



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

انتخاب محل تاسیسات سطحی (سایت کارخانه و سد باطله) معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS

دانشجو: محسن صفری

اساتید راهنما:

دکتر محمد عطائی

دکتر رضا خالوکاکی

اساتید مشاور:

دکتر محمد کارآموزیان

مهندس عبدالرئوف مشهورودی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

اردیبهشت ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده :

گروه :

پایان نامه کارشناسی ارشد (رساله دکتری) آقای / خانم

تحت عنوان:

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد (رساله دکتری) مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم بہ

والدین مہربانم کہ دعایشان بدرقہ مسیر زندگی ام است

و

ہمسفر عزیزم

تقدیر و تشکر

اینک که به توفیق حق و در سایه تلاش و کوشش خویش توانستم دوره کارشناسی ارشد را با موفقیت به پایان برسانم بر خود وظیفه می دانم که:
از زحمات جناب آقای دکتر محمد عطایی، اساتذ را بهنای محترم خود که در راستای انجام تحقیق برای اینجانب تسهل شدند بشکر و سپاس فراوان بنمایم.
از جناب آقای دکتر رضا خالو کاکایی به خاطر راهنمایی های ارزنده و کرات قدرشان در تمامی مراحل انجام این پایان نامه بی نهایت سپاسگزارم.
از استادان مشاور آقایان دکتر محمد کارآزمویان و مهندس عبدالرئوف مشور رودی که بنده را در انجام این تحقیق یاری کردند سپاسگزارم.
از شرکت ملی فولاد و مدیر محترم طرح تجزیه معدن آبن سگان آقای مهندس امیری به خاطر مساعدت ایشان و همچنین پرسنل محترم معدن کمال بشکر و سپاسگزاری را دارم.
از اساتید محترم دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی شاهرود که در طول تحصیل بنده ر یاری رساندند، سپاسگزارم.
در انتها از خانواده ام که در تمامی مراحل زندگی یار و همراه من بودند بشکر و قدر دانی می کنم.

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

چکیده

انتخاب مکان مناسب برای یک فعالیت در سطح یک کشور، استان یا شهر یکی از تصمیم‌های اساسی برای انجام یک طرح گسترده است که نیازمند تحقیق از دیدگاه‌های مختلف می‌باشد. به منظور مکان‌یابی باید حجم زیادی از اطلاعات جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی صورت پذیرد.

معدن سنگ آهن سنگان در استان خراسان رضوی (شمال شرقی ایران) در فاصله ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۱۶ کیلومتری شمال شهر سنگان از توابع شهرستان خواف، در منطقه‌ای به عرض جغرافیائی ۲۴' و ۳۴° و طول جغرافیائی ۱۶' و ۶۰° واقع شده است. با توجه به تأمین مواد اولیه دو واحد ۸۰۰ تنی احیا مستقیم مجتمع فولاد خراسان مجموعاً به میزان ۱/۶ میلیون تن ظرفیت فاز اول ۲/۶ میلیون تن گندله در سال به فولاد خراسان اختصاص یافته و در راستای برنامه‌های افزایش تولید فولاد کشور و تأمین خوراک کارخانه‌های فولادسازی در دیگر شهرهای استان و کشور، ظرفیت فاز دوم نیز به میزان ۲/۶ میلیون تن گندله در سال (با احتساب فاز اول جمعاً ۵/۲ میلیون تن) تعیین شده است. بنابراین برای تأمین ۲/۶ میلیون تن گندله فاز ۲ نیاز به یک کارخانه فرآوری سنگ آهن علاوه بر کارخانه فاز ۱ معدن سنگان در این معدن نیاز می‌باشد که تعیین محل مناسب این کارخانه از اساسی‌ترین کارهای توسعه فاز ۲ می‌باشد. در این تحقیق برای انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگان ابتدا اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری و سد باطله بر منطقه مورد مطالعه بررسی شده و پس از شناخت عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله و آشنایی با تکنیک‌های مختلفی که توانایی تصمیم‌گیران را برای تعیین محل مناسب برای این مکان‌ها افزایش می‌دهند، با کنار هم قرار دادن این عوامل و روش‌ها و همچنین استفاده از نرم‌افزارهای مناسب اقدام به مکان‌یابی محل‌های مناسب برای کارخانه و سد باطله، معدن سنگ آهن سنگان کرده و در نهایت نتایج حاصل از عملیات مکان‌یابی به صورت خروجی نمایش داده

شد. برای انتخاب محل کارخانه ابتدا منطقه مناسب برای احداث کارخانه با استفاده از GIS تعیین شده است که از روش همپوشانی نقشه‌ها برای تعیین محل کارخانه بهره گرفته شد. پس از مشخص شدن منطقه احداث کارخانه، به منظور تعیین محل کارخانه در منطقه مذکور با بررسی عوامل زیربنائی مؤثر در انتخاب محل احداث کارخانه، سه محل احتمالی برای احداث کارخانه مشخص شد. در مرحله بعد با توجه به عوامل مختلفی همچون نزدیکی به معدن، کارخانه و سایت اداری، استفاده از امکانات موجود، فاصله تا راه آهن، فاصله تا سد باطله، استفاده از تأسیسات زیربنائی کارخانه فاز ۱، نزدیکی به منابع آب، فاصله تا پست برق، قرار نداشتن در مسیر باد، دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله، نزدیکی به راه اصلی معدن، میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین، طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن)، نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی گزینه برتر انتخاب شده است. همچنین برای تعیین محل سد باطله دو گزینه A و B با توجه به ۴ معیار ارزیابی شدند که در نهایت انتخاب گزینه مناسب با استفاده از روش AHP فازی صورت گرفت.

کاملت کلیدی: روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، کارخانه فرآوری، سد باطله، معدن سنگ آهن سنگان، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- **“Mineral processing plant location using analytical hierarchy process method case study: Sangan iron ore mine (phase 1)”**, *Mining Science and Technology*, 2010, Paper number: 10-47 . (Accept) .
- **Using fuzzy TOPSIS method for mineral processing plant site selection**, Case study: Sangan iron ore mine (phase 2). (Submitted) .

مقالات تهیه شده جهت ارسال به نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید و کنفرانس های داخلی

- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش *FAHP*
- انتخاب محل سد باطله معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از روش *FAHP*

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول: کلیات	
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- ضرورت تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محل کارخانه
۵	۳-۱- کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل کارخانه
۵	۴-۱- منطقه مورد مطالعه
۷	۵-۱- طرح مسئله
۷	۶-۱- اهداف و روش های تحقیق
۸	۷-۱- جمع آوری اطلاعات
۸	۸-۱- فصل بندی مطالب
فصل دوم: مبانی انتخاب محل کارخانه	
۱۱	۱-۲- مقدمه
۱۱	۲-۲- بررسی عوامل موثر در انتخاب محل کارخانه
۱۲	۱-۲-۲- معیارهای تصمیم‌گیری
۱۳	۲-۲-۲- معیارهای موثر در انتخاب محل کارخانه
۱۹	۳-۲- روش های انتخاب محل کارخانه و سد باطله
۲۰	۱-۳-۲- مدل‌های انتخاب محل احداث کارخانه
۲۱	۲-۳-۲- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)
۲۲	۱-۲-۳-۲- تقسیم بندی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره
۲۳	۳-۳-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)
۲۵	۱-۳-۳-۲- تعریف GIS
۲۷	۲-۳-۳-۲- قابلیت‌ها و کاربردهای GIS
۲۹	۳-۳-۳-۲- فرآیند تحلیل اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی
۳۱	۴-۳-۳-۲- تعیین محل سایت‌های صنعتی با استفاده از GIS
۳۲	۴-۳-۳-۲- تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS (بیکره آنالیز چند معیاره مکانی)

صفحه	عنوان
۳۳	۲-۳-۵- روش های تصمیم گیری چند معیاره فازی
۳۴	۲-۳-۵-۱- تئوری مجموعه های فازی
۳۶	۲-۳-۵-۲- روش شباهت به گزینه ایده آل فازی (FTOPSIS)
۴۱	۲-۳-۵-۳- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)
۴۴	۲-۴- نتیجه گیری

فصل سوم: اختصاصات منطقه مورد مطالعه

۴۶	۳-۱- مروری بر تاریخچه مطالعات انجام شده در معدن آهن سنگان
۴۹	۳-۲- راههای دسترسی
۵۰	۳-۳- آب و هوا و پوشش گیاهی
۵۰	۳-۴- توپوگرافی
۵۱	۳-۵- زمین شناسی
۵۲	۳-۶- اکتشاف
۵۴	۳-۷- کیفیت سنگ آهن معدن سنگان
۵۶	۳-۸- خصوصیات کانی شناسی ذخیره
۵۶	۳-۹- لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت
۵۹	۳-۱۰- طرح توسعه فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان

فصل چهارم: بررسی عوامل موثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان

۶۱	۴-۱- مقدمه
۶۱	۴-۲- کارخانه فرآوری معدن سنگ آهن سنگان
۶۲	۴-۳- بررسی اثرات احداث و بهره برداری کارخانه فرآوری و سد باطله معدن سنگان بر منطقه مورد مطالعه
۶۳	۴-۳-۱- بررسی اثرات احداث و بهره برداری کارخانه فرآوری معدن سنگان بر منطقه مورد مطالعه
۶۸	۴-۳-۲- بررسی اثرات احداث و بهره برداری سد باطله معدن سنگ آهن سنگان بر منطقه مورد مطالعه

صفحه	عنوان
۷۴	۴-۴- معیارهای موثر جهت انتخاب محل مناسب کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان
۷۷	۴-۵- گزینه‌های انتخاب محل سد باطله
۷۷	۴-۵-۱- مدیریت دپوی باطله‌سنگ‌ها
۷۸	۴-۵-۳- ARD باطله‌های کارخانه فرآوری معدن سنگ آهن سنگان
۷۹	۴-۵-۴- گزینه‌های پیشنهادی انتخاب محل سد باطله
فصل پنجم: انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان	
۸۱	۵-۱- مقدمه
۸۲	۵-۲- روش تحقیق
۸۲	۵-۲-۱- روش کتابخانه‌ای (اسنادی)
۸۳	۵-۲-۲- تجزیه و تحلیل‌های مکانی
۸۵	۵-۲-۳- تهیه نقشه لایه‌های مورد استفاده جهت تعیین محل کارخانه
۹۲	۵-۲-۴- آماده‌سازی لایه‌ها در محیط GIS
۹۲	۵-۲-۵- تهیه نقشه نشان دهنده نزدیکی به هریک از معیارها (تهیه بافر)
۹۶	۵-۲-۶- تبدیل اطلاعات به نقشه‌های رستری و تلفیق نقشه‌ها با یکدیگر
۹۸	۵-۲-۷- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش‌های تصمیم-گیری چند معیاره فازی
۱۰۲	۵-۲-۷-۱- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی (FTOPSIS)
۱۰۶	۵-۲-۷-۲- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش FAHP
۱۱۹	۵-۳- انتخاب محل سد باطله معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از روش FAHP
۱۲۲	۵-۴- نتیجه‌گیری
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات	
۱۲۴	۶-۱- نتیجه‌گیری
۱۲۶	۶-۲- پیشنهادات
منابع	
۱۲۹	منابع فارسی
۱۳۰	منابع انگلیسی

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
فصل اول: کلیات	
۶	شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی معادن سنگ آهن سنگان
فصل دوم: مبانی انتخاب محل کارخانه	
۲۲	شکل ۱-۲- اصول روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره
۳۲	شکل ۲-۲- استفاده از GIS برای تعیین یک سایت کارخانه
۳۶	شکل ۲-۳- عدد فازی با تابع عضویت مثلثی
۴۳	شکل ۲-۴- تقاطع بین M_1 و M_2
فصل سوم: اختصاصات منطقه مورد مطالعه	
۴۹	شکل ۳-۱- کروکی راه‌های دسترسی به معدن سنگ آهن سنگان - خواب
۵۳	شکل ۳-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه
۵۴	شکل ۳-۳- مقایسه میزان ذخایر زمین‌شناسی معادن سنگ آهن کشور
۵۶	شکل ۳-۴- توده مگنتیت باغک
فصل پنجم: انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان	
۸۴	شکل ۵-۱- دیاگرام نشان دهنده مراحل انتخاب محل کارخانه با استفاده از GIS
۸۶	شکل ۵-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه
۸۷	شکل ۵-۳- نقشه راه‌های محدوده مورد مطالعه (معدن سنگ آهن سنگان)
۸۷	شکل ۵-۴- نقشه راه آهن در محدوده مورد مطالعه (معدن سنگ آهن سنگان)
۸۸	شکل ۵-۵- نقشه خطوط انتقال و منابع تامین آب
۸۹	شکل ۵-۶- نقشه محل کارخانه فرآوری فاز ۱ معدن سنگان
۹۰	شکل ۵-۷- نقشه سایت اداری معدن سنگان
۹۰	شکل ۵-۸- نقشه محل سد باطله
۹۱	شکل ۵-۹- نقشه محل سنگ شکن
۹۱	شکل ۵-۱۰- نقشه زمین‌های تحت مالکیت معدن
۹۳	شکل ۵-۱۱- نقشه نشان دهنده نزدیکی به راه‌های منطقه مورد مطالعه
۹۳	شکل ۵-۱۲- نقشه نشان دهنده نزدیکی به راه آهن منطقه مورد مطالعه
صفحه	عنوان

- شکل ۵-۱۳- نقشه نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین آب در منطقه مورد مطالعه ۹۴
- شکل ۵-۱۴- نقشه نشان دهنده نزدیکی به کارخانه فاز ۱ ۹۴
- شکل ۵-۱۵- نقشه نشان دهنده نزدیکی به سایت اداری معدن سنگان ۹۵
- شکل ۵-۱۶- نقشه نشان دهنده نزدیکی به سد باطله ۹۵
- شکل ۵-۱۷- نقشه نشان دهنده نزدیکی به سنگ شکن ۹۶
- شکل ۵-۱۸- نقشه نشان دهنده محل مناسب جهت احداث کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان ۹۷
- شکل ۵-۱۹- نقشه نشان دهنده محل مناسب کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان نسبت به سایر لایه‌ها ۹۷
- شکل ۵-۲۰- گزینه‌های مناسب برای کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان ۹۹
- شکل ۵-۲۱- نمودار تحلیل سلسه مراتبی انتخاب محل کارخانه فرآوری ۱۰۶
- شکل ۵-۲۲- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن- کارخانه و سایت اداری ۱۱۵
- شکل ۵-۲۳- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات موجود ۱۱۵
- شکل ۵-۲۴- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا راه آهن ۱۱۵
- شکل ۵-۲۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا سد باطله ۱۱۶
- شکل ۵-۲۶- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از تاسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱ ۱۱۶
- شکل ۵-۲۷- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا پست برق ۱۱۶
- شکل ۵-۲۸- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن ۱۱۶
- شکل ۵-۲۹- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن) ۱۱۷
- شکل ۵-۳۰- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب ۱۱۷
- شکل ۵-۳۱- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد ۱۱۷
- شکل ۵-۳۲- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله ۱۱۷
- شکل ۵-۳۳- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین ۱۱۸

۱۱۸	شکل ۵-۳۴- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات
۱۱۸	شکل ۵-۳۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی
۱۲۰	شکل ۵-۳۶- نمودار سلسه مراتبی برای انتخاب محل سد باطله
۱۲۲	شکل ۵-۳۷- محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله فاز ۲ معدن سنگان

فهرست جداول

فصل اول: کلیات و ضرورت انجام تحقیق

جدول ۱-۱- نمونه کارهای انجام شده برای انتخاب محل کارخانه ۶

فصل دوم: مبانی انتخاب محل کارخانه

جدول ۱-۲- معیارهای موثر در انتخاب محل کارخانه از نظر افراد مختلف ۱۴

جدول ۲-۲- انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه ۲۴

جدول ۳-۲- کاربردهای GIS ۲۸

جدول ۴-۲- استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فاز ی برای انتخاب محل کارخانه ۳۴

فصل سوم: اختصاصات منطقه مورد مطالعه

جدول ۱-۳- مشخصات و پارامترهای کمی و کیفی معادن سنگ آهن سنگان ۴۸

جدول ۲-۳- مشخصات محصول تولیدی (گندله آهن) معادن سنگ آهن سنگان ۴۸

جدول ۳-۳- تخمین میزان ذخایر سنگ آهن در ایران ۵۴

جدول ۴-۳- مشخصه گسل‌های موجود در منطقه ۵۷

جدول ۵-۳- دوره بازگشت پدیده‌ها در شعاع ۵۵ کیلومتری مجتمع سنگان ۵۸

فصل پنجم: انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان

جدول ۱-۵- اطلاعات مورد نیاز برای تهیه زون بافر از معیارهای مختلف ۹۲

جدول ۲-۵- نحوه امتیاز دهی به معیارها ۹۳

جدول ۳-۵- نمونه فرم پرسش‌نامه ۹۹

جدول ۴-۵- رتبه‌بندی سه گزینه توسط تصمیم‌گیرندگان ۱۰۰

جدول ۵-۵- ضریب اهمیت معیارها طبق نظر چهار تصمیم‌گیرنده ۱۰۱

جدول ۶-۵- متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها ۱۰۱

جدول ۷-۵- متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها ۱۰۱

جدول ۹-۵- رتبه بندی ترکیبی گزینه‌ها ۱۰۲

جدول ۸-۵- اهمیت ترکیبی معیارها ۱۰۳

جدول ۱۰-۵- ماتریس نرمالیز شده ۱۰۳

جدول ۱۱-۵- ماتریس نرمالیز شده وزن دار ۱۰۴

۱۰۵	جدول ۵-۱۲- فاصله از حل ایده آل
۱۰۵	جدول ۵-۱۳- فاصله از حل ضد ایده آل
۱۰۷	جدول ۵-۱۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارها
۱۰۸	جدول ۵-۱۵- مجموع اعداد هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسه زوجی
۱۱۱	جدول ۵-۱۶- وزن نهایی معیارها
۱۱۲	جدول ۵-۱۷- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن- کارخانه و سایت اداری
۱۱۲	جدول ۵-۱۸- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات موجود
۱۱۲	جدول ۵-۱۹- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا راه آهن
۱۱۲	جدول ۵-۲۰- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا سد باطله
۱۱۳	جدول ۵-۲۱- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱
۱۱۳	جدول ۵-۲۲- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا پست برق
۱۱۳	جدول ۵-۲۳- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن
۱۱۳	جدول ۵-۲۴- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)
۱۱۳	جدول ۵-۲۵- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب
۱۱۴	جدول ۵-۲۶- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد
۱۱۴	جدول ۵-۲۷- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله
۱۱۴	جدول ۵-۲۸- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین
۱۱۴	جدول ۵-۲۹- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات
۱۱۴	جدول ۵-۳۰- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار مخارج جانبی
۱۱۵	جدول ۵-۳۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن- کارخانه و سایت اداری
۱۱۵	جدول ۵-۳۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات موجود
۱۱۵	جدول ۵-۳۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا راه آهن
۱۱۶	جدول ۵-۳۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا سد باطله
۱۱۶	جدول ۵-۳۵- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱

صفحه	عنوان
۱۱۶	جدول ۵-۳۶- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا پست برق

- جدول ۵-۳۷- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن ۱۱۶
- جدول ۵-۳۸- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن) ۱۱۷
- جدول ۵-۳۹- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب ۱۱۷
- جدول ۵-۴۰- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد ۱۱۷
- جدول ۵-۴۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله ۱۱۷
- جدول ۵-۴۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین ۱۱۸
- جدول ۵-۴۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات ۱۱۸
- جدول ۵-۴۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی ۱۱۸
- جدول ۵-۴۵- متغیرهای زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها ۱۱۹
- جدول ۵-۴۶- معیارهای مورد نظر برای انتخاب محل سد باطله ۱۲۰
- جدول ۵-۴۷- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار C_2 ۱۲۰
- جدول ۵-۴۸- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار C_1 ۱۲۰
- جدول ۵-۴۹- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار C_4 ۱۲۰
- جدول ۵-۵۰- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار C_3 ۱۲۰
- جدول ۵-۵۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فضای کافی جهت انباشت باطله‌ها ۱۲۱
- جدول ۵-۵۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار هزینه انتقال باطله به سد باطله ۱۲۱
- جدول ۵-۵۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دوری از قنات‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی ۱۲۱
- جدول ۵-۵۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نفوذ ناپذیری زمین ۱۲۱
-

فصل اول

کلیات



۱-۱- مقدمه

انتخاب مکان مناسب برای یک سایت صنعتی نیازمند بررسی از دیدگاه‌های مختلف می‌باشد. به منظور مکان‌یابی صحیح سایت صنعتی باید حجم زیادی از جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از عواملی که ممکن است در انتخاب تأثیر داشته باشند، صورت پذیرد.

قابلیت‌ها و توان‌های یک مکان با توجه به این که برای چه مفاهیمی در نظر گرفته شود، متفاوت خواهد بود. بنابراین بسته به نوع کارکرد مورد نظر باید شاخص‌ها با معیارهایی تلفیق شود تا توان مکان با توجه به آن، مورد بررسی قرار گیرد. این شاخص‌ها و معیارها نسبت به نوع کاربرد متفاوت هستند اما همه آن‌ها در جهت انتخاب مکان مناسب همسو می‌شوند. استفاده از این شاخص‌ها نیاز به داشتن اطلاعات صحیح و کامل از مکان دارد و دستیابی به اطلاعات نیازمند تحقیقات گسترده و جامع می‌باشد.

حل مشکلات در فرآیندهایی از داده‌های فضایی همچون انتخاب سایت‌های صنعتی چالش‌هایی را به همراه دارد که اغلب آن‌ها با تکنیک‌های صرفاً عددی حل نمی‌شود بلکه شامل حل مسائل اقتصادی، زیستی، سیاسی و ابعاد گوناگونی که در تضاد با یکدیگر قرار دارند، می‌باشد. انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله از مهم‌ترین و حساس‌ترین عملیات در یک معدن می‌باشد، چرا که با انتخاب صحیح محل این تأسیسات، هزینه‌های اضافی، اثرات مخرب زیست‌محیطی و ... را می‌توان تا حد زیادی کاهش داد و با توجه به این که این تأسیسات برای بهره‌برداری بلندمدت و در تمام عمر

معدن پیش‌بینی می‌شوند، تعیین محل مناسب آن از ضروری‌ترین کارها در یک معدن می‌باشد. در این پایان‌نامه برای تعیین محل مناسب کارخانه و سد باطله معدن سنگان از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و GIS استفاده شده است که با در نظر گرفتن عوامل مختلفی همچون نزدیکی به معدن، کارخانه و سایت اداری، استفاده از امکانات موجود، فاصله تا راه‌آهن، فاصله تا سد باطله، استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فازی^۱، نزدیکی به منابع آب، فاصله تا پست برق، قرار نداشتن در مسیر باد، دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله، نزدیکی به راه اصلی معدن، میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین، طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)، نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات و ... مناسب‌ترین محل برای ساخت کارخانه و سد باطله از بین گزینه‌های پیشنهادی تعیین می‌شود. بنابراین برای انتخاب محل احداث کارخانه فرآوری و سد باطله مطالعات مختلفی اعم از زیست‌محیطی، اقتصادی و غیره باید صورت گیرد، که هدف از این مطالعات یافتن مکانی است که کم‌ترین اثرات سوء را برای محیط‌زیست و منابع طبیعی اطراف داشته باشد و از نظر اقتصادی کم‌ترین هزینه و از دیدگاه مهندسی نیز بهترین ویژگی را دارا باشد. عوامل متعددی در تعیین مکان مناسب محل احداث کارخانه فرآوری و سد باطله مؤثر می‌باشد. انتخاب این فاکتورها و در نتیجه تعدد لایه‌های اطلاعاتی، پیچیدگی‌های محیط برنامه‌ریزی و مشکلات عدیده‌ای که در جهان کنونی با آن مواجه است، منطق تک بعدی نگری را برنمی‌تابد. بسیار مشکل است که از یک زاویه تک بعدی پدیده‌های اطراف خود را ببینیم و با یک شاخص به قضاوت پردازیم (عطایی، ۱۳۸۸). پیچیدگی ذاتی بسیاری از محیط‌های تصمیم‌گیری در جهان امروز، تصمیم‌گیران را به طور ناخودآگاه به سمت استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا، از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد. لذا لزوم جامع‌نگری در تصمیم‌گیری‌ها و بهره‌گیری از افراد مختلف با مشاغل، تخصص‌ها، تجربیات، سوابق و دیدگاه‌های علمی گوناگون، همراه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری‌های گروهی^۱ و چند معیاره فازی را بیش از پیش ضروری کرده است. به علت قابلیت

بالای تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت و تحلیل لایه‌ها می‌توان از این سیستم برای انتخاب محل یک کارخانه فرآوری نیز بهره برد. در این پایان‌نامه ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS منطقه مناسب برای احداث کارخانه مشخص می‌شود، سپس با بررسی عوامل زیربنائی موثر در انتخاب محل احداث کارخانه محل‌های احتمالی برای احداث کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان پیشنهاد و بهترین گزینه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی تعیین می‌شود.

۲-۱- ضرورت تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محل کارخانه

تعیین محل کارخانه، یکی از کلیدی‌ترین گام‌های تأسیس کارخانه بوده و در سطوح استراتژیک تصمیم‌گیری قرار دارد. نتایج این تصمیم در درازمدت اثرات به‌سزایی از بعد اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و فنی خواهد داشت. از جنبه‌های درون‌سازمانی، تأثیر مستقیم آن در سوددهی کارخانه خواهد بود و از بعد برون‌سازمانی، ساخت کارخانه‌های بزرگ در یک منطقه می‌تواند شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، محیط‌زیست و ... را تحت تأثیر خود قرار دهد. تعیین محل کارخانه از نظر اقتصادی نقش مهمی در میزان سرمایه‌گذاری اولیه به‌هنگام تأسیس کارخانه دارد. همچنین هنگام بهره‌برداری طرح، این تصمیم‌گیری، تأثیر کلیدی در قیمت تمام‌شده کالا دارد (مجیدیان، ۱۳۸۲).

مکان مناسب نقش مهمی در رقابت‌پذیری یک شرکت در بازار داشته و باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که باعث دستیابی به مزایای رقابتی و استراتژیک در مقایسه با سایر رقبا شود. مکان‌یابی کارخانه می‌تواند به‌صورت بدنه بزرگی از دانش، مدل‌های متنوع، تکنیک‌های حل مختلف در زمینه‌های مختلفی از جمله مهندسی صنایع، تحقیق در عملیات، اقتصاد شهری و علوم سیاسی دیده شود.

احداث یک یا چند واحد صنعتی در بهترین وضعیت ممکن، نه تنها گردش مواد و خدمات به مشتریان را بهبود می‌بخشد، بلکه کارخانه را در یک وضعیت مطلوب قرار می‌دهد. تصمیم‌های مرتبط با انتخاب و فراگیری ویژگی‌های مکان‌یابی یک مرکز، می‌تواند اثر بزرگی بر توانایی کسب و حفظ

مزیت رقابتی باشد (Mazzrol & Choo, 2003). در بررسی مشاغل زود بازده مشخص شده است که بیش از ۵۰ درصد آن‌ها در سال اول و حدود ۳۰ درصد آن‌ها پس از دو سال، ورشکسته می‌شوند و به شغل دیگری رو می‌آورند. با این که در آغاز راه‌اندازی این مشاغل، تمام جوانب ارائه خدمات بررسی می‌شود ولی بی‌توجهی به مسئله مهم مکان سبب می‌شود تا واحد تولیدی به سوددهی مورد نظر نرسد و از رسیدن به هدف خود باز ماند (قربانی و پورا براهیم، ۱۳۸۷).

۱-۳- کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل کارخانه

در چند سال اخیر توجه مجامع دانشگاهی و صنعتی در کشورهای مختلف به علوم تصمیم‌گیری و استفاده از آن‌ها برای تعیین محل کارخانه افزایش چشم‌گیری داشته است. علاوه بر آن تحقیقات و مقالات مختلفی در همین راستا در بخش‌های مختلف صنعت و معدن در داخل و خارج از کشور انجام شده و به چاپ رسیده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها در جدول (۱-۱) ارائه شده است. در مورد انتخاب محل کارخانه فرآوری مواد معدنی در یک معدن کاری صورت نگرفته است.

۱-۴- منطقه مورد مطالعه

معدن سنگ آهن سنگان در استان خراسان رضوی (شمال شرقی ایران) در فاصله ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۱۶ کیلومتری شمال شهر سنگان از توابع شهرستان خواف، در منطقه‌ای به عرض جغرافیائی ۲۴' و ۳۴° و طول جغرافیائی ۱۶' و ۶۰° واقع شده است. این ناحیه از تپه ماهورهایی به ارتفاع تقریبی ۱۲۰۰ متر شروع می‌شود و ارتفاع آن از سطح دریا در حدود ۱۶۵۰ متر می‌باشد (سایت معدن سنگ آهن سنگان). نزدیک‌ترین شهرستان به محل کانسار، خواف است که ۴۰ کیلومتر با آن فاصله دارد. فاصله کانسار با شهرستان تایباد واقع در شمال شرقی آن ۷۰ کیلومتر است (شکل ۱-۱).

جدول ۱-۱- نمونه کارهای انجام شده برای انتخاب محل کارخانه

موضوع	ارائه دهنده
انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه سیمان آلومینا با استفاده از روش TOPSIS	عطایی (۱۳۸۴)
انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه سیمان آلومینا با استفاده از روش ELECTRE	عطایی (۱۳۸۷)
فاکتورهای اقتصادی و غیراقتصادی مؤثر در تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محل کارخانه	Tombari, (1979)
انتخاب محل نیروگاه برق با استفاده از روش GIS	Valadan Zoej et al, (2004)
انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه سیمان آلومینا در آذربایجان شرقی با استفاده از روش AHP	Ataei, (2005)
تصمیم‌گیری برای محل کارخانه تولید مواد اولیه کاغذ	Azizi, (2005)
انتخاب محل نیروگاه	and Goretti, (2005) Cotana
انتخاب محل کارخانه آب معدنی در تایلند با استفاده از روش‌های MCDM	Yanpirat and Panjarongkha, (2005)
انتخاب محل کارخانه پلاستیک‌سازی	Deputy, (2006)
انتخاب محل کارخانه با fuzzy TOPSIS	Yong, (2006)
اهمیت انتخاب محل سایت‌های صنعتی	Badri, (2007)
انتخاب محل کارخانه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره	and Hung, (2007) Yang
تعیین محل مناسب با قابلیت فیزیکی مناسب برای کارخانه فرآوری Bioethanol در غرب کنیا	Koikai, (2008)
انتخاب محل کارخانه برای صنعت سنگ‌های طبیعی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی	(2008) Yavuz,
انتخاب محل کارخانه اتانول با استفاده از GIS در استان Nakhonratchasima تایلند	Kantha, (2009)



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی معادن سنگ آهن سنگان

۱-۵- طرح مسئله

با توجه به تأمین مواد اولیه دو واحد ۸۰۰ هزار تنی احیا مستقیم مجتمع فولاد خراسان مجموعاً به میزان ۱/۶ میلیون تن ظرفیت فاز اول ۲/۶ میلیون تن گندله در سال به فولاد خراسان اختصاص یافته و در راستای برنامه‌های افزایش تولید فولاد کشور و تأمین خوراک کارخانه‌های فولادسازی در دیگر شهرهای استان و کشور، ظرفیت فاز دوم نیز به میزان ۲/۶ میلیون تن گندله در سال (با احتساب فاز اول جمعاً ۵/۲ میلیون تن) تعیین شده است (طرح تجهیز معادن سنگ آهن سنگان، ۱۳۸۸). بنابراین برای تأمین ۲/۶ میلیون تن گندله فاز ۲ نیاز به یک کارخانه فرآوری سنگ آهن علاوه بر کارخانه فاز ۱ معدن سنگان در منطقه مذکور نیاز می‌باشد که تعیین محل مناسب این کارخانه از اساسی‌ترین کارهای توسعه فاز ۲ می‌باشد.

۱-۶- اهداف و روش‌های تحقیق

هدف از تحقیق حاضر، معرفی محل مناسب برای احداث محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان و همچنین تعیین محل سد باطله این معدن می‌باشد که برای این منظور موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

- بررسی عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله
- بررسی اثرات مثبت و منفی احداث کارخانه فرآوری و سد باطله بر منطقه مورد مطالعه
- انتخاب مناسب‌ترین محل برای احداث کارخانه فرآوری و سد باطله با توجه به پارامترهای

مؤثر در انتخاب محل کارخانه و سد باطله

به منظور انتخاب مکان مناسب برای احداث کارخانه و تعیین محل سد باطله از سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS برای پردازش و آنالیز داده‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده می‌شود.

۱-۷- جمع آوری اطلاعات

آمار، اطلاعات و نقشه‌های متعدد مورد نیاز برای انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله از بخش‌های مربوطه به شرح زیر گردآوری شده‌اند:

- نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ معدن سنگان، تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی
- جمع‌آوری داده‌های مربوط به اثرات احداث کارخانه و سد باطله فاز ۱ معدن با مطالعه گزارش‌های موجود در آرشیو و کتابخانه معدن
- جمع‌آوری داده‌های مربوط به معیارها و عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه و سد باطله با مطالعه گزارش‌های موجود در آرشیو معدن
- آمار و اطلاعات مربوط به میزان و ترکیب باطله، تهیه شده توسط شرکت کانی‌کاوان شرق
- تهیه نقشه‌های مورد نیاز شامل نقشه‌های نشان‌دهنده محل سنگ‌شکن، سد باطله، سایت اداری معدن، کارخانه فاز ۱، راه‌های دسترسی، منابع آب، برق و ...

۱-۸- فصل‌بندی مطالب

به‌طور کلی مطالب این پایان‌نامه در ۶ فصل ارائه می‌شود، که فصل اول راجع به کلیات و ضرورت تحقیق بحث می‌کند و سرفصل بقیه مطالب به شرح زیر می‌باشد:

فصل دوم- مبانی انتخاب محل کارخانه : در این فصل معیارهایی که در انتخاب محل یک کارخانه مؤثر می‌باشند ذکر می‌شود و کارهای صورت گرفته در این زمینه نیز بیان می‌شود. در ادامه روش‌های انتخاب محل کارخانه و سد باطله که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته تشریح می‌شود.

فصل سوم- اختصاصات منطقه مورد مطالعه: در این فصل منطقه مورد مطالعه به طور کامل معرفی می‌شود.

فصل چهارم- عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگان: در این فصل ابتدا اثرات احداث کارخانه فرآوری و سد باطله در منطقه بررسی و سپس معیارهای انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله بررسی می‌گردد و در پایان گزینه‌های احتمالی برای احداث کارخانه و سد باطله بیان می‌شود.

فصل پنجم- انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان: برای انتخاب محل مناسب کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان ابتدا از نرم‌افزار ArcGIS برای تعیین یک منطقه برای احداث کارخانه استفاده شده است. سپس برای تعیین بهترین محل از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی استفاده می‌شود. در ادامه محل سد باطله نیز با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی تعیین می‌شود.

فصل ششم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات: در این فصل نتایج مطالب مطرح شده در فصول ۱ تا ۵ بیان می‌شود و پیشنهادات لازم نیز ارائه می‌شود.

فصل دوم

مبانی انتخاب محل کارخانه



۲-۱- مقدمه

امروزه، توسعه روزافزون علم و افزایش حجم اطلاعات و شناسایی منابع جدید، بر کسی پوشیده نیست. در دهه‌های اخیر، شرایط محیطی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، در ایجاد مکان‌های جدید و تنوع بخشیدن به مکان‌ها و فرهنگ‌ها، اثرهای عمیق برجای گذاشته است. لذا برای انتخاب محل مناسب برای یک مکان صنعتی نیاز به شناخت معیارها یا عوامل تأثیرگذار بر انتخاب محل می‌باشد. پس از شناخت عوامل مؤثر باید با بکارگیری روش‌های مناسب، محل مناسب را برای مکان صنعتی تعیین کرد. در این فصل ابتدا معیارهایی که به طور کلی برای انتخاب محل یک کارخانه مؤثر می‌باشد، بیان می‌شود و سپس کارهای صورت گرفته در این زمینه به صورت مختصر ذکر می‌گردد. در ادامه مهم‌ترین روش‌های انتخاب محل کارخانه و سد باطله تشریح می‌شود.

۲-۲- بررسی عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه

بررسی و انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه به نحوی که از جهات فنی امکان‌پذیر و از جهات اقتصادی با صرفه باشد، کاملاً ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. انتخاب محل ایده‌آل کارخانه به طوری که از جمیع جهات مناسب باشد ممکن است به علت محدودیت‌های موجود مقدور نباشد، بنابراین می‌بایستی در حد امکان مناسب‌ترین محل را انتخاب کرد.

با توجه به این که مطالعه در مورد انتخاب محل احداث کارخانه از جهات گوناگون از قبیل بازار و جهات فنی و مالی حائز اهمیت است، عوامل زیادی وجود دارد که در تصمیم‌گیری برای انتخاب محل کارخانه مؤثر می‌باشند. لذا برای انتخاب محل مناسب هر واحد صنعتی نیاز به شناخت معیارهای مؤثر در این زمینه دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوبی به عمل آید. در کشورهای که با محدودیت منابع و امکانات مواجه هستند، تعیین و شناخت این معیارها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (مجیدیان، ۱۳۸۲). در این قسمت ابتدا معیارهای تصمیم‌گیری تعریف می‌شود و سپس معیارهای مؤثر برای انتخاب محل مناسب کارخانه بیان می‌شود.

۲-۱- معیارهای تصمیم‌گیری

به ملاک‌های متضمن هدف و سازنده آن که تصمیم‌گیرنده به منظور افزایش مطلوبیت و رضایت خود مد نظر قرار می‌دهد، معیار^۱ گفته می‌شود. معیارها در واقع سنگ محک هدف یا وسیله اندازه‌گیری آن می‌باشند. به عبارت دیگر معیارها، استانداردها و قوانینی هستند که برای قضاوت مورد استفاده قرار گرفته و میزان اثر بخشی^۲ را در تصمیم‌گیری بیان می‌کنند. هر اندازه معیارها بیشتر اجزاء هدف را پوشش دهند و بیشتر بیان‌کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر افزایش خواهد یافت (عطائی، ۱۳۸۸).

معیارها ممکن است کمی باشند و بتوان آن‌ها را در قالب اعداد و ارقام بیان کرد. در این صورت روش‌های متنوع ریاضی برای حل آن‌ها وجود دارد. ولی اگر معیارها کیفی باشند، دیگر به سادگی نمی‌توان از روش‌های ریاضی و کمی استفاده کرد و روش خاص خود را می‌طلبد. در این حالت‌ها اندازه‌گیری معیارهای کیفی نیاز به یک استاندارد دارد.

^۱ - Criterion

^۲ - Effectiveness

در بسیاری از مسائل مشاهده می‌شود که معیارهای تصمیم‌گیری، هم کمی و هم کیفی هستند که در بعضی موارد نیز هم واحد نیستند، در برخورد با این مسائل نیز می‌بایست به دنبال گزینه‌ای بود که بیشترین مزیت را برای معیارها داشته باشد.

۲-۲-۲- معیارهای مؤثر در انتخاب محل کارخانه

انتخاب محل استقرار واحدهای مختلف صنعتی یا معدنی، به عوامل متعددی بستگی دارد که بخشی مستقیماً مربوط به نتایج طراحی کارخانه و بخشی نیز وابسته به فاکتورهای محیطی و یا اقتصادی می‌باشد. مهم‌ترین این معیارها در انتخاب محل کارخانه عبارتند از: میزان مواد اولیه مصرفی سالیانه کارخانه و محل‌های تأمین آن‌ها، نزدیکی کافی به منابع مواد اولیه، کافی بودن مقدار مواد اولیه موجود در محل، درجه اطمینان دسترسی به مواد اولیه، میزان مرغوب بودن مواد اولیه موجود در محل، امکان استفاده از محصولات فرعی واحدهای صنعتی واقع در منطقه به عنوان ماده اولیه، نیروی انسانی ماهر، انرژی، بازار فروش، شبکه ترابری، قوانین و مقررات دولتی، حمل و نقل مواد اولیه مصرفی و تولیدات، فضاهای مورد نیاز بخش‌های صنعتی و جنبی و پشتیبانی، نحوه دفع پساب و پسمانده صنعتی کارخانه، تأمین زمین مناسب، بازارهای مصرف محصولات و تولیدات کارخانه، شرایط جوی محل استقرار کارخانه، مقدار مصرف آب و نحوه تأمین و انتقال آن، مقدار مصرف برق کارخانه و نحوه تأمین و انتقال آن، مقدار مصرف سوخت کارخانه و نحوه تأمین و انتقال آن‌ها، مقدار انعطاف‌پذیری کارخانه در قبال تغییرات نوع، کیفیت و قیمت مواد اولیه، نحوه تهیه مصالح ساخت ساختمان‌های کارخانه، لرزه‌خیزی و وضعیت زمین از نظر گسل‌های زلزله، مراکز تأمین و اسکان نیروی انسانی و عوامل محیطی از قبیل اثرات اجتماعی، زیست‌محیطی و

در سال‌های اخیر تحقیقات مختلفی درمورد انتخاب سایت‌های صنعتی انجام شده است که برای

آن معیارهای متفاوتی در نظر گرفته‌اند. در جدول (۲-۱) مهم‌ترین آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۱-۲ - معیارهای مؤثر در انتخاب محل کارخانه از نظر افراد مختلف

معیار	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	•											
بازاریابی			•							•		
نزدیکی به جاده اصلی					•							
تأمین آب	•		•		•		•		•			•
تأمین برق					•			•		•		
تأمین سوخت										•		
تأمین زمین	•											•
حمل و نقل	•		•					•		•		•
مالیات							•					
نزدیکی به فرودگاه					•							
دسترسی به مواد اولیه			•		•					•		
نزدیکی به راه آهن					•							
وسعت محل احداث							•					•
دسترسی به نیروی کار							•			•		•
هزینه انرژی					•							
آب و هوا					•		•					
آلودگی آب					•			•				
آلودگی هوا					•			•				
پوشش گیاهی و گونه‌های جانوری					•			•				
سلامت عمومی					•							
توپوگرافی							•	•				
نوع خاک							•					
زلزله							•					
گسل							•					
مسیر رودخانه و سیلاب‌ها							•					
منابع طبیعی	•						•					
قوانین محلی		•						•				•
اقامتگاه انسانی								•				
سابقه صنعتی محل								•				•
اشتغال												•
عوامل اجتماعی		•						•				
عوامل فرهنگی		•										
عوامل سیاسی		•	•									
بناهای تاریخی							•					
مراکز جمعیتی							•					

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Ataei, (2005) | 7. Deputy, (2006) |
| 2. Yong, (2006) | et al, (2004) 8. Valadan Zoej |
| 3. Yavuz, (2008) | 9. Yanpirat and Panjarongkha, (2005) |
| 4. Cotana and Goretti, (2005) | 10. Badri, (2007) |
| 5. Koikai, (2008) | 11. Azizi, (2005) |
| 6. Tombari, (1979) | 12. Kantha, (2009) |

در ادامه بعضی از مهم‌ترین عوامل شرح داده می‌شود:

- بازاریابی

نزدیکی کارخانه به بازار فروش دارای اهمیت است. این مسأله در مورد کارخانه‌هایی که کالای تولیدی آنان سنگین و حجیم می‌باشد و همچنین کارخانه‌هایی که ارتباط بیشتری با مشتری می‌بایستی داشته باشند، از اهمیت زیادتری برخوردار است. مثلاً زمانی که یک کارخانه کالا را بر حسب سفارش مشتری تولید می‌کند و این تولید نیاز به برقراری ارتباطاتی بین کارخانه و مشتری دارد، حضور در محل مشتری و تماس مستقیم با کارخانه بسیار مهم می‌باشد (Yavuz, 2008).

- تأمین آب

تقریباً در کلیه صنایع، آب یکی از منابع مورد نیاز و غیر قابل‌اجتناب است. آب می‌تواند یک عامل محدودکننده رشد صنعت در برخی مناطق باشد. تأمین میزان و کیفیت آب کافی از شرط‌های نخستین برای اجرای بسیاری از طرح‌های صنعتی از جمله صنایع شیمیائی، ذوب، کاغذسازی، چرم‌سازی و ... می‌باشد. با توجه به نوع طرح، میزان و کیفیت آب لازم تغییر می‌کند. کیفیت آب برای کارخانه به یک سری عوامل مانند درجه سختی و ترکیب آن مربوط می‌شود. تقاضای آب با کیفیت بالا در کارخانه‌های مختلف یکسان نیست و بستگی به نوع استفاده از آب در آن کارخانه دارد. اهمیت کیفیت آب بیش از همه در رشته‌هایی مانند صنایع غذایی و داروسازی بالا است و در این رشته‌ها آب خصیصه مواد خام را داشته و حتی جزئی از محصول به حساب می‌آید. از این‌رو تردیدی نیست که آب در کیفیت محصول اثر می‌گذارد. با توجه به موارد مذکور بدیهی است که در مکان‌یابی محل‌های احداث کارخانه می‌بایستی به مسأله آب به عنوان یک عامل مؤثر توجه شود (Valadan Zoej et al., 2004).

از طرفی کاوش و بررسی درباره وجود آب و مقدار آن گاه مستلزم کار و سرمایه‌گذاری قابل توجهی بوده و مسأله اصلی طرح می‌شود. برای مثال بهره‌برداری از معادن معمولاً در مناطق صحرائی و

غیرمسکونی انجام می‌گیرد و در این موارد محل احداث کارخانه تابع مسأله وجود آب است به طوری که در مورد حفر چاه یا انتقال آب از نقاط دوردست باید مطالعات لازم صورت گیرد.

- تأمین برق

گاهی وجود نیروی برق عامل مهم و اساسی در انتخاب محل احداث کارخانه است، زیرا انتقال نیروی برق به نقاط دوردست با هزینه گزاف فقط برای احداث یک کارخانه ممکن است موجه و باصرفه نباشد. گاه در صنایعی مثل الکتروشیمیایی که مصرف برق آن‌ها زیاد است، مسأله محدودیت‌هایی را از لحاظ انتخاب محل ایجاد می‌نماید (Badri, 2007).

- تأمین سوخت

وجود سوخت مورد نیاز در منطقه و انتقال آن بر انتخاب محل احداث کارخانه تأثیر می‌گذارد. گاهی مناطقی به دلیل وجود سوخت مناسب و ارزان مثل گاز طبیعی دارای امتیازاتی می‌باشند (Valadan Zoej et al, 2004).

- تأمین زمین

در انتخاب محل احداث کارخانه، مناسب بودن زمین از نظر مساحت، موقعیت، قیمت و شرایط فنی از قبیل مقاومت زمین باید مورد بررسی قرار گیرد (Kantha, 2009).

- حمل و نقل

وجود تسهیلات حمل و نقل مانند خط آهن، جاده و امکانات حمل و نقل هوایی و دریایی برای جابجایی نیروی کار و انتقال مواد اولیه و تجهیزات مورد نیاز کارخانه و انتقال و توزیع محصول تولیدی، در تصمیم‌گیری تعیین محل احداث کارخانه نقش مهمی ایفا می‌کند. هر چند که با توسعه وسائل حمل و نقل، از اهمیت این عامل کاسته شده ولی هنوز هم یکی از عوامل اساسی مکان‌یابی

طرح‌های صنعتی محسوب می‌شود. هدف از بررسی این عامل، کاهش زمان و هزینه حمل و نقل است. برای مکان‌یابی احداث کارخانه از نظر حمل و نقل، میزان مواد اولیه و محصول تولید شده و مسافت حمل آن‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد. در رشته‌های صنعتی که شاخص مواد اولیه آن‌ها به علت سنگینی یا حجیم بودن، بالا باشد محل کارخانه باید هرچه نزدیک‌تر به منابع مواد اولیه باشد و در صورتی که موضوع برعکس بوده و در مورد محصول تولیدی این گونه باشد، محل کارخانه بایستی به بازار فروش و محل مصرف نزدیک باشد (مجیدیان، ۱۳۸۲)

آنچه که در مورد حمل و نقل بایستی در نظر گرفته شود عبارت است از:

- میزان حمل و نقل مورد نیاز برای نیروی کار، مواد اولیه، تجهیزات و محصول تولیدی
- امکانات حمل و نقل موجود از قبیل راه‌آهن، جاده و مسیرهای هوایی و دریائی
- وضعیت تردد وسائل حمل و نقل عمومی
- نرخ و هزینه‌های حمل و نقل

- دسترسی به نیروی کار

در عصر حاضر میزان، ترکیب و کیفیت نیروی کار به عنوان یکی از عناصر مهم مکان‌یابی کارخانه‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. بنابراین در تعیین منطقه باید به میزان در دسترس بودن نیروی کار، میزان تخصص و مهارت‌های مورد نیاز و میزان دستمزدهای متداول در منطقه توجه داشت. به علت اختلاف شرایط اقتصادی و اجتماعی میان منطقه‌های مختلف کشور و عقب‌ماندگی برخی از آن‌ها، ممکن است افراد متخصص کم‌تر حاضر شوند با میل در این گونه منطقه‌ها کار کنند. بنابراین باید در این زمینه شرایط لازم برای جذب نیروی متخصص فراهم شود. ترکیب سنی، درجه تخصص، نوع حرفه یا فن، سطح زندگی و میزان دستمزدها، سابقه و روابط کارگر و کارفرما، بنیه و استقامت کارگران و درجه کارائی آن‌ها، میزان عرضه نیروی کار و امکانات آموزشی موجود در محل مورد نظر از

جمله اطلاعاتی از نیروی انسانی هستند که در مواقع مطالعه موقعیت احداث کارخانه باید بررسی شوند (مجیدیان، ۱۳۸۲).

– آب و هوا

گاهی برخی از طرح‌ها به دلیل ویژگی‌هایی که دارند می‌بایستی در محل‌هایی که دارای شرایط آب و هوایی خاصی هستند، ایجاد شوند در این رابطه می‌توان به طرح‌هایی که از انرژی خورشیدی یا انرژی باد استفاده می‌کنند و همچنین طرح‌های کشاورزی اشاره نمود. عوامل جوی، آب و هوایی و شرایط محلی که ممکن است در مورد طرح مورد توجه قرار بگیرند عبارتند از: درجه حرارت هوا، درجه رطوبت هوا، تابش خورشید، وزش باد، ریزش باران و برف، گرد و غبار و دود، سیل و زلزله (Valadan Zoej et al, 2004).

– اقامتگاه انسانی

در مورد کارخانه‌هایی که ایجاد امکانات زندگی برای آن‌ها پیش‌بینی نشده است، انتخاب محل احداث کارخانه در جایی که از این گونه امکانات برخوردار بوده و یا به آن نزدیک باشد، از نکات قابل توجه است. از جمله این امکانات می‌توان به مسکن، مدرسه، بیمارستان، تسهیلات خرید و امکانات رفاهی اشاره کرد (Yanpirat and Panjarongkha, 2005).

– قوانین محلی

مناطق مختلف کشور مثل استان‌ها و شهرهای مختلف می‌توانند برای جذب سرمایه‌گذاری‌ها و ایجاد مشوق‌ها، مقررات و قوانین خاصی داشته باشند و به این ترتیب انگیزه‌هایی برای توزیع جغرافیایی منطقی‌تر و عادلانه سرمایه‌گذاری‌ها ایجاد نمایند. مثلاً اعطای اعتبار بیشتر با شرایط مطلوب و بهره کم و یا مالیات کم و احتمالاً بخشودگی مالیاتی می‌تواند از جمله اینگونه مقررات باشد (مجیدیان، ۱۳۸۲).

برخی مناطق به دلیل تجمع صنایع مختلف، جمعیت زیاد و آلودگی می‌تواند مقررات و قوانین بازدارنده داشته باشند. مقررات مربوط به آلودگی محیط‌زیست می‌تواند از این گونه باشد. گاهی قوانین حقوقی، تأسیس بعضی از کارخانه‌ها را در مناطق خاصی ممنوع اعلام می‌نماید بنابراین در انتخاب محل احداث کارخانه به این نکته نیز باید توجه شود. مقررات کار، مقررات صنایع و مقررات مالیاتی از جمله این قوانین و مقررات می‌باشند.

- سابقه صنعتی محل

در مواردی ممکن است برخی از صنایع در مناطق یا محل‌های خاصی از تمرکز بیشتری برخوردار باشد به عنوان مثال صنایع فرش‌بافی در کاشان و یا صنایع غذایی در مشهد را نام برد.

مزایایی که این تمرکز می‌تواند داشته باشد عبارتست از:

- وجود کارگر و متخصص صنعت مربوطه
- وجود سرویس‌ها و خدمات لازم برای صنعت مربوطه
- آشنائی سازمان‌های دولتی و شهرداری‌ها با مقررات صنعتی و مسائل قبلی آن‌ها.

۲-۳- روش‌های انتخاب محل کارخانه

فرآیند انتخاب بهترین محل یا گزینه از میان محل‌ها یا گزینه‌های موجود اغلب کار دشواری می‌باشد. که برای تعیین بهترین محل برای احداث یک کارخانه روش‌های زیادی تاکنون ارائه شده است. که می‌توان این روش‌ها را به طور کلی به پنج گروه زیر تقسیم‌بندی کرد.

الف- مدل‌های انتخاب محل احداث کارخانه

ب- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ (MCDM)

ج- سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ (GIS)

۳- Multi Criteria Decision Making

۴- Geographic Information System

د- تلفیق تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS

ه- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

چون در این تحقیق از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است لذا این دو روش به طور کامل توضیح داده می‌شود و سایر روش‌ها به طور مختصر بیان می‌شوند.

۲-۳-۱- مدل‌های انتخاب محل احداث کارخانه

مدل‌های کمی مختلفی برای جایابی سیستم‌های عملیاتی به منظور یافتن بهترین موقعیت مکانی تهیه و تنظیم شده است. مهم‌ترین آن‌ها عبارت است از (مجیدیان، ۱۳۸۲):

الف- مدل مرکز ثقل

ب- مدل حمل و نقل

ج- مدل امتیازدهی وزنی

الف- مدل مرکز ثقل

در این مدل با توجه به مختصات نقاط مربوط به منابع اولیه و نقاط مربوط به مراکز پخش و میزان کالایی که در مورد هر کدام از نقاط حمل می‌شود، مرکزی بین نقاط انتخاب می‌شود که با توجه به فاصله این مرکز از هر کدام از نقاط و میزان کالای حمل شده از آن‌ها، کم‌ترین هزینه حمل و نقل را در برداشته باشد. این روش وقتی قابل استفاده است که حمل و نقل نقش اساسی در انتخاب محل داشته و یا در مقایسه چند مکان سایر عوامل از وضعیت یکسانی برخوردار بوده و همچنین کیفیت مسیرهای حمل برای نقاط مختلف در یک حد باشد، در غیر این صورت پارامترهای دیگری نیز بایستی دخالت داده شود.

ب- مدل حمل و نقل

در این مدل با مشخص بودن مبادی و مقاصد حمل کالا و هزینه‌های حمل در هر مسیر، مقادیر حمل از هر مبدا به هر مقصد طوری تعیین شده تا هزینه‌های حمل به حداقل برسد و سپس کل هزینه‌های حمل محاسبه می‌شود. بدیهی است در صورتی که چند گزینه برای انتخاب وجود داشته باشد، گزینه‌ای که کل هزینه‌های حمل آن مینیمم باشد، مناسب‌ترین خواهد بود. این روش در مواردی که هزینه‌های حمل نقش اساسی در انتخاب محل داشته باشد و یا سایر عوامل در وضعیت مشابهی قرار داشته باشند استفاده می‌شود.

ج- مدل امتیازدهی وزنی

این مدل ورودی‌های کمی و کیفی را قبول می‌کند و برای ارزیابی گزینه مورد نظر و همچنین برای مقایسه گزینه‌های مختلف سودمند و مفید است. مدل مذکور شامل مراحل زیر است:

- تعیین عوامل موثر (مثلاً مواد اولیه، نیروی کار و ...).
- اختصاص وزن به هر عامل (وزن اهمیت نسبی هر عامل را در مقایسه با دیگر عوامل نشان می‌دهد و عموماً وزن‌ها طوری انتخاب می‌شود که مجموع آن‌ها یک شود).
- تعیین گزینه‌های مختلف.
- برای هر عامل به هر محل نمره‌ای اختصاص داده می‌شود (در یک مقیاس مشترک).
- برای هر عامل وزن‌ها را در نمره‌ها ضرب کرده و نتایج را برای هر محل جمع می‌شود.
- محلی را که بیشترین نمره ترکیبی را به دست آورده، انتخاب می‌شود.

۲-۳-۲- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)

علم تصمیم‌گیری یکی از زمینه‌هایی است که به سرعت در حال رشد می‌باشد. یکی از شاخه‌های مهم علم تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. تصمیم‌گیری چند معیاره به مسائل تصمیم‌گیری اطلاق می‌شود که با چندین معیار و معمولاً معیارهای ناسازگار با هم، مواجه می‌باشد یا

به عبارت دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره، انتخاب گزینه برتر با در نظر داشتن چندین معیار می‌باشد. این معیارها می‌توانند کمی یا کیفی، مثبت یا منفی باشند. مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره با n معیار و m گزینه، اغلب با ماتریس زیر بیان می‌شوند (عبدوس و مزینی، ۱۳۸۶).

$$R = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1-2)$$

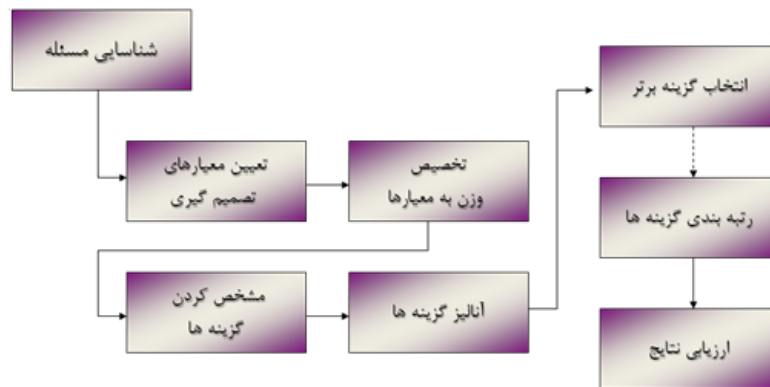
که A_i گزینه‌های موجود، C_j معیارهای تصمیم‌گیری و r_{mn} امتیاز گزینه m ام برای معیار n ام می‌باشند.

اهمیت نسبی یا وزن معیارها نیز با بردار نرمال W بیان می‌شود.

$$W = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n] \quad (2-2)$$

مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره گستردگی و تنوع بسیاری دارند ولی اصول کلی همه

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به ترتیبی که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است می‌باشد.



شکل ۱-۲- اصول روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

۲-۳-۱- تقسیم بندی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره

مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره به طور کلی به دو دسته کلی مدل‌های چند هدفه^۱ و مدل‌های چند

شاخصه^۲ تقسیم می‌شوند:

الف- تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)

۵- Multiple Objective Decision Making (MODM)

۶- Multiple Attribute Decision Making (MADM)

ب- تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)

الف- مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه

مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه شامل مجموعه‌ای از هدف‌ها می‌شود که همزمان نمی‌توان به تمامی آنها دست یافت. این روش کاملاً بر فضای عملی تصمیم متمرکز است و با تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی حل می‌شوند. تصمیم‌گیری چند هدفه عموماً با هدف‌های رتبه‌بندی شده تصمیم‌گیرنده روابط بین هدف‌ها و گزینه‌ها، سر و کار دارند. جواب مورد انتظار در روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه حل ایده‌آلی است که تمامی توابع هدف را همزمان بهینه سازد.

ب- مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه

مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه با مسائل انتخاب یک گزینه از مجموعه‌ی گزینه‌هایی که به وسیله معیارها سنجیده می‌شوند، سروکار دارند. تصمیم‌گیری چند شاخصه یک رویکرد کیفی است. و نیازمند اطلاعاتی در زمینه اولویت‌بندی بین معیارها و اولویت‌بندی گزینه‌های موجود است. تصمیم‌گیرنده ممکن است، رتبه‌بندی در مورد گزینه‌ها را با وزندهی یا میزان اهمیت نسبی آنها بیان کند. هدف تصمیم‌گیری چند شاخصه بیان گزینه بهینه‌ای است که بالاترین درجه ارضای معیارها را داشته باشد. روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به دو دسته تعاملی و غیر تعاملی تقسیم می‌شوند. در جدول (۲-۲) انواع این روش‌ها درج شده است.

۲-۳- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در اوایل دهه ۱۹۶۰، برای نخستین بار در کانادا مطرح شده و از آن تاریخ به بعد، روز به روز به تعداد طرفداران آن افزوده شد. در این دهه، پیشرفت‌های حاصل شده در زمینه رایانه، نقشه‌کشی و تکنیک استفاده از عکس‌های هوایی، بستر مناسبی برای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی خودکار به وجود آورد. در این دوره، مدیران منابع و متخصصان امر

به این نتیجه رسیدند که به جمع‌آوری داده‌ها از منابع مختلف نیاز دارند و از سوی دیگر این داده‌ها باید به نحوه صحیح تجزیه و تحلیل شوند و خروجی مناسبی برای طراحان و تصمیم‌گیران فراهم شود.

جدول ۲-۲- انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (عطایی، ۱۳۸۸)

روش تسلط ^۱	روش‌های حل بدون ترجیحات معیارها	روش‌های غیر تعاملی
روش حداقل حداکثرها ^۲		
روش حداکثر حداقلها ^۳		
روش ارضای منفرد ^۴	روش‌های حل با سطح استاندارد	
روش ارضای جامع ^۵		
روش حذفی ^۶	روش‌های حل با ترجیحات کیفی	
روش لغت نامه‌ای ^۷		
روش نیمه لغت نامه‌ای ^۸		
روش تقدم (رتبه‌بندی) ^۹		
	روش وزن دهی ساده ^{۱۰}	
	روش برنامه‌ریزی توافقی ^{۱۱}	
	روش VIKOR	
	روش شباهت به گزینه ایده‌آل ^{۱۲}	
	روش الکت ^{۱۳}	
	روش تحلیل سلسله مراتبی ^{۱۴}	

۷ - Dominance Method

۸- Maximin method

۹ - Maximax method

۱۰ - Conjunctive method

۱۱ - Disjunctive method

۱۲ - Omissive method

۱۳ - Lexio Graphy

۱۴- Semilexio Graphy

۱۵- Priority method

۱۶ - Simple Additive Weighting method (SAW)

۱۷ - Compromise programming

۱۸ - Technique for order performance by similarity to ideal solution (TOPSIS)

۱۹ - Elimination choice translating reality (ELECTRE)

۲۰ - Analytical Hierarchy Process (AHP)

در پدید آمدن سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مواردی از قبیل بهبود روش‌های نقشه‌کشی، گسترش سریع سیستم‌های رایانه‌ای، انقلاب کمی در تجزیه و تحلیل‌های جغرافیایی، تنوع و پیچیدگی پدیده‌های جغرافیایی و لزوم شناخت دقیق آن‌ها در برنامه‌ریزی‌های شهری، منطقه و محیطی و بکارگیری سیستم‌هایی که بتواند حجم بسیار زیاد اطلاعات را نگهداری، پردازش و تجزیه و تحلیل کند، مؤثر بوده است. در دهه بعد، رشد سریع جمعیت، مهاجرت و رشد سریع شهرها، باعث شد تا به شکل بی‌رویه از منابع محیطی بهره‌برداری شود. در چنین شرایطی، استفاده از GIS شکل عمومی به خود گرفت. در واقع GIS در دوره جدید با فعالیت‌هایی که در کشور کانادا برای تعیین حدود زمین‌های کشاورزی صورت گرفت، شروع شد (آرنوف، ۱۳۷۵).

۲-۳-۱- تعریف GIS

تلاش‌های آن‌چنان گسترده‌ای به منظور تعریف GIS صورت گرفته که انتخاب یک تعریف قطعی برای آن را دشوار می‌سازد. مگایر^۱ (۱۹۹۱) فهرستی از ۱۱ تعریف متفاوت ارائه می‌دهد. همان‌طور که پیکلز^۲ (۱۹۹۵) پیشنهاد می‌کند هر تعریفی از GIS به این امر بستگی دارد که زمینه و دیدگاه آن از سوی چه کسی ارائه می‌شود. همچنین او مدعی است که تعاریف GIS با توسعه فراتر فناوری و کاربردها تغییر می‌کند. برخی از تعاریف مختصرتر ایده‌ای مبنی بر اینکه GIS چیست، هرچند به شیوه‌ای سطحی ارائه می‌دهند. برای نمونه، به اعتقاد راینند^۳ (۱۹۸۹) GIS یک سیستم رایانه‌ای است که می‌تواند داده‌های توصیف‌گر مکان‌های واقع بر روی سطح زمین را استفاده و نگهداری کند. تعاریف کامل‌تر، اطلاعات بیشتری از آن‌چه که GIS انجام می‌دهد و این که ماهیت آن چیست به دست می‌دهند. بر طبق تعاریفی که از سوی بورو^۴ (۱۹۸۶) ارائه شده GIS مجموعه‌ای از ابزارها برای

۱-Maguire

۲-Pickles

۳-Rhind

۴-Burrough

جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیافت ارادی، تبدیل و نمایش داده‌های مکانی از جهان واقعی به مجموعه مقاصد ویژه است و مطابق با تعریف اداره محیط‌زیست^۱ (۱۹۸۷) GIS سیستمی است برای ثبت، ذخیره‌سازی، کنترل، تلفیق، بکارگیری، تحلیل و نمایش داده‌ها که به لحاظ مکانی زمین‌مرجع هستند (هایوود، ۱۳۸۱).

برطبق این تعاریف GIS از داده‌های مکان مرجع یا داده‌های جغرافیایی سطح زمین استفاده می‌کند و فعالیت‌های مدیریتی و تحلیل متفاوتی بر روی این داده‌ها انجام می‌دهد که از جمله ورودی و خروجی آن‌ها است. اداره محیط‌زیست (۱۹۸۷) فهرستی از امکاناتی را که یک GIS به خوبی طراحی شده ارائه می‌دهد، به شرح زیر بیان می‌کند:

- دسترسی آسان و سریع به حجم وسیعی از داده‌ها،
- توانایی انجام فعالیت‌های زیر:
 - انتخاب جزئیات با توجه به ناحیه یا موضوع،
 - ارتباط یا ادغام یک مجموعه از داده‌ها با سایر مجموعه داده‌ها،
 - تحلیل ویژگی‌های مکانی داده‌ها،
 - تحقیق برای ویژگی‌ها یا عوارض ویژه در یک ناحیه،
 - به هنگام‌سازی سریع و ارزان داده‌ها
 - مدل‌سازی داده‌ها و ارزیابی گزینه‌ها.
- امکانات خروجی (نقشه‌ها، نمودارها، فهرست نشانی‌ها و خلاصه آمار) که به منظور رویارویی با نیازهای ویژه طراحی شده‌اند.

به طور خلاصه، GIS را می‌توان برای افزودن ارزش به داده‌های مکانی مورد استفاده قرار داد. با سازماندهی و ملاحظه کارآمد داده‌ها، تلفیق آن‌ها با سایر داده‌ها، تحلیل و تولید داده‌های جدید که به

نوبت به کار می‌روند، GIS اطلاعات مفیدی به دست می‌دهد که به تصمیم‌گیری کمک می‌کند. GIS را می‌توان به عنوان صورتی از یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی توصیف کرد. یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) دارای پنج قسمت اصلی می‌باشد که عبارتند از (هایوود، ۱۳۸۱):

- سخت‌افزار (برای ذخیره، پردازش و نمایش داده‌های رقومی)

- نرم‌افزار (برای انجام عملیات GIS)

- داده‌ها

- روش کار (مراحل لازم برای انجام انواع عملیات تحلیلی)

- افراد متخصص

از این پنج عنصر اصلی GIS، افرادی که نحوه استفاده از سیستم را می‌دانند و همچنین نرم‌افزار مورد استفاده، مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کنند، در بیشتر مواقع جمع‌آوری داده‌ها ممکن است با هزینه زیاد همراه باشد. برای این که یک سیستم اطلاعات جغرافیایی مفید واقع شود، باید قادر به دریافت و تولید اطلاعات به صورت مؤثر باشد. توابع ورودی و خروجی داده‌ها، مفاهیمی هستند که توسط آنها یک GIS با جهان بیرون ارتباط برقرار می‌کند.

۲-۳-۳-۲- قابلیت‌ها و کاربردهای GIS

به طور اجمال قابلیت‌های GIS نسبت به سیستم‌های اطلاعاتی مشابه و روش‌های دستی را می‌توان به شرح زیر بیان داشت (رسولی، ۱۳۸۴):

- قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات با حجم زیاد

- قابلیت برقراری ارتباط بین اطلاعات جغرافیایی (نقشه) و اطلاعات غیرجغرافیایی (جداول

اطلاعاتی) و ایجاد امکانات تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی با استفاده از اطلاعات

غیرجغرافیایی و بالعکس

- توانایی انجام طیف وسیعی از تحلیل‌ها مانند: روی هم قراردادن لایه‌ها، پیدا کردن اشیای مختلف با استفاده از خاصیت نزدیکی آن‌ها به یک شیء خاص، شبیه‌سازی، محاسبه تعداد دفعات وقوع یک حادثه در فاصله مشخص از نقطه یا نقاط معین، و ...
- داشتن دقت، کارایی، سرعت عمل زیاد و سهولت در به‌هنگام‌سازی داده‌ها
- توانایی انجام محاسبات آماری مانند محاسبه مساحت و محیط پدیده‌های مشخص شده
- قابلیت ردیابی و بررسی تغییرات مکان‌های جغرافیایی در طول زمان
- قابلیت استفاده برای مکان‌یابی پروژه‌های مختلف.
- کاربردهای دیگر GIS در جدول (۲-۳) خلاصه شده است.

جدول ۲-۳- کاربردهای GIS (هایوود، ۱۳۸۱)

فعالیت	کاربرد
اجتماعی-اقتصادی / دولت	بهداشت دولت محلی طراحی حمل‌ونقل و مدیریت شهری طراحی خدمات
سازمان‌های دفاعی	شناسایی سایت مورد نظر طراحی پشتیبان تاکتیکی مدل‌سازی فرمان سیار تلفیق داده‌های محرمانه
تجارت و کار	تحلیل سهام بازار بیمه مدیریت ناوگان حمل و نقل بازاریابی مستقیم بازاریابی مورد نظر سایت کارخانه
خدمات رفاهی	مدیریت شبکه ارتباط راه دور تعمیرات اضطراری
مدیریت زیست‌محیطی	انتخاب سایت انهدام زباله پایش آلودگی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ارزیابی خطرات طبیعی مدیریت منابع

۲-۳-۳- فرآیند تحلیل اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی

GIS یک سیستم رایانه‌ای است که چهار قابلیت اساسی را در رابطه با داده‌های زمین مرجع فراهم

می‌آورد (هایوود، ۱۳۸۱):

الف- ورودی داده‌ها^۱

ب- مدیریت داده‌ها (ذخیره و بازیابی اطلاعات)^۲

ج- پردازش و تحلیل داده‌ها^۳

د- خروجی داده‌ها^۴

الف- ورود داده‌ها به GIS

ورود داده‌ها در GIS به معنی کدگذاری داده‌ها به شکلی که توسط کامپیوتر خوانده شده و در پایگاه اطلاعاتی^۵ قابل نوشتن باشد. منابع تولید کننده اطلاعات مورد نیاز یک سیستم GIS نیز شامل تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور، عکس‌های هوایی و تکنیک‌های فتوگرامتری، نقشه‌برداری کلاسیک، سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)، اسناد و مدارک به همراه نقشه‌های موجود می‌باشد.

ب- مدیریت داده‌ها

با توسعه زمینه سیستم‌های اطلاعات در اواسط قرن بیستم، مفاهیم پایگاه داده‌ها و یا سیستمی که برای مدیریت پایگاه داده‌ها به کار می‌رود، توسعه یافته و تکمیل شدند. امروزه برای پروژه‌های کوچک GIS، امکان ذخیره‌سازی و مدیریت اطلاعات جغرافیایی در قالب فایل‌ها و اطلاعات ساده وجود دارد.

۱-Input

۲-Data storage and retrieval

۳-Manipulation and analysis

۴-Output

۳۰- Data Base

اما هنگامی که حجم اطلاعات زیاد باشد و همچنین تعداد کاربران سیستم از یک تعداد محدود فراتر رود، بهترین روش برای مدیریت اطلاعات، استفاده از سیستم مدیریت پایگاه داده می‌باشد. پایگاه داده‌ها، مجموعه‌ای است از اطلاعات در مورد اشیاء و ارتباط آن‌ها با یکدیگر. به طور مثال یک پایگاه داده می‌تواند شامل نام‌ها و آدرس‌ها باشد. همچنین خود نام‌ها می‌توانند به وسیله ارتباطات دیگر تقسیم‌بندی شوند و به منظور ذخیره‌سازی، سازماندهی و مدیریت اطلاعات جغرافیایی در GIS مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ج- تجزیه و تحلیل اطلاعات

تجزیه و تحلیل عبارت است از سنجش داده‌ها در رابطه با فرضیه یا هدف تحقیق و داوری درباره رابطه آن‌ها (احمدی‌زاده، ۱۳۸۲). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و نیز جمع‌بندی آن‌ها به صورت واحدهائی که در مکان‌یابی مؤثرتر باشند، روش‌های متفاوتی وجود دارد. در هر منطقه لازم است از روشی متناسب با شرایط آن استفاده شود. در ایران نیز همگام با سایر کشورها در حال حاضر روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها استفاده شده است، که از جمله مهم‌ترین آن‌ها روش روی هم‌گذاری نقشه‌ها و روش شبکه‌ها می‌باشد.

د- خروجی داده‌ها

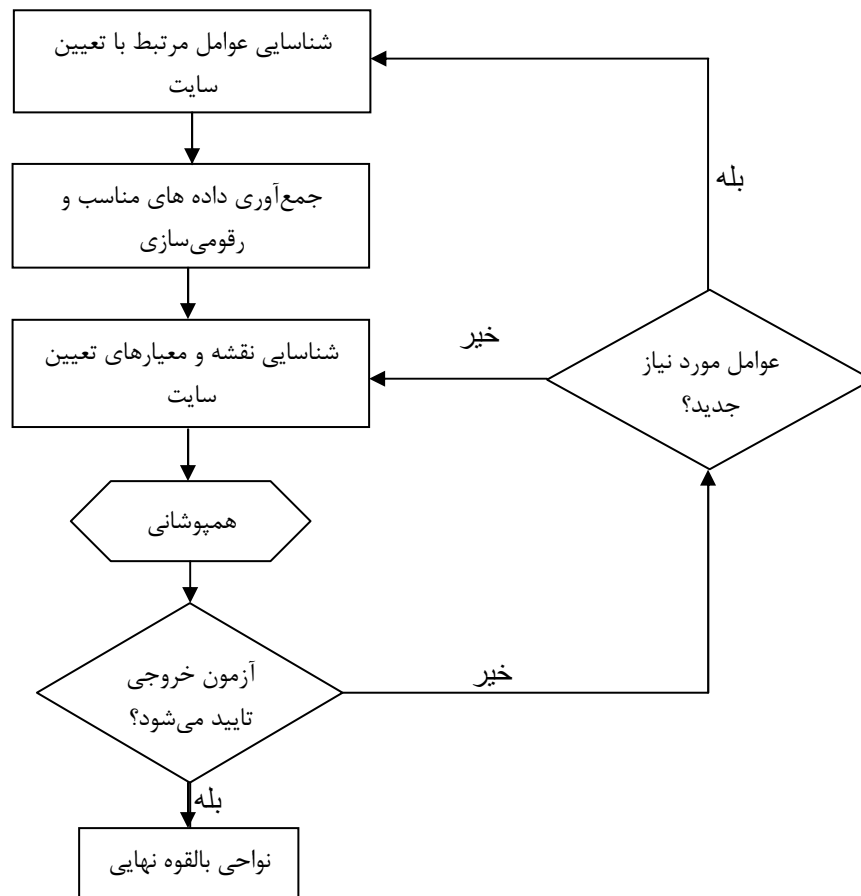
یک سیستم اطلاعات جغرافیایی شامل نرم‌افزار لازم برای نمایش نقشه‌ها، نمودارها و جداول مختلف به صورت‌های گوناگون می‌باشد. GIS این زمینه را فراهم می‌کند تا بتوان انواع نقشه‌هایی را که مبین توزیع فضایی پدیده‌های مختلف هستند، به سادگی تولید کرد. انتخاب نوع نمایش این خروجی‌ها به عوامل مختلفی وابسته است که عبارتند از: طبیعت خود داده‌ها، توان تفکیک و مقیاس مورد نیاز، محدودیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و همچنین تعداد متقاضیان محصولات خروجی. در حالت کلی، خروجی‌های GIS به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- خروجی‌های کاغذی از قبیل نقشه‌های موضوعی، نمودارها، جداول و گزارش‌های آماری که از طریق چاپگر یا پلاتر تهیه می‌شوند.
- خروجی‌های غیرکاغذی که در آن، اطلاعات تولیدشده بر روی صفحه نمایش دیده می‌شود. این نوع خروجی برای استفاده از آخرین پردازش‌ها و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۳-۳-۴- تعیین محل سایت‌های صنعتی با استفاده از GIS

تحقیق در باره مناسب‌ترین محل برای مکان‌یابی، مسئولیتی است که توسط افراد و سازمان‌ها براساس یک روال منظم صورت می‌گیرد. این مسئولیت ممکن است به منظور یافتن محلی برای یک فروشگاه، یک پایانه نفتی جدید، یک کارخانه یا یک فرودگاه جدید صورت گیرد. گاهی این مسئولیت دشوارتر می‌شود و تحقیق در نقشه‌های متعدد و اسناد مربوطه را می‌طلبد.

استفاده از GIS برای تعیین یک سایت به این صورت است که ابتدا تعدادی از لایه‌های داده‌ها تعیین می‌شود که هر لایه، داده‌هایی از یک معیار تعیین سایت جداگانه را شامل است (برای نمونه، زمین‌شناسی، شبکه‌های حمل و نقل، نواحی حفاظت‌شده طبیعی و آمار جمعیت). این داده‌ها به وسیله فرمت رقومی‌سازی از نقشه کاغذی به صورت رقومی تبدیل می‌شوند. سپس لایه‌های داده‌ها به گونه‌ای پردازش می‌شود که یک معیار تعیین سایت را ارائه دهد. سپس نرم‌افزار GIS برای تلفیق این لایه‌های جدید با لایه‌های اضافی اطلاعات نشانگر سایر معیارهای تعیین سایت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت حاصل کار نقشه‌ای می‌باشد که در آن موقعیت‌های تمام معیارهای تعیین سایت رعایت شده است. بنابراین، تعدادی از مکان‌های مناسب برای سایت به دست می‌آید. مزیت استفاده از GIS به این شیوه آن است که معیار تعیین سایت می‌تواند تغییر یابد و روش تکرار شود. شکل (۲-۲) استفاده از GIS برای تعیین یک سایت مناسب برای احداث یک کارخانه را نشان می‌دهد (هایوود، ۱۳۸۱).



شکل ۲-۲- استفاده از GIS برای تعیین یک سایت کارخانه (هایوود، ۱۳۸۱)

۲-۳-۴- تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS (پیکره آنالیز چند معیاره مکانی)

در پایین‌ترین سطح، هر تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی شامل مجموعه‌ای از گزینه‌های تعریف شده از لحاظ جغرافیایی است که در آن یک گزینه از میان گزینه‌ها با رعایت یک مجموعه معین معیارهای ارزیابی انتخاب می‌شود. بر مبنای این تعریف گزینه‌ها مجموعه‌ای از عوارض سطحی، خطی و نقطه‌ای هستند که مقادیر معیار به آن‌ها اضافه می‌شوند. در مقایسه با سایر تصمیم‌گیری‌ها، آنالیز چند معیاره مکانی به داده‌های مقادیر معیار و مکان‌های جغرافیایی گزینه‌ها، هر دو نیاز دارد. در نتیجه عبارات آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مربوط به GIS و آنالیز چند معیاره مکانی به یک معنی به کار می‌روند. آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی به صورت فرآیندی تصور می‌شود که داده‌های جغرافیایی (ورودی) را برای رسیدن به یک تصمیم نهایی (خروجی) تلفیق و تبدیل می‌کند. روش‌های

تصمیم‌گیری چند معیاره ارتباط بین نقشه‌های ورودی و خروجی را تعریف می‌کند. این روش‌ها مشتمل بر استفاده از داده‌های جغرافیایی، اولویت‌های تصمیم‌گیری و پردازش داده‌ها و اولویت‌ها بر اساس قوانین تصمیم‌گیری مشخص می‌باشند. آن‌ها اطلاعات و داده‌های جغرافیایی چند بعدی را برای دستیابی به مقادیر یک بعدی گزینه ادغام می‌کنند. جنبه بحرانی آنالیز چند معیاره مکانی این است که شامل رویدادهای جغرافیایی بر مبنای مقادیر معیار و اولویت‌های تصمیم‌گیر با رعایت مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی می‌باشند. این موضوع به این معنی است که نتایج آنالیز نه تنها به توزیع جغرافیایی پدیده‌ها بلکه به قضاوت‌های ارزشی موجود در فرآیند تصمیم‌گیری بستگی دارد. بدین جهت، در بحث آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی دو بررسی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی قابلیت‌های GIS برای کسب، ذخیره و آنالیز داده‌ها و دیگری قابلیت‌های GIS برای ادغام داده‌های جغرافیایی و اولویت‌های تصمیم‌گیر برای دستیابی به مقادیر تک‌بعدی تصمیمات گزینه می‌باشد. نقش تکنیک‌های MCDM و GIS پشتیبانی تصمیم‌گیر در بالابردن کارایی و بازده تصمیم‌گیری به هنگام حل مسأله تصمیم‌گیری مکانی است. عملیات تصمیم‌گیری شامل زنجیره‌ای از عملیات‌ها می‌باشد که با شناسایی مسأله تصمیم‌گیری آغاز و با توصیه‌ها پایان می‌یابد (Malczewski, 1999).

۲-۳-۵- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

عدم قطعیت همیشه در دنیای واقعی وجود داشته و شرایط نامطمئن همواره در مراحل مختلف مطالعه و بررسی یک مسأله وجود دارد. در بسیاری از موارد تمام یا قسمتی از مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، فازی هستند. اگر تمام یا قسمتی از داده‌های یک مسأله فازی باشند و آن مسأله با استفاده از داده‌های قطعی مدل و فرموله شود، جواب درست و دقیقی به دست نخواهد آمد و در نتیجه گزینه ارجح انتخاب نخواهد شد. در چنین تصمیم‌گیری‌های غیردقیقی نمی‌توان به هدف و مقصود مورد نظر دست یافت. لذا در مدل‌های تصمیم‌گیری که داده‌های آن تصادفی یا فازی هستند باید با وجود

محاسبات و عملیات بیشتر به طور منطقی و دقیق برخورد کرده و عدم قطعیت را در مدل تصمیم‌گیری لحاظ کرد. مدل کردن عدم قطعیت در مسائل تصمیم‌گیری به وسیله تئوری مجموعه‌های فازی انجام می‌شود (خاضکی و همکاران، ۱۳۸۷). افراد مختلفی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی برای انتخاب محل کارخانه استفاده کرده‌اند که در جدول (۲-۴) ارائه شده است.

جدول ۲-۴- استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی برای انتخاب محل کارخانه

موضوع	ارائه دهنده
انتخاب محل کارخانه با Fuzzy TOPSIS	Yong, (2006)
انتخاب محل کارخانه با استفاده از Fuzzy TOPSIS	and Hung, (2007) Yang
انتخاب محل کارخانه برای صنعت سنگ‌های طبیعی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (Fuzzy AHP)	(2008) Yavuz,

۲-۳-۵-۱- تئوری مجموعه‌های فازی

تئوری مجموعه‌های فازی که برای نخستین بار توسط پرفسور لطفی‌زاده^۱ ارائه شده در حل مسائلی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نمی‌توان پارامترها و کمیت‌ها را به طور دقیق تعریف نمود. مجموعه‌های فازی تعمیمی بر مجموعه‌های قطعی است. در نظریه مجموعه‌های قطعی، مجموعه‌ها به صورت معین تعریف می‌شوند. به عبارت دیگر هر مجموعه با یک ویژگی "خوش تعریف" مشخص می‌شود. اگر یک شیء مفروض، دارای آن ویژگی باشد، عضو مجموعه متناظر است و اگر نباشد، عضو آن نیست. حال فرض کنید درباره آن دسته از مجموعه اعداد صحبت شود که "بزرگ" باشند در این جا با یک ویژگی "ناخوش" تعریف و مبهم یعنی "بزرگ" مواجه می‌شویم. این که چه اعدادی بزرگ هستند و چه اعدادی بزرگ نیستند، بسته به افراد مختلف فرق می‌کند. بیشتر مفاهیم و ویژگی‌هایی که در زندگی واقعی به کار برده می‌شوند این گونه‌اند، یعنی مفاهیم نادقیق و مبهم هستند. نظریه مجموعه‌های فازی می‌تواند به صورت کمی با این ابهامات برخورد نماید و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. در مواردی که می‌توان چندین

مقدار برای هر پارامتر در نظر گرفت، به طوری که هر مقدار دارای یک درجه عضویت برای آنکه پارامتر مقدار مربوطه را اخذ کند، می‌توان یک مجموعه زوج‌های مرتب تعریف کرد که عناصر اول زوج‌های مرتب بیانگر مقادیر ممکن برای کمیت مربوطه بوده و عناصر دوم زوج‌های مرتب نشانگر درجه عضویت مقادیر مربوطه می‌باشند که اعدادی بین صفر و یک هستند. به عبارت دیگر می‌توان گفت مجموعه فازی \tilde{A} از تعدادی زوج مرتب تشکیل شده است که جزو اول "عضو" را نشان می‌دهد و جزو دوم "میزان عضویت" آن عضو به مجموعه مورد نظر را می‌رساند. به این نوع مجموعه‌ها، مجموعه‌های فازی گویند (Chen and Hwang, 1992).

تعریف ۱- فرض کنید X یک مجموعه مرجع دلخواه باشد. مجموعه \tilde{A} که به صورت (۳-۲) تعریف می‌شود را یک مجموعه فازی می‌نامند.

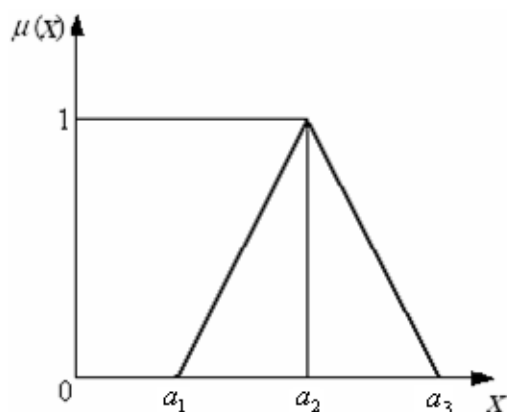
$$\tilde{A} = \{(x, \mu(x)) / x \in X, \mu(x) \in [0,1]\} \quad (3-2)$$

μ را تابع عضویت گویند که هر $x \in X$ را به یک مقدار در بازه $[0,1]$ تصویر می‌کند. $\mu(x)$ را درجه عضویت x در مجموعه \tilde{A} نامند. بسته به اینکه X پیوسته یا گسسته باشد، \tilde{A} نیز پیوسته یا گسسته خواهد بود.

تعریف ۲- عدد فازی مثلثی یک مجموعه فازی پیوسته است که تابع عضویت آن به صورت زیر می‌باشد:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 \\ -((a_2 - x_1)/(a_2 - a_1)) + 1 & a_1 \leq x \leq a_2 \\ -((x - a_2)/(a_3 - a_2)) + 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x \geq a_3 \end{cases} \quad (4-2)$$

معمولا عدد فازی مثلثی را به صورت سه تایی (a_1, a_2, a_3) طبق شکل (۳-۲) نشان می‌دهند.



شکل ۲-۳- عدد فازی با تابع عضویت مثلثی

تعریف ۳- برای دو عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ و $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ که دارای مجموعه‌های مرجع مثبت یکسان هستند، چهار عمل اصلی جمع، تفریق، ضرب و تقسیم به ترتیب به صورت رابطه‌های (۲-۵)، (۲-۶)، (۲-۷) و (۲-۸) می‌باشد (Cheng, 1998).

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (۲-۵)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \quad (۲-۶)$$

$$\tilde{A} \cdot \tilde{B} = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3) \quad (۲-۷)$$

$$\tilde{A} / \tilde{B} = (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1) \quad (۲-۸)$$

۲-۳-۵- روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی^۱ (FTOPSIS)

در روش شباهت به گزینه ایده‌آل کلاسیک، وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط مقادیر دقیق و معین تعیین می‌شود. بسیاری از مواقع تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تأثیرگذار است. لذا باید از روش‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده کرد که روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی یکی از این روش‌ها است. در این حالت عناصر ماتریس تصمیم‌گیری یا وزن معیارها و یا هردوی آن‌ها توسط متغیرهای زبانی که توسط اعداد فازی ارائه شده‌اند، ارزیابی شده و بدین ترتیب بر مشکلات روش شباهت به گزینه ایده‌آل کلاسیک غلبه شده است (عطائی، ۱۳۸۸).

^۱-Fuzzy Technique for order performance by similarity to ideal solution (FTOPSIS)

اگر در یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی باید مراحل زیر انجام شود (عطائی، ۱۳۸۸):

گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم فازی:

باتوجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \dots & \tilde{X}_{1j} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{X}_{i1} & \dots & \tilde{X}_{ij} & \dots & \tilde{X}_{in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \dots & \tilde{X}_{mj} & \dots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \quad (9-2)$$

که در صورتی که از اعداد فازی مثلثی استفاده شود، $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ عملکرد گزینه i ام ($i=1,2,\dots,m$) در رابطه با معیار j ام ($j=1,2,\dots,n$) می‌باشد.

در بیشتر مواقع برای تصمیم‌گیری در انتخاب یک گزینه از نظرات کارشناسان مختلفی استفاده می‌شود که در این صورت برای ترکیب نظرات کارشناسان مختلف و تعیین X_{ij} ها برای انتخاب محل مناسب به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای k تصمیم‌گیرنده باشد و رتبه‌بندی فازی k امین تصمیم‌گیرنده

$\tilde{X}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ (عدد فازی مثلثی) به ازای $i=1,2,\dots,m$ و $j=1,2,\dots,n$ باشد، رتبه‌بندی فازی

ترکیبی $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ گزینه‌ها را باتوجه به معیارها می‌توان از روابط زیر به دست آورد:

$$a_{ij} = \text{Min}_k \{a_{ijk}\} \quad b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^k b_{ijk}}{k} \quad c_{ij} = \text{Max}_K \{c_{ijk}\} \quad (10-2)$$

گام ۲: تعیین ماتریس وزن معیارها

در این مرحله ضریب اهمیت معیارهای مختلف، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (11-2)$$

در صورتی که از اعداد فازی مثلثی استفاده شود:

$$\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \quad (12-2)$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای k تصمیم‌گیرنده باشد و ضریب اهمیت k امین تصمیم‌گیرنده

$$\tilde{W}_{jk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3}) \quad (\text{عدد فازی مثلثی}) \quad \text{به ازای } j=1,2,\dots,n \text{ باشد، رتبه‌بندی فازی ترکیبی}$$

$$\tilde{W}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \quad \text{را می‌توان از روابط زیر به دست آورد:}$$

$$W_{j1} = \underset{K}{\text{Min}}\{w_{jk1}\} \quad W_{j2} = \frac{\sum_{k=1}^k w_{jk2}}{k} \quad W_{j3} = \underset{K}{\text{Max}}\{w_{jk3}\} \quad (13-2)$$

گام ۳: نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم فازی

زمانی که X_{ij} ها به صورت فازی هستند، مسلماً r_{ij} ها نیز فازی خواهند بود. در این مرحله به جای

محاسبات پیچیده نرمالیزه کردن در روش شباهت به گزینه ایده‌آل کلاسیک، تغییر مقیاس خطی برای

تبدیل مقیاس معیارهای مختلف به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود.

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند، درایه‌های ماتریس تصمیم نرمالیزه برای معیارهای مثبت

و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شود:

اگر \tilde{X}_{ij} جنبه مثبت داشته باشد:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad c_j^* = \text{Max}_j \{c_{ij}\} \quad (14-2)$$

اگر \tilde{X}_{ij} جنبه منفی داشته باشد:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \text{Min}_i \{a_{ij}\} \quad (15-2)$$

بنابراین ماتریس تصمیم فازی نرمالیزه (\tilde{R}) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (16-2)$$

و یا:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \dots & \tilde{r}_{1j} & \dots & \tilde{r}_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{r}_{i1} & \dots & \tilde{r}_{ij} & \dots & \tilde{r}_{in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{r}_{m1} & \dots & \tilde{r}_{mj} & \dots & \tilde{r}_{mn} \end{bmatrix} \quad (17-2)$$

که m بیانگر تعداد گزینه‌ها و n بیانگر تعداد معیارها می‌باشد.

گام ۴: تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن دار

با توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن دار از ضرب ضریب اهمیت مربوط به هر

معیار (\tilde{w}_j) در ماتریس نرمالیزه فازی (\tilde{R}) به صورت ماتریس زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{V} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (18-2)$$

$$V = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \quad (19-2)$$

که \tilde{w}_j بیان کننده ضریب اهمیت معیار c_j می باشد.

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند، برای معیارهای با جنبه مثبت و منفی به ترتیب داریم:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \cdot (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*} \cdot w_{j1}, \frac{b_{ij}}{c_j^*} \cdot w_{j2}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \cdot w_{j3} \right) \quad (20-2)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \cdot (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}} \cdot w_{j1}, \frac{a_j^-}{b_{ij}} \cdot w_{j2}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \cdot w_{j3} \right) \quad (21-2)$$

گام ۵: یافتن حل ایده‌آل فازی و حل ضد ایده‌آل فازی

$$A^* = \{\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*\}, \tilde{v}_i^* = \text{Max}_i \{\tilde{v}_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (22-2)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-\}, \tilde{v}_i^- = \text{Min}_i \{\tilde{v}_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (23-2)$$

که \tilde{v}_j^* بهترین مقدار i امین معیار از بین تمام گزینه‌ها و \tilde{v}_j^- بدترین مقدار i امین معیار از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد.

گزینه‌هایی که در A^* و A^- قرار می‌گیرند، به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.

گام ۶: محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی

فاصله هر گزینه از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$S_i^* = \sum d_v(v_{ij}, v_j^*), i = 1, 2, \dots, m \quad (24-2)$$

$$S_i^- = \sum d_v(v_{ij}, v_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (25-2)$$

فاصله از حل ایده‌آل برای اعداد فازی مثلثی مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$d_v(v_{ij}, v_j^*) = \sqrt{\frac{1}{3}(\sum (v_{ij} - v_j^*)^2)} \quad (26-2)$$

$$d_v(v_{ij}, v_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3}(\sum (v_{ij} - v_j^-)^2)} \quad (27-2)$$

قابل ذکر است که $d_v(v_{ij}, v_j^-)$ و $d_v(v_{ij}, v_j^*)$ اعداد قطعی هستند.

گام ۷: محاسبه شاخص شباهت

شاخص شباهت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (28-2)$$

گام ۸: رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این مرحله با توجه به میزان شاخص شباهت گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند به طوری که گزینه‌های با شاخص شباهت بیشتر در اولویت قرار دارند.

۲-۳-۵-۳- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی^۱ (FAHP)

اگرچه روش AHP دانش کارشناسان را تسخیر کرده است ولی AHP سنتی هنوز قادر نیست به خوبی تفکر بشر را بازتاب کند (Kahraman et al, 2004). روش AHP سنتی در استفاده دقیق مقدار، برای بیان کردن نظر تصمیم‌گیرنده‌ها در گزینه‌های مقایسه‌ای دارای نقص است (Wang and Chen, 2007). همچنین روش AHP سنتی به علت مقیاس نامتوازن^۲ در قضاوت‌ها و عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه‌های زوجی مورد نکوهش قرار می‌گیرد. تصمیم‌گیرندگان اغلب در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را نسبت به یک عدد ثابت ترجیح می‌دهند زیرا آن‌ها به علت طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری‌ها اعلام کنند (Deng, 1999).

برای غلبه بر همه این نقایص AHP فازی (FAHP) گسترش پیدا کرد. تصمیم‌گیرنده‌ها پی‌بردند که دادن یک فاصله قضاوتی از یک قضاوت ثابت معمولاً قابل اطمینان‌تر است (Kahraman et al, 2004).

در این تحقیق از روش AHP فازی ارائه شده توسط چنگ^۳ در سال ۱۹۹۶ استفاده شده است (Cheng, 1998). در این روش اگر $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ مجموعه اشیاء و $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ مجموعه هدف باشد، بر اساس روش چنگ، m تحلیل گسترش یافته برای هر شی می‌تواند طبق رابطه زیر به دست بیاید:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2-29)$$

۱-Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

۲-Unbalanced scale

۳-Cheng

گام‌های روش تحلیل سلسله مراتبی فازی چنگ به صورت زیر است (Cheng, 1998):

گام یک: رسم نمودار سلسله مراتبی

گام دوم: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

گام سوم: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی (\tilde{A}) با به کارگیری اعداد فازی. ماتریس مقایسه زوجی

به ترتیب زیر خواهد بود:

$$(\tilde{A}) = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{12} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (30-2)$$

که این ماتریس حاوی اعداد فازی زیر است:

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

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی

جامع که در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مولفه‌ی

اول آن حداقل نظرسنجی‌ها، مولفه‌ی دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مولفه‌ی سوم آن حداکثر

نظرسنجی‌ها می‌باشد.

گام چهارم: محاسبه S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی. S_i که خود یک عدد فازی

مثلثی است از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (31-2)$$

که در این رابطه i بیان‌گر شماره سطر و j بیان‌گر شماره ستون می‌باشد. در این رابطه اعداد

فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

برای به دست آوردن $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ ، عمل جمع فازی $M_{gi}^j (j=1,2,\dots,m)$ به صورت زیر انجام شده است.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (32-2)$$

و سپس مقدار معکوس رابطه بالا به صورت زیر به دست می‌آید:

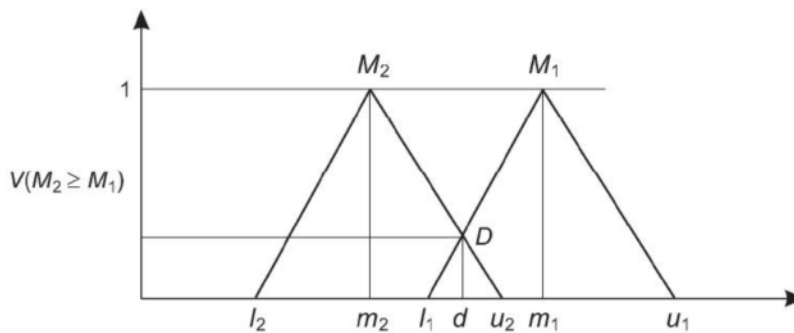
$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (33-2)$$

در روابط بالا l_1 ، m_1 و u_1 به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

گام پنجم: به طور کلی اگر $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند،

طبق شکل (۴-۲) درجه بزرگی M_1 نسبت به M_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (34-2)$$



شکل ۴-۲- تقاطع بین M_2 و M_1

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

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] \quad (35-2)$$

$$= \min V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k$$

گام ششم: محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس مقایسه زوجی. بدین منظور از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود.

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i \quad (36-2)$$

بنابراین بردار وزن نرمالایزه نشده به صورت زیر خواهد بود:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (37-2)$$

گام هفتم: محاسبه بردار وزن نهایی. برای محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمالایزه کرد بنابراین داریم:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (38-2)$$

۴-۲- نتیجه گیری

در این فصل مبانی انتخاب محل کارخانه و روش‌های انتخاب محل کارخانه همچون مدل‌های انتخاب محل احداث کارخانه، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تلفیق تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی توضیح داده شد. در این پایان‌نامه برای تعیین محل مناسب برای احداث کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان از روش تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده خواهد شد که در فصل پنجم به طور کامل نحوه انتخاب محل کارخانه و سد باطله با این روش‌ها تشریح می‌شود.

فصل سوم

اختصاصات منطقه مورد مطالعه



۳-۱- مروری بر تاریخچه مطالعات انجام شده در معدن آهن سنگان

معدن سنگ آهن سنگان برای اولین بار و در حدود ۶۰۰ سال پیش با عنوان معدن سنگ آهن خواف در کتاب نزهت‌القلوب حمدالله مستوفی معرفی شده است. عملیات اکتشاف اولیه این معدن در حد فاصل سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۸ شمسی توسط بخش خصوصی انجام شد و در ادامه از نیمه دوم سال ۱۳۶۲ شناخت پارامترهای کیفی و کمی این کانسار توسط کارشناسان و نیروهای متخصص شرکت ملی فولاد ایران شروع شد. بر اساس نتایج حاصله تصمیم گرفته شد تا مطالعات تکمیلی اکتشاف و

انجام آزمایش‌های معدنی و فرآوری، مطالعات امکان‌سنجی، بررسی چرخه تولید، تعیین ظرفیت بهینه، فازبندی تولید، تعیین محصول نهایی، آزمایش‌های فنی و اقتصادی با بهره‌گیری از آخرین تکنولوژی روز دنیا و استفاده از توانمندی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، به معروف‌ترین شرکت تحقیقاتی سنگ آهن در جهان (شرکت BHP استرالیا) سپرده شود. در ادامه شرکت‌های ایریتک ایران، سایمونز^۱ کانادا و بیتمن^۲ آفریقای جنوبی نیز در غالب کنسرسیوم SBI و با در نظر گرفتن جنبه‌های زمین‌شناسی، ذخایر معدنی و استخراج و فرآوری کانسنگ برای تولید کنسانتره آهن با عیار بالا، در مطالعات و تحقیقات مربوط به معادن سنگ آهن سنگان فعالیت کردند. نتایج مطالعات انجام شده حاکی از آن است که ابعاد تقریبی کانسار سنگان در حدود ۲۶×۸ کیلومتر مربع بوده و از سه ناحیه معدنی شرقی، مرکزی و غربی تشکیل شده است و ذخیره زمین‌شناسی آن در حدود ۱/۲ میلیارد تن تخمین زده می‌شود. بیشترین میزان ذخایر سنگ آهن به ناحیه معدنی غربی تعلق داشته که خود به پنج آنومالی A، A'، B، C شمالی و C جنوبی تقسیم می‌شود. در نهایت پس از بررسی گزینه‌های مختلف توسط شرکت‌های داخلی و خارجی، تولید سالیانه ۱/۳ میلیون تن گندله در فاز اول با اولویت قراردادن حداکثر استفاده از امکانات و توانمندی‌های ساخت داخل کشور و کاهش سرمایه‌گذاری ارزی، مورد بررسی قرار گرفت که پس از عقد قرارداد با یک کنسرسیوم توسعه نیرو ایران و دانیلی^۳ ایتالیا، شروع احداث کارخانه‌های تولید کنسانتره و گندله آهن در آینده نزدیک میسر می‌شود. از طرف دیگر مطالعات تفصیلی و تکمیلی به منظور تولید سالیانه ۲/۶ میلیون تن گندله در فاز دوم انجام و به پایان رسیده است که عملیات اجرایی این فاز در راستای تحقق برنامه چهارم توسعه از سال ۱۳۸۷ و به مدت دو سال پیش‌بینی می‌شود. همچنین با توجه به برنامه‌ریزی کلان سازمان توسعه و به تبع آن شرکت ملی فولاد ایران برای تولید ۲۵ میلیون تن فولاد در سال و نیاز به استفاده از منابع غنی و دست نخورده، پیش‌بینی تولید ۴/۷ میلیون تن گندله آهن و ۰/۳ میلیون تن سنگ

۱- Saymonz

۲-Bithoman

۳-Danieli

آهن دانه‌بندی شده با ابعاد ۰-۱۰ و ۱۰-۲۵ میلی‌متر 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 که در این راستا انجام مطالعات تفصیلی و تکمیلی بر روی نواحی مرکزی و شرقی با موافقت سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور آغاز شده است. در جدول (۱-۳) بعضی از مشخصات و پارامترهای کمی و کیفی و در جدول (۲-۳) مشخصات محصول تولیدی (گندله آهن) معادن سنگ آهن سنگان نشان داده شده است (صراف‌زاده و آراسته، ۱۳۶۹).

جدول ۱-۳ - مشخصات و پارامترهای کمی و کیفی معادن سنگ آهن سنگان (صراف‌زاده و آراسته، ۱۳۶۹)

ردیف	پارامتر	میزان	واحد
۱	میزان کل ذخیره زمین شناسی	۱/۲	میلیارد تن
۲	میزان کل ذخیره زمین شناسی ناحیه معدنی غربی	۵۸۵	میلیون تن
۳	میزان کل ذخیره قطعی ناحیه معدنی غربی	۳۷۵	میلیون تن
۴	ذخیره قابل استخراج در فاز اول آنومالی (B)	۱۲۳	میلیون تن
۵	کانی اصلی	مگنتیت	---
۶	عیار متوسط آهن	۴۷	درصد
۷	عیار متوسط گوگرد	۰/۲۴	درصد
۸	میزان متوسط فسفر	پایین تر از حداکثر قابل قبول	---
۹	میزان استخراج سنگ آهن در فاز اول	۲/۸	سال / میلیون تن
۱۰	نسبت متوسط باطله برداری (W/O)	۱/۳	---
۱۱	بازیابی وزنی	۴۵/۴	درصد
۱۲	بازیابی آهن	۶۴	درصد
۱۳	ظرفیت تولید (فاز اول)	۱/۳	میلیون تن گندله
۱۴	ظرفیت تولید سالیانه (فاز دوم - با احتساب فاز اول)	۲/۶	میلیون تن گندله

جدول ۲-۳ - مشخصات محصول تولیدی (گندله آهن) معادن سنگ آهن سنگان (صراف‌زاده و آراسته، ۱۳۶۹)

ردیف	پارامتر	کمیت	واحد
------	---------	------	------

درصد	۶۸/۱-۶۷/۱۴	کل Fe	آنالیز شیمیایی	۱
درصد	۱/۶۸	SiO ₂		
درصد	۰/۳۳-۰/۳۵	Al ₂ O ₃		
درصد	۰/۲۳	MgO		
درصد	۰/۰۹-۰/۱۲	CaO		
درصد	۰/۰۰۵-۰/۱۵	S		
درصد	حداکثر ۲/۲	SiO ₂ + Al ₂ O ₃		
درصد	حداکثر ۰/۸	CaO + MgO		
درصد	حداقل ۸۵	اندازه ۹ تا ۱۶ میلیمتر	دانه بندی	۲
درصد	حداکثر ۱۵	اندازه ۵ تا ۹ میلیمتر		
N/Pellet	۲۰۰۰	میانگین مقاومت فشاری گندله	استحکام	۳

۳-۲- راه‌های دسترسی

معادن سنگ آهن سنگان از طریق دو راه آسفالتی: الف- محور: مشهد، فریمان، تربت جام، تایباد، معدن سنگان به مسافت ۲۹۸ کیلومتر و ب- محور: مشهد، تربت حیدریه، خواف، معدن سنگان به مسافت ۲۸۹ کیلومتر می‌باشد. شکل (۱-۳) به صورت شماتیکی راه‌های دسترسی به معدن سنگ آهن سنگان خواف را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- کروکی راه‌های دسترسی به معدن سنگ آهن سنجان- خواف (سایت معدن سنگ آهن سنجان)

با توجه به مسافت حمل سنگ معدن تا کارخانه‌های مربوطه و تأمین خوراک کارخانه اقدام به دو

مسیر راه آهن در سطح منطقه گردیده است:

۱- مسیر راه آهن بافق- سرخس و ایستگاه تربت حیدریه به فاصله ۱۵۰ کیلومتر از معدن سنجان

۲- مسیر راه آهن تهران- مشهد- خواف

همچنین قرار است مسیر راه آهن مشهد- تربت حیدریه- خواف- هرات نیز راه اندازی شود که

عملیات زیرسازی آن در دست انجام است.

علی‌رغم نیاز به ایستگاه هوایی در سطح منطقه تنها فرودگاه نزدیک به معدن سنجان فرودگاه

مشهد مقدس می‌باشد که در فاصله ۳۰۰ کیلومتری از معدن قرار دارد.

۳-۳- آب‌وهوا و پوشش گیاهی

معدن سنگان در ناحیه آب و هوایی گرم و خشک بیابانی و نیمه‌بیابانی واقع شده است که میزان بارش سالیانه تقریباً بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در سال متغیر بوده و میزان متوسط بارندگی آن ۱۵۰ میلی‌متر در سال است. حداکثر میزان بارش، مربوط به ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین می‌باشد که به صورت رگبارهای شدید است و باعث جاری شدن سیلاب در منطقه می‌شود و منطقه فاقد رودخانه دائمی است. متوسط میزان رطوبت نسبی سالیانه در این منطقه در حدود ۴۰ درصد بوده که از ۱۲ درصد تا ۷۶ درصد در ماه‌های به ترتیب خرداد و دی متغیر است. از طرف دیگر کم‌ترین مقدار میانگین ماهیانه رطوبت از خرداد تا شهریور (۲۵ تا ۳۵ درصد) اندازه‌گیری شده است. در این منطقه بادهای شدیدی در تابستان می‌وزد. باد اصلی این ناحیه «هرات» نامیده می‌شود که از رشته‌کوه هندوکش افغانستان در شمال و شمال‌غربی شروع شده و جهت آن در سرتاسر تابستان ثابت است. میانگین سرعت باد روزانه در حدود ۵۰ کیلومتر در ساعت است. از لحاظ پوشش گیاهی نیز بخش عمده منطقه مورد مطالعه را بوته‌ها و تک درختان تشکیل داده‌اند که به سمت دشت، مقدار بوته‌ها افزایش می‌یابد (سایت معدن سنگ آهن سنگان).

۳-۴- توپوگرافی

محدوده آنومالی A (آنومالی‌های غربی) دارای ناحیه‌ای کوهستانی و با آبراهه‌هایی است که شیب عمومی آن‌ها به سمت جنوب‌غربی و به سوی حوزه خواف است. از دیدگاه ریخت‌شناسی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به سه بخش زیر تقسیم کرد (طرح تجهیز معادن سنگ سنگان، ۱۳۸۸):

- بخش شمالی که در محدوده شمال بخش مرکزی قرار گرفته است، به دلیل این که از سنگ‌های رسوبی نظیر سیلت، شیل و ماسه‌سنگ ژوراسیک تشکیل شده دارای توپوگرافی نسبتاً آرامی است.

- در بخش مرکزی ناحیه مورد مطالعه و جنوب آنومالی A، تراس‌های آبرفتی با شیب جنوب‌شرقی دیده می‌شوند. این تراس‌ها همچنین در بخش غربی محدوده مورد مطالعه و با شیب عمومی به سوی غرب مشاهده می‌شوند.
- بخش مرکزی که محدوده منطقه مینرالیزه سنگ آهن آنومالی‌های غربی را تشکیل می‌دهد و به شکل برآمدگی کم‌مانی‌مانند است که از آنومالی A⁻ با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق شروع، و به تدریج در آنومالی B و آنومالی C جنوبی، روند تقریبی شرقی-غربی به خود می‌گیرد. این بخش به دلیل این که عمدتاً از توده‌های سنگ آهن، آهک، آهک دولومیتی، اسکارن و دایک‌های داسیتی و ریوداسیتی تشکیل شده دارای توپوگرافی خشن و ناهمواری است و عمده ارتفاعات و بلندی‌های محدوده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. حداکثر ارتفاع در این محدوده ۱۷۸۳/۳ متر از سطح دریای آزاد است و حداقل آن حدود ۱۲۰۰-۱۳۰۰ متر می‌باشد.
- در بخش‌های جنوبی و شرقی ناحیه مورد مطالعه رسوبات نوع آبرفتی مابین تپه‌ها را پر کرده که سبب هدایت و جریان آب‌های منطقه به سمت جنوب‌غربی می‌شوند. شیب حوزه رسوبی بخش‌های جنوبی و غربی ارتفاعات و تپه‌ماهورها به سمت جنوب‌غربی است و حجم زیاد این رسوبات ناشی از جاری شدن سیلاب در دشت می‌باشد.

۳-۵- زمین شناسی

قدیمی‌ترین سازندی که در منطقه معدن رخنمون دارد شامل شیل‌های سیلیسی، سیلت استون و آهک کریستالین است که به رنگ‌های خاکستری، سبز متمایل به خاکستری و سیاه یافت می‌شود. سن این شیل‌ها بر اساس فسیل‌های گیاهی، ژوراسیک گزارش شده است. شیل‌های سیلیسی در بعضی از مناطق به شدت تکتونیزه شده و بافت برش به خود گرفته‌اند (BHP, 1993).

سنگ‌های آهکی که سن آن‌ها به ژوراسیک فوقانی نسبت داده شده است. بیشترین رخنمون را در شرق منطقه معدنی دارد. در اطراف عدسی‌های مگنتیتی، قطعات دولومیتی شده این سنگ آهک یا

آهک‌های کریستالین نیز یافت می‌شوند. سنگ‌های آتشفشانی و ساب ولکانیک اسیدی تا حدواسط کالک آلکالن از محدوده زمانی ژوراسیک تا اواخر دوران سوم در منطقه یافت می‌شود. بیشترین فعالیت آتشفشانی در محدوده زمانی کرتاسه تا اوایل ائوسن صورت گرفته است. سنگ‌های آتشفشانی به صورت توف، گدازه و پیروکلاستیک یافت می‌شوند. سیل‌ها و دایک‌های اسیدی تا حد واسط بیشترین حجم را در محدوده کانسار به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۳-۲).

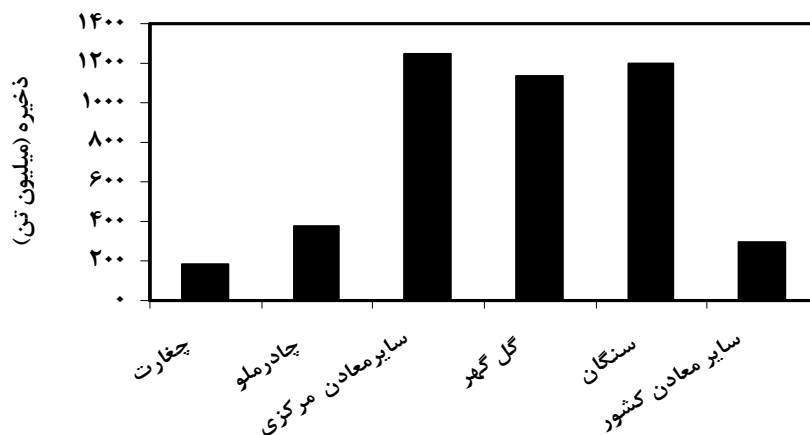
گرانیت‌های کوه سرنوسر واقع در شمال کانسار، بزرگترین توده نفوذی منطقه به شمار می‌آید که سن آن به روش رادیومتری $1/1 \pm 38/2$ میلیون سال تعیین شده است. کوه زنگی عمدتاً از سنگ‌های آتشفشانی اسیدی- حدواسط ائوسن تشکیل شده است. کوه طالب که کانی‌سازی آهن را در خود جای داده است شامل مجموعه شیل‌های سیلیسی و سنگ‌های آهکی و سنگ‌های رسوبی آتشفشانی است که متعلق به ژوراسیک و کرتاسه هستند (BHP, 1993).

۳-۶- اکتشاف

معادن سنگ آهن سنگان با ذخیره زمین‌شناسی $1/2$ میلیارد تن از نظر میزان ذخیره دومین معدن بزرگ سنگ آهن کشور شناخته می‌شود. این معدن، به عنوان بزرگترین پروژه ملی شرق کشور در شهر سنگان از توابع شهرستان خواف واقع شده است. بر اساس نتایج آخرین مطالعات انجام شده و برآوردهای اولیه که در جدول (۳-۳) ملاحظه می‌شود، بیش از یک چهارم ذخایر سنگ آهن کشور به سنگان تعلق دارد. طوریکه در شکل (۳-۳) مشاهده می‌شود با ۵۰ میلیون تن اختلاف از نقطه نظر ذخایر زمین‌شناسی نسبت به سایر معادن کشور در رده دوم قرار گرفته است.

جدول ۳-۳- تخمین میزان ذخایر سنگ آهن در ایران (سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، ۱۳۸۶)

ردیف	نام معدن	میزان ذخیره (میلیون تن)	
		زمین شناسی	قطعی
۱	چغارت	۱۸۳	۱۲۱
۲	چادر ملو	۳۷۷	۳۳۰
۳	سایر آنومالی‌های سنگ آهن مرکزی	۱۲۵۰	۳۷۶
۴	گل گهر	۱۱۴۰	۸۸۶
۵	سنگان	۱۲۰۰	۵۷۳
۶	سایر معادن کشور	۳۰۰	۱۰۰
	جمع	۴۴۵۰	۲۳۸۶



معدن سنگ آهن ایران

شکل ۳-۳- مقایسه میزان ذخایر زمین‌شناسی معادن سنگ آهن کشور (سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع

معدنی ایران، ۱۳۸۶)

۳-۷- کیفیت سنگ آهن معدن سنگان

برای بررسی کیفیت سنگ معدن، تعدادی نمونه از اعماق مختلف سنگ معدن گرفته شده و در بخش سنگ‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور توسط کارشناسان شرکت ملی فولاد مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات پتروگرافی و اشعه ایکس نشان می‌دهد که کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ معدن، شامل: مگنتیت، هماتیت، مارتیت، میکا، کوارتز، کلسیت، پیریت، کالکوپیریت و کوولیت می‌باشد. در این میان مگنتیت کانی اصلی بوده و غالباً دارای بافتی فشرده متراکم است. در نمونه‌های پریکار بلورها درشت و فاقد شکل هندسی منظم می‌باشند. در نمونه‌های مطالعه‌شده، کانی‌سازی تیتان گزارش شده که این

مطلب توسط نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های گروهی نیز به اثبات رسیده است. در نمونه‌های دارای پیریت فراوان، چنین به نظر می‌رسد که این کانی پس از مراحل اولیه کانی‌سازی تشکیل شده و درزه و شکاف‌های موجود را پر کرده است. نتایج آنالیز به صورت زیر گزارش شده است (صرافزاده و آراسته، ۱۳۶۹):

آهن کل: متوسط عیار کانسار تیپ ۱ (پرعیار) در هر سه آنومالی با تفاوت ناچیز نزدیک به یکدیگر بوده و کمی بیش از ۵۳ درصد است. همچنین متوسط عیار تیپ ۲ (کم عیار) در آنومالی‌های A و C مشابه یکدیگر و کمی بیشتر از ۳۳ درصد است. تنها از این بابت آنومالی B دارای ۲ درصد تفاوت افزایش نسبت به دو آنومالی دیگر می‌باشد.

فسفر: متوسط فسفر که از راه وزنی محاسبه شده است در هر سه آنومالی پایین‌تر از حداکثر قابل قبول بوده و اندازه به دست آمده در آنومالی‌های A، B و همچنین تیپ ۲ آنومالی C مشابه یکدیگر و مساوی با ۰/۰۳ درصد می‌باشد. در مورد تیپ ۱ آنومالی C این مقدار با کمی اختلاف به ۰/۰۴ درصد می‌رسد.

گوگرد: متوسط‌های به دست آمده گوگرد در محاسبات ذخایر همگی نشانگر فراوانی این عنصر نسبت به حداکثر قابل قبول در واحد گندله‌سازی کارخانه احیای مستقیم است. در این میان سنگ آهن پرعیار آنومالی‌های A و B دارای متوسط گوگرد تقریباً مشابه و حدود ۰/۲ درصد بوده و سنگ آهن کم‌عیار این دو آنومالی به ترتیب دارای مقدار متوسط گوگرد ۰/۳۵ و ۰/۲۷ درصد می‌باشند. مقدار متوسط گوگرد در آنومالی C با حدود ۵ برابر بیشینگی نسبت به دو آنومالی دیگر در تیپ پرعیار و کم عیار به ترتیب دارای متوسط ۱/۵ و ۱ درصد می‌باشد.

اکسید تیتان: این اکسید در کوره احیای مستقیم ذوب شده و وارد سرباره می‌شود. تنها به علت نسوز بودن و ایجاد ویسکوزیته بالا در سرباره، مزاحم تلقی می‌شود. مقدار متوسط آن در آنومالی‌های غربی ۰/۰۷ درصد است که مزاحمت زیادی ایجاد نمی‌کند.

اکسید منگنز: وجود اکسید منگنز در سنگ آهن موجب افزایش ارزش آن است. این اکسید در سنگ معدن آنومالی‌های غربی دارای متوسط ۰/۳ درصد است. اصولاً حضور این اکسید در نمونه‌ها، با عیار آهن دارای رابطه معکوس می‌باشد.

۳-۸- خصوصیات کانی‌شناسی ذخیره

کانسار سنگ آهن دارای بافت توده‌ای است و مگنتیت مهم‌ترین کانی آهن به شمار می‌آید. توده‌های مگنتیت عمدتاً در سنگ‌های کربناته (ژوراسیک فوقانی، کرتاسه تحتانی) با امتداد شرقی‌غربی واقع شده‌اند و با ۲ کیلومتر طول عمدتاً نقاط مرتفع را شامل می‌شوند. توده‌های مگنتیت از غرب به شرق به توده‌های A, B, C شمالی، C جنوبی، منطقه دردوی و منطقه باغک تفکیک می‌شود (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴: توده مگنتیت باغک (سایت معدن سنگ آهن سنگان)

۳-۹- لرزه‌خیزی و لرزه زمین‌ساخت

در محدوده شعاع ۱۰۰ کیلومتری سایت معدن سنگان ۲۳ گسل شناسایی شده که همه این گسل‌ها دارای پتانسیل لرزه‌خیزی بوده و می‌توانند خسارات زیادی وارد کنند. گسل خواف واقع در نزدیکی

سایت کارخانه، قادر است زلزله‌ای با شدت ۹ درجه در مقیاس مرکالی ایجاد کند که حرکات شدید افقی و عمودی را در پی خواهد داشت. طبق گزارش‌های موجود، از ۲۳ گسل لیست شده تا ۱۰۰ کیلومتری سایت، سه گسل خواف، بهدادن و درونه دارای پتانسیل ایجاد زمین‌لرزه با بزرگی ۷ تا ۷/۴ Ms می‌باشند. بالاترین شتاب‌زمین (PGA) در سایت بر اثر این لرزه‌ها به ترتیب ۰/۳۴۹، ۰/۳۱۰ و ۰/۲۳۷ (g) ثقل بوده است. هر سه این گسل‌ها معکوس هستند. مشخصه‌های این گسل‌ها در جدول (۳-۴) آورده شده است (کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۴).

جدول ۳-۴- مشخصه گسل‌های موجود در منطقه (کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۴).

شماره گسل	نام گسل	طول گسل	بزرگی MS	شدت در مرکز زلزله (واحد مرکالی)	فاصله از سایت Km	شدت زلزله در سایت	PGA در سایت (g)
۱	خواف	۹۰	۷	۹/۲	±	۹/۲	۰/۳۴۹
۲	بهدادان	۹۰	۷	۹/۲	۱۵	۹	۰/۳۱۰
۳	درونه	۶۰۰	۷/۴	۹/۷	۳۰	۸/۵	۰/۲۳۷

در محدوده شعاع ۵۰ کیلومتری سایت تا کنون زلزله مهمی رخ نداده است. در سال ۱۳۴۷ زلزله‌ای با بزرگی ۷/۴ ریشتر در شعاع ۱۲۰ کیلومتری سایت اتفاق افتاده است. شدت این زلزله در محل سایت کمتر از ۷ مرکالی و شتاب تخمینی آن کمتر از ۰/۸ گزارش شده است. گسل این زلزله (گسل دشت بیاض) تا محل سایت مورد نظر در حدود ۷۰ کیلومتر فاصله دارد. آخرین زلزله در ۷ آذر ۱۳۵۸ در منتهی‌الیه شرقی گسل دشت بیاض رخ داده است. جابجایی زمین در محل این پدیده و به صورت عمودی ۲/۵ متر بوده است. تا قبل از سال ۱۲۷۹ (شمسی) تعداد ۱۴ زمین‌لرزه با بزرگی ۶/۵ ریشتر یا بیشتر و شدت ۸ مرکالی یا بزرگ‌تر از آن در شعاع ۳۰۰ کیلومتری سایت مورد نظر رخ داده است.

پنج مورد از زمین‌لرزه‌های فوق در محل سایت شوکی با شدت ۶ مرکالی و یکی از آن‌ها با شدت تقریبی ۸ مرکالی ایجاد کرده است. در دو مورد نیز سایت شتاب‌های ۰/۷٪ و ۰/۱۶٪ را داشته است. مهم‌ترین پدیده‌ای که در سایت مورد نظر گزارش شده است زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۷/۶ درجه در

مقیاس ریشتر در ۳۰ مهر ۱۳۳۶ در فاصله ۶۰ کیلومتری سایت بوده است. احتمالاً این زلزله به گسل خواف مربوط می‌شده و تا محدوده ۳۰ کیلومتری سطح زمین شکاف ایجاد کرده است. این زلزله ۲۰،۰۰۰ کشته و ۳۰،۰۰۰ بی‌خانمان برجای گذاشت (کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۴).

دو گسل عمده خواف و نشتیفان در سایت واقع شده‌اند. هر دو این گسل‌ها قدرت جابجایی زمین با حرکات افقی و عمودی را دارند. با توجه به ماهیت گزارشات تاریخی و ثبت دستگاهی زمین‌لرزه‌های منطقه، احتمال فعالیت گسل اول (گسل خواف) بسیار ضعیف است. احتمال فعالیت گسل دوم (گسل نشتیفان) در طول ۵۰ سال آینده ۲۰٪ و برای ۳۰ سال آینده ۳۰٪ برآورد می‌شود. جدول (۳-۵) خلاصه‌ای از پیش‌بینی‌های وقوع زلزله در محدوده ۵۵ کیلومتری معدن را نشان می‌دهد (کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۴).

جدول ۳-۵- دوره بازگشت پدیده‌ها در شعاع ۵۵ کیلومتری مجتمع سنگان (کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۴).

شدت (ریشتر)	دوره بازگشت (سال)
۵	۴/۵
۵/۵	۹
۶	۱۹
۶/۵	۳۸
۷	۷۷
۷/۵	۱۵۷
۸	۳۲۰
۸/۵	۶۵۲
۹	۱۳۲۷

داده‌های فوق با مشاهدات تاریخی و ثبت دستگاهی اتفاقات گذشته به دقت تطبیق داده شده و تقریباً قابل اطمینان هستند. از این رو هر ۲۰ سال و یا بیشتر زلزله با شدت ۶ ریشتر و هر سه ربع قرن زلزله‌ای با شدت ۷ ریشتر قابل انتظار است. برای وقوع زمین‌لرزه‌ای با شدت ۸ ریشتر گذشت ۳ قرن انتظار می‌رود. بنابر تحقیقات انجام شده وقوع زمین‌لرزه‌ای مشابه آخرین زمین‌لرزه منطقه که باعث فعالیت گسل خواف گردید تا ۱۳ قرن آینده انتظار نمی‌رود.

۳-۱۰- طرح توسعه فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان

کارخانه فرآوری فاز ۱ معدن سنگ آهن سنگان در حال حاضر در حال ساخت می‌باشد که تا آخر سال ۱۳۸۸ بیش از ۷۰ درصد پیشرفت فیزیکی داشته است. ظرفیت فاز اول ۲/۶ میلیون تن گندله در سال می‌باشد. در راستای برنامه‌های افزایش تولید فولاد کشور و تأمین خوراک کارخانه‌های فولادسازی و از طرفی دیگر افزایش تولید سالانه معدن در فاز ۲ استخراج، به یک کارخانه فرآوری دیگر برای تأمین ۲/۶ میلیون تن گندله در سال برای فاز ۲ (مجموعاً ۵/۲ میلیون تن در سال) نیاز می‌باشد. بر این اساس قرار است که کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان نیز به زودی احداث شود که تعیین محل مناسب این کارخانه از اساسی‌ترین کارهای توسعه فاز ۲ می‌باشد.

فصل چهارم

بررسی عوامل موثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله

معدن سنگ آهن سنگان



۴-۱- مقدمه

انتخاب محل استقرار واحدهای مختلف صنعتی یا معدنی، به عوامل متعددی بستگی دارد که بخشی مستقیماً مربوط به نتایج طراحی کارخانه و بخشی نیز وابسته به فاکتورهای محیطی و یا اقتصادی می‌باشد. برای تعیین معیارهای مؤثر در تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان از کارشناسان معدن که تجربیات و مطالعاتی در این زمینه داشتند کمک گرفته شد و مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار تعیین شد و همچنین اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری و سد باطله معدن سنگان بر منطقه مورد مطالعه نیز بررسی شد. در این فصل ابتدا کارخانه فرآوری به طور مختصر توصیف می‌شود سپس اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری و سد باطله معدن سنگان بر منطقه مورد مطالعه و عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه و سد باطله این معدن و گزینه‌های انتخاب محل سد باطله به ترتیب ارائه خواهند شد.

۴-۲- کارخانه فرآوری معدن سنگ آهن سنگان

کارخانه فرآوری معدن سنگان شامل سنگ شکن اولیه، محل‌های انباشت کان‌سنگ دانه درشت، سیستم نوارنقاله، بستر اختلاط، سیلوی ذخیره مواد، سنگ شکن گلوله‌ای، کارخانه تغلیظ، تیکنر باطله کارخانه و محل انباشت باطله کارخانه می‌باشد. وظیفه سنگ شکن اولیه خرد کردن کان‌سنگ به

اندازه‌ای است که مناسب برای حمل با نوارنقاله و متناسب با ورودی کارخانه فرآوری باشد. کان‌سنگ خردشده توسط نوارنقاله به کارخانه فرآوری حمل می‌شود.

۳-۴- بررسی اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری و سد باطله معدن

سنگان بر منطقه مورد مطالعه

اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری و سد باطله معدن سنگان بر منطقه مورد مطالعه و همچنین مهم‌ترین عوامل مؤثر برای تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان بررسی شدند که این عوامل را می‌توان به شرح زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف-عوامل محیطی:

- محیط اجتماعی
- محیط اقتصادی
- محیط فرهنگی

ب- عوامل زیست‌محیطی و زمین‌شناسی:

- توپوگرافی
- فرسایش خاک و چینه‌شناسی
- هیدرولوژی و هیدروژئولوژی
- آلودگی هوا
- آلودگی صوتی
- مواد زاید و جامد
- تکتونیک و لرزه‌خیزی منطقه
- جنس لایه‌های تشکیل دهنده زمین
- زمین‌شناسی ساختمانی
- شرایط اقلیمی (آب و هوا):
 - بارندگی
 - تبخیر
 - وزش باد
- ارزش اکولوژیکی گونه‌های مختلف گیاهی

ج- عوامل اقتصادی:

- مالکیت زمین
- دسترسی به تسهیلات برق‌رسانی، آب و سیستم فاضلاب (تأمین آب، تأمین برق، تأمین گاز)
- حمل و نقل

۴-۳-۱- بررسی اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری معدن سنگان بر

منطقه مورد مطالعه

به طور کلی نتایج تأثیر احداث و بهره‌برداری از کارخانه فرآوری و سد باطله معدن سنگان بر این عوامل به صورت زیر بیان می‌شود (کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۴).

- **محیط اجتماعی:** در زمان ساخت و آماده‌سازی کارخانه فرآوری حدود ۶۰۰ نفر نیروی متخصص، تکنسین ماهر و کارگران کم مهارت به کار مشغول خواهند بود و جمعیت فعال، با سواد و متخصص منطقه افزایش می‌یابد.

مردم و مسئولین منطقه ایجاد کارخانه را به شرط بازدهی خوب اقتصادی سبب رونق شهر و منطقه می‌دانند. در مورد اثرات اجتماعی علاوه بر احساس خوشایند مردم منطقه، متخصصین مختلف با تناوب زمانی برای فعالیت‌های مختلف دوره ساخت در محدوده ساخت کارخانه مشغول به کار خواهند می‌شوند. کارکنان در این دوره زمانی همگی دارای تخصص مرتبط با حرفه خود هستند. این جمعیت نرخ سواد در منطقه را افزایش می‌دهد و از طرفی فعالیت ساخت کارخانه می‌تواند باعث شود که اکثر جوانان روستاهای منطقه که در جستجوی کار هستند و به شهرهای دیگر رفته‌اند، به منطقه بازگردند. علاوه بر مهاجرت مثبت بنیاد اجتماعی منطقه نیز با سکونت افراد کاملاً بومی در کنار پدران و مادران سالخورده قوت می‌گیرد.

- **محیط اقتصادی:** به طور حتم هزینه ساخت کارخانه، حقوق‌های دریافتی کارکنان، هزینه‌های گذران زندگی، تهیه قطعات یدکی، مصالح ساختمانی و . . . سبب گردش پول در منطقه احداث کارخانه و تأثیر در اقتصاد محلی خواهد شد. بخشی از استخدام از استان و بخشی دیگر از نیروی

بدون تخصص منطقه تحت تاثیر مستقیم پروژه انجام می‌گیرد که هم در تقلیل نرخ بیکاری منطقه و هم در ایجاد شغل در سطح مرکز و استان مؤثر خواهد بود. ارزش زمین در منطقه بالا خواهد رفت. ایجاد جاده دسترسی به کارخانه، لوله‌کشی آب، ایجاد پست برق و خدمات زیربنایی به شکل مستقیم و غیرمستقیم شرایط اقتصادی ساکنان محدوده بلافاصله و تحت تاثیر مستقیم را متأثر خواهد کرد. افراد متخصص در منطقه استخدام و دستمزدهای نسبتاً بالا پرداخت خواهد شد. در نتیجه گردش پول انجام گرفته و ارزش خدمات بالا رفته و قیمت واقعی خود را پیدا خواهند کرد. به این ترتیب که گردش پول در بین جمعیت برای همگان میسر و دسترسی به امکاناتی از جمله خوراک و مسکن و ... آسان خواهد شد.

- **محیط فرهنگی:** با ورود افراد تحصیل کرده به منطقه احداث کارخانه، نرخ با سواد منطقه افزایش یافته و تبادلات فرهنگی بین گروه‌های مختلف در بخش‌های اداری، فنی و تأسیسات و ... در یادگیری آداب و معاشرت و اوقات فراغت بسیار مفید و مؤثر خواهد بود. گردش‌گری در منطقه و در بیرون از منطقه رونق می‌یابد.

- **توپوگرافی:** محل پیشنهادی ساخت کارخانه فرآوری طرح سنگان در منطقه‌ای به وسعت ۳۷۵۰ مترمربع در بخشی از دشت خواف قرار دارد. به لحاظ کاربری موجود زمین منطقه مورد مطالعه نیمه‌بیابانی محسوب می‌شود و احداث کارخانه و تأسیسات وابسته به دلیل تسطیح زمین، خاکبرداری در حجم بسیار زیاد، تولید باطله می‌تواند تا حدی توپوگرافی منطقه را تغییر دهد. همچنین بهره‌برداری از کارخانه و بخش‌های وابسته به آن نظیر نوارفیدرها، نوارنقاله‌ها، آسیاب‌ها، ترانسفورماتور برق و پمپاژ آب و پمپ‌های هوادهی و ... بر توپوگرافی منطقه اثر مختصری خواهد گذاشت.

- **اقلیم:** ساخت کارخانه فرآوری معدن اثری بر اقلیم منطقه نخواهد گذاشت.

- **خاک:** عملیات ساختمانی کارخانه فرآوری از جمله تسطیح و کندن محل فونداسیون و رفت و آمد ماشین‌آلات سنگین باعث فرسایش خاک می‌شود و فرسایش طبیعی چنین مناطقی را گاه

تا ۵۰۰ برابر افزایش می‌دهد. با توجه به وزش بادهای ۱۲۰ روزه در منطقه فرسایش خاک بیشتر از آنچه که هم اکنون در منطقه وجود دارد خواهد بود و همچنین به رانش زمین و فرونشست خاک‌های اطراف منطقه تأثیر مستقیم خواهد گذاشت.

- لرزه‌خیزی منطقه: عملیات ساختمانی کارخانه زلزله‌القایی ایجاد نکرده و اثری در تشدید زلزله‌های معمول منطقه نخواهد داشت.

- آب‌های سطحی: خشکی هوا و پایین بودن میزان ریزش‌های جوی در محدوده پروژه مانع از شکل‌گیری جریان‌های سطحی دائمی در منطقه می‌شود. آب مورد نیاز در فاز ساختمانی کارخانه کاملاً از چاه‌های موجود در منطقه تأمین خواهد شد لذا اثری بر آب‌های سطحی ندارد.

- آب‌های زیرزمینی: منابع تأمین آب منطقه پروژه، سفره آب‌های دشت خواف و چاه‌های موجود در منطقه است. پیش‌بینی می‌شود مقدار آب مصرفی در حین عملیات ساخت و ساز کارخانه در منطقه ۶۴۰ هزار مترمکعب باشد که طی ۳ سال برداشت می‌شود و برابر با ۶/۷ لیتر در ثانیه می‌باشد. با توجه به مطالعات آب‌شناسی منطقه و میزان آب‌گیری سفره آب‌های دشت خواف تأمین آب پروژه بر کمیت آب‌های زیرزمینی تأثیر چندانی نخواهد گذاشت. در زمان بهره‌برداری میزان مصرف آب مورد نیاز کارخانه ۱۷۸ مترمکعب در ساعت می‌باشد که از چاه‌های در نظر گرفته شده برای این منظور و همچنین برگشت آب از سد باطله تأمین خواهد شد.

استفاده از آب چاه‌ها فقط برای جبران کمبود خواهد بود. مطالعات آب‌های زیرزمینی منطقه نشان می‌دهد که ظرفیت آب‌دهی چاه‌ها در دشت خواف ۲۳۵۰ مترمکعب در ساعت است. در شهر خواف از ۷ حلقه چاه میزان ۷۸۰ مترمکعب در ساعت و در شهر سنگان از ۴ حلقه چاه ۳۰۰ مترمکعب در ساعت برداشت می‌شود. تأمین ۱۷۸ مترمکعب در ساعت آب مورد نیاز کارخانه فشار زیادی بر میزان آب‌دهی چاه‌ها وارد نیاورده و افت سطح آب سفره‌های زیرزمینی تا

حد زیادی از طریق آبخوان دشت خواف تأمین می‌شود. بنابراین اثر منفی بر کمیت آب‌های زیرزمینی دارد.

- **آلودگی هوا:** عملیات ساختمانی کارخانه فرآوری حدود ۳ یا ۴ سال به طول خواهد انجامید، در این مدت خاکبرداری‌های مختلفی صورت خواهد گرفت و نقل و انتقالات ماشین‌آلات نیز بر میزان آلودگی هوا می‌افزاید. در حین فعالیت کارخانه دو منبع مهم آلودگی هوا شامل گرد و غبار و آلودگی ناشی از سوخت می‌باشد. طی فرآیند سوختن گاز طبیعی ذرات معلق و SO_2 و NO_2 و CO به هوا پخش می‌شود. افزایش ذرات معلق در محدوده مورد مطالعه به علت فعالیت‌های مختلف و از همه مهم‌تر در قسمت بارگیری مخازن مخلوط‌کن توسط نوارنقاله‌ها می‌باشد. سوخت گاز نیز مقادیر کمی ذرات معلق به هوا وارد می‌کند. میزان ذرات معلق در منطقه مورد مطالعه در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی حتی در منطقه بیابانی و بدون هیچ فعالیت انسانی زیاد برآورد می‌شود. دلیل آن هم کمی پوشش گیاهی، کمی رطوبت خاک و فرسایش بادی است.

میزان سوخت مازوت در کارخانه سالیانه در حدود ۳۱۰۰۰۰ متر مکعب برآورد می‌شود. قرار بر این است که سوخت از منابع گاز تأمین شود که در آن صورت میزان گاز مصرفی ۲۴،۷۰۰،۰۰۰ مترمکعب در سال خواهد بود. مصرف سوخت گازوئیل در ماشین‌آلات معدن و دستگاه‌های حمل و نقل در حدود ۸۵۱۰ مترمکعب در سال و مصرف بنزین در حدود ۵۰۰۰ مترمکعب در سال پیش‌بینی می‌شود.

مازوت مصرفی در کارخانه ۳٪ گازوئیل سبک و ۱٪ گوگرد دارد. بنابراین SO_2 از کارخانه ۱۶۷۵۰ کیلوگرم در سال و از سوختن گازوئیل ۱۳۶ کیلوگرم در سال SO_2 به هوای منطقه پخش خواهد شد. گرچه در اثر جریان باد که همیشه شدید است این میزان آلاینده به سرعت پخش خواهد شد. افزوده شدن این میزان آلودگی به هوای محدوده اثر منفی خواهد داشت. وضعیت ذرات معلق، NO_2 و CO هم شبیه به SO_2 خواهد بود.

- **آلودگی صوتی:** در زمان احداث کارخانه ترازهای صوتی موجود در منطقه از ۱٪ تا ۹۹٪ مواقع، معدل کل میزان صدای شب بین ۲۰ تا ۳۰ درصد، از معدل کل میزان صدا در طول روز کمتر است. بیشتر صداهای ایجاد شده ناشی از جریان باد و رفت و آمد وسایل نقلیه در جاده است. صدای ناشی از سایت سنگ‌شکنی با تولید ۳۰۰ هزار تن سنگ آهن به دلیل وجود سنگ‌شکن-ها، سرندها و جداکننده‌ها نیز تأثیرات محدودی در منطقه خواهد داشت و می‌تواند بر میزان تراز صوتی منطقه تأثیر داشته باشد. تولیدات کارخانه به وسیله کامیون و تریلی در دو شیفت کاری از شهر سنگان به کارخانه‌های سیمان اطراف و ذوب آهن اصفهان منتقل می‌شود که قاعدتاً آلودگی‌های صوتی ناشی از آن نیز می‌تواند مشکلاتی برای اهالی شهرهای مسیر نظیر سنگان، خواف و روستاهای موجود در حاشیه جاده‌ها ایجاد کند.

حدود ۹۰٪ صدا در کل ساعات اعم از شب یا روز مربوط به جریان باد و انتقال کامیون‌های حاوی بار می‌باشد. تراز صوتی در منطقه سایت در ساعات غیرفعال معدن کاملاً ساکت بیابانی است و به ندرت از محدوده ۱۶ تا ۲۴ دسی‌بل بیشتر می‌شود. به‌خصوص آن که بعضاً کامیون‌ها از بوق استفاده می‌کنند. در زمان احداث کارخانه فرآوری عملیات مختلف ساختمانی از قبیل خاکبرداری، بتن‌ریزی و نصب تجهیزات انجام خواهد شد که تردد ماشین‌آلات سنگین نظیر لودر، بولدوزر و کامیون را به‌دنبال خواهد داشت. اما با توجه به این که منطقه احداث سایت کارخانه فرآوری از مناطق مسکونی فاصله نسبتاً قابل توجهی دارد، لذا عملیات احداث کارخانه تأثیر چندانی بر مردم منطقه نخواهد داشت. اما آلودگی صوتی ناشی از فعالیت‌های ساختمانی می‌تواند تا حدی بر حیات گونه‌های جانوری مختلف تأثیراتی داشته باشد.

سر و صدا در فاصله دو کیلومتری از محل احداث کارخانه به کمتر از ۷۰ دسی‌بل خواهد رسید که در مرز استاندارد است. اما از آنجا که همزمان با فاز ساختمانی عملیات استخراج، فرآوری و انتقال سنگ آهن از کارخانه موجود صورت می‌گیرد، لذا اثرات فاز ساختمانی بر تراز

صوتی منطقه در محدوده‌های حدود ۵ کیلومتر (شامل روستاهای محدوده طرح، شهر سنگان و خواف) منفی می‌باشد.

- **مواد زاید جامد:** در کارخانه فرآوری در چندین مسیر ممکن است مواد به خارج از خط ریخته شود. در محل آسیاب‌ها، در محل ریختن مواد آسیاب شده به نوارنقاله، در مسیر عبور مواد بر روی نوار نقاله، در اطراف جداکننده مغناطیسی، در اطراف هیدروسیکلون‌ها، در کناره فیلتراسیون کیک سنگ آهن و در محل تخلیه دوغاب به کانال هدایت به محل دفن باطله که همگی این مواد غیر از دوغاب ارزش پولی برای کارخانه دارد و در واقع اتلاف سرمایه است. بنابراین مدیران کارخانه باید با نصب دیواره یا مسقف کردن نوارنقاله و امثال آن در کمتر کردن دورریزها تلاش شود.

در عملیات کارخانه فرآوری از سموم شیمیایی و یا مواد رادیواکتیو استفاده‌ای به عمل نمی‌آید. عملیات کارخانه نمی‌تواند نقشی در اشاعه بیماری‌های زیست‌محیطی داشته باشد.

۴-۳-۲- بررسی اثرات احداث و بهره‌برداری سد باطله معدن سنگ آهن سنگان بر

منطقه مورد مطالعه

برای ساخت سد باطله و انتقال باطله‌های معدن نیروهای متخصصی مشغول به کار خواهند شد که بیشترین این نیروها می‌توانند از افراد محلی باشند. علاوه بر این ساخت سد باطله به دلیل آلودگی پایین می‌تواند ضمن ایجاد یک زیستگاه مناسب برای حیات وحش موجود در منطقه، زمینه‌های گردش‌گری برای اهالی منطقه را نیز فراهم آورد. با توجه به فقدان منابع آبی، شرایط اقلیمی و باد نسبتاً شدید در منطقه، تعداد حیوانات اندک بوده و گونه‌های حائز اهمیت در منطقه یافت نمی‌شود. درصد خاک در باطله‌ها زیاد تا بیش از ۶۰٪ نیز می‌رسد لذا پس از ترسیب گل‌ولای، آب زلال انباشته و قابل استفاده می‌شود. پمپاژ بخشی از این آب ممکن خواهد بود. بقیه در سطح محدود سد باطله پخش می‌شود. در عملیات فرآوری سنگ آهن سنگان که جدا کردن آهن به روش خشک (تغلیظ

کنسانتره) و سپس گندله‌سازی آن در کوره است ماده شیمیایی به خصوصی مصرف نمی‌شود. آنچه در داخل معدن وجود دارد همراه دوغاب به سد باطله وارد خواهد شد. تجربه در نقاط مختلف ایران و فعالیت‌های مشابه نشان داده است که محدوده سد باطله حالت برکه کم عمق پیدا خواهد کرد. گیاهان آبی در اطراف و حتی داخل برکه در سطح آب رشد خواهند کرد و تغذیه پرندگان مهاجری را که از گیاهان استفاده می‌کنند، تأمین خواهند کرد. بنابراین محدوده‌ای مناسب برای رشد پوشش گیاهی و زیستگاهی مناسب برای حیات وحش از جمله پرندگان، جوندگان، خزندگان و حشره‌خواران خواهد شد. این آب سمیت نداشته و حیات گیاهان و جانوران را تهدید نمی‌کند. بنابراین اثرات بهره‌برداری سد باطله بر گیاهان و حیات وحش منطقه مثبت بوده است (کانی کاوان شرق، ۱۳۸۴).

بهره‌برداری از سد باطله فقط یک کاربری از قطعه زمینی بیابانی برای دفع دوغاب باطله و فاضلاب کارخانه فرآوری سنگ معدن است. تأسیسات پمپاژ و برگشت آب از سد باطله به کارخانه هم در کنار آن ایجاد خواهد شد. نفراتی که در بهره‌برداری از سد باطله برگشتی کار خواهند کرد حداکثر ۱۰ نفر برآورد می‌شود.

- **محیط اجتماعی:** ساخت سلول‌های سد باطله، ایستگاه‌های پمپاژ، خطوط برگشتی آب و ... سبب خواهد شد که افراد متخصص در تیم‌های جداگانه به تدریج به منطقه وارد شوند. رفت و آمد اسکان موقت این افراد در کارگاه‌ها بر تعداد ساکنین فعال منطقه اثر خواهد گذاشت. درجه و درصد با سواد و تخصص در منطقه بالا خواهد رفت. این افزایش جمعیت مهاجرت محسوب نخواهد شد و احتمال می‌رود سبب جلب و بازگشت تعدادی از روستائیان به زادگاه خود شود. فاز ساختمانی سد باطله بر شهرها و روستاهای اطراف منطقه بی‌تأثیر خواهد بود.

- **محیط اقتصادی:** احداث سد باطله و تجهیزات مربوط به آن سبب خواهد شد تا برای انجام بخشی از فعالیت‌ها که به تخصص نیاز ندارد، از بین افراد محلی و روستائیان منطقه استخدام انجام شود. هرچند که تعداد بسیار محدودی در رابطه با احداث سد باطله مشغول به کار خواهند شد، نرخ بیکاری در منطقه کم خواهد شد و گردش پول در محدوده بلافصل و تحت تأثیر

مستقیم را باعث می‌شود. اثرات فاز ساختمانی سد باطله را بر درآمد و مخارج، استخدام، امکانات رفاهی مثبت و بر قیمت املاک و خدمات، کشاورزی و صنعت و بازرگانی منفی می‌باشد.

- **محیط فرهنگی:** فاز ساختمانی اثری بر اعتقادات مردم نخواهد داشت و به دلیل تعداد کم متخصص وارد شده در منطقه در هر دوره زمانی و محدودیت معاشرت‌ها امکان برخورد عقاید پیش نمی‌آید.

با دریافت حقوق و گردش پول در منطقه، وضع کلی محدوده طرح رو به بهبود خواهد گذاشت و عده بیشتری مایل به استفاده از مواهب زندگی خواهند شد که اولین و ملموس‌ترین نشانه آن به صورت گردش‌گری بروز خواهد کرد، چنانچه دست‌اندرکاران پروژه در خصوص امکانات گردش‌گری و رفاهی در اطراف سد باطله اقدام کنند.

- **توپوگرافی:** در طی عملیات سد باطله تغییراتی به طور مرتب در توپوگرافی منطقه ایجاد خواهد شد، هرچند این تغییرات بسیار کوچک و اندک است، اثرات تغییرات توپوگرافی عملیات ساختمانی سد باطله منفی برآورد می‌شود.

- **اقلیم:** عملیات ساختمانی سد باطله بر اقلیم منطقه و فعالیت‌های جوی نظیر بارندگی، دما و باد اثری ندارد.

- **خاک:** در فاز ساختمانی سد باطله سطح نسبتاً وسیعی از اراضی منطقه دستخوش دستکاری می‌شود. قسمتی از سطح زمین که در داخل مخزن سد قرار می‌گیرد، احتیاج به جابجایی و کوبیدن خاک دارد. دیواره‌های اطراف بایستی تا حد امکان از ریزش محافظت شوند. بخشی از محدوده اطراف سد باطله نیز برای جاده دسترسی تسطیح و آماده‌سازی خواهد شد. کلیه این عملیات بافت خاک و نحوه قرار گرفتن خاک‌رویه را تغییر خواهد داد.

- **فرسایش خاک:** عملیات احداث سد، دستکاری خاک‌های منطقه و تسطیح بخشی از پستی و بلندی‌ها، احداث جاده و رفت و آمد ماشین‌آلات سنگین خصوصاً در جاده‌های بدون پوشش آسفالت، مسلماً استعداد فرسایش خاک منطقه را چه توسط باران در زمستان و چه توسط

بادهای منطقه افزایش خواهد داد. اما به دلیل شکل طبیعی کوه طالب و دشتی در ادامه دامنه آن قرار دارد، جهت بادهای غالب منطقه از شمال شرق به سمت جنوب غرب مخزن سد باطله خواهد بود. چنانچه فرسایش همراه با رواناب اتفاق بیفتد در همان محلی که دوغاب باطله انباشته می شود، مواد فرسایش یافته هم انباشته خواهند شد. بدین ترتیب فرسایش احتمالی منطقه کاملاً تحت کنترل خواهد بود و به بیرون از محدوده وارد نخواهد شد

- **لرزه خیزی منطقه:** عملیات انجام شده در فاز ساختمانی سد باطله ایجاد زلزله القایی نخواهد کرد و اثری بر رانش زمین نخواهد داشت.

- **آلودگی آب های سطحی:** در محدوده سد باطله و یا نزدیک به آن هیچ گونه آبراهه دائمی و یا حتی فصلی وجود ندارد. البته در موقع بارندگی روانابها در شیب تپه ماهورهای منطقه حرکت می کنند. جهت کلی روانابها شمال شرقی - جنوب غربی است و در جنوب معدن سنگ آهن سنگان و جنوب کوه طالب یا زنگی کوه، مسیر شمالی جنوبی را پیموده، از طریق کال بستان به کال شور پیوسته و در نهایت به باتلاق شوره زار در شرق مرز ایران - افغانستان منتهی می شوند. باطله های دفع شده در سد باطله در مواقع بارندگی مواد معلق و املاح آب را زیادتر خواهند کرد. مقادیر زیادی از سنگها ریز شده اند و همبستگی و چسبندگی قوی خاک و سنگ از بین رفته و انحلال املاح در آب سریع تر شده است. آب های سطحی منطقه کنترل نمی شوند و مصرف مشخصی ندارند اما به حالت طبیعی باعث افزایش ذخیره آب های زیرزمینی می شوند.

- **آلودگی آب های زیرزمینی:** باطله های حاصل از فرآوری سنگ معدن آنومالی B فاقد خواص اسیدی می باشند. این حجم از باطله در حدود ۸۱ درصد کل جریان باطله تولیدی را تشکیل می دهد. باطله های حاصل از فرآوری سنگ معدن آنومالی C جنوبی به دلیل محتوای سولفیدی خود (۳ تا ۵ درصد) دارای پتانسیل بالقوه اسیدی می باشد. این حجم باطله ۱۹ درصد مجموع جریان باطله تولیدی را تشکیل می دهد. آنالیز نمونه های شبیه سازی شده باطله بیانگر آن است که شیرابه باطله ها فاقد مواد آلوده کننده مهم بوده و بدون تصفیه قابل تخلیه در محیط هستند.

طبق این آنالیز و با توجه به خصوصیات آب و هوای خشک منطقه، امکان تولید زهاب‌های اسیدی و در نتیجه آلودگی آب‌های سطحی و یا زیرزمینی از سد باطله بسیار پایین می‌باشد. نتایج آزمایش‌های وضعیت موجود آب و خاک نشان داده است که آب منطقه مختصری سرب و آلومینیوم دارد و خاک‌های منطقه پیشنهادی برای احداث سد باطله میزان بالاتر از معمول فلزات سنگین را نشان نمی‌دهند. آزمایش‌های انجام شده بر روی زهاب‌های صنایع مشابه از جمله گل‌گهر سیرجان نشان داده است که زهاب‌های جاری شده از شیرابه و یا آب بالایی سد باطله، دارای فلزات سنگین خطرناک از نظر محیط‌زیست نظیر کادمیم، کروم شش‌ظرفیتی، سلنیوم، مولیبدن و جیوه نیستند. آثار پاره‌ای از فلزات سنگین در آن‌ها دیده می‌شود که حاصل انحلال بخش کوچکی از فلزات خاک معدن در آب می‌باشد. این مقادیر فلزات سنگین نیز در لایه‌های خاک با عملیات رسوب‌گیری ذرات، حبس توسط شارژ الکتریکی ذرات خاک، تعویض یونی و واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی در لایه‌های اولیه و حداکثر در یک متر اولیه خاک باقی می‌ماند و به هیچ وجه نمی‌تواند در آب‌های زیرزمینی نفوذ کند.

- **آلودگی هوا:** طبیعی است عملیات ساختمانی سد باطله به دلیل دست‌کاری منطقه و وجود ماشین‌آلات سنگین بر میزان آلودگی هوا خواهد افزود اما با توجه به اینکه منطقه غیرقابل سکونت است تأثیر چندانی بر کیفیت هوای منطقه نخواهد داشت.

آلودگی هوا که در اثر عملیات ساخت سد باطله و تأسیسات مربوطه ایجاد می‌شود، مربوط به خاکبرداری و آماده‌سازی ساختگاه سد باطله، پی‌ریزی و خاکریزی دیواره اولیه سد، استحکام جناحین سد، مستحکم‌سازی دیواره سد باطله و جلوگیری از ریزش آن می‌باشد. همچنین رفت و آمد ماشین‌آلات سنگین باعث پخش گرد و غبار و آلودگی هوا می‌شود. آزمایش‌های اولیه نشان داده است که در شرایط قبل از شروع عملیات ساختمانی سد باطله میزان SO_2 و NO_2 و CO_2 در حد آثار و کم‌تر از استانداردهای آلودگی هوای تنفسی می‌باشد.

مقادیر جزئی که از آلاینده‌ها در محدوده مشخص شده است به دلیل پخش از سایر منابع نظیر سوخت و وسایل نقلیه، ماشین‌آلات سنگین و دستگاه‌های گرمایش می‌باشد. میزان گرد و غبار و آلاینده‌های هوا که از رفت و آمد وسایل نقلیه و سوخت موتورهای وسایل حمل و نقل مربوط به ساخت سد باطله در فاز ساختمانی به محدوده عملیات سد باطله اضافه می‌شود، در حدی نیست که بتواند شرایط تنفسی را از استاندارد خارج کند. حداکثر تعداد ماشین‌های سنگین که در یک زمان در منطقه مشغول به کار خواهند بود سه بولوزر، دو لودر، یک گریدر و پنج کامیون تخمین زده می‌شود. بر طبق برآوردهای قبلی این گونه موتورها در سایت عملیاتی روزانه ۷۷۰ لیتر سوخت مصرف می‌کنند. سوخت ۷۷۰ لیتر گازوئیل در محدوده‌ای با وسعت حدود یک هکتار نقش مهمی در افزایش آلودگی‌ها ندارد

- **مواد زاید جامد:** آن‌چه به عنوان سنگ معدن به آسیاب ارسال می‌شود و در آسیاب‌ها خرد می‌شود، توسط جداکننده مغناطیسی خشک، جداکننده مغناطیسی تر و هیدروسیکلون جداسازی می‌شود. در بهترین شرایط خلوص آهن به حدود ۸۰٪ می‌رسد یعنی حداقل ۲۰٪ از سنگ معدن دریافت شده همراه با آب به صورت دوغاب دور ریخته می‌شود. به دلیل حجم زیاد، رطوبت بالا، نیاز به آب در پروسه و محدودیت‌های زیست‌محیطی، دوغاب در سد باطله دفع می‌شود. در پایان عملیات یک معدن حدود ۲۰٪ از کل سنگ معدن کنده شده از کوه به صورت دانه‌های ریز در سد باطله انباشته خواهد شد. این مواد زاید به محل دفع منتقل می‌شوند و فقط لازم است از پخش آن در محیط و با انتشار آلودگی‌ها به آب، هوا و خاک جلوگیری بعمل آید.

- **سایر آلودگی‌های زیست‌محیطی:** در محدوده مورد مطالعه معدن سنگ آهن سنگان شیوع بیماری‌های میکروبی و انگلی که از محیط‌زیست طی شرایطی به انسان منتقل می‌شوند وجود ندارد. خشکی هوا و کمی بارندگی، تعداد زیاد ساعت آفتابی و گرمای شدید در دوسوم طول سال باعث شده است تا آب آلوده در منطقه وجود نداشته باشد که باعث پرورش حشرات و

از جمله لار و پشه‌ها (ژیت‌لاروی) شود. این موضوع در مورد سایر بیماری‌ها نیز کاملاً صادق است.

بهره‌برداری از سد باطله باعث می‌شود. در یک محدوده کوچک برای مدت زمانی آب راکد با عمق کم وجود داشته باشد. در اطراف هر بخش از سد باطله به علت اینکه آب‌های رویی به طرف شیب حرکت می‌کند مواد رسوبی زودتر با هوا تماس پیدا کرده و سبب رشد گیاهان در آن مناطق خواهد شد.

۴-۴- معیارهای مؤثر برای انتخاب محل مناسب کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن

سنگ آهن سنگان

پس از بررسی اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه در منطقه و همچنین با بررسی اولیه عوامل زیربنایی مؤثر در انتخاب محل احداث کارخانه از قبیل وجود زمین با وسعت و مورفولوژی مناسب برای محل کارخانه، امکان تملیک زمین و وجود مورفولوژی مناسب برای دفع پساب در فاصله‌ای مناسب از آن، امکان تأمین آب و برق، دسترسی به جاده‌های اصلی و ... مشخص شد که منطقه پتانسیل احداث کارخانه فرآوری را دارد. باید برای تعیین محل دقیق آن نیز یک‌سری معیارها در نظر گرفت که در زیر به مهم‌ترین این معیارها اشاره می‌شود.

- نزدیکی به معدن - کارخانه و سایت اداری
- استفاده از امکانات موجود
- فاصله تا راه آهن
- فاصله تا سد باطله
- استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱
- نزدیکی به منابع آب

- فاصله تا پست برق
- قرار نداشتن در مسیر باد
- دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله
- نزدیکی به راه اصلی معدن
- میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین
- طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن)
- نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات
- مخارج جانبی

معیارهای مذکور در ادامه توضیح داده می‌شود:

- **نزدیکی به معدن و کارخانه فاز ۱:** نزدیکی به معدن و کارخانه فاز ۱ هزینه‌های اضافی برای جابجاشدن افراد را کاهش می‌دهد و فاصله بین تأسیسات و قسمت اداری کاهش یافته و مسئله نظارت و سرپرستی امور راحت‌تر انجام می‌شود. استفاده از امکانات موجود در معدن بسیاری از هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. لذا هرچه به معدن نزدیک‌تر باشد بهتر است.
- **استفاده از امکانات موجود:** استفاده از امکانات موجود مانند استفاده از راه‌های ایجاد شده برای تردد ماشین‌آلات باربری در مسیر سنگ شکن فکی و ... بسیاری از هزینه‌ها را کاهش داده و یک فاکتور تأثیرگذار برای تعیین محل کارخانه می‌باشد.
- **فاصله تا راه آهن:** برای حمل و نقل مواد فرآوری شده، اگر امکان استفاده از راه آهن باشد هرچه این فاصله کمتر باشد بهتر است و هزینه‌های حمل و نقل کاهش می‌یابد.
- **فاصله تا سد باطله:** برای انتقال باطله‌های فرآوری در بیشتر مواقع از لوله استفاده می‌شود که مواد باطله را به صورت دوغاب به سد باطله انتقال می‌دهد. هرچه این فاصله کمتر باشد، هزینه-

های لوله‌گذاری و تسطیح مسیر کاهش می‌یابد لذا محل کارخانه فرآوری باید در جایی انتخاب شود که امکان ایجاد سد باطله در نزدیکی آن باشد.

- **استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱:** این عامل از مهم‌ترین پارامترها برای تعیین محل کارخانه فاز ۲ می‌باشد چرا که نزدیکی به این تأسیسات بسیاری از هزینه‌ها برای احداث تأسیسات زیربنایی نظیر کشیدن خطوط تلفن، ساختن مسجد، تعمیرگاه و ... را کاهش داده و یک فاکتور بسیار مهم است.
- **نزدیکی به منابع آب:** به علت مصرف بالای آب کارخانه، برای تأمین آب مورد نیاز هرچه فاصله آن تا منابع آب کمتر باشد هزینه‌های تأمین آب کمتر شده و این یک فاکتور اساسی در تعیین محل کارخانه می‌باشد.
- **فاصله تا پست برق:** برای تأمین نیروی برق کارخانه فاصله آن تا پست برق هرچه کمتر باشد بهتر است و هزینه انتقال برق کاهش می‌یابد.
- **قرار نداشتن در راستای مسیر باد:** چون در این منطقه حدود یک‌سوم سال بادهای بسیار شدید (بادهای ۱۲۰ روزه) و با سرعت بالا می‌وزد که کارکردن در این منطقه را دشوار می‌کند و برای ساختن تأسیسات نیروی باد را تأثیر می‌دهند و از این نظر قرار نداشتن در راستای مسیر باد یک فاکتور مهم است و باید لحاظ شود.
- **دارای شیب مناسب برای انتقال باطله به سد باطله:** برای انتقال باطله از کارخانه به سد باطله که اغلب به صورت دوغاب صورت می‌گیرد. حتی‌الامکان کارخانه باید در سطح بالاتری از سد باطله باشد و هرچه شیب بیشتر باشد بهتر است و هزینه پمپ کردن باطله کاهش می‌یابد.
- **نزدیکی به راه اصلی معدن:** هرچه فاصله از راه اصلی کمتر باشد، هزینه ایجاد راه دسترسی کمتر می‌شود و طول راه‌های فرعی کاهش می‌یابد.

- **میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین:** میزان و حجم خاکبرداری برای تسطیح زمین بسیار مهم است لذا هرچه محل از نظر توپوگرافی وضعیت هموار و مسطحی داشته باشد، هزینه‌های خاکبرداری که برای تسطیح زمین صورت می‌گیرد، کاهش می‌یابد.
- **طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن):** برای کمتر کردن هزینه حمل مواد از سنگ‌شکن به کارخانه هر چه طول مسیر کمتر باشد بهتر است و اگر از نوار نقاله استفاده شود هرچه این مسیر کوتاه‌تر باشد طول نوار نقاله و هزینه تعمیرات نوار نقاله کاهش می‌یابد.
- جهت انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان این معیارها به صورتی که در فصل ۵ تشریح می‌شوند برای انتخاب محل کارخانه مورد بررسی قرار خواهند گرفت. و سایر عوامل برای انتخاب این محل یکسان در نظر گرفته شده است.

۴-۵- گزینیه‌های انتخاب محل سد باطله

برای انتخاب محل مناسب برای احداث سد باطله باید مطالعاتی در مورد خواص باطله‌ها و مدیریت دیوی باطله‌ها صورت گیرد که ابتدا به آن‌ها اشاره‌ای می‌شود و در ادامه دو گزینه برای احداث سد باطله پیشنهاد و تشریح می‌گردد.

۴-۵-۱- مدیریت دیوی باطله سنگ‌ها

مهم‌ترین مسائلی که در کار تأسیسات دفع باطله باید مورد توجه باشد، کنترل گرد و غبار و جلوگیری از تولید اسید است. با در نظر گرفتن اقلیم خشک منطقه، پیش‌بینی می‌شود باطله‌ها در طولانی‌مدت اغلب خشک باشند. به منظور جلوگیری از اسیدی‌شدن و گسترش آن از لایه باطله‌های توده C و پیشگیری از گرد و غبار، ضروری است سطح باطله‌ها با پوشش (روکش) خشک و خاک سطحی پوشانیده شود. این پوشش تا بالای دیواره‌ها امتداد می‌یابد و با ایجاد حالت دانه‌بندی در آن امکان

زهکشی هرز آب‌های سطحی از محل دفع باطله میسر می‌شود و بدین ترتیب نفوذ داخلی به زمین کاهش می‌یابد.

عمل تثبیت باطله‌ها فاکتور مهمی در احیا و خاتمه کار تأسیسات باطله محسوب می‌شود. در فرآیند تثبیت، سطح باطله‌ها در طول زمان خروج آب به صورت نرم باقی می‌ماند. این زمان می‌تواند ۱۰ تا ۱۵ سال پس از تخلیه باطله‌ها ادامه یابد. انتظار می‌رود یک پوسته خشک به ضخامت ۲ متر در سطح باطله‌ها تشکیل شود که دسترسی به مواد داخلی را غیر ممکن می‌سازد.

به دلیل حرکت آب پسماند به سطح محل دفع باطله‌ها، ورود به این منطقه می‌تواند خطراتی برای وسایل نقلیه، حیوانات و انسان‌ها داشته باشد لذا دسترسی به آن باید با استفاده از حصار در اطراف منطقه یا روش‌های دیگر محدود شود. با خشک شدن تسهیلات در طولانی مدت تصور نمی‌شود که پایداری دیواره‌ها پس از خاتمه کار مسئله مهمی باشد. از ابتدا میزان آب وارده به دپوی باطله را بایستی کاهش داد. لذا با عملیات شبیه آبخیزداری مسیر رواناب‌ها را تغییر می‌دهند تا به محل دپوی باطله‌ها وارد نشود. در این صورت امکان اسیدی شدن به حداقل ممکن تقلیل می‌یابد.

۴-۵-۲-۱^۱ ARD باطله‌های کارخانه فرآوری معدن سنگ آهن سنگان

۸۱ درصد از کل ظرفیت معدن که از توده B و C جنوبی است فاقد خاصیت اسیدزایی می‌باشد. واضح است باطله‌های کارخانه فرآوری این ماده معدنی فاقد خاصیت اسیدزایی می‌باشد. ۱۹ درصد که مربوط به توده C است دارای پتانسیل ضعیف تولید اسید می‌باشد. اما تجربه نشان داده است که عملیات جداسازی مغناطیسی خشک و سپس تکمیل عملیات با مرحله جداسازی تر و تفکیک سنگ معدن از خاک و شن اضافی (ایجاد دوغاب) که پس از یک‌سری تغلیظ و آبیگری برای استفاده مجدد از آب به سد باطله ارسال می‌شود، PH اسیدی نشان نداده است. دلیل آن این است که سنگ معدن از نظر شیمیایی مکان و زمان لازم برای تولید اسید را نداشته است و یا به فرض ایجاد اسید، اسید حاصله با

^۱ - Acid Rock Drainage

کربنات کلسیم و یا منیزیم (یکی از اجزای اصلی خاک) خنثی شده است. فرض اول صحیح‌تر به نظر می‌رسد زیرا در صورتی که اسید تولید شده باشد و توسط خاک خنثی شود، جوشش گاز کربنیک به صورت حباب‌های ریز بایستی در دوغاب مشاهده شود، حال آنکه در هیچ گزارشی وجود حباب‌های گاز CO_2 در دوغاب ذکر نشده است (کانی کاوان شرق، ۱۳۸۴).

۴-۵-۳- گزینه‌های پیشنهادی انتخاب محل سد باطله

با بررسی‌های انجام شده در منطقه و استفاده از گزارش‌های مربوط به انتخاب محل سد باطله فاز ۱ معدن دو گزینه مختلف به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

گزینه A: یک گزینه انباشت قسمتی از مواد در سد باطله پیشنهاد شده در دره جنوب سایت سنگ‌شکن غربی خواهد بود. ذخیره موجود در حدود ۱۳/۲ میلیون مترمکعب پیش‌بینی می‌شود که برای ۵ سال بهره‌برداری کافی است. این سایت در بالادست منابع احتمالی آب‌های زیرزمینی وجود دارد و به این معنی است که هیچ گونه نشتی نمی‌تواند باعث آلودگی منابع آب شود. پوشش کردن با الیاف مصنوعی سطح پشت سد باطله به دلیل شکل نامنظم آن مشکل خواهد بود. این گزینه دارای محدودیت‌های، در ظرفیت انباشت و هزینه‌های بالا مربوط به پمپاژ باطله تغلیظ‌شده می‌باشد.

گزینه B: سایتی در دشت واقع در جنوب شرق ایران باریت پیشنهاد می‌شود. این سایت از قنات‌های موجود و سفره‌های آب آشامیدنی به دور است. برای به حداقل رساندن نشت از سدهای باطله، پوشاندن کف و اطراف آن توسط پوشش HDPE در نظر گرفته شده است.

این که در نهایت چه محلی برای احداث کارخانه و سد باطله انتخاب خواهد شد، به بررسی و مقایسه معیارهای مؤثر با روش‌های مناسب بستگی دارد که در فصل بعد نحوه انتخاب محل کارخانه و سد باطله به طور کامل توضیح داده خواهد شد.

فصل پنجم

انتخاب محل کارخانه فرآوری فازر ۲ و سد باطله

معدن سنگ آهن سنگان



۵-۱- مقدمه

پس از شناخت عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله و آشنایی با تکنیک‌های مختلفی که توانایی تصمیم‌گیران را افزایش می‌دهند، حال باید با کنارهم قرار دادن این عوامل و روش‌ها و همچنین استفاده از نرم‌افزارهای مناسب اقدام به مکان‌یابی محل‌های مناسب برای کارخانه و سد باطله معدن سنگ آهن سنگان کرده و در نهایت نتایج حاصل از عملیات مکان‌یابی به صورت خروجی نمایش داده می‌شود. در این تحقیق برای انتخاب محل کارخانه ابتدا منطقه مناسب برای احداث کارخانه با استفاده از GIS تعیین شده است که از روش همپوشانی نقشه‌ها برای تعیین محل کارخانه بهره گرفته شده است. سپس برای تعیین گزینه مناسب برای احداث کارخانه در این محل و تعیین محل سد باطله از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده شده است که در ادامه تشریح می‌شود.

به منظور جمع‌آوری، پردازش، تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی داده‌های مختلف و تهیه و تدوین این پژوهش از نرم‌افزارهای مختلفی به شرح زیر استفاده شده است:

- ArcGIS 9.3
- Auto CAD Map 2000i
- Autocad 2008
- ArcView 3.1

با توجه به این که فرآیند مکان‌یابی یک مسئله تصمیم‌گیری چند صفتی بوده و با استفاده از مدل رستری قابل انجام است، می‌بایست در انتخاب نرم‌افزار این نکته را مورد نظر قرار داد که نرم‌افزار منتخب علاوه بر مدل برداری، مدل رستری را نیز مورد پشتیبانی قرار دهد. بدین منظور با توجه به بررسی‌های انجام شده، نرم‌افزارهای ArcGIS 9.3 و ArcView 3.1 برای عملیات آنالیز و پردازش داده‌ها انتخاب شدند. با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و قابلیت‌های بالای آن در ویرایش، پرسش و تحلیل، لایه‌های اطلاعاتی در آن ایجاد، خلاصه‌سازی و مورد پرسش قرار گرفتند. در نهایت عملیات مکان‌یابی به روش‌های مختلف در این نرم‌افزار صورت گرفت. در قسمت‌های زیر مراحل طی شده برای مکان‌یابی محل‌های مناسب برای کارخانه و سد باطله، معدن سنگ آهن سنگان توضیح داده می‌شود.

۵-۲- روش تحقیق

هر چند روش‌های مختلفی برای انجام تحقیق وجود دارد اما انتخاب روش تحقیق به ماهیت و اهدافی را که آن پژوهش دنبال می‌کند بستگی دارد. در تحقیق حاضر نیز با توجه به هدف‌هایی که مورد نظر می‌باشد، از روش‌های مشروحه ذیل استفاده شده است.

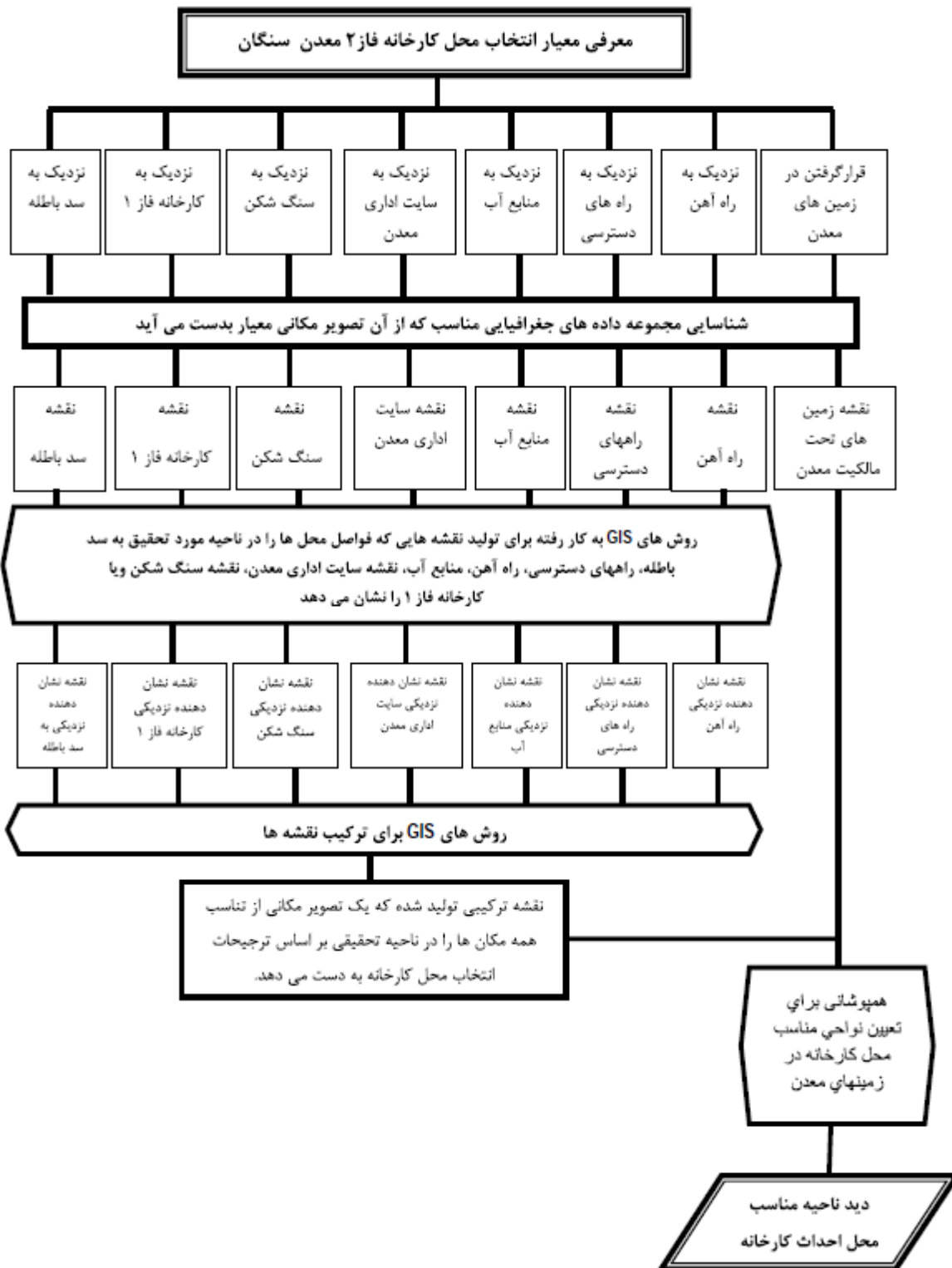
۵-۲-۱- روش کتابخانه‌ای (اسنادی)

در این مرحله جمع‌آوری آمار و اطلاعات و مطالعات انجام شده در سطح منطقه (شامل مطالعات زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، زیست‌محیطی و ...) و تهیه نقشه‌های مورد نیاز صورت گرفت. و منابع موجود ارزیابی شدند. به طور کلی در این مرحله از منابع مختلف شامل گزارش‌های موجود در آرشیو معدن، کتب، پایان‌نامه‌ها و مقالات برای مباحث پایه و اصول نظری؛ و انواع نقشه‌ها استفاده شده است.

۵-۲-۲- تجزیه و تحلیل‌های مکانی

مرحله سوم تحقیق شامل ورود اطلاعات و رقومی‌سازی نقشه‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، پردازش، آنالیز اطلاعات در پایگاه داده‌ها و سیستم اطلاعات جغرافیایی و در نهایت انجام تحلیل‌های مکان‌یابی است.

همان‌گونه که در شکل (۵-۱) مشاهده می‌شود برای مکان‌یابی محل احداث کارخانه با GIS می‌بایست عوامل مؤثر، معیارها و محدودیت‌ها به صورت لایه‌های نقشه تهیه شده و مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند. برای انتخاب منطقه کارخانه با استفاده از GIS ابتدا مجموعه عوامل مهم به عنوان معیار یا لایه‌های اطلاعاتی در نظر گرفته می‌شوند و نقشه هریک از لایه‌ها (مانند سد باطله، سنگ شکن، کارخانه فاز ۱ و ...) تهیه و در مرحله بعد نقشه نشان دهنده مناطق مطلوب برای احداث کارخانه از هر یک از لایه‌ها (مانند نقشه نشان دهنده نزدیکی به سد باطله، نقشه نشان دهنده نزدیکی به سنگ شکن و ...) تهیه می‌شود و نقشه‌ها با استفاده از روش‌های GIS با یکدیگر ترکیب می‌شوند، نقشه به دست آمده با نقشه محدود کننده که در این‌جا نقشه زمین‌های تحت مالکیت معدن می‌باشد، همپوشانی می‌شود که محل به دست آمده از تلفیق لایه‌های مختلف نشان دهنده منطقه مناسب برای احداث کارخانه می‌باشد.

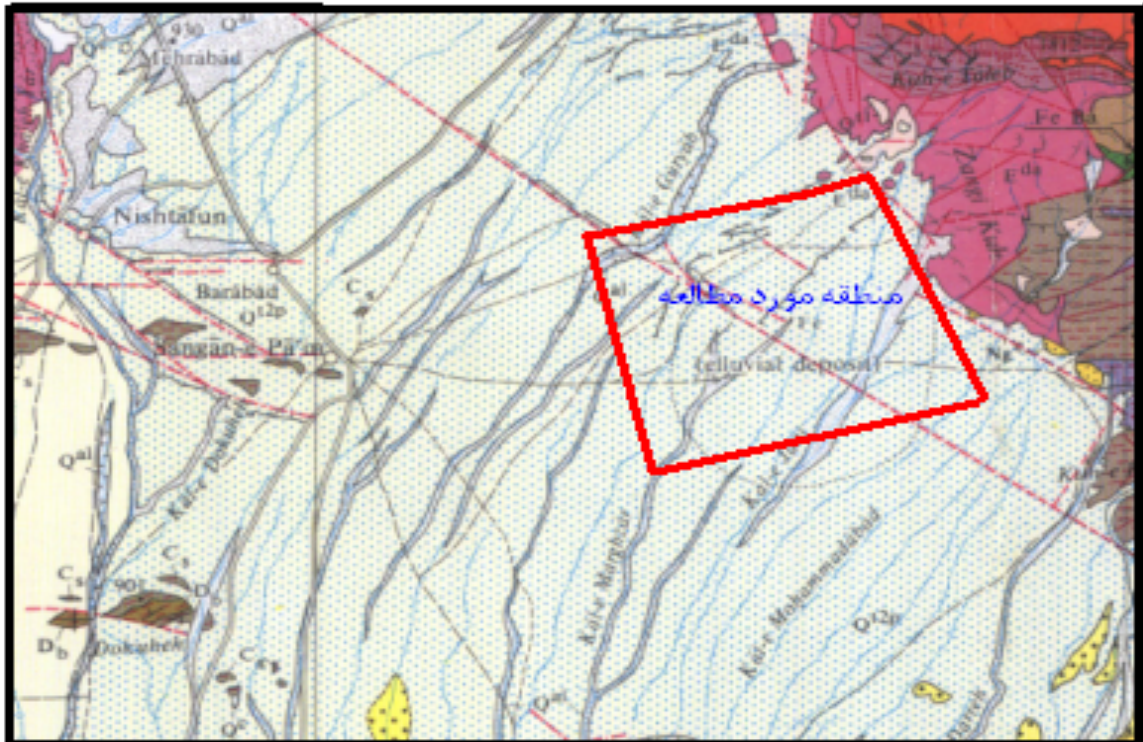


شکل ۵-۱- دیگرام نشان دهنده مراحل انتخاب محل کارخانه با استفاده از GIS

۵-۲-۳- تهیه نقشه لایه‌های مورد استفاده برای تعیین محل کارخانه

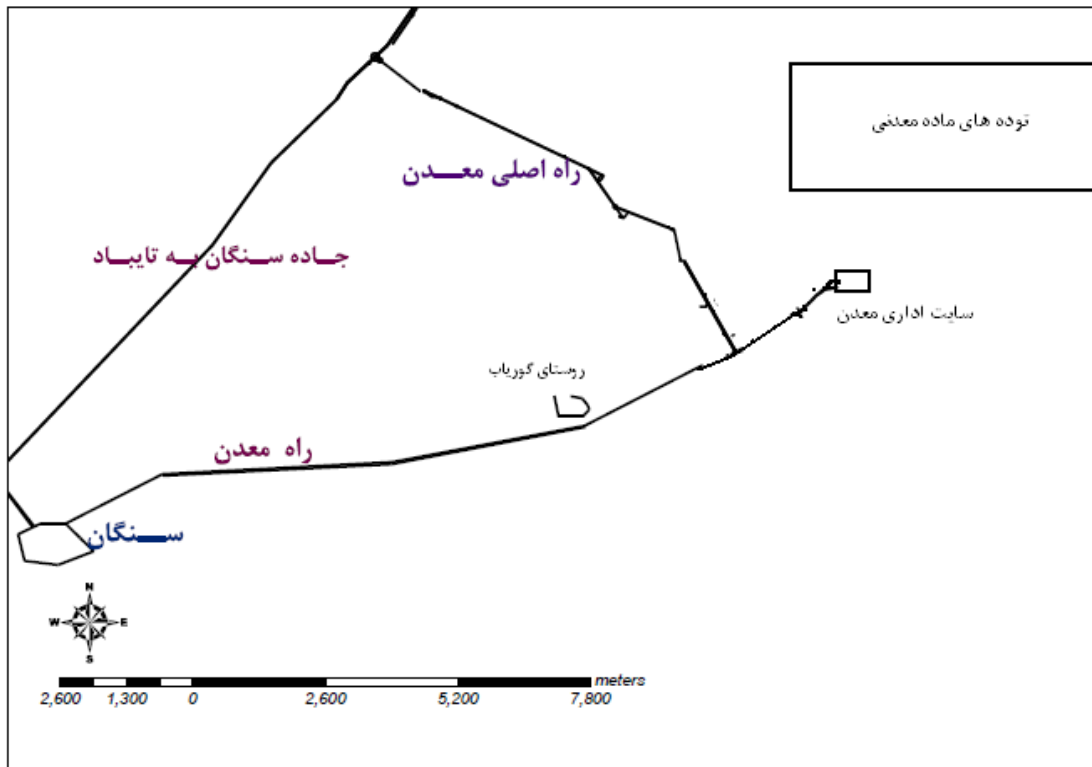
در این تحقیق با استفاده از عملکردهای مناسب از طریق تعیین محدوده‌های قابل قبول در هر یک از لایه‌ها، به تجزیه و تحلیل لایه‌ها پرداخته و در نهایت نقشه مکان‌های مناسب با تأثیردهی عوامل جانبی تهیه می‌شود. متناسب با شرایط تعیین شده، در حالت عمومی برای انتخاب یک مکان مناسب برای کارخانه، لایه‌های اطلاعاتی ذیل بایستی جمع‌آوری و وارد محیط GIS شوند. این نقشه‌ها و نحوه ایجاد آن‌ها در ادامه آورده شده است:

- نقشه زمین‌شناسی منطقه: با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل ۵-۲) می‌توان این نتیجه را گرفت که منطقه مورد مطالعه دارای تغییرات زمین‌شناسی نیست و تقریباً جنس زمین در منطقه مورد مطالعه ثابت است. این نکته نیز قابل ذکر است که در منطقه مورد مطالعه هیچ گسلی یا ناپیوستگی وجود ندارد و از وضعیت تکتونیکی مناسبی برخوردار می‌باشد.
- نقشه راه‌های دسترسی، این لایه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی موجود تهیه شده است. به منظور کاهش هزینه‌های حمل و نقل و سایر مشکلات دوری راه، تا حد امکان سعی می‌شود که مکان کارخانه در محل نزدیک‌تری واقع شود. به همین دلیل باید فاصله‌ها را در کم‌ترین حد ممکن در نظر بگیریم. شکل‌های (۵-۳) و (۵-۴) به ترتیب نشان دهنده نقشه راه‌های موجود و راه‌آهن موجود در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.
- نقشه فاصله از خطوط انتقال و منابع تأمین آب: به علت مصرف بالای آب کارخانه، برای تأمین آب مورد نیاز هرچه فاصله آن تا منابع آب کم‌تر باشد، هزینه‌های تأمین آب کم‌تر شده و این یک فاکتور اساسی در تعیین محل کارخانه می‌باشد (شکل ۵-۵).

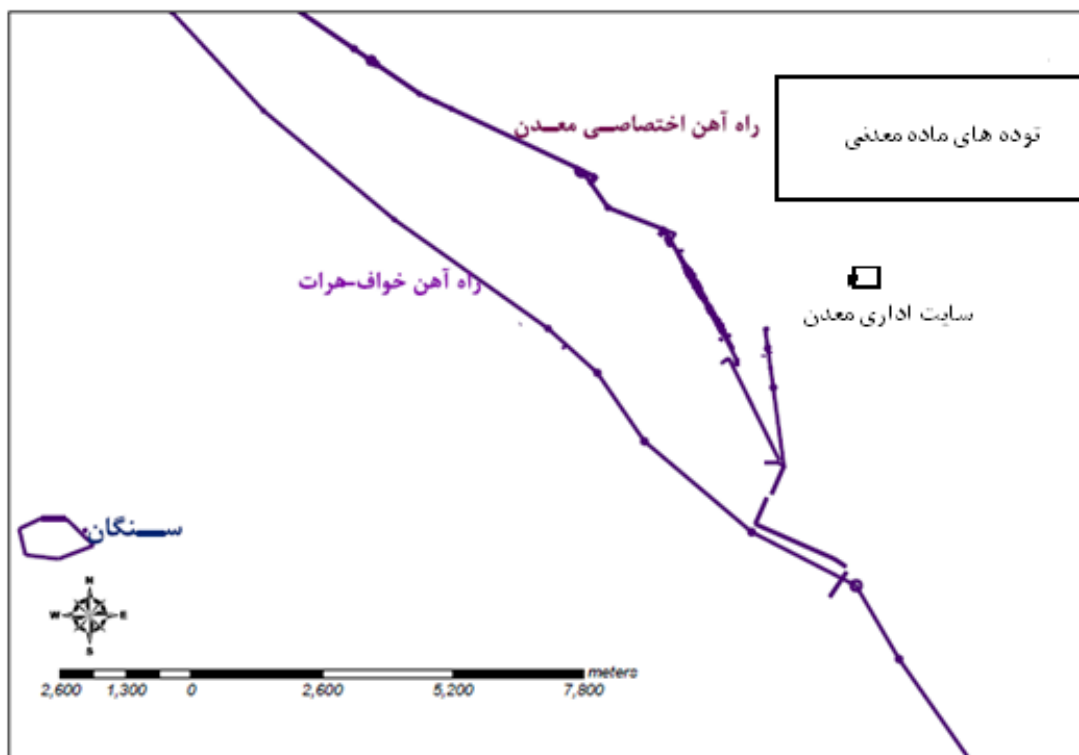


C E N O Z O I C	Q U A T E R N A R Y	PLEISTOCENE		<p>Q¹: Recent alluvium Q²: Fan deposits Q³: Salt flat and salt marsh Q⁴: Playa lakes deposits, partly covered by bushes forests Q⁵: Clay flats Q⁶: Cultivated lands Q⁷: Sand blown sheets and Q⁸: Sand dune Q⁹: Sand sheets with bushes cover Q¹⁰: Young terraces and gravel fan Q¹¹: Old terraces partly as old fan deposits, semi-consolidated conglomerate and coarse sandstone</p>	<p>ارفتنه‌های جدید نپشته‌های مخروط‌الته‌کنای کف‌های نمکی و پاملاق‌های نمکی نپشته‌های دریاچه فصلی-خست‌هایی با بوته‌زار پوشیده کف‌های رسی رضیه‌های رزاضی تپه‌های ماسه‌ای ورفتنه‌های ماسه‌ای با پوشش بوته‌زار پادگانه‌های جوان و مخروط‌های افکنه</p>				
		PLIOCENE				<p>Pl^c: Conglomerate Pl^m: Red marl and siltstone Ng: Conglomerate, gypsiferous red sandstone and marl</p>	<p>کنگلومرا مارل‌های قرمز و فوش سنگ کنگلومرا، ماسه سنگ قرمز و مارل گچ‌دار</p>		
		MIOCENE						<p>E-OL^c: Conglomerate, coarse sandstone with minor marly beds</p>	<p>کنگلومرا، ماسه سنگ درشت و لایه‌های مارلی</p>
		Eocene Oligoc.							
T E R T I A R Y	P A L E O G E N E	Eocene		<p>E^h: Alternation of green marl, sandstone, conglomerate and tuff (Flysch type deposits) E^c: Conglomerate E^g: Gypsum with minor marl E^g: Conglomerate and sandstone E^t: Tuffaceous sandstone and marl E^l: Altered tuff E^{mt}: Marl and detrital medium grained tuff E^{vm}: Volcanics, highly altered, minor marl and gypsum intercalations E^{vm}: White grey weathered, white color marls E^{va}: Pyroxen andesite E^{va}: Porphyritic andesite E^{vt}: Volcanic rocks mainly andesite and trachy andesite E^g: Gypsum E^{m2}: Green and white grey marls E^m: Alternation of light green marl and sandstone E^l: Limestone E^{m1}: Greenish grey, and light colour marl Esm: Alternation of conglomerate, sandstone and green marl E^d: Dacite and dacitic dykes E^{pc}: Conglomerate and coarse sandstone, red massive</p>	<p>تالاب لایه‌های مارلی سبز رنگ، ماسه سنگ، کنگلومرا و توف (نپشته‌های نوع فلیش) گچ و مارل ماسه سنگ و کنگلومرا ماسه سنگ‌های نوبی و مارل توف دگرسان شده مارل و توف‌های فله متوسط آواری سنگ‌های آتشفشانی به شدت دگرسان شده با میان لایه‌های از گچ مارل‌های سفید رنگ پیروکسن آندزیت آندزیت پورفیری سنگ‌های آتشفشانی - بطور عمده آندزیت و تراکیت آندزیت گچ مارل‌های سبز خاکستری روشن تالاب لایه‌های مارل‌های سبز روشن با ماسه سنگ آهک ماسه سنگ و کنگلومرا KERMAN</p>				
		Eocene							
		Eocene							
		Eocene							
C E N O Z O I C	Q U A T E R N A R Y	PALEOCENE		<p>د: ماسه سنگ و کنگلومرا</p>	<p>راهبنا</p>				
		PALEOCENE							

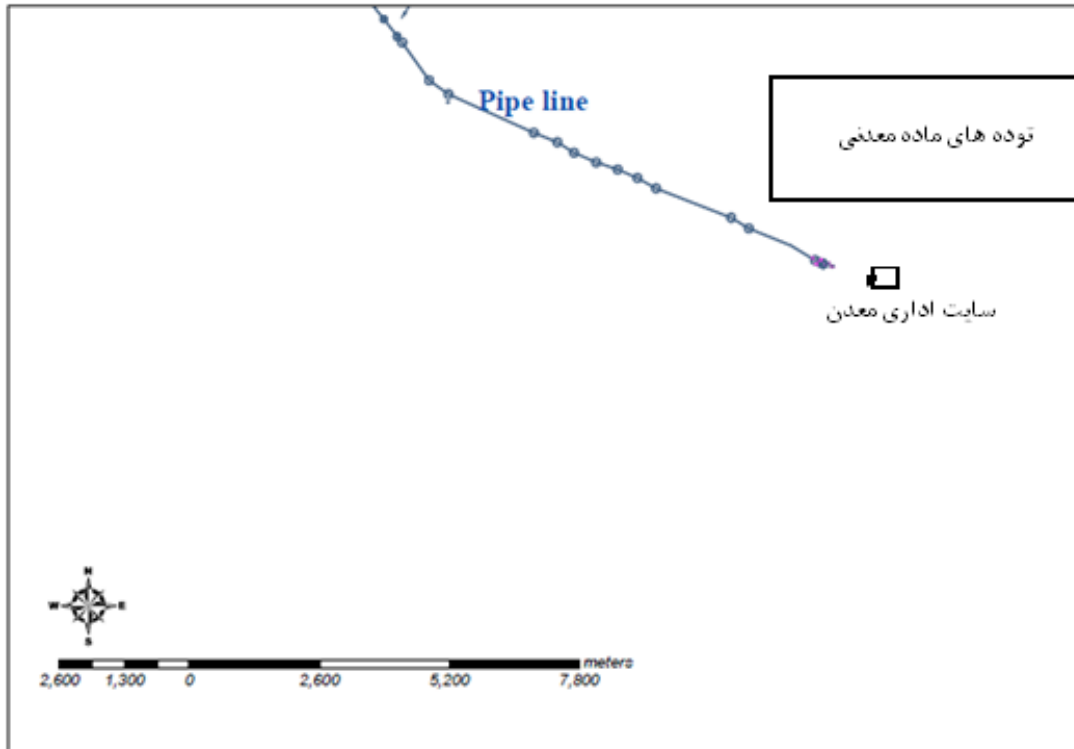
شکل ۵-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه



شکل ۵-۳- نقشه راه های محدوده مورد مطالعه (معدن سنگ آهن سنگان)



شکل ۵-۴- نقشه راه آهن در محدوده مورد مطالعه (معدن سنگ آهن سنگان)

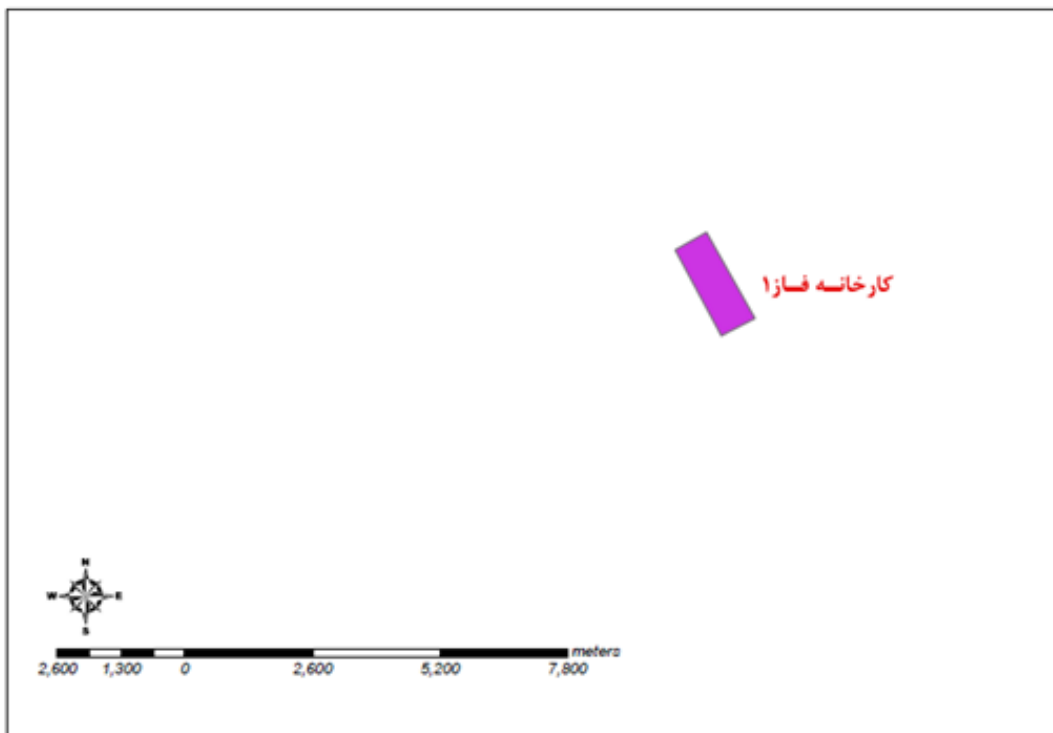


شکل ۵-۵- نقشه خطوط انتقال و منابع تأمین آب

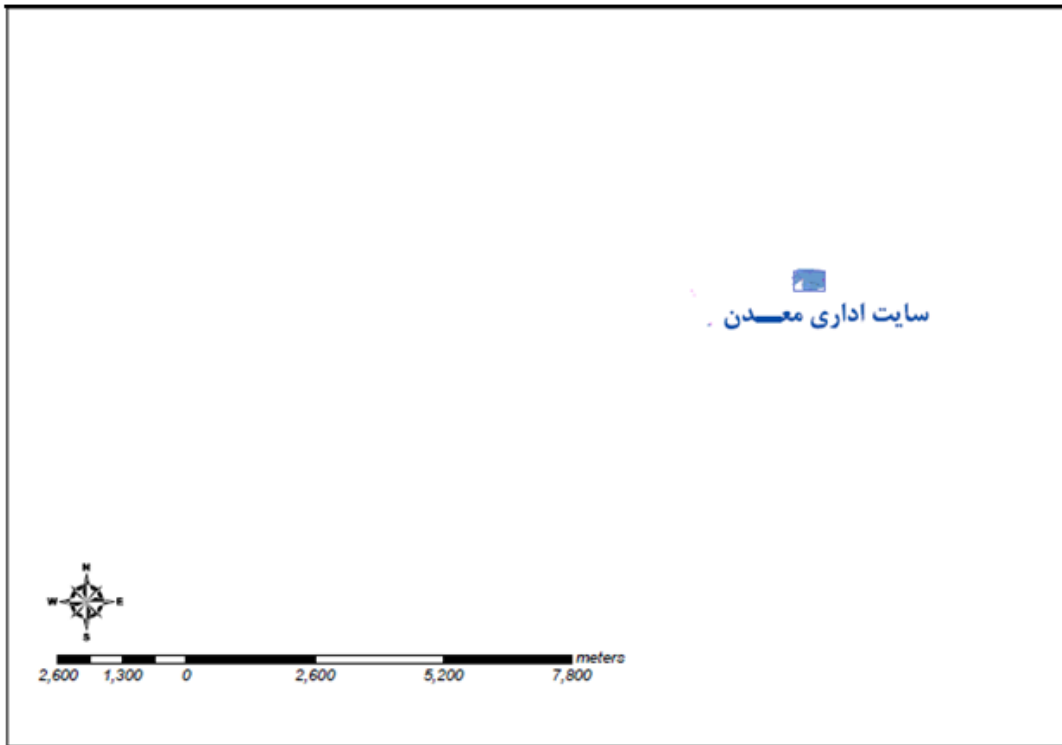
- نقشه نشان دهنده محل کارخانه فرآوری فاز ۱ معدن سنگان: این عامل از مهم ترین پارامترها برای تعیین محل کارخانه فاز ۲ می باشد چرا که نزدیکی به این تأسیسات بسیاری از هزینه برای احداث تأسیسات زیربنایی نظیر کشیدن خطوط تلفن، ساختن مسجد، تعمیرگاه و... را کاهش داده و یک فاکتور بسیار مهم است (شکل ۵-۶).
- نقشه نشان دهنده سایت اداری معدن: این پارامتر از این نظر مهم است که نزدیکی به معدن هزینه های اضافی برای جابجاشدن افراد را کاهش می دهد و فاصله بین تأسیسات و قسمت اداری کاهش یافته و مسئله نظارت و سرپرستی امور راحت تر انجام می شود و استفاده از امکانات موجود در معدن بسیاری از هزینه ها را کاهش می دهد. لذا هرچه به معدن نزدیکتر باشد بهتر است (شکل ۵-۷).
- نقشه نشان دهنده سد باطله: برای انتقال باطله های فرآوری بیشتر مواقع از لوله استفاده می شود که مواد باطله به صورت دوغاب به سد باطله انتقال داده می شود. بنابراین هرچه این فاصله کمتر باشد، هزینه های لوله گذاری و تسطیح مسیر کاهش می یابد. لذا محل کارخانه

فرآوری باید در جایی انتخاب شود که امکان ایجاد سد باطله در نزدیکی آن باشد. از آنجا که قرار است قسمتی از باطله کارخانه فرآوری فاز ۲ به سد باطله فاز ۱ منتقل شود و همچنین محل احتمالی سد باطله فاز ۲ نیز در مجاورت سد باطله فاز ۱ قرار خواهد گرفت، لذا از اطلاعات سد باطله فاز ۱ برای انتخاب محل کارخانه فاز ۲ استفاده می‌شود. (شکل ۵-۸).

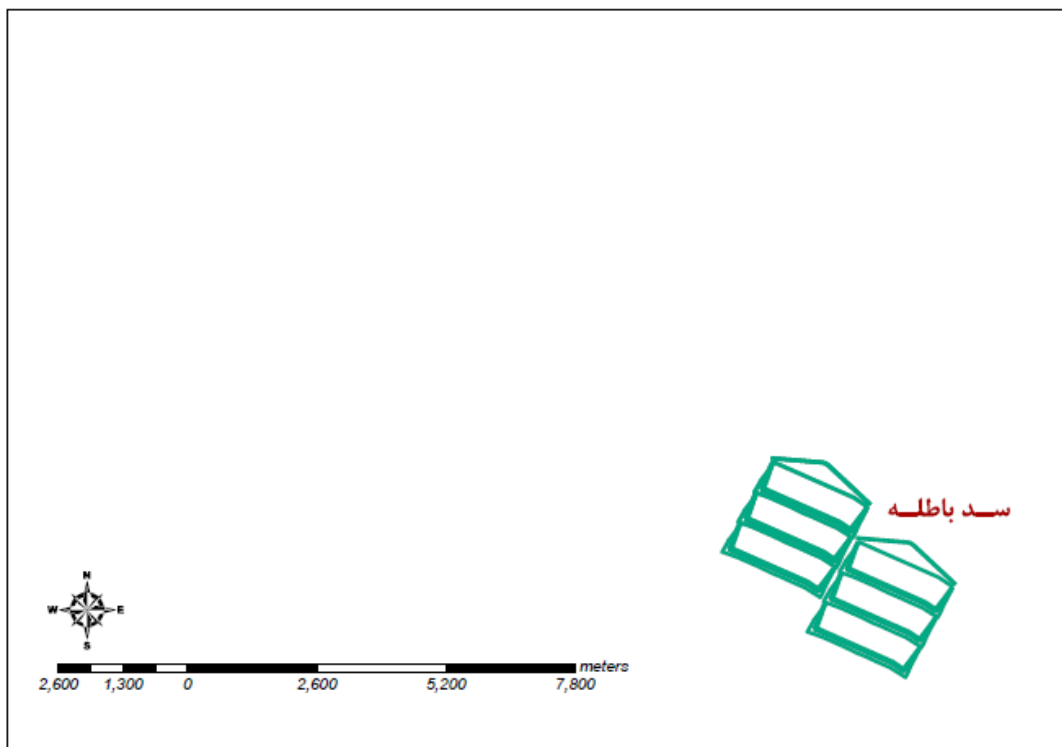
- نقشه نشان دهنده محل سنگ‌شکن : برای حمل مواد از سنگ‌شکن به کارخانه بیشتر مواقع از نوارنقاله استفاده می‌شود. هرچه این مسیر کوتاه‌تر باشد، طول نوار نقاله و هزینه تعمیرات آن کاهش می‌یابد. لذا هر چه طول مسیر کمتر باشد بهتر است (شکل ۵-۹).
- نقشه نشان دهنده زمین‌های تحت مالکیت معدن : این لایه به عنوان لایه محدود کننده در نظر گرفته می‌شود چراکه محل کارخانه بایستی در این محدوده قرار بگیرد (شکل ۵-۱۰).



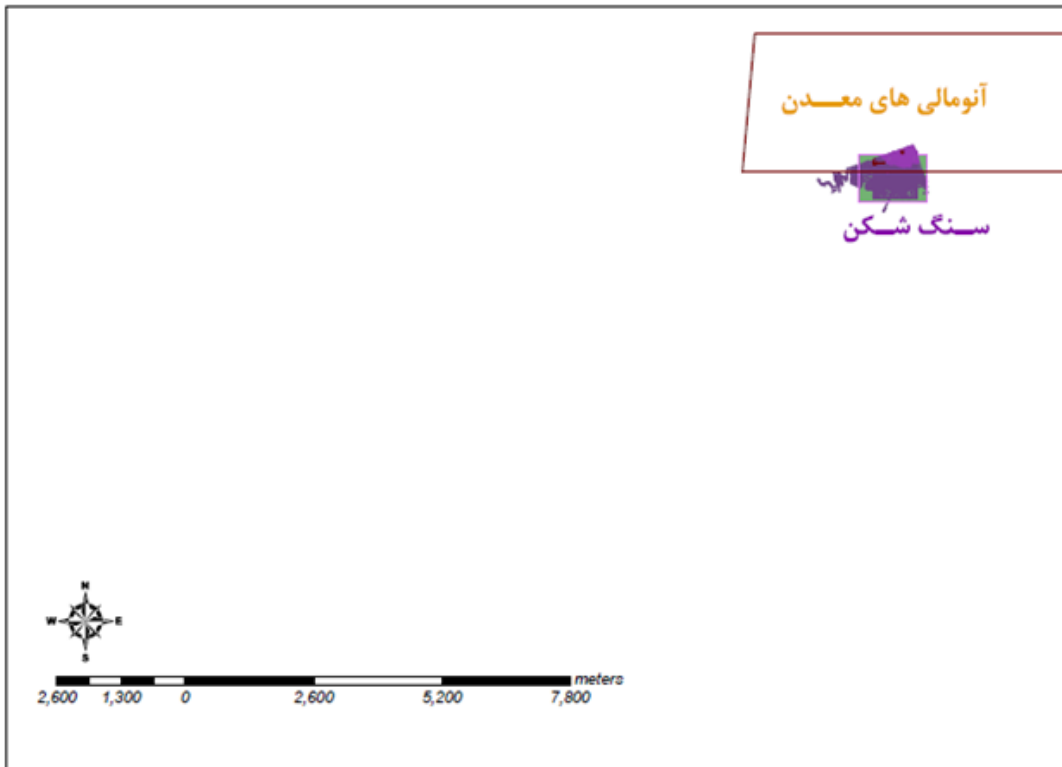
شکل ۵-۶- نقشه محل کارخانه فرآوری فاز ۱ معدن سنگان



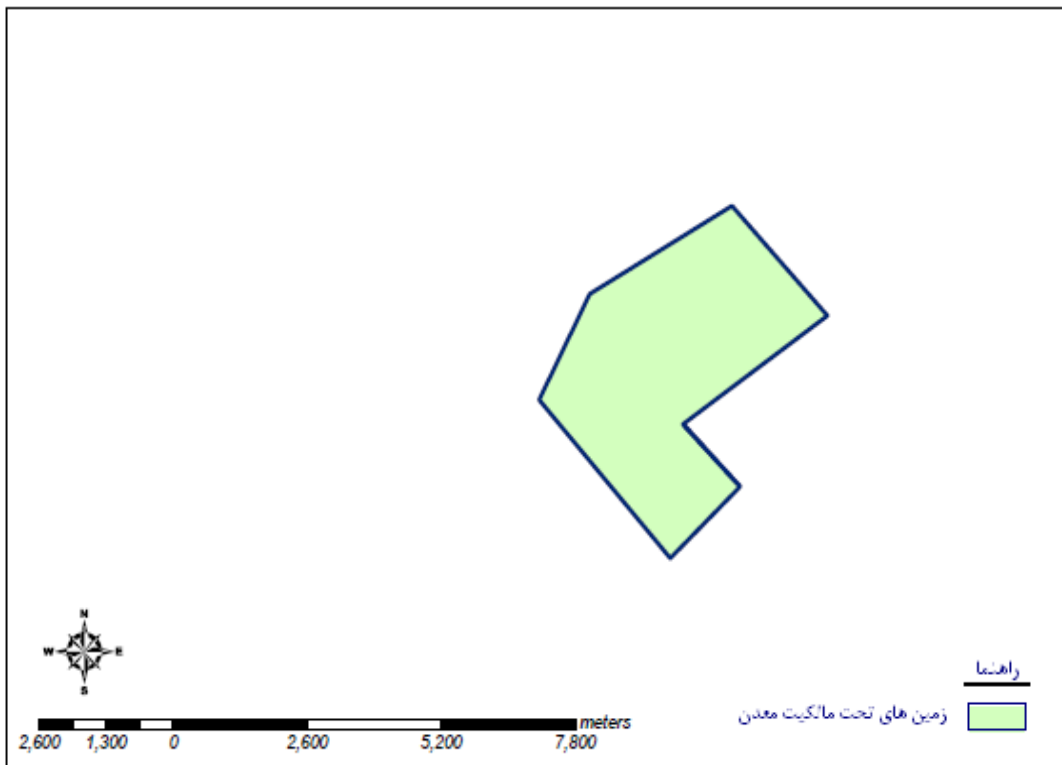
شکل ۵-۷- نقشه سایت اداری معدن سنگان



شکل ۵-۸- نقشه محل سد باطله



شکل ۵-۹- نقشه محل سنگ شکن



شکل ۵-۱۰- نقشه زمین های تحت مالکیت معدن

۵-۲-۴- آماده‌سازی لایه‌ها در محیط GIS

پس از استخراج لایه‌های اطلاعاتی مختلف، این نقشه‌ها را به صورت لایه‌های قابل استفاده در محیط‌های مختلف GIS در آورده و در نرم‌افزار مناسب برای عملیات مکان‌یابی اقدام شده است.

در آماده‌سازی لایه‌ها در محیط ArcView فایل‌های توپولوژی شده در نرم‌افزار AutoCAD Map

را وارد محیط نرم‌افزار شده، سپس این لایه‌ها به فرمت shp تبدیل شده تا قابل استفاده در این نرم‌افزار باشند. در مرحله بعد لایه‌های مختلف به فرمت رستر تبدیل شده تا بتوان بر روی آن‌ها تجزیه و تحلیل انجام داد.

۵-۲-۵- تهیه نقشه نشان دهنده نزدیکی به هریک از معیارها (تهیه بافر)

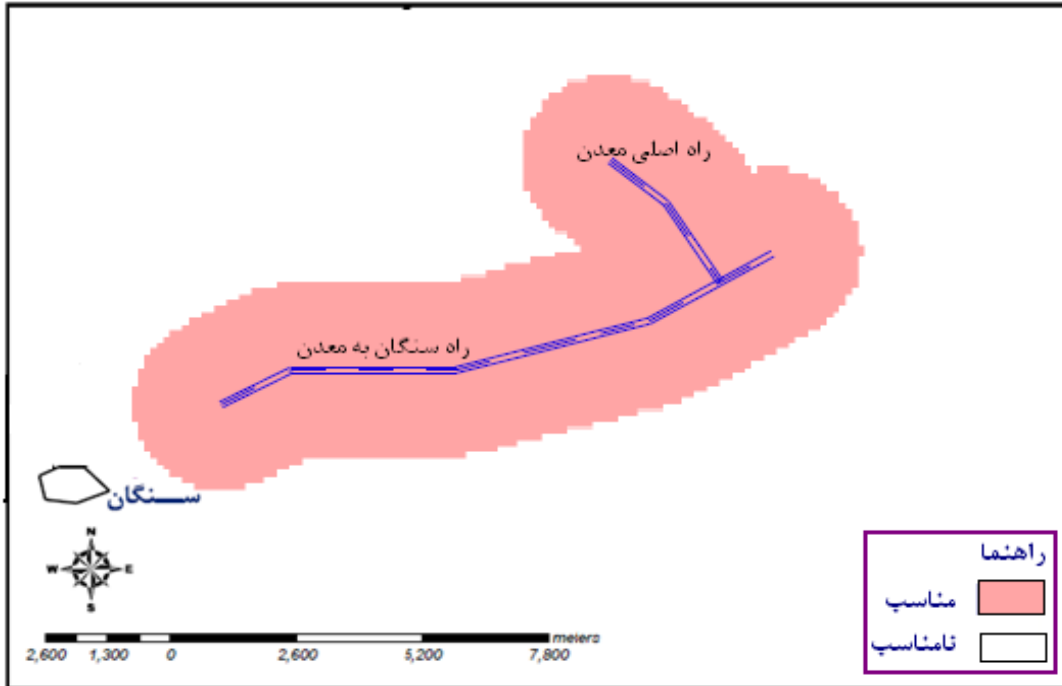
در این بخش بر اساس معیارهای تعیین شده یکسری پردازش‌ها بر روی جداول بانک اطلاعاتی هر لایه انجام شده که شامل ایجاد ناحیه جدید بر اساس معیارهای تعریف شده می‌باشد. در این تحقیق بر اساس مطالعات و تحقیقات صورت گرفته و استفاده از نظرات کارشناسان معدن سنگان حداکثر فاصله مناسب از معیارها در جدول (۵-۱) آورده شده است. و نقشه‌های نشان دهنده زون بافر برای معیارهای مختلف در شکل‌های (۵-۱۱) تا (۵-۱۷) نشان داده شده است. برای این کار (تهیه زون بافر برای معیارها یا لایه‌های اطلاعاتی) در ArcView از گزینه XTools ، Buffer selected Features را انتخاب کرده و اطلاعات بافر برای نقشه مورد نیاز وارد می‌شود. تمام معیارهایی که به وسیله زون بافر مشخص شده‌اند امتیاز ۱ و به مناطق باقی مانده امتیاز صفر داده شده است (جدول ۵-۲).

جدول ۵-۱- اطلاعات مورد نیاز برای تهیه زون بافر از معیارهای مختلف

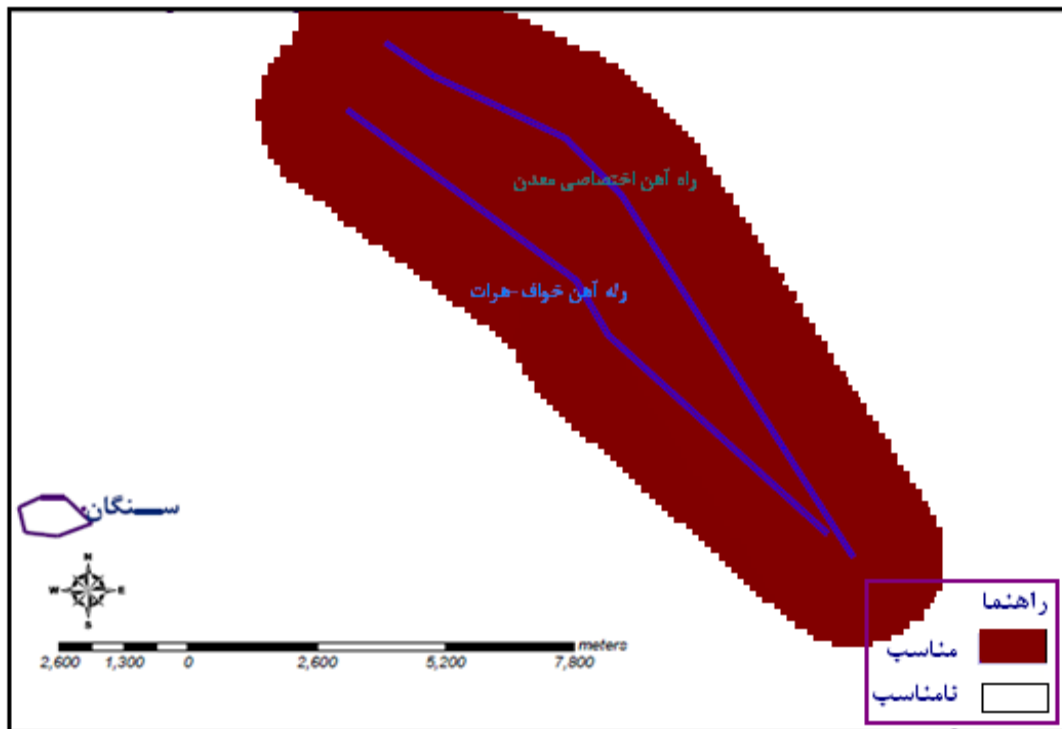
ردیف	معیار	حداکثر فاصله مناسب (کیلومتر)
۱	راه‌های دسترسی	۳
۲	منابع آب	۳/۵
۳	کارخانه فاز ۱	۳ تا ۳/۵
۴	سایت اداری معدن	۵
۵	سد باطله	۵
۶	سنگ شکن	۶

جدول ۵-۲- نحوه امتیاز دهی به معیارها

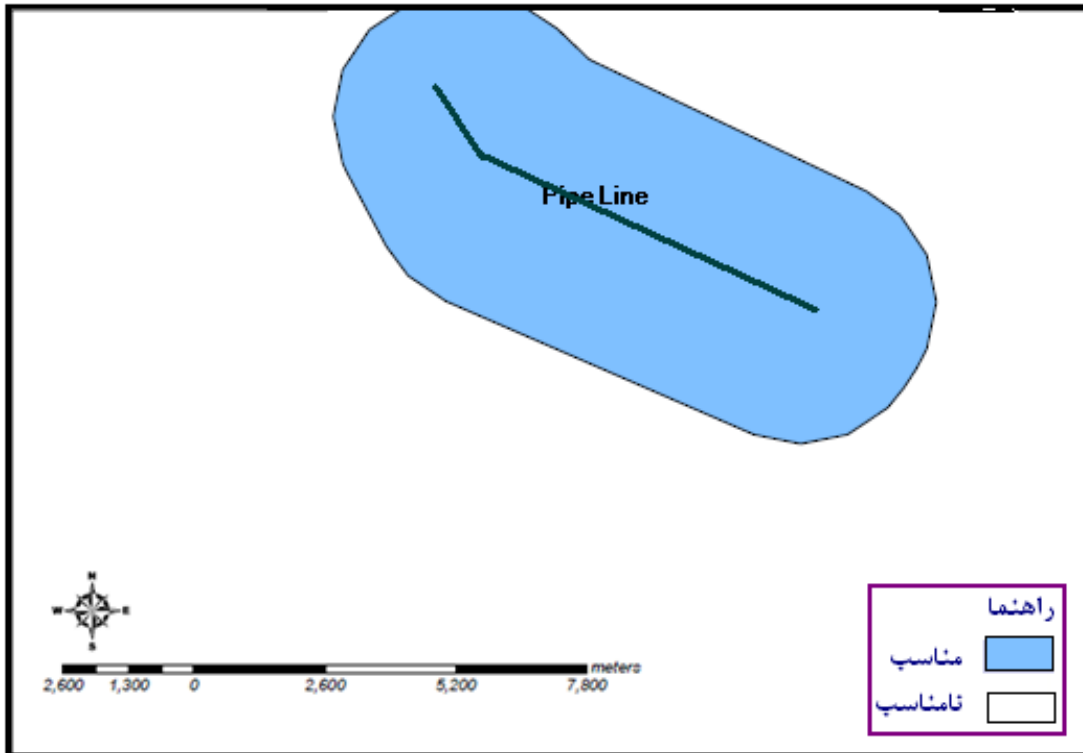
معیارها	امتیاز	مناسب بودن برای کارخانه
مناطق داخل زون‌های بافر	۱	مناسب
مناطق خارج از زون بافر	۰	نامناسب



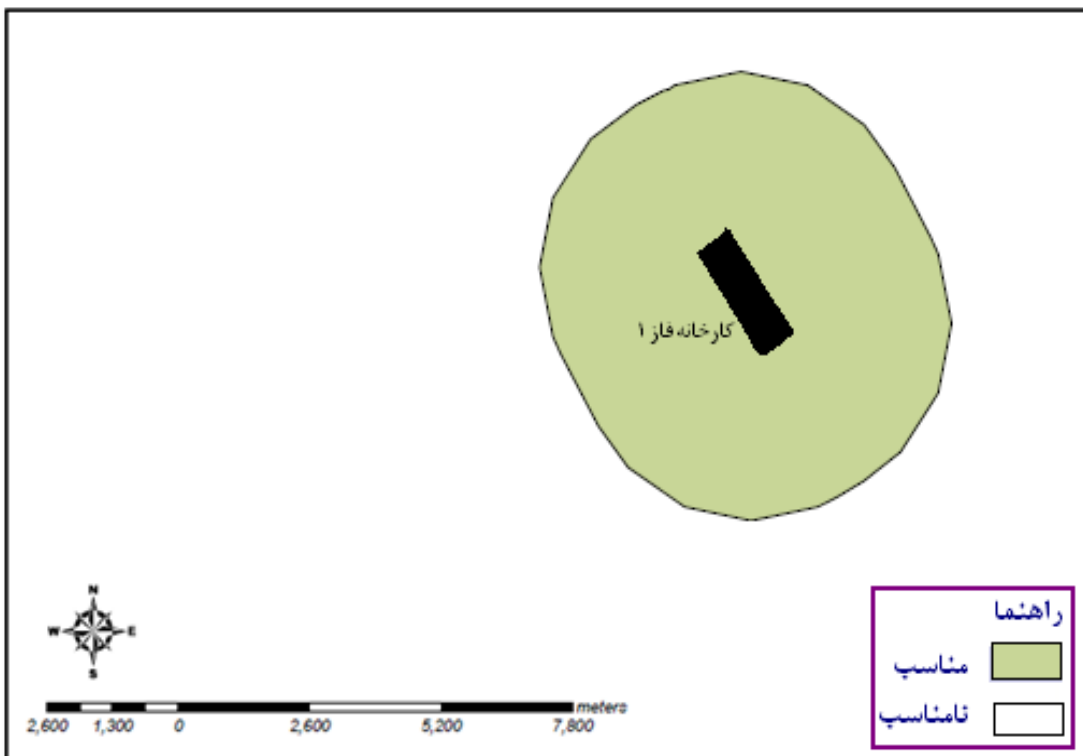
شکل ۵-۱۱- نقشه نشان دهنده نزدیکی به راه‌های منطقه مورد مطالعه



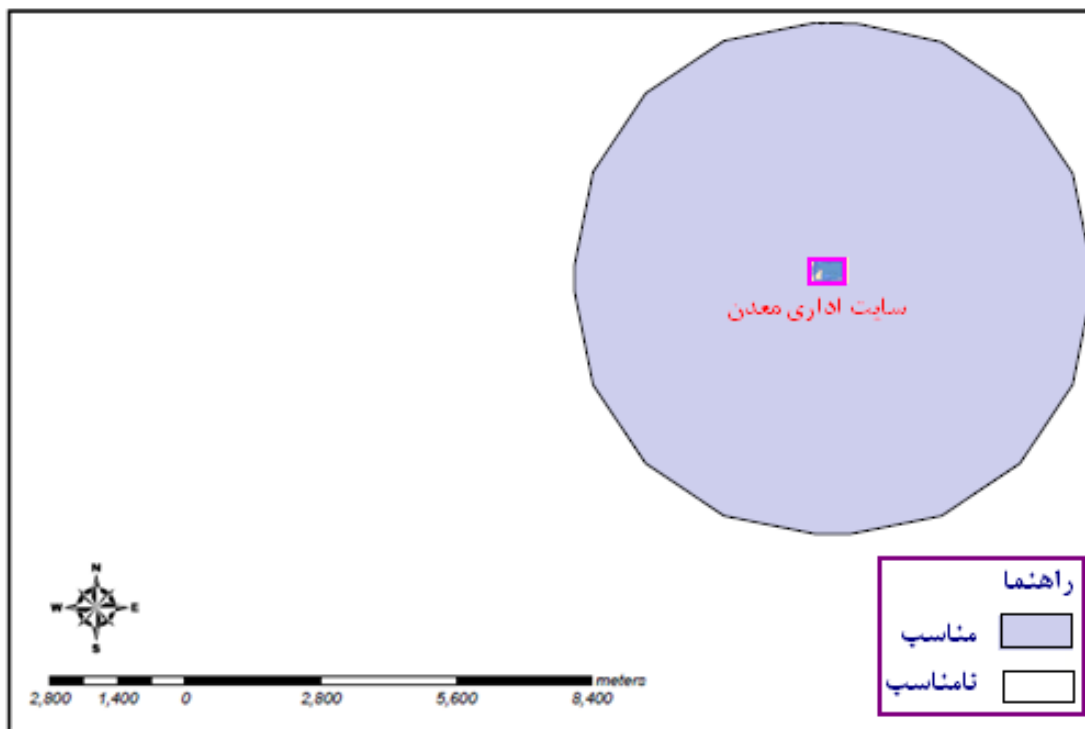
شکل ۵-۱۲- نقشه نشان دهنده نزدیکی به راه‌آهن منطقه مورد مطالعه



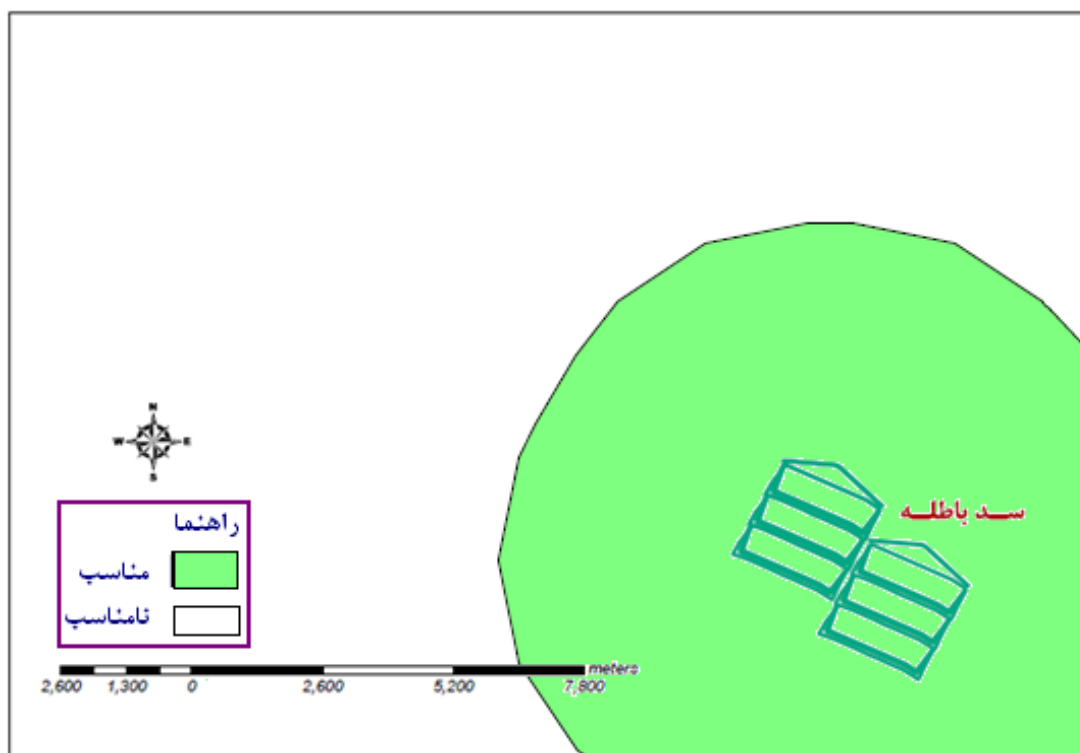
شکل ۵-۱۳- نقشه نشان دهنده نزدیکی به منابع تأمین آب در منطقه مورد مطالعه



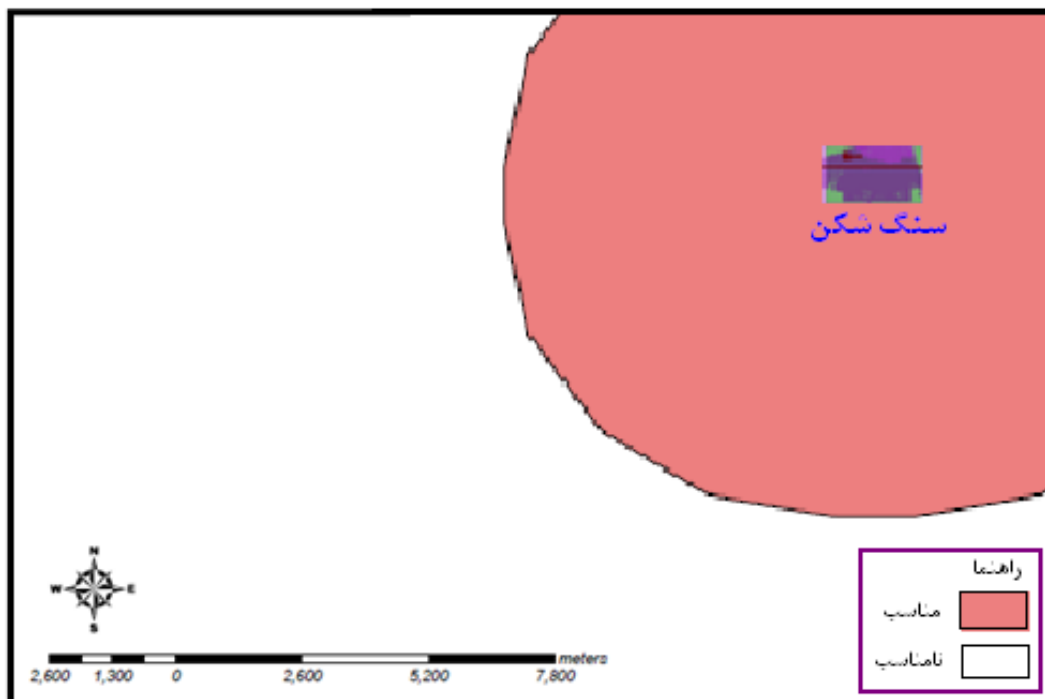
شکل ۵-۱۴- نقشه نشان دهنده نزدیکی به کارخانه فاز ۱



شکل ۵-۱۵- نقشه نشان دهنده نزدیکی به سایت اداری معدن سنگان



شکل ۵-۱۶- نقشه نشان دهنده نزدیکی به سد باطله

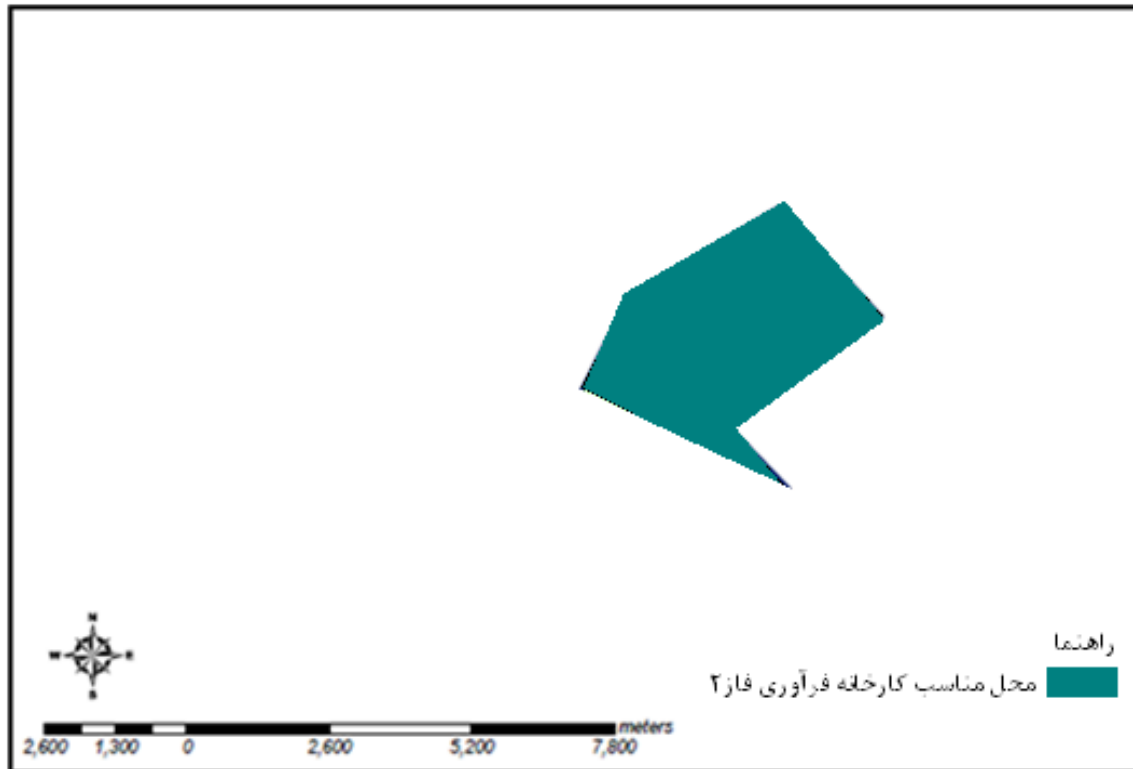


شکل ۵-۱۷- نقشه نشان دهنده نزدیکی به سنگ شکن

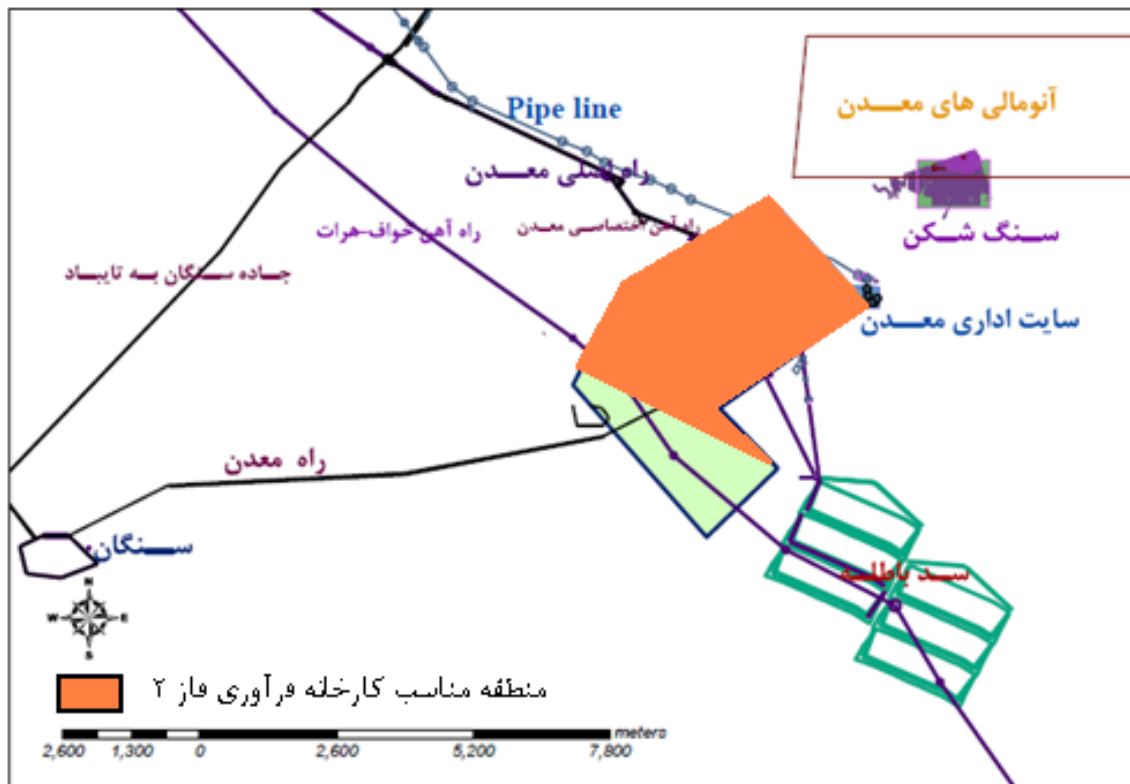
۵-۲-۶- تبدیل اطلاعات به نقشه‌های رستری و تلفیق نقشه‌ها با یکدیگر

در این مرحله لایه‌های بافردار به نقشه‌های رستری^۱ تبدیل می‌شود. برای تهیه Grid از همه لایه‌های اطلاعاتی (لایه‌های بافردار) و لایه زمین‌های تحت مالکیت معدن گزینه‌های Theme، Convert to Grid را یک به یک انتخاب کرده و نقشه رستری هر یک از لایه‌ها تهیه می‌شود. سپس برای تعیین منطقه مناسب کارخانه، این نقشه‌های رستری با هم تلفیق شده تا محل مورد نظر را نشان دهد. برای همپوشانی این لایه‌ها گزینه Analysis، Map Calculator را انتخاب کرده و با استفاده از عملگر AND، نقشه‌های Grid شده با هم تلفیق می‌شوند که نتیجه نهایی آن در شکل (۵-۱۸) نشان داده شده است و موقعیت آن نسبت به سایر لایه‌ها در شکل (۵-۱۹) مشخص شده است که برای تعیین گزینه مناسب برای احداث کارخانه در این محل از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده شده است که در ادامه بیان می‌شود.

۱- Grid



شکل ۵-۱۸- نقشه نشان دهنده منطقه مناسب برای احداث کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان

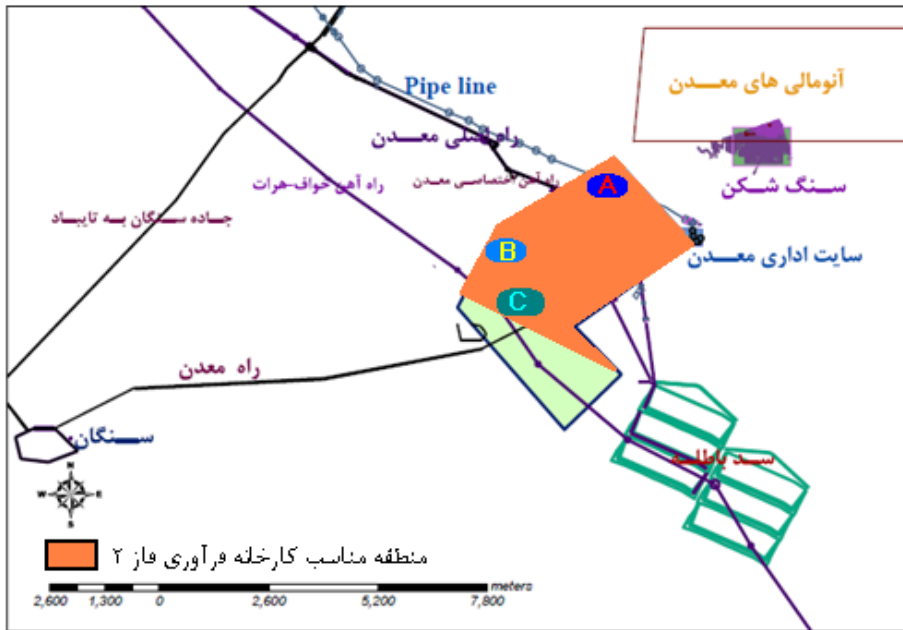


شکل ۵-۱۹- نقشه نشان دهنده منطقه مناسب کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان نسبت به سایر لایه‌ها

۵-۲-۷- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش‌های

تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

پس از تعیین منطقه احداث کارخانه با استفاده از GIS به علت این که منطقه به دست آمده دارای مساحت زیادی حدود ۸۰ هکتار است که برای احداث کارخانه فرآوری معدن سنگان زمینی به مساحت ۲۰ تا ۲۵ هکتار نیاز می‌باشد لذا در این منطقه نمی‌توان محل مناسب کارخانه را به راحتی مشخص کرد و یا در صورت تعیین محل در این منطقه ممکن است نتیجه مطلوب را به دست ندهد لذا برای تعیین محل این کارخانه در منطقه مذکور با بررسی عوامل زیربنائی مؤثر در انتخاب محل احداث کارخانه محل‌های احتمالی برای احداث کارخانه مشخص شد که در شکل ۵-۲۰ نشان داده شده است. این کار با همکاری چند نفر از متخصصان و کارشناسان معدن صورت گرفت. سپس عوامل مختلفی که برای انتخاب محل یک کارخانه مورد نیاز بود، به عنوان معیارهایی در نظر گرفته شد که برای تعیین ضریب اهمیت هر یک از معیارهایی که در ادامه ذکر می‌شود یک پرسش‌نامه مطابق جدول (۵-۳) تهیه و توسط کارشناسان به گزینه‌ها و معیارها امتیاز داده شد و هر یک از گزینه‌ها بر اساس معیار مورد نظر نیز ارزیابی شدند که جدول‌های (۵-۴) و (۵-۵) به ترتیب نشان‌دهنده ارزیابی گزینه‌ها و معیارها توسط کارشناسان معدن سنگان می‌باشد که از چهار کارشناس برای این کار استفاده شده است. انتخاب کارشناسان برای نظردهی بر اساس میزان سابقه کار، تحصیلات و سمت آن‌ها صورت گرفت.



شکل ۵-۲۰- گزینه‌های مناسب برای کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان

جدول ۵-۳- نمونه فرم پرسش‌نامه

موضوع: انتخاب محل سایت کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگ آهن سنگان با تصمیم‌گیری چند معیاره فازی				
نظردهنده:	سمت:	تحصیلات:	میزان سابقه کار:	
دامنه امتیازها برای تعیین ضریب اهمیت معیارها				
الف: اهمیت خیلی زیاد (VH)	ب: اهمیت زیاد (H)	ج: اهمیت متوسط (M)	د: کم اهمیت (L)	ه: بدون اهمیت (VL)
دامنه امتیازها برای تعیین وزن گزینه‌ها بر اساس معیارها				
الف: خیلی خوب (VG)	ب: خوب (G)	ج: متوسط (M)	د: بد (B)	ه: خیلی بد (VB)
ردیف	معیار	گزینه		
		امتیاز (وزن)	A	B
۱	نزدیکی به معدن - کارخانه و سایت اداری			
۲	استفاده از امکانات موجود			
۳	فاصله تا راه آهن			
۴	فاصله تا سد باطله			
۵	استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱			
۶	فاصله تا پست برق			
۷	نزدیکی به راه اصلی معدن			
۸	طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)			
۹	نزدیکی به منابع آب			
۱۰	قرار نداشتن در مسیر باد			
۱۱	دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله			
۱۲	میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین			
۱۳	نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات			
۱۴	مخارج جانبی			
۱۵				

جدول ۵-۴- رتبه‌بندی سه گزینه توسط تصمیم‌گیرندگان

معیار	تصمیم‌گیرنده	A	B	C
C ₁	D ₁	VG	G	B
	D ₂	VG	G	M
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	VG	M
C ₂	D ₁	VG	G	M
	D ₂	VG	VG	G
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	VG	G
C ₃	D ₁	M	VG	B
	D ₂	VG	VG	G
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	G	VG	G
C ₄	D ₁	M	M	M
	D ₂	M	M	M
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	M	VG	VG
C ₅	D ₁	VG	G	B
	D ₂	VG	G	M
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	G	VG	VG
C ₆	D ₁	VG	VG	G
	D ₂	VG	G	G
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	M	VG	G
C ₇	D ₁	G	VG	VG
	D ₂	VG	VG	VG
	D ₃	VG	VG	G
	D ₄	G	VG	VG
C ₈	D ₁	VG	G	M
	D ₂	G	B	B
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	G	M
C ₉	D ₁	VG	G	M
	D ₂	VG	VG	G
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	VG	VG
C ₁₀	D ₁	B	M	M
	D ₂	B	M	M
	D ₃	B	G	VG
	D ₄	M	M	M
C ₁₁	D ₁	VG	VG	M
	D ₂	G	G	G
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	VG	VG
C ₁₂	D ₁	M	VG	VG
	D ₂	G	G	G
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	VG	VG
C ₁₃	D ₁	VB	VB	VB
	D ₂	VG	G	B
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	VG	G
C ₁₄	D ₁	VG	VG	M
	D ₂	G	M	M
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	G	G	G

در این تحقیق برای ارزیابی اهمیت معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از متغیرهای زبانی استفاده شده است

که به ترتیب در جداول (۵-۶) و (۵-۷) بیان شده‌اند.

جدول ۵-۵- ضریب اهمیت معیارها طبق نظر چهار تصمیم‌گیرنده

تصمیم‌گیرنده				توضیح	معیار
D ₄	D ₃	D ₂	D ₁		
H	VH	VH	VH	نزدیکی به معدن - کارخانه و سایت اداری	C ₁
VH	VH	VH	VH	استفاده از امکانات موجود	C ₂
VH	VH	VH	H	فاصله تا راه آهن	C ₃
VH	VH	VH	M	فاصله تا سد باطله	C ₄
VH	VH	VH	VH	استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱	C ₅
VH	VH	VH	H	فاصله تا پست برق	C ₆
VH	VH	VH	H	نزدیکی به راه اصلی معدن	C ₇
H	VH	VH	H	طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)	C ₈
H	VH	VH	M	نزدیکی به منابع آب	C ₉
M	VH	VH	L	قرار نداشتن در مسیر باد	C ₁₀
H	VH	H	M	دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله	C ₁₁
M	VH	VH	H	میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین	C ₁₂
H	VH	VH	L	نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات	C ₁₃
H	VH	VH	L	مخارج جانبی	C ₁₄

جدول ۵-۶- متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها

عدد فازی متناظر	متغیر زبانی
(0 , 0.1 , 0.3)	Very Low (VL)
(0.1 , 0.3 , 0.5)	Low (L)
(0.3 , 0.5 , 0.7)	Medium (M)
(0.5 , 0.7 , 0.9)	High (H)
(0.7 , 0.9 , 1)	Very High (VH)

جدول ۵-۷- متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها

عدد فازی متناظر	متغیر زبانی
(0 , 1 , 3)	Very Bad (VB)
(1 , 3 , 5)	Bad (B)
(3 , 5 , 7)	Medium (M)
(5 , 7 , 9)	Good (G)
(7 , 9 , 10)	Very Good (VG)

۵-۲-۷-۱- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش

شبهات به گزینه ایده آل فازی (FTOPSIS)

برای تعیین محل مناسب کارخانه فرآوری معدن سنگان با استفاده از روش FTOPSIS به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم فازی:

پس از تعریف اعداد فازی برای متغیرهای زبانی نتایج نظر سنجی‌ها برای رتبه‌بندی گزینه‌ها طبق رابطه (۲-۱۰) به صورتی که در جدول (۵-۸) ارائه شده است به دست می‌آید.

جدول ۵-۸- رتبه بندی ترکیبی گزینه‌ها

	A	B	C
C ₁ (+)	(7, 9, 10)	(5, 7.5, 10)	(1, 4, 7)
C ₂ (+)	(7, 9, 10)	(5, 8, 10)	(1, 5.5, 9)
C ₃ (-)	(3, 7.5, 10)	(5, 8.5, 10)	(1, 5, 9)
C ₄ (-)	(3, 6, 10)	(3, 6.5, 10)	(1, 5.5, 10)
C ₅ (+)	(5, 8.5, 10)	(5, 7.5, 10)	(1, 5, 10)
C ₆ (-)	(5, 8.5, 10)	(5, 8, 10)	(1, 6, 9)
C ₇ (+)	(5, 8, 10)	(7, 9, 10)	(5, 8.5, 10)
C ₈ (-)	(5, 8.5, 10)	(1, 6, 9)	(1, 4, 7)
C ₉ (+)	(7, 9, 10)	(5, 8, 10)	(1, 6, 10)
C ₁₀ (+)	(1, 3.5, 7)	(3, 5.5, 9)	(3, 6, 10)
C ₁₁ (+)	(5, 8.5, 10)	(5, 8, 10)	(1, 6, 10)
C ₁₂ (-)	(3, 7, 10)	(5, 8, 10)	(1, 7, 10)
C ₁₃ (+)	(0, 7, 10)	(0, 6, 10)	(0, 3.5, 9)
C ₁₄ (-)	(5, 8, 10)	(3, 7, 10)	(1, 5, 9)

گام ۲: تعیین وزن:

پس از تعریف اعداد فازی برای متغیرهای زبانی نتایج نظر سنجی‌ها برای اهمیت معیارها طبق رابطه (۲-۱۳) به صورتی که در جدول (۵-۹) ارائه شده است به دست می‌آید.

جدول ۵-۹- اهمیت ترکیبی معیارها (وزن معیارها)

وزن	معیار
(0.5,0.85,1)	C ₁ (+)
(0.7,0.9,1)	C ₂ (+)
(0.5,0.85,1)	C ₃ (-)
(0.3,0.8,1)	C ₄ (-)
(0.7,0.9,1)	C ₅ (+)
(0.5,0.85,1)	C ₆ (-)
(0.5,0.8,1)	C ₇ (+)
(0.5,0.8,1)	C ₈ (-)
(0.3,0.75,1)	C ₉ (+)
(0.1,0.65,1)	C ₁₀ (+)
(0.3,0.7,1)	C ₁₁ (+)
(0.3,0.75,1)	C ₁₂ (-)
(0.1,0.7,1)	C ₁₃ (+)
(0.1,0.65,1)	C ₁₄ (-)

گام ۳: نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم:

زمانی که اعضای ماتریس تصمیم اعداد فازی مثلثی باشند برای نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم از

روابط (۲-۱۴) و (۲-۱۶) استفاده می‌شود. نتایج در جدول (۵-۱۰) ارائه شده است.

مثال

$$c_j^+ = 10, r_{A1} = \left(\frac{7}{10}, \frac{9}{10}, \frac{10}{10}\right) = (0.7, 0.9, 1)$$

$$c_j^- = 1, r_{A3} = \left(\frac{1}{10}, \frac{1}{7.5}, \frac{1}{3}\right) = (0.1, 0.1333, 0.3333)$$

جدول ۵-۱۰- ماتریس نرمالیزه شده

	A	B	C
C ₁ (+)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.75,1)	(0.1,0.4,0.7)
C ₂ (+)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.8,1)	(0.1,0.55,0.9)
C ₃ (-)	(0.1,0.1333,0.333)	(0.1,0.118,0.2)	(0.111,0.2,1)
C ₄ (-)	(0.1,0.167,0.333)	(0.1,0.154,0.333)	(0.1,0.182,1)
C ₅ (+)	(0.5,0.85,1)	(0.5,0.75,1)	(0.1,0.5,1)
C ₆ (-)	(0.1,0.118,0.2)	(0.1,0.125,0.2)	(0.111,0.167,1)
C ₇ (+)	(0.5,0.8,1)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.85,1)
C ₈ (-)	(0.1,0.118,0.2)	(0.111,0.167,1)	(0.143,0.25,1)
C ₉ (+)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.8,1)	(0.1,0.6,1)
C ₁₀ (+)	(0.1,0.35,0.7)	(0.3,0.55,0.9)	(0.3,0.6,1)
C ₁₁ (+)	(0.5,0.85,1)	(0.5,0.8,1)	(0.1,0.6,1)
C ₁₂ (-)	(0.1,0.143,0.333)	(0.1,0.125,0.2)	(0.01,0.143,1)
C ₁₃ (+)	(0,0.7,1)	(0,0.6,1)	(0,0.35,0.9)
C ₁₄ (-)	(0.1,0.125,0.2)	(0.1,0.143,0.333)	(0.111,0.2,1)

گام ۴: ضرب ماتریس وزن در ماتریس تصمیم نرمالیز شده :

با توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن دار از ضرب ضریب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس نرمالیز شده فازی طبق روابط (۲-۱۸) تا (۲-۲۱) به صورت جدول (۵-۱۱) به دست می‌آید.

جدول ۵-۱۱- ماتریس نرمالیز شده وزن دار

	A	B	C
C ₁ (+)	(0.35,0.77,1)	(0.25,0.64,1)	(0.05,0.34,0.7)
C ₂ (+)	(0.49,0.81,1)	(0.35,0.72,1)	(0.07,0.5,0.9)
C ₃ (-)	(0.05,0.11,0.33)	(0.05,0.1,0.2)	(0.06,0.17,1)
C ₄ (-)	(0.03,0.13,0.33)	(0.03,0.12,0.33)	(0.03,0.15,1)
C ₅ (+)	(0.35,0.77,1)	(0.35,0.68,1)	(0.07,0.45,1)
C ₆ (-)	(0.05,0.1,0.2)	(0.05,0.11,0.2)	(0.06,0.14,1)
C ₇ (+)	(0.25,0.68,1)	(0.35,0.77,1)	(0.25,0.72,1)
C ₈ (-)	(0.05,0.09,0.2)	(0.06,0.13,1)	(0.07,0.2,1)
C ₉ (+)	(0.21,0.68,1)	(0.15,0.6,1)	(0.03,0.45,1)
C ₁₀ (+)	(0.01,0.23,0.7)	(0.03,0.36,0.9)	(0.03,0.36,1)
C ₁₁ (+)	(0.15,0.6,1)	(0.15,0.56,1)	(0.03,0.42,1)
C ₁₂ (-)	(0.03,0.11,0.33)	(0.03,0.09,0.2)	(0.03,0.11,1)
C ₁₃ (+)	(0,0.49,1)	(0,0.42,1)	(0,0.25,0.9)
C ₁₄ (-)	(0.01,0.08,0.2)	(0.01,0.09,0.33)	(0.01,0.13,1)

گام ۵: تعیین حل ایده‌آل فازی و ضد ایده‌آل فازی:

برای تعیین حل ایده‌آل فازی از رابطه (۲-۲۲) استفاده شده است. از چپ به راست حل ایده‌آل فازی بر اساس معیارهای C₁ تا C₁₄ نشان داده شده است.

$$\mathbf{A}^* = \{(1, 1, 1), (1, 1, 1), (0.05, 0.05, 0.05), (0.03, 0.03, 0.03), (1, 1, 1), (0.05, 0.05, 0.05), (1, 1, 1), (0.05, 0.05, 0.05), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (0.03, 0.03, 0.03), (1, 1, 1), (0.01, 0.01, 0.01)\}$$

برای تعیین حل ضد ایده‌آل فازی از رابطه (۲-۲۳) استفاده شده است. از چپ به راست حل ضد ایده‌آل فازی بر اساس معیارهای C₁ تا C₁₄ نشان داده شده است.

$$\mathbf{A}^- = \{(0.05, 0.05, 0.05), (0.07, 0.07, 0.07), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (0.07, 0.07, 0.07), (1, 1, 1), (0.25, 0.25, 0.25), (1, 1, 1), (0.03, 0.03, 0.03), (0.01, 0.01, 0.01), (0.03, 0.03, 0.03), (1, 1, 1), (0, 0, 0), (1, 1, 1)\}$$

گام ۶: تعیین فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل برای هر گزینه:

فاصله از حل ایده آل برای اعداد فازی مثلثی مثبت و منفی به ترتیب از روابط (۲۶-۲) و (۲۷-۲) محاسبه می شود. جداول (۱۲-۵) و (۱۳-۵) به ترتیب نشان دهنده فاصله از حل ایده آل و حل ضد ایده آل فازی می باشند.

به عنوان مثال برای اعداد فاز مثلثی مثبت داریم:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1}{3}((1 - 0.35)^2 + (1 - 0.77)^2 + (1 - 1)^2)} = 0.4$$

جدول ۵-۱۲- فاصله از حل ایده آل

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	S _i [*]
A	0.4	0.31	0.06	0.19	0.4	0.09	0.47	0.09	0.49	0.75	0.54	0.18	0.65	0.12	4.74
B	0.48	0.41	0.03	0.18	0.42	0.09	0.4	0.55	0.54	0.67	0.55	0.10	0.67	0.19	5.30
C	0.69	0.61	0.53	0.56	0.62	0.55	0.8	0.56	0.64	0.66	0.65	0.56	0.73	0.58	8.74

جدول ۵-۱۳- فاصله از حل ضد ایده آل

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	S _i ⁻
A	0.71	0.73	0.84	0.84	0.69	0.89	0.50	0.89	0.68	0.42	0.65	0.85	0.64	0.91	10.24
B	0.66	0.67	0.89	0.85	0.66	0.88	0.53	0.74	0.65	0.55	0.64	0.89	0.63	0.87	10.11
C	0.41	0.54	0.73	0.75	0.58	0.74	0.51	0.71	0.61	0.61	0.60	0.76	0.64	0.76	8.84

گام ۷: تعیین شاخص شباهت:

$$C_A = \frac{10.24}{10.24 + 4.74} = 0.68$$

$$C_B = \frac{10.11}{10.11 + 5.30} = 0.66$$

$$C_C = \frac{8.84}{8.84 + 8.74} = 0.5$$

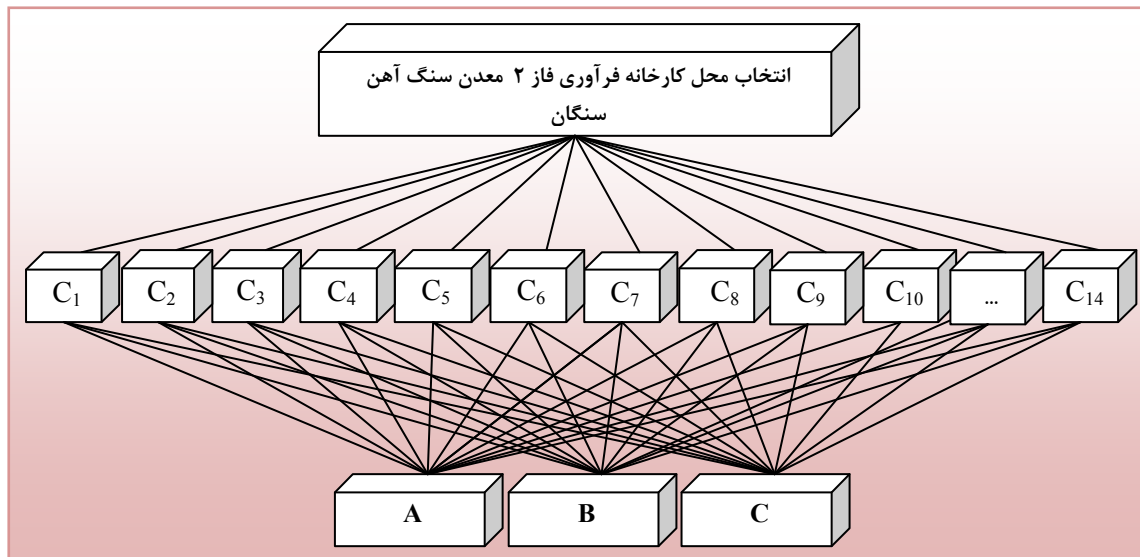
گام ۸: رتبه بندی گزینه ها:

همان طور که در گام قبل مشخص شد گزینه ها به ترتیب A، B و C رتبه بندی می شوند. گزینه A دارای شاخص شباهت بیشتری نسبت به دو گزینه دیگر می باشد لذا به عنوان گزینه مناسب برای انتخاب محل کارخانه فرآوری سنگان می باشد.

۵-۲-۷-۲- تعیین محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان با استفاده از روش

FAHP

انتخاب محل مناسب برای کارخانه فرآوری به صورت یک روند سلسله مراتبی ساخته شده که دارای سه طبقه مختلف است. هدف، معیارها و گزینه‌ها که در شکل (۵-۲۱) نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۱- نمودار تحلیل سلسله مراتبی انتخاب محل کارخانه فرآوری

بعد از این که برای هر معیار با توجه به میزان برتری آن یک عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شد، میزان برتری هر معیار نسبت به معیار دیگر از تقسیم دو عدد فازی مثلثی نسبت به هم بدست می‌آید. هر یک از معیارها به وسیله یک ماتریس مقایسه زوجی نسبت به هم سنجیده می‌شوند و در نهایت وزن نهایی هر معیار مشخص می‌شود، که ماتریس مقایسه زوجی معیارها تشکیل داده شده به صورت جدول (۵-۱۴) خواهد بود

جدول ۵-۱۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارها

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄
C ₁	(اواو)	(۰/۵۰/۹۴و۱/۴۳)	(۰/۱۳و۰/۲۸و۰/۵)	(۰/۰۵و۰/۹۴و۰/۱۳)	(۰/۰۵و۰/۹۴و۱/۴۳)	(۰/۵و۱و۲)	(۰/۵و۱و۲)	(۰/۵و۱/۰۶و۲)	(۰/۵و۱/۱۳و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۳۱و۱۰)	(۰/۵و۱/۲۱و۲/۳۳)	(۰/۵و۱/۱۳و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۲۱و۱۰)	(۰/۵و۱/۳۱و۱۰)
C ₂	(۰/۷و۱/۰۶و۲)	(اواو)	(۰/۱۸و۰/۳و۰/۵)	(۰/۰۷و۰/۱و۰/۱۳)	(۰/۷و۱و۱/۴۳)	(۰/۷و۱/۰۶و۲)	(۰/۷و۱/۰۶و۲)	(۰/۷و۱/۱۳و۲)	(۰/۳۳و۱/۲و۳/۳۳)	(۰/۷و۱/۳۸و۱۰)	(۰/۷و۱/۲۹و۲/۳۳)	(۰/۳۳و۱/۲و۳/۳۳)	(۰/۷و۱/۲۹و۱۰)	(۰/۷و۱/۳۸و۱۰)
C ₃	(۲و۳/۵۳و۸)	(۲و۰/۳۳و۵/۷۱)	(اواو)	(۰/۱۹و۰/۳۳و۰/۵۳)	(۲و۳/۳۳و۵/۷۱)	(۲و۳/۵۳و۸)	(۲و۳/۵۳و۸)	(۲و۳/۷۵و۸)	(۲و۴و۱۳/۳۳)	(۲و۴/۶۲و۴۰)	(۲و۴/۲۹و۱۳/۳۳)	(۲و۴و۱۳/۳۳)	(۲و۴/۲۹و۴۰)	(۲و۴/۶۲و۴۰)
C ₄	(۷/۵و۱۰/۵۹و۲۱)	(۷/۵و۱۰و۱۵)	(۱/۸۸و۳و۵/۲۵)	(اواو)	(۷/۵و۱۰و۱۵)	(۷/۵و۱۰/۵۹و۲۱)	(۷/۵و۱۰/۵۹و۲۱)	(۷/۵و۱۰/۲۵و۲۱)	(۷/۵و۱۲و۳۵)	(۷/۵و۱۳/۸۵و۱۰۵)	(۷/۵و۱۲/۸۶و۳۵)	(۷/۵و۱۲و۳۵)	(۷/۵و۱۲/۸۶و۱۰۵)	(۷/۵و۱۳/۸۵و۱۰۵)
C ₅	(۰/۷و۱/۰۶و۲)	(۰/۷و۱و۱/۴۳)	(۰/۱۸و۰/۳و۰/۵)	(۰/۰۷و۰/۱و۰/۱۳)	(اواو)	(۰/۷و۱/۰۶و۲)	(۰/۷و۱/۰۶و۲)	(۰/۷و۱/۱۳و۲)	(۰/۷و۱/۲و۳/۳۳)	(۰/۷و۱/۳۸و۱۰)	(۰/۷و۱/۲۹و۲/۳۳)	(۰/۷و۱/۲و۳/۳۳)	(۰/۷و۱/۲۹و۱۰)	(۰/۷و۱/۳۸و۱۰)
C ₆	(۰/۵و۱و۲)	(۰/۵و۰/۹۴و۱/۴۳)	(۰/۱۳و۰/۲۸و۰/۵)	(۰/۰۵و۰/۰۹و۰/۱۳)	(۰/۰۵و۰/۹۴و۱/۴۳)	(اواو)	(۰/۵و۱و۲)	(۰/۵و۱/۰۶و۲)	(۰/۵و۱/۱۳و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۳۱و۱۰)	(۰/۵و۱/۲۱و۲/۳۳)	(۰/۵و۱/۱۳و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۲۱و۱۰)	(۰/۵و۱/۳۱و۱۰)
C ₇	(۰/۵و۱و۲)	(۰/۵و۰/۹۴و۱/۴۳)	(۰/۱۳و۰/۲۸و۰/۵)	(۰/۰۵و۰/۰۹و۰/۱۳)	(۰/۰۵و۰/۹۴و۱/۴۳)	(۰/۵و۱و۲)	(اواو)	(۰/۵و۱/۰۶و۲)	(۰/۵و۱/۱۳و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۳۱و۱۰)	(۰/۵و۱/۲۱و۲/۳۳)	(۰/۵و۱/۱۳و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۲۱و۱۰)	(۰/۵و۱/۳۱و۱۰)
C ₈	(۰/۵و۰/۹۴و۲)	(۰/۵و۰/۸۹و۱/۴۳)	(۰/۱۳و۰/۲۷و۰/۵)	(۰/۰۵و۰/۰۹و۰/۱۳)	(۰/۵و۰/۸۹و۱/۴۳)	(۰/۵و۰/۹۴و۲)	(۰/۵و۰/۹۴و۲)	(اواو)	(۰/۵و۱/۰۷و۲/۳۳)	(۰/۵و۱/۲۳و۱۰)	(۰/۵و۱/۱۴و۳/۳۳)	(۰/۵و۱/۰۷و۲/۳۳)	(۰/۵و۱/۱۴و۱۰)	(۰/۵و۱/۲۳و۱۰)
C ₉	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۸۳و۱/۴۳)	(۰/۰۸و۰/۲۵و۰/۵)	(۰/۰۵و۰/۰۸و۰/۱۳)	(۰/۳و۰/۸۳و۱/۴۳)	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۹۴و۲)	(اواو)	(۰/۳و۱/۱۵و۱۰)	(۰/۳و۱/۰۷و۲/۳۳)	(۰/۳و۱و۳/۳۳)	(۰/۳و۱/۰۷و۱۰)	(۰/۳و۱/۱۵و۱۰)
C ₁₀	(۰/۱و۰/۷۶و۲)	(۰/۱و۰/۷۲و۱/۴۳)	(۰/۰۳و۰/۲۲و۰/۵)	(۰/۰۱و۰/۰۷و۰/۱۳)	(۰/۱و۰/۷۲و۱/۴۳)	(۰/۱و۰/۷۶و۲)	(۰/۱و۰/۷۶و۲)	(۰/۱و۰/۸۱و۲)	(۰/۱و۰/۸۷و۳/۳۳)	(اواو)	(۰/۱و۰/۹۳و۳/۳۳)	(۰/۱و۰/۸۷و۳/۳۳)	(۰/۱و۰/۹۳و۱۰)	(۰/۱و۱و۱۰)
C ₁₁	(۰/۳و۰/۸۲و۲)	(۰/۳و۰/۷۸و۱/۴۳)	(۰/۰۸و۰/۲۳و۰/۵)	(۰/۰۳و۰/۰۸و۰/۱۳)	(۰/۳و۰/۷۸و۱/۴۳)	(۰/۳و۰/۸۲و۲)	(۰/۳و۰/۸۲و۲)	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۹۳و۳/۳۳)	(۰/۳و۱/۰۵و۱۰)	(اواو)	(۰/۳و۰/۹۳و۳/۳۳)	(۰/۳و۱و۱۰)	(۰/۳و۱/۰۸و۱۰)
C ₁₂	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۸۳و۱/۴۳)	(۰/۰۸و۰/۲۵و۰/۵)	(۰/۰۳و۰/۰۸و۰/۱۳)	(۰/۳و۰/۸۳و۱/۴۳)	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۸۸و۲)	(۰/۳و۰/۹۴و۲)	(۰/۳و۱و۳/۳۳)	(۰/۳و۱/۱۵و۱۰)	(۰/۳و۱/۰۷و۲/۳۳)	(اواو)	(۰/۳و۱/۰۷و۱۰)	(۰/۳و۱/۱۵و۱۰)
C ₁₃	(۰/۱و۰/۸۲و۲)	(۰/۱و۰/۷۲و۱/۴۳)	(۰/۰۳و۰/۲۳و۰/۵)	(۰/۰۱و۰/۰۸و۰/۱۳)	(۰/۱و۰/۷۸و۱/۴۳)	(۰/۱و۰/۸۲و۲)	(۰/۱و۰/۸۲و۲)	(۰/۱و۰/۸۲و۲)	(۰/۱و۰/۹۳و۳/۳۳)	(۰/۱و۱/۰۸و۱۰)	(۰/۱و۰/۹۳و۳/۳۳)	(۰/۱و۰/۹۳و۳/۳۳)	(اواو)	(۰/۱و۱/۰۸و۱۰)
C ₁₄	(۰/۱و۰/۷۶و۲)	(۰/۱و۰/۷۲و۱/۴۳)	(۰/۰۳و۰/۲۲و۰/۵)	(۰/۰۱و۰/۰۷و۰/۱۳)	(۰/۱و۰/۷۲و۱/۴۳)	(۰/۱و۰/۷۶و۲)	(۰/۱و۰/۷۶و۲)	(۰/۱و۰/۸۱و۲)	(۰/۱و۰/۸۷و۳/۳۳)	(۰/۱و۱و۱۰)	(۰/۱و۰/۹۳و۳/۳۳)	(۰/۱و۰/۸۷و۳/۳۳)	(۰/۱و۰/۹۳و۱۰)	(اواو)

بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، برای محاسبه مقدار S_i ها ابتدا باید مقادیر $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ که عبارت

است از مجموع اعداد هر سطر، محاسبه شود، که به عنوان مثال برای سطر اول این مقدار برابر با (۵۰/۴۹ و ۱۴/۴۹ و ۶/۱۷) خواهد بود و سایر مقادیر در جدول (۵-۱۵) نشان داده شده است. سپس

مقادیر $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]$ که عبارت است از مجموعه اعداد کل داخل ماتریس، محاسبه می‌شود که مقدار

آن برای ماتریس مقایسه زوجی معیارها برابر (۱۳۲۴/۲۴ و ۳۴۳/۴۵ و ۱۶۷/۲۵۴) است. سپس مقدار

معکوس مجموعه اعداد کل داخل ماتریس که برابر است با: (۰/۰۰۵۹۸ و ۰/۰۰۲۹۱ و ۰/۰۰۰۷۶) را در

مجموع اعداد هر سطر ضرب فازی می‌کنیم.

جدول ۵-۱۵- مجموع اعداد هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

مجموع اعداد هر سطر	معیار
(۶/۱۷ و ۱۴/۴۹ و ۵۰/۴۹)	C ₁
(۸/۲۴ و ۱۴/۴۴ و ۵۱/۰۶)	C ₂
(۲۳/۱۹ و ۴۸/۱۴ و ۲۰۴/۹۶)	C ₃
(۸۵/۳۸ و ۱۴۴/۴۲ و ۵۴۰/۲۵)	C ₄
(۸/۲۴ و ۱۴/۴۴ و ۵۱/۰۶)	C ₅
(۶/۱۷ و ۱۳/۶۴ و ۵۰/۴۹)	C ₆
(۶/۱۷ و ۱۳/۶۴ و ۵۰/۴۹)	C ₇
(۶/۱۷ و ۱۲/۸۴ و ۵۰/۴۹)	C ₈
(۴/۱ و ۱۲/۰۴ و ۴۹/۱۶)	C ₉
(۲/۰۳ و ۱۰/۴۳ و ۴۲/۴۹)	C ₁₀
(۴/۱ و ۱۲/۰۴ و ۴۹/۱۶)	C ₁₁
(۴/۱ و ۱۲/۰۴ و ۴۹/۱۶)	C ₁₂
(۲/۰۳ و ۱۱/۲۳ و ۴۲/۴۹)	C ₁₃
(۱/۱۳ و ۱۰/۴۳ و ۴۲/۴۹)	C ₁₄

در نهایت مقادیر S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی طبق فرمول (۲-۳۱) به شرح زیر خواهند بود:

$$S_{c_1} = (6.17, 14.49, 50.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.005, 0.042, 0.302)$$

$$S_{c_2} = (8.24, 14.44, 51.06) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.006, 0.042, 0.305)$$

$$S_{c_3} = (23.19, 48.14, 204.969) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.018, 0.14, 1.225)$$

$$S_{c_4} = (85.38, 144.42, 540.25) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.064, 0.421, 3.23)$$

$$S_{c_5} = (8.24, 14.44, 51.06) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.006, 0.042, 0.305)$$

$$S_{c_6} = (6.17, 13.64, 50.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.005, 0.04, 0.302)$$

$$\begin{aligned}
S_{c_7} &= (6.17, 13.64, 50.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.005, 0.042, 0.302) \\
S_{c_8} &= (6.17, 12.84, 50.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.005, 0.037, 0.302) \\
S_{c_9} &= (4.1, 12.04, 49.16) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.003, 0.035, 0.302) \\
S_{c_{10}} &= (2.03, 10.43, 42.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.002, 0.03, 0.254) \\
S_{c_{11}} &= (4.1, 11.23, 49.16) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.003, 0.033, 0.294) \\
S_{c_{12}} &= (4.1, 12.04, 49.16) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.003, 0.035, 0.294) \\
S_{c_{13}} &= (2.03, 11.23, 42.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.002, 0.033, 0.254) \\
S_{c_{14}} &= (1.13, 10.43, 42.49) \otimes (0.00076, 0.00291, 0.00598) = (0.001, 0.03, 0.254)
\end{aligned}$$

برای محاسبه درجه بزرگی عدد فازی $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ نسبت به عدد فازی $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ از رابطه (۳۴-۲) استفاده شده است برای مثال برای محاسبه $V(S_{c_1} \geq S_{c_3})$ دو مقدار $S_{c_1} = (0.005, 0.042, 0.302)$ و $S_{c_3} = (0.018, 0.14, 1.225)$ را در نظر گرفته، همان طور که مشاهده می شود دو شرط اولیه رابطه (۳۴-۲) برقرار نیستند و در نتیجه مقدار $V(S_{c_1} \geq S_{c_3})$ از شرط سوم به صورت زیر محاسبه می شود.

$$V(S_{c_1} \geq S_{c_3}) = \frac{0.018 - 0.302}{(0.042 - 0.302) - (0.14 - 0.018)} = 0.75$$

به همین ترتیب سایر درجه بزرگی مقادیر S_i به طور مشابه محاسبه می شوند که به شرح زیر خواهد

بود:

$V(S_{c_1} \geq S_{c_2}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_1}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_1}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_1}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_3}) = 0.74$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_3}) = 0.75$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_2}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_2}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_4}) = 0.39$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_4}) = 0.39$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_4}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_3}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_5}) = 0.1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_5}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_5}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_5}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_6}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_6}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_6}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_6}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_7}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_8}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_9}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_{10}}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_{11}}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_{12}}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_{13}}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_{14}}) = 1$

$V(S_{c_5} \geq S_{c_1}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_1}) = 0.99$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_1}) = 0.99$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_1}) = 0.98$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_2}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_2}) = 0.99$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_2}) = 0.99$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_2}) = 0.98$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_3}) = 0.75$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_3}) = 0.74$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_3}) = 0.74$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_3}) = 0.73$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_4}) = 0.39$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_4}) = 0.38$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_4}) = 0.38$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_4}) = 0.38$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_6}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_5}) = 0.99$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_5}) = 0.99$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_5}) = 0.98$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_6}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_6}) = 0.99$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_7}) = 0.99$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_9}) = 1$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_{10}}) = 1$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_{11}}) = 1$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_{12}}) = 1$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_{13}}) = 1$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_{14}}) = 1$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_1}) = 0.98$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_1}) = 0.95$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_1}) = 0.97$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_1}) = 0.98$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_2}) = 0.98$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_2}) = 0.95$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_2}) = 0.97$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_2}) = 0.98$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_3}) = 0.72$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_3}) = 0.68$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_3}) = 0.72$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_3}) = 0.72$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_4}) = 0.37$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_4}) = 0.33$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_4}) = 0.37$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_4}) = 0.37$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_5}) = 0.98$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_5}) = 0.95$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_5}) = 0.97$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_5}) = 0.98$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_6}) = 0.98$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_6}) = 0.96$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_6}) = 0.98$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_6}) = 0.98$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_7}) = 0.98$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_7}) = 0.96$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_7}) = 0.98$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_7}) = 0.98$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_8}) = 0.99$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_8}) = 0.97$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_8}) = 0.98$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_8}) = 0.99$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_9}) = 0.98$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_9}) = 0.99$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_9}) = 1$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_{11}}) = 1$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_{11}}) = 0.99$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_{10}}) = 1$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_{12}}) = 1$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_{12}}) = 0.98$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_{12}}) = 0.99$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_{11}}) = 1$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_{13}}) = 0.99$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_{13}}) = 1$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_{13}}) = 1$
$V(S_{c_9} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_{10}} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_{11}} \geq S_{c_{14}}) = 1$	$V(S_{c_{12}} \geq S_{c_{14}}) = 1$
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_1}) = 0.96$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_1}) = 0.95$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_2}) = 0.96$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_2}) = 0.95$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_3}) = 0.69$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_3}) = 0.68$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_4}) = 0.33$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_4}) = 0.33$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_5}) = 0.96$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_5}) = 0.95$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_6}) = 0.97$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_6}) = 0.96$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_7}) = 0.97$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_7}) = 0.96$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_8}) = 0.99$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_8}) = 0.97$		
$V(S_{c_{13}} \geq S_{c_9}) = 0.93$	$V(S_{c_{14}} \geq S_{c_9}) = 0.98$		

$$\begin{aligned}
V(S_{c_{13}} \geq S_{c_{10}}) &= 1 & V(S_{c_{14}} \geq S_{c_{10}}) &= 1 \\
V(S_{c_{13}} \geq S_{c_{11}}) &= 1 & V(S_{c_{14}} \geq S_{c_{11}}) &= 0.99 \\
V(S_{c_{13}} \geq S_{c_{12}}) &= 0.99 & V(S_{c_{14}} \geq S_{c_{12}}) &= 0.98 \\
V(S_{c_{13}} \geq S_{c_{14}}) &= 1 & V(S_{c_{14}} \geq S_{c_{14}}) &= 0.99
\end{aligned}$$

سپس با توجه به فرمول (۲-۳۶) وزن‌های دارای تقدم به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$d'(C_1) = \min(1, 0.75, 0.39, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 0.39$$

مثال:

$$d'(C_1) = 0.39$$

$$d'(C_8) = 0.38$$

$$d'(C_2) = 0.39$$

$$d'(C_9) = 0.37$$

$$d'(C_3) = 1$$

$$d'(C_{10}) = 0.33$$

$$d'(C_4) = 1$$

$$d'(C_{11}) = 0.37$$

$$d'(C_5) = 0.39$$

$$d'(C_{12}) = 0.37$$

$$d'(C_6) = 0.38$$

$$d'(C_{13}) = 0.33$$

$$d'(C_7) = 0.38$$

$$d'(C_{14}) = 0.33$$

و در نهایت وزن نرمال شده معیارها در ماتریس‌های مقایسه زوجی محاسبه شده که نتایج در جدول

(۵-۱۶) درج شده است.

جدول ۵-۱۶- وزن نهایی معیارها

معیارها	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
نزدیکی به معدن- کارخانه و سایت اداری	0.39	0.032
استفاده از امکانات موجود	0.39	0.032
فاصله تا راه آهن	1.00	0.083
فاصله تا سد باطله	1.00	0.083
استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱	1.00	0.083
فاصله تا پست برق	1.00	0.083
نزدیکی به راه اصلی معدن	1.00	0.083
طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)	1.00	0.083
نزدیکی به منابع آب	1.00	0.083
قرار نداشتن در مسیر باد	1.00	0.083
دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله	1.00	0.083
میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین	1.00	0.083
نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات	1.00	0.083
مخارج جانبی	0.33	0.027

به همین ترتیب برای گزینه‌های موجود ماتریس‌های مقایسه زوجی تشکیل داده می‌شود و ۳ گزینه کاندید با توجه به معیارهای موجود نسبت به هم مقایسه می‌شوند که نتایج آن در جداول (۵-۱۷) تا (۵-۳۰) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۷- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن- کارخانه و سایت اداری

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۱و۱/۸و۳/۳)	(۱و۲/۲۵و۱۰)
B	(۰/۳و۰/۶و۱)	(۱و۱)	(۰/۴و۱/۲۵و۷)
C	(۰/۱و۰/۴و۱)	(۰/۱۴و۰/۸و۲/۳)	(۱و۱)

جدول ۵-۱۸- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات موجود

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۱و۲و۳/۳)	(۰/۲و۳و۱۰)
B	(۰/۳و۰/۵و۱)	(۱و۱)	(۰/۱و۱/۵و۷)
C	(۰/۱و۰/۳و۶/۴)	(۰/۱۴و۰/۷و۱۵)	(۱و۱)

جدول ۵-۱۹- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا راه آهن

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۳و۰/۹و۲)	(۰/۴و۱/۵و۳/۳)
B	(۰/۵و۱/۱و۳/۳)	(۱و۱)	(۰/۷و۱/۷و۳/۳)
C	(۰/۳و۰/۷و۲/۳)	(۰/۳و۰/۶و۱/۴)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۰- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا سد باطله

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۴و۱/۳و۳/۳)	(۰/۳و۱/۰۹و۱۰)
B	(۰/۲و۰/۵۵و۳)	(۱و۱)	(۰/۳و۰/۸۲و۷)
C	(۰/۱و۰/۹و۳/۳)	(۰/۱و۱/۲۲و۳/۳)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۱- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار استفاده از تأسیسات زیربنایی

کارخانه فاز ۱

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۷۱۴و۱/۹و۱۰)	(۱و۲/۸و۱۰)
B	(۰/۱و۰/۵۳و۱/۴)	(۱و۱)	(۰/۲و۱/۵و۷)
C	(۰/۱و۰/۳۵و۱)	(۱و۰/۱۴و۵)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۲- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا پست برق

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۵۶و۱/۲و۲)	(۰/۶و۱/۴و۱۰)
B	(۰/۵و۰/۸۲و۱/۸)	(۱و۱)	(۰/۶و۱/۲و۹)
C	(۰/۱و۰/۷۱و۱/۸)	(۰/۱۱و۰/۹و۲)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۳- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۷۱و۱/۶و۳/۳۳)	(۱و۲/۳و۱۰)
B	(۰/۳و۰/۶و۱/۴)	(۱و۱)	(۱و۱/۴و۷)
C	(۰/۱و۰/۴و۱)	(۰/۱۴و۰/۷و۱/۶۷)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۴- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار طول نوارنقاله (فاصله از

سنگ‌شکن)

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۷و۱/۹و۳/۳)	(۱و۲/۱و۱۰)
B	(۰/۳و۰/۵۳و۱)	(۱و۱)	(۰/۶و۱/۱و۷)
C	(۰/۱و۰/۴۷و۱)	(۰/۱و۰/۹و۱/۷)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۵- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۸و۱/۳و۲)	(۱/۴و۳و۱۰)
B	(۰/۵و۰/۷۸و۱)	(۱و۱)	(۱و۲/۳و۹)
C	(۰/۱۱و۰/۱۴و۰/۲)	(۰/۱و۰/۱و۰/۴)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۶- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۲و۷)	(۰/۱و۲/۳)
B	(۰/۱و۵)	(۱و۱)	(۰/۱و۱/۷)
C	(۰/۴و۱/۴و۷)	(۰/۶و۱/۴و۷)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۷- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۱و۲/۸و۱۰)	(۱و۲/۸و۱۰)
B	(۰/۱و۰/۴و۱)	(۱و۱)	(۰/۲و۱/۵)
C	(۰/۱و۰/۴و۱)	(۰/۲و۱/۵)	(۱و۱)

جدول ۵-۲۸- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۳۳و۱/۱و۲)	(۰/۴و۱/۶و۱۰)
B	(۰/۵و۰/۹و۳)	(۱و۱)	(۰/۷و۱/۴و۹)
C	(۰/۱و۰/۶و۲/۳)	(۰/۱و۰/۷و۱/۴)	(۱و۱)

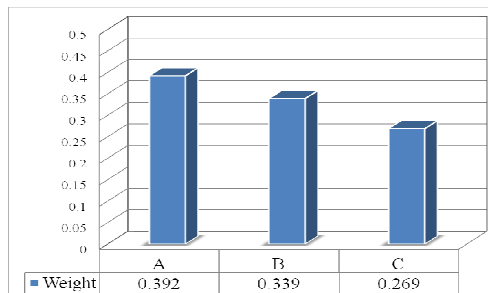
جدول ۵-۲۹- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۱و۱/۶و۱۰)	(۰/۲و۲و۱۰)
B	(۰/۱و۰/۶و۷)	(۱و۱)	(۰/۲و۱/۳و۷)
C	(۰/۱و۰/۵و۵)	(۰/۱و۰/۵و۵)	(۱و۱)

جدول ۵-۳۰- ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار مخارج جانبی

	A	B	C
A	(۱و۱)	(۰/۶و۱/۱و۳/۳)	(۰/۷و۱/۶و۱۰)
B	(۰/۳و۰/۹و۱/۸)	(۱و۱)	(۰/۴و۱/۴و۹)
C	(۰/۱و۰/۶و۱/۴)	(۰/۱و۰/۷و۲/۳)	(۱و۱)

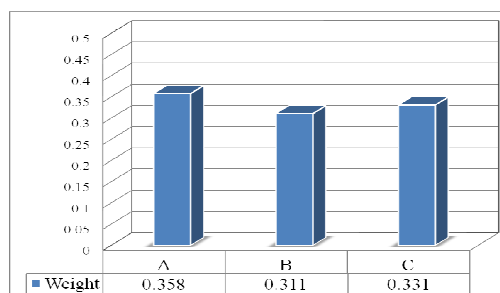
در ادامه وزن نهایی هر گزینه نسبت به هر معیار را محاسبه کرده که نتیجه نهایی در جدول (۵-۳۱) تا (۵-۴۴) نشان داده شده است. همچنین شکل‌های (۵-۲۲) تا (۵-۳۵) نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها را نسبت به هر معیار نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۲: نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن - کارخانه و سایت اداری

جدول ۵-۳۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن - کارخانه و سایت اداری

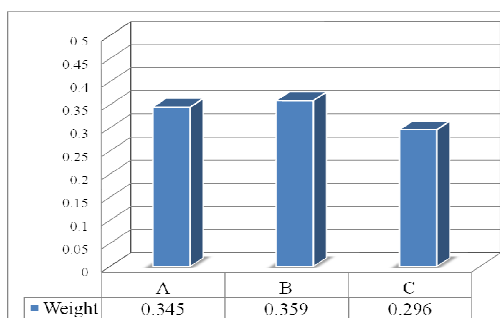
گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال
A	1.00	0.392
B	0.87	0.339
C	0.69	0.269



شکل ۵-۲۳: نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات موجود

جدول ۵-۳۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات موجود

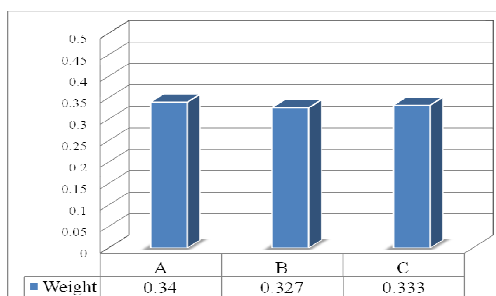
گزینه	وزن نرمال	وزن نرمال
A	1.00	0.358
B	0.87	0.311
C	0.93	0.331



شکل ۵-۲۴: نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا راه آهن

جدول ۵-۳۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا راه آهن

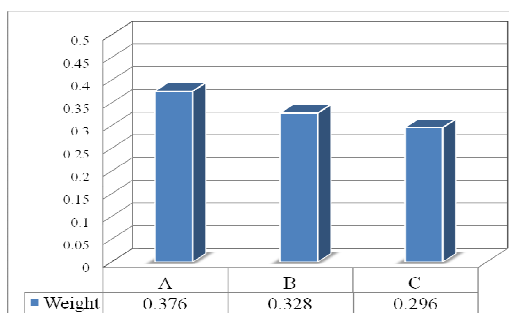
گزینه‌ها	وزن نرمال	وزن نرمال
A	0.96	0.345
B	1.00	0.359
C	0.82	0.296



شکل ۵-۲۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا سد باطله

جدول ۵-۳۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا سد باطله

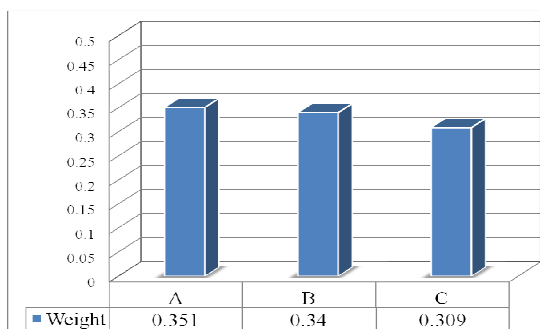
گزینه	وزن نرمال شده	وزن نرمال
A	0.340	1.00
B	0.327	0.96
C	0.333	0.98



شکل ۵-۲۶- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱

جدول ۵-۳۵- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱

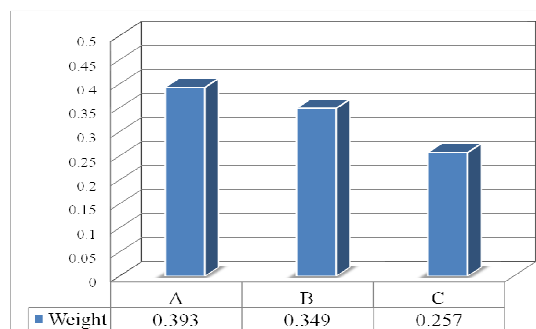
گزینه	وزن نرمال شده	وزن نرمال
A	0.376	1.00
B	0.328	0.87
C	0.296	0.79



شکل ۵-۲۷- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا پست برق

جدول ۵-۳۶- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا پست برق

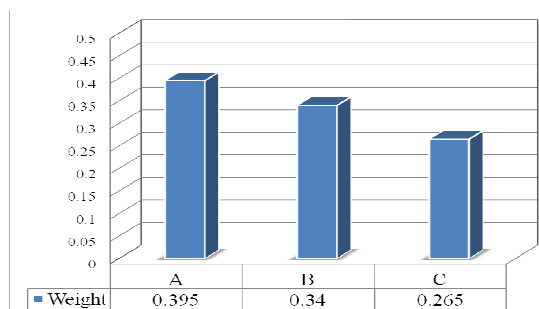
گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1.00	0.351
B	0.97	0.340
C	0.88	0.309



شکل ۵-۲۸- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

جدول ۵-۳۷- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

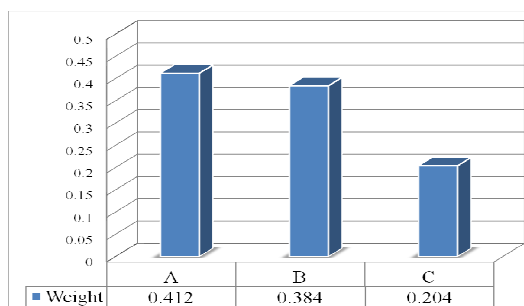
گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1.00	0.393
B	0.89	0.349
C	0.65	0.257



شکل ۵-۲۹- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)

جدول ۵-۳۸- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)

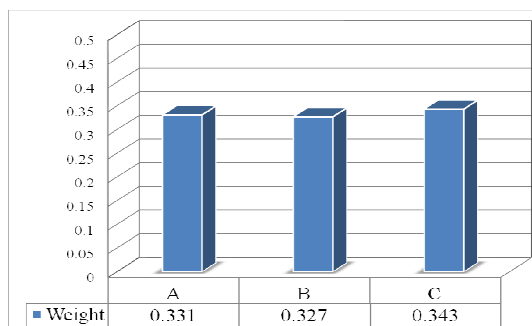
گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1.00	0.395
B	0.86	0.340
C	0.67	0.265



شکل ۵-۳۰- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب

جدول ۵-۳۹- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب

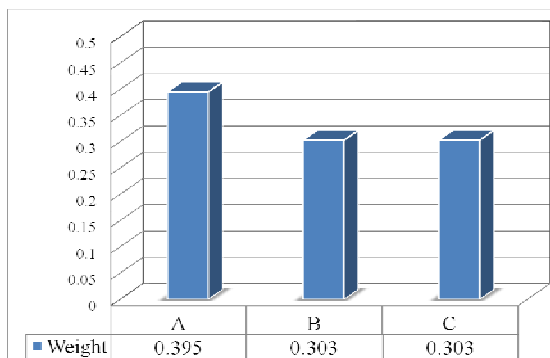
گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1.00	0.412
B	0.93	0.384
C	0.50	0.204



شکل ۵-۳۱- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد

جدول ۵-۴۰- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد

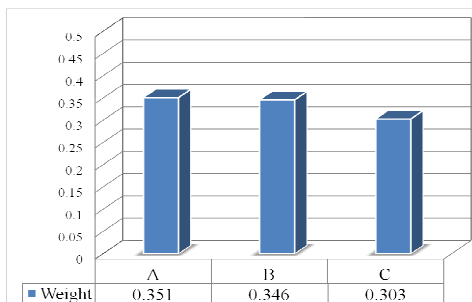
گزینه	وزن نرمال	وزن نرمال شده
A	0.96	0.331
B	0.95	0.327
C	1.00	0.343



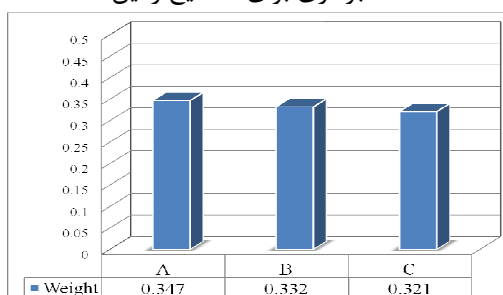
شکل ۵-۳۲- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله

جدول ۵-۴۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله

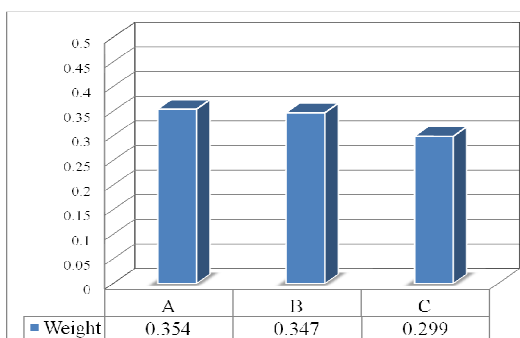
گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال
A	1.00	0.395
B	0.77	0.303
C	0.77	0.303



شکل ۵-۳۳- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین



شکل ۵-۳۴- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات



شکل ۵-۳۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی

جدول ۵-۴۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین

گزینه	وزن نرمال	وزن نرمال
A	1.00	0.351
B	0.98	0.346
C	0.86	0.303

جدول ۵-۴۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به کارگاه‌ها و امکانات

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1.00	0.347
B	0.96	0.332
C	0.92	0.321

جدول ۵-۴۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1.00	0.354
B	0.98	0.347
C	0.85	0.299

امتیاز نهایی هر گزینه از جمع حاصل ضرب وزن نهایی معیارها در وزن نهایی هر گزینه نسبت به هر معیار به صورت زیر به دست می‌آید:

$$W_A = (0.032 \times 0.392) + (0.032 \times 0.358) + (0.083 \times 0.345) + (0.083 \times 0.4) + (0.083 \times 0.376) + (0.083 \times 0.351) + (0.083 \times 0.393) + (0.083 \times 0.395) + (0.083 \times 0.412) + (0.083 \times 0.331) + (0.083 \times 0.395) + (0.083 \times 0.351) + (0.083 \times 0.347) + (0.027 \times 0.354) = 0.39$$

$$W_B = (0.032 \times 0.3339) + (0.032 \times 0.311) + (0.083 \times 0.359) + (0.083 \times 0.0.36) + (0.083 \times 0.327) \\ + (0.083 \times 0.340) + (0.083 \times 0.349) + (0.083 \times 0.340) + (0.083 \times 0.384) + (0.083 \times 0.327) \\ + (0.083 \times 0.340) + (0.083 \times 0.303) + (0.083 \times 0.332) + (0.027 \times 0.347) = 0.33$$

$$W_c = (0.032 \times 0.269) + (0.032 \times 0.331) + (0.083 \times 0.296) + (0.083 \times 0.333) + (0.083 \times 0.296) \\ + (0.083 \times 0.309) + (0.083 \times 0.257) + (0.083 \times 0.265) + (0.083 \times 0.204) + (0.083 \times 0.343) \\ + (0.083 \times 0.303) + (0.083 \times 0.303) + (0.083 \times 0.321) + (0.027 \times 0.299) = 0.29$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود گزینه A دارای بیشترین امتیاز و در نتیجه به عنوان محل احداث کارخانه انتخاب می‌شود.

۳-۵- انتخاب محل سد باطله معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از روش FAHP

برای تعیین گزینه برتر از بین دو گزینه پیشنهادی برای سد باطله که در فصل ۴ تشریح شد از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده می‌شود. در این روش عناصر ماتریس تصمیم‌گیری توسط متغیرهای زبانی که توسط اعداد فازی طبق جدول (۵-۴۵) ارائه شده‌اند تعریف می‌گردند. جدول (۵-۴۶) نشان دهنده معیارهای تصمیم‌گیری و وزن در نظر گرفته شده برای هر معیار می‌باشد که وزن‌های در نظر گرفته شده برای هر معیار با استفاده از نظر کارشناسان معدن سنگان و بررسی‌های صورت گرفته انجام شد.

جدول ۵-۴۵- متغیرهای زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها

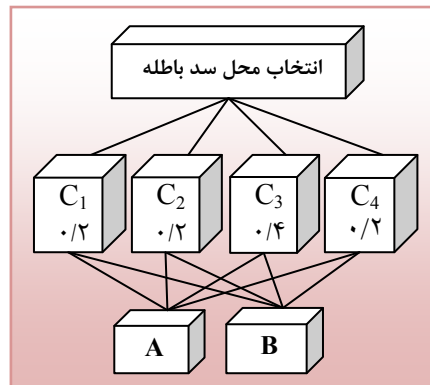
متغیر زبانی	عدد فازی متناظر
ترجیح یکسان	(۰ و ۱ و ۳)
کمی ترجیح	(۱ و ۳ و ۵)
متوسط	(۳ و ۵ و ۷)
زیاد	(۵ و ۷ و ۹)
خیلی زیاد	(۷ و ۹ و ۱۰)

جدول ۵-۴۶- معیارهای مورد نظر برای انتخاب محل سد باطله

معیار	توضیحات	وزن
C_1	فضای کافی برای انباشت باطله‌ها	۰/۲
C_2	هزینه انتقال باطله به سد باطله	۰/۲
C_3	دوری از قنات‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی	۰/۴
C_4	نفوذ ناپذیری زمین	۰/۲

برای انتخاب محل مناسب سد باطله از بین دو گزینه به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

۱- رسم نمودار سلسله مراتبی



شکل ۵-۳۶- نمودار سلسله مراتبی برای انتخاب محل سد باطله

۲- تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای گزینه‌ها

جدول ۵-۴۸- ماتریس مقایسه زوجی بین

گزینه‌ها و معیار C_1

	A	B
A	(۱و۱)	(۰/۲و۰/۱۴۳و۰/۱۱)
B	(۵و۹)	(۱و۱)

جدول ۵-۴۷- ماتریس مقایسه زوجی بین

گزینه‌ها و معیار C_2

	A	B
A	(۱و۱)	(۰/۱و۰/۱۱و۰/۱۴۳)
B	(۷و۹و۱۰)	(۱و۱)

جدول ۵-۵۰- ماتریس مقایسه زوجی بین

گزینه‌ها و معیار C_3

	A	B
A	(۱و۱)	(۰/۱۴۳و۰/۲و۰/۳۳)
B	(۳و۵و۷)	(۱و۱)

جدول ۵-۴۹- ماتریس مقایسه زوجی بین

گزینه‌ها و معیار C_4

	A	B
A	(۱و۱)	(۳و۵و۷)
B	(۰/۱۴۳و۰/۲و۰/۳۳)	(۱و۱)

۳- تعریف S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

$$S_{A1}=(0/0.99 \text{ و } 0/125 \text{ و } 0/169)$$

$$S_{A2}=(0/0.91 \text{ و } 0/1 \text{ و } 0/127)$$

$$S_{B1}=(0/536 \text{ و } 0/875 \text{ و } 1/406)$$

$$S_{B2}=(0/659 \text{ و } 0/9 \text{ و } 0/209)$$

$$S_{A3}=(0/123 \text{ و } 0/167 \text{ و } 0/259)$$

$$S_{A4}=(0/429 \text{ و } 0/833 \text{ و } 1/556)$$

$$S_{B3}=(0/429 \text{ و } 0/833 \text{ و } 1/565)$$

$$S_{B4}=(0/123 \text{ و } 0/167 \text{ و } 0/259)$$

۴- محاسبه درجه بزرگی S_i نسبت به S_i :

$$V(S_{A1} \geq S_{B1}) = 0$$

$$V(S_{A2} \geq S_{B2}) = 0$$

$$V(S_{B1} \geq S_{A1}) = 1$$

$$V(S_{B2} \geq S_{A2}) = 1$$

$$V(S_{A3} \geq S_{B3}) = 0$$

$$V(S_{A4} \geq S_{B4}) = 1$$

$$V(S_{B3} \geq S_{A3}) = 1$$

$$V(S_{B4} \geq S_{A4}) = 0$$

۵- محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به هریک از معیارها

جدول ۵-۵۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فضای کافی برای انباشت باطله‌ها

وزن	گزینه
۰	A
۱	B

جدول ۵-۵۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار هزینه انتقال باطله به سد باطله

وزن	گزینه
۰	A
۱	B

جدول ۵-۵۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دوری از قنات‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی

وزن	گزینه
۰	A
۱	B

جدول ۵-۵۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نفوذ ناپذیری زمین

وزن	گزینه
۱	A
۰	B

امتیاز نهایی هر گزینه از جمع حاصل ضرب وزن هر معیار در وزن نهایی هر گزینه نسبت به هر معیار بدست می آید.

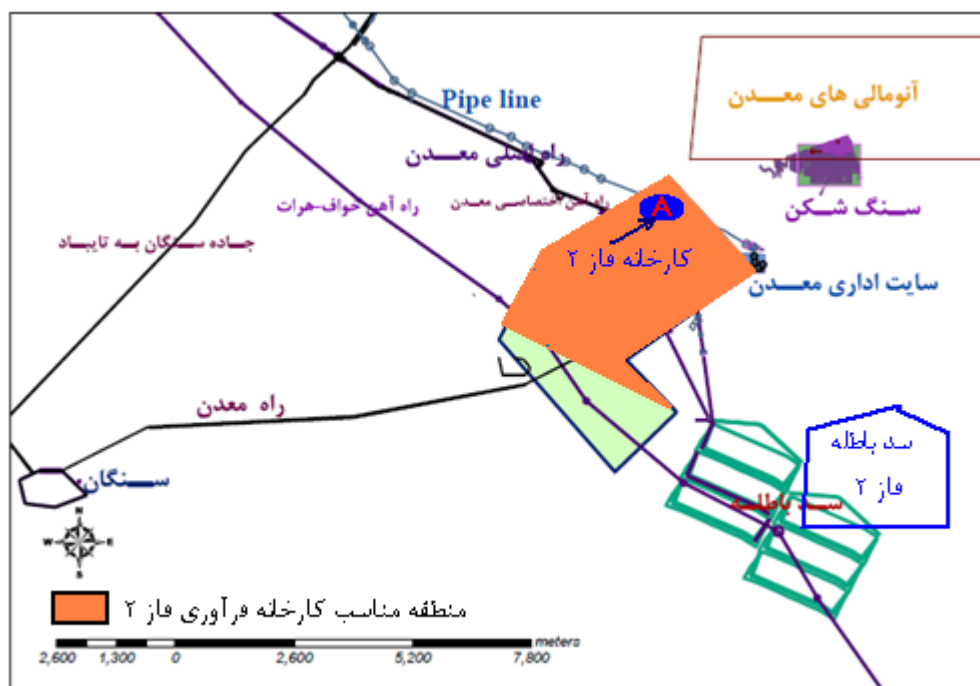
$$A=0.2$$

$$B=0.2+0.2+0.4=0.8$$

همان طور که مشخص است گزینه B دارای امتیاز بیشتری نسبت به گزینه A می باشد و در نتیجه گزینه B به عنوان محل سد باطله انتخاب می شود.

۴-۵- نتیجه گیری

همان طور که در این فصل تشریح شد برای انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ معدن سنگان ابتدا منطقه مناسب برای احداث کارخانه با GIS تعیین شد و سپس محل دقیق آن با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره تعیین شد که گزینه A محل مناسب برای احداث کارخانه انتخاب شد. برای انتخاب محل سد باطله از روش AHP فازی استفاده شد که در نهایت گزینه B به عنوان محل سد باطله انتخاب شد شکل (۵-۳۷) محل کارخانه فاز ۲ و سد باطله فاز ۲ معدن سنگان را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۷- محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله فاز ۲ معدن سنگان

فصل هشتم

نتیجه گیری و پیشنهادات



۶-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مطالعه در مورد انتخاب محل احداث کارخانه از جهات گوناگون از قبیل بازار و جهات فنی و مالی حائز اهمیت است، عوامل زیادی وجود دارد که در تصمیم‌گیری برای انتخاب محل موثر می‌باشند. لذا برای انتخاب محل بهینه هر واحد صنعتی نیاز به شناخت معیارهای موثر در این زمینه دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوبی به‌عمل آید. در کشورهایی که با محدودیت منابع و امکانات مواجه هستند، تعیین و شناخت این معیارها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

مهم‌ترین این معیارها عبارتند از: میزان مواد اولیه مصرفی سالیانه کارخانه و محل‌های تأمین کننده آن‌ها، نزدیکی کافی به منابع مواد اولیه، کافی بودن مقدار مواد اولیه موجود در محل، درجه اطمینان دسترسی به مواد اولیه، میزان مرغوب بودن مواد اولیه موجود در محل، امکان استفاده از محصولات فرعی واحدهای صنعتی واقع در منطقه به عنوان ماده اولیه، نیروی انسانی ماهر، انرژی، بازار فروش، شبکه ترابری، قوانین و مقررات دولتی، حمل و نقل مواد اولیه مصرفی و تولیدات، فضاهای مورد نیاز بخش‌های صنعتی و جنبی و پشتیبانی، نحوه دفع پساب و پس‌مانده صنعتی کارخانه، تأمین زمین مناسب، بازارهای مصرف محصولات و تولیدات کارخانه، شرایط جوی محل استقرار کارخانه، مقدار مصرف آب و نحوه تأمین و انتقال آن، مقدار مصرف برق کارخانه و نحوه تأمین و انتقال آن، مقادیر مصرف سوخت کارخانه و نحوه تأمین و انتقال آن‌ها، مقدار انعطاف‌پذیری کارخانه در قبال تغییرات

نوع، کیفیت و قیمت مواد اولیه، نحوه تهیه مصالح ساخت ساختمان‌های کارخانه، لرزه‌خیزی و وضعیت زمین از نظر گسل‌های زلزله، مراکز تامین و اسکان نیروی انسانی و عوامل محیطی از قبیل اثرات اجتماعی، زیست‌محیطی و

انتخاب این فاکتورها و در نتیجه تعدد لایه‌های اطلاعاتی تصمیم‌گیران را به سمت استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا، از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد. لذا لزوم جامع‌نگری در تصمیم‌گیری‌ها و بهره‌گیری از افراد مختلف با مشاغل، تخصص‌ها، تجربیات، سوابق و دیدگاه‌های علمی گوناگون، همراه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری‌های گروهی و چند معیاره فازی را بیش از پیش ضروری کرده است. و همچنین به علت قابلیت بالای تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت و تحلیل لایه‌ها می‌توان از این سیستم برای انتخاب محل یک کارخانه نیز بهره برد.

معدن سنگ آهن سنگان در استان خراسان رضوی (شمال شرقی ایران) در فاصله ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و ۱۶ کیلومتری شمال شهر سنگان از توابع شهرستان خواف واقع شده استدر این تحقیق برای انتخاب محل کارخانه فرآوری فاز ۲ و سد باطله معدن سنگان ابتدا اثرات احداث و بهره‌برداری کارخانه فرآوری و سد باطله بر منطقه مورد مطالعه بررسی شد و پس از شناخت عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه فرآوری و سد باطله و آشنایی با تکنیک‌های مختلفی که توانایی تصمیم‌گیران را برای تعیین محل مناسب برای این مکان‌ها افزایش می‌دهند، با کنار هم قرار دادن این عوامل و روش‌ها و همچنین استفاده از نرم‌افزارهای مناسب اقدام به مکان‌یابی محل‌های مناسب برای کارخانه و سد باطله، معدن سنگ آهن سنگان کرده و در نهایت نتایج حاصل از عملیات مکان‌یابی به صورت خروجی نمایش داده شد. برای انتخاب محل کارخانه ابتدا منطقه مناسب جهت احداث کارخانه با استفاده از GIS تعیین شده است که از روش همپوشانی نقشه‌ها برای تعیین محل کارخانه بهره گرفته شد. پس از مشخص شدن منطقه احداث کارخانه که با استفاده از GIS انجام شد به علت این‌که منطقه به دست آمده دارای مساحت زیادی می‌باشد نمی‌توان محل مناسب کارخانه را به راحتی

مشخص کرد و یا در صورت تعیین محل در این منطقه ممکن بود نتیجه مطلوب را به دست ندهد لذا برای تعیین محل این کارخانه در منطقه مذکور با بررسی عوامل زیربنائی موثر در انتخاب محل احداث کارخانه سه محل احتمالی برای احداث کارخانه مشخص شد. که این کار با همکاری چند نفر از متخصصان و کارشناسان معدن صورت گرفت سپس عوامل مختلفی که جهت انتخاب محل کارخانه مورد نیاز بود به عنوان معیارهایی در نظر گرفته شد که شامل: نزدیکی به معدن، کارخانه و سایت اداری، استفاده از امکانات موجود، فاصله تا راه آهن، فاصله تا سد باطله، استفاده از تأسیسات زیربنایی کارخانه فاز ۱، نزدیکی به منابع آب، فاصله تا پست برق، قرار نداشتن در مسیر باد، دارای شیب مناسب برای پمپ باطله به سد باطله، نزدیکی به راه اصلی معدن، میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین، طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن)، نزدیکی به کارگاه ها و امکانات می باشد که برای تعیین ضریب اهمیت معیارها یک پرسش نامه تهیه و توسط کارشناسان به معیارها به صورت کیفی امتیاز داده شد و هر یک از گزینه ها بر اساس معیار مورد نظر نیز ارزیابی شدند و در نهایت محل مناسب از بین سه گزینه پیشنهادی برای احداث کارخانه با استفاده از دو روش TOPSIS فازی و AHP فازی تعیین شد. همچنین محل سد باطله از بین دو گزینه A و B نسبت به چهار معیار مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت گزینه مناسب برای احداث سد باطله با روش AHP فازی مشخص شد.

۶-۲- پیشنهادات

بر اساس مطالعات انجام شده و نتایج حاصله مناسب ترین محل برای کارخانه و سد باطله مشخص شدند. ولی برای مکان یابی نهایی می بایست علاوه بر در نظر گرفتن سایر شرایط، توجه بیشتری به منطقه ای که با استفاده از GIS به دست آمده لحاظ شود. همچنین برای مکان یابی نهایی منطقه مناسب برای محل کارخانه و سد باطله، انجام سایر مطالعات و بررسی ها در منطقه مکان یابی توسط GIS، (به دلیل آن که در انجام تحقیق جاری امکان مطالعات جزئی و تخصصی میسر نبود) ضروری می باشد.

سایر نکات پیشنهادی برای اعمال در مطالعات آتی به شرح زیر می‌باشند:

- شناسایی منابع خطا و رفع یا کاهش خطاها (خطاهای حاصل از داده‌های ورودی، خطای حاصل از کاربر و خطاهای حاصل از پردازش اطلاعات).
- استفاده از لایه‌های اطلاعاتی کامل‌تر و نقشه‌های به روز شده.
- استفاده از تصاویر ماهواره‌ای که تا حد قابل توجهی در به روز کردن لایه‌های اطلاعاتی موثر هستند.
- ارائه ویژگی‌های مکان منتخب به صورت قوانین ثابت در قالب یک مدل هوشمند.
- بررسی میدانی به عنوان یک مرحله اساسی در انجام پروژه گنجانده شود تا دقت کار به صورت چشم‌گیری افزایش یابد.

منابع



منابع فارسی:

- آرنوف ا، ۱۳۷۵. "سیستم اطلاعات جغرافیایی"، ترجمه سازمان نقشه برداری کشور، تهران.
- احمدی زاده س، ۱۳۸۲، "مکان‌یابی محل دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی شهر بروجرد)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
- حیدرزاده ن، ۱۳۷۹، "مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS برای شهر تهران" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- رسولی ع ا. ۱۳۸۴، "تحلیلی بر فناوری سیستم های جغرافیایی"، انتشارات دانشگاه تبریز.
- سایت معدن سنگ آهن سنگان، www.SIMP.ir.
- سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، ۱۳۸۶، "ذخایر سنگ آهن کشور".
- صراف زاده ا و آراسته ا، ۱۳۶۹، "گزارش اکتشافات مقدماتی آنومالی های غربی"، جلد ۱، شرکت ملی فولاد ایران، طرح اکتشاف سنگ آهن سنگان.
- طرح تجهیز معادن سنگ آهن سنگان، ۱۳۸۸، گزارش شش ماهه اول سال.
- عبدوس م و مزینی ن، ۱۳۸۶، "حل مسائل تصمیم گیری چندمعیاره با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی"، نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، سال ۵، شماره ۱.
- عطائی م، ۱۳۸۴، "انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا-سیمان با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده آل"، نشریه علمی و فناوری امیرکبیر، دوره ۱۶، شماره ۶۲، ص. ۷۷ تا ۸۳.
- عطائی م، ۱۳۸۷، "انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا-سیمان با استفاده از روش الکتور"، نشریه بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، ویژه نامه مهندسی مواد و معدن، جلد ۱۹، شماره ۹، صفحه ۶۵-۷۳.
- عطائی م، ۱۳۸۸، "روش های تصمیم گیری چندمعیاره"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

قربانی ع و پورابراهیم ع، ۱۳۸۷، "مسائل مکان‌یابی مراکز صنعتی"، پژوهش‌گده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف.

کانی کاوان شرق، ۱۳۸۴، "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح تجهیز معادن سنگ آهن سنگان".

مجیدیان د. ۱۳۸۲، "ارزیابی طرح های صنعتی (مطالعات فنی-اقتصادی-مالی)"، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

مهندسين مشاور « آسه صنعت »، ۱۳۸۲، "خلاصه گزارش عمليات پمپاژ چاه های دشت خواف و مرغزار".

هایوود ا، ۱۳۸۱، "مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی"، ترجمه سازمان نقشه برداری کشور، تهران.

منابع انگلیسی:

Ataei. M., Sereshki. F., Jamshidi. M. and Jalali. S. M. E., 2008, "Suitable mining method for Golbini No. 8 deposit in Jajarm (Iran) using TOPSIS method", *Mining Technology*, Vol. 117, No. 1.

Ataei. M., 2005, "Multicriteria selection for an alumina cement plant location in East Azerbaijan province of Iran", *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol 105.

Azizi. M., 2005, "Decision making for Raw material Procurement in Paper making factory". *8th International Symposium on Analytic Hierarchy Process (ISAHP)*, University of Hawaii, Honolulu, USA.

Badri, M., 2007. "Dimensions of Industrial Location Factors": Review and Exploration, *Journal of Business and Public Affairs*, Vol 1, Issue 2 .

Basak,S, 2005. "Land fill site selection by using geographic information system", *Environmental geology* 49: 376-38.

BHP, 1993, "Detailed open pit design for anomaly C north, final report No.92".

Chen, S.J. and Hwang, C.L. (1992) *Fuzzy multiple attribute decision making: methods and Applications*, Berlin: Springer-Verlag.

Cheng, C.H. (1998) "A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method", *Fuzzy*

Sets and Systems, Vol. 95, No. 3, pp. 307- 317.

Cotana. F, and Goretti. M., 2005., "Environmental Impact of Power Plants: Comparative Criteria of Evaluation" .

Deng H., 1999, "Multicriteria analysis with fuzzy pair-wise comparison". Int J Approx Reason 21:215–231.

Department of the Environment, 1987, "Handling Geographic Information": Report of the Committee of Enquiry Chaired By Lord Chorley. HMSO, London.

Deputy. T., 2006, "Plastics Manufacturing Plant Locations", report prepared by the Nebraska Department of Economic Development.

Kahraman C. Cebeci U and Runa D., 2004, "Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP": the case of Turkey, International Journal of production Economics, 87, 171-184.

Kahraman C. Cebeci U and Ulukan Z., 2003, "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP", Logistics information management, 16(6), 332-349.

Kantha. K., 2009, "Site Selection for Ethanol Plants Using GIS in Nakhonratchasima Province, Thailand", Master of Science (Biotechnology) Kasetsat University, PN 227.

Koikai . J. S., 2008, "Utilizing GIS-Based Suitability Modeling to Assess the Physical Potential of Processing Plants in Western Kenya".

Lin,H, kao,j.k, and Hwang,H., 1996, "fuzzy gis assisted land fill siting analysis proceeding" of international conference on solid waste technology and management, pp 8.

Maguire. D. J., 1989, "Computers in Geography" , Longman, Lindon.

Malczewski, 1999, GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley & SONS, INC. University of Western Ontario.

Mazzrol. T, and Choo. S., 2003, "A Study of Factors Influencing the Operating Location Decisions of Small Firms", Property Management, 21 (2), 190-208.

Rhind. D. W., 1989, "Why GIS?" ARC News (Summer): pp.28-29.

Tombari. H., 1979, "Economic And Noneconomic Factors Affecting Plant Location Decisions", American Journal of Small Business, Vol III, Number 4, 23-30.

Valadan Zoej. M. J., Mesgari.M. Beheshtifar.S., S., Karimi. M., Samadi. R., Yousefi. H., and Sohrab. T., 2004, "Using GIS for Site Selection of Combined.Cycle Power Plants", GIS Development weekly.

Wang T.C. and Chen Y.H., 2007, "Applying consistent fuzzy preference relations to

partnership selection”, *Omega, the International Journal of management science*, 35, 384-388.

Yang. T. and Hung. C. C., 2007, “Multiple attribute decision making methods for plant layout design problem”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 23, 126–137.

Yanpirat. P., and Panjarongkha., 2005, “Decision Support Model for Site Selection of Water Fabrication Plant in Thailand”: The MCDM Approach.

Yavuz. M, 2008, “Selection of plant location in the natural stone industry using the fuzzy multiple attribute decision making method”, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Vol 108, 641-649.

Yong. D., 2006, “Plant location selection based on fuzzy TOPSIS”, Int J Adv Manuf Technol, 28: 839–844 .

Abstract

Selection of the proper place for an activity in the level of country, province or city is to be the most important decision in global scale and needs to consider some general aspects. In addition, identification a sophisticated place has required to a wide variety of information to be combined and analysis in terms of accurate investigation.

Sangan iron mine in the state of Razavi Khorasan has been located in the southeastern of Mashhad in a place so called Sangan and lays between longitudes $60^{\circ},16',00''$ E and latitudes $34^{\circ},24',00''$ N. Respect to the required initial material of the two units in the Khorasan steel complex with a total capacity of 1.6 million tones in the first phase, 2.6 pellet has to be allocated to this expressed complex. Furthermore, in the way of increasing the steel products and providing the feed of steel factory in the other province, capacity of the second phase is identified around the 2.6 million tones in the year. Therefore, in order to secure the expressed 2.6 million tones, necessity of having a steel production factory has indicated. Consequently, in this research, with attention to the location of the production factory in the second phase and waste related dumps, the impact of these two instructions on the sounded environment was evaluated firstly. Moreover, after the recognition of effective factors, with applying some relevant methods that have some capabilities in specification the proper place, assembling the adequate factors and also relying on the suitable software packages, an attempt has been made to find an optimum place of expressed production factory and related waste dumps. At last, the obtained results are to be introduced as an output. In the process of finding a place for production factory, at first, the best place is found relying on the GIS capability and map overlaying. Then, in order to determine the exact place in the considered site, the fundamental effective parameters are to be investigated in the three possible stages. In the next stage, with attention to the diverse factors such as minimum distance to mine, factory, offices and considering some hyper parameters such as available installation, distance to railway, waste dump, water resource, electrical powerhouse, wind path, proper dips of tailing dams, minimum distance to the main road and workshop and applying the fuzzy multi criteria decision making, the best option is to be indicated. In addition, in the way of indicating the place of tailing dam, 2 options has also been investigated based on the 4 criteria and finally, selection of fuzzy AHP results in finding the proper related place.

Keywords: fuzzy Multi Criteria Decision Making Method, Processing Plant, Tailing Dam, Sangan Iron Ore Mine, Geographic Information System (GIS).



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

Master of science in mining Exploitation Engineering

***Plant and tailing dam site selection of
Sangan iron ore mine
with multiple criteria decision making &
GIS***

M. Safari

Supervisors:

Dr M. Ataei

Dr R. Khalou kakaie

Advisors:

Dr m. Karamozian

A. R. Mashoor roodi

April 2010