بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

رشته زمین شناسی گرایش زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مکان‌یابی سد باطله طرحهای توسعه مجتمع سنگ آهن سنگان

نگارنده : محسن اکرمی نژاد

استاد راهنما :

دکتر افشین قشلاقی

استاد مشاور :

دکتر عباس گل‌محمدی

شهریور ۱۳۹۵

تقدیم به:

پینه‌ای از پینه‌های دستان زحمت کش پدرم و قطره اشکی از

قطره‌های اشک چشمان نازنین مادرم

که همه هستی ام از وجود آن دو بزرگوار است

دستان رنجیده‌شان را می بوسم

بلندای وجودشان همواره استوار باد

و تقدیم به:

همسر عزیز و گرامی‌ام که نبودن، سکوت و نوشتنم را به جای

بودن،گفتن و شنیدنم تحمل کردند.

تقدیر و تشکر

سپاس خداوند بی‌کران را که مرا یاری نموده تا در راه علم و دانش گام بگذارم و یاریم نموده تا بدانم که هستم. اکنون که به لطف و عنایت حق تعالی کار نگارش و تدوین این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود لازم می دانم از کلیه سروران گرامی که مرا در انجام این امر یاری بخش بوده‌اند قدردانی نمایم.

در ابتدا از تلاش بی دریغ و راهنمایی‌های ارزنده استاد ارجمند و بزرگوارم جناب آقای دکتر افشین قشلاقی که دلسوزانه در امر تحصیل مرا یاری نمودند، کمال تشکر را داشته و از درگاه پروردگار متعال برای ایشان، توفیق روزافزون را خواستارم.

از راهنمایی‌های ارزنده مشاور عزیز و محترم، جناب آقای دکتر عباس گل‌محمدی که در بهبود این تحقیق نقش مؤثری ایفا کرده‌اند سپاسگذارم.

از مجموعه مدیریت مجتمع سنگ آهن سنگان و همچنین خانم مهندس لیلا رحیلی خراسانی کمال تشکر و قدردانی را دارم. از همکاران گرانبها و ارجمندم که در پیش برد این تحقیق بسیار مؤثر بوده اند، سپاسگذاری نموده و آرزوی موفقیت روزافزون برای ایشان دارم.

همچنین از کلیه عزیزانی که در تمامی مراحل انجام این تحقیق به نحوی راهنمای اینجانب بوده‌اند، کمال تشکر را دارم هر چند ذکر نام ایشان در این بخش نمی‌گنجد.

تعهدنامه

اینجانب **محسن اکرمی نژاد** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه با عنوان **مکان‌یابی سد باطله طرحهای توسعه مجتمع سنگ آهن سنگان** تحت راهنمایی **دکتر افشین قشلاقی** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده 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 پایان-نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن) استفاده شده باشد، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی دسترسی یافته یا استفاده شده است اصول رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطالب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

یکی از پیامدهای زیست‌محیطی فعالیتهای معدنی، تولید مقادیر زیادی از مواد زائد جامد و مایع (مواد باطله) در طول استخراج و فرآوری سنگهای معدنی است. بعضی از این مواد حاوی مواد مضر و غلظت بالایی از فلزات سنگین هستند. در صنعت معدن، دورریزی در سد باطله به عنوان مناسب‌ترین روش برای دفع زباله در نظر گرفته شده است. تعیین یک مکان مناسب برای سد باطله یک مشکل عمده در مدیریت مواد زائد معدنی است. در گذشته فرآیند انتخاب محل سدها مبتنی بر مسائل اقتصادی و معیارهای تسهیل در عملیات اجرایی بوده است ولی در شرایط کنونی و اهمیت بسیار زیاد ملاحظات زیست محیطی، فرآیند انتخاب محل سدهای باطله پیچیده شده است. با توجه به اینکه مطالعه در مورد انتخاب محل سد باطله از جهات گوناگون از قبیل فنی، اقتصادی و زیست محیطی حائز اهمیت است، لذا عوامل زیادی وجود دارند که در تصمیم‌گیری برای انتخاب محل مؤثر می‌باشند. بنابراین انتخاب محل بهینه نیاز به شناخت معیارهای مؤثر دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوب به عمل آید. در مطالعه حاضر این معیارها عبارتند از: فاصله از کارخانه‌های فرآوری و گندله (طرحهای توسعه‌ای)، مناطق مسکونی و کشاورزی، گسلها و خطواره‌ها، رودخانه و آبراهه‌ها، جاده‌ها، کاربری اراضی، زمین شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی و موارد دیگر می‌باشند. انتخاب این عوامل و در نتیجه تعداد زیاد لایه‌های اطلاعاتی، تصمیم‌گیری را به سمت استفاده از سامانه‌هایی سوق داد که علاوه بر دقت بالا، از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشند، لذا به‌علت قابلیت بالای تکنولوژی سامانه اطلاعات جغرافیایی و ساختن سلسله مراتبی در مدیریت و تحلیل لایه‌ها از این سامانه‌ها برای مکان‌یابی سد باطله مجتمع سنگان بهره‌برداری گردید. بطوریکه تمام لایه‌های اطلاعاتی معیارها با استفاده از نرم‌افزار GIS طبقه‌بندی شد. سپس برای وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی از روش AHP و نرم‌افزار Expert choice استفاده گردید. کل مساحت در نظر گرفته شده جهت مکان‌یابی در حدود ۳۷۰ کیلومتر مربع بود که پس از تلفیق نتایج حاصل از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ساختن سلسله مراتبی، پهنه‌بندی انجام گردید. در نتیجه مساحت حدودی ۵۹/۵ کیلومتر مربع در محدوده بسیار نامناسب، ۸۶/۵ کیلومتر مربع در محدوده نامناسب، ۱۱۱ کیلومتر مربع در محدوده متوسط، ۹۹ کیلومتر مربع در محدوده مناسب و ۲۰ کیلومتر مربع در محدوده بسیار مناسب قرار گرفتند. در نهایت منطقه‌ای به مساحت تقریبی ۱۶ کیلومتر مربع در جنوب محدوده تعیین شده جهت احداث سد باطله مناسب تشخیص داده شد.

کلمات کلیدی: مکان یابی سد باطله، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مجتمع سنگان، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیان مسئله ۳

۱-۳- ضرورت و اهداف تحقیق ۵

۱-۴- تعریف سد باطله ۶

۱-۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۸

۱-۶- آب و هوای منطقه ۹

۱-۷- راه های دسترسی به منطقه ۱۰

۱-۸- زمین شناسی و کانی زائی ۱۱

فصل دوم: پارامترها و روش‌ها

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- عوامل موثر در مکان‌یابی محل سد باطله ۱۷

۲-۲-۱- زمین شناسی ۱۷

۲-۲-۱-۱- زمین شناسی ساختمانی ۱۸

۲-۲-۱-۲- سنگ شناسی ۱۸

۲-۲-۲- معیارهای زیست محیطی ۱۹

۲-۲-۲-۱- هیدرولوژی ۱۹

۲-۲-۲-۲- هیدروژئولوژی ۱۹

الف- عمق آب زیرزمینی ۲۰

ب- کیفیت آب زیرزمینی ۲۰

۲-۲-۲-۳- فاصله از چاهها ۲۰

۲-۲-۲-۴- فاصله از مناطق حفاظت شده ۲۰

۲-۲-۳- معیارهای اقتصادی ۲۱
۲-۲-۳-۱- فاصله از کارخانه ۲۱
۲-۲-۳-۲- فاصله از جاده ۲۱
۲-۲-۳-۳- نزدیکی به منابع قرضه ۲۱
۲-۲-۳-۴- کاربری اراضی ۲۲
۲-۲-۳-۵- پتانسیل معدنی منطقه ۲۲
۲-۲-۴- ژئومورفولوژی ۲۲
۲-۲-۴-۱- شیب زمین ۲۲
۲-۲-۴-۲- توپوگرافی ۲۳
۲-۲-۵- سایر معیارها ۲۳
۲-۲-۵-۱- فاصله از مناطق مسکونی ۲۳
۲-۲-۵-۲- خاک‌شناسی ۲۳
۲-۲-۵-۳- جهت باد ۲۴
۲-۳- سیستم اطلاعات جغرافیایی ۲۴
۲-۴- مکان‌یابی با استفاده از GIS ۲۴
۲-۵- مدلهای تلفیق و تحلیل داده های مکانی ۲۵
۲-۵-۱- مدل منطق بولین ۲۵
۲-۵-۲- مدل همپوشانی شاخص وزنی ۲۶
۲-۵-۳- مدل منطق فازی ۲۶
۲-۵-۴- مدل دلفی ۲۶
۲-۵-۵- مدل AHP ۲۷
۲-۵-۵-۱- ساخت سلسله مراتبی ۲۸
۲-۶- ارزیابی اثرات زیست محیطی ۲۹
۲-۷- پیشینه تحقیق ۲۹
۲-۷-۱- مکان‌یابی در بخش محیط زیست ۳۰
۲-۷-۲- مکان‌یابی برای امور مهندسی ۳۲

فصل سوم: خصوصیات منطقه مورد مطالعه و روش تحقیق

۳-۱- مقدمه ۳۶

۳-۲- تهیه نقشه معیارهای مکان‌یابی و لایه های اطلاعاتی ۳۶

۳-۳- روش های مورد استفاده ۳۶

۳-۳-۱- تحلیل سلسله مراتبی ۳۶

۳-۳-۱-۱- کلیات روش تحلیل سلسله مراتبی ۳۷

۳-۳-۱-۲- ساختار مساله انتخاب گزینه‌ها بر مبنای معیارها ۳۷

الف- ساخت سلسله مراتبی یا درخت سلسله مراتبی ۳۸

ب- مقایسات زوجی ۳۸

ج- استخراج وزنها از ماتریس تصمیم ۳۹

د- محاسبه نرخ ناسازگاری ۳۹

هـ- استخراج وزنها از ماتریس سازگار ۴۰

۳-۳-۱-۳- اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی ۴۱

۳-۳-۱-۴- ارزیابی نظرات کارشناسی در روشAHP ۴۱

۳-۳-۱-۵- وزن‌دهی به پارامترها بر اساس مدل سلسه مراتبی ۴۲

۳-۳-۱-۶- مراحل محاسبات وزن معیارها با روش AHP ۴۲

۳-۳-۲- سامانه اطلاعات جغرافیایی ۴۳

۳-۳-۲-۱- تهیه لایه های اطلاعاتی مورد نیاز و استفاده از نرم افزار GIS ۴۳

۳-۳-۳- روش کار ۴۴

۳-۳-۴- تهیه نقشه کلی ۴۵

۳-۴- ویژگیهای منطقه مورد مطالعه ۴۵

۳-۴-۱- ویژگیهای آب و هوایی منطقه ۴۵

۳-۴-۱-۱- بارندگی ۴۶

۳-۴-۱-۲- دما ۴۶

۳-۴-۱-۳- تبخیر ۴۸

۳-۴-۱-۴- رطوبت ۴۹

۳-۴-۱-۵- باد ۴۹

۳-۴-۲- زمین شناسی منطقه ۵۰
۳-۴-۳- تکتونیک منطقه..... ۵۲
۳-۴-۳-۱- لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت ۵۴
۳-۴-۴- مورفولوژی ۵۵
۳-۴-۴-۱- کوهستان ۵۶
۳-۴-۴-۲- دشت ۵۷
۳-۴-۴-۳- تپه ماهورها..... ۵۷
۳-۴-۵- هیدروژئولوژی ۵۷

فصل چهارم: تهیه لایه‌های اطلاعاتی و مکان‌یابی سد باطله

۴-۱- مقدمه..... ۶۲
۴-۲- کلیات ۶۲
۴-۳- طبقه بندی لایه های اطلاعاتی..... ۶۳
۴-۳-۱- فاصله از گسل اصلی و فرعی ۶۴
۴-۳-۲- فاصله از چاه، قنات و چشمه ۶۶
۴-۳-۳- عمق سطح آب زیرزمینی ۶۷
۴-۳-۴- کیفیت آب زیرزمینی..... ۶۹
۴-۳-۵- سنگ شناسی ۷۱
۴-۳-۶- کاربری اراضی ۷۲
۴-۳-۷- آبراهه‌های اصلی و فرعی..... ۷۴
۴-۳-۸- مناطق مسکونی ۷۸
۴-۳-۹- شیب..... ۷۹
۴-۳-۱۰- مناطق طرحهای توسعه ۸۱
۴-۳-۱۱- ریخت شناسی ۸۲
۴-۳-۱۲- جهت باد ۸۴
۴-۳-۱۳- خط آهن ۸۵
۴-۳-۱۴- جاده اصلی و فرعی ۸۷

۴-۴- وزن دهی معیارها و رده‌ها ۸۹
۴-۴-۱- زیر معیار فاصله از چاه، چشمه و قنات ۹۲
۴-۴-۲- زیر معیار فاصله از گسل ۹۲
۴-۴-۳- زیر معیار عمق سطح آب زیرزمینی ۹۳
۴-۴-۴- زیر معیار کیفیت آب زیرزمینی ۹۳
۴-۴-۵- زیر معیار کاربری اراضی ۹۴
۴-۴-۶- زیر معیار سنگ شناسی ۹۴
۴-۴-۷- زیر معیار فاصله از محل مسکونی ۹۵
۴-۴-۸- زیر معیار فاصله از از رودخانه اصلی و فرعی ۹۵
۴-۴-۹- زیر معیار شیب ۹۶
۴-۴-۱۰- زیر معیار نزدیکی به طرحهای توسعه‌ای ۹۶
۴-۴-۱۱- زیر معیار ریخت شناسی ۹۷
۴-۴-۱۲- زیر معیار جهت باد ۹۷
۴-۴-۱۳- زیر معیار فاصله از جاده اصلی، فرعی و راه آهن ۹۸
۴-۵- وزن دهی نهایی ۹۸
۴-۶- نحوه وزن دهی و همپوشانی لایه ها ۱۰۱

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری ۱۰۸
۵-۱-۱- معیار گسل ۱۱۰
۵-۱-۲- معیار چاه ۱۱۰
۵-۱-۳- معیار کارخانه‌های فرآوری و گندله ۱۱۰
۵-۱-۴- معیار مناطق مسکونی ۱۱۱
۵-۱-۵- معیار رودخانه و آبراهه‌ها ۱۱۱
۵-۱-۶- معیار فاصله از جاده‌ها و راه آهن ۱۱۱
۵-۱-۷- معیار جهت باد غالب ۱۱۲
۵-۱-۸- کاربری اراضی ۱۱۲

۵-۱-۹- معیار سنگ شناسی ۱۱۲
۵-۱-۱۰- معیار ریخت شناسی و شیب ۱۱۳
۵-۱-۱۱- معیار هیدروژئولوژی ۱۱۳
۵-۲- پیشنهادها ۱۱۳
پیوست‌ها ۱۱۵
منابع و مراجع ۱۲۳

فهرست شکل‌ها

تصویر ..... صفحه

تصویر ۱-۱: موقعیت شهرستان خواف ۹
تصویر ۱-۲: موقعیت معادن سنگان ۱۰
تصویر ۱-۳: پهنه بندی ساختاری ایران ۱۱
تصویر ۳-۱: منحنی درصد فراوانی تجمعی پیکسل ها ۴۵
تصویر ۳-۲: گل‌باد محدوده معدن سنگان ۴۹
تصویر ۳-۳: نقشه پهنه بندی ساختاری-رسوبی منطقه خواف ۵۱
تصویر ۳-۴: نقشه زمین شناسی منطقه خواف ۵۲
تصویر ۳-۵: نقشه گسلهای منطقه در محدوده خواف ۵۳
تصویر ۳-۶: عمق سطح آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی خواف ۵۹
تصویر ۴-۱: محدوده تعیین شده جهت مکان‌یابی سد باطله ۶۳
تصویر ۴-۲: نقشه گسل منطقه ۶۵
تصویر ۴-۳: نقشه طبقه بندی فاصله از گسل ۶۵
تصویر ۴-۴: نقشه موقعیت چاه، چشمه، قنات در منطقه ۶۶
تصویر ۴-۵: نقشه طبقه بندی فاصله از چاه ۶۷
تصویر ۴-۶: نقشه توزیع مکانی چاه های معیار ۶۸
تصویر ۴-۷: نقشه طبقه بندی هم عمق آب زیرزمینی ۶۸

تصویر ۴-۸: نقشه توزیع مکانی چاه‌های نمونه برداری ۷۰
تصویر ۴-۹: نقشه طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی ۷۰
تصویر ۴-۱۰: نقشه سنگ شناسی منطقه ۷۱
تصویر ۴-۱۱: نقشه طبقه بندی سنگ شناسی منطقه ۷۲
تصویر ۴-۱۲: نقشه کاربری اراضی منطقه ۷۳
تصویر ۴-۱۳: نقشه طبقه بندی کاربری اراضی منطقه ۷۳
تصویر ۴-۱۴: نقشه آبراهه های اصلی منطقه ۷۴
تصویر ۴-۱۵: نقشه طبقه بندی آبراهه های اصلی منطقه ۷۵
تصویر ۴-۱۶: نقشه آبراهه های فرعی منطقه ۷۶
تصویر ۴-۱۷: نقشه طبقه بندی آبراهه های فرعی منطقه ۷۶
تصویر ۴-۱۸: نقشه کلی آبراهه های منطقه ۷۷
تصویر ۴-۱۹: نقشه طبقه بندی آبراهه های منطقه ۷۷
تصویر ۴-۲۰: نقشه محلهای مسکونی منطقه ۷۸
تصویر ۴-۲۱: نقشه طبقه بندی محلهای مسکونی منطقه ۷۹
تصویر ۴-۲۲: نقشه شیب زمین ۸۰
تصویر ۴-۲۳: نقشه طبقه بندی شیب منطقه ۸۰
تصویر ۴-۲۴: نقشه موقعیت طرحهای توسعه ۸۱
تصویر ۴-۲۵: نقشه طبقه بندی مناطق طرحهای توسعه ۸۲
تصویر ۴-۲۶: نقشه مورفولوژی منطقه ۸۳
تصویر ۴-۲۷: نقشه طبقه بندی مورفولوژی منطقه ۸۳
تصویر ۴-۲۸: نقشه جهت وزش باد اصلی در منطقه ۸۴
تصویر ۴-۲۹: نقشه طبقه بندی جهت باد منطقه ۸۵
تصویر ۴-۳۰: نقشه خط آهن در منطقه ۸۶
تصویر ۴-۳۱: نقشه طبقه بندی خط آهن در منطقه ۸۶
تصویر ۴-۳۲: نقشه جاده های منطقه ۸۸
تصویر ۴-۳۳: نقشه طبقه بندی جاده های منطقه ۸۸

تصویر ۴-۳۴: نقشه طبقه بندی تلفیق جاده و راه آهن منطقه ۸۹
تصویر ۴-۳۵: ماتریس مقایسه زوجی معیارها..... ۹۰
تصویر ۴-۳۶: نمودار وزن دهی معیارهای اصلی ۹۱
تصویر ۴-۳۷: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از چاه..... ۹۲
تصویر ۴-۳۸: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله گسل..... ۹۲
تصویر ۴-۳۹: نمودار وزن دهی مربوط به معیار عمق سطح آب..... ۹۳
تصویر ۴-۴۰: نمودار وزن دهی مربوط به معیار کیفیت آب زیرزمینی ۹۳
تصویر ۴-۴۱: نمودار وزن دهی مربوط به معیار کاربری اراضی ۹۴
تصویر ۴-۴۲: نمودار وزن دهی مربوط به معیار پترولوژی..... ۹۴
تصویر ۴-۴۳: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از محل مسکونی ۹۵
تصویر ۴-۴۴: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از رودخانه..... ۹۵
تصویر ۴-۴۵: نمودار وزن دهی مربوط به معیار شیب ۹۶
تصویر ۴-۴۶: نمودار وزن دهی مربوط به معیار نزدیکی به طرح‌ها..... ۹۶
تصویر ۴-۴۷: نمودار وزن دهی مربوط به معیار ریخت شناسی..... ۹۷
تصویر ۴-۴۸: نمودار وزن دهی مربوط به معیار باد ۹۷
تصویر ۴-۴۹: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از جاده-راه آهن..... ۹۸
تصویر ۴-۵۰: نقشه مقایسه ای همپوشانی لایه های اطلاعاتی ۱۰۲
تصویر ۴-۵۱: نمودار کلاس بندی به روش نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی..... ۱۰۳
تصویر ۴-۵۲: نقشه پهنه بندی ۹ کلاسه لایه های اطلاعاتی ۱۰۳
تصویر ۴-۵۳: نقشه پهنه بندی لایه های اطلاعاتی ۱۰۴
تصویر ۴-۵۴: نمودار کلاس بندی مناطق بر اساس مساحت..... ۱۰۴
تصویر ۴-۵۵: نمودار کلاس بندی مناطق بر حسب درصد مساحت اشغالی ۱۰۵
تصویر ۵-۱: موقعیت محدوده انتخاب شده در نقشه پهنه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی ۱۰۹

فهرست جداول

جدول ..... صفحه

جدول ۳-۱: مقیاس کمی وکیفی مورد استفاده جهت مقایسه زوجی معیارها ۳۹

جدول ۳-۲: مقادیر بارندگی ماهانه در محدوده مطالعاتی دشت خواف ۴۶

جدول ۳-۳: میانگین پارامتر دما در ماههای مختلف طی یک دوره ۲۰ ساله ۴۷

جدول ۳-۴: متوسط درجه حرارت ماهانه محدوده مطالعاتی خواف ۴۷

جدول ۳-۵: میانگین تبخیر ماهانه از سطح دشت و ارتفاعات..... ۴۸

جدول ۳-۶: میانگین پارامترهای عمده هواشناسی ۴۸

جدول ۳-۷: مشخصات گسلهای عمده منطقه..... ۵۴

جدول ۳-۸: درصد گسترش کوه و دشت در محدوه خواف..... ۵۶

جدول ۴-۱: طبقه بندی گسل اصلی ۶۴

جدول ۴-۲: طبقه بندی گسل فرعی ۶۴

جدول ۴-۳: طبقه بندی چاه، چشمه، قنات ۶۶

جدول ۴-۴: طبقه بندی سطح آب زیرزمینی ۶۷

جدول ۴-۵: طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی..... ۶۹

جدول ۴-۶: طبقه بندی جنس زمین ۷۱

جدول ۴-۷: طبقه بندی کاربری اراضی ۷۲

جدول ۴-۸: طبقه بندی آبراهه‌های اصلی ۷۴

جدول ۴-۹: طبقه بندی آبراهه‌های فرعی ۷۵

جدول ۴-۱۰: طبقه بندی فاصله از محل مسکونی ۷۸

جدول ۴-۱۱: طبقه بندی شیب زمین ۷۹

جدول ۴-۱۲: طبقه بندی نزدیکی به طرحهای توسعه..... ۸۱

جدول ۴-۱۳: طبقه بندی ریخت شناسی..... ۸۲

جدول ۴-۱۴: طبقه بندی جهت باد ۸۴

جدول ۴-۱۵: طبقه بندی فاصله از خط آهن ۸۵

جدول ۴-۱۶: طبقه بندی فاصله از جاده اصلی ۸۷
جدول ۴-۱۷: طبقه بندی فاصله از جاده فرعی..... ۸۷
جدول ۴-۱۸: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از چاه ۹۲
جدول ۴-۱۹: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله گسل ۹۲
جدول ۴-۲۰: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار عمق سطح آب..... ۹۳
جدول ۴-۲۱: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار کیفیت آب زیرزمینی ۹۳
جدول ۴-۲۲: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار کاربری اراضی..... ۹۴
جدول ۴-۲۳: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار پترولوژی ۹۴
جدول ۴-۲۴: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار مسکونی ۹۵
جدول ۴-۲۵: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از رودخانه ۹۵
جدول ۴-۲۶: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار شیب ۹۶
جدول ۴-۲۷: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار نزدیکی به طرح..... ۹۶
جدول ۴-۲۸: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار ریخت شناسی ۹۷
جدول ۴-۲۹: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار باد ۹۷
جدول ۴-۳۰: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از جاده-راه آهن ۹۸
جدول ۴-۳۱: وزن دهی لایه های اطلاعاتی ۹۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه:

امروزه برای تولید فلزات و سایر کانیهای مورد نیاز، مقدار زیادی کانسنگ از زمین استخراج و فرآوری می‌گردد. برای جداسازی مواد ارزشمند از بی‌ارزش در کانسنگ، ذرات آن باید تا ابعاد بسیار کوچک آسیا شوند. پس از استخراج مواد ارزشمند از مواد معدنی طی مراحل گوناگون، ذرات بسیار ریزی باقی می‌ماند که آنها همان باطله‌ها هستند (*EPA, 2006*). ترکیب فیزیکی و شیمیایی مواد باطله با توجه به طبیعت مواد فرآوری شده و همچنین نحوه فرآوری تفاوت می‌کند. این عوامل به همراه موقعیت محل بهره‌برداری، میزان مدیریت مورد نیاز برای کنترل باطله‌ها و چگونگی انباشت باطله‌ها را تعیین می‌کند (*Bell, 1983*).

نحوه عملکرد مواد باطله تابعی از خصوصیات طبیعی آنها است. تولید پسماندهای صنایع و معادن در هنگام انباشت بصورت لجن (مایع پالپ دار)، نیمه جامد و یا خشک می‌باشد. پسماندها در مخازن ذخیره ممکن است در طول مدت نگهداری تحت تأثیر واکنش‌های شیمیایی قرار گیرند و بصورت گوناگون موجب آلودگی محیط زیست گردند. باطله‌ای که در انتهای فرآیند فرآوری باقی می‌ماند، بایستی به طور ایمن و با کمترین هزینه ممکن دفع شود. به‌طور معمول درصد آب باطله فرآوری به قدری زیاد است که می‌توان آن را بوسیله کانال یا خط لوله انتقال داد *(ICOLD, 2001)*. در شرایط معمولی مواد باطله و یا پسماندها بدلیل بی‌ارزش بودن قابل استفاده نیستند و بدلیل حجم زیاد، باید آنها را از محیط معدن و محل تولید دور نگه داشت. از این رو این مواد در محل مناسب و به روش مطمئن و با رعایت جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی دور ریخته می‌شوند. در ضمن این محل باید به گونه‌ای باشد که از انتشار این مواد آلاینده در زمان بهره‌برداری و در آینده دور جلوگیری شود و اطمینان داشته باشیم تا محیط زیست را آلوده و ضایع نمی‌نماید.

روشهای متداول برای دفع و دور ریزی مواد در یک محل ممکن است به یکی از صورتهای زیر باشد:

- ✓ استفاده مجدد از پسماندها (که موجب بهره‌برداری اقتصادی از این مواد می‌گردد).
- ✓ تخلیه مواد پسماند به رودخانه‌ها، سواحل دریا، اعماق دریا و مردابها (در صورتیکه این مواد خاصیت سمّی نداشته باشند).
- ✓ ذخیره‌سازی مواد و به ویژه مایعات و لجن‌ها با دفن آنها در زیر زمین (لندفیل).
- ✓ دور ریزی مواد باطله بصورت مواد خشک و رهاسازی در سطح زمین بدون استفاده از یک سد یا گودال سطحی (در مناطق با آب و هوای خشک و خاصیت آلایندگی کم باطله).
- ✓ انباشت کردن مواد آلاینده در سازه‌های ذخیره‌ای مانند سدهای ذخیره باطله.

بدیهی است که نمی‌توان در دفع انواع پسماندها و مواد باطله از تمامی راهها و روشهای فوق استفاده کرد. فرض مسلم و اولیه در انتخاب هر یک از راههای فوق، رعایت شرایط زیست محیطی منطقه است به طوری که دفن این مواد نباید به آلوده شدن محیط منجر شود. در واقع از بین راههای مختلف، برای کلیه مواد آلاینده و سمّی که خطر زیست محیطی دارند، راه حل ذخیره پسماند در سدهای باطله مناسب‌تر تشخیص داده می‌شود. از طرفی دیگر دفن حجم بسیار زیاد مواد باطله‌ای در جهان (حدود ۱۰ میلیارد تن در سال) به روش‌های دیگر امکان پذیر نیست و تنها ساخت صدها سد ذخیره باطله را می‌توان چاره ساز دفع این حجم عظیم از مواد باطله در جهان دانست.

۱-۲- بیان مسئله

استخراج و فرآوری منابع معدنی بر بخشهای مختلف محیط زیست تأثیر زیادی می‌گذارد. یکی از مشکلات اساسی در استخراج معادن، مسئله دورریزی باطله‌های معدنی حاصل از استخراج معادن (باطله‌های معدنی) است. باطله‌ها در حقیقت مواد زایدی هستند که درطی عملیات استخراج، کانه-

آرایی و فرآوری در معادن تولید می‌شوند. به‌دلیل ماهیت سمی و خطرناک بعضی ازاین باطله‌ها، دفع صحیح و اصولی آنها از لحاظ زیست محیطی بسیار با اهمیت است. از آنجا که عمده‌ترین روش دفع باطله‌ها، حمل و ته نشین سازی آنها بصورت نیمه مایع می‌باشد، بایستی در اطراف محل ته نشینی آنها حد و مرزهایی قرار داد. این حد و مرز مانع از گسترش باطله‌ها به خارج از ناحیه تعیین شده می‌شوند. در شرایط معمول محل ته نشینی باطله‌ها همانند یک آبگیر است که شامل دو بخش اساسی خاکریز محدود کننده (یا سد باطله) و آبگیر باطله (محل ته نشینی باطله‌ها) است. اگر مواد آلاینده از محدوده سد باطله خارج شود باعث مسائل و مشکلات زیست‌محیطی می‌گردد *(ICOLD, 2001)*. هدف نهایی از تجهیز سد باطله جـمع آوری ذرات ریز باطله و گاهی با هدف ثانویه حفاظت از منابع آب موجود و واگردانی آب درسیستم معدن و کارخانه فرآوری می‌باشد (*Hoppe, 1986*).

مطالعات مکان‌یابی یکی از مراحل مهم و اساسی اجرای سدهای باطله است. دراین ارتباط، معیارها و شاخصهای متعددی جهت انتخاب محل مناسب سد باطله ارائه شده است، که هر یک محدودیتها و شرایط خاصی را برای مکان‌یابی مناسب مطرح می‌سازد (*Jambor and Blows, 1998*). مکان‌یابی از جمله مهمترین فعالیت‌های مدیریت فضا در جوامع انسانی است. این فعالیت به نوبه خود می تواند موجب صرفه‌جویی در زمان، هزینه و فراهم نمودن فرصت و موجبات افزایش عدالت مکانی موجود و ترفیع آن را فراهم سازد (*Bell, 1983*). هدف نهایی یک معیار مکان‌یابی، دستیابی به مناسب‌ترین محلی است که کمترین اثرات سوء را برای محیط زیست و منابع طبیعی اطراف سد داشته باشد و از نظر اقتصادی کمترین هزینه و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگیها را دارا باشد (*Hawley and Shikaze, 1971*).

۱-۳- ضرورت و اهداف انجام تحقیق

واقعیت امر این است که بشر عصر کنونی، موجودی زباله‌ساز، مولد مواد باطله، پسماندهای صنعتی، کشاورزی و معدنکاری است. انسانها از دوران باستان همزمان با استخراج فلزاتی چون مس، سرب و آهن از معادن، مواد باطله آن را در پهنه کوهستان‌ها و دشت‌ها پراکنده می‌کرده‌اند. اما اثرات این مواد باطله در دوره‌های گذشته بدلیل حجم اندک استخراج مواد کانی، تراکم پائین جمعیت، بکر بودن طبیعت و توان بالای پالایش محیط بسیار محدود بوده است. با پیشرفت صنعتی و نیاز مردم به کالاهای گوناگون مصرفی، استخراج مواد و فلزات با استفاده از وسایل مکانیزه جدید در معادن افزایش بی‌سابقه‌ای یافته و لذا مقدار مواد باطله نیز به میلیاردها تن در سال رسیده است. از این رو ساخت مخازنی که بتواند این مواد آلاینده را در خود جای داده، مورد توجه همگان قرار گرفته است. ایجاد این مخازن سطحی از طریق احداث سدهای مخزنی امکان‌پذیر می‌باشد، که عنوان سدهای ذخیره باطله را بخود گرفته است. احداث چنین سدهایی با مصالح متداول مانند بتن، خاک، سنگ، مواد مصنوعی در سدسازی امکان‌پذیر است. اما برای کاهش هزینه‌های تولید مواد سعی می‌گردد از مواد قرضه باطله برای ساخت چنین سدهایی استفاده گردد.

یکی از عواملی که سدهای ذخیره باطله را از سدهای معمولی ذخیره‌ای متفاوت می‌سازد، اثرات بالقوه خطرناک مواد بر محیط زیست است. از این رو رها شدن شیرابه این مواد آلاینده به آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی موجب آلودگی آب و خاک گشته و پیامدهای ناگوار آن به صورتهای مختلفی از قبیل شیوع بیماریهای مختلف در انسان، مسموم شدن و از بین رفتن حیوانات و گاهی اوقات انقراض حیات وحش، خشک شدن درختان و گیاهان و از بین رفتن گنجینه ژنتیکی ناحیه، تلفات انسانی، خسارت مالی، از بین رفتن مزارع و کشتزارها در نتیجه شکست سد را می‌توان نام برد. در واقع رها شدن مواد باطله به محیط زیست موجب نابودی اکوسیستم خواهد شد و اگر سدهای ذخیره باطله در مرحله طراحی، بهره‌برداری و یا در دوران بهسازی بدون توجه به عواقب و پیامدهای

ناشی از اثر مواد آلاینده به محیط زیست ساخته شوند، به‌طور مسلم ضرر و زیان آنها بیشتر از منافع اقتصادی آن برای کشور خواهد بود.

با توجه به برنامه ریزی کلان سازمان توسعه و به تبع آن شرکت ملی فولاد ایران جهت تولید ۲۵ میلیون تن فولاد در سال و نیاز به استفاده از منابع غنی و دست نخورده، پیش بینی تولید ۷/۷ میلیون تن گندله، کنستانتره و سنگ آهن دانه بندی شده برای معادن سنگ آهن سنگان در نظر گرفته شده است که از این بابت در بین تمامی معادن، بیشترین سهم تولید به این معدن اختصاص داده شده است (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴). از این رو این حجم وسیع تولید باعث بوجود آمدن میلیونها تن باطله معدنی خواهد شد.

در حال حاضر سالانه حدود یک و نیم میلیون تن باطله به همراه میلیونها متر مکعب آب در کارخانه کنستانتره دورریزی می‌شود که با احداث طرح‌های توسعه‌ای این رقم افزایش چشمگیری خواهد داشت. این باطله‌ها علاوه بر عناصر سنگین و آلاینده داخل مواد معدنی حاوی مواد شیمیایی بکار رفته در مراحل مختلف فرآوری نیز می‌باشند. بنابراین باید راهی پیدا شود تا موجب محدود کردن تماس این مواد با محیط اطراف شود و اثرات منفی مواد باطله را در این حجم زیاد خنثی سازد و در مرحله بعد نیز بتوان آب موجود در آن را واگردانی کرد. در این راستا انجام مطالعات تفصیلی و تکمیلی بر روی ساخت مخازنی که بتواند این مواد آلاینده را در خود جای دهد بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۴- تعریف باطله و سد باطله

همانطور که گفته شد تولید پسماندهای معادن در هنگام انباشت بصورت لجن (مایع پالپ دار)، نیمه جامد و یا خشک می‌باشد. باطله‌ها در حقیقت مواد زایدی هستند که در طی عملیات فرآوری، استخراج و کانه آرایی درمعادن تولید می‌شوند. به‌دلیل ماهیت سمی و خطرناک بعضی از این باطله‌ها، دفع صحیح و اصولی آنها از لحاظ زیست محیطی بسیار با اهمیت است. یکی از مسائل در مدیریت

مکان‌یابی، باطله‌هایی است که به‌طور معمول در عملیات استخراج تولید می‌شوند که همان مواد زائد جامد هستند. با توجه به مشکلات زیست محیطی اگر در روش دفن، ضوابط مهندسی و زیست محیطی در نظر گرفته نشود تبدیل به روش غیر بهداشتی تلنبار در فضای باز می شود (فرهادی، ۱۳۷۷).

مهمترین و عمده‌ترین باطله‌ها از لحاظ زیست‌محیطی، مواد نیمه جامد و پالپهای باطله‌ای است که در فرآیند فرآوری باقی می‌ماند. آنها بایستی به طور ایمن و با کمترین هزینه ممکن دفع شود. معمولاً درصد آب پالپ به قدری زیاد است که می‌توان آن را بوسیله کانال یا خط لوله از محل کارخانه دور کرده و در محل مناسب دفع کرد *(ICOLD, 1996)*.

مشکل انتخاب محل دفن مواد باطله همواره گریبان‌گیر معدن‌کاران بوده است. انتخاب مدفن نامناسب سبب آلودگی آب، خاک و هوای منطقه می‌شود (سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۸۹). تولید انواع گازهای حاصل از تجزیه باطله‌ها و حرکت باد بر روی آنها موجب آلودگی هوا شده و همچنین تماس آب با باطله‌های جامد و اثرات ناشی از آن نیز می تواند به آلودگی خاک اطراف و آبهای سطحی و زیرزمینی منجر شود. لذا انتخاب محل دفن مناسب برای پسماندها مهمترین مرحله در مدیریت مواد زاید می‌باشد. از آنجا که عمده‌ترین روش دفع باطله‌ها، حمل و ته‌نشین سازی آنها بصورت پالپ می‌باشد، بایستی محل ته‌نشینی مشخصاتی داشته باشد که مانع از پخش و نفوذ پساب خطرناک به محیط زیست، خاک، آبهای زیرزمین و غیره شود (Sener, 2006).

سدهای باطله پدیده جدید در علم سد سازی، هستند تفاوت این دسته از سدها با سدهای معمولی خاکی و بتنی در این است، که ذخیره آب آشامیدنی- کشاورزی و حتی برای مقاصد تفریحی بکار نمی‌روند. به‌عبارت دیگر نوعی سد معدنی هستند که فقط می توان آنها را در مجاورت یک معدن مشاهده کرد. در واقع وظیفه سدهای باطله ذخیره پساب کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی می‌باشد. بسیاری از توده‌های باطله تولید شده در سراسر جهان به مکان‌های ذخیره‌سازی پسماندها (سدهای

باطله) پمپاژ می‌شوند که شامل خاکریز محدود کننده و آبگیر باطله می‌باشند *(ICOLD, 2001)*. هدف نهایی از تجهیز سد باطله جمع آوری ذرات ریز و گاهی با هدف ثانویه حفاظت از منابع آب موجود و واگردانی آب درسیستم معدن و کارخانه فرآوری است (*Hoppe, 1986*).

۱-۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

معادن سنگ آهن سنگان در استان خراسان رضوی در فاصله حدود ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد، ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر خواف واقع گردیده است (شکل ۱-۱). مجموعه معادن سنگان در محدوده مستطیل شکل شرقی- غربی به طول ۲۰ کیلومتر و عرض ۵ کیلومتر در شرقی-ترین بخش رشته کوه میان ولایت تا مرز افغانستان قرار دارد. این کانسار بین طولهای جغرافیایی ۲۶۲۰۰۰ تا ۲۸۲۰۰۰ شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۸۱۴۰۰۰ تا ۳۸۲۲۰۰۰ شمالی واقع گردیده و به صورت آنومالی‌های غربی (A,A',B,Cn,Cs)، مرکزی (باغک، دردوی) و شرقی (۶ آنومالی) مشخص می‌گردد. ارتفاع متوسط این ناحیه از سطح دریا حدود ۱۶۰۰ متر است. ارتفاع متوسط دشت حاشیه معدن نیز از سطح دریا حدود ۱۱۰۰ متر است.

شکل ۱-۱: موقعیت شهرستان خواف

۱-۶- آب و هوای منطقه

منطقه خواف در ناحیه آب و هوایی گرم و خشک بیابانی و نیمه بیابانی واقع شده است. میزان بارش سالیانه در این ناحیه بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در سال بوده و میزان متوسط بارندگی آن ۱۵۰ میلی‌متر در سال است. متوسط میزان رطوبت نسبی سالیانه در این منطقه در حدود ۴۰ درصد بوده که از ۱۲ درصد در خرداد ماه تا ۷۶ درصد در دی ماه متغیر است. از طرف دیگر کمترین مقدار میانگین ماهیانه رطوبت از خرداد تا شهریور ماه اندازه‌گیری شده است. میانگین دمای سالیانه ایستگاه سنگان ۱۷/۵ درجه است. بالاترین حرارت ثبت شده ۴۱ درجه در تابستان و کمترین دما ۱۲- درجه در زمستان است (گزارش هواشناسی مجتمع سنگان، ۱۳۹۴). در این منطقه بادهای شدیدی در

تابستان می‌وزد. باد اصلی این ناحیه هرات نام دارد که از رشته کوه هندوکش در شمال و شمال غربی افغانستان شروع شده و جهت آن از شمال شرق به جنوب و جنوب غربی است. وزش این باد از نیمه بهار تا سرتاسر تابستان ثابت می‌باشد. میانگین سرعت این باد روزانه در حدود ۵۰ کیلومتر در ساعت است (معدن کاو، ۱۳۸۹).

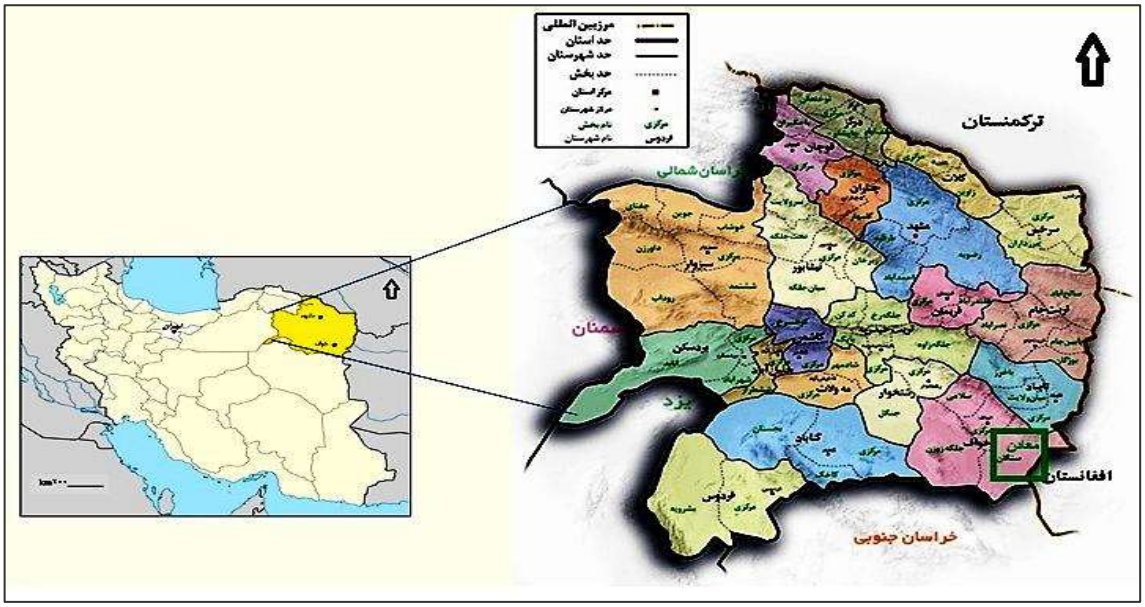
۱-۷- راه های دسترسی به منطقه

مطابق شکل (۱-۲) شهرهای همجوار معادن سنگان تایباد و خواف می‌باشند که مجتمع سنگ آهن سنگان از طریق این دو محور به شرح زیر با مرکز استان ارتباط دارد:

سنگان- تایباد- تربت جام- فریمان- مشهد

سنگان- خواف- رشتخوار- تربت حیدریه- مشهد

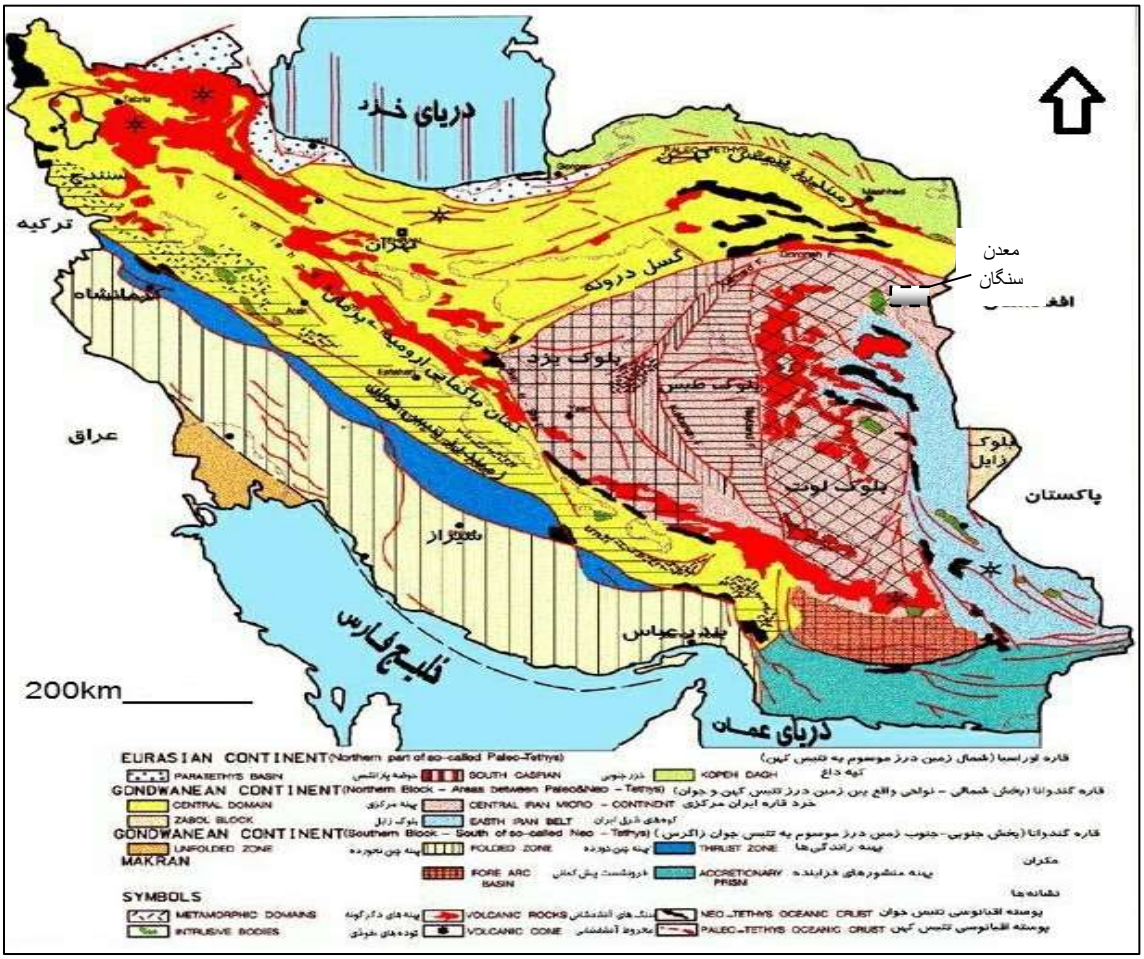
راه دسترسی دیگر به منطقه، راه آهن تهران- خواف است. شهر خواف با جمعیتی حدود ۳۰۰۰۰ نفر در ۴۵ کیلومتری منطقه معدنی قرار گرفته است.



شکل ۱-۲: موقعیت معادن سنگان

۱-۸- زمین شناسی وکانی زایی در منطقه

این معدن بنا برگفته اشتوکلین (۱۹۶۸) در زون ایران مرکزی و طبق تقسیم‌بندی سنگور (۱۹۹۱) در قسمت شمال شرق بلوک طبس قرار دارد لذا سرگذشت و موقعیت تکتونیکی این منطقه همانند ایران مرکزی و بلوک طبس است. بعد از بسته شدن دریای نئوتتیس شمالی در طی پالئوسن-ائوسن، یک حوضه پشت قوسی در این ناحیه ایجاد شده است. رژیم کششی در طی دوره الیگوسن فعال بوده و یک حوضه گسترده رسوبی را در این ناحیه ایجاد کرده است. همانند سایر حوضه‌های پشت قوسی، گوشته فوقانی ضمن حرکت به سمت بالا و تولید مذاب بازالتی باعث ذوب بخشی گسترده پوسته شده است، در نتیجه یک کمربند آتشفشانی ایجاد شده است. در شکل ۱-۳ موقعیت معدن سنگان در نقشه پهنه‌بندی ساختاری ایران نشان داده شده است.



شکل ۱-۳: پهنه بندی ساختاری ایران (سایت سازمان زمین شناسی)

در مورد ژنزکانسنگ آهن سنگان نظریات مختلفی ارایه شده است اما دو نظریه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. ابتدایی‌ترین نظریه‌ها بیان کننده ارتباط کانی‌سازی با ولکانسیم زیردریایی (تیپ ولکانو سدیمنت) است (مرجعی، ۱۳۶۸).

براساس مطالعات مختلف معدن سنگان به عنوان کانسار با منشاء اسکارن معرفی گردیده است که در کمربند خواف- کاشمر- بردسکن واقع شده است. این کمربند را به عنوان کمربند کانی‌سازی تیپ اکسیدآهن در ایران معرفی کردند. بر اساس این مطالعات محلول‌های غنی از آهن با میزان K_2O بالا و نشات گرفته از سنگ‌های سینوگرانیتی تا گرانودیوریتی در سنگ‌های کربناتی نفوذ کرده‌اند و ضمن تشکیل اسکارن، آهن را به صورت مگنتیت بر جای گذاشته شده است (کریم‌پور و همکاران،۱۳۸۱).

اطراف معدن سنگ‌های توف آندزیتی، مونزونیت، سینیت، ریولیت، توف ریولیتی و گرانیت همراه با سنگ‌های دگرگونی هورنفلس، مرمر، اسکارن و سنگ‌های رسوبی شامل: آهک، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، سیلستون و شیل می‌باشد. شیلها، سیاه‌رنگ و متعلق به ژوراسیک بالایی بوده که دارای فسیل‌های گیاهی است. سنگ‌های رسوبی آهکی هم در برگیرنده سنگ آهن سنگان هستند. این کانسار با توجه به کانی سازی آن، از نوع سنگ آهن اسکارنی می‌باشد که قسمتی از روند شرق به غرب رشته کوه طالب را تشکیل می‌دهد. ساختار زمین شناسی از شمال به جنوب منطقه عبارتند از:

۱. گرانیت های سرنوسر
۲. کمپلکس کوارتزیت، ماسه سنگ، سیلت استون و شیل
۳. واحد اسکارنی شمالی و جنوبی
۴. مجموعه آتشفشانی
۵. آبرفتهای عهد حاضر

کانی‌های فلزی اصلی منطقه مگنتیت-هماتیت-گوتیت-پیریت-مارتیت-سیدریت و کانی‌های فرعی پیروتیت، کالکوپیریت و به مقدار بسیار کم آرسنوپیریت هستند. مگنتیت بیش از ۹۵ درصد کانسنگ را تشکیل داده و اغلب زمینه سنگ را شامل می‌شود. ناخالصیهای عنصری معمول در کانسنگ‌آهن، کلسیم، منیزیم، سیلیس، آلومینیوم وگوگرد می‌باشد. فسفر و تیتانیوم در آنومالی‌ها ناچیز است. اسکارن‌های کلسیک و منیزیم دار در شرق و غرب منطقه شامل کانیهای گارنت، کلینوپیروکسن، آمفیبول و فلوگوپیت، فورستریت، سرپانتین و تالک دیده می‌شود. رگه‌های کوارتز - کربنات در کانسنگ گسترش دارند (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴).

همچنین این منطقه در منتهی الیه گسل بزرگ کویر یا درونه به طول ۹۰۰ کیلومتر قرار دارد. فعالیت این گسل و شاخه‌های فرعی آن باعث تکتونیزه شدن شدید سنگها در منطقه گردیده است و شکل کنونی و جانمایی توده‌های معدنی در اثر فعالیت این گسل می‌باشد که موجب بهم ریختگی و فاصله بین توده‌ها گردیده است. در معدن باغک و دردوی، فعالیت این گسل باعث جابجایی حدود یک کیلومتر بین این توده‌ها شده است (گل محمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

فصل دوم

پارامترها

و

روشها

۲-۱- مقدمه

با توجه به اینکه مطالعه در مورد انتخاب محل سد باطله از جهات گوناگون از قبیل فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی حائز اهمیت است، لذا عوامل زیادی وجود دارند که در تصمیم گیری برای انتخاب محل مؤثر هستند. انتخاب محل بهینه، نیاز به شناخت معیارهای مؤثری دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوب به عمل آید. در کشورهایی که با محدودیت منابع و امکانات مواجه هستند، تعیین و شناخت این معیارها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

مهمترین این معیارها شامل: فاصله از کارخانه فرآوری، مناطق حفاظت شده، پتانسیل معدنی منطقه، وجود مناطق مسکونی و گردشگری، گسلها و خطواره‌ها، رودخانه و آبراهه‌ها، کاربری اراضی، زمین شناسی منطقه، خاک شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی است.

انتخاب این عوامل و در نتیجه تعدد اطلاعات بدست آمده، تصمیم گیران را به سمت سامانه‌ای سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا، از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد. لذا جامع‌نگری در تصمیم‌گیریها و بهره‌گیری از افراد مختلف با مشاغل، تخصصها، تجربیات، سوابق و دیدگاههای علمی گوناگون، همراه با استفاده از تکنیکهای تصمیم‌گیری گروهی و چند معیاره را بیش از پیش ضروری کرده است. به علت قابلیت بالای تکنولوژی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت و تحلیل لایه‌ها، می‌توان از از این سامانه برای مکان‌یابی سد باطله نیز بهره برد. سامانه اطلاعات جغرافیایی اگر چه یک سیستم تصمیم گیری خودکار نیست، ولی ابزاری برای استخراج از پایگاه داده‌ها، تحلیل و به نقشه در آوردن داده‌ها در پشتیبانی از فرآیند تصمیم‌گیری است. GIS برای مکان‌یابی سد باطله و تحلیل داده‌های موجود به دو روش می‌تواند مورد استفاده قرار

گیرد. اول برای ورود، ذخیره و سازماندهی اطلاعات. دوم در تحلیل فضایی، تجسم و توانایی استخراج اطلاعات از پایگاه داده‌ها.

۲-۲- عوامل موثر در مکان‌یابی محل سد باطله

شناسایی و انتخاب صحیح محل سد باطله یکی از حساس‌ترین و پیچیده‌ترین فرآیندها در مدیریت مواد باطله محسوب می‌گردد. یک انتخاب صحیح می‌تواند از صرف هزینه‌های اضافی مالی در آینده جلوگیری کند و یک مکان نامناسب آلودگی محیط زیست را در پی دارد. فرایند مکان‌یابی به عوامل متعدد اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و زمین شناسی بستگی دارد.

به‌منظور انتخاب مکان مناسب برای باطله‌ها، مواردی از قبیل هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، سنگ شناسی، بافت و ساخت خاک، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، شیب زمین، لرزه خیزی، فاصله از گسل، مناطق مسکونی، جهت باد و موارد دیگر در نظر گرفته می‌شود. در ادامه به بررسی این عوامل پرداخته می‌شود.

۲-۲-۱- زمین شناسی

نوع سنگ بستر و ساختار آن تعیین کننده نوع خاک و میزان نفوذ پذیری آن است (*Sener, 2011*). زمین شناسی و جنس سنگ مادر در منطقه، نوع خاک ایجاد شده، ظرفیت تحمل خاک، نفوذ پذیری و انتقال یا عدم جابجایی سیال باطله را کنترل می‌کند. همچنین مناطق ناپایدار و مستعد نفوذ با در نظر گرفتن ویژگیهای زمین شناسی شناسایی می‌شوند که در ادامه آورده شده است.

۲-۲-۱-۱- زمین شناسی ساختمانی

محل سد نباید در منطقه ناپایدار از نظر ساختاری قرار گرفته باشد. مناطق ناپایدار از نظر زمین‌شناسی به مناطق مستعد فرونشست، زمین لغزه، زمین لرزه و مناطق کارستی اطلاق می‌شود (*EPA, 2007*).

نواحی گسل خورده و دارای درز و شکاف، محل مناسبی نیستند. حرکات ناشی از یک گسل فعال به سد باطله آسیب می‌رساند و باعث اثرات منفی زیست محیطی می‌گردد. محل مکان‌یابی شده هر چه فاصله بیشتری از گسلها داشته باشد، در صورت بروز زمین‌لرزه احتمال آسیب‌پذیری کمتری خواهد داشت. همچنین منطقه گسل خورده می‌تواند نقش مجرایی جهت انتقال پساب را ایفا کند و باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی گردد. همچنین محل سد نباید بر روی محور تاقدیس‌ها و ساختار گنبدی شکل قرار بگیرد. در ناودیس‌ها و ساختار حوضه‌ای شکل به خصوص اگر لایه‌های درونی آن نفوذپذیری کمی داشته باشند، بهترین محل جهت جلوگیری از گسترش آبهای آلوده هستند (*Schwartz, 2001*).

۲-۲-۱-۲- سنگ شناسی

مقایسه نرخ نفوذپذیری سنگها نشان می‌دهد که سنگهای بلورین فاقد شکستگی بهترین و ماسه سنگها با سیمان‌شدگی ضعیف بدترین سنگ بستر برای احداث سد باطله هستند. همچنین سازندهای رسی و شیلی بدلیل نفوذپذیری بسیار کم محلی مناسب و سنگهای آهکی بدلیل قابلیت حل شدن در pH پایین محلی نامناسب برای احداث سد به حساب می‌آیند (*Sener, 2004*). سنگ ژیپس (گچ) و نمک که قابلیت انحلال بسیار بالایی دارند از مواد مخرب در پی سد به حساب می‌آیند و در مطالعات اولیه باید میزان درصد رسوبات گچی و نمکی در داخل سنگ بستر بررسی گردد. ایجاد سد باطله بر روی یک گنبد نمکی مخفی می تواند در آینده فاجعه ایجاد نماید.

۲-۲-۲- معیارهای زیست محیطی

به‌طورکلی ساختگاههای ذخیره مواد باطله باید دارای خصوصیاتی باشند تا خطرات زیست‌محیطی آن به حداقل کاهش یابد. در مکان‌یابی عوامل زیادی به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر روی محیط زیست تاثیر می‌گذارند. عوامل تاثیر گذاری مانند امکان آلوده شدن آبهای سطحی در نزدیکی محل سد، تخریب محیط زیست طبیعی و منحصر به فرد به علت مکان‌یابی اشتباه، نفوذ به درون زمین و آلودگی آبهای زیرزمینی که آثار جبران ناپذیری در پی دارند. در ادامه به بررسی چند عامل پرداخته شده است.

۲-۲-۲-۱- هیدرولوژی

به علت وجود احتمال خطر آلودگی آب، محل سد باطله نباید در نزدیکی منابع آب سطحی قرار داشته باشد و می‌باید حریم مناسبی برای آبهای سطحی مثل نهرها و رودخانه ها در نظر گرفت. همچنین مناطق بالا دست حوضه هیدرولیکی مناسب نیستند، چرا که هزینه نسبتا زیادی برای ساخت سیستم زهکشی در اطراف سد مورد نیاز است (*Kontos et al., 2005*).

۲-۲-۲-۲- هیدروژئولوژی

آلودگی آبهای زیرزمینی به‌وسیله پساب‌های آلوده به عوامل متعددی از جمله هدایت هیدرولیکی لایه‌های زیرین، عمق منطقه تهویه و شیب هیدرولیکی آبخوان بستگی دارد (*Kontos et al., 2005*). به‌دلیل بازیابی مشکل و طولانی از نظر زمانی و آلودگیهای وسیع، به‌طورکلی یکی از مهمترین عوامل جهت اجرای پروژه‌های زیست محیطی عامل هیدروژئولوژی است.

الف- عمق آب زیرزمینی

سطح بالای آب زیرزمینی خطر بیشتری را برای آلودگی آب زیرزمینی ایجاد می‌کند (*Sener, 2004*) و آبهای آلوده راحت‌تر به آنها می‌رسند. به‌طورکلی مناطقی که عمق سطح آب در آن به اندازه کافی عمیق است به‌عنوان مناسب‌ترین و مناطقی که به‌نسبت عمیق و یا کم عمق هستند به ترتیب به عنوان مناطق نسبتا مناسب و نامناسب در نظر گرفته می‌شوند (*Javaherri et al., 2006*).

ب- کیفیت آب زیرزمینی

مناطقی که دارای آبخوان آب شیرین هستند به علت احتمال آلوده شدن منابع آب شرب و کشاورزی، محل نامناسب و مناطق دارای آبخوان بدون کیفیت و شور با EC و TDS بالا مکان مناسب جهت مکان‌یابی هستند.

۲-۲-۲-۵- فاصله از چاهها

در صورت نزدیک بودن به چاههای آب، امکان آلودگی آنها وجود دارد به همین دلیل باید یک حریم ۳۰۰ متری برای چاههای آب اعمال شود (*Nas et al., 2010*). فاصله از چاه‌ها هر چقدر بیشتر باشد مکان مناسب‌تری جهت احداث سد باطله به حساب می‌آید.

۲-۲-۲-۶- فاصله از مناطق حفاظت شده

مدیریت پسماند نباید باعث تخریب محیط‌زیست طبیعی، مناطق منحصر به‌فرد زیست‌محیطی و یا مناظر زیبا و جذاب شود (*Kontos et al., 2005*). برای احداث سد باطله می‌باید از مناطق حفاظت شده مانند پارکهای ملی، مناطق میراث طبیعی و مناطقی که از نظر جلوه‌های طبیعی دارای اهمیت هستند اجتناب شود *(Allen, 2001)*.

۲-۲-۳- معیارهای اقتصادی

در فرآیند مکان‌یابی سد باطله معیار اصلی تاثیر گذار جهت مکان‌یابی، معیارهای اقتصادی هستند که این خود به عواملی مانند میزان فاصله از کارخانه، جاده، منابع قرضه، کاربری و قیمت زمین و غیره بستگی دارد که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

۲-۲-۳-۱- فاصله از کارخانه

هر چه محل تعیین شده برای سد باطله به محل تولید باطله نزدیک‌تر باشد حمل و نقل مواد به درون آن راحت‌تر است و به خطوط لوله کشی، ماشین آلات، پمپاژ و نیروی کار کمتری احتیاج است.

۲-۲-۳-۲- فاصله از جاده

به‌طورکلی کمترین فاصله برای شبکه راه‌ها باید به مقداری باشد که بر روی چشم انداز تاثیری نداشته باشد و از دسترسی افراد کم اطلاع به‌دور باشد. از سوی دیگر به‌منظور تسهیل در حمل و نقل، پایش و کاهش هزینه‌های جانبی محل مورد نظر باید کمترین فاصله را از شبکه راه‌ها داشته باشد (*Javaherri et al., 2006*).

۲-۲-۳-۳- نزدیکی به منابع قرضه

هزینه تهیه و حمل و نقل خاک نفوذ ناپذیر برای کف و دیواره‌های سد و همچنین خاکهای پوششی بستگی به وجود و نزدیکی آنها به محل مکان‌یابی دارد.

۲-۲-۳-۴- کاربری اراضی

به‌طورکلی به علت وجود فعالیتهای اقتصادی در زمینهای کشاورزی، مناطق مسکونی، گردشگری و... این مناطق محل مناسبی برای مکان‌یابی نیستند (*Kontos et al., 2005*). همچنین به‌دلیل کاربری اقتصادی این زمینها استفاده از آنها جهت اجرای سد پرهزینه است.

۲-۲-۳-۵- پتانسیل معدنی منطقه

تا حد ممکن محل سد باطله باید دور از مناطق معدنی باشد تا این منابع در زیر سد تدفین نگردند و امکان بهره‌برداری از آنها وجود داشته باشد. هر چه این فاصله بیشتر باشد، عملیات برداشت مواد معدنی راحت‌تر صورت می‌گیرد.

۲-۲-۴- ژئومورفولوژی

تاثیر ژئومورفولوژی در مکان‌یابی با شیب زمین و توپوگرافی در ارتباط است. مناطق با توپوگرافی کم ارتفاع و تا حد امکان مسطح با مقدار کم آب زیرزمینی بدلیل نیاز کمتر به خاکبرداری و پرکردن گودی‌ها مناسب هستند. شیب زمین باید طوری باشد که نه آنقدر زیاد باشد که سبب جریان درون زمین شود و نه شیب معکوس داشته باشد که پمپاژ باطله به محل سد را دشوار سازد.

۲-۲-۴-۱- شیب زمین

زمین شیب‌دار منجر به انتقال آلاینده‌ها از محل دپو باطله به مناطق وسیعی می‌شود. به‌طورکلی مناطقی که دارای شیب بیش از ۳۰ درصد هستند نامناسب و مناطقی که دارای شیب کمتر از ۱۰ درصد، برای مکان‌یابی مناسب می‌باشند (*Guiqin et al., 2009*).

۲-۲-۴-۲- توپوگرافی

مناطق کوهستانی به علت قرارگیری در بالادست حوضه و بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی در آنها مکان مناسبی برای احداث سد نیستند. گودالهای ناشی از معدن‌کاری به شرط پایین بودن سطح آب زیرزمینی مکان مناسبی جهت دورریزی مواد باطله به حساب می‌آیند.

۲-۲-۵- سایر معیارها

۲-۲-۵-۱- فاصله از مناطق مسکونی

واقع شدن در نزدیکی مناطق شهری و روستایی ممکن است باعث ایجاد اثرات منفی زیست‌محیطی بر روی جوامع انسانی گردد (*Donevska et al., 2012*). خطرات ناشی از عدم پایداری سد، تاثیر بر آب زیرزمینی و شرب مناطق مسکونی، انتقال مواد سمی بوسیله جریان باد و آلودگی هوا را می‌توان نام برد. همچنین به‌دلیل منظره نامناسب محیط، امکان استفاده از شیرابه باطله بعنوان آب کشاورزی، دسترسی آسان کودکان و حیوانات اهلی باید سعی کرد که مواد باطله با پسماند کارخانجات که در این نوع مخازن انباشت می‌شود بدور از انظار عمومی باشد.

۲-۲-۵-۲- خاک‌شناسی

انتقال آلاینده‌ها از محل دفن به عواملی از قبیل نوع سنگ بستر، جنس خاک، خلل و فرج خاک، رطوبت خاک و... بستگی دارد. خاک بهینه برای مکان دفن باید دارای نفوذ پذیری کم، پتانسیل فرسایشی پایین، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، تراکم بالا و pH بیشتر از ۵ باشد. به‌طورکلی خاکهایی که دارای بافت دانه ریز هستند نسبت به خاک های دانه درشت مناسب‌تر هستند (*Oweis and Khera, 1998*).

۲-۲-۵-۳- جهت باد

محل سد باطله نباید در معرض باد غالب باشد و یا نباید جهت باد از سد به طرف محل مسکونی باشد. باد باعث جابجایی مواد موجود خطرناک انباشته پشت سد می‌گردد و این باعث آسیب به سلامتی در قسمتهای پایین دست آن می‌شود.

۲-۳- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری قدرتمند در جهت جمع‌آوری، مرتب‌کردن، ذخیره‌سازی، ادغام، پردازش، تحلیل و نمایش حجم زیادی از داده‌ها است (*Daneshvar et al., 2005*). GIS با فراهم کردن امکانات نمایش و تجزیه و تحلیل داده‌های مختلف با یکدیگر (به‌طور همزمان) یک محقق را قادر به تهیه نقشه‌های پتانسیل‌دار با داده‌های گوناگون به‌طور بسیار سریع و دقیق می‌کند، به طوریکه با روش‌های آنالوگ و سنتی غیر عملی بوده یا بسیار دشوار است. در این نرم‌افزار با استفاده از تواناییهای کامپیوتر، حجم زیادی از داده‌ها را می‌توان با سرعت زیاد و هزینه نسبتا کم نگهداری و بازیابی کرد (عظیمی و همکاران ، ۱۳۸۹).

۲-۴- مکان‌یابی با استفاده از GIS

استفاده از GIS برای تعیین یک سایت به این صورت است که ابتدا تعدادی از لایه‌های اطلاعاتی تهیه می‌شود به‌طوری که هر لایه، داده‌هایی از یک معیار مکان‌یابی را به‌طور جداگانه شامل می‌شود. این داده‌ها با استفاده از فرمت رقومی سازی، از نقشه کاغذی به صورت رقومی در می‌آیند. سپس لایه‌های داده شامل مناطق ممنوعه، حریم‌ها و نقشه امتیاز نهایی پلی‌گونها به‌گونه‌ای پردازش می‌شوند که یک

معیار را برای تعیین محل مکان‌یابی ارائه دهند. سپس نرم افزار GIS برای تلفیق این معیار وزن داده شده رقومی با لایه‌های اطلاعات سایر معیارهای تعیین مکان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت، حاصل کار نقشه‌ای است که در آن موقعیت تمام معیارهای مکان‌یابی رعایت شده است. بنابراین تعدادی از مکانهای مناسب برای سایت بدست می‌آید. مزیت استفاده از GIS آن است که معیار تعیین مکان می‌تواند تغییر یابد و روش تکرار شود.

۲-۵- مدلهای تلفیق و تحلیل داده های مکانی

با توجه به اینکه پارامترها در پروژه مکان‌یابی دارای ارزش یکسانی نمی‌باشند، لذا برای در نظر گرفتن اهمیت معیارها و لحاظ کردن مستقیم آنها در پهنه‌بندی، باید معیارها وزن‌دهی شوند. وزن‌دهی به چند طریق صورت می‌گیرد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

۲-۵-۱- مدل منطق بولین

ساده‌ترین مدل تلفیق شناخته شده در GIS مدلی بر اساس عملیات بولین است. در این مدل اساس وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی به صورت منطق صفر و یک است. عدد صفر فقط برای واحدهای نامناسب و عدد یک برای واحد های مناسب در نظر گرفته می‌شود (قدسی پور، ۱۳۸۱). مدل بولین بدلیل داشتن منطق و محاسبات ساده، اجرای سریعی دارد ولی با توجه به تاثیر پارامترهای مختلف با ارزشهای متفاوت بر فرایند مکان‌یابی نمی‌توان از این روش به عنوان مدل مناسبی استفاده کرد. چرا که در این روش وزن کلیه پارامترها یکسان و برابر واحد فرض می‌شود. بنابراین امکان طبقه بندی هر پارامتر به کلاسهای مجزا برای وزن‌دهی به هر کلاس وجود ندارد.

۲-۵-۲- مدل همپوشانی شاخص وزنی

در این روش برای تعیین اهمیت نسبی هر پارامتر نسبت به سایر پارامترها، از میزان تاثیر گذاری آنها در امر مکان‌یابی با توجه به نظرات کارشناسی و مطالعات انجام شده قبلی استفاده می‌شود. این روش در مقایسه با مدل بولین از انعطاف پذیری بیشتری در نقشه‌های ورودی و رتبه‌بندی نقشه خروجی برخوردار است و به دلیل داشتن ماهیت خطی، زمان کوتاه‌تری در اجرای مدل نیاز دارد.

۲-۵-۳- مدل منطق فازی

منطق فازی (گنگ) یکی از پیشرفته‌ترین روش‌هایی است که برای طبقه‌بندی و تلفیق داده به کار می‌رود. عضویت در روش منطق فازی بر روی یک مقیاس گروه بندی شده از "یک" (عضویت کامل) تا "صفر" (عدم عضویت کامل) بیان می‌شود. کلاس‌های هر نقشه می توانند با مقدارهای عضویت فازی در یک جدول خصوصیت همراه باشند. همان‌طور که اشاره شد، مقادیر عضویت فازی باید در محدوده (یک و صفر) قرار گیرد اما هیچ مانع و محدودیت عملی در مورد انتخاب مقادیر عضویت فازی وجود ندارد. عضویت در منطق فازی به صورت‌های مختلفی بیان می‌شود و باید در انتخاب آن دقت فراوان نمود. عضویت در منطق فازی به تجربه کارشناس و شناخت وی از منطقه مورد مطالعه بستگی دارد (مالمیریان، ۱۳۸۱).

۲-۵-۴- مدل دلفی (Delphi)

روش دلفی در اواخر دهۀ ۱۹۴۰ میلادی به منظور کسب یک اجماع موثر در مورد تحولات آینده از سوی هیئت‌های مشتمل بر متخصصین رشته‌های مختلف علمی ارائه شد. این روش رویکردی است در

جهت جمع آوری آراء و نظرات متخصصین بدون آنکه ارتباطی بین آنها وجود داشته باشد. تاکنون از روش Delphi در پژوهش‌های مختلف مربوط به پیش‌بینی وقایع آینده استفاده شده است. از آن جمله می‌توان به سیاست، مراقبتهای بهداشتی، توریسم، بازاریابی، مطالعات تکنولوژیکی، مطالعات مدیریتی، تخصیص منابع و برنامه‌های جنگی اشاره کرد (اندرودی، ۱۳۸۰). به‌طورکلی روش Delphi وسیله‌ای جهت ایجاد یک اجماع در بین گروهی از متخصصین می‌باشد (*Dalkey and Helmer, 1983*) و به‌طورکلی به شرح ذیل می‌باشد:

در گام اول پرسشنامه بین اعضا توزیع شده و از آنها خواسته می‌شود پارامترهای زیست محیطی مرتبط با مکان‌یابی سدهای باطله (که قابلیت نقشه سازی داشته باشند) را ذکر نمایند. سپس پرسشنامه‌ها بازپس‌گیری شده و با تجمیع آرا، پرسشنامه ثانویه آماده توزیع می‌شود. نتایج بدست آمده به اعضاء ارائه شده و از آنها خواسته می‌شود در صورت مخالفت با بعضی پارامترها علت مخالفت خود را بیان کنند و یا در صورت داشتن ایده جدید، آنرا بیان نمایند. سپس پرسشنامه‌ها بازپس گیری شده و نتایج بررسی می‌شود. در پرسشنامه بعدی نتایج بدست آمده که شامل ۱۰ پارامتر اصلی زیست‌محیطی بوده است ذکر شده و از اعضا خواسته می‌شود آنرا به ترتیب اولویت مرتبط نمایند. نتایج بررسی و حالتی که بیشترین فراوانی را داشته (مد یا نما در آمار) شناسایی شده و دوباره در اختیار گروه قرار می‌گیرد و در آخر از آنها خواسته می‌شود در صورت نیاز در نظر اولیه خود تجدید نظر نمایند. استفاده از روش دلفی برای تعیین وزن لایه به علت پیچیده شدن فرایند تصمیم‌گیری و احتمال پراکندگی نتایج و عدم توان جمع بندی داده، بازده کافی ندارد.

۲-۵-۵- مدل **AHP** (Analytic Hierarchy Process)

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری، فرآیند سلسله مراتبی است (*AHP*). این روش براساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. یکی از

مسائل تصمیم سازی مدیران چگونگی انتخاب کردن یک گزینه از میان گزینه‌های موجود است که می‌بایستی با توجه به معیارهایی که برای انتخاب مطرح است، این کار صورت پذیرد. در این روش به هرگزینه با توجه به امتیازهای تخصیص یافته در مقایسه با هم (مقایسه دوتایی) و نیز با توجه به امتیاز و اهمیت شاخصها نسبت به هم، امتیازی داده می‌شود. امتیاز بیشتر نشان دهنده قابلیت بهتر آن گزینه با توجه به معیارهای تعریف شده است. اما تعیین امتیازها به طور مستقیم کار ساده‌ای نیست و ممکن است در نتیجه نهایی انحراف ایجاد کند. بدین منظور در دهه ۱۹۷۰ تکنیک *AHP* یا فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط توماس الساعتی طراحی شد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستمهای طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چند گانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند. همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت بر روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این، بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد، که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. همچنین از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است.

۲-۵-۵-۱- ساخت سلسله مراتبی

روش کار در ابتدا بر مبنای تشکیل یک ماتریس اولیه شکل می‌گیرد. این جدول که ردیفها و ستونهای آن، دو به دو شرح مشابهی دارند، در واقع جدولی جهت مقایسه نظیر به نظیر بین آیتمهای مورد نظر می‌باشد. طیف نمره دهی آن معمولا از ۱ الی ۹ است که ۹ بالاترین ارزش و ۱ کمترین ارزش را دارا است. بعد از تکمیل ماتریس اولیه، ماتریسی به نام ماتریس نرمال و به شکل ماتریس اولیه تهیه می-

شود. در هر یک از ستونهای ماتریس اولیه، اعداد را بر جمع ستونی تقسیم کرده و حاصل در سلول متناظر آن در ماتریس نرمال وارد می‌شود.

۲-۶- ارزیابی اثرات زیست محیطی (Environmental Impact Assessment)

ارزیابی اثرات زیست محیطی روشی است که برای اطمینان از رعایت ضوابط، معیارها و قوانین زیست-محیطی در طرح‌های مختلف ابداع شده است (*Jay et al., 2007*). هدف اصلی EIA پیش بینی، شناسایی و تجزیه و تحلیل کلیه آثار مثبت و منفی یک پروژه بر محیط زیست است (*Toro et al., 2009*). روش‌های مختلفی برای ارزیابی زیست‌محیطی پروژه‌ها وجود دارد که هر یک از آنها با توجه به دانش متخصصین و دسترسی به اطلاعات مورد نیاز، بودجه، زمان و فن‌آوری رایانه‌ای انتخاب می‌شوند. مهمترین و رایج‌ترین روشهای انجام EIA در جهان شامل چک لیست، ماتریس، روی هم گذاری نقشه‌ها و شبکه‌ها است (منوری، ۱۳۸۷).

۲-۷- پیشینه تحقیق

امروزه موضوع مکان‌یابی در مورد هر نوع پروژه‌ای که با جا و مکان سر وکار دارد از اهمیت به سزائی برخوردار است. به‌طوری‌که مهم‌ترین عامل در جهت کاهش ریسک و هزینه در حین و بعد از اتمام پروژه مربوط به مکان‌یابی مناسب و اهمیت دادن به آن است. دانشمندان و محققین فراوانی در سالهای اخیر و با روشهای متفاوت دست به مکان‌یابی برای اهداف مختلف زده‌اند. اما به جرأت می‌توان ادعا کرد که موفق‌ترین روش برای مکان‌یابی استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی و تصمیم‌گیری چند معیاره برای این منظور است. دلیل این ادعا این است که در این روشها تاثیر عوامل مختلف در

نظر گرفته شده و بهینه‌ترین مکان با تلفیق تمام اثرات این عوامل و فاکتورها انتخاب می‌شود. امروزه به‌منظور انتخاب بهینه‌ترین محل برای احداث انواع سازه‌ها با کاربردهای مختلف از مکان‌یابی با روشهای مختلف استفاده می‌شود. از مهم‌ترین عرصه‌هائی که مکان‌یابی در آنها نقش تعیین کننده دارد عبارتند از: خدمات شهری (آتش‌نشانی، فروشگاه‌ها و...)، محیط زیست (مکان‌یابی محلهای دفن زباله و...) و سازه‌های مهندسی (سدها، سازه‌های زیرزمینی و...). در ذیل به بعضی از پروژه‌های انجام گرفته در بخش مهندسی و محیط زیست اشاره می‌شود.

۲-۷-۱- مکان‌یابی در بخش محیط زیست

مهم‌ترین بحث در این بخش مربوط به مکان‌یابی محلهای مناسب جهت دفن زباله است که در زیر به چند مورد از آن اشاره می‌شود.

چانگ و پارواتیناتان (Chang and Parvatinathan, 2007)، در پژوهشی به مطالعه مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد در شهر هارلینگن واقع در جنوب تگزاس پرداختند. در این پژوهش با استفاده از سیستم مکانی، ارزیابی چند معیار، منطق فازی، مکان‌های مناسب طی دو مرحله انتخاب و اولویت بندی گردیدند. در مرحله اول، مناطقی که برای محل دفن مناسب نبودند با استفاده از معیارهای کاربری اراضی، فاصله از رودخانه‌ها، تالابها، فاصله از جاده‌ها، جمعیت منطقه، پارکهای حیات وحش، فاصله از فرودگاه، نوع خاک و آب زیرزمینی حذف گردید. در مرحله دوم با استفاده از منطق فازی شایستگی مکانهای مختلف با اثرات اکولوژیکی و محیط زیست متفاوت با موضوع انتقال زباله و نارضایتی مردم مورد توجه قرار گرفتند و مکان مناسب برای محل دفن انتخاب شد.

یانگ و همکاران (Yang et al., 2008)، در پژوهشی به بررسی سه مورد: ۱) آنالیز شیرابه و انتشار گاز از محلهای دفن زباله های خانگی در استان جیانگسو در چین ۲) بررسی ویژگیهای زیست

محیطی در نزدیکی محلهای دفن مواد زائد جامد ۳) ارزشیابی اینکه موقعیت محلهای دفن و کیفیت شیرابه آنها و میزان انطباق آن با مقررات ملی در مورد پنج محل دفن مواد زائد جامد که به طور تصادفی در استان جیانگسو انتخاب شدند با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فناوری سنجش از دور پرداختند. شیرابه محلهای دفن محتوی فلزات سنگین بود و میزان مواد آلی در غلظتهای خطرناکی برای سلامت انسان قرار داشت. میزان غلظت متان اندازه‌گیری شده در سطوح محلهای دفن پایین بود. آنالیز مکانی موقعیت محلهای دفن با توجه به فاصله آنها از منابع آب، زیرساختهای حساس و شرایط زیست محیطی بر طبق مقررات موجود برای چهار محل دفن نامناسب ارزیابی شد. در نهایت نتایج بدست آمده ضرورت ارزشیابی جدی موقعیت مکانی محلهای دفن مواد زائد جامد با توجه به معیارهای زیست محیطی و بهداشت عمومی را نمایان ساخت.

زامورانو و همکاران (*Zamorano et al., 2008*)، مکانهای مناسب برای دفن زباله‌های جامد شهری در جنوب اسپانیا را با استفاده از GIS ارزیابی کردند. در این تحقیق نیز معیارهای مختلف ابتدا وزن‌دهی شدند. بعد از آن با استفاده از روش فازی ترکیب شدند. سپس در نقشه نهایی مناطق مناسب با توجه به امتیازشان جدا شدند.

اسداله فردی و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای مکانهای مناسب دفن پسماند شهری هشتگرد را تعیین کردند. این مطالعه با استفاده از ۲۲ لایه اطلاعاتی از مجموعه معیارهای زیست محیطی و اقتصادی- اجتماعی و با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و GIS صورت پذیرفت. به منظور تلفیق لایه‌ها با روش AHP پس از استاندارد نمودن نقشه‌ها کلیه لایه‌ها بر اساس ماتریسهای مقایسه دو دویی وزن‌دار شدند و با اعمال محدودیتهای منطقه, نقشه نهایی به‌دست آمد. بر اساس نقشه خروجی، مناطق مختلف محدوده مطالعاتی از نظر قابلیت دفن پسماند پهنه‌بندی و به ۶ کلاس به ترتیب اولویت طبقه بندی شد. در نهایت با در نظر گرفتن جهت باد غالب، منطقه‌ای ۴۸ هکتاری در جنوب غربی محدوده به عنوان محل احداث مرکز دفن پیشنهاد گردید.

۲-۷-۲- مکان‌یابی برای امور مهندسی

یکی از مهم‌ترین کارائی‌های مکان‌یابی مربوط به تعیین مکانهای مناسب برای ساخت ابنیه‌های صنعتی و معدنی است، زیرا محل این سازه‌ها مستقیماً بر روی هزینه‌ها و زیست بوم اثر می‌گذارند. در ادامه به بعضی تحقیقات در این مورد اشاره می‌شود.

طاهری مقدر و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از روش فازی TOPSIS به مکان‌یابی سد باطله کارخانه فرآوری مجتمع سنگ آهن گل گهر پرداختند. برای انجام مطالعات مکان‌یابی پس از غربال سازی ۳ محل برای ادامه مطالعات مناسب تشخیص داده شد. شاخصهای کمی و کیفی به عنوان ملاکهای ارزیابی برگزیده شد و روش TOPSIS به عنوان روش مبنا برای تصمیم‌گیری انتخاب گردید. برای وزن دهی از روش AHP و به دلیل فضای عدم قطعیت حاکم بر برخی شاخصهای تصمیم‌گیری، بطور همزمان از تئوری مجموعه‌های فازی کمک گرفته شد. حاصل کار انجام رتبه بندی روی گزینه‌ها و در نتیجه انتخاب ۲ محل واقع در فاصله ۵۴۰۰ متری جنوب کارخانه فرآوری بود.

احدی و همکاران (۱۳۹۰)، به مکان‌یابی شهرک صنعتی تخصصی ریلی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی گروهی پرداختند. هدف این طرح انتخاب مناسب‌ترین محل برای احداث این شهرک صنعتی با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره بوده است. به همین منظور ابتدا معیارهای موثر در انتخاب محل برای احداث شهرکهای صنعتی در بیان موضوع و نظرسنجی از کارشناسان این صنعت استخراج و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی گروهی بهترین محل از بین گزینه‌های اولیه انتخاب و به تصمیم گیرندگان نهایی پیشنهاد شده و در انتها اعتبارسنجی مدل انجام گرفته است.

شمس الدینی نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی بهترین مکان سد باطله معدن مس درآلو (۱۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان کرمان) را تعیین کردند. در تعیین محل سد باطله پارامترهای

زیادی موثر هستند، که عبارت اند: فاصله از کاخانه، پتانسیل معدنی منطقه، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، مناطق حفاظت شده و غیره. هدف از انجام این تحقیق تعیین محلهای مناسب جهت احداث سد باطله معدن مس درآلو به روش منطق فازی بوده است. عوامل مؤثر در مکان‌یابی در نظر گرفته شده لایه اطلاعاتی مربوط به هر پارامتر بر اساس منطق فازی، در نرم افزار ARC GIS کلاسه بندی و وزن دهی شده و با عملگر گاما عملیات تلفیق شاخصها انجام گرفته است. در نهایت با انجام عملیات کنترل صحرایی، چهار ناحیه جهت مطالعات تکمیلی در ناحیه مشخص گردیده است.

فصل سوم

خصوصیات منطقه مورد مطالعه و روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

در این فصل روش تحقیق و سیستم نرم‌افزاری مورد استفاده شده و خصوصیات گوناگون منطقه مورد مطالعه بیان می‌شود.

۳-۲- تهیه نقشه معیارهای مکان‌یابی و لایه های اطلاعاتی

مهمترین عوامل موثر جهت مکان‌یابی در منطقه، بهره‌گیری از اطلاعات و نقشه‌های پایه غیر رقومی و رقومی شده، همچنین تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آماری که به صورت گزارش و یا پروژه از طریق سازمانها و شرکتهای مختلف انتشار یافته است. مجموعه این اطلاعات گردآوری شده و سپس در محیط نرم‌افزارهای *GIS* و *Expert choice* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳-۳- روش های مورد استفاده

۳-۳-۱- تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*)

روش *AHP* که در سال ۱۹۷۷ توسط ساتی (*Satty*) ارائه گردید، یک روش ساده و انعطاف‌پذیر جهت درک و تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده محسوب می‌شود. این روش یک قاعده تصمیم‌گیری چند معیاره یا چند هدفی می‌باشد که در آن پارامترهای کیفی به اندازه پارامترهای کمی در فرآیند تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شوند. در این تحقیق از این روش در محیط نرم‌افزاری *GIS* استفاده شده است.

۳-۳-۱-۱- کلیات روش تحلیل سلسله مراتبی

این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسایل چند معیاره است که مزیت اصلی آن براساس مقایسات دو به دو لایه‌ها است (*Ngai and Chan, 2005*). در این روش ابتدا باید مسئله به صورت سلسله مراتبی به اجزاء کوچکتر تقسیم شود. این اجزاء شامل تعیین هدف، معیارها و گزینه‌ها است. سپس با استفاده از روش مقایسه زوجی وزن هر گزینه بدست می‌آید و گزینه برتر انتخاب می‌شود (قدسی پور، ۱۳۷۹). همانطوری که یک عارضه در دنیای واقعی ناشی از برهم کنش و اثر متقابل با یک سری عوامل و اجزای دیگر است، بنابراین بررسی همه آنها بسیار مشکل و در واقع غیر ممکن است. بنابراین برای مدلسازی پدیده‌ها باید عوامل اصلی و تاثیر گذار بر پدیده‌ها شناسایی شوند. در ضمن بعد از شناسایی هر یک ازمعیارها برحسب اهمیت نسبی و میزان تاثیر هر یک از آنها در تعیین پدیده مورد نظر باید وزن خاصی داده شود. اما تعیین وزن برای فاکتورهای مورد نظر با افزایش تعداد معیارهای تحت بررسی به سرعت دچار مشکل می‌شود (*Bell, 1983*). روش تحلیل سلسله مراتبی(*AHP*) یکی از تکنیکهای مناسب برای وزن‌دهی و حل مسایل چند معیاری پیچیده طراحی شده است (*Satty, 1995*).

۳-۳-۱-۲- ساختار مساله انتخاب گزینه‌ها بر مبنای معیارها

به‌طورکلی فرآیند تصمیم‌گیری از لحاظ فضای تصمیم به دو دسته پیوسته و گسسته تقسیم می‌شود، و تصمیم‌گیری در فضای گسسته خود به دو دسته تک معیاره و چند معیاره تقسیم می‌شود. خود معیارها ۳ دسته معیارهای کیفی، کمی و ترکیبی را شامل می‌گردد. پیاده سازی *AHP* در یک تصمیم‌گیری شامل ۴ فاز است.

فاز۱- ساخت سلسله مراتب　　فاز۲- انجام مقایسات زوجی

فاز۳- محاسبه وزنها　　فاز۴- سازگاری سیستم

الف- ساخت سلسله مراتب یا درخت سلسله مراتبی

درخت سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مساله پیچیده واقعی است که در راس آن هدف کلی مساله و در سطوح بعدی گزینه‌ها قرار دارند. هر چند یک قاعده ثابت و قطعی برای رسم سلسله مراتبی وجود ندارد. اما تحلیل سلسله مراتبی ممکن است به یکی از صورتهای زیر باشد:

- ✓ هدف - معیارها - زیرمعیارها - گزینه ها
- ✓ هدف -معیارها - عوامل - زیرعوامل - گزینه ها

معیارها باید در قالب یک درخت تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی بیان شوند. هر کدام از این معیارها نیز می‌توانند دارای زیر معیارهایی باشند. بنابراین تکنیک *AHP* برای هر کدام از اجزاء این درخت اعم از اینکه گزینه باشند یا معیار، امتیازی را بدست می‌دهد. به هر کدام از اجزاء این درخت، چه گزینه‌ها و چه معیارها در اصطلاح آیتم می‌گویند. در متدولوژی *AHP* برای هر کدام از گزینه‌ها بر اساس مقایسات زوجی یک امتیاز بدست می‌آید و گزینه‌ها بر حسب امتیازی که کسب کرده‌اند، رتبه بندی می‌شوند. گزینه‌ای که بیشترین امتیاز را کسب کرده بهترین گزینه برای انتخاب شدن است.

ب- مقایسات زوجی

با توجه به مبنای نظری این روش، هر یک از معیارها بر مبنای هدف و زیرمعیارها بر مبنای معیار سطح بالای آنها باید به صورت دو به دو با هم مقایسه شوند. این مقایسه‌ها را می‌توان به صورت کیفی و کمی بر مبنای مقیاس ارائه شده توسط ساتی (مطابق جدول ۳-۱) انجام داد. روش معمول برای انجام مقایسه‌های زوجی تشکیل ماتریس‌های مربعی به تعداد معیارها یا زیرمعیارها است. برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای هریک ازگروه‌ها، که دارای n معیار می‌باشند، لازم است $n(n-1)/2$ مقایسه صورت گیرد، تا مقایسه زوجی از مرتبه n کامل گردد. در *AHP* عناصر هر سطح نسبت به عنصر

مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد. این وزن‌ها را، وزن نسبی می‌نامند. سپس با تلفیق وزنها، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود (قدسی پور، ۱۳۸۱).

جدول۳-۱: مقیاس کمی وکیفی مورد استفاده جهت مقایسه زوجی معیارها در روش*AHP* (*Satty, 1990*)

قضاوت شفاهی	ترجیحات	مقدار عددی
مهم تر یا به‌طورکامل مطلوب تر	*Extremely preferred*	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	*Very strongly preferred*	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	*Strongly preferred*	۵
کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر	*Moderaterly preferred*	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	*Equally Preferred*	۱
ترجیحات بین فواصل قوی		۲،۴،۶،۸

ج- استخراج وزنها از ماتریس تصمیم

محاسبه وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در دو بخش جداگانه زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

وزن محلی (*Local Priority*): که بطور مستقیم از ماتریس‌های مقایسه زوجی بدست می‌آید.

وزن نهایی (*Overall Priority*): که از تلفیق وزن‌های محلی محاسبه می‌گردد و نشان دهنده وزن کلی (نهایی) معیارها و رتبه کلی هر گزینه در میان گزینه‌ها است.

د- محاسبه نرخ ناسازگاری

قبل از آنالیز داده‌ها باید نسبت به سازگاری مقایسه‌ها اطمینان حاصل نمود. زیرا تصمیم گیرنده به مقایسات دو به دو عوامل می‌پردازد. چرا که امکان دارد مقایسه‌ها در کل با هم سازگار نباشند. لذا یکی از نقاط قوت این روش استفاده از نرخ ناسازگاری برای بررسی درجه پایایی (*Reliability*) ماتریس‌های مقایسه زوجی است. محاسبه نرخ ناسازگاری، در صورتی امکان پذیر است که مقایسه‌ها بر مبنای روش الساعتی انجام شده باشد. نرخ ناسازگاری مکانیزمی است که میزان اعتماد به اولویتهای به دست آمده

را نشان دهد. بطوریکه اگر نرخ ناسازگاری محاسبه شده کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری مقایسه‌ها قابل قبول و در غیر این صورت باید در قضاوتها تجدید نظر نمود. از جمله مزایای این روش می‌توان به کنترل دقت کارشناس، لحاظ کردن نظرات افراد مختلف در مورد گزینه‌ها و معیارها، تلفیق قضاوتها برای محاسبه وزن نهایی و استواری بر مبنای تئوری قوی اشاره کرد. از ایرادات این روش ارزیابی معیارها بدون اشاره به مقایسه آنها است. عیب دیگر آن بررسی دو معیاره در یک زمان است و اگر معیارهای زیادی مقایسه شوند ممکن است که این روش بسیار پیچیده گردد.

روش محاسبه وزنها از ماتریس تصمیم به سازگار یا ناسازگار بودن ماتریس تصمیم وابسته است. اگر ماتریس تصمیم برقرار باشد، در این صورت ماتریس سازگار است. برقراری تساوی در این رابطه به آن معنی است که اگر به عنوان مثال نسبت آیتم J به میزان ۲ برابر (aij) ارجحیت داشته باشد و نیز آیتم J نسبت به آیتم k به میزان ۳ برابر (ajk) ارجحیت داشته باشد، آنگاه آیتم I نیز نسبت به میزان $6K$ برابر اهمیت خواهد داشت. عدم برقراری این رابطه میزانی از ناهمگنی یا ناسازگاری را می‌رساند. همواره ماتریس تصمیمی که در مقایسه گزینه‌ها نسبت به یک معیار کمی بدست می‌آید، دارای این خاصیت هستند، اما در مورد کیفی چنین نیست. اگر یک خاصیت برقرار نباشد ماتریس ناسازگار است (حسن پور، ۱۳۸۹).

هـ- استخراج وزنها از ماتریس سازگار

برای استخراج وزنها اگر معیار دارای جهت مثبت (زیاد بودن مطلوبیت) باشد، مولفه‌های یک ستون دلخواه از آن را نسبت به مجموعه آن ستون نرمال کرده و وزن‌ها بدست می‌آیند. اگر معیار دارای جهت منفی باشد (کم بودن مطلوبیت)، مولفه‌های یک سطر دلخواه از آن را نسبت به مجموعه آن سطر نرمال کرده و وزنها محاسبه می‌شود (پرهیزگار و غفاری، ۱۳۸۵).

مراحل لازم برای تشخیص ناسازگاری بدین صورت است که:

الف) بردارمجموع وزنی(WSV) = ماتریس مقایسات زوجی (D) × بردار وزنهای نسبی (W)

ب) مولفه‌های *WSV* تک به تک بر وزنهای نسبی شاخصها تقسیم می کنیم تا بردار سازگاری (*CV*) بدست آید.

ج) محاسبه میانگین حسابی عناصر*CV* که آن را با λmax نشان می‌دهند.

د)محاسبه شاخص ناسازگاری

ه)محاسبه نرخ ناسازگاری

۳-۳-۱-۳- اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

الف) شرط معکوس پذیری: اگر ترجیح عنصر A برعنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر $1/n$ خواهد بود.

ب) اصل همگنی: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی‌نهایت یا صفر باشد.

ج) اصل وابستگی: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به‌صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

د) انتظارات: هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد، فرآیند ارزیابی باید مجددا انجام گیرد.

۳-۳-۱-۴- ارزیابی نظرات کارشناسی در روش *AHP*

پس از استخراج تمامی شاخصها و زیر شاخصهای مورد نیاز در این مطالعه و تهیه فرم‌های نظرسنجی متخصصان، بایستی نظرات کارشناسی مورد ارزیابی قرار گیرد، تا نرخ سازگاری آن بدست آید. کنترل نرخ ناسازگاری قضاوتهای تصمیم‌گیرندگان براساس روابط ریاضی و با استفاده از نرم‌افزار *Expert choice* صورت می‌گیرد. پس از وارد کردن شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها در این نرم‌افزار میزان ناسازگاری

آنها تعیین می‌گردد. با توجه به منابع مختلف، نرخ ناسازگاری بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. چنانچه این گونه نباشد بایستی در وزن دهی‌ها تصحیح گردد.

۳-۳-۱-۵- وزن‌دهی به پارامترها بر اساس مدل سلسه مراتبی(AHP)

فرایند سلسله مراتبی (AHP) جزء روشهای سیستم‌های تصمیم گیرنده چند معیاره ($MCDM$) است که می‌تواند چنین مسئله‌هایی را در ساختار ساده‌ای حل کند. در این روش قضاوتهای تصمیم گیرندگان درباره هر یک از پارامترها از طریق مقایسه زوجی وارد محاسبات می‌شود. بردارهای اولویت و سازگاری و ناسازگاری آنها بدست می‌آید.

۳-۳-۱-۶- مراحل محاسبات وزن معیارها با روش AHP

برای مقایسه دو به دو فاکتورها و اولویت بندی آنها بر اساس وزن، ابتدا فاکتورها با هم مقایسه شدند و ارزش‌های مربوط به هر ستون از ماتریس مقایسه، دو به دو با هم جمع شدند. سپس هر عنصر ماتریس بر مقدار کل ستون آن تقسیم گردید (از ماتریس حاصله تحت عنوان ماتریس استاندارد شده نام برده می‌شود).

میانگین عناصر مطرح در هر ردیف از ماتریس استاندارد محاسبه شد. این میانگین‌های تخمینی از وزن‌های نسبی معیارهای مورد مقایسه بدست می‌دهند. با استفاده از این روش، وزنها به منزله میانگین از تمامی راه‌های ممکن از مقایسه معیارهای تلقی می‌شوند. در این ماتریس متوسط هر سطر محاسبه و به عنوان وزن پارامتر مربوط به آن سطر در نظر گرفته می‌شود. نسبت پایندگی (شاخص ناسازگاری) محاسبه و با استفاده از آن، شاخص (λ) و شاخص پایندگی (CI) بدست می‌آید. این شاخص نماینده انحراف از پایندگی است که با استفاده از آن می‌توان نسبت پایندگی را نیز تعیین نمود (مهرگان، ۱۳۸۳).

معادله(۳-۱) $CR=CI/RI$

که در این رابطه CI شاخص پایندگی و RI شاخص تصادفی است که با توجه به تعداد پارامترها از روی جدول در غالب نرم افزار *Expert Choice* بدست می‌آید.

اگرCR بدست آمده کمتر از ۰/۱ باشد در این صورت سطح پایندگی در مقایسه دوبه‌دو قابل قبول است و در غیر اینصورت باید ارزشهای اولیه در ماتریس مقایسه‌ای مورد بازبینی قرار گیرند.

بعد از این می‌توان شاخص حساسیت برای هر پیکسل را از رابطه زیر محاسبه کرد:

معادله(۳-۲) $S=\Sigma wiRi$

در این رابطه S فاکتور حساسیت مربوط به هر پیکسل، W وزن مربوط به پارامترها و R امتیاز هر طبقه از پارامتر ویژه است (قدسی پور، ۱۳۸۸). نقشه نهایی حاصل از مجموع پیکسلهای هر زیر پارامتر در وزن همان زیر کلاس ضربدر وزن کلی پارامتر حاصل می‌شود که پس از کلاسه بندی اعداد بدست آمده، پنج رده نقشه نهایی حاصل می‌گردد.

۳-۳-۲- سامانه اطلاعات جغرافیایی

برای تهیه نقشه مدل شده توسط سیستم سلسله مراتبی احتیاج به نرم‌افزاری قوی جهت تهیه و تعیین و تلفیق لایه‌های مورد نیاز ضروری به‌نظر رسید. با بررسیهای انجام گرفته، مجموعه نرم افزارهای *Arc GIS* شامل *Arc View* و *Arc Map* برای تهیه نقشه‌ها مناسب تشخیص داده شد.

۳-۳-۲-۱- تهیه لایه های اطلاعاتی مورد نیاز و استفاده از نرم افزار *GIS*

تهیه لایه‌های اطلاعاتی معیارهای مورد نیاز مکان‌یابی از طریق این نرم‌افزار به چند طریق صورت می-گیرد.

الف- استفاده از نقشه‌های منطقه و انجام عملیات زمین مرجع یابی (*Georeferencing*) و تبدیل به لایه های اطلاعاتی

ب- وکتور بندی توپوگرافی، کیفیت آب زیرزمینی، عمق چاهها و غیره و تبدیل به داده‌های پیکسلی یرای محاسبه وزن معیارها

ج- به‌دست آوردن معیارهای فاصله‌ای مانند فاصله از رودخانه با استفاده از امکانات این نرم افزار

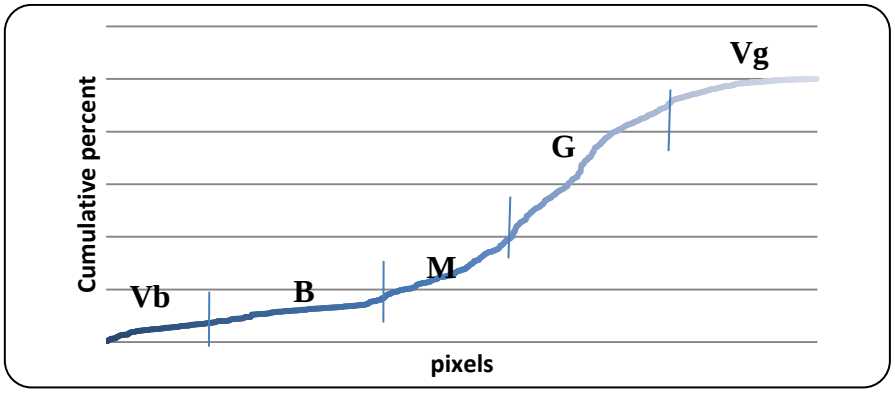
د- تهیه لایه های مدل رقومی ارتفاع (*DEM*) نظیر شیب

ه- طبقه بندی و تلفیق نهایی نقشه‌های رقومی شده

۳-۳-۳- روش کار

بعد از رقومی شدن نقشه‌ها و داده‌ها در نرم‌افزار *GIS*، با استفاده از منوی *Buffer* اقدام به رسم زیر معیارهای طبقه‌بندی شده در نقشه هر معیار می‌شود. با به‌دست آمدن میزان وزن هر پارامتر از نرم-افزار *Expert choice* این وزنها در نرم‌افزار *Arc view* وارد می‌شود. وزنها در هر لایه اطلاعاتی به‌طور مجزا وارد می‌شوند.

پس از وارد کردن وزن، فایلهای تصویری که ماهیت وکتوری دارد در محیط نرم‌افزار *Arc GIS 9.3* از منوی *Spatial analyst* فایل تصویری به رستر (پیکسل بندی) تبدیل می‌شود. این تبدیل، جهت معلوم شدن تعداد پیکسلهایی که هرکدام دارای وزن مخصوص به خود در هر لایه اطلاعاتی هستند. سپس در محیط نرم‌افزاری *Arc view 3.2* از منوی *Analaysis* وزن هرکدام از پارامترها در تعداد پیکسل آن ضرب می‌شود. در نهایت نقشه براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها بر اساس وزن کلی در ۵ سطح طبقه بندی گردید (شکل۳-۱). جهت سهولت عملیات طبقه‌بندی می-توان از رسم نموداری که براساس مقدار فراوانی وزن هر پیکسل و فراوانی تعداد پیکسلها (که با نرم-افزار *Arc Map* ایجاد می‌شود) استفاده کرد. بدلیل کارائی و شکیل بودن نقشه‌های خروجی این طبقه-بندی در نرم افزار *Arc GIS 9.3* به نقشه خروجی تبدیل می‌شود.



شکل ۳-۱: منحنی درصد فراوانی تجمعی پیکسل ها

۳-۳-۴- تهیه نقشه کلی

نقشه‌های مکان‌یابی در هریک از پارامترها، از ضرب وزن بر مساحت هر یک از زیر پارامترها به‌دست آورده شد و نقشه کلی از تلفیق لایه‌های همه پارامترها در وزن هر یک از زیر پارامتر آن عامل ضربدر وزن کلی پارامتر به‌دست آمد. جهت به‌دست آوردن مرز طبقات پهنه‌ها، منحنی درصد تجمعی پیکسلها را می‌توان ترسیم کرد که نقاط شکست در منحنی به عنوان مرز طبقات انتخاب می‌گردد و به این ترتیب نقشه پهنه‌بندی مکان‌یابی به‌دست می‌آید.

۳-۴-ویژگیهای منطقه مورد مطالعه

۳-۴-۱- ویژگیهای آب و هوایی منطقه

در منطقه خواف میزان بارندگی سالانه در ارتفاع و دشت متفاوت است. این بارندگی حجم آبی معادل ۸۲۰ میلیون مترمکعب را به محدوده وارد می‌کند. متوسط بیشترین درجه حرارت ماهانه در تیر ماه و کمترین در دی ماه به میزان حدودی ۲۸ و ۴ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. میزان متوسط ماهانه تبخیر از ۶۰ میلی‌متر در بهمن ماه تا ۷۷۶ میلی‌متر در تیر ماه متغیر است (آمار اداره هواشناسی خراسان رضوی، ۱۳۹۳).

۳-۴-۱-۱- بارندگی

مقدار بارندگی سالانه در ارتفاعات و دشت منطقه خواف به ترتیب ۱۸۵و ۱۳۸ میلی‌متر است. میانگین تغییرات بارندگی ماهانه (رژیم بارندگی) در ارتفاعات و دشت در این محدوده را می‌توان در جدول ۳-۲ ملاحظه نمود. همانطور که در این جدول مشخص است، بیشترین میزان بارندگی در ارتفاعات در اسفند ماه ۴۱/۱ میلی‌متر و در دشت، در ماه بهمن حدود ۳۳/۴ میلی‌متر است. همچنین طبق جدول میانگین ۲۰ ساله بیشترین میزان بارندگی کل منطقه در اسفند ماه و به میزان ۳۳/۸ میلیمتر و کمترین میزان بارندگی در ماه‌های تابستان روی می‌دهد.

جدول ۳-۲: مقادیر بارندگی ماهانه در دشت خواف (بر حسب *mm*)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
خواف	۰/۹	۵	۲۶	۳۵/۱	۳۷/۸	۳۹/۷	۲۵/۴	۸/۲	۰/۸	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۱۷۹/۱
سنگان	۰/۱	۳/۹	۱۹/۵	۱۹/۵	۲۹/۷	۲۶/۷	۱۸/۸	۴/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۲۲/۵
ارتفاع	۱/۰	۵/۲	۲۷/۰	۳۶/۳	۳۹/۱	۴۱/۱	۲۶/۲	۸/۵	۰/۸	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۱۸۵/۳
دشت	۰/۱	۴/۴	۲۲/۰	۲۱/۹	۳۳/۴	۳۰/۰	۲۱/۲	۴/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۳۷/۷

۳-۴-۱-۲- دما

با استفاده از نقشه هم دمای منطقه، متوسط درجه حرارت سالانه در ارتفاعات حدود ۱۴درجه سانتیگراد و در دشت ۱۶ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده است. جدول۳-۳، رژیم حرارتی را در ارتفاعات و دشت این محدوده نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های این جدول بیشترین درجه حرارت متوسط در تیرماه به میزان ۲۷/۸ درجه سانتیگراد و کمترین آن در دی ماه و به میزان ۴/۳ درجه سانتیگراد است (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴).

جدول ۳-۳: میانگین دما در طی یک دوره ۲۰ ساله در منطقه مورد مطالعه (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴)

ماه	متوسط دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	متوسط دمای حداقل (سانتی‌گراد)	متوسط دمای ماهیانه (سانتی‌گراد)	حداقل مطلق درجه سانتی‌گراد	حداکثر مطلق درجه سانتی‌گراد
فروردین	۱۹/۷	۹/۹	۱۴/۸	-۳/۵	۳۴
اردیبهشت	۲۵/۷	۱۵/۹	۲۰/۸	۱	۳۶
خرداد	۳۰	۲۰/۶	۲۵/۳	۱۰	۴۱/۵
تیر	۳۱/۹	۲۳/۷	۲۷/۸	۱۴	۴۲/۵
مرداد	۳۲	۲۳	۲۷	۱۲	۴۰/۵
شهریور	۲۸/۴	۱۹/۹	۲۴/۱	۸/۵	۳۹/۵
مهر	۲۳/۷	۱۴/۴	۱۹/۱	-۱	۳۵
آبان	۱۸	۹	۱۴	-۷	۳۲
آذر	۱۰/۹	۳/۵	۷/۲	-۱۱	۲۲
دی	۷/۸	۰/۷	۴/۳	-۲۱/۵	۱۸/۵
بهمن	۸/۵	۱/۲	۴/۹	-۱۵	۲۱
اسفند	۱۲/۸	۴/۷	۸/۷	-۹	۳۱

جدول ۳-۴: متوسط درجه حرارت ماهانه منطقه خواف (بر حسب درجه سانتیگراد)

ایستگاه مبنا	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
خواف	۱۸/۱	۱۲/۷	۷	۴/۵	۶/۳	۹/۵	۱۵/۹	۲۱/۱	۲۷	۲۸/۲	۲۷/۹	۳۵/۵	۱۶/۸
سنگان	۲۱/۵	۱۴/۹	۸/۸	۶/۵	۶/۹	۱۱/۵	۱۷/۹	۲۴/۱	۲۷/۹	۳۱/۱	۳۰/۸	۲۷/۴	۱۹/۱
ارتفاع	۱۵	۱۰/۵	۵/۹	۳/۸	۵/۲	۷/۹	۱۳/۲	۱۷/۶	۲۲/۵	۲۳/۵	۲۳/۳	۱۹/۶	۱۴
دشت	۱۸	۱۲/۵	۷/۴	۵/۴	۵/۸	۹/۶	۱۵	۲۰/۲	۲۳/۳	۲۶/۱	۲۵/۷	۲۳	۱۶

۳-۴-۱-۳- تبخیر

میزان تبخیر در ارتفاعات خواف به‌طور سالانه در حدود ۳۰۵۸ میلی‌متر و در دشت به میزان ۳۹۴۷ میلی‌متر برآورده شده است. تغییرات میزان تبخیر در ارتفاعات و دشت این محدوده در جدول ۳-۵ آورده شده است. همچنین طبق جدول میانگین ۲۰ ساله (جدول ۳-۶) بیشترین میزان تبخیر در تیرماه و کمترین میزان تبخیر در بهمن ماه رخ داده است.

جدول ۳-۵: میانگین تبخیر ماهانه از سطح دشت و ارتفاعات در منطقه مورد مطالعه (بر حسب میلیمتر)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
ارتفاعات	۲۴۹/۲	۱۴۵/۱	۷۹	۵۶/۴	۶۵/۲	۱۰۴/۷	۱۸۱/۹	۲۹۵/۱	۴۳۰/۶	۵۵۰/۴	۵۰۴/۵	۳۹۵/۷	۳۰۵۷/۷
دشت	۲۸۸/۶	۱۳۶/۵	۷۱/۵	۴۸/۱	۶۰/۹	۱۱۶	۲۱۴/۹	۳۸۹/۲	۵۷۸/۵	۷۴۸/۵	۷۳۰/۵	۵۶۳/۴	۳۹۴۶/۷

جدول ۳-۶: میانگین پارامترهای اصلی آب و هوایی طی یک دوره ۲۰ ساله در منطقه (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴)

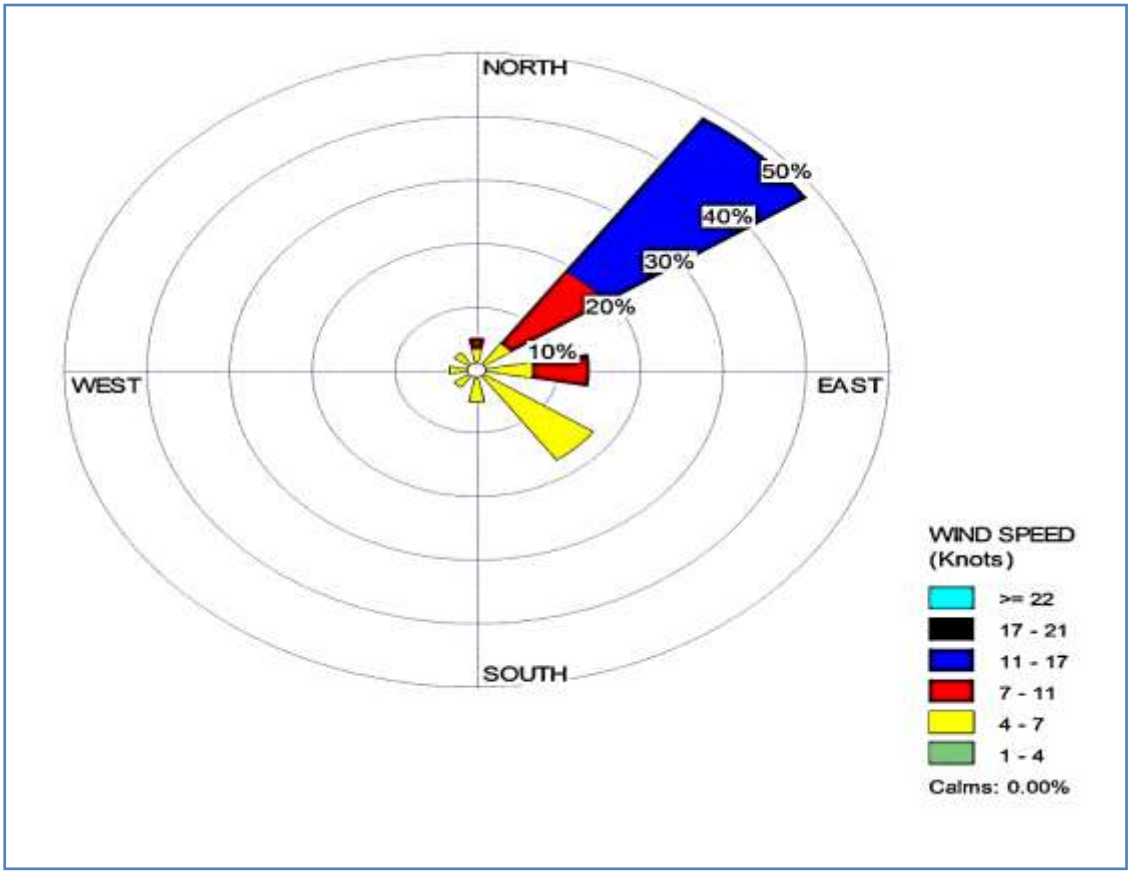
ماه	مجموع تبخیر (mm)	متوسط سرعت باد (km/h)	متوسط بارندگی (mm)	متوسط نم نسبی (٪)	متوسط دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	متوسط دمای حداقل (سانتی‌گراد)	متوسط دمای ماهیانه (سانتی‌گراد)	حداقل مطلق درجه سانتی‌گراد	حداکثر مطلق درجه سانتی‌گراد
فروردین	۱۹۷/۸	۱۴/۹	۲۳/۳	۴۲/۸	۱۹/۷	۹/۹	۱۴/۸	-۳/۵	۳۴
اردیبهشت	۳۴۶/۲	۲۰/۸	۹	۳۴/۴	۲۵/۷	۱۵/۹	۲۰/۸	۱	۳۶
خرداد	۶۰۲	۲۵/۵	۰/۹	۲۴/۶	۳۰	۲۰/۶	۲۵/۳	۱۰	۴۱/۵
تیر	۷۷۶/۳	۳۲/۳	۰/۰	۲۴/۱	۳۱/۹	۲۳/۷	۲۷/۸	۱۴	۴۲/۵
مرداد	۷۶۵	۳۲	۰/۰	۲۱	۳۲	۲۳	۲۷	۱۲	۴۰/۵
شهریور	۶۲۳/۹	۲۸/۲	۰/۰	۲۳	۲۸/۴	۱۹/۹	۲۴/۱	۸/۵	۳۹/۵
مهر	۳۴۴/۵	۱۹/۴	۰/۹	۲۹/۳	۲۳/۷	۱۴/۴	۱۹/۱	-۱	۳۵
آبان	۱۶۷	۱۲	۵	۴۰	۱۸	۹	۱۴	-۷	۳۲
آذر	۷۷/۷	۹/۷	۱۴	۵۰/۹	۱۰/۹	۳/۵	۷/۲	-۱۱	۲۲
دی	۶۰/۴	۹/۶	۱۸//۷	۵۶/۵	۷/۸	۰/۷	۴/۳	-۲۱/۵	۱۸/۵
بهمن	۶۰/۲	۱۱	۲۵/۶	۵۶	۸/۵	۱/۲	۴/۹	-۱۵	۲۱
اسفند	۱۰۴/۹	۱۲/۴	۳۳/۸	۵۱	۱۲/۸	۴/۷	۸/۷	-۹	۳۱

۳-۴-۱-۴- رطوبت

اندازه گیری میزان رطوبت نسبی در منطقه مورد مطالعه طی یک دوره بیست ساله نشان می‌دهد که بیشترین میزان این پارامتر در ماه دی و به میزان متوسط ۵۶/۵ درصد و حداقل آن در مرداد ماه به میزان ۲۱ درصد است (جدول ۳-۶).

۳-۴-۱-۵- باد

در این مطالعه با توجه به وجود ایستگاه سینوپتیک در نزدیکی محدوده مورد مطالعه از آمار و نتایج کارشناس آمار ایستگاه سینوپتیک استفاده شد. با توجه به آمار این ایستگاه سینوپتیک، سرعت متوسط باد در این ایستگاه ۵/۲ متر بر ثانیه و باد غالب سالانه از جهت شمال شرقی به جنوب غربی است.

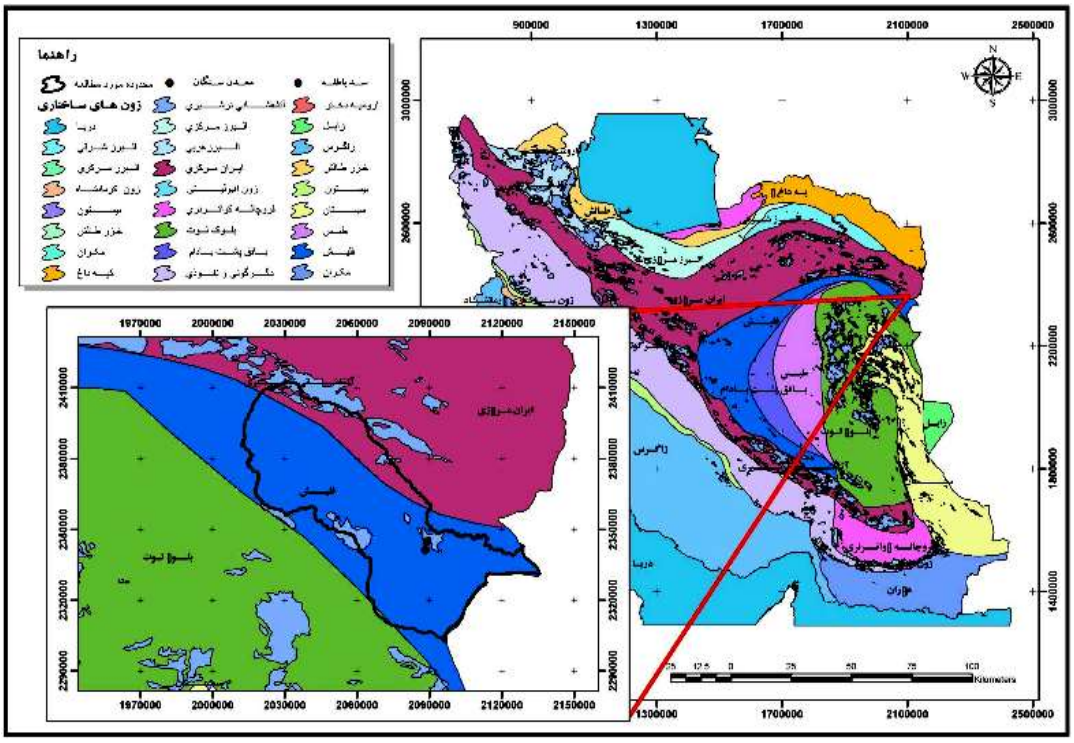


شکل ۳-۲: گل‌باد منطقه سنگان

گلباد منطقه با استفاده از این داده‌ها و بوسیله نرم‌افزار *WRPLOT View* رسم گردید (شکل۳-۲). باد اصلی این ناحیه هرات نام دارد که از رشته کوه هندوکش در شمال و شمال غربی افغانستان شروع شده و جهت آن از شمال شرق به جنوب و جنوب غربی است. وزش این باد از نیمه بهار تا سرتاسر تابستان ثابت می‌باشد. میانگین سرعت باد روزانه در حدود ۵۰ کیلومتر در ساعت است (معدن کاو، ۱۳۸۹).

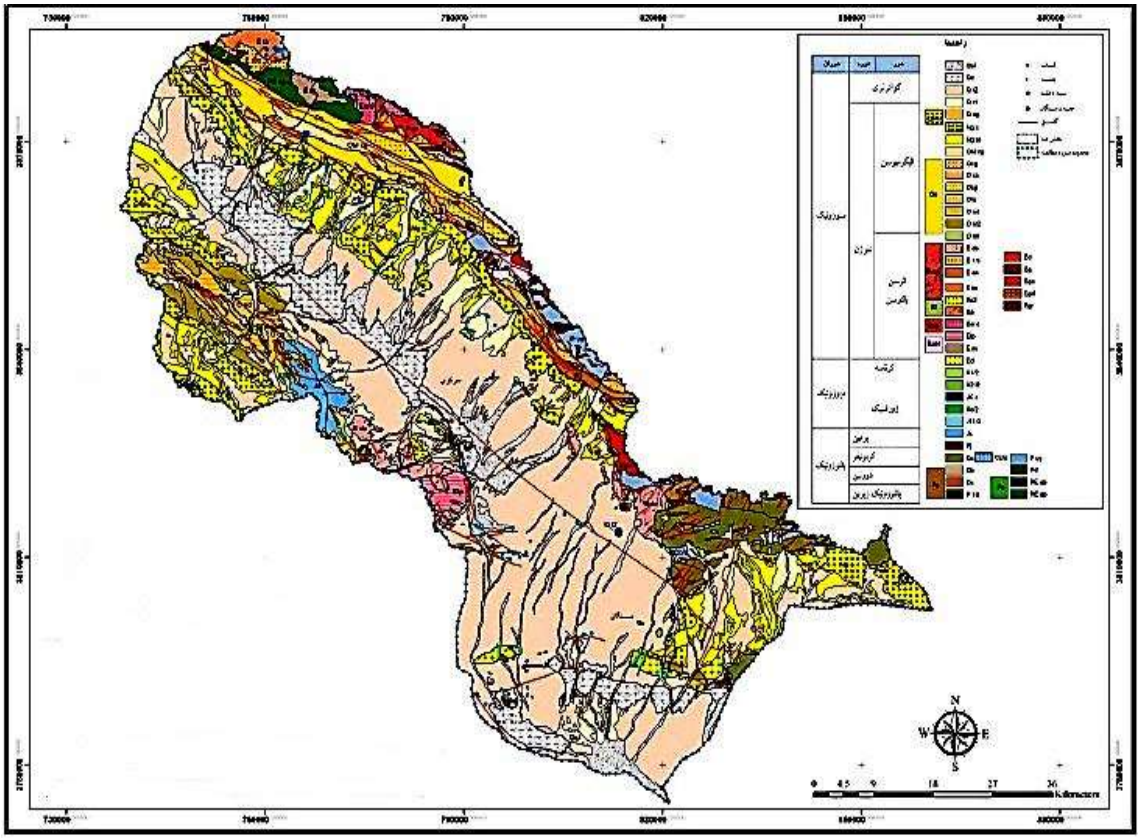
۳-۴-۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

طبق تقسیم بندی اشتوکلین (*Stocklin, 1968*) منطقه خواف جزء ایران مرکزی است. مشاهدات صحرایی نیز نشان می‌دهد که این منطقه شباهت زیادی به ایران مرکزی داشته و از قدیمی‌ترین واحدهای سنگی تا نهشته‌های کواترنر در آن وجود دارد. از لحاظ تکتونیکی نیز عملکرد گسل‌ها عموماً مشابه وضعیت ایران مرکزی و سبب ایجاد هورست و گرابنهای متعدد در این منطقه شده است. همچنین محدوده مورد مطالعه که در نواحی شرق حوضه آبریز خواف واقع شده است، از نظر تقسیم بندی زونهای ساختاری-رسوبی ایران (شکل ۳-۳) در زون زمین ساختی فلیش، ایران مرکزی و شمال شرق زیر پهنه لوت قرارگرفته است. به همین دلیل تشکیلات سنگی موجود در این ناحیه از واحدهای زمین شناسی زون فلیش و مخلوط درهم شرق ایران تشکیل شده است (افتخار نژاد، ۱۳۵۹).



شکل ۳-۳: نقشه پهنه بندی ساختاری-رسوبی منطقه خواف

با توجه به اینکه محدوده مطالعاتی در بخش شمال خاوری بلوک لوت جای می‌گیرد، لذا تحولات ساختاری آن نیز بایستی متاثر از تحولات ساختاری بلوک لوت باشد. ماگماتیسم ترشیر گسترده (فعالیتهای آتشفشانی و نفوذی) همراه با برونزد گسترده سنگهای دگرگونی ناحیه‌ای از ویژگیهای این منطقه است. همچنین جنوب شرق و غرب منطقه بوسیله نهشته های کواترنری پوشیده شده است (گل‌محمدی، ۱۳۹۳). از نظر رخنمون سازندها، قدیمی‌ترین سازند مربوط به دگرگونیهای پرکامبرین است که به‌طور محدود در بخشهای شمالی منطقه رخنمون دارد (شکل ۳-۴). می‌توان گفت گسترده-ترین سازندها مربوط به ژوراسیک-کرتاسه، سنگهای آتشفشانی و پلوتونیکی با سن ترشیری، واحدهای رسوبی کنگلومرایی نئوژن و آبرفتهای کواترنر است (*Terent, 1990*).



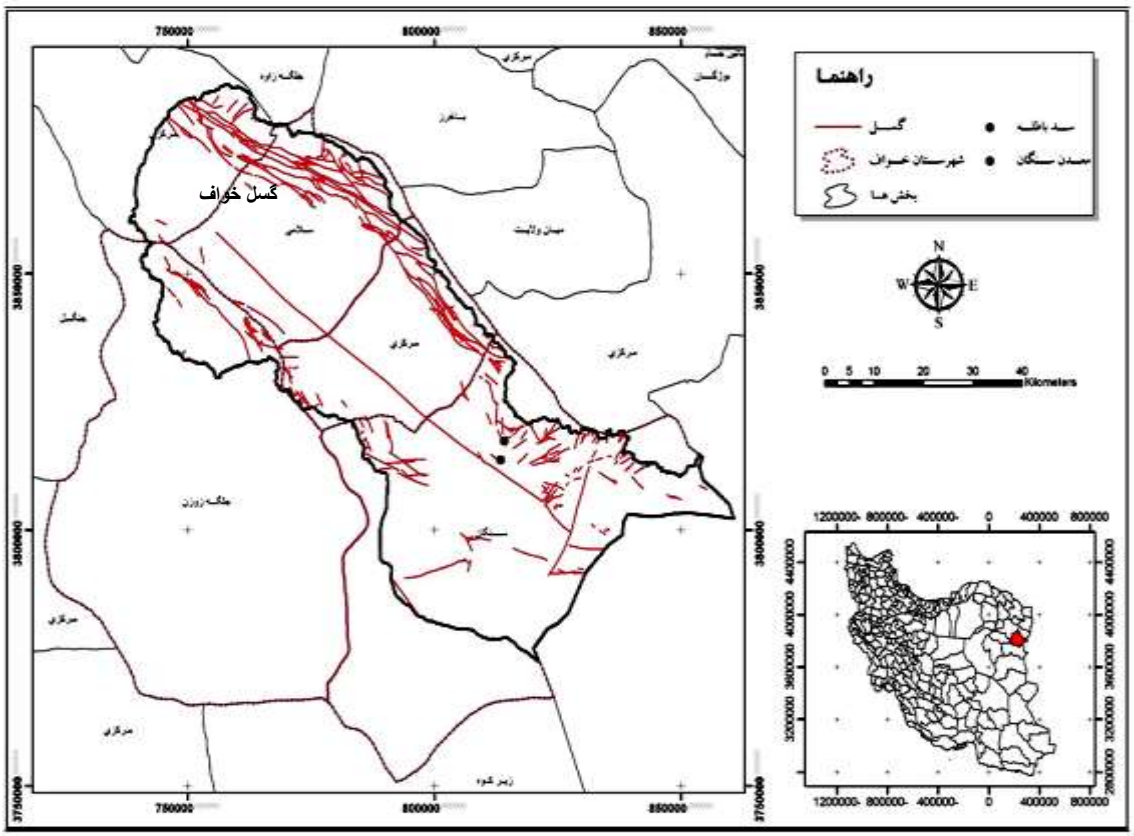
شکل۳-۴: نقشه زمین شناسی منطقه خواف

در اطراف معدن سنگهای توف آندزیتی، مونزونیت، مونزونیت آمفیبول‌دار، مونزونیت پیروکسن‌دار، سینیت و گرانیت همراه با سنگهای دگرگونی هورنفلس و مرمر و سنگهای رسوبی شامل :آهک، ماسه سنگ، کنگلومرا، سیلستون و شیل رخنمون دارد.

۳-۴-۳- تکتونیک منطقه

بر اساس اطلاعات موجود از حدود ۵ میلیون سال پیش و همچنین در حال حاضر، تکتونیک فعال منطقه، بر شکل‌گیری و ویژگیهای مورفوتکتونیکی پهنه شرق و غربی تربت حیدریه تاثیر زیادی گذاشته است. شهرستان خواف در محدوده جنوب شرقی گسل درونه قرار گرفته است و انشعابی از آن به نام گسل خواف پس از عبور از منطقه گوریاب سنگان تا مرز افغانستان ادامه دارد (شکل ۳-۵).

معدن سنگان با توجه به کانی سازی آن، از نوع سنگ آهن اسکارنی می‌باشد که قسمتی از روند شرق به غرب رشته کوه طالب را تشکیل می‌دهد (گل‌محمدی، ۱۳۹۳).



شکل۳-۵: نقشه گسلهای منطقه در محدوده خواف

مورفولوژی و پستی بلندیهای ناحیه ناشی از عملکرد مراحل پایانی کوهزایی آلپین است، اما ساختارهای اصلی و روندهای عمومی رشته کوهها عمدتاً حاصل رویدادهای تکتونیکی قدیمی‌تر است. همبری ناپیوستگی‌هایی که در شمال غربی کوه سرنوسر بین سنگهای شدید چین خورده با سن پرکامبرین و سنگهای کربناته (دولومیت سلطانیه با سن پروتروزوئیک فوقانی) دیده می‌شود، به فاز کوهزایی آسنتیک مربوط می‌شود (*Terent, 1990*). ترنت (*1990*)، معتقد است که فاز کوهزایی هرسینین در زمان کربونیفر بین یکه کوه و بلوک جنوبی باعث ایجاد یک ناپیوستگی تکتونیکی شده است. فعالیت فاز کوهزایی کیمیرین زیرین دردگرگونی ناحیه‌ای بعد از پرمین و قبل از ژوراسیک میانی که در سازند پشته کوه طالب و سازندهای پالئوزوئیک وجود دارد، قابل مشاهده است. یک

ناپیوستگی بزرگ در مرز پالئوزوییک و مزوزوئیک در محدوده معدن سنگان وجود دارد که نشانه خوبی بر عملکرد کوهزایی کیمیرین تحتانی در این منطقه است. سازند شمشک که در محدوده معدن رخنمون دارد نشان دهنده تغییر رژیم رسوب گذاری است که مربوط به فاز کوهزایی کیمیرین زیرین است. چین خوردگی این سازند در اثر فاز کوهزایی کیمیرین بالایی است. افتخارنژاد (۱۳۵۹)، معتقد است که روند گسلها و ساختمانهای قبل از نئوژن عمدتاً شمال غرب به غرب و جنوب شرق به شرق و تعداد اندکی از آنها روند شمال شرق- جنوب غربی دارند. مرز بین سنگهای پیروکلاستیک با سن ائوسن و کربناتهای مزوزوئیک توسط یک گسل بزرگ مشخص می‌شود. علاوه بر این گسل، گسلهای دیگری با روند شمالی-جنوبی نیز در منطقه وجود دارند که دایکهای فلسیک غالباً موازی با آنان هستند.

۳-۴-۳-۱- لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت منطقه مورد مطالعه

در محدوده شعاع ۱۰۰ کیلومتری منطقه، ۲۳ گسل بزرگ شناسایی شده که همه این گسلها دارای پتانسیل لرزه خیزی هستند. از بین این گسلها سه گسل معکوس خواف، بهدادان و درونه دارای پتانسیل ایجاد زمین لرزه با بزرگی ۷/۰ تا ۷/۴ *MS* می‌باشند. همانطور که در جدول ۳-۷ مشاهده می‌شود، گسل خواف در این منطقه، قادر است زلزله‌ای با شدت ۹/۲ درجه در مقیاس مرکالی ایجاد کند که حرکات شدیدی افقی و عمودی زمین را در پی خواهد داشت (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴).

جدول ۳-۷: مشخصات گسلهای عمده منطقه (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴)

نام گسل	طول گسل (km)	بزرگی (MS)	شدت در مرکز زلزله (مرکالی)	فاصله از منطقه (km)	شدت زلزله درمنطقه (مرکالی)
خواف	۹۰	۷/۰	۹/۲	۰	۹/۲
بهدادان	۹۰	۷/۰	۹/۲	۱۵	۹/۰
درونه	۶۰۰	۷/۴	۹/۷	۳۰	۸/۵

شایان ذکر است که بیش از ۲۱ زمین لرزه بزرگتر از ۵ MS در طی یکصد سال اخیر در این منطقه (شعاع صد کیلومتری خواف) رخ داده است. به‌طور مثال در سال ۱۳۴۷ زلزله‌ای با بزرگی ۷/۲ در شعاع ۱۲۰ کیلومتری منطقه روی داد. شدت این زلزله در محل معادن کمتر از ۷ و شتاب تخمینی آن کمتر از ۰/۸ گزارش شد که گسل این زلزله (گسل دشت بیاض) تا محل معادن درحدود ۷۰ کیلومتر فاصله دارد. همچنین زمین لرزه‌ای با بزرگی ۷/۳ درجه در مقیاس ریشتر در۳۰ مهر ۱۳۶۶ در فاصله ۶۰ کیلومتری منطقه است که تا محدوده ۳۰ کیلومتری سطح زمین شکاف ایجاد کرده است. ولی مهمترین پدیده‌ای که در منطقه مورد نظر گزارش شده است در ۳۰ مهر سال ۷۱۵ هجری شمسی اتفاق افتاده است، که در آن زمین لرزه فاجعه باری در منطقه خواف روی داد که در آن زمان شهر جرد به تمامی ویران شد و در روستاهای میان جرد و زوزن حدود ۳۰۰۰۰ تن جان خود را از دست دادند. این زمین لرزه با بزرگای ۷/۳ بزرگترین زمین لرزه این گستره بوده است (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۹۱).

۳-۴-۴- مورفولوژی منطقه مورد مطالعه

معدن آهن سنگان در یک ناحیه کوهستانی واقع شده است و حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۰۰ متر و حداقل ۱۳۰۰ متر است. برجستگی عمده آن رشته کوه بلندی است که از شمال غرب به جنوب شرق کشیده شده است. عرض این رشته کوه حدود ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر و ارتفاع آن از شمال شرق به جنوب شرق کاهش می‌یابد. کوه طالب که عمده‌ترین کانسنگ آهن را در برمی‌گیرد، دارای ارتفاع ۱۷۱۲ متر است. دشت خواف پست‌ترین قسمت منطقه است که در غرب و جنوب غربی آن واقع گردیده است. درصد گسترش کوه و دشت در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول ۳-۸: درصد گسترش کوه و دشت در محدوده خواف

مورفولوژی	درصد	محیط	مساحت
ارتفاعات	۵۹/۶۱	۷۲۱/۹۱	۳۰۷۰/۷۹
دشت	۴۰/۳۹	۴۲۴/۵۳	۲۰۸۰/۴۱

۳-۴-۴-۱- کوهستان

کوهستانهای منطقه شامل ارتفاعات شمال، مرکز و جنوب غربی است که همگی دارای جهت شمال غرب-جنوب شرق هستند. این ارتفاعات جزء ارتفاعات خراسان به حساب آمده که از طرف شمال به کوه‌های باخزر و چهل تن تربت حیدریه و از طرف شرق به مرز افغانستان منتهی می‌شوند. ارتفاعات شمالی منطقه مانند دیواری عظیم منطقه خواف را از تایباد جدا نموده است. ارتفاعات فوق در منتهی الیه شمال غربی خود دارای ارتفاع و عرض بیشتری هستند. بلندترین نقطه این رشته کوه، کوه توران نام دارد. رشته مرکزی برخلاف رشته شمالی در بخش شمال غربی دارای ارتفاع کمتری است و در بخش‌های مرکزی مرتفع‌تر شده، مجدداً به طرف شرق از ارتفاع آن کاسته می‌شود و در نزدیکی نشتیفان از بین رفته و به سرزمینی هموار تبدیل می‌گردد. مهمترین قلل این رشته کوه از شمال غرب به جنوب شرق شامل کوه نامج، گرماب، نهور و سینا است. ارتفاعات جنوب غربی هم به تبع رشته‌های شمالی و مرکزی دارای جهت شمال غربی- جنوب شرقی هستند. البته طول این رشته کوه نسبت به رشته کوه مرکزی بیشتر است. این رشته کوه از نزدیکی باغ بخشی شروع شده و تا نزدیکی قلعه سرخ در جنوب شهرستان خواف امتداد می‌یابد. مهمترین قله این رشته کوه، کوه شاه نشین است. علاوه بر آن قلل مهم دیگری نظیر خیبر کوه بزرگ، خیبر کوه کوچک و نی بند نیز در این منطقه وجود دارند.

۳-۴-۴-۲- دشت

بیش از ۵۰٪ سطح شهرستان خواف دشت است. دشت خواف و سنگان از دشتهای مهم این شهرستان به حساب می‌آیند. این دشتها از طرف غرب به دشت رشتخوار-تربت حیدریه و از طرف شرق به مرز افغانستان محدود هستند. شهر خواف در این دشت واقع شده است.

دشت خواف با روند شمال غرب-جنوب شرق با طول متوسط ۳۰ کیلومتر و عرض متوسط ۱۵ کیلومتر در بین ارتفاعات شمال شرق و جنوب غرب محصور است. به‌طورکلی ارتفاع متوسط در نواحی کوهستانی، نیمه کوهستانی و دشت به ترتیب ۱۷۰۰، ۱۳۰۰، ۱۰۵۰ متر است.

دشت سنگان از طرف شمال به رشته کوه شمالی منطقه خواف و از جنوب به شمال شهرستان قاین، از شرق به افغانستان و از غرب به دشتهای خواف، زوزن و قاسم آباد محدود است. بلندترین نقطه دشت در شمال دشت، کوه طالب با ارتفاع ۱۶۵۰ متر و پایین‌ترین نقطه دشت در پل سیاه در محل خروجی دشت ۶۵۰ متر است. جهت شیب این دشت شمالی-جنوبی است.

۳-۴-۴-۳- تپه ماهورها

تپه ماهورها در فاصله بین ارتفاعات در داخل دشتها بخصوص در بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی شهرستان خواف (که مرز شمالی شهرستان قاین را تشکیل می‌دهد) مشاهده می‌شوند. در بخش غربی و همچنین در کویر نمک سبزگزی هم تپه ماهورها به طور وسیعی وجود دارند.

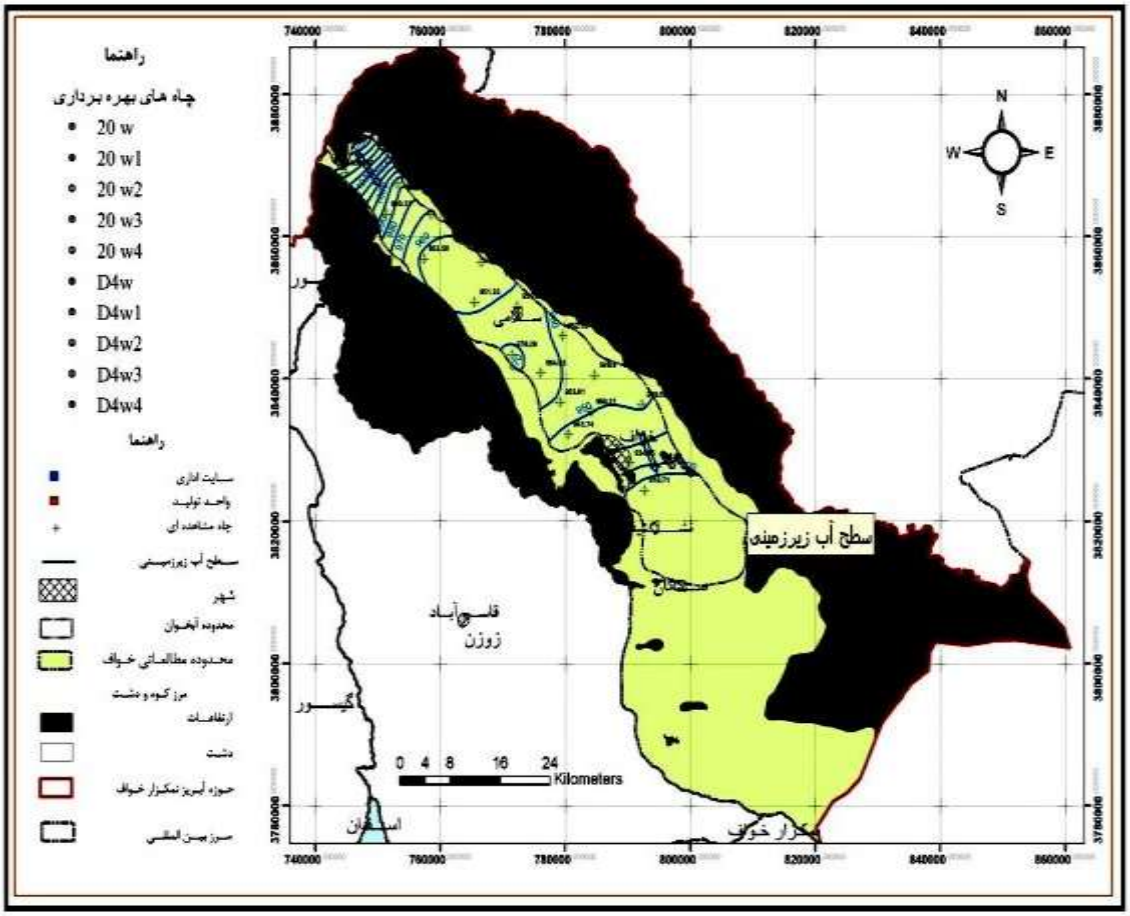
۳-۴-۵- هیدروژئولوژی

بررسی کیفیت آب زیرزمینی علاوه بر اهمیت ویژه‌ای که برای تعیین نوع کیفیت آب جهت مصارف گوناگون دارد، در جهت شناخت برخی از مسائل هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی نیز اهمیت دارد. کیفیت هیدروشیمیایی آب زیرزمینی بسته به نوع و جنس سازندهای پیرامون دشت (منابع تغذیه

کننده) و آبرفت، متفاوت است. غلظت املاح در آب باران بسیار اندک است ولی در هنگام نفوذ و عبور از لایه‌های مختلف افزایش می‌یابد. جنس واحدهای مختلف زمین‌شناسی و مدت زمان ماندگاری، دو پارامتر اصلی کنترل کننده غلظت املاح در آب زیرزمینی هستند. به همین جهت کیفیت آب زیرزمینی به‌طور معمول در مخروط افکنه‌های حاشیه ارتفاعات که محل تغذیه آبخوان است بهتر می-باشد و در جهت حرکت جریان آب زیرزمینی از کیفیت آن کاسته می‌شود.

به‌طورکلی عوامل متعددی در فراوانی و تغییرات غلظت یونها در منابع آبهای سطحی و زیرزمینی مؤثر می‌باشند که از جمله آن همه می‌توان به ویژگیهای زمین‌شناسی، فرآیند هوازدگی، شرایط هیدروژئولوژیکی، اختلاط آبها، شرایط جوی و تبخیر در منطقه اشاره کرد. بررسی آبهای زیرزمینی دشت خواف نشان داده است که به‌طورکلی در جهت جریان آب زیرزمینی یعنی از سمت شمال غربی (منطقه تغذیه) به جنوب شرقی (منطقه تخلیه) حوضه به‌تدریج از کیفیت آب زیرزمینی کاسته می-شود (پژوهاب شرق، ۱۳۹۴).

میزان بهره‌برداری سالانه از آبهای زیرزمینی محدوده مطالعاتی خواف حدود ۱۶۸/۶۱ میلیون مترمکعب است. از این میزان حدود ۱۴۷/۲ میلیون مترمکعب از طریق چاههای بهره‌برداری برداشت می‌شود. مجموع آب برداشتی از بخش آبرفتی برابر با ۱۴۸/۱ میلیون مترمکعب است (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۸۹). عمق سطح آب زیرزمینی در محدوده شهرستان خواف و مکان چاه‌های بهره‌برداری در شکل ۳-۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۶: عمق سطح آب زیرزمینی در محدوده خواف

با توجه به شرایط منطقه‌ای و اقلیمی حوزه آبریز، هرگونه فعالیت اجتماعی و اقتصادی در سطح منطقه اتکاء شدیدی به آب زیرزمینی و بهره برداری از آن ایجاد کرده است. شرایط خشک آب و هوایی حاکم بر حوزه آبریز خواف مانع توسعه جنگل و مرتع شده است. بنابراین از یک طرف شکننده بودن پوشش گیاهی منطقه و از طرفی دیگر بهره‌برداری‌های غیر اصولی از چاهها، باعث شده است تا پدیده بیابان زایی تشدید گردد.

فصل چهارم

تهیه لایه‌های اطلاعاتی

و

مکان‌یابی سد باطله

۴-۱- مقدمه

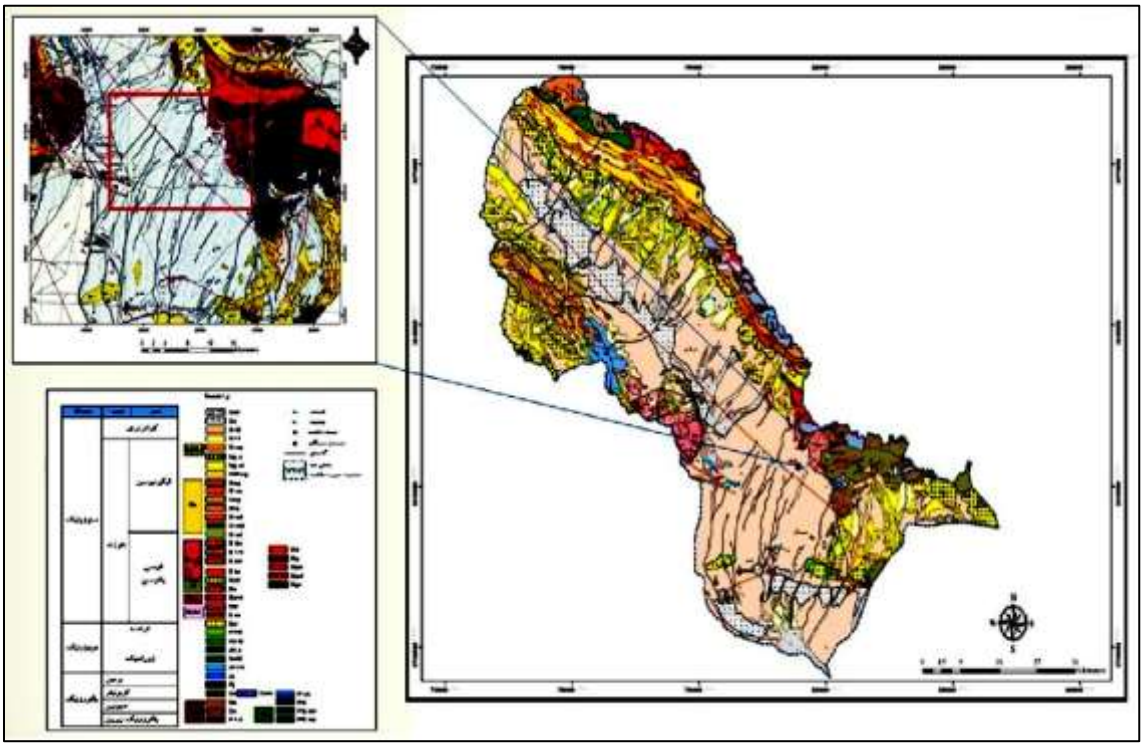
تاکنون بشر نتوانسته است مواد باطله را در این حجم زیاد بدون اثر سازد و از طرفی استفاده ثانویه از این پسماندها معدنی و صنعتی نیز راه بجایی نبرده است. تغییرات شیمیایی و فیزیکی در این مواد باطله نیز کمکی به حل معضل آلودگی محیط زیست ننموده است. لذا تنها راه چاره در حال حاضر، محدود کردن تماس این مواد با محیط اطراف است. از این رو ساخت مخازنی که بتواند این مواد آلاینده را در خود جای داده، مورد توجه همگان قرار گرفته است. ایجاد این مخازن سطحی از طریق احداث سدهای مخزنی امکان‌پذیر می‌باشد که عنوان سدهای ذخیره باطله را بخود گرفته است.

۴-۲- کلیات

به‌منظور مکان‌یابی اولیه محل سد باطله طرحهای توسعه مجتمع سنگ آهن سنگان و به‌دلیل محدودیت مکانی جهت احداث تاسیسات و ابنیه معدنی، منطقه‌ای به ابعاد ۱۵ در ۲۵ کیلومتر در ضلع جنوب‌غربی معادن، مابین عرضهای جغرافیایی ۳۸۲۱۰۰۰-۳۸۰۶۰۰۰ و طولهای جغرافیایی ۲۶۹۰۰۰-۲۴۴۰۰۰ به محوریت محل طرحهای توسعه در نظر گرفته شد که این مکان در محدوده بین شهر سنگان و معادن اصلی سنگ آهن قرار دارد (شکل ۵-۱). در این فصل به مکان‌یابی سد ذخیره باطله به‌وسیله لایه‌های اطلاعاتی در محدوده مورد نظر پرداخته شده است.

در پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه از کارشناسان متعددی جهت نظرسنجی وزن‌دهی (فرم نظرسنجی) و طبقه‌بندی فواصل (با توجه به محدودیت مکانی و شرایط منطقه) معیارها مانند مکان چاهها و قنوات، عمق و کیفیت آبهای زیرزمینی، نقشه‌های زمین شناسی، توپوگرافی و غیره استفاده شد. برای مکان‌یابی سد باطله از نظر اینکه بتوان بهترین نقطه ممکن با کمترین آسیب به محیط زیست را یافت، ابتدا باید لایه‌های اطلاعاتی معیارها را بوسیله نرم‌افزار *Arc GIS* طبقه‌بندی کرد. پس

از وزن دهی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از روش *AHP* و نرم افزار *Expert choice*، نقشه‌ها و لایه-های اطلاعاتی بدست آمده همپوشانی شد و در نهایت پهنه بندی منطقه انجام گردید.



شکل ۴-۱: محدوده تعیین شده جهت مکان‌یابی سد باطله

۴-۳- طبقه بندی لایه‌های اطلاعاتی

در این مطالعه ۱۸ معیار موثر و ۵ زیرمعیار برای هر کدام، جهت مکان‌یابی محل سد شامل چاهها (چاه، چشمه، قنات)، گسل اصلی و فرعی، عمق آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی *(TDS)*، سنگ شناسی، کاربری اراضی، آبراهه‌های اصلی و فرعی، مناطق مسکونی و کشاورزی، شیب، مناطق طرح-های توسعه، ریخت شناسی، جهت باد، خط آهن، جاده اصلی و فرعی در نظر گرفته شد. در ادامه به هر یک از این معیارها و زیرمعیارها اشاره می‌شود.

۴-۳-۱- فاصله از گسل اصلی و فرعی

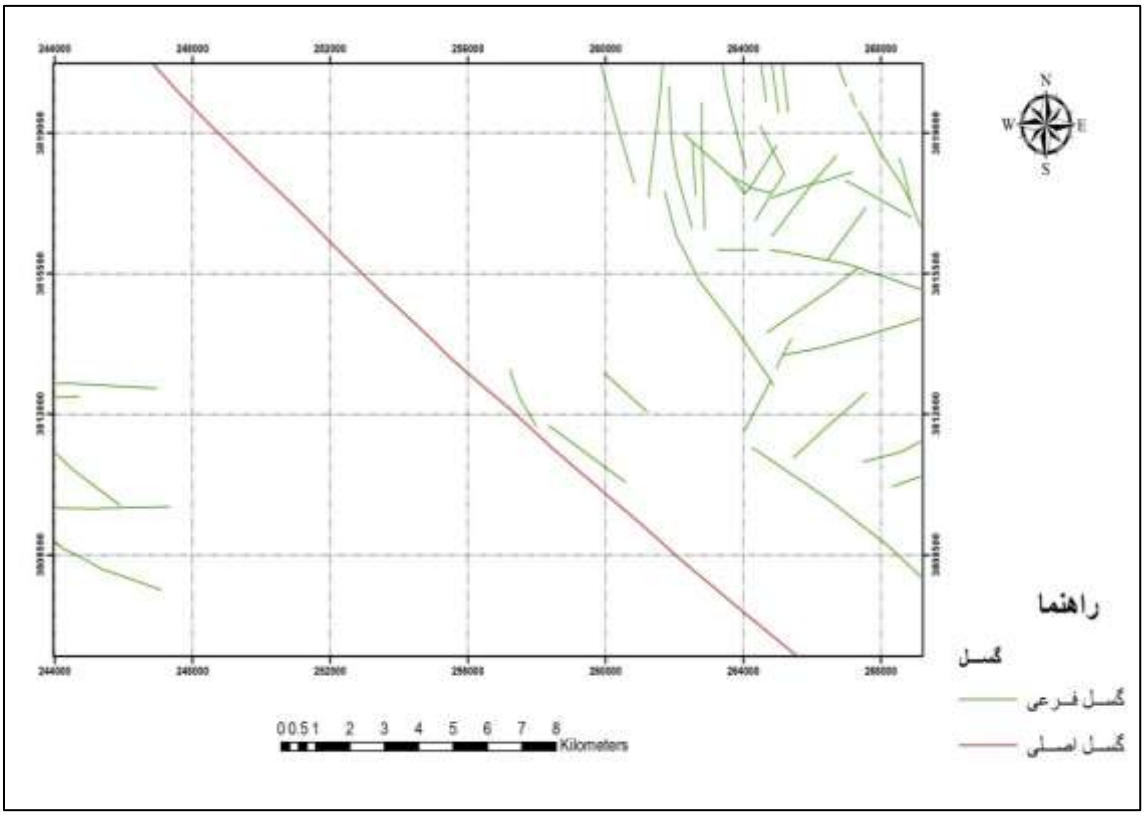
به منظور تهیه نقشه رقومی و ورود لایه اطلاعاتی گسلهای منطقه (بدلیل عدم وجود نقشه بزرگ مقیاس‌تر) از نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تایباد استفاده شد. در این منطقه تعدادی گسل فرعی و یک گسل اصلی به نام گسل خواف وجود دارد که انشعابی از گسل بزرگ درونه است (شکل ۴-۲). نحوه طبقه‌بندی گسل اصلی و فرعی در جداول ۴-۱ و ۴-۲ و نقشه امتیاز بندی در شکل ۴-۳ نشان داده شده است.

جدول ۴-۱: طبقه بندی گسل اصلی

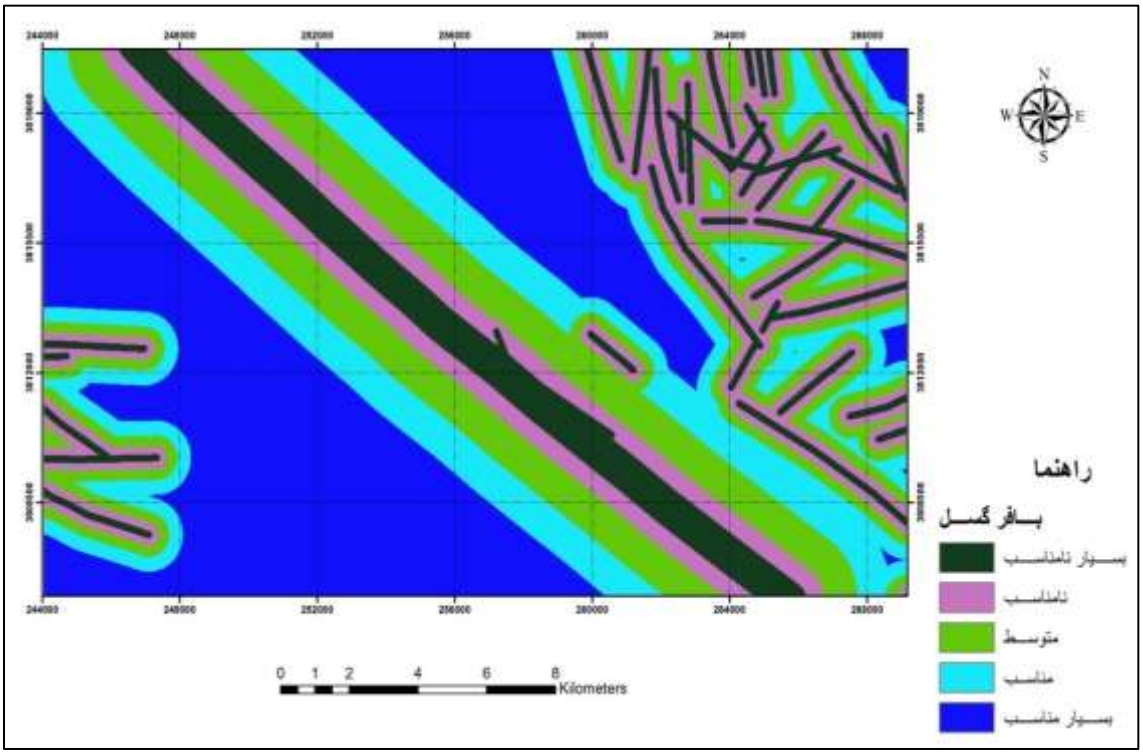
فاصله از گسل (m)	رده	توصیف
۵۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۱۰۰۰-۵۰۰	۲	نامناسب
۲۰۰۰-۱۰۰۰	۳	متوسط
۳۰۰۰-۲۰۰۰	۴	مناسب
۳۰۰۰<	۵	بسیار مناسب

جدول ۴-۲: طبقه بندی گسل فرعی

فاصله از گسل (m)	رده	توصیف
۱۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۳۰۰-۱۰۰	۲	نامناسب
۶۰۰-۳۰۰	۳	متوسط
۱۰۰۰-۶۰۰	۴	مناسب
۱۰۰۰<	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۲: نقشه گسلهای منطقه مورد مطالعه



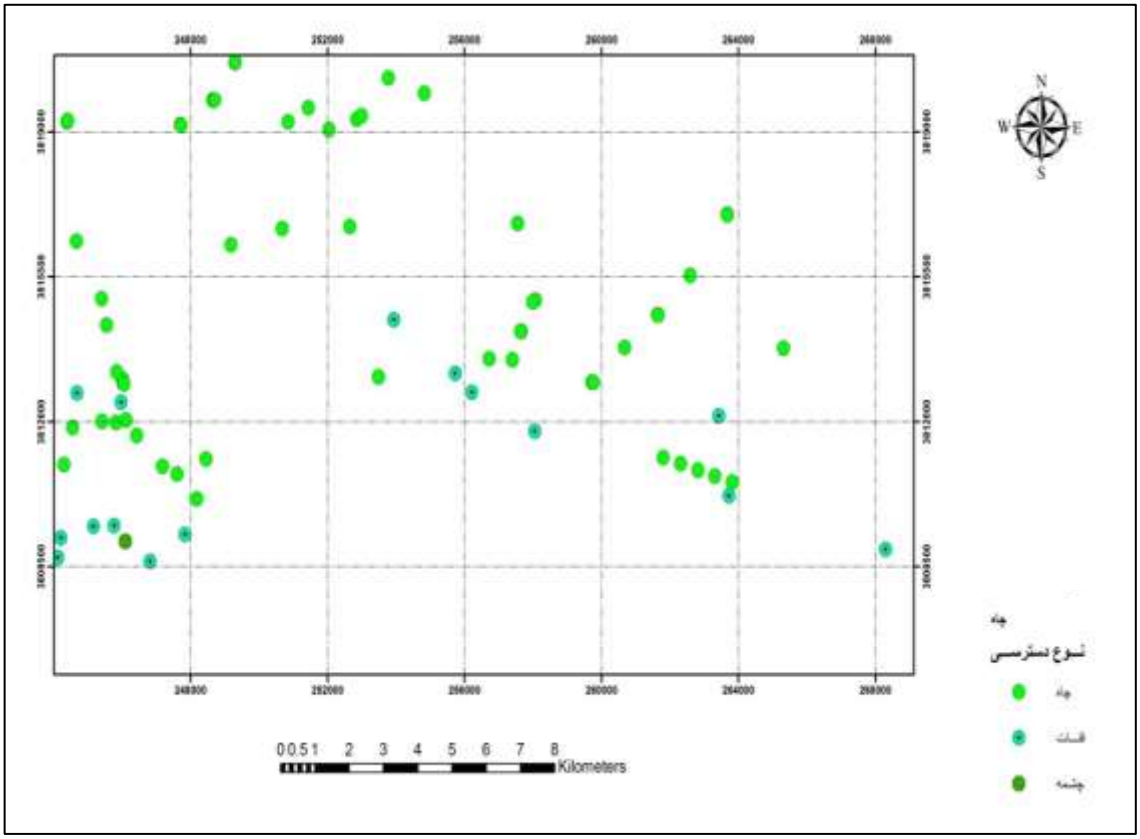
شکل ۴-۳: نقشه طبقه‌بندی فاصله از گسلها

۴-۳-۲- فاصله از چاه، قنات و چشمه

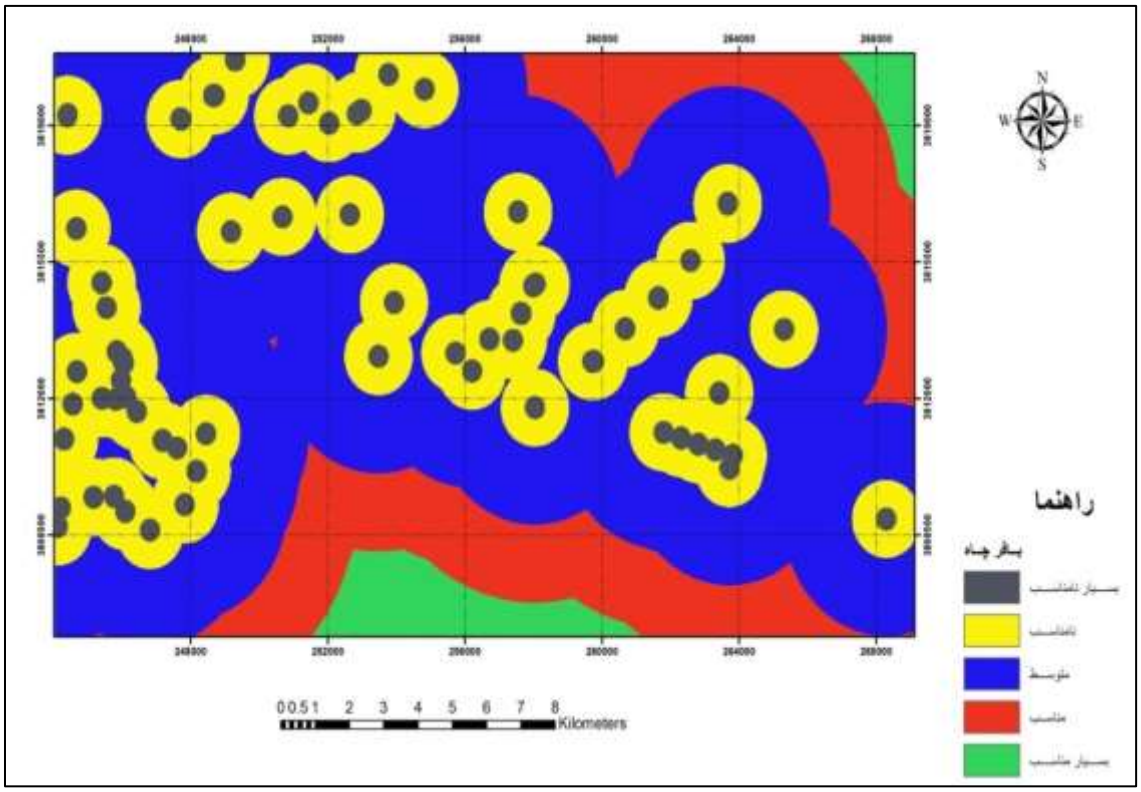
طبق گزارشهای موجود، در منطقه مورد مطالعه مطابق شکل (۴-۴) تعداد ۳۳ حلقه چاه بهره‌برداری با کاربری صنعتی، شرب و کشاورزی، ۱۵ رشته قنات و ۱ دهنه چشمه وجود دارد (آرشیو مجتمع سنگان، ۱۳۹۴). نحوه طبقه‌بندی چاهها در جدول ۴-۳ و نقشه امتیاز دهی چاهها، قنوات و چشمه‌ها در شکل ۴-۵ آورده شده است.

جدول ۴-۳: طبقه بندی چاه، چشمه، قنات

فاصله از چاه، چشمه، قنات (m)	رده	توصیف
۳۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۱۰۰۰-۳۰۰	۲	نامناسب
۳۰۰۰-۱۰۰۰	۳	متوسط
۵۰۰۰-۳۰۰۰	۴	مناسب
۵۰۰۰<	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۴: نقشه موقعیت چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها در منطقه مورد مطالعه



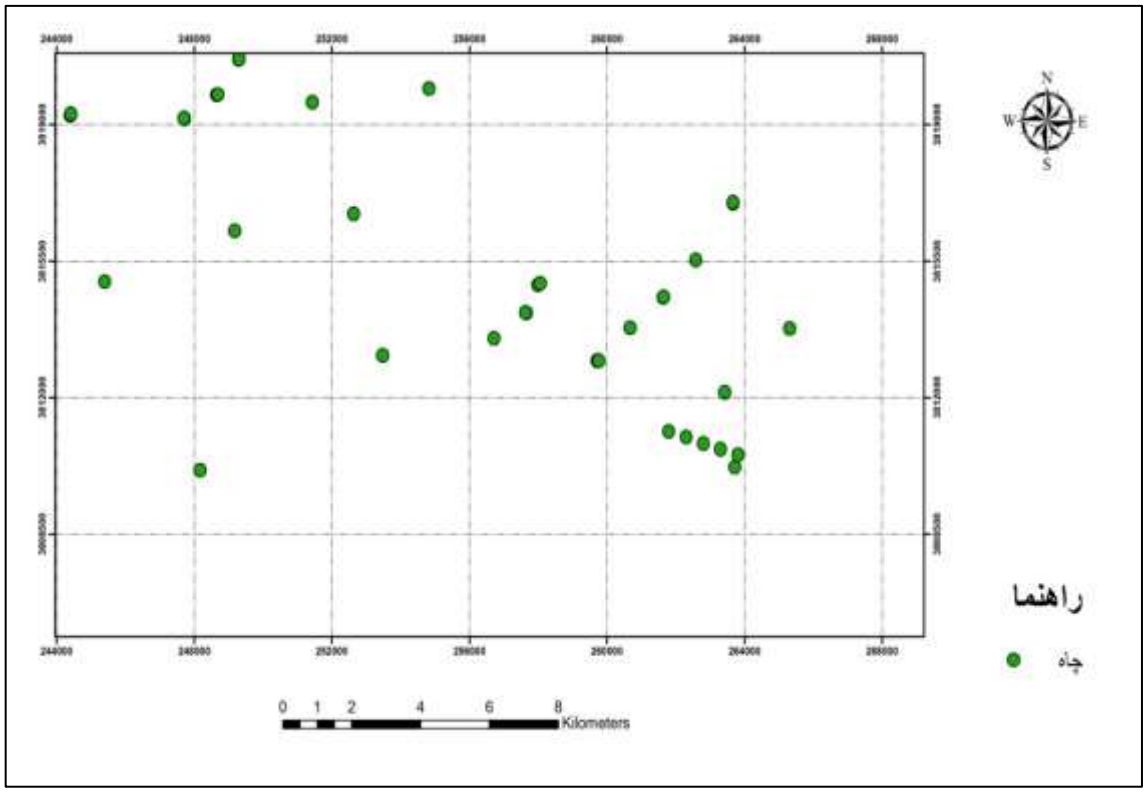
شکل ۴-۵: نقشه طبقه بندی فاصله از چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها

۴-۳-۳- عمق سطح آب زیرزمینی

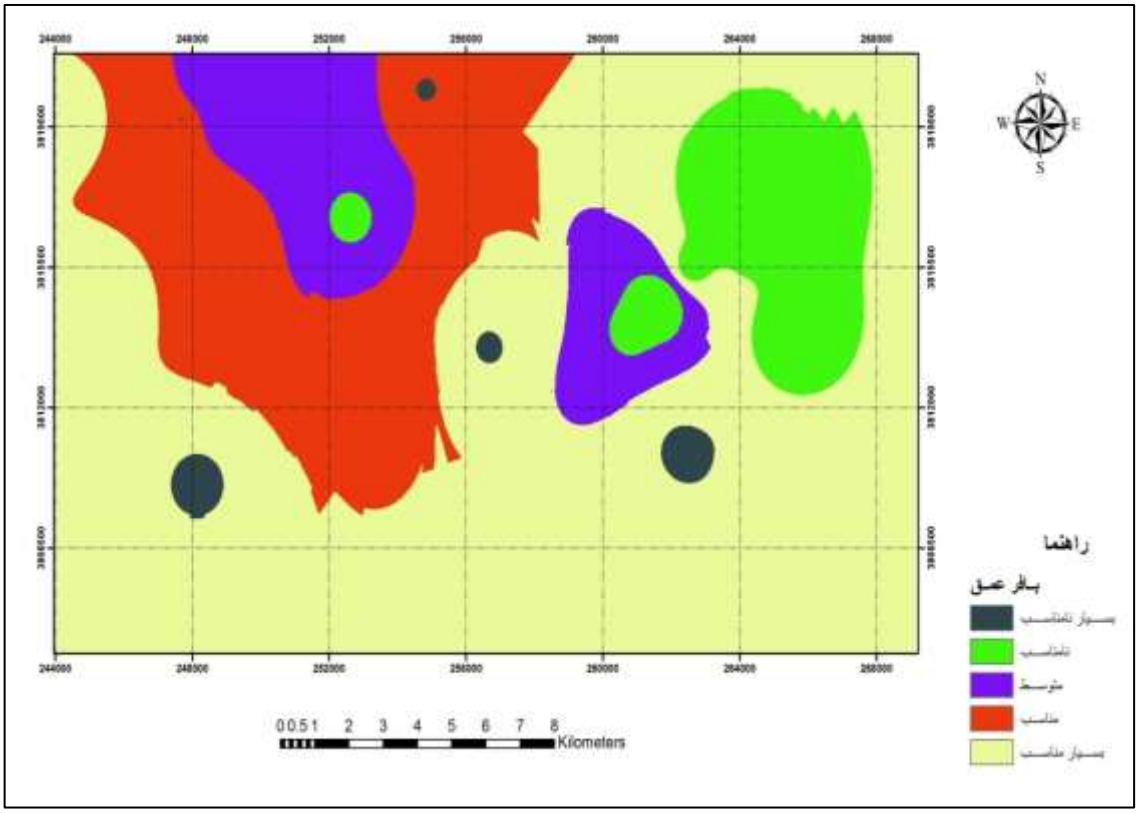
عمق آب زیرزمینی و توزیع مکانی آن یکی از پارامترهای موثر در مکان‌یابی است. برای مکان‌یابی سد باطله هر چه عمق آب بیشتر باشد، مکان مناسب‌تری است. برای این منظور از داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی در ۳۰ حلقه چاه استفاده شد (شکل ۴-۶). طبق این داده‌ها کمینه عمق سطح آب ۴ متر و بیشینه آن ۱۳۴ متر است. طبق نقشه هم عمق می‌توان مناسب‌ترین مکانها را در منطقه مورد مطالعه جانمایی نمود (شکل ۴-۷). جدول ۴-۴ نشان دهنده طبقه بندی تغییرات عمق آب می‌باشد.

جدول ۴-۴: طبقه بندی سطح آب زیرزمینی

عمق سطح آب زیرزمینی (m)	رده	توصیف
۳۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۵۶-۳۰	۲	نامناسب
۸۲-۵۶	۳	متوسط
۱۰۸-۸۲	۴	مناسب
۱۳۴-۱۰۸	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۶: نقشه توزیع مکانی چاه های معیار در منطقه مورد مطالعه



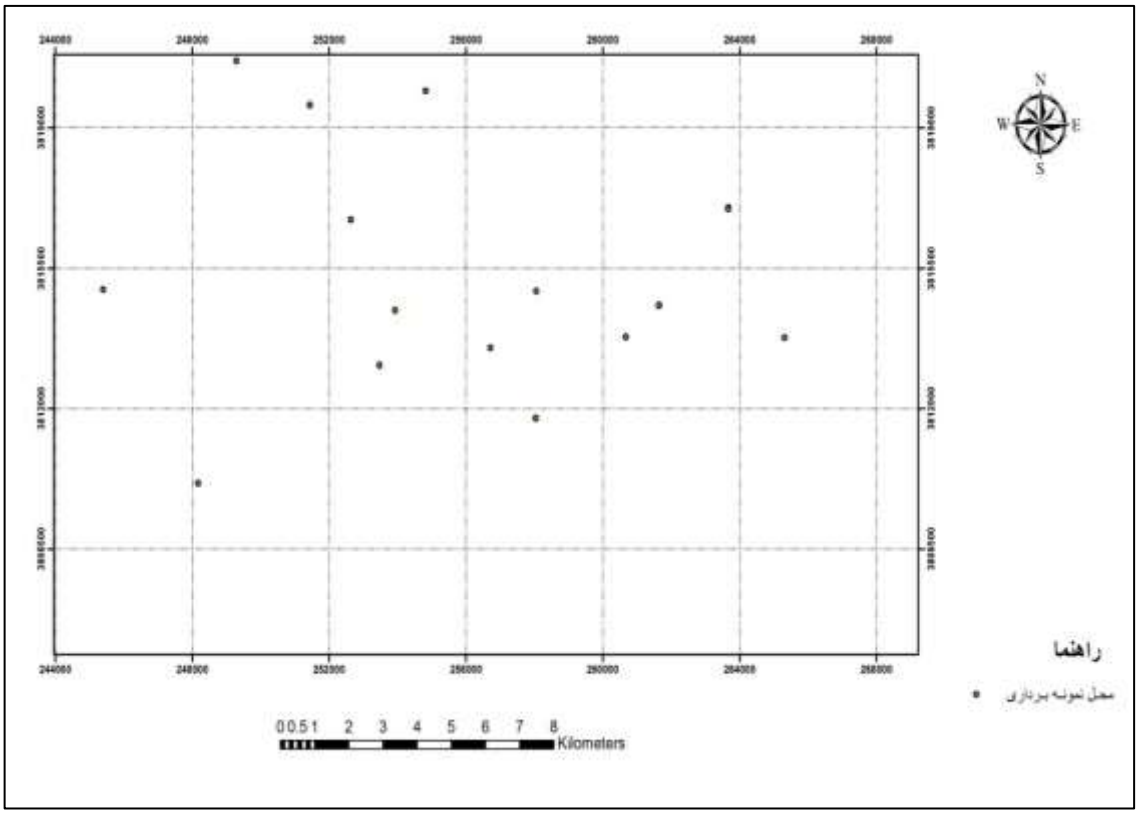
شکل ۴-۷: نقشه طبقه بندی هم عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

۴-۳-۴- کیفیت آب زیرزمینی *(TDS)*

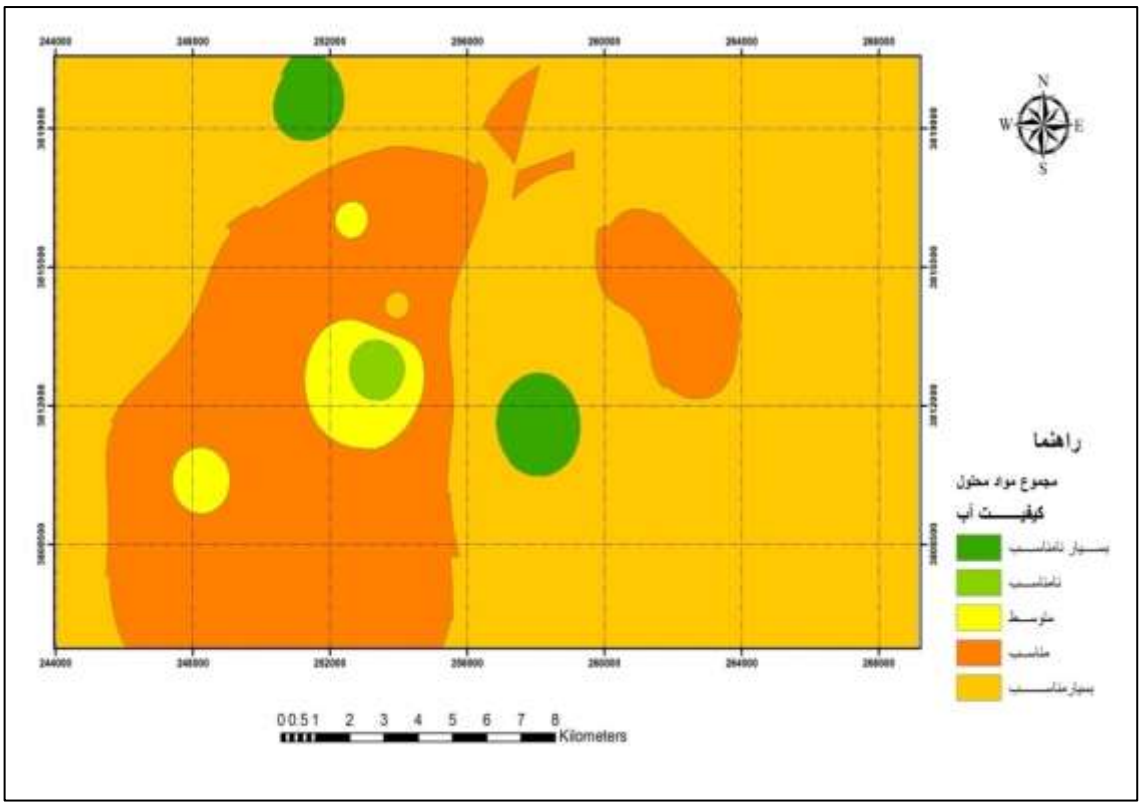
کیفیت آب زیرزمینی یکی دیگر از پارامترهای مهم در مکان‌یابی سدهای باطله است. در این مطالعه از داده‌های *TDS* تعدادی از چاهها برای طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی استفاده شد (شکل ۴-۸). طبق این داده‌ها کمینه *TDS* آب زیرزمینی ۳۸۴ *mg/L* و بیشینه آن ۴۲۶۴ *mg/L* است. به‌طورکلی می-توان گفت برای مکان‌یابی سد باطله هر چه *TDS* بیشتر باشد، مکان مناسب‌تری است. دلیل آن این است که هر چه میزان محلول جامد در آب بیشتر شود برای شرب نامناسب‌تر است (شکل ۴-۹). جدول ۴-۵ نشان دهنده طبقه‌بندی تغییرات عمق آب می‌باشد.

جدول ۴-۵: طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی

مقدار *TDS* بر حسب *mg/l*	**رده**	**توصیف**
۵۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۱۰۰۰-۵۰۰	۲	نامناسب
۲۰۰۰-۱۰۰۰	۳	متوسط
۴۰۰۰-۲۰۰۰	۴	مناسب
>۴۰۰۰	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۸: نقشه توزیع مکانی چاه‌های نمونه برداری برای تعیین کیفیت آب زیرزمینی



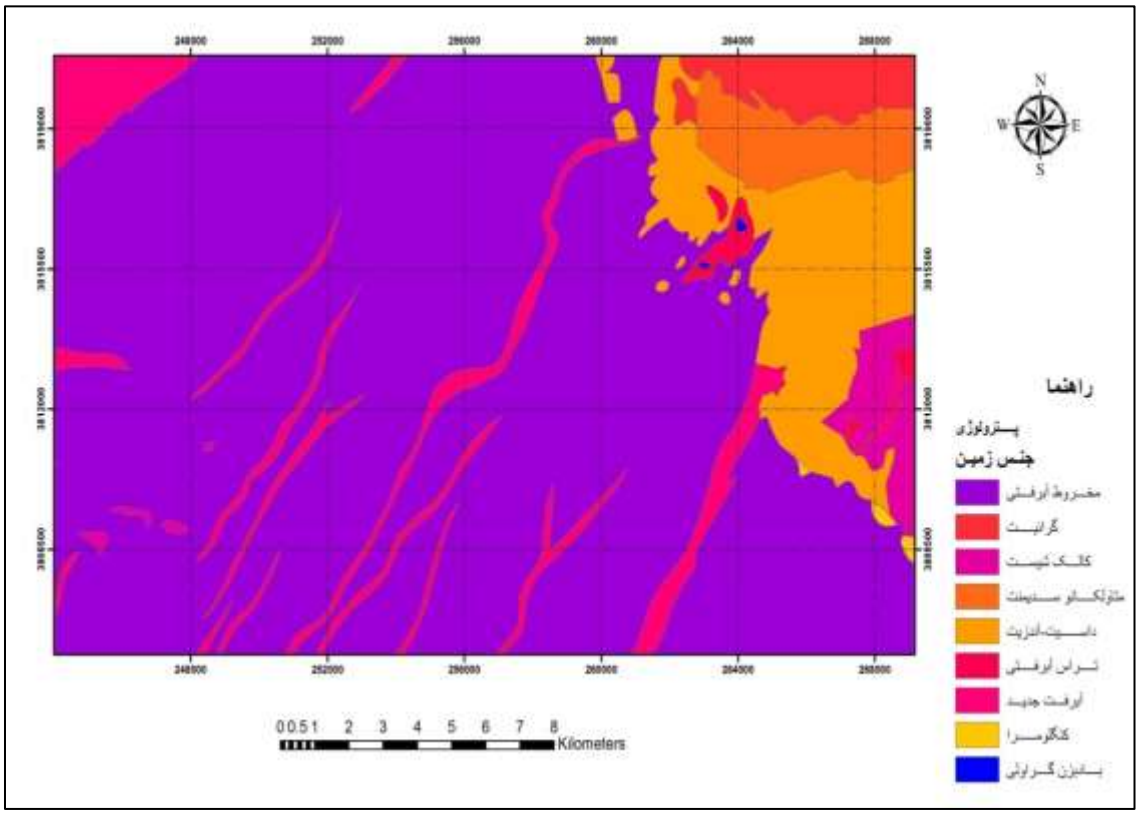
شکل ۴-۹: نقشه طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی

۴-۳-۵- سنگ شناسی (لیتولوژی)

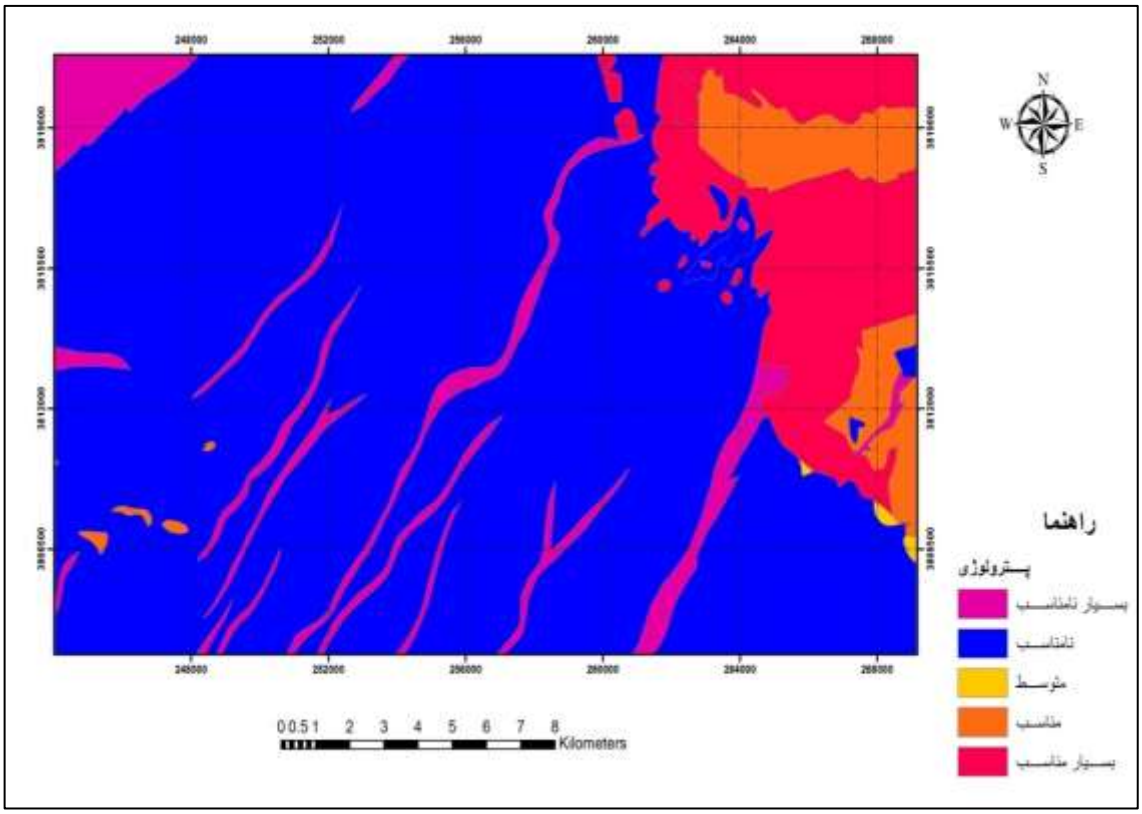
اطلاعات مربوط به ویژگیهای سنگ‌شناسی منطقه مورد نظر بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تایباد بدست آمد که در جدول ۴-۶ طبقه‌بندی شده است. همانطور که در شکل (۴-۱۰) مشخص است، بخش اعظم منطقه در محیط آبرفتی قرار گرفته شده است که مطابق شکل ۴-۱۱ امتیاز بندی و از محیط بسیار نامناسب تا بسیار مناسب تقسیم بندی شده است.

جدول ۴-۶: طبقه بندی جنس زمین

سنگ شناسی	رده	توصیف
آبرفت جدید	۱	بسیار نامناسب
آبرفت قدیم	۲	نامناسب
کنگلومرا	۳	متوسط
متا ولکانو سدیمنت	۴	مناسب
آذرین	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۱۰: نقشه سنگ شناسی(لیتولوژی) منطقه مورد مطالعه



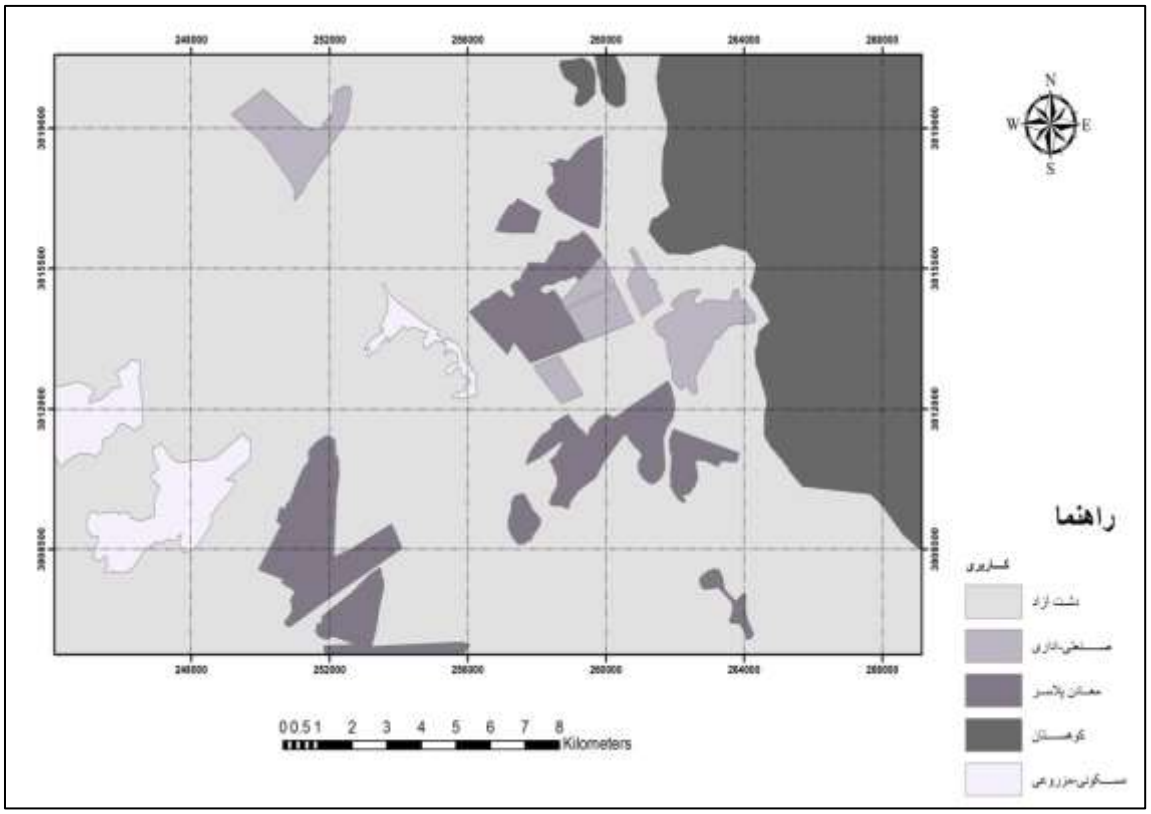
شکل ۴-۱۱: نقشه طبقه بندی سنگ شناسی (لیتولوژی) منطقه مورد مطالعه

۴-۳-۶- کاربری اراضی

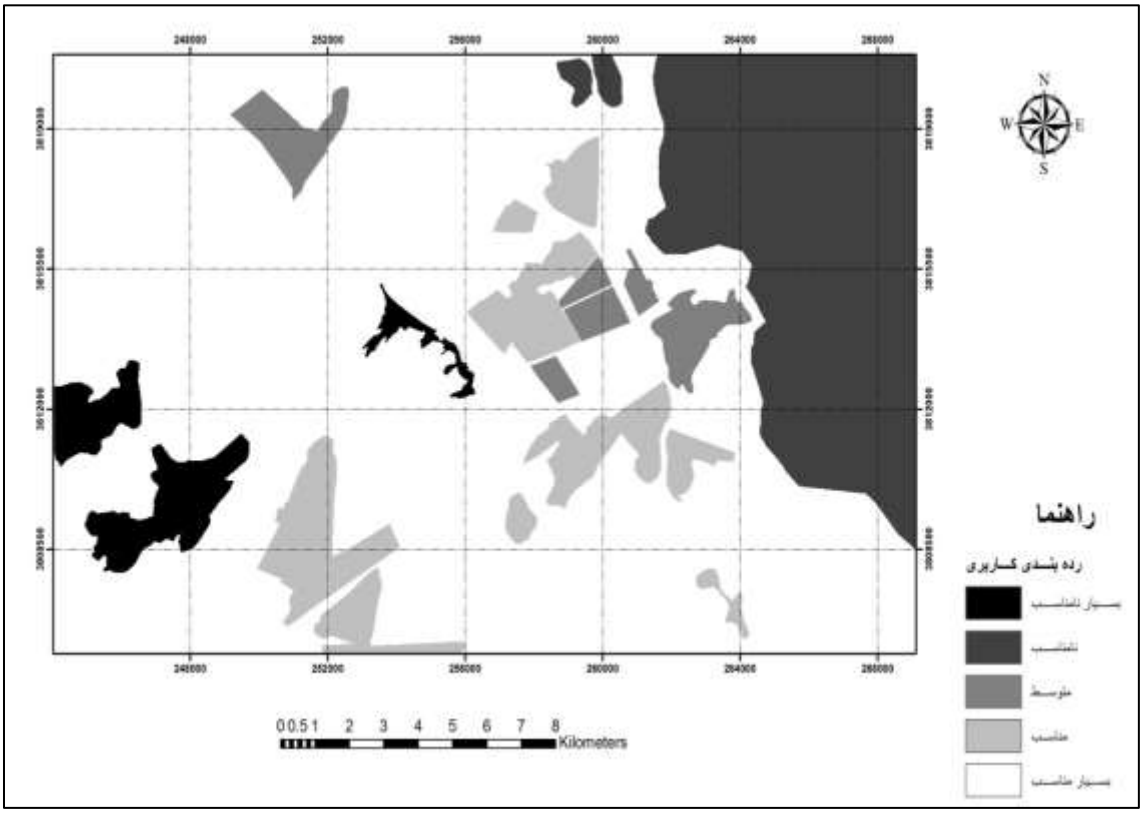
نوع کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های هوایی و ماهواره‌ای ارزیابی گردید و ۷ نوع کاربری زمین شناسایی گردید. بر این اساس نقشه محدوده مورد نظر تهیه شد که در نهایت در پنج رده طبقه‌بندی گردید (جدول ۴-۷). شکل ۴-۱۲ نشان دهنده کاربری اراضی و شکل ۴-۱۳ نمایانگر طبقه‌بندی اراضی به ارزشهای مختلف است.

جدول ۴-۷: طبقه بندی کاربری اراضی

کاربری اراضی	رده	توصیف
مسکونی-مزروعی	۱	بسیار نامناسب
صنعتی و اداری	۲	نامناسب
معدنی(کوهستان)	۳	متوسط
معدنی(پلاسر)	۴	مناسب
دشت آزاد	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۱۲: نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه



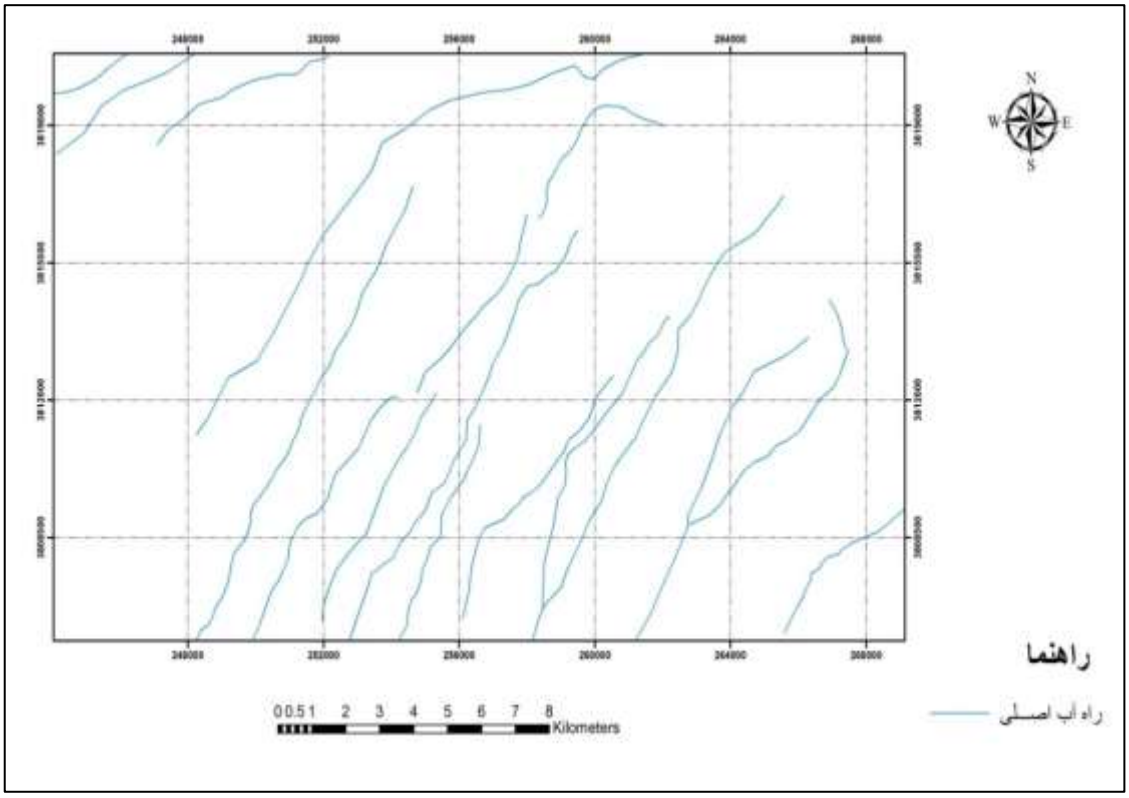
شکل ۴-۱۳: نقشه طبقه بندی کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

۴-۳-۷- آبراهه‌های اصلی و فرعی

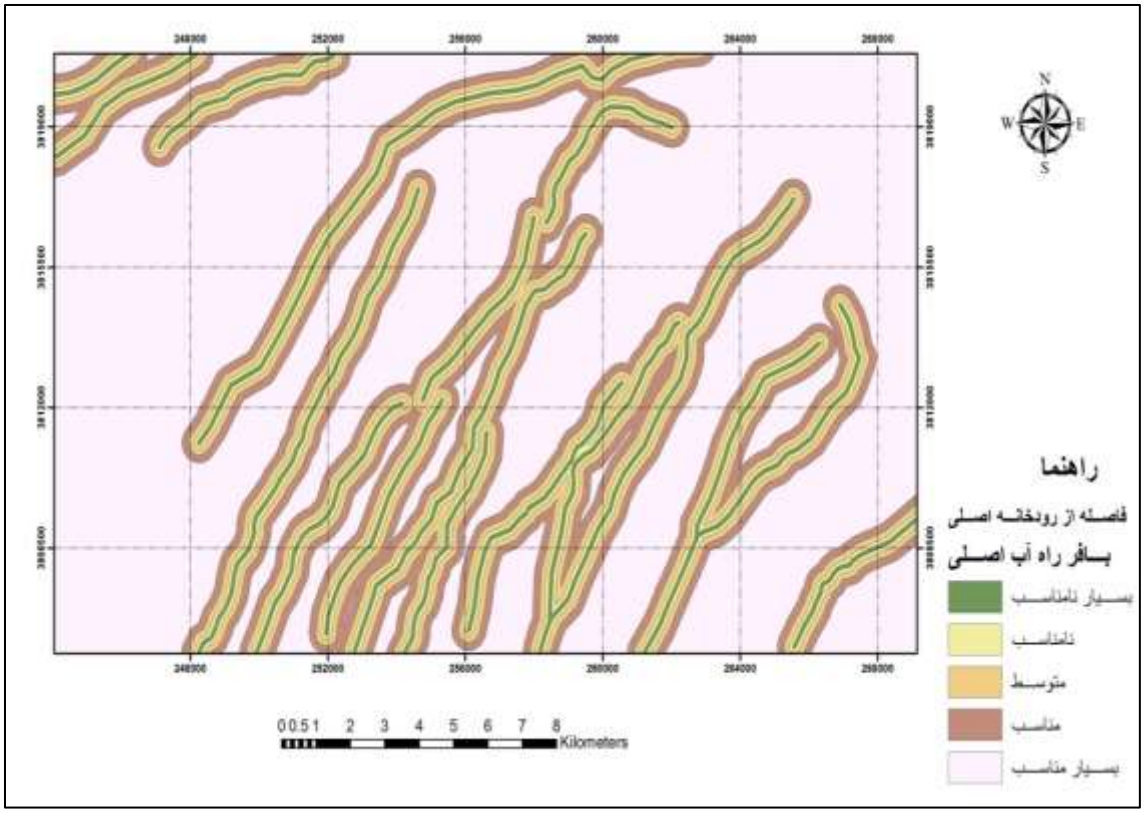
با بررسیهای انجام شده مشخص گردید در منطقه مورد مطالعه رودخانه دایمی وجود ندارد. تنها در فصلهای پر بارش آبهای جاری از آبراهه‌های مشخصی جریان پیدا می‌کنند. با استفاده از تصاویر *Google Earth* و نرم افزار *Arc map* اقدام به جانمایی آبراهه‌ها گردید. در شکل ۴-۱۴ آبراهه‌های فرعی و در شکل ۴-۱۶ آبراهه‌های اصلی، همچنین در شکل ۴-۱۸ آبراهه‌های تلفیقی نشان داده شده است. جدول ۴-۸ و ۴-۹ و شکلهای ۴-۱۵، ۴-۱۷ و ۴-۱۹ نشان دهنده طبقه بندی آبراهه‌ها هستند.

جدول ۴-۸: طبقه بندی آبراهه‌های اصلی

فاصله از آبراهه‌های اصلی (m)	رده	توصیف
۵۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۱۵۰-۵۰	۲	نامناسب
۳۰۰-۱۵۰	۳	متوسط
۵۰۰-۳۰۰	۴	مناسب
۵۰۰<	۵	بسیار مناسب



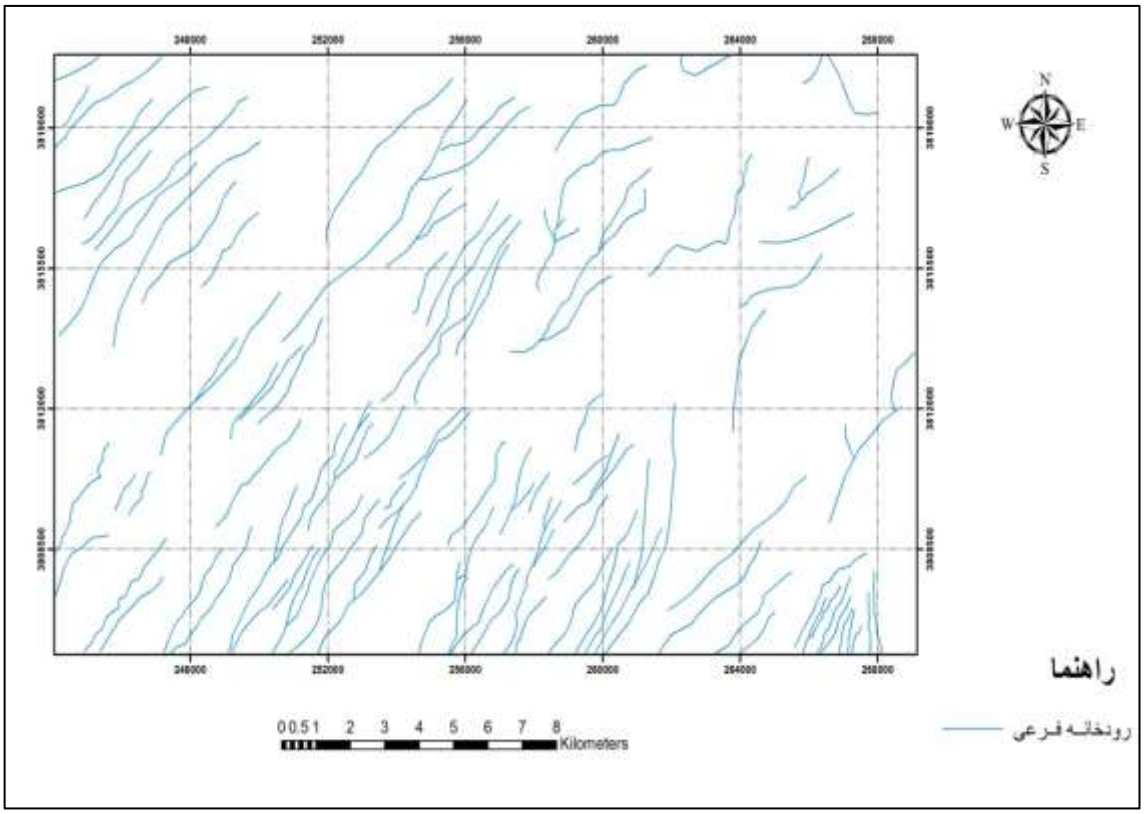
شکل ۴-۱۴: نقشه آبراهه های اصلی در منطقه مورد مطالعه



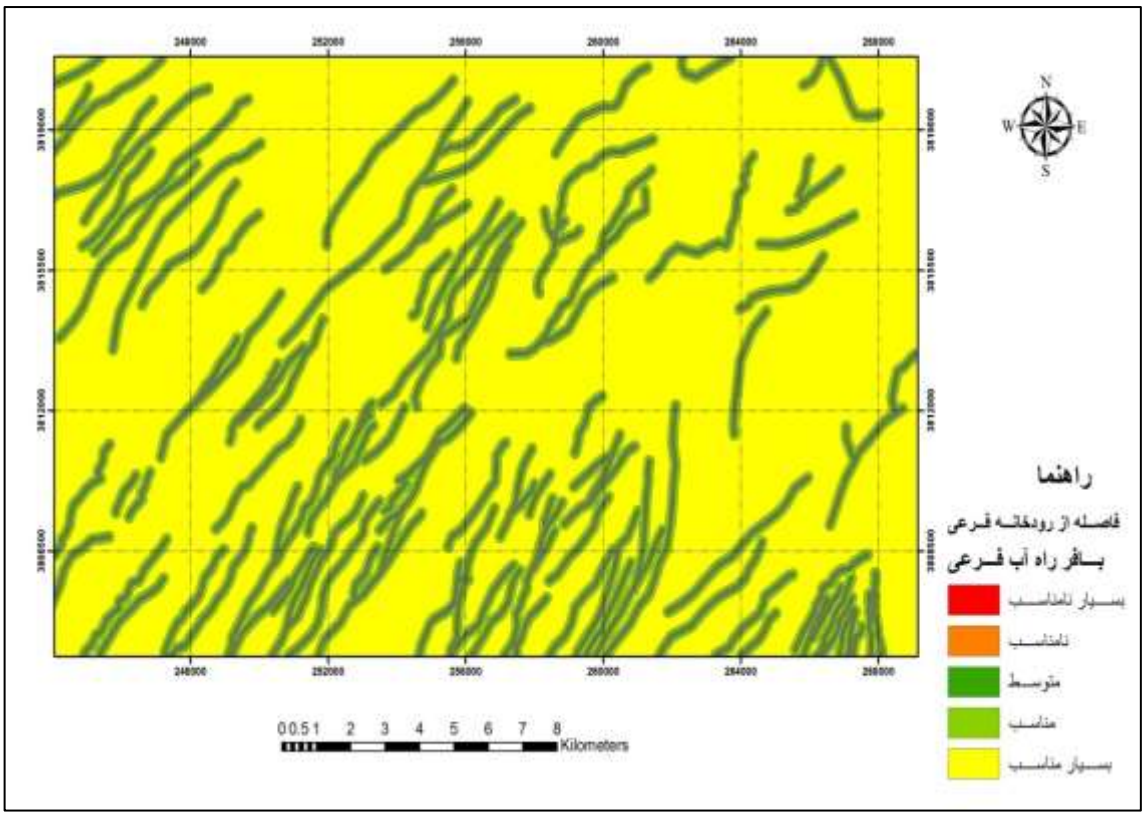
شکل ۴-۱۵: نقشه طبقه بندی آبراهه های اصلی در منطقه

جدول ۴-۹: طبقه بندی آبراهه‌های فرعی

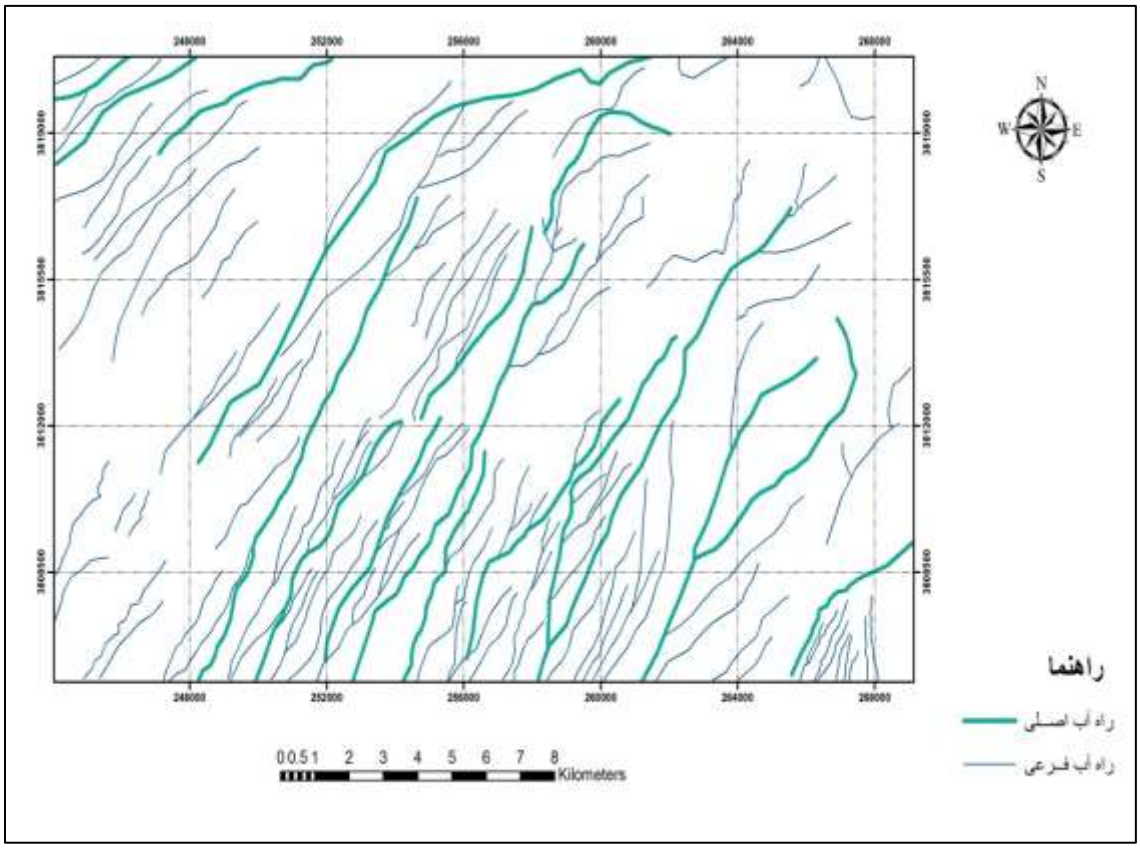
فاصله از آبراهه‌های فرعی (m)	رده	توصیف
۱۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۳۰-۱۰	۲	نامناسب
۷۰-۳۰	۳	متوسط
۱۵۰-۷۰	۴	مناسب
۱۵۰<	۵	بسیار مناسب



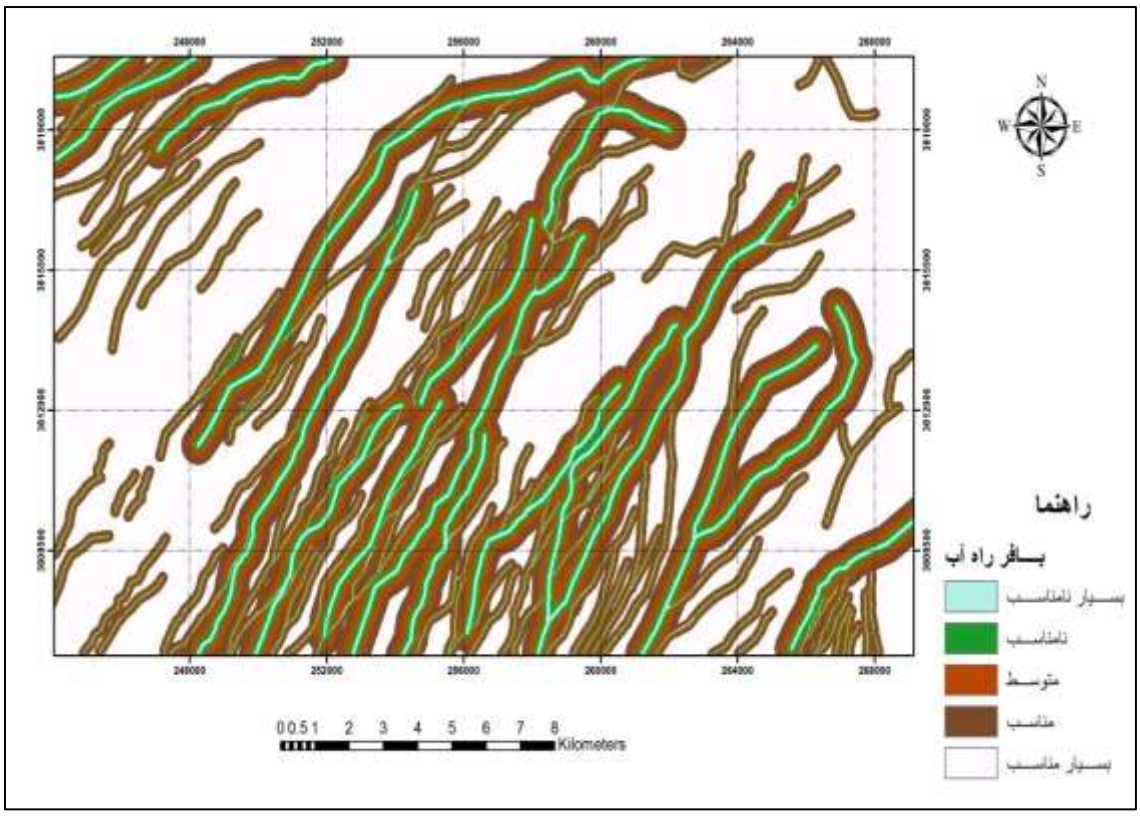
شکل ۴-۱۶: نقشه آبراهه‌های فرعی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۷: نقشه طبقه بندی آبراهه‌های فرعی در منطقه



شکل ۴-۱۸: نقشه کلی آبراهه‌ها در منطقه مورد مطالعه



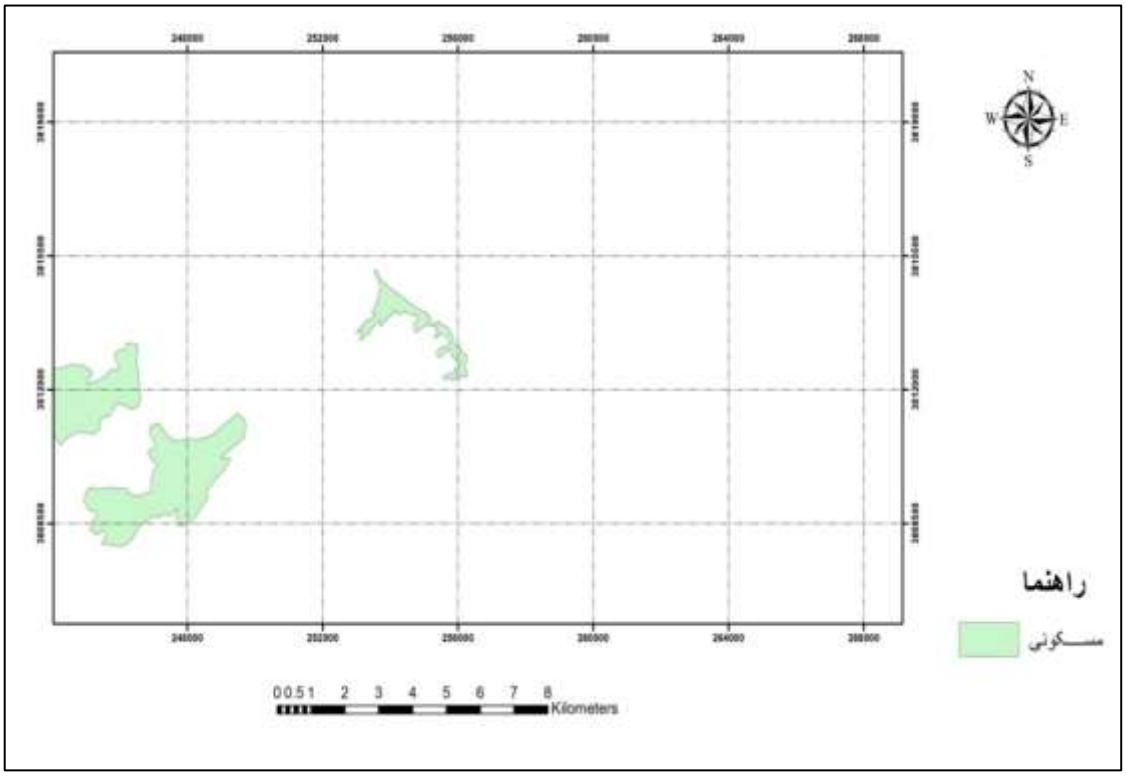
شکل ۴-۱۹: نقشه طبقه بندی آبراهه‌های منطقه

۴-۳-۸- فاصله از مناطق مسکونی

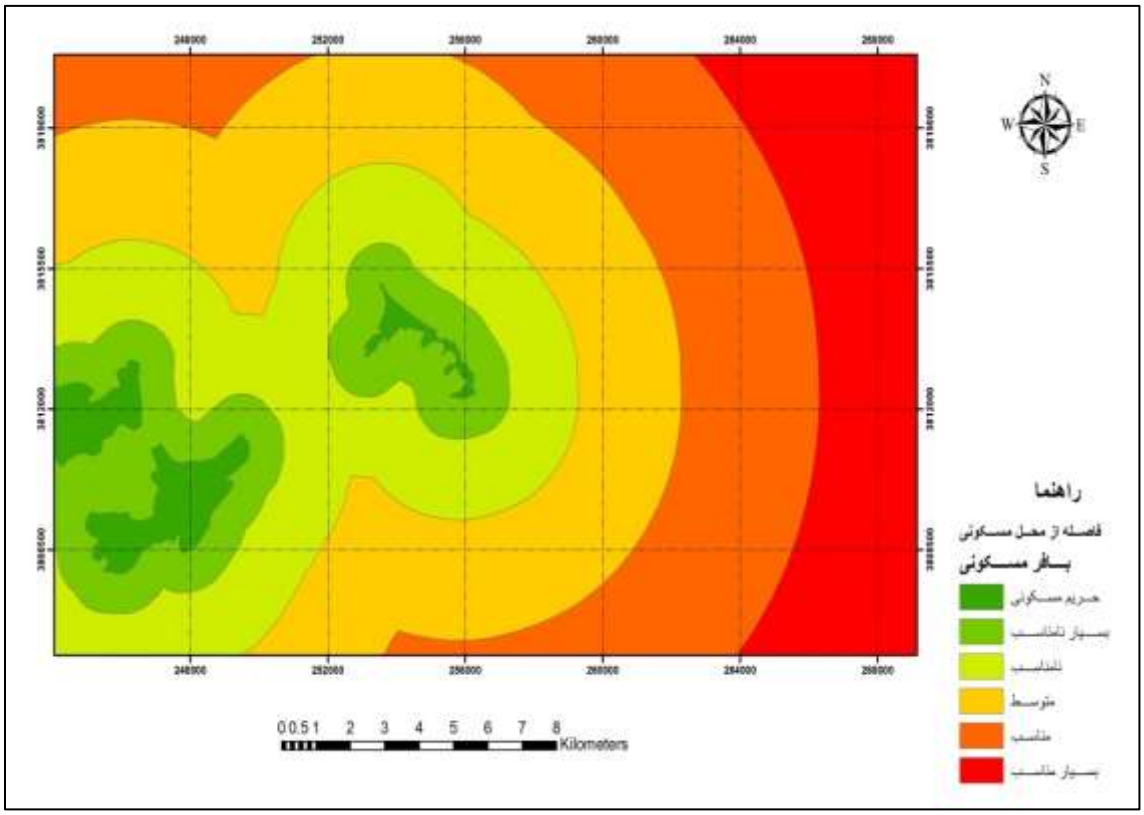
در منطقه مورد مطالعه شهر سنگان در قسمت جنوب شرقی و دو روستای برآباد و گوریاب وجود دارد (شکل ۴-۲۰). بدیهی است که محل سد باطله به دلایل مختلف زیست محیطی نباید در نزدیکی این مناطق واقع شود. به این منظور فواصل متفاوت از محلهای مسکونی به پنج رده تقسیم‌بندی گردید (جدول ۴-۱۰). هر چه این محل از مناطق مسکونی دورتر باشد برای احداث سد باطله مفیدتر است و امتیاز بیشتری را در مکان‌یابی به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۴-۲۱).

جدول ۴-۱۰: طبقه بندی فاصله از محل مسکونی

فاصله از محل مسکونی (km)	رده	توصیف
۱-۰	۱	بسیار نامناسب
۳-۱	۲	نامناسب
۶-۳	۳	متوسط
۱۰-۶	۴	مناسب
۱۰<	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۲۰: نقشه مناطق مسکونی در منطقه مورد مطالعه



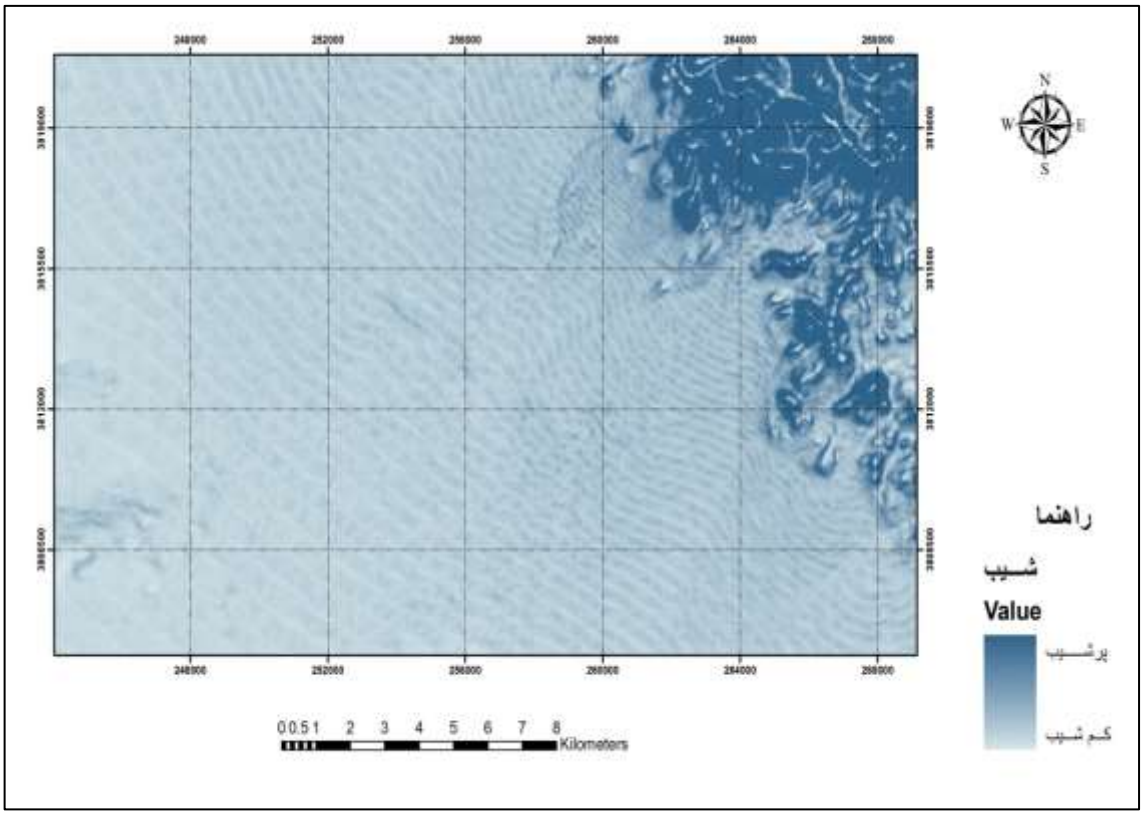
شکل ۴-۲۱: نقشه طبقه بندی مناطق مسکونی منطقه

۴-۳-۹- شیب

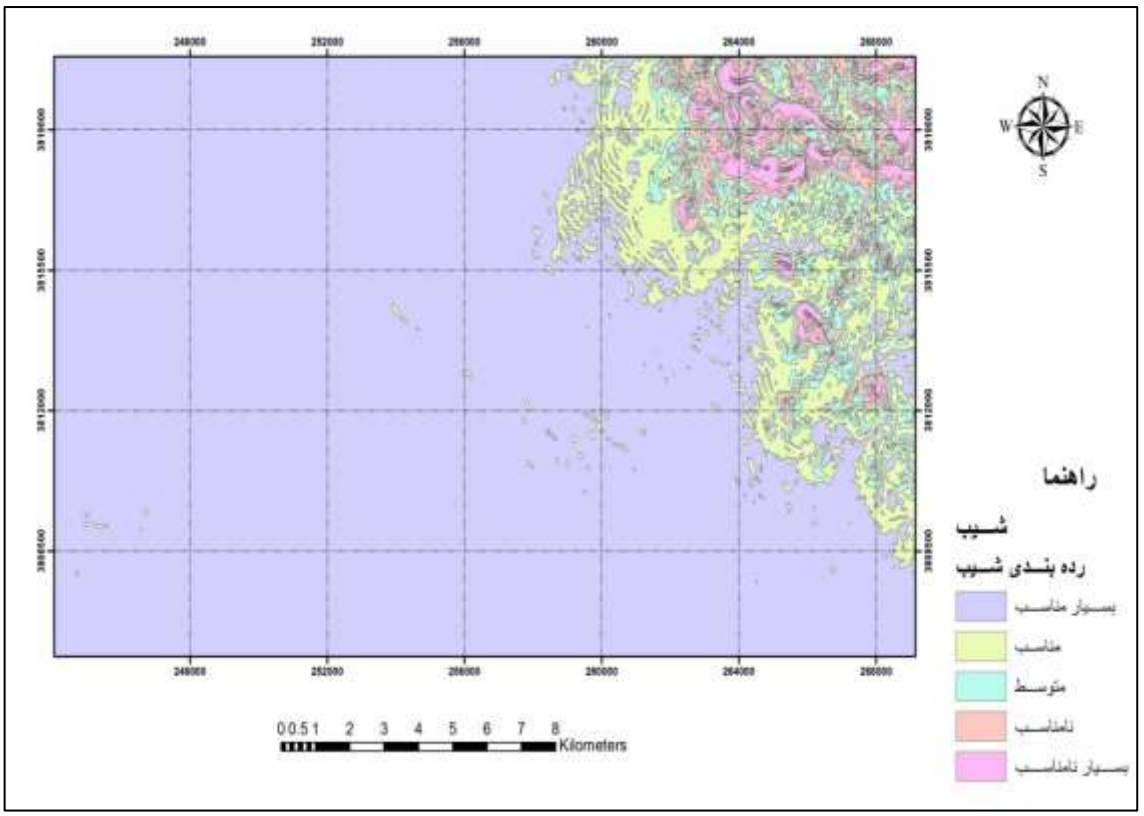
نقشه شیب منطقه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (*DEM*) تهیه گردید که در شکل ۴-۲۲ آورده شده است. کمینه مقدار شیب نزدیک صفر و بیشینه شیب منطقه ۶۲ درجه است که در جدول ۴-۱۱ طبقه‌بندی آن نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۴-۲۳ مشخص است بیشتر مساحت منطقه در شیب کمتر از ۵ درجه واقع شده است.

جدول ۴-۱۱: طبقه بندی شیب زمین

شیب زمین (درجه)	رده	توصیف
۵-۰	۱	بسیار مناسب
۱۰-۵	۲	مناسب
۲۰-۱۰	۳	متوسط
۳۰-۲۰	۴	نامناسب
۳۰<	۵	بسیار نامناسب



شکل ۴-۲۲: نقشه شیب زمین در منطقه مورد مطالعه



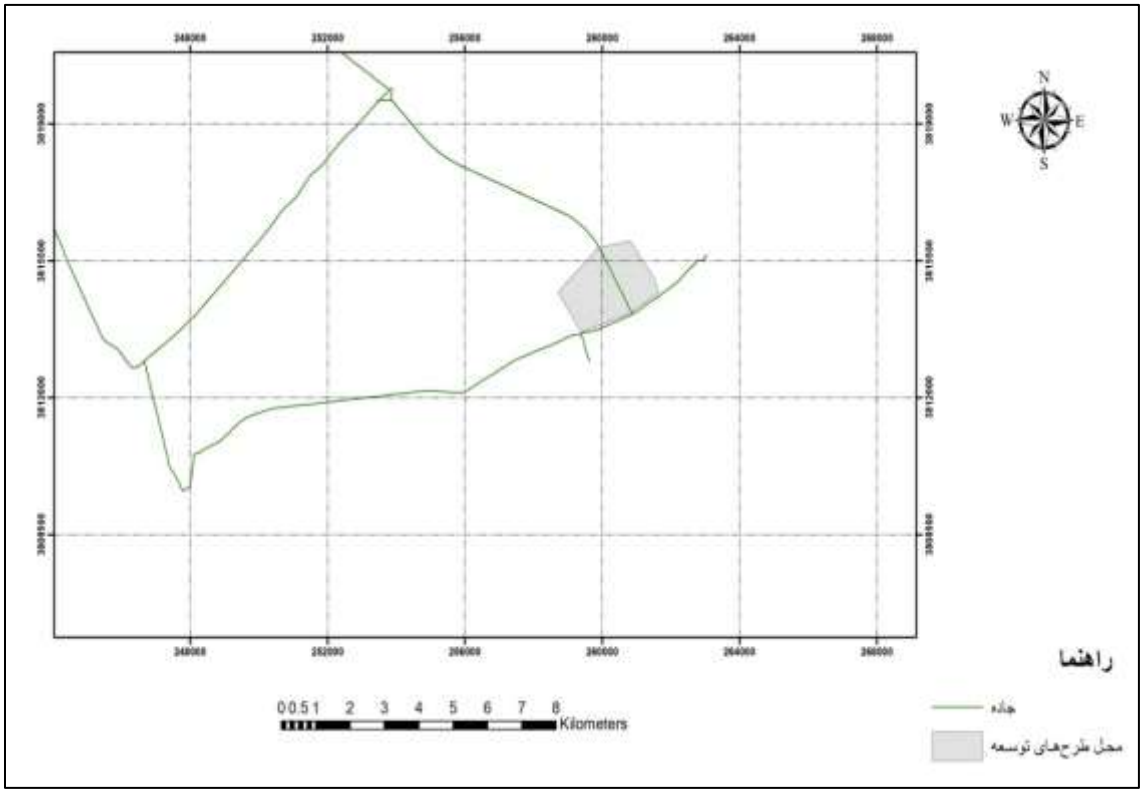
شکل ۴-۲۳: نقشه طبقه بندی شیب در منطقه

۴-۳-۱۰- فاصله نسبت به مناطق طرح‌های توسعه‌ای

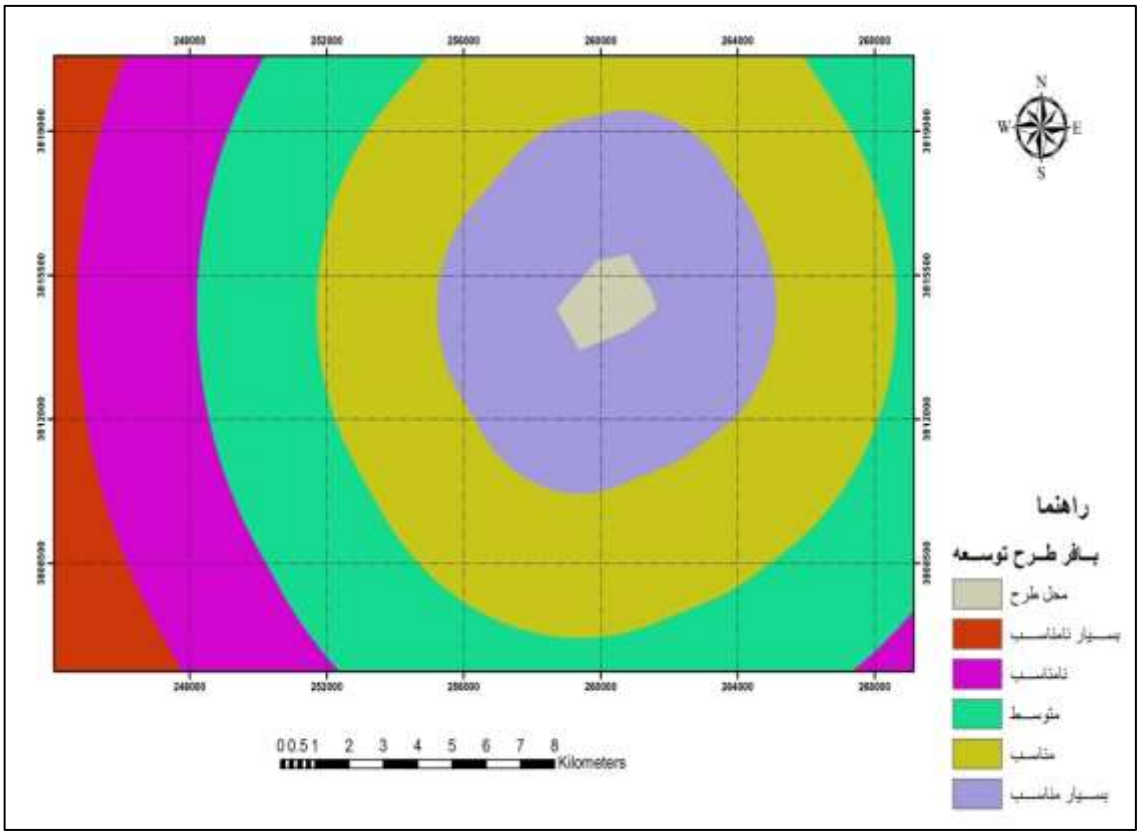
نزدیکی به محل احداث کارخانه ها از نظر اقتصادی یکی از مهم‌ترین معیارهای مکان‌یابی است. بسته به منطقه تعیین شده برای مکان‌یابی، محل سد باطله می‌تواند فاصله‌ای از حدود صفر تا حدود ۱۵ کیلومتر داشته باشد (شکل۴-۲۴). این فاصله به دلایل اقتصادی هر چه به محل پروژه نزدیک‌تر باشد، بهتر است. جدول ۴-۱۲ چگونگی طبقه‌بندی این معیار و شکل ۴-۲۵ این طبقه‌بندی را با توجه به فاصله مشخص شده در جدول نسبت به محل طرح‌های توسعه‌ای نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۲: طبقه بندی نزدیکی به طرح‌های توسعه

نزدیکی به طرح‌های توسعه (m)	رده	توصیف
۳۵۰۰-۰	۱	بسیار مناسب
۷۰۰۰-۳۵۰۰	۲	مناسب
۱۰۰۰۰-۷۰۰۰	۳	متوسط
۱۴۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴	نامناسب
۱۴۰۰۰<	۵	بسیار نامناسب



شکل ۴-۲۴: نقشه موقعیت طرحهای توسعه‌ای در منطقه مورد مطالعه



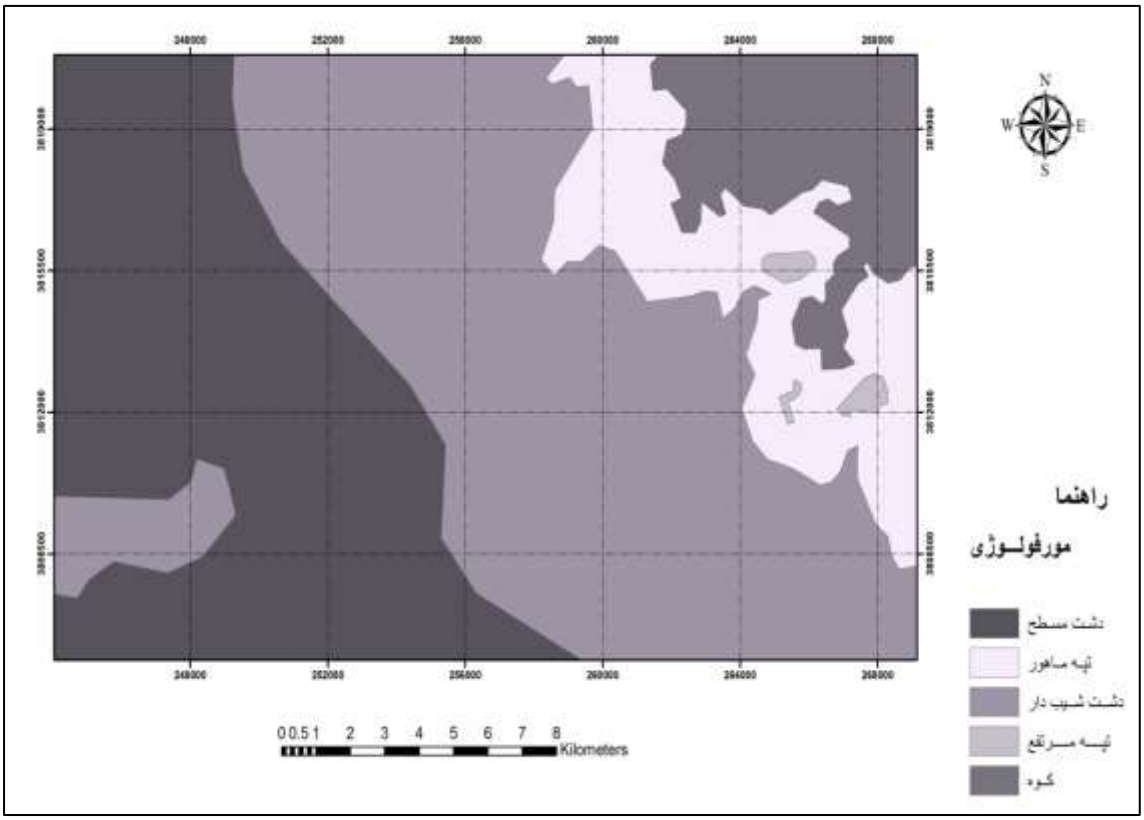
شکل ۴-۲۵: نقشه طبقه بندی مناطق طرحهای توسعه‌ای

۴-۳-۱۱- ریخت شناسی (مورفولوژی)

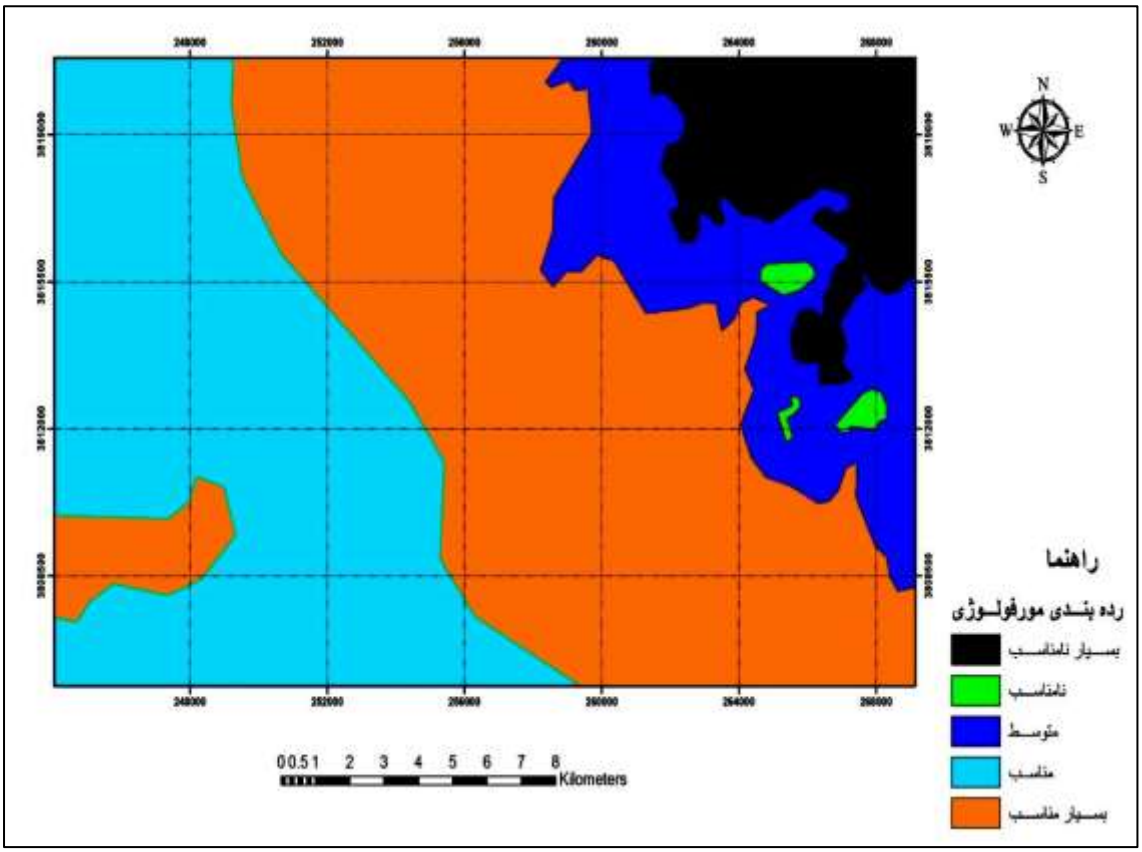
همانطور که در شکل ۴-۲۶ مشخص است، منطقه مورد مطالعه از دشت، کوه و تپه تشکیل شده است، که مطابق شکل ۴-۲۷ به پنج رده تقسیم‌بندی گردید. با توجه به شیب زیاد قسمت کوه و تپه این مکانها محل مناسبی جهت مکان‌یابی نیست. از طرف دیگر قسمت دشت با کمی شیب محل بسیار مناسبی جهت احداث سد است. جدول ۴-۱۳ نوع طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۳: طبقه بندی ریخت شناسی

مورفولوژی	رده	توصیف
کوهستان	۱	بسیار نامناسب
تپه مرتفع	۲	نامناسب
تپه ماهور	۳	متوسط
دشت مسطح	۴	مناسب
دشت شیب دار	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۲۶: نقشه مورفولوژی منطقه مورد مطالعه



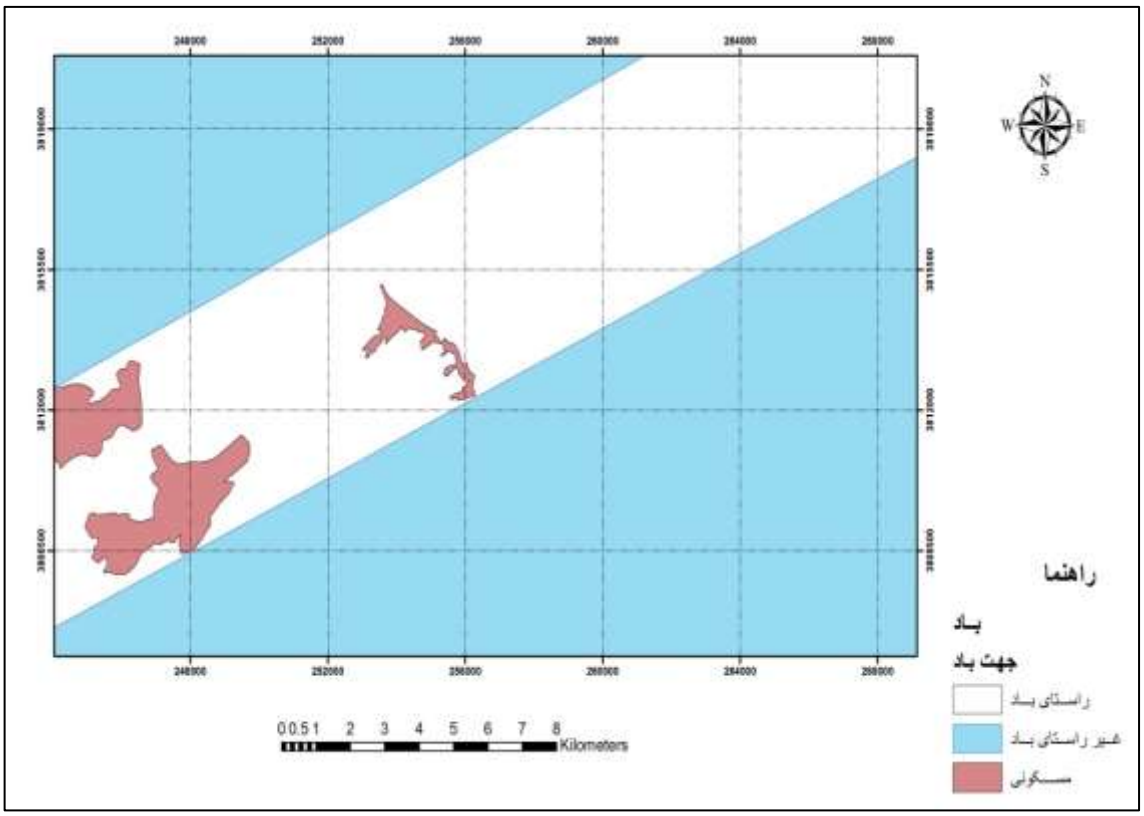
شکل ۴-۲۷: نقشه طبقه بندی مورفولوژی منطقه

۴-۳-۱۲- جهت باد

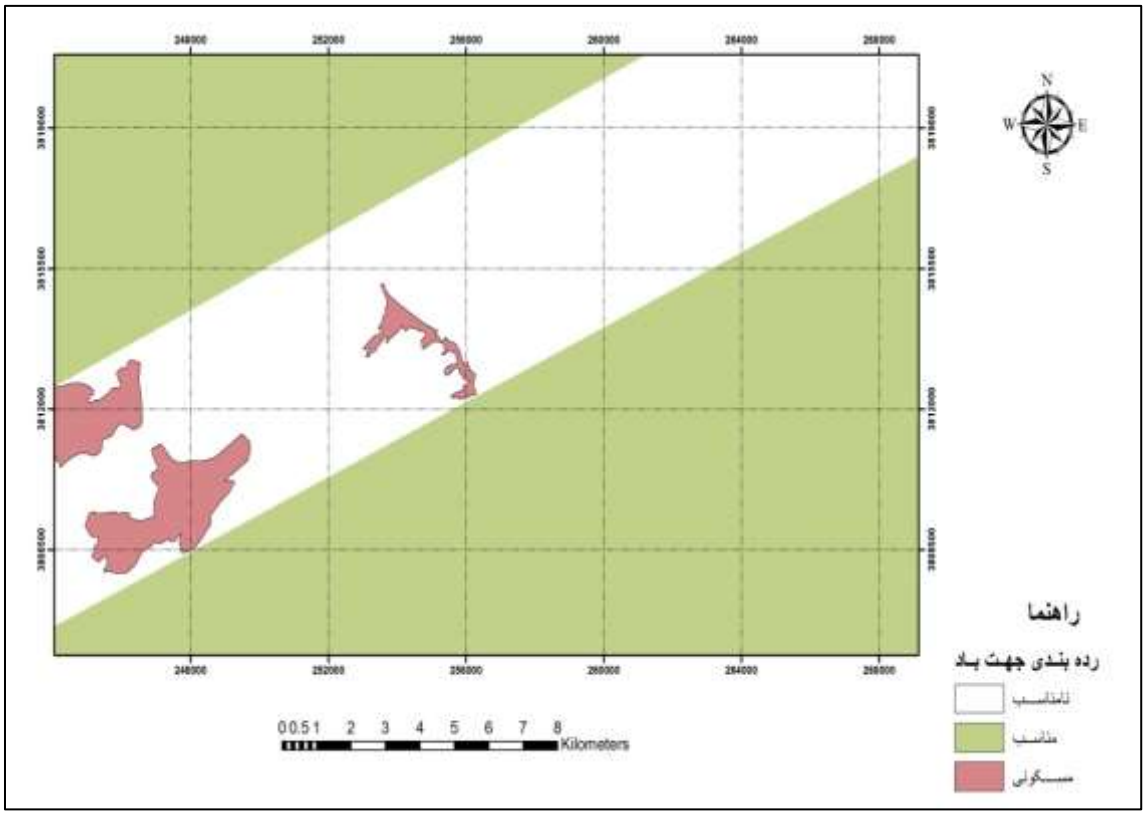
باد به دلیل قابلیت حمل ذرات و همچنین جابه‌جایی گازهای احتمالی ناشی از دورریزی باطله‌ها یکی از معیارهای مکان‌یابی محسوب می‌شود. به همین دلیل و با توجه به باد غالب منطقه (شمال‌شرقی به جنوب‌غربی) که در فصل قبل توضیح داده شد، منطقه مورد مطالعه به دو بخش مسکونی همراستای جهت باد غالب و در خلاف باد غالب طبقه‌بندی شد (جدول ۴-۱۴). در شکل ۴-۲۸ نقشه جهت وزش باد اصلی منطقه و در شکل ۴-۲۹ نقشه طبقه‌بندی جهت باد منطقه نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۴: طبقه بندی جهت باد

جهت باد	رده	توصیف
همراستای باد	۱	بسیار نامناسب
غیر همراستای باد	۲	بسیار مناسب



شکل ۴-۲۸: نقشه جهت وزش باد غالب در منطقه



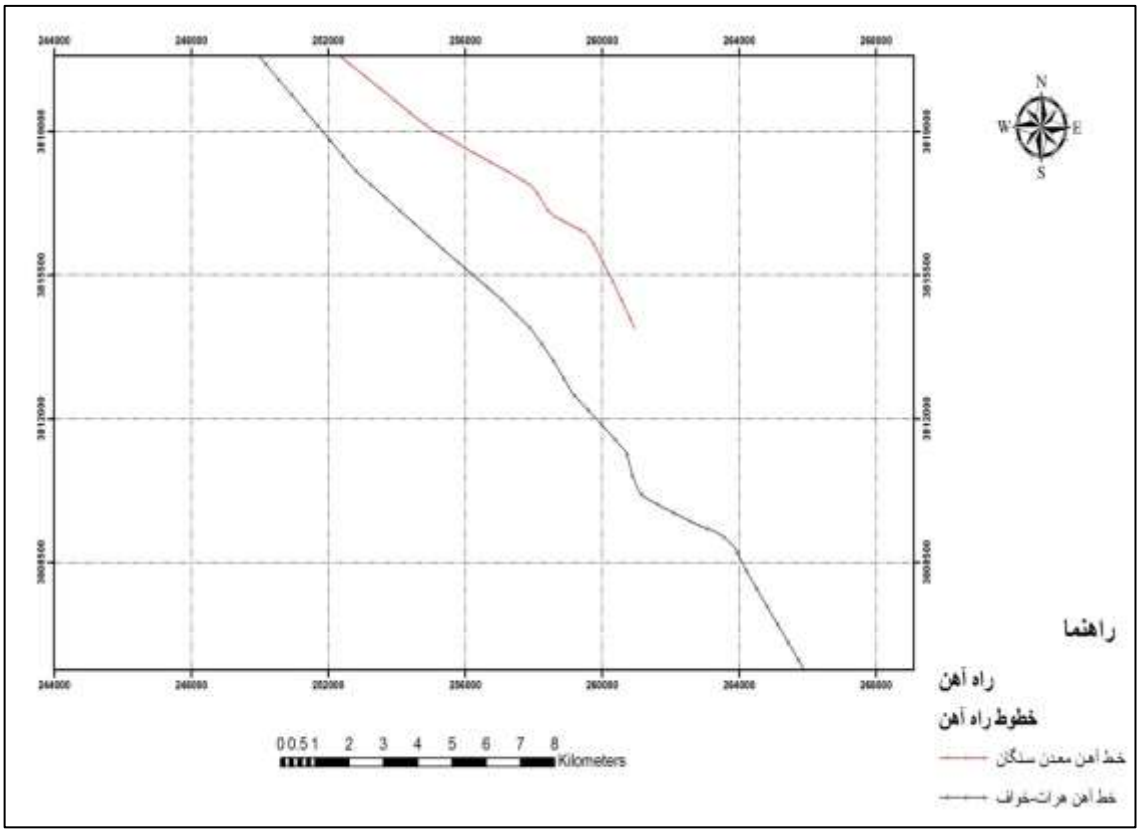
شکل ۴-۲۹: نقشه طبقه بندی جهت باد در منطقه

۴-۳-۱۳- خط آهن

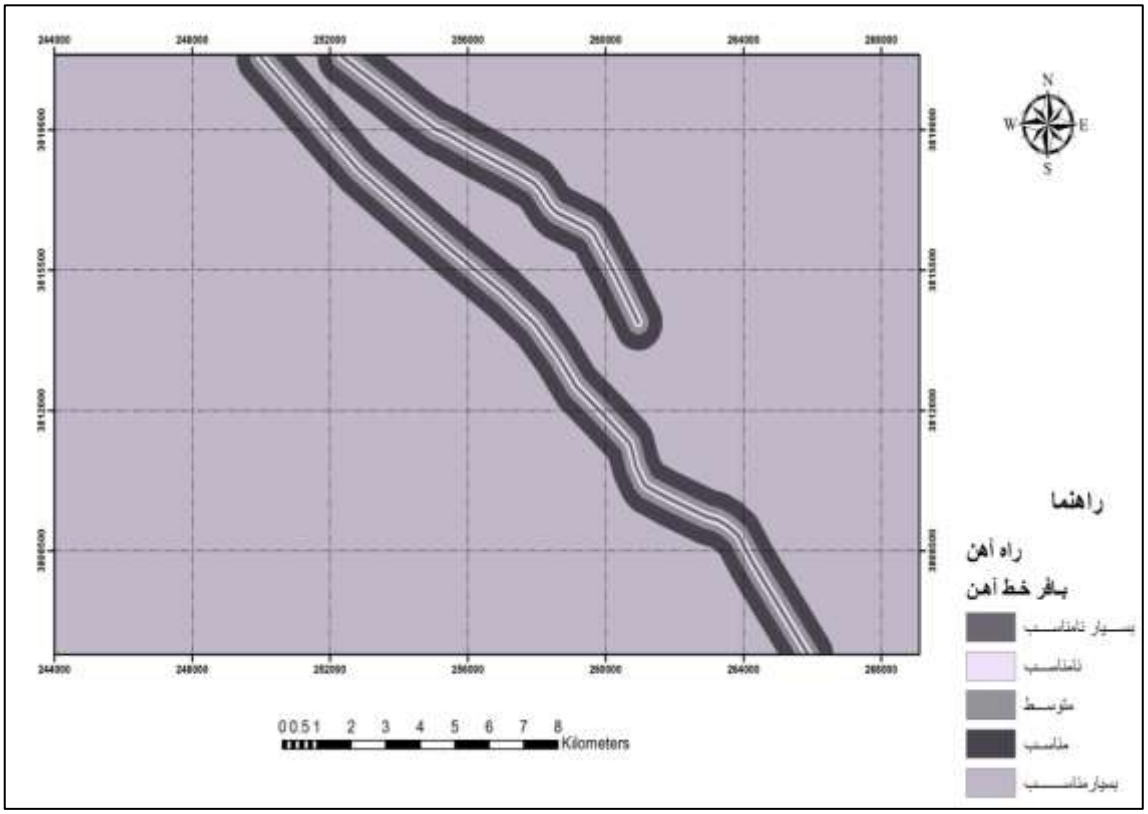
همان گونه که در شکل ۴-۳۰ مشخص می‌باشد، در این منطقه دو خط آهن جداگانه وجود دارد که شامل خط آهن معدن سنگان به خواف (حمل سنگ آهن به واحدهای مصرفی) و خط آهن در حال احداث خواف-هرات است. در شکل ۴-۳۱ نقشه طبقه‌بندی خط‌آهن منطقه و در جدول ۴-۱۵ طبقه-بندی فاصله از خط آهن منطقه آورده شده است.

جدول ۴-۱۵: طبقه بندی فاصله از خط آهن

فاصله از خط آهن (m)	رده	توصیف
۴۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۱۴۰-۴۰	۲	نامناسب
۳۰۰-۱۴۰	۳	متوسط
۷۰۰-۳۰۰	۴	مناسب
۷۰۰<	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۳۰: نقشه خط آهن در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۳۱: نقشه طبقه بندی خط آهن در منطقه

۴-۳-۱۴- جاده‌های اصلی و فرعی

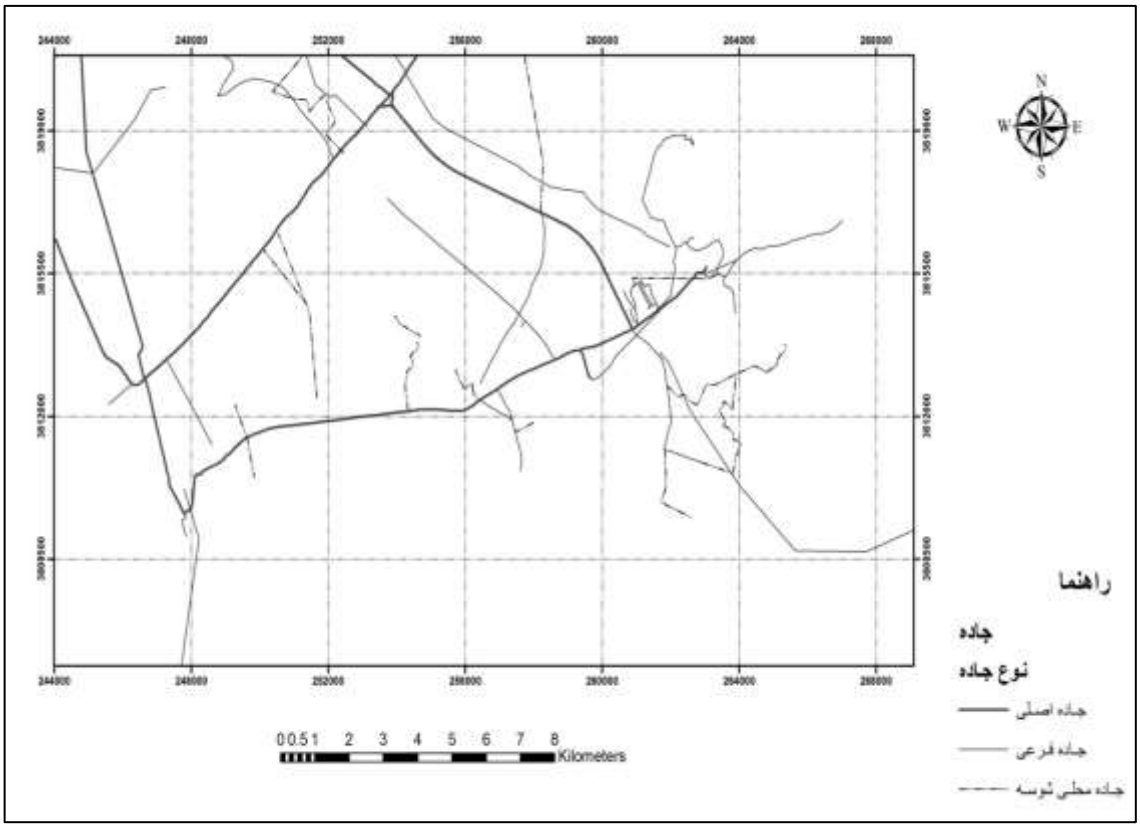
در منطقه مورد مطالعه، جاده اصلی خواف- سنگان-تایباد و برخی جاده‌های فرعی و محلی وجود دارد (شکل۴-۳۲). به‌طورکلی کمترین فاصله برای شبکه راه‌ها باید به میزانی باشد که بر روی چشم انداز تاثیری نداشته و از دسترسی افراد کم اطلاع به دور باشد تا موجب آسیبهای بهداشتی نشود. در شکل ۴-۳۳ نقشه طبقه‌بندی راههای منطقه و در جدول ۴-۱۶ طبقه‌بندی فاصله از راهها آورده شده است. شکل ۴-۳۴ نیز تلفیق جاده و راه آهن در منطقه را نشان می‌دهد که امتیاز بندی بر روی نقشه مشترک آنها انجام شده است.

جدول ۴-۱۶: طبقه بندی فاصله از جاده اصلی

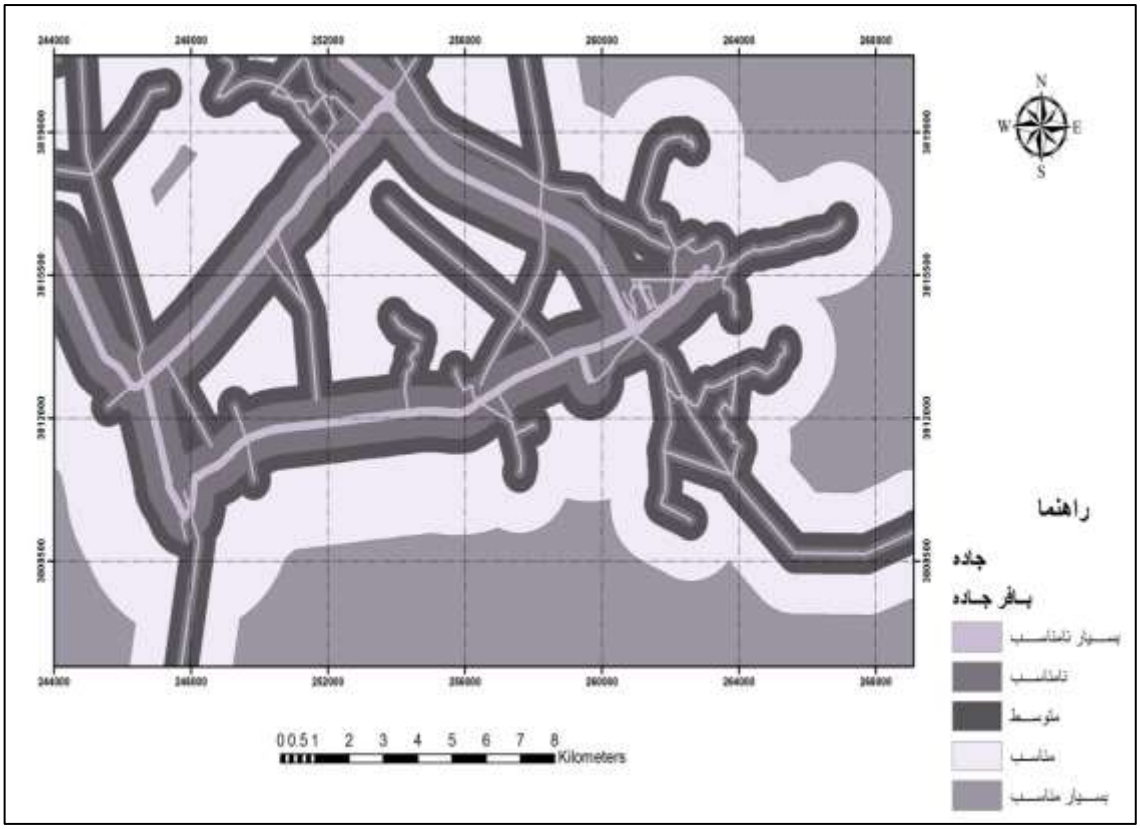
فاصله از جاده اصلی (m)	رده	توصیف
۱۲۰-۰	۱	بسیار نامناسب
۵۰۰-۱۲۰	۲	نامناسب
۱۰۰۰-۵۰۰	۳	متوسط
۳۰۰۰-۱۰۰۰	۴	مناسب
۳۰۰۰<	۵	بسیار مناسب

جدول ۴-۱۷: طبقه بندی فاصله از جاده فرعی

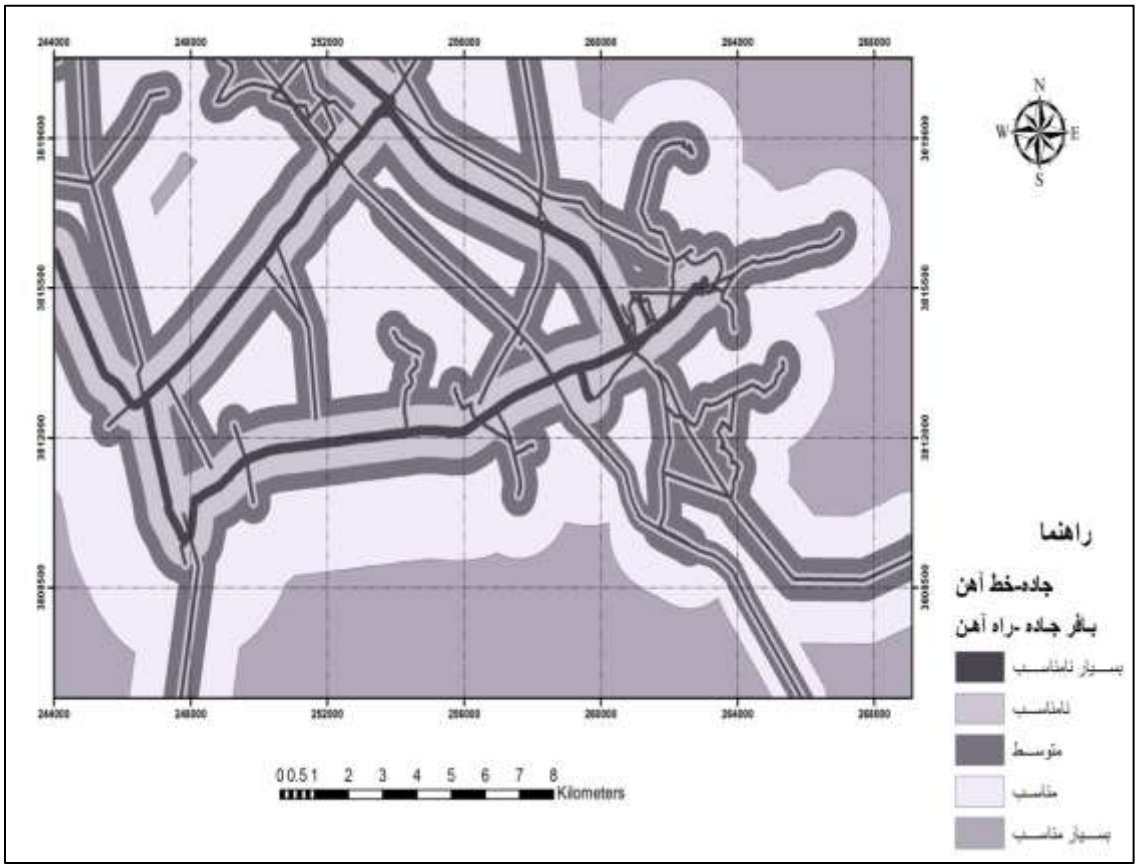
فاصله از جاده فرعی (m)	رده	توصیف
۴۵-۰	۱	بسیار نامناسب
۱۵۰-۴۵	۲	نامناسب
۵۰۰-۱۵۰	۳	متوسط
۱۵۰۰-۵۰۰	۴	مناسب
۱۵۰۰<	۵	بسیار مناسب



شکل ۴-۳۲: نقشه جاده های منطقه



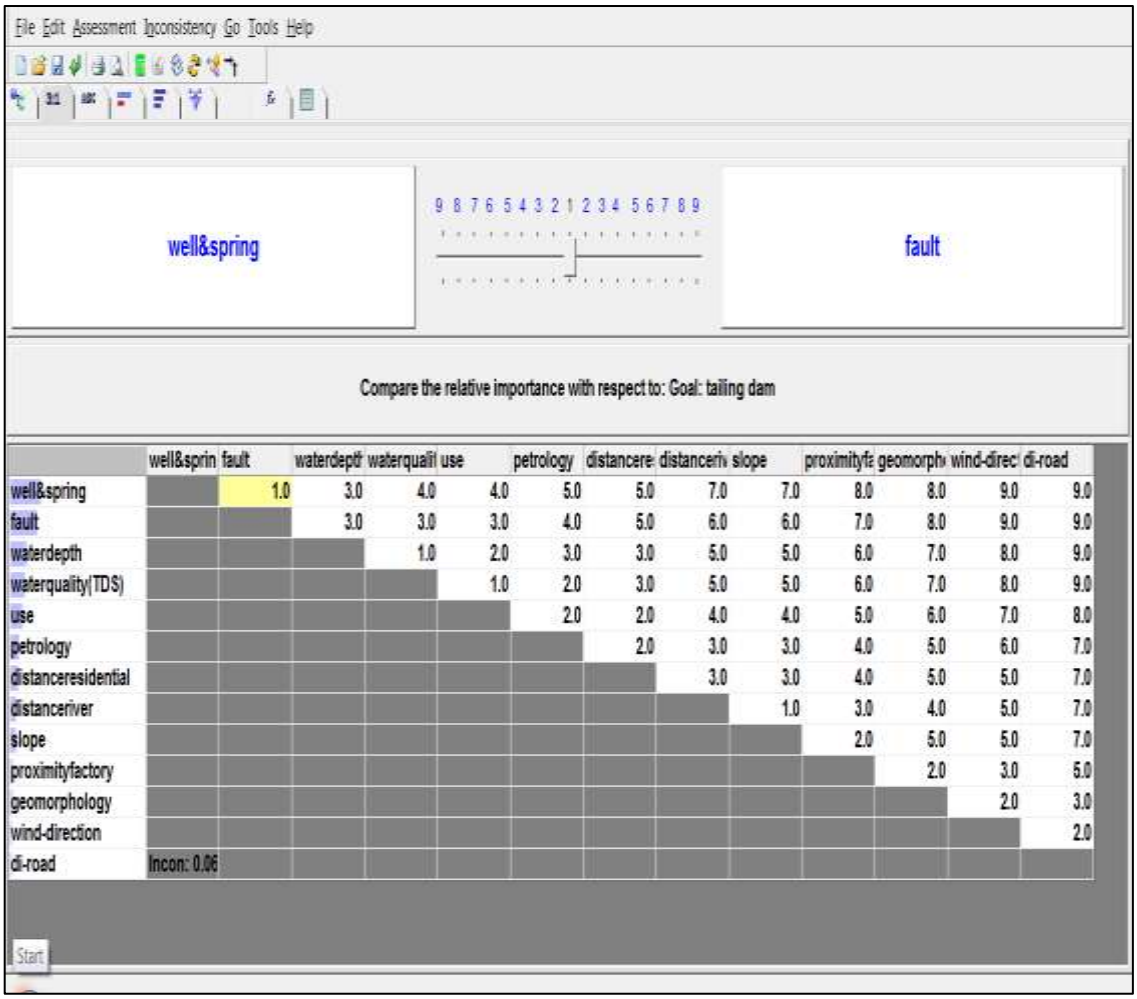
شکل ۴-۳۳: نقشه طبقه بندی جاده های منطقه



شکل ۴-۳۴: نقشه طبقه بندی تلفیق جاده و راه آهن در منطقه

۴-۴- وزن دهی معیارها و رده‌ها

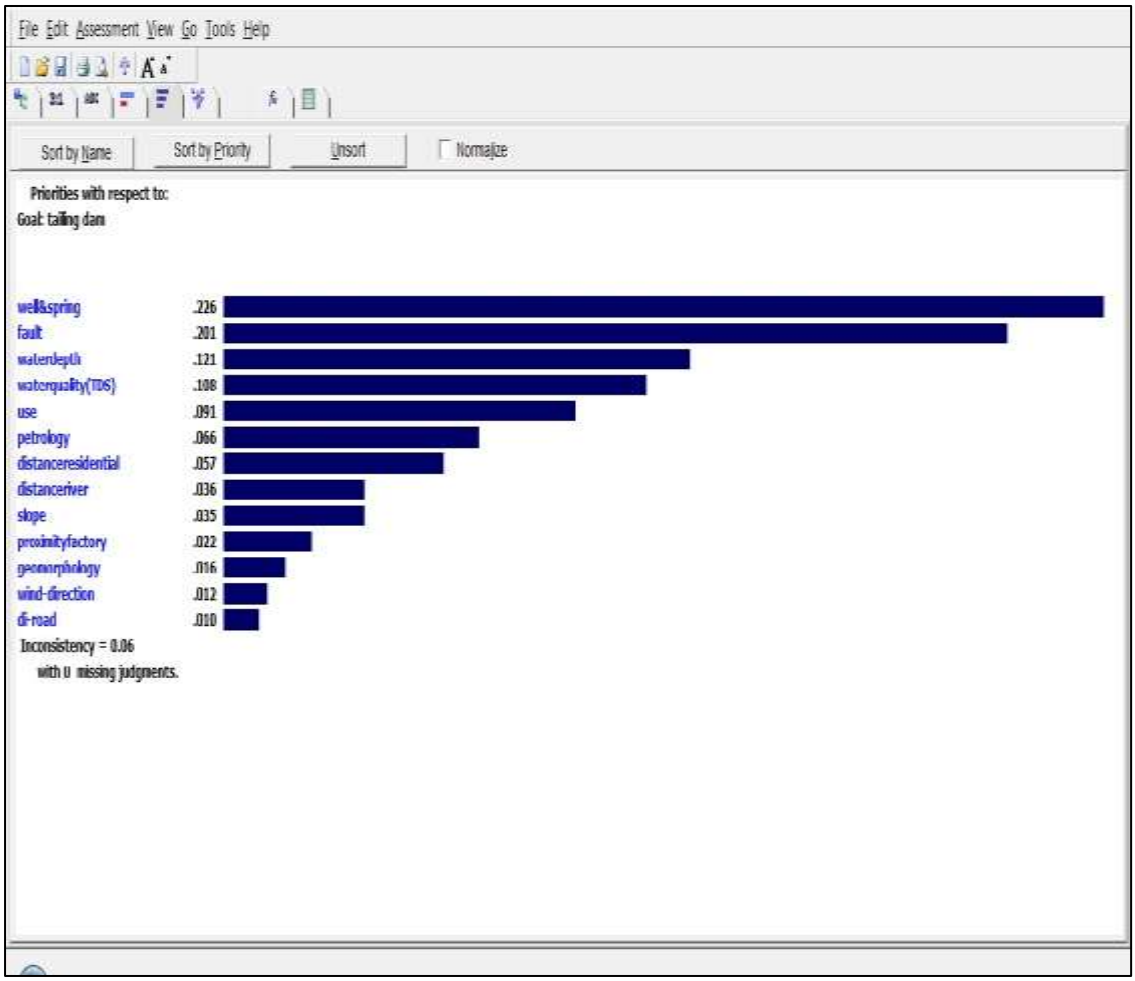
به منظور تسهیل در فرآیند وزن‌دهی و تلفیق نقشه‌ها با ترکیب رودخانه اصلی و فرعی- جاده اصلی و فرعی و راه آهن- مسکونی و کشاورزی- گسل اصلی و فرعی و به‌دست آمدن معیارهای اصلی در فرآیند مکان‌یابی و با توجه به برخوردار نبودن این معیارها از وزن یکسان، در این مطالعه از روش جامع فرآیند تحلیل سلسله مراتبی *(AHP)* و نرم‌افزار کاربردی *Expert choice 11* استفاده گردید. در مورد وزن‌دهی معیارها همانطور که درشکل ۴-۳۵ مشاهده می‌شود اهمیت هر معیار نسبت به یکدیگر با انجام مقایسه زوجی از امتیاز ۱ تا ۹ طبق پرسشنامه و نظرسنجی از کارشناسان مختلف (پیوست ۱) در نرم‌افزار *Expert choice* اعمال گردید.



	well&sprin	fault	waterdepth	waterquali	use	petrology	distancere	distanceri	slope	proximityfa	geomorph	wind-direc	di-road
well&spring		1.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	9.0
fault			3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	6.0	6.0	7.0	8.0	9.0	9.0
waterdepth				1.0	2.0	3.0	3.0	5.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
waterquality(TDS)					1.0	2.0	3.0	5.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
use						2.0	2.0	4.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
petrology							2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
distanceresidential								3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	7.0
distanceriver									1.0	3.0	4.0	5.0	7.0
slope										2.0	5.0	5.0	7.0
proximityfactory											2.0	3.0	5.0
geomorphology												2.0	3.0
wind-direction													2.0
di-road													

شکل ۴-۳۵: ماتریس مقایسه زوجی معیارها

با مقایسه زوجی بین معیارها وزن نسبی معیارها به‌دست می‌آید. همچنین نرخ ناسازگاری این ماتریس همانطوریکه در شکل ۴-۳۶ دیده می‌شود ۰/۰۶ می‌باشد که کمتر از ۰/۱ (بیشینه نرخ ناسازگاری) است. بنابراین نتایج حاصل از مقایسه‌ها قابل قبول است.



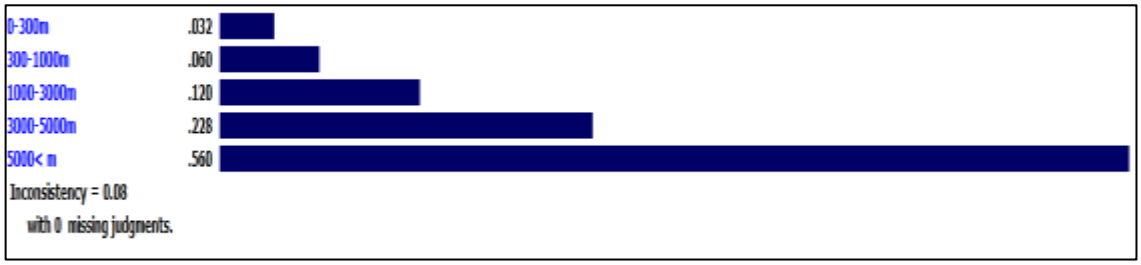
شکل ۴-۳۶: نمودار وزن‌دهی معیارهای اصلی

پس از آن و با استفاده از همین روش مقایسه زوجی بین رده‌های مربوط به هر معیار نیز انجام گرفت و وزن نسبی هر رده مشخص گردید (پیوست۲). نرخ ناسازگاری کلیه ماتریسهای مقایسه زوجی به میزان مطلوب است. جدول‌ها (۱۸ تا ۳۰) و شکل‌های (۳۷ تا ۴۹) مربوط به هر معیار به روش *AHP* و نرم‌افزار *Expert choice* در زیر آورده شده است.

۴-۴-۱- زیر معیار فاصله از چاه، چشمه و قنات

جدول ۴-۱۸: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از چاه

	0-300m	300-1000m	1000-3000m	3000-5000m	5000< m
0-300m		3.0	5.0	7.0	9.0
300-1000m			3.0	5.0	7.0
1000-3000m				3.0	5.0
3000-5000m					5.0
5000< m	Incon: 0.08				

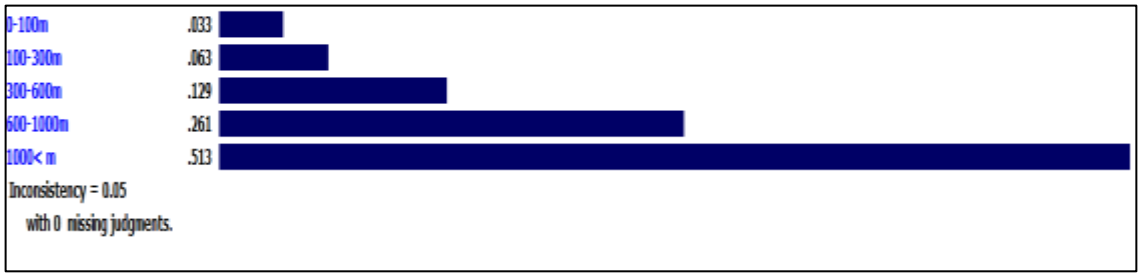


شکل ۴-۳۷: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از چاه

۴-۴-۲- زیر معیار فاصله از گسل

جدول ۴-۱۹: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از گسل

	0-100m	100-300m	300-600m	600-1000m	1000< m
0-100m		3.0	5.0	7.0	9.0
100-300m			3.0	5.0	7.0
300-600m				3.0	5.0
600-1000m					3.0
1000< m	Incon: 0.05				

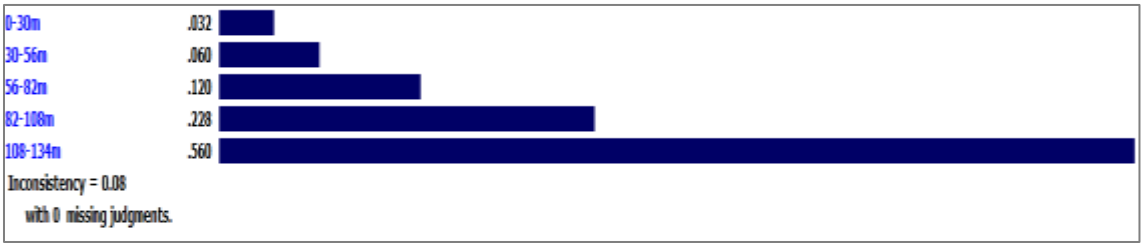


شکل ۴-۳۸: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از گسل

۴-۴-۳- زیر معیار عمق سطح آب زیرزمینی

جدول ۴-۲۰: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار عمق سطح آب زیرزمینی

	0-30m	30-56m	56-82m	82-108m	108-134m
0-30m		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
30-56m			(3.0)	(5.0)	(7.0)
56-82m				(3.0)	(5.0)
82-108m					(5.0)
108-134m	Incon: 0.08				



شکل ۴-۳۹: نمودار وزن دهی مربوط به معیار عمق سطح آب

۴-۴-۴- زیر معیار کیفیت آب زیرزمینی

جدول ۴-۲۱: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار کیفیت آب زیرزمینی

	0-500mg/l	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000< mg/l
0-500mg/l		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
500-1000mg/l			(3.0)	(5.0)	(7.0)
1000-2000mg/l				(5.0)	(7.0)
2000-4000mg/l					(3.0)
4000< mg/l	Incon: 0.09				

شکل ۴-۴۰: نمودار وزن دهی مربوط به معیار کیفیت آب زیرزمینی

۴-۴-۵- زیر معیار کاربری اراضی

جدول ۴-۲۲: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار کاربری اراضی

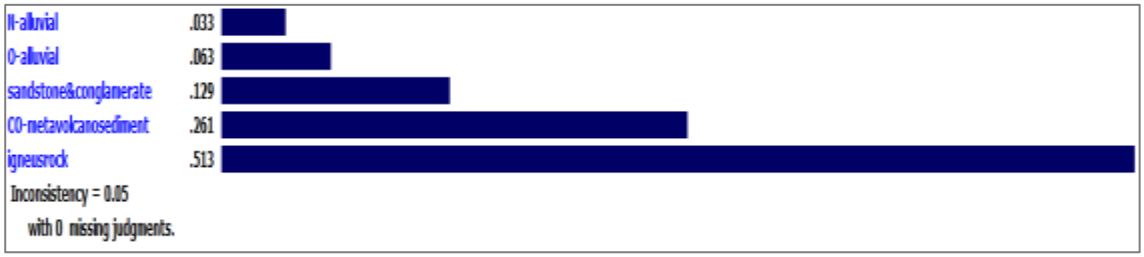
	residential	industrial	mine(mountain)	mine(alluvial)	freeplain
residential		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
industrial			(3.0)	(6.0)	(8.0)
mine(mountain)				(3.0)	(6.0)
mine(alluvial)					(3.0)
freeplain	Incon: 0.06				

شکل ۴-۴۱: نمودار وزن دهی مربوط به معیار کاربری اراضی

۴-۴-۶- زیر معیار سنگ شناسی

جدول ۴-۲۳: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار سنگ شناسی

	N-alluvial	O-alluvial	sandstone	CO-metavolcano	igneusrock
N-alluvial		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
O-alluvial			(3.0)	(5.0)	(7.0)
sandstone&conglamerate				(3.0)	(5.0)
CO-metavolcanosediment					(3.0)
igneusrock	Incon: 0.05				



شکل ۴-۴۲: نمودار وزن دهی مربوط به معیار سنگ شناسی

۴-۴-۷- زیر معیار فاصله از محل مسکونی

جدول ۴-۲۴: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از محل مسکونی

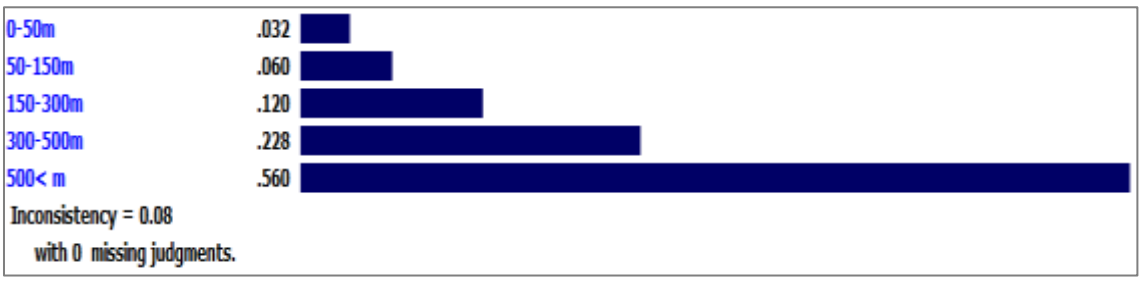
	0-1k	1-3k	3-6k	6-10k	10< k
0-1k		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
1-3k			(3.0)	(5.0)	(7.0)
3-6k				(4.0)	(6.0)
6-10k					(4.0)
10< k	Incon: 0.09				

شکل ۴-۴۳: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از محل مسکونی

۴-۴-۸- زیر معیار فاصله از از رودخانه اصلی و فرعی

جدول ۴-۲۵: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از رودخانه

	0-50m	50-150m	150-300m	300-500m	500< m
0-50m		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
50-150m			(3.0)	(5.0)	(7.0)
150-300m				(3.0)	(5.0)
300-500m					(5.0)
500< m	Incon: 0.08				

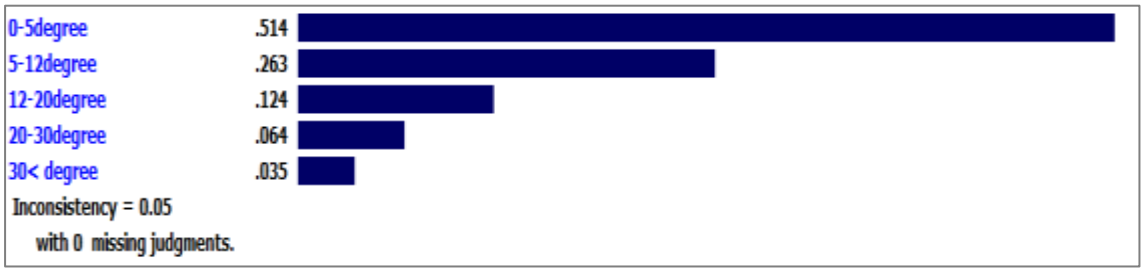


شکل ۴-۴۴: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از رودخانه

۴-۴-۹- زیر معیار شیب

جدول ۴-۲۶: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار شیب

	0-5degree	5-12degree	12-20degree	20-30degree	30< degree
0-5degree		3.0	5.0	7.0	9.0
5-12degree			3.0	5.0	7.0
12-20degree				3.0	4.0
20-30degree					3.0
30< degree	Incon: 0.05				

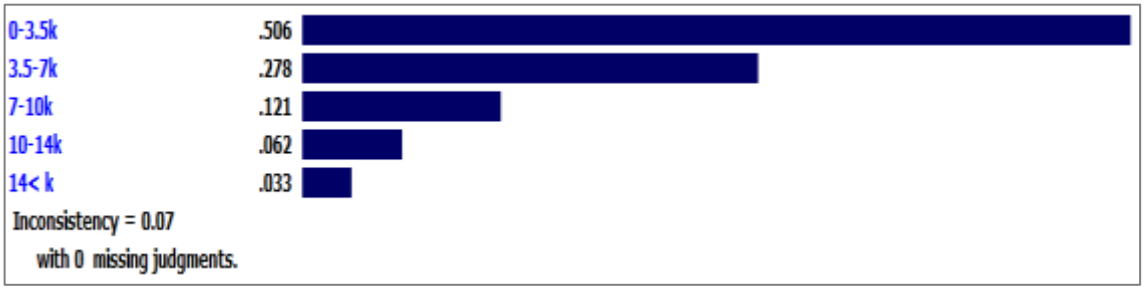


شکل ۴-۴۵: نمودار وزن دهی مربوط به معیار شیب

۴-۴-۱۰- زیر معیار نزدیکی به طرحهای توسعه‌ای

جدول ۴-۲۷: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار نزدیکی به طرحهای توسعه‌ای

	0-3.5k	3.5-7k	7-10k	10-14k	14< k
0-3.5k		3.0	5.0	7.0	9.0
3.5-7k			4.0	5.0	7.0
7-10k				3.0	5.0
10-14k					3.0
14< k	Incon: 0.07				



شکل ۴-۴۶: نمودار وزن دهی مربوط به معیار نزدیکی به طرحهای توسعه‌ای

۴-۴-۱۱- زیر معیار ریخت شناسی

جدول ۴-۲۸: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار ریخت شناسی

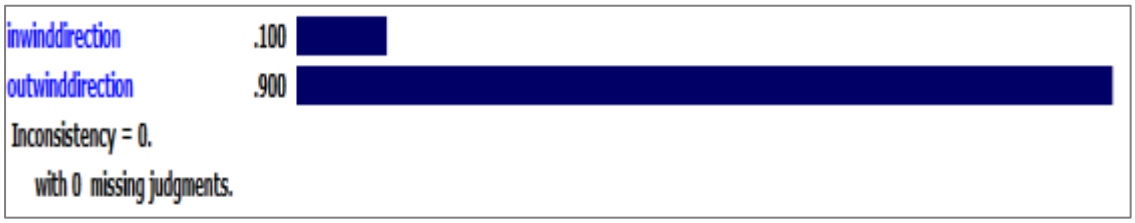
	mountain	highhill	foothill	flat plain	slopyplain
mountain		(3.0)	(5.0)	(7.0)	(9.0)
highhill			(2.0)	(6.0)	(7.0)
foothill				(5.0)	(6.0)
flat plain					(2.0)
slopyplain	Incon: 0.06				

شکل ۴-۴۷: نمودار وزن دهی مربوط به معیار ریخت شناسی

۴-۴-۱۲- زیر معیار جهت باد

جدول ۴-۲۹: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار باد

	inwinddirection	outwinddirection
inwinddirection		(9.0)
outwinddirection	Incon: 0.00	



شکل ۴-۴۸: نمودار وزن دهی مربوط به معیار باد

۴-۴-۱۳- زیر معیار فاصله از جاده اصلی، فرعی و راه آهن

جدول ۴-۳۰: ماتریس مقایسه زوجی مربوط به معیار فاصله از جاده-راه آهن

	0-120m	120-500m	500-1000m	1000-3000m	3000< m
0-120m		(3.0)	(5.0)	(6.0)	(7.0)
120-500m			(3.0)	(4.0)	(5.0)
500-1000m				(2.0)	(3.0)
1000-3000m					1.0
3000< m	Incon: 0.03				

شکل ۴-۴۹: نمودار وزن دهی مربوط به معیار فاصله از جاده-راه آهن

۴-۵- وزن دهی نهایی

همانطور که دیده شد هر کدام از معیارها و زیر معیارها دارای وزن مشخصی گردیدند. برای به‌دست آمدن وزن نهایی، از حاصل ضرب وزن هر معیار در وزن رده‌های آن استفاده می‌شود. در نهایت با محاسبه مجموع وزن نهایی و تقسیم هر وزن نهایی بر مجموع وزن نهایی، وزن نرمال هر رده محاسبه می‌شود (جدول۴-۳۱).

جدول ۴-۳۱: وزن دهی لایه های اطلاعاتی

معیار	زیر معیار(رده)	اولویت	رده بندی	وزن معیار	وزن رده	وزن نهایی	وزن نرمال شده	اختلاف
فاصله از چاه، چشمه، قنات (m)	۳۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۲۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۰۷۲۳	۰/۰۰۷۲۳	۰/۰۰۰۰۱
	۱۰۰۰-۳۰۰	۲	نامناسب		۰/۰۶۰	۰/۰۱۳۵۶	۰/۰۱۳۵۵	۰/۰۰۰۰۱
	۳۰۰۰-۱۰۰۰	۳	متوسط		۰/۱۲۰	۰/۰۲۷۱۲	۰/۰۲۷۱۰	۰/۰۰۰۰۲
	۵۰۰۰-۳۰۰۰	۴	مناسب		۰/۲۲۸	۰/۰۵۱۵۳	۰/۰۵۱۴۸	۰/۰۰۰۰۵
	۵۰۰۰<	۵	بسیار مناسب		۰/۵۶۰	۰/۱۲۶۵۶	۰/۱۲۶۴۵	۰/۰۰۰۱۱
فاصله از گسل (m)	۱۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۲۰۱	۰/۰۳۳	۰/۰۰۶۶۳	۰/۰۰۶۶۳	۰/۰۰۰۰۱
	۳۰۰-۱۰۰	۲	نامناسب		۰/۰۶۳	۰/۰۱۲۶۶	۰/۰۱۲۶۵	۰/۰۰۰۰۱
	۶۰۰-۳۰۰	۳	متوسط		۰/۱۲۹	۰/۰۲۵۹۳	۰/۰۲۵۹۱	۰/۰۰۰۰۲
	۱۰۰۰-۶۰۰	۴	مناسب		۰/۲۶۱	۰/۰۵۲۴۶	۰/۰۵۲۴۱	۰/۰۰۰۰۵
	۱۰۰۰<	۵	بسیار مناسب		۰/۵۱۳	۰/۱۰۳۱۱	۰/۱۰۳۰۲	۰/۰۰۰۰۹
سطح آب زیرزمینی (m)	۳۰-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۱۲۱	۰/۰۳۲	۰/۰۰۳۸۷	۰/۰۰۳۸۷	۰/۰۰۰۰۰
	۵۶-۳۰	۲	نامناسب		۰/۰۶۰	۰/۰۰۷۲۶	۰/۰۰۷۲۵	۰/۰۰۰۰۱
	۸۲-۵۶	۳	متوسط		۰/۱۲۰	۰/۰۱۴۵۲	۰/۰۱۴۵۱	۰/۰۰۰۰۱
	۱۰۸-۸۲	۴	مناسب		۰/۲۲۸	۰/۰۲۷۵۹	/۰۲۷۵۶	۰/۰۰۰۰۲
	۱۳۴-۱۰۸	۵	بسیار مناسب		۰/۵۶۰	۰/۰۶۷۷۶	۰/۰۶۷۷۰	۰/۰۰۰۰۶
TDS mg/l	۵۰۰-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۱۰۸	۰/۰۳۲	۰/۰۰۳۴۶	۰/۰۰۳۴۵	۰/۰۰۰۰۰
	۱۰۰۰-۵۰۰	۲	نامناسب		۰/۰۶۰	۰/۰۰۶۴۸	۰/۰۰۶۴۷	۰/۰۰۰۰۱
	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۳	متوسط		۰/۱۰۷	۰/۰۱۱۵۶	۰/۰۱۱۵۵	۰/۰۰۰۰۱
	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۴	مناسب		۰/۲۸۰	۰/۰۳۰۲۴	۰/۰۳۰۲۱	۰/۰۰۰۰۳
	>۴۰۰۰	۵	بسیار مناسب		۰/۵۲۲	۰/۰۵۶۳۸	۰/۰۵۶۳۲	۰/۰۰۰۰۵
کاربری	مسکونی	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۹۱	۰/۰۳۳	۰/۰۰۳۰۰	۰/۰۰۳۰۰	۰/۰۰۰۰۰
	صنعتی واداری	۲	نامناسب		۰/۰۵۸	۰/۰۰۵۲۸	۰/۰۰۵۲۷	۰/۰۰۰۰۰
	معدنی(کوهستان)	۳	متوسط		۰/۱۲۰	۰/۰۱۰۹۲	۰/۰۱۰۹۱	۰/۰۰۰۰۱
	معدنی(پلاسر)	۴	مناسب		۰/۲۶۱	۰/۰۲۳۷۵	۰/۰۲۳۷۳	۰/۰۰۰۰۲
	دشت آزاد	۵	بسیار مناسب		۰/۵۲۹	/۰۴۸۱۴	۰/۰۴۸۱۰	۰/۰۰۰۰۴

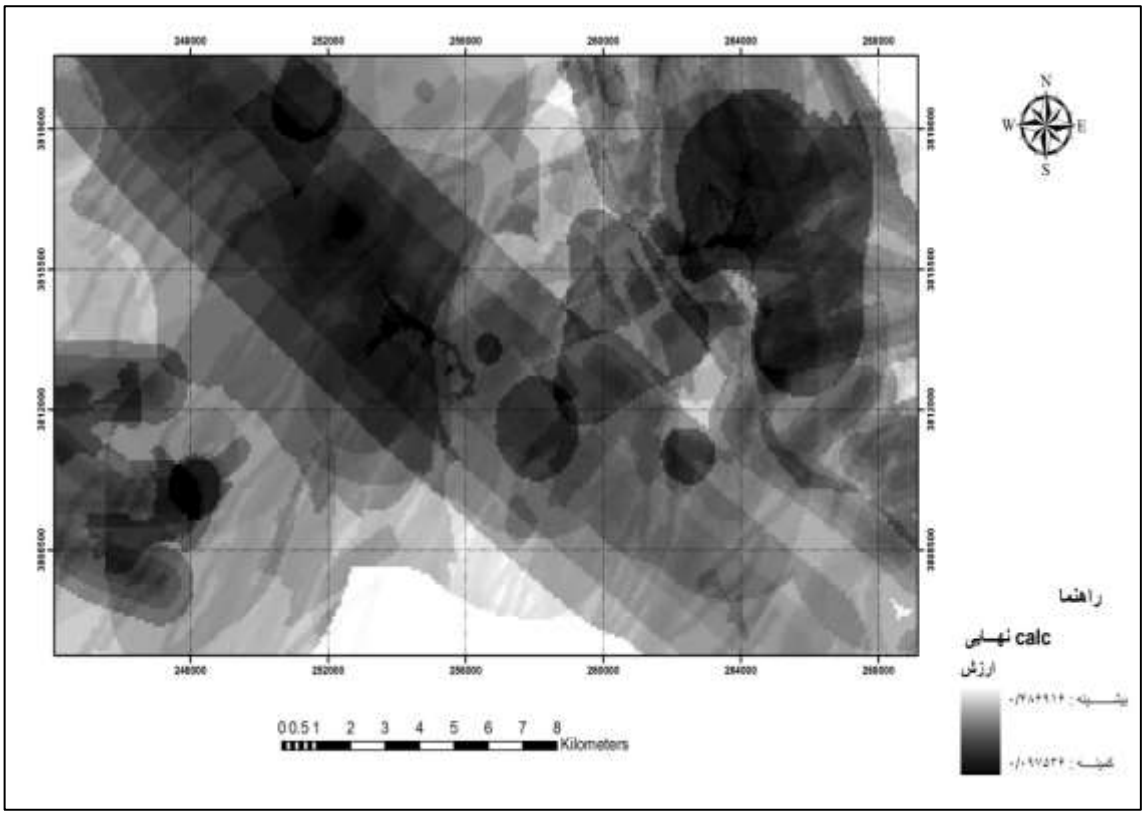
معیار	زیر معیار(رده)	اولویت	رده بندی	وزن معیار	وزن رده	وزن نهایی	وزن نرمال شده	اختلاف
سنگ شناسی (جنس زمین)	آبرفت جدید	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۶۶	۰/۰۳۳	۰/۰۰۲۱۸	۰/۰۰۲۱۸	۰/۰۰۰۰۰
	آبرفت قدیم	۲	نامناسب		۰/۰۶۳	۰/۰۰۴۱۶	۰/۰۰۴۱۵	۰/۰۰۰۰۰
	کنگلومرا	۳	متوسط		۰/۱۲۹	۰/۰۰۸۵۱	۰/۰۰۸۵۱	۰/۰۰۰۰۱
	متا ولکانو سدیمنت	۴	مناسب		۰/۲۶۱	۰/۰۱۷۲۳	۰/۰۱۷۲۱	۰/۰۰۰۰۲
	آذرین	۵	بسیار مناسب		۰/۵۱۳	۰/۰۳۳۸۶	۰/۰۳۳۸۳	۰/۰۰۰۰۳
فاصله از محل مسکونی (km)	۱-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۵۷	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱۸۲	۰/۰۰۱۸۲	۰/۰۰۰۰۰
	۳-۱	۲	نامناسب		۰/۰۶۰	۰/۰۰۳۴۲	۰/۰۰۳۴۲	۰/۰۰۰۰۰
	۶-۳	۳	متوسط		۰/۱۱۲	۰/۰۰۶۳۸	۰/۰۰۶۳۸	۰/۰۰۰۰۱
	۱۰-۶	۴	مناسب		۰/۲۵۲	۰/۰۱۴۳۶	۰/۰۱۴۳۵	۰/۰۰۰۰۱
	۱۰<	۵	بسیار مناسب		۰/۵۴۴	۰/۰۳۱۰۱	۰/۰۳۰۹۸	۰/۰۰۰۰۳
فاصله از رودخانه (m)	۵۰-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱۱۵	۰/۰۰۱۱۵	۰/۰۰۰۰۰
	۱۵۰-۵۰	۲	نامناسب		۰/۰۶۰	۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۰۰۰۰
	۳۰۰-۱۵۰	۳	متوسط		۰/۱۲۰	۰/۰۰۴۳۲	۰/۰۰۴۳۲	۰/۰۰۰۰۰
	۵۰۰-۳۰۰	۴	مناسب		۰/۲۲۸	۰/۰۰۸۲۱	۰/۰۰۸۲۰	۰/۰۰۰۰۱
	۵۰۰<	۵	بسیار مناسب		۰/۵۶۰	۰/۰۲۰۱۶	۰/۰۲۰۱۴	۰/۰۰۰۰۲
شیب زمین (درجه)	۵-۰	۱	بسیار مناسب	۰/۰۳۵	۰/۵۱۴	۰/۰۱۷۹۹	۰/۰۱۷۹۷	۰/۰۰۰۰۲
	۱۰-۵	۲	مناسب		۰/۲۶۳	۰/۰۰۹۲۱	/۰۰۹۲۰	۰/۰۰۰۰۱
	۲۰-۱۰	۳	متوسط		۰/۱۲۴	۰/۰۰۴۳۴	۰/۰۰۴۳۴	۰/۰۰۰۰۰
	۳۰-۲۰	۴	نامناسب		۰/۰۶۴	۰/۰۰۲۴۴	۰/۰۰۲۲۴	۰/۰۰۰۰۰
	۳۰<	۵	بسیار نامناسب		۰/۰۳۵	۰/۰۰۱۲۳	۰/۰۰۱۲۲	۰/۰۰۰۰۰
نزدیکی به طرح های توسعه (m)	۳۵۰۰-۰	۱	بسیار مناسب	۰/۰۲۲	۰/۵۰۶	۰/۰۱۱۱۳	۰/۰۱۱۱۲	۰/۰۰۰۰۱
	۷۰۰۰-۳۵۰۰	۲	مناسب		۰/۲۷۸	۰/۰۰۶۱۲	۰/۰۰۶۱۱	۰/۰۰۰۰۱
	۱۰۰۰۰-۷۰۰۰	۳	متوسط		۰/۱۲۱	۰/۰۰۲۶۶	۰/۰۰۲۶۶	۰/۰۰۰۰۰
	۱۴۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴	نامناسب		۰/۰۶۲	۰/۰۰۱۳۶	۰/۰۰۱۳۶	۰/۰۰۰۰۰
	۱۴۰۰۰<	۵	بسیار نامناسب		۰/۰۳۳	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۰۰۰

معیار	زیر معیار(رده)	اولویت	رده بندی	وزن معیار	وزن رده	وزن نهایی	وزن نرمال شده	اختلاف
مورفولوژی	کوهستان	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۱۶	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۰۰
	تپه مرتفع	۲	نامناسب		۰/۰۶۴	۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۰۰۰
	تپه ماهور	۳	متوسط		۰/۱۰۳	۰/۰۰۱۶۵	۰/۰۰۱۶۵	۰/۰۰۰۰۰
	دشت مسطح	۴	مناسب		۰/۳۲۴	۰/۰۰۵۱۸	۰/۰۰۵۱۸	۰/۰۰۰۰۰
	دشت شیب دار	۵	بسیار مناسب		۰/۴۷۵	۰/۰۰۷۶۰	۰/۰۰۷۵۹	۰/۰۰۰۰۱
جهت باد	همراستای باد	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۱۲	۰/۱۰۰	۰/۰۰۱۲۰	/۰۰۱۲۰	۰/۰۰۰۰۰
	غیرهمراستا باد	۲	بسیار مناسب		۰/۹۰۰	۰/۰۱۰۸۰	۰/۰۱۰۷۹	۰/۰۰۰۰۱
فاصله از جاده، خط آهن (m)	۱۲۰-۰	۱	بسیار نامناسب	۰/۰۱	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰
	۵۰۰-۱۲۰	۲	نامناسب		۰/۰۸۲	۰/۰۰۰۸۲	۰/۰۰۰۸۲	۰/۰۰۰۰۰
	۱۰۰۰-۵۰۰	۳	متوسط		۰/۱۷۹	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۰۰۰
	۳۰۰۰-۱۰۰۰	۴	مناسب		۰/۳۱۹	/۰۰۳۱۹	۰/۰۰۳۱۹	۰/۰۰۰۰۰
	۳۰۰۰<	۵	بسیار مناسب		۰/۳۷۸	۰/۰۰۳۷۸	۰/۰۰۳۷۸	۰/۰۰۰۰۰
مجموع				۱/۰۰۱	۱۲/۹۹۸	۱/۰۰۰۹۱	۱/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۹۱

۴-۶- نحوه وزن‌دهی و همپوشانی لایه ها

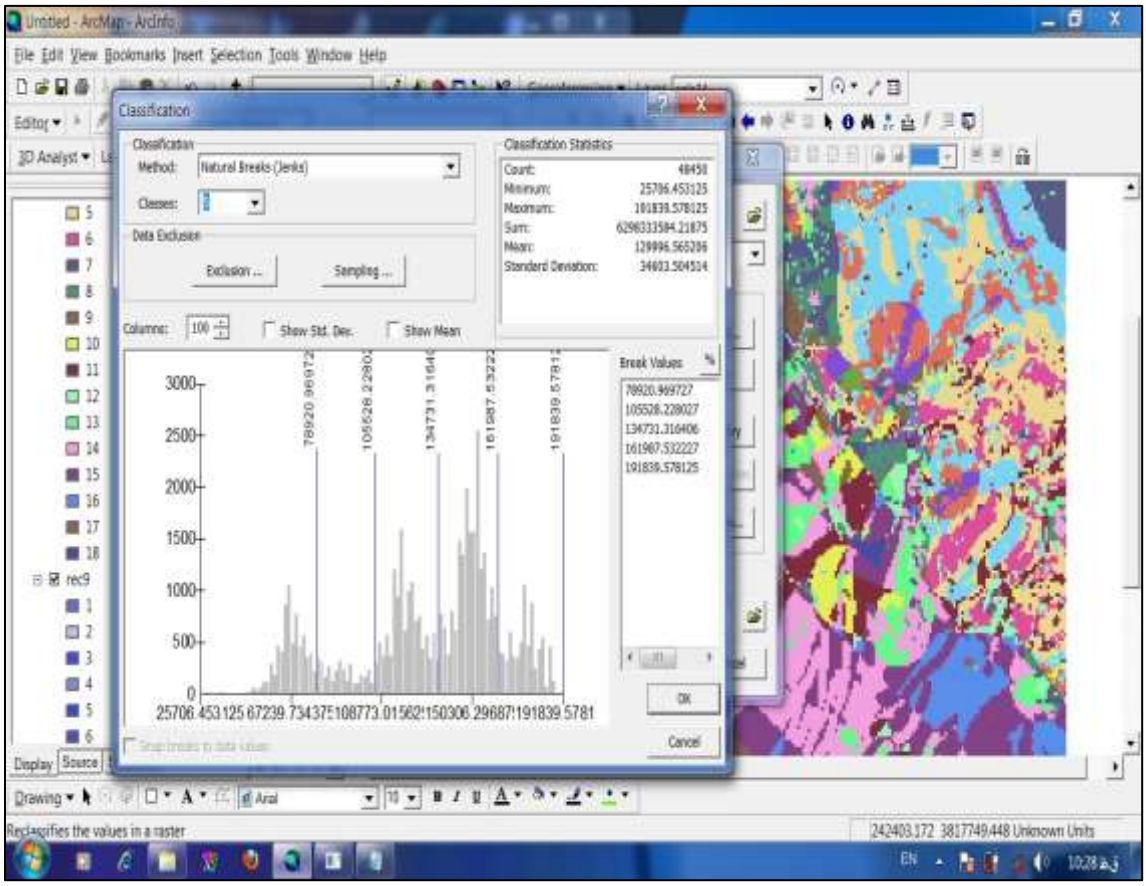
همانطور که در جدول (۴-۳۱) قبل مشخص است، مهمترین معیارها عبارتند از فاصله از گسل، چاه، کیفیت و عمق آب زیرزمینی است. چرا که بیشترین امتیازها به زیر معیار آنها تعلق گرفته است. برای وارد کردن این وزنها در نقشه‌های رقومی پس از آن که نقشه رقومی شد، هر معیار در نرم‌افزار *Arc view* به‌وسیله دستور *Map calculator* وزن‌دهی و تلفیق گردید. بر این اساس نقشه کالک (*Calc*) تلفیقی به‌دست می‌آید که مجموع امتیاز کمینه ۰/۰۹۷۵ تا بیشینه ۰/۴۸۶۹ است (شکل۴-۵۰).

در این مرحله نقشه منطقه براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسلها (شکل ۴-۵۱) مطابق آنچه در شکل ۴-۵۲ مشاهده می‌شود، در ۹ کلاس و سپس در ۵ سطح اصلی طبقه‌بندی شد، که شامل رده‌های بسیار نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و بسیار مناسب است (شکل ۴-۵۳).

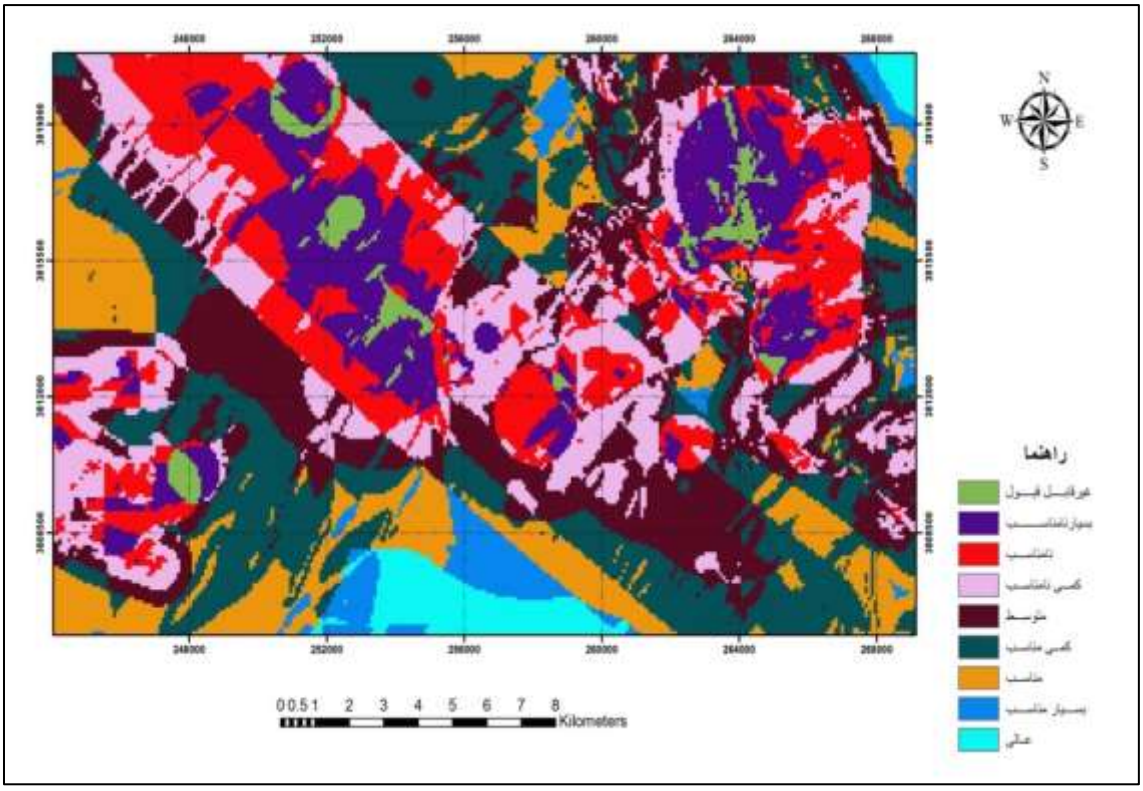


شکل ۴-۵۰: نقشه مقایسه ای همپوشانی لایه های اطلاعاتی

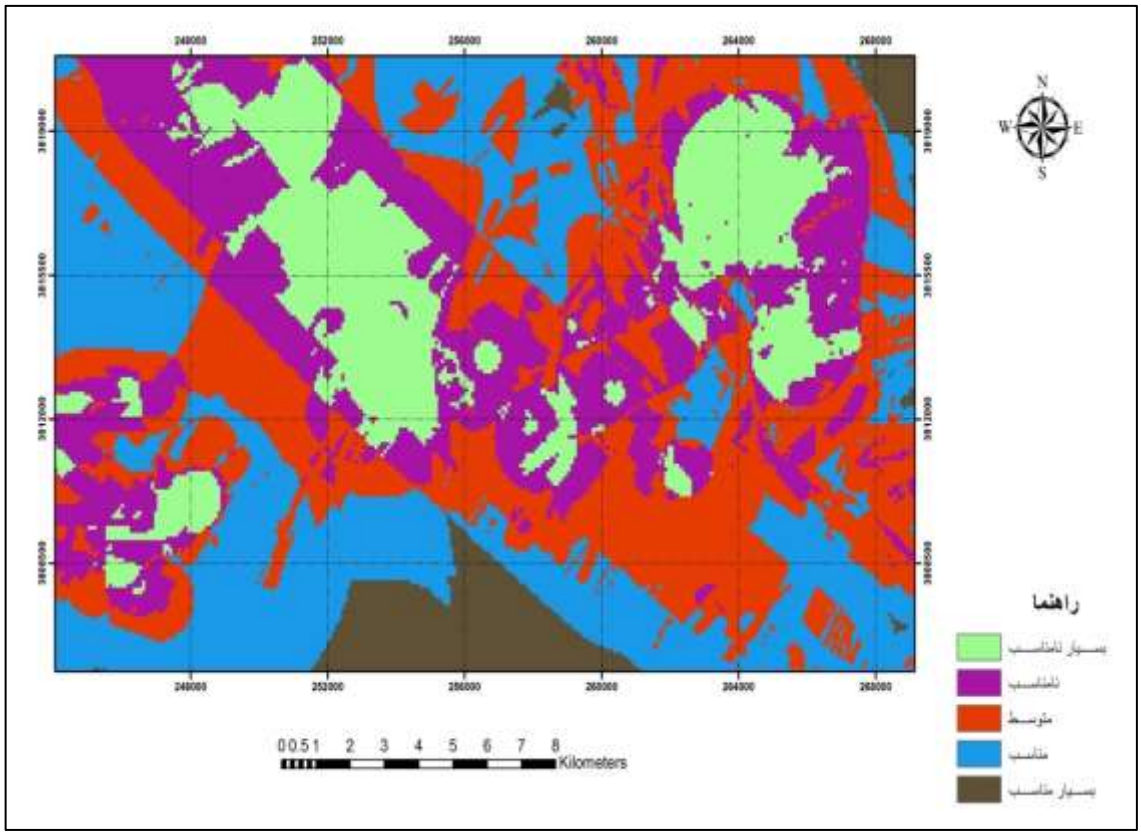
پس از آن نمودار منطقه طبقه‌بندی شده (بر اساس مساحت اشغالی) تهیه گردید (شکل ۴-۵۴). در نهایت مناطقی به مساحت تقریبی ۵۹/۵ کیلومترمربع بسیار نامناسب، ۸۶/۵ کیلومترمربع نامناسب، ۱۱۱ کیلومترمربع متوسط، ۹۹ کیلومترمربع مناسب و ۲۰ کیلومترمربع بسیار مناسب، جهت احداث سد باطله تشخیص در محدوده مورد نظر داده شدند.



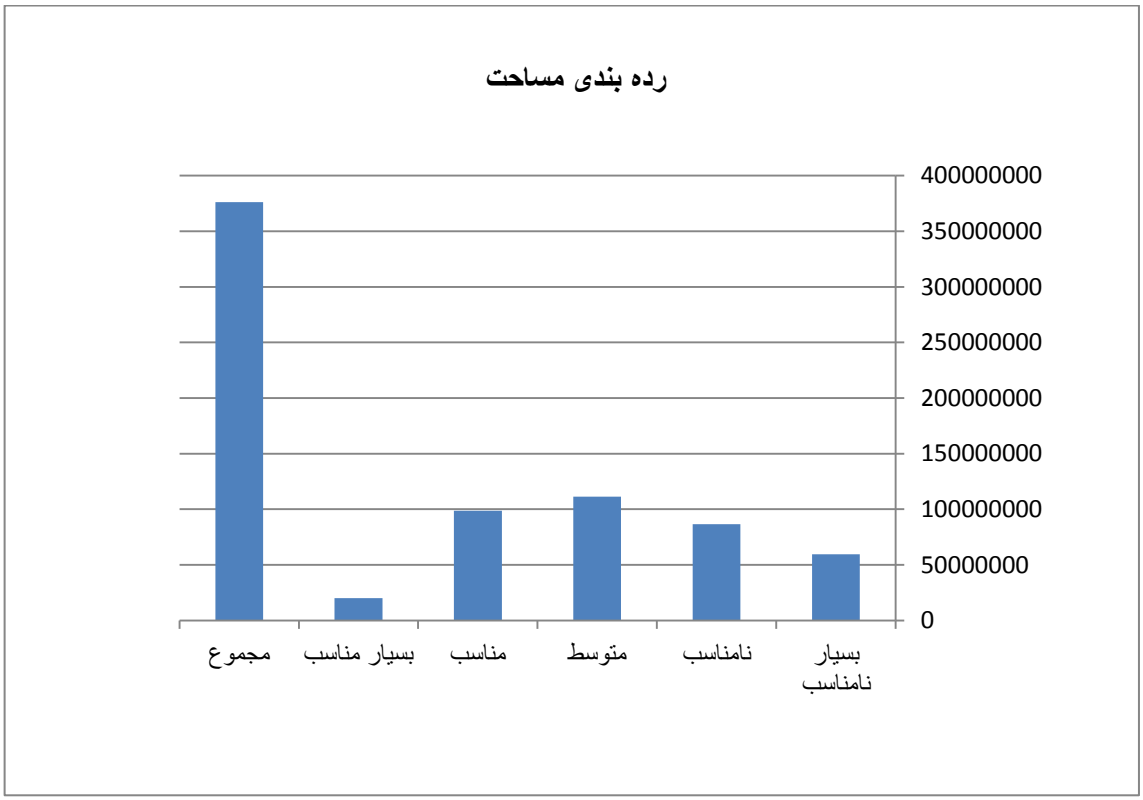
شکل ۴-۵۱: نمودار طبقه بندی به روش نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی



شکل ۴-۵۲: نقشه پهنه بندی ۹ طبقه‌ای لایه‌های اطلاعاتی

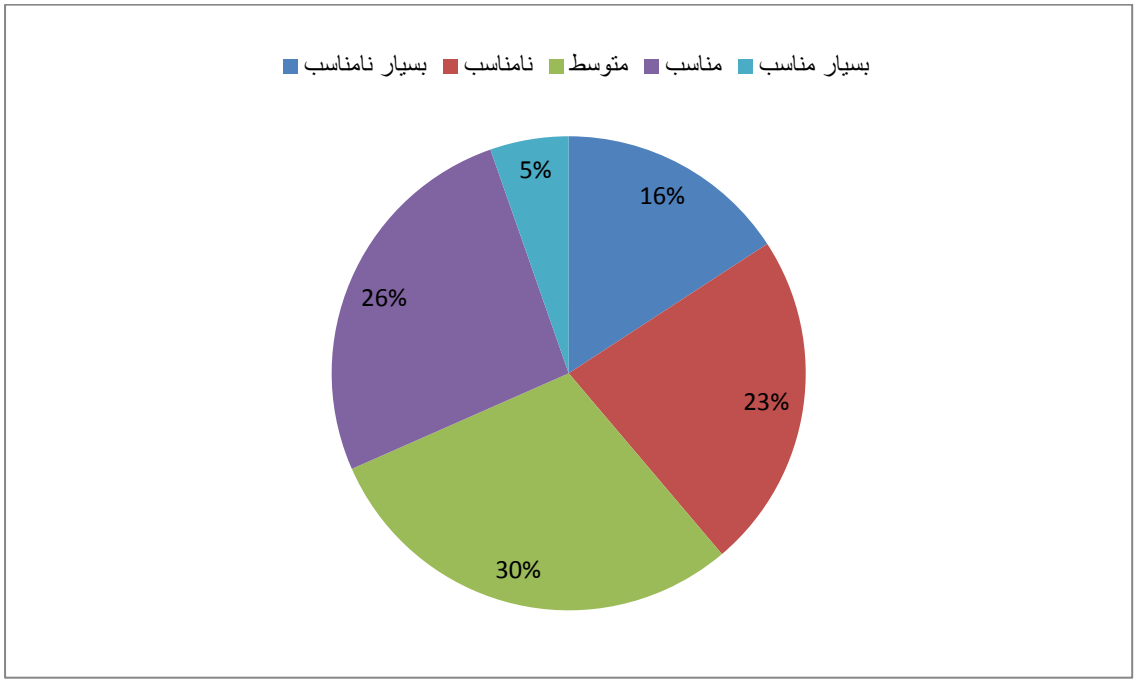


شکل ۴-۵۳: نقشه پهنه بندی لایه‌های اطلاعاتی



شکل ۴-۵۴: نمودار کلاس‌بندی مناطق بر اساس مساحت

در آخرین مرحله درصد مساحت اشغالی برای کل منطقه در پنج کلاس تعیین شده بر روی نمودار دایره‌ای (شکل ۴-۵۵) نشان داده شد. همان‌گونه که در شکل مذکور مشخص است کلاس بسیار مناسب که بهترین محل برای احداث سد است تنها ۵ درصد و کلاس مناسب ۲۶ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود.



شکل ۴-۵۵: نمودار طبقه بندی مناطق بر حسب درصد مساحت اشغالی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری

و

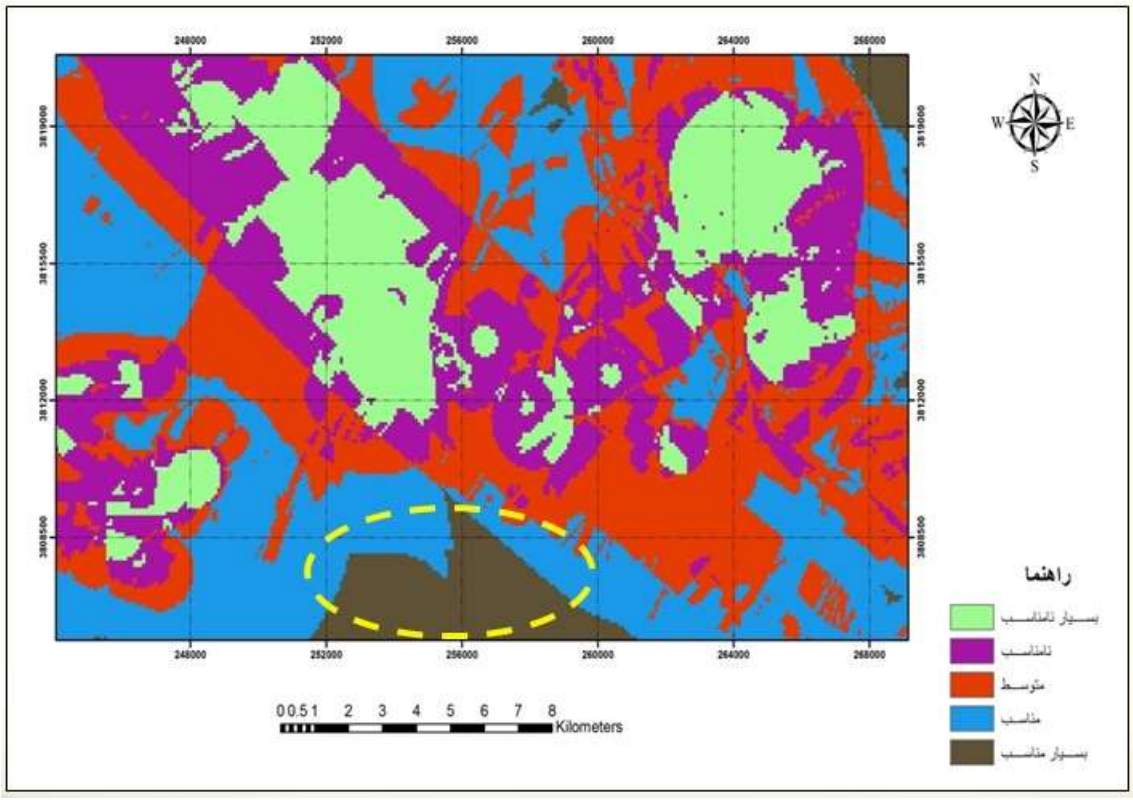
پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری

با توجه به اینکه مطالعه مکان‌یابی محل یک سد باطله از جهات گوناگون از قبیل فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی حائز اهمیت است، لذا عوامل زیادی وجود دارند که در تصمیم گیری برای انتخاب محل مؤثر هستند. انتخاب محل بهینه نیاز به شناخت معیارهای مؤثر دارد تا از امکانات و تواناییهای مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوب به‌عمل آید. این معیارها در این مطالعه شامل: فاصله از کارخانه‌های فرآوری و گندله (طرحهای توسعه‌ای)، چاه‌های آب، مناطق مسکونی و کشاورزی، گسلها و خطواره‌ها، رودخانه و آبراهه‌ها، جاده‌ها، کاربری اراضی، مورفولوژی، پترولوژی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، شیب زمین و جهت باد می‌باشند. انتخاب این معیارها و در نتیجه تعداد لایه‌های اطلاعاتی، تصمیم گیری را به سمت سامانه‌هایی سوق داد که علاوه بر دقت بالا، از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد، لذا به علت قابلیت بالای تکنولوژی سامانه اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) و روش سلسله مراتبی (*AHP*) در مدیریت و تحلیل لایه‌ها از این سامانه‌ها و نرم‌افزارهای *Arc View* - *Arc Map* و *Expert choice* برای مکان‌یابی سد باطله مجتمع سنگان بهره‌برداری گردید.

در این مطالعه، با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصین معدنی، بیشترین امتیازات به منظور وزن‌دهی (جهت مکان‌یابی) به فاصله از چاه، گسل، عمق زیاد چاه و کیفیت بد آبهای زیرزمینی و پس از آنها به کاربری و جنس زمین، شیب، فاصله از مناطق مسکونی و آبراهه‌ها و در نهایت به نزدیکی به کارخانه، مورفولوژی، جهت باد غالب و فاصله از جاده تعلق گرفت. پس از تلفیق داده‌ها و نقشه‌ها پهنه-بندی صورت گرفت که بر اساس پارامترهای موثر در مکان‌یابی منطقه، منطقه مذکور به پنج رده بسیار نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و بسیار مناسب تقسیم شد. کل مساحت در نظر گرفته شده در حدود ۳۷۰ کیلومتر مربع است که پس از پهنه بندی، حدود تقریبی ۵۹/۵ کیلومتر مربع در محدوده بسیار نامناسب، ۸۶/۵ کیلومترمربع در محدوده نامناسب، ۱۱۱ کیلومترمربع در محدوده

متوسط، ۹۹ کیلومترمربع در محدوده مناسب و ۲۰ کیلومترمربع در محدوده بسیار مناسب قرار گرفتند. در نهایت محدوده‌ای به مساحت ۱۶ کیلومترمربع در جنوب منطقه انتخاب گردید (شکل ۵-۱). از امتیازات این منطقه مساحت مناسب و فاصله قابل قبول از طرحهای توسعه مجتمع سنگ آهن سنگان است. مختصات محدوده ایده‌آل جهت احداث سد باطله به‌طور تقریبی بین عرضهای جغرافیایی ۳۸۰۵۸۰۰-۳۸۰۸۵۰۰ و طولهای جغرافیایی ۲۶۰۰۰۰-۲۵۲۰۰۰ قرار می‌گیرد.



شکل ۵-۱: موقعیت محدوده انتخاب شده در نقشه پهنه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی

در فرآیند مکان‌یابی سد باطله از معیارهایی جهت انتخاب بهترین مکان برای احداث سد استفاده گردید که نتایج به دست آمده از این معیارها عبارتند از:

۵-۱-۱- معیار گسل

بر اساس این مطالعه یک گسل اصلی به نام گسل خواف از منطقه سنگان عبور می‌کند که شعبه‌ای از گسل بزرگ درونه می‌باشد. این گسل از شمال منطقه وارد می‌شود و از جنوب شرقی آن خارج می‌گردد. طبق مکان‌یابی این مطالعه تعیین شده جهت احداث سد باطله، کمترین فاصله محل سد باطله نسبت به گسل اصلی ۳ کیلومتر است و در محدوده بسیار مناسب نسبت به گسلها قرار می‌گیرد. در نتیجه در مواقع حرکت گسلها (نسبت به سایر مکانها) کمترین آسیب به سد احداث شده وارد می‌شود.

۵-۱-۲- معیار چاه

چاهها و قناتها به جز مناطقی در بخش اعظم منطقه مورد مطالعه یافت می‌شوند. برای هر چه دور شدن از آنها جهت جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی باید به جنوب یا شمال شرق ناحیه نزدیک‌تر شد. مکان تعیین شده نهایی در بخش مناسب و بسیار مناسب نسبت به چاه‌ها و قنات‌ها قرار می‌گیرد.

۵-۱-۳- معیار کارخانه‌های فرآوری و گندله

همانطور که ملاحظه شد محل کارخانه‌های طرح توسعه در یک مکان متمرکز تقریبا در مرکز رو به شمال شرقی منطقه تحت مطالعه قرار دارد که طبق معیارهای اقتصادی هر چه به آن نزدیک‌تر باشیم، حمل ونقل باطله‌ها با هزینه کمتری انجام می‌گیرد. در این مطالعه محل مورد نظر با فاصله ۵ کیلومتری نسبت به مکان طرحهای توسعه‌ای در بخش مناسب و متوسط قرار می‌گیرد.

۵-۱-۴- معیار مناطق مسکونی

بخش مسکونی این ناحیه که از سه منطقه جداگانه (سنگان، برآباد، گوریاب) تشکیل شده است، به همراه باغات و زمینهای کشاورزی در میانه و جنوب غربی آن قرار دارند. مکان احداث سد در حدود ۳ کیلومتر نسبت به مناطق مسکونی فاصله دارد و در بخش مناسب و متوسط طبقه‌بندی قرار گرفته است.

۵-۱-۵- معیار رودخانه و آبراهه‌ها

در این منطقه رودخانه وآبراهه دائمی وجود ندارد ولی آبراهه‌های موقت و فصلی در اکثر مساحت منطقه (به ویژه در جنوب) پراکنده هستند. طبق پهنه بندی نهایی مکان به‌دست آمده در محدوده حریم رودهای فصلی می‌باشد. برای رفع این مشکل ایجاد زهکش وکانالهای انحرافی در بالا دست سد و عایق کاری کف جهت جلوگیری از نفوذ ضروری است.

۵-۱-۶- معیار فاصله از جاده‌ها و راه آهن

جاده‌های اصلی این منطقه، سنگان به خواف - خواف به تایباد و سنگان به معادن می‌باشد و همچنین دو خط راه آهن نیز از قسمت شمالی وارد محدوده شده‌اند و به سمت جنوب شرقی امتداد یافته‌اند. طبق مکان‌یابی انجام شده جهت احداث سد باطله، کم‌ترین فاصله محل سد باطله نسبت به راه اصلی و خط آهن ۳ کیلومتر است. در طبقه بندی راه‌ها (اصلی و فرعی) و راه آهن در محدوده بسیار مناسب قرار می‌گیرد.

۵-۱-۷- معیار جهت باد غالب

یکی از عوامل متفاوت و تاثیر گذار منطقه بادهای طولانی مدت در منطقه می‌باشد که جهت آن از شمال شرقی به جنوب غربی می‌باشد. طبق جانمایی مکانهای مسکونی و جهت حرکت باد در منطقه، سدباطله نباید در مسیر مستقیم باد به محل مسکونی قرار بگیرد. مطابق پهنه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی، جهت وزش باد مناسب تشخیص داده شده و جهت آن از محل پیشنهادی احداث سد باطله به سمت محلهای مسکونی نمی‌باشد.

۵-۱-۸- معیار کاربری اراضی

بحشهای زیادی از زمینهای منطقه دارای کاربری معدنی هستند. تعداد زیادی از این معادن بصورت معدن پلاسری استخراج می‌گردند. بخش بزرگی از منطقه مورد مطالعه بوسیله معادن، صنایع و محلهای مسکونی اشغال شده است. با این همه، قسمتهای زیادی بصورت دشت وجود دارند که کاربری اقتصادی ندارند و جهت مکانیابی مناسب هستند. طبق طبقه‌بندی انجام شده و شکل نهایی مکان مورد نظر در قسمت مناسب و بسیار مناسب این معیار واقع شده است.

۵-۱-۹- معیار سنگ شناسی (پترولوژی)

جنس زمین در بیشتر منطقه مورد مطالعه از نوع آبرفتی می‌باشد و قسمت کوهستانی آن بیشتر از سنگهای آذرین تشکیل شده است. مطابق نقشه پهنه بندی نهایی، مکان نهایی بدست آمده اکثرا در بخش نامناسب معیار سنگ شناسی قرار گرفته است. لذا زیرسازی و عایق بندی کف سد باطله جهت جلوگیری از نفوذ شیرابه باطله به زیرزمین و آلودگی آبهای زیرزمینی ضروری است.

۵-۱-۱۰- معیار ریخت شناسی و شیب

مورفولوژی منطقه بجز در قسمتهای کوهستانی که دارای شیب زیادی نیز می‌باشند، بیشتر از دشت با شیب کم تشکیل شده است. لذا همانطور که در نقشه طبقه بندی آنها بر اساس موقعیت نهایی سد باطله مشخص است، محل پیشنهادی در معیار شیب، بسیار مناسب و در معیار ریخت شناسی در بخش مناسب و بسیار مناسب واقع است.

۵-۱-۱۱- معیار هیدروژئولوژی

در منطقه مورد نظر آبهای زیرزمینی در اکثر مناطق دارای کیفیت مطلوب نمی‌باشد. همچنین عمق سطح آب در قسمت جنوبی بیشتر است، لذا برای احداث سد باطله مناسب‌تر می‌باشد. مطابق نقشه طبقه‌بندی هم عمق آب زیرزمینی بخش بسیار مناسب و مطابق نقشه طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بخش مناسب و بسیار مناسب در پهنه بندی نهایی به‌دست آمد.

۵-۲- پیشنهادها

- بررسی دقیق ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی برای بررسی خصوصیات زیر سطحی منطقه
- انجام آزمایش نفوذ پذیری و بدست آوردن اطلاعات برای مکان‌یابی بهتر
- بررسی چگالی و بافت خاک بوسیله حفاری در مناطق مختلف
- استفاده از خاک رس و نفوذ ناپذیر و ژئوممبران در پی سد
- طراحی زهکش در بالا دست برای جلوگیری از جریانهای غیر منتظره
- تهیه نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس بزرگ‌تر جهت شناسایی مطلوب‌تر منطقه

پیوست‌ها

پیوست ۱

پرسشنامه مکان یابی سد باطله براساس مدل فرایند سلسله مراتبی(AHP)

به نظر شما در مکان یابی سد باطله عوامل زیر نسبت بهم چه اهمیتی دارند.

ردیف													
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از گسل	2
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از چاه، چشمه، قنات	3
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سطح آب زیرزمینی	4
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از رودخانه	5
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب زمین	6
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	7
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
کیفیت آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از چاه، چشمه، قنات	3
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سطح آب زیرزمینی	4
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از رودخانه	5
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب زمین	6
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	7
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
فاصله از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سطح آب زیرزمینی	4
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از رودخانه	5
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب زمین	6
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	7
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
فاصله از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از رودخانه	5
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب زمین	6
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	7
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
سطح آب زیرزمینی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب زمین	6

فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	7
فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
فاصله از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
شیب زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	7
شیب زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
شیب زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
شیب زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
شیب زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
شیب زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	جهت باد	8
فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
فاصله از جاده، خطوط نیرو، خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
جهت باد	9	7	5	3	1	3	5	7	9	فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9
جهت باد	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
جهت باد	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
جهت باد	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	نزدیکی به طرح های توسعه	10
فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
فاصله از محل معادن، مسکونی و صنعتی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
نزدیکی به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	سنگ شناسی(جنس زمین)	11
نزدیکی به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12
سنگ شناسی(جنس زمین)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ژئومورفولوژی	12

پیوست ۲

پرسشنامه مکان یابی سد باطله براساس مدل فرایند سلسله مراتبی(AHP)										
به نظر شما در مکان یابی سد باطله عوامل زیر نسبت بهم چه اهمیتی دارند.										
بر اساس کیفیت آب (TDS)										
0-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-500 mg/l
0-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-2000 mg/l
0-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	2000-4000 mg/l
0-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	>4000 mg/l
1000-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-2000 mg/l
1000-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	2000-4000 mg/l
1000-500 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	>4000 mg/l
1000-2000 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	2000-4000 mg/l
1000-2000 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	>4000 mg/l
2000-4000 mg/l	9	7	5	3	1	3	5	7	9	>4000 mg/l
بر اساس فاصله از گسل										
0-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-100 متر از گسل
0-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	600-300 متر از گسل
0-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-600 متر از گسل
0-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000< متر از گسل
300-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	600-300 متر از گسل
300-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-600 متر از گسل
300-100 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000< متر از گسل
600-300 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-600 متر از گسل
600-300 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000< متر از گسل
1000-600 متر از گسل	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000< متر از گسل
بر اساس فاصله از چاه، چشمه، قنات										
0-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-300متر از چاه، چشمه، قنات
0-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3000-1000متر از چاه، چشمه، قنات
0-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000-3000متر از چاه، چشمه، قنات
0-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000< متر از چاه، چشمه، قنات
1000-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3000-1000متر از چاه، چشمه، قنات
1000-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000-3000متر از چاه، چشمه، قنات
1000-300متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000< متر از چاه، چشمه، قنات
3000-1000متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000-3000متر از چاه، چشمه، قنات
3000-1000متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000< متر از چاه، چشمه، قنات
5000-3000متر از چاه، چشمه، قنات	9	7	5	3	1	3	5	7	9	5000< متر از چاه، چشمه، قنات
بر اساس عمق آب زیرزمینی										
0-30متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	56-30متراز سطح زمین
0-30متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	82-56متراز سطح زمین
0-30متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	108-82متراز سطح زمین
0-30متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	134-108متراز سطح زمین
56-30متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	82-56متراز سطح زمین

30-56متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	82-108متراز سطح زمین
30-56متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	108-134متراز سطح زمین
56-82متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	82-108متراز سطح زمین
56-82متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	108-134متراز سطح زمین
82-108متراز سطح زمین	9	7	5	3	1	3	5	7	9	108-134متراز سطح زمین
بر اساس فاصله از جاده اصلی										
0-120متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	120-500متر از جاده
0-120متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500-1000متر از جاده
0-120متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-3000متر از جاده
0-120متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3000< متر از جاده
120-500متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500-1000متر از جاده
120-500متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-3000متر از جاده
120-500متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3000< متر از جاده
500-1000متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1000-3000متر از جاده
500-1000متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3000< متر از جاده
1000-3000متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3000< متر از جاده
بر اساس فاصله از رودخانه فرعی										
0-10متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10-30متر از رودخانه
0-10متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	30-70متر از رودخانه
0-10متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	70-150متر از رودخانه
0-10متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150< متر از رودخانه
10-30متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	30-70متر از رودخانه
10-30متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	70-150متر از رودخانه
10-30متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150< متر از رودخانه
30-70متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	70-150متر از رودخانه
30-70متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150< متر از رودخانه
70-150متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150< متر از رودخانه
بر اساس شیب زمین										
شیب ۰-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 12-5 درجه
شیب ۰-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 12-20 درجه
شیب ۰-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 20-30 درجه
شیب ۰-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 30< درجه
شیب ۱۲-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 12-20 درجه
شیب ۱۲-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 20-30 درجه
شیب ۱۲-۵ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 30< درجه
شیب ۱۲-۲۰ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 20-30 درجه
شیب ۱۲-۲۰ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 30< درجه
شیب ۲۰-۳۰ درجه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	شیب 30< درجه
بر اساس فاصله از جاده فرعی										
0-45متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	45-150متر از جاده
0-45متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150-500متر از جاده

45-0متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500-1500متر از جاده
45-0متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1500< متر از جاده
45-150متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150-500متر از جاده
45-150متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500-1500متر از جاده
45-150متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1500< متر از جاده
150-500متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500-1500متر از جاده
150-500متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1500< متر از جاده
500-1500متر از جاده	9	7	5	3	1	3	5	7	9	1500< متر از جاده
بر اساس فاصله از رودخانه اصلی										
50-0متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	50-150متر از رودخانه
50-0متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150-300متر از رودخانه
50-0متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-500متر از رودخانه
50-0متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500< متر از رودخانه
50-150متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	150-300متر از رودخانه
50-150متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-500متر از رودخانه
50-150متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500< متر از رودخانه
150-300متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-500متر از رودخانه
150-300متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500< متر از رودخانه
300-500متر از رودخانه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	500< متر از رودخانه
بر اساس فاصله خط آهن										
40-0متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	40-140متر از خط آهن
40-0متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	140-300متر از خط آهن
40-0متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-700متر از خط آهن
40-0متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	700< متر از خط آهن
40-140متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	140-300متر از خط آهن
40-140متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-700متر از خط آهن
40-140متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	700< متر از خط آهن
140-300متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	300-700متر از خط آهن
140-300متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	700< متر از خط آهن
300-700متر از خط آهن	9	7	5	3	1	3	5	7	9	700< متر از خط آهن
بر اساس جهت باد										
در راستای جهت باد به مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	در غیر راستای جهت باد به مسکونی
بر اساس فاصله از محل مسکونی										
1-0کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	3-1کیلومتر از محل مسکونی
1-0کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	6-3کیلومتر از محل مسکونی
1-0کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10-6کیلومتر از محل مسکونی
1-0کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10< کیلومتر از محل مسکونی
3-1کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	6-3کیلومتر از محل مسکونی
3-1کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10-6کیلومتر از محل مسکونی
3-1کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10< کیلومتر از محل مسکونی
6-3کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10-6کیلومتر از محل مسکونی

6-3کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10< کیلومتر از محل مسکونی
10-6کیلومتر از محل مسکونی	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10< کیلومتر از محل مسکونی
بر اساس سنگ شناسی(جنس زمین)										
رسوبات و آبرفت رودخانه جدید	9	7	5	3	1	3	5	7	9	رسوبات و آبرفت رودخانه قدیم
رسوبات و آبرفت رودخانه جدید	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ماسه سنگ و کنگلومرا
رسوبات و آبرفت رودخانه جدید	9	7	5	3	1	3	5	7	9	متاولکانیکو سدیمنت
رسوبات و آبرفت رودخانه جدید	9	7	5	3	1	3	5	7	9	آذرین بدون درز
رسوبات و آبرفت رودخانه قدیم	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ماسه سنگ و کنگلومرا
رسوبات و آبرفت رودخانه قدیم	9	7	5	3	1	3	5	7	9	متاولکانیکو سدیمنت
رسوبات و آبرفت رودخانه قدیم	9	7	5	3	1	3	5	7	9	آذرین بدون درز
ماسه سنگ و کنگلومرا	9	7	5	3	1	3	5	7	9	متاولکانیکو سدیمنت
ماسه سنگ و کنگلومرا	9	7	5	3	1	3	5	7	9	آذرین بدون درز
متاولکانیکو سدیمنت	9	7	5	3	1	3	5	7	9	آذرین بدون درز
بر اساس نزدیکی به طرح های توسعه										
3500-0متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	7000-3500متر به طرح های توسعه
3500-0متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10000-3500متر به طرح های توسعه
3500-0متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000-10000متر به طرح های توسعه
3500-0متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000< متر به طرح های توسعه
7000-3500متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	10000-3500متر به طرح های توسعه
7000-3500متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000-10000متر به طرح های توسعه
7000-3500متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000< متر به طرح های توسعه
10000-3500متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000-10000متر به طرح های توسعه
10000-3500متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000< متر به طرح های توسعه
14000-10000متر به طرح های توسعه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	14000< متر به طرح های توسعه
بر اساس ژئومورفولوژی										
کوه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	تپه
کوه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	تپه ماهور
کوه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت شیب دار
کوه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت مسطح
تپه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	تپه ماهور
تپه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت شیب دار
تپه	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت مسطح
تپه ماهور	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت شیب دار
تپه ماهور	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت مسطح
دشت شیب دار	9	7	5	3	1	3	5	7	9	دشت مسطح

منابع و مراجع

منابع فارسی

احدی، ح. غضنفری راد، ف. (۱۳۹۰). مکان‌یابی شهرک صنعتی تخصصی ریلی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی گروهی. چهارمین کنفرانس بین الملل انجمن ایرانی تحقیق در عملیات.

اسداله فردی، غ. ضیائیان، پ. بلورچی، م. (۱۳۹۲). مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای شهر هشتگرد. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، تهران.

افتخار نژاد، ج. (۱۳۵۹). تفکیک بخشهای مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی. نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲.

اندرودی، م. (۱۳۸۰). اصول و روشهای مدیریت زیست محیطی. تهران: نشر کنگره ص ۱۷۶.

آقانباتی، ع. (۱۳۸۳). زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

پرهیزگار، ا. و غفاری، گ. (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. تهران: انتشارات سمت.

حسن پور، س. (۱۳۸۹). مکان‌یابی عرصه های پخش سیلاب دشت فسا با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، گروه عمران و نقشه برداری.

حافظی مقدس، ن. (۱۳۸۶). مکانیابی محل دفن پسماند های ویژه استان خراسان رضوی. گزارش ارزیابی اقتصادی-زیست محیطی و اولویت بندی گزینه ها، دانشگاه شاهرود.

زیاری، ی. یزدان پناه، س. (۱۳۹۰). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش نشانی شهر آمل با استفاده از مدل AHP در محیط GIS. مجله جغرافیا، سال ششم، شماره ۱۴، صفحه ۷۴-۸۷.

سازمان حفاظت محیط زیست، (۱۳۸۹). دستورالعمل مکان یابی محل دفن مهندسی و بهداشتی پسماندها، دفتر بررسی آلودگی آب و خاک.

سازمان زمین شناسی خراسان رضوی، (۱۳۹۳). نقشه چهار گوش ۱:۲۵۰۰۰۰ ناحیه تایباد.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۹۱). گزارش رخداد زمین لرزه خواف، دفتر بررسی مخاطرات زمین شناختی گروه زمین ساخت و زلزله شناسی.

سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، (۱۳۹۳). آمار و اطلاعات ایستگاه های هوا شناسی.

سایت مجتمع سنگ آهن سنگان، WWW.SIMP.ir.

شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، (۱۳۸۹). گزارش بررسی آبهای زیرزمینی دشت خواف.

شرکت مهندسی پژوهاب شرق، (۱۳۹۴). مطالعات بررسی زه آب اسیدی معدن سنگان خواف.

شرکت مهندسی کانی کاوان شرق، (۱۳۹۳). جانمایی سنگ شکنهای اولیه و کارخانه‌های طرحهای توسعه در معدن سنگ آهن سنگان خواف.

شرکت مهندسی معدن کاو، (۱۳۸۹). گزارش آنومالی‌های سنگ آهن شرق ایران سنگان خواف.

شمس الدینی نژاد، م. (۱۳۹۲). مکان یابی سد باطله معدن مس درآلو به روش منطق فازی. سی و دومین همایش و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، تهران.

طاهری مقدر، م. عطایی پور، م. ایران نژاد، م. مکنونی گیلانی، س. (۱۳۸۶). مکان‌یابی سد باطله کارخانه فرآوری مجتمع سنگ آهن گل گهر با استفاده از روش فازی TOPSIS. اولین کنفرانس بین المللی تحقیق در عملیات ایران.

عظیمی حسینی، م. (۱۳۸۹). کاربرد GIS در مکانیابی. انتشارات مهرگان قلم، ص ۳۰۴.

غضبان، ف. (۱۳۸۱). زمین شناسی زیست محیطی، انتشارات دانشگاه تهران.

فرهادی، ا. (۱۳۷۷). بررسی روش های دفع زباله های خانگی و امکان بازیافت از آنها در شهر کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی. ۱۲۵ص.

قدسی پور، س.ح. (۱۳۷۹). مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره فرایند تحلیل سلسله مراتبی. تهران: انتشارات امیرکبیر، ص ۲۵۶.

قدسی‌پور، س.ح. (۱۳۸۸). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) .انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، چاپ هفتم.

کریم‌پور، م. ملک زاده، ا. سعادت، س. (۱۳۸۱). شناسایی و معرفی کانه سازی اکسید آهن مرتبط با کمربند ولکانیکی-پلوتونیکی خواف-کاشمر-بردسکن. بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین.

گریم اف و بونهام کارتر. (۱۳۷۹). سیستمهای اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین. ترجمه و تالیف سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

گل محمدی، ع. و رحیلی خراسانی، ل. (۱۳۹۲). تکنولوژی GIS و مدل ارزش اطلاعاتی در پهنه بندی پتانسیل وجود آهن معادن آهن سنگان. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، تهران.

گل محمدی، ع. (۱۳۹۳). مغناطیس سنجی معدن سنگ آهن شرق ایران سنگان، رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زمین شناسی دانشکده علوم.

لیلساند و کی فر. (۱۳۸۱). اصول و مبانی سنجش از دور و تعبیر و تفسیر تصاویر هوایی و ماهواره‌ای. ترجمه مالمیریان، ح. انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.

مجتمع سنگ آهن سنگان. (۱۳۹۴). آرشیو آب و هواشناسی مجتمع سنگان.

مرجعی، ف. (۱۳۶۸). گزارش زمین شناسی معدن سنگان.

منوری، م. (۱۳۸۷). ارزیابی اثرات زیست محیطی. چاپ دوم، انتشارات میترا.

مهرگان، م. (۱۳۸۳). پژوهش عملیاتی پیشرفته. انتشارات کتاب دانشگاهی، چاپ اول، ص۱۷۳-۱۷۰.

منابع لاتین

Allen, A. (2001). "The Development of GIS Model for the location of landfill sites in Irland and Portugal." Final project report, Atlantic Area Inter reg- IIC.

Bell, F.G. (1983). "Mining Subsidence Engineering. " Springer, New York. pp 680.

Bell, Michael A. (2006). "Data Center Facility Site Selection Rating Template, Gartner for IT Leaders", November.

Chang, N., Parvatinathan, G. (2007), "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision_ making for land fill siting in a fast - growing udban region", Journal of Enviromental Management.

Dalkey, N., Helmer, O. (1983). "An experimental application of Delphi method to the use of experts." Management science. 9(3) . pp, 458 -467.

Daneshvar, R., et al. (2005). "Customizing arcamp intertace to generate a user-friendly landfill site selection GIS tool." journal of solid waste technology and management, vol. 31, pp. 1-12.

Donevska, K.R., et al. (2012). "Regional non-hazardous landfill site selectionby integrating fuzzy logic." AHP and geographic information systems , environment earth sciences, vol. 67, pp. 121-132.

Eftekhar-Nezhad, J., Hushmand-Zadeh. A. (1972). "Lut Reconnaissance, East Iran." Geol. Surv. Iran Rep. 22, 62pp.

Eftekhar-Nezhad, J. (1979). East Iran and Tabas Quadrangle Map, 1 : 250, 000.- Geol. Survey Iran, Geol. Quadr. Map J6.

EPA. (2006). landfill Manuals: Manual onsite selection, US environmental Protection Agency, USA.

EPA. (2007). Guideline for environmental management of landfill facilities, http://www.epa.sa.gov.au./xstd_files/waste/ Guideline/guide_landfill.pdf.

Guiqin, w., et al. (2009). "Landfill site selection using spatial information technology and AHP:a case study in biging, china, journal of environmental management", vol. 90, pp. 2414-2432.

Hawley, J., R; and Shikaze, K. H. (1971). "The pronlem of acidmine drainage in Ontario." Canadian Mining Journal Vol. 92, No. 6, June.

Hoppe, R. (1986). "Operating hand book of surface mining". Vol.2 Mc Graw-Hill Inc. pp 583.

International Commission on Large Dams (ICOLD), Committee on tailing Dams and Waste Lagoons. (1996). "A Guide to Tailing Dams and Impoundments-Design, Construction, Use and Rehabilitation". Bulletin 106,.

International Commission on Large Dams (ICOLD), Committee on tailing Dams and Waste Lagoons. (2001). "Tailing Dams, Risk of Dangerous Occurrences-Lesson Learnt from Practical Experiences". Bulletin 121,.

Jambor, J.L., and Blows, D.W. (1998). "Theory and applications of mineralogy inenvironmental stulfide-baring mine waste." In: Short Course Handbook on Ore

and Enviromental Mineralogy. Cabri, L.J., and Vaughan, D.J. (Eds). MineralogicalAssociation of Canada, 27:367-401.

Javaherri, H., et al. (2006). "Site selection of municipal solid waste landfill using analytical hierarchy process method in a geographic information technology environment in giroft." environmental health science engineering, vol. 3, pp. 171-184.

Jay, S., et al, (2007). "Environmental impact assessment: retrospect, environmental impact assessment review." vol. 27, pp. 287-300.

Kontos, T.D., et al. (2005). "Siting MSW Landfill with a spatial multiple criteria analysis methodology waste management." vol. 25, pp. 818-832.

Nas, B., et al. (2010). "Selection of MSW landfill site for konya, turkey using Gis mullti-criteria evaluation." environmental monitoring and assessment, vol. 160, pp. 491-500.

Ngai, E.W.T., Chan, E.W.C. (2005). " Evaluation of knowledge management tools using AHP." ExpertSystems with Applications 29, pp 889–899.

Oweis, I.S., and Khera R.P. (1998), "Geotechnology of waste management". PWS publishing , London, 2nd ed, pp. 472.

Satty, T. L. (1977). "A scaling Method for Poirorities in Hierarchical Strauctures." Journal of Mathematical Psychology, 15, 234-281.

Satty, T. L. (1995). "Fundamentals Decision Making with the AHP." RWS Publications.

Schwartz, E.M. (2001). M.SC. thesis, "A simple approach to solid waste planning for urbanizing countries." university of Missouri-kansas city.

Sener, B. (2004). M.Sc. Thesis, "Landfill site selection by using geographic informationsystems." Middle East Technical University, pp. 114.

Sener, B. (2006). "Landfill site selection by using geographic information systems", Environ Geology, Vol, 49 (3): 376-388.

Sener, S., et al. (2011). "Solid waste disposal Site Selection with GIS and AHP methodology: a case study in senirkent-uluborlu basin, turkey." environmental monitoring and assessment, vol. 173, pp. 533-554.

Sengor, A.M.C. (1991). "A new model for the late Palaeozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran." In: Robertson, A.H.F., Searle, M.P. & Ries, A.C. (eds.), Geological Society of London, Special Publication 49, 797-831.

Stocklin, J. (1968). "Structural history of Iran." A review Amer. Geol, No, 52.

Stocklin, J. (1974). "Possible ancient continental margin in Iran." in: Geology of Continental Margins. Burk, C.A. & C.L. Drake, eds., Springer New York, 837-887.

Terent, Y. (1990). "Explanatory text of the Taybad Quadrangle MaP 1:250000 Ministry of Mines and Metals: Geological survey of Iran, Tehran, 200 P.

Toro, J., et al. (2009). "Environmental impact assessment in Colombia: critical analysis and proposals for imporovment." environmental impact assessment review, vol. 29, pp. 79-86.

Yang, K., et al. (2008), "Landfills in Jiangsu province, china and potential threats for public health." Journal of Waste Management.

Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, A., and Ramos, A.(2008)."Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS aided methodology." J. Hazard Mater. 160(2-3): 473-81

Abstract

One of the environmental consequences of mining activities is generation of large amounts of solid and liquid waste during the extraction and processing of ore. Some of these materials contain harmful substances and high concentrations of metals and heavy metals. In the mining industry, tailings dam is regarded as the most suitable method for waste disposal. Selection of an appropriate site for tailings dams is a major challenging problem in the management of waste materials. In the past dams site selection process was based on economic considerations and to facilitate the operations. But in the current situation and the critical importance of environmental considerations, tailings dam site selection process is complex. There are many factors in the making decision to choose the most appropriate site for disposal of mining wastes. The most important criteria are: the distance from processing factories and residential areas and agricultural, region's mineral potential, faults, rivers and roads, land use, geology, soil science, hydrology and hydrogeology and other factors. These factors must be rendered in geographic information system (GIS) and the analyzing by hierarchy process (AHP) for locating layers of the tailings dam of sangan iron mine complex. So that all information layers criteria using GIS software was classified. Then to weight the data layer of AHP and Expert choice software was used. Total area intended for site selection of about 370 square kilometers was that after the zoning, approximately 59.5 square kilometers within the highly improper, inappropriate in the range of 86.5 square kilometers, 111 square kilometers in the middle range, 99 square kilometers within a reasonable range and 20 square kilometers in the area were very good. The area of approximately 16 square kilometers in the southern area designated for construction of the tailings dam was appropriate.

Key words: Site selection, Tailings dam, Geographic information system (GIS), Analyzing hierarchy process (AHP), Sangan iron mine complex.

Shahrood Uineversity of Technology

Faculty of Earth Sciences

MSc Thesis in Environmental Geology

Site selection for providential tailing dam in Sangan Iron Mine Complex

By: M. Akrami Nezhad

Supervisor:

Dr. A. Gheshlaghi

Advisor:

Dr. A. Golmohammadi

Sep 2016