اهمیت است.



شکل ۴-۲: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به چگالی گسل.

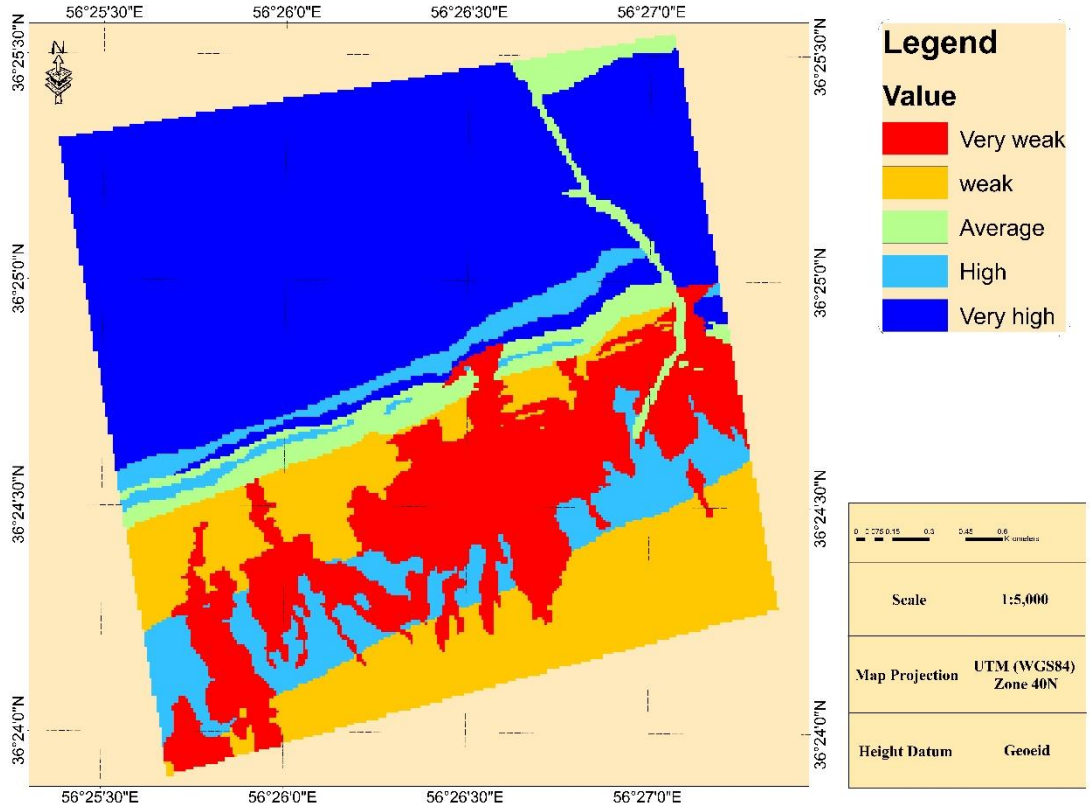
۴-۳-۳-تولید لایه اطلاعاتی جنس لایه

بر اساس مطالعات انجام شده، این لایه برای میزان نفوذپذیری محدوده از لحاظ نفوذ آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است.

همانطور که در فصل قبل ذکر شد، این لایه اطلاعاتی از روند خاصی پیروی نمی‌کند و هر قسمت از منطقه دارای یک جنس خاک است. برای این منظور، با توجه به میزان نفوذپذیری، سنگ‌های رسوبی خالص که بیشترین میزان نفوذ را دارند، دارای امتیاز ۱، سنگ‌های رسوبی و دگرگونی دارای امتیاز ۳، سنگ‌های دگرگونی دارای امتیاز ۵، سنگ‌های دگرگونی آذرین دارای نفوذپذیری ۷ و سنگ‌های آذرین دارای کمترین میزان نفوذ و امتیاز ۹ می‌باشند (Cedergren, 1997).

بر این اساس ۱۵ نوع جنس سنگ‌های مختلف امتیازبندی شدند و در ۵ دسته قرار گرفتند. همانطور که در شکل ۴-۳ مشاهده می‌شود، قسمت‌های شمال منطقه دارای کمترین میزان نفوذپذیری هستند و بیشترین امتیاز را به خود تعلق می‌دهند.

امتیاز به‌دست آمده از روش فازی دلفی و پرسش‌نامه برای پارامتر میزان نفوذ پذیری خاک ۰/۰۱۳ شده است و براساس درصد عدد ۳/۴۵ را به خود اختصاص داده است.



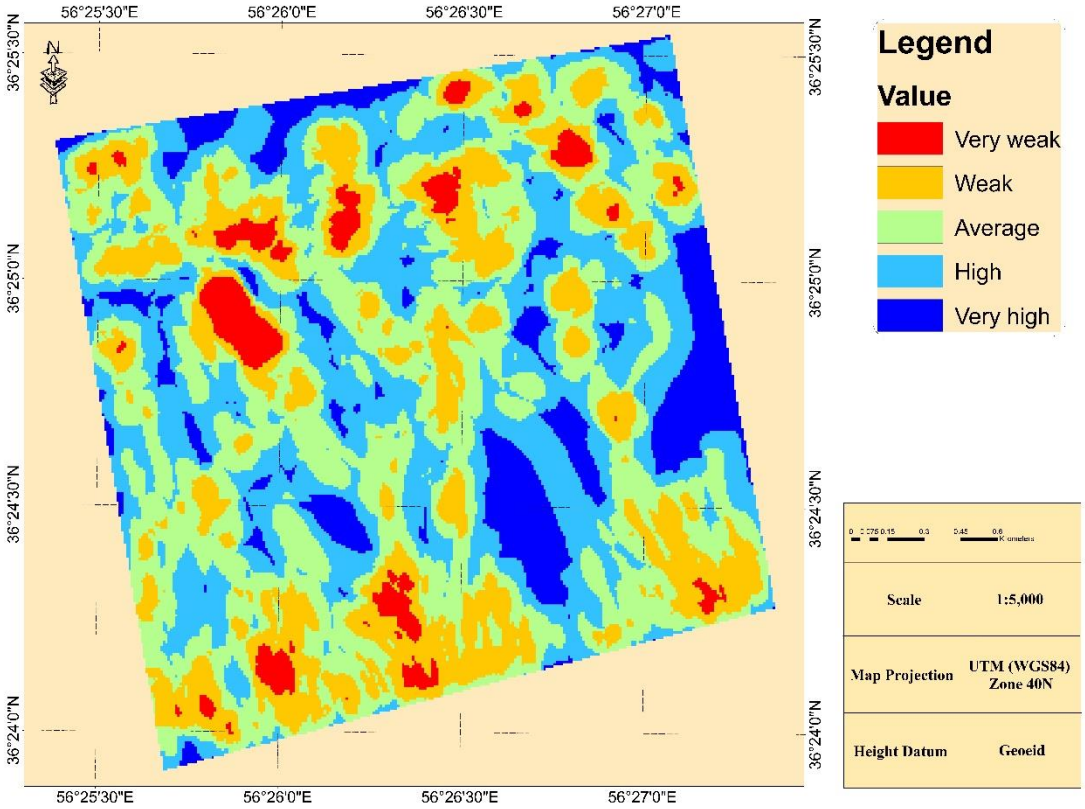
شکل ۴-۳: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به میزان نفوذپذیری.

۴-۳-۴-تولید لایه اطلاعاتی آبراهه

پس از برداشت‌های صورت گرفته و ورود داده‌ها به نرم‌افزار GIS، لایه اطلاعاتی مربوط به آبراهه تولید شد. این لایه اطلاعاتی براساس میزان چگالی آبراهه تولید شده است. براساس نتایج به‌دست آمده از این لایه اطلاعاتی، تراکم آبراهه‌ها در تمام منطقه مورد مطالعه بالا است و فقط مناطق محدودی از ناحیه مورد نظر دارای امتیاز بالا برای جانمایی دمپ باطله هستند. بر اساس مطالعات انجام شده این عامل در برگیرنده دو پارامتر،آلودگی آب‌های سطحی و مسیر رودخانه و سیلاب می‌باشد.

ضریب این لایه اطلاعاتی از میانگین دو پارامتر آب‌های سطحی و مسیر رودخانه و سیلاب به‌دست آمده که ضریب ۰/۰۲۵ را به خود اختصاص داده است و اگر این پارامتر براساس درصد بیان شود، عدد ۶/۶۴ درصد را به خود اختصاص می‌دهد.

نقشه به‌دست آمده از این لایه اطلاعاتی در نرم‌افزار GIS را در شکل ۴-۴ مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۴: لایه خروجی اطلاعات مربوط به تراکم آبراهه.

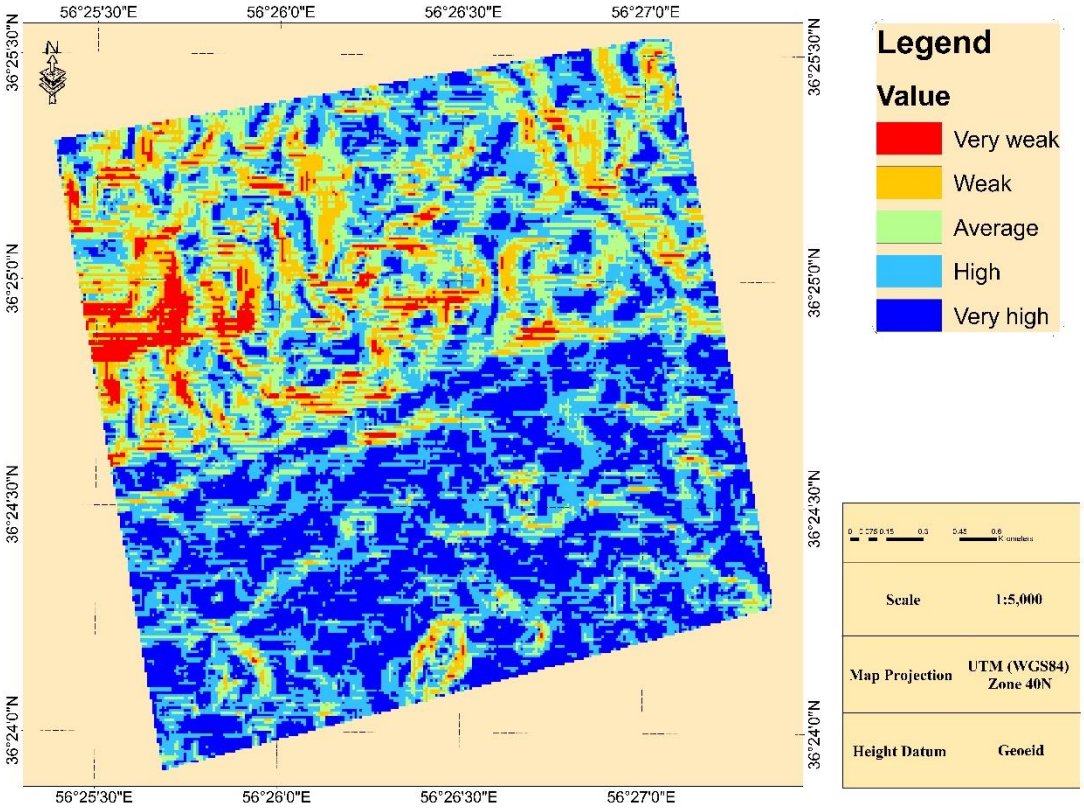
۴-۳-۵-تولید لایه اطلاعاتی شیب منطقه

برای آن‌که دمپ باطله در محلی مناسب واقع شود، تولید این لایه امری ضروری است. شیب در تمام قسمت‌های محدوده مختلف است و فقط به طور کلی می‌توان گفت که نیمه جنوبی منطقه دارای شیب کمتر و قسمت شمال منطقه دارای شیب بیشتری است. در واقع اگر بخواهیم براساس این لایه جانمایی دمپ باطله را صورت دهیم، باید دمپ باطله در نیمه جنوبی محدوده قرار بگیرد. در واقع این پارامتر خود در برگیرنده سه پارامتر اصلی شامل: آسان بودن تسطیح زمین و خاک‌برداری، حمل‌ونقل و احتمال قرارگیری در مسیر رودخانه و سیلاب کاهش می‌یابد.

ضرائب به‌دست آمده از روش فازی دلفی در پرسش‌نامه اصلی در مورد، میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین عدد ۰/۰۷۹، حمل‌ونقل عدد ۰/۱۲۴ و ضریب مسیر رودخانه و سیلاب عدد ۰/۰۲۸ شده است. که با توجه به مشاوره‌های انجام شده با کارشناسان و اساتید این سه ضریب باهم تلفیق شدند که میزان اهمیت این سه پارامتر به ترتیب ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۱ است. ضریب نهایی برای لایه شیب عدد ۰/۰۹۷۳ شده است که بر اساس درصد اهمیت، این لایه دارای اهمیت ۲۵/۴۸ درصد می‌باشد.

این لایه نیز مانند لایه های قبل پس از انتقال به نرم‌افزار GIS به ۵ کلاس مختلف تقسیم‌بندی شدند که امتیاز ۹ دارای بیشترین اهمیت و امتیاز ۱ دارای کمترین اهمیت می‌باشد. با توجه به ضرائب دیگر لایه‌ها، این لایه از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند تاثیر زیادی در انتخاب محل دمپ باطله داشته باشد.

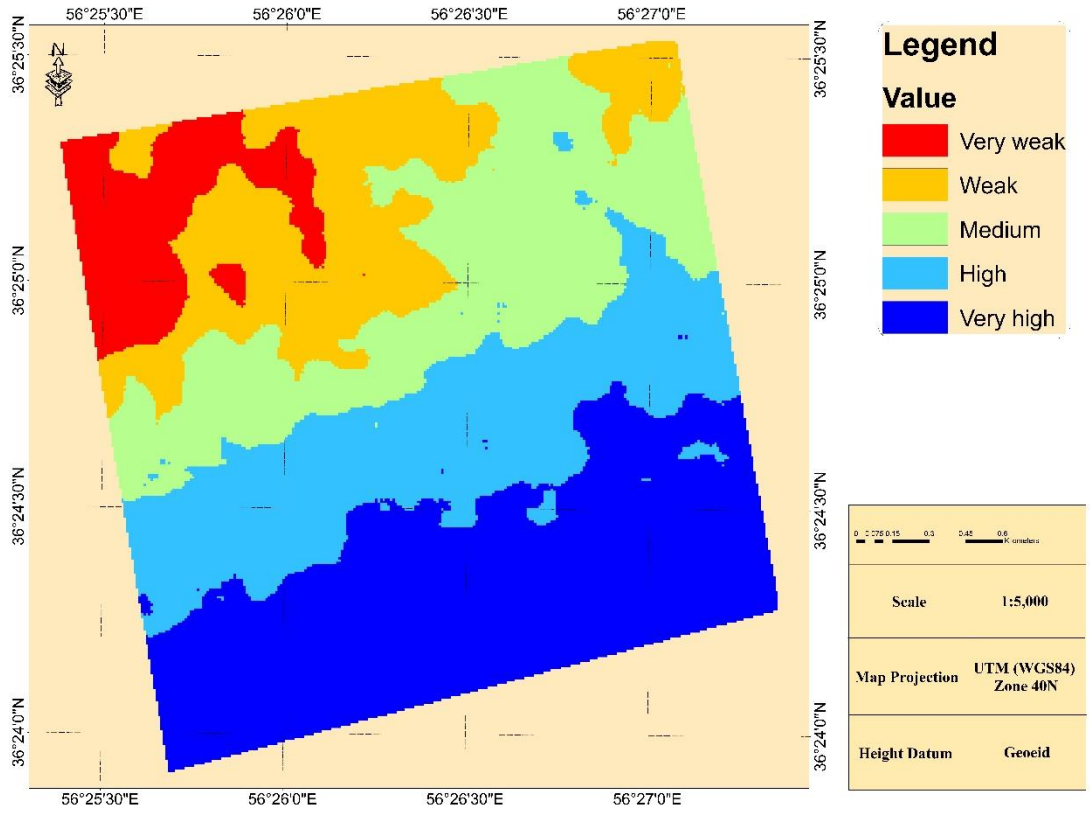
در شکل ۴-۵ خروجی به‌دست آمده از این لایه در نرم‌افزار GIS نشان داده شده است.



شکل ۴-۵: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به شیب.

۴-۳-۶-تولید لایه اطلاعاتی تغییرات ارتفاع منطقه

بر اساس نقشه‌برداری‌های صورت گرفته در منطقه، نقشه لازم مربوط به ارتفاع منطقه به‌دست آمد. این نقشه پس از ورود به نرم‌افزار GIS و گرفتن خروجی در ۵ کلاس مختلف، در شکل ۴-۶ مشاهده می‌کنید. همانطور که مشخص است، قسمت‌های شمالی منطقه دارای بیشترین ارتفاع و قسمت‌های جنوبی دارای کمترین ارتفاع هستند. با توجه به این نکته که کارگاه استخراج معدن در قسمت‌های با ارتفاع کم قرار دارد، پس مناطقی که دارای ارتفاع کم هستند، برای جانمایی دمپ باطله از اهمیت بیشتری برخوردارند. ضریب این پارامتر مستقیماً از روش فازی دلفی بر اساس پارامتر توپوگرافی به‌دست آمد و عدد ۰/۰۰۰۴ را به خود اختصاص داد، که با توجه به محاسبات انجام شده ۰/۱ درصد اهمیت دارد. با توجه به ضرائب به‌دست آمده، این لایه از کمترین اهمیت برخوردار است.

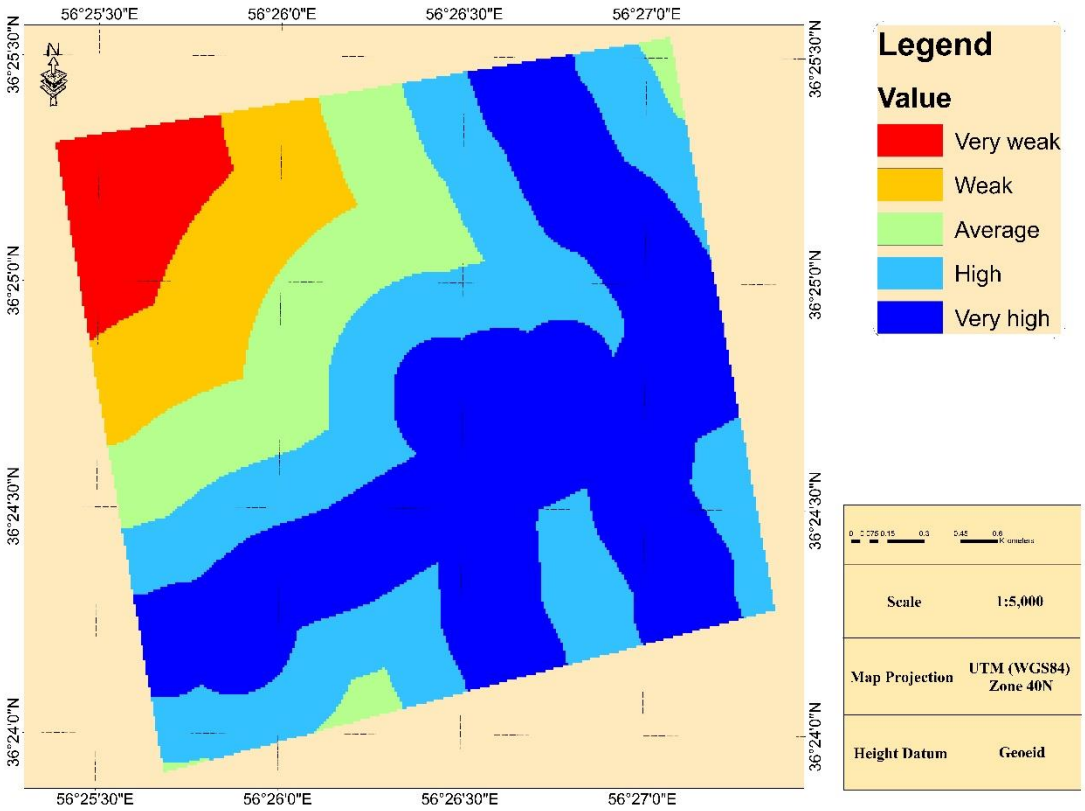


شکل ۴-۶: لایه خروجی اطلاعاتی مربوط به تغییرات ارتفاع.

۴-۳-۷-تولید لایه اطلاعاتی مسیرهای دسترسی (راه)

بر اساس محدودیت‌های موجود در معدن و همچنین برداشت‌های صورت گرفته در منطقه مورد نظر، این تنها شاخص از پارامتر اقتصادی است که مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این نکته که بر اساس نظر کارشناسان، شاخص اقتصادی از بین سه شاخص اصلی دارای بیشترین اهمیت است و همچنین خود این پارامتر یعنی مسیر دسترسی دارای بیشترین اهمیت در بین کل پارامترهای اتقصادی است، می‌توان گفت این پارامتر به تنهایی تعیین کننده محل دمپ باطله می‌باشد. با توجه به نکات ذکر شده و براساس نظر کارشناسان و روش فازی دلفی، ضریب این لایه بر اساس پرسش‌نامه و پارامتر نزدیکی به محل اصلی معدن، ۰/۲۰۵ می‌باشد که درواقع پس محاسبات انجام شده ۵۳/۹ درصد در جانمایی دمپ باطله موثر است.

لایه به‌دست آمده از این اطلاعات در شکل ۴-۷ آورده شده است.



شکل ۴-۷: لایه خروجی اطلاعات مربوط به مسیرهای دسترسی (راه).

۴-۴-نتایج به‌دست آمده از روش فازی دلفی

بر اساس این روش که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، وزن هریک از پارامترها و شاخصهای اصلی به‌دست آمد. با توجه به این موضوع که ارزیابی تمامی پارامترهای موجود در پرسش-نامه کاری سخت و زمان‌بر است، تعدادی از پارامترها مورد بررسی قرار گرفته است.

در بین شاخص‌های اصلی، شاخص اقتصادی دارای بیشترین اهمیت و بعد از آن شاخص محیط‌زیست دارای اهمیت بالا و در نهایت شاخص فنی دارای کمترین میزان اهمیت است.

در بین پارامترهای موجود در هر شاخص، پارامترهای نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج، راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله و حمل‌ونقل در شاخص‌های اقتصادی به ترتیب دارای بیشترین اهمیت، پارامترهای آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه، مسیر رودخانه و سیلاب و تاثیر دمپ بر سلامت انسان در شاخص محیط‌زیست دارای بیشترین اهمیت و پارامترهای حجم باطله، ایمنی و پایداری سد باطله و نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله در شاخص فنی دارای بیشترین اهمیت هستند.

این نکته قابل ذکر است که فقط به سه پارامتر مهم در هر شاخص اشاره شده است که در جدول ۳-۱۹ آورده شده است.

۴-۵-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار GIS

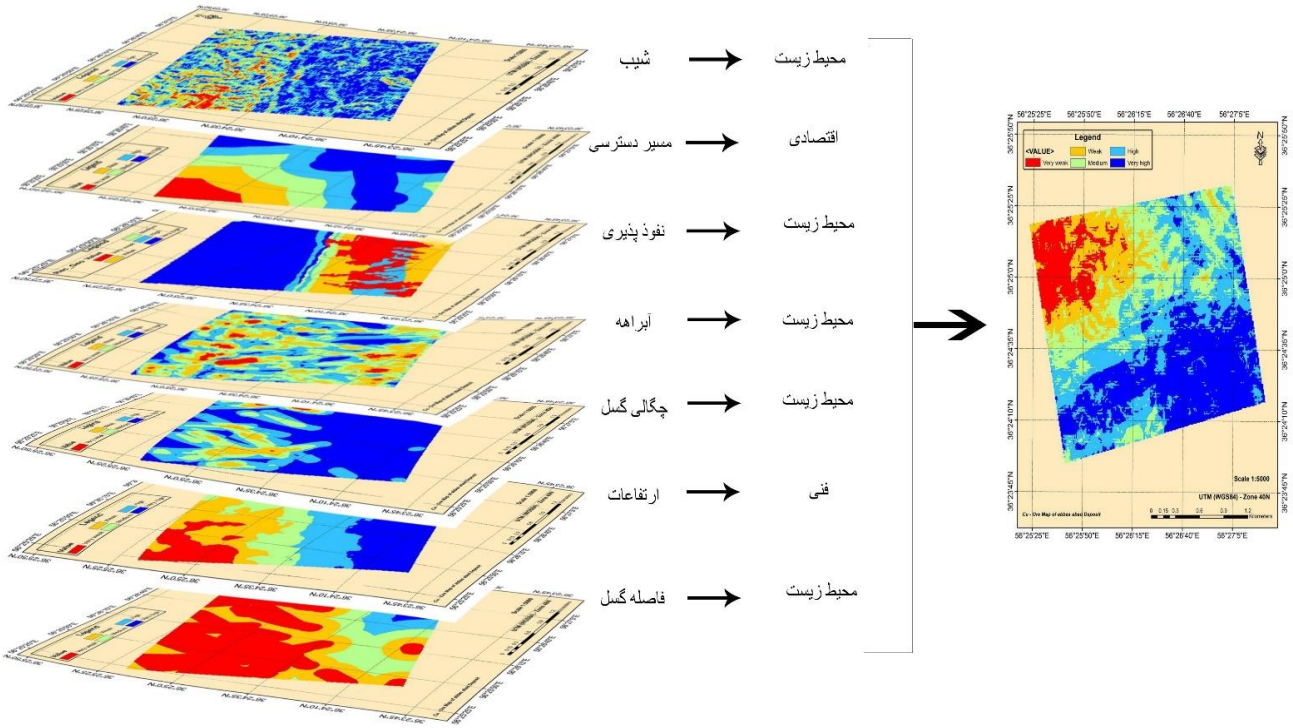
پس از گرفتن خروجی تمام لایه‌های اطلاعاتی موجود، باید آن‌ها را با یکدیگر تلفیق کرد تا بتوان خروجی لازم از کارهای انجام شده، گرفته شود (Chang et al., 2008; Korucu, 2011). در این تحقیق با توجه به دو روش هم‌پوشانی ساده (بدون درنظر گرفتن ضرائب لایه‌ها) و هم‌پوشانی وزن‌دار (با در نظر گرفتن ضرائب لایه‌ها)، خروجی‌های لازم به‌دست آمده است که در ادامه به توضیح آن پرداخته شده است.

۴-۵-۱-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش هم‌پوشانی ساده

بر اساس این روش، پس از وارد کردن لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار GIS، با در نظر گرفتن ضرائب ثابت برای تمام لایه‌ها، خروجی مورد نظر به‌دست آمد. با توجه به خروجی به‌دست آمده که در شکل ۴-۹ مشاهده می‌شود، قسمت‌های زیادی داری پتانسیل بالا برای محل دمپ باطله هستند، اما این نکته قابل ذکر است که بیشتر این نواحی در قسمت‌های جنوب شرقی منطقه قرار دارند.

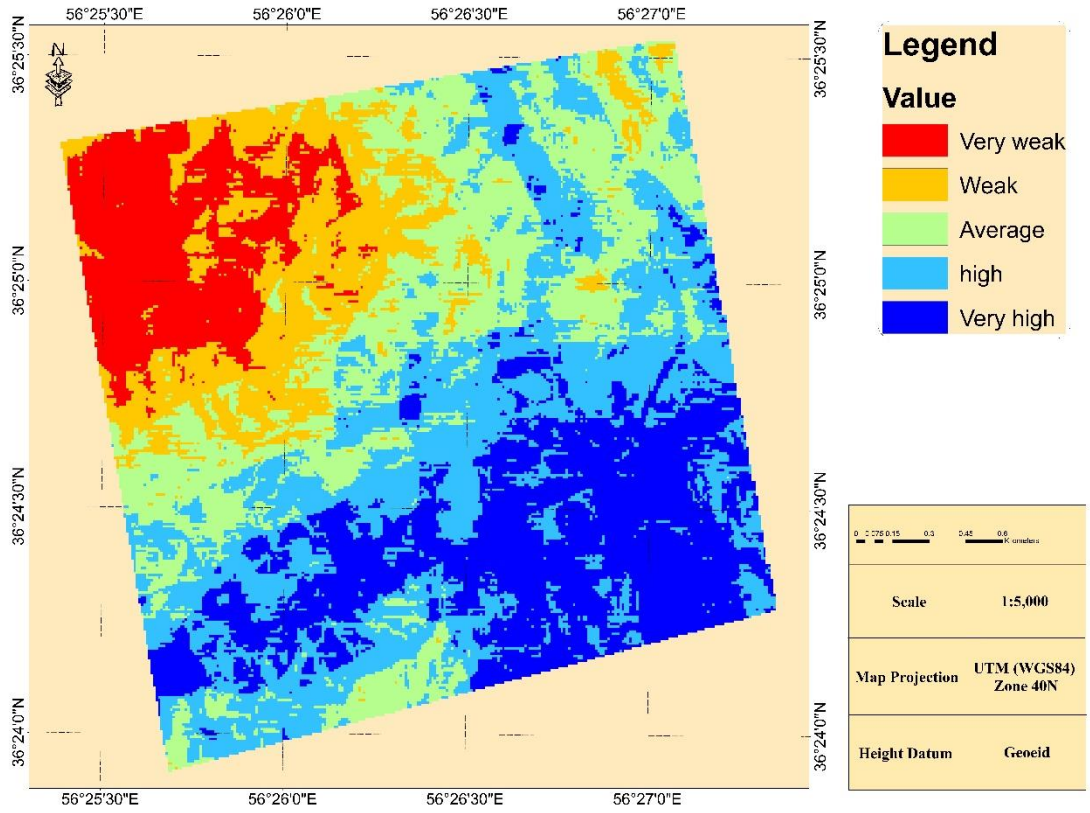
جدول ۴-۱: مساحت‌های ۵ محدوده با پتانسیل‌های مختلف (هم‌پوشانی ساده)

محیط(متر)	مساحت(متر مربع)	ارزش
۲۱۴۶۰	۷۰۷۸۰۰	۱
۵۵۲۲۰	۸۷۴۷۰۰	۲
۹۵۹۲۰	۱۴۸۴۶۰	۳
۱۲۴۳۴۰	۱۸۴۹۱۰	۴
۶۳۸۶۰	۱۴۷۶۷۰	۵



شکل ۴-۸: نمایی کلی تعیین دمپ باطله به روش هم‌پوشانی ساده.

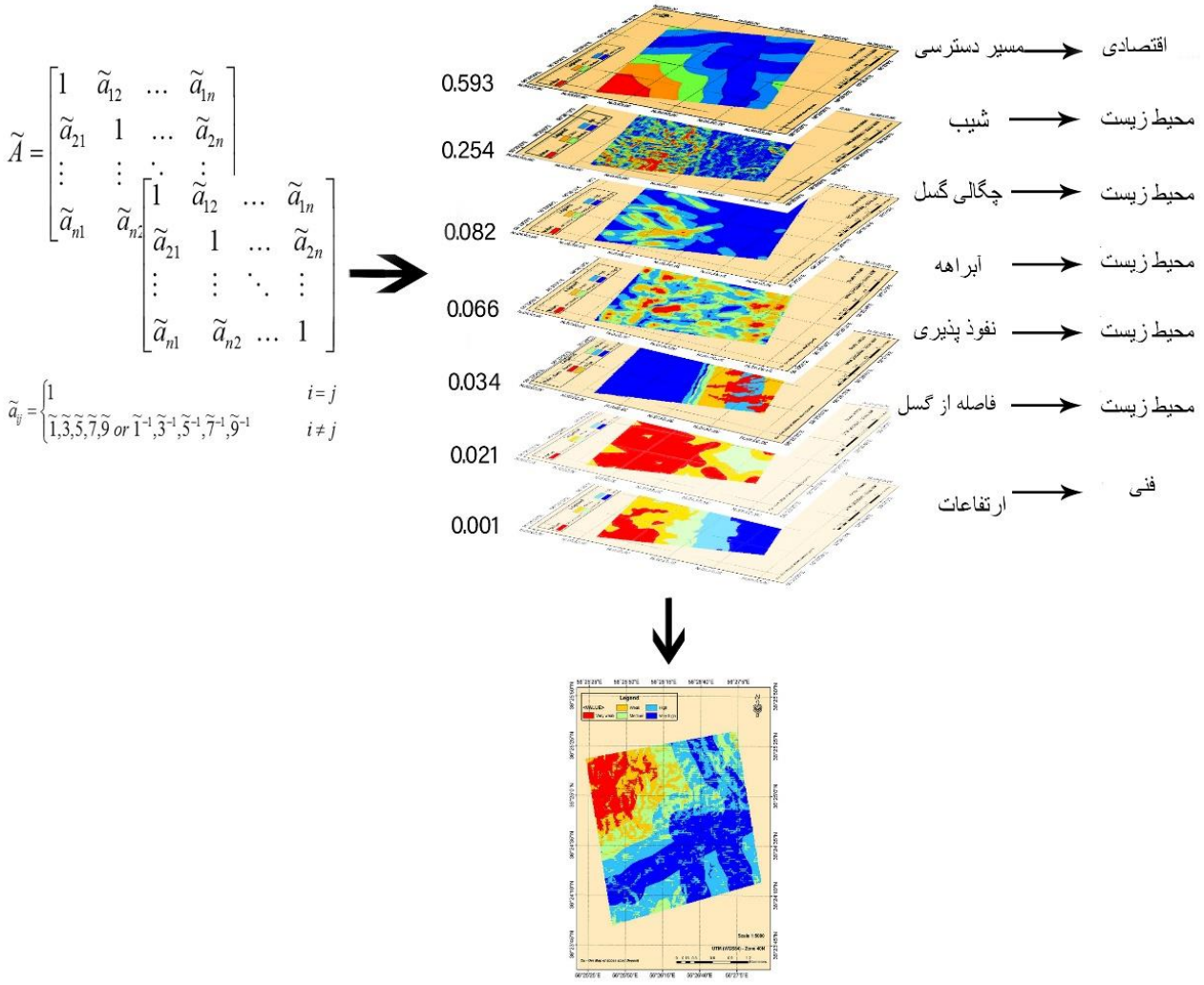
با توجه به خروجی نرم‌افزار GIS ، مناطقی که دارای پتانسیل بالا هستند، حدود ۱۴۷۶۷۰ متر مربع مساحت دارند. جدول ۴-۱ نشان‌دهنده میزان مساحت‌ها برای ۵ پتانسیل مختلف می‌باشد.



شکل ۴-۹: خروجی روش هم‌پوشانی ساده.

۴-۵-۲-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش هم‌پوشانی وزن‌دار

در واقع روش همپوشانی وزن‌دار، یک روش از تلفیق روش فازی دلفی با نرم‌افزار GIS است. براساس این روش ابتدا پارامترهای موجود برمبنای روش‌های تصمیم‌گیری تجزیه و تحلیل می‌شوند و ضرائب مربوط به هر لایه مشخص می‌شود و سپس لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار GIS شده و پس از آن براساس ضرائب هر لایه، خروجی مدنظر به‌دست خواهد آمد.

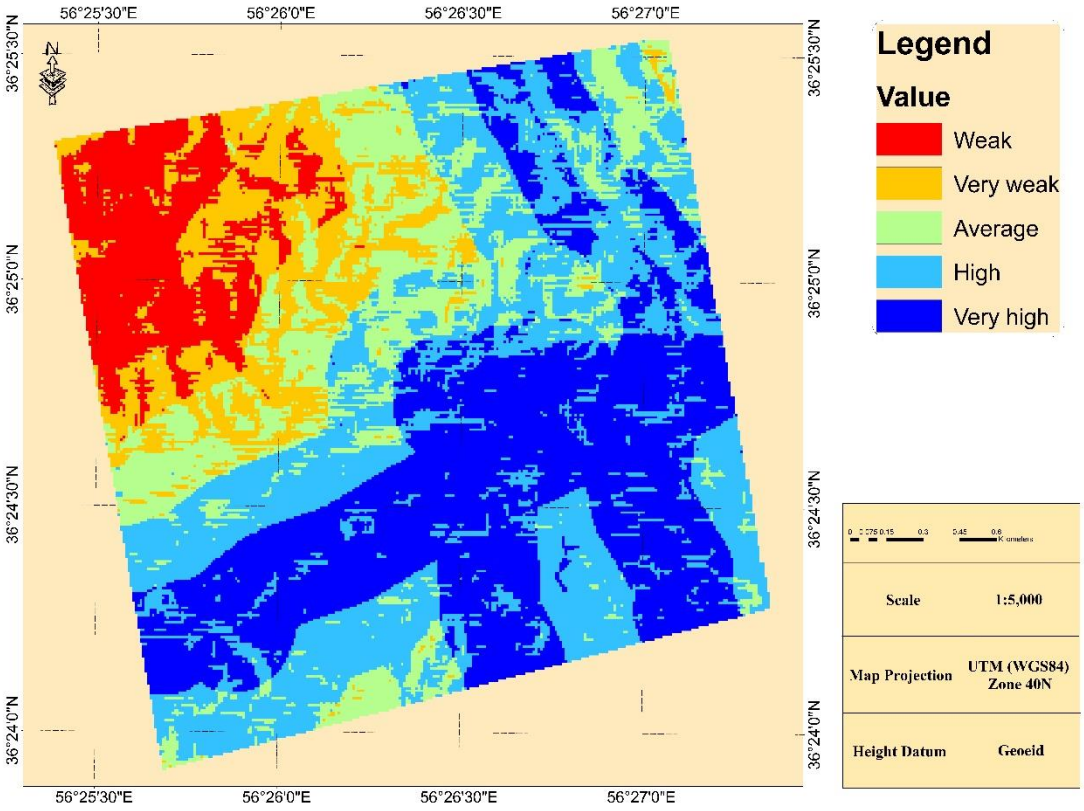


شکل ۴-۱۰: نمایی کلی تعیین دمپ باطله به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS.

خروجی به‌دست آمده از این روش کاملاً براساس نظرات کارشناسان و متخصصانی است که پرسش‌نامه را تکمیل کرده‌اند و مستقیماً نظرات کارشناسان در این روش دخالت دارد.

همانطور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می‌شود، لایه خروجی به‌دست آمده از این روش دارای روند خاصی است. این روند بر اساس لایه اطلاعاتی مسیرهای دسترسی می‌باشد، زیرا همانطور که در قبل گفته شد، لایه اطلاعاتی مسیرهای دسترسی دارای ضریب حدود ۵۳/۳ درصد است، پس این لایه بیشترین میزان تاثیر در انتخاب دمپ باطله را دارد.

با توجه به خروجی به‌دست آمده در نرم‌افزار GIS ، منطقه‌ای که دارای بیشترین میزان پتانسیل است، دارای مساحت حدود ۱۹۵۰۰۰ متر مربع می‌باشد. مساحت‌های مربوط به هر پتانسیل در جدول ۲-۴ آورده شده است، که منطقه با پتانسیل خیلی ضعیف با عدد ۱، پتانسیل ضعیف عدد ۲، پتانسیل متوسط عدد ۳، پتانسیل خوب عدد ۴ و پتانسیل خیلی خوب با عدد ۵ مشخص شده است.



شکل ۴-۱۱: خروجی روش همپوشانی وزن‌دار.

جدول۴-۲: مساحت‌های ۵ محدوده با پتانسیل‌های مختلف (هم‌پوشانی وزن‌دار)

محیط(متر)	مساحت(متر مربع)	ارزش
۲۴۲۴۰	۶۴۴۳۰۰	۱
۵۸۳۶۰	۷۵۵۸۰۰	۲
۹۱۷۸۰	۱۰۸۰۸۰	۳
۱۲۱۸۴۰	۱۹۶۲۰۰	۴
۶۵۴۲۰	۱۹۵۰۰۰	۵

۴-۶-جمع‌بندی

در این فصل بر اساس نظرات کارشناسان، ضرائب مربوط به هر لایه به‌دست آمد. پس از گرفتن خروجی هر لایه در نرم‌افزار GIS، بر اساس دو روش هم‌پوشانی ساده و هم‌پوشانی وزن‌دار، لایه‌ها و ضرائب با یکدیگر تلفیق شدند. خروجی به‌دست آمده از دو روش با یکدیگر متفاوت است، اما هر دو خروجی، نشان می‌دهند که بهترین مکان در جانمایی دمپ باطله معدن مس‌عباس آباد، قسمت جنوب-شرقی محدوده است که دارای بیشترین پتانسیل برای دمپ باطله را دارد.

فصل پنجم:

نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- جمع‌بندی

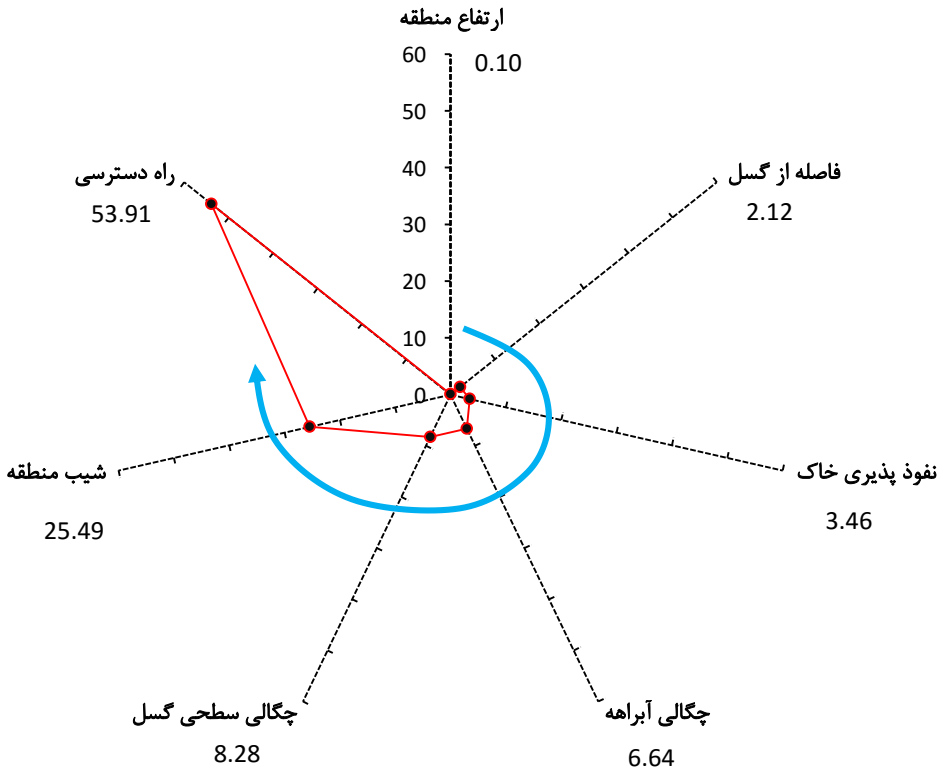
انتخاب محل دمپ باطله یکی از مراحل تأثیرگذار در فرآیند معدنکاری در معادن فلزی می‌باشد. این نکته قابل ذکر است که، تعیین محل دمپ باطله فرآیندی زمان‌بر و هزینه‌بر است، اما با توجه به مزایای حاصل پس از تعیین محل دمپ، می‌توان گفت که انجام مطالعات برای جانمایی دمپ باطله کاملا قابل توجیه است.

برای تعیین محل دمپ باطله پارامترهای زیادی وجود دارد که باید مورد بررسی قرار داد. پارامترهای دخیل در تعیین دمپ باطله با استفاده از مطالعه کارهای صورت گرفته در قبل و شرایط معدن مس عباس‌آباد تعیین شد. برای رسیدن به بهترین محل دمپ باطله در منطقه مورد نظر و دخالت پارامترهای موجود در معدن، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و تلفیق آن با GIS، استفاده شده است. بر اساس روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان پارامترهای زیادی را مورد ارزیابی و مقایسه باهم قرار داد. پس از استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، از نرم‌افزار GIS کمک گرفته شده است تا بتوان لایه‌های تولیدی در این نرم‌افزار را با یکدیگر تلفیق کرد و محل مناسب برای دمپ باطله را تعیین کرد.

بر اساس نظرات کارشناسان، شاخص اقتصادی و شاخص محیط زیستی بسیار حائز اهمیت هستند. با توجه به مسائل اقتصادی موجود، کم کردن هزینه‌ها در معدن‌کاری بسیار اهمیت دارد. همچنین با توجه به اهمیت محیط زیست، بررسی این شاخص نیز مورد اهمیت است، به‌طوری که در این پایان‌نامه، شاخص محیط زیست در بین تمام شاخص‌ها دارای بیشترین تعداد پارامتر است، که مورد ارزیابی قرار گرفته است.

معدن مس عباس‌آباد شامل چهار معدن فعال است. با توجه به درخواست معدن، در این پایان‌نامه، جانمایی دمپ باطله معدن‌بزرگ مورد بررسی قرار گرفته است. سپس بر اساس پرسش‌نامه و نظرات کارشناسان و نرم افزار GIS، محل دمپ باطله تعیین شد. تعداد کارشناسانی که پرسش‌نامه را تکمیل کرده‌اند، ده نفر بوده است، که پنج نفر از این کارشناسان دارای سابقه کار معدنی و تجربی بوده‌اند و پنج نفر دیگر سابقه علمی و تجربی داشته‌اند.

معیارهایی که در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفتند عبارتند از: میزان بارش‌های فصلی، آلودگی آب‌های زیرزمینی منظقه، پوشش گیاهی و جانوری منطقه، نوع خاک و آلودگی آن (شیمیایی)، میزان نفوذپذیری خاک (فیزیکی)، مسیر رودخانه و سیلاب، مخاطرات طبیعی، آب‌های سطحی، تاثیر دمپ بر سلامت انسان، میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تعیین دمپ ، نزدیکی به محل اصلی معدن و کارگاه استخراج، راه دسترسی از معدن تا دمپ باطله، میزان خاک‌برداری برای تصحیح زمین، حمل و نقل، تامین زمین برای دمپ ، پایش دمپ باطله، توپوگرافی معدن، میزان ذخیره معدن، عمر دمپ باطله، نشست باطله و مسائل ژئوتکتونیکی باطله، ایمنی و پایداری سد باطله، وضعیت مناسب نسبت به ماده معدنی و حجم باطله. پس از مطالعات انجام شده در منطقه تعدادی از پارامترها حذف شدند و فقط هفت پارامتر برای جانمایی دمپ باطله استفاده شدند که میزان اهمیت این هفت پارامتر در شکل ۵-۱ بر اساس درصد، مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۱: میزان اهمیت پارامترها در جانمایی دمپ باطله.

با توجه به گسترش محدوده با پتانسیل بالا برای دمپ باطله، انتخاب محل دقیق برای دمپ باطله کاری دشوار است که باید با کارشناسان معدن مشاوره شود و محل دقیق دمپ باطله تعیین شود.

۵-۲- نتیجه‌گیری

این معدن روزانه به‌طور میانگین ۲۵۰۰ تن باطله استخراجی دارد. تعداد روزهای کاری در معدن مس عباس‌آباد ۳۵۰ روز در سال می‌باشد، بنابراین میزان باطله استخراج شده در ۵ سال حدود ۴۳۷۵۰۰۰ تن می‌باشد. با توجه به وزن مخصوص نابرجا که ۱/۷ تن بر مترمکعب است، این میزان باطله، ۲۵۷۳۰۰۰ متر مکعب حجم دارد. باتوجه به ترکیب اطلاعات معدن، تهیه نقشه نهایی و جدول ۴-۱، مساحت قسمتی که دارای بهترین پتانسیل برای دمپ باطله است، ۱۴۸۰۰۰ مترمربع می‌باشد، که این مساحت برای قرارگیری باطله طی ۵ سال با ارتفاع ۱۷ متر مناسب است. البته مسائل ایمنی برای بحث لغزش و نشست باطله باید در نظر گرفته شود تا خسارت‌های جانبی به محیط وارد نشود.

با توجه به پیشرفت معدن و افزایش احتمالی میزان استخراج باطله، پیش‌بینی می‌شود دمپ باطله زودتر از ۵ سال پر شود، که در این صورت یا باید قسمتی از باطله وارد منطقه با پتانسیل خوب شود یا باطله را با ارتفاع بیشتر روی هم انباشت کرد و یا دمپ باطله دیگری برای این معدن طراحی کرد.

۵-۳- پیشنهادها

- برای جانمایی مکان از روش ANP فازی نیز استفاده شود، زیرا این روش پارامترها را وابسته به هم در نظر می‌گیرد، در حالی که روش AHP فازی پارامترها را مستقل از یکدیگر در نظر می‌گیرد.

- در منطقه‌ای که لایه‌های اطلاعاتی وجود ندارد پیشنهاد می‌شود برای کاهش هزینه از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، برای برداشت و استخراج گسل‌ها و موارد دیگر استفاده کرد.

منابع

عادل. آذر، علی. رجب‌زاده، ۱۳۹۱، " تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM "، انتشارات نگاه دانش.

محمد. اصغرپور، ۱۳۷۷، " تصمیم‌گیری‌های چند معیاره" تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

فاطمه. شهنما، ۱۳۹۶، "استفاده از ژئوانفورماتیک برای ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی در رشته کوه جنوبی صحرای جلالی شاهرود"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

محسن. صفری، ۱۳۸۹، "انتخاب محل تأسیسات سطحی (سایت کارخانه و سد باطله) معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

محمد. عطایی، ۱۳۸۸، " تصمیم‌گیری چندمعیاره"، انتشارات د انشگاه صنعتی شاهرود.

محمد. عطایی، ۱۳۸۸" تصمیم‌گیری چند معیاره فازی" انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

محمد. عطایی، ۱۳۹۴، " تصمیم‌گیری چندمعیاره"، چاپ دوم، انتشارات د انشگاه صنعتی شاهرود.

سید. حسن. قدسی‌پور، ۱۳۷۷، "برنامه‌ریزی چند هدفه"، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

Abujayyab, S.K.M., Sanusi, M.S., Yahya, A.S., Alslaibi, T.M., 2017. GIS Modeling for Landfill Site Selection via Multi-Criteria Decision Analysis: A Systematic Review, in: Proceedings of the International Conference on High Performance Compilation, Computing and Communications. ACM, pp. 33–38.

Akbari, V., Rajabi, M.A., Chavoshi, S.H., Shams, R., 2008. Landfill site selection by combining GIS and fuzzy multi criteria decision analysis, case study: Bandar Abbas, Iran. World Appl. Sci. J. 3, 39–47.

Al Garni, H.Z., Awasthi, A., 2017. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. Appl. Energy 206, 1225–1240. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024

Alanbari, M.A., Al-ansari, N., Jasim, H.K., 2014. GIS and Multicriteria Decision Analysis for Landfill Site Selection in AL-HashimyahQadaa. Nat. Sci. 6, 282–304. https://doi.org/10.4236/ns.2014.65032

Allen, A., Brito, G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donnelly, J., Koukoulas, S., O'Donnell, V., Robalo, C., Vendas, D., Allen, B.G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donnelly, J., Koukoulas, S., O'donnell, V., Robalo, C., Vendas, D., Allen, A., Brito, G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donnelly, J., Koukoulas, S., O'Donnell, V., Robalo, C., Vendas, D., 2003. A Landfill Site Selection Process Incorporating GIS Modelling. Proc. Sardinia 2003, Ninth Int. Waste Manag. Landfill Symp. 1–11.

Alonso, A., 2012. Site selection and evaluation for nuclear power plants (NPPs), in: Infrastructure and Methodologies for the Justification of Nuclear Power Programmes. Elsevier, pp. 599–620.

AMBANEH, M., 2016. Solid waste disposal site selection using GIS and remote sensing: For Mojo Town, Ethiopia B. Solid Waste Dispos. Site Sel. Using Gis Remote Sens. Mojo Town, Ethiop. A.

Arıkan, E., Şimşit-Kalender, Z.T., Vayvay, Ö., 2017. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. J. Clean. Prod. 142, 403–412. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.054

Barakat, A., Hilali, A., El Baghdadi, M., Touhami, F., 2017. Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco. Environ. Earth Sci. 76, 413.

Bravo-Fritz, C.P., Saez-Navarrete, C.A., Zeppelin, L.A.H., Cea, R.G., 2015. Site selection for microalgae farming on an industrial scale in Chile. Algal Res. 11, 343–349.

Cai, T., Wang, S., Xu, Q., 2015. Monte Carlo optimization for site selection of new chemical plants. J. Environ. Manage. 163, 28–38.

Cedergren, H.R., 1997. Seepage, drainage, and flow nets. John Wiley & Sons.

Chang, N.-B., Parvathinathan, G., Breeden, J.B., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. J. Environ. Manage. 87, 139–153.

Chen, S.-J., Hwang, C.-L., Hwang, F.P., Multiple, F., Decision, A., 1992. Fuzzy multiple attribute decision making(methods and applications). Lect. Notes Econ. Math. Syst. 3–4.

Church, R.L., Murray, A.T., 2009. Business site selection, location analysis, and GIS. Wiley Online Library.

Dodagoudar, G.R., Venkatachalam, G., 2000. Reliability analysis of slopes using fuzzy sets theory. Comput. Geotech. 27, 101–115.

Dörhöfer, G., Siebert, H., 1998. The search for landfill sites–requirements and implementation in Lower Saxony, Germany. Environ. Geol. 35, 55–65. https://doi.org/10.1007/s002540050292

Goldfarb, N.M., 2009. Questions in Site Selection Questionnaires. J. Clin. Res. Best Pract. 5, 9.

Jelokhani-Niaraki, M., Malczewski, J., 2015. A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. Land use policy 42, 492–508.

Juang, C.H., Jhi, Y.-Y., Lee, D.-H., 1998. Stability analysis of existing slopes considering uncertainty. Eng. Geol. 49, 111–122.

Kontos, T.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste Manag. 25, 818–832.

Korucu, M.K., 2011. Discussion of “Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey)”, Waste Management, 30, 11, 2010, 2037–2046. Waste Manag. 31, 1250–1251. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.02.017

Krishna, V. V, Pandey, K., Karnatak, H., 2017. Geospatial multicriteria approach for solid waste disposal site selection in Dehradun city, India. Curr. Sci. 112.

Lelieveld, H., 2014. Site Selection, Site Layout, Building Design, in: Food Safety Management. Elsevier, pp. 661–672. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381504-0.00025-1

Li, X.-B., Reeves, G.R., 1999. A multiple criteria approach to data envelopment analysis. Eur. J. Oper. Res. 115, 507–517.

Liu, Y.-C., Chen, C.-S., 2007. A new approach for application of rock mass classification on rock slope stability assessment. Eng. Geol. 89, 129–143.

Madeira, J.G., Alvim, A.C.M., Martins, V.B., Monteiro, N.A., 2016. Selection of a tool to decision making for site selection for high level waste 6. https://doi.org/10.1051/epjn/e2015-50039-x

Mahmood, K., Batool, S.A., Chaudhary, M.N., Ul-Haq, Z., 2017. Ranking criteria for assessment of municipal solid waste dumping sites. Arch. Environ. Prot. 43, 95–105. https://doi.org/10.1515/aep-2017-0009

Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. Int. J. Geogr. Inf. Sci. 20, 703–726. https://doi.org/10.1080/13658810600661508

Moiloa, B.H.E., 2009. Geographical information systems for strategic wind energy site selection. Unpubl. MSc Proj. Report, Vrije Univ. Amsterdam, Amsterdam, Netherl. 22–26.

Motlagh, Z.K., Sayadi, M.H., 2015. Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (Case study: Birjand plain, Iran). Waste Manag. 46, 322–337.

Nguyen, H.T., Walker, E.A., 2005. A first course in fuzzy logic. CRC press.

OzeairAbessi, M.S., Saeedi, M., 2009. Site selection of a hazardous waste landfill using GIS technique and priority processing, a power plant waste in Qazvin Province case example. Environ. Sci. 6, 121–134.

Rahmat, Z.G., Niri, M.V., Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A.A., Baboli, Z., Hosseinzadeh, M., 2017. Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran. KSCE J. Civ. Eng. 21, 111–118.

Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., Karagüzel, R., 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). Waste Manag. 30, 2037–2046. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.05.024

Sharifi.M.A, Retsios, V., Sharifi, M.A., 2004. Site selection for waste disposal through spatial multiple criteria decision analysis. J. Telecommun. Inf. Technol. 32, 28–38. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.023

Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S., Khodamoradpour, M., 2009. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, western Iran. Waste Manag. 29, 2740–2758. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.010

Siefi, S., Karimi, H., Soffianian, A.R., Pourmanafi, S., 2017. GIS-Based Multi Criteria Evaluation for Thermal Power Plant Site Selection in Kahnuj County, SE Iran. Civ. Eng. Infrastructures J. 50, 179–189. https://doi.org/10.7508/ceij.2017.01.011

Sureshkumar, M., Sivakumar, R., Nagarajan, M., 2017. Selection Of Alternative Landfill Site In Kanchipuram, India By Using Gis And Multicriteria Decision Analysis. Appl. Ecol. Environ. Res. 15, 627–636. https://doi.org/10.15666/aeer/1501_627636

Thanoon Khansaa A Ahmed, H.A., Thanoon, H.A.M., Ahmed, K.A., 2013. Hydrological Information Extraction for Dams Site Selection using Remote Sensing Techniques and Geographical Information System. Al-Rafadain Eng. J. 21, 2–10.

Triantaphyllou, E., Information, B., Of, D., Mcdm, S., 2000. Multi-criteria decision making methods, in: Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Springer, pp. 5–21. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6

Vasileiou, M., Loukogeorgaki, E., Vagiona, D.G., 2017. GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece. Renew. Sustain. Energy Rev. 73, 745–757. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.161

Veronesi, F., Schito, J., Grassi, S., Raubal, M., 2017. Automatic selection of weights for GIS-based multicriteria decision analysis: site selection of transmission towers as a case study. Appl. Geogr. 83, 78–85.

Vlachopoulou, M., Silleos, G., Manthou, V., 2001. Geographic information systems in warehouse site selection decisions. Int. J. Prod. Econ. 71, 205–212.

Wang, G., Qin, L., Li, G., Chen, L., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China. J. Environ. Manage. 90, 2414–2421. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008

Xu, J., Song, X., Wu, Y., Zeng, Z., 2015. GIS-modelling based coal-fired power plant site identification and selection. Appl. Energy 159, 520–539. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.008

Abctract

Waste dump site selection is an important issue that affected the mining operations cost and depend on three criteria consist of environmentally, economically and socially. The major aim of this study, is the waste dump site selection of Abbas-Abad copper mine, NE Iran. For selection the best waste dump location, one process (Fuzzy AHP) with one Geographical Information System (GIS) such as: fault, geology of the area (permeability), road, water, slope rate of the area, existent height and access way has been collected together. So, different criteria are weighed, that has been weight of access way 53.909, weight of existent height 0.104, weight of slope 25.487, weight of road way 6.640, weight of permeability value 3.457, weight of fault 10.399 and next has been evaluated in software GIS. After that area to 5 different potential divided: Very weak, weak, medium, high, very high. The small of area 195000 m^2 has very high potential, limit space 196200 m^2 has high potential, limit space 108080 m^2 has medium potential, limit space 755800 m^2 has weak potential and limit space 644300 m^2 has very weak potential. The mine dump can be desighened with height 17 m with of optimal condition consist of three mentioned criterias.

Keywords: Multi-Criteria and Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methods, Waste Dump Site Selection, Abbas-Abad Copper Mine, Geographic Information System

Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petoleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Mining Exploitation

Waste Dump Site Selection by Multi-Criteria Decision Making Method and Geographic Information System with Emphasis On Environment, Case Study: Abbas-Abad Copper Mine

BY:

Milad Moonesan

Supervisors:

Dr. Mohammad Ataei

Dr. Kumars Seifpanahi-Shabani

Janury 2018