

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج

ارزیابی توسعه پایدار در معدن کاری روباز

(مطالعه موردی: معدن سنگ آهن سنگان)

الیاس ایلخانی

اساتیدراهنما:

دکتر محمد عطایی

دکتر رضا خالوکاکایی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۴

شماره: ۴۶۹۴/۱۶۳۵
تاریخ: ۲۷/۱۱/۹۴
ویرایش:

بسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۶: صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای الیاس ایلخانی به شماره دانشجویی ۹۲۰۲۹۲۴ رشته مهندسی معدن گرایش استخراج تحت عنوان ارزیابی توسعه پایدار در معدن کاری روباز (مطالعه موردی: معدن سنگ آهن سنگان) که در تاریخ ۹۴/۱۱/۱۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می-گردد:

قبول (با درجه: بیست و هشت امتیاز) / ۱۸/۸
 مردود دفاع مجدد

- ۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ✓ - بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)
- ۲- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)
- ۳- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)
- ۴- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر محمد عطائی	استاد	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر رضا خالو کاکانی	استاد	
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر اصغر عزیزی	استاد یار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر فرهنگ سرشکی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر کیومرث سیف پناهی	استاد یار	

رئیس دانشکده:
۹۴/۱۱/۲۷
۶

تقدیم بہ

پدرم کہ عالمانہ بہ من آموخت تا چگونه در عرصہ زندگی، ایستادگی را تجربہ کنم،

و مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق کہ وجودم برایش ہمہ رنج بود و وجودش برایم ہمہ مہر.

مادر خوب و پدر عزیزم، دستان رنج کشیدہ و پردہ شمارامی بوسم، باشد کہ فرزندمی قدر شناس باشم.

من لم يشكر المخلوق، لم يشكر الخالق

حمد و سپاس یکتای بی‌همتای که لطفش بر ما عیان است، ادای شکرش را بیچ زبان و دریای فضلش را بیچ کران نیست و اگر در این وادی هستیم، همه محبت اوست.

الهی ای مهربان تر از ما، از تومی خواهیم همه کسانی را که حتی ذره‌ای در انجام این امر مریاری نموده‌اند در سایه لطف و محبت بی‌کرانت، سلامت، شادکام و موفق بداری.

باشکر و سپاس فراوان از اساتید عالی قدر جناب آقای دکتر عطایی و جناب آقای دکتر خالوکاگانی که در طول مکارش این مجموعه بارهنگامی‌های عالمانه و بجایشان، سکندار شایسته‌ای در هدایت این پایان‌نامه بوده‌اند.

همچنین از مسئولین محترم مجتمع سنگ آهن سنگان خواف، که در طی انجام این تحقیق، همکاری صمیمانه‌ای با من داشتند، قدردانی و تشکر می‌نمایم.

چکیده

توسعه پایدار ایجاد تعادل میان توسعه و محیط‌زیست است و از سه اصل مهم محیط‌زیست، اجتماع و اقتصاد تشکیل شده است. هر سه این پارامترها در ارتباط با یکدیگر بوده و عدم تعادل در هر یک، موجب برهم خوردن تعادل در سایر بخش‌ها خواهد شد. صنایع معدنی از مهم‌ترین ابزارهای رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی در بسیاری از کشورها است. در عین حال، آثار زیست‌محیطی بسیار از قبیل تأثیر بر منابع آب، فرسایش خاک، آلودگی هوا و ... و همچنین ایجاد تبعات مختلف اجتماعی و اقتصادی سبب شده است تا توسعه پایدار وارد بخش معدن‌کاری شود. توجه به توسعه پایدار در فعالیت‌های معدن‌کاری می‌تواند مشکلات زیست‌محیطی را کاهش دهد و آثار مثبت اجتماعی و اقتصادی به دنبال داشته باشد. در معدن‌کاری مدرن، شاخص‌های توسعه پایدار مورد توجه ویژه قرار گرفته است و استخراج و فرآوری مواد معدنی به گونه‌ای است که توسعه پایدار برقرار باشد و همین موضوع باعث شده است تا کشورهای صنعتی از رفاه و ثروت بیشتری برخوردار باشند. بنابراین با توجه ویژه به توسعه پایدار در صنایع معدنی می‌توان از محیط‌زیستی سالم و اقتصادی پویا همراه با رفاه اجتماعی برخوردار شد. دستیابی به توسعه پایدار در صنایع معدنی، نیازمند در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی است و لذا رسیدن به این هدف با ارزیابی آثار زیست‌محیطی امکان‌پذیر است. با بهره‌گیری از این روش می‌توان آثار فعالیت‌های معدنی بر محیط‌زیست را شناسایی و اقدامات پیشگیرانه لازم را انجام داد. در این مطالعه، ابتدا به منظور ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف از یک ساختار ماتریسی استفاده شده است که فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی ابعاد این ماتریس را تشکیل می‌دهند. برای تعیین فاکتورهای مؤثر، مؤلفه‌های زیست‌محیطی، امتیاز فاکتورهای مؤثر و تأثیر هر یک از فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی از نظرات کارشناسی افراد خبره استفاده شده است. با کمی‌سازی نظرات کیفی، تأثیر کلی بر هر مؤلفه زیست‌محیطی مشخص شد. بر طبق نتایج بدست آمده، درصد آسیب زیست‌محیطی برای مؤلفه‌های کیفیت هوا، سلامتی و ایمنی انسان، آب‌های زیرزمینی و خاک منطقه بیشتر از سایر موارد بوده است. سپس، با استفاده از نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف به ارزیابی پایداری این مجموعه پرداخته شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، معدن مورد مطالعه دارای سطح پایداری خیلی ضعیف می‌باشد که باید بر اساس درصد آسیب مؤلفه‌های مختلف تمهیدات لازم پیش‌بینی و اجرا شود.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، ارزیابی آثار زیست‌محیطی، معدن سنگ آهن سنگان خواف.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- بیان مسئله	۲
۳-۱- سابقه تحقیق	۳
۴-۱- اهمیت ارزیابی توسعه پایدار	۴
۵-۱- ضرورت ارزیابی توسعه پایدار	۵
۶-۱- اهداف تحقیق	۵
۷-۱- روش انجام تحقیق	۶
۸-۱- ساختار پایان نامه	۶

فصل دوم: سابقه علمی موضوع

۱-۲- مقدمه	۱۰
۲-۲- ارزیابی آثار زیست محیطی	۱۰
۱-۲-۲- ماتریس لئوپد	۱۱
۱-۱-۲-۲- مراحل ارزیابی آثار زیست محیطی در روش لئوپد	۱۲
۲-۱-۲-۲- مطالعه موردی	۱۳
۲-۲-۲- روش فولچی	۱۵
۱-۲-۲-۲- مقادیر فاکتورهای مؤثر	۱۶
۲-۲-۲-۲- تشکیل ماتریس مقادیر وزنی	۱۶
۳-۲-۲-۲- بی مقیاس سازی	۱۸
۴-۲-۲-۲- تعیین امتیاز تأثیر	۱۹
۵-۲-۲-۲- آثار زیست محیطی	۱۹
۳-۲-۲- روش اصلاح شده فولچی	۲۱
۱-۳-۲-۲- معرفی فاکتورهای مؤثر و مؤلفه های زیست محیطی در الگوریتم ارائه شده	۲۱
۲-۳-۲-۲- تعیین امتیاز فاکتورهای مؤثر در روش اصلاح شده فولچی	۲۳
۱-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱: تغییر در کاربری منطقه	۲۴

- ۲۵ ۲-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۲: وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری
- ۲۵ ۳-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۳: تداخل با آب‌های سطحی
- ۲۶ ۴-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۴: تداخل با آب‌های زیرزمینی
- ۲۶ ۵-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۵: پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری
- ۲۸ ۶-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۶: افزایش در ترافیک منطقه
- ۲۸ ۷-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۷: انتشار گرد و غبار
- ۲۹ ۸-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۸: انتشار آلاینده‌های سمی در هوا
- ۳۰ ۹-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۹: آلودگی صوتی
- ۳۲ ۱۰-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۰: لرزش زمین
- ۳۳ ۱۱-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۱: پرتاب سنگ
- ۳۴ ۱۲-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۲: مواد موجود در باطله
- ۳۵ ۱۳-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۳: روش تخلیه مواد باطله
- ۳۵ ۱۴-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۴: میزان اشتغال‌زائی بومی
- ۳۶ ۱۵-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۵: کنترل جمعیت
- ۳۷ ۱۶-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۶: توسعه فرهنگی و اجتماعی
- ۴۲ ۱۷-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۷: ناپایداری فضاهاى ایجاد شده
- ۴۲ ۱۸-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۸: نشست
- ۴۲ ۱۹-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۱۹: ملاحظات زیست‌محیطی
- ۴۳ ۲۰-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۲۰: روشنایی
- ۴۵ ۳-۳-۲-۲-۲- معرفی الگوریتم و نحوه ارزیابی آثار زیست‌محیطی
- ۴۶ ۴-۳-۲-۲-۲- تجزیه و تحلیل نتایج الگوریتم برای مطالعه موردی فرضی
- ۵۱ ۳-۳-۲-۲-۲- ارزیابی توسعه پایدار
- ۵۴ ۱-۳-۲-۲-۲- مدل ریاضی پایداری
- ۵۸ ۴-۳-۲-۲-۲- جمع‌بندی

فصل سوم: معرفی معدن سنگ آهن سنگان خواف

- ۶۰ ۱-۳-۲-۲-۲- مقدمه
- ۶۰ ۲-۳-۲-۲-۲- معرفی معدن سنگ آهن سنگان خواف
- ۶۱ ۳-۳-۲-۲-۲- موقعیت جغرافیایی
- ۶۲ ۴-۳-۲-۲-۲- راه‌های دسترسی

۶۲	..... ۵-۳- شرایط آب و هوایی منطقه
۶۳	..... ۶-۳- بادخیزی
۶۳	..... ۷-۳- بررسی معدن سنگ آهن سنگان خواف از دیدگاه زیست محیطی
۶۳	..... ۱-۷-۳- باطله های معدنی
۶۴	..... ۲-۷-۳- انتشار گرد و غبار
۶۶	..... ۳-۷-۳- زهاب اسیدی معدن (AMD)
۶۷	..... ۴-۷-۳- آلودگی صوتی
۶۷	..... ۵-۷-۳- لرزش زمین
۶۷	..... ۶-۷-۳- پرتاب سنگ
۶۸	..... ۷-۷-۳- پساب های خروجی از کارخانه فرآوری
۶۸	..... ۸-۷-۳- منابع آب زیرزمینی
۶۹	..... ۸-۳- جمع بندی

فصل چهارم: ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف

۷۲	..... ۱-۴- مقدمه
۷۲	..... ۲-۴- ارزیابی آثار زیست محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف
۷۳	..... ۱-۲-۴- جمع آوری اطلاعات
۷۳	..... ۲-۲-۴- شناسایی فاکتورهای مؤثر و مؤلفه های زیست محیطی
۷۴	..... ۳-۲-۴- تعیین امتیاز فاکتورهای مؤثر
۷۴	..... ۱-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱: تغییر در کاربری منطقه
۷۵	..... ۲-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۲: وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری
۷۶	..... ۳-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۳: تداخل با آب های سطحی
۷۷	..... ۴-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۴: تداخل با آب های زیرزمینی
۷۷	..... ۵-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۵: پساب های خروجی از کارخانه فرآوری
۷۸	..... ۶-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۶: افزایش در ترافیک منطقه
۷۹	..... ۷-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۷: انتشار گرد و غبار
۷۹	..... ۸-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۸: انتشار آلاینده های سمی در هوا
۸۰	..... ۹-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۹: آلودگی صوتی
۸۰	..... ۱۰-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۰: لرزش زمین

۸۱	۱۱-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۱: پرتاب سنگ
۸۱	۱۲-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۲: مواد موجود در باطله
۸۲	۱۳-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۳: روش تخلیه مواد باطله
۸۳	۱۴-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۴: میزان اشتغال زائی بومی
۸۳	۱۵-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۵: کنترل جمعیت
۸۳	۱۶-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۶: توسعه فرهنگی و اجتماعی
۸۴	۱۷-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۷: ناپایداری فضاهای ایجاد شده
۸۴	۱۸-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۸: تمهیدات زیست محیطی
۸۶	۱۹-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۱۹: روشنایی
۸۶	۴-۲-۴- امتیاز نهایی فاکتورهای مؤثر
۸۷	۵-۲-۴- تشکیل ماتریس مقادیر وزنی
۸۹	۶-۲-۴- بی مقیاس سازی
۸۹	۷-۲-۴- ارزیابی آثار زیست محیطی
۹۲	۳-۴- ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف
۹۴	۴-۴- اقدامات پیشگیرانه برای کاهش آسیب های زیست محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۸	۱-۵- مقدمه
۹۸	۲-۵- بررسی نتایج ارزیابی آثار زیست محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف
۹۹	۱-۲-۵- کیفیت هوا
۱۰۰	۲-۲-۵- سلامتی و ایمنی انسان
۱۰۱	۳-۲-۵- آب های زیرزمینی
۱۰۱	۴-۲-۵- خاک منطقه
۱۰۲	۳-۵- بررسی نتایج ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف
۱۰۳	۴-۵- پیشنهادات برای مطالعات بعدی
۱۰۵	منابع و مراجع
۱۰۹	پیوست ها

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- نمودار مراحل ارزیابی توسعه پایدار ۷
- شکل ۱-۲- نمودار ارزیابی آثار زیست‌محیطی در معدن ساردینیا ایتالیا ۲۰
- شکل ۲-۲- نمودار ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سطحی فرضی ۵۰
- شکل ۳-۲- نمودار ارزیابی آثار زیست‌محیطی کارخانه فرآوری فرضی ۵۰
- شکل ۱-۳- جانمایی آنومالی‌های مختلف معدن سنگ آهن سنگان خواف و مراحل مطالعاتی آن‌ها ۶۱
- شکل ۲-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۶۲
- شکل ۳-۳- باطله‌های تولید شده در معدن سنگ آهن سنگان خواف ۶۴
- شکل ۴-۳- گرد و غبار ناشی از عملیات حفاری در معدن ۶۵
- شکل ۵-۳- گرد و غبار تولید شده در اثر آتشباری ۶۵
- شکل ۶-۳- گرد و غبار ناشی از حرکت تراک در معدن ۶۶
- شکل ۱-۴- نمودار ارزیابی درصد آسیب مؤلفه‌های زیست‌محیطی در معدن سنگ آهن سنگان خواف ۹۲

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲- ماتریس بدست آمده برای معدن فسفات کالیفرنیا..... ۱۴
- جدول ۲-۲- فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن کاری در روش فولچی ۱۶
- جدول ۳-۲- محدوده تغییرات فاکتورهای مؤثر در روش فولچی ۱۷
- جدول ۴-۲- ماتریس مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی در معدن ساردینیا
..... ۱۸
- جدول ۵-۲- مقادیر فاکتورهای مؤثر در معدن ساردینیا ۱۹
- جدول ۶-۲- ماتریس نهایی تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی در معدن ساردینیا ایتالیا
..... ۲۰
- جدول ۷-۲- تعریف فاکتورهای مؤثر و محدوده امتیاز آن‌ها ۲۲
- جدول ۸-۲- مؤلفه‌های زیست‌محیطی در نظر گرفته شده برای الگوریتم ۲۳
- جدول ۹-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تغییر در کاربری منطقه ۲۴
- جدول ۱۰-۲- مساحت مناطقی که با توجه فعالیت‌های معدن کاری تغییر یافته‌اند ۲۴
- جدول ۱۱-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری ۲۵
- جدول ۱۲-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تداخل با آب‌های سطحی ۲۵
- جدول ۱۳-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی ۲۶
- جدول ۱۴-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری ۲۷
- جدول ۱۵-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور افزایش در ترافیک منطقه ۲۸
- جدول ۱۶-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور انتشار گرد و غبار ۲۹
- جدول ۱۷-۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور انتشار آلاینده‌های سمّی در هوا ۲۹
- جدول ۱۸-۲- آلاینده‌های تعریف شده برای فاکتور انتشار آلاینده‌های سمّی در هوا ۳۰
- جدول ۱۹-۲- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمّی فاکتور آلودگی صوتی ناشی از آتشباری ۳۱
- جدول ۲۰-۲- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور آلودگی صوتی ناشی از آتشباری
..... ۳۱
- جدول ۲۱-۲- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمّی فاکتور آلودگی صوتی ناشی فعالیت ماشین‌آلات
..... ۳۱

- جدول ۲-۲۲- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور آلودگی صوتی ناشی از فعالیت ماشین‌آلات ۳۲
- جدول ۲-۲۳- لرزش زمین در ساختمان‌ها و مکان‌های حساس در فاصله بین ۰ تا ۹۰ متر از منطقه آتشیاری ۳۲
- جدول ۲-۲۴- لرزش زمین در ساختمان‌ها و مکان‌های حساس در فاصله بین ۹۰ تا ۱۵۰۰ متر از منطقه آتشیاری ۳۳
- جدول ۲-۲۵- لرزش زمین در ساختمان‌ها و مکان‌های حساس در فاصله بیشتر از ۱۵۰۰ متر از منطقه آتشیاری ۳۳
- جدول ۲-۲۶- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور پرتاب سنگ ۳۴
- جدول ۲-۲۷- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور مواد موجود در باطله ۳۴
- جدول ۲-۲۸- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور روش تخلیه مواد باطله ۳۵
- جدول ۲-۲۹- بازه تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور میزان اشتغال‌زائی بومی ۳۵
- جدول ۲-۳۰- وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی قبل از فعالیت‌های معدن‌کاری ۳۶
- جدول ۲-۳۱- وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی بعد از فعالیت‌های معدن‌کاری ۳۶
- جدول ۲-۳۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور کنترل جمعیت ۳۷
- جدول ۲-۳۳- مؤسسات تعیین شده برای بدست آوردن مقدار **DIN** در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۳۸
- جدول ۲-۳۴- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۳۸
- جدول ۲-۳۵- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت امکانات آب در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۳۹
- جدول ۲-۳۶- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت امکانات گرمایشی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۴۰
- جدول ۲-۳۷- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت امکانات برق در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۴۰
- جدول ۲-۳۸- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت جاده‌های دسترسی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۴۰
- جدول ۲-۳۹- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت دریافت کانال‌های تلویزیونی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۴۰

- جدول ۲-۴۰- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت ارتباطات تلفنی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی ۴۰
- جدول ۲-۴۱- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور ناپایداری فضاها ایجاد شده ۴۲
- جدول ۲-۴۲- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمی فاکتور روشنایی در محیط کار کارخانه فرآوری ۴۳
- جدول ۲-۴۳- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور روشنایی در محیط کار کارخانه فرآوری ۴۴
- جدول ۲-۴۴- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمی فاکتور روشنایی در محیط کار معدن روباز ۴۴
- جدول ۲-۴۵- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور روشنایی در محیط کار معدن روباز ۴۴
- جدول ۲-۴۶- مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی در معادن سطحی ۴۷
- جدول ۲-۴۷- مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی در کارخانه فرآوری ۴۸
- جدول ۲-۴۸- مقادیر فاکتورهای مؤثر در معدن سطحی و کارخانه فرآوری فرضی ۴۹
- جدول ۲-۴۹- تاریخچه توسعه پایدار و معدن‌کاری ۵۱
- جدول ۲-۵۰- شرح ساده از معادلات کلیدی مورد استفاده در مدل ریاضی پایداری ۵۵
- جدول ۲-۵۱- بازه در نظر گرفته شده برای تعیین میزان پایداری ۵۷
- جدول ۲-۵۲- نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی معادن چغارت و گل‌گهر در ایران ۵۸
- جدول ۲-۵۳- نتایج ارزیابی پایداری معدن چغارت و گل‌گهر در ایران ۵۸
- جدول ۴-۱- فاکتورهای مؤثر معدن سنگ آهن سنگان خواف و محدوده امتیاز آنها ۷۳
- جدول ۴-۲- نظرات کارشناسان معدن سنگان در راستای تعیین امتیاز فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن‌کاری ۷۵
- جدول ۴-۳- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تداخل با آب‌های سطحی ۷۶
- جدول ۴-۴- مقایسه مقادیر عناصر موجود در پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری معدن سنگ آهن سنگان با مقادیر استاندارد ارائه شده در جدول ۲-۱۴ ۷۸
- جدول ۴-۵- سناریوهای تعریف شده برای تعیین امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله ۸۲
- جدول ۴-۶- امتیاز فاکتورهای مؤثر معدن سنگ آهن سنگان خواف ۸۷
- جدول ۴-۷- ماتریس مقادیر وزنی ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف ۸۸

جدول ۴-۸- ماتریس مقادیر وزنی نرمال سازی شده برای ارزیابی آثار زیست محیطی معدن سنگ آهن

سنگان خواف ۹۰

جدول ۴-۹- تأثیرات کلی فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه های زیست محیطی در معدن سنگ آهن سنگان

خواف ۹۱

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

توسعه پایدار ایجاد تعادل میان توسعه و محیط‌زیست است و از سه اصل مهم محیط‌زیست، اجتماع و اقتصاد تشکیل شده است. هر سه این پارامترها در ارتباط با یکدیگر بوده و عدم تعادل در هر یک، موجب برهم خوردن تعادل در سایر بخش‌ها خواهد شد.

ارتباط متقابل بین معدن‌کاری و توسعه پایدار، انجام یکی را مستلزم انجام دیگری می‌سازد. از یک سو محدودیت منابع معدنی، احتمال تمام شدن آن‌ها و نگرانی‌هایی که از بابت کمبود آن‌ها برای نسل‌های آینده وجود دارد و از سوی دیگر، مشکلات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی که به دلیل معدن‌کاری و بدون توجه به محیط‌زیست و جوامع اطراف صورت می‌گیرد سبب شده تا توسعه پایدار به عنوان یک نیاز برای حفاظت از سرمایه‌های طبیعی، انسانی و اجتماعی وارد بخش معدن‌کاری شود.

۱-۲- بیان مسئله

توسعه پایدار به معنای بهبود کیفیت زندگی است، ضمن اینکه کیفیت زندگی نسل‌های آینده نیز حفظ شود. در واقع، توسعه پایدار دستیابی به اهداف اقتصادی و اجتماعی است به گونه‌ای که در بلند مدت منابع نگهداری شوند، محیط‌زیست محافظت شود و تندرستی و رفاه انسان‌ها تضمین شود [۱].

توسعه پایدار در کنار رشد اقتصادی و توسعه بشری در یک جامعه، سعی در تحصیل توسعه مستمر از طریق توجه همزمان به سه بخش اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دارد. کشورهای توسعه یافته در ابتدای مسیر توسعه به واسطه‌ی تکیه بر منابع طبیعی و معدنی و استخراج آن‌ها توانستند گام‌های ابتدایی توسعه را بردارند. به مرور زمان و بر اثر بی‌توجهی به مسائل زیست‌محیطی و تبعات اجتماعی و نگاه صرفاً اقتصادی به موضوع، مشکلاتی ایجاد شد که به تدریج، توجه به این مسائل در کنار جنبه‌های اقتصادی این فعالیت‌ها، موجب شد موضوع و مفهوم توسعه پایدار مطرح شود.

امروزه فعالیت‌های اقتصادی پیامدهایی از قبیل تخریب گسترده محیط‌زیست و کاهش منابع طبیعی برای نسل‌های آینده را به دنبال دارند. از این رو، مخالفت با اهداف پایداری بسیار مشکل است. معدن‌کاری نیز به عنوان یک فعالیت اقتصادی گسترده آثار مثبت و منفی زیادی بر انسان و محیط زندگی او دارد. در بیان آثار مثبت فعالیت‌های معدنی می‌توان به این نکته اشاره کرد که امروزه، منابع معدنی هسته اصلی فعالیت‌های بشر از ساختمان‌سازی، وسایل خانه، ماشین‌آلات صنعتی و انرژی تا تکنولوژی‌های پیشرفته فضایی را تشکیل می‌دهد. همچنین، صنایع معدن‌کاری با تأمین شغل و درآمد نقش مهمی در پیشرفت اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی انسان ایفا می‌کنند. علاوه بر آثار مثبت،

استخراج و فرآوری مواد معدنی آثار زیست‌محیطی بسیاری از قبیل کاهش سطح جنگل‌ها، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، فرسایش خاک، آلودگی هوا، از بین رفتن اراضی و مناظر طبیعی، تغییرات آب و هوا از طریق مصرف انرژی و ... را به دنبال دارند. همچنین، از جمله آثار منفی فعالیت‌های معدنی در یک منطقه می‌توان به تبعات اجتماعی آن اشاره کرد. به عنوان مثال، پایین آمدن قیمت ماده معدنی یا پایان کار معدن در یک منطقه می‌تواند بیکاری و مهاجرت مردم را در پی داشته باشد. بنابراین، به منظور حفاظت از محیط‌زیست، کنترل تبعات اجتماعی و ایجاد یک اقتصاد پویا، توسعه پایدار وارد بخش معدن کاری شده است.

معدن سنگ آهن سنگان خواف یکی از بزرگ‌ترین معادن سنگ آهن در خاورمیانه است که به صورت روباز استخراج می‌شود و بر اقتصاد، محدوده جمعیتی و محیط‌زیست اطراف خود تأثیر قابل توجهی دارد. از این رو، در این تحقیق سعی شده تا توسعه پایدار در این مجموعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱-۳- سابقه تحقیق

مفهوم توسعه پایدار اولین بار به طور رسمی توسط کمیته جهانی محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷ در گزارش "آینده مشترک ما"^۱ مطرح شد. این گزارش که به عنوان گزارش برون‌داند^۲ شناخته می‌شود، توسعه پایدار را به صورت "رفع نیازهای نسل امروز بدون به خطر انداختن توانایی‌های نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود" تعریف می‌کند [۲]. پس از آن، کنفرانس سازمان ملل در رابطه با توسعه و محیط‌زیست (UNCED^۳) که در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو^۴ برگزار شد، دستورالعمل ۲۱ را به عنوان برنامه توسعه پایدار در قرن ۲۱ ارائه کرد. بعد از انتشار این بیانیه، برنامه محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP^۵) از تعدادی از کشورهای عضو درخواست کرد که یک دستورالعمل زیست‌محیطی جامع برای معدن‌کاری و توسعه پایدار تهیه کنند. نخستین ویرایش از "دستورالعمل زیست‌محیطی برای فعالیت‌های معدنی" در سال ۱۹۹۴ منتشر شد که در حقیقت دنباله و نسخه تجدید نظر شده "دستورالعمل برلین، ۱۹۹۱" تحت عنوان "معدن‌کاری و محیط‌زیست" بود [۳].

¹ Our Common Future

² Brundlandt Report

³ United Nations Conference on Environment & Development

⁴ Rio de Janerio

⁵ United Nations Environment Programme

وان بیلو^۱، توسعه پایدار در معدن را تنها از طریق اکتشاف مداوم، نوآوری در فناوری و احیای محیط‌زیست می‌داند [۴]. کراوسون^۲ معتقد است که "ذخایر معدنی محدود هستند و دیر یا زود تمام می‌شوند، لذا فعالیت‌های معدن‌کاری پایدار محسوب نمی‌شوند" [۵]. گزارش توسعه پایدار معدن‌کاری و مواد معدنی (MMSD^۳) در سال ۲۰۰۲ بیان کرد که "هدف از توسعه پایدار در معدن‌کاری، حداکثر کردن رفاه نسل کنونی است، به طوری که منافع و هزینه‌های آن عادلانه توزیع شود بدون اینکه پتانسیل آن برای برآورده کردن نیازهای نسل آینده کاهش یابد" [۶]. باسو و کومار^۴ مهم‌ترین جزء اجرای مفاهیم توسعه پایدار را حکومت می‌دانند که در آن فعالیت‌هایی مانند آموزش و توسعه استانداردهای اندازه‌گیری و همچنین استخراج صحیح معادن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۷]. اصائلو و رحمان‌پور با طراحی محدوده معدنی بر مبنای حداکثر سود و حداکثر عمر در معدن مس سونگون، توازن و تعادلی میان تمامی جنبه‌های توسعه پایدار ایجاد کردند [۸].

۱-۴- اهمیت ارزیابی توسعه پایدار

بخش معدن و صنایع معدنی در بسیاری از کشورها از جمله مهم‌ترین مسیرها در رسیدن به توسعه پایدار بوده است. مهم‌ترین اصل در رسیدن به توسعه پایدار از طریق معدن‌کاری، توجه همزمان به سه اصل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی بخش معدن است.

منابع معدنی که در اختیار دولت‌های توسعه نیافته قرار دارند، به دلیل وابستگی شدید به منابع مالی حاصل از استخراج و فروش آن، به عنوان یک منبع ایجاد ثروت برای کشور محسوب می‌شوند. معدن‌کاری در این کشورها باعث کاهش فقر، توسعه زیرساخت‌ها و در حالت کلی محرک اقتصادی محسوب شده و به دولت‌ها اجازه می‌دهد تا سیستم‌های آموزشی و بهداشتی خود را بهبود بخشند. همچنین، راهی برای تأمین درآمد دولت است که در صورت وجود یک چارچوب منظم و قوی و با نیروی کار آماده ممکن است، موجب توسعه کشور نیز شود. با این وجود، در بسیاری از کشورهای توسعه نیافته که از منابع معدنی قابل توجهی نیز برخوردار هستند، بخش معدن نتوانسته است موجب توسعه آن‌ها شود.

در بخش معدن با وجود کشف ذخایر قابل توجه، استخراج استاندارد از معادن صورت نمی‌گیرد. علاوه بر آن مناطقی که معادن بزرگ در آن‌ها قرار گرفته است اغلب در زمره مناطق توسعه نیافته یا کمتر توسعه یافته رتبه‌بندی می‌شوند. بنابراین، می‌توان با برنامه‌ریزی درست و منطقی در ابعاد

¹ Von Below

² Crowson

³ Mining, Minerals and Sustainable Development

⁴ Basu & Kumar

اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی معدن‌کاری و اعمال نظارت هماهنگ بر جنبه‌های مختلف و اتخاذ قوانین محکم، علاوه بر توسعه اقتصادی، جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی را نیز تقویت کرد.

۱-۵- ضرورت ارزیابی توسعه پایدار

معدن‌کاری و فعالیت‌های مرتبط با آن مانند ایجاد راه‌های دسترسی و فرآوری مواد معدنی نقش مهمی در مشکلات زیست‌محیطی از قبیل از بین رفتن اراضی و مناظر طبیعی، کاهش سطح جنگل‌ها، فرسایش خاک، آلودگی شدید جو، آلودگی آب و ... ایفا می‌کنند. در مقیاس جهانی، بخش مواد معدنی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی است و از این طریق به گرم شدن هوا و آلودگی کره زمین می‌افزاید. یکی از آثار سوء فعالیت‌های معدنی، بر هم زدن تعادل محیط‌زیست است. استخراج مواد معدنی و متعاقب آن تغییر وضعیت شبکه آب‌های زیرزمینی منجر به ایجاد مشکلات هیدرولوژیکی فراوانی می‌شود. با برهم خوردن تعادل محیط، سرعت اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی در طی فرآیند هوازدگی شتاب می‌گیرد و به دنبال آن هر گونه جریان آب خروجی از معدن، به شدت اسیدی خواهد شد. آب‌های اسیدی معادن می‌توانند آثار زیست‌محیطی زیان‌باری را بر آب‌های دریافتی بگذارند.

در میان مواد معدنی، سنگ آهن یکی از فراوان‌ترین عناصر فلزی موجود در زمین است که مشکلات زیست‌محیطی مختلفی را به دنبال دارد. از جمله این مشکلات می‌توان به تغییراتی که در محیط‌زیست به علت وسیع بودن عملیات معدن‌کاری ایجاد می‌شود، حجم زیاد باطله‌های معدنی و دپوی آن‌ها، گرد و غبار به وجود آمده در اثر حفاری و انفجار، آلودگی صوتی ناشی از انفجار و فعالیت تجهیزات معدنی، انتشار گازهای سمی در هوا، از بین رفتن اراضی و مناظر طبیعی، تفاله حاصل از تولید فولاد، گاز یا گرد و غبار زیان‌آور کوره‌های تولید فولاد و ... اشاره کرد.

معدن سنگ آهن سنگان خواف به علت فعالیت گسترده و عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی، آسیب‌هایی را به محیط‌زیست منطقه وارد کرده است. از طرفی، با سرمایه‌گذاری شرکت‌های بزرگ برای توسعه فعالیت‌های معدنی در منطقه، شرایط اقتصادی تغییر کرده است. همچنین، ورود این منابع مالی هنگفت و افرادی با فرهنگ‌های مختلف که به قصد کار وارد منطقه شده‌اند، تبعات اجتماعی مختلفی را در شهرستان کوچک خواف به دنبال داشته است. از این رو، نیاز است تا توسعه پایدار در این مجموعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱-۶- اهداف تحقیق

هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف است. با در اختیار داشتن میزان پایداری معدن می‌توان نقاط ضعف و قوت آن را شناسایی و در جهت بهبود آن‌ها اقدام

کرد. لازمه ارزیابی توسعه پایدار در یک پروژه، ارزیابی آثار زیست‌محیطی است. بنابراین، هدف اول در این تحقیق ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف است. با این ارزیابی می‌توان آلودگی‌های زیست‌محیطی این معدن و تأثیر آن بر شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه را بررسی کرد و در نهایت توسعه پایدار را مورد ارزیابی قرار داد. با شناسایی آثار زیست‌محیطی و بررسی وضعیت پایداری معدن، می‌توان اقدامات پیشگیرانه مورد نیاز را انجام داد و به بهبود شرایط معدن‌کاری در منطقه کمک کرد.

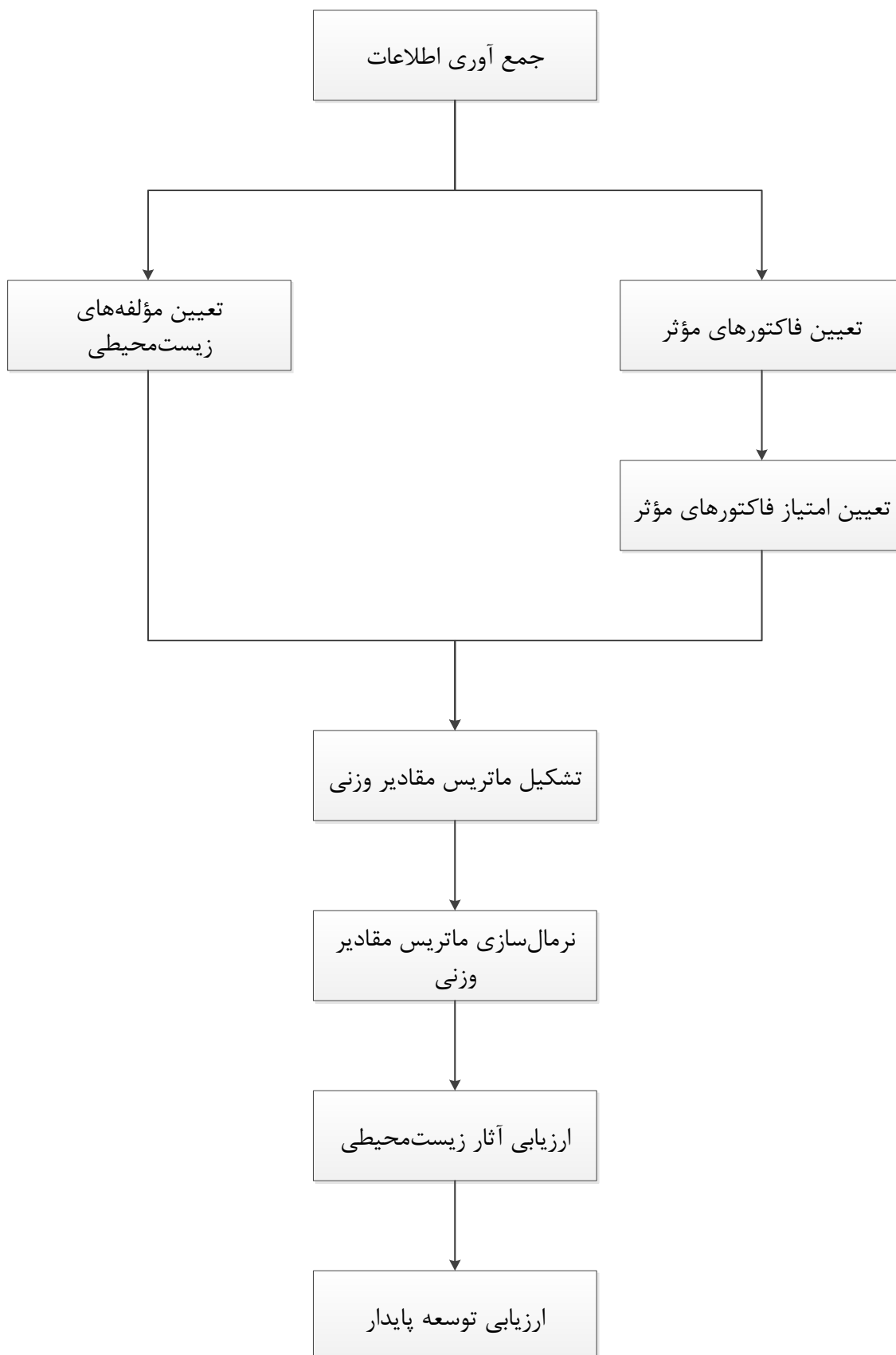
۱-۷- روش انجام تحقیق

روش کار بر این منوال خواهد بود که پس از انجام مطالعات اولیه و جمع‌آوری اطلاعات لازم، ارزیابی آثار زیست‌محیطی (EIA¹) انجام می‌شود. بدین منظور، ابتدا فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی تعیین می‌شوند. برای تعیین امتیاز فاکتورهای مؤثر سناریوهایی طرح شده که در آنها از نظرات کارشناسی افراد خبره و متخصص استفاده می‌شود. چون اهمیت معیارها با یکدیگر متفاوت است و نوع نظر افراد در انتخاب معیارها با یکدیگر فرق دارد، معیارها وزن‌دهی می‌شوند. در نتیجه، مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی با بهره‌گیری از روش ماتریس تعیین شده و در نهایت آثار کلی فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی مشخص می‌شود. پس از ارزیابی آثار زیست‌محیطی، با استفاده از نتایج آن و همچنین با بررسی شاخص‌هایی، توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل ۱-۱ مراحل ارزیابی توسعه پایدار را نشان می‌دهد.

۱-۸- ساختار پایان‌نامه

در فصل اول این نوشتار، ابتدا به تعریف مسئله پرداخته شده است. سپس، تاریخچه موضوع، اهمیت و ضرورت آن و روش انجام تحقیق به طور خلاصه آورده شده است. در فصل دوم، سابقه موضوع شامل ارزیابی آثار زیست‌محیطی و ارزیابی توسعه پایدار بیان شده است. در فصل سوم، منطقه مورد مطالعه یعنی معدن سنگ آهن سنگان خواف مورد بررسی قرار گرفته است. فصل چهارم شامل روش انجام تحقیق و ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف می‌باشد. در این فصل، اقدامات پیشگیرانه لازم نیز ارائه شده است. در فصل پنجم نیز، نتایج این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و پیشنهادهای برای انجام مطالعات بعدی ارائه شده است.

¹ Environmental Impact Assessment



شکل ۱-۱- نمودار مراحل ارزیابی توسعه پایدار

فصل دوم:

سابقہ علمی موضوع

۲-۱- مقدمه

انسان مهم‌ترین و مؤثرترین عامل تغییرات زیست‌محیطی است که به منظور دوام زندگی خود در محیط‌زیست، نیاز به بهره‌برداری از معادن و منابع طبیعی دارد که در این راستا، ضمن ایجاد تغییرات مفید و مؤثر موجبات تخریب را هم فراهم می‌آورد. فعالیت‌های معدنی مشکلاتی از قبیل آلودگی هوا، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، از بین رفتن پوشش گیاهی، فرسایش خاک و ... را به دنبال دارند و در نتیجه باعث تخریب محیط‌زیست می‌شوند. از این رو، دستیابی به توسعه پایدار نیازمند در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی است و لذا رسیدن به این هدف با ارزیابی آثار زیست‌محیطی امکان‌پذیر است. با بهره‌گیری از این روش می‌توان آثار فعالیت‌های معدنی بر محیط‌زیست را شناسایی و اقدامات پیشگیرانه لازم را انجام داد.

۲-۲- ارزیابی آثار زیست‌محیطی

بررسی، تجزیه و تحلیل و ارزیابی فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده برای حصول اطمینان از صحت زیست‌محیطی و توسعه پایدار در هر منطقه، ارزیابی آثار زیست‌محیطی نامیده می‌شود. EIA به عنوان یک ابزار مدیریت زیست‌محیطی، به منظور شناخت آثار احتمالی یک پروژه و اطمینان یافتن از اجرای مناسب و صحیح آن به کار می‌رود [۹ و ۱۰]. در واقع، ارزیابی آثار زیست‌محیطی عبارت است از ارائه روشی برای تعیین، پیش‌بینی و تفسیر آثار زیست‌محیطی یک پروژه بر کل محیط‌زیست، بهداشت عمومی و سلامت اکوسیستم‌هایی که زندگی بشر به آن‌ها وابسته است.

نگاهی گذرا بر وضعیت محیط‌زیست در دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی مؤثرترین و مهم‌ترین علل تغییرات زیست‌محیطی است که ضمن ایجاد تغییرات مفید و مناسب، موجبات تخریب را هم فراهم می‌آورد. در نتیجه، به منظور به حداقل رساندن خسارات وارده بر منابع، محیط‌زیست و همچنین برقراری یک نظام گسترده و پویا برای مواجهه صحیح با آلودگی و تخریب، ارزیابی آثار زیست‌محیطی به عنوان یکی از ارکان توسعه پایدار ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، به کارگیری روش‌های علمی ارزیابی آثار زیست‌محیطی می‌تواند اطمینان کافی از رعایت سیاست‌ها و اهداف تعیین شده در برنامه‌ها و طرح‌ها را برای تأمین ضوابط، معیارها و قوانین زیست‌محیطی فراهم آورد.

هدف از ارزیابی و بازنگری زیست‌محیطی، دخالت دادن ملاحظات زیست‌محیطی در فرآیند برنامه‌ریزی است. در واقع پیش از انتخاب یک گزینه خاص لازم است تجزیه و تحلیل جامعی در زمینه

پیامدهای زیست‌محیطی گزینه‌های موجود صورت پذیرد تا گزینه‌ای که کمترین عواقب زیست‌محیطی را ایجاد می‌کند و از نظر جنبه‌های فنی و اقتصادی نیز مطلوب است انتخاب شود. به طور خلاصه، اهداف کلی ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن‌کاری را می‌توان به شرح زیر جمع‌بندی کرد [۱۱]:

- پیشگیری از آثار مخرب ناشی از فعالیت‌های معدنی.
- توجه به قوانین و استانداردهای زیست‌محیطی در تمام مراحل عمر معدن.
- ایجاد دانش کافی در مورد اهمیت مسائل زیست‌محیطی در مدیریت پروژه.
- برآورد هزینه مورد نیاز برای پیشگیری از آثار نامطلوب زیست‌محیطی.
- ارزیابی کمی و کیفی پارامترهای مؤثر واحد استخراج بر محیط‌زیست.
- ارائه پیشنهادهای برای کاهش آلودگی منابع طبیعی.

ارزیابی آثار زیست‌محیطی با روش‌های مختلفی از قبیل ماتریس‌ها، شبکه‌ها و چک لیست‌ها، ماتریس ارزیابی سریع آثار، ارزیابی چرخه حیات^۱، مجموعه‌های فازی و ... انجام می‌شود [۱۵-۱۲]. یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی آثار زیست‌محیطی استفاده از روش ماتریس می‌باشد که در آن یک بعد ماتریس فاکتورهای مؤثر (IF^۲) و بعد دیگر آن مؤلفه‌های زیست‌محیطی (EC^۳) است که توسط فاکتورهای مؤثر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. روش‌های ماتریس با توجه به آزمایش‌های مختلف برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی توسعه یافته‌اند و به دلیل سادگی و قابل فهم بودن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۲-۱- ماتریس لئوپلد

در گذشته، اکثر پروژه‌ها و عملیات‌ها قبل از شروع کار، تنها از نظر اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گرفتند و برای آماده‌سازی پروژه فقط هزینه‌ها و درآمد آن محاسبه می‌شد. اما به تدریج، علاوه بر تحلیل مرسوم اقتصادی و بررسی منافع و هزینه‌های پروژه، ارزیابی آثار احتمالی آن بر محیط‌زیست و اکولوژی نیز مورد توجه قرار گرفت. از این رو، لئوپلد^۴ و همکاران در سال ۱۹۷۱ به منظور بررسی آثار احتمالی یک پروژه بر محیط‌زیست، روشی را ارائه کردند [۱۶].

^۱ Life Cycle Assessment

^۲ Impact Factor

^۳ Enviromental Component

^۴ Leopold

۲-۱-۲-۲- مطالعه موردی

به منظور بررسی صحت روش ارائه شده، لئوپد و همکاران آثار زیست‌محیطی یک معدن فسفات را با استفاده از این روش مورد ارزیابی قرار دادند. این معدن در پارک ملی لس‌پادرس^۱ در شهر ونتورا^۲ در ایالت کالیفرنیا^۳ آمریکا واقع شده است. این مثال، یک خلاصه کوتاه از توجیه، تنظیم منطقه‌ای و طرح کلی ارزیابی آثار زیست‌محیطی در یک فعالیت معدن‌کاری است. نتایج این ارزیابی در جدول ۱-۲ ارائه شده است و تفسیر آن به شرح زیر می‌باشد [۱۶]:

با توجه به جدول ۱-۲، فاکتورهایی که بیش‌ترین آثار زیست‌محیطی را دارا می‌باشند، عبارتند از: ساختن بزرگراه‌ها و پل‌ها، انفجار، استخراج سطحی، فرآوری مواد معدنی، حمل و نقل و روش تخلیه مواد باطله. همچنین، مؤلفه‌های زیست‌محیطی که بیش‌ترین اثرپذیری را از آن‌ها دارند شامل چشم‌اندازها و مناظر، کیفیت بیابان و گونه‌های نادر و کمیاب می‌باشند.

چشم‌اندازها و مناظر یکی از ویژگی‌هایی است که به طور جدی توسط توسعه پیشنهادی تحت تأثیر قرار گرفته است. کیفیت چشم‌اندازها با توجه به سازه‌های صنعتی، بزرگراه‌ها و پل‌ها، خطوط انتقال، استخراج سطحی، حمل و نقل و محل تخلیه مواد باطله دچار اختلال شده است. همه این موارد، مقداری کم تا متوسط برای اندازه و تا حدودی بالاتر برای اهمیت را به همراه دارند.

کیفیت بیابان به عنوان یک زمین مورد استفاده در این منطقه اهمیتی ندارد و بر این اساس، امتیازی به آن داده نمی‌شود. آنچه که مهم است علاقه و اشتیاق انسان به کویرنوردی و بیابان است. کیفیت بیابان‌ها در پروژه پیشنهادی اولیه و به وسیله سازه‌های صنعتی، بزرگراه‌ها و پل‌ها، خطوط انتقال، حفاری و انفجار، استخراج سطحی، فرآوری مواد معدنی، حمل و نقل و محل تخلیه مواد باطله تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. اثر هر یک بر روی کیفیت بیابان با توجه به اندازه و اهمیت دارای مقدار متوسط است که منجر به تخریب و پایین آمدن کیفیت بیابان شده و ممکن است به عنوان یک تأثیر بالقوه مهم ناشی از توسعه ارائه شده، در نظر گرفته شود.

در رابطه با گونه‌های نادر و کمیاب، احتمالاً مهم‌ترین اثر زیست‌محیطی توسعه پیشنهادی، تأثیر بالقوه آن بر کرکس آمریکایی است. اعتقاد بر این است که اثر توسعه پیشنهادی بر کرکس‌ها در درجه اول از انفجار و ترافیک کامیون‌ها، ناشی می‌شود. برای هر دوی این فعالیت‌ها، مقدار متوسط و امتیاز ۵ در نظر گرفته شده است. اما اهمیت بقای کرکس‌ها بسیار مهم است و بنابراین، هر گونه تأثیر از اهمیت بالایی برخوردار است. در نتیجه، به اهمیت امتیاز ۱۰ داده شده است. همچنین، دود گوگرد

¹ Los Padres

² Ventura

³ California

ناشی از فراوری مواد معدنی ممکن است به عنوان یک عامل مهم، مانع استفاده کرکسها از این بخش از محدوده پارک شود. تأثیر دود بر روی پرندگان ناشناخته است، اما قابل تصور است که آلودگی هوا آن‌ها را از فرود برای گرفتن طعمه در هر کجا که بو و دود رخ داده است، باز می‌دارد. اندازه تأثیر این اقدام ۵ و اهمیت آن ۱۰ در نظر گرفته شده است.

جدول ۱-۲- ماتریس بدست آمده برای معدن فسفات کالیفرنیا [۱۶]

ریزش‌ها و نشست	محل تخلیه مواد باطله	حمل و نقل	فراوری مواد معدنی	استخراج سطحی	حفاری و انفجار	خطوط انتقال	بزرگراه‌ها و پل‌ها	سازه‌ها و سایت‌های صنعتی	فاکتورهای مؤثر مؤلفه‌های زیست‌محیطی
۱ ۴	۲ ۲		۱ ۱	۲ ۲					کیفیت آب
			۲ ۴						کیفیت هوا
	۲ ۲			۱ ۱			۲ ۲		فرسایش
	۲ ۲			۲ ۲			۲ ۲		رسوب‌گذاری و ته‌نشینی
				۱ ۱					درختچه‌ها
				۱ ۱					علف‌ها
۱ ۴	۲ ۴			۲ ۲					گیاهان آبی
۱ ۴	۲ ۲			۲ ۲					ماهی‌ها
				۲ ۴					مکان تفریحی و محل پیداده‌روی
	۴ ۴	۲ ۱		۴ ۴		۲ ۳	۲ ۱	۲ ۳	چشم‌اندازها و مناظر
	۲ ۵	۳ ۵	۲ ۵	۴ ۳	۱ ۱	۲ ۲	۴ ۴	۴ ۴	کیفیت بیابان
		۵ ۱۰	۵ ۱۰	۲ ۴	۵ ۱۰		۲ ۵		گونه‌های نادر و کمیاب
		۳ ۴							سلامتی و ایمنی

۲-۲-۲- روش فولچی

در روش لئوپد، اندازه‌گیری‌ها بیشتر ذهنی و وابسته به افکار شخصی است. همچنین، تفسیر نتایج در روش لئوپولد یک فرآیند دشوار است. در نتیجه، به منظور رسیدن به نتایج قابل فهم و ساده تر روش فولچی^۱ در سال ۲۰۰۳ توسعه داده شد. این روش برای اولین بار در یک عملیات معدن‌کاری سطحی در ساردینیا^۲ ایتالیا، استفاده شد. در این معدن که عملیات استخراج با حفاری و آتشفباری همراه بود، ارزیابی آثار زیست‌محیطی با استفاده از روش فولچی انجام شد. این روش شامل ۷ مرحله به شرح زیر می‌باشد [۱۷]:

۱. در اختیار داشتن مشخصات زیست‌محیطی از قبیل زمین‌شناسی، ژئوتکنیک، آب‌شناسی، آب و هوا، اقتصاد و ...

۲. شناسایی فاکتورهای مؤثر، یعنی آن دسته از عواملی که در طول معدن‌کاری می‌توانند شرایط زیست‌محیطی از پیش موجود را تغییر دهند (جدول ۲-۲).

۳. تعیین محدوده‌ای برای اندازه‌گیری تغییرات هر یک از فاکتورهای مؤثر (جدول ۲-۳).

۴. تعیین مؤلفه‌های زیست‌محیطی با توجه به شرایط از پیش موجود. مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری شامل پارامترهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی هستند که بیشترین تأثیر را بر تولید ناشی از استخراج دارند و ممکن است در نتیجه فعالیت‌های معدنی، تغییر یابند (جدول ۲-۲).
۵. ارتباط فاکتورهای مؤثر با هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری با استفاده از مقادیر وزنی که منعکس کننده میزان تأثیر فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری است (جدول ۲-۴).

۶. تعیین مقدار هر یک از فاکتورهای مؤثر با توجه به مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در جدول ۲-۳ (جدول ۲-۵).

۷. محاسبه مجموع وزن‌های آثار زیست‌محیطی ناشی از تأثیر فاکتورهای مؤثر بر هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی (جدول ۲-۶).

¹ Folchi

² Sardinia

فاکتورهای مؤثر	مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری
۱. تغییر در کاربری منطقه	۱. سلامت و ایمنی انسان
۲. وضعیت رؤیت پیت	۲. مسائل اجتماعی
۳. تداخل با آب‌های سطحی	۳. کیفیت آب
۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی	۴. کیفیت هوا
۵. افزایش در ترافیک منطقه	۵. خاک منطقه
۶. انتشار گاز و گرد و غبار	۶. گیاهان و جانوران
۷. پرتاب سنگ	۷. سازه‌های سطحی
۸. سر و صدا	۸. سازه‌های زیرزمینی
۹. لرزش زمین	۹. چشم‌انداز منطقه
۱۰. میزان اشتغال‌زایی بومی	۱۰. آلودگی صوتی
	۱۱. مسائل اقتصادی

۲-۲-۲-۱- مقادیر فاکتورهای مؤثر

برای تعیین مقدار فاکتورهای مؤثر، سناریوهایی تعریف شده و مقادیر عددی به هر سناریو اختصاص یافته است. مقادیر عددی برای هر سناریو بین ۱ تا ۱۰ در نظر گرفته شده که نشان دهنده شدت تأثیر زیست‌محیطی می‌باشد. عدد ۱۰ دارای بیش‌ترین تأثیر است. سناریوهای مختلف و مقادیر مربوط به آن‌ها برای هر یک از فاکتورهای مؤثر در جدول ۲-۳ ارائه شده است. با استفاده از این جدول، مقادیر فاکتورهای مؤثر برای معدن مورد مطالعه در ساردینیا ایتالیا بدست آمده است (جدول ۲-۵).

۲-۲-۲-۲- تشکیل ماتریس مقادیر وزنی

بر طبق نظر فولچی، فاکتورهای مؤثر، مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری را تغییر می‌دهند. این تغییر می‌تواند در محدوده بدون تأثیر تا تأثیر شدید باشد و دارای ۴ سطح است: صفر، حداقل، متوسط و حداکثر. مقدار حداکثر سطوح تعریف شده دو برابر مقدار متوسط و به همین ترتیب، مقدار متوسط دو برابر مقدار حداقل است. همانطور که در مرحله ۵ نیز بیان شد، تعیین فاکتور وزنی مناسب منعکس‌کننده سطح تأثیر در روش فولچی است. در این ماتریس، مجموع همه سطوح‌ها برای هر مؤلفه زیست‌محیطی نرمال‌سازی شده و مقدار آن برابر ۱۰ است. سطح تأثیر فاکتورهای مؤثر برای هر مؤلفه زیست‌محیطی و فاکتورهای وزنی عددی مرتبط، در جدول ۲-۴ نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- محدوده تغییرات فاکتورهای مؤثر در روش فولچی [۱۷]

مقدار (اندازه)	سناریوها	فاکتورهای مؤثر
۸-۱۰	پارک‌ها، مناطق حفاظت شده	۱. کاربری منطقه
۶-۸	منطقه شهری	
۳-۶	منطقه کشاورزی، چوب	
۱-۳	منطقه صنعتی	
۶-۱۰	می‌توان از مناطق مسکونی مشاهده کرد.	۲. وضعیت رؤیت پیت
۲-۶	می‌توان از جاده‌های اصلی مشاهده کرد.	
۱-۲	قابل رؤیت نیست.	
۶-۱۰	تداخل با دریاچه‌ها و رودخانه‌ها	۳. تداخل با آب‌های سطحی
۳-۶	تداخل غیرمستقیم با منابع آب	
۱-۳	عدم تداخل	
۵-۱۰	سفره آب سطحی و نفوذپذیر	۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی
۲-۵	سفره آب عمیق و نفوذپذیر	
۱-۲	سفره آب عمیق و نفوذ ناپذیر	
۶-۱۰	افزایش ۲۰٪	۵. افزایش در ترافیک منطقه
۳-۶	افزایش ۱۰٪	
۱-۳	عدم تداخل	۶. انتشار گاز و گرد و غبار
۷-۱۰	انتشار آزادانه در هوا	
۲-۷	انتشار در حدود مقدار استاندارد داده شده	
۱-۲	انتشار زیر مقادیر استاندارد داده شده	۷. پرتاب سنگ
۹-۱۰	بدون طراحی انفجار و روش برداشتن مانع	
۴-۹	طراحی انفجار و بدون روش برداشتن مانع	
۱-۴	طراحی انفجار و روش برداشتن مانع فشار هوا بیش از حد در فاصله ۱ کیلومتری	۸. سر و صدا
۸-۱۰	$< 141 \text{ db}$	
۴-۸	$< 131 \text{ db}$	
۱-۴	$< 121 \text{ db}$	۹. لرزش زمین
۷-۱۰	آستانه بالا	
۳-۷	آستانه تحمل	
۱-۳	آستانه پایین فرصت‌های نیروی کار	۱۰. میزان اشتغال‌زایی بومی
۷-۱۰	زیاد	
۳-۶	متوسط	
۱-۲	کم	

۲-۲-۳- بی‌مقیاس‌سازی

برای نشان دادن میزان آسیب وارده به مؤلفه‌های زیست‌محیطی مختلف به صورت درصد باید عملیات نرمال‌سازی بر روی ماتریس مقادیر وزنی انجام شود. به منظور نرمال‌سازی ماتریس مقادیر وزنی، عناصر بردار ستونی با هم جمع و هر یک از این عناصر بر این مجموع تقسیم می‌شود. همچنین، با توجه به بازه در نظر گرفته شده برای سطوح فاکتورهای مؤثر، مقادیر بدست آمده در عدد ۱۰ ضرب شده‌اند که نتایج در جدول ۲-۴ ارائه شده است.

جدول ۲-۴- ماتریس مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی در معدن ساردینیا [۱۷]

مسائل اقتصادی	آلودگی صوتی	چشم‌انداز منطقه	سازه‌های زیرزمینی	سازه‌های سطحی	گیاهان و جانوران	خاک منطقه	کیفیت هوا	کیفیت آب	مسائل اجتماعی	سلامت و ایمنی انسان	مؤلفه‌های زیست محیطی	فاکتورهای مؤثر
صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۲/۸۶	صفر ۰	صفر ۰	کم ۰/۶۳	زیاد ۵/۷۱	صفر ۰	صفر ۰	کم ۰/۷۷	متوسط ۰/۸۰	۱. تغییر در کاربری منطقه	
صفر ۰	کم ۲/۰۰	زیاد ۲/۸۶	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	متوسط ۲/۸۶	صفر ۰	صفر ۰	کم ۰/۷۷	صفر ۰	۲. وضعیت رؤیت پیت	
صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۲/۸۶	صفر ۰	متوسط ۶/۶۷	زیاد ۲/۵۰	صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۴/۴۴	صفر ۰	زیاد ۱/۶۰	۳. تداخل با آب‌های سطحی	
صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	متوسط ۶/۶۷	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۴/۴۴	صفر ۰	کم ۰/۴۰	۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی	
صفر ۰	صفر ۰	کم ۰/۷۱	صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۲/۵۰	کم ۱/۴۳	صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۳/۰۸	زیاد ۱/۶۰	۵. افزایش در ترافیک منطقه	
صفر ۰	صفر ۰	کم ۰/۷۱	صفر ۰	کم ۳/۳۳	زیاد ۲/۵۰	صفر ۰	زیاد ۱۰/۰۰	کم ۱/۱۱	کم ۰/۷۷	زیاد ۱/۶۰	۶. انتشار گاز و گرد و غبار	
صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	متوسط ۱/۲۵	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۱/۶۰	۷. پرتاب سنگ	
صفر ۰	زیاد ۸/۰۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	کم ۰/۶۳	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	زیاد ۳/۰۸	متوسط ۰/۸۰	۸. سر و صدا	
صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	کم ۳/۳۳	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	متوسط ۱/۵۴	زیاد ۱/۶۰	۹. لرزش زمین	
زیاد ۱۰/۰۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	صفر ۰	۱۰. میزان اشتغال‌زایی بومی	
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	مجموع	

۲-۲-۲-۴- تعیین امتیاز تأثیر

امتیاز تأثیر برای هر مؤلفه زیست‌محیطی به طریق زیر تعیین می‌شود:

- ✓ با توجه به محدوده مشخص شده در جدول ۲-۳، هر یک از فاکتورهای مؤثر مورد بررسی قرار گرفته و امتیاز آن تعیین می‌شود (جدول ۲-۵).
- ✓ امتیاز تأثیر توسط فرمول ساده زیر تعیین می‌شود:

مقدار فاکتور مؤثر × مقدار بدست آمده در ماتریس مقادیر وزنی = امتیاز تأثیر

- ✓ با تکرار این کار برای تمامی مؤلفه‌های زیست‌محیطی یک ماتریس تشکیل می‌شود که در جدول ۲-۶ نشان داده شده است.
- ✓ تأثیر کلی برای هر مؤلفه زیست‌محیطی با جمع کردن مقادیر وزنی برای همه فاکتورهای مؤثر بدست می‌آید (جدول ۲-۶).
- ✓ حداکثر امتیاز تأثیر کلی برای هر مؤلفه زیست‌محیطی برابر ۱۰۰ است. هرچه امتیاز بیشتر باشد، تأثیر کلی بیشتر خواهد بود.

جدول ۲-۵- مقادیر فاکتورهای مؤثر در معدن ساردینیا [۱۷]

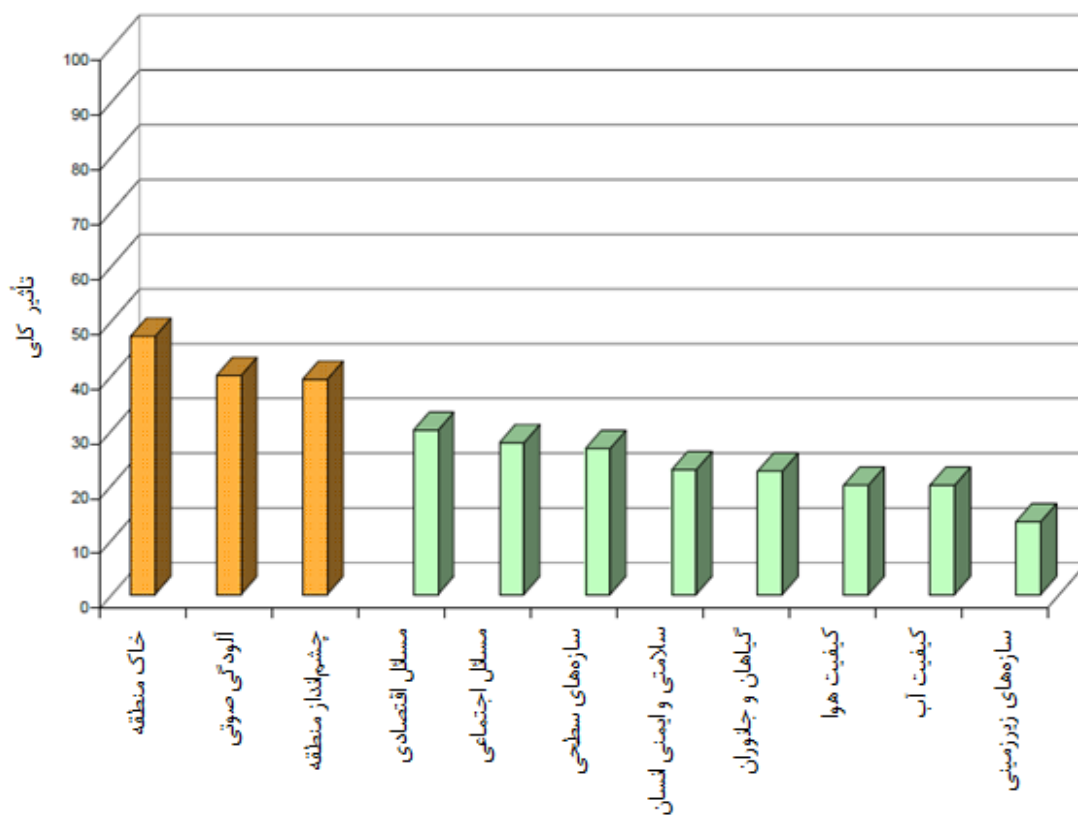
مقدار (اندازه)	فاکتورهای مؤثر
۶	۱. تغییر در کاربری منطقه
۴	۲. وضعیت رؤیت پیت
۳	۳. تداخل با آب‌های سطحی
۱	۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی
۱	۵. افزایش در ترافیک منطقه
۲	۶. انتشار گاز و گرد و غبار
۱	۷. پرتاب سنگ
۴	۸. سر و صدا
۲	۹. لرزش زمین
۳	۱۰. میزان اشتغال‌زایی بومی

۲-۲-۲-۵- آثار زیست‌محیطی

شکل ۲-۱ نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی با استفاده از روش فولچی را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشخص است مؤلفه‌های خاک منطقه، آلودگی صوتی و چشم‌انداز منطقه بیش‌ترین آسیب را دیده‌اند.

جدول ۲-۶- ماتریس نهایی تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی در معدن ساردینیا ایتالیا [۱۷]

مسائل اقتصادی	آلودگی صوتی	چشم‌انداز منطقه	سازه‌های زیرزمینی	سازه‌های سطحی	گیاهان و جانوران	خاک منطقه	کیفیت هوا	کیفیت آب	مسائل اجتماعی	سلامتی و ایمنی انسان	مؤلفه‌های زیست‌محیطی
											فاکتورهای مؤثر
۰	۰	۱۷/۲	۰	۰	۳/۸	۳۴/۳	۰	۰	۴/۶	۴/۸	۱. تغییر در کاربری منطقه
۰	۸	۱۱/۴	۰	۰	۰	۱۱/۴	۰	۰	۳/۱	۰	۲. وضعیت رؤیت پیت
۰	۰	۸/۶	۰	۲۰	۷/۵	۰	۰	۱۳/۳	۰	۴/۸	۳. تداخل با آب‌های سطحی
۰	۰	۰	۶/۷	۰	۰	۰	۰	۴/۴	۰	۰/۴	۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی
۰	۰	۰/۷	۰	۰	۲/۵	۱/۴	۰	۰	۳/۱	۱/۶	۵. افزایش در ترافیک منطقه
۰	۰	۱/۴	۰	۶/۷	۵	۰	۲۰	۲/۲	۱/۵	۳/۲	۶. انتشار گاز و گرد و غبار
۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳	۰	۰	۰	۰	۱/۶	۷. پرتاب سنگ
۰	۳۲	۰	۰	۰	۲/۵	۰	۰	۰	۱۲/۳	۳/۲	۸. سر و صدا
۰	۰	۰	۶/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۱	۳/۲	۹. لرزش زمین
۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰. میزان اشتغال‌زایی بومی
۴۰	۴۰	۳۹/۳	۱۳/۳	۲۶/۷	۲۲/۶	۴۷/۱	۲۰	۲۰	۲۷/۷	۲۲/۸	مجموع



شکل ۲-۱- نمودار ارزیابی آثار زیست‌محیطی در معدن ساردینیا ایتالیا [۱۷]

۲-۲-۳- روش اصلاح شده فولچی

روش فولچی برای معادن روباز ارائه شده و بیشتر بر جنبه‌های فنی و عملیاتی پروژه متمرکز است. در نتیجه، به منظور ایجاد تعادل بین جنبه‌های اجتماعی و عملیاتی EIA در یک پروژه، الگوریتمی توسط میرمحمدی و همکاران در سال ۲۰۰۹ ارائه شد که قادر است آثار اجتماعی و عملیاتی پروژه را با هم در نظر بگیرد. این الگوریتم برای ارزیابی آثار مثبت احتمالی فعالیت‌های معدنی در مورد مسائل اجتماعی مانند میزان اشتغال‌زائی بومی، کنترل جمعیت و توسعه فرهنگی و اجتماعی، توسعه یافته است [۱۸].

الگوریتم ارائه شده که در واقع اصلاح شده‌ی روش فولچی است، برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی معادن سطحی و کارخانه‌های فرآوری توسعه داده شده است. در این الگوریتم، تعداد فاکتورهای مؤثر افزایش یافته و برخی از آن‌ها برای پوشش بسیاری از مشکلات ناشی از فعالیت‌های معدنی تغییر کرده‌اند. همچنین، برای این الگوریتم یک لیست قابل فهم از سؤالات آماده شده است که طیف گسترده‌ای از سناریوهای ممکن برای پوشش مسائل مربوط به هر فاکتور مؤثر را در بر دارد و به عنوان یک راهنمای قابل اعتماد برای ارزیابی مقدار هر یک از فاکتورهای مؤثر، می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. در این روش، ابتدا مقدار فاکتورهای مؤثر مهم ناشی از فعالیت‌های معدنی محاسبه شده و سپس، تأثیر این فاکتورها بر هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی بررسی می‌شود.

۲-۲-۳-۱- معرفی فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی در الگوریتم ارائه شده

به منظور ارزیابی آثار زیست‌محیطی، معرفی پارامترهای مخرب و مؤثر ضروری است. در این الگوریتم، برای بررسی آثار فعالیت‌های معدنی از جمله معادن سطحی و کارخانه‌های فرآوری، ۲۰ فاکتور کلی با عنوان "فاکتور مؤثر" معرفی شده که تعریف و محدوده امتیاز آن‌ها در جدول ۲-۷ ذکر شده است. مقدار فاکتور بین ۰ و ۱۰ در نظر گرفته شده که صفر به معنی بدون اثر بودن فاکتور مؤثر و ۱۰ نشان دهنده‌ی وضعیت بحرانی است. برخی از فاکتورها مانند مسائل اقتصادی و فرهنگی دارای مقداری بین ۱۰- و ۱۰ می‌باشند. علامت منفی، اثر مثبت فاکتور را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد، مسائلی که تأثیر یک فعالیت معدنی در آن‌ها محتمل است به عنوان مؤلفه‌های زیست‌محیطی تعریف شده‌اند (جدول ۲-۸). مؤلفه‌های زیست‌محیطی بخش‌هایی از محیط‌زیست هستند که توسط فاکتورهای مؤثر تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

جدول ۲-۷- تعریف فاکتورهای مؤثر و محدوده امتیاز آن‌ها [۱۸]

امتیاز	تعریف	فاکتورهای مؤثر
۰ - ۱۰	کاربری زمین‌ها قبل از فعالیت‌های معدن کاری	۱. تغییر در کاربری منطقه
۰ - ۱۰	چشم‌انداز محدوده معدن کاری	۲. وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری
۰ - ۱۰	رابطه بین فعالیت‌های معدن کاری و آب‌های سطحی	۳. تداخل با آب‌های سطحی
۰ - ۱۰	رابطه بین فعالیت‌های معدن کاری و جریان آب‌های زیرزمینی	۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی
۰ - ۱۰	منطقه تخلیه پساب‌های کارخانه فرآوری	۵. پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری
۰ - ۱۰	غلظت آلاینده‌های موجود در پساب‌های کارخانه فرآوری (میلی گرم بر لیتر)	
۰ - ۱۰	تأثیر معدن کاری بر وضعیت ترافیک منطقه	۶. افزایش در ترافیک منطقه
۰ - ۱۰	انتشار گرد و غبار در هر بخش از معدن ماشین‌آلات حفاری انفجار بارگیری حرکت کامیون‌ها در جاده (از معدن به سمت محل تخلیه یا کارخانه فرآوری)	۷. انتشار گرد و غبار
۰ - ۱۰	گرد و غبار تولید شده به وسیله باد از کانسنگ یا باطله‌های دیو شده انتشار گرد و غبار در محوطه کارخانه فرآوری. حرکت کامیون‌ها در جاده (از معدن به سمت محل تخلیه یا کارخانه فرآوری)	
۰ - ۱۰	گرد و غبار تولید شده در طول تخلیه و بارگیری در اطراف سایت گرد و غبار تولید شده به وسیله باد از دمپ‌های باطله و کنسانتره گرد و غبار تولید شده به وسیله کارخانه‌های ذوب و تصفیه گرد و غبار تولید شده در طول بارگیری کنسانتره	
۰ - ۱۰	غلظت آلاینده‌ها در هوای معدن (ppm)	۸. انتشار آلاینده‌های سمی در هوا
۰ - ۱۰	سطح صدای ناشی از دستگاه‌ها و ماشین‌آلات در محیط کار به صورت کمی و کیفی سطح صدای ناشی از آتشباری	۹. آلودگی صوتی
۰ - ۱۰	شدت لرزش زمین در تأسیسات اصلی زیرزمینی، محل استراحت کارگران و نقطه تقاطع چاه‌ها با سطح معدن (میلیمتر بر ثانیه) شدت لرزش در سطح با توجه به فاصله تأسیسات سطحی	۱۰. لرزش زمین
۰ - ۱۰	پرتاب سنگ ناشی از آتشباری	۱۱. پرتاب سنگ
۰ - ۱۰	سطح آلاینده‌گی مواد موجود در باطله	۱۲. مواد موجود در باطله
۰ - ۱۰	روش‌های تخلیه باطله مطالعات زمین‌شناسی از سد باطله، ساختار دمپ باطله و پیش‌بینی مدت زمان عمر سد نظارت و کنترل در طول عملیات سد قرار دادن علائم مخصوص و نرده در اطراف محل دیو باطله و سد باطله	۱۳. ملاحظات تخلیه مواد باطله
۱۰ تا -۱۰	میزان اشتغال‌زائی بومی در واحد معدنی	۱۴. اشتغال‌زائی بومی
۱۰ تا -۱۰	تأثیر معدن کاری بر جمعیت منطقه جمعیت محدوده معدن کاری قبل و بعد از عملیات معدن کاری نوع تأثیر فعالیت‌های معدن کاری بر تغییر جمعیت	۱۵. کنترل جمعیت

ادامه جدول ۲-۷- تعریف فاکتورهای مؤثر و محدوده امتیاز آنها [۱۸]

۱۶. توسعه فرهنگی و اجتماعی	وضعیت مؤسسات اجتماعی و فرهنگی قبل و بعد از عملیات معدن کاری در زمینه‌های زیر: آموزشی، بهداشت و درمان، فرهنگ و مؤسسات هنری. مؤسسات ورزشی مراکز تفریحی و مؤسسات و بنگاه‌های اقتصادی وضعیت امکانات شهری قبل و بعد از شروع عملیات معدن کاری، در زمینه‌های زیر: امکانات آب، امکانات گرمایشی، در دسترس بودن برق، جاده‌های دسترسی، دریافت کانال‌های تلویزیونی و اتصالات تلفن	۱۰ تا -۱۰
۱۷. ناپایداری فضاهای ایجاد شده	وضعیت پایداری سطحی و حفاری زیرزمینی در معادن	۱۰ - ۰
۱۸. نشست	وضعیت نشست در محدوده معدن کاری	۱۰ - ۰
۱۹. ملاحظات زیست محیطی	ایجاد فضای سبز، حضور واحد R&D در معدن، در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی ISO، تأکید بر رعایت بهداشت، ایمنی و دستورالعمل‌های زیست محیطی. واحد کنترل گرد و غبار، کاهش سر و صدا بازیافت آب سد باطله، پالایش فاضلاب‌های صنعتی و بهداشتی واحد معدن کاری	۱۰ تا -۱۰
۲۰. روشنایی	نور (لوکس) در محل کار	۱۰ - ۰

جدول ۲-۸- مؤلفه‌های زیست محیطی در نظر گرفته شده برای الگوریتم [۱۸]

۱. سلامتی و ایمنی انسان	۸. سازه‌های سطحی
۲. مسائل اجتماعی	۹. سازه‌های زیرزمینی
۳. آب‌های سطحی	۱۰. چشم انداز منطقه
۴. آب‌های زیرزمینی	۱۱. آرامش صوتی
۵. کیفیت هوا	۱۲. مسائل اقتصادی
۶. کاربری منطقه	۱۳. خاک منطقه
۷. اکولوژی	

۲-۲-۳-۲- تعیین امتیاز فاکتورهای مؤثر در روش اصلاح شده فولچی

برای تعیین امتیاز هر یک از فاکتورهای مؤثر در این الگوریتم، جدول‌ها و سناریوهایی در نظر گرفته شده است. سناریوها بر اساس منابع فنی مربوط به معادن سطحی و کارخانه فرآوری و با توجه به نوع فاکتورها به صورت کمی و کیفی تعریف شده‌اند. با استفاده از این سناریوها، ارزیابی می‌تواند به هر فاکتور امتیازی را اختصاص دهد. لازم به ذکر است که سناریوها با توجه به استانداردهای ایران و همچنین، استانداردهای بین‌المللی تنظیم شده‌اند [۱۸].

۲-۲-۳-۱-۲-۱- فاکتور مؤثر ۱: تغییر در کاربری منطقه

به منظور تعیین امتیاز فاکتور تغییر در کاربری منطقه، ابتدا باید با استفاده از جدول ۲-۹ مشخص شود که کاربری اراضی منطقه قبل از شروع فعالیت معدن چه بوده است. سپس، با استفاده از جدول ۲-۱۰ باید مساحتی از منطقه که به علت فعالیت‌های معدن کاری تغییر یافته است، تعیین شود. حال با استفاده از این دو مقدار بدست آمده و رابطه ۲-۱ می‌توان امتیاز فاکتور تغییر در کاربری منطقه را بدست آورد. در رابطه ۲-۱، X امتیاز نهایی فاکتور تغییر در کاربری منطقه، A کد مربوط به سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۹ و B کد مربوط به مساحت منطقه تغییر یافته (جدول ۲-۱۰) است [۱۸].

$$X = \frac{A \times B}{6} \quad (۲-۱)$$

جدول ۲-۹- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تغییر در کاربری منطقه [۱۸]

کد A	سناریوها
۱	استفاده صنعتی
۲	بیابان - دشت - صحرا
۳	کوه و تپه با پوشش گیاهی کم
۴	منطقه کشاورزی و زمین‌های زراعتی
۵	منطقه روستایی
۶	شهر کوچک
۷	شهر بزرگ
۸	جنگل، درخت و کوه با پوشش گیاهی زیاد
۹	دریا، دریاچه، رودخانه و باتلاق
۱۰	پارک طبیعی و منطقه حفاظت شده

جدول ۲-۱۰- مساحت مناطقی که با توجه فعالیت‌های معدن کاری تغییر یافته‌اند [۱۸].

کد B	مناطق تغییر یافته
۱	کمتر از ۱ کیلومتر مربع (Km^2)
۲	۱ تا ۱۰ (Km^2)
۳	۱۱ تا ۱۰۰ (Km^2)
۴	۱۰۱ تا ۱۰۰۰ (Km^2)
۵	۱۰۰۱ تا ۱۰۰۰۰ (Km^2)
۶	بیشتر از ۱۰۰۰۰ (Km^2)

۲-۲-۳-۲-۲- فاکتور مؤثر ۲: وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری

برای تعیین امتیاز این فاکتور، ارزیاب می‌تواند با استفاده از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۱۱ وضعیت رؤیت مجتمع معدنی (معدن سطحی و کارخانه فرآوری) را مشخص و امتیاز آن را تعیین کند.

جدول ۲-۱۱- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۰	قابل رؤیت نیست
۲	قابل مشاهده از مناطق صنعتی
۴	قابل مشاهده از جاده اصلی
۶	قابل مشاهده از مناطق روستایی
۸	قابل مشاهده از شهر
۱۰	قابل مشاهده از مکان‌هایی که پتانسیل گردشگری و جذب گردشگر دارند. (مکان‌هایی با جاذبه‌های طبیعی و تاریخی)

۲-۲-۳-۲-۳- فاکتور مؤثر ۳: تداخل با آب‌های سطحی

امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های سطحی با استفاده از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۱۲ تعیین می‌شود. همچنین، برای این فاکتور سؤالاتی طراحی شده که در صورت مثبت بودن (آری) پاسخ هر کدام از آنها، یک مقدار مثبت به امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های سطحی اضافه می‌شود. سؤالات طراحی شده به شرح زیر می‌باشند [۱۸]:

۱. آیا ماده معدنی شامل فلزات پایه، سولفیدها، زغال یا پیریت (سولفید آهن) است؟ (آری - خیر)
۲. آیا فعالیت‌های معدنی دارای زهاب‌های اسیدی هستند؟ (آری - خیر)
۳. آیا زهاب‌های اسیدی معدن با آب‌های سطحی تداخل دارد؟ (آری - خیر)
۴. آیا pH زهاب‌های اسیدی کمتر از ۳/۵ است؟ (آری - خیر)

جدول ۲-۱۲- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تداخل با آب‌های سطحی [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۰	تداخل وجود ندارد
۱	تداخل با چاه برای اهداف تخلیه (دفع)
۲	تداخل با باتلاق
۴	تداخل با رودخانه
۵	تداخل با دریاچه
۶	تداخل با دریا

۲-۲-۳-۲-۴- فاکتور مؤثر ۴: تداخل با آب‌های زیرزمینی

با استفاده از جدول ۲-۱۳ می‌توان امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی را تعیین کرد. برای این فاکتور نیز سؤالاتی طراحی شده که در صورت مثبت بودن (آری) پاسخ هر کدام از آنها، یک مقدار مثبت به امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی اضافه می‌شود. سؤالات طراحی شده به شرح زیر می‌باشند [۱۸]:

۱. آیا ماده معدنی شامل فلزات پایه، سولفیدها، زغال یا پیریت (سولفید آهن) است؟ (آری - خیر)
۲. آیا فعالیت‌های معدنی دارای زهاب‌های اسیدی هستند؟ (آری - خیر)
۳. آیا زهاب‌های اسیدی معدن با آب‌های سطحی تداخل دارد؟ (آری - خیر)
۴. آیا pH زهاب‌های اسیدی کمتر از ۳/۵ است؟ (آری - خیر)

جدول ۲-۱۳- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی [۱۸]

سناریوها	امتیاز
سطح ایستابی آب عمیق و زمین غیر قابل نفوذ	۰
سطح ایستابی آب عمیق و زمین نفوذپذیر	۱
سطح ایستابی آب در نزدیکی سطح زمین است	۲
سطح ایستابی آب بالاتر از سطح زمین و زمین غیر قابل نفوذ است	۴
سطح ایستابی آب بالاتر از سطح زمین و زمین نفوذپذیر است	۶

۲-۲-۳-۲-۵- فاکتور مؤثر ۵: پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری

برای تعیین امتیاز این فاکتور، ابتدا باید مشخص شود که پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری کجا تخلیه می‌شود. سپس، باید عناصر مضر موجود در این پساب‌ها را شناسایی و با مقادیر استاندارد ارائه شده در جدول ۲-۱۴ مقایسه کرد. اگر حتی مقدار یکی از عناصر، بالاتر از مقدار استاندارد داده شده در جدول ۲-۱۴ باشد، امتیاز ۹ به فاکتور پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری داده می‌شود. همچنین، اگر در مجتمع معدنی سیستم تصفیه باطله یا تصفیه آب برای ضایعات انسانی که متناسب با تعداد کارکنان باشد، وجود نداشته باشد، یک امتیاز دیگر نیز به امتیاز فاکتور پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری اضافه می‌شود. برای تعیین محل تخلیه پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری، می‌توان از گزینه‌های زیر استفاده کرد [۱۸].

- تخلیه در آب‌های سطحی
- تخلیه در چاه جاذب
- تخلیه در منابع آب با اهداف کشاورزی و آبیاری

جدول ۲-۱۴- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری [۱۸]

آلاینده	واحد	غلظت استاندارد برای تخلیه در آب‌های سطحی	غلظت استاندارد برای تخلیه در چاه جاذب	غلظت استاندارد برای تخلیه در منابع آب با اهداف کشاورزی و آبیاری
فسفر	میلی گرم بر لیتر	۶	۶	-
NO3	میلی گرم بر لیتر	۵۰	۱۰	-
CN	میلی گرم بر لیتر	۰/۵	۰/۱	۰/۱
Cd	میلی گرم بر لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
Cr + 6	میلی گرم بر لیتر	۰/۵	۱	۱
Hg	میلی گرم بر لیتر	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
Co	میلی گرم بر لیتر	۱	۱	۰/۰۵
Mo	میلی گرم بر لیتر	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Ni	میلی گرم بر لیتر	۲	۲	۲
Pb	میلی گرم بر لیتر	۱	۱	۱
Se	میلی گرم بر لیتر	۱	۰/۱	۰/۱
Ag	میلی گرم بر لیتر	۱	۰/۱	۰/۱
V	میلی گرم بر لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۱
As	میلی گرم بر لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۱
چربی روغن	میلی گرم بر لیتر	۱۰	۱۰	۱۰
COD ^۱	میلی گرم بر لیتر	۶۰	۶۰	۲۰۰
BOD ^۲ 5	میلی گرم بر لیتر	۳۰	۳۰	۱۰۰
pH	-	۶/۵ - ۸/۵	۵ - ۹	۶ - ۸/۵
رنگ	TCU ^۳	۷۵	۷۵	۷۵
کدورت	NTU ^۴	۵۰	-	۵۰
تعداد تخم انگل (نماتد)	تعداد در لیتر	۱	۱	۱
تعداد باکتری	تعداد در لیتر	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰

- COD (اکسیژن خواهی شیمیایی) و BOD (اکسیژن خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه) از مهم‌ترین شاخص‌های سنجش آلودگی فاضلاب هستند.

¹ Chemical Oxygen Demand

² Biochemical Oxygen Demand

³ True Colour Unit

⁴ Nephelometric Turbidity Unit

۲-۲-۳-۲-۶- فاکتور مؤثر ۶: افزایش در ترافیک منطقه

با استفاده از جدول ۲-۱۵ ارزیاب می‌تواند تأثیر معدن‌کاری بر وضعیت ترافیک در منطقه را مشخص و امتیاز فاکتور افزایش در ترافیک منطقه را تعیین کند.

جدول ۲-۱۵- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور افزایش در ترافیک منطقه [۱۸]

سناریوها	امتیاز
ترافیک را بیشتر از ۳ برابر افزایش می‌دهد.	۱۰
ترافیک بین ۲ تا ۳ برابر افزایش می‌یابد.	۷
ترافیک بین ۱ تا ۲ برابر افزایش می‌یابد.	۴
بدون تأثیر	۱

۲-۲-۳-۲-۷- فاکتور مؤثر ۷: انتشار گرد و غبار

برای تعیین امتیاز فاکتور انتشار گرد و غبار، ارزیاب ابتدا باید با توجه به بخش‌های الف و ب و با استفاده از جدول ۲-۱۶ امتیاز فاکتور را برای هر یک از این بخش‌ها تعیین کند. سپس، میانگین دو مقدار بدست آمده به عنوان امتیاز فاکتور انتشار گرد و غبار در معدن مورد نظر خواهد بود. بخش‌های الف و ب به شرح زیر می‌باشند [۱۸].

الف- انتشار گرد و غبار در هر بخش از معدن:

۱. ماشین‌آلات حفاری
۲. انفجار
۳. بارگیری
۴. حرکت کامیون‌ها در جاده (از معدن تا کارخانه یا محل دپو)
۵. گرد و غبار تولید شده از دپوهای باطله و کانسنگ در اثر وزش باد

ب- انتشار گرد و غبار در محدوده کارخانه

۱. حرکت کامیون‌ها در جاده (از معدن تا کارخانه یا محل دپو)
۲. گرد و غبار تولید شده هنگام انباشت و برداشت مواد از سایت اختلاط
۳. گرد و غبار تولید شده از دپوهای باطله و کانسنگ در اثر وزش باد
۴. گرد و غبار تولیدی از کارخانه ذوب و تصفیه
۵. گرد و غبار تولیدی هنگام بارگیری کنسانتره

سناریوهای انتشار گرد و غبار

- الف. حداقل مقدار گرد و غبار وجود دارد یا هیچ گرد و قابل مشاهده‌ای وجود ندارد. مقدار گرد و غبار کمتر از ۳/۵ میلی‌گرم در هر مترمکعب هوا است. (اندازه = ۰)
- ب. گرد و غبار قابل مشاهده است. مقدار گرد و غبار در محدوده ۳/۵ تا ۲۳/۵ میلی‌گرم در هر متر مکعب هوا است. (اندازه = ۳)
- پ. گرد و غبار کاملاً قابل مشاهده است اما باعث ایجاد مشکل جدی برای کارگران و کارکنان نمی‌شود و ادوات و وسایل به اندازه کافی قابل مشاهده هستند. مقدار گرد و غبار در محدوده ۲۳/۵ تا ۴۵ میلی‌گرم در هر متر مکعب هوا است. (اندازه = ۵)
- ت. گرد و غبار قابل توجهی در هوا وجود دارد و برای کارگران و کارکنان مضر است. ادوات و وسایل به سختی قابل مشاهده هستند. تمرکز گرد و غبار در هوا در محدوده ۴۵ تا ۵۷/۵ میلی‌گرم در هر مترمکعب هوا است. (اندازه = ۷)
- ج. مقدار گرد و غبار در هوا بسیار زیاد است و ماشین‌آلات و وسایل به سختی قابل مشاهده هستند. مقدار گرد و غبار بیشتر از ۵۷/۵ میلی‌گرم در هر متر مکعب هوا است. (اندازه = ۱۰)

۲-۲-۳-۲-۸- فاکتور مؤثر ۸: انتشار آلاینده‌های سمی در هوا

برای تعیین امتیاز این فاکتور، ابتدا باید نوع آلاینده‌های تولید شده در معدن مورد نظر را تعیین و سپس غلظت آن‌ها را با غلظت‌های استاندارد ارائه شده در جدول‌های ۲-۱۷ و ۲-۱۸ مقایسه کرد. اگر حتی مقدار یکی از آلاینده‌های تولید شده در معدن بیش‌تر از مقادیر مرجع و استاندارد ارائه شده باشد، امتیاز ۱۰ به فاکتور داده می‌شود.

جدول ۲-۱۷- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور انتشار آلاینده‌های سمی در هوا [۱۸]

آلاینده	غلظت (ppm)
CO	حداکثر غلظت به مدت ۸ ساعت ۹
	حداکثر غلظت به مدت ۱ ساعت ۳۵ (بیشتر از یک بار در سال)
CO ₂	میانگین سالیانه ۰/۰۲
	حداکثر غلظت به مدت ۲۴ ساعت ۰/۱
	حداکثر غلظت به مدت ۳ ساعت ۰/۵
هیدروکربن‌ها بجز متان	حداکثر غلظت به مدت ۳ ساعت ۰/۳۴ (۶ تا ۹ صبح)
NO ₂	میانگین سالیانه ۰/۰۵
اکسیدهای فتوشیمیایی	حداکثر غلظت به مدت ۱ ساعت ۰/۰۸ (بیشتر از یک بار در سال)

جدول ۲-۱۸- آلاینده‌های تعریف شده برای فاکتور انتشار آلاینده‌های سمی در هوا [۱۸]

ماده	حداکثر غلظت ($\frac{g}{m^3}$) ($\frac{گرم}{مترمکعب}$)
سیلیس	۰/۴
آزبست	۰/۰۱
نیکل	۱
زغال	۱۰
کروم	۰/۰۵
مس	۰/۱
منگنز	۵
مولیبدنیوم	۵
آرسنیک	۰/۲۵
آلومینیوم	۱
آنتیموان	۰/۵
آهن	۵
اورانیوم	۰/۲
بریلیوم	۰/۰۰۲
جیوه	۰/۰۵
روی	۵
سرب	۰/۱۵
قلع	۲
کادمیم	۰/۰۵
کبالت	۰/۰۵

۲-۲-۳-۲-۹- فاکتور مؤثر ۹: آلودگی صوتی

برای بدست آوردن امتیاز فاکتور آلودگی صوتی، ابتدا باید فشار سطح صدا در اثر انفجار و همچنین فشار سطح صدا در اثر فعالیت ماشین‌آلات در محیط کار را بدست آورد. سپس، میانگین این دو مقدار بدست آمده امتیاز فاکتور آلودگی صوتی خواهد بود.

برای تعیین فشار سطح صدا در اثر انفجار، باید حداکثر فشار در فاصله یک کیلومتری از منطقه آتشباری اندازه‌گیری و امتیاز آن با استفاده از جدول ۲-۱۹ تعیین شود. در غیر این صورت، ارزیابی می‌تواند با بهره‌گیری از جدول ۲-۲۰ امتیاز آن را به صورت کیفی تعیین کند. همچنین، با استفاده از جدول‌های ۲-۲۱ و ۲-۲۲ می‌توان فشار سطح صدا در محیط کار با توجه به عملکرد ماشین‌آلات را به ترتیب به صورت کمی یا کیفی ارزیابی کرد [۱۸].

جدول ۲-۱۹- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمی فاکتور آلودگی صوتی ناشی از آتشباری [۱۸]

امتیاز	سطح صدا (دسی بل) (dB)
۱	کمتر از ۱۲۱
۲	۱۲۱ - ۱۲۳/۵
۳	۱۲۳/۵ - ۱۲۶
۴	۱۲۶ - ۱۲۸/۵
۵	۱۲۸/۵ - ۱۳۱
۶	۱۳۱ - ۱۳۳/۵
۷	۱۳۳/۵ - ۱۳۶
۸	۱۳۶ - ۱۳۸/۵
۹	۱۳۸/۵ - ۱۴۱
۱۰	بیشتر از ۱۴۱

جدول ۲-۲۰- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور آلودگی صوتی ناشی از آتشباری [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۰	حدود سطح طبیعی و نرمال شنوایی انسان
۲/۵	کمی ناراحت کننده و گوش خراش
۵/۵	بسیار ناراحت کننده و گوش خراش
۷/۵	حداکثر سطحی که توسط انسان قابل تحمل است
۱۰	بسیار ناراحت کننده، گوش خراش و مضر

جدول ۲-۲۱- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمی فاکتور آلودگی صوتی ناشی فعالیت ماشین آلات [۱۸]

امتیاز	سطح صدا (دسی بل) (dB)
۰	۶۰
۱	۶۰ - ۶۵
۲	۶۵ - ۷۰
۳	۷۰ - ۷۵
۴	۷۵ - ۸۰
۵	۸۰ - ۸۵
۶	۸۵ - ۹۲/۵
۷	۹۲/۵ - ۱۰۰
۸	۱۰۰ - ۱۰۷/۵
۹	۱۰۷/۵ - ۱۱۵
۱۰	بیشتر از ۱۱۵

جدول ۲-۲۲- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور آلودگی صوتی ناشی از فعالیت ماشین‌آلات [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۰	حدود سطح طبیعی و نرمال شنوایی انسان
۲/۵	کمی ناراحت کننده و گوش‌خراش
۵/۵	بسیار ناراحت کننده و گوش‌خراش
۷/۵	حداکثر سطحی که توسط انسان قابل تحمل است
۱۰	بسیار ناراحت کننده، گوش‌خراش و مضر

۲-۲-۳-۲-۱۰- فاکتور مؤثر ۱۰: لرزش زمین

امتیاز فاکتور شدت لرزش زمین را می‌توان با توجه به فاصله ساختمان‌های اصلی و مکان‌های حساس از منطقه آتشباری بدست آورد. بدین منظور، شدت لرزش زمین در مکان‌های حساس اندازه‌گیری و امتیاز آن با استفاده از جدول‌های ۲-۲۳ تا ۲-۲۵ محاسبه می‌شود.

جدول‌های ۲-۲۳ تا ۲-۲۵ به ترتیب برای ساختمان‌هایی که در فاصله ۰ تا ۹۰ متری، ۹۰ تا ۱۵۰۰ متری و بیش از ۱۵۰۰ متر از منطقه آتشباری فاصله دارند، طراحی شده است.

جدول ۲-۲۳- لرزش زمین در ساختمان‌ها و مکان‌های حساس در فاصله بین ۰ تا ۹۰ متر از منطقه آتشباری [۱۸]

امتیاز	لرزش زمین (mm/s)
۱	کمتر از ۳۲
۲	۳۲ - ۵۲/۱۲۵
۳	۵۲/۱۲۵ - ۷۲/۲۵۰
۴	۷۲/۲۵۰ - ۹۲/۳۷۵
۵	۹۲/۳۷۵ - ۱۱۲/۵
۶	۱۱۲/۵ - ۱۳۲/۶۲۵
۷	۱۳۲/۶۲۵ - ۱۵۲/۷۵۰
۸	۱۵۲/۷۵۰ - ۱۷۲/۸۵۰
۹	۱۷۲/۸۷۵ - ۱۹۳
۱۰	بیشتر از ۱۹۳

جدول ۲-۲۴- لرزش زمین در ساختمان‌ها و مکان‌های حساس در فاصله بین ۹۰ تا ۱۵۰۰ متر از منطقه آتشیاری [۱۸]

امتیاز	لرزش زمین (mm/s)
۱	کمتر از ۳۲
۲	۳۲ - ۵۲/۱۲۵
۳	۵۲/۱۲۵ - ۷۲/۲۵۰
۴	۷۲/۲۵۰ - ۹۲/۳۷۵
۵	۹۲/۳۷۵ - ۱۱۲/۵
۶	۱۱۲/۵ - ۱۳۲/۶۲۵
۷	۱۳۲/۶۲۵ - ۱۵۲/۷۵۰
۸	۱۵۲/۷۵۰ - ۱۷۲/۸۵۰
۹	۱۷۲/۸۷۵ - ۱۹۳
۱۰	بیشتر از ۱۹۳

جدول ۲-۲۵- لرزش زمین در ساختمان‌ها و مکان‌های حساس در فاصله بیشتر از ۱۵۰۰ متر از منطقه آتشیاری [۱۸]

امتیاز	لرزش زمین (mm/s)
۱	کمتر از ۳۲
۲	۳۲ - ۵۲/۱۲۵
۳	۵۲/۱۲۵ - ۷۲/۲۵۰
۴	۷۲/۲۵۰ - ۹۲/۳۷۵
۵	۹۲/۳۷۵ - ۱۱۲/۵
۶	۱۱۲/۵ - ۱۳۲/۶۲۵
۷	۱۳۲/۶۲۵ - ۱۵۲/۷۵۰
۸	۱۵۲/۷۵۰ - ۱۷۲/۸۵۰
۹	۱۷۲/۸۷۵ - ۱۹۳
۱۰	بیشتر از ۱۹۳

۲-۲-۳-۱۱- فاکتور مؤثر ۱۱: پرتاب سنگ

برای تعیین امتیاز فاکتور پرتاب سنگ می‌توان از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۲۶ استفاده کرد. در این جدول، حالات مختلف پرتاب سنگ و همچنین در نظر گرفتن طرح و برنامه‌ای برای جمع کردن سنگ‌ها ذکر شده است.

جدول ۲-۲۶- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور پرتاب سنگ [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۱۰	پرتاب سنگ درون منطقه مسکونی و اداری بدون الگو آتشباری قابل توجه و بدون طرحی برای جمع کردن سنگها
۸	پرتاب سنگ درون منطقه مسکونی و اداری بدون الگو آتشباری قابل توجه ولی همراه با طرح و برنامه‌ای برای جمع کردن سنگها
۵	عدم پرتاب سنگ درون منطقه مسکونی و اداری و بدون الگو آتشباری قابل توجه و بدون طرحی برای جمع کردن سنگها
۳	عدم پرتاب سنگ درون منطقه مسکونی و اداری و بدون الگو آتشباری قابل توجه ولی همراه با طرح و برنامه‌ای برای جمع کردن سنگها
۱	عدم پرتاب سنگ درون منطقه مسکونی و اداری همراه با الگو آتشباری قابل توجه و طرح و برنامه‌ای برای جمع کردن سنگها

۲-۲-۳-۱۲- فاکتور مؤثر ۱۲: مواد موجود در باطله

برای تعیین امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله می‌توان از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۲۷ استفاده کرد. در این جدول، منظور از عناصر مضر فلزاتی است که بر سلامتی انسان تأثیر منفی دارند. این فلزات شامل آرسنیک، آنتیموان، اورانیوم، بریلیوم، جیوه، سرب، کادمیم، کبالت، منیزیم، کروم، نیکل و مولیبدن می‌باشند. همچنین، منظور از خاصیت اسیدی pH کمتر از ۳، خاصیت قلیایی pH بیشتر از ۹ و پتانسیل بالا برای اسیدیته، pH کمتر از ۳/۵ است [۱۸].

جدول ۲-۲۷- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور مواد موجود در باطله [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۱	آلودگی کم، مقدار فلزات مضر کمتر از یک درصد است، خاصیت اسیدی و قلیایی در مواد باطله وجود ندارد.
۴	آلودگی کم، مقدار فلزات مضر کمتر از یک درصد است، آب و هوا طبیعی نیست (بارش و درجه حرارت همیشه زیاد است).
۷	آلودگی زیاد، مقدار فلزات مضر بیشتر از یک درصد است، مقدار نمکها بسیار زیاد است.
۱۰	آلودگی بسیار زیاد، مقدار فلزات مضر در مواد باطله بسیار زیاد است، پتانسیل بالایی برای اسیدیته و شوری شدن وجود دارد.

۲-۲-۳-۲-۱۳- فاکتور مؤثر ۱۳: روش تخلیه مواد باطله

برای تعیین امتیاز فاکتور روش تخلیه مواد باطله، ابتدا باید با استفاده از جدول ۲-۲۸ محل تخلیه مواد باطله را مشخص کرد. سپس، به سؤالات ۱ تا ۴ در مورد سد باطله به طور خلاصه (آری - خیر) پاسخ داد. به ازاء هر پاسخ منفی برای سؤالات ۱ تا ۴، یک مقدار مثبت به امتیاز فاکتور روش تخلیه مواد باطله اضافه می‌شود. سؤالات طراحی شده برای فاکتور روش تخلیه مواد باطله به شرح زیر می‌باشد [۱۸]:

۱. آیا قبل از احداث و ساختن سدها و دمپ‌های باطله، مطالعات اولیه از قبیل زمین‌شناسی و ژئوهیدرولیک و بررسی‌های اجتماعی و اقتصادی در مورد آن‌ها انجام می‌شود؟ (آری - خیر)
۲. آیا عمر سدهای باطله کمتر از عمر پیش‌بینی شده در مرحله طراحی است؟ (آری - خیر)
۳. آیا در طی اداره کردن سد کنترل و نظارتی (شامل پایداری سد، حجم مواد موجود در سد، امکان واکنش بین مواد) وجود دارد؟ (آری - خیر)
۴. آیا حصارکشی و علامت‌گذاری مناسب پیرامون سدها و یا دمپ‌های باطله وجود دارد؟ (آری - خیر)

جدول ۲-۲۸- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور روش تخلیه مواد باطله [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۱	تخلیه در سد باطله با غلظت مناسب
۲	تخلیه در سد باطله بدون غلظت مناسب
۴	تخلیه اطراف سایت معدنی یا کارخانه
۶	تخلیه در آب

۲-۲-۳-۲-۱۴- فاکتور مؤثر ۱۴: میزان اشتغال‌زائی بومی

با توجه به نرخ اشتغال‌زائی بومی در واحد معدنی و همچنین استفاده از جدول ۲-۲۹ می‌توان امتیاز فاکتور میزان اشتغال‌زائی بومی را بدست آورد.

جدول ۲-۲۹- بازه تعریف شده برای امتیازدهی فاکتور میزان اشتغال‌زائی بومی [۱۸]

امتیاز	سناریوها (%)
۱۰	۰ - ۲۰
۵	۲۰ - ۴۰
۰	۴۰ - ۶۰
-۵	۶۰ - ۸۰
-۱۰	۸۰ - ۱۰۰

۲-۲-۳-۲-۱۵- فاکتور مؤثر ۱۵: کنترل جمعیت

برای تعیین امتیاز فاکتور کنترل جمعیت، ابتدا باید با استفاده از جدول‌های ۲-۳۰ و ۲-۳۱ وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی را به ترتیب قبل و بعد از فعالیت‌های معدن کاری بدست آورد. سپس، با استفاده از جدول ۲-۳۲ نوع تأثیر فعالیت‌های معدنی بر تغییر جمعیت را محاسبه کرد. در نهایت نیز، می‌توان با استفاده از رابطه ۲-۲ امتیاز نهایی فاکتور کنترل جمعیت (X) را تعیین کرد. این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود [۱۸]:

$$X = (\text{Code A} - \text{Code B}) + \text{Code C} \quad (۲-۲)$$

در رابطه ۲-۲، کدهای A، B و C به ترتیب مربوط به سناریوهای تعریف شده در جدول‌های ۲-۳۰ تا ۲-۳۲ می‌باشند.

محدوده جمعیتی واحد معدنی عبارت است از:

منطقه جغرافیایی اطراف معدن (کارخانه) که در آن حرفه ساکنانش بطور مستقیم یا غیر مستقیم وابسته به واحدهای معدن کاری است. همچنین، اکثر فعالیت‌های اقتصادی به طور مستقیم یا غیر مستقیم به واحدهای معدن کاری مرتبط است [۱۸].

جدول ۲-۳۰- وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی قبل از فعالیت‌های معدن کاری [۱۸]

کد A	سناریوها
۵	شهر بزرگ (مرکز کشور)
۴	مرکز رسمی شهرستان‌های بزرگ
۳	مرکز رسمی شهرستان‌های کوچک
۲	شهر کوچک
۱	روستا
۰	غیر مسکونی

جدول ۲-۳۱- وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی بعد از فعالیت‌های معدن کاری [۱۸]

کد B	سناریوها
۵	شهر بزرگ (مرکز کشور)
۴	مرکز رسمی شهرستان‌های بزرگ
۳	مرکز رسمی شهرستان‌های کوچک
۲	شهر کوچک
۱	روستا
۰	غیر مسکونی

سناریوها	کد C
سناریو اول: فعالیت‌های معدنی منجر به تخریب منابع طبیعی و اقتصاد محلی و همچنین ایجاد بیماری شده‌اند. بنابراین مردم محلی مجبور به مهاجرت هستند.	+ ۵
سناریو دوم: فعالیت‌های معدنی باعث مهاجرت افراد جوان از مکان‌های مختلف به واحدهای معدنی مجاور می‌شود. در نتیجه تعداد کارگران در شهرهای کوچک کاهش یافته و سبب نابودی اقتصاد محلی می‌شود. قبل از شروع فعالیت‌های معدنی، این شهرهای کوچک نزدیک واحدهای معدنی، اقتصاد محلی موفق داشته‌اند و بدلیل مهاجرت افراد جوان به سمت واحدهای معدنی، اقتصاد محلی ضعیف یا بطور کلی نابود می‌شود.	+ ۳
سناریو سوم: فعالیت‌های معدنی منتج به یک جمعیت اضافی علاوه بر جمعیت ساکن در منطقه می‌شوند. این بدان معناست که ایجاد واحدهای معدنی نزدیک شهرهایی با جمعیت زیاد، منجر به مهاجرت کارگران (به منظور پیدا کردن کار) به سمت واحدهای معدنی می‌شود اگرچه امکانات و تسهیلات کافی برای برطرف کردن احتیاجات این جمعیت مهاجر وجود ندارد. بنابراین، این فعالیت‌های معدنی باعث افزایش جمعیت شده و در نهایت منجر به ایجاد گروهی از مردم با استانداردهای پایین زندگی می‌شوند.	+ ۲
سناریو چهارم: واحدهای معدنی به علت مقیاس کوچک یا ماهیت فعالیت‌هایشان، تاثیر چندانی بر جمعیت مجاور خود ندارند.	۰
سناریو پنجم: محدوده جمعیتی واحد معدنی مکانی است که در آنجا، منطقه سکونت مهمی وجود ندارد و این واحدهای معدنی باعث افزایش جمعیت در آن منطقه شده‌اند.	- ۲
سناریو ششم: محدوده جمعیتی واحد معدنی، جمعیت کم و اقتصاد محلی ضعیف دارد. ایجاد واحدهای معدنی در این منطقه منجر به افزایش جمعیت و ساختن اقتصاد پر رونق و پویا شده است.	- ۳
سناریو هفتم: فعالیت‌های معدنی منجر به مهاجرت مردم از مناطقی با جمعیت کم و متمرکز کردن آن‌ها در محدوده جمعیتی واحد معدنی شده‌اند. قبل از ایجاد واحدهای معدنی، هریک از مناطق با جمعیت کم دارای استانداردهای پایین زندگی بودند و از اقتصاد محلی ضعیف رنج می‌بردند.	- ۵

۲-۲-۳-۲-۱۶- فاکتور مؤثر ۱۶: توسعه فرهنگی و اجتماعی

امتیاز فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی طی دو مرحله بدست می‌آید. در مرحله اول، باید مقدار Din را با استفاده از رابطه ۲-۳ و همچنین جدول‌های ۲-۳۳ و ۲-۳۴ بدست آورد. Din رابطه‌ای است که برای بررسی وضعیت مؤسسات مختلف و در راستای تعیین امتیاز نهایی فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی تعریف شده است. بدین منظور، ابتدا برای هر یک از مؤسسات ذکر شده در جدول ۲-۳۳، یکی از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۳۴ انتخاب می‌شود. سپس، با توجه به امتیازهای اختصاص داده شده به مؤسسات مختلف و همچنین بهره‌گیری از رابطه ۲-۳ مقدار Din بدست می‌آید [۱۸].

$$Din = \frac{(2A1 + 2A2 + A3 + A4 + A5 + A6)}{8} \quad (۲-۳)$$

در رابطه ۲-۳، A1، A2، A3، A4، A5 و A6 معرف مؤسسات ذکر شده در جدول ۲-۳۳ می‌باشند.

جدول ۲-۳۳- مؤسسات تعیین شده برای بدست آوردن مقدار Din در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

کد	نوع مؤسسه
A1	آموزشی (تعلیم و تربیت)
A2	بهداشتی و ایمنی
A3	فرهنگی و هنری
A4	ورزشی
A5	سرگرمی و تفریحی
A6	اقتصادی

جدول ۲-۳۴- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

<p>سناریو اول: منطقه تا به حال دارای مؤسسات کافی بوده است اما پس از استقرار واحد معدن، به دلیل استخراج تعداد مؤسسات کاهش یافته یا فعالیت آنها محدود شده است. (امتیاز = +۵)</p>
<p>سناریو دوم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج تعداد مؤسسات کافی بود اما به دلیل افزایش جمعیت، منطقه به تأسیس مؤسسات بیشتری نیاز دارد، به رغم افزایش نیاز، مؤسسات جدید ایجاد نشده‌اند. (امتیاز = +۴)</p>
<p>سناریو سوم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج تعداد مؤسسات کافی بود اما به دلیل افزایش جمعیت بعد از شروع فعالیت معدن، منطقه نیاز به تأسیس مؤسسات بیشتری دارد، بنابراین تعدادی مؤسسه جدید تأسیس شد اما آنها نیاز منطقه را برآورده نمی‌کنند. (امتیاز = +۳)</p>
<p>سناریو چهارم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج تعداد مؤسسات کمتر از نیاز مردم بود، پس از استقرار واحد معدن به دلیل واحد استخراج تعداد مؤسسات کاهش یافته یا فعالیت آنها محدود شده است. (امتیاز = +۲)</p>
<p>سناریو پنجم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج تعداد مؤسسات کمتر از نیاز مردم بودند. بدلیل افزایش جمعیت بعد از شروع فعالیت معدن، منطقه نیاز داشت تا مؤسسات بیشتری تأسیس شوند، بنابراین برخی از مؤسسات جدید تأسیس شد اما آنها نیاز منطقه را برآورده نمی‌کنند. (امتیاز = +۱)</p>
<p>سناریو ششم: واحدهای معدنی بدلیل مقیاس کوچک یا ماهیت فعالیت‌هایشان، هیچ تاثیر خاصی بر روی تعداد مؤسسات یا احتیاجات مردم ندارند. (امتیاز = ۰)</p>
<p>سناریو هفتم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج منطقه مسکونی نشده بود، پس از استقرار واحد استخراج برخی از مؤسسات جدید تأسیس شد اما آنها نیاز منطقه را برآورده نمی‌کنند. (امتیاز = -۱)</p>
<p>سناریو هشتم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج جمعیت منطقه کم بود، پس از استقرار واحد استخراج برخی از مؤسسات جدید تأسیس شد اما آنها نیاز منطقه را برآورده نمی‌کنند. (امتیاز = -۲)</p>
<p>سناریو نهم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج تعداد مؤسسات کمتر از نیاز مردم بود، اما پس از استقرار واحد استخراج مؤسسات جدید تأسیس شد که متناسب با نیاز منطقه است. (امتیاز = -۳)</p>
<p>سناریو دهم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج منطقه مسکونی نشده بود، پس از استقرار واحد استخراج مؤسسات جدید تأسیس شد که متناسب با نیاز منطقه است. (امتیاز = -۴)</p>
<p>سناریو یازدهم: قبل از شروع بهره‌برداری از واحد استخراج جمعیت منطقه کم بود، پس از استقرار واحد استخراج مؤسسات جدید تأسیس شد که متناسب با نیاز منطقه است. (امتیاز = -۵)</p>

در مرحله دوم تعیین امتیاز فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی، وضعیت امکانات و تسهیلات شهری قبل و بعد از آغاز عملیات معدن کاری در محدوده جمعیتی واحد معدنی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مرحله، با استفاده از جدول‌های تعریف شده وضعیت امکانات شهری از قبیل امکانات آب، امکانات گرمایشی، دسترسی به برق و ... قبل و بعد از شروع عملیات معدن کاری بررسی و امتیاز آن‌ها تعیین می‌شود. امتیاز امکانات شهری در قبل و بعد از شروع فعالیت‌های معدنی به ترتیب با B_t و C_t نشان داده می‌شود که با استفاده از روابط ۲-۴ و ۲-۵ و همچنین جدول‌های تعریف شده بدست می‌آیند. در همین راستا، جدول ۲-۳۵ برای بررسی وضعیت امکانات آب، جدول ۲-۳۶ برای بررسی وضعیت امکانات گرمایشی، جدول ۲-۳۷ برای بررسی وضعیت در دسترس بودن برق، جدول ۲-۳۸ برای بررسی وضعیت جاده‌های دسترسی، جدول ۲-۳۹ برای بررسی وضعیت دریافت کانال‌های تلویزیونی و جدول ۲-۴۰ برای بررسی وضعیت ارتباطات تلفنی طراحی شده است [۱۸].

$$B_t = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 \quad (۴-۲)$$

در رابطه ۲-۴، B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 و B_6 به ترتیب بیانگر امتیاز امکانات آب، امکانات گرمایشی، در دسترس بودن برق، جاده‌های دسترسی، دریافت کانال‌های تلویزیونی و ارتباطات تلفنی در قبل از شروع عملیات معدن کاری می‌باشد.

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 \quad (۵-۲)$$

در رابطه ۲-۵، C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 و C_6 به ترتیب بیانگر امتیاز امکانات آب، امکانات گرمایشی، در دسترس بودن برق، جاده‌های دسترسی، دریافت کانال‌های تلویزیونی و ارتباطات تلفنی در بعد از شروع عملیات معدن کاری می‌باشد.

جدول ۲-۳۵- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت امکانات آب در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

امتیاز	امکانات آب
۰	بدون امکانات
۵	چشمه و قنات
۱۰	مرکز پالایش محلی
۱۵	آب بهداشتی

جدول ۲-۳۶- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت امکانات گرمایشی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

امتیاز	امکانات گرمایشی
۰	بدون امکانات
۳	با استفاده از چوب
۷	با استفاده از بنزین و نفت
۱۰	با استفاده از گاز

جدول ۲-۳۷- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت امکانات برق در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

امتیاز	دسترسی به برق
۰	در دسترس نیست
۳	دسترسی سیستم برق محلی
۷	دسترسی سیستم برق کشور

جدول ۲-۳۸- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت جاده‌های دسترسی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

امتیاز	جاده‌های دسترسی
۱	جاده خاکی
۲	جاده خدماتی
۴	جاده آسفالته

جدول ۲-۳۹- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت دریافت کانال‌های تلویزیونی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی

[۱۸]

امتیاز	دسترسی به کانال‌های تلویزیونی زمینی
۰	ممکن نیست
۷	برخی از کانال‌ها
۱۰	همه کانال‌های کشوری

جدول ۲-۴۰- سناریوهای تعریف شده برای بررسی وضعیت ارتباطات تلفنی در فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی [۱۸]

امتیاز	ارتباطات تلفن
۰	بدون ارتباط
۵	تابلوی برق (کلید) مرکزی
۸	تلفن خانگی

پس از تعیین امتیاز امکانات شهری در قبل و بعد از شروع عملیات معدن کاری، باید به سؤالات ۱ تا ۶ به طور خلاصه (آری - خیر) پاسخ داده شود. با در اختیار داشتن پاسخ این سؤالات می توان امتیاز نهایی Bt و Ct را به طریق زیر تعیین کرد [۱۸].

اگر پاسخ سؤال ۱ مثبت (آری) بود، ۲+ را به امتیاز Bt اضافه می کنیم. اگر پاسخ سؤال ۳ مثبت (آری) بود، ۳+ را به امتیاز Bt اضافه می کنیم. همچنین، اگر پاسخ سؤال ۵ مثبت (آری) بود، ۳+ را به Bt اضافه می کنیم. بعد از انجام این فرآیند مقدار نهایی Bt محاسبه می شود [۱۸].

اگر پاسخ سؤال ۲ مثبت (آری) بود، ۲+ را به امتیاز Ct اضافه می کنیم. اگر پاسخ سؤال ۴ مثبت (آری) بود، ۳+ را به امتیاز Ct اضافه می کنیم. همچنین، اگر پاسخ سؤال ۶ مثبت (آری) بود، ۳+ را به Ct اضافه می کنیم. بعد از انجام این فرآیند مقدار نهایی Ct بدست می آید [۱۸].

۱. آیا دسترسی به تلفن همراه در محدوده جمعیتی واحد معدنی قبل از آغاز عملیات معدن کاری وجود داشته است؟ (آری - خیر)

۲. آیا دسترسی به تلفن همراه در محدوده جمعیتی واحد معدنی بعد از آغاز عملیات معدن کاری وجود داشته است؟ (آری - خیر)

۳. آیا ایستگاه قطار در محدوده جمعیتی واحد معدنی قبل از آغاز عملیات معدن کاری وجود داشته است؟ (آری - خیر)

۴. آیا ایستگاه قطار در محدوده جمعیتی واحد معدنی بعد از آغاز عملیات معدن کاری وجود داشته است؟ (آری - خیر)

۵. آیا فرودگاه در محدوده جمعیتی واحد معدنی قبل از آغاز عملیات معدن کاری وجود داشته است؟ (آری - خیر)

۶. آیا فرودگاه در محدوده جمعیتی واحد معدنی بعد از آغاز عملیات معدن کاری وجود داشته است؟ (آری - خیر)

حال با توجه به مقادیر نهایی Bt و Ct و استفاده از رابطه ۲-۶ می توان مقدار Dci را بدست آورد. Dci رابطه ای است که در راستای بدست آوردن امتیاز نهایی فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی و برای بررسی وضعیت امکانات شهری در قبل و بعد از عملیات معدن کاری تعریف شده است. این رابطه به صورت زیر بیان می شود [۱۸]:

$$D_{ci} = \frac{(B_t - C_t)}{14} \quad (6-2)$$

در نهایت، با استفاده از مقادیر بدست آمده برای D_{ci} و D_{in} و همچنین رابطه‌ی ۲-۷ می‌توان مقدار نهایی فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی را بدست آورد [۱۸].

$$X = D_{in} + D_{ci} \quad (7-2)$$

۲-۲-۳-۲-۱۷: فاکتور مؤثر ۱۷: ناپایداری فضاهای ایجاد شده

برای تعیین امتیاز فاکتور ناپایداری فضاهای ایجاد شده می‌توان از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۴۱ استفاده کرد. در این جدول حالات مختلف پایداری سینه‌کار و دیوارها درج شده است.

جدول ۲-۴۱- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور ناپایداری فضاهای ایجاد شده [۱۸]

سناریوها	امتیاز
A: ساختار ناپایدار است و بعد از انفجاری بزرگ تخریب اتفاق می‌افتد. از جنبه پایداری، طراحی‌ها نیاز به ۱۰ - ۶ تغییرات جدی دارند.	۶ - ۱۰
B: ساختار تا حدودی بی ثبات و ناپایدار است و خرابی‌ها اغلب وابسته به زمان اتفاق می‌افتد. از جنبه پایداری، طراحی‌ها نیاز به تغییرات جدی دارند.	۳ - ۶
C: ساختار تا حدودی ناپایدار است. بعد از هر انفجار نیاز به ممانعت کردن دارد. دیوارها نیاز به نگهداری و ۳ - ۱ یا کاهش شیب دارند. خرابی‌ها محلی و با مقیاس محدود هستند.	۱ - ۳
D: ساختار پایدار است.	۰

۲-۲-۳-۲-۱۸: فاکتور مؤثر ۱۸: نشست

فاکتور نشست برای پروژه‌های معادن روباز مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد [۱۸].

۲-۲-۳-۲-۱۹: فاکتور مؤثر ۱۹: ملاحظات زیست‌محیطی

برای تعیین امتیاز فاکتور ملاحظات زیست‌محیطی، ابتدا باید به سؤالات ۱ تا ۱۰ به طور خلاصه (آری - خیر) پاسخ داده شود. سپس، با استفاده از رابطه ۲-۸ می‌توان مقدار نهایی فاکتور را بدست آورد [۱۸].

۱. آیا پوشش گیاهی در حداقل ۱۰٪ از مساحت کل منطقه معدن وجود دارد؟

۲. آیا واحد R & D (تحقیق و توسعه) در واحد معدنی وجود دارد؟

۳. آیا واحد معدنی تصمیم به اجرای مجموعه استانداردهای زیست‌محیطی ISO دارد؟

۴. آیا طرح و برنامه‌ی خاصی برای بازسازی واحد استخراج پس از اتمام آن وجود دارد؟
۵. آیا مقررات بهداشتی و ایمنی در واحد معدنی وجود دارد؟
۶. آیا طرح خاصی برای احیا و بازسازی معدن پس از بسته شدن آن وجود دارد؟
۷. آیا مقررات زیست‌محیطی در واحد معدنی وجود دارد؟
۸. آیا ادوات یا وسیله‌ای برای جمع‌آوری گرد و غبار وجود دارد؟
۹. آیا فاضلاب (پساب) تصفیه شده و بازگردانده می‌شود؟
۱۰. آیا فاضلاب‌های (پساب) صنعتی و انسانی تصفیه می‌شود؟

(۸-۲) (تعداد پاسخ‌های مثبت (بله) در سؤالات بالا) - (تعداد پاسخ‌های منفی (نه) در سؤالات بالا) = X

۲-۲-۳-۲-۲۰- فاکتور مؤثر ۲۰: روشنایی

به منظور بدست آوردن امتیاز فاکتور روشنایی، باید مقدار این فاکتور را در کارخانه فرآوری و همچنین محیط کار معدن سطحی بدست آورد. میانگین دو مقدار بدست آمده امتیاز نهایی فاکتور روشنایی خواهد بود.

در این بخش، ارزیابی کمی یا کیفی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه، جدول‌های ۲-۲-۴۲ و ۲-۲-۴۳ به ترتیب برای ارزیابی کمی و کیفی فاکتور روشنایی در کارخانه فرآوری و جدول‌های ۲-۲-۴۴ و ۲-۲-۴۵ به ترتیب برای ارزیابی کمی و کیفی فاکتور روشنایی در محیط کار معدن سطحی طراحی شده‌اند [۱۸].

جدول ۲-۲-۴۲- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمی فاکتور روشنایی در محیط کار کارخانه فرآوری [۱۸]

امتیاز	نور (لوکس)
۱۰	کمتر از ۳۰۰
۸	۳۰۰ - ۴۰۰
۶	۴۰۰ - ۵۰۰
۴	۵۰۰ - ۸۰۰
۲	۸۰۰ - ۱۱۰۰
۰	بیشتر از ۱۱۰۰

جدول ۲-۴۳- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور روشنایی در محیط کار کارخانه فرآوری [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۱۰	A: روشنایی وجود ندارد یا کافی نیست و کارگر باید از تعدادی منبع نور اضافی (لامپ ایمنی) برای راه رفتن استفاده کند.
۷/۵	B: روشنایی فقط برای راه رفتن کافی است و برای کار کردن منبع نور اضافی (لامپ ایمنی) مورد نیاز است.
۵	C: روشنایی فقط برای کار کافی است و سطح ماشین‌آلات به اندازه کافی واضح و روشن نیست.
۲/۵	D: برای دیدن سطح ماشین‌آلات بطور واضح، نور کافی است.
۰	E: نور به اندازه کافی برای دیدن سطح ماشین‌آلات بطور واضح و همچنین انجام دقیق کارهایی مانند ثابت کردن، وجود دارد.

جدول ۲-۴۴- بازه تعریف شده برای امتیازدهی کمی فاکتور روشنایی در محیط کار معدن روباز [۱۸]

امتیاز	نور (لوکس)
۱۰	کمتر از ۳۰۰
۸	۳۰۰ - ۴۰۰
۶	۴۰۰ - ۵۰۰
۴	۵۰۰ - ۸۰۰
۲	۸۰۰ - ۱۱۰۰
۰	بیشتر از ۱۱۰۰

جدول ۲-۴۵- سناریوهای تعریف شده برای امتیازدهی کیفی فاکتور روشنایی در محیط کار معدن روباز [۱۸]

امتیاز	سناریوها
۱۰	A: روشنایی وجود ندارد یا کافی نیست و کارگر باید از تعدادی منبع نور اضافی (لامپ ایمنی) برای راه رفتن استفاده کند.
۷/۵	B: روشنایی فقط برای راه رفتن کافی است و برای کار کردن منبع نور اضافی (لامپ ایمنی) مورد نیاز است.
۵	C: روشنایی فقط برای کار کافی است و سطح ماشین‌آلات به اندازه کافی واضح و روشن نیست.
۲/۵	D: برای دیدن سطح ماشین‌آلات بطور واضح، نور کافی است.
۰	E: نور به اندازه کافی برای دیدن سطح ماشین‌آلات بطور واضح و همچنین انجام دقیق کارهایی مانند ثابت کردن، وجود دارد.

۲-۳-۳- معرفی الگوریتم و نحوه ارزیابی آثار زیست محیطی

در این روش، پس از تعیین مقادیر فاکتورهای مؤثر باید میزان تأثیر این فاکتورها را بر مؤلفه‌های زیست محیطی بدست آورد. تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست محیطی توسط چهار عبارت صفر^۱، حداقل^۲، متوسط^۳ و حداکثر^۴ ارزیابی می‌شود. به عنوان مثال، جدول‌های ۲-۴۶ و ۲-۴۷ تأثیر فاکتورهای مؤثر را بر مؤلفه‌های زیست محیطی به ترتیب برای یک معدن سطحی و کارخانه فرآوری ایده‌آل فرضی نشان می‌دهند.

هر یک از فاکتورهای مؤثر وضعیت هر یک از مؤلفه‌های زیست محیطی را با توجه به ضرایب تغییر می‌دهد. با فرض اینکه، مجموع این ضرایب برابر ۱۰ و تأثیر مقدار حداکثر دو برابر مقدار متوسط و تأثیر متوسط دو برابر حداقل باشد، این ضرایب منجر به ایجاد ماتریس M (جدول‌های ۲-۴۶ و ۲-۴۷) می‌شوند. در ماتریس M، مجموع اعداد هر ستون برابر ۱۰ است. به عنوان مثال، در جدول ۲-۴۶ مجموع ضرایب در ستون دوم با عنوان سلامتی و ایمنی انسان برابر ۱۰ است و ضرایب مربوط به عبارات حداکثر، متوسط و حداقل به ترتیب برابر با ۰/۸، ۰/۴ و ۰/۲ است. بدین ترتیب، تأثیر فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های زیست محیطی را می‌توان به صورت زیر نوشت [۱۸].

$$[C^P] = [F^P] * [M^P] \quad (۹-۲)$$

$$[C^S] = [F^S] * [M^S] \quad (۱۰-۲)$$

در معادلات فوق، S و P به ترتیب نشان دهنده معادن سطحی و کارخانه هستند. C یک ماتریس ۱۳×۱ است که عناصر آن نشان دهنده مؤلفه‌های زیست محیطی است. همچنین، F یک ماتریس ۲۰×۱ که عناصر نشان دهنده مقادیر فاکتورهای مؤثر هستند. در نهایت، مؤلفه‌های ماتریس C در یک ستون نموداری قرار گرفته‌اند که مقدار تأثیر بر هر مؤلفه زیست محیطی را به طور جداگانه تشریح می‌کند [۱۸].

به منظور بدست آوردن ماتریس M برای هر دو بخش معدن و کارخانه، از ماتریس ارائه شده توسط فولچی و همچنین نظرات کارشناسان محیط زیست و معادن استفاده شده است. عباراتی مانند حداکثر، متوسط، حداقل و صفر بیانیه‌های ذهنی هستند و باید از یک روش برای تبدیل این عبارات به عدد استفاده شود. در این تحقیق، روش ذکر شده، برای تبدیل ارزیابی ذهنی کارشناسان به عدد

¹ Nil

² Minimum

³ Medium

⁴ Maximium

استفاده شده است. در این روش، باید مجموع اعداد هر ستون برابر ۱۰ باشد، تا پس از روند ضرب مقدار فاکتورهای مؤثر که در محدوده ۰-۱۰ و ۱۰- تا ۱۰ هستند، حداکثر تأثیر کلی برای هر مؤلفه زیست‌محیطی ۱۰۰ شود و تأثیر کلی بر هر مؤلفه زیست‌محیطی به عنوان کسری از ۱۰۰، یعنی بصورتی که رایج است (درصد) نشان داده شود.

۲-۲-۳-۴- تجزیه و تحلیل نتایج الگوریتم برای مطالعه موردی فرضی

در این بخش، استفاده از الگوریتم برای یک مطالعه موردی ایده‌آل فرضی نشان داده شده است. برای این مطالعه موردی فرضی، مقادیر فاکتورهای مؤثر با فرض اینکه شرایط زیست‌محیطی معدن و کارخانه فرآوری مطابق استانداردها است، محاسبه شده‌اند. مقادیر فاکتورهای مؤثر برای این مورد فرضی در جدول ۲-۴۸ نشان داده شده است. با استفاده از این مقادیر، مقدار استاندارد تأثیر فاکتورهای مؤثر بر هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی محاسبه شده و در نتیجه دو نمودار استاندارد برای مؤلفه‌های زیست‌محیطی در معدن سطحی و کارخانه فرآوری بدست آمده است (شکل ۲-۳ و ۲-۴). این نمودارها تأثیر فاکتورهای مؤثر را بر هر مؤلفه زیست‌محیطی نشان می‌دهند.

نتایج ارزیابی هر معدن و کارخانه واقعی را می‌توان با این نوع از نمودارها به منظور نشان دادن تفاوت بین یک مطالعه موردی فرضی با شرایط ایده‌آل و وضعیت واقعی در معدن و کارخانه که تحت فرآیند ارزشیابی می‌باشند، مقایسه کرد. از آنجا که نمودارها آثار معدن بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی را به تصویر می‌کشند، ارزیابی زیست‌محیطی واحد معدنی امکان‌پذیر می‌شود. همچنین، در مواجهه با چندین پارامتر و استانداردهای موجود که برای مقاردهی و محاسبات در نظر گرفته شده، مقدار انحراف واحد معدنی از حد مجاز و اثر آن بر محیط‌زیست را می‌توان به دست آورد [۱۸].

جدول ۲-۴۶- مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست محیطی در معادن سطحی [۱۸]

مؤلفه های زیست محیطی	سلامت و ایمنی انسان	مسائل اجتماعی	آبهای سطحی	آبهای زیرزمینی	کیفیت هوا	کاربری منطقه	اکولوژی	تأسیسات سطحی	تأسیسات زیرزمینی	چشم انداز منطقه	آرامش صوتی	مسائل اقتصادی	خاک منطقه	فاکتورهای مؤثر
تغییر در کاربری منطقه	Max	Min	Med	Med	Nil	Max	Min	Nil	Nil	Max	Min	Max	Max	۰/۴
	۱/۹۰	۰/۷۶	۰/۳	۰/۷۴	۰/۸۶	۱/۷۳	۰/۴۱	۰	۰	۱/۵۳	۰/۷۶	۰/۹۵	۱/۹۰	۰/۴
وضعیت رویت محدوده معدن کاری	Nil	Min	Nil	Nil	Nil	Med	Nil	Nil	Nil	Max	Min	Min	Nil	۰
	۰	۰/۳	۰	۰	۰	۰/۸۶	۰	۰	۰	۱/۵۳	۰/۷۶	۰/۲۳	۰	۰
تداخل با آبهای سطحی	Max	Nil	Max	Max	Min	Med	Max	Min	Max	Max	Nil	Min	Max	۰/۸
	۱/۹۰	۰	۱/۵۳	۱/۴۸	۰/۴۷	۰/۸۶	۱/۶۶	۱/۱۱	۱/۷۳	۱/۴۸	۰	۰/۲۳	۱/۹۰	۰/۸
تداخل با آبهای زیرزمینی	Min	Nil	Nil	Max	Min	Min	Max	Nil	Max	Max	Nil	Min	Min	۰/۲
	۰/۴۷	۰	۰	۱/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۳	۱/۶۶	۲/۵۰	۱/۷۳	۱/۴۸	۰	۰/۲۳	۰/۴۷	۰/۲
پسابهای خروجی کارخانه	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	۰
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
افزایش در ترافیک منطقه	Nil	Max	Max	Nil	Nil	Min	Nil	Min	Min	Min	Max	Min	Max	۰/۸
	۰	۱/۲۱	۰	۰	۰	۰/۴۱	۰	۰	۰/۴۷	۰	۰	۱/۵۳	۰/۲۳	۰/۸
انتشار گرد و غبار	Med	Nil	Max	Med	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Nil	Min	Max	۰/۸
	۰/۹۵	۰	۰/۷۴	۰/۷۶	۱/۹۰	۰/۴۳	۰/۴۱	۰	۰/۴۳	۰/۲۳	۰	۰/۲۳	۰/۹۵	۰/۸
انتشار آلاینده های سمی در هوا	Nil	Min	Med	Med	Min	Min	Min	Max	Max	Max	Min	Min	Med	۰/۴
	۰	۰/۳	۰/۷۴	۰/۷۴	۱/۹۰	۰/۴۳	۰/۴۱	۰	۰/۴۳	۰/۲۳	۰	۰/۹۵	۰	۰/۴
آلودگی صوتی	Nil	Max	Max	Max	Nil	Med	Med	Med	Nil	Nil	Max	Max	Med	۰/۴
	۰	۰/۲۳	۱/۲۱	۳/۰۷	۰	۰/۸۳	۰	۰	۰	۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰	۰/۴
لرزش زمین	Nil	Med	Max	Max	Max	Med	Max	Max	Med	Med	Med	Med	Max	۰/۸
	۰	۰/۴۷	۰	۰	۰	۰/۸۶	۱/۶۶	۴/۴۴	۰	۰	۰/۶	۰/۶	۰	۰/۸
پرتاب سنگ	Nil	Min	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Max	۰/۸
	۰	۰/۲۳	۰	۰	۰	۰/۴۱	۰	۰	۰	۰	۰/۶	۰/۶	۰	۰/۸
مواد موجود در باطله	Max	Max	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۸
	۱/۹۰	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۹۵	۱/۷۳	۱/۴۸	۰/۶	۰/۶	۰/۸	۰/۸
روش تخلیه مواد باطله	Max	Max	Max	Max	Max	Med	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۸
	۱/۹۰	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰/۸۳	۱/۷۳	۱/۹۰	۰/۸۶	۱/۴۸	۰/۶	۰/۶	۰/۸	۰/۸
میزان اشتغال زائی بومی	Nil	Max	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Max	Max	Max	Max	Max	۰
	۰	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲۱	۱/۲۱	۰	۰
کنترل جمعیت	Nil	Max	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۲
	۰	۰/۹۵	۰/۷۶	۰	۰	۰/۸۶	۰	۰	۰	۰	۱/۲۱	۱/۲۱	۰/۲	۰/۲
توسعه فرهنگی و اجتماعی	Nil	Med	Max	Max	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۴
	۰	۰/۴۷	۰	۰	۰	۰/۴۳	۰	۰	۰	۰	۱/۲۱	۱/۲۱	۰/۴	۰/۴
ناپایداری فضاهای ایجاد شده	Nil	Max	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۸
	۰	۰/۹۵	۰	۰/۷۶	۲/۵۰	۲/۲۲	۰	۰	۰/۸۶	۰/۳۷	۰	۰	۰/۸	۰/۸
نشست	Nil	Max	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Max	Max	Max	Max	Max	۰
	۰	۰/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تمهیدات زیست محیطی	Med	Max	Max	Max	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۸
	۰/۹۵	۰/۹۵	۳/۰۷	۱/۵۳	۰	۰	۰/۴۱	۰/۴۳	۱/۹۰	۱/۷۳	۱/۴۸	۰/۶	۰/۸	۰/۸
روشنایی	Nil	Max	Max	Max	Max	Med	Med	Med	Max	Max	Max	Max	Max	۰/۸
	۰	۰/۴۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸

جدول ۲-۴۸- مقادیر فاکتورهای مؤثر در معدن سطحی و کارخانه فرآوری فرضی [۱۸]

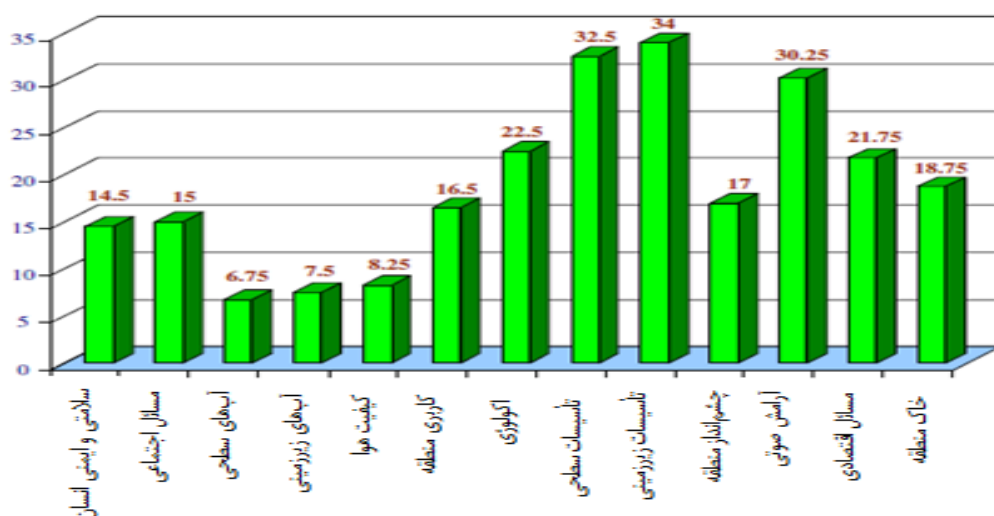
فاکتورهای مؤثر	معادن سطحی	کارخانه فرآوری
تغییر در کاربری منطقه	۱	۱
وضعیت رویت محدوده معدن کاری	۲	۲
تداخل با آب‌های سطحی	۰	۰
تداخل با آب‌های زیرزمینی	۰	۰
پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری	۰	۰
افزایش در ترافیک منطقه	۱	۱
انتشار گرد و غبار	۰	۰
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	۰	۰
آلودگی صوتی	۵	۵
لرزش زمین	۵	۰
پرتاب سنگ	۱	۰
مواد موجود در باطله	۱	۱
روش تخلیه مواد باطله	۱	۱
میزان اشتغال زائی بومی	۰	۰
کنترل جمعیت	۰	۰
توسعه فرهنگی و اجتماعی	۰	۰
ناپایداری فضاهاى ایجاد شده	۰	۰
نشست	۰	۰
تمهیدات زیست‌محیطی	۰	۰
روشنایی	۵	۵

در این الگوریتم، تمامی فاکتورها و داده‌های مورد نیاز به شیوه‌ای منظم و با استفاده از سناریوهای طراحی شده جمع‌آوری می‌شوند. با توجه به استانداردها و جدول‌های مقداردهی برای هر سناریو، گراف ارزیابی زیست‌محیطی واحد معدنی به تصویر کشیده شده و با نمودار استاندارد مربوطه مقایسه می‌شود.

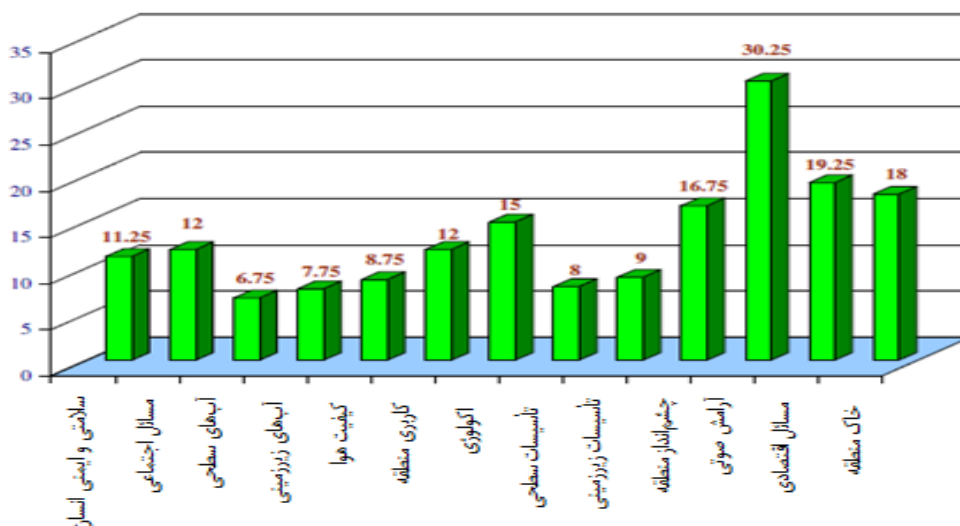
هدف این الگوریتم استفاده دقیق از استانداردهای موجود (داخلی و بین‌المللی) و تعامل چندین پارامتر است. علاوه بر این، این الگوریتم خطاهای انسانی در ارزیابی را کاهش می‌دهد و یک الگوی مناسب به منظور بررسی آثار زیست‌محیطی است. با استفاده از نتایج حاصل از این الگوریتم، می‌توان تصمیم‌گیری درستی در مورد وضعیت زیست‌محیطی داشت و چندین بخش از واحد معدنی را می‌توان به صورت سیستماتیک مورد بررسی قرار داد. همان‌طور که ملاحظه شد، تبدیل ارزیابی زیست‌محیطی برای فعالیتهای معدنی از فرم ذهنی بصورت عددی قابل دسترسی است. اما برای رسیدن به یک الگوریتم که بتواند همه‌ی مطالعات موردی ممکن را پوشش دهد، توسعه‌های بیشتری مورد نیاز است.

این روش اساساً بر معرفی یک الگوریتم جدید که یک روش جامع و کمی برای ارزیابی هر دو اثر فنی- عملیاتی و اجتماعی- فرهنگی فعالیت‌های معدنی از قبیل معدن سطحی و کارخانه فرآوری است، تمرکز دارد [۱۸].

ارزیابی زیست‌محیطی یک مسأله چند بعدی است و به شرایط محلی هر مطالعه موردی بستگی دارد. بنابراین، این نوع از ارزیابی‌های کلی باید به عنوان اولین قدم و فقط یک بررسی جامع در نظر گرفته شوند. ارزیابی دقیق‌تر برای هر مطالعه موردی نیاز به برخی اصلاحات دارد و خوشبختانه این الگوریتم به دلیل ماهیت آسان و قابل فهم آن، به سادگی قابلیت تغییر یافتن و اصلاح دارد [۱۸].



شکل ۲-۲- نمودار ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سطحی فرضی [۱۸]



شکل ۲-۳- نمودار ارزیابی آثار زیست‌محیطی کارخانه فرآوری فرضی [۱۸]

۲-۳- ارزیابی توسعه پایدار

توسعه پایدار حاصل یک مجموعه به هم پیوسته اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی (سه بنیان توسعه پایدار) است که با برنامه‌ریزی مناسب در دراز مدت، نیازهای متعددی را برآورده می‌سازد. در واقع، توسعه پایدار یک مفهوم جهانی است که با ایجاد تعادل بین جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به بهبود کیفیت و شرایط زندگی افراد یک جامعه کمک می‌کند.

معدن کاری از مهم‌ترین فعالیت‌های اقتصادی بشر است که همواره از دیدگاه زیست‌محیطی مورد توجه بوده است. از طرفی، معادن می‌توانند جوامع اطراف خود را به ویژه از نظر اقتصادی تحت تأثیر قرار دهند. بنابراین، توسعه پایدار به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی معادن و بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی جامعه، وارد صنایع معدن کاری شده است.

توسعه پایدار در صنایع معدنی، در اوایل دهه ۱۹۹۰ و پس از اجتماعاتی از قبیل کنفرانس ریو در سال ۱۹۹۲ مورد توجه محققین قرار گرفت. جدول ۲-۴۹ برخی از کارهای انجام گرفته در این زمینه را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۴۹- تاریخچه توسعه پایدار و معدن کاری

مؤلف (سال انتشار)	منبع	توضیح مختصر
وان بیلو (۱۹۹۳)	[۴]	وان بیلو، توسعه پایدار در معدن را تنها از طریق اکتشاف مداوم، نوآوری در فناوری و احیای محیط‌زیست می‌داند.
آلان (۱۹۹۵)	[۱۹]	آلان معتقد است که پایداری در معدن وقتی وجود دارد که نرخ استفاده از مواد معدنی نسبت به مجموع منابع جدید اکتشاف شده، منابع جایگزین و مواد بازیافتنی فراتر نرود.
لیرمونت (۱۹۹۷)	[۲۰]	لیرمونت با مطالعه موردی معادن با عمر زیاد نشان داد که می‌توان معدن کاری را به عنوان یک فعالیت پایدار در نظر گرفت.
کراوسون (۱۹۹۸)	[۵]	کراوسون معتقد است که ذخایر معدنی محدود هستند و دیر یا زود تمام می‌شوند، لذا فعالیت‌های معدن کاری پایدار محسوب نمی‌شوند.
هیلسون (۲۰۰۰)	[۲۱]	هیلسون، یک مرور کلی از سیاست گذاری توسعه پایدار و معدنکاری در کانادا را ارائه داد که در آن دولت کانادا پس از سال‌ها تحقیق و برنامه‌ریزی دقیق توسعه پایدار، در نهایت با ارائه پیش‌نویس اولیه، مفهوم توسعه پایدار عملیاتی در صنعت معدن را بیان کرد.
باسو و کومار (۲۰۰۴)	[۷]	باسو و کومار مهم‌ترین جزء اجرای مفاهیم توسعه پایدار را حکومت می‌دانند که در آن فعالیت‌هایی مانند آموزش و توسعه استانداردهای اندازه‌گیری و همچنین استخراج صحیح معادن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

<p>بر طبق نظر راجارام و واران، هیچ معدنی نمی‌تواند تا ابد به استخراج ادامه دهد و معدن‌کاری سبب اتمام ذخایر تجدید ناپذیر شده و آثار مخربی بر روی محیط‌زیست می‌گذارد، لذا نمی‌تواند در قالب توسعه پایدار جای بگیرد. هرچند، در صورت برقراری تعادل بین سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، معدن‌کاری می‌تواند پایدار باشد.</p>	<p>راجارام و پارامس واران (۲۰۰۵)</p>
<p>ویلاس و شیلد اعتقاد داشتند که پایداری با توسعه پایدار متفاوت است، هرچند بجای یکدیگر استفاده شده‌اند. پایداری مشخصه‌ای از سیستم‌های اجتماعی و زیست‌محیطی سالم است و به توانایی این سیستم‌ها برای تحمل شوک‌های وارده بیرونی و بازگشت به کار طبیعی اشاره دارد. پایداری تعریف شده بر این مبنا، مشخصه‌ای از مواد معدنی تجدید ناپذیر است. توسعه پایدار سیاست‌های زیست‌محیطی و استراتژی‌های توسعه را یکپارچه نموده تا نیازهای فعلی و آینده بشر را فراهم نماید، کیفیت زندگی بشر را بهبود دهد و از محیط‌زیستی که زندگی ما به آن وابسته است محافظت کند. با این تعریف، مواد معدنی صراحتاً بخشی از توسعه پایدار هستند.</p>	<p>ویلاس و شیلد (۲۰۰۵)</p>
<p>جینگ یو و همکاران، یک مفهوم جدید از توسعه پایدار منابع معدنی (DSDMR) را ارائه کردند که قابلیت ارزیابی توسعه پایدار را در معادن دارا می‌باشد. DSDMR به توانایی برآوردن نیازهای نسل حاضر و آینده در تأمین منابع معدنی با توزیع منطقی و جایگزینی آن‌ها اشاره دارد.</p>	<p>جینگ یو و همکاران (۲۰۰۵)</p>
<p>ایگرت، توسعه پایدار در معدن‌کاری را در حفظ کیفیت محیط‌زیست، رعایت عدالت اجتماعی و رشد اقتصادی می‌داند.</p>	<p>ایگرت (۲۰۰۶)</p>
<p>بر طبق نظر مک کالو و لوند، صنایع معدن‌کاری به سمت کاهش ریسک‌های عملیاتی و حفظ مجوزهای اجتماعی خود در استخراج منابع جهت یافته است. این بیانگر مفهوم توسعه پایدار با ایجاد معیشت پایدار (اشتغال، توسعه جامعه و زیرساخت)، بهینه‌سازی منابع و به حداقل رساندن آثار زیست‌محیطی و اجتماعی پس از بسته شدن معدن می‌باشد.</p>	<p>مک کالو و لوند (۲۰۰۶)</p>
<p>معدن‌کاری پایدار عموماً به ارزیابی و مدیریت عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های مرتبط با توسعه و آماده‌سازی منابع زمین اشاره دارد. با این حال، مفهوم و پیاده‌سازی توسعه پایدار همچنان در ادبیات قابل بحث است. در نتیجه، صنایع معدن‌کاری نیاز به یک چارچوب مشخص برای ایجاد و مدیریت توسعه پایدار در ارتباط با مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی (و سیاسی) مرتبط با معدن‌کاری دارند.</p>	<p>میچ (۲۰۰۶)</p>
<p>معدن‌کاری به عنوان یکی از فعالیت‌هایی که منابع معدنی را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد نقشی حیاتی در بسیاری از کشورها دارد به گونه‌ای که بهره‌برداری از مواد معدنی فلزی و غیر فلزی و صنایع وابسته به آن‌ها بخش عمده درآمد و اشتغال‌زایی این کشورها را تشکیل می‌دهد. بهره‌برداری از این منابع علاوه بر اقتصاد، در توسعه اجتماعی نیز نقش تعیین کننده‌ای دارد. در عین حال معادن و صنایع معدنی آثار زیست‌محیطی بسیار گسترده‌ای بر منابع آب، خاک، هوا و موجودات زنده دارند.</p>	<p>گیانوپولو و پانیاس (۲۰۰۶)</p>
<p>یک مدل توسعه یافته برای عیار حد بهینه است که نه تنها به جنبه‌های اقتصادی متکی است بلکه آثار زیست‌محیطی نامطلوب از جمله زهاب‌های اسیدی و تأخیر ایجاد شده در بازسازی و احیاء تغییرات ناشی از فعالیت‌های معدنی پس از پایان عمر پروژه را به حداقل می‌رساند.</p>	<p>رشیدی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۸)</p>

<p>با استفاده از مدل اصلاح شده عیار حد بهینه که در این مقاله ارائه شده است نه تنها ارزش خالص فعلی پروژه معدن کاری مس پورفیری به حداکثر رسیده بلکه آثار زیست‌محیطی نامطلوب پروژه به طور همزمان به حداقل رسیده است. این روش در برنامه‌ریزی‌های بلند مدت مؤثرتر است. برای نشان دادن اثربخشی مدل، دو سناریو در یک ذخیره فرضی در نظر گرفته شده و نتایج نشان می‌دهد که استفاده از عیار حد بهینه اصلاح شده در مقایسه با حالت پایه و اولیه، باعث افزایش ۳/۶ درصدی ارزش خالص فعلی خواهد شد.</p>	<p>اصانلو و همکاران (۲۰۰۸)</p>
<p>وورال و همکاران اعتقاد داشتند که تمام منابع معدنی در طول زمان محدود و تجدید ناپذیر هستند. بنابراین، عملیات استخراج از معادن به خاطر استخراج منابع محدود زمین، ذاتاً ناپایدار است.</p>	<p>وورال و همکاران (۲۰۰۹)</p>
<p>سی‌هو و همکاران با توجه به آلودگی‌های زیست‌محیطی معادن زغال‌سنگ و همچنین نیاز به افزایش تولید زغال‌سنگ خام، یک سیستم ارزیابی زیست‌محیطی را طراحی کرده‌اند. این سیستم به منظور پوشش وضعیت زیست‌محیطی معادن زغال‌سنگ و حفاظت از منابع و منافع اقتصادی برای دستیابی به توسعه پایدار ایجاد شده است. برای محاسبه وزن هر شاخص و قابلیت‌پذیری زیست‌محیطی روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی (AHP) پیشنهاد شده است و برای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی معدن زغال‌سنگ در منطقه کیجینگ در غرب چین استفاده شده است. این سیستم می‌تواند برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی و بهبود توسعه پایدار در معدن زغال‌سنگ استفاده شود.</p>	<p>سی‌هو و همکاران (۲۰۱۰)</p>
<p>تئوری تجزیه و تحلیل سیستم زمین توسط هانس یواخیم اسپچلنهور در سال ۱۹۹۸ به عنوان یک راه برای توصیف سیستم زمین همراه با رابطه محیط‌زیست و انسان طرح شده است. در این مقاله یک مدل ریاضی برای توسعه پایدار ارائه شده که تمامی مفاهیم و پارامترهای آن را در بر می‌گیرد. مدل با بهره‌گیری از ریاضیات عمومی در جزئیات این مفاهیم و پارامترها و همچنین شرایط لازم برای توسعه پایدار به وجود آمده است.</p>	<p>جیسون فیلیپس (۲۰۱۰)</p>
<p>ماهیت مبهم توسعه پایدار اغلب یکی از مسائل مهم و نگران‌کننده است. اما این نگرانی تا به حال باعث ارائه رابطه‌ای بین توسعه پایدار و ارزیابی آثار زیست‌محیطی (EIA) نشده است. در این مقاله، با توجه به روش‌های شناسایی آثار، مفهوم توسعه دیدگاه ژئوسایبرنتیک در رابطه بین توسعه پایدار و EIA مطرح شده است.</p>	<p>جیسون فیلیپس (۲۰۱۱)</p>
<p>این سؤال که دمپ‌های باطله در حوزه معدن کاری پایدار می‌توانند پایدار باشند، تا حدودی بدون پاسخ مانده است. در این مقاله، از یک مدل ریاضی و با بهره‌گیری از نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی (EIA)، برای بررسی پایداری دمپ‌های باطله در معدن زغال‌لویپنی در دره جیوجوی کشور رومانی استفاده شده است. EIA با استفاده از روش ماتریس ارزیابی سریع آثار انجام شده است.</p>	<p>جیسون فیلیپس (۲۰۱۲)</p>
<p>این پرسش که چگونه یک سایت معدن کاری در پایان عمر عملیاتی خود پایدار است، پاسخ داده نشده است. ارزیابی آثار زیست‌محیطی (EIA) راهی برای بررسی پایداری یک سایت معدن کاری است اما این روش استنتاجی و یک روش ارزیابی ذهنی است. بنابراین، در این مقاله، از یک مدل ریاضی برای بررسی پایداری معدن متروکه در آهک در جنوب کرانه غربی فلسطین استفاده شده است. در این مدل ریاضی، از نتایج EIA استفاده شده است.</p>	<p>جیسون فیلیپس (۲۰۱۲)</p>

<p>در این مقاله، از یک مدل ریاضی برای بررسی پایداری در معدن بوکسیت آندرا پرادش هند استفاده شده است. در این مدل، از نتایج ارزیابی آثار زیست محیطی (EIA) که با استفاده از روش ماتریس ارزیابی سریع آثار بدست آمده‌اند، استفاده شده است.</p>	<p>جیسون فیلیپس (۲۰۱۲)</p>
<p>در این مقاله، از یک مدل ریاضی برای بررسی پایداری با توجه به نتایج ارزیابی آثار زیست محیطی (EIA) در دو معدن روباز آهن در ایران (چغارت و گل‌گهر) استفاده شده است. در مدل‌های استفاده شده برای EIA، به منظور نشان دادن سطح بالقوه و ماهیت پایداری برای دو معدن از روش فولچی استفاده شده است.</p>	<p>جیسون فیلیپس (۲۰۱۳)</p>
<p>در این مقاله، طراحی دو محدوده معدنی بر مبنای سود ماکزیمم و عمر ماکزیمم در معدن مس سونگون بررسی شده است. یک روش مبتنی بر مفاهیم روش فولچی برای تعیین کمی سطح پایداری در طراحی هر محدوده معدنی استفاده شده است. با استفاده از این روش، پایداری انتخاب شده برای طراحی معدن ۵۹۲ بدست آمد که آن را به عنوان یک طراحی پایداری معدن اعلام کرد. بدین معنا که طراحی انتخاب شده، توازن و تعادلی میان تمامی جنبه‌های توسعه پایدار ایجاد می‌کند.</p>	<p>اصانلو و رحمان‌پور (۲۰۱۴)</p>

۲-۳-۱- مدل ریاضی پایداری

بیشتر تفاسیر توسعه پایدار بر اساس ارزیابی‌های ذهنی انجام می‌شود. از این رو، فیلیپس^۱ در سال ۲۰۱۳ با ارائه یک مدل ریاضی به تعریف اصول توسعه پایدار پرداخته است. این مدل، شاخص‌های توسعه پایدار را به صورت کمی بیان می‌کند. همچنین در این مدل، پارامترها و محدودیت‌های مؤلفه‌های کلیدی و همچنین شرایطی که تحت آن پایداری و یا ناپایداری می‌تواند رخ دهد، بیان شده است. در مدل ارائه شده، به منظور تعیین سطح و ماهیت توسعه پایدار در پروژه‌ها و عملیات‌ها از نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی به عنوان ورودی مدل استفاده شده است [۳۸].

فیلیپس از این مدل برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن آهن چغارت و گل‌گهر در ایران استفاده کرده است. در این معادن ارزیابی آثار زیست‌محیطی با استفاده از روش فولچی انجام شده است [۳۸]. جدول ۲-۵۰ شامل شرح ساده مدل ریاضی پایداری است که توسط فیلیپس و با توجه به معادلات مورد استفاده در روش، تشریح شده است.

¹ Phillips

شماره معادله	معادله مدل	شرح
(۱۱-۲)	$S(t) = E(t) - H_{NI}(t)$	این فرمول معادله اولیه مدل برای حالات مختلف پایداری (S) و برای هر نقطه خاص در زمان (t) را نشان می‌دهد که توسط مقدار نسبت داده شده (تعیین شده) به عوامل محیطی (E) منهای مقدار نسبت داده شده (تعیین شده) به عوامل انسانی (H_{NI}) بدست آمده است.
(۱۲-۲)	$E(t) = (A + B + H + L)$	عوامل محیطی توسط چهار فاکتور زیر تعریف می‌شوند که برای تمام عملیات‌های کلی مورد نیاز هستند: اتمسفر (A)، بیوسفر (B)، هیدروسفر (H) و لیتوسفر (L). این عوامل بر توسعه و ماهیت عوامل زیست‌محیطی مؤثر هستند.
(۱۳-۲)	$E(t) = [E_0 \leq E \leq E_{max}]$	عوامل محیطی (E)، درست همانند هر سیستم طبیعی یا انسانی، حداکثر محدودیت‌ها را با توجه به عملیات‌ها و فاکتورهای زیست‌محیطی برای افزایش ایمنی در عملیات‌های در حال اجرا، از قبل تعیین می‌کنند. بنابراین E به فضای مورد نیاز یا فاکتورهای در نظر گرفته شده برای عملیات، زمان مورد نیاز برای تکامل، انطباق، کاهش و اصلاح سیستم وابسته است. در نتیجه، هر مقدار تعیین شده یا نسبت داده شده به E باید منعکس‌کننده بزرگی و اهمیت تأثیر (بالقوه یا واقعی) با توجه به شرایط و وضعیت کنونی E باشد.
(۱۴-۲)	$H_{NI}(t) = [H_{NI} \leq H_{NI} \leq H_{NImax}]$	H_{NI} به منابع و خدمات موجود وابسته است و توسط E که شرایط قابل تحمل برای زندگی و زنده ماندن انسان را تضمین می‌کند، بوجود آمده است. اگر نرخ H_{NI} افزایش یابد ضرر E نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، این استنتاج وجود دارد که حداکثر اندازه برای H_{NI} بر مبنای منابع و خدمات E در دسترس است. این بدین معناست که اگر E در بیش از یک نقطه و بدون بازگشت و در هر مقیاس فضایی تخریب شود، انسان نیاز به زندگی در جایی دیگر دارد. بنابراین نتیجه می‌شود که برای پتانسیل تعیین شده یا مقدار نسبت داده شده به H_{NI} بدست آمده برای هر نقطه خاص از زمان، محدودیت وجود دارد.
(۱۵-۲)	$E(t) > H_{NI} \leftrightarrow S(t) > 0$	برای یک سطح از S در هر نقطه‌ای از زمان و برای یک مقیاس فضایی مشخص رخ می‌دهد، باید مقدار مشخص شده (نسبت داده شده) برای E بیشتر از مقدار تعیین شده (نسبت داده شده) برای H_{NI} باشد.
(۱۶-۲)	$E(t) \leq H_{NI}(t) \leftrightarrow S(t) \leq 0$	اگر مقدار مشخص شده (نسبت داده شده) برای E کمتر یا مساوی با مقدار تعیین شده (نسبت داده شده) برای H_{NI} باشد، S اتفاق نمی‌افتد و در نتیجه ناپایداری ایجاد می‌شود. این رویداد به این دلیل است که باید یک منبع پیوسته از E و H_{NI} برای استفاده وجود داشته باشد و نباید ایمنی عملیات E را به خطر اندازد.

با توجه به جدول ۲-۵۰، مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری در روش فولچی به دو گروه

مؤلفه‌های محیطی (E^1) و مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}^2) تقسیم‌بندی می‌شوند [۳۸].

¹ Environment

² Human Needs and Interests

مؤلفه‌های محیطی (E) عبارتند از:

- اتمسفر^۱: کیفیت هوا (A_1)، آرامش صوتی (A_2)
- بیوسفر^۲: گیاهان و جانوران (B_1)
- هیدروسفر^۳: کیفیت آب (H_1)
- لیتوسفر^۴: خاک منطقه (L_1)، سازه‌های سطحی (L_2)، سازه‌های زیرزمینی (L_3)، چشم‌انداز منطقه (L_4).

مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}) عبارتند از: سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1})، مسائل اجتماعی (H_{NI2}) و مسائل اقتصادی (H_{NI3})

در این مدل، مقادیر E و H_{NI} به ترتیب با استفاده از روابط ۱۷-۲ و ۱۸-۲ محاسبه می‌شوند [۳۸].

$$E = \frac{E_{\max} - \sum E}{\sum E_{\max}} = \frac{(\sum A_{\max} - \sum A) + (\sum B_{\max} - \sum B) + (\sum H_{\max} - \sum H) + (\sum L_{\max} - \sum L)}{\sum A_{\max} + \sum B_{\max} + \sum H_{\max} + \sum L_{\max}} \quad (17-2)$$

$$H_{NI} = \frac{\sum H_{NI\max} - \sum H_{NI}}{\sum H_{NI\max}} = \frac{[(H_{NI1} + H_{NI2}) + (H_{NI3\max} - H_{NI3})]}{\sum H_{NI\max}} \quad (18-2)$$

در رابطه ۱۷-۲، A معرف اتمسفر و مؤلفه‌های آن یعنی کیفیت هوا و آرامش صوتی است. A_{\max} مقدار ماکزیمم اتمسفر است که از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های کیفیت هوا و آرامش صوتی بدست می‌آید. B معرف بیوسفر و اکولوژی منطقه است و B_{\max} نیز مقدار حداکثر اکولوژی می‌باشد. H بیانگر هیدروسفر و مؤلفه‌های آن یعنی آب‌های سطحی و زیرزمینی است. همچنین، H_{\max} مقدار ماکزیمم هیدروسفر است که از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی حاصل می‌شود. L بیانگر لیتوسفر است و L_{\max} که مقدار ماکزیمم L است از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های کاربری منطقه، تأسیسات سطحی، تأسیسات زیرزمینی، چشم‌انداز منطقه و خاک منطقه بدست می‌آید. E معرف مؤلفه‌های محیطی و E_{\max} مقدار ماکزیمم E است که از جمع مقادیر حداکثر اتمسفر، بیوسفر، هیدروسفر و لیتوسفر نتیجه می‌شود [۳۸].

¹ Atmosphere
² Biosphere
³ Hydrosphere
⁴ Lithosphere

در رابطه ۲-۱۸، H_{NI} معرف مؤلفه‌های انسانی و $H_{NI\max}$ مقدار ماکزیمم H_{NI} است که از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1})، مسائل اجتماعی (H_{NI2}) و مسائل اقتصادی (H_{NI3}) بدست می‌آید [۳۸].

برای استفاده از روابط ۲-۱۷ و ۲-۱۸ ابتدا باید مقادیر حداکثر مؤلفه‌های محیطی و انسانی تعیین شود. مقدار ماکزیمم برای هر مؤلفه محیطی و انسانی ۱۰۰ (درصد) در نظر گرفته شده است. بنابراین، مقادیر A_{\max} ، B_{\max} ، H_{\max} ، L_{\max} ، E_{\max} و $H_{NI\max}$ با توجه به تعداد مؤلفه‌های آن‌ها به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۳۰۰ می‌باشد [۳۸].

به منظور بررسی پایداری (S^1) پروژه می‌توان از مقادیر E و H_{NI} بهره گرفت. بدین ترتیب که اگر مقدار بدست آمده برای E بزرگتر از مقدار بدست آمده برای H_{NI} باشد، پروژه پایدار ($S > 0$) و اگر کوچکتر مساوی آن باشد پروژه ناپایدار است ($S \leq 0$) [۳۸].

در صورت پایداری پروژه باید مقدار S که از رابطه ۲-۱۹ بدست می‌آید، محاسبه شود [۳۸].

$$S = E - H_{NI} \quad (19-2)$$

در نهایت، با توجه به دامنه تعریف شده در جدول ۲-۵۱ می‌توان سطح و ماهیت پایداری پروژه را بر اساس مقدار محاسبه شده S مشخص کرد [۳۸].

جدول ۲-۵۱- بازه در نظر گرفته شده برای تعیین میزان پایداری [۳۸]

دامنه	پایداری
۰/۷۵۱ - ۱	خیلی قوی
۰/۵۰۱ - ۰/۷۵۰	قوی
۰/۲۵۱ - ۰/۵۰۰	ضعیف
۰/۰۰۱ - ۰/۲۵۰	خیلی ضعیف

فیلپس از این مدل برای ارزیابی پایداری در دو معدن روباز چغارت و گل‌گهر در ایران استفاده کرده است. ارزیابی آثار زیست‌محیطی این دو معدن با استفاده از روش فولچی انجام شده است و نتایج آن در جدول ۲-۵۲ ارائه شده است. نتایج ارزیابی پایداری نشان می‌دهد که این دو معدن ناپایدار

¹ Sustainability

هستند زیرا مقدار بدست آمده برای E کمتر از مقدار بدست آمده برای H_{NI} است. نتایج ارزیابی پایداری در جدول ۲-۵۳ ارائه شده است.

جدول ۲-۵۲- نتایج ارزیابی آثار زیست محیطی معادن چغارت و گل گهر در ایران [۳۸]

مؤلفه های زیست محیطی معدن کاری											
مسائل اقتصادی	مسائل اجتماعی	سلامتی و ایمنی انسان	چشم انداز منطقه	سازه های زیرزمینی	سازه های سطحی	خاک منطقه	کیفیت آب	گیاهان و جانوران	آرامش صوتی	کیفیت هوا	
H_{NI3}	H_{NI2}	H_{NI1}	L_4	L_3	L_2	L_1	H_1	B_1	A_2	A_1	نشانه گذاری مدل
۸۰	۶۶/۲	۵۶	۵۰	۶۰	۳۳/۳	۶۵/۷	۴۲/۲	۵۴/۴	۵۸	۶۰	معدن چغارت
۷۰	۶۱/۶	۵۵/۶	۳۰/۷	۷۶/۷	۳۶/۷	۳۱/۴	۵۰	۴۷/۶	۶۰	۵۰	معدن گل گهر

جدول ۲-۵۳- نتایج ارزیابی پایداری معدن چغارت و گل گهر در ایران [۳۸]

معادن	E	H_{NI}	مقدار S	سطح S
چغارت	۰/۴۷۱	۰/۴۷۱	۰	ناپایدار
گل گهر	۰/۵۲۱	۰/۶۲۲	-۰/۱۰۱	ناپایدار

۲-۴- جمع بندی

در این فصل، ابتدا روش های ماتریسی ارزیابی آثار زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که ملاحظه شد، روش اصلاح شده فولچی نسبت به ماتریس لئوپد و روش فولچی جامع تر است و فاکتورهای مؤثر و مؤلفه های زیست محیطی بیشتری را مورد بررسی قرار داده است. این روش همچنین قابلیت تغییر یافتن و اصلاح دارد و می توان با توجه به شرایط محلی و معدن مورد مطالعه، اصلاحات مورد نیاز را انجام داد. با استفاده از نتایج ارزیابی آثار زیست محیطی می توان توسعه پایدار را در معدن مورد مطالعه، مورد ارزیابی قرار داد و با توجه به سطح پایداری معدن و نوع آلودگی های زیست محیطی ایجاد شده، اقدامات مورد نیاز را انجام داد. از این رو، به منظور ارزیابی آثار زیست محیطی و متعاقب آن ارزیابی توسعه پایدار، نیاز است تا معدن و منطقه مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، در فصل سوم معدن سنگ آهن سنگان و منطقه خواف به ویژه از دیدگاه زیست محیطی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

فصل سوم:

معرفی معدن سنگ آهن سنگان خواف

۳-۱- مقدمه

معادن سنگ آهن سنگان یکی از بزرگ‌ترین معادن سنگ آهن در خاورمیانه است که به صورت روباز استخراج می‌شود و در کنار کارخانه گندله‌سازی سنگان و خط آهن خواف - سنگان - هرات به عنوان بزرگ‌ترین پروژه ملی شرق کشور معرفی شده است. محدوده معادن سنگان از لحاظ وضعیت ساختمانی جزء ایران مرکزی است و سنگ‌های مختلف آذرین درونی و بیرونی، دگرگونی و رسوبی در این منطقه حضور دارند. کانی‌سازی فلزی موجود در منطقه شامل مگنتیت، هماتیت، پیریت، پیروتیت، کالکوپیریت و کوولیت می‌باشد که اغلب این کانی‌ها در دوره‌های مختلف تشکیل شده‌اند. پردازش تصاویر ماهواره‌ای نقش گسل‌ها را در کانی‌سازی تأیید کرده است. روند اصلی گسل‌های مهم منطقه شرقی - غربی است که منطبق با روند کانی‌سازی می‌باشد. در این کانسار مطالعات ژئوفیزیکی با بررسی‌های مغناطیس‌سنجی صورت گرفته است. از جمله مشخصات این کانسار عیار بالا، گسترش زیاد و حجیم بودن مواد معدنی همراه با مقادیر بسیار ناچیز عناصر مضر از جمله فسفر است که اهمیت ویژه‌ای به کانسار داده است [۳۹].

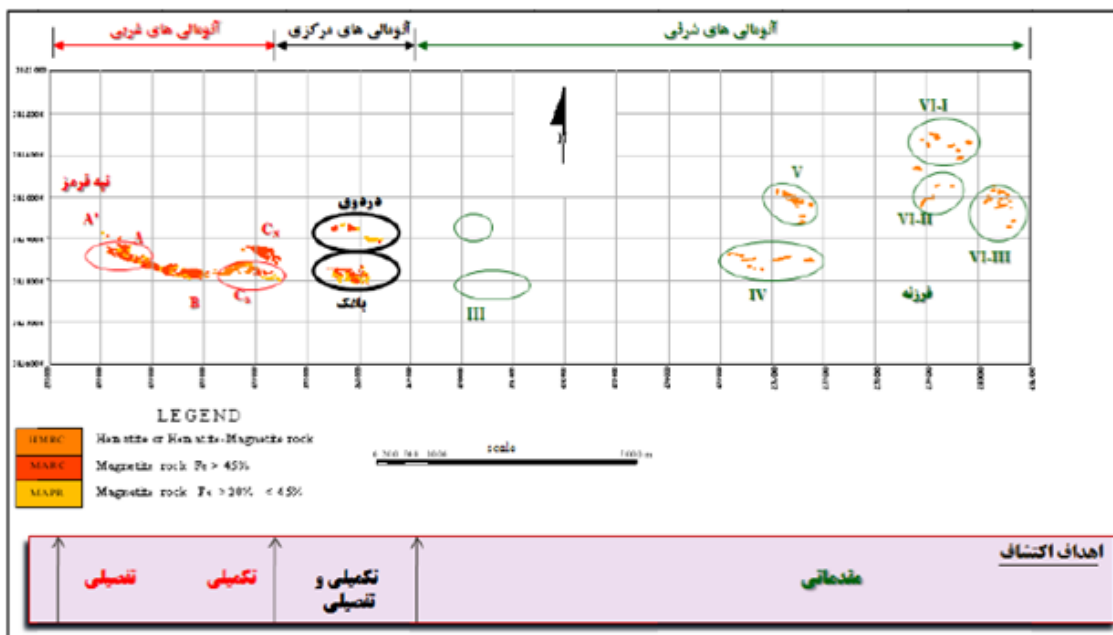
۳-۲- معرفی معادن سنگ آهن سنگان خواف

معادن سنگ آهن سنگان در قسمت شرقی رشته کوه ولایت قرار دارد. نتایج مطالعات انجام شده در این منطقه نشان می‌دهد که ابعاد تقریبی کانسار سنگان در حدود 26×8 کیلومتر مربع بوده و ذخیره زمین‌شناسی آن در حدود $1/2$ میلیارد تن تخمین زده می‌شود. در این منطقه آنومالی‌های زیادی از آهن وجود دارد که به نام آنومالی‌های غربی، مرکزی و شرقی معرفی شده‌اند (شکل ۳-۱) [۳۹].

- آنومالی غربی با ابعاد تقریبی 3×2 کیلومتر از A ، A' ، B ، C شمالی و C جنوبی تشکیل شده است و به طور گسترده‌ای مورد اکتشاف قرار گرفته است.

- آنومالی مرکزی دارای ابعاد تقریبی 2×5 کیلومتر (به مساحت 10 کیلومتر مربع) می‌باشد که از دو قسمت باغک و دردوی تشکیل شده است.

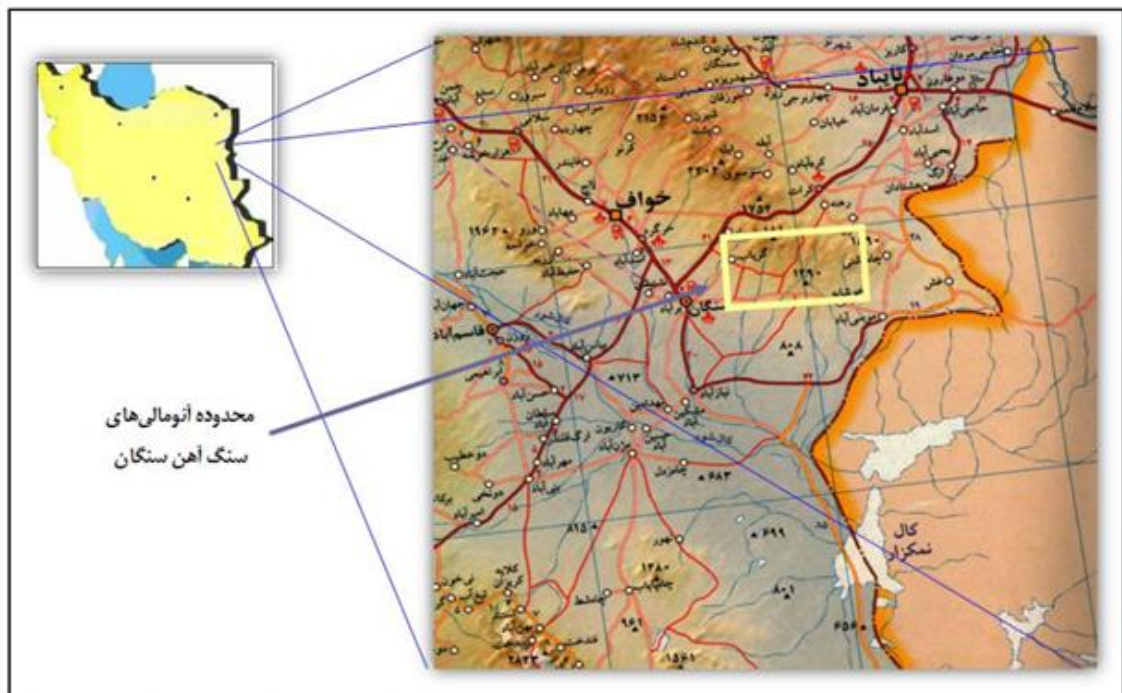
- آنومالی شرقی با ابعاد تقریبی 5×21 کیلومتر (به مساحت 105 کیلومتر مربع) در شرقی‌ترین محدوده معادن سنگ آهن سنگان قرار دارد و شامل آهن‌های سنج‌دک، فرزنه و سایر آنومالی‌های ناحیه شرقی تا مرز افغانستان است.



شکل ۳-۱- جانمایی آنومالی‌های مختلف معدن سنگ آهن سنگان خواف و مراحل مطالعاتی آن‌ها [۳۹]

۳-۳- موقعیت جغرافیایی

کانسار سنگ آهن سنگان خواف در ۲۹۰ کیلومتری جنوب‌شرقی مشهد، ۶۸ کیلومتری جنوب‌غرب تایباد، ۴۰ کیلومتری جنوب‌شرقی خواف، ۱۸ کیلومتری شمال‌شرقی شهرستان سنگان و ۴۰ کیلومتری مرز افغانستان قرار دارد (شکل ۳-۲). این کانسار در یک ناحیه کوهستانی در محدوده‌ای مستطیلی به طول حدود ۲۶ کیلومتر و عرض ۸ کیلومتر واقع شده است. ارتفاع تقریبی این ناحیه از ۱۲۰۰ متر شروع می‌شود و حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۰۰ متر می‌باشد. برجستگی عمده آن رشته کوه بلندی است که از شمال‌غرب به جنوب‌شرق کشیده شده است و عرض این رشته کوه حدود ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر است. ارتفاع این رشته کوه از شمال‌شرق به جنوب‌شرق کاهش می‌یابد. کوه طالب که عمده‌ترین کانسنگ آهن را در بر می‌گیرد، دارای ارتفاع ۱۸۱۲ متر می‌باشد. دشت خواف پست‌ترین قسمت منطقه است که در غرب و جنوب‌غرب آن واقع شده است [۴۰].



شکل ۳-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (بدون مقیاس) [۴۰]

۳-۴- راه‌های دسترسی

دسترسی به معدن از دو مسیر آسفالت‌ه امکان‌پذیر است. مسیر اول جاده مشهد - فریمان - تربت‌جام - تایباد - سنگان با فاصله ۳۱۱ کیلومتر و مسیر دوم جاده مشهد - تربت‌حیدریه - خواف - سنگان با فاصله ۲۸۵ کیلومتر می‌باشد. در حال حاضر، این معدن از طریق خط آهن خواف - تربت‌حیدریه - نیشابور به شبکه ریلی کشور متصل است. همچنین، با ادامه ساخت خط آهن خواف - سنگان - هرات که در دست اجرا است، دسترسی به کشورهای همسایه شرقی ایران نیز ممکن می‌شود.

۳-۵- شرایط آب و هوایی منطقه

در این منطقه بادهای شدیدی در تابستان می‌وزد. میانگین سرعت باد روزانه در حدود ۵۰ کیلومتر در ساعت است. آب و هوای این منطقه نیمه‌خشک و بیابانی است. میزان بارش سالیانه تقریباً بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در سال متغیر است. در ارتفاعات هوا سردتر و میزان بارندگی بیشتر است. به طوری که میزان متوسط بارندگی در ارتفاعات ۱۵۰ میلی‌متر در سال است. بارش در زمستان عمدتاً به صورت برف است. متوسط میزان رطوبت نسبی سالیانه در این منطقه در حدود ۴۰ درصد بوده و از ۱۲ تا ۷۶ درصد به ترتیب در ماه‌های خرداد تا دی تغییر می‌کند. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد و بالاترین مقدار ۳۸ و کم‌ترین مقدار ۱۱- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در زمستان و بهار هوا

غالباً ابری است. اکثر رودخانه‌ها فقط چند هفته در سال جریان دارند. ولی چشمه‌ها در تمام طول سال جریان ثابتی دارند. منطقه از لحاظ پوشش گیاهی فقیر است و در قسمت‌های پست و دشت‌ها بوته‌های کوتاه قد بیابانی مشاهده می‌شود و در بخش‌های کوهستانی و ارتفاعات درختچه‌هایی به نام بنه موجود است [۴۰].

۳-۶- بادخیزی

به طور کلی منطقه سنگان خواف بادخیز بوده و در بیشتر ایام سال باد در جهت جنوب‌غرب جریان دارد. در نیمه اول سال، باد در جهت شمال‌شرق تا جنوب‌غرب با سرعت تقریبی ۳۰ تا ۶۰ کیلومتر بر ساعت و در نیمه دوم سال، باد در جهت‌های مختلف و با سرعت تقریبی ۵۰ کیلومتر بر ساعت می‌وزد [۴۰].

۳-۷- بررسی معدن سنگ آهن سنگان خواف از دیدگاه زیست‌محیطی

استخراج سنگ آهن اغلب از طریق عملیات معدن‌کاری روباز انجام می‌شود که در مقایسه با معدن‌کاری زیرزمینی از ضریب بهره‌وری بیشتر و ایمنی بالاتری برخوردار است. اما این روش استخراج آثار زیست‌محیطی قابل توجهی به دنبال دارد و برای تبدیل شدن به یک فعالیت پایدار باید ارزیابی درستی از آثار آن صورت بگیرد [۴۱].

معدن سنگ آهن سنگان خواف نیز به صورت روباز استخراج می‌شود و به دلیل فعالیت گسترده آثار زیست‌محیطی بسیاری را به دنبال دارد. از این رو، بررسی این آثار و مشکلات و انجام اقدامات پیشگیرانه لازم می‌تواند میزان آسیب وارده به محیط‌زیست منطقه را کاهش دهد.

۳-۷-۱- باطله‌های معدنی

یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی در استخراج سنگ آهن، تولید باطله‌های معدنی است. عدم مدیریت صحیح زیست‌محیطی و تخلیه غیر اصولی مواد باطله می‌تواند منجر به تخریب محیط‌زیست شود. آلاینده‌های موجود در مواد باطله، اکوسیستم منطقه را تحت تأثیر قرار داده و باعث آلودگی آن می‌شود. همچنین، تخلیه و دپو باطله‌ها در محیط، باعث تخریب چشم‌انداز منطقه و مناظر طبیعی می‌شود. تخریب پوشش گیاهی و در معرض خطر قرار گرفتن حیات جانوران از دیگر آثار زیست‌محیطی باطله‌های معدنی است.

در معدن سنگ آهن سنگان، دپوهای باطله در اطراف سایت معدنی قرار دارد که می‌تواند منجر به تخریب چشم‌انداز منطقه و پوشش گیاهی شود. شکل ۳-۳، باطله‌های تولید شده در معدن سنگان را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳- باطله‌های تولید شده در معدن سنگ آهن سنگان خواف [۳۹]

۳-۷-۲- انتشار گرد و غبار

استخراج سنگ آهن در معادن روباز با حفاری و انفجار صورت می‌گیرد که منجر به تولید گرد و غبار می‌شود. همچنین، در اثر بارگیری و حرکت کامیون‌ها در جاده، گرد و غبار تولید می‌شود. وزش باد نیز می‌تواند منجر به تولید گرد و غبار از دپوهای باطله و کانسنگ شود.

گرد و غبار بر سلامت و ایمنی انسان تأثیر می‌گذارد و موجب ایجاد بیماری می‌شود. سیلیکوزیس یکی از خطرناک‌ترین بیماری‌های ناشی از گرد و غبار است. این بیماری که در اثر استنشاق ذرات قابل تنفس سیلیس ایجاد می‌شود، غیر قابل برگشت بوده و بیشتر اوقات باعث از کار افتادن ریه‌ها و مرگ می‌شود. گرد و غبار همچنین باعث پایین آمدن کیفیت هوا، تخریب پوشش گیاهی، چشم‌انداز نامناسب، آثار مضر بر جانوران و ... می‌شود.

در معدن سنگ آهن سنگان خواف، در اثر عملیات‌های حفاری که با دریل‌واگن و پیکور انجام می‌شود، آتشباری، فعالیت سنگ‌شکن‌ها، بارگیری به وسیله لودر، حرکت کامیون‌ها در جاده و بارگیری کنسانتره در محدوده کارخانه گرد و غبار تولید می‌شود. از طرفی، چون در این منطقه میزان وزش باد

زیاد است، سبب می‌شود تا گرد و غبار در شعاع بیشتری پراکنده شود و بخش وسیع‌تری را تحت تأثیر قرار داده و باعث پایین آمدن کیفیت هوا شود. شکل‌های ۳-۴، ۳-۵ و ۳-۶ تولید گرد و غبار را در بخش‌های مختلف معدن نشان می‌دهند.



شکل ۳-۴- گرد و غبار ناشی از عملیات حفاری در معدن [۳۹]



شکل ۳-۵- گرد و غبار تولید شده در اثر آتشباری [۳۹]



شکل ۳-۶- گرد و غبار ناشی از حرکت تراک در معدن [۳۹]

۳-۷-۳- زهاب اسیدی معدن (AMD)^۱

کانسارهای فلزی مانند آهن، معمولاً غنی از گوگرد و ترکیبات سولفیدی هستند. با تغییر وضعیت محیط، این ترکیبات پایداری خود را از دست می‌دهند. استخراج سنگ آهن، کانی‌های سولفیدی موجود در آن را در معرض اکسیژن، آب و دیگر عوامل، هوازده می‌کند. قرار گرفتن این کانی‌ها در شرایط اکسیدی باعث ناپایداری و از هم پاشی آن‌ها در اثر اکسایش می‌شود. در این شرایط، کانی‌های سولفیدی اکسید شده و محصول این اکسایش، اسید سولفوریک است که اصطلاحاً زهاب اسیدی نامیده می‌شود. این زهاب در مسیر حرکت خود ممکن است با مواد معدنی مختلفی در تماس بوده و به علت خاصیت اسیدی که گاه ممکن است بسیار شدید باشد، قادر است تا عناصر نادر و خطرناک را از این مواد معدنی شسته و همراه با خود به منابع آبی سطحی (همچون رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های ساحلی) و یا سفره‌های آب زیرزمینی منتقل کند. از دیگر آثار زهاب‌های اسیدی می‌توان به خاصیت خورندگی، آلوده کردن خاک و از بین بردن موجودات به ویژه آبزیان اشاره کرد [۴۲].

در معدن سنگ آهن سنگان خواف نیز مهم‌ترین عناصر مضر گوگرد و فسفر هستند که مقدار فسفر در این معدن بسیار کم و در حد ۰/۰۳ درصد می‌باشد. آنومالی C شمالی و معدن باغک دارای بیش‌ترین مقدار گوگرد به شکل پیریت هستند. بنابراین، در این معدن نیز، با استخراج آهن و برهم

¹ Acid mine drainage

خوردن تعادل محیط امکان تشکیل زهاب اسیدی و تأثیر آن بر منابع آب سطحی و زیرزمینی وجود دارد.

۳-۷-۴- آلودگی صوتی

انفجار، عبور کامیون‌ها، دستگاه‌های حفاری و سنگ‌شکن‌ها، فعالیت کارخانه‌های کنسانتره، ذوب و تصفیه و ... آلودگی صوتی ایجاد می‌کنند. اگر سر و صدای تولید شده بیش از سطح طبیعی شنوایی انسان باشد، می‌تواند باعث آسیب شود. همچنین آلودگی صوتی تولید شده بر حیوانات اهلی و دامپروری منطقه تأثیر گذاشته و باعث می‌شود که دامپروری منطقه با مشکل مواجه شود.

در معدن سنگان، حفاری با دریل‌واگن و پیکور، انفجار، بارگیری به وسیله لودر، حرکت کامیون‌ها در جاده، خردایش توسط سنگ‌شکن‌ها و فعالیت کارخانه کنسانتره منجر به تولید آلودگی صوتی می‌شود. در بین این موارد، بیش‌ترین آلودگی صوتی مربوط به انفجار است که صدای گوش‌خراشی تولید کرده و علاوه بر انسان، می‌تواند بر حیوانات نیز مؤثر باشد.

۳-۷-۵- لرزش زمین

شوک و لرزشی که در اثر انفجار مواد منفجره در داخل زمین به وجود می‌آید را لرزش زمین گویند. در هر انفجار انرژی حاصل از آن علاوه بر شکستن و جابجا کردن سنگ، باعث لرزش زمین، پرتاب سنگ، عقب‌زدگی و ... نیز می‌شود که در این بین مدت زمان لرزش زمین بسیار طولانی‌تر از سایر عوارض انفجار است. این لرزش می‌تواند باعث ارتعاش ساختمان‌ها و سازه‌ها و در شرایط خاص باعث تخریب آن‌ها شود.

در معدن سنگان، اکثر ساختمان‌ها و سازه‌های سطحی فاصله نسبتاً زیادی از منطقه آتشیاری دارند. در نتیجه، انفجار و متعاقب آن لرزش زمین تأثیر چندانی بر این تأسیسات ندارند و لرزش زمین در آن‌ها احساس نمی‌شود.

۳-۷-۶- پرتاب سنگ

این پدیده، حرکت کنترل نشده قطعات خرد شده سنگ بر اثر انفجار است و یکی از منابع اصلی آسیب دیدن سازه‌ها و تجهیزات و صدمه دیدن افراد را تشکیل می‌دهد.

همان‌طور که در بخش قبل بیان شد، در معدن سنگان اکثر سازه‌های سطحی فاصله نسبتاً زیادی از منطقه آتشفشانی دارند. بنابراین، از خطرات ناشی از پرتاب سنگ در امان هستند. همچنین، رعایت نکات ایمنی در این بخش سبب شده تا صدمات کمتری به پرسنل وارد شود.

۳-۷-۷- پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری

یکی از مهم‌ترین آثار زیست‌محیطی فعالیت‌های معدن‌کاری، عناصر مضر موجود در پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری است. مهم‌ترین عنصر مضر در پساب‌های کارخانه فرآوری سنگ آهن، پیریت (FeS_2) است. نفوذ پیریت به سفره‌های آب زیرزمینی می‌تواند باعث اسیدی شدن آن‌ها شود. در معادن آهن، پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری در سدهای باطله ذخیره می‌شود که کف این سدها باید توسط پوشش‌های مخصوص آب‌بندی پوشیده شود تا از نفوذ مواد سمی به خاک و جریان آب‌های زیرزمینی جلوگیری کند.

در معدن سنگان، سد باطله کارخانه فرآوری فاقد پوشش‌های مخصوص آب‌بندی (لایزر) می‌باشد که این امر منجر به نفوذ مواد سمی تولید شده در کارخانه به خاک، چاه‌های آب و آب‌های سطحی می‌شود و می‌تواند آثار زیان‌باری را به همراه داشته باشد.

۳-۷-۸- منابع آب زیرزمینی

همان‌طور که در بخش ۳-۵ بیان شد، منطقه خواف جزء مناطق نیمه‌خشک و بیابانی است و همانند اکثر مناطق کشور با کمبود آب همراه است. مهم‌ترین منبع تأمین آب در این منطقه، سفره‌های آب زیرزمینی است که تنها از طریق نزولات جوی تغذیه و دوباره‌سازی می‌شوند. کمبود بارش و مصرف بی‌رویه آب در بخش‌های کشاورزی، شهری و صنعتی باعث افت سطح آب در این منطقه شده است.

در معدن سنگان، بیش‌ترین مصرف آب مربوط به کارخانه فرآوری است که آب مورد نیاز خود را از طریق حفر چاه‌های عمیق و برداشت آب از منابع زیرزمینی تأمین می‌کند. از طرفی در این مجتمع معدنی، کارخانه‌ها بسیاری از قبیل گندله‌سازی، کارخانه ذوب‌آهن و ... در دست ساخت می‌باشند. با شروع فعالیت این کارخانه‌ها در آینده‌ای نه چندان دور، منابع آب بسیاری مورد نیاز خواهد بود که با توجه به کمبود آب در منطقه، می‌تواند مشکلات بسیاری را ایجاد کند. بنابراین، باید از هم‌اکنون تمهیدات لازم برای مواجهه با این مسئله پیش‌بینی و اجرا شود.

۳-۸- جمع‌بندی

بررسی وضعیت منطقه خواف و همچنین شرایط معدن سنگ آهن سنگان نشان می‌دهد که این معدن مشکلات زیست‌محیطی فراوانی را در منطقه ایجاد کرده است. مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی را می‌توان پایین آمدن کیفیت هوا و تحت تأثیر قرار گرفتن منابع آب زیرزمینی دانست که در این راستا شرایط آب و هوایی منطقه نظیر بادخیزی و کمبود بارش و نیمه‌خشک بودن منطقه نیز در ایجاد این مشکلات بسیار تأثیرگذار بوده است. از این رو، باید مشکلات و آلودگی‌های ایجاد شده به طور دقیق‌تر شناسایی و اقدامات پیشگیرانه لازم اندیشیده و اجرا شود. بدین منظور، در فصل چهارم ابتدا آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس با استفاده از نتایج آن به ارزیابی توسعه پایدار در این مجموعه پرداخته شده است. در نهایت نیز، با توجه به سطح پایداری معدن و نوع مشکلات زیست‌محیطی اقدامات مورد نیاز ارائه شده است.

فصل چهارم:

ارزیابی توسعه پیدارد معدن سنگ آهن سنگان خواف

۴-۱- مقدمه

صنایع معدنی از پویاترین بخش‌های صنعتی در جهان به شمار می‌روند و به دلیل داشتن مزایای بالای اقتصادی به عنوان یکی از محورهای توسعه اقتصادی مطرح هستند. در عین حال، ممکن است معدن‌کاری آثار زیست‌محیطی و تبعات اجتماعی مختلفی به همراه داشته باشد. از این رو، به منظور حفاظت از سرمایه‌های طبیعی، اجتماعی و انسانی توسعه پایدار وارد بخش معدن‌کاری شده است.

واحدهای معدن‌کاری باید به گونه‌ای طراحی شوند که کم‌ترین تأثیر را بر افراد و محیط‌زیست داشته باشند. زیرا فعالیت‌های معدنی در ارتباط مستقیم با محیط اطراف خود قرار دارند. پیشگیری و یا حتی کاهش آثار مخرب در شروع، بهره‌برداری و همچنین پایان پروژه‌های معدن‌کاری، هدف اصلی از ارزیابی آثار زیست‌محیطی است. این آثار شامل شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی می‌باشند که به دلیل سلامت و ایمنی انسان به شدت به پاکیزگی محیط‌زیست وابسته هستند [۱۸].

به منظور بررسی توسعه پایدار در بخش معدن، ابتدا باید ارزیابی دقیقی از آثار زیست‌محیطی فعالیت‌های معدن‌کاری انجام گیرد. سپس بر مبنای نتایج این ارزیابی، توسعه پایدار مورد بررسی قرار گرفته و میزان پایداری بخش معدن برآورد می‌شود.

در این فصل، به منظور ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف از یک ساختار ماتریسی استفاده شده است که فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی ابعاد این ماتریس را تشکیل می‌دهند. برای جمع‌آوری داده‌های اولیه و امتیازدهی هر یک از پارامترها از نظرات کارشناسی افراد خبره استفاده شده است. با کمی‌سازی نظرات کیفی، تأثیر کلی بر هر مؤلفه زیست‌محیطی مشخص شده است. در انتها نیز، با استفاده از مدل ریاضی فیلیپس و بر مبنای نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف، توسعه پایدار در این مجتمع مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۴-۲- ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف

در این مطالعه، ابتدا فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی در معدن روباز سنگ آهن سنگان خواف تعیین و سپس آثار زیست‌محیطی آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. این روش شامل ۶ مرحله به شرح زیر می‌باشد:

۴-۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات

در این بخش، به منظور ارزیابی آثار زیست‌محیطی اطلاعاتی همچون زمین‌شناسی، ژئوتکنیک، هیدرولوژی، آب و هوا و ... از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و بررسی شده است.

۴-۲-۲- شناسایی فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی

به منظور بررسی تأثیر فعالیت‌های معدنی، ابتدا باید فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی را تعیین کرد. فاکتورهای مؤثر شامل آن دسته از عواملی هستند که در طول معدن‌کاری می‌توانند شرایط زیست‌محیطی از پیش موجود را تغییر دهند. به منظور ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف، ۱۹ فاکتور مؤثر در نظر گرفته شده است که در جدول ۴-۱ درج شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود امتیاز اکثر این فاکتورها بین ۰ و ۱۰ تغییر می‌کند که صفر به معنی بدون تأثیر بودن فاکتور مؤثر و ۱۰ نشان دهنده‌ی وضعیت بحرانی است. برخی از فاکتورها مانند مسائل اقتصادی و فرهنگی دارای مقداری بین ۱۰- و ۱۰ می‌باشند که علامت منفی، اثر مثبت فاکتور را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- فاکتورهای مؤثر معدن سنگ آهن سنگان خواف و محدوده امتیاز آنها

محدوده امتیاز	فاکتورهای مؤثر
۰ - ۱۰	۱. تغییر در کاربری منطقه
۰ - ۱۰	۲. وضعیت رؤیت محدوده معدن‌کاری
۰ - ۱۰	۳. تداخل با آب‌های سطحی
۰ - ۱۰	۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی
۰ - ۱۰	۵. پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری
۰ - ۱۰	۶. افزایش در ترافیک منطقه
۰ - ۱۰	۷. انتشار گرد و غبار
۰ - ۱۰	۸. انتشار آلاینده‌های سمی در هوا
۰ - ۱۰	۹. آلودگی صوتی
۰ - ۱۰	۱۰. لرزش زمین
۰ - ۱۰	۱۱. پرتاب سنگ
۰ - ۱۰	۱۲. مواد موجود در باطله
۰ - ۱۰	۱۳. روش تخلیه مواد باطله
۱۰ تا ۱۰-	۱۴. میزان اشتغال‌زایی بومی
۱۰ تا ۱۰-	۱۵. کنترل جمعیت
۱۰ تا ۱۰-	۱۶. توسعه فرهنگی و اجتماعی
۰ - ۱۰	۱۷. ناپایداری فضاها‌ی ایجاد شده
۱۰ تا ۱۰-	۱۸. تمهیدات زیست‌محیطی
۰ - ۱۰	۱۹. روشنایی

مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدن‌کاری بخش‌هایی از محیط‌زیست هستند که تحت تأثیر فاکتورهای مؤثر قرار می‌گیرند. این مؤلفه‌ها شامل پارامترهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی هستند که بیشترین تأثیر را بر تولید ناشی از استخراج دارند. در این مطالعه، ۱۲ مؤلفه زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گرفته است که عبارتند از: سلامتی و ایمنی انسان، مسائل اجتماعی و کیفیت زندگی، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، کیفیت هوا، کاربری منطقه، اکولوژی، تأسیسات سطحی، چشم‌انداز منطقه، آرامش صوتی، مسائل اقتصادی و خاک منطقه.

۴-۲-۳- تعیین امتیاز فاکتورهای مؤثر

به منظور امتیازدهی فاکتورهای مؤثر سناریوها و جدول‌هایی برای هر یک از فاکتورها تهیه شده است. فاکتورهای مؤثر به چند بخش تقسیم شده و سناریوها و جدول‌های مختص هر بخش در اختیار کارشناسان و افراد خبره قرار گرفته‌اند. از این رو، امتیاز فاکتورهایی از قبیل تغییر در کاربری منطقه، تداخل با آب‌های سطحی، پرتاب سنگ و ... توسط کارشناسان بخش استخراج شاغل در معدن و امتیاز فاکتورهای اجتماعی و فرهنگی از قبیل کنترل جمعیت، توسعه فرهنگی و اجتماعی و ... توسط افراد کارشناس و آشنا با مسائل اجتماعی از جمله شهردار، اعضای شورا شهر، کارشناسان مربوطه در فرمانداری شهرستان و ... تعیین شده است. برای امتیازدهی فاکتورهای مؤثر معدنی، ۲۷ نفر از مهندسين معدن سنگ آهن سنگان خواف به پرسشنامه‌ها پاسخ داده‌اند. همچنین، به منظور امتیازدهی فاکتورهای مؤثر فرهنگی و اجتماعی، ۱۷ نفر از افراد آشنا با مسائل مربوطه به پرسشنامه‌ها پاسخ داده‌اند.

بدین ترتیب، تمامی فاکتورهای مؤثر توسط افراد متخصص و کارشناس امتیازدهی شده‌اند که مقادیر و نحوه‌ی تعیین امتیاز این فاکتورها به شرح زیر می‌باشد.

۴-۲-۳-۱- فاکتور مؤثر ۱: تغییر در کاربری منطقه

به منظور تعیین امتیاز فاکتور تغییر در کاربری منطقه در معدن سنگ آهن سنگان خواف، ابتدا با استفاده از جدول ۲-۹ وضعیت اراضی منطقه قبل از شروع فعالیت معدن مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مشاهدات و بررسی‌های میدانی، منطقه سنگان شامل کوه و تپه با پوشش گیاهی کم است، لذا با توجه به سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۹ امتیاز ۳ به کد A تعلق گرفت. سپس با مراجعه به سرپرست گروه استخراج معدن و همچنین استفاده از جدول ۲-۱۰ مساحتی از منطقه که به علت فعالیت‌های معدن‌کاری از قبیل ایجاد راه‌های دسترسی، مناطق وابسته به واحدهای استخراج، سدها و دپوهای باطله و ... تحت تأثیر قرار گرفته بود، بین ۱۱ تا ۱۰۰ کیلومتر مربع تخمین زده شد. بنابراین،

برای کد B نیز امتیاز ۳ بدست آمد. در نهایت نیز، با بهره‌گیری از رابطه ۲-۱ امتیاز ۱/۵ برای فاکتور تغییر در کاربری منطقه حاصل شد.

$$۱/۵ = (۳ \times ۳) / ۶ = \text{امتیاز نهایی فاکتور تغییر در کاربری منطقه}$$

۴-۲-۳-۲- فاکتور مؤثر ۲: وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری

برای تعیین امتیاز فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری در معدن سنگان، از جدول ۲-۱۱ استفاده شده است. این جدول در قالب پرسشنامه معدنی و بدون درج امتیاز در اختیار افراد کارشناس قرار گرفت و ۲۷ مقدار برای این فاکتور بدست آمد که با میانگین‌گیری از این مقادیر امتیاز ۳/۷ برای فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری حاصل شد. نتایج نظرسنجی در جدول ۴-۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۲- نظرات کارشناسان معدن سنگان در راستای تعیین امتیاز فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری

پاسخ دهندگان	امتیاز فاکتور وضعیت رؤیت محدوده معدن کاری
متخصص ۱	۶
متخصص ۲	۴
متخصص ۳	۲
متخصص ۴	۴
متخصص ۵	۴
متخصص ۶	۴
متخصص ۷	۲
متخصص ۸	۰
متخصص ۹	۰
متخصص ۱۰	۲
متخصص ۱۱	۶
متخصص ۱۲	۴
متخصص ۱۳	۴
متخصص ۱۴	۸
متخصص ۱۵	۴
متخصص ۱۶	۰
متخصص ۱۷	۶
متخصص ۱۸	۴
متخصص ۱۹	۴
متخصص ۲۰	۴
متخصص ۲۱	۲
متخصص ۲۲	۲
متخصص ۲۳	۴
متخصص ۲۴	۲
متخصص ۲۵	۰
متخصص ۲۶	۱۰
متخصص ۲۷	۸
میانگین	۳/۷

۴-۲-۳-۳- فاکتور مؤثر ۳: تداخل با آب‌های سطحی

به منظور تعیین امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های سطحی در معدن سنگان، جدول ۳-۴ مورد استفاده قرار گرفته است. در این جدول، با توجه به منطقه مورد مطالعه (معدن سنگان) و نوع آب‌های سطحی در این منطقه سناریوهایی تعریف شده است که با استفاده از آن‌ها می‌توان تداخل فعالیت‌های معدنی را با آب‌های سطحی منطقه مشخص کرد. لذا، این جدول بدون درج امتیاز در پرسشنامه معدنی قرار گرفت و پس از دریافت نظرات کارشناسان، ۲۷ مقدار مختلف برای این فاکتور بدست آمد که با میانگین‌گیری از مقادیر بدست آمده امتیاز ۱/۲۶ برای فاکتور تداخل با آب‌های سطحی حاصل شد. نتایج این نظرسنجی در پیوست شماره ۱ ارائه شده است. از طرفی، برای تعیین امتیاز نهایی فاکتور تداخل با آب‌های سطحی، از سؤالات طراحی شده در بخش ۲-۲-۳-۲ در فصل دوم نیز، استفاده شده است که به ازاء پاسخ مثبت به هر کدام از این سؤالات یک مقدار به امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های سطحی اضافه می‌شود. برای یافتن پاسخ سؤالات با تعدادی از کارشناسان بخش استخراج معدن به طور مستقیم گفتگو شد که نظرات دریافت شده به شرح زیر می‌باشد: کانسارهای آهن شامل ترکیبات سولفیدی نظیر گوگرد، فسفر و پیریت می‌باشند و در نتیجه پاسخ سؤال ۱ مثبت است. همچنین، در طی مراحل استخراج و بر هم خوردن تعادل محیط کانی‌های سولفیدی هوازده شده و دچار اکسایش می‌شوند که محصول این اکسایش تشکیل زهاب اسیدی است. بنابراین، پاسخ سؤال ۲ نیز مثبت است. با توجه به نظر کارشناسان زهاب‌های اسیدی معدن تداخلی با آب‌های سطحی منطقه ندارد و لذا پاسخ سؤال ۳ منفی است. همچنین با توجه به اینکه pH زهاب‌های اسیدی در معدن سنگان اندازه‌گیری نمی‌شود، از سؤال ۴ صرف‌نظر شده است. در نهایت، با توجه به اینکه پاسخ دو سؤال مثبت است، دو امتیاز دیگر به امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های سطحی (۱/۲۶) اضافه شد و بنابراین امتیاز ۳/۲۶ برای این فاکتور بدست آمد.

جدول ۳-۴- سناریوهای تعریف شده برای فاکتور تداخل با آب‌های سطحی

اندازه	سناریوها
۰	تداخل وجود ندارد
۱	تداخل با آب‌گیر
۳	تداخل با چشمه‌ها
۵	تداخل با رودخانه فصلی
۷	تداخل با چاه‌های آب شرب

۴-۲-۳-۴- فاکتور مؤثر ۴: تداخل با آب‌های زیرزمینی

برای تعیین امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی در معدن سنگان، جدول ۲-۱۳ بدون درج امتیاز در پرسشنامه معدنی قرار گرفت. پاسخ دهندگان با توجه به سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۱۳ وضعیت سطح ایستابی آب و نفوذپذیری زمین را مشخص کردند. با دریافت نظرات و کمی‌سازی نظرات کیفی، ۲۷ مقدار برای فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی بدست آمد که با میانگین‌گیری از آن‌ها امتیاز ۰/۹۳ برای این فاکتور حاصل شد. نتایج نظرسنجی در پیوست شماره ۲ درج شده است. برای تکمیل امتیاز این فاکتور از سؤالات طراحی شده در بخش ۲-۳-۲-۲-۴ استفاده شد. از آنجا که این سؤالات دقیقاً مشابه سؤالات طراحی شده برای فاکتور تداخل با آب‌های سطحی می‌باشد، لذا سؤال ۴ حذف شد و از پاسخ سه سؤال دیگر برای این فاکتور نیز بهره گرفته شد. بنابراین، با توجه به دو پاسخ مثبت، ۲ مقدار دیگر نیز به امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی (۰/۹۳) اضافه شد و در نتیجه امتیاز ۲/۹۳ برای این فاکتور بدست آمد.

۴-۲-۳-۵- فاکتور مؤثر ۵: پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری

همان‌طور که در فصل دوم بیان شد، جدول ۲-۱۴ مقادیر استاندارد عناصر مضر را برای سه حالت تخلیه در آب‌های سطحی، تخلیه در چاه جاذب و تخلیه در منابع آب با اهداف کشاورزی و آبیاری نشان می‌دهد. هر یک از این عناصر ممکن است در پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری وجود داشته باشند. بنابراین، به منظور استفاده از جدول ۲-۱۴، ابتدا باید محل تخلیه پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری مشخص شود. سپس، باید نوع عناصر مضر موجود در پساب‌های خروجی کارخانه را بدست آورد و با مقادیر استاندارد ارائه شده در این جدول مقایسه کرد.

چاه جاذب، چاه یا حوضچه‌ای است که در نزدیکی سد باطله حفر می‌شود تا دوغاب و شیرابه ناشی از پساب سد باطله در آن تخلیه شود. معمولاً کف و دیواره‌های چاه جاذب با پوشش پلاستیکی محافظت می‌شود تا از نفوذ عناصر مضر به خاک و منابع آب زیرزمینی جلوگیری شود. همچنین، به علت خاصیت اسیدی پساب سد باطله، معمولاً در چاه جاذب آهک می‌ریزند تا با پساب‌ها واکنش داده و خاصیت اسیدی آن‌ها را خنثی کند.

برای بدست آوردن امتیاز فاکتور پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری در معدن سنگ آهن سنگان خواف، به بخش ایمنی و بهداشت معدن (HSE¹) مراجعه شد و پس از گفتگو با کارشناس مربوطه مشخص شد که پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری در سد باطله تخلیه می‌شود. از آنجا که در معدن سنگان چاه جاذب وجود ندارد، لایه‌های سطحی زمین در سد باطله به عنوان چاه جاذب در نظر گرفته

¹Health, Safety and Environmental

شده است و مقادیر عناصر مضر با مقادیر استاندارد ارائه شده برای تخلیه در چاه جاذب مقایسه شده است. از این رو، با توجه به نتایج آنالیز فیزیکی - شیمیایی سد باطله در معدن سنگ آهن سنگان خواف مشخص شد که مقادیر عناصر نیترات (NO_3)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، کروم (Cr)، وانادیم (V)، کبالت (Co) و مولیبدن (Mo) بیشتر از مقدار استاندارد ارائه شده در جدول ۲-۱۴ می باشد. این مقادیر در جدول ۴-۴ درج شده است. در نتیجه، با توجه به مقادیر این عناصر که بیش تر از حد مجاز است، امتیاز ۹ به فاکتور پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری تعلق گرفت. همچنین، با توجه به اینکه سیستم تصفیه باطله و تصفیه ضایعات انسانی در مجتمع سنگان موجود نمی باشد، یک امتیاز دیگر نیز به این فاکتور اضافه شد. بدین ترتیب، فاکتور پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری در معدن سنگ آهن سنگان خواف دارای وضعیت بحرانی و امتیاز ۱۰ می باشد.

نتایج آنالیز فیزیکی و شیمیایی پساب سد باطله در مجتمع سنگ آهن سنگان خواف که توسط شرکت مهندسی مشاور بهره‌ور سازان متین انجام شده، در پیوست شماره ۳ ارائه شده است.

جدول ۴-۴- مقایسه مقادیر عناصر موجود در پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری معدن سنگ آهن سنگان با مقادیر استاندارد ارائه شده در جدول ۲-۱۴

نام عنصر	غلظت عناصر موجود در پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری معدن سنگان ($\frac{mg}{l}$)	غلظت استاندارد برای تخلیه در چاه جاذب ($\frac{mg}{l}$)
نیترات NO_3	۱۲/۳	۱۰
نیکل Ni	۲/۳	۲
سرب Pb	۲/۲	۱
کروم Cr	۵	۱
وانادیم V	۱	۰/۱
کبالت Co	۷/۹	۱
مولیبدن Mo	۰/۳۶	۰/۰۱

۴-۲-۳-۶- فاکتور مؤثر ۶: افزایش در ترافیک منطقه

برای بررسی تأثیر معدن‌کاری بر وضعیت ترافیک در منطقه از جدول ۲-۱۵ استفاده شده است. با توجه به مشاهدات و بررسی‌های میدانی، پس از رونق گرفتن معدن سنگان و افزایش نسبی جمعیت منطقه، میزان تردد خودروهای سبک و سنگین به طور چشمگیری در جاده‌های منطقه که منتهی به معدن هستند، افزایش یافته است. با این وجود برای ارزیابی دقیق‌تر میزان ترافیک منطقه، به اداره راه و ترابری شهرستان خواف مراجعه و پس از دریافت نظرات کارشناسان مختلف و همچنین استفاده از

جدول ۲-۱۵ مشخص شد که ترافیک در منطقه خواف تقریباً بین ۲ تا ۳ برابر افزایش یافته است. بنابراین، با توجه به جدول ۲-۱۵ امتیاز ۷ برای فاکتور افزایش در ترافیک منطقه بدست آمد.

۴-۲-۳-۷- فاکتور مؤثر ۷: انتشار گرد و غبار

برای تعیین امتیاز فاکتور انتشار گرد و غبار، ابتدا باید با استفاده از سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۱۶ امتیاز فاکتور گرد و غبار را برای هر یک از بخش‌های معدن (بخش الف) و همچنین محدوده کارخانه (بخش ب) محاسبه کرد. سپس، با میانگین‌گیری از دو مقدار بدست آمده، امتیاز این فاکتور را بدست آورد [۱۸]. از این رو، به منظور تعیین امتیاز این فاکتور در معدن سنگ آهن سنگان خواف، جدول ۲-۱۶ (بدون درج امتیاز) و بخش‌های الف و ب در پرسشنامه معدنی گنجانده شد. در این پرسشنامه، بخش الف دارای ۵ قسمت (ماشین‌آلات حفاری، انفجار، بارگیری، حرکت کامیون‌ها در جاده (از معدن تا کارخانه یا محل دپو) و گرد و غبار تولید شده از دپوهای باطله و کانسنگ در اثر وزش باد) می‌باشد. همچنین، به دلیل عدم وجود کارخانه ذوب و تصفیه در معدن سنگان، بخش ب دارای ۴ قسمت (حرکت کامیون‌ها در جاده، گرد و غبار تولید شده هنگام انباشت و برداشت مواد از سایت اختلاط، گرد و غبار تولید شده از دپوهای باطله و کانسنگ در اثر وزش باد، گرد و غبار تولیدی هنگام بارگیری کنسانتره) است که برای هر قسمت باید به طور مجزا و با استفاده از جدول ۲-۱۶ یکی از سناریوها را انتخاب کرد. در نتیجه، هر کدام از این قسمت‌ها دارای یک امتیاز می‌شوند. بخش الف دارای ۵ امتیاز و بخش ب دارای ۴ امتیاز مختلف است که با میانگین‌گیری برای هر کدام یک مقدار بدست می‌آید. در نهایت مقدار متوسط بخش‌های الف و ب به عنوان امتیاز نهایی فاکتور گرد و غبار خواهد بود.

پاسخ دهندگان برای هر یک از قسمت‌ها در بخش‌های الف و ب یکی از سناریوهای جدول ۲-۱۶ را انتخاب کردند. در نتیجه، برای هر پرسشنامه، ابتدا مقدار متوسط بخش‌های الف و ب محاسبه شد و سپس، میانگین دو بخش الف و ب به عنوان امتیاز فاکتور بدست آمد. در نهایت نیز، با توجه به تعداد پاسخ دهندگان، ۲۷ مقدار مختلف برای فاکتور بدست آمد که با میانگین‌گیری از آن‌ها امتیاز ۴/۷۸ برای فاکتور انتشار گرد و غبار حاصل شد. نتایج نظرسنجی فاکتور انتشار گرد و غبار در پیوست شماره ۴ ارائه شده است.

۴-۲-۳-۸- فاکتور مؤثر ۸: انتشار آلاینده‌های سمی در هوا

برای بدست آوردن امتیاز فاکتور انتشار آلاینده‌های سمی در هوا می‌توان از جدول‌های ۲-۱۷ و ۲-۱۸ استفاده کرد. در این جدول‌ها مقادیر استاندارد غلظت آلاینده‌های مختلف ذکر شده است. به منظور

استفاده از این جدول‌ها ابتدا باید نوع آلاینده‌هایی که در معدن مورد نظر تولید می‌شود را بدست آورد و سپس با مقادیر استاندارد ارائه شده مقایسه کرد [۱۸]. در نتیجه، برای بدست آوردن امتیاز این فاکتور در معدن سنگ آهن سنگان خواف به بخش ایمنی و بهداشت معدن و کارشناس مربوطه مراجعه شد. پس از بررسی آلاینده‌های تولید شده در این معدن مشخص شد که میزان سیلیس تولید شده در تمامی ایستگاه‌های اندازه‌گیری بیشتر از حد مجاز است. بنابراین، امتیاز ۱۰ برای فاکتور انتشار آلاینده‌های سمی در هوا در نظر گرفته شد. جدول‌های مربوط به اندازه‌گیری میزان تراکم سیلیس در ایستگاه‌های مختلف، در پیوست شماره ۵ آورده شده است.

۴-۲-۳-۹- فاکتور مؤثر ۹: آلودگی صوتی

برای تعیین امتیاز فاکتور آلودگی صوتی در معدن سنگ آهن سنگان خواف، جدول‌های ۲-۱۹، ۲-۲۰، ۲-۲۱ و ۲-۲۲ بدون درج امتیاز در قالب پرسشنامه معدنی در اختیار مهندسين معدن قرار گرفت. تمامی پاسخ دهندگان، از جدول‌های ۲-۲۰ و ۲-۲۲ که به ترتیب برای ارزیابی کیفی فشار سطح صدا در اثر انفجار و فشار سطح صدا در اثر فعالیت ماشین‌آلات در محیط کار طراحی شده‌اند، استفاده کردند. بدین ترتیب، ابتدا برای هر پرسشنامه پس از کمی‌سازی نظرات کیفی، امتیاز فاکتور آلودگی صوتی با میانگین‌گیری از دو مقدار بدست آمده برای انفجار و فعالیت ماشین‌آلات محاسبه شد. سپس، با توجه به تعداد پرسشنامه‌ها، ۲۷ مقدار مختلف برای این فاکتور بدست آمد که با میانگین‌گیری از این مقادیر امتیاز ۴/۴۴ برای فاکتور آلودگی صوتی حاصل شد. نتایج نظرسنجی فاکتور آلودگی صوتی در پیوست ۶ ارائه شده است.

۴-۲-۳-۱۰- فاکتور مؤثر ۱۰: لرزش زمین

برای تعیین امتیاز فاکتور لرزش زمین در معدن سنگ آهن سنگان خواف، از جدول‌های ۲-۲۳، ۲-۲۴ و ۲-۲۵ استفاده شده است. این جدول‌ها بر اساس فاصله ساختمان‌های اصلی و مکان‌های حساس از منطقه آتشیاری طراحی شده‌اند.

برای تعیین دقیق میزان لرزش زمین در معدن سنگ آهن سنگان خواف به بخش ایمنی و بهداشت معدن مراجعه شد و پس از گفتگو با مسئول مربوطه مشخص شد که در این معدن هیچ‌گونه اندازه‌گیری برای تعیین میزان لرزش زمین انجام نشده است. بنابراین، برای تعیین امتیاز این فاکتور، حضور در مکان‌ها و ساختمان‌های حساس در هنگام انجام آتشیاری مد نظر قرار گرفت. فاصله ساختمان‌های اصلی نظیر ساختمان مدیریت، آزمایشگاه، تعمیرگاه، نگهبانی و ... تا محل انفجار در حدود ۶ کیلومتر است. این فاصله سبب شده تا لرزش زمین در این مکان‌ها احساس نشود. با این

وجود، با بسیاری از پرسنل این مکان‌ها و به ویژه مهندسين بخش استخراج در مورد میزان لرزش زمین در هنگام آتشیباری گفتگو شد. با جویا شدن نظرات پرسنل بخش‌های مختلف، مشخص شد که تاکنون هیچ‌گونه لرزشی در هنگام آتشیباری در این مکان‌ها احساس نشده است که می‌توان آن را ناشی از فاصله زیاد این مکان‌ها از منطقه انفجار دانست. بنابراین، با توجه به مشاهدات و بررسی‌های میدانی، امتیاز ۱ برای فاکتور لرزش زمین در نظر گرفته شد.

۴-۲-۳-۱۱- فاکتور مؤثر ۱۱: پرتاب سنگ

برای تعیین امتیاز فاکتور پرتاب سنگ در معدن سنگان، از جدول ۲-۲۶ استفاده شده است. به منظور استفاده از این جدول، انفجار در معدن سنگان و نحوه پرتاب سنگ از نزدیک مشاهده و بررسی شد. همان‌طور که در بخش تعیین امتیاز فاکتور لرزش زمین بیان شد، فاصله ساختمان‌های اداری و مکان‌های حساس از منطقه انفجار تقریباً زیاد است. بنابراین، خطرات پرتاب سنگ این مکان‌ها را تهدید نمی‌کند. همچنین، هیچ‌گونه گزارشی در مورد آسیب دیدگی در اثر پرتاب سنگ در این معدن دریافت نشده است. از طرفی در معدن سنگان، آتشیباری دارای طرح و الگویی منظم می‌باشد و مواد معدنی جمع‌آوری شده و به سنگ شکن‌ها منتقل می‌شوند. همچنین، برای تعیین دقیق‌تر امتیاز فاکتور پرتاب سنگ با تعدادی از مهندسين باتجربه معدن سنگان که در طی چندین سال کار آتشیباری‌های زیادی را انجام داده و مراحل آن را از نزدیک مشاهده کرده‌اند، گفتگو شد. بر طبق نظر این کارشناسان نیز، انفجار با طرح و الگویی منظم انجام شده و پس از آن مواد معدنی جمع‌آوری می‌شوند و تا کنون هیچ‌گونه گزارشی در رابطه با پرتاب سنگ به بخش اداری و ساختمان‌های حساس دریافت نشده است. بدین ترتیب، با توجه به مشاهدات انجام شده، نظرات کارشناسان و بهره‌گیری از جدول ۲-۲۶، امتیاز ۱ به فاکتور پرتاب سنگ تعلق گرفت.

۴-۲-۳-۱۲- فاکتور مؤثر ۱۲: مواد موجود در باطله

در معدن سنگ آهن سنگان خواف، باطله‌های معدنی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است و تاکنون هیچ‌گونه اندازه‌گیری برای شناسایی و تعیین عناصر مضر موجود در دیپوهای باطله انجام نشده است. همچنین، تاکنون میزان pH دیپوهای باطله اندازه‌گیری نشده است و بنابراین به طور دقیق نمی‌توان در مورد خاصیت اسیدی و یا قلیایی این دیپوها بحث کرد. اما از آنجا که ترکیبات سولفیدی مانند گوگرد و پیریت در معدن سنگان موجود می‌باشد و امکان تشکیل زهاب اسیدی در اثر هوازدگی وجود دارد، می‌توان دریافت که دیپوهای باطله نیز می‌توانند دارای خاصیت اسیدی باشند. از این رو، با توجه به نداشتن اطلاعات کافی در مورد دیپوهای باطله، برای بدست آوردن امتیاز فاکتور مواد موجود در

باطله در معدن سنگان، سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۲۷ مورد استفاده قرار گرفته است. این سناریوها با توجه به شرایط منطقه و نوع عناصر موجود در کانسار تا حدودی تغییر یافته و در قالب پرسشنامه معدنی در اختیار مهندسين معدن قرار گرفته است تا از تجربه این کارشناسان در تعیین امتیاز این فاکتور استفاده شود. جدول ۴-۵ نمونه تغییر یافته جدول ۲-۲۷ می باشد که بدون درج امتیاز در پرسشنامه معدنی گنجانده شد. پس دریافت نظرات کارشناسان معدن سنگان و کمی سازی نظرات کیفی، ۲۷ مقدار مختلف برای این فاکتور بدست آمد که با میانگین گیری از آن ها امتیاز ۳ برای فاکتور مواد موجود در باطله حاصل شد. نتایج نظرسنجی برای تعیین امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله در پیوست شماره ۷ ارائه شده است.

جدول ۴-۵- سناریوهای تعریف شده برای تعیین امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله

سناریوها	اندازه
آلودگی کم، مقدار عناصر مضر (گوگرد و فسفر) کمتر از یک درصد است. پتانسیل اسیدی شدن وجود دارد.	۱
آلودگی کم، مقدار عناصر مضر (گوگرد و فسفر) کمتر از یک درصد است. آب و هوا طبیعی نیست (بارش و درجه حرارت نسبتاً زیاد است). خاصیت اسیدی مواد باطله کم است.	۴
آلودگی زیاد، مقدار عناصر مضر (گوگرد و فسفر) بیشتر از یک درصد است. مقدار نمکها بسیار زیاد است.	۷
آلودگی بسیار زیاد، مقدار عناصر مضر (گوگرد و فسفر) در مواد باطله بسیار زیاد است. پتانسیل بالایی برای اسیدیته و شوری شدن وجود دارد.	۱۰

۴-۲-۳-۱۳- فاکتور موثر ۱۳: روش تخلیه مواد باطله

در معدن سنگ آهن سنگان خواف، با توجه به استخراج سنگ آهن از بخش های مختلف از جمله معادن تپه قرمز، باغک، دردوی و ... توسط شرکت های پیمانکار مختلف، نمی توان به طور دقیق در مورد محل تخلیه مواد باطله، عمر سدهای باطله، اندازه گیری غلظت در این سدها، حصارکشی اطراف دیوهای باطله، انجام مطالعات زمین شناسی برای تعیین محل سد باطله و ... اظهار نظر کرد. لذا، برای تعیین امتیاز فاکتور روش تخلیه مواد باطله در معدن سنگان، جدول ۲-۲۸ و سؤالات طراحی شده مربوط به آن در پرسشنامه معدنی قرار گرفت. پس از دریافت نظرات، مقدار این فاکتور برای هر پرسشنامه محاسبه شد. در نتیجه، ۲۷ مقدار مختلف برای این فاکتور بدست آمد که با تعیین مقدار متوسط آن ها، امتیاز ۳/۸۹ برای فاکتور روش تخلیه مواد باطله حاصل شد. نتایج نظرسنجی فاکتور محل تخلیه مواد باطله در پیوست شماره ۸ درج شده است.

۴-۲-۳-۱۴- فاکتور مؤثر ۱۴: میزان اشتغال‌زائی بومی

برای تعیین امتیاز فاکتور میزان اشتغال‌زائی بومی در مجتمع سنگ آهن سنگان خواف، جدول ۲-۲۹ مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور، به بخش کارگزینی معدن و کارشناس مربوطه مراجعه شد. بر طبق نظر کارشناس و همچنین استفاده از جدول ۲-۲۹ میزان پرسنل بومی این مجتمع بین ۲۰ تا ۴۰ درصد برآورد شد. بنابراین، امتیاز ۵ به این فاکتور تعلق گرفت.

۴-۲-۳-۱۵- فاکتور مؤثر ۱۵: کنترل جمعیت

برای تعیین امتیاز فاکتور کنترل جمعیت در محدوده جمعیتی معدن سنگ آهن سنگان خواف، جدول‌های ۲-۳۰، ۲-۳۱، ۲-۳۲ و رابطه ۲-۲ مورد استفاده قرار گرفته است. شهر خواف در قبل از شروع و رونق گرفتن فعالیت‌های مجتمع معدنی سنگان، جزء مناطق محروم و کمتر توسعه یافته بود و شهری کوچک با جمعیت کم محسوب می‌شد. لذا، با توجه به جدول ۲-۳۰ امتیاز ۲ به وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی قبل از فعالیت‌های معدن‌کاری تعلق گرفت (کد A). اما بعد از رونق گرفتن فعالیت معدن، افراد مهاجر زیادی به قصد کار وارد منطقه شدند و با بهبود شرایط اقتصادی، منطقه خواف توسعه یافته و تا حدودی با افزایش جمعیت همراه بوده است. بنابراین، با توجه به جدول ۲-۳۱ امتیاز ۳ به وضعیت محدوده جمعیتی واحد معدنی بعد از فعالیت‌های معدن‌کاری اعطا شد (کد B). همچنین، برای بررسی تأثیر فعالیت‌های معدنی بر تغییر جمعیت (کد C) جدول ۲-۳۲ بدون درج امتیاز در پرسشنامه اجتماعی گنجانده شد. این پرسشنامه در اختیار ۱۷ نفر از افراد کارشناس از جمله شهردار، بخشدار، اعضای شورا شهر، کارشناسان مربوطه در فرمانداری شهرستان و ... قرار گرفت. پس از دریافت نظرات کارشناسان، ۱۷ مقدار مختلف برای کد C بدست آمد که با میانگین‌گیری از آنها امتیاز ۱/۵۳ برای این کد حاصل شد. در نهایت نیز، با استفاده از رابطه ۲-۲ امتیاز ۰/۵۳ برای فاکتور کنترل جمعیت بدست آمد. نتایج مربوط به نظرسنجی تأثیر فعالیت‌های معدنی بر تغییر جمعیت در پیوست شماره ۹ ارائه شده است.

$$\text{فاکتور کنترل جمعیت} = ۰/۵۳ = ۱/۵۳ + (۲-۳) =$$

۴-۲-۳-۱۶- فاکتور مؤثر ۱۶: توسعه فرهنگی و اجتماعی

در راستای ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف، امتیاز فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی نیز تعیین شد. بدین ترتیب که ابتدا جدول‌های ۲-۳۳ و ۲-۳۴ در پرسشنامه اجتماعی قرار گرفت و از پاسخ دهندگان درخواست شد که برای هر کدام از مؤسسات ذکر شده در جدول ۲-۳۳ یکی از سناریوهای جدول ۲-۳۴ را انتخاب کنند. در نهایت، با استفاده از رابطه ۲-۳ مقدار Din برای

هر پرسشنامه و مقدار نهایی آن بدست آمد. سپس، جدول‌های ۲-۳۵ تا ۲-۴۰ و همچنین سؤالات مربوطه در پرسشنامه اجتماعی گنجانده شد. پس از دریافت نظرات افراد کارشناس مقادیر Ct, Bt به ترتیب با استفاده از روابط ۲-۴ و ۲-۵ محاسبه شد. همچنین، با توجه به پاسخ سؤالات طراحی شده مقادیر نهایی Ct, Bt برای هر پرسشنامه بدست آمد. در ادامه نیز، با استفاده از رابطه ۲-۶ مقدار Dci محاسبه شد و با در اختیار داشتن مقادیر Din و Dci برای هر پرسشنامه، مقدار نهایی فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی با استفاده از رابطه ۲-۷ بدست آمد. در نهایت نیز، با توجه به تعداد پرسشنامه‌ها، ۱۷ مقدار مختلف برای فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی بدست آمد که با میانگین‌گیری از این مقادیر، امتیاز ۰/۲- برای این فاکتور حاصل شد. نتایج نظرسنجی فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی که شامل امتیاز نهایی این فاکتور برای هر پرسشنامه است در پیوست شماره ۱۰ ارائه شده است.

۴-۲-۳-۱۷- فاکتور مؤثر ۱۷: ناپایداری فضاهای ایجاد شده

برای تعیین امتیاز فاکتور ناپایداری فضاهای ایجاد شده در معدن سنگ آهن سنگان خواف، پس از انجام مراحل آتشباری و بارگیری مواد معدنی، دیواره‌ها مورد بررسی و مشاهده قرار گرفت و مشخص شد که دیواره‌ها نیاز به نگهداری یا کاهش شیب ندارند و ساختار پایدار است. همچنین برای اطمینان بیشتر و ارزیابی دقیق‌تر امتیاز فاکتور ناپایداری فضاهای ایجاد شده، با تعدادی از مهندسين باتجربه معدن در مورد پایداری دیواره‌ها گفتگو شد. بر طبق نظر این کارشناسان نیز، فضاهای ایجاد شده بعد از انفجار پایدار هستند. بنابراین، با توجه به سناریوهای تعریف شده در جدول ۲-۴۱ امتیاز صفر به فاکتور ناپایداری فضاهای ایجاد شده تعلق گرفت.

۴-۲-۳-۱۸- فاکتور مؤثر ۱۸: تمهیدات زیست‌محیطی

برای تعیین امتیاز فاکتور تمهیدات زیست‌محیطی در معدن سنگ آهن سنگان خواف، از سؤالات طراحی شده در بخش ۲-۲-۳-۲-۱۹ و همچنین رابطه ۲-۸ استفاده شده است. رابطه ۲-۸ بر اساس تعداد پاسخ‌های مثبت و منفی تعریف شده است.

با توجه به مشاهدات و بررسی‌های میدانی، حداقل در ۱۰٪ از مساحت منطقه معدن پوشش گیاهی شامل بوته‌های کوتاه قد بیابانی، درختچه‌های بنه، پسته وحشی و... وجود دارد. در این میان، مناطق دردوی و باغک با داشتن طبیعت بکر و پوشش گیاهی مناسب، در قبل از شروع عملیات بهره‌برداری به عنوان مکانی تفریحی مورد استقبال عموم قرار می‌گرفت. اما امروزه جز مناطق اصلی استخراج سنگ آهن در معدن به شمار می‌روند. بنابراین پاسخ سؤال یک مثبت است.

دومین سؤال در مورد وجود واحد تحقیق و توسعه در معدن است که این واحد در مجتمع سنگان وجود دارد.

برای یافتن پاسخ سؤالاتی در مورد استانداردهای زیست‌محیطی (سؤال سوم) و رعایت مقررات زیست‌محیطی در معدن سنگان (سؤال هفتم)، گفتگو با کارشناس مربوطه در واحد HSE و ارزیابی‌های میدانی مورد استفاده قرار گرفته است. بدین ترتیب برای یافتن پاسخ سؤال سوم، به بخش ایمنی و بهداشت معدن و کارشناس مربوطه مراجعه شد و پس از گفتگو و شنیدن نظرات کارشناس مشخص شد که در مجتمع سنگان تاکنون برای اجرای مجموعه استانداردهای زیست‌محیطی ISO هیچ‌گونه اقدامی صورت نگرفته است. مجموعه استانداردهای زیست‌محیطی ISO روش‌های عمومی را برای مدیریت یک سازمان یا پروژه با توجه به مسئولیت اجتماعی و قانونی آن در قبال محیط‌زیست بیان می‌کند که طی آن سازمان کم‌ترین آسیب را به محیط‌زیست وارد کند، به طوری که اصول توسعه پایدار در فعالیتهای سازمان لحاظ شود. این استانداردها مزایایی از قبیل حفظ منابع طبیعی، ایمنی و بهداشت، مدیریت پسماندها، کاهش مصرف منابع، بازیافت، توسعه پایدار و... را به دنبال دارد. در زمینه رعایت مقررات زیست‌محیطی، با توجه به حضور در معدن و مشاهدات و بررسی‌های میدانی، تاکنون هیچ‌گونه اقدام عملی در این راستا مشاهده نشده است. به عنوان مثال، برای احیاء پوشش گیاهی بومی منطقه که در اثر عملیات استخراج تخریب شده است، هیچ‌گونه اقدامی صورت نگرفته است. همچنین، نظارت و کنترل دقیقی بر سدهای باطله صورت نمی‌گیرد و نوع عناصر مضر این سدها تاکنون شناسایی نشده است. بنابراین، پاسخ سؤالات سه و هفت منفی است.

در معدن سنگان، پس از گفتگو با مهندسين بخش استخراج و دریافت نظرات آنها مشخص شد که هیچ‌گونه طرح و برنامه خاصی برای بازسازی واحدهای استخراج پس از اتمام بهره‌برداری وجود ندارد. همچنین، از آنجا که عمر تقریبی معادن سنگ آهن سنگان حدود ۴۰۰ سال تخمین زده شده است، تا کنون هیچ‌گونه طرح و برنامه خاصی برای بازسازی کل معدن و پیت‌هایی که در آینده تشکیل خواهد شد، ارائه نشده است. بنابراین، پاسخ سؤالات چهار و شش منفی است.

از آنجا که در معدن سنگان، هیچ‌گونه سیستم و ساختاری برای تصفیه پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی و انسانی وجود ندارد، لذا پاسخ سؤالات نه و ده نیز منفی است.

با توجه به وجود واحد HSE در مجتمع سنگ آهن سنگان، مقررات ایمنی و بهداشتی در تمام بخش‌های معدن به ویژه کارخانه فرآوری و واحدهای استخراج مورد توجه قرار گرفته است و تمام تلاش بر این است تا این مقررات به طور کامل رعایت شود. بنابراین، پاسخ سؤال پنج مثبت است.

در معدن سنگان، اخیراً تعدادی ماشین مکنده مخصوص برای جمع‌آوری گرد و غبار و ریزگردها خریداری شده است. لذا، پاسخ سؤال هشت نیز مثبت است.

در نهایت، با استفاده از سؤالات طراحی شده که دارای چهار پاسخ مثبت و شش پاسخ منفی هستند و بهره‌گیری از رابطه ۲-۸ امتیاز ۲ برای فاکتور تمهیدات زیست‌محیطی بدست آمد.
 $۲ = ۶ - ۴ =$ (تعداد پاسخ‌های مثبت) - (تعداد پاسخ‌های منفی) = امتیاز فاکتور تمهیدات زیست‌محیطی

۴-۲-۳-۱۹- فاکتور مؤثر ۱۹: روشنایی

برای تعیین سطح روشنایی و میزان نور در محیط کار معدن و همچنین کارخانه فرآوری به بخش ایمنی و بهداشت معدن و کارشناس مربوطه مراجعه شد. پس از بررسی اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمینه روشنایی، مشخص شد که این اندازه‌گیری‌ها در سال ۱۳۸۳ انجام شده و تاکنون دوباره مورد بازبینی قرار نگرفته است. اکثر این اندازه‌گیری‌ها در داخل ساختمان‌ها و در دفاتر کار به ثبت رسیده بود. همچنین، در آن زمان کارخانه فرآوری هنوز احداث نشده بود. بنابراین، این اندازه‌گیری‌ها برای تعیین امتیاز فاکتور روشنایی در محیط کار معدن و کارخانه فرآوری کارآمد نبود. از این رو، به منظور بدست آوردن امتیاز فاکتور روشنایی در معدن سنگان، جدول‌های ۲-۴۳ و ۲-۴۵ که به ترتیب برای ارزیابی کیفی فاکتور روشنایی در محیط کار کارخانه فرآوری و محیط کار معدن روباز طراحی شده‌اند، مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور، برای تعیین امتیاز فاکتور روشنایی در محیط کار معدن و بخش استخراج، جدول ۲-۴۵ بدون درج امتیاز در پرسشنامه معدنی قرار گرفت. پس از دریافت پرسشنامه‌ها و کمی‌سازی نظرات کیفی امتیاز ۳/۸ برای فاکتور روشنایی در محیط کار معدن بدست آمد. همچنین برای بدست آوردن امتیاز فاکتور روشنایی در کارخانه فرآوری، با تعدادی از کارکنان و مهندسین این بخش گفتگو شد و در نهایت با استفاده از جدول ۲-۴۳ امتیاز ۲/۵ برای این بخش بدست آمد. در نهایت نیز، با میانگین‌گیری از دو مقدار بدست آمده امتیاز ۳/۱۵ برای فاکتور روشنایی در مجتمع معدنی سنگان حاصل شد. نتایج مربوط به نظرسنجی فاکتور روشنایی در محیط کار معدن روباز در پیوست شماره ۱۱ درج شده است.

۴-۲-۴- امتیاز نهایی فاکتورهای مؤثر

همان‌طور که در بخش ۴-۲-۳ ملاحظه شد، در راستای ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف تمامی فاکتورهای مؤثر امتیازدهی شده‌اند که در این راستا از تجربه و تخصص مهندسین معدن سنگ آهن سنگان خواف، بررسی‌ها و مشاهدات میدانی و همچنین تجربه افراد آشنا

با مسائل اجتماعی از قبیل شهردار، اعضای شورا شهر، بخشدار و ... استفاده شده است. جدول ۴-۶ امتیازات نهایی فاکتورهای مؤثر معدن سنگان را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۶- امتیاز فاکتورهای مؤثر معدن سنگ آهن سنگان خواف

امتیاز	فاکتورهای مؤثر
۱/۵	۱. تغییر در کاربری منطقه
۳/۷	۲. وضعیت رویت محدوده معدن کاری
۳/۲۶	۳. تداخل با آب های سطحی
۲/۹۳	۴. تداخل با آب های زیرزمینی
۱۰	۵. پساب های خروجی از کارخانه
۷	۶. افزایش در ترافیک منطقه
۴/۷۸	۷. انتشار گرد و غبار
۱۰	۸. انتشار آلاینده های سمی در هوا
۴/۴۴	۹. آلودگی صوتی
۱	۱۰. لرزش زمین
۱	۱۱. پرتاب سنگ
۳	۱۲. مواد موجود در باطله
۳/۸۹	۱۳. روش تخلیه مواد باطله
۵	۱۴. میزان اشتغال زایی بومی
۰/۵۳	۱۵. کنترل جمعیت
-۰/۲	۱۶. توسعه فرهنگی و اجتماعی
۰	۱۷. ناپایداری فضاهای ایجاد شده
۲	۱۸. تمهیدات زیست محیطی
۳/۱۵	۱۹. روشنایی

۴-۲-۵- تشکیل ماتریس مقادیر وزنی

در این مرحله، باید تأثیر فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی را بررسی کرد. این کار با استفاده از روش ماتریس انجام می‌شود که در آن یک بعد ماتریس فاکتورهای مؤثر و بعد دیگر آن مؤلفه‌های زیست‌محیطی است. تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه زیست‌محیطی توسط شش عبارت، بی تأثیر (N^1)، بسیار کم (VL^2)، کم (L^3)، متوسط (M^4)، زیاد (H^5) و بسیار زیاد (VH^6) و به ترتیب به صورت مقادیر کمی ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ بیان می‌شود.

¹ Nil

² Very Low

³ Low

⁴ Medium

⁵ High

⁶ Very High

در این بخش نیز، پرسشنامه‌ای در قالب یک ماتریس طراحی شد و در اختیار افراد متخصص قرار گرفت. در این پرسشنامه ماتریسی که فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی ابعاد آن را تشکیل می‌دهند، از پاسخ دهندگان خواسته شد تا با استفاده از عبارات تعیین شده، تأثیر فاکتورهای مؤثر را بر هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی تعیین کنند. این پرسشنامه در دو بخش معدنی و اجتماعی تهیه و در اختیار افراد کارشناس قرار گرفت. پس از دریافت نظرات و کمی‌سازی نظرات کیفی میزان تأثیر فاکتورهای مؤثر بر هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی مشخص شد. این نتایج در جدول ۴-۷ درج شده است.

جدول ۴-۷- ماتریس مقادیر وزنی ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف

مؤلفه‌های زیست‌محیطی											فاکتورهای مؤثر	
خاک منطقه	مسائل اقتصادی	آرامش صوتی	چشم انداز منطقه	تأسیسات سطحی	اکولوژی	کاربری منطقه	کیفیت هوا	آب‌های زیرزمینی	آب‌های سطحی	مسائل اجتماعی		سلامت و ایمنی انسان
۳	۰	۲	۴	۱	۳	۴	۳	۴	۲	۳	۱	تغییر در کاربری منطقه
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	وضعیت رویت محدوده معدن کاری
۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۳	۳	۰	۱	تداخل با آب‌های سطحی
۲	۲	۰	۰	۱	۲	۲	۰	۴	۰	۲	۳	تداخل با آب‌های زیرزمینی
۲	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۳	۰	۰	۲	پساب‌های خروجی کارخانه
۰	۱	۲	۱	۰	۰	۲	۵	۰	۰	۱	۳	افزایش در ترافیک منطقه
۰	۳	۰	۳	۳	۲	۳	۵	۰	۰	۲	۴	انتشار گرد و غبار
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۵	۲	۰	۰	۲	انتشار آلاینده‌های سمی در هوا
۰	۰	۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	آلودگی صوتی
۱	۰	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	لرزش زمین
۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	پرتاب سنگ
۳	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۲	۳	۱	۰	۲	مواد موجود در باطله
۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	روش تخلیه مواد باطله
۰	۴	۳	۰	۲	۰	۲	۰	۰	۰	۴	۱	میزان اشتغال‌زایی بومی
۰	۳	۲	۰	۳	۰	۳	۴	۲	۰	۴	۲	کنترل جمعیت
۰	۳	۲	۰	۲	۰	۲	۰	۱	۰	۴	۲	توسعه فرهنگی و اجتماعی
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	ناپایداری فضاهای ایجاد شده
۳	۴	۳	۴	۲	۳	۵	۲	۲	۲	۳	۳	تمهیدات زیست محیطی
۰	۱	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	روشنایی
۱۶	۲۰	۱۸	۲۲	۱۵	۱۶	۲۸	۲۷	۲۴	۸	۲۳	۲۸	مجموع

۴-۲-۶- بی مقیاس سازی

به منظور نرمال سازی ماتریس مقادیر وزنی، عناصر بردار ستونی با هم جمع و هر یک از این عناصر بر این مجموع تقسیم می شود. همچنین با توجه به بازه در نظر گرفته شده برای محدوده امتیاز فاکتورهای مؤثر، مقادیر بدست آمده در عدد ۱۰ ضرب شده اند که نتایج در جدول ۴-۸ ارائه شده است. در این جدول تمامی اعداد تا دو رقم اعشار گرد شده اند.

۴-۲-۷- ارزیابی آثار زیست محیطی

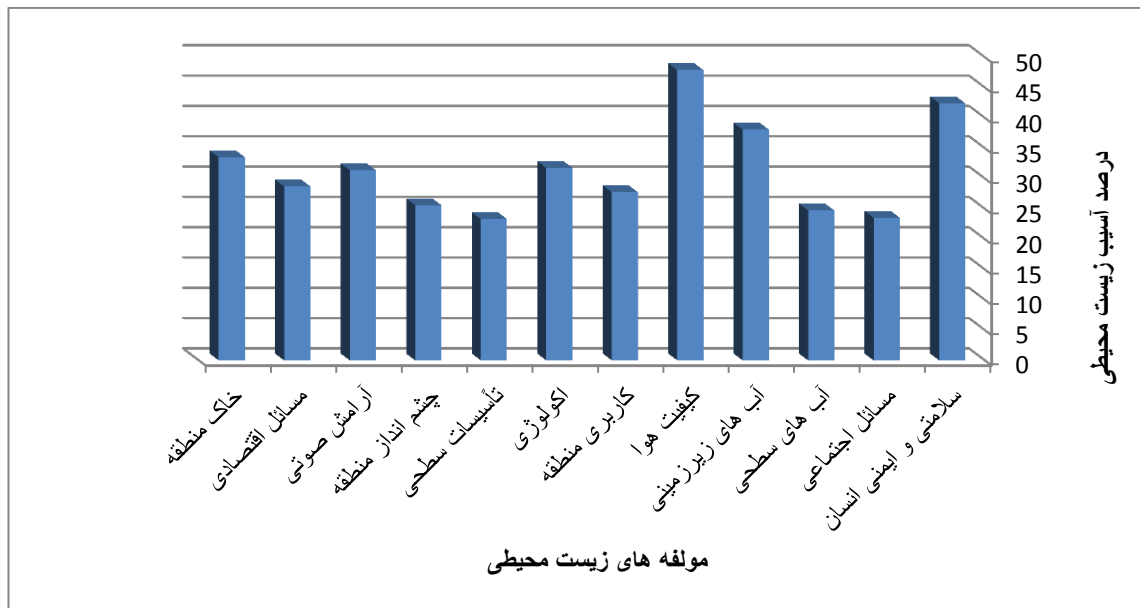
به منظور بدست آوردن امتیاز تأثیر هر مؤلفه زیست محیطی، باید امتیاز بدست آمده برای هر فاکتور مؤثر را در ردیف مربوط به آن در ماتریس مقادیر وزنی ضرب کرد. بدین ترتیب تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر یک از مؤلفه های زیست محیطی بدست می آید. به عنوان مثال، مقدار وزنی برای فاکتور تغییر در کاربری منطقه با توجه به مؤلفه سلامت و ایمنی انسان برابر $0/54$ ($0/36 \times 1/5 = 0/54$) است. در ماتریس بدست آمده مجموع اعداد هر ستون آن بیانگر درصد آسیب زیست محیطی برای هر مؤلفه زیست محیطی می باشد که نتایج در جدول ۴-۹ و شکل ۴-۱ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود، مؤلفه های کیفیت هوا، سلامتی و ایمنی انسان، آب های زیرزمینی و خاک منطقه به ترتیب با امتیازهای $47/88$ ، $42/42$ ، $38/05$ و $33/51$ درصد، بیش از سایر مؤلفه ها دچار آسیب شده اند.

جدول ۴-۸- ماتریس مقادیر وزنی نرمال سازی شده برای ارزیابی آثار زیست محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف

مؤلفه‌های زیست محیطی	سلامت و ایمنی انسان	مسائل اجتماعی	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی	کیفیت هوا	کاربری منطقه	اکولوژی	ثابسیات سطحی	چشم انداز منطقه	آرامش صوتی	مسائل اقتصادی	خاک منطقه
تغییر در کاربری منطقه	VL	M	L	H	M	H	M	VL	H	L	N	M
	۰/۳۶	۱/۳	۲/۵	۱/۶۷	۱/۱۱	۱/۴۳	۱/۸۸	۰/۶۷	۱/۸۲	۱/۱۱	۰	۱/۸۸
وضعیت رویت محدوده معدن کاری	N	N	N	N	N	N	N	N	VL	N	N	N
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۵	۰	۰	۰
تداخل با آب‌های سطحی	VL	N	M	M	N	VL	VL	N	VL	N	N	VL
	۰/۳۶	۰	۳/۷۵	۱/۲۵	۰	۰/۳۶	۰/۶۳	۰	۰/۴۵	۰	۰	۰/۶۳
تداخل با آب‌های زیرزمینی	M	L	N	N	H	L	L	VL	N	N	L	L
	۱/۰۷	۰/۸۷	۰	۱/۶۷	۰	۰/۷۱	۱/۲۵	۰/۶۷	۰	۰	۱	۱/۲۵
پساب‌های خروجی کارخانه	L	N	N	N	M	N	N	N	VL	N	N	L
	۰/۷۱	۰	۰	۱/۲۵	۰	۰	۰	۰	۰/۶۳	۰	۰	۱/۲۵
افزایش در ترافیک منطقه	M	VL	N	N	N	L	VH	N	N	L	VL	N
	۱/۰۷	۰/۴۳	۰	۱/۸۵	۰	۰/۷۱	۱/۸۵	۰	۰/۴۵	۱/۱۱	۰/۵	۰
انتشار گرد و غبار	H	L	N	N	VH	M	L	M	M	N	M	N
	۱/۴۳	۰/۸۷	۰	۱/۸۵	۱/۰۷	۱/۲۵	۲	۱/۳۶	۱/۵	۰	۰	۰
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	L	N	N	N	L	VH	VH	N	N	N	N	N
	۰/۷۱	۰	۰	۱/۸۵	۰/۸۳	۰/۳۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آلودگی صوتی	VL	N	N	N	N	N	N	N	VL	H	N	N
	۰/۳۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۶۳	۲/۲۲	۰	۰
لرزش زمین	N	N	N	N	N	N	N	N	VL	N	N	VL
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۶۳	۰	۰	۰/۶۳
پرتاب سنگ	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مواد موجود در باطله	L	N	VL	M	L	VL	L	VL	N	N	N	M
	۰/۷۱	۰	۱/۲۵	۱/۲۵	۰/۷۴	۰/۳۶	۱/۲۵	۰/۲۴	۱/۲۵	۱/۲۵	۰	۱/۸۸
روش تخلیه مواد باطله	N	N	N	N	N	N	N	N	VL	N	N	VL
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۷	۰	۰	۰/۶۳
میزان اشتغال زایی بومی	VL	H	N	N	L	N	L	N	N	N	H	N
	۰/۳۶	۱/۷۴	۰	۰	۰/۷۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۷۴	۰
کنترل جمعیت	L	H	N	N	M	M	H	L	N	M	L	N
	۰/۷۱	۱/۷۴	۰	۱/۴۸	۱/۰۷	۰	۱/۴۸	۰/۸۳	۰	۱/۵	۱/۱۱	۰
توسعه فرهنگی و اجتماعی	L	H	N	N	L	N	N	VL	N	N	L	M
	۰/۷۱	۱/۷۴	۰	۰	۰/۷۱	۰	۰	۰/۴۲	۰	۱/۱۱	۱/۵	۰
ناپایداری فضاهای ایجاد شده	N	N	N	N	N	N	N	N	VL	N	N	N
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۵	۰	۰	۰
تمهیدات زیست محیطی	M	M	L	L	M	VH	L	L	M	M	H	M
	۱/۰۷	۱/۳	۲/۵	۰/۸۳	۰/۷۴	۱/۷۹	۱/۸۸	۱/۳۳	۱/۸۲	۱/۶۷	۱/۵	۱/۸۸
روشنایی	VL	N	N	N	N	N	N	N	N	N	VL	N
	۰/۳۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰
مجموع	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

جدول ۴-۹- تأثیرات کلی فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی در معدن سنگ آهن سنگان خواف

مؤلفه‌های زیست‌محیطی	سلامت و ایمنی انسان	مسائل اجتماعی	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی	کیفیت هوا	کاربری منطقه	اکولوژی	تأسیسات سطحی	چشم انداز منطقه	آرامش صوتی	مسائل اقتصادی	خاک منطقه	فاکتورهای مؤثر
تغییر در کاربری منطقه	۰/۵۴	۱/۹۵	۳/۷۵	۲/۵۱	۱/۶۷	۲/۱۵	۲/۸۲	۱/۰۱	۲/۷۳	۱/۶۷	۰	۲/۸۲	
وضعیت رویت محدوده معدن کاری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۶۷	۰	۰	۰	
تداخل با آب‌های سطحی	۱/۱۷	۰	۱۲/۲۳	۴/۰۸	۰	۱/۱۷	۲/۰۵	۰	۱/۴۷	۰	۰	۲/۰۵	
تداخل با آب‌های زیرزمینی	۳/۱۴	۲/۵۵	۰	۴/۸۹	۰	۲/۰۸	۳/۶۶	۱/۹۶	۰	۰	۲/۹۳	۳/۶۶	
پساب‌های خروجی کارخانه	۷/۱	۰	۰	۱۲/۵	۰	۰	۶/۳	۰	۰	۰	۰	۱۲/۵	
افزایش در ترافیک منطقه	۷/۴۹	۳/۰۱	۰	۰	۱۲/۹۵	۴/۹۷	۰	۰	۳/۱۵	۷/۷۷	۳/۵	۰	
انتشار گرد و غبار	۶/۸۴	۴/۱۶	۰	۰	۸/۸۴	۵/۱۱	۵/۹۸	۹/۵۶	۶/۵	۰	۷/۱۷	۰	
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	۷/۱	۰	۰	۸/۳	۱۸/۵	۳/۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
آلودگی صوتی	۱/۶	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۸	۰	۰	۹/۸۶	۰	۰	
لرزش زمین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۹۱	۰	۰	۰/۶۳	
پرتاب سنگ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۱	۰	۰	۰	
مواد موجود در باطله	۲/۱۳	۰	۳/۷۵	۳/۷۵	۲/۲۲	۱/۰۸	۳/۷۵	۰	۰	۰	۰	۵/۶۴	
روش تخلیه مواد باطله	۰	۰	۰	۰	۱/۴۴	۰	۰	۰	۱/۷۵	۰	۰	۲/۴۵	
میزان اشتغال‌زایی بومی	۱/۸	۸/۷	۰	۰	۰	۳/۵۵	۰	۶/۶۵	۰	۸/۳۵	۱۰	۰	
کنترل جمعیت	۰/۳۸	۰/۹۲	۰	۰/۴۴	۰/۷۸	۰/۵۷	۰	۱/۰۶	۰	۰/۵۹	۰/۸	۰	
توسعه فرهنگی و اجتماعی	-۰/۱۴	-۰/۳۵	۰	-۰/۰۸	۰	-۰/۱۴	۰	-۰/۲۷	۰	-۰/۲۲	-۰/۳	۰	
ناپایداری فضاها ایجاد شده	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
تمهیدات زیست محیطی	۲/۱۴	۲/۶	۵	۱/۶۶	۱/۴۸	۳/۵۸	۳/۷۶	۲/۶۶	۳/۶۴	۳/۳۴	۳	۳/۷۶	
روشنایی	۱/۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۸۷	۰	۱/۵۸	۰	
مجموع	۴۲/۴۲	۲۳/۵۴	۲۴/۷۳	۳۸/۰۵	۴۷/۸۸	۲۷/۷۲	۳۱/۷۵	۲۳/۳	۲۵/۶	۳۱/۳۶	۲۸/۶۸	۳۲/۵۱	



شکل ۴-۱- نمودار ارزیابی درصد آسیب مؤلفه های زیست محیطی در معدن سنگ آهن سنگان خواف

۴-۳- ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف

به منظور ارزیابی توسعه پایدار در معادن، ابتدا باید ارزیابی آثار زیست محیطی انجام شود. همان گونه که در بخش ۴-۲ ملاحظه شد، ارزیابی آثار زیست محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف با روش اصلاح شده فولچی انجام شده است. این نتایج که مبنای کاربرد مدل در محاسبات سطح و ماهیت توسعه پایدار در معدن می باشد، در سطر آخر جدول ۴-۹ ارائه شده است.

پس از بدست آوردن نتایج ارزیابی آثار زیست محیطی، باید مؤلفه های زیست محیطی به دو گروه مؤلفه های محیطی (E) و مؤلفه های انسانی (H_{NI}) تقسیم بندی شوند. مؤلفه های محیطی و انسانی معدن سنگ آهن سنگان خواف به شرح زیر می باشد.

مؤلفه های محیطی (E) عبارتند از:

- اتمسفر: کیفیت هوا (A₁)، آرامش صوتی (A₂)
- بیوسفر: اکولوژی (B₁)
- هیدروسفر: آب های سطحی (H₁)، آب های زیرزمینی (H₂)
- لیتوسفر: کاربری منطقه (L₁)، تأسیسات سطحی (L₂)، چشم انداز منطقه (L₃)، خاک منطقه (L₄)

مؤلفه های انسانی (H_{NI}) عبارتند از: سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1})، مسائل اجتماعی (H_{NI2}) و مسائل اقتصادی (H_{NI3}).

برای بدست آوردن مقادیر مؤلفه‌های محیطی و مؤلفه‌های انسانی می‌توان از روابط ۱۷-۲ و ۱۸-۲ استفاده کرد. بنابراین، ابتدا باید مقادیر حداکثر مؤلفه‌های محیطی و انسانی تعیین شود. از آنجا که مقدار ماکزیمم برای هر مؤلفه محیطی و انسانی ۱۰۰ (درصد) در نظر گرفته شده است، لذا، مقادیر A_{max} ، B_{max} ، H_{max} ، L_{max} ، E_{max} و $H_{NI_{max}}$ با توجه به تعداد مؤلفه‌های آن‌ها به ترتیب ۲۰۰، ۴۰۰، ۹۰۰ و ۳۰۰ می‌باشد.

حال، با استفاده از نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف، روابط ۱۷-۲ و ۱۸-۲ و همچنین مقادیر ماکزیمم مؤلفه‌های محیطی و انسانی، می‌توان مقادیر E و H_{NI} را محاسبه کرد.

$$E = \frac{E_{max} - \sum E}{\sum E_{max}}$$

$$= \frac{(\sum A_{max} - (A_1 + A_2)) + (\sum B_{max} - (B_1)) + (\sum H_{max} - (H_1 + H_2)) + (\sum L_{max} - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4))}{\sum A_{max} + \sum B_{max} + \sum H_{max} + \sum L_{max}}$$

$$E = \frac{(120.76) + (68.25) + (137.22) + (289.87)}{200 + 100 + 200 + 400} = \frac{616.197}{900} = 0.6845$$

$$H_{NI} = \frac{(42.42 + 23.54) + (100 - 28.68)}{300} = \frac{137.28}{300} = 0.4576$$

اکنون با توجه به مقادیر E و H_{NI} می‌توان پایداری پروژه را مورد بررسی قرار داد. بدین ترتیب که اگر مقدار بدست آمده برای E بزرگتر از مقدار بدست آمده برای H_{NI} باشد، پروژه پایدار و اگر کوچکتر مساوی آن باشد پروژه ناپایدار است. با توجه به مقادیر محاسباتی برای معدن سنگ آهن سنگان خواف، $E > H_{NI}$ ($0.6845 > 0.4576$) است و لذا پروژه پایدار ارزیابی می‌شود.

$$E > H_{NI} \leftrightarrow S > 0$$

در نهایت با بکارگیری رابطه ۱۹-۲، میزان پایداری (S) معدن سنگ آهن سنگان خواف محاسبه شده است که میزان پایداری آن برابر ۰/۲۲۶۹ است.

$$S = E - H_{NI} = 0.6845 - 0.4576 = 0.2269$$

همچنین، مقایسه مقدار محاسبه شده S و محدوده مشخص شده در جدول ۵۱-۲ نشان می‌دهد که میزان پایداری معدن سنگ آهن سنگان خواف در کلاس خیلی ضعیف قرار دارد. از این رو، باید با انجام اقدامات پیشگیرانه، مشکلات زیست‌محیطی معدن را کاهش داد و سطح پایداری آن را بالاتر برد.

۴-۴- اقدامات پیشگیرانه برای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی معدن سنگ

آهن سنگان خواف

همان‌طور که در بخش ۴-۳ ملاحظه شد، معدن سنگ آهن سنگان خواف از نظر پایداری در کلاس خیلی ضعیف قرار دارد که این شرایط را می‌توان ناشی از درصد آسیب بالا برای برخی از مؤلفه‌های زیست‌محیطی دانست.

نظر به این که مؤلفه‌های کیفیت هوا، سلامت و ایمنی انسان، آب‌های زیرزمینی و خاک منطقه به ترتیب با امتیازهای ۴۷/۸۸، ۴۲/۴۲، ۳۸/۰۵ و ۳۳/۵۱ درصد، نسبت به سایر مؤلفه‌ها امتیاز بیشتری را در ارزیابی آثار زیست‌محیطی کسب کرده‌اند، باید مورد عنایت ویژه قرار گیرند. بدین منظور، اقدامات پیشگیرانه زیر ضروری به نظر می‌رسد.

- برای کاهش آثار زیست‌محیطی عملیات معدن‌کاری وضع قوانین سخت‌گیرانه در مورد تخلیه و دپو مواد باطله در جلوگیری از آلودگی آب‌ها و پخش مواد مضر در هوا مؤثر خواهد بود. مانند لایحه هوا پاک، آب پاک، حفاظت و بازیافت منابع و ... که در ایالات متحده آمریکا رعایت می‌شود. در حالی که در کشورهای در حال توسعه عملیات استخراج مواد معدنی و دپو باطله‌ها مشمول قوانین چندانی نمی‌شود و حتی اگر قوانینی باشد به خوبی اجرا نمی‌شود.
- استخراج محدوده‌های معدنی با درصد وزنی بالا که تناژ باطله تولیدی آن‌ها کاهش یابد.
- تدفین باطله در محل‌های گودبرداری شده (محدوده استخراج شده قبلی)
- استفاده از بادشکن‌ها در محل دپو باطله
- تثبیت‌کننده‌های گرد و غبار
- استفاده از آب‌فشان در محل خروجی هر نوار نقاله
- توسعه فضای سبز و درخت‌کاری در اطراف معدن: درختان می‌توانند نقش مهمی در کاهش آلودگی هوا داشته باشند. توده‌های گرد و غباری که به وسیله باد حمل می‌شود، در اثر برخورد با گیاهان رسوب کرده و از غلظت آن کم می‌شود. به علاوه گیاهان با ایجاد مانع از سرعت باد کاسته و با نفوذ ریشه‌ها در خاک باعث حفظ خاک شده و از فرسایش و حرکت ذرات خاک می‌کاهند.
- کنترل و نظارت بیشتر بر سدهای باطله و پوشش‌گذاری کف این سدها
- حصول اطمینان از ایمنی خطوط لوله و پمپ مورد نظر برای انتقال باطله‌ها. این خطوط عموماً تخریب شده و خسارت‌هایی را به محیط‌زیست می‌زنند.

- ایمنی و پایداری خاکریز سد باطله که تابعی از ارتفاع خاکریز، شیب خاکریز، مقاومت و فشردگی مواد مصرفی برای ساخت خاکریز، نفوذپذیری خاکریز، مقاومت و فشردگی پی خاکریز و در نظر گرفتن ارتفاع خارج از آب کافی برای اطمینان از سرریز نشدن آب است.
- در نظر گرفتن ارتفاع مناسب برای خاکریز سد باطله برای جلوگیری از سرریز شدن آب
- مهم‌ترین مسأله در سدهای باطله آلودگی آب است. برای کنترل آلودگی بایستی پالایش آب در سد باطله مورد توجه قرار گیرد. میزان آب ورودی از فرآیند به سد باطله، آب بازگشتی به کارخانه، آب باران‌های شدید، بارندگی برف و باران، آب ناشی از مخزن سد، آب‌های فرو رو و آب‌های تبخیر شده باید مورد توجه قرار گیرند.
- تأکید ویژه بر رعایت نکات ایمنی در معدن و محدوده کارخانه
- ملزم کردن کارکنان به استفاده از ماسک‌های استاندارد در کارخانه فرآوری
- رعایت استانداردهای مجاز ارائه شده در زمینه ایجاد سر و صدا
- عدم استفاده از منابع آب زیرزمینی برای تأمین آب مورد نیاز کارخانه
- تصفیه فاضلاب شهری و به کارگیری آن برای تأمین آب مورد نیاز کارخانه
- از آنجا که شیب منطقه به سمت کشور افغانستان است، در هنگام بارندگی آب‌هایی که در کانال‌ها و رودخانه‌های فصلی جریان پیدا می‌کنند، از کشور خارج می‌شوند. بنابراین، می‌توان با حفر چاه‌هایی در نقطه صفر مرزی آب مورد نیاز کارخانه و دیگر بخش‌های معدن را تأمین کرد.

فصل پنجم:

نتیجہ گیری و پیشہادات

۵-۱- مقدمه

معدن کاری از جمله فعالیت‌های اولیه انسان و از پایه‌های اصلی توسعه بشری محسوب می‌شود که نقش بسزایی در پیشرفت زندگی بشر داشته است. امروزه نیز، معادن و صنایع معدنی از پویاترین بخش‌های صنعتی در جهان به شمار می‌روند. معادن می‌توانند بخش مهمی در بسیاری از طرح‌های توسعه ملی باشند و سهم قابل ملاحظه‌ای در اقتصاد کشورهای در حال توسعه داشته باشند. در عین حال، فعالیت‌های معدنی به علت تولید مواد زائد خطرناک متعدد و آثار زیست‌محیطی بر منابع آب، خاک و هوا باید مورد توجه قرار گیرند. ارزیابی آثار زیست‌محیطی از تکنیک‌های مهم برای شناسایی تأثیر معادن بر محیط‌زیست است و ابزاری است که می‌تواند برای ارزیابی همه مسائل مربوط به توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرد. با بهره‌گیری از نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی می‌توان نقاط ضعف و قوت فعالیت‌های معدنی را بدست آورد و از این طریق به بهبود شرایط معدن کاری کمک کرد. با در اختیار داشتن آثار منفی فعالیت‌های معدنی می‌توان تدابیر لازم را اندیشید و برای کاهش و به حداقل رساندن این آثار اقدامات پیشگیرانه لازم را انجام داد. همچنین، با در اختیار داشتن آثار مثبت می‌توان در جهت تداوم و اثر بخشی بیشتر این آثار اقدامات مورد نیاز را انجام داد. با بهبود آثار مثبت و پیشگیری از آثار منفی در فعالیت‌های معدنی می‌توان به استانداردهای مناسبی در زمینه پایداری معادن دست یافت و سطح بالاتری از توسعه پایدار در بخش معدن کاری را مشاهده کرد.

در این فصل، ابتدا نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف و سپس نتایج ارزیابی توسعه پایدار در این معدن مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت نیز، به منظور رسیدن به نتایج مطلوب‌تر در مطالعات بعدی، پیشنهادهایی ارائه شده است.

۵-۲- بررسی نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف

به منظور مطالعه، پیش‌بینی و شناسایی نتایج و پیامدهای یک پروژه بر عناصر محیط‌زیست می‌توان از ارزیابی آثار زیست‌محیطی استفاده کرد. این روش به عنوان راه‌کاری مناسب جهت به حداقل رساندن آثار منفی و ناسازگار پروژه و ارائه گزینه‌های مناسب برای تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان محسوب می‌شود. ارزیابی زیست‌محیطی با ارائه راه‌کارهایی برای استفاده از منابع طبیعی و انسانی، سبب کاهش هزینه‌ها شده و در برنامه‌ریزی‌های کوتاه و بلند مدت تأثیر قابل توجهی دارد. همچنین، ارزیابی زیست‌محیطی به دلیل تسریع در برنامه‌ریزی‌ها موجب حفاظت هر چه بیشتر منابع شده و از بروز آثار جبران‌ناپذیر بر محیط‌زیست جلوگیری می‌کند. با توجه به اینکه پروژه‌های توسعه، غالباً دارای آثار و پیامدهای ناسازگار بر محیط‌زیست می‌باشند، با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی در طراحی و

برنامه‌ریزی‌های اولیه، برنامه‌های توسعه و احداث این پروژه‌ها، حداقل پیامدهای زیست‌محیطی را در مناطق تحت تأثیر خود بر جا می‌گذارند.

امروزه به دلیل محدودیت‌های زمانی، مالی و ... نمی‌توان تمامی آسیب‌های زیست‌محیطی را به طور همزمان مورد توجه قرار داد و برای کاهش آثار آن‌ها اقدام کرد. روش‌های متعددی برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی وجود دارد که استفاده از ماتریس‌ها و جویا شدن نظر خبرگان از کم هزینه‌ترین و دقیق‌ترین روش‌هایی است که از آن‌ها بهره گرفته می‌شود. روش‌های ماتریسی می‌توانند به عنوان ابزاری ساده و کارآمد در ارزیابی آثار زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرند. این روش‌ها قادرند با بهره‌گیری از اطلاعات میدانی، پرسشنامه، دانش کارشناسی و سایر منابع اطلاعاتی در دسترس، وضعیت زیست‌محیطی پروژه‌ها و فعالیت‌های توسعه‌ای را با صرف زمان اندک و به صورت کمی و مقایسه‌پذیر نشان دهند.

در این تحقیق، ارزیابی آثار زیست‌محیطی معدن سنگ آهن سنگان خواف، با روش ماتریس انجام و نتایج به صورت کمی ارائه شده است. در این روش، از نظرات کارشناسان حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بهره گرفته شده است. همان‌گونه که در فصل چهارم ملاحظه شد، مؤلفه‌های کیفیت هوا، سلامتی و ایمنی انسان، آب‌های زیرزمینی و خاک منطقه به ترتیب با امتیازهای ۴۷/۸۸، ۴۲/۴۲، ۳۸/۰۵ و ۳۳/۵۱ درصد، بیش از سایر مؤلفه‌های زیست‌محیطی تحت تأثیر قرار گرفته و دچار آسیب شده‌اند، لذا توجه به این مؤلفه‌ها و انجام اقدامات پیشگیرانه زیست‌محیطی ضروری است. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در اولویت‌بندی اقدامات زیست‌محیطی برای کاهش آثار منفی معدن‌کاری در معدن سنگ آهن سنگان خواف مؤثر واقع شود.

۵-۲-۱- کیفیت هوا

استخراج و بهره‌برداری از معادن می‌تواند با جابجایی حجم بالایی از سنگ و خاک همراه باشد. مهم‌ترین آلودگی این فعالیت‌ها تولید ذرات معلق و گرد و غبار است. از دیگر آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های معدنی می‌توان به آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت ماشین‌آلات سبک و سنگین، گازهای گلخانه‌ای، گرد و غبار ناشی از عملیات انفجار و برخی از فلزات سنگین و مواد شیمیایی اشاره کرد. همچنین، اگر پس از بسته شدن معادن برنامه خاصی برای کنترل این آلودگی‌ها وجود نداشته باشد، باطله‌های موجود در معدن به یک منبع بزرگ انتشار ذرات معلق در هوا تبدیل می‌شوند.

در معدن سنگ آهن سنگان خواف نیز، همان‌گونه که در فصل سوم بیان شد در اثر عملیات حفاری، انفجار، بارگیری، باربری، فعالیت سنگ‌شکن‌ها، بارگیری کنسانتره و ... گرد و غبار تولید می‌شود و به دلیل وزش بادهای شدید شعاع بیشتری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عملیات انفجار و

احتراق سوخت تجهیزات معدنی نظیر لودر، کامیون، دریل‌واگن و ... منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای و ایجاد آلودگی می‌شود. همچنین، در اثر تبخیر آب در سد باطله، گرد عناصر مضر بر روی خاک نشسته که در اثر وزش باد می‌تواند کیفیت هوا را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، کیفیت هوا در معدن سنگ آهن سنگان نسبت به سایر مؤلفه‌های زیست‌محیطی بیش‌تر تحت تأثیر قرار گرفته و دچار آسیب شده است و باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

۵-۲-۲- سلامتی و ایمنی انسان

یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های زیست‌محیطی سلامتی و ایمنی انسان است که باید در طراحی‌های اولیه مورد توجه قرار گیرد. این مؤلفه در معدن سنگان دارای درصد آسیب بالایی می‌باشد که این مهم را می‌توان ناشی از عوامل زیر دانست.

پایین آمدن کیفیت هوا از مهم‌ترین عواملی است که سلامتی انسان را تهدید می‌کند و باعث ایجاد بیماری‌های خطرناکی همچون سیلیکوزیس شده و در نهایت منجر به مرگ می‌شود. کارکنان کارخانه فرآوری معدن در معرض مواد شیمیایی خطرناک قرار دارند که در بلند مدت می‌تواند آثار زیانباری را به همراه داشته باشد.

عدم رعایت نکات ایمنی در کارخانه فرآوری یا در هنگام کار با تجهیزات معدنی و همچنین تصادف خودروهای سبک با ماشین‌آلات سنگین در معدن به دلیل سهل‌انگاری یا عدم دید کافی در شب، خسارات جبران‌ناپذیری را به همراه داشته است.

آلودگی صوتی در معادن نیز از عواملی است که بر سلامتی و ایمنی انسان تأثیر می‌گذارد. در آمریکا، سازمان ایمنی و سلامت شغلی معادن (MSHA¹) به منظور حفاظت از معدنچیان در برابر سر و صدای بیش از حد، برنامه‌های کنترل صدا را در پیش گرفته است. طبق مقررات آن مواجهه کارگران معادن به طور لحظه‌ای با سر و صدای بیشتر از ۱۱۵ دسی‌بل مجاز نمی‌باشد [۴۳].

در معدن سنگان همان‌طور که در فصل سوم بیان شد، حفاری، بارگیری، تردد تجهیزات معدنی، فعالیت سنگ‌شکن‌ها و کارخانه فرآوری و بویژه عملیات انفجار منجر به تولید آلودگی صوتی می‌شوند و می‌توانند سطح شنوایی افراد را تحت تأثیر قرار دهند.

یکی دیگر از عواملی که بر سلامتی و ایمنی انسان تأثیر می‌گذارد، تصادفات جاده‌ای در محدوده معدن سنگ آهن سنگان می‌باشد. با رونق گرفتن معدن در چند سال اخیر، میزان تردد خودروهای

¹ Mine Safety and Health Administration

سنگین در جاده‌های منتهی به معدن به میزان چشمگیری افزایش یافته است. این خودروهایی سنگین که سنگ آهن و کنسانتره را به سایر نقاط کشور حمل می‌کنند، منجر به ایجاد تصادف و حوادث ناگوار زیادی شده‌اند که باعث شده است مؤلفه سلامتی و ایمنی انسان از درصد آسیب بالایی برخوردار باشد.

۵-۲-۳- آب‌های زیرزمینی

همان‌گونه که در فصل سوم بیان شد، منطقه خواف جزء مناطق نیمه‌خشک و بیابانی است و با مشکل کمبود آب همراه است. مهم‌ترین منبع تأمین آب در این منطقه سفره‌های آب زیرزمینی است. در معدن سنگ آهن سنگان خواف، آب مورد نیاز کارخانه فرآوری و سایر بخش‌های معدن از سفره‌های زیرزمینی و با حفر چاه‌های عمیق تأمین می‌شود که تا حدودی باعث افت سطح آب در منطقه شده است. با افت سطح آب در منطقه، میزان املاح موجود در آب افزایش یافته و باعث پایین آمدن کیفیت آب شده است.

یکی دیگر از عواملی که باعث پایین آمدن کیفیت آب‌های زیرزمینی در این منطقه شده است، زهاب‌های اسیدی معدن است که به دلیل وجود عناصر مضر همچون گوگرد و فسفر در معدن، دارای خاصیت اسیدی می‌باشد و در مسیر خود عناصر نادر و خطرناک را شسته و به سفره‌های آب زیرزمینی منتقل می‌کند.

پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری نیز می‌توانند بر روی کیفیت آب تأثیر بگذارند. در نزدیکی معدن سنگان، تعدادی چاه عمیق که آب مورد نیاز چندین روستا را تأمین می‌کنند، در فاصله حدود ۲ کیلومتری سد باطله کارخانه فرآوری واقع شده است و از آن‌جا که سد باطله کارخانه فرآوری فاقد پوشش‌های مخصوص آب‌بندی می‌باشد، ممکن است سبب نفوذ عناصر سمی به چاه‌های آب و پایین آمدن کیفیت آب شود.

۵-۲-۴- خاک منطقه

فعالیت‌های معدن‌کاری می‌توانند موجب تغییر بافت و درجه تخلخل خاک و فرسایش در محل شده و غلظت برخی از عناصر را در خاک کاهش یا افزایش دهند که هر دو مسئله می‌توانند آثار خود را بر محیط نشان دهند. معادن می‌توانند موجب جنگل‌زدایی شوند که این امر نقش مهمی در تشدید فرسایش و جابجایی لایه‌های حاصل‌خیز خاک ایفا می‌کند.

در معدن سنگان یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث تخریب خاک می‌شود، پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری است که به دلیل عدم وجود پوشش مخصوص در کف سد باطله به خاک نفوذ کرده و سبب از بین رفتن خاک می‌شود.

همچنین، عملیات استخراج و برداشت مواد و دیو باطله در معدن سنگان منجر به تخریب پوشش گیاهی و از بین رفتن اراضی در این منطقه شده است. تخریب پوشش گیاهی سبب فرسایش و جابجایی لایه‌های خاک شده است که در این رابطه وزش بادهای شدید نیز در فرسایش بیش‌تر خاک مؤثر بوده است.

۵-۳- بررسی نتایج ارزیابی توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف

معادن زمانی می‌توانند توسعه بخش باشند که در چارچوب قوانین و هم‌راستا با اهداف توسعه پایدار مورد بهره‌برداری قرار گیرند. برای اینکه یک برنامه، پروژه یا طرح مطابق اصول توسعه پایدار باشد باید هر سه جنبه پایداری یعنی رشد اقتصادی، عدالت اجتماعی و مسائل زیست‌محیطی را مورد توجه قرار داد که این سه جنبه در فعالیت‌های معدنی به شدت با یکدیگر رابطه دارند. بنابراین، آینده معدن‌کاری و صنایع معدنی به طور مستقیم به این نکته مرتبط خواهد بود که چگونه با مسأله پایداری مواجه شده و در مسیر آن حرکت کنند.

معدن سنگ آهن سنگان خواف یکی از بزرگ‌ترین معادن سنگ آهن در خاورمیانه است که به صورت روباز استخراج می‌شود و بر اقتصاد، محدوده جمعیتی و محیط‌زیست اطراف خود تأثیر قابل توجهی دارد. در این مطالعه، با استفاده از نتایج ارزیابی آثار زیست‌محیطی این معدن و با بهره‌گیری از مدل ریاضی فیلیپس، پایداری این مجموعه مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به این که مقدار بدست آمده برای مؤلفه‌های زیست‌محیطی بزرگ‌تر از مقدار بدست آمده برای مؤلفه‌های انسانی ($E > H_{NI}$) است، پروژه پایدار ارزیابی می‌شود. همچنین با استفاده از رابطه $S = E - H_{NI}$ ، میزان پایداری معدن برابر ۰/۲۲۶۹ بدست آمد که با توجه به جدول ۲-۵۱ بیانگر پایداری خیلی ضعیف این مجموعه می‌باشد. از این رو، می‌توان این پایداری ضعیف را ناشی از درصد آسیب بالا برای مؤلفه‌های زیست‌محیطی کیفیت هوا، سلامتی و ایمنی انسان، آب‌های زیرزمینی و خاک منطقه دانست که با توجه به ارزیابی آثار زیست‌محیطی به ترتیب دارای امتیازهای ۴۷/۸۸، ۴۲/۴۲، ۳۸/۰۵ و ۳۳/۵۱ درصد می‌باشند. بنابراین این مؤلفه‌ها باید مورد توجه ویژه قرار گیرند و تمهیدات لازم برای آن‌ها اندیشیده شود.

۴-۵- پیشنهادات برای مطالعات بعدی

به منظور ارزیابی دقیق‌تر توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف و رسیدن به نتایج مطلوب‌تر در مطالعات بعدی، پیشنهاداتی ارائه شده است که در ارزیابی آثار زیست‌محیطی می‌توان از آن‌ها بهره گرفت.

۱- برای تعیین امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی و بررسی وضعیت سطح ایستابی آب و نفوذپذیری زمین، می‌توان از مطالعات اکتشافی معدن استفاده کرد. با در اختیار داشتن پروفیل زمین‌شناسی منطقه، وضعیت لایه‌های نفوذپذیر و غیر قابل نفوذ زمین بهتر مشخص می‌شود و می‌توان سطح ایستابی آب را بدست آورد و تداخل فعالیت‌های معدنی را با آب‌های زیرزمینی به طور دقیق‌تر بررسی کرد.

در انجام این تحقیق، برای تعیین امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های زیرزمینی، به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات و نداشتن پروفیل زمین‌شناسی منطقه، از نظرسنجی استفاده شده است.

۲- برای تعیین امتیاز فاکتور پساب‌های خروجی کارخانه فرآوری، می‌توان از پروفیل زمین‌شناسی سد باطله استفاده کرد. با در اختیار داشتن لایه‌بندی زمین در سد باطله، میزان نفوذپذیری زمین و سطح آب زیرزمینی مشخص می‌شود و از این طریق می‌توان میزان آلودگی عناصر مضر پساب‌های سد باطله را بر خاک و منابع آب زیرزمینی با دقت بالاتری محاسبه کرد.

در تعیین امتیاز فاکتور پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری به دلیل عدم همکاری مسئولین مربوطه دسترسی به پروفیل زمین‌شناسی سد باطله امکان‌پذیر نبود.

با اندازه‌گیری دبی پساب سد باطله، می‌توان سرعت حرکت این پساب را بدست آورد و نفوذ آن را به منابع آب سطحی و منابع آب برای مصارف کشاورزی و آبیاری بررسی کرد.

عناصر مضر موجود در سد باطله به یک میزان مضر نیستند. به عنوان مثال، عنصر سرب بسیار خطرناک‌تر از مولیبدن است و حتی مقادیر ناچیز آن نیز می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. از این رو، باید عناصر مضر طبقه‌بندی شوند و بر حسب میزان آسیب، وزن‌دهی شوند. بدین ترتیب، عنصری که بیش‌ترین تأثیر را بر خاک و منابع آب زیرزمینی می‌گذارد و سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد، امتیاز ۱۰ می‌گیرد. به همین ترتیب، سایر عناصر مضر را نیز می‌توان وزن‌دهی و امتیاز آن‌ها را تعیین کرد.

۳- برای بدست آوردن امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله، باید pH باطله‌ها اندازه‌گیری شود تا به طور دقیق بتوان در مورد خاصیت اسیدی و بازی آن‌ها بحث کرد. همچنین، با شناسایی و تعیین میزان

عناصر مضر موجود در دپوهای باطله، می‌توان ارزیابی دقیق‌تری از امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله به عمل آورد.

۴- برای تعیین فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی در شهرستان خواف و در راستای بررسی امکانات و تسهیلات شهری، می‌توان از بررسی امکانات آب، در دسترس بودن برق، دریافت کانال‌های تلویزیونی و ارتباطات تلفنی خودداری کرد. زیرا شروع و رونق گرفتن فعالیت‌های معدن‌کاری تأثیری بر این امکانات نداشته است. به عنوان مثال، با وجود این که شبکه‌های دیجیتال در چند سال اخیر و پس از رونق گرفتن فعالیت معدن در شهرستان قابل دریافت است، اما هیچ‌گونه ارتباطی بین شروع معدن‌کاری و دریافت این کانال‌ها وجود ندارد. به همین ترتیب، سایر امکانات ذکر شده نیز در صورت عدم وجود معدن و با پیشرفت‌های امروزی قابل دسترسی بودند.

۵- در این مطالعه، به جای بررسی فاکتورهای مختلف از قبیل جمعیت و توسعه فرهنگی و اجتماعی در قبل و بعد از آغاز فعالیت‌های معدن‌کاری بهتر است این فاکتورها در قبل و بعد از رونق گرفتن فعالیت‌های معدن‌کاری بررسی شوند. زیرا شروع فعالیت معدن و استخراج از آن به چندین دهه قبل باز می‌گردد و بیش‌ترین تأثیرات معدن سنگ آهن سنگان خواف بر منطقه مربوط به چند سال اخیر و در پی رونق گرفتن آن می‌باشد.

۶- برای بررسی دقیق‌تر فاکتور روشنایی باید میزان نور به ویژه در شیفت شب و به طور دقیق اندازه‌گیری شود تا بتوان درصد آسیب وارده در بخش‌های مختلف را کاهش داد.

۷- در منطقه خواف، علاوه بر مجتمع سنگ آهن سنگان، معادن پلاستیکی کوچک و بزرگ بسیاری نیز وجود دارد که عملیات استخراج سنگ آهن را انجام می‌دهند و نمی‌توان از آثار زیست‌محیطی آن‌ها بر منطقه چشم‌پوشی کرد. بنابراین، به منظور ارزیابی دقیق‌تر توسعه پایدار در این منطقه، باید ارزیابی آثار زیست‌محیطی در مقیاس بزرگ‌تر که شامل معادن پلاستیکی نیز باشد، انجام شود.

۸- از آنجا که یکی از اضلاع توسعه پایدار مسائل اقتصادی است، باید توجه بیشتری به این بخش شود. در ارزیابی آثار زیست‌محیطی با استفاده از روش اصلاح شده فولچی بیشتر بر جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی تأکید شده است و مسائل اقتصادی به طور مختصر مورد بررسی قرار گرفته است. در نتیجه، با توجه به این که مسائل اقتصادی از ارکان اصلی توسعه پایدار است، باید مورد توجه ویژه قرار گیرد و یک بررسی اقتصادی کلی‌تر از معدن سنگ آهن سنگان خواف و تأثیر آن بر منطقه انجام شود.

منابع و مراجع

- [1]. Giddings, B., Hopwood, B., & O'Brien, G., 2002, Environmental, Economy and Society: Fitting them together into Sustainable Development. *Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).*, 187-196.
- [2]. WCED (World Commission on Environment and Development), 1987, "*Our Common Future (Brundlandt Report)*", World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.
- [3]. National Academy of Sciences, 1996, "*Mineral Resources and Sustainability; Challenges for Earth Scientists, Commission on Geosciences, Environment and Resources*", National Academy Press, Washington.
- [4]. von Below, M., 1993, "*Sustainable mining development hampered by low mineral prices*", Resources Policy, 177-183.
- [5]. Crowson, P., 1998, "*Mining and sustainable: measurement and indicators*", Raw Materials Report 13(1), 27-33.
- [6]. IIED and WBCSD, 2002, "*Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development*", Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). Publ by Earthscan for the International Inst for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), London.
- [7]. Basu, A., & Kumar, U., 2004, "*Innovation and Technology Driven Sustainability Performance Management Framework (ITSPM) for the Mining and Minerals Sector*", International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, Vol. 18, No. 2, pp. 135–149.
- [8]. Osanloo, M., & Rahmanpour, M., 2014, "*Mine Design Selection Considering Sustainable Development*", Mine Planning and Equipment Selection, pp 151-163.
- [9]. Perdicoulis, A., & Glasson, J., 2006, "*Causal networks in EIA*", Environmental Impact Assessment Review, 26, 553-569.
- [10]. Kuma, J., Younger, P., & Howell, R., 2002, "*Expanding the hydrogeological base in mining EIA studies A focus on Ghana*", Environmental Impact Assessment Review, 22, 273-287.
- [11]. Jarvis, A., & Younger, P., 2000, "*Broadening the scope of mine water environmental impact assessment: a UK perspective*", Environmental Impact Assessment Review 20, 85-96.
- [12]. Canter, L., 1996, "*Environmental Impact Assessment*", 2nd Edition McGraw-Hill, New York.
- [13]. Pastakia, C., 1998, "*The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) — A New Tool for Environmental Impact Assessment*", In: Jensen, K., Ed., Environmental Impact Assessment Using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM), Olsen & Olsen, Fredensborg, 8-17.

- [14]. Ferreira, H., & Garcia Praca Leite, M., 2015, “*A Life Cycle Assessment (LCA) study of iron ore mining*”, *Journal of Cleaner Production*, 1-11.
- [15]. Parashar, A., Paliwal, R., & Rambabu, P., 1997, “*Utility of Fuzzy Cross-Impact Simulation in Environmental Assessment*”, *Environmental Impact Assessment Review* 17, 427-447.
- [16]. Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J., 1971, “*A Procedure for Evaluating Environmental Impact*”, *Geological Survey Circular 645*. Government Printing Office, Washington, D.C., 13 pp.
- [17]. Folchi, R., 2003, “*Environmental Impact Statement for Mining with Explosives: A quantitative method*”, In: I.S.E.E 29th Annual Conference Explosives and Blasting Technique, Northville, Tennessee, U.S.A., February, 2-5.
- [18]. Mirmohammadi, M., Gholamnejad, J., Fattahpour, V., Seyedsadri, P., & Ghorbani, Y., 2009, “*Designing of an environmental assessment algorithm for surface mining projects*”, *Journal of Environmental Management* 90, 2422-2435.
- [19]. Allan, R., 1995, “*Sustainable mining in the future*”, *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier, Vol. 52, pp. 1-4.
- [20]. Learmont, D., 1997, “*Mining must show that it is sustainable*”, *Mining Engineering* 49 (1), pp. 11-12.
- [21]. Hilson, G., 2000, “*Sustainable development policies in Canada’s mining sector: an overview of government and industrial efforts*”, *Environmental Science & Policy* 3, 201–211.
- [22]. Rajaram, V., & Parameswaran, K., 2005, “*What is sustainable mining*”, In: *Sustainable mining practices- a global perspective*, p.300.
- [23]. Villas Boas, C., & Shields, I., 2005, “*A Review on Indicators of Sustainability for the Minerals Extraction Industries*”, Rio de Janeiro, Brasil.
- [24]. Yu, J., Yao, S., Chen, R., Zhu, K., & Yu, L., 2005, “*A quantitative integrated evaluation of sustainable development of mineral resources of a mining city: a case study of Huangshi, Eastern China*”, *Resources Policy* 30, 7-19.
- [25]. Eggert, R., 2006, “*Mining, sustainability and sustainable development*”, In: Maxwell, *Australian Mineral Economics*.
- [26]. McCullough, C.D., & Lund, M.A., 2006, “*Opportunities for sustainable mining pit lakes in Australia*”, *Mine Water and the Environment* 25: 220–226.
- [27]. Meech, J.A., 2006, “*A review of CERM3’s activities: Year I*”.
- [28]. Giannopoulou, I. P., & Panias, D., 2006, “*Sustainable development of mining and metallurgy in relation*”, *Acta Metallurgica Slovaca*, 12, 105 – 110.
- [29]. Rashidinejad, F., Osanloo, M., & Rezai, B., 2008, “*An environmental oriented model for optimum cut-off grades in open pit mining projects to minimize acid mine drainage*”, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (2), 183-194.
- [30]. Osanloo, M., Rashidinejad, F., & Rezai, B., 2008, “*Incorporating environmental issues into optimum cut-off grades modeling at porphyry copper deposits*”, *Resources Policy* 33, 222– 229.

- [31]. Worrall, R., Neil, D., Brereton, D. & Mulligan, D., 2009, “*Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine land*”, *Journal of Cleaner Production* 17, 1426–1434.
- [32]. Si, H., Bi, H., Li, X., & Yang, C., 2010, “Environmental evaluation for sustainable development of coal mining in Qijiang, Western China”, *International Journal of Coal Geology* 81, 163–168.
- [33]. Phillips, J., 2010, “*The advancement of a mathematical model of sustainable development*”, *Sustain Sci*, 5: 127-142.
- [34]. Phillips, J., 2011, “*The conceptual development of a geocybernetic relationship between sustainable development and Environmental Impact Assessment*”, *Applied Geography* 31, 969-979.
- [35]. Phillips, J., 2012, “*Applying a mathematical model of sustainability to the Rapid Impact Assessment Matrix evaluation of the coal mining tailings dumps in the Jiului Valley, Romania*”, *Resources, Conservation and Recycling* 63, 17– 25.
- [36]. Phillips, J., 2012, “*The level and nature of sustainability for clusters of abandoned limestone quarries in the southern Palestinian West Bank*”, *Applied Geography* 32, 376-392.
- [37]. Phillips, J., 2012, “*Using a mathematical model to assess the sustainability of proposed bauxite mining in Andhra Pradesh, India from a quantitative-based environmental impact assessment*”, *Environ Earth Sci*, 67:1587–1603.
- [38]. Phillips, J., 2013, “*The application of a mathematical model of sustainability to the results of a semi-quantitative Environmental Impact Assessment of two iron ore opencast mines in Iran*”, *Applied Mathematical Modelling* 37, 7839-7854.

[۳۹]. گزارش پروژه راه دسترسی به توده‌های معدنی B و CN (C شمالی)، شرکت مهندسی کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۸.

[۴۰]. گزارش اکتشافات آنومالی‌های سنگ آهن، مهندسان مشاور معدن کاو، ۱۳۸۴.

- [41]. Ripley, E.A., Redmann, R.E., & Crowder, A.A., 1996, “*Environmental Effects of Mining*”, St. Lucie Press, Delray Beach, p. 356.
- [42]. Costello, C., 2003, “*Acid Mine Drainage: Innovative Treatment Technologies*”, U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office Washington, DC.

[۴۳]. تارنمای سازمان ایمنی و سلامت شغلی معادن – آمریکا، ۱۳۹۰، مراجعه به آدرس اینترنتی:
<http://www.msha.gov/1999noise/noise.htm>

پیوست‌ها

پیوست شماره ۱: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور تداخل با آب‌های سطحی

پاسخ دهندگان	امتیاز فاکتور تداخل با آب‌های سطحی
متخصص ۱	۰
متخصص ۲	۰
متخصص ۳	۳
متخصص ۴	۱
متخصص ۵	۰
متخصص ۶	۰
متخصص ۷	۰
متخصص ۸	۳
متخصص ۹	۵
متخصص ۱۰	۰
متخصص ۱۱	۳
متخصص ۱۲	۰
متخصص ۱۳	۰
متخصص ۱۴	۱
متخصص ۱۵	۵
متخصص ۱۶	۳
متخصص ۱۷	۰
متخصص ۱۸	۰
متخصص ۱۹	۳
متخصص ۲۰	۰
متخصص ۲۱	۰
متخصص ۲۲	۱
متخصص ۲۳	۳
متخصص ۲۴	۰
متخصص ۲۵	۳
متخصص ۲۶	۰
متخصص ۲۷	۰
میانگین	۱/۲۶

پیوست شماره ۲: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور تداخل با آبهای زیرزمینی

امتیاز فاکتور تداخل با آبهای زیرزمینی	پاسخ دهندگان
۱	متخصص ۱
۱	متخصص ۲
۱	متخصص ۳
۱	متخصص ۴
۰	متخصص ۵
۱	متخصص ۶
۱	متخصص ۷
۱	متخصص ۸
۱	متخصص ۹
۱	متخصص ۱۰
۱	متخصص ۱۱
۱	متخصص ۱۲
۱	متخصص ۱۳
۱	متخصص ۱۴
۱	متخصص ۱۵
۱	متخصص ۱۶
۱	متخصص ۱۷
۱	متخصص ۱۸
۱	متخصص ۱۹
۰	متخصص ۲۰
۱	متخصص ۲۱
۱	متخصص ۲۲
۱	متخصص ۲۳
۱	متخصص ۲۴
۱	متخصص ۲۵
۱	متخصص ۲۶
۱	متخصص ۲۷
۰/۹۳	میانگین


پیوست شماره ۳: نتایج آنالیز فیزیکی و شیمیایی پساب سد باطله در مجتمع سنگ آهن سنگان

خواف

مجتمع سنگ آهن سنگان	موضوع: آنالیز فیزیکی و شیمیایی پساب سد باطله	
	تاریخ: ۹۳/۸/۲۲	مجری: شرکت مهندسی مشاور بهره ورسازان متین

ردیف	پارامتر	واحد	نتیجه	استاندارد خروجی فاضلاب ها		
				تخلیه به آب سطحی	تخلیه به چاه جاذب	مصارف کشاورزی و آبیاری
۱	درجه حرارت (Temperature)	°C	-	تیسره ۳	-	-
۲	هدایت الکتریکی (EC)	µs/cm	-	-	-	-
۳	شوری	-	-	-	-	-
۴	رنگ (Color) (nm ۴۵۵)	Pt-Co	-	75	75	75
۵	کدورت (Turbidity)	NTU	-	50	-	50
۶	pH	-	7.81	6.5-8.5	9.5	6-8.5
۷	اکسیژن محلول DO	mg/l	-	2	-	2
۸	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) تیسره ۳	mg/l	-	لحظه‌ای ۱۰۰ (60)	لحظه‌ای ۱۰۰ (60)	200
۹	اکسیژن مورد نیاز بیو شیمیایی (BOD) تیسره ۳	mg/l	-	لحظه‌ای ۵۰ (30)	لحظه‌ای ۵۰ (30)	100
۱۰	کلراید (Cl)	mg/l	1108	۶۰۰ تیسره ۱	۶۰۰ تیسره ۲	600
۱۱	کلر آزاد	mg/l	-	1	1	0.2
۱۲	نیترژن کل	mg/l	-	-	-	-
۱۳	نیترژن آلی	mg/l	-	-	-	-
۱۴	آمونیم	mg/l	-	2.5	1	-
۱۵	نیتریت (NO ₂ -N)	mg/l	0.052	10	10	-
۱۶	نیترات (NO ₃ -N)	mg/l	12.30	50	10	-
۱۷	فسفات (PO ₄ -P)	mg/l	36.6	6	6	-

ردیف	پارامتر	واحد	نتیجه	استاندارد خروجی فاضلاب ها		
				مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به چاه جذب	تخلیه به آب سطحی
۱۸	فسفر کل	mg/l	-	-	-	
۱۹	فسفر آلی	mg/l	-	-	-	
۲۰	سولفات (SO ⁻²)	mg/l	640	۴۰۰ نیصره ۲	۴۰۰ نیصره ۱	
۲۱	سولفید (S ⁻²)	mg/l	-	1	1	
۲۲	سولفید (S ⁻²)	ppb	0.002	3000	3000	
۲۳	قلیائیت	mg/l	100	-	-	
۲۴	کربنات (CO ⁻³)	mg/l CaCO ₃	0	-	-	
۲۵	بی کربنات (HCO ⁻)	mg/l CaCO ₃	100	-	-	
۲۶	دی اکسید کربن کل (CO ₂)	mg/l CaCO ₃	-	-	-	
۲۷	نترجنت	mg/l	-	0.5	1.5	
۲۸	روغن (Oil)	mg/l	-	10	10	
۲۹	املاح محلول (TDS)	mg/l	-	۲ نیصره	۱ نیصره	
۳۰	کل مواد معلق (TSS)	mg/l	-	100	لظمه ای ۲۰ (40)	
۳۱	مواد قابل ته نشینی (SS)	%	-	-	0	
۳۲	قل (pH)	mg/l	-	1	۱ تا ۱۰	
۳۳	فلوراید (F)	mg/l	-	2	2.5	
۳۴	سیانید (CN)	mg/l	0.008	0.1	0.5	
۳۵	لیتیم (Li)	mg/l	-	2.5	2.5	

	موضوع: آنالیز فیزیوشیمیایی پساب سد باطله	
	تاریخ: ۹۳/۸/۲۲	مجری: شرکت مهندسی مشاور بهره ورسازان متین

ردیف	پارامتر	واحد	نتیجه	استاندارد خروجی فاضلاب ها		
				مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به جاه جاذب	تخلیه به آب سطحی
۳۶	سدیم (Na)	mg/l	570	-	-	-
۳۷	پتاسیم (K)	mg/l	230	-	-	-
۳۸	نیکل (Ni)	mg/l	2.3	2	2	2
۳۹	سرب (Pb)	mg/l	2.2	1	1	1
۴۰	آهن (Fe)	mg/l	15600	3	3	3
۴۱	مس (Cu)	mg/l	115.9	0.2	1	1
۴۲	کادمیم (Cd)	mg/l	0.08	0.05	0.1	0.1
۴۳	کروم (Cr)	mg/l	5	1	1	0.5
۴۴	چوبه (Hg)	ppb	<0.001	ناچیز	ناچیز	ناچیز
۴۵	وانادیوم (V)	mg/l	1	0.1	0.1	0.1
۴۶	نقره (Ag)	mg/l	<0.01	0.1	0.1	1
۴۷	باریم (Ba)	mg/l	-	1	1	5
۴۸	سنتیم (Se)	ppb	0.01	100	100	1000
۴۹	کبالت (Co)	mg/l	7.9	0.05	1	1
۵۰	روی (Zn)	mg/l	310	2	2	2
۵۱	آرسنیک (As)	ppb	<0.005	100	100	100
۵۲	بر (Br)	mg/l	-	1	1	2
۵۳	آلومینوم (Al)	mg/l	3418	5	5	5

ردیف	پارامتر	واحد	نتیجه	استاندارد خروجی فاضلاب ها		
				مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به چاه چادب	تخلیه به آب سطحی
۵۴	مولبدن (Mo)	mg/l	0.36	0.01	0.01	
۵۵	بریلوم (Be)	mg/l	-	0.5	1	
۵۶	منگنز (Mn)	mg/l	100	1	1	
۵۷	سختی کل (TH)	mg/l	2120	-	-	
۵۸	منیزیم (Mg)	mg/l	324.5	100	100	
۵۹	کلسیم (Ca)	mg/l	300	-	75	
۶۰	انتیموان	mg/l	<0.01	-	-	
۶۱	کل کلریدهای گوارشی	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	400	400	400	
۶۲	کل کلریدها	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	-	1000	1000	
۶۳	تخم انکل	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	-	-	-	
۶۴	سیلیسی (SiO ₂)	mg/l	-	-	-	
۶۵	TOC	mg/l	-	-	-	
۶۶	سختی کلسیم	mg/l	760	-	-	
۶۷	سختی منیزیم	mg/l	1360	-	-	

مهر و امضا

شرکت بهره ورسازان متین

پیوست شماره ۴: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور انتشار گرد و غبار

بخش ب	بخش الف	پاسخ دهندگان
۳/۶	۶/۶	متخصص ۱
۴/۴۵	۵	متخصص ۲
۲/۵۶	۴/۶۷	متخصص ۳
۳/۳۶	۷/۲	متخصص ۴
۲/۹۸	۴/۸۲	متخصص ۵
۳/۶۲	۵/۸	متخصص ۶
۵/۱	۵/۸۷	متخصص ۷
۳/۸۹	۷/۷۷	متخصص ۸
۴/۲	۵/۷۷	متخصص ۹
۲/۹۷	۴/۹	متخصص ۱۰
۲/۴۳	۴/۹۳	متخصص ۱۱
۳/۲۳	۴/۵	متخصص ۱۲
۲/۶۵	۵/۷	متخصص ۱۳
۳/۵۴	۵/۲	متخصص ۱۴
۵/۱۲	۴/۸۲	متخصص ۱۵
۳/۹۹	۶/۱	متخصص ۱۶
۳/۸۵	۶/۳۷	متخصص ۱۷
۴/۶۸	۵/۶	متخصص ۱۸
۳/۵۷	۵/۳	متخصص ۱۹
۴/۶۶	۵/۴۷	متخصص ۲۰
۳/۵۴	۷/۰۷	متخصص ۲۱
۳/۸۵	۷	متخصص ۲۲
۴/۱۳	۵/۹۷	متخصص ۲۳
۲/۹۲	۷/۶۵	متخصص ۲۴
۳/۹۳	۵/۶	متخصص ۲۵
۵	۶/۳	متخصص ۲۶
۳/۲۲	۶	متخصص ۲۷
۳/۷	۵/۸۵	میانگین
	۴/۷۸	میانگین دو مقدار الف و ب

پیوست شماره ۵: نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های سمی در هوا

جدول ۳. مقایسه میزان تراکم سیلیس آزاد گرد و غبار تنفسی با حدود مجاز استانداردهای ACGIH, NIOSH, OSHA در بین ۶ ایستگاه مورد مطالعه در معدن سنگ آهن خواف (۱۳۸۶)

NIOSH(۱۹۸۴) = ۰.۰۵ mg/m ^۳		OSHA(۱۹۸۴) = $\frac{10}{\%SiO_2 + 2}$			ACGIH(۱۹۹۱) = ۰.۱ mg/m ^۳		ایستگاه نمونه برداری
$\frac{C}{TLV_3}$	میانگین تراکم mg/m ^۳	$\frac{C}{TLV_2}$	میانگین درصد کوارتز %	میانگین تراکم mg/m ^۳	$\frac{C}{TLV_1}$	میانگین تراکم mg/m ^۳	
۶.۴	۰.۳۲	۰.۰۸۴۸	۱.۶۵	۰.۳۲	۳.۲	۰.۳۲	اپراتور سنگ شکن (داخل ساختمان)
۱۰.۲	۰.۵۱	۰.۱۴۹۹	۱.۹۴	۰.۵۱	۵.۱	۰.۵۱	بارگیری انتهای سنگ شکن
۹.۸	۰.۴۹	۰.۱۵۶۳	۲.۱۹	۰.۴۹	۴.۹	۰.۴۹	بارگیری تغذیه سنگ شکن
۲۵.۸	۱.۲۹	۰.۴۲۱۸	۲.۲۷	۱.۲۹	۱۲.۹	۱.۲۹	کنترلر separator
۲۹.۶	۱.۴۸	۰.۴۷۶۶	۲.۲۲	۱.۴۸	۱۴.۸	۱.۴۸	حفاری تپه قرمز شماره ۱
۱۵.۸	۰.۷۹	۰.۲۱۲۵	۱.۶۹	۰.۷۹	۷.۹	۰.۷۹	حفاری تپه قرمز شماره ۲
۰.۲	۰.۰۱	۰.۰۰۱۱	۰.۱۹	۰.۰۱	۰.۱	۰.۰۱	چکش بادی
۳.۲	۰.۱۶۵	۰.۰۳۷۷	۱.۳۶	۰.۱۶۵	۱.۶۵	۰.۱۶۵	بارگیری سایت

C: میانگین تراکم کوارتز قابل استنشاق mg/m^۳
TLV_۱, ۲, ۳: حد مجاز استانداردهای ACGIH, NIOSH, OSHA

شماره	محل نمونه برداری	مدت نمونه برداری	دبی	میزان گرد و غبار (ppm)	مقدار مجاز سیلیس (TLV)	نتیجه
۱	کارگر سنگ شکن (فکور صنعت تهران)	۱ ساعت	۱/۷	۲۱/۴۲	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۲	راننده لودر (فکور صنعت تهران)	۱ ساعت	۱/۷	۹/۵۲	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۳	راننده لودر (شرکت کف فرش)	۱ ساعت	۲	۷/۴	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۴	کارگر سنگ شکن (شرکت کف فرش)	۱ ساعت	۱/۷	۱۶/۶	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۵	اپراتور سنگ شکن (شرکت کف فرش)	۱ ساعت	۲	۵/۵	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۶	نگهبانی ورودی (سایت اصلی)	۱ ساعت	۱/۷	۹/۵۲	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۷	نگهبانی ضلع شرقی	۱ ساعت	۲	۲/۷	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۸	کک سازی	۱ ساعت	۱/۷	۱۴/۲	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۹	آزمایشگاه سنگ شکن	۱ ساعت	۱/۷	۱۹/۶	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۱۰	راننده بیل مکانیکی (سایت اصلی)	۱ ساعت	۲	۷/۴	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۱۱	دریل (سایت اصلی)	۱ ساعت	۱/۷	۹/۵۲	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد
۱۲	راننده بولدزر (سایت اصلی)	۱ ساعت	۱/۷	۷/۱	۰/۵۷	بالاتر از استاندارد

پیوست ۶: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور آلودگی صوتی

پاسخ دهندگان	امتیاز انفجار	امتیاز فعالیت ماشین آلات	میانگین دو امتیاز بدست آمده
متخصص ۱	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۲	۱۰	۵/۵	۷/۷۵
متخصص ۳	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۴	۵/۵	۵/۵	۵/۵
متخصص ۵	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۶	۲/۵	۲/۵	۲/۵
متخصص ۷	۷/۵	۲/۵	۵
متخصص ۸	۲/۵	۵/۵	۴
متخصص ۹	۱۰	۵/۵	۷/۷۵
متخصص ۱۰	۵/۵	۵/۵	۵/۵
متخصص ۱۱	۵/۵	۵/۵	۵/۵
متخصص ۱۲	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۱۳	۲/۵	۵/۵	۴
متخصص ۱۴	۵/۵	۰	۲/۷۵
متخصص ۱۵	۷/۵	۲/۵	۵
متخصص ۱۶	۵/۵	۵/۵	۵/۵
متخصص ۱۷	۲/۵	۰	۱/۲۵
متخصص ۱۸	۲/۵	۲/۵	۲/۵
متخصص ۱۹	۷/۵	۵/۵	۶/۵
متخصص ۲۰	۷/۵	۰	۳/۷۵
متخصص ۲۱	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۲۲	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۲۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
متخصص ۲۴	۵/۵	۲/۵	۴
متخصص ۲۵	۲/۵	۵/۵	۴
متخصص ۲۶	۷/۵	۲/۵	۵
متخصص ۲۷	۵/۵	۵/۵	۵/۵

۴/۴۴

امتیاز نهایی فشار سطح صدا

پیوست شماره ۷: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور مواد موجود در باطله

امتیاز فاکتور مواد موجود در باطله	پاسخ دهندگان
۱	متخصص ۱
۱۰	متخصص ۲
۷	متخصص ۳
۷	متخصص ۴
۱	متخصص ۵
۱	متخصص ۶
۱	متخصص ۷
۱	متخصص ۸
۱	متخصص ۹
۱	متخصص ۱۰
۱	متخصص ۱۱
۱	متخصص ۱۲
۱	متخصص ۱۳
۱	متخصص ۱۴
۴	متخصص ۱۵
۴	متخصص ۱۶
۴	متخصص ۱۷
۱	متخصص ۱۸
۷	متخصص ۱۹
۱	متخصص ۲۰
۱	متخصص ۲۱
۱	متخصص ۲۲
۱	متخصص ۲۳
۱۰	متخصص ۲۴
۱	متخصص ۲۵
۱	متخصص ۲۶
۱۰	متخصص ۲۷
۳	میانگین

پیوست شماره ۸: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور روش تخلیه مواد باطله

امتیاز فاکتور روش تخلیه مواد باطله	پاسخ دهندگان
۲	متخصص ۱
۷	متخصص ۲
۳	متخصص ۳
۶	متخصص ۴
۴	متخصص ۵
۳	متخصص ۶
۵	متخصص ۷
۲	متخصص ۸
۲	متخصص ۹
۳	متخصص ۱۰
۲	متخصص ۱۱
۵	متخصص ۱۲
۳	متخصص ۱۳
۲	متخصص ۱۴
۸	متخصص ۱۵
۷	متخصص ۱۶
۳	متخصص ۱۷
۳	متخصص ۱۸
۶	متخصص ۱۹
۵	متخصص ۲۰
۴	متخصص ۲۱
۵	متخصص ۲۲
۴	متخصص ۲۳
۱	متخصص ۲۴
۳	متخصص ۲۵
۵	متخصص ۲۶
۲	متخصص ۲۷
۳/۸۹	میانگین

پیوست شماره ۹: نتایج نظرسنجی مربوط به تأثیر فعالیت‌های معدنی بر تغییر جمعیت منطقه (کد C)

تأثیر فعالیت‌های معدنی بر تغییر جمعیت منطقه (کد C)	پاسخ دهندگان
-۳	متخصص ۱
۲	متخصص ۲
۳	متخصص ۳
۲	متخصص ۴
۳	متخصص ۵
۳	متخصص ۶
-۵	متخصص ۷
۳	متخصص ۸
۲	متخصص ۹
۲	متخصص ۱۰
۵	متخصص ۱۱
۲	متخصص ۱۲
۲	متخصص ۱۳
۲	متخصص ۱۴
۳	متخصص ۱۵
۳	متخصص ۱۶
-۳	متخصص ۱۷
۱/۵۳	میانگین

پیوست شماره ۱۰: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی

امتیاز فاکتور توسعه فرهنگی و اجتماعی	پاسخ دهندگان
-۰/۱۲۵	متخصص ۱
۰/۲۵	متخصص ۲
-۰/۳۷۵	متخصص ۳
-۰/۸۷۵	متخصص ۴
۰/۹۳	متخصص ۵
۰/۷۱	متخصص ۶
-۳/۲۹	متخصص ۷
۰/۵۵۵	متخصص ۸
-۰/۱۶۵	متخصص ۹
۰/۴۳	متخصص ۱۰
-۰/۲۹	متخصص ۱۱
-۲/۵۷	متخصص ۱۲
-۱/۲۹	متخصص ۱۳
-۰/۷۹	متخصص ۱۴
۰/۸۳۵	متخصص ۱۵
۱/۸۲	متخصص ۱۶
۰/۸۳۵	متخصص ۱۷
-۰/۲	میانگین

پیوست شماره ۱۱: نتایج نظرسنجی مربوط به فاکتور روشنایی در محیط کار معدن

امتیاز فاکتور روشنایی در محیط کار معدن	پاسخ دهندگان
۵	متخصص ۱
۲/۵	متخصص ۲
۵	متخصص ۳
۲/۵	متخصص ۴
۵	متخصص ۵
۵	متخصص ۶
۲/۵	متخصص ۷
۲/۵	متخصص ۸
۵	متخصص ۹
۰	متخصص ۱۰
۵	متخصص ۱۱
۲/۵	متخصص ۱۲
۷/۵	متخصص ۱۳
۵	متخصص ۱۴
۲/۵	متخصص ۱۵
۵	متخصص ۱۶
۰	متخصص ۱۷
۲/۵	متخصص ۱۸
۰	متخصص ۱۹
۲/۵	متخصص ۲۰
۵	متخصص ۲۱
۷/۵	متخصص ۲۲
۲/۵	متخصص ۲۳
۵	متخصص ۲۴
۷/۵	متخصص ۲۵
۵	متخصص ۲۶
۲/۵	متخصص ۲۷
۳/۸	میانگین

Abstract

Sustainable development causes balance between development and environment and consists of three main aspects including environmental, society and economical factors. All these parameters are related to each other and imbalance in any of them would causes imbalances in other section. Mining activities are one of the most important industries for economical growth and social welfare in many countries. On the other hand, due to the many environmental effects of mining such as water and air pollution, soil erosion, various social and economic problems have led to enter the sustainable development into mining sector. Paying attention to sustainable development in the mining activities can reduce environmental problems and have positive social and economical effects. In modern mining, special attention is paid to sustainable development. Nowadays exploitation and processing minerals are carried out with regard to sustainable development. This led to have more welfare and wealth for industrialized countries. Therefore, with special attention to sustainable development in the mining industries one can enjoy a healthy environment and dynamic economy with social welfare. In order to achieve sustainable development requires taking into account environmental considerations and to reach this goal need to assess environmental effect. By using this method, one can identify the effects of mining activities on the environment and hence perform the necessary precautionary activities. In this study, in order to evaluate the environmental effects of Sangam iron ore mine in Khaf, a matrix structure has been used in which effective factors and environmental components form the dimensions of this matrix. In order to determine the effective factors, environmental components, score of the effective factors and the effect of each effective factor on environmental components, expert's judgments have been used. By quantification of qualitative comments, the overall effect on each environmental component was determined. The result showed that the percentage of environmental damage for air quality, human health and immunity, underground water and Soil of the area are more than other environmental components. Then, demonstrate the assessment of sustainable development of Sangam iron ore mine in khaf with the use of environmental effects of this mine. The result showed that the mine has a poor stability level and is necessary to predict and carry out required activities based on the percentage of damage of various components.

Keywords

Sustainable development, Environmental Impact Assessment, Sangam iron ore mine, Khaf.



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining Engineering, Petroleum and Geophysics

Evaluation of Sustainable Development of the
open pit mining
(Case Study: Sangan iron ore mine)

Elyas Ilkhani

Supervisors:

Dr. Mohammad Ataei

Dr. Reza Khalokakaie

Feb 2016