

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

مکان‌یابی کارخانه سیمان در استان کردستان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS

دانشجو:

سید فواد الیاسی

اساتید راهنما:

دکتر رضا خالو کاکایی - دکتر فرهاد سرشکی

استاد مشاور:

دکتر جمال هنر پژوه

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۰



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۶۱۷۶۷
تاریخ: ۸۹/۱/۱۸
ویرایش:

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حمید روشنی رشته مهندسی معدن گرایش استخراج معدن تحت عنوان تعیین بار خردکننده مناسب مدار خردایش با در نظر گرفتن پارامترهای عملیاتی برای مجتمع فسفات اسفوردی که در تاریخ ۸۹/۱۰/۱۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه: بسیار خوب - امتیاز: ۱۷) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار	رضا خالوکاکی	۱- استاداراهنما
	استاد	محمد کارآموزیان	۲- استاد راهنما
	استاد	حسین میرزایی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استاد	محمد عطایی	۴- استاد ممتحن
	استاد	فرهنگ سرشکی	۵- استاد ممتحن

تأیید رئیس دانشکده:

دو ستاره همیشه پر فروغ آسمان زندگی ام

پدر و مادر

دریای محبت و ایثار که عطر دعای سجاده اشان

همیشه بدرقه راه پر فراز و نشیب زندگی ام بوده و

من تمام مجال زندگی و تحصیلم را مدیون جان

فشانی ها و دل سوزی های مدبرانه آنان می باشم.

تشکر و قدردانی

اینجانب بر خود لازم می‌دانم که در این چند خط محدود از تلاش‌ها و کمک‌های بی‌حد و حصر اساتید راهنمای خودم آقایان دکتر رضا کاکایی و دکتر فرهنگ سرشکی کمال تشکر را داشته باشم، که در مسیر تهیه و ارائه این پروژه کمال همکاری را با اینجانب داشته‌اند.

در ادامه از جناب آقای دکتر جمال هنرپژوه استاد مشاورم کمال تشکر را داشته که اینجانب را در انجام این تحقیق یاری کردند.

همچنین از تمامی کسانی که در انجام این پروژه بنده را یاری کردند تشکر و سپاسگزاری را دارم. در انتها از خانواده‌ام که در تمامی مراحل زندگی یار و همراه من بودند تشکر و قدردانی می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب سید فواد الیاسی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف از دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان: **مکان یابی کارخانه سیمان در استان کردستان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS** تحت راهنمایی آقایان دکتر رضا خالو کاکایی و دکتر فرهنگ سرشکی متعهد می‌شوم:

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) مربوط به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

مکانیابی پروژه‌های صنعتی با توجه به میزان سرمایه گذاری بالای احداث صنایع اولین و یکی از مهم ترین مراحل ایجاد واحدهای صنعتی می باشد. عدم توجه به این مسئله باعث تحمیل هزینه های گزاف به پروژه شده و گاه طرح را با شکست مواجه می کند. با توجه به وجود روش های نوین که با هزینه کم تصمیم گیری در مورد محل احداث سایت های صنعتی و هرگونه پروژه خدماتی را ساده می نماید لزوم اجرای این مرحله را قبل از اجرای طرح بر ما آشکار می سازد.

استان کردستان با دارا بودن ذخائر قابل توجه آهک و مارن یکی از پتانسیل های احداث کارخانه های سیمان بوده و وجود بازار مصرف کشور عراق نیز اهمیت این مسئله را دوچندان می کند. در این بررسی با توجه به واحد های موجود در استان و مواد اولیه در بین شهرستان های استان، مریوان به عنوان گزینه مناسب تشخیص داده شد.

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مکانیابی امروزه به امری عادی مبدل گشته و بدون استفاده از این سیستم ما را با حجم زیادی از اطلاعات روبرو ساخته و تصمیم گیری را بسیار مشکل و احتمال به وجود آمدن خطا را افزایش می دهد. در این روش لایه های اطلاعاتی مختلف بر روی هم قرار گرفته و مکان های مناسب معرفی می گردند. چون مکان های مشخص شده در این روش از جهات مختلف دارای ارزش های متفاوتی می باشند لذا در تکمیل این روش نیاز به روشی جهت انتخاب گزینه مناسب در بین گزینه های معرفی شده می باشد. در بین روش های تصمیم گیری روش تصمیم گیری چند معیاره روشی مناسب بوده و امروزه در اکثر پروژه های مکانیابی ترکیبی از این دو روش استفاده می شود. یکی از محسنات این روش امکان مقایسه زوجی بین گزینه های مختلف می باشد. در این پایان نامه از ترکیب این دو روش برای مکانیابی کارخانه سیمان در استان کردستان استفاده شده است. مکانهای مناسبی که توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی مشخص شده اند توسط روش تصمیم گیری چند معیاره فازی با توجه به معیارهای هر کدام از گزینه ها تحلیل و در نهایت یک گزینه به عنوان گزینه مناسب معرفی گردید.

کلمات کلیدی: روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، کارخانه سیمان، شهرستان مریوان،

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۲	..... ۱-۲ مقدمه
۳	..... ۲-۱ طرح مساله
۴	..... ۳-۱ ضرورت تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محل کارخانه
۶	..... ۴-۱ کارهای صورت گرفته در مورد انتخاب محل کارخانه
۷	..... ۵-۱ اهداف و روش تحقیق
۸	..... ۶-۱ جمع‌آوری اطلاعات
۹	..... ۷-۱ فصل‌بندی مطالب

فصل دوم: سیمان

۱۱	..... ۱-۲ مقدمه
۱۳	..... ۲-۲ ساخت سیمان
۱۴	..... ۱-۲-۲ مواد اولیه سیمان پرتلند
۱۶	..... ۲-۲-۲ استخراج مواد اولیه
۱۷	..... ۳-۲-۲ خرد کردن مواد اولیه
۱۹	..... ۴-۲-۲ مخلوط کردن اولیه و ذخیره‌سازی
۱۹	..... ۵-۲-۲ خشک کردن مواد اولیه
۲۰	..... ۶-۲-۲ پودر کردن مخلوط مواد خام

۲۰	.....تنظیم مواد خام.....۷-۲-۲
۲۱	.....سیلوهای مواد خام.....۸-۲-۲
۲۲	.....پیش گرم کن.....۹-۲-۲
۲۳	.....کوره دوار .....۱۰-۲-۲
۲۴	.....خنک کن (کولر) .....۱۱-۲-۲
۲۴	.....سیلوی کلینکر.....۱۲-۲-۲
۲۵	.....آسیاب سیمان.....۱۳-۲-۲
۲۵	.....سیلوهای سیمان.....۱۴-۲-۲
۲۵	.....بارگیرخانه .....۱۵-۲-۲
	.....مواد خام و خردایش آنها .....۱۶-۲-۲
۲۹	.....مواد آهکی .....۱-۱۶-۲-۲
۲۹	.....مواد رسی.....۲-۱۶-۲-۲
۳۰	.....اجزاء تصحیحی و اجزا فرعی .....۱۷-۲-۲
۳۱	.....مصرف آب.....۱۸-۲-۲
۳۲	.....انواع سیمان.....۱۹-۲-۲
۳۳	.....انواع سیمان.....۱۹-۲-۲
	فصل سوم: عوامل موثر در انتخاب محل کارخانه سیمان
۳۶	.....مقدمه.....۱-۳
۳۶	.....معیارهای موثر در انتخاب محل کارخانه.....۲-۳
۳۶	.....بازار.....۱-۲-۳
۳۷	.....مواد اولیه.....۲-۲-۳
۳۸	.....نحوه تأمین منابع مالی .....۳-۲-۳

۳۹	..... ۴-۲-۳ نیروی کار
۴۰	..... ۱-۴-۲-۳ متوسط سنی
۴۰	..... ۲-۴-۲-۳ درجه تخصص
۴۰	..... ۳-۴-۲-۳ نوع حرفه یا فن
۴۱	..... ۴-۴-۲-۳ سطح زندگی و میزان دستمزدها
۴۱	..... ۵-۴-۲-۳ سابقه و روابط کارگر و کارفرما
۴۱	..... ۶-۴-۲-۳ بنیه و استقامت کارگران و درجه کارائی آن ها
۴۱	..... ۷-۴-۲-۳ میزان عرضه نیروی کار
۴۱	..... ۸-۴-۲-۳ امکانات آموزشی موجود در محل مورد نظر
۴۲	..... ۵-۲-۳ قوانین و مقررات
۴۲	..... ۶-۲-۳ سوخت
۴۳	..... ۷-۲-۳ برق
۴۳	..... ۸-۲-۳ آب
۴۵	..... ۹-۲-۳ حمل و نقل
۴۶	..... ۱۰-۲-۳ طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن)
۴۶	..... ۱۱-۲-۳ شرایط زندگی
۴۷	..... ۱۲-۲-۳ زمین
۴۸	..... ۱۳-۲-۳ سابقه صنعتی محل
۴۹	..... ۱۴-۲-۳ معیارهای زیست محیطی و زمین شناسی
۴۹	..... ۱-۱۴-۲-۳ قوانین و محدودیت های زیست محیطی :
۵۰	..... ۲-۱۴-۲-۳ توپوگرافی
۵۰	..... ۳-۱۴-۲-۳ فرسایش خاک و چینه شناسی

۵۰	..... ۴-۱۴-۲-۳ هیدرولوژی و هیدروژئولوژی
۵۰	..... ۵-۱۴-۲-۳ آلودگی هوا
۵۱	..... ۶-۱۴-۲-۳ آلودگی صوتی
۵۱	..... ۷-۱۴-۲-۳ زلزله
۵۱	..... ۸-۱۴-۲-۳ جنس لایه های تشکیل دهنده زمین
۵۱	..... ۹-۱۴-۲-۳ زمین شناسی ساختمانی
۵۲	..... ۱۰-۱۴-۲-۳ شرایط اقلیمی (آب و هوا)
۵۲	..... ۱۱-۱۴-۲-۳ مناطق حفاظت شده

فصل چهارم: روش تحلیل سلسله مراتبی و GIS

۵۴	..... ۱-۴ مقدمه
۵۴	..... ۲-۴ روش های انتخاب محل کارخانه
۵۵	..... ۱-۲-۴ مدل های انتخاب محل احداث کارخانه
۵۶	..... ۲-۲-۴ روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)
۵۷	..... ۱-۲-۲-۴ تقسیم بندی مسائل تصمیم گیری چند معیاره
۵۸	..... ۳-۲-۴ روش های تصمیم گیری چند معیاره فازی
۵۹	..... ۱-۳-۲-۴ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)
۶۴	..... ۴-۲-۴ سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)
۶۵	..... ۱-۴-۲-۴ تعریف GIS
۶۷	..... ۲-۴-۲-۴ قابلیت ها و کاربردهای GIS
۶۸	..... ۳-۴-۲-۴ فرآیند تحلیل اطلاعات در سیستم اطلاعات جغرافیایی

۷۱	.....۴-۴-۲-۴ تعیین محل سایت‌های صنعتی با استفاده از GIS
۷۲	.....۵-۲-۴ تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS (پیکره آنالیز چند معیاره مکانی)
	فصل پنجم: بررسی استان کردستان از نظر مکان یابی کارخانه سیمان
۷۵	.....۱-۵ مقدمه
۷۵	.....۲-۵ آزمین‌شناسی عمومی استان کردستان
۷۷	.....۳-۵ محل و موقعیت جغرافیایی استان کردستان
۷۹	.....۴-۵ وضعیت بازار سیمان در منطقه
۸۲	.....۵-۵ بررسی استان کردستان جهت مکان یابی کارخانه سیمان
۸۳	.....۱-۵-۵ آب و هوایی منطقه مریوان
	فصل ششم: انتخاب محل کارخانه سیمان مریوان
۸۸	.....۱-۶ مقدمه
۸۸	.....۲-۶ معیارهای موثر برای انتخاب محل مناسب کارخانه سیمان مریوان
۹۱	.....۳-۶ روش تحقیق
۹۲	.....۱-۳-۶ روش کتابخانه‌ای (اسنادی)
۹۲	.....۲-۳-۶ تجزیه و تحلیل‌های مکانی
۹۳	.....۳-۳-۶ تهیه نقشه لایه‌های مورد استفاده برای تعیین محل کارخانه
۱۰۰	.....۴-۳-۶ آماده‌سازی لایه‌ها در محیط GIS
۱۰۰	.....۵-۳-۶ تهیه نقشه نشان دهنده نزدیکی به هریک از معیارها (تهیه بافر)
۱۰۸	.....۶-۳-۶ تبدیل اطلاعات به نقشه‌های رستری و تلفیق نقشه‌ها با یکدیگر
۱۰۹	.....۴-۶ تعیین محل کارخانه سیمان در مریوان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی
۱۱۳	.....۱-۴-۶ تعیین محل کارخانه سیمان با استفاده از روش FAHP

۱۳۴	.....۵-۶ نتیجه گیری
	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۳۶	.....۱-۷ نتیجه گیری
۱۳۷	.....۲-۷ پیشنهادات
۱۳۹	.....منابع
۱۴۳	.....پیوست ها

فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل ۴-۱ اصول کلی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره.....	۵۷
شکل ۴-۲ درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم.....	۶۳
شکل ۵-۱ تقسیمات مرزی شهرستانهای استان کردستان.....	۷۹
شکل ۵-۲ وضعیت باد منطقه.....	۸۴
شکل ۶-۱ نقشه راه‌های موجود در منطقه.....	۹۴
شکل ۶-۲ نقشه ارتفاعی محدوده.....	۹۵
شکل ۶-۳ وضعیت کلی محدوده.....	۹۶
شکل ۶-۴ نقشه رودخانه‌های موجود در منطقه.....	۹۷
شکل ۶-۵ نقشه شیب محدوده.....	۹۸
شکل ۶-۶ نقشه فاصله از مناطق مسکونی.....	۹۹
شکل ۶-۷ نقشه نشان دهنده ذخیره معدنی.....	۱۰۰
شکل ۶-۸ نقشه نشان دهنده نزدیکی به ذخیره معدنی.....	۱۰۲
شکل ۶-۹ نقشه نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین آب.....	۱۰۳
شکل ۶-۱۰ نقشه نشان دهنده مناطق دارای شیب توپوگرافی مناسب.....	۱۰۴
شکل ۶-۱۱ نقشه نشان دهنده نزدیکی به جاده های اصلی.....	۱۰۵
شکل ۶-۱۲ نقشه نشان دهنده نزدیکی به مناطق مسکونی.....	۱۰۶
شکل ۶-۱۳ نقشه نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین انرژی.....	۱۰۷
شکل ۶-۱۴ نقشه نشان دهنده منطقه مناسب برای احداث کارخانه سیمان مریوان.....	۱۰۸
شکل ۶-۱۵ نمودار تحلیل سلسه مراتبی انتخاب محل کارخانه سیمان.....	۱۱۴

- شکل ۶-۱۶ نمودار فراوانی نزدیکی به معدن..... ۱۱۵
- شکل ۶-۱۷ نمودار فراوانی استفاده از امکانات زیر بنایی موجود..... ۱۱۵
- شکل ۶-۱۸ نمودار فراوانی فاصله تا مراکز توزیع انرژی..... ۱۱۶
- شکل ۶-۱۹ نمودار فراوانی نزدیکی به راه اصلی معدن..... ۱۱۶
- شکل ۶-۲۰ نمودار فراوانی طول نوار نقاله..... ۱۱۷
- شکل ۶-۲۱ نمودار فراوانی نزدیکی به منابع آب..... ۱۱۷
- شکل ۶-۲۲ نمودار فراوانی قرار نداشتن در مسیر باد..... ۱۱۸
- شکل ۶-۲۳ نمودار فراوانی میزان خاک برداری..... ۱۱۸
- شکل ۶-۲۴ نمودار فراوانی مخارج جانبی..... ۱۱۹
- شکل ۶-۲۵ نمودار فراوانی فاصله از مناطق مسکونی..... ۱۱۹
- شکل ۶-۲۶ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن..... ۱۳۰
- شکل ۶-۲۷ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات زیربنایی موجود..... ۱۳۰
- شکل ۶-۲۸ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی..... ۱۳۰
- شکل ۶-۲۹ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن..... ۱۳۱
- شکل ۶-۳۰ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوار نقاله..... ۱۳۱
- شکل ۶-۳۱ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب..... ۱۳۱
- شکل ۶-۳۲ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد..... ۱۳۲
- شکل ۶-۳۳ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین..... ۱۳۲
- شکل ۶-۳۴ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی..... ۱۳۲
- شکل ۶-۳۵ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله از مناطق مسکونی..... ۱۳۳

فهرست جداول

صفحه	جدول
۷	جدول ۱-۱ نمونه کارهای انجام شده برای انتخاب محل کارخانه.....
۳۰	جدول ۱-۲ اعداد راهنما برای آب مصرفی در کارخانه سیمان (روش خشک).....
۳۰	جدول ۲-۲ اعداد تقریبی برای آبی که دائماً جایگزین می‌شود.....
۴۵	جدول ۱-۳ مصرف روزانه آب برای یک کارخانه سیمان.....
۴۸	جدول ۲-۳ هزینه‌های آماده سازی زمین جهت احداث کارخانه سیمان.....
۶۱	جدول ۱-۴ اعداد تعریف شده در روش FAHP.....
۶۸	جدول ۲-۴ کاربردهای GIS (هایوود).....
۸۴	جدول ۱-۵ بیشترین نوسانات عوامل جوی اتفاق افتاده در طول دوره آماری هواشناسی استان کردستان
۸۶	جدول ۲-۵ نتایج آزمایشات نمونه‌های آهک و مارل محدوده.....
۱۰۱	جدول ۱-۶ اطلاعات مورد نیاز برای تهیه زون بافر از معیارهای مختلف.....
۱۰۱	جدول ۲-۶ نحوه امتیاز دهی به معیارها.....
۱۱۰	جدول ۳-۶ نمونه فرم پرسش‌نامه.....
۱۱۱	جدول ۴-۶ متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها.....
۱۱۱	جدول ۵-۶ متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها.....
۱۱۲	جدول ۶-۶ اهمیت ترکیبی معیارها (وزن معیارها).....
۱۱۳	جدول ۷-۶ رتبه بندی ترکیبی گزینه‌ها.....
۱۲۰	جدول ۸-۶ ماتریس مقایسه زوجی معیارها.....
۱۲۱	جدول ۹-۶ مجموع اعداد هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی.....
۱۲۴	جدول ۱۰-۶ وزن نهایی معیارها.....

- جدول ۱۱-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن..... ۱۲۴
- جدول ۱۲-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات زیر بنایی موجود..... ۱۲۴
- جدول ۱۳-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی..... ۱۲۵
- جدول ۱۴-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن..... ۱۲۵
- جدول ۱۵-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار طول نوار نقاله (فاصله تا سنگ‌شکن)..... ۱۲۵
- جدول ۱۶-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب..... ۱۲۵
- جدول ۱۷-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد..... ۱۲۵
- جدول ۱۸-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار میزان خاک‌برداری برای تسطیح زمین..... ۱۲۶
- جدول ۱۹-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار مخارج جانبی..... ۱۲۶
- جدول ۲۰-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله از مناطق مسکونی..... ۱۲۶
- جدول ۲۱-۶ مقدار Si برای ماتریس‌های مقایسه زوجی..... ۱۲۶
- جدول ۲۲-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن..... ۱۲۷
- جدول ۲۳-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات زیر بنایی موجود ۱۲۸
- جدول ۲۴-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی.... ۱۲۸
- جدول ۲۵-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن.... ۱۲۸
- جدول ۲۶-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار طول نوار نقاله..... ۱۲۸
- جدول ۲۷-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب.. ۱۲۸
- جدول ۲۸-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد..... ۱۲۹
- جدول ۲۹-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار میزان خاک‌برداری برای تسطیح زمین ۱۲۹
- جدول ۳۰-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار مخارج جانبی..... ۱۲۹
- جدول ۳۱-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار فاصله از مناطق مسکونی..... ۱۲۹
- جدول ۳۲-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن..... ۱۳۰

- جدول ۳۳-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات زیربنایی موجود..... ۱۳۰
- جدول ۳۴-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی..... ۱۳۰
- جدول ۳۵-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن..... ۱۳۱
- جدول ۳۶-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوار نقاله..... ۱۳۱
- جدول ۳۷-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب..... ۱۳۱
- جدول ۳۸-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد..... ۱۳۴
- جدول ۳۹-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین..... ۱۳۲
- جدول ۴۰-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی..... ۱۳۲
- جدول ۴۱-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله از مناطق مسکونی..... ۱۳۳

فصل اول

کلیات



۱-۱ مقدمه

یکی از مسائلی که باید در مراحل اولیه طراحی سیستم‌های صنعتی مورد توجه قرار گیرد مسأله مکان‌یابی و استقرار تسهیلات است. مراکز صنعتی و کارخانجات برای تعیین مکان احداث کارخانه، استقرار تجهیزات و دپارتمان‌های خود در کارخانه، استقرار دفاتر خود در سطح شهر، تعیین مراکز توزیع محصولات و... با چنین مسائلی سروکار دارند. در واقع، تصمیمات مربوط به مکان‌یابی و استقرار، نه تنها در مسائل صنعتی، بلکه در مسائل گوناگونی در بخش‌های دولتی و خصوصی، اعم از صنعتی و غیرصنعتی، ظاهر می‌شود. در بخش دولتی، تعیین مکان مراکز خدماتی نظیر ایستگاه‌های پلیس‌راه، اورژانس، بیمارستان‌ها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و... نیاز به اتخاذ چنین تصمیماتی دارد. لذا تصمیم‌گیری در مورد مکان‌یابی تسهیلات عمدتاً از تصمیم‌گیری‌های بلندمدت و استراتژیک شرکت‌های بزرگ خصوصی و عمومی است و هزینه‌های بالای مربوط به جایابی و استقرار و راه‌اندازی تسهیلات، پروژه‌های مکان‌یابی را به سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت تبدیل کرده است. لذا موقعیت یا شکست مراکز تسهیلاتی در هرکدام از بخش‌های دولتی و خصوصی، بستگی کاملی به مکان‌های انتخابی برای آنها دارد. شرکت‌ها برنامه‌ریزی، تسهیلات را به گونه‌ای انجام می‌دهند که برای مدت زمان زیادی بتوانند سودآور باقی بمانند. لذا باید مکان‌هایی را برای استقرار تسهیلات در نظر بگیرند که نه تنها در شرایط فعلی مناسب هستند، بلکه در طول عمر تسهیلات سودآور باقی بمانند، حتی اگر عوامل محیطی تغییر کنند، جمعیت متحول یا گرایش بازار دگرگون شود. لذا باید شرایط نامطمئن آینده را در محاسبات وارد کرد. پیچیدگی این مسأله سبب شده تا غالب ادبیات مکان‌یابی به مسائل

معین و ایستا پردازند. گرچه تعداد بسیار کمی از محققان، جنبه احتمالی و پویایی مکان‌یابی تسهیلات را در سال‌ها قبل معرفی کرده‌اند، بیش‌تر تحقیقات این حوزه در سال‌های اخیر انجام و گزارش شده است. علاوه بر جنبه احتمالی و پویایی مکان‌یابی تسهیلات که طبیعت استراتژیک این مسائل را نشان می‌دهد، در نظر گرفتن ابعاد رقابتی کار نیز به این تصمیمات جنبه استراتژیک می‌دهد. در حقیقت، مدل‌های احتمالی و پویا، عدم قطعیت ناشی از وضعیت خود تصمیم گیرنده را مدل‌سازی می‌کنند (عدم قطعیت ناشی از عدم اطمینان در مورد اطلاعات مسأله و عدم قطعیت ناشی از تغییرات شرایط مسأله)، در حالی که مدل‌های رقابتی عدم قطعیت ناشی از محیط رقابتی و سایر تصمیم گیرندگان را مدل‌سازی می‌کنند. مکان‌یابی رقابتی، دامنه وسیعی از تحقیقات مکان‌یابی اخیر را به خود اختصاص داده است. موارد فوق در زیر خلاصه می‌شود (مهدی بشیریان، ۱۳۸۷):

- طبیعت استراتژیک مسائل مکان‌یابی

عدم قطعیت:

میزان سرمایه‌گذاری زیاد

افق برنامه ریزی بلند مدت

- ابعاد استراتژیک (عدم قطعیت) مسائل مکان‌یابی

عدم قطعیت ناشی از وضعیت خود تصمیم‌گیرنده:

جنبه احتمالی

جنبه دینامیکی

۱-۲ طرح مسأله

با توجه مصرف روز افزون سیمان در استان کردستان و آغاز احداث چندین سد مختلف و همچنین نزدیکی به کشور عراق، احداث کارخانه سیمان در این استان ضروری به نظر می‌رسد. در حال حاضر چون طرح توسعه کارخانه سیمان کردستان، احداث کارخانه سیمان آن‌اهیتای دیواندره و احداث

کارخانه سیمان سقز در حال اجرا می باشند، لذا چنین به نظر می رسد پس از به بهره برداری رسیدن این پروژه ها نیاز داخلی استان کاملا اشباع گردد. لازم به یادآوری است در حال حاضر کشور عراق که نیاز بالایی به سیمان دارد عمده مصرف خود را از سایر کشورها بخصوص ترکیه و چین تامین می کند. با احداث کارخانه سیمان در این استان علاوه بر تامین بخشی از مصرف داخلی میتوان بخشی از نیاز کشور عراق را نیز تامین نمود. با انتخاب صحیح محل کارخانه هزینه های اضافی - اثرات مخرب زیست محیطی و ... را می توان کاهش داد و با توجه به اینکه این تاسیسات برای بهره برداری بلند مدت پیش بینی می شوند تعیین محل مناسب آنها از ضروری ترین کارها می باشد

۱-۳ ضرورت تصمیم گیری در مورد انتخاب محل کارخانه

تعیین محل کارخانه، یکی از کلیدی ترین گام های تأسیس کارخانه بوده و در سطوح استراتژیک تصمیم گیری قرار دارد. نتایج این تصمیم در درازمدت اثرات به سزایی از بعد اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و فنی خواهد داشت. از جنبه های درون سازمانی، تأثیر مستقیم آن در سوددهی کارخانه خواهد بود و از بعد برون سازمانی، ساخت کارخانه های بزرگ در یک منطقه می تواند شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، محیط زیست و ... را تحت تأثیر خود قرار دهد. تعیین محل کارخانه از نظر اقتصادی نقش مهمی در میزان سرمایه گذاری اولیه به هنگام تأسیس کارخانه دارد. همچنین هنگام بهره برداری طرح، این تصمیم گیری، تأثیر کلیدی در قیمت تمام شده کالا دارد (مجیدیان، ۱۳۸۲). مکان مناسب نقش مهمی در رقابت پذیری یک شرکت در بازار داشته و باید به گونه ای انتخاب شود که باعث دستیابی به مزایای رقابتی و استراتژیک در مقایسه با سایر رقبا شود. مکان یابی کارخانه می تواند به صورت بدنه بزرگی از دانش، مدل های متنوع، تکنیک های حل مختلف در زمینه های 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 می بخشد، بلکه کارخانه را در یک وضعیت مطلوب قرار می دهد. تصمیم های مرتبط با انتخاب و فراگیری ویژگی های مکان یابی یک مرکز، می تواند اثر بزرگی بر توانایی کسب و حفظ مزیت رقابتی

باشد (Mazzrol and 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 پورا‌براهیم، ۱۳۸۷).

اشتباه در تعیین محل ضررهای جبران ناپذیری به دنبال خواهد داشت و گاهی منجر به تغییر محل کارخانه با صرف هزینه‌های زیاد شده، یا به رکود و تعطیلی کامل کارخانه می‌انجامد. عموماً اشتباه در تعیین محل، هنگامی پیش می‌آید که تعریف درستی از آنچه که خواسته می‌شود در دست نباشد. ولی اشتباه‌های دیگری نیز وجود دارد که حتی مدیران زیرک نیز دچار آن می‌شوند. برخی از این نوع اشتباه‌ها مربوط به تصمیم‌گیری در مسائل مکان‌یابی کارخانه به این شرح بیان می‌شود (قربانی و پورا‌براهیم، ۱۳۸۷):

- ۱- فقدان بازرسی و شرح دقیق عوامل و نیازمندی‌ها
- ۲- چشم‌پوشی از بعضی شرایط مورد نیاز و بررسی ناقص نیازمندی‌های طرح
- ۳- علایق شخصی یا تعصبات مسئولان در پذیرش حقایق و دلایل منطقی و علمی
- ۴- مقاومت مدیران اجرایی در انتقال به محل جدید
- ۵- توجه بیش از اندازه به نواحی شلوغ و صنعتی و در نتیجه نادیده گرفتن ناحیه‌هایی که به تازگی صنعتی شده و یا در شرف صنعتی شدن قرار دارند.
- ۶- توجه بیش از اندازه به هزینه‌های زمین و در نتیجه انتخاب زمین‌های ارزان یا رایگان
- ۷- بی‌توجهی به هزینه حمل و نقل و عدم برآورد درست آن
- ۸- قضاوت در مورد نیروی انسانی بالقوه بر مبنای نرخ دست مزد و بدون توجه به کارایی، مهارت، سابقه و تاریخچه کارگری و سایر عوامل مؤثر در انتخاب نیروی انسانی

۹-انتخاب جامعه‌ای با سطح فرهنگ و تحصیلات پایین به گونه‌ای که جذب نیروی متخصص بسیار مشکل باشد

۱۰-پافشاری در منابع آبی و کوتاه مدت و بی‌توجهی به آینده

۱۱-کافی نبودن اطلاعات و یا نادرست بودن آنها در مورد بازار، شیوه‌های حمل و نقل، مواد خام و سایر عوامل که در برآورد هزینه‌ها تاثیر دارند.

۱۲-عوامل محیطی از جمله فشارهای سیاسی.

۱۳-خطا در به کارگیری روش‌ها و تکنیک‌های تصمیم‌گیری مکان‌یابی

۱۴-عدم اولویت‌بندی یا وزن‌دهی مناسب به معیارهای تصمیم‌گیری

۱۵-نبود اطلاعات دقیق و کافی در زمینه معیارهای مورد نظر

۱۶-بی‌توجهی به استراتژیک بودن و اثرات بلند مدت تصمیم‌های مکان‌یابی

۱۷-بی‌توجهی به تغییر و تحولات آینده (تهدیدها، فرصت‌ها، رشد تقاضا، به هم خوردن توازن مناطق و ...)

۱۸-در نظر نگرفتن تغییرات سازمانی لازمه مکان‌یابی.

توجه کافی به این عوامل ، ریسک تصمیم‌گیری در پروژه‌های تعیین مکان کارخانه را کاهش خواهد داد (قربانی و پوراابراهیم، ۱۳۸۷).

۴-۱ 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.

جدول ۱-۱ نمونه کارهای انجام شده برای انتخاب محل کارخانه (صفری، ۱۳۸۸)

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)
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	Cotana and Goretti, (2005)
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)

۱-۵ اهداف و روش‌های تحقیق

هدف از تحقیق حاضر، معرفی محل مناسب برای احداث محل کارخانه سیمان در استان کردستان می‌باشد که برای این منظور موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

- بررسی عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب محل کارخانه سیمان

- بررسی اثرات مثبت و منفی احداث کارخانه سیمان بر منطقه مورد مطالعه
 - انتخاب مناسب‌ترین محل برای احداث کارخانه سیمان با توجه به پارامترهای مؤثر در انتخاب محل کارخانه
- به منظور انتخاب مکان مناسب برای احداث کارخانه از سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS برای پردازش و آنالیز داده‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده می‌شود.

۱-۶ جمع‌آوری اطلاعات

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

- مطالعه و نیاز استان و کشور همجوار (عراق) به سیمان
- انجام مطالعات محلی و منطقه ای
- جمع‌آوری و مطالعه داده‌های مربوط به گزارشات فعالیت‌های انجام گرفته جهت تعیین محل کارخانه
- انجام مطالعات کتابخانه‌ای و جستجوی مقالات علمی برای بررسی سابقه علمی موضوع و شناسایی مهمترین پارامترهای مؤثر جهت تعیین محل کارخانه
- جمع‌آوری داده‌های مربوط به اثرات احداث کارخانه با مطالعه گزارش‌ها
- جمع‌آوری داده‌های مربوط به معیارها و عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه با مطالعه گزارش‌ها
- تهیه نقشه‌های مورد نیاز
- استفاده از روش مصاحبه تخصصی جهت کسب نظر از خبرگان علمی دانشگاه‌ها و کارشناسانی که در صنعت مشغول به کار می‌باشند که هدف از بکارگیری این روش، تکمیل نقایص اطلاعات و رفع ابهام‌های موجود بوده است

۱-۷ فصل بندی مطالب

به طور کلی مطالب این پایان نامه در ۶ فصل ارائه می شود، که فصل اول راجع به کلیات و ضرورت تحقیق بحث می کند و سرفصل بقیه مطالب به شرح زیر می باشد:

فصل دوم- سیمان : در این فصل پس از معرفی سیمان انواع روش های تولید سیمان، ترکیب و ساختار آن مفصلاً توضیح داده شده است.

فصل سوم- عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه سیمان : در این فصل ابتدا اثرات احداث کارخانه سیمان در منطقه بررسی و سپس معیارهای انتخاب محل کارخانه سیمان بررسی می گردد و در پایان گزینه های احتمالی برای احداث کارخانه بیان می شود.

فصل چهارم- روش های تصمیم گیری چندمعیاره و GIS: در این فصل از بین روش های تصمیم گیری چندمعیاره روش AHP فازی به دلیل این که امروزه در حل مسائل چند معیاره نسبت به دیگر روش های تصمیم گیری کاربرد بیشتری دارد و همچنین با توجه با دارا بودن خاصیت مقایسه کردن دو به دوی گزینه ها و معیارها با هم انتخاب و توضیح داده شده است سپس سیستم اطلاعات جغرافیایی توضیح داده می شود.

فصل پنجم- انتخاب محل کارخانه سیمان در منطقه مورد مطالعه: برای انتخاب محل مناسب کارخانه سیمان در استان کردستان ابتدا از نرم افزار ArcGIS برای تعیین یک منطقه برای احداث کارخانه استفاده شده است. سپس برای تعیین بهترین محل از روش های تصمیم گیری چندمعیاره فازی استفاده می شود.

فصل ششم- نتیجه گیری و پیشنهادات: در این فصل نتایج مطالب مطرح شده در فصول ۱ تا ۵ بیان می شود و پیشنهادات لازم نیز ارائه می شود.

فصل دوم

سیمان



۱-۲ مقدمه

محدود بودن منابع، ایجاب می‌کند تا از منابع موجود به صورت بهینه استفاده شده و سرمایه‌ها در مناسب‌ترین راه بکار گرفته شوند عدم استفاده صحیح از سرمایه، نه تنها سرمایه گذار را دچار فرصت‌های از دست رفته می‌نماید بلکه ممکن است او را با زیانهای غیرقابل جبران مواجه سازد. به منظور جلوگیری از اینگونه زیان‌ها و استفاده بهینه از سرمایه، لازم است هر طرح سرمایه‌گذاری قبل از اجرا، با کمک ضوابط و معیارهای منطقی مورد ارزیابی قرار گیرد.

اگر طرح‌های سرمایه‌گذاری، پیشاپیش با روش‌های درست مورد مطالعه و سنجش قرار گیرند، چه بسا از اجرای آنها خودداری شده و یا حداقل با پیش‌بینی‌های لازم از ناتمام رها شدن آنها جلوگیری گردد. استفاده از معیارها و تکنیک‌های مناسب برای ارزیابی طرحها، سرمایه گذار را در تصمیم‌گیری صحیح برای بکار گرفتن سرمایه خود یاری می‌دهد و مانع هدر رفتن سرمایه وی و جامعه می‌گردد.

هر پروژه، یک دوره زندگی مشخص دارد. دوره‌ی زندگی پروژه، از ابتدا تا انتها از مراحل قابل تشخیص و قابل تعریفی تشکیل شده است. در هر یک از مراحل اجرای یک پروژه بنابر موضوع، نوع، طبیعت و اندازه‌ی آن، کارها و فعالیت‌های گوناگونی انجام می‌شود. از این رو مراحل زندگی هر پروژه ممکن است با سایر پروژه‌ها متفاوت باشد این پروسه را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد.

بررسی، تعریف، طراحی، ساختار و اجرا، نصب و راه اندازی مهندسین مشاور و پیمانکاران، معمولاً مراحل بررسی و تعریف یا به عبارت دیگر امکان‌سنجی را فاز یک مرحله طراحی با فاز ۲ و مراحل ساخت، اجرا و نصب و راه اندازی را فاز ۳ می‌نامند. سه نوع تحول زیر، اهمیت احداث کارخانه سیمان را نشان میدهد(طائب، ۱۳۷۴):

تحول اول :

با افزایش ناگهانی قیمت نفت در اوایل دهه ۵۰ و بهبود وضعیت اقتصادی کشور، تمایل به سرمایه‌گذاری در بخش مسکن در شهرهای بزرگ افزایش چشم‌گیری یافت. در این میان و از آنجایی که سیمان نقش اصلی را در ساخت و ساز ایفا می‌نمود، لذا صنعت تولید سیمان مورد توجه خاصی قرار گرفت به گونه‌ای که با ورود و نصب کوره‌هایی با ظرفیت تولید بیش از ۱۰۰۰ تن در روز که قبل از آن سابقه نداشت، تحول اول آغاز گردید. در این دوره، که حتی کوره‌های ۴۰۰۰ تنی وارد کشور شد، ۲۲ خط جدید با مجموع توان ۴۶۰۰۰ تن در روز خریداری و نصب گردید.

نتیجه آن که ظرفیت تولید سیمان با وجود وقوع انقلاب و کندشدن سرعت اجرای طرح‌ها به ۹/۲۳ میلیون تن در سال ۱۳۶۰ رسید رقمی که بیش از ۲۰۰ درصد رشد نسبت به سال ۱۳۵۰ را نشان می‌داد.

تحول دوم :

دومین تحول با پایان جنگ تحمیلی و همزمان با دوران سازندگی در اوایل دهه هفتاد آغاز گردید. در این دوره گشایش اعتبار ۲۰ خط تولید که به جز طرح توسعه سیمان شرق بقیه طرح‌های جدید آن هم در مناطق محروم و دور افتاده بودند به ظرفیت ۴۰۰۰۰ تن در روز انجام شد. بالا بودن ظرفیت طرح‌های فوق و همزمانی آنها به گونه‌ای بود که در اواخر دهه هفتاد عرضه به شدت افزایش یافته و لذا تمایل به سرمایه‌گذاری در این صنعت کاهش یافت، چنان که در سال ۱۳۷۷ ارزش کل سهام سیمان تهران به عنوان بزرگ‌ترین واحد تولید سیمان کشور در بورس به ۱۰۰ میلیارد ریال رسید و حال آن که در همان زمانی برای احداث یک واحد جدید به ظرفیت واحد هفتم سیمان تهران حداقل ۳۰۰ میلیارد ریال بودجه مورد نیاز بود.

تحول سوم :

اما در مدت کوتاهی ورق برگشت. چرا که با افزایش قیمت نفت در بازارهای جهانی، بالا رفتن رشد مصرف سیمان در کشور و بازار خوب صادرات آن به کشورهای همسایه، عدم ظرفیت‌سازی در اواسط دهه ۷۰ و افزایش قیمت سیمان در بازار داخلی تمایل به سرمایه‌گذاری در این صنعت که پیش از آن به عنوان صنعتی دیر بازده، آلوده کننده و از رده خارج مطرح بود، افزایش یافت. این امر که با اختصاص تسهیلات ویژه توسط دولت آقای خاتمی همراه گردید باعث شد تا متاضیان بسیاری جهت احداث واحدهای جدید و یا توسعه و بهینه‌سازی کارخانجات موجود مراجعه کنند (طائب، ۱۳۷۴).

۲-۲ ساخت سیمان

روش‌های مختلفی برای تولید سیمان وجود دارد، چگونگی این روش‌ها و تفاوت اصولی آنها در کتاب «تکنولوژی پخت سیمان» مورد بحث واقع شده است. اصولاً چهار روش برای تولید سیمان وجود دارد (طائب، ۱۳۷۴):

روش تر

روش نیمه تر

روش نیمه خشک

روش خشک

در روش تر و نیمه تر خاک رس مصرفی در دستگاه دوغاب‌ساز تبدیل به دوغاب می‌گردد. سپس دوغاب خاک رس به همراه سنگ آهک در آسیاب مواد خام مخلوط و نرم گشته و تبدیل به دوغاب با غلظت بیشتری می‌شود. پس از تنظیمات لازم توسط آزمایشگاه، بعنوان خوراک کوره مورد مصرف قرار می‌گیرد، در روش نیمه تر، مواد خروجی از آسیاب مواد بصورت دوغاب است و قبل از ورود به کوره بوسیله فیلتر پرس آب آن گرفته می‌شود و بصورت کیک یا اماج (حبه) به کوره تغذیه می‌گردد.

در روش نیمه خشک مواد اولیه بصورت خشک با یکدیگر مخلوط گشته و به آسیاب مواد خام تغذیه می‌گردند. مواد خروجی از آسیاب مواد بصورت پودر است. قبل از تغذیه این پودر به کوره مقداری آب روی آن پاشیده می‌شود و آنرا بصورت اماچ یا حبه درآورده و به کوره تغذیه می‌نمایند.

در روش خشک مواد اولیه خشک وارد آسیاب می‌شود، پودر خروجی از آسیاب مواد، پس از تنظیم، بعنوان خوراک کوره مصرف می‌گردد.

روشهای مختلفی برای تولید سیمان‌های مختلف وجود دارد که عمدتاً بستگی به تکنولوژی مورد استفاده و جنس سیمان دارد، تکنولوژی مورد استفاده برای تولید سیمان به‌مرور دستخوش تحول و پیشرفت بوده است. هم‌اکنون صنعت سیمان با برخورداری از آخرین تکنیک‌های اعجاب‌انگیز، با استفاده از روش خشک و به کمک سیستم‌های اتوماتیک و کامپیوتریزه، شاهد پیشرفت‌های تکنولوژی خصوصاً در سیستم پخت شده است. روش تولید برخی سیمانها نظیر سیمان آلومینایی کاملاً متفاوت با روش تولید سیمان پرتلند می‌باشد.

در این بخش آخرین روش تولید سیمان پرتلند، که عمده ترین سیمان تولیدی در دنیا است و مورد مصرف عام‌تری دارد ذکر می‌شود، در بخش‌های دیگر، بسته به موضوع، در مورد چگونگی تولید سایر انواع سیمان ذکر مطلب خواهد شد.

۲-۲-۱ مواد اولیه سیمان پرتلند

مواد اولیه سیمان پرتلند اساساً شامل مواد آهکی و رسی می‌باشد. بدین معنی که در تهیه سیمان پرتلند از مواد خامی استفاده می‌شود که حاوی کربنات کلسیم و ترکیبات آلومینیوسیلیکات‌ها باشند. سنگ آهک (کربنات کلسیم) قسمت عمده مواد خام سیمان را تشکیل می‌دهد. پس از سنگ آهک، خاک رس (خاک

معمولی) دومین جسم تشکیل‌دهنده مواد خام سیمان است که تامین کننده آلومین، سیلیس و اکسیدهای دیگر مورد نیاز در ترکیب سیمان می‌باشد.

این دو مواد را آنچنان با یکدیگر مخلوط می‌نمایند که درصد کربنات کلسیم در مخلوط حاصله در حدود ۸۵-۸۷ درصد باشد. تفاوت این درصد، بستگی به نوع سیمان دارد.

در موارد زیادی، عمل مخلوط کردن این دو ماده بصورت طبیعی و بوسیله طبیعت انجام شده است و حتی مواردی ملاحظه گردیده است که نسبت مخلوط دقیقاً معادل نسبت مطلوب می‌باشد، مخلوط طبیعی سنگ آهک و خاک رس را بنام مارل می‌نامند. در برخی کشورهای صنعتی، به جای یکی از این دو ماده از ضایعات صنعتی سایر صنایع نیز استفاده می‌شود. در تهیه انواع مختلف سیمان، نیاز به استفاده از مواد معدنی دیگری نظیر سنگ آهن، سنگ سیلیس و بوکسیت نیز وجود دارد، که مقدار آنها جزئی و در حد چند درصد است. منظور از اضافه کردن آنها رسیدن به ترکیب مطلوب فازی کلینکر و بالنتیجه خواص فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز در سیمان می‌باشد. پس از ریختن کلینکر، در حدود ۴ درصد سنگ گچ نیز بعنوان متعادل‌کننده گیرش، در موقع آسیاب کردن کلینکر در آسیاب سیمان، مصرف می‌گردد. (طائب، ۱۳۷۴).

پوزولان‌ها یکی از مواد افزودنی سیمان می‌باشند. به دودسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند که پوزولان‌های طبیعی شامل توف‌ها و خاکسترهای آتشفشانی با ترکیب داسیتی تا ریوداسیتی بوده، درحالی‌که پوزولانهای مصنوعی شامل سر باره‌های ذوب فلزات، رس و شیل پخته شده و خاکسترهای حاصل از سوخت ذغال هستند. امروزه از پوزولان‌های مصنوعی در کشورهای صنعتی به عنوان ماده افزودنی به سیمان پرتلند استفاده فراوان می‌شود. در ترکیب شیمیایی این مواد نیز مقدار زیادی سیلیس فعال (شیشه ای) وجود دارد که از این نظر بسیار شبیه پوزولان طبیعی هستند. آنچه که استفاده از پوزولان‌های طبیعی و مصنوعی را در صنایع سیمان امکان پذیر ساخته (بطوریکه در حال حاضر حجم

زیادی از تولیدات سیمانی دنیا را سیمان‌های پوزولانی تشکیل می‌دهد) قابلیت هیدرولیک و خواص پوزولانی آنها است. در اغلب کشورها سیمان‌های پوزولانی دارای استاندارد‌های مشخصی بوده و تولید آنها علاوه بر مزایای فوق به خاطر نیل به اهداف زیر است (طرح توجیهی کارخانه سیمان بیجار، 1370):

۱- پایین آوردن مصرف انرژی

۲- کاربری ساده تر

۳- پایین آوردن قیمت تمام شده سیمان

۴- بالا بردن مقاومت شیمیایی سیمان

۲-۲-۲ استخراج مواد اولیه

معادن مواد اولیه سیمان، خصوصاً سنگ آهک، مارل، خاک رس، سنگ گچ، و امثالهم بصورت معادن روباز می‌باشد، در استخراج موادی نظیر سنگ آهک، سنگ آهن و سنگ گچ نیاز به چال‌زنی و انجام انفجار می‌باشد.

مواد اولیه نظیر خاک رس و مارل نیاز به چال‌زنی و انفجار ندارد و صرفاً از بولدوزر و یا دستگاه‌های مشابه جهت دپو کردن مواد استفاده می‌شود. بارگیری مواد اولیه سیمان بوسیله لودر یا بیل مکانیکی صورت می‌گیرد و حمل این مواد بوسیله کامیون، نوار تفراله، واگن‌های زمینی، یا هوایی انجام می‌شود. استفاده از روش‌های مختلف استخراج بارگیری و حمل مواد اولیه تا کارخانه بستگی به عوامل مختلف از جمله فاصله معدن تا کارخانه مسیر حمل، نوع معدن و عوامل اقتصادی نظیر سرمایه گذاری روی نیروی انسانی یا ماشین‌آلات دارد. مواد اولیه استخراج شده از معادن مختلف دارای ابعاد و شکل‌ظاهری متفاوتی می‌باشد و بصورتی که استخراج گردیده‌اند، قابل استفاده مستقیم در کوره نمی‌باشد، می‌بایستی اعمال زیر به ترتیب روی آنها انجام شود (طائب، ۱۳۷۴):

در ابتدا مواد اولیه بایستی خرد شوند و به ابعادی تا حدود کمتر از ۱۰ سانتیمتر برسند، سپس در صورت ضرورت و همچنین در صورتی که مقدار رطوبت بالا باشد، می‌بایستی خشک شوند، پس از خرد شدن و خشک شدن، در سیستم‌های مدرن، مواد اولیه اصلی، به نسبت‌های لازم با یکدیگر مخلوط مقدماتی شده و سپس راهی دستگاه‌های پودرساز (آسیاب) می‌شوند. در این قسمت از خط تولید علاوه بر افزودن مواد اولیه فرعی لازمه، تنظیمات نهایی مخلوط مواد خام که بنام خوراک کوره موسوم است، انجام شده و جسم حاصله که بصورت گردی نرم و حاوی ترکیبات لازم است آماده تغذیه به کوره می‌باشد.

۲-۳-۲ خرد کردن مواد اولیه

رقم عمده مواد اولیه مصرفی مواد آهکی، مواد آهکی بصورت سنگ آهک صخره ای، لایه لایه و نسبتاً سخت می‌باشند، بدلیل صخره ای بودن این ماده اولیه و همچنین مواد اولیه دیگری (مواد کمکی) نظیر سنگ آهن و سنگ سیلیس، وجود دستگاه‌های سنگ‌شکن یا خردکن در کارخانه سیمان، از ضرورت است، خاک رس معمولاً به همراه مقداری کلوخه‌های درشت و خرده سنگ است، که برای خرد کردن آنها یا از خرد کردن جداگانه و یا از خرد کردن مربوط به سنگ‌آهک استفاده می‌نمایند. برای خرد کردن سنگ آهک (یا مواد اولیه با ابعاد بالا) از دستگاه‌های خردکن با طرح‌های گوناگون استفاده می‌شود که از جمله آنها (طائب، ۱۳۷۴):

سنگ‌شکن متحرک

اصولاً سنگ‌شکن‌ها یا در کنار کارخانه و یا در کنار معدن می‌باشند، در مواردی که سنگ‌شکن در معدن واقع شده است، به دلیل عقب‌نشینی تدریجی معدن (ناشی از مصرف روزانه) برای صرفه‌جویی در ماشین‌آلات بارگیری و حمل اقدام به استفاده از سنگ‌شکن‌های متحرک می‌شود، مواد خرد شده توسط

این سیستم، بوسیله نوار تفاله یا کامیون به کارخانه فرستاده می‌شود، معمولاً در صورتی که فاصله کمتر از ۵ کیلومتر باشد مقرون به صرفه است که از نوار تفاله یا واگن‌هوایی استفاده شود.

سنگ‌شکن ثابت

اصولاً انتخاب نوع سنگ‌شکن بستگی به نوع و جنس سنگ مصرفی و ابعاد مورد نیاز سنگ خرد شده دارد. در مواردی جنس و سختی سنگ آنچنان است که با یکبار خردکردن، منظور برآورده می‌شود، در مواردی سنگ مصرف آنچنان سخت است که می‌بایستی عمل خردکردن در یک یا دو یا سه مرحله صورت گیرد. مواد خروجی از سنگ‌شکن‌ها بایستی دارای ابعاد محدودی باشند، از جمله اینکه در کارخانجاتی که دارای آسیاب مواد خام گلوله‌ای هستند، اندازه خوراک ورودی به آسیاب باید در فاصله بین صفر تا سی میلیمتر باشد، از جمله انواع مختلف سنگ‌شکن که در صنعت سیمان مورد مصرف دارند عبارتند از:

سنگ‌شکن فکی، مخروطی، ضربه‌ای، چکشی، استوانه‌ای که نوع کاربرد هر یک بستگی به جنس مواد دارد. سنگ‌شکن‌های ثابت در ابتدای خط تولید سیمان قرار دارند، مواد اولیه بوسیله کامیون یا واگن در داخل قیف این سنگ‌شکن‌ها تخلیه می‌گردند و پس از خردشدن از طریق نوار تفاله راهی سالن ذخیره می‌شوند. ظرفیت سنگ‌شکن و ماشین‌آلات معدن آنچنان انتخاب می‌گردند که با پنج‌روز کار در هفته و یک نوبت کار در هر روز (۸ ساعت در روز) نیاز کارخانه به مواد اولیه برآورده و تامین گردد. بعنوان مثال در مورد کارخانه‌ای که دارای ظرفیت تولید سالانه یک میلیون تن سیمان است، حدوداً ۱.۵۵ میلیون تن مواد خام مورد نیاز است که با توجه به ۳۲۰ روز کار سالانه، معادل ۴۸۵۰ تن در روز می‌شود. از این رو ظرفیت سنگ‌شکن برای این چنین واحدی حداقل ۶۰۰ تن است که باتوجه به نوسانات تولید و امکان تعمیرات ناخواسته، عملاً معادل ۷۰۰ تن در ساعت انتخاب می‌گردد (طائب، ۱۳۷۴).

۲-۲-۴ مخلوط کردن اولیه و ذخیره‌سازی

قبل از اینکه مواد خرد شده در سنگ‌شکن، راهی آسیاب مواد جهت پودر شدن شوند، بداخل سالی ریخته می‌شوند تا بدینوسیله هم مقدماً با یکدیگر مخلوط شوند و هم اینکه، این سالن نقش انبار و ذخیره‌سازی را داراست. سالن مواد از جمله مهمترین قسمت‌های خط تولید است که دارای نقشهای زیر است:

چون معدن و سنگ‌شکن فقط روزها کار می‌کنند و معمولاً در هفته یک روز نیز تعطیل می‌باشند، وجود این سالن بعنوان محلی برای ذخیره‌سازی و مخلوط کردن مقدماتی مواد خام، ضرورت دارد.

چون کوره شبانه‌روز کار می‌کند، از اینرو لازم است آسیاب مواد، که نیاز به گازهای کوره برای خشک کردن و جابجایی مواد دارد، شبانه‌روز کار نماید، وجود این سالن، کار شبانه‌روزی آسیاب مواد را تضمین می‌نماید.

در برخی کارخانجات، انواع مواد خام بصورت جداگانه ذخیره می‌گردند و در برخی دیگر، تعدادی از مواد اولیه نظیر سنگ آهک و خاک ضمن ذخیره شدن در سالن با یکدیگر مخلوط می‌گردند، این مخلوط‌شدن اولیه نیاز به تجهیزاتی نظیر ریزنده و خراشنده دارد.

در برخی موارد این مخلوط کردن اولیه آنچنان کامل است، که عملاً در صد تنظیم مواد تا حد صد درصد است. در مواردی دیگر، درصدی از تنظیم در سالن مواد انجام می‌گیرد و سپس تنظیم کاملتر در آسیاب مواد صورت می‌پذیرد (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۵ خشک کردن مواد اولیه

در برخی کارخانجات سیمان، بدلیل موقعیت خاص جغرافیایی و باران خیز بودن منطقه برخی از مواد اولیه (خصوصاً خاک رس)، دارای آن میزان رطوبت هستند که استفاده مستقیم از آنها در سالن مواد یا آسیاب مواد، امکان‌پذیر نیست. دلیل این عدم امکان، خصوصاً چسبندگی زیاد مواد می‌باشد، از اینرو قبل از

ذخیره‌سازی، اینگونه مواد را خشک می‌نمایند. ممکن است انواع مختلفی از خشک‌کن مورد استفاده قرار بگیرد که از جمله آنها خشک‌کن دوار است که شباهت زیادی به کوره سیمان دارد. این خشک‌کن‌ها می‌توانند رطوبت خاک را از ۲۵ درصد به ۳ درصد کاهش دهند، در این خشک‌کن‌ها جریان مواد مرطوب و گاز گرم هم جهت با یکدیگر است (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۶ پودر کردن مخلوط مواد خام

در روش خشک تولید سیمان، ضرورت دارد که مواد خام قبل از ورود به کوره بصورت پودر درآیند. در ضمن برای جلوگیری از کلوخه‌شدن و همچنین پایین آوردن چسبندگی مواد، بایستی تاحد امکان قبل از فرستادن پودر موادخام به سیلوهای ذخیره، خشک و رطوبت‌گیری شود. برای این منظور از سیستم‌های مختلف، که به طور هم‌زمان خشک و پودر می‌کنند، استفاده می‌شود. از جمله معروفترین این سیستم‌ها که در صنعت سیمان مورد کاربرد عام تری دارند، آسیاب مواد گلوله‌ای (بشکه‌ای) و آسیاب مواد غلطکی می‌باشند (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۷ تنظیم مواد خام

پس از پودر شدن موادخام، پودر حاصله را در سیلوهای موادخام و ذخیره می‌نمایند. از پودر حاصله توسط آزمایشگاه نمونه‌برداری می‌شود، و پس از آنالیزهای مقدماتی و همچنین برخی آزمایشات فیزیکی و انجام تنظیمات لازمه، آنچه که بدست می‌آید بنام خوراک کوره موسوم است. بسته به نوع سیمان، ترکیب مواد خام متفاوت است ولی عمده‌ترین فاکتورهایی که مورد آزمایش قرار می‌گیرند عبارتند از: درصد کربنات، درصد اشباع آهک (استاندارد آهک) مدوله‌های مختلف، نرمی و رطوبت مواد خام.

در آسیاب‌های مواد مسیره‌های مختلفی برای تغذیه در نظر گرفته شده است، که از هر مسیر یک نوع مواد خاک و یا ترکیبی از چند نوع موادخاک، وارد آسیاب می‌گردد: مثلاً برای ساخت سیمان‌های ضدسولفات،

حتماً نیاز به استفاده از سنگ آهن و سنگ سیلیس وجود دارد، این دو ماده اولیه از طریق دو قیف جداگانه به آسیاب تغذیه می‌گردند. برای دستیابی به سیمان با ترکیب مطلوب می‌بایستی مخلوط مواد خام، آنچنان ترکیبی داشته باشد که پس از پخت، کلینکر با ترکیب لازم بدست آید. در عمل، ترکیبات مواد خام را بصورت نسبت‌هایی (مدول‌هایی) از درصد اکسیدهای عناصر موجود در مواد خام بیان می‌کنند (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۸ سیلوهای مواد خام

عامل عمده ای که در یکنواخت کارکردن کوره و بالابردن کیفیت کلینکر و بالنتیجه سیمان موثر است، یکنواختی ترکیب خوراک کوره، خوب مخلوط شدن و همگن بودن آن می‌باشد. بمنظور همگن کردن یا هموژنیزه کردن مطلوب مواد خام از سیلوهای ذخیره مجهز به سیستم‌های پنوماتیک استفاده می‌شود. این سیلوه‌ها عموماً از بتن ساخته شده‌اند و طرح آنها طوری است که قادر به بهم زدن مواد توسط او همچنین نقل و انتقال مواد بوسیله هوا می‌باشند. بدین صورت که کف سیلو مفروش از سرامیک‌های متخلخل و یا ایراسلاید است. ایراسلاید، محفظه، دو جداره‌ای است که جداره روی آن پارچه است و در داخل جداره هوا دمیده می‌شود، هوا با عبور از پارچه وارد مواد می‌گردد و ضمن بهم زدن مواد، از سیلو خارج می‌شود. در هر کارخانه چند سیلوی تنظیم و ذخیره مواد خام وجود دارد که انواع و طرحهای متفاوتی دارند، مواد خام از بالای سیلو وارد سیلو می‌شود و پس از تنظیمات لازم، از پایین سیلو تخلیه و به کوره تغذیه می‌گردد. ظرفیت سیلوه‌ها معمولاً معادل ۵ روز مصرف کوره می‌باشد (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۹ پیش‌گرم کن

پس از تهیه و تنظیم مواد خام و اطمینان از مناسب بودن ترکیب آن، آماده برای پخت می‌باشد. سیستم-های گوناگونی برای پخت سیمان وجود دارد که در اینجا به آخرین نوع از سیستم پخت سیمان که جایگزین و حاکم بر سایر انواع قدیمی است اشاره می‌گردد. مواد خام سیمان، متشکل از کربنات‌ها و سیلیکات‌ها می‌باشند، می‌بایستی این مواد پخته شوند و بصورت اکسیدهای عناصر تشکیل‌دهنده مواد خام و همچنین فازهای (کریستال‌های) متشکل از این اکسیدها، درآیند. برای این منظور، عمل پختن و تشکیل فازها در سه قسمت صورت می‌گیرد: ۱- پیش‌گرم کن ۲- کوره ۳- خنک کن.

در این بخش، اشاره‌ای به اصول کار و علت وجودی این سیستم‌ها می‌شود:

وظیفه پیش‌گرم کن گرفتن رطوبت سطحی باقیمانده در مواد خام، آب تبلور، تجزیه مقدماتی سیلیکات‌ها و همچنین کلسینه کردن (آهک کردن) بخش از کربنات‌های موجود در مواد خام می‌باشد. پیش‌گرم‌کن‌های سیلیکونی معمولاً متشکل از چهار طبقه سیلکون می‌باشند، پیش‌گرم‌کن‌های سیلیکونی معمولاً متشکل از چهار طبقه سیلکون می‌باشند که مواد خام از طبقه سوم وارد آنها می‌گردد، از پایین‌ترین قسمت پیش‌گرم‌کن، گازهای گرم خروجی، از کوره وارد پایین‌ترین سیلکون می‌شوند، طرح سلکون‌ها و نحوه جریان گاز و پودر مواد، طوریست که ایجاد محیط گردبادی و شناور می‌شود، به دلیل ایجاد این محیط بشدت تبادل حرارت بین گاز و مواد صورت می‌گیرد، پایین سلکون‌ها قیفی شکل است و باعث جدا شدن ذرات جامد داغ شده از فاز گازی می‌شوند.

حدود چند دهه است که در پایین‌ترین قسمت پیش‌گرم‌کن، محفظه ای بنام دستگاه تکلیس یا دستگاه پری‌کلسیناسیون، قرار داده شده است، این محفظه که معمولاً دارای شکل سیلکون است، مجهز به چند مشعل می‌باشد، و باعث می‌گردد درصد بیشتری CO_2 از کربنات‌ها آزاد شود، بالنتیجه مواد پخته تر وارد کوره می‌شود و بار حرارتی کوره کاهش می‌یابد (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۰ کوره دوار

قسمت اصلی عمل پختن در کوره صورت می‌گیرد، کوره سیمان، یک استوانه فلزی است که طول و قطر آن، متناسب با ظرفیت کارخانه می‌باشد، مثلاً یک کارخانه دو هزارتنی، دارای کوره به قطر حدود ۵ متر و طول ۷۰ متر می‌باشد، البته ابعاد دقیق‌تر بستگی به پارامترهای متعدد، منجمله سیستم پیش گرم‌کن، دارد. این استوانه با شیب حدود ۳-۴ درصد، روی چند پایه مجهز به غلطک، خوابیده است و دارای حرکت دورانی می‌باشد، خوراک کوره پس از طی مسیر پیش گرم‌کن از انتهای کوره، وارد کوره می‌شود، بدلیل وجود شیب و حرکت دورانی مواد به سمت خروجی کوره و منطقه پخت سرازیر می‌گردد.

در انتهای دیگر کوره، یک مشعل تعبیه شده که با استفاده از سوخته‌های مختلف، ایجاد محیط حرارتی با درجه حرارت بالای ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد را می‌نماید. بدلیل وجود فن‌های مکند قوی در انتهای پیش گرم‌کن، جهت شعله و مسیر حرکت گازهای حاصل از سوخت، بسمت عقب کوره و پیش گرم‌کن می‌باشد. از اینرو جریان گاز و مواد در داخل کوره، بصورت خلاف جهت یکدیگر است.

خوراک کوره در ضمن طی مسیر در ابتدا تکلیس می‌گردد، سپس با تکمیل عمل تجزیه سیلیکاتها در قسمت‌های بعدی، ترکیب اکسیدها با یکدیگر به مرور شروع می‌گردد. درجه حرارت منطقه پخت، آنچنان انتخاب می‌شود که خوراک کوره، تا حدی ذوب ناقص (گداخته) شود و مقداری فاز مایع بوجود آید. در محیط فاز مایع، فازها یا کریستال‌های سیمان تشکیل می‌گردند، بدون تشکیل این فازها (مینرال‌ها، کریستال‌ها) خواص لازمه در سیمان پدید نخواهد آمد. آنچه که از کوره خارج می‌گردد، کلینکر نام دارد، که بصورت دانه‌های خاکستری یا قهوه‌ای رنگ می‌باشد و برای پختن هر کیلوگرم آن حدوداً ۸۰۰ کیلوکالری انرژی حرارتی، صرف می‌گردد. مقدار کلینکر خروجی از کوره حدوداً ۶۰ درصد مقدار مواد خام ورودی به پیش گرم‌کن می‌باشد، ۴۰ درصد مابقی عبارتست از رطوبت و گازهایی نظیر CO₂ جدا شده از کربنات‌ها، که بهمراه گازهای کوره، از سیستم خارج می‌گردند (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۱ خنک‌کن (کولر)

کلینکر خروجی از کوره دارای درجه حرارتی حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه می‌باشد. بازیابی این مقدار حرارت و همچنین مشکل بودن جابجا کردن کلینکر داغ، ضرورت سردکردن آن را ایجاب می‌نماید، خاصیت اساسی دیگر سردکردن کلینکر، تکمیل تشکیل کریستال‌های کلینکر و بالارفتن کیفیت آن می‌باشد.

انواع مختلف سیستم‌های خنک‌کن وجود دارد که ورود در بحث آنها، خارج از حیطه اهداف این کتاب است، بطور خلاصه، در انواع مختلف این خنک‌کنها، هوای سرد محیط بداخل خنک‌کن دمیده یا مکیده می‌شود و در اثر تماس هوای محیط با کلینکر داغ، کلینکر سرد گردیده و درجه حرارت آن تا حدود ۲۰۰- ۱۰۰ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد. هوای ورودی به خنک‌کن (کولر) پس از گرم شدن، با درجه حرارتی حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد، وارد کوره می‌شود و بدین وسیله هوای لازم برای سوختن تأمین می‌گردد. در کورلرها حدود ۲۵۰-۲۰۰ کیلوکالری حرارت از هر کیلوگرم بازیابی می‌گردد. از انواع معروف خنک‌کنها، خنک‌کن مشبک (گریت) ، خنک‌کن سیاره‌ای (گوشواره ای) و خنک‌کن دوار و خنک‌کن عمودی می‌باشند (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۲ سیلوی کلینکر

کلینکر خروجی از خنک‌کن قبل از ورود به آسیاب سیمان، در سیلو، یا انبار یا سالن ذخیره می‌گردد، وجود انبار کلینکر از این بابت ضرورت دارد که اولاً با ذخیره کردن کلینکر، بار ورودی به آسیاب هم‌خنک‌تر است و هم اینکه مستقل از نوسانات تولید کوره، می‌باشد. انبارهای ذخیره کلینکر شکل‌ها و طرح‌های

گوناگونی دارد، معمولاً ظرفیت این انبارها معادل یک ماه ظرفیت اسمی تولید کارخانه، در نظر گرفته می‌شود (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۳ آسیاب سیمان

برای پودر کردن کلینکر حاصل از پخت مواد از آسیاب‌های گلوله‌ای استفاده می‌شود. در این قسمت از خط تولید به‌مراه کلینکر ورودی به آسیاب سیمان، مقداری گچ خام نیز به آسیاب تغذیه می‌گردد. پودر حاصل از پودر شدن کلینکر و گچ خام در آسیاب سیمان، بنام سیمان نامیده می‌شود. آسیاب‌های گلوله‌ای سیمان، دارای طرح‌های گوناگونی می‌باشند، جزء لاینفک کلینکرهای گلوله‌ای جدید، دستگاه سپراتور (جداکننده) می‌باشد که سیمان خروجی از آسیاب قبل از ورود به سیلوهای ذخیره سیمان، وارد این قسمت می‌گردد. سپراتور نقش جداکننده ذرات درشت سیمان از ذرات نرم و برگرداندن ذرات درشت به داخل آسیاب جهت پودر شدن کاملتر را دارد (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۴ سیلوهای سیمان

سیلوهای سیمان، به منظور ذخیره‌سازی سیمان تولیدی توسط آسیاب سیمان ساخته می‌شود. معمولاً، ظرفیت تولید آسیاب سیمان آنچنان در نظر گرفته می‌شود که با کار شبانه‌روزی جوابگوی تولید کوره، باشد. ولی سیستم بارگیری کیسه یا فله آنچنان است که معمولاً یک یا دو نوبت در روز بارگیری انجام می‌شود. بدلیل فوق و همچنین توقف‌های احتمالی آسیاب سیمان و خنک‌تر شدن سیمان، ضرورت وجود سیلوهای سیمان، حتمی است. سیلوهای جدید، سیمان بتنی است، همانند سیلوهای موادخام کف آنها بوسیله ارسلاید مفروش است و متناوباً از طریق این ایراسلایدها، هوای محیط به داخل سیمان دمیده می‌شود. هدف از دمیدن هوا خنک‌تر کردن سیمان و پیشگیری از فشرده و کلوخه‌شدن سیمان در سیلوه‌ها

می‌باشد. انتقال سیمان، از آسیاب سیمان به سیلوها بوسیله هوا صورت می‌گیرد. سیمان معمولاً در هر کارخانه چهار سیلوی سیمان بقطر ۱۶-۱۴ متر و ارتفاع ۳۵-۴۵ متر، وجود دارد (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۵ بارگیرخانه

بارگیری سیمان بدو صورت انجام می‌گیرد: یکی بصورت پاکت و دیگری بصورت فله، بارگیرخانه در انتهای خط تولید قرار دارد، باتوجه به موقعیت محلی کارخانه ممکن است دارای امکانات مختلف بارگیری، نظیر بارگیری در کامیون، کشتی، واگن چه بصورت کیسه و یا چه بصورت فله باشد.

بوسیله ارسال سیمان از سیلوها خارج می‌گردد، سپس توسط الواتور کاسه‌ای به قسمت بالای بارگیرخانه و بداخل مخازن (قیف)های دستگاه بارگیری هدایت می‌شود. در هر بارگیرخانه تجهیزات لازم برای بارگیری کیسه یا فله وجود دارد. بارگیری فله، بسیار ساده و ارزان است، برای این منظور سیمان به کمک هوا جابه‌جا شده و وارد وسیله حمل می‌شود. برای بارگیری کیسه، در ابتدا سیمان وارد مخزن دستگاه بسته‌بندی می‌شود، این دستگاه آنچنان طراحی شده است که قادر است بطور اتوماتیک کیسه‌های خالی سیمان را بمقدار معین (معمولاً ۵۰ کیلو) از سیمان پرکند، سپس کیسه‌های پرشده را روی نوار نقاله جهت ارسال بوسیله حمل، هدایت نماید.

در صنعت سیمان ایران عموماً از دستگاه بسته‌بندی ساخت کمپانی، هاوراند بوکر، استفاده می‌شود. این دستگاه مجهز به یک قیف جهت ذخیره سیمان و تعداد هشت شیر بارگیری است و دارای حرکت دورانی می‌باشد. پاکتهای خالی سیمان بصورت دستی یا اتوماتیک به شیر بارگیری وصل می‌گردند، ضمن یک دور چرخش دستگاه بسته‌بندی پاکت پر می‌گردد. در انتهای مسیر چرخش، پاکت پر شده پس از چند تغییر مسیر، نهایتاً از طرق نوار نقاله متحرک و گردان بداخل وسیله حمل (کامیون، واگن، کشتی) هدایت

می‌گردد. سیستم‌های بسته‌بندی بارگیری به صورت‌های ساده و دستی تا انواع مدرن کاملاً اتوماتیک وجود دارند (عزیزیان، ۱۳۶۳).

۲-۲-۱۶ مواد خام و خردایش آنها

از مواد آهکی و رسی معمولاً در طبیعت یافت می‌شوند، برای تهیه سیمان استفاده می‌کنند، از طریق مواد آهکی اکسید کلسیم و از طریق مواد رسی، اکسیدهای سیلیسیم، آهن و آلومینیوم تأمین می‌شود.

۲-۲-۱۶-۱ مواد آهکی

از جمله مهمترین منابع آهک، سنگ آهک است که به شکل‌های مختلفی نظیر سنگ های آهک رسوبی، مرجانی، کربناتیت و .. یافت می‌شود. سنگ آهک شامل کربنات کلسیم است که پایدارترین شکل آن کلسیت نامیده می‌شود. علاوه بر کربنات کلسیم، سنگ آهک دارای مینیزیم، آلومینیوم و کربنات‌ها و سیلیکات‌های ترکیب نیافته می‌باشد. میزان کربنات کلسیم سنگ‌های نرم متفاوت است. ناخالصی‌های آن غالباً شن و سنگریزه هستند. سنگریزه به راحتی خرد می‌شود، اما در مواردی سخت است که علت آن کریستالیزاسیون قبلی کلسیت در حفره های سنگ است. از جمله مهمترین ناخالصی‌های سنگ‌های آهک، ترکیبات فلئوئوردار، اکسیدهای فلزی و سولفیدها و فسفات‌ها هستند. سنگ‌های آهک‌های ثانویه و مرجانی از اهمیت کمی برخوردارند و دارای ناخالصی‌های زیادی هستند. کربناتیت نوعی از سنگ آهک همراه با ترکیبات آتشفشانی است و دارای مواد معدنی مثل آپاتیت، فلدسپار و ... می‌باشد. برای مقایسه، میزان نسبی کربنات کلسیم در سنگ‌های مختلف به صورت درصد جرمی، در ذیل آورده شده است. شایان ذکر است، مارل عنوان عالی است که به کانه طبیعی محتوی سنگ آهک و خاک رس اطلاق می‌شود (عزیزیان، ۱۳۶۳):

سنگ آهک خالص	بیش از ۹۵٪ کربنات کلسیم
سنگ آهک مارل دار	۹۵٪ - ۸۵٪ کربنات کلسیم
مارل آهکی	۸۵٪ - ۷۰٪ کربنات کلسیم
مارل	۷۰٪ - ۳۰٪ کربنات کلسیم
مارل رسی	۳۰٪ - ۱۵٪ کربنات کلسیم
خاک رس	کمتر از ۵٪ کربنات کلسیم

بعضی از سنگ آهک‌ها دارای دولومیت $(Ca)_x(Mg)_y(CO_3)_2$ هستند و به صورت MgO در مواد خام منظور می‌شود (طائب، ۱۳۷۴).

۲-۱۶-۲-۲ مواد رسی

در نتیجه فرایندهای طبیعی، بسیاری از مواد قابل حل در صخره‌ها و سنگ‌ها، از آنها جدا شده و اکسیدهای نامحلول نظیر سیلیس، اکسید آهن و اکسید آلومینیوم در آنها باقی می‌ماند. از رایج ترین مواد رسی، خاک رس و شیل و مارل‌ها هستند. خاک رس و شیل از لحاظ شیمیایی مشابه یکدیگرند، اما از لحاظ فیزیکی خواص متفاوتی دارند، لذا لازم است از روش‌های مختلفی برای کاهش اندازه آنها استفاده کرده (خاک رس خاصیت پلاستیکی دارد). کائولین نوعی خاک رس است که در اثر متلاشی و خرد شدن گرانیت ایجاد می‌شود و درصد زیادی اکسید آلومینیوم و درصد بسیار کمی اکسید آهن دارد، لذا در تولید سیمان سفید از آن استفاده می‌کنند. شیبست‌ها در اثر کریستالیزاسیون مجدد مواد معدنی در خاک رس رسوبی و شیل‌ها ایجاد می‌شوند و حاوی اکسیدهای آهن و آلومینیوم و سیلیس هستند.

علاوه بر مواد معدنی رسی، خاک رس حاوی مقادیر متفاوتی کوارتز (SiO_2)، کلسیت ($CaCO_3$) گچ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) لیمونیت ($FeO(OH)$)، پیریت (FeS_2) و فلدسپار (آلومیناسیلیکاتها) و ذرات کربن می‌باشد (طائب، ۱۳۷۴).

۲-۲-۱۷ اجزاء تصحیحی و اجزا فرعی

هدف از افزودن اجزاء تصحیحی، رسیدن به ترکیب شیمیایی مواد خام مناسب و افزایش بازدهی پخت آنها است. این مواد (تصحیح کننده) بیشتر حاوی اکسیدهایی هستند که در مواد اولیه سیمان لازم است وجود داشته باشند. برای افزایش مقدار اکسید سیلیسیم از شن کوارتزی، برای افزایش مقدار اکسید آهن از سنگ آهن، برای افزایش مقدار اکسید آلومینیوم از بوکسیت یا کائولین و برای افزایش مقدار اکسید کلسیم از مواد آهکی به عنوان تصحیح کننده استفاده می کنند. یکی از محققین (Gouda) عقیده دارد، که اگر مقدار سیلیس در ماده خام زیاد و اکسید آلومینیوم کم باشد، می توان برای تصحیح آن آلومینا و یا اکسید آهن اضافه کرد، اما افزودن آلومینا بیشتر ترجیح داده می شود اگر مقدار سیلیس کم، و مقدار آلومینا زیاد باشد، بیشتر ترجیح داده می شود که اکسید آهن اضافه گردد (طائب، ۱۳۷۴).

در بعضی از حالات، مواد مضر نظیر قلیایی (K_2O , Na_2O) و سولفات ها (به صورت گچ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) و یا به صورت SO_3) و مقادیری از کلریدها به همراه مواد وارد خوراک خام می شوند. این مواد مشکلاتی را خصوصاً در فرایند پخت ایجاد می کنند، اگر مقادیر این مواد فرعی از حدی بیشتر شود، اثرات سوء را خواهد داشت. در جدول ۱-۲ محدوده قابل قبول این اجزاء و اثرات آنها گردآوری شده است. (طائب، ۱۳۷۴).

۲-۲-۱۸ مصرف آب

مقدار آب لازم متناسب با شرایط محلی (برای مثال آب و هوا) و روش تولید تغییر می کند. برای روش خشک که ترجیحاً امروزه بیش از سایرین مطرح است، عوامل مرتبط با آب و هوا در جدول ۲-۲ به عنوان نقاط راهنما داده شده اند.

جدول ۱-۲ اعداد راهنما برای آب مصرفی در کارخانه سیمان (روش خشک)

عنوان	واحد	خط ۱	خط ۲	خط ۳	خط ۴
توان تولید سیمان	t/d	۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰
مقدار آب خنک	M ³ /h	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۶۰
آب نشتی و تبخیر %	M ³ /h	۶	۸	۱۰	۱۶
آب پاششی	M ³ /h	۸	۱۰	۲۰	۲۸
آب جایگزین توسط آب تازه	M ³ /h	۱۴	۱۸	۳۰	۴۴

مقدار آب آشامیدنی به میزان $5/0 \text{ m}^3$ در روز برای هر نفر در نظر گرفته می‌شود. مقدار آب جریان یافته به عنوان مصرفی حدوداً $5 \text{ m}^3/\text{h}$ مساوی $120 \text{ m}^3/\text{d}$ می‌باشد. در اثر تعویض شیفت با مصرف‌گذاری m^3/h ۳۰ تا ۲۰ محاسبه می‌شود. ذخیره حداقل 20 m^3 آب آشامیدنی برای مثال در منبع آب توصیه می‌شود. کل آب مصرفی متشکل از آب چرخشی، که برای خنک کردن یکایک ماشین‌ها بکار می‌رود و آب پاشیدن و آب آشامیدنی می‌باشد. اعداد تقریبی به طور مستمر از جدول ۲-۳ استخراج می‌شود.

جدول ۲-۲ اعداد تقریبی برای آبی که دائماً جایگزین می‌شود.

عنوان	واحد	خط ۱	خط ۲	خط ۳	خط ۴
توان تولید سیمان	t/d	۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰
آب جایگزین	M ³ /h	۱۴	۱۸	۳۰	۴۴
آب آشامیدنی	M ³ /h	۵	۵	۵	۵
کل آب تازه ورودی	M ³ /h	۱۹	۲۳	۳۵	۴۹
مقدار روزانه	M ³ /h	۴۵۶	۵۵۲	۸۴۰	۱۱۷۶

در اثر گرم و سرد شدن متناوب آبی در سیستم بسته خنک کنف بخشی از آب در اثر تبخیر به تأسیسات برگشت (وان شستشو و برج خنک کن) نمی‌یابد و در اثر نشست از دست می‌رود. علاوه بر این، مقداری آب که برای پاشش (برای خنک کردن آسیاب‌های سیمان، در کولرهای گوشواره ای کلینکر، در الکتروفیلترها، برای خنک کردن دوره کوره دوار خشک و غیره) و برای مصارف نوشیدن و نظافت مصرف

می‌شود، از بین می‌رود. ضمناً برای اینکه آب در چرخش به لحاظ ترکیب فیزیکی - شیمیایی تغییری نداشته باشد، لازم است دائماً آب تازه به آن افزوده شود. در آب و هوای مرطوب و یا خشک اعداد داده شده، می‌توانند به میزان زیاد تغییر کنند. (طائب، ۱۳۷۴).

در بسیاری از کشورها قوانین محیط زیست برای فاضلاب تاسیسات کارخانه‌ها، آزمایشگاه‌ها و زندگی در حال اجرا است، نکاتی که در این قوانین برای فاضلاب پیش‌بینی شده، لازم است در طراحی تاسیسات تامین آب مورد توجه و رعایت قرار گیرد. در جمهوری اسلامی ایران نیز، قوانینی به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است که در طراحی و فعالیت کارخانجات شیمیایی، لازم است کاملاً رعایت شود، گرچه که تاکنون نظارت دقیق و کاملی از طرف سازمان متولی این امر، سازمان محیط زیست، اعمال نشده باشد (طائب، ۱۳۷۴).

۲-۲-۱۹ انواع سیمان

در استانداردهای موجود انواع سیمان در ۱۶ گونه مختلف طبقه بندی شده است که در زیر ضمن اشاره به انواع سیمان‌های رایج، کاربردهای آنها نیز به صورت خلاصه آورده شده است (جستار، ۸۵):

۱- سیمان پرتلند معمولی^۱

در مواردی به کار می‌رود که هیچ‌گونه خواص ویژه مانند سایر انواع سیمان مورد نظر نیست.

۲ - سیمان پرتلند نوع ۲^۲

برای استفاده عمومی و نیز استفاده ویژه در مواردی که گرمای هیدراتاسیون متوسط مورد نظر است.

۳ - سیمان پرتلند نوع ۳^۳

برای استفاده در مواقعی که مقاومت‌های بالا در کوتاه مدت مورد نظر است.

1- P.C-type I
2- P.C-type II
3- P.C-type III

۴ - سیمان پرتلند نوع ۵^۴

در مواقعی که مقاومت زیاد در مقابل سولفات ها مورد نظر باشد استفاده می شود.

۵ - سیمان سفید^۵

برای استفاده در سطح ساختمان ها و مواقعی که استفاده از سیمان های بدون رنگ با مقاومت های بالا مورد نیاز باشد از این سیمان در تولید انواع سیمان های رنگی استفاده می شود.

۶ - سیمان سرپاره ای ضد سولفات^۶

در مواقعی که مقاومت متوسط در مقابل سولفات ها و یا حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نظر است استفاده می گردد .

۷ - سیمان پرتلند - پوزولانی^۷

در ساختمان های بتنی معمولی و بیشتر در مواردی که مقاومت متوسط در مقابل سولفات ها و حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نظر باشد استفاده می شود.

۸ - سیمان پرتلند - آهکی^۸

این نوع سیمان در تهیه ملات و بتن در کلیه مواردی که سیمان پرتلند نوع ۱ بکار می رود قابل استفاده است . دوام بتن را در برابر یخ زدن ، آب شدن و املاح یخ زا و عوامل شیمیایی بهبود می دهد.

۹ - سیمان بنائی^۹

برای استفاده در مواقعی که ملات بنائی با مقاومت های کمتر از سیمان پرتلند نوع ۱ مورد نیاز است.

4- P.C-type V
5- White Cement
6- SR.slag Cement
7- P.P. Cement
8- P.K.Z. Cement
9- Masonry Cement

۱۰ - سیمان نسوز ۴۵۰^{۱۰}

حاوی بیش از ۴۰٪ Al_2O_3 با اتصال هیدروکسیلی و فازهای کلسیم آلومینات، برای مصرف به عنوان ماده نسوز در صنایع حرارتی استفاده می‌شود.

۱۱ - سیمان نسوز ۵۰۰^{۱۱}

حاوی بیش از ۷۰٪ Al_2O_3 با اتصال هیدروکسیلی برای مصرف به عنوان ماده نسوز با درصد خلوص بالا در صنایع حرارتی به کار می‌رود.

۱۲ - سیمان نسوز ۵۵۰^{۱۲}

حاوی بیش از ۸۰٪ Al_2O_3 با اتصال هیدروکسیلی و آلومینات کلسیم به عنوان ترکیب اصلی، دارای خاصیت عدم سوزندگی و خواص ترمومکانیکی بالا و کاربردهای ویژه نسوز مانند اتمسفرهای احیا هیدروژن.

۱۳ - سیمان‌های چاه نفت

این سیمان‌ها برای درزگیری چاه‌های نفت به کار می‌روند. عمده این نوع سیمان‌ها دیرگیر بوده و در برابر دماها و فشارهای بالا مقاوم می‌باشند. این سیمان ممکن است در حفر چاه‌های آب و فاضلاب نیز به مصرف برسد.

۱۴ - سیمان‌های پرتلند ضد آب

این سیمان به رنگ سفید، خاکستری تولید می‌شود. این نوع سیمان، انتقال مویینه آب را تحت فشار ناچیز یا بدون فشار، کاهش می‌دهد ولی جلوی انتقال بخار آب را نمی‌گیرد.

۱۵ - سیمان‌های با گیرش تنظیم شده

10- Rf Cement 450
11- Rf Cement 500
12- Rf Cement 550

سیمان با گیرش تنظیم شده به گونه‌ای کنترل و ساخته می‌شود که می‌تواند بتنی با زمان‌های گیرش از چند دقیقه تا یک ساعت تولید کند.

۱۶- سیمان‌های رنگی

این سیمان‌ها بیشتر جنبه تزئینی و آرایشی دارند و در نماسازی سیمانی و تولید بتن نمادار به مصرف می‌رسند

فصل سوم

عوامل موثر در انتخاب محل کارخانه

سیمان



۳-۱ مقدمه

انتخاب مکان مناسب برای یک فعالیت در سطح یک کشور، استان یا شهر یکی از تصمیمات پایدار برای انجام یک طرح گسترده است که نیازمند تحقیق در مکان از دیدگاه های مختلف می باشد از آنجا که مکان یابی نیاز به اطلاعات و اهمیت زیادی دارد، حجم بزرگی از اطلاعات جزئی برای معرفی مکان های مختلف باید جمع آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از عواملی که ممکن است در انتخاب تاثیر داشته باشند صورت پذیرد.

قابلیت ها و توان های یک مکان با توجه به این که برای چه منظوری در نظر گرفته شود متفاوت خواهد بود، بنابراین بسته به نوع کار مورد نظر باید شاخص ها به گونه ای تلفیق شوند تا توان مکان با توجه به آن مورد بررسی قرار گیرد. این شاخص ها نسبت به نوع کاربرد متفاوت هستند اما همه آنها در جهت انتخاب مکان مناسب تلفیق می شوند. استفاده از این شاخص ها نیاز به داشتن اطلاعات صحیح و کامل از مکان دارد و دستیابی به اطلاعات نیازمند تحقیقات گسترده و جامع می باشد.

عوامل متعددی در مکان یابی بهینه محل احداث کارخانه مؤثر می باشد که بخشی به طور مستقیم مربوط به نتایج طراحی کارخانه و بخشی نیز وابسته به فاکتورهای محیطی و یا اقتصادی می باشد. در این فصل مهم ترین این معیارها در انتخاب محل کارخانه بررسی شده است.

۳-۲ معیارهای مؤثر در انتخاب محل کارخانه

۳-۲-۱ بازار

نزدیکی کارخانه به بازار فروش دارای اهمیت است. این مسأله در مورد کارخانه هایی که کالای تولیدی آنان سنگین و حجیم می باشد و همچنین کارخانه هایی که ارتباط بیشتری با مشتری می بایستی 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).

اصولاً هرچه محل تولید به محل مصرف نزدیکتر باشد از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر بوده قدرت رقابت کارخانه نیز با رقبای خود بیشتر خواهد بود. مخصوصاً برای محصولاتی که از نظر قیمت از ارزش پایینی برخوردار می‌باشند قیمت فروش این محصولات هزینه حمل را توجیه نمی‌نماید (علوی، ۱۳۸۵).

۳-۲-۲ مواد اولیه

چون صنعت سیمان از جمله صنایع وابسته به مواد خام معدنی می‌باشد. بطور کلی وقتی که هزینه‌های حمل و نقل، درصد قابل توجهی از هزینه تمام شده را تشکیل می‌دهد، این عامل اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. چون مواد اولیه این صنعت قیمت بالایی ندارد و محصول نهایی نیز قیمت بالایی ندارد لذا مواد اولیه را نمی‌توان در مسافت‌های زیاد حمل و نقل نمود. اطلاعاتی از مواد اولیه که در موقع بررسی موقعیت احداث کارخانه باید ارزیابی شوند عبارتند از (عزیزیان، ۱۳۶۳) :

- کمیت و کیفیت مواد اولیه مورد نیاز
- هزینه تهیه یا استخراج مواد: این هزینه با افزایش میزان تولید کاهش می‌یابد و تابع شرایط زمین شناسی و حمل و نقل و می‌باشد.
- زمان و راحتی حمل مواد از محل تهیه تا کارخانه که خود بستگی به شیوه حمل مواد دارد. مثلاً استفاده از سیستم نوار نقاله هزینه نهایی حمل مواد به کارخانه را کاهش می‌دهد.
- مقدار ذخیره مواد: این میزان باید به میزانی باشد که تا پایان عمر اسمی کارخانه جوابگوی خوراک کارخانه باشد.

- شیوه استخراج: هرچه حجم عملیات استخراج بیشتر بوده و جهت کلی استخراج به شکلی باشد که به مرور فاصله حمل کاهش یابد از نظر اقتصادی مطلوب تر می باشد.

۳-۲-۳ نحوه تأمین منابع مالی

در میان افرادی که تمایل به احداث واحدهای صنعتی دارند، کم نیستند اشخاصی که به امید استفاده از روابط و نفوذ افراد قدرتمند در فکر واحدهای صنعتی می باشند. اغلب دیده شده که این گروه با امید دریافت امکاناتی نظیر معدن، زمین، آب، برق و ... از سازمان های مربوطه با شرایط مناسب و ارزان در پی احداث واحدهای صنعتی بوده و برای تهیه سایر هزینه ها چشم به فروش حق تقدم سهام با قیمت بالاتر به دیگران و استفاده از تسهیلات ارزی و ریالی به عنوان آورده خود دارند (علوی، ۱۳۸۵).

شاید چنین تصویری برای احداث یک واحد صنعتی کوچک نظیر تولید دستمال کاغذی، قطعه زنی، بسته بندی و ... صدق کند اما برای احداث کارخانه سیمان اقدامات فوق حداقل کار محسوب می شود. ذکر این نکته ضروری است که انجام اقدامات اولیه نظیر دریافت مجوزهای لازم، تهیه زمین، آب و برق موقت، تجهیز دفتر مرکزی، دیوارکشی که در بعضی از صنایع گاه تا ۲۰ درصد کل کار محسوب می شود در صنعت سیمان ۱٪ و در خوشبینانه ترین حالت ۲٪ وکل فعالیت است. بر این اساس متقاضیان نباید به انجام اقدامات اولیه دلخوش باشند بلکه می بایستی به فکر تأمین منابع مالی واقعی باشند. در حال حاضر هزینه اجرایی یک طرح جدید سیمان به ظرفیت تولید ۳۳۰۰ تن در روز بالغ بر یک هزار میلیارد ریال می باشد که براساس تجربه موجود و با توجه به شرایط اجرای هر طرح، موقعیت جغرافیایی و طول زمان اجرا، چه بسا این رقم به حدود یک و نیم برابر افزایش یابد، مسئله ای که چندان دور از واقع نیست. فراموش نکنیم ۱۳ سال پیش طرح سیمان قائن با هزینه ای حدود ۵۰ میلیارد ریال به تولید رسید و حال آن که هم اکنون ۲۰ برابر این رقم باید تأمین گردد. این در شرایطی است که در بهترین وضعیت ۳۰ درصد هزینه ها به صورت تسهیلات ارزی پرداخت شده و لذا کم و بیش ۷۰ درصد یا حداقل ۷۰۰ میلیارد

ریال هزینه به صورت ریالی مورد نیاز است که با توجه به شرایط فعلی بانکها، سرمایه گذاران باید خود را برای تأمین حداقل ۵۰۰ میلیارد ریال آماده کنند. به بیان دیگر باید به طور متوسط ماهانه ۲۰ میلیارد ریال از محل آورده سرمایه‌داران از طرح هزینه شود (علوی، ۱۳۸۵).

با توجه به مشکلات موجود، بانکهای دولتی برای پرداخت تسهیلات از شرایط مساعدی برخوردار نبوده و در بهترین شرایط حداکثر پرداخت ۵۰ درصد تسهیلات ارزی و ریالی را برای طرحهای جدید به تصویب می‌رسانند نیز این نکته را باید در نظر داشت که بانکها حتی برای پرداخت ریال مصوب تمایل چندانی نداشته و ترجیح می‌دهند تا حد ممکن زمان پرداخت را به تأخیر بیندازند. به عنوان نمونه اگر بانک موظف به پرداخت ۱۰۰ میلیارد ریال تسهیلات در مقابل ۵۰ درصد پیشرفت فیزیکی باشد این امر را موکول به ارائه گزارش بازدید کارشناسی و تأیید آن توسط مدیران مربوطه می‌کنند. فرآیندی که به چند ماه زمان نیاز داشته و البته بعد از آن بانک درصدی از کل پول را به عنوان قسط اول می‌پردازند. لذا سرمایه گذاران باید به اندازه کافی نقدینگی داشته باشند تا در چنین مواقعی با بحران مواجه و یا احیاناً دچار توقف و کند شدن عملیات اجرایی نشود. (علوی، ۱۳۸۵)

۳-۲-۴ 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).

نظر به اینکه استفاده از نیروی کار بومی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر اجتماعی موجه‌تر می‌باشد لذا بررسی منطقه از نظر نیروی انسانی نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های آتی کارخانه‌ها دارد. صنعت سیمان چون در سه بخش معدن، کارخانه و توزیع از نیروی انسانی استفاده می‌کند، لذا اهمیت این موضوع را دو چندان می‌کند. عموماً موارد زیر جهت بررسی مکان‌یابی مورد توجه قرار می‌گیرد.

۳-۲-۴-۱ متوسط سنی

هرچه نیروی کار جوان بیشتری در منطقه حضور داشته باشد مدت زمان استفاده از نیروی کار بیشتر بوده و توانایی فردی این قشر نیز بیشتر می‌باشد (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۴-۲ درجه تخصص

چون افراد متخصص تمایل چندانی به نقل مکان از محل زندگی و یا شهرهای بزرگ به شهرهای کوچک و دورافتاده ندارند لذا نیروی متخصص در منطقه هم مسئله انتقال و هم مسئله اسکان این نیروها حل می‌شود (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۴-۳ نوع حرفه یا فن

در صورتی که منطقه اکثراً به مشاغل همچون کشاورزی مشغول باشند برای ترغیب نیروی کار باید از تمهیداتی چون افزایش دستمزدها استفاده نمود (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۴-۴ سطح زندگی و میزان دستمزدها

در صورتی که منطقه از رفاه نسبی برخوردار باشند و سطح دستمزدها بالا باشد هزینه‌های پرسنلی کارخانه بالا خواهد رفت (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۴-۵ سابقه و روابط کارگر و کارفرما

رویه رفتار مراکز صنعتی قبلی تاثیر بسزایی در در روابط کارگر و کارفرما در کارخانه دارد. دلیل این مسئله به وجود آمدن نگرش مثبت یا منفی بخش صنعت می باشد (شرکت جستار، ۱۳۸۵).

۳-۲-۴-۶ بنیه و استقامت کارگران و درجه کارائی آن ها

این پارامتر یک مزیت نسبی می باشد ولی با توجه به قوانین کار نمی توان از نیروی کار انتظارات بیش از حد داشت (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۴-۷ میزان عرضه نیروی کار

هرچه سطح اشتغال در منطقه بالاتر باشد با توجه به کاهش عرضه نیروی کار و وجود تقاضا سطح دستمزدها بالا خواهد رفت (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۴-۸ امکانات آموزشی موجود در محل مورد نظر

با افزایش سطح سواد و آموزش نیروی کار با سواد و آموزش دیده که از کارایی بالای برخوردارند ، بهره‌وری را در کارخانه ها بالا می‌برند (مجیدیان ۱۳۸۲).

۳-۲-۵ قوانین و مقررات

با توجه قوانین موجود برای احداث یک واحد صنعتی از ادارات محیط زیست، منابع طبیعی، میراث فرهنگی و گردشگری استعلام به عمل می‌آید. در بعضی از موارد قوانین منطقه‌ایی برای ایجاد رغبت یا ممانعت از ایجاد صنایع وضع می‌گردد. 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.

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 (مجیدیان، ۱۳۸۲).

۳-۲-۶ 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). دسترسی به سوخت مورد نیاز صنعت سیمان یکی از پارامترهای اساسی مکان‌یابی می‌باشد چون یکی از مراحل تولید سیمان کوره می‌باشد لذا کاهش هزینه سوخت باعث کاهش هزینه تمام شده

سیمان می‌شود. تامین سوخت به شکل پیوسته و ارزان مانند گاز طبیعی یک مزیت به حساب می‌آید. مصرف سوخت در بخش سیمان عمدتاً در کوره و پیش‌گرمکن می‌باشد. عمده مصارف در بخش غیر صنعتی تامین گرمایش ساختمان‌های جنبی و آبگرم بهداشتی مصرفی و مصارف طبخ (رستوران) خواهد بود (شرکت جستار ۱۳۸۵).

۳-۲-۷ 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 الکتروشمیایی که مصرف برق آن‌ها زیاد است، مسأله محدودیت‌هایی را از لحاظ انتخاب محل ایجاد می‌نماید (Badri, 2007). با توجه به عمر کارخانه و میزان تولید محصول و میزان مصرف برق استفاده از شبکه‌های موجود و یا ایجاد شبکه‌های انتقال جدید قابل بررسی است. در مورد کارخانه‌های سیمان معمولاً ایجاد شبکه انتقال جدید از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر می‌باشد (شرکت جستار ۱۳۸۵).

۳-۲-۸ آب

دسترسی به آب یکی از پارامترهای مهم در ایجاد صنایع می‌باشد. با توجه به میزان مصرف و شرایط منطقه راه‌حلهایی همچون استفاده از شبکه‌های انتقال آب منطقه، سدها و حفر چاه به منظور تامین آب این صنعت به شمار می‌آید.

مقدار آب مورد نیاز و مصرفی در صنعت سیمان، بیش از همه به روش تولید، چگونگی ماشین‌آلات و بزرگی کارخانه بستگی دارد. بیشترین مصارف عبارتند از: فرایند تولید (برای مثال روش تر) تأسیسات تولید با دستگاه‌های جانبی، آزمایشگاه، مصارف پرسنلی، تأسیسات عمومی، عرضه و مصرف آن بایستی به لحاظ

کیفیت و کمیت، شرایطی را داشته باشد. در بسیاری از کشورها مقررات و قوانین خاصی برای مصرف و دفع آب وجود دارد.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری در حد صنعتی، می‌توانند بسیار بالا باشند، لذا یک طراحی با دقت در تأمین، آماده‌سازی مصرف آب برای مراکز تولید و خدمات لازم است. برای کارخانجات بزرگ که مصارف آب در آنها زیاد است، لازم است از همکاری یک مشاور استفاده شود تا به بهینه کردن در صنعت و هزینه‌ها نائل آیند. کمبود مقدار آب کافی برای مصرف به عنوان آب خنک کن، جامعه صنعتی را مجبور می‌کند تا جریانات بسته را به خدمت بگیرد. برای طراحی شبکه تأمین آب، لازم است، بدواً مقدار آب موردنیاز محاسبه و تعیین شود. این آب تشکیل شده است از: (شرکت جستار ۸۶)

- آب لازم برای خنک کردن، که به صورت آب گرم بعد از خنک‌سازی به مدار مصرف برمی‌گردد.

- آب آشامیدنی

- آبی که برای تبخیر، پودرشدن (برای مثال در آسیاب‌های سیمان یا در کوره چرخان خشک برای کاهش دمای دود مصرف می‌شود) و به عنوان آب‌نشتی از دست می‌رود، یعنی در اثر ورود آب تازه جایگزین می‌شود.

در کشور ما ایران در حال حاضر قوانین خاصی برای مصرف آب وجود ندارد، به نحوی که در بسیاری از کارخانجات سیمان کشور، میزان آب مصرفی برآورد دقیق و محاسبه شده‌ای ندارد. اغلب از آب رودخانه‌ها و چاه‌ها استفاده می‌شود و معمولاً کمبودی ایجاد نشده است، تا کارخانجات را با مشکل مواجه نماید ولی دیر یا زود در این کشور نیز قوانینی برای مصرف آب مطرح و ارائه خواهد شد (طائب ۱۳۷۴). در جدول ۳-۱ مصرف روزانه یک کارخانه سیمان با ظرفیت ۳۳۰۰ تن در روز نشان داده شده است:

جدول ۳-۱ مصرف روزانه آب برای یک کارخانه سیمان (شرکت جستر ۸۵)

نوع مصرف	حداکثر دبی لحظه‌ای (متر مکعب در ساعت)	حداکثر دبی روزانه (متر مکعب در روز)
آب صنعتی	۶۴	۱۱۷۲/۵
آب بهداشتی و شرب	۱۸	۶۲
آبیاری محوطه	۳۳	۲۱۴
آتش‌نشانی	۱۱۵	۱۱۵

۳-۲-۹ حمل و نقل

دسترسی به شریانهای حمل و نقل مانند خط آهن، جاده و امکانات حمل و نقل هوایی و دریائی برای جابجائی نیروی کار و انتقال مواد اولیه و تجهیزات مورد نیاز کارخانه و انتقال و توزیع محصول تولیدی، یکی از پارامترهای بسیار مهم مکان‌یابی کارخانه‌های سیمان محسوب می‌شود. با توجه به طرح دولت جهت هدفمند کردن یارانه‌ها و حذف یارانه سوخت و در نتیجه افزایش هزینه حمل و نقل اهمیت این مسئله بیشتر می‌شود. برای کمتر کردن هزینه حمل مواد از سنگ شکن 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. از موارد مهم مورد بررسی فاصله حمل مواد اولیه و محصول نهایی و همچنین میزان مواد اولیه و محصول نهایی است. 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 اینگونه باشد، محل کارخانه بایستی به بازار فروش و محل مصرف نزدیک باشد. در برخی از رشته‌های صنعتی ضابطه اصلی تعیین محل کارخانه همانا مسئله حمل و نقل است. آنچه که در مورد حمل و نقل بایستی در نظر گرفته شود عبارت است از (Amse1994):

- میزان حمل و نقل مورد نیاز برای نیروی کار، مواد اولیه، تجهیزات و محصول تولیدی
- امکانات حمل و نقل موجود از قبیل راه آهن، جاده و مسیرهای هوایی و دریائی

- وضعیت تردد وسایل حمل و نقل عمومی

- نرخ و هزینه‌های حمل و نقل.

۳-۲-۱۰ طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)

سیستم‌های نوار نقاله زمینی معمولاً برای حمل مواد استخراج شده به مسافت‌های بیش از حد متوسط طراحی می‌شوند این تأسیسات با خاصیت ویژه انعطاف پذیری ساخته شده که آنها را قادر می‌سازد خود را با اوضاع نواحی ناهموار وفق دهند. به طور کلی هزینه ویژه انتقال مواد با نوار نقاله کم بوده که با طولانی شدن فاصله حمل در سیستم، افزایش و با بالا رفتن میزان حمل مواد نیز افزایش می‌یابد مقوله اخیر بستگی به عرض نوار سرعت و شکل سطح مقطع بار دارد.

یک نقیصه نوار نقاله محدودیت در قابلیت انطباق با مسیرهای منحنی است و حساسیت نوار در تحمل صدمات ناشی از کلوخه‌های سخت و درشت مواد است. در صورت خراب شدن یک قسمت از نوار کل مسیر انتقال دچار وقفه می‌شود. 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 (طائب، ۱۳۷۴)

۳-۲-۱۱ شرایط زندگی

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).

۳-۲-۱۲ زمین

در انتخاب محل احداث کارخانه، وجود زمینی که از جهات زیر مناسب باشد، دارای اهمیت است (Kantha, 2009):

- هندسه زمین و مساحت آن
- موقعیت زمین
- شرایط فنی از قبیل مقاومت زمین
- قیمت زمین
- کاربری زمین و کاربری زمینهای اطراف.

برای احداث یک کارخانه سیمان زمینی با مساحت حدود ۷۰ تا ۸۰ هکتار مورد نیاز است. این مقدار زمین جهت احداث یک واحد سیمان به همراه واحد طرح توسعه و کلیه ابنیه جنبی مورد نیاز، میباشد (شرکت جستار، ۸۵). مراحل ابتدایی آماده سازی زمین جهت احداث کارخانه هزینه‌هایی دارد که قبل از احداث کارخانه مورد نیاز است. در صورت مکانیابی غلط این هزینه‌ها بدون اینکه کارخانه‌ای احداث گردد پرداخت گردیده است و امکان جابجا کردن آن نیز وجود ندارد. هزینه های آماده سازی زمین در جدول ۳-۲ نشان داده شده است.

جدول ۲-۳ هزینه‌های آماده سازی زمین جهت احداث کارخانه سیمان (جستار، سال ۸۵).

ردیف	شرح	هزینه مورد نیاز - میلیون ریال
۱	تهیه نقشه های توپوگرافی	۵۰۰
۲	مطالعات خاک	۴۰۰
۳	تسطیح و خاکبرداری	۲۰۰۰
۴	دیوار کشی	۳۰۰۰
۵	خیابان کشی / جدول بندی / کانال کشی	۵۰۰۰
۶	فضای سبز	۱۰۰۰
۷	روشنایی محوطه	۲۰۰
	جمع کل	۱۲۱۰۰

۳-۲-۱۳ سابقه صنعتی محل

با توجه به امکانات و شرایط بالقوه منطقه معمولاً در هر منطقه گونه خاصی از صنایع حضور دارند. مثلاً

صنایع معدنی در کرمان و اصفهان احداث شده اند (مجیدیان، ۱۳۸۲).

مزایایی که این تمرکز می‌تواند داشته باشد عبارتست از:

- ایجاد تخصص در بین نیروهای کاری متخصص و حتی کارگران.
- وجود صنایع بالا دستی و پایین دستی
- کاهش برخوردهای اداری و محلی.

۳-۲-۱۴ معیارهای زیست محیطی و زمین شناسی

۳-۲-۱۴-۱ قوانین و محدودیت‌های زیست محیطی

- با توجه به ضوابط و معیارهای استقرار مصوبه شماره ۶۴۶۷۷/ت ۱۸۵۹۱ مورخ ۷۸/۱۲/۲۶ هیأت وزیران، فاصله صنایع از موارد مختلف به شرح ذیل می‌باشد:

- فاصله از مناطق مسکونی ۲ کیلومتر
- فاصله از محور جاده اصلی ۱۵۰ متر
- فاصله از مراکز درمانی ۱۰۰۰ متر
- فاصله از محور بزرگراه‌ها ۲۵۰ متر
- فاصله از پارک ملی تالابها دریاچه و آثار ملی ۱۰۰۰ متر
- فاصله از رودخانه‌های دائمی قنات ۳۰۰ متر
- چاه عمیق و نیمه عمیق ۱۰۰ متر

با توجه به ضوابط طرح تعادل صنعت و کشاورزی در محدوده ۱۲۰ کیلومتری تهران و ۵۰ کیلومتری اصفهان صنایع بزرگ قابل استقرار نمی‌باشند. در مواردی که امکان اجرای ضوابط استقرار در استان وجود نداشته باشد مراتب در کمیته‌ای استانی مرکب از صنایع و معادن، کشاورزی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

احداث هر نوع واحد تولیدی و صنعتی در داخل شهرک‌ها مشروط به اینکه شهرک دارای طرحهای زون بندی استقرار فضای سبز و سیستم مرکزی تصفیه فاضلاب باشد بلامانع است. نظر به اهمیت تأمین هوای پاک در شهرها و مناطق مسکونی کشور از استقرار صنایع آلوده کننده در جهت باد غالب به سوی این گونه مناطق خودداری می‌شود. کارخانه‌های سیمان باید موظف به استفاده از الکتروفیلتر جهت ته نشین کردن گرد و غبار و خروجی خود گردند.

۳-۲-۱۴-۲ توپوگرافی

از نظر اقتصادی هرچه منطقه مورد نظر جهت احداث کارخانه هموارتر باشد مناسبتر می‌باشد. هرچه شیب منطقه زیادتر و وضعیت توپوگرافی منطقه خشن‌تر باشد میزان خاکبرداری و عملیات خاکی را افزایش داده و باعث تحمیل هزینه و کاهش سرعت احداث کارخانه می‌شود (پولادوند، ۱۳۸۶).

۳-۲-۱۴-۳ فرسایش خاک و چینه شناسی

با احداث کارخانه و استفاده مداوم از ماشین‌آلات سنگین فرسایش خاک سرعت بیشتری می‌گیرد. این مسئله به جنس، شیب و ضخامت لایه‌ها نیز بستگی دارد که باید همه این موارد مورد بررسی قرار گیرد. از نتایج این فرسایش میتوان رانش، لغزش و فرو نشست را نام برد (پولادوند، ۱۳۸۶).

۳-۲-۱۴-۴ هیدرولوژی و هیدروژئولوژی

هدف از مطالعه این مورد کاهش آلودگی آبهای زیر زمینی می‌باشد. در مورد آبهای سطحی میتوان با ایجاد حریم از ایجاد آلودگی جلوگیری نمود. آلودگی آبهای زیر زمینی به جنس، شیب و ضخامت لایه بستگی دارد. همچنین آلودگی‌ها نباید توسط سیلاب‌ها شسته شود. محل کارخانه باید در مسیر آب‌راه‌ها و سایر نقاطی که در معرض خطر سیلاب هستند قرار نگیرد (پولادوند، ۱۳۸۶).

۳-۲-۱۴-۵ آلودگی هوا

اصولا صنعت سیمان از جمله صنایع آلوده می‌باشد. چون احداث کارخانه سیمان طی چند سال صورت می‌گیرد طی عملیات ساخت نیز آلودگی هوا ایجاد میشود. طی فرآیند سوختن گاز طبیعی ذرات معلق و SO_2 و NO_x و CO به هوا پخش می‌شود که نباید از حالت استاندارد خارج شود. و تاثیر آن علاوه بر سلامتی

انسان باید بر روی پوشش گیاهی، کمی رطوبت خاک و فرسایش بادی بررسی شود. جهت و سرعت باد نباید به شکلی باشد که آلودگی به سمت مراکز مسکونی انتقال یابد (شرکت جستار، ۱۳۸۵).

۳-۲-۱۴-۶ آلودگی صوتی

چه در حین ایجاد و چه زمان فعالیت کارخانه سیمان آلودگی صوتی زیادی به وجود می‌آید. ایجاد فاصله بین کارخانه و مراکز مسکونی عملی‌ترین راه حل غلبه بر این مسئله می‌باشد. (شرکت جستار، ۱۳۸۵)

۳-۲-۱۴-۷ زلزله

مطالعه منطقه از نظر لرزه‌خیزی و وجود گسل بسیار مهم بوده ریسک مکان‌یابی را تا حد زیادی پایین می‌آورد. چون زمان و شدت زلزله غیر قابل پیش بینی می‌باشد لذا بهترین راه دوری جستن از محل‌های لرزه خیز می‌باشد (مجیدیان، ۱۳۸۲).

۳-۲-۱۴-۸ جنس لایه های تشکیل دهنده زمین

جنس لایه‌های تشکیل دهنده زمین در موارد مهمی تاثیر می‌گذارد، لذا باید کاملا مطالعه گردد. محل کارخانه باید بر روی سنگ بستری از جنس محکم انتخاب گردد تا مسائل بعدی برای فنداسیون و سازه کارخانه پیش نیاید (شرکت جستار ۸۵).

۳-۲-۱۴-۹ زمین‌شناسی ساختمانی

بررسی تشکیلات زمین شناسی اثر مهمی بر مطالعات مکان‌یابی دارد. مثلا احداث فنداسیون بر روی یک تشکیلات رسی مناسب به نظر نمی‌رسد یا باعث تحمیل هزینه های تحکیم می‌شود.

۳-۲-۱۴-۱۰ شرایط اقلیمی (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. شرایط اقلیمی از پارامترهای مهم در ارزیابی محل احداث کارخانه می‌باشد که از چند دیدگاه قابل بررسی می‌باشد (Valadan Zoej et al, 2004):

بارندگی: بارندگی از جمله پارامترهای منفی می‌باشد هرچند تاثیر مستقیم در وجود آب در منطقه دارد.
تبخیر: هرچه رطوبت محل کمتر باشد مزیت نسبی به حساب می‌آید همچنین هزینه بسته‌بندی را کاهش می‌دهد.

وزش باد: سرعت و جهت وزش باد تاثیر بسزایی در انتقال گرد و غبار کارخانه سیمان دارد. جهت وزش باد نباید به سمت مناطق مسکونی باشد. هرچه سرعت وزش باد بیشتر باشد آلودگی تا شعاع بیشتری انتقال می‌یابد.

۳-۲-۱۴-۱۱ مناطق حفاظت شده

چون این مناطق گونه‌های جانوری و گیاهی کمیاب را در بر گرفته است و هزینه‌های زیادی برای حفظ این گونه‌ها صورت گرفته است لذا به هیچ عنوان نمیتوان به این مناطق و یا حریم آنها تجاوز نمود مگر در مواردی اهمیت مسئله اشتغال و نیاز جامعه این ضرورت را پیش آورد که در این موارد سران حکومتی این مجوز را صادر می‌نمایند (شرکت جستار ۸۵). برای مثال معدن و کارخانه فرآوری معدن طلای داشکسن قروه.

فصل چهارم

روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

و GIS



۱-۴ 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 فصل قبل معیارهایی که به طور کلی برای انتخاب محل یک کارخانه مؤثر می‌باشد به طور مفصل توضیح داده شد. در این فصل مهم‌ترین روش‌های انتخاب محل کارخانه تشریح می‌شود.

۲-۴ 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 (صفری، ۱۳۸۸).

- مدل‌های انتخاب محل احداث کارخانه
- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)^{۱۳}
- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^{۱۴}
- تلفیق تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS
- روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

¹³ Multi Criteria Decision Making

¹⁴ Geographic Information System

۴-۲-۱ 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 مدل مرکز ثقل، مدل حمل و نقل و مدل امتیازدهی وزنی (مجیدیان، ۱۳۸۲):

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.

۴-۲-۲ 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).

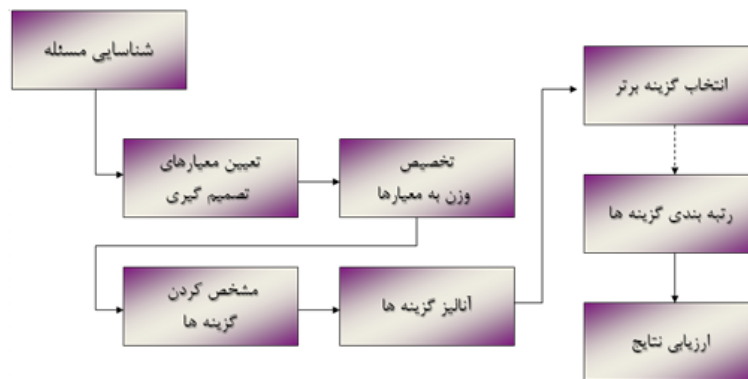
$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} c_1 & c_2 & \dots & c_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}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

که A_i گزینه‌های موجود، C_j معیارهای تصمیم‌گیری و I_{mn} امتیاز گزینه m برای معیار n 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 ۱-۴ اصول کلی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

۴-۲-۱-۲ تقسیم بندی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره

مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره به طور کلی به دو دسته کلی مدل‌های چند هدفه^{۱۵} و مدل‌های چند

شاخصه^{۱۶} تقسیم می‌شوند (صفری، ۱۳۸۸):

الف- تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)

ب- تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)

¹⁵ Multiple Objective Decision Making (MODM)

¹⁶ Multiple Attribute Decision Making (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 تصمیم‌گیری 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.

۴-۲-۳ روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

انسان در مسیر زندگی خود همواره با مشکلات و مسائل مختلفی مواجه می‌شود که ناگزیر است برای حل یا گذر از آنها تصمیمی اتخاذ کند. انسان حتی در کوچک‌ترین تصمیم شخصی، در پی آن است که بین نیازها و اهدافش تعادلی برقرار کند و این ضرورت، او را به استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره به عنوان راه حل نیازمند می‌کند. پیش‌بینی، ارزیابی و مقایسه نتایج راه‌های موجود و انتخاب قطعی یک راه حل برای رسیدن به هدف مطلوب، تصمیم‌گیری نامیده می‌شود. تصمیم‌گیری از تصمیم‌های جزئی در امور

کوچک گرفته تا تصمیم‌های بزرگ و پراهمیت، نقش گسترده‌ای در زندگی انسان دارند (عطایی، ۱۳۸۹، الف). 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 (عطایی، ۱۳۸۹، ب). همانطور که قبلاً نیز ذکر شد در بین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره روش تحلیل سلسله مراتبی (فازی) به دلیل قابلیت مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیارها و همچنین به دلیل اینکه امروزه در حل مسائل پیچیده کاربرد این روش نسبت به روش‌های دیگر بیشتر است در این بخش روش مذکور به اختصار توضیح داده می‌شود:

۴-۲-۳-۱ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)^۱

هرچند هدف از به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به دست آوردن نظر کارشناسان و متخصصین است، با این وجود روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند، زیرا در مقایسه‌های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می‌شود. از دیگر مواردی که اغلب روش تحلیل سلسله مراتبی به خاطر آن مورد نکوهش قرار می‌گیرد عبارتند از: وجود مقیاس

نامتوازن^{۱۷} در قضاوت‌ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه‌های زوجی. تصمیم‌گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی در مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظراتشان را در مورد برتری‌ها اعلام کنند. به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ثابت ترجیح می‌دهند. برای غلبه بر این مشکلات روش روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده است. در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، پس از تهیه نمودار سلسله مراتبی از تصمیم‌گیرنده (یا تصمیم‌گیرندگان) خواسته می‌شود تا عناصر هر سطر نسبت به هم مقایسه کنند و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی بیان کنند مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی به روش چانگ به شرح زیر است (عطائی، ۱۳۸۹، ب):

الف) رسم نمودار سلسله مراتبی

اولین قدم در FAHP ساختن نمودار سلسله مراتب مسأله است که معمولاً به ترتیب در آن هدف، معیارها (در صورت وجود زیرمعیارها) و گزینه‌ها نشان داده می‌شود.

ب) تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

گونه‌های مختلفی از اعداد فازی را می‌توان برای اخذ نظرات خبرگان مورد استفاده قرار داد، اما در این تحقیق برای سهولت محاسبات از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. در جدول ۴-۱ اعداد فازی مثلثی تعریف شده و توابع عضویت آن‌ها درج شده است

ت) تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی

ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی به صورت زیر است:

1 Unbalance scale

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی حاوی اعداد فازی زیر است:

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

جدول ۴-۱ اعداد تعریف شده در روش FAHP (عطائی، ۱۳۸۹، ب)

عدد فازی	تعریف	مقیاس فازی مثلثی	دامنه	تابع عضویت
$\tilde{9}$	بسیار با اهمیت	(7,9,9)	$7 \leq x \leq 9$	$\frac{X-7}{9-7}$
$\tilde{7}$	با اهمیت	(5,7,9)	$7 \leq x \leq 9$	$\frac{9-X}{9-7}$
			$5 \leq x \leq 7$	$\frac{X-5}{7-5}$
$\tilde{5}$	اهمیت متوسط	(3,5,7)	$5 \leq x \leq 7$	$\frac{7-X}{7-5}$
			$3 \leq x \leq 5$	$\frac{X-3}{5-3}$
$\tilde{3}$	کم اهمیت	(1,3,5)	$3 \leq x \leq 5$	$\frac{5-X}{5-3}$
			$1 \leq x \leq 3$	$\frac{X-1}{3-1}$
$\tilde{1}$	اهمیت یکسان	(1,1,3)	$1 \leq x \leq 3$	$\frac{3-X}{3-1}$
$\tilde{1}$	دقیقاً مساوی	(1,1,1)	-	-

در صورتی که کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش FAHP به کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مولفه اول آن حداقل نظرسنجی‌ها، مولفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مولفه سوم آن حداکثر نظر سنجی‌ها است.

ث) محاسبه S_i برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

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

$$s_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (1-4)$$

در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیانگر شماره ستون است. M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) اعداد فازی مثلثی

ماتریس مقایسه زوجی هستند. مقادیر $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ ، $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ ، $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ را می‌توان به

ترتیب از روابط زیر محاسبه کرد:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (2-4)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \quad (3-4)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4-4)$$

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

ج) محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به هم‌دیگر

چنانچه $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ، $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، طبق شکل ۴-۱ درجه بزرگی

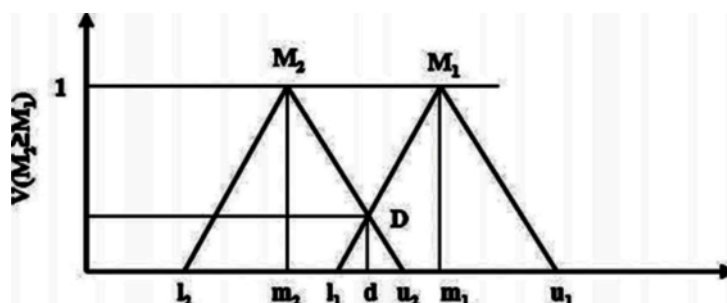
M_1 نسبت به M_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min \left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right) \right] \quad (5-4)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (6-4)$$

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_2 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - u_1)} & \text{other wise} \end{cases} \quad (7-4)$$

d مختصات بیشترین ارتفاع نقطه تقاطع D بین μ_{m_2} و μ_{m_1} که برای مقایسه M_2 با M_1 به کار می‌رود.



شکل ۲-۴ درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم

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

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_K) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_K)] \quad (8-4)$$

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

چ) محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس مقایسه زوجی

برای محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\geq s_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, k \neq \text{id}'(A_1) = \text{Min } V(s_1) \quad (9-4)$$

بنابراین بردار وزن معیارها و گزینه‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$=(d^*(A1), d^*(A2)... d^*(An))^T \quad A_i (i = 1, 2, \dots, n) W^* \quad (10-4)$$

ح) محاسبه بردار وزن نهائی

برای محاسبه بردار وزن نهائی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمالیزه کرد، بنابراین:

$$W = (d(A1), d(A2)... d(An))^T \quad (11-4)$$

۴-۲-۴ 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.

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).

۴-۲-۴-۱ تعریف GIS

تلاش‌های آن‌چنان گسترده‌ای به منظور تعریف GIS صورت گرفته که انتخاب یک تعریف قطعی برای آن را دشوار می‌سازد. مگایر^{۱۸} (۱۹۹۱) فهرستی از ۱۱ تعریف متفاوت ارائه می‌دهد. همان‌طور که پیکلز^{۱۹} (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. به اعتقاد راینند^{۲۰} (۱۹۸۹) GIS یک سیستم رایانه‌ای است که می‌تواند داده‌های توصیف‌گر مکان-های 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^{۲۱} (۱۹۸۶) ارائه شده GIS مجموعه‌ای از ابزارها برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیافت ارادی، تبدیل و نمایش داده‌های مکانی از جهان واقعی به مجموعه مقاصد ویژه است و مطابق با تعریف اداره محیط-زیست^{۲۲} (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

¹⁸ - Maguire

¹⁹ - Pickles

²⁰ - Rhind

²¹ - Burrough

²² - Department of the Environment

خروجی آن‌ها است. اداره محیط‌زیست (۱۹۸۷) فهرستی از امکاناتی را که یک GIS به خوبی طراحی شده

ارائه می‌دهد، به شرح زیر بیان می‌کند (هایوود، ۱۳۸۱):

- 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، فهرست‌نشان‌ها و خلاصه‌آمار) 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.

۴-۲-۲-۴ 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 به هنگام‌سازی 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 (۲-۴) خلاصه شده است.

جدول ۲-۴ کاربردهای GIS (هایوود، ۱۳۸۱)

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

۳-۴-۲-۴ 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^{۲۳}

ب- مدیریت داده‌ها (ذخیره و بازیابی اطلاعات)^{۲۴}

ج- پردازش و تحلیل داده‌ها^{۲۵}

د- خروجی داده‌ها^{۲۶}

الف- ورود داده‌ها به GIS

ورود داده‌ها در GIS به معنی کدگذاری داده‌ها به شکلی که توسط کامپیوتر خوانده شده و در پایگاه اطلاعاتی^{۲۷} 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. 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

²³ - Input

²⁴ - Data storage and retrieval

²⁵ - Manipulation and analysis

²⁶ - Output

²⁷ - Data Base

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 روش‌هایی 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.

۴-۲-۴ 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 تهیه 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. (هایوود، ۱۳۸۱).

۴-۲-۵ 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 تک-بعدی 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).

فصل پنجم

بررسی استان کردستان از نظر مکان یابی

کارخانه سیمان



۵-۱ مقدمه

در این فصل ضمن بررسی زمین‌شناسی عمومی وضعیت، محل ذخائر معدنی و موقعیت جغرافیای استان کردستان محل مناسب برای احداث کارخانه سیمان مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۵-۲ زمین‌شناسی عمومی استان کردستان

استان کردستان در شمال غرب ایران واقع بوده و بخش اعظم آن بر اساس تقسیم بندی واحدهای ساختاری رسوبی، در زون سنندج - سیرجان قرار دارد. با این وجود، بخش کوچکی از جنوب غربی استان متعلق به زون زاگرس مرتفع و نیمه شمال شرقی آن متعلق به حاشیه جنوب غربی ایران مرکزی می‌باشد. بخش متعلق به حوضه زاگرس لایه های دریایی لیاس تا ائوسن است که شامل مارن های گلوبیترین دار و رادیولاریت، و در لایه‌های کرتاسه بالایی آن، افیولیت و در رسوبات پلیوسن آن رسوبات تخریبی از نوع فلیش به چشم می‌خورد. وجود افیولیت و سنگ‌های تخریبی مذکور نشانه حرکت مهمی در کرتاسه بالا پلیوسن است که در منطقه رورانده روی داده و باعث بالا آمدگی زمین، چین خوردگی و تخریب شده است. در این ناحیه "پلاتفرم کربناته داخلی" بصورت پشته بیگانه یا بصورت قطعه عظیم کربناته مزوزوئیک (پلاتفرم بیستون) و به شکل سفره جداگانه‌های بین رادیولاریت ها و افیولیت ملانژها ظاهر می‌شود.

این زون در اصل جزئی از ایران مرکزی است که به صورت نوار طویل دگرگون شده‌ای در امتداد روراندگی زاگرس از ارومیه و سنندج در شمال غربی تا سیرجان و اسفندقه در جنوب شرقی قرار دارد. این بخش از نظر رسوب گذاری و اختصاصات ساختمانی مانند ایران مرکزی است ولی از امتداد کلی زاگرس پیروی می‌کند. واحدهای تکتونواستراتیگرافی این زون از نوع نهشته‌های پلاتفرمی انباشته بر لبه پلاتفرمهای ناپایدار است به همین رو توالیهای پالئوزوئیک آن از نوع رخساره‌های فلیشی همراه با ولکانیک‌اند که پس

از تجمع در گودال‌های پویای مزوزئیک در اثر رویدادهای تکتونیکی آغاز سنوزوئیک بطور پیشرفته دگرگون شده و توده‌های نفوذی متعدد به درون آنها تزریق شده است.

سنگ‌های کربناته کرتاسه زیرین که توسط یک کنگلومرای قاعده‌ای بطور دگرشیب بر روی سنگهای قدیم قرار دارند حاکی از آن است که بخش‌هایی از بلوک سنندج - سیرجان خارج از آب باقی مانده است و این مسئله به عملکرد فاز کوهزایی مذکور مربوط می‌شود. در طول کرتاسه زیرین فرونشینی تدریجی در باریکه اسفندقه - ارومیه در منطقه سنندج از سر گرفته می‌شود و ۲ تا ۳ کیلومتر از رسوبات توربیدیت مربوط به بarmین آلبین‌دار آن انباشته می‌شود.

سنگ‌های ترسیری گسترش محدود دارند و به نظر می‌رسد که بخش سنندج سیرجان استان در زمان ترسیری از آب بیرون بوده است. حاشیه خاوری استان ویژگی زمین‌ها فروافتاده دارد. اگر چه در هسته تاقدیس‌ها رخنمون‌هایی از سنگهای مزوزوئیک برونزدگی دارند ولی بخش مورد نظر عموماً با توالیهای کم چین الیگوسن، میوسن و یا نهشته‌های مارنی، سیلیتی و تقریباً افقی پلیوسن پوشیده شده است. مجموعه سنگ‌های تشکیل دهنده در این محدوده شامل گنیس، آمفیبولیت، گرانودیوریت، میکاشیست و کریستالین لایمستون مربوط به دوره ژوراسیک است که گنیس و گرانودیوریت و آمفیبولیت رخنمون‌های بیشتری را در محدوده مورد مطالعه دارند که این واحدهای سنگی بیشتر در سطح قابل رویت هستند و آنچه در نمونه‌های سنگ از نظرکانی شناسی قابل رویت است وجود مقادیر نسبتاً بالایی از میکا است که گسترش قابل توجهی را در سنگ نشان می‌دهد. گسل خوردگی‌ها دارای روندی شمال شرق - جنوب غرب هستند که سبب خردشدگی در سنگهای محدوده شده اند (طرح توجیهی کارخانه سیمان بیجار، ۱۳۷۰).

۵-۳ محل و موقعیت جغرافیایی استان کردستان

الف) **موقعیت جغرافیایی و تقسیمات سیاسی استان:** استان کردستان با وسعتی معادل ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع در غرب ایران و در مجاورت بخش شرقی کشور عراق قرار دارد، این استان که در دامنه‌ها و دشت‌های پراکنده ی سلسله جبال زاگرس میانی قرار گرفته است از سمت شرق با استان همدان، از سمت شمال شرقی با استان زنجان، از سمت شمال با استان آذربایجان غربی، از سمت جنوب با استان کرمانشاه و از سمت غرب با کشور عراق همجوار است. استان کردستان بین ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی، ۴۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع مرکز استان (سنندج) از سطح دریا ۱۴۰۰ متر می‌باشد که اطراف آن را کوه‌های مرتفع از جمله کوه آبیدر احاطه کرده است.

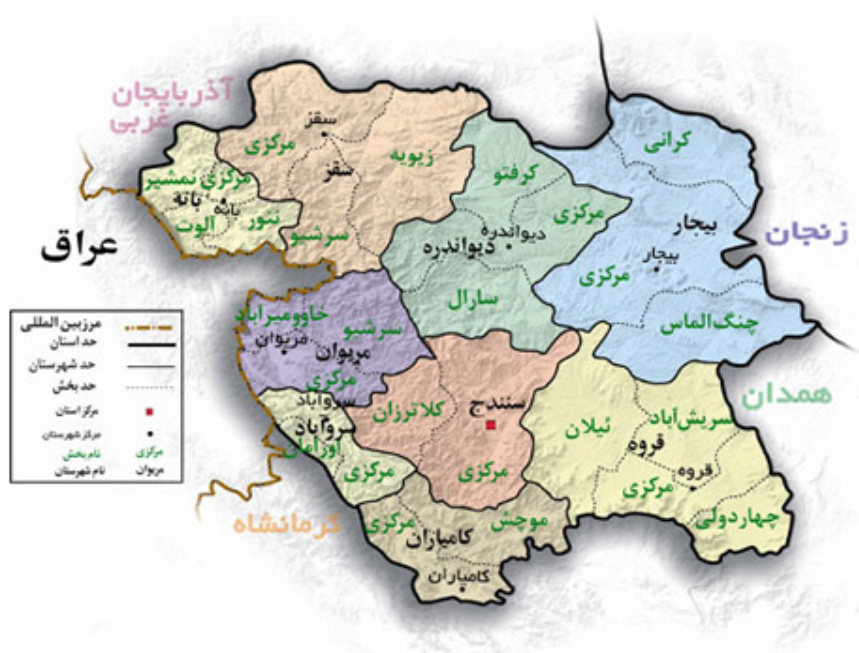
ب) **جغرافیای طبیعی استان کردستان:** کردستان سرزمینی کهن با کوه‌های بلند، جلگه‌های حاصلخیز و گذرگاه‌های صعب العبور و دره‌هایی با رودخانه‌هایی در عمق می‌باشد که زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل دارد. به علت وجود ارتفاعات و پستی و بلندی‌های زیاد، مقدار بارندگی تقریباً زیاد بوده و از جمله نقاط سردسیر کشور به حساب می‌آید. البته بعضی از نقاط آن متناسب با وضعیت جغرافیایی دارای آب و هوای متفاوت می‌باشد. کردستان دارای رودخانه‌های زیادی بوده که پس از مشروب نمودن قسمتی از اراضی کشاورزی، قسمت اعظم آب‌های استان از طریق رودخانه‌های سیروان و زاب کوچک به خاک عراق و از طریق رودخانه های قزل اوزن و زربنه رود از استان خارج و به دریای خزر و دریاچه ارومیه می‌ریزد. میزان بارش منطقه که عمدتاً در خلال ماه‌های آذر تا اردیبهشت ماه رخ می دهد ۳۵۰-۴۴۰ میلیمتر در سال بوده که اکثر اوقات به صورت ریزش برف و یخبندان می‌باشد. همچنین رطوبت نسبی در این ایام بین ۱۵-۶۵ درصد متغیر است. حداقل و حداکثر دمای منطقه از ۳۵-۴۲ درجه سانتیگراد متغیر

است. بنابراین میزان روزهای کاری در منطقه برای فعالیتهای معدنی به طور متوسط حدود ۹ ماه در سال می‌باشد.

ج) جغرافیای اقتصادی استان کردستان: استان کردستان به لحاظ دارا بودن پتانسیل‌های خوب از جمله آب و خاک و معادن می‌تواند در زمینه تولیدات صنعتی رشد و توسعه یابد. استان دارای ذخایر قابل توجه مواد معدنی است و سنگ‌های تزئینی با تنوع فراوان در رنگ، شاخص‌ترین ماده معدنی منطقه می‌باشد. استان کردستان از نظر کشاورزی از مناطق مورد توجه و از لحاظ دامپروری یکی از قطب‌های اصلی دامداری کشور محسوب می‌شود. تولیدات کشاورزی این استان را به ترتیب اهمیت گندم، جو و حبوبات تشکیل می‌دهد. با توجه به شرایط طبیعی متنوع، فعالیتهای کشاورزی آن به شکل دیمی و آبی انجام می‌شود. از دیگر فعالیتهای اقتصادی استان، پرورش زنبور عسل، از رونق بسزایی برخوردار است. فعالیتهای صنعتی استان کردستان در مقایسه با سایر استان‌های کشور بسیار محدود است و از مناطق توسعه نیافته صنعتی کشور به شمار می‌رود. صنایع ماشینی استان شامل گروه‌های صنایع کانی غیر فلزی، شیمیایی، سلولزی، نساجی و چرم، صنایع غذایی، برقی و الکترونیک است.

د) جغرافیای انسانی استان: جمعیت استان بر اساس سرشماری سال ۸۵ معادل ۹۸۳۰۵۲ نفر می‌باشد که از این تعداد، ۷۸۵۲۱۳ نفر را جمعیت شهری و ۱۹۷۸۳۹ نفر را جمعیت روستایی شامل می‌شوند.

ه) جغرافیای سیاسی استان کردستان: بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۸۴، دارای ۹ شهرستان، ۲۳ شهر، ۲۳ بخش، ۷۹ دهستان و ۱۷۶۷ آبادی دارای سکنه بوده است. شهرستان‌های این استان عبارتند از: بانه، بیجار، دیواندره، دهگلان، سقز، سنندج، قروه، کامیاران و مریوان (شکل ۵-۱). در حال حاضر استان کردستان با مجموعه شهرها، روستاها و عشایری که در اقصی نقاط آن پراکنده شده و استقرار یافته‌اند، به یکی از نواحی در حال توسعه غرب کشور تبدیل شده و از پتانسیل‌های توریستی و تفرجگاهی قابل توجهی برخوردار است.



شکل ۵-۱ تقسیمات مرزی شهرستانهای استان کردستان

۴-۵ وضعیت بازار سیمان در منطقه:

بازار سیمان در منطقه‌ی خاورمیانه از جمله بازارهای رو به رشد این کالا در جهان به شمار می‌رود. میزبانی قطر برای برگزاری رقابتهای جام جهانی سال ۲۰۲۲ نیز باعث شده است تا تقاضای خرید سیمان در منطقه‌ی خاورمیانه افزایش چشمگیری را تجربه کند. از سوی دیگر ادامه‌ی ممنوعیت صادرات سیمان در کارخانه‌های عربستان باعث شده تا ایران و ترکیه این شانس را پیدا کنند تا سهم خود را در بازار

خاورمیانه بالا ببرند. البته این دو کشور در بازار خاورمیانه با رقبایی مانند چین، اوکراین و پاکستان نیز مواجه هستند. به گزارش روابط عمومی اتاق مشترک ایران و عراق در حالی که تولید سیمان ایران در سال ۱۳۸۹ با افزایش ۱۸/۵ درصدی به ۶۱۶۴۵۰۰۰ تن رسید، این در حالی است که صادرات سیمان ایران در سال ۱۳۸۹ با افزایش ۵۴ درصدی به ۶۸۵۴۰۰۰ تن رسید.

یکی از شرکت های موفق و فعال در زمینه صادرات به عراق شرکت صنایع سیمان غرب است این شرکت در سال ۸۸ در بین شرکت های صادر کننده سیمان در سطح کشور مقام سوم صادرات را کسب نمود و موفق به صادرات سیمان به میزان ۴۰۹۰۰۰ تن به عراق گردید (معادل ۲/۲ برابر میزان صادرات سال ۸۸). از این رهگذر ، بالغ بر ۳۰ میلیون دلار ارز برای کشور تحصیل گردیده است. احراز این رتبه علی رغم ایجاد مشکلات و موانع محدود کننده صادراتی برای این شرکت در سال ۸۹، قابل تأمل و حائز اهمیت است.

طبق اعلام این شرکت، صنایع سیمان غرب در نخستین ماه سال ۱۳۹۰ موفق به صادر کردن ۵۱۳۲۲ تن سیمان به عراق داشته است که در طول دوران فعالیت تولیدی و اقتصادی این واحد صنعتی یک رکورد محسوب می شود و به احتمال خیلی قوی موفق به کسب مقام اول صادرات کشور در این ماه گردیده است.

آمار منتشر شده از سوی گمرک ایران نشان می دهد که طی چهار ماهه اول سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۱۹۳۸۵۵۵۶۶ دلار انواع سیمان و کلینکر عمدتاً به مقصد کشورهای منطقه و به ویژه عراق و افغانستان صادر شده است.

نشریه بین المللی سیمان در تازه ترین گزارش خود اعلام کرد که ظرفیت تولید سیمان در ایران در سال جاری میلادی ۱۱/۱ میلیون تن افزایش خواهد یافت. این نشریه ظرفیت اسمی تولید سیمان ایران در سال ۲۰۱۰ میلادی را معادل ۶۶ میلیون تن در سال اعلام کرد که برآورد می شود این رقم امسال به ۷۷/۱

میلیون تن برسد. این در حالی است که با بهره‌برداری از کارخانه سیمان آذربادگان خوی ظرفیت تولید سیمان در کشورمان از مرز ۷۲ میلیون تن گذشت. همچنین پیش‌بینی می‌شود افزایش ظرفیت تولید سیمان در ایران در سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ به ترتیب به ۵/۹ و ۶/۳ میلیون تن در سال برسد. در مجموع برآورد می‌شود تا سال ۲۰۱۳ میلادی ظرفیت تولید سیمان در ایران به حدود ۸۹/۳ میلیون تن در سال برسد. از سوی دیگر میزان تولید، مصرف و صادرات سیمان ایران در سال جاری میلادی به ترتیب ۶۳/۶، ۵۷/۸ و ۵/۸ میلیون تن برآورد شده است. با این اوصاف ایران در سال جاری میلادی با ۱۳/۵ میلیون تن و در ۲۰۱۲ با ۱۶/۹ میلیون تن در سال اضافه ظرفیت تولید سیمان مواجه خواهد بود. یعنی این ظرفیت تولید خالی خواهد ماند. نشریه بین‌المللی سیمان تعداد کارخانه‌های تولید سیمان در کشورمان را تا پایان سال قبل ۵۹ واحد اعلام کرده و تولید سیمان این واحدها را نیز در سال ۲۰۱۰ معادل ۶۱ میلیون اعلام کرد. ظرفیت خالی تولید سیمان در کارخانه‌های داخلی در حالی پیش‌بینی شده که دو کشور همسایه غربی و شرقی ایران یعنی عراق و افغانستان جزو بزرگترین مصرف‌کنندگان و واردکنندگان سیمان در جهان به شمار می‌روند و این موضوع بازار بزرگی را برای تولیدکنندگان ایرانی به وجود آورده است. با این وجود پیش‌بینی می‌شود رشد صادرات سیمان ایران طی سال‌های آینده بسیار اندک خواهد بود. در همین حال ترکیه همسایه غربی ایران خود را به بزرگترین صادرکننده سیمان در جهان تبدیل کرده و این کشور در سال گذشته میلادی در مجموع ۱۹ میلیون تن سیمان صادر کرد. با توجه به همسایگی هر دو کشور ایران و ترکیه با عراق رقابت این دو همسایه در بازار سیمان عراق داغ بوده و تا این جای کار ترکیه گوی سبقت را از کشورمان ربوده است (نشریه سیمان مرداد ۹۰).

با توجه به امارهای ارائه شده در حال حاضر حضور چین در بازار سیمان عراق محدود به مناطق جنوبی این کشور شده است. بازار هدف کارخانه سیمان مریوان مناطق شمالی عراق می‌باشد که از نظر فرهنگی و تاریخی دادوستد با کشور ایران را پذیرفته‌اند.

۵-۵ بررسی استان کردستان جهت مکان‌یابی کارخانه سیمان

استان کردستان به علت دارا بودن ذخائر بسیار زیاد آهک و مارن و مجاورت با کشور عراق دارای موقعیت مناسبی جهت ایجاد و توسعه صنعت سیمان می باشد. ارائه طرح توسعه کارخانه سیمان بیجار و در دست اجرا بودن کارخانه های سیمان سقز و آپادانای دیواندره نشان دهنده این اهمیت می باشد. کلیه مواد اولیه سیمان در داخل استان موجود بوده و از نظر هزینه های حمل و نقل هزینه سرباری وجود ندارد. باتوجه به وجود کارخانه های سیمان در استان های همجوار و طرح های در دست اقدام در داخل استان ظرفیت بازار داخل اشباع به نظر می رسد لذا احداث کارخانه جدید سیمان در استان باید با نگرش بر بازار صادرات بخصوص به کشور عراق باشد.

با توجه به طرح هدفمند کردن یارانه های و حذف یارانه سوخت در صورتی می توان با سایر کشورهای صادرکننده سیمان رقابت کرد که قیمت تمام شده محصول پایین بوده و با تولید زیاد و قیمت پایین بتوان بازار کشور های همسایه را به دست آورد. در صورت تولید سیمان در شهرستان های مرزی استان هزینه حمل محصول تا بازار مصرف عراق کم بوده و امکان رقابت با سایر کشورهای صادر کننده به وجود می آید. صادرات استان از طریق دو بازارچه سیرانیند بانه و باشماق مریوان صورت می گیرد. شهرستان بانه از نظر پوشش گیاهی بسیار غنی بوده و قسمت اعظم این شهرستان را جنگل فراگرفته است. لذا واگذاری معدن در این شهرستان با مشکل و محدودیت مواجه می باشد.

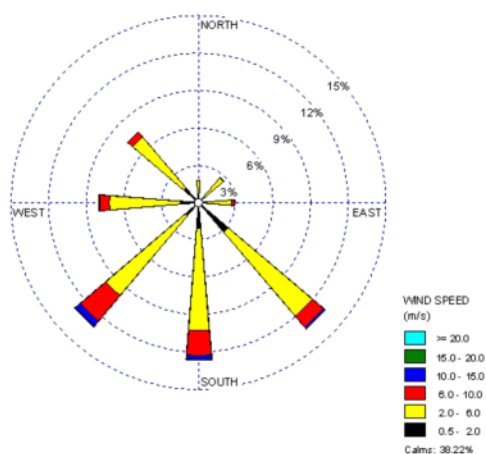
با بررسی نقشه زمین شناسی (پیوست یک) و سیاسی استان (پیوست دو)، در کنار ذخایر آهک و مارن دیواندره، کارخانه سیمان آناهیتا و در کنار ذخایر آهک و مارن سقز، کارخانه سیمان سقز در دست احداث می باشند. کارخانه سیمان کردستان نیز در کنار ذخایر آهک و مارن بیجار قرار گرفته است. با توجه به

عدم وجود جاده مناسب به سمت مرز و تراکم محدوده های معدنی در شهرستان کامیاران و وجود دو کارخانه سیمان در کرمانشاه، این شهرستان از نظر احداث کارخانه سیمان مناسب نمی باشد.

با توجه به وجود آهک و مارن در چند شهرستان این استان و وجود کارخانه سیمان یا طرح در دست اجرای سیمان، شهرستان مریوان برای این مسئله مناسب به نظر می رسد زیرا هم دارای ذخایر بسیار عظیم آهک و مارن می باشد و هم وجود بازارچه مرزی باشماق مریوان جهت صادرات موقعیت بسیار خوبی را به این شهرستان بخشیده است. به علت وجود بازارچه مرزی در مریوان و صادرات و واردات کالا از این مرز منطقه از نظر اقتصادی رونق داشته و سرمایه گذاران زیادی در این استان حضور دارند. جهت تامین آهن و گچ مورد نیاز معادن شهرستان بیجار قابلیت تامین این مواد معدنی را دارا می باشند. پوزولان در صورت نیاز از معادن شهرستان دهگلان به کارخانه حمل می گردد. البته با توجه به بعد مسافت هزینه حمل مواد به قیمت تمام شده سیمان تحمیل می شود. به این ترتیب دایره جستجوی ما به جنوب شهرستان مریوان که ذخائر آهک و مارن را در خود جا داده است محدود می گردد. قسمت اعظم محدوده مورد نظر شامل اراضی ملی بوده نیاز به تملک زمین نمی باشد. شایان ذکر است احداث کارخانه سیمان در مریوان از مصوبات سفر دوم ریاست جمهور به استان کردستان نیز می باشد. این مسئله باعث می شود انجام امورات اداری و همچنین تامین منابع مالی طرح تسهیل گردد. در ادامه وضعیت شهرستان مریوان با توجه به داده های موجود توصیف گردیده است.

۵-۵-۱ آب و هوای منطقه مریوان

آب و هوای منطقه معتدل کوهستانی با بارش مناسب می باشد. وضعیت وزش باد و میزان پارامترهای هواشناسی استان در جدول ۵-۱ و شکل ۵-۲ ارائه شده است:



شکل ۵-۲ وضعیت باد منطقه (آمار سازمان هواشناسی کردستان، ۱۳۹۰)

جدول ۵-۱ بیشترین نوسانات عوامل جوی اتفاق افتاده در طول دوره آماری هواشناسی استان کردستان در بررسی های صحرائی انجام شده از محدوده مشاهده گردید که از نظر کاربری اراضی منطقه شامل اراضی ملی بوده و از نظر چینه شناسی شامل لایه آهک بوده که جهت هرگونه فعالیت عمرانی و معدنی مستحکم می باشد.

نام	حداکثر بارش ماهانه (میلیمتر)	حداکثر بارش سالانه (میلیمتر)	حداکثر بارش ۲۴ ساعته (میلیمتر)	حداکثر دما (درجه سانتیگراد)	حداقل دما (درجه سانتیگراد)	حداکثر وزش باد (متر بر ثانیه)
سنندج	205.4(1348-1)	794.3(1347)	73(1376-12-26)	43.6 (1360-4-25)	31- (1352-11-17)	25(1371-9-4)
سقز	263(1347-2)	990.2(1347)	86(1357-9-21)	43(1345-5-4)	36 - (1350-11-23)	28(1340-1-5)
بیجار	123.4(1373-2)	491.5(1372)	55.8(1379-1-5)	38.2(1377-4-21)	28.5 -(1367-11-13)	31(1366-1-26)
قروه	137(1373-8)	479.1(1372)	66(1373-8-17)	38(1377-4-21)	28 - (1367-11-28)	25(1369-1-12)
مریوان	434(1374-11)	1303(1372)	132.7(1383-12-20)	41.4(1387-5-4)	27.5 - (1370-11-20)	22(1372-2-12)
زرینه	214.3(1372-8)	618.4(1372)	62.4(1383-12-20)	36.5(1370-5-27)	25.6 - (1386-10-18)	29(1378-10-29)
بانه	325.9(1384-11)	951(1381)	106.8(1384-11-14)	38.8 (1387-5-13)	16.2 - (1385-10-12)	35(1381-12-28)

در بررسی نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مریوان (پیوست ۳) مشخص می شود که گسل اصلی مریوان کامیارن با محدوده مورد مطالعه فاصله زیادی دارد. در بررسی های حضوری نیز گسل مهمی دیده نشده است.

از محدوده مورد بررسی رودخانه های دائمی شیان و سیروان عبور نموده که دبی آب لحظه ای آنها محرمانه اعلام شد ولی با پیگیری های به عمل آمده از طریق آب منطقه ای کردستان جهت مصرف کارخانه سیمان کافی اعلام شد.

خط لوله انتقال گاز کامیاران مریوان که جهت صادرات گاز به عراق طراحی گردیده است از روستای حسین آباد بر روی جاده اصلی سنندج مریوان عبور کرده که توانایی تامین سوخت مورد نیاز کارخانه را دارد. خط اصلی انتقال برق فشار قوی مریوان سرو آباد نیز از همین روستا عبور کرده است. هزینه انتقال گاز و برق از روستای حسین آباد تا محل کارخانه به عهده بهره بردار خواهد بود. نتایج آزمایشات نمونه های آهک و مارن محدوده در جدول ۵-۲ آورده شده است :

جدول ۵-۲ نتایج آزمایشات نمونه های آهک و مارل محدوده (شرکت آرام سپهر مریوان، ۱۳۹۰)

آزمایش نمونه های محدوده اکتشاف کارخانه سیمان مریوان			
Material	Limestone	Marl	Clay
Loss on ign.	42.8	29.9	13.8

Sio2	1.2	24.5	51.1
Al2O3	0.39	4.5	11.8
Fe2O3	0.13	2	5.1
CaO	54.8	35.4	12.3
MgO	0.33	1.6	2.5
SO3	0.01	0.36	0.01
K2O	0.08	1.1	1.7
Na2O	0.01	0.13	0.6
TiO2	0.02	0.24	0.6
Mn2O3	0.05	0.07	0.05
P2O5	0.04	0.14	0.1
Cl	0.01	0.01	0.01
Total	99.87	99.95	99.67

فصل ششم

انتخاب محل کارخانه سیمان

مریوان



۶-۱ مقدمه

با بررسی کلی استان کردستان شهرستان مریوان برای احداث کارخانه سیمان مناسب تشخیص داده شد. با توجه به منابع معدنی آهک و مارن موجود در جنوب این شهرستان مطالعات بر روی این مکان متمرکز می‌گردد. نظر به کوهستانی بودن منطقه و هزینه‌های بالای احداث جاده و سایر تاسیسات نهایت سعی بر انتخاب محلی می‌باشد که تا حد امکان مسطح بوده و به معدن و جاده‌های موجود نزدیک باشد. در ادامه معیارهای به کار برده شده توضیح داده شده و با توجه به روشهای ارائه شده مکان‌یابی انجام خواهد گرفت.

۶-۲ معیارهای مؤثر برای انتخاب محل مناسب کارخانه سیمان مریوان

پس از بررسی کلی شهرستان مریوان و مشخص شدن محل منابع معدنی و همچنین با بررسی اولیه عوامل زیربنائی 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 سیمان را دارد. باید برای تعیین محل دقیق آن نیز بایستی یکسری معیارها در نظر گرفت که در زیر به مهم‌ترین این معیارها اشاره می‌شود (مجیدیان، ۱۳۸۲):

- نزدیکی به معدن
- استفاده از امکانات موجود
- فاصله تا جاده اصلی
- نزدیکی به منابع آب
- فاصله تا پست برق
- قرار نداشتن در مسیر باد
- دارای شیب مناسب برای احداث کارخانه

- میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین
- طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن)
- مخارج جانبی

معیارهای مذکور در ادامه توضیح داده می شود:

- **نزدیکی به معدن:** با توجه به حمل حجم زیاد مواد معدنی به کارخانه و هزینه بالای حمل و نقل مخصوصا پس از هدفمند شدن یارانه ها این عامل یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار می باشد. نزدیکی به معدن هزینه های اضافی برای جابجاشدن افراد را کاهش می دهد و لذا هرچه به معدن نزدیک تر باشد بهتر است.
- **استفاده از امکانات موجود:** استفاده از امکانات موجود مانند استفاده از راه های ایجاد شده برای تردد ماشین آلات باربری در مسیر سنگ شکن و ... بسیاری از هزینه ها را کاهش داده و یک فاکتور تأثیرگذار برای تعیین محل کارخانه می باشد.
- **فاصله تا جاده:** برای حمل و نقل محصول، هرچه فاصله تا جاده های موجود کمتر باشد، هزینه های حمل و نقل کاهش می یابد.
- **نزدیکی به منابع آب:** به علت مصرف بالای آب کارخانه، برای تأمین آب مورد نیاز هرچه فاصله آن تا منابع آب کمتر باشد هزینه های تأمین آب کمتر شده و این یک فاکتور اساسی در تعیین محل کارخانه می باشد.
- **فاصله تا پست برق:** برای تأمین نیروی برق کارخانه فاصله آن تا پست برق هرچه کم تر باشد بهتر است و هزینه انتقال برق کاهش می یابد.

- **قرار نداشتن در راستای مسیر باد:** با توجه به میزان بالای آلودگی هوای تولید شده در صنعت سیمان قرار نداشتن در راستای مسیر باد یک فاکتور مهم است و باید لحاظ شود.
 - **شیب مناسب:** جهت احداث صنایع با توجه به وسعت ساختمان‌های مورد نیاز شیب توپوگرافی بسیار مهم بوده و در صورت مسطح بودن منطقه هزینه های احداث کارخانه به شدت کاهش می یابد.
 - **نزدیکی به راه اصلی معدن:** هرچه فاصله از راه اصلی کمتر باشد، هزینه ایجاد راه دسترسی کمتر می شود و طول راه های فرعی کاهش می یابد.
 - **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، هزینه های خاک-برداری که برای تسطیح زمین صورت می گیرد، کاهش می یابد.
 - **طول نوارنقاله (فاصله از سنگ شکن) :** برای کمتر کردن هزینه حمل مواد از سنگ شکن به کارخانه هر چه طول مسیر کمتر باشد بهتر است و اگر از نوار نقاله استفاده شود هرچه این مسیر کوتاه تر باشد طول نوار نقاله و هزینه تعمیرات نوار نقاله کاهش می یابد.
- جهت انتخاب محل کارخانه سیمان مریوان این معیارها برای انتخاب محل کارخانه مورد بررسی قرار خواهند گرفت و سایر عوامل برای انتخاب این محل برای این منطقه یکسان و لذا برای انتخاب منظور نشده است.
- پس از شناخت عوامل مؤثر در انتخاب محل کارخانه سیمان و آشنایی با تکنیک های مختلفی که توانایی تصمیم گیران را افزایش می دهند، حال باید با کنارهم قرار دادن این عوامل و روش ها و همچنین استفاده از نرم افزارهای مناسب اقدام به مکان یابی محل های مناسب برای کارخانه کرده و در نهایت نتایج حاصل از عملیات مکان یابی به صورت خروجی نمایش داده شود. 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 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 Desk Map 2000i

• Autocad 2008

• ArcView 3.1

با توجه به این که فرآیند مکان‌یابی یک مسئله تصمیم‌گیری چند صفحه 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.

۳-۶ 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.

۶-۳-۱ روش کتابخانه‌ای (اسنادی)

در این مرحله جمع‌آوری آمار و اطلاعات و مطالعات انجام شده در سطح منطقه (شامل مطالعات زمین شناسی، 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 مورد منطقه، کتب، پایان‌نامه‌ها و مقالات برای مباحث پایه و اصول نظری و انواع نقشه‌ها استفاده شده است.

۶-۳-۲ تجزیه و تحلیل‌های مکانی

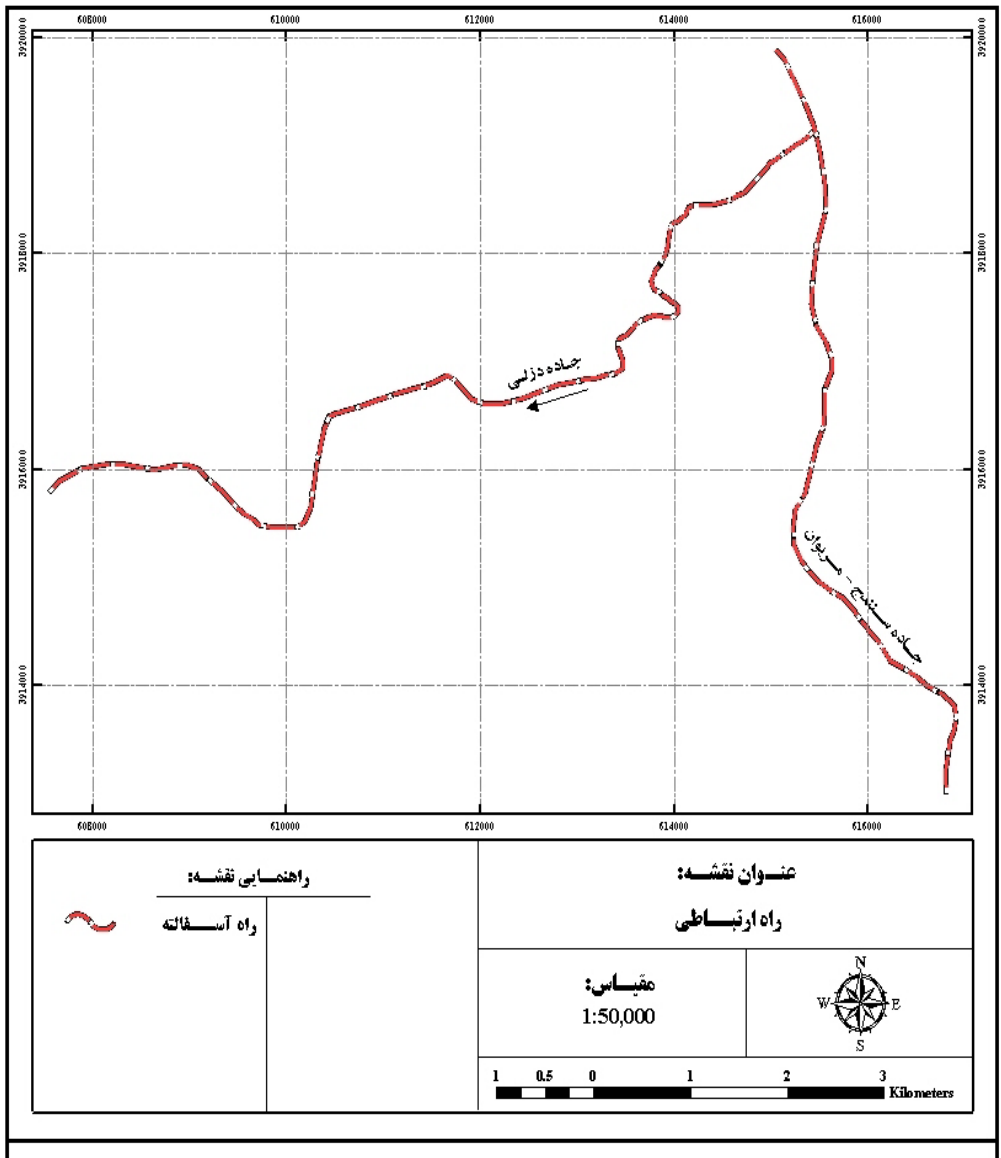
مرحله دوم تحقیق شامل ورود اطلاعات و رقومی‌سازی نقشه‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، پردازش، آنالیز اطلاعات در پایگاه داده‌ها و سیستم اطلاعات جغرافیایی و در نهایت انجام تحلیل‌های مکان‌یابی است. برای مکان‌یابی محل احداث کارخانه با GIS می‌بایست عوامل مؤثر، معیارها و محدودیت‌ها به صورت لایه‌های نقشه تهیه شده 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 هر یک از لایه‌ها (فاصله تا جاده، فاصله تا منابع انرژی، فاصله تا مناطق مسکونی و ...) تهیه و در مرحله بعد نقشه نشان دهنده مناطق مطلوب برای احداث کارخانه از هر یک از لایه‌ها تهیه می‌شود و نقشه‌ها با استفاده از روش‌های GIS با یکدیگر ترکیب می‌شوند، نقشه به دست آمده با نقشه محدود کننده که در این جا نقشه فاصله تا معدن می‌باشد، همپوشانی می‌شود که محل به دست آمده از تلفیق لایه‌های مختلف نشان دهنده منطقه مناسب برای احداث کارخانه می‌باشد.

۳-۳-۶ 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 تأییدهی 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:

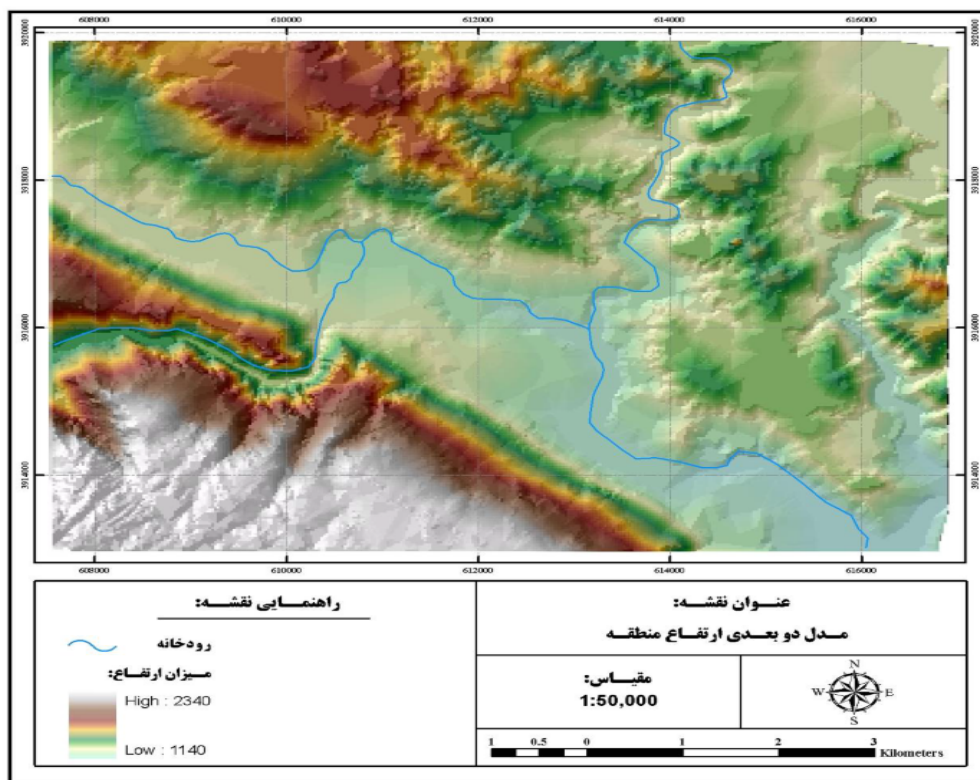
- نقشه زمین‌شناسی منطقه: با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (پیوست ۳) اکثر منطقه از آهک و مارن تشکیل شده اند و تقریباً جنس زمین در منطقه مورد مطالعه ثابت است. این نکته نیز قابل ذکر است که در منطقه مورد مطالعه هیچ گسلی یا ناپیوستگی وجود ندارد.

- **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. شکل (۶-۱) نشان دهنده نقشه راه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



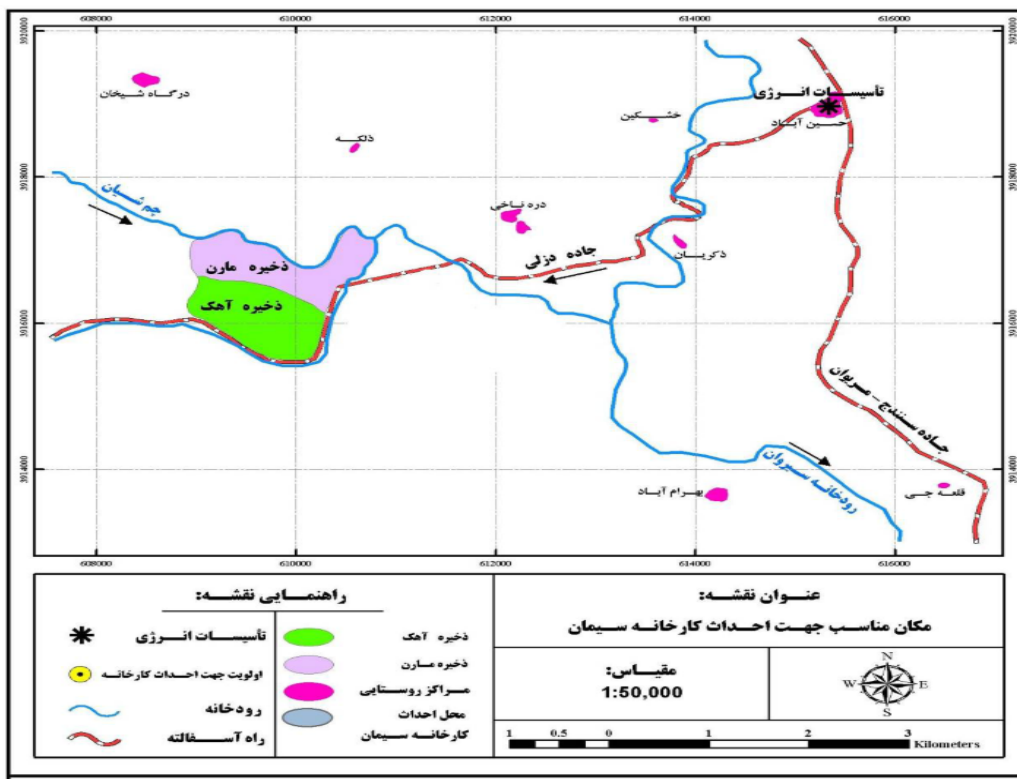
شکل ۶-۱ نقشه راه‌های موجود در منطقه

- نقشه ارتفاعی محدوده: از این نقشه برای پیدا کردن محل مناسب با شیب مورد نظر استفاده می‌شود (شکل ۲-۶).



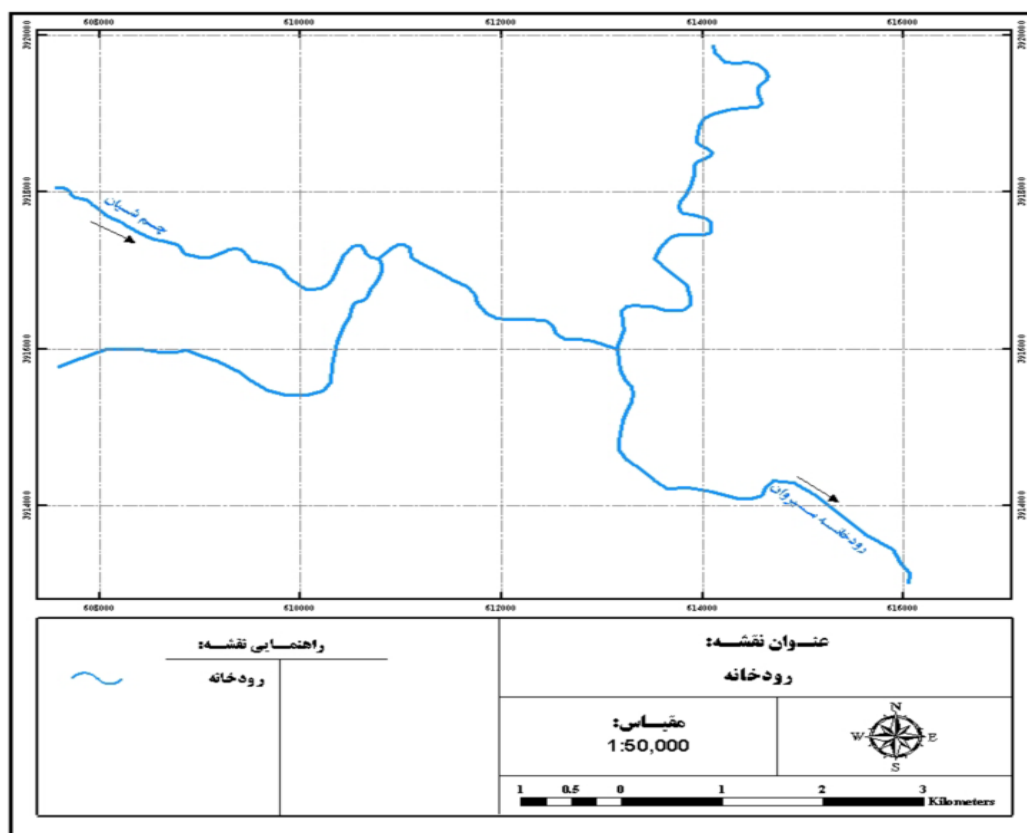
شکل ۲-۶ نقشه ارتفاعی محدوده

• نقشه وضعیت کلی محدوده: این نقشه یک دید کلی از منطقه به ما می‌دهد (شکل ۳-۶):



شکل ۳-۶ وضعیت کلی محدوده

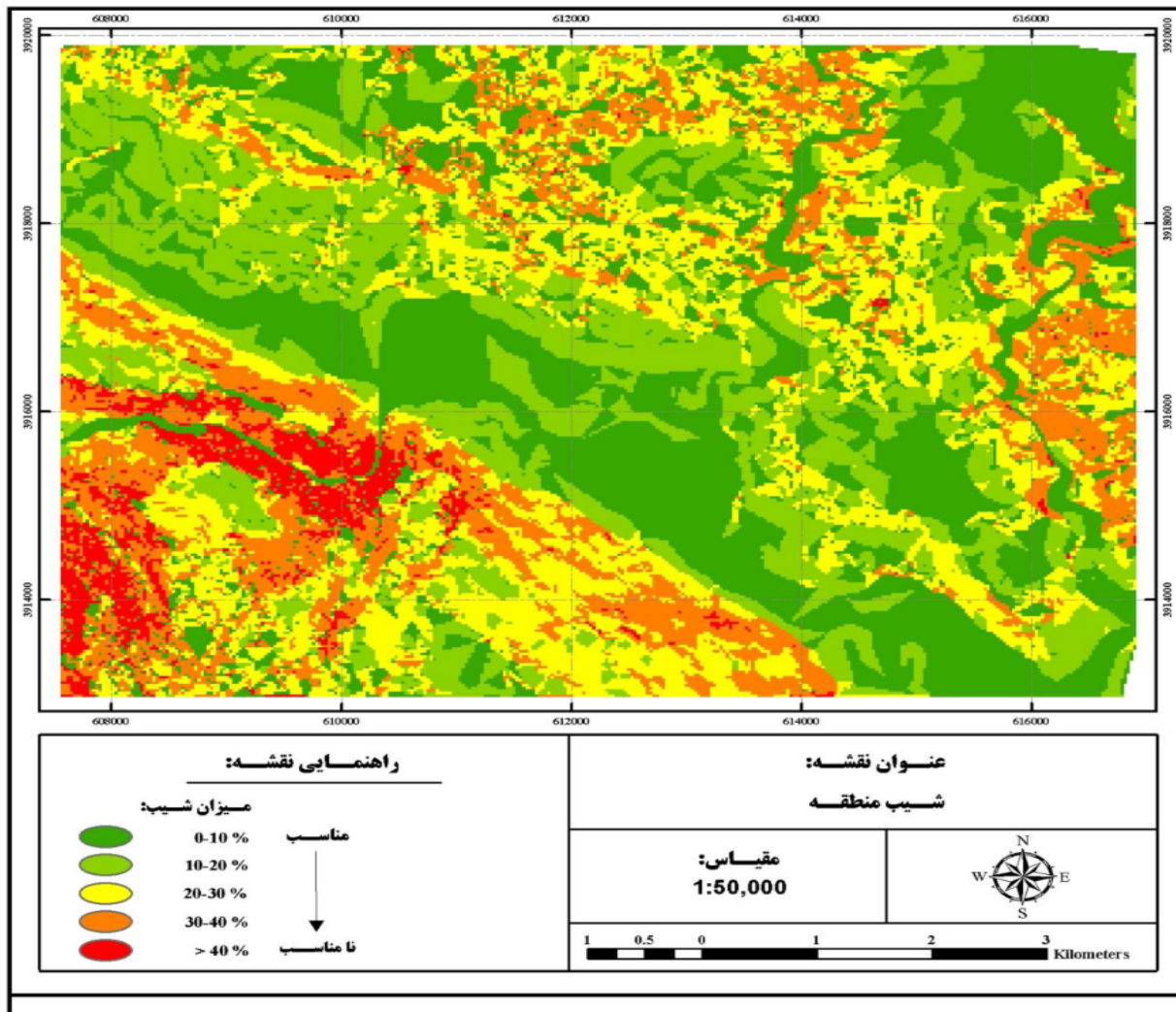
- نقشه منابع تأمین آب: به علت مصرف بالای آب کارخانه، برای تأمین آب مورد نیاز هرچه فاصله آن تا منابع آب کمتر باشد، هزینه‌های تأمین آب کمتر شده و این یک فاکتور اساسی در تعیین محل کارخانه می‌باشد (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶ نقشه رودخانه‌های موجود در منطقه

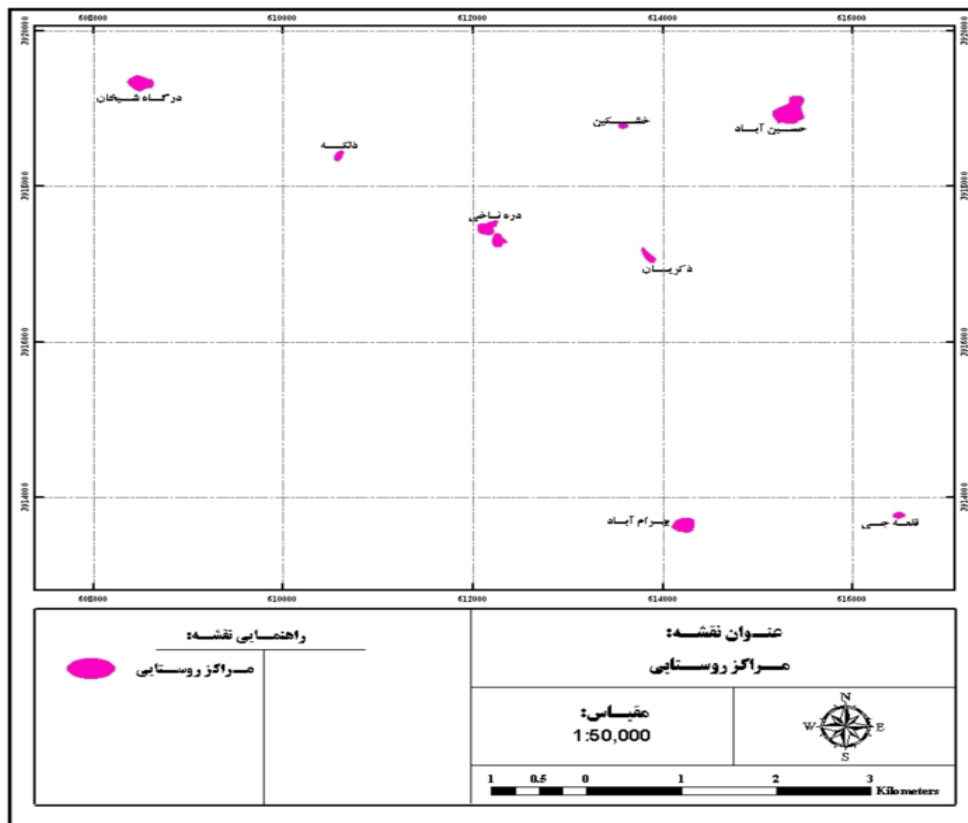
نقشه شیب منطقه: نقشه وضعیت شیب کلی منطقه در شکل (۵-۶) نشان داده شده است. لازم به

توضیح است که نقشه مذکور با استفاده از نقشه رقومی ۱/۲۵۰۰۰ منطقه تهیه شده است.



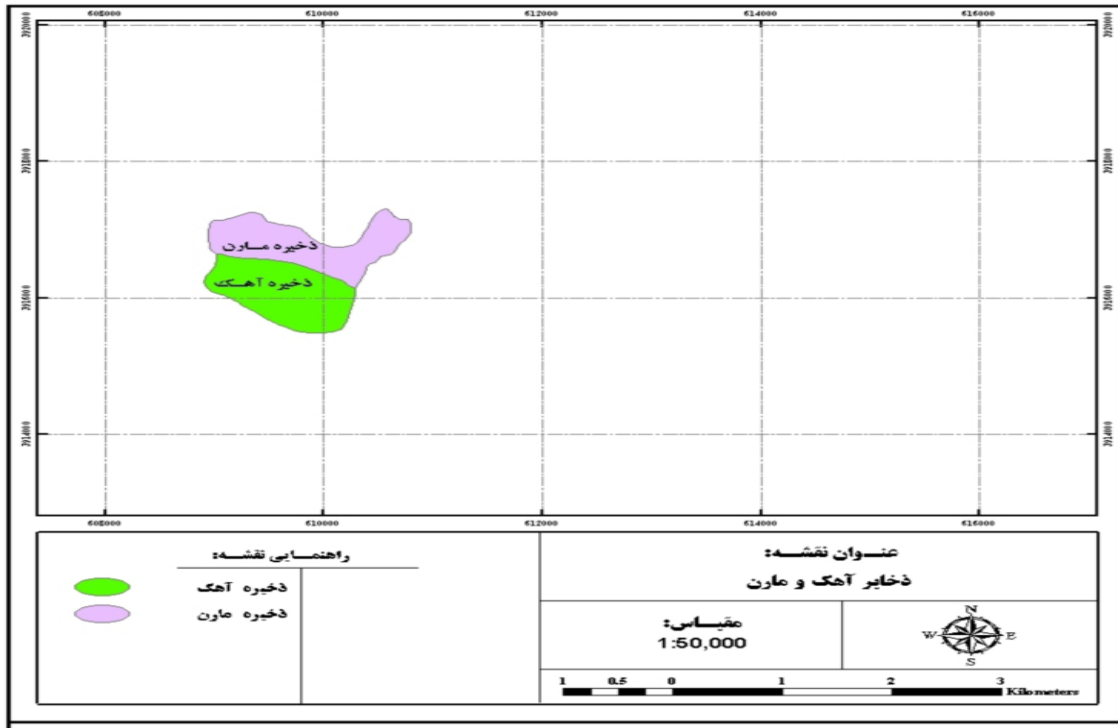
شکل ۵-۶ نقشه شیب محدوده

- نقشه مناطق مسکونی: موقعیت مناطق مسکونی منطقه مورد مطالعه در شکل ۶-۶ نشان داده شده است.



شکل ۶-۶ نقشه فاصله از مناطق مسکونی

- نقشه نشان دهنده ذخیره معدنی : نقشه وضعیت ذخیره در شکل ۶-۷ نشان داده شده است. برای تهیه این نقشه از نقشه زمین شناسی و نقشه توپوگرافی رقومی منطقه استفاده شده است. حجم ذخیره باید به اندازه ای باشد که مواد اولیه کارخانه را برای سالیان متمادی تامین کند. برای حمل مواد از سنگ-شکن به کارخانه بیشتر مواقع از نوار نقاله استفاده می شود. هرچه این مسیر کوتاه تر باشد، طول نوار نقاله و هزینه تعمیرات آن کاهش می یابد. لذا هر چه طول مسیر کمتر باشد بهتر است .



شکل ۶-۷ نقشه نشان دهنده ذخیره معدنی

۶-۳-۴ 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.

۶-۳-۵ 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 حداکثر فاصله مناسب از معیارها در

جدول (۱-۶) آورده شده است. برای 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 ۵-۴).

جدول ۶-۱ اطلاعات مورد نیاز برای تهیه زون بافر از معیارهای مختلف

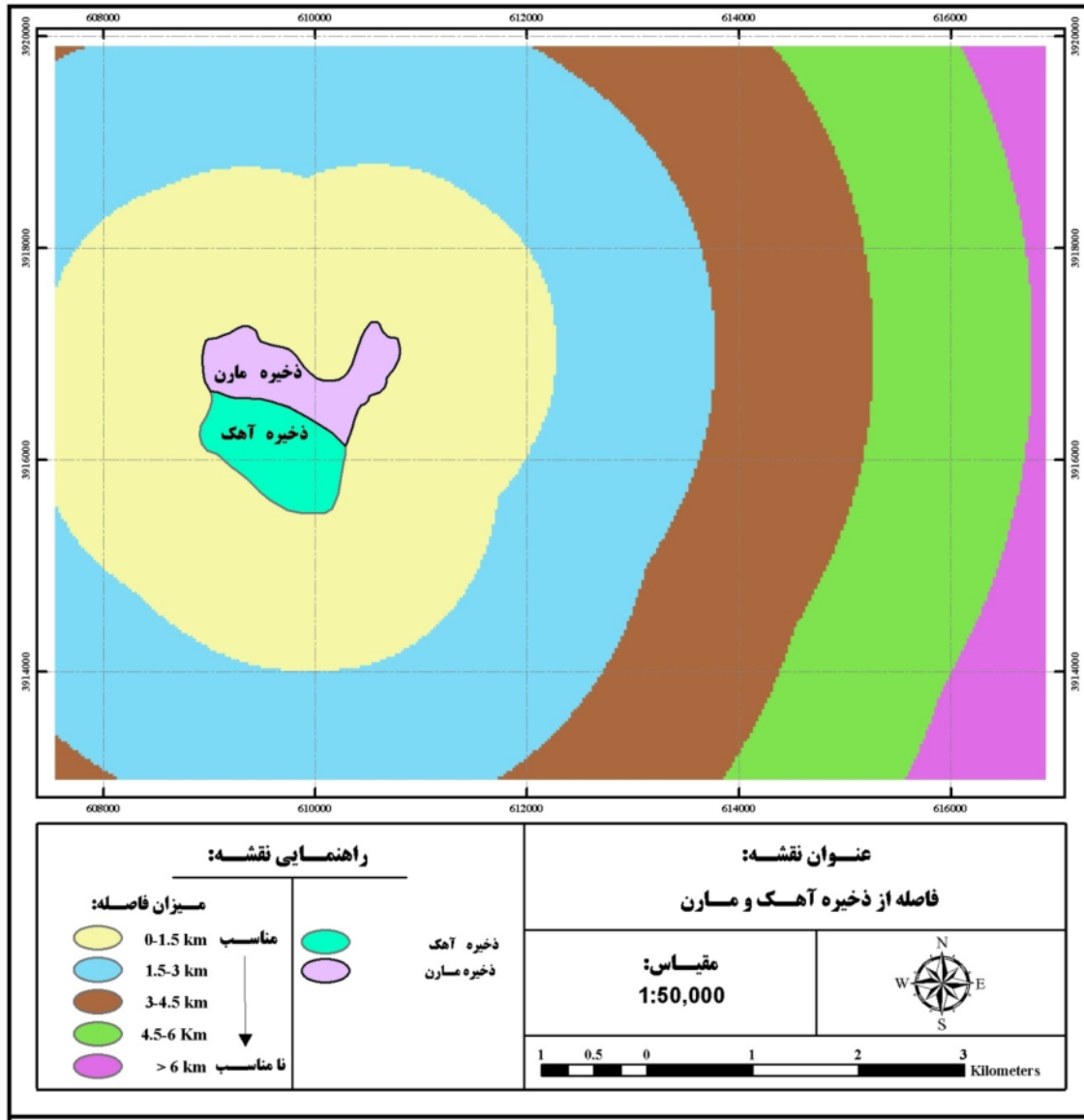
ردیف	معیار	حداکثر میزان مناسب
۱	راه‌های دسترسی	۳ کیلومتر
۲	منابع آب	۲ کیلومتر
۳	منابع انرژی	۶ کیلومتر
۴	مناطق مسکونی	۲ کیلومتر
۵	شیب	۱۰ درصد
۶	فاصله تا معدن	۳ کیلومتر

جدول ۶-۲ نحوه امتیاز دهی به معیارها

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

برای هر کدام از نقشه‌های توضیح داده شده بافر متناسب آن معیار تهیه گردیده است:

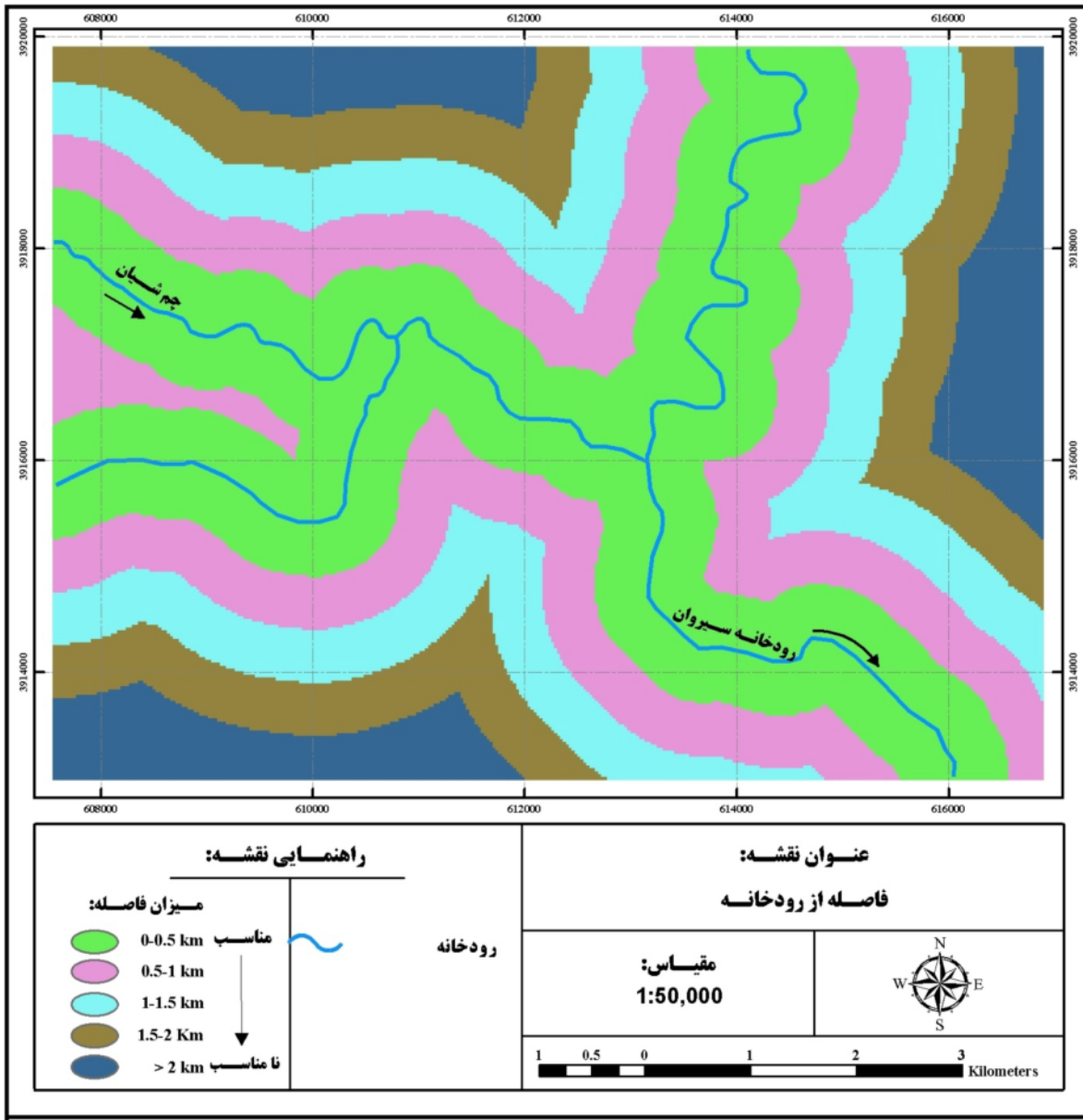
• بافرهای نشان دهنده نزدیکی به ذخیره معدنی: بافرهای مختلف فاصله از ذخیره معدنی در شکل 6-8 نشان داده شده است:



شکل 6-8 نقشه نشان دهنده نزدیکی به ذخیره معدنی

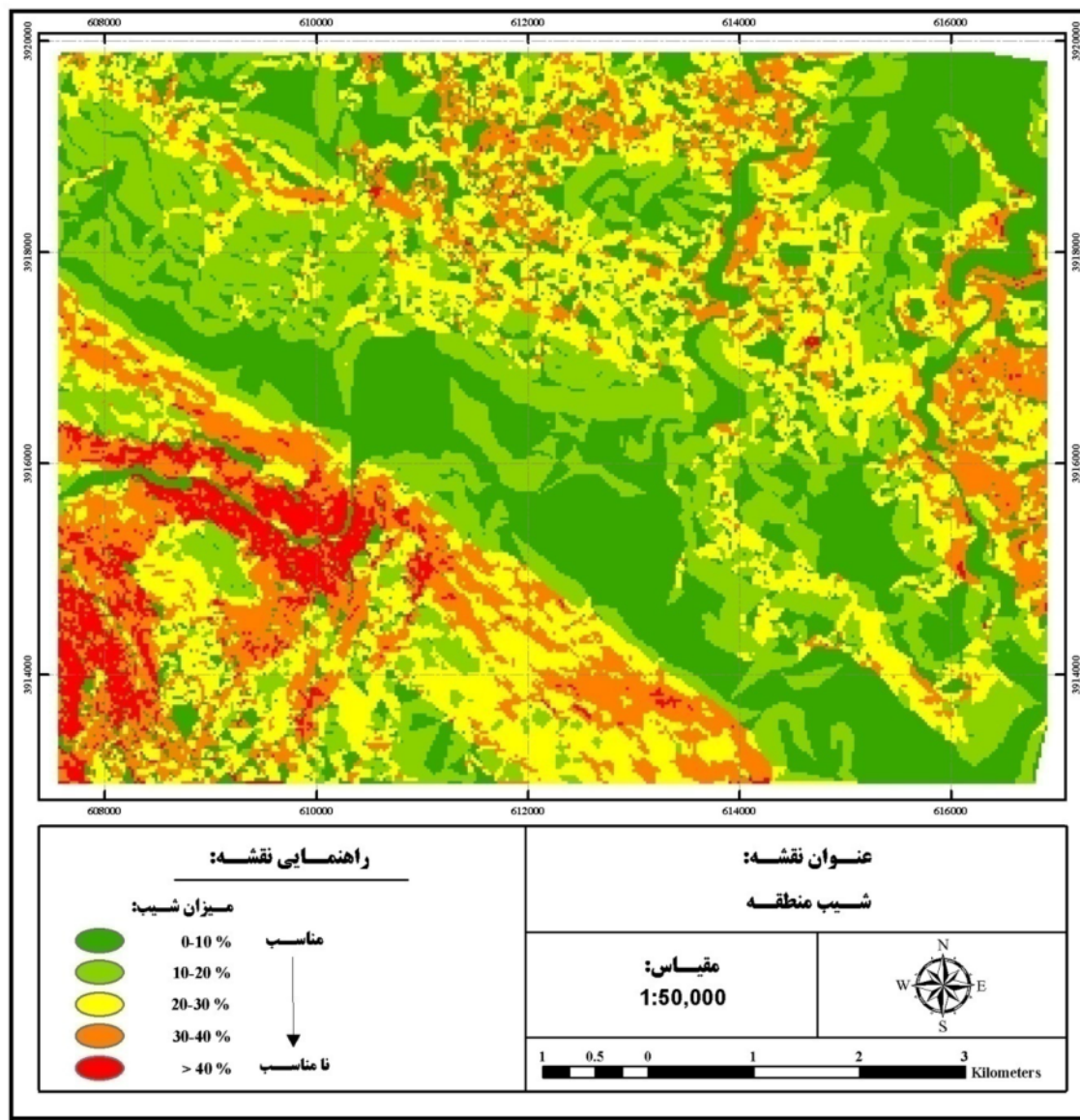
• بافرهای نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین آب: بافرهای مختلف فاصله از منابع تامین آب

در شکل ۶-۹ نشان داده شده است:



شکل ۶-۹ نقشه نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین آب

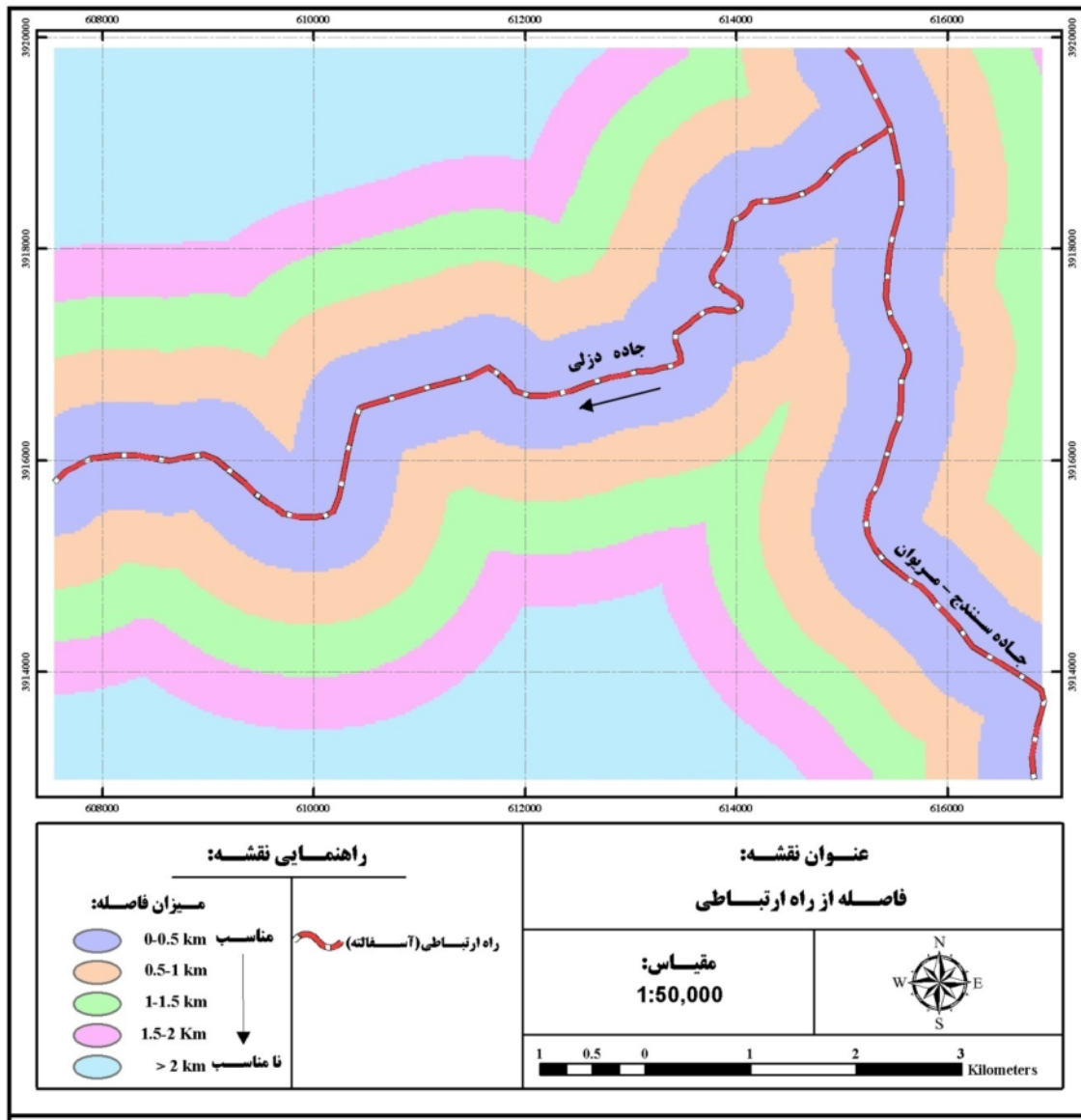
- بافرهای نشان دهنده مناطق دارای شیب توپوگرافی مناسب: بافرهای مختلف شیب توپوگرافی در شکل ۶-۱۰ نشان داده شده است:



شکل ۶-۱۰ نقشه نشان دهنده مناطق دارای شیب توپوگرافی مناسب

• بافرهای نشان دهنده نزدیکی به جاده‌های اصلی: بافرهای مختلف فاصله از جاده‌های اصلی

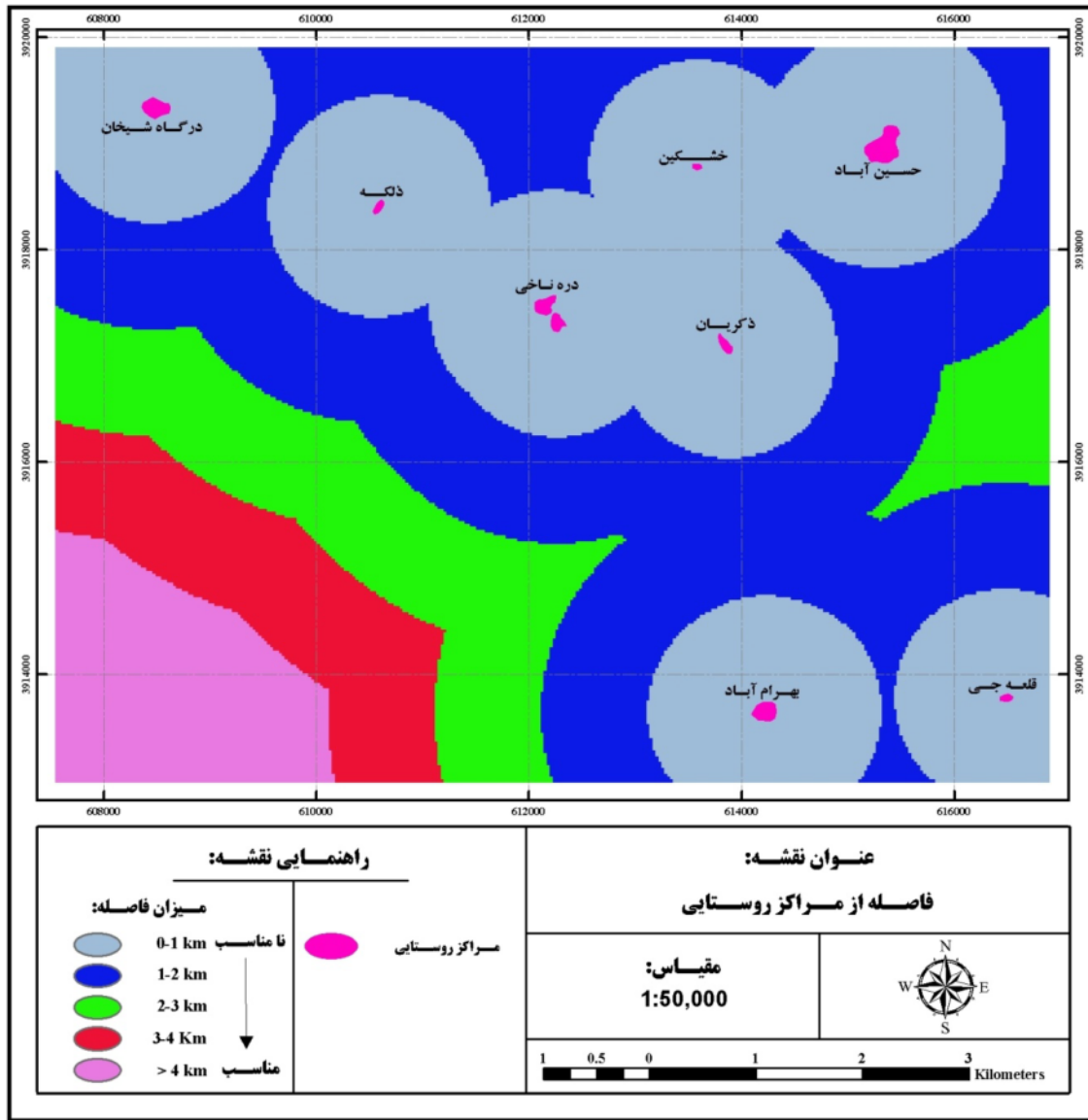
در شکل ۱۱-۶ نشان داده شده است:



شکل ۱۱-۶ نقشه نشان دهنده نزدیکی به جاده‌های اصلی

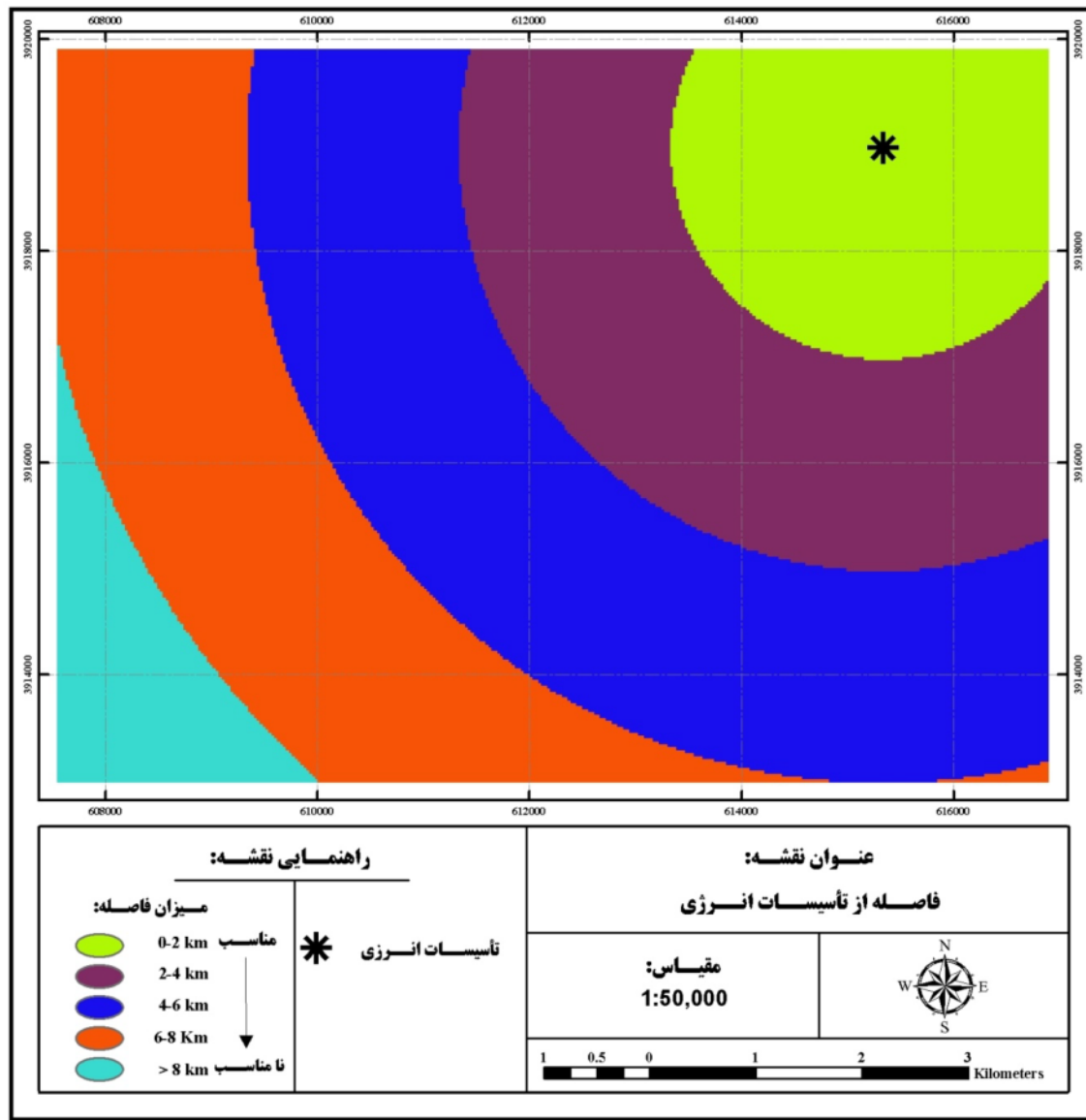
• بافرهای نشان دهنده نزدیکی به مناطق مسکونی: بافرهای مختلف فاصله از مناطق مسکونی

در شکل ۶-۱۲ نشان داده شده است:



شکل ۶-۱۲ نقشه نشان دهنده نزدیکی به مناطق مسکونی

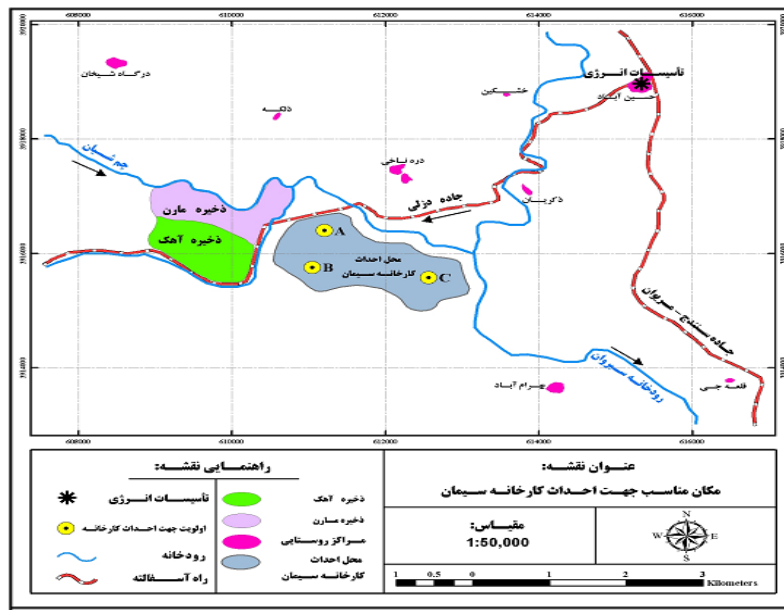
• بافرهای نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین انرژی: بافرهای مختلف فاصله از منابع تامین انرژی در شکل ۶-۱۳ نشان داده شده است:



شکل ۶-۱۳ نقشه نشان دهنده نزدیکی به منابع تامین انرژی

۶-۳-۶ تبدیل اطلاعات به نقشه‌های رستری و تلفیق نقشه‌ها با یکدیگر

در این مرحله لایه‌های بافردار به نقشه‌های رستری تبدیل می‌شود. برای تهیه Grid از همه لایه‌های اطلاعاتی (لایه‌های بافردار) 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.



شکل ۶-۱۴ نقشه نشان دهنده منطقه مناسب برای احداث کارخانه سیمان مریوان

در شکل ۶-۱۴ منطقه ای به مساحت ۲۲۸ هکتار جهت احداث کارخانه با توجه به معیارهای تعریف شده به دست آمد. چون عرصه لازم برای احداث کارخانه سیمان کمتر از این میزان می‌باشد لذا با بازدید صحرایی سه محدوده کوچکتر (A, B & C) در این محل مشخص گردید. در ادامه با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره از بین این سه محدوده، گزینه مناسب انتخاب می‌گردد.

۴-۶ تعیین محل کارخانه سیمان در مریوان 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 ۲۲۸ هکتار است که برای احداث کارخانه سیمان به مساحت ۶۰ تا ۸۰ 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 ۶-۱۴ نشان داده شده است. این معیارها عبارتند از:

- نزدیکی به معدن
- استفاده از امکانات زیر بنایی موجود
- فاصله تا مراکز توزیع انرژی
- نزدیکی به راه اصلی معدن
- طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)
- نزدیکی به منابع آب
- قرار نداشتن در مسیر باد
- میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین
- مخارج جانبی
- فاصله از مناطق مسکونی

این کار با همکاری چند نفر از متخصصان و کارشناسان 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 (۳-۶) (صفری، ۱۳۸۸) 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 (۴-۶) و (۵-۶) به ترتیب نشان‌دهنده ارزیابی معیارها و گزینه‌ها توسط کارشناسان می‌باشد که از هشت کارشناس برای این کار استفاده شده است. انتخاب کارشناسان برای نظردهی بر اساس میزان سابقه کار، تحصیلات و سمت آن‌ها صورت گرفت. در این تحقیق برای ارزیابی اهمیت معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از متغیرهای زبانی استفاده شده است که به ترتیب در جداول ۵-۶ و ۷-۵ بیان شده‌اند.

جدول ۳-۶ نمونه فرم پرسش‌نامه

موضوع: انتخاب محل کارخانه سیمان در استان کردستان 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	امتیاز (وزن)	گزینه		
			A	B	C
۱	نزدیکی به معدن				
۲	استفاده از امکانات زیر بنایی موجود				
۳	فاصله تا مراکز توزیع انرژی				
۴	نزدیکی به راه اصلی معدن				
۵	طول نوارنقاله (فاصله از سنگ‌شکن)				
۶	نزدیکی به منابع آب				
۷	قرار نداشتن در مسیر باد				
۸	میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین				
۹	مخارج جانی				
۱۰	فاصله از مناطق مسکونی				
۱۱					
۱۲					

جدول ۴-۶ متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها (عطائی، ۸۹، ب)

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

جدول ۵-۶ متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها (عطائی، ۸۹، ب)

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

پس از تعریف اعداد فازی برای متغیرهای زبانی به منظور تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای معیارها که درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی آن یک عدد فازی مثلثی خواهد بود از رابطه زیر پیروی می‌کند.

$$X_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad l_{ij} = \min\{a_{ijk}\}, \quad m_{ij} = \frac{1}{R} \sum_{k=1}^R b_{ijk}, \quad u_{ij} = \max\{c_{ijk}\} \quad (1-6)$$

که در آن‌ها (X_{ij}) مجموعه نظرات کارشناس نسبت به پارمترها، (l_{ij}) حداقل نظرسنجی‌ها، (m_{ij}) میانگین نظرات و (u_{ij}) حداکثر نظرات است. اهمیت ترکیبی معیارها با استفاده از نتایج به دست آمده از پرسشنامه‌های جواب داده شده توسط کارشناسان (پیوست ۴) در جدول ۶-۶ نشان داده شده است. با دانستن این نکته ماتریس مقایسه زوجی برای معیارها نسبت به هم‌دیگر به صورت جدول ۵-۱۰ تشکیل شده است. برای انجام مقایسه زوجی بین معیارها و گزینه‌های مطرح شده از نظرات یک گروه ۸ نفری که دارای تجربه کافی بوده‌اند، استفاده شده است. برتری هر معیار نسبت به معیار دیگر با عدد فازی مثلثی بیان شده است به صورتی که میزان برتری یک معیار نسبت به معیار دیگر از تقسیم عدد فازی‌شان بر هم به دست آمده است.

جدول ۶-۶ اهمیت ترکیبی معیارها (وزن معیارها)

وزن	معیار
(0.5 , 0.82 , 1)	C_1
(0.3 , 0.7 , 1)	C_2
(0.5 , 0.75 , 1)	C_3
(0.3 , 0.65 , 0.9)	C_4
(0.3 , 0.65 , 1)	C_5
(0.5 , 0.87 , 1)	C_6
(0.3 , 0.6 , 0.9)	C_7
(0.3 , 0.5 , 0.7)	C_8
(0.3 , 0.5 , 0.7)	C_9
(0.3 , 0.5 , 0.7)	C_{10}

رتبه‌بندی ترکیبی گزینه‌ها برای هر معیار نیز به همین صورت که برای معیارها ذکر شد انجام شده است که نتایج آن در جدول ۶-۷ نشان داده شده است:

جدول ۶-۷ رتبه بندی ترکیبی گزینه‌ها

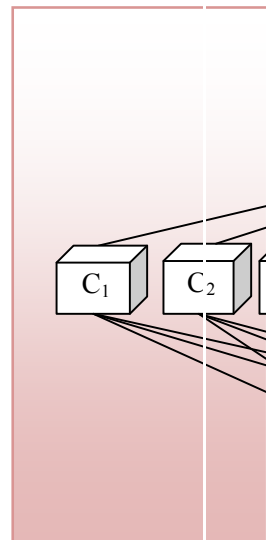
	A	B	C
C ₁	(3, 8, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
C ₂	(5, 8.25, 10)	(3, 7.25, 10)	(3, 5, 7)
C ₃	(5, 7, 9)	(3, 5.25, 7)	(5, 8.25, 9)
C ₄	(5, 8.5, 10)	(3, 5, 7)	(1, 4, 7)
C ₅	(5, 7.75, 10)	(1, 3.5, 7)	(1, 3, 5)
C ₆	(3, 7, 10)	(1, 3.75, 9)	(3, 8, 10)
C ₇	(1, 4.5, 7)	(1, 6.25, 9)	(3, 6.75, 9)
C ₈	(3, 6.75, 9)	(5, 8, 10)	(1, 3, 5)
C ₉	(5, 8.5, 10)	(3, 6.75, 9)	(1, 3.5, 7)
C ₁₀	(1, 3.5, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7.75, 10)

۶-۴-۱ تعیین محل کارخانه سیمان با استفاده از روش FAHP

گام اول: ساختن درخت تصمیم‌گیری

همانطور که قبلاً ذکر شد، قدم اول در فرآیند سلسله مراتبی فازی ترسیم درخت تصمیم‌گیری است. در این تحقیق، درخت تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها و گزینه‌ها تقسیم می‌شوند. شکل

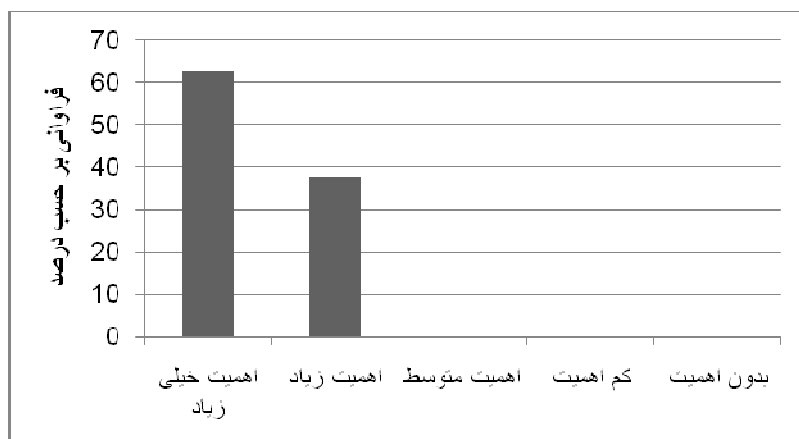
۶-۱۵ ساختار سلسله مراتبی مربوط به تعیین محل کارخانه سیمان را نشان می‌دهد



شکل ۶-۱۵ نمودار تحلیل سلسه مراتبی انتخاب محل کارخانه سیمان

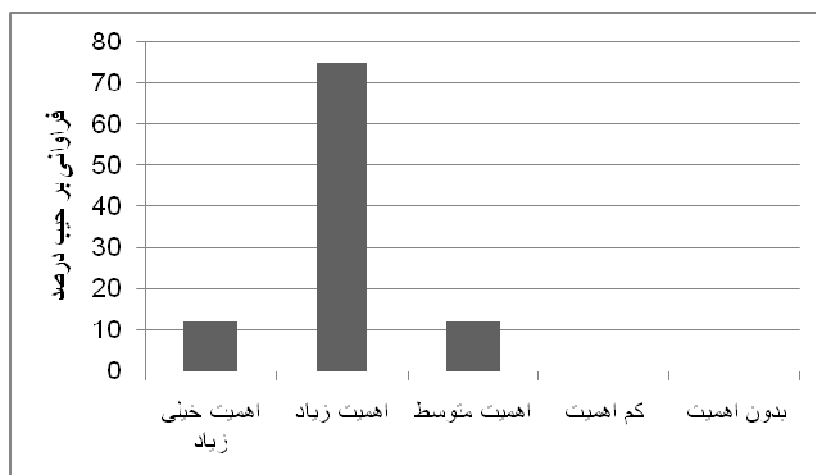
گام دوم: تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی

برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، ابتدا پرسش‌نامه‌هایی، حاوی کلیه عوامل موثر بر انتخاب مکان مناسب برای کارخانه سیمان، تهیه شده است. این پرسش‌نامه‌ها برای ۱۱ کارشناسان مختلف ارسال شده است که از این تعداد ۸ پرسش‌نامه دریافت گردید (پیوست ۴). با توجه به پرسش‌نامه‌های دریافت شده نمودار فراوانی هریک از پارامترها در شکل‌های ۶-۱۶ تا ۶-۲۵ آورده شده است. محور عمودی در این نمودارها بیان‌گر درصد فراوانی این معیارها است.



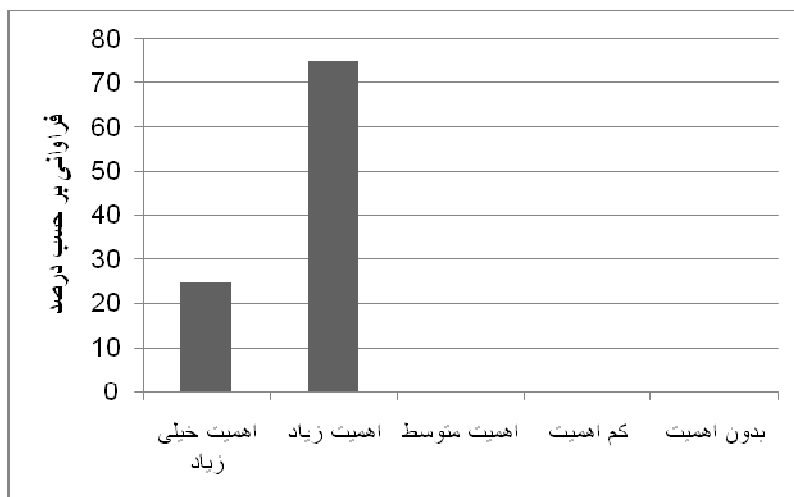
شکل ۱۶-۶ نمودار فراوانی نزدیکی به معدن

درصد فراوانی پارامتر نزدیکی به معدن مطابق شکل ۱۶-۶ از دیدگاه کارشناسان از اهمیت خیلی زیاد تا اهمیت زیاد تشخیص داده شده است. ولی با در نظر گرفتن توزیع درصد فراوانی از میزان امتیاز اهمیت خیلی زیاد آن کاسته می شود.



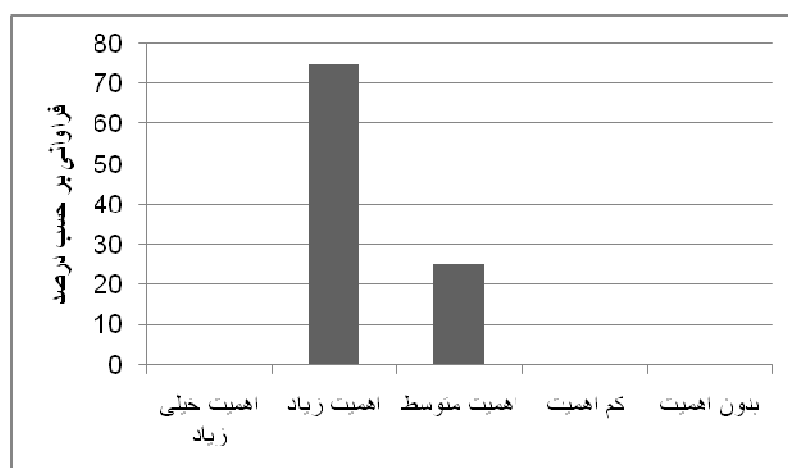
شکل ۱۷-۶ نمودار فراوانی استفاده از امکانات زیر بنایی موجود

درصد فراوانی نشان داده شده در شکل ۱۷-۶، بیانگر تأکید کارشناسان بر اهمیت زیاد پارامتر استفاده از امکانات زیر بنایی موجود است.



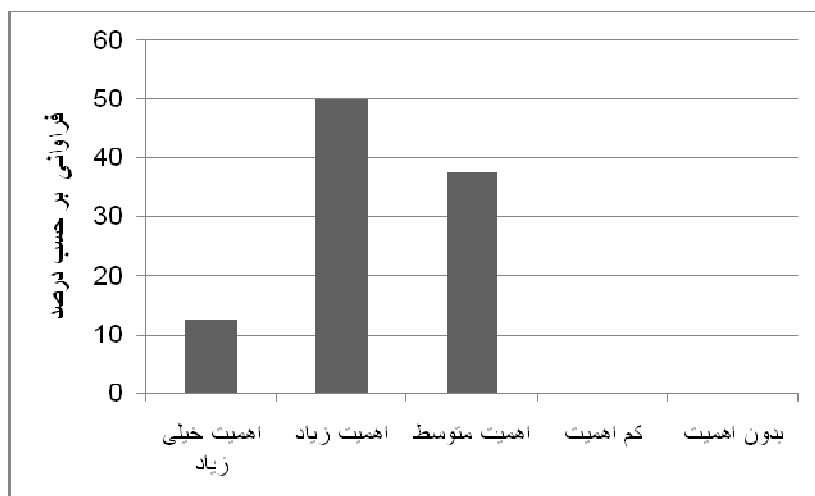
شکل ۶-۱۸ نمودار فراوانی فاصله تا مراکز توزیع انرژی

چنانچه در شکل ۶-۱۸ نشان داده شده است، نظر داوران روی فاصله تا مراکز توزیع انرژی بیشتر به سمت امتیاز اهمیت زیاد متمایل بوده است.



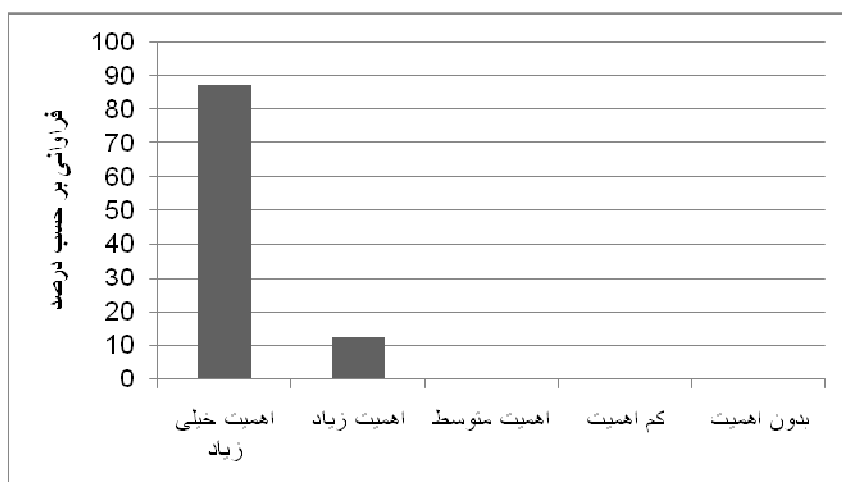
شکل ۶-۱۹ نمودار فراوانی نزدیکی به راه اصلی معدن

ر



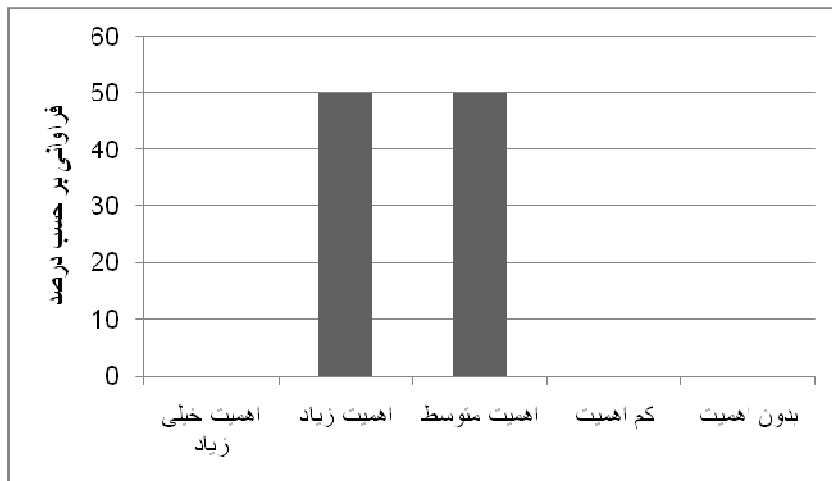
شکل ۶-۲۰ نمودار فراوانی طول نوار نقاله

در شکل‌های ۶-۱۹ و ۶-۲۰، پارامترهای نزدیکی به راه اصلی معدن و طول نوار نقاله از دیدگاه کارشناسان از اهمیت خیلی زیاد تا اهمیت زیاد تشخیص داده شده است. ولی با در نظر گرفتن توزیع درصد فراوانی از میزان امتیاز اهمیت آنها کسته می‌شود..



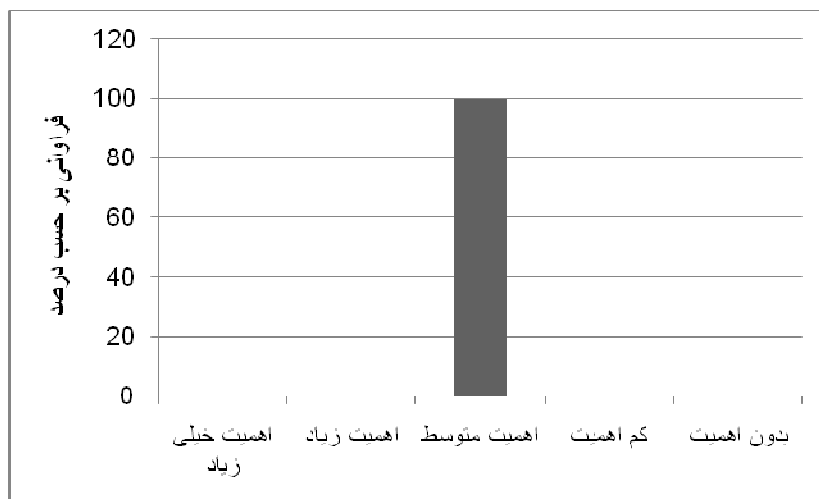
شکل ۶-۲۱ نمودار فراوانی نزدیکی به منابع آب

درصد فراوانی نشان داده شده در شکل ۶-۲۱، بیانگر تأکید کارشناسان بر اهمیت خیلی زیاد پارامتر نزدیکی به منابع آب است.

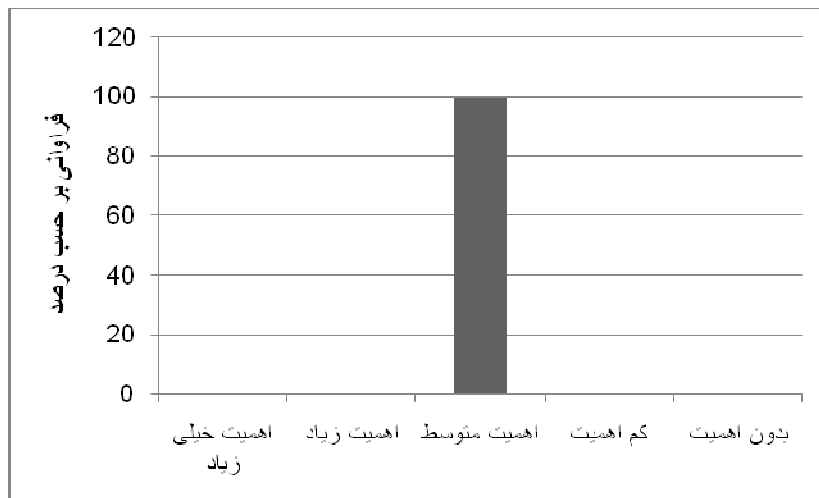


شکل ۶-۲۲ نمودار فراوانی قرار نداشتن در مسیر باد

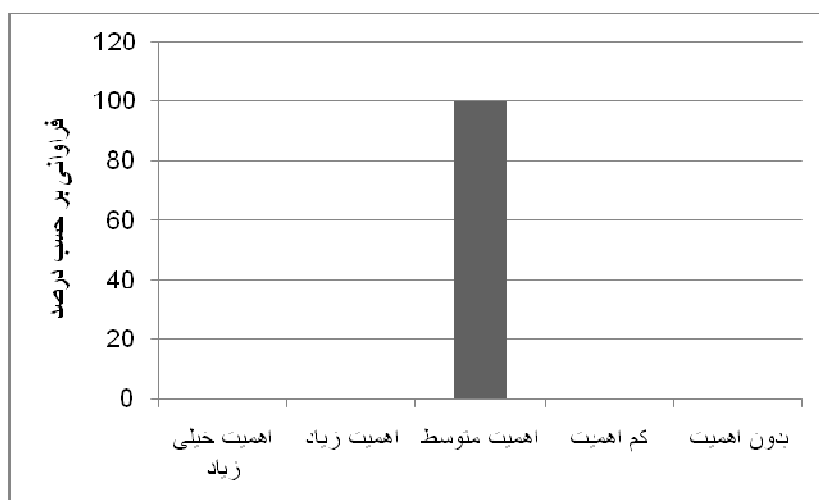
بر طبق شکل ۶-۲۲، درصد فراوانی پارامتر قرار نداشتن در مسیر باد نشان دهنده امتیاز اهمیت زیاد است. با این حال وجود پراکندگی فراوانی نظرات داوران به سمت اهمیت متوسط، از میزان امتیاز اهمیت زیاد می‌کاهد.



شکل ۶-۲۳ نمودار فراوانی میزان خاک برداری



شکل ۶-۲۴ نمودار فراوانی مخارج جانبی



شکل ۶-۲۵ نمودار فراوانی فاصله از مناطق مسکونی

در شکل‌های ۶-۲۳، ۶-۲۴، ۶-۲۵، پارامترهای میزان خاک‌برداری جهت تسطیح زمین و مخارج جانبی و فاصله از مناطق مسکونی از دیدگاه همه کارشناسان اهمیت متوسط تشخیص داده شده است و تأکید امتیاز اهمیت متوسط وحدت نظر کارشناسان را نشان می‌دهد.

جدول ۶-۸ 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 ₁	(ا و ا)	(۰/۵۱/۱۷۳/۳)	(۰/۵۱/۰۹۲)	(۰/۵۵/۱/۲۶۳/۳)	(۰/۵۱/۲۶۳/۳)	(۰/۵۰/۹۴/۲)	(۰/۵۵/۱/۳۶۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۶۴۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۶۴۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۶۴۳/۳)
C ₂	(۰/۳۰/۸۵/۲)	(ا و ا)	(۰/۳۰/۹۳/۳)	(۰/۳۳/۱/۰۷۲/۳)	(۰/۳۰/۱/۰۷۳/۳)	(۰/۳۰/۷۴/۲)	(۰/۳۳/۱/۱۶۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۴۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۴۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۴۳/۳)
C ₃	(۰/۵۰/۹۲/۲)	(۰/۵۱/۰۷۳/۳)	(ا و ا)	(۰/۵۵/۱/۱۵۳/۳)	(۰/۵۱/۱/۱۵۳/۳)	(۰/۵۰/۸۶/۲)	(۰/۵۵/۱/۲۵۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۵۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۵۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۵۳/۳)
C ₄	(۰/۳۰/۷۹/۱/۸۲)	(۰/۳۰/۹۳/۳)	(۰/۳۰/۸۷/۱/۸۲)	(ا و ا)	(۰/۳۰/۳)	(۰/۳۰/۷۴/۱/۸)	(۰/۳۳/۱/۰۸۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۳۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۳۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۳۳/۳)
C ₅	(۰/۳۰/۷۹/۱/۸۲)	(۰/۳۰/۹۳/۳)	(۰/۳۰/۸۷/۱/۸۲)	(۰/۳۳/۱/۲/۳)	(ا و ا)	(۰/۳۰/۷۴/۲)	(۰/۳۳/۱/۰۸۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۳۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۳۳/۳)	(۰/۴۲/۱/۳۳/۳)
C ₆	(۰/۵۱/۰۶۲)	(۰/۵۱/۳۵/۰/۵)	(۰/۵۱/۲۲/۲)	(۰/۵۵/۱/۳۵/۳/۳)	(۰/۵۱/۳۵/۳/۳)	(ا و ا)	(۰/۵۵/۱/۴۵/۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۷۴/۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۷۴/۳/۳)	(۰/۷۱/۱/۷۴/۳/۳)
C ₇	(۰/۳۰/۷۳/۱/۸۲)	(۰/۳۰/۸۶/۳)	(۰/۳۰/۸۱/۱/۸۲)	(۰/۳۳/۰/۹۲/۳)	(۰/۳۰/۰/۹۲/۳)	(۰/۳۰/۶۹/۱/۸۲)	(ا و ا)	(۰/۴۲/۱/۲/۳)	(۰/۴۲/۱/۲/۳)	(۰/۴۲/۱/۲/۳)
C ₈	(۰/۳۰/۶۱/۱/۴۱)	(۰/۳۰/۷۱/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۶۶/۱/۴)	(۰/۳۳/۰/۷۷/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۰/۷۷/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۵۷/۱/۴۱)	(۰/۳۳/۰/۸۲/۲/۳۸)	(ا و ا)	(۰/۴۲/۱/۲/۳۳)	(۰/۴۲/۱/۲/۳۳)
C ₉	(۰/۳۰/۶۱/۱/۴۱)	(۰/۳۰/۷۱/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۶۶/۱/۴۱)	(۰/۳۳/۰/۷۷/۲/۳۳)	(۰/۳۰/۰/۷۷/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۵۷/۱/۴۱)	(۰/۳۳/۰/۸۲/۲/۳۸)	(۰/۴۲/۱/۲/۳۸)	(ا و ا)	(۰/۴۲/۱/۲/۳۳)
C ₁₀	(۰/۳۰/۶۱/۱/۴۱)	(۰/۳۰/۷۱/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۶۶/۱/۴۱)	(۰/۳۳/۰/۷۷/۲/۳۸)	(۰/۳۰/۰/۵۷/۱/۴۱)	(۰/۳۰/۰/۵۷/۱/۴۱)	(۰/۳۳/۰/۸۲/۲/۳۸)	(۰/۴۲/۱/۲/۳۸)	(۰/۴۲/۱/۲/۳۸)	(ا و ا)

بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی (جدول ۶-۸)، برای محاسبه مقدار S_i که 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 (۲۸/۱ و ۱۳ و ۶/۲۳) خواهد بود و سایر مقادیر در جدول ۶-۹ نشان داده شده است. سپس مقادیر

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

ماتریس مقایسه زوجی معیارها برابر (۲۶/۲۴ و ۱۰۳/۶۲ و ۴۷/۱۴) است. سپس مقدار معکوس مجموعه

اعداد کل داخل ماتریس که برابر است با: (۰/۰۲۱۲۱ و ۰/۰۰۹۶۵ و ۰/۰۰۴۱۶) را در مجموع اعداد هر سطر

ضرب فازی می‌شود.

جدول ۶-۹ مجموع اعداد هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

معیار	مجموع اعداد هر سطر
C ₁	(۶/۲۳ و ۱۳ و ۲۸/۱)
C ₂	(۴/۱۲ و ۱۱/۰۲ و ۲۶/۸)
C ₃	(۶/۲۳ و ۱۱/۹ و ۲۸/۱)
C ₄	(۴/۰۹ و ۱۰/۳۱ و ۲۴/۴۴)
C ₅	(۴/۱۲ و ۱۰/۳۱ و ۲۶/۶۲)
C ₆	(۶/۲۳ و ۱۴ و ۲۵/۳)
C ₇	(۴/۰۹ و ۹/۵۲ و ۲۴/۴۴)
C ₈	(۴ و ۷/۹۲ و ۱۹/۴۱)
C ₉	(۴/۰۱ و ۷/۹۲ و ۱۹/۴۴)
C ₁₀	(۴/۰۲ و ۷/۷۲ و ۱۷/۵۷)

در نهایت مقادیر S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی طبق فرمول ۴-۱ به شرح زیر

خواهند بود

$$S_{c_1} = (6.23, 13, 28.1) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.026, 0.125, 0.596)$$

$$S_{c_2} = (4.12, 11.02, 26.8) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.017, 0.1063, 0.568)$$

$$S_{c_3} = (6.23, 11.9, 28.1) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.026, 0.115, 0.596)$$

$$S_{c_4} = (4.09, 10.31, 24.44) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.017, 0.099, 0.518)$$

$$S_{c_5} = (4.12, 10.31, 26.62) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.017, 0.099, 0.564)$$

$$S_{c_6} = (6.23, 14, 25.3) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.026, 0.135, 0.537)$$

$$S_{c_7} = (4.09, 9.52, 24.46) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.017, 0.092, 0.519)$$

$$S_{c_8} = (4, 7.92, 19.41) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.016, 0.076, 0.411)$$

$$S_{c_9} = (4.01, 7.92, 19.46) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.016, 0.076, 0.412)$$

$$S_{c_{10}} = (4.02, 7.72, 17.57) \otimes (0.00416, 0.00965, 0.02121) = (0.016, 0.074, 0.372)$$

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 (۴-۷) استفاده شده است برای مثال برای محاسبه $V(S_{c_2} \geq S_{c_1})$ دو مقدار

$S_{c_1} = (0.026, 0.125, 0.596)$ و $S_{c_2} = (0.017, 0.1063, 0.568)$ را در نظر گرفته، همان‌طور که مشاهده

می‌شود دو شرط اولیه رابطه ۴-۷ برقرار نیستند و در نتیجه مقدار $V(S_{c_2} \geq S_{c_1})$ از شرط سوم به صورت

زیر محاسبه می‌شود.

$$V(S_{c_2} \geq S_{c_1}) = \frac{0.026 - 0.568}{(0.106 - 0.568) - (0.125 - 0.026)} = 0.99$$

به همین ترتیب سایر درجه بزرگی مقادیر S_i به طور مشابه محاسبه می‌شوند که به شرح زیر خواهد بود:

$V(S_{c_1} \geq S_{c_2}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_1}) = 0.96$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_1}) = 0.98$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_1}) = 0.95$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_3}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_3}) = 0.98$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_2}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_2}) = 0.98$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_4}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_4}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_4}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_3}) = 0.97$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_5}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_5}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_5}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_5}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_6}) = 0.98$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_6}) = 0.95$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_6}) = 0.96$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_6}) = 0.93$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_7}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_8}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_9}) = 1$
$V(S_{c_1} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_2} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_3} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_4} \geq S_{c_{10}}) = 1$

$V(S_{c_5} \geq S_{c_1}) = 0.95$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_1}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_1}) = 0.94$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_1}) = 0.89$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_2}) = 0.98$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_2}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_2}) = 0.97$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_2}) = 0.93$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_3}) = 0.97$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_3}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_3}) = 0.95$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_3}) = 0.91$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_4}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_4}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_4}) = 0.99$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_4}) = 0.94$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_6}) = 0.93$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_5}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_5}) = 0.99$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_5}) = 0.94$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_7}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_6}) = 0.92$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_6}) = 0.87$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_8}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_7}) = 0.96$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_9}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_9}) = 1$
$V(S_{c_5} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_6} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_7} \geq S_{c_{10}}) = 1$	$V(S_{c_8} \geq S_{c_{10}}) = 1$

$$\begin{array}{ll}
V(S_{c_9} \geq S_{c_1}) = 0.89 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_1}) = 0.87 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_2}) = 0.93 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_2}) = 0.92 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_3}) = 0.91 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_3}) = 0.94 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_4}) = 0.94 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_4}) = 0.93 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_5}) = 0.94 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_5}) = 0.94 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_6}) = 0.87 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_6}) = 0.85 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_7}) = 0.96 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_7}) = 0.95 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_8}) = 1 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_8}) = 0.99 \\
V(S_{c_9} \geq S_{c_{10}}) = 1 & V(S_{c_{10}} \geq S_{c_9}) = 0.99
\end{array}$$

سپس با توجه به فرمول ۴-۹ وزن‌های دارای تقدم به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

مثال

$$d'(C_9) = \min(0.89, 0.93, 0.91, 0.94, 0.94, 0.87, 0.96, 1) = 0.87$$

$$d'(C_1) = 0.98$$

$$d'(C_6) = 1$$

$$d'(C_2) = 0.95$$

$$d'(C_7) = 0.92$$

$$d'(C_3) = 0.96$$

$$d'(C_8) = 0.87$$

$$d'(C_4) = 0.93$$

$$d'(C_9) = 0.87$$

$$d'(C_5) = 0.93$$

$$d'(C_{10}) = 0.85$$

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

۶-۱۰ درج شده است.

جدول 6-10 وزن نهایی معیارها

وزن نرمال شده	وزن نرمال نشده	معیارها
0.106	0,98	نزدیکی به معدن
0.103	0.95	استفاده از امکانات زیر بنایی موجود
0.104	0.96	فاصله تا مراکز توزیع انرژی
0.1	0.93	نزدیکی به راه اصلی معدن
0.1	0.93	طول نوارنقاله (فاصله از سنگشکن)
0.108	1	نزدیکی به منابع آب
0.099	0.92	قرار نداشتن در مسیر باد
0.094	0.87	میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین
0.094	0.87	مخارج جانبی
0.092	0.85	فاصله از مناطق مسکونی

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 ۶-۱۱ تا ۵-۲۰ ارائه شده است.

جدول ۶-۱۱ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۳۳ و ۱/۱۴ و ۲)	(۰/۶۲ و ۲/۶۶ و ۱۰)
B	(۰/۵ و ۰/۸۸ و ۳/۰۳)	(۱ و ۱)	(۱/۲ و ۳/۳ و ۹)
C	(۰/۱ و ۰/۳۸ و ۱/۶۷)	(۰/۱۱ و ۰/۴۳ و ۱)	(۱ و ۱)

جدول ۶-۱۲ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات زیر بنایی موجود

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۵ و ۱/۱۴ و ۳/۳۳)	(۰/۷۱ و ۱/۶۵ و ۳/۳۳)
B	(۰/۳ و ۰/۸۸ و ۲)	(۱ و ۱)	(۰/۴۳ و ۱/۴۵ و ۳/۳۳)
C	(۰/۳ و ۰/۶۱ و ۱/۴۱)	(۰/۳ و ۰/۶۹ و ۲/۳۳)	(۱ و ۱)

جدول ۶-۱۳ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۷۱ و ۵/۶۳)	(۰/۵۵ و ۰/۸۵ و ۱/۸)
B	(۰/۳۳ و ۰/۱۸ و ۱/۴۱)	(۱ و ۱)	(۰/۳۳ و ۰/۶۴ و ۱/۴)
C	(۰/۵۶ و ۱/۱۸ و ۱/۸۲)	(۰/۷۱ و ۱/۵۶ و ۳/۰۳)	(۱ و ۱)

جدول ۶-۱۴ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۷۱ و ۱/۷ و ۳/۳۳)	(۰/۷۱ و ۲/۱۲ و ۱/۰)
B	(۰/۳ و ۰/۵۹ و ۱/۴۱)	(۱ و ۱)	(۰/۴۳ و ۱/۲۵ و ۷)
C	(۰/۱ و ۰/۴۷ و ۱/۴۱)	(۰/۱۴ و ۰/۸۲ و ۲/۳۳)	(۱ و ۱)

جدول ۶-۱۵ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار طول نوار نقاله (فاصله تا سنگ‌شکن)

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۷۱ و ۲/۲۱ و ۱/۰)	(۱ و ۲/۵۸ و ۱/۰)
B	(۰/۱ و ۰/۴۵ و ۱/۴۱)	(۱ و ۱)	(۰/۲ و ۱/۱۶ و ۷)
C	(۰/۱ و ۰/۳۹ و ۱)	(۰/۱۴ و ۰/۸۶ و ۵)	(۱ و ۱)

جدول ۶-۱۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۳۳ و ۱/۸۷ و ۱/۰)	(۰/۳ و ۰/۸۷ و ۳/۳۳)
B	(۰/۱ و ۰/۵۳ و ۳/۰۳)	(۱ و ۱)	(۰/۱ و ۰/۴۷ و ۳)
C	(۰/۳ و ۱/۱۵ و ۳/۳۳)	(۰/۳۳ و ۲/۱۳ و ۱/۰)	(۱ و ۱)

جدول ۶-۱۷ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۱۱ و ۰/۶۶ و ۷)	(۰/۱۱ و ۰/۶۷ و ۲/۳۳)
B	(۰/۱۴ و ۱/۵۲ و ۹/۰۹)	(۱ و ۱)	(۰/۱۱ و ۰/۹۳ و ۳)
C	(۰/۴۳ و ۱/۴۹ و ۹/۰۹)	(۰/۳۳ و ۱/۰۸ و ۹/۰۹)	(۱ و ۱)

جدول ۱۸-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار میزان خاک‌برداری برای تسطیح زمین

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۳ و ۰/۸۴ و ۱/۸)	(۰/۶ و ۲/۲۵ و ۹)
B	(۰/۵۶ و ۱/۱۹ و ۳/۳۳)	(۱ و ۱)	(۱ و ۲/۶۶ و ۱۰)
C	(۰/۱۱ و ۰/۴۴ و ۱/۶۷)	(۰/۱ و ۰/۳۸ و ۱)	(۱ و ۱)

جدول ۱۹-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار مخارج جانی

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۵۵ و ۱/۲۶ و ۳/۳۳)	(۰/۷۱ و ۲/۴۳ و ۱۰)
B	(۰/۳ و ۰/۷۹ و ۱/۸۲)	(۱ و ۱)	(۰/۴۳ و ۱/۹۳ و ۹)
C	(۰/۱۱ و ۰/۴۱ و ۱/۴۱)	(۰/۱۱ و ۰/۵۲ و ۲/۳۳)	(۱ و ۱)

جدول ۲۰-۶ ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها و معیار فاصله از مناطق مسکونی

	A	B	C
A	(۱ و ۱)	(۰/۱۱ و ۰/۵ و ۱/۸)	(۰/۱ و ۰/۴۵ و ۱/۸)
B	(۰/۵۶ و ۲/۹ و ۰/۹)	(۱ و ۱)	(۰/۵ و ۰/۹ و ۱/۸)
C	(۰/۵۶ و ۲/۲۲ و ۱۰)	(۰/۵۶ و ۱/۱۱ و ۲)	(۱ و ۱)

در ادامه برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها S_i تعریف می‌شود:

جدول ۲۱-۶ مقدار S_i برای ماتریس‌های مقایسه زوجی

S_i برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن	S_i برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات زیر بنایی موجود	S_i برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی
$S_A = (۰/۰۶ و ۰/۴۴ و ۲/۳)$	$S_A = (۰/۱۲ و ۰/۴ و ۱/۳۸)$	$S_A = (۰/۱۵ و ۰/۵۷ و ۰/۹۴)$
$S_B = (۰/۸ و ۰/۳۹ و ۲/۳۱)$	$S_B = (۰/۰۹ و ۰/۳۵ و ۱/۱۴)$	$S_B = (۰/۱۱ و ۰/۱۴ و ۰/۶۱)$
$S_C = (۰/۰۴ و ۰/۱۷ و ۰/۶۵)$	$S_C = (۰/۰۹ و ۰/۲۴ و ۰/۸۵)$	$S_C = (۰/۱۵ و ۰/۲۹ و ۰/۹۴)$

Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن	Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار طول نوار نقاله	Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب
$S_A=(0/080/492/66)$	$S_A=(0/070/544)$	$S_A=(0/50/373/21)$
$S_B=(0/060/290/74)$	$S_B=(0/030/250/79)$	$S_B=(0/030/201/58)$
$S_C=(0/040/230/88)$	$S_C=(0/030/210/33)$	$S_C=(0/050/433/21)$
Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد	Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین	Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار مخارج جانبی
$S_A=(0/030/252/44)$	$S_A=(0/060/382/08)$	$S_A=(0/070/452/76)$
$S_B=(0/030/373/09)$	$S_B=(0/090/452/53)$	$S_B=(0/060/362/27)$
$S_C=(0/040/384/53)$	$S_C=(0/040/170/65)$	$S_C=(0/040/190/91)$
Si برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار فاصله از مناطق مسکونی		
$S_A=(0/040/190/86)$		
$S_B=(0/070/382/21)$		
$S_C=(0/070/432/42)$		

در ادامه درجه بزرگی S_i نسبت به S_j محاسبه می‌شود:

جدول ۶-۲۲ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به معدن

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.98$	$V(S_C \geq S_A) = 0.67$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 1$	$V(S_C \geq S_B) = 0.72$

جدول ۲۳-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار استفاده از امکانات زیر بنایی موجود

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.95$	$V(S_C \geq S_A) = 0.82$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 1$	$V(S_C \geq S_B) = 0.87$

جدول ۲۴-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.52$	$V(S_C \geq S_A) = 0.74$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 0.75$	$V(S_C \geq S_B) = 1$

جدول ۲۵-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.89$	$V(S_C \geq S_A) = 0.75$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 1$	$V(S_C \geq S_B) = 0.93$

جدول ۲۶-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار طول نوار نقاله

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.86$	$V(S_C \geq S_A) = 0.79$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 1$	$V(S_C \geq S_B) = 0.97$

جدول ۲۷-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار نزدیکی به منابع آب

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.9$	$V(S_C \geq S_A) = 1$
$V(S_A \geq S_C) = 0.98$	$V(S_B \geq S_C) = 0.87$	$V(S_C \geq S_B) = 1$

جدول ۲۸-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار قرار نداشتن در مسیر باد

$V(S_A \geq S_B) = 0.95$	$V(S_B \geq S_A) = 1$	$V(S_C \geq S_A) = 1$
$V(S_A \geq S_C) = 0.95$	$V(S_B \geq S_C) = 0.99$	$V(S_C \geq S_B) = 1$

جدول ۲۹-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین

$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.97$	$V(S_C \geq S_A) = 0.74$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 1$	$V(S_C \geq S_B) = 0.67$

جدول ۳۰-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار مخارج جانبی

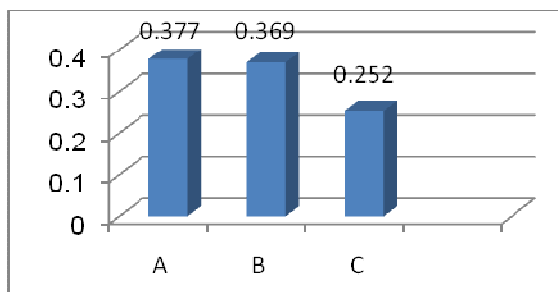
$V(S_A \geq S_B) = 1$	$V(S_B \geq S_A) = 0.96$	$V(S_C \geq S_A) = 0.76$
$V(S_A \geq S_C) = 1$	$V(S_B \geq S_C) = 1$	$V(S_C \geq S_B) = 0.83$

جدول ۳۱-۶ محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار فاصله از مناطق مسکونی

$V(S_A \geq S_B) = 0.81$	$V(S_B \geq S_A) = 1$	$V(S_C \geq S_A) = 1$
$V(S_A \geq S_C) = 0.77$	$V(S_B \geq S_C) = 0.98$	$V(S_C \geq S_B) = 1$

در ادامه وزن نهایی هر گزینه نسبت به هر معیار را محاسبه کرده که نتیجه نهایی در جداول ۳۲-۶ تا

۴۱-۶ نشان داده شده است.

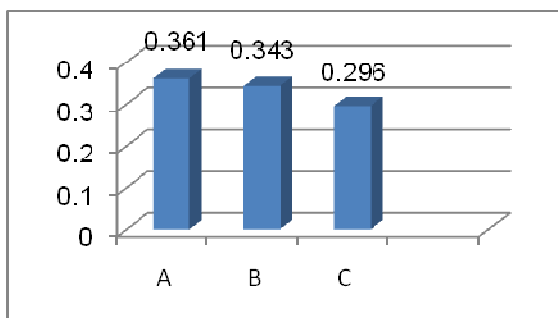


شکل ۶-۲۶ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به معدن

جدول ۶-۳۲ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار نزدیکی به معدن

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	۱	0.377
B	0.98	0.369
C	0.67	0.252

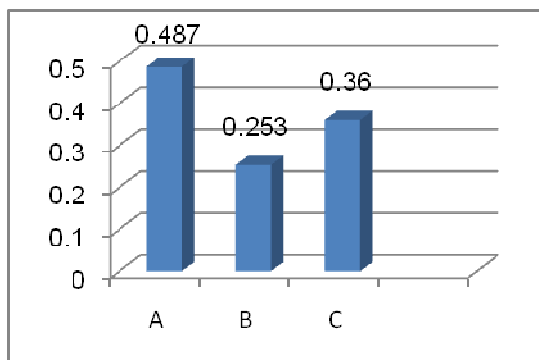


شکل ۶-۲۷ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار استفاده از امکانات زیربنایی موجود

جدول ۶-۳۳ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار استفاده از امکانات زیربنایی موجود

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1	0.361
B	0.95	0.343
C	0.82	0.296

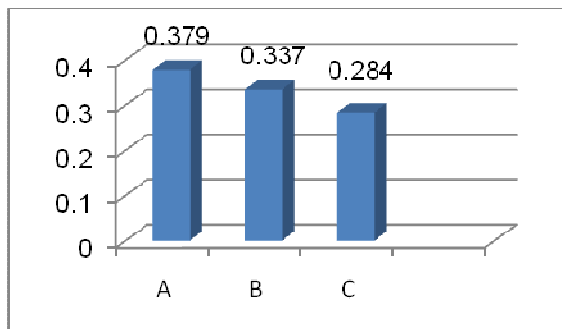


شکل ۶-۲۸ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی

جدول ۶-۳۴ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار فاصله تا مرکز توزیع انرژی

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1	0.487
B	0.52	0.253
C	0.74	0.36

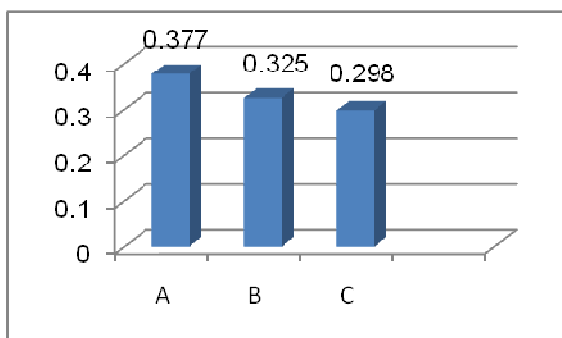


شکل ۶-۲۹ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

جدول ۶-۳۵ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار نزدیکی به راه اصلی معدن

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1	0.379
B	0.89	0.337
C	0.75	0.284

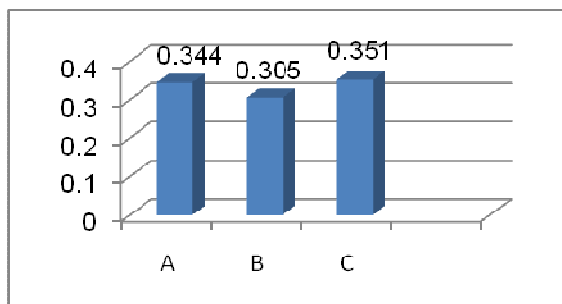


شکل ۶-۳۰ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار طول نوار نقاله

جدول ۶-۳۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار طول نوار نقاله

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1	0.377
B	0.86	0.325
C	0.79	0.298

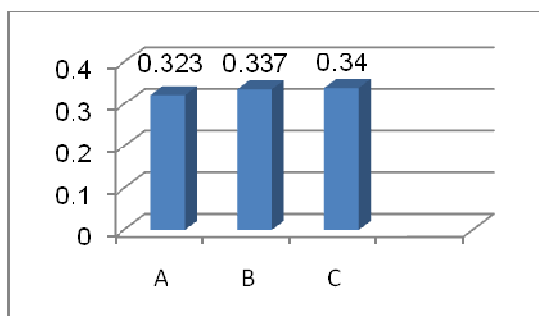


شکل ۶-۳۱ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار نزدیکی به منابع آب

جدول ۶-۳۷ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار نزدیکی به منابع آب

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	0.98	0.344
B	0.87	0.305
C	1	0.351

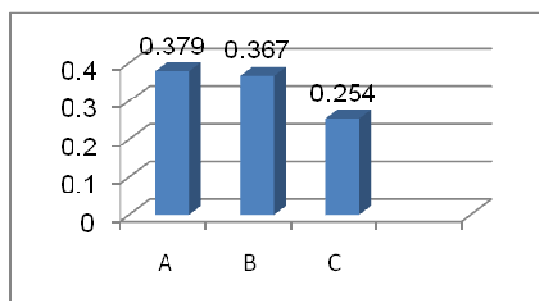


شکل ۶-۳۲ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار قرار نداشتن در مسیر باد

جدول ۶-۳۸ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار قرار نداشتن در مسیر باد

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	0.95	0.323
B	0.99	0.337
C	1	0.34

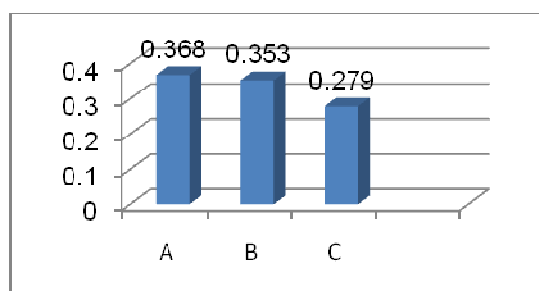


شکل ۶-۳۳ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین

جدول ۶-۳۹ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار میزان خاکبرداری برای تسطیح زمین

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1	0.379
B	0.97	0.367
C	0.67	0.254

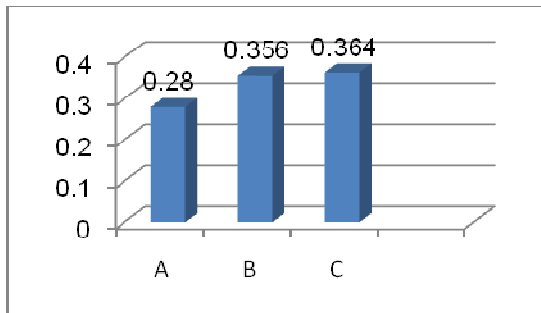


شکل ۶-۳۴ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار مخارج جانبی

جدول ۶-۴۰ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار مخارج جانبی

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	1	0.368
B	0.96	0.353
C	0.76	0.279



جدول ۴۱-۶ وزن نهایی گزینه‌ها نسبت

به معیار فاصله از مناطق مسکونی

گزینه	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
A	0.77	0.28
B	0.98	0.356
C	1	0.364

شکل ۳۵-۶ نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار فاصله از مناطق مسکونی

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:

$$W_A = (0.377 * 0.106) + (0.361 * 0.103) + (0.487 * 0.104) + (0.379 * 0.1) + (0.377 * 0.1) + (0.344 * 0.108) + (0.323 * 0.099) + (0.379 * 0.094) + (0.368 * 0.094) + (0.28 * 0.092) = 0.37$$

$$W_B = (0.369 * 0.106) + (0.343 * 0.103) + (0.253 * 0.104) + (0.337 * 0.1) + (0.325 * 0.1) + (0.305 * 0.108) + (0.337 * 0.099) + (0.367 * 0.094) + (0.353 * 0.094) + (0.356 * 0.092) = 0.33$$

$$W_C = (0.252 * 0.106) + (0.296 * 0.103) + (0.36 * 0.104) + (0.284 * 0.1) + (0.298 * 0.1) + (0.351 * 0.108) + (0.34 * 0.099) + (0.254 * 0.094) + (0.279 * 0.094) + (0.364 * 0.092) = 0.3$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید امتیاز گزینه A بیشتر است در نتیجه به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود.

گزینه B و گزینه C به ترتیب در اولویت‌های بعدی هستند.

۶-۵ نتیجه گیری

همان‌طور که در این فصل تشریح شد برای انتخاب محل کارخانه سیمان مریوان ابتدا منطقه مناسب برای احداث کارخانه با GIS تعیین شد و سپس محل دقیق آن با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تعیین شد که گزینه A محل مناسب برای احداث کارخانه انتخاب شد. نتیجه این بررسی با واقعیت‌های منطقه نیز کاملاً منطبق می‌باشد. محل انتخاب شده در فاصله کمتر از ۱۵۰۰ متر تا ذخیره بوده و به ذخیره مارل نزدیکتر می‌باشد. فاصله این گزینه تا جاده اصلی حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر بوده و با توجه به جهت وزش باد غالب آلودگی آن کمتر به سمت جاده اصلی منتقل می‌شود.

فصل هفتم

نتیجه گیری و پیشنهادات



۱-۷ 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 به عمل آید. در کشورهایی که با محدودیت منابع و امکانات مواجه هستند، تعیین و شناخت این معیارها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

مهم‌ترین این معیارها عبارتند از: میزان مواد اولیه مصرفی سالیانه کارخانه و محل‌های تأمین‌کننده 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 تأمین 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.

در این تحقیق ابتدا استان کردستان در زمینه مکانیابی کارخانه سیمان مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به شرایط موجود شهرستان مریوان مناسب تشخیص داده شد. سپس اطلاعات لازم جمع‌آوری گردید سپس لایه‌های اطلاعاتی توسط نرم‌افزار GIS بر روی هم قرار گرفت و محوطه نسبتاً بزرگی به دست آمد، سپس توسط روش FAHP مکان مناسب در این محدوده مشخص گردید.

احداث کارخانه سیمان در مریوان با توجه به قرار گرفتن مجاورت بازارچه مرزی مریوان امکان صادرات محصول خود را به بازار عراق داشته و به دلیل هزینه حمل کم تا بازارچه باشماق مریوان امکان رقابت با رقبای داخلی و خارجی را دارا می‌باشد. محل انتخاب شده به ذخیره مارل نزدیکتر می‌باشد در صورتی که در آینده حمل آهک به کارخانه بیشتر باشد هزینه حمل و نقل را افزایش می‌دهد.

۲-۷ پیشنهادات

بر اساس مطالعات انجام شده و نتایج حاصله مناسب‌ترین محل برای کارخانه مشخص شدند. ولی برای مکان‌یابی نهایی می‌بایست علاوه بر در نظر گرفتن سایر شرایط، توجه بیشتری به منطقه‌ای که با استفاده از GIS به دست آمده لحاظ شود. همچنین برای مکان‌یابی نهایی منطقه مناسب برای محل کارخانه، انجام سایر مطالعات و بررسی‌ها در منطقه مکان‌یابی توسط GIS، (به دلیل آن که در انجام تحقیق جاری امکان مطالعات جزئی و تخصصی میسر نبود) ضروری می‌باشد.

- 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 کاربرد 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
- آئین نامه ارزیابی اثرات زیست محیطی مورخ ۷۶/۱۰/۲ سازمان حفاظت محیط زیست
- پولادوند م، مکان‌یابی محل دفن پسماند های ویژه در استان گلستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۶
- رسولی ع ا. ۱۳۸۴، "تحلیلی بر فناوری سیستم های جغرافیایی"، انتشارات دانشگاه تبریز.
- شرکت جستار، طرح توجیهی کارخانه سیمان بوشهر، ۱۳۸۵
- شرکت رعدان، طرح توجیهی کارخانه سیمان بیجار، ۱۳۷۰
- عزیزیان م، سیمان، پاییز ۱۳۶۳، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف
- عطائی م، ۱۳۸۷، "انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا-سیمان با استفاده از روش الکترو"، 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، ۱۳۸۴، "انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا-سیمان با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل"، نشریه علمی و فناوری امیرکبیر، دوره ۱۶، شماره ۶۲، ص. ۷۷ تا ۸۳.
- عطائی م، (۱۳۸۹)، الف "تصمیم‌گیری چندمعیاره"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- عطائی م، (۱۳۸۹)، ب "تصمیم‌گیری چند معیاره فازی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- علوی ع، نکاتی چند در رابطه با اجرای طرح های سیمان، نشریه سیمان ۱۳۸۵
- محسن صفری، ۱۳۸۸، "انتخاب محل تاسیسات سطحی (سایت کارخانه و سد باطله) معدن سنگ آهن

GIS و سنگان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره" دانشگاه صنعتی شاهرود.

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

عبدوس م و مزینی ن، ۱۳۸۶، "حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی"، نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، سال ۵، شماره ۱.

مجیدیان د، ارزیابی طرح‌های صنعتی، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، ۱۳۸۲

نشریه سیمان، شماره ۱۰۴، اردیبهشت ۸۵

نشریه سیمان، اردیبهشت ۹۰

نشریه سیمان، اردیبهشت ۹۰

هایوود ا، ۱۳۸۱، "مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی"، ترجمه سازمان نقشه برداری کشور، تهران.

مهدی بشیری، ۱۳۸۷، "طراحی سیستم‌های صنعتی (مکانیابی و استقرار تسهیلات)" دانشگاه شاهد.

منابع انگلیسی

Ames John A (1994), cement and cement raw materials; industrial mineral and rocks, pp 295-316

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 .

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

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

Geographic Risks Natural wonder –Van Gilson-1998

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

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

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

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

Site selectionstudy-october 2005-northeast wyoming generation project

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

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

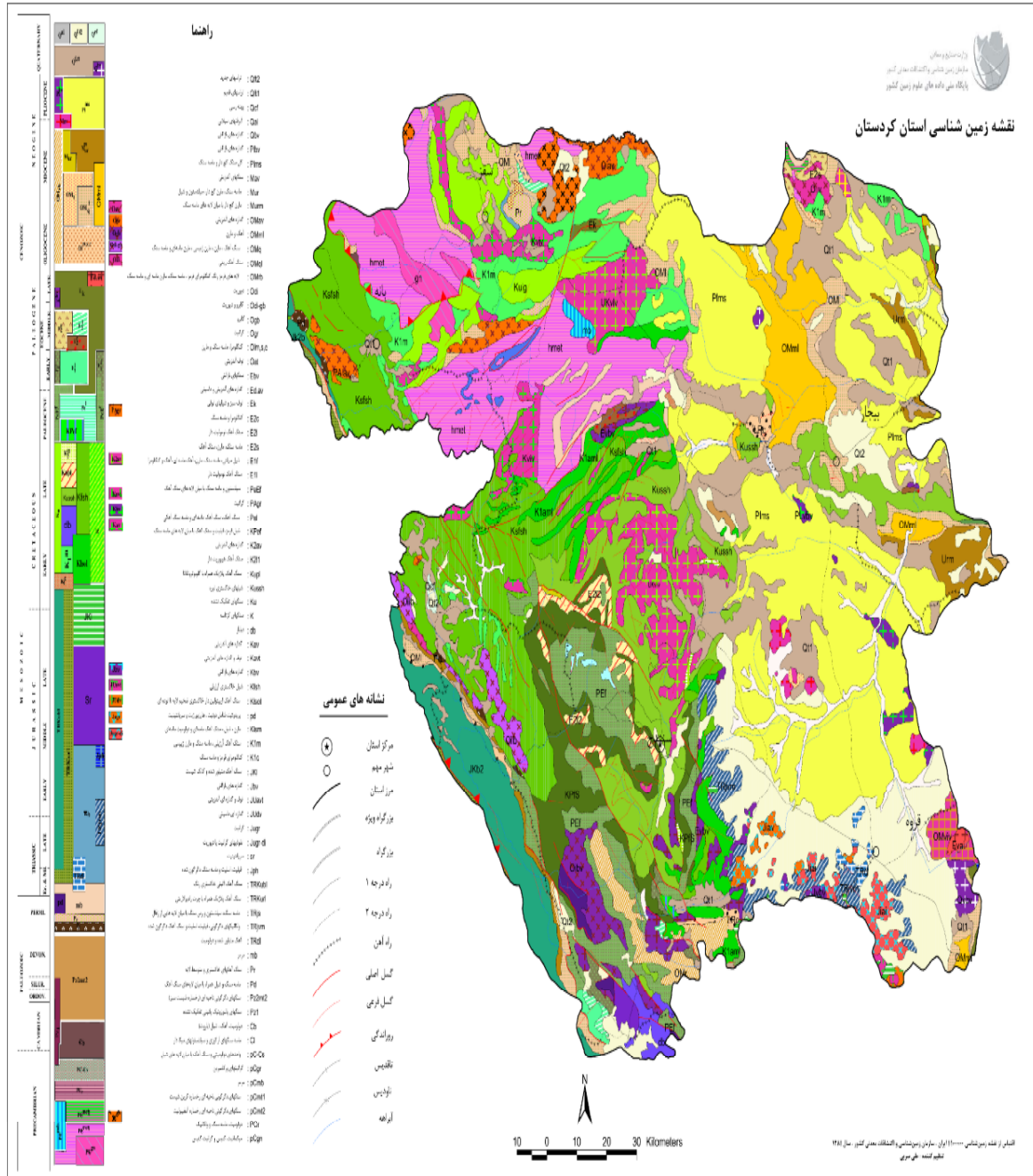
Yong. D., 2006, “Plant location selection based on fuzzy TOPSIS”, Int J Adv Manuf Technol, 28: 839–844 .

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.

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.

پیوست ۱

نقشه زمین شناسی استان کردستان



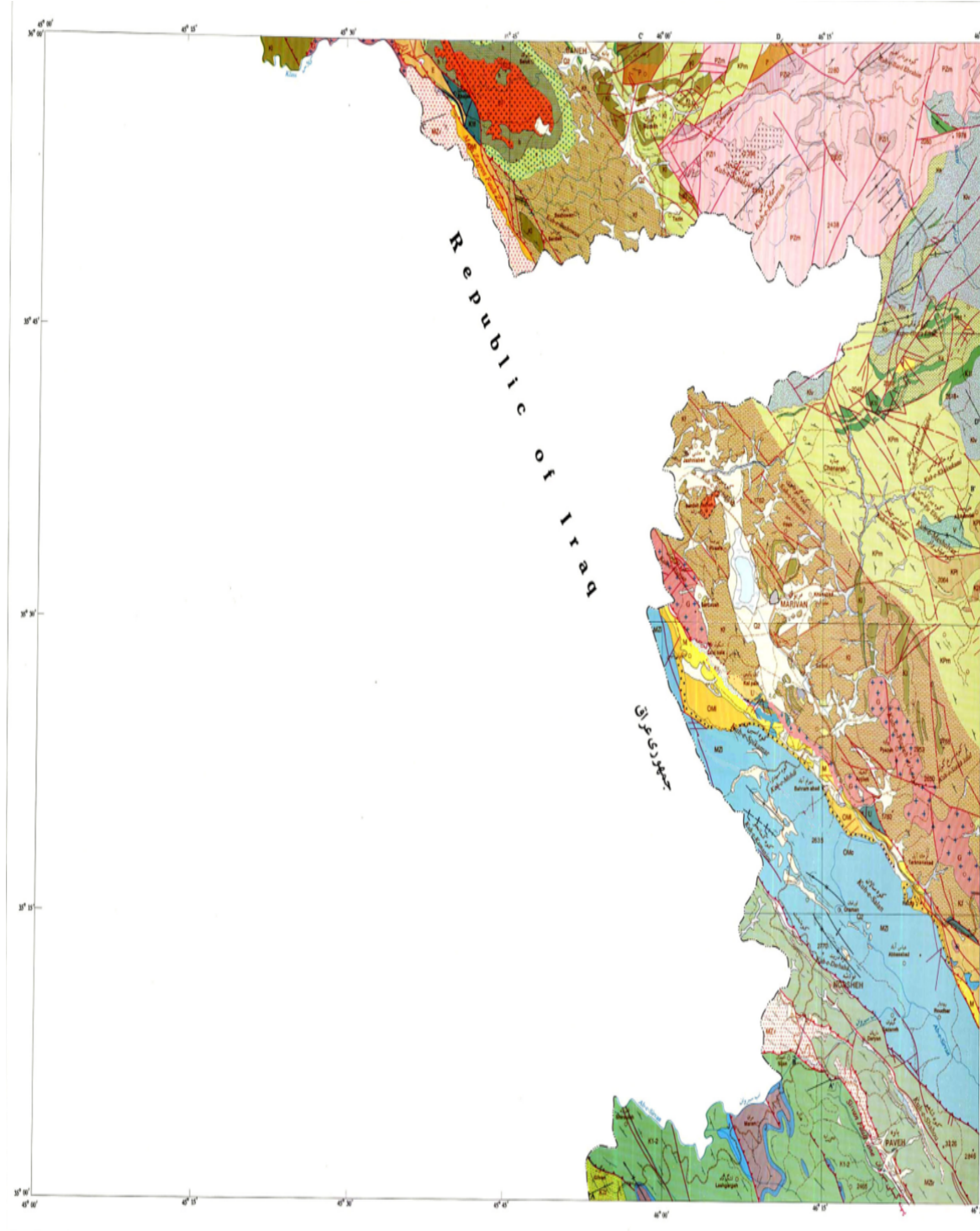
پیوست ۲

نقشه جغرافیایی استان کردستان



پیوست ۳

نقشه زمین شناسی استان مریوان



پیوست ۴

جدول پ ۱-۲- ضریب اهمیت معیارها و امتیاز گزینه‌ها بر اساس نظر گروه تصمیم‌گیری

تصمیم‌گیرنده								توضیح	معیار
D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁		
H	H	VH	H	VH	VH	VH	VH	نزدیکی به معدن	C ₁
M	H	H	H	H	H	VH	H	استفاده از امکانات زیر بنایی موجود	C ₂
H	H	H	H	VH	H	VH	H	فاصله تا مراکز توزیع انرژی	C ₃
H	H	M	H	H	M	H	H	نزدیکی به راه اصلی معدن	C ₄
M	H	H	H	VH	H	M	M	طول نوار نقاله	C ₅
VH	VH	VH	H	VH	VH	VH	VH	نزدیکی به منابع آب	C ₆
H	H	M	H	M	M	M	H	قرار نداشتن در مسیر باد	C ₇
M	M	M	M	M	M	M	M	میزان خاک برداری	C ₈
M	M	M	M	M	M	M	M	مخارج جانی	C ₉
M	M	M	M	M	M	M	M	فاصله از مناطق مسکونی	C ₁₀

جدول پ ۲-۲ رتبه بندی سه گزینه برای انتخاب محل کارخانه سیمان

معیار	تصمیم گیرنده	A	B	C
C ₁	D ₁	VG	G	B
	D ₂	VG	G	B
	D ₃	VG	G	B
	D ₄	VG	G	B
	D ₅	G	G	B
	D ₆	VG	G	B
	D ₇	G	G	B
	D ₈	VG	G	B
C ₂	D ₁	VG	G	M
	D ₂	VG	G	M
	D ₃	G	M	M
	D ₄	VG	G	M
	D ₅	VG	VG	M
	D ₆	VG	G	M
	D ₇	G	G	M
	D ₈	G	VG	M
C ₃	D ₁	G	M	VG
	D ₂	G	M	VG
	D ₃	G	M	G
	D ₄	G	M	VG
	D ₅	G	G	G
	D ₆	G	M	VG
	D ₇	G	M	VG
	D ₈	G	M	G
C ₄	D ₁	VG	M	B
	D ₂	VG	M	M
	D ₃	G	M	B
	D ₄	VG	M	B
	D ₅	VG	M	M
	D ₆	VG	M	M
	D ₇	VG	M	M
	D ₈	G	M	B
C ₅	D ₁	G	B	B
	D ₂	VG	B	B
	D ₃	G	M	B
	D ₄	G	B	B
	D ₅	VG	B	B
	D ₆	VG	B	B
	D ₇	G	B	B
	D ₈	G	M	B
C ₆	D ₁	G	B	VG
	D ₂	G	B	G
	D ₃	G	M	VG
	D ₄	G	B	VG
	D ₅	VG	B	VG
	D ₆	G	B	VG
	D ₇	M	G	M
	D ₈	G	B	G
C ₇	D ₁	M	G	G
	D ₂	G	M	G
	M	G	M	G
	D ₄	M	G	G
	D ₅	G	G	G
	D ₆	M	G	G
	D ₇	M	G	M
	D ₈	M	M	G

معیار	تصمیم گیرنده	A	B	C
C ₈	D ₁	G	VG	B
	D ₂	M	G	B
	D ₃	G	G	B
	D ₄	G	VG	B
	D ₅	G	VG	B
	D ₆	G	VG	B
	D ₇	G	G	B
	D ₈	G	G	B
C ₉	D ₁	VG	G	B
	D ₂	VG	G	B
	D ₃	VG	G	M
	D ₄	VG	G	B
	D ₅	G	G	B
	D ₆	VG	G	B
	D ₇	VG	M	B
	D ₈	G	G	M
C ₁₀	D ₁	B	G	VG
	D ₂	B	G	G
	D ₃	B	G	G
	D ₄	B	G	VG
	D ₅	G	G	G
	D ₆	B	G	VG
	D ₇	B	G	G
	D ₈	B	G	G

پیوست ۵

گروه تصمیم گیرنده برای انتخاب محل کارخانه سیمان

دریافت شده	ارسال شده	سمت	تصمیم گیرنده
●	●	رئیس سازمان صنایع و معادن کردستان	مهندس سیروس شاه غیبی
●	●	معاون سازمان صنایع و معادن کردستان	مهندس صدیق همت بلندان
●	●	رئیس اداره نظارت بر معادن سازمان صنایع و معادن کردستان	مهندس خالد مشتاق
●	●	رئیس گروه معدن دانشگاه کردستان	دکتر سید جمال هنرپژوه
●	●	رئیس کارخانه سیمان کردستان	مهندس احمد نجفی
●	●	مدیرعامل شرکت سیمان ارومیه	مهندس مجید باقری فرد
●	●	رئیس کارخانه سیمان ارومیه	مهندس سعید حشمتی
	●	مدیر عامل کارخانه سیمان سامان	ناصر مدلل
	●	مدیر عامل شرکت سیمان کردستان	مهندس حسین ابراهیمی صدر آبادی
	●	مدیر عامل کارخانه سیمان غرب	مهندس مسعود رضا شاکری فرد
●	●	رئیس کارخانه سیمان غرب	مهندس خداداد مطهری فرد
●	●	معاون برنامه ریزی سازمان صنایع معادن استان کردستان	مهندس کامران فهیمی