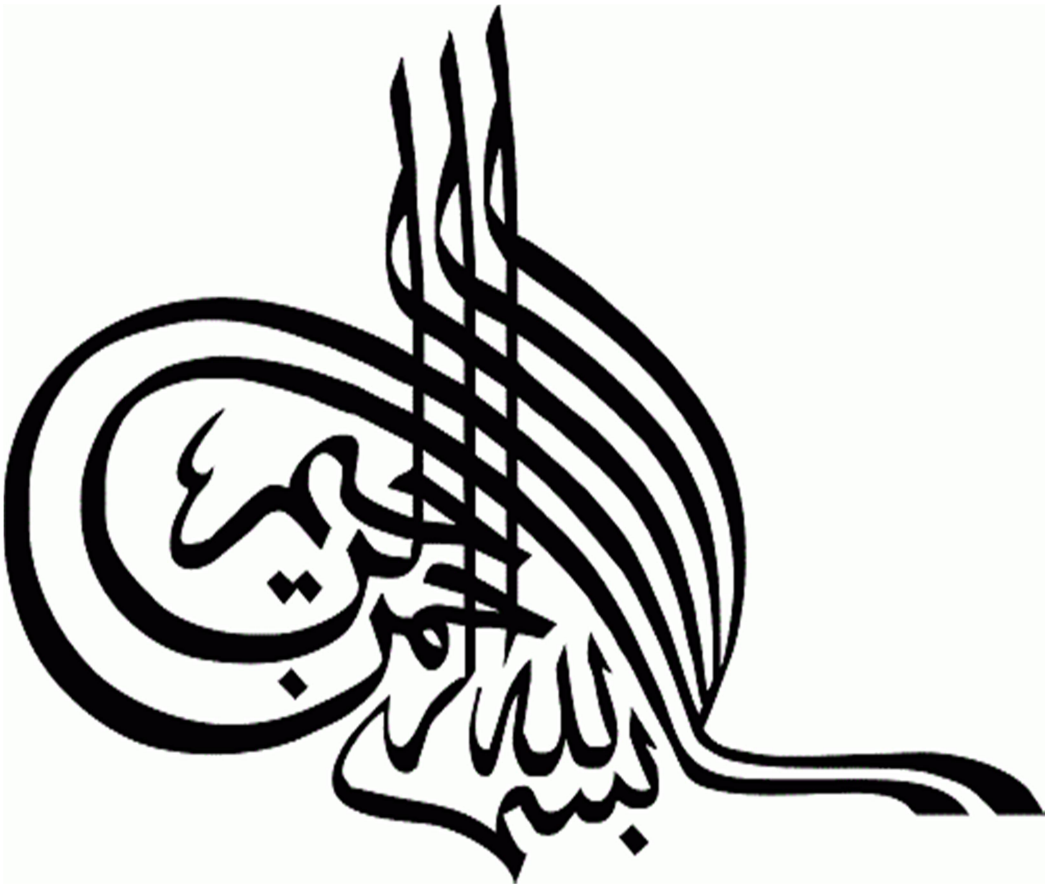

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد استخراج مواد معدنی

ارزیابی توسعه پایدار در معادن زغال‌سنگ شرکت شمال شرق

نگارنده: **راضیه نوروزی مصیر**

اساتید راهنما

دکتر رضا خالوکاکایی

دکتر محمد عطایی

استاد مشاور

محمدرضا قزوینی

شهریور ۱۳۹۶

سپاسگزار کسانی هستم که سرآغاز تولد من هستند. استادی که سپیدی را بر تخته سیاه زندگیم نگاشت و مادری که تار مویی از او بپای من سیاه نماند.

تقدیم به

مقدسترین واژه ها در لغت نامه دلم ، پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت آن می دانم.

خواهرم همراه همیشگی و پشتوانه زندگیم.

و تقدیم به

به جانباختگان معدن زغال سنگ زمستان یورت

تقدیر و تشکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ: "

از پدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛

از اساتید باکمالات و شایسته ام؛ جناب آقایان پرفسور رضا خالوکاکایی و پرفسور محمد عطایی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛

از اساتید مشاور صبورم، جناب آقای مهندس سجاد محمدی صمیمانه سپاس گزارم بی شک انجام این تحقیق بدون راهنمایی ها و تلاش های مجدانه ی ایشان امکان پذیر نبوده است و جناب آقای مهندس محمدرضا قزوینی به خاطر همکاری بی دریغشان در این عرصه صمیمانه سپاس-گزارم؛

و از اساتید فرزانه و دلسوزم؛ جناب آقایان دکتر فرهنگ سرشکی و دکتر کیومرث سیف پناهی که زحمت داوری این پایان نامه را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید

تعهد نامه

این‌جانب **راضیه نوروزی مصیر** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ارشد استخراج مواد معدنی دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **ارزیابی توسعه پایدار در معادن زغال‌سنگ شرکت شمال شرق** تحت راهنمایی **دکتر رضا خالوکاکایی و دکتر محمد عطایی**متعهد می‌شوم.

تحقیقات در این پایان‌نامه توسط این‌جانب انجام‌شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیر شده پایان‌نامه وجود داشته باشد

چکیده

در مطالعه حاضر، ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ ارائه شده، که این ارزیابی را می‌توان به عنوان ارائه راهکارهای استفاده درست از منابع انسانی و طبیعی دانست که سبب کاهش هزینه‌ها در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌شود. به منظور دستیابی به اهداف این تحقیق، ابتدا مطالعات قبلی مورد بررسی قرار گرفته است و مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ مشخص شد. در ادامه پرسشنامه‌هایی، به منظور اهمیت هریک پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ تعیین شد و از متخصصان نظرخواهی شد. سپس به منظور تحلیل توسعه پایدار در معدنکاری زغال‌سنگ، نظرات کیفی متخصصان توسط روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL) تجزیه و تحلیل شد. همچنین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی (FDAHP) وزن و اهمیت هر یک از پارامترهای مؤثر تعیین شد. در ادامه با استفاده از نتایج حاصل از دو روش مذکور سیستم طبقه‌بندی جدیدی ارائه شد. این سیستم که اندیس توسعه پایدار نامیده شده است (SDi) در مجموع به معادن زغالسنگ امتیازی از ۱۰ تا ۱۰۰ را اختصاص می‌دهد. سپس ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال-سنگ در ۵ کلاس خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند.

پس از ارائه سیستم طبقه‌بندی جدید، به منظور بررسی کارایی روش، اطلاعات سه منطقه معدنی از مجموعه معادن شرکت شمال شرق شاهرود شامل ملچ‌آرام تحتانی، زمستان یورت و اکلن ۴ جمع‌آوری شد. در ادامه این معادن با استفاده از سیستم طبقه‌بندی امتیازدهی شده است. برای اعتبارسنجی نتایج حاصل از سیستم طبقه‌بندی ارائه شده از روش فلیپس نیز استفاده شد که مقایسه‌ها تطابق خوبی را نشان داد.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ، روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL)، روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی (FDAHP)، اندیس توسعه پایدار (SDi)، معادن شرکت شمال شرق شاهرود

مقاله مستخرج از پایان‌نامه:

Norouzi Masir, R., Khalokakaie, R., Ataei, M., and Mohammadi, S. (2017). Structural analysis of impacting factors of sustainable development in underground coal mining using DEMATEL method. *Journal of Mining and Environment*.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت انجام تحقیق ۲

۱-۳- طرح مساله و ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-۴- اهداف تحقیق ۶

۱-۵- روش انجام تحقیق ۷

۱-۶- مطالعه موردی ۹

۱-۷- ساختار پایان‌نامه ۱۱

فصل دوم: سابقه علمی موضوع

۲-۱- مقدمه ۱۴

۲-۲- تاریخچه توسعه پایدار در جهان ۱۴

۲-۳- توسعه پایدار در معدنکاری ۱۶

۲-۴- توسعه پایداردر معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ ۲۰

۲-۵- ماتریس لئوپد ۲۲

۲-۶- روش فولچی ۲۳

۲-۷- روش فولچی اصلاح شده ۲۴

۲-۸- ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) ۲۶

۲-۹- مدل ریاضی پایداری ۲۹

۲-۱۰- سیستم ارزیابی زیست‌محیطی برای توسعه پایدار ۳۱

۲-۱۱- الگوریتم LCA و CBA برای ارزیابی توسعه پایدار ۳۲

۲-۱۲- جمع‌بندی ۳۵

فصل سوم: روش‌شناسی

۳-۱- مقدمه ۳۸

۳-۲- روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL) ۳۸

۳-۳- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (FDAHP)..... ۴۴

۳-۴- جمع‌بندی ۴۷

فصل چهارم: تعیین عوامل و پارامترهای توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ

۴-۱- مقدمه ۵۰

۴-۲- عوامل مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زغالسنگ..... ۵۰

۴-۲-۱- پارامتر زیست‌محیطی(EN) ۵۱

۴-۲-۱-۱- آلودگی هوا (AP) ۵۲

۴-۲-۱-۲- آلودگی آب (WP) ۵۵

۴-۲-۱-۳- آلودگی خاک (SP) ۵۷

۴-۲-۱-۴- آلودگی صوتی(N) ۵۸

۴-۲-۱-۵- حفظ جنگل (FP)..... ۶۱

۴-۲-۱-۶- بهم خوردن چشم انداز (LD) ۶۱

۴-۲-۱-۷- مصرف انرژی و سوخت (EF)..... ۶۳

۴-۲-۲- پارامتر اقتصادی (EC)..... ۶۴

۴-۲-۲- ۱- قیمت تمام شده (FP) ۶۴

۴-۲-۲- ۲- هزینه‌های سرمایه‌ای (CE) ۶۵

۴-۲-۲- ۳- هزینه‌های عملیاتی (OC)..... ۶۶

۴-۲-۲- ۴- سهم در تولید زغالسنگ داخلی (SP) ۶۶

۴-۲-۲- ۵- نرخ بازگشت سرمایه (ROR) ۶۷

۴-۲-۲-۶- ارزش خالص فعلی (NPV) ۶۷

۴-۲-۳- پارامتر اجتماعی (SC) ۶۷

۴-۲-۳-۱- اشتغال‌زایی (ELF) ۷۰
۴-۲-۳-۲- حفظ حقوق نسل آینده (PRG)..... ۷۱
۴-۲-۳-۳- استراتژیک بودن در انرژی (BSE)..... ۷۱
۴-۲-۳-۴- رضایتمندی افراد بومی (LS)..... ۷۲
۴-۲-۳-۵- تاثیر در فرهنگ منطقه (TRC)..... ۷۲
۴-۲-۳-۶- ایجاد مهارت و دانش (SAK)..... ۷۳
۴-۲-۳-۷- بهداشت، سلامت و ایمنی(HAS)..... ۷۳
۴-۳- جمع‌بندی..... ۷۵

فصل پنجم: ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ با تمرکز بر مطالعه موردی

۵-۱- مقدمه ۷۸
۵-۲- پیاده‌سازی روش DEMATEL..... ۷۹
۵-۲-۱- اجرای DEMATEL برای دسته پارامترها..... ۸۰
۵-۲-۲- اجرای روش DEMATEL برای پارامترهای زیست‌محیطی..... ۸۳
۵-۲-۳- اجرای روش DEMATEL برای پارامترهای اقتصادی..... ۸۵
۵-۲-۴- اجرای روش DEMATEL برای پارامترهای اجتماعی..... ۸۸
۵-۳- ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ با استفاده از FDAHP..... ۹۶
۵-۳-۱- اجرای FDAHP برای دسته پارامترها..... ۹۹
۵-۳-۲- اجرای FDAHP برای پارامترهای زیست‌محیطی..... ۱۰۲
۵-۳-۳- اجرای FDAHP برای پارامترهای اقتصادی..... ۱۰۸/
۵-۳-۴- اجرای FDAHP برای پارامترهای اجتماعی..... ۱۱۴
۵-۳-۵- یافتن وزن نهایی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ با روش FDAHP..... ۱۲۰
۵-۴- انتخاب پارامترها برای سیستم طبقه‌بندی..... ۱۲۳
۵-۴-۱- آلودگی هوا..... ۱۲۳

۵-۴-۲- آلودگی آب ۱۲۴
۵-۴-۳- آلودگی خاک ۱۲۵
۵-۴-۴- آلودگی صوتی ۱۲۵
۵-۴-۵- حفظ جنگل ۱۲۶
۵-۴-۶- انرژی و سوخت ۱۲۶
۵-۴-۷- قیمت تمام شده ۱۲۷
۵-۴-۸- اشتغالزایی ۱۲۸
۵-۴-۹- حفظ حقوق نسل آینده ۱۲۸
۵-۴-۱۰- بهداشت، سلامت و ایمنی ۱۲۹
۵-۴-۱۱- ایجاد مهارت و دانش ۱۲۹
۵-۵- سیستم طبقه‌بندی جدید برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغالسنگ ۱۲۹
۵-۵-۱- ارزیابی سیستم طبقه‌بندی در مجموعه معادن شرکت شمال شرق شاهرود از نظر پایداری ۱۳۵
۵-۶- ارزیابی توسعه پایدار با استفاده از روش Phillips ۱۳۶
۵-۷- اقدامات لازم برای افزایش توسعه پایدار ۱۳۸
۵-۸- نتیجه گیری ۱۴۰

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری ۱۴۲
۶-۲- پیشنهادها برای تحقیقات آتی ۱۴۴
منابع ۱۴۶
پیوست ۱۵۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: عناصر کلیدی «توسعه پایدار» ۵
شکل ۱-۲: مراحل انجام تحقیق ۸
شکل ۱-۳: راه‌های دسترسی به معادن شرکت شمال شرق ۱۰
شکل ۱-۴: ساختار پایان‌نامه ۱۲
شکل ۲-۱: سیستم ارزیابی برای پایداری محیط زیست در معادن زغال سنگ ۳۱
شکل ۲-۲: چارچوب الگوریتم برای توسعه ارزیابی پایداری ۳۳
شکل۳-۱: نمودار علّی حاصل از ماتریس روابط کلی ۴۳
شکل ۳-۲: تابع عضویت در روش فازی دلفی ۴۶
شکل ۴-۱: فاکتور های مؤثر بر توسعه پایدار ۵۱
شکل ۴-۲: میزان مرگ ومیر در هنگام قبل و بعد اجرای CAA ۵۳
شکل ۴-۳: میزان آلودگی فلزات سنگین در منطقه معدنی زغالسنگ ۵۶
شکل ۴-۴: غلظت فلزات سنگین در خاک حوضه رودخانه ۵۸
شکل ۴-۵: تشکیل نشست چاه باطله ۶۲
شکل ۴-۶: مقایسه مصرف انرژی حمل و نقل کامیون ونوار نقاله ۶۳
شکل ۴-۷: مقایسه انتشار کربن از یک کامیون و نوار نقاله ۶۴
شکل ۵-۱: نمودار علَی معیار دسته پارامترها ۸۲
شکل ۵-۲: ساختار شبکه‌ای دسته پارامترها ۸۳
شکل ۵-۳: نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی ۸۷
شکل ۵-۴: ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی ۸۷
شکل ۵-۵: نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر شاخص اقتصادی ۹۱
شکل ۵-۶: ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر بر شاخص اقتصادی ۹۱
شکل ۵-۷: نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر شاخص اجتماعی ۹۵
شکل ۵-۸: ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر بر شاخص اجتماعی ۹۶
شکل ۵-۹: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار ۱۰۲
شکل ۵-۱۰: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی ۱۰۸

شکل ۵-۱۱: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی..... ۱۱۴
شکل ۵-۱۲: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اجتماعی..... ۱۲۰
شکل ۵-۱۳: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ ۱۲۱
شکل ۵-۱۴: نمودار سلسله مراتبی وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ ۱۲۲

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در معدنکاری ۱۶
جدول ۲-۲: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در ارتباط با معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ ۲۰
جدول ۲-۳: پارامترهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدنکاری در روش فلوچی ۲۴
جدول ۲-۴: مقادیر پارامترهای مؤثر ۲۵
جدول ۲-۵: معیارهای ارزیابی در روش RIAM ۲۸
جدول ۲-۶: بازه در نظر گرفته شده برای تعیین میزان پایداری ۳۱
جدول ۳-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در مورد روش DEMATEL ۳۹
جدول ۳-۲: نمونهای از ماتریس برای انجام روش DEMATEL ۴۱
جدول ۴-۱: حداکثر میزان صدای ایجاد شده به وسیله ماشین‌آلات حفاری و حد مجاز آنها ۶۰
جدول ۴-۲: اثرات خودسوزی زغالسنگ بر سلامتی انسان ۷۴
جدول۵-۱: ماتریس دسته پارامترها ۸۰
جدول۵-۲: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی دسته پارامترها ۸۱
جدول ۵-۳: ماتریس شاخص زیستمحیطی ۸۳
جدول ۵-۴: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی معیار زیستمحیطی ۸۸
جدول ۵-۵: ماتریس شاخص اقتصادی ۸۸
جدول ۵-۶: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی معیار اقتصادی ۹۰
جدول ۵-۷: ماتریس شاخص اجتماعی ۹۲
جدول ۵-۸: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی معیار اجتماعی ۹۴
جدول۵-۹: فرم ارسال شده برای دسته پارامترها ۹۷
جدول ۵-۱۰: فرم ارسال شده برای پارامترزیستمحیطی ۹۸
جدول۵-۱۱: فرم ارسال شده برای پارامتر اقتصادی ۹۸
جدول ۵-۱۲: فرم ارسال شده برای پارامتر اجتماعی ۹۹
جدول ۵-۱۳: طبقه‌بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها ۹۹
جدول ۵-۱۴: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۳ پارامتر اصلی با توجه به نظرات متخصّصان ۱۰۰
جدول ۵-۱۵: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار ۱۰۱
جدول ۵-۱۶: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار ۱۰۲
جدول ۵-۱۷: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامترزیستمحیطی با توجه به نظرات متخصّصان ۱۰۳
جدول ۵-۱۸: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیستمحیطی ۱۰۷
جدول ۵-۱۹: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیستمحیطی ۱۰۷

جدول ۵-۲۰: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۶ پارامتر اقتصادی با توجه به نظرات متخصّصان ۱۰۸
جدول ۵-۲۱: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی ۱۱۳
جدول ۵-۲۲: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی ۱۱۳
جدول ۵-۲۳: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامتر اجتماعی با توجه به نظرات متخصّصان ۱۱۴
جدول ۵-۲۴: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اجتماعی ۱۱۹
جدول ۵-۲۵: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اجتماعی ۱۱۹
جدول ۵-۲۶: وزن نهایی غیرفازی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ.. ..... ۱۲۰
جدول ۵-۲۷: میزان گرد و غبار در هوا و درجه آلودگی آن ۱۲۴
جدول ۵-۲۸: حد مجاز آلودگی آب ۱۲۴
جدول ۵-۲۹: میزان گرد و غبار در خاک و درجه آلودگی آن ۱۲۵
جدول ۵-۳۰: حد مجاز آلودگی صوتی ۱۲۶
جدول ۵-۳۱: حد مجاز مصرف انرژی و سوخت ۱۲۶
جدول ۵-۳۲: سیستم طبقه‌بندی برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغالسنگ ۱۳۱
جدول ۵-۳۳: بازه‌بندی اندیس پایداری در معادن زیرزمینی زغالسنگ ۱۳۵
جدول ۵-۳۴: طبقه‌بندی مجموعه معادن شرکت شمال شرق شاهرود از نظر پایداری توسعه پایدار ۱۳۶

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

از مهمترین چالش‌های امروزی صنعت معدنکاری، لزوم پاسخگویی به نیاز روز افزون جوامع بشری به مواد معدنی مختلف به علت روند رو به رشد افزایش جمعیت دنیا و تقاضای فزاینده سطح رفاه می-باشد. از بین مواد معدنی، منابع تأمین انرژی جایگاه بسیار برجسته‌ای دارد. زیرا بدون تأمین انرژی کافی، هیچ صنعتی قادر به ادامه حیات نخواهد بود. امروزه، نظر به نقش کلیدی زغال‌سنگ در تولید فولاد، سیمان، آهک و غیره، نقش بسیار ارزنده این منبع انرژی در ارتقاء جوامع صنعتی محرز گردیده است. مدیریت منطقی و مؤثر ذخایر بایستی به گونه‌ای باشد که این ذخایر در خدمت نسل‌های آینده نیز باشد و لذا توسعه پایدار[1] (SD) باید از اولویت‌های هر کشور در قبال صنعت معدن‌کاری زغال‌سنگ قرار گیرد.

از آنجایی که توسعه پایدار شامل یک مجموعه بهم پیوسته اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می-باشد و صنایع معدنکاری، اثرات مثبت و منفی قابل توجه‌ای را بر توسعه پایدار ایجاد کرده است. لذا این اثرات سبب شده تا ارتباط متقابلی بین معدنکاری و توسعه پایدار بوجود آید (Worrall et al., 2009). بنابراین ضرورت دارد که توسعه پایدار در معدنکاری در نظر گرفته شده و پارامترهای مؤثر بر آن شناسایی و ارزیابی شود. در این پایان‌نامه به بررسی ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال-سنگ پرداخته شده است.

۱-۲- اهمیت انجام تحقیق

امروزه افزایش نیاز جامعه‌ی جهانی و صنایع مختلف به موادخام و پیشرفت روزافزون تکنولوژی موجب افزایش حجم فعالیت‌های معدنکاری به منظور تولید بیشینه‌ی مواد معدنی شده است. معدنکاری پایدار در راستای تحقق اهداف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی همواره به دنبال روش کارآمد و نوینی برای تولید بیش از پیش مواد معدنی با حفظ توسعه پایدار است.

[1] . Sustainable Development

معدنکاری به عنوان یک فعالیت اقتصادی می‌تواند منافعی را برای کشورهای معدنی به ارمغان آورد. از منظر توسعه پایدار، منابع معدنی بخشی از منابع تجدیدناپذیر هستند و مدیریت این نوع منابع به دلیل کاهش تدریجی میزان ذخایر در اثر استخراج و لزوم در نظر گرفتن نیازهای نسل‌های آینده تمهیدات خاصی را می‌طلبد. ضمن اینکه عدم توجه به اصول توسعه پایدار در حین معدنکاری می تواند نتایج نامطلوب اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را برای دولت‌ها و جوامع محلی به دنبال داشته باشد (Adibi et al., 2015).

از آنجایی که در بخش معدنکاری کمتر اصول و قوانین توسعه پایدار مورد توجه قرار می‌گیرد لازم است که با برنامه‌ریزی درست و منطقی در ابعاد جنبه‌های توسعه پایدار و با در نظر گرفتن قوانین محکم، علاوه‌بر توسعه اقتصادی، جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی را نیز تقویت کرد.

۱-۳- طرح مساله و ضرورت انجام تحقیق

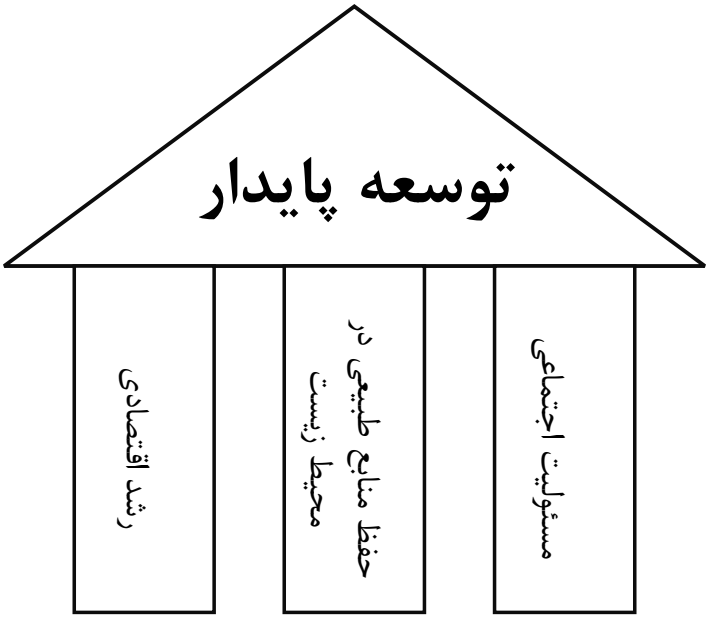
توسعه پایدار فرآیندی است که طی آن مردم یک کشور نیازهای خود را برآورده می‌سازند و سطح زندگی خود را ارتقا می‌بخشند، بی‌آنکه از منابع متعلق به نسل‌های آینده مصرف کنند و سرمایه‌های آتی را برای تأمین خواسته‌های آنی اتلاف نمایند. اصل مهم در توسعه پایدار آن است که منابع طبیعی به گونه‌ای حفظ شوند که نسل‌های آینده حداقل به اندازه نسل کنونی بتوانند تولید و مصرف داشته باشند (Marker et al., 2005).

اجرای توسعه پایدار برای تلفیق فعالیت‌ها در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشد (شکل ۱-۱) (Dubinski, 2013):

- اقتصادی، فعالیت های فنی و اقتصادی برای اطمینان از رشد اقتصادی
- زیست محیطی، اطمینان از حفاظت از منابع طبیعی و محیط زیست
- اجتماعی، برای مراقبت از کارکنان در محل کار و توسعه جامعه در حوزه محیط زیست معدن

با توجه به اینکه بین محیط زیست و اقتصاد ارتباطی تنگاتنگ برقرار است سیاست‌هایی که هدف آن‌ها نیل به یک مقصود اجتماعی و یا اقتصادی است الزاماً محیط زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین اگر علل تخریب محیط زیست ریشه در فعالیت‌های اقتصادی داشته باشد، لازم است که این اثرات مخرب کشف و به فکر راه حل بود.

آلودگی‌های زیست‌محیطی از چالش‌های اصلی دنیای امروز است به گونه‌ای که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون مرزی، ساماندهی مسائل زیست‌محیطی را در حوزه‌ی بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند. مسائل و مشکلات حوزه محیط زیست و تأثیرات آن بر کره خاکی طی چند دهه اخیر به یک بحران جدی تبدیل شده است. این آسیب‌ها ناشی از ترکیب عواملی همچون توسعه شهرنشینی، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و فعالیت‌های صنعتی بوده که سبب انتشار گازهای آلاینده می‌شود. تمامی این آلاینده‌ها نه تنها روی محیط زیست در سطح محلی و منطقه‌ای بلکه در سطح جهانی نیز اثرات مخربی دارند. به طوری که در سطح محلی بیشترین تخریب به صورت آلودگی هوا بروز می‌کند و در سطح بین المللی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای موجب گرم شدن سطح زمین می‌گردد. رشد فعالیت‌های صنعتی و افزایش انتشار آلاینده‌ها موجب جلب توجه جهانیان به مسائل زیست‌محیطی شده است که در نتیجه آن استانداردهای محیطی و هوای پاک در سطح بین‌المللی و ملی وضع شده است.



شکل ۱-۱: عناصر کلیدی «توسعه پایدار» (Dubinski, 2013)

معدن‌کاری و فعالیت‌های مرتبط با آن مانند راه‌های دسترسی و فرآوری مواد معدنی نقش مهمی در مشکلات زیست‌محیطی از قبیل فرسایش خاک، آلودگی آب و هوا، لرزش زمین، آلودگی صوتی، تأثیر سلامتی انسان و غیره ایفا می‌کنند. در میان مواد معدنی معادن زغال‌سنگ به‌عنوان منبع اصلی انرژی در انقلاب صنعتی بوده و با پیشرفت فناوری در این خصوص با وجود آلایندگی زیستی آن که البته با فناوری‌های نو تقلیل یافته، هنوز هم یکی از اقلام مهم در سبد انرژی جهانی محسوب می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که زغال‌سنگ از گذشته تا به امروز هم چنان جایگاه خود را در تأمین نیاز انرژی جهانی حفظ کرده و سهم آن حتی افزایش اندکی نیز داشته است. اگر چه معدنکاری زغال‌سنگ نقش مهمی در اقتصاد ایفا می‌کند، ولی با مخاطرات زیادی مانند تخریب سفره‌های آب زیرزمینی، نشست سطح زمین، آلودگی زیست محیطی و خودسوزی زغال‌سنگ و غیره همراه است (Worrall et al., 2009; Kumah, 2006: McCullough and Lund, 2006).

معادن زغال‌سنگ در ایران از نوع معادن زیرزمینی است و مخاطرات معادن زیرزمینی در قیاس با سایر فعّالیت‌های معدنی و صنعتی دارای تفاوت‌های زیادی است و به سادگی می‌توان دریافت که فعالیت در معادن زغال‌سنگ با گستره‌ی وسیعی از مخاطرات بر محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماعی همراه است؛ اما

با توجه به پتانسیل بالای ذخایر معدنی و اهمیت بارز آن‌ها در تأمین نیازهای بخش صنعت، بهره-برداری بهینه و مطمئن از این منابع ضروری است. در آینده نیز با گسترش و توسعه معادن و عمیق‌تر شدن آن‌ها، مسلماً مسائل و مشکلات افزایش می‌یابد.

برای مطالعه تأثیر پارامترهای مختلف بر توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ، متخصصان بسیاری با استفاده از پارامترهای مختلف، شرایط معادن زغال‌سنگ را بررسی کردند. با توجه به طبیعت پیچیده و پارامترهای مؤثر متعدّد در ارزیابی توسعه پایدار، به نظر می‌رسد استفاده از یک روش جدید می‌تواند راه‌گشای مناسبی برای برطرف کردن دشواری‌های موجود در زمینه ارزیابی توسعه پایدار زغال‌سنگ باشد؛ لذا با توجه به تمامی مطالب مذکور، ضرورت ارائه یک روش جدید برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زغال‌سنگ به خوبی مشخص می‌شود.

۱-۴- اهداف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق تعیین پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ است. در طی این تحقیق سعی شده است تا با بررسی منابع علمی معتبر و تحقیقات انجام شده‌ی پیشین به بررسی مسأله مورد تحقیق پرداخته شود:

به طور کلی هدف از انجام این تحقیق شامل موارد زیر است:

الف- تعیین شاخص‌های اثر گذار بر روی توسعه پایدار معادن زغال‌سنگ زیرزمینی با نگاه ویژه به معادن زغالسنگ شمال شرق شاهرود

ب- ارزیابی زیست‌محیطی فعالیت‌های معادن زیرزمینی زغال‌سنگ

ج- بررسی تاثیرات زیست محیطی معادن مورد بحث بر روی شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه

د- ارزیابی کلی توسعه پایدار در این معادن

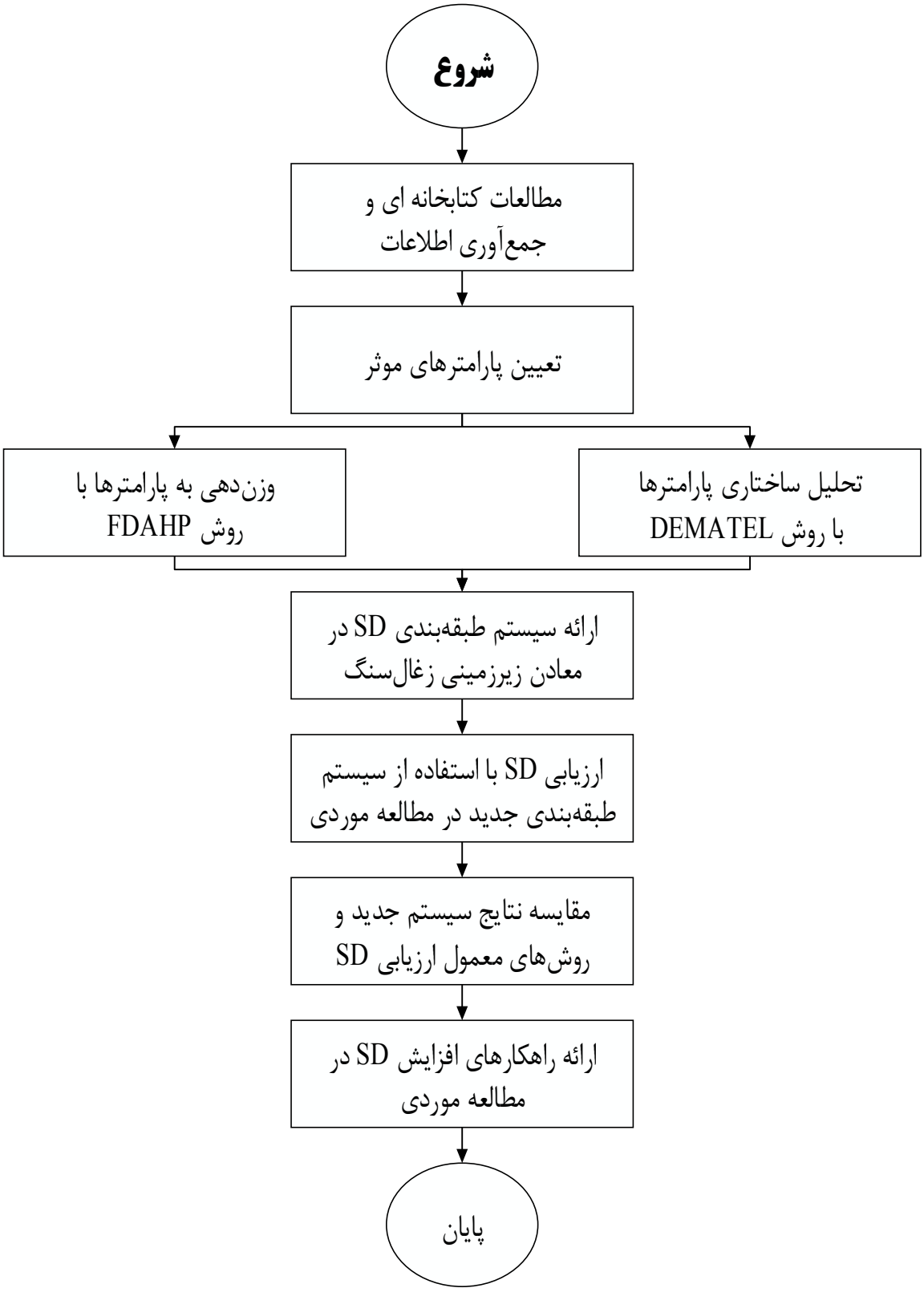
ه- مشخص کردن راهکارهای پیشگیرانه برای نیل به اهداف توسعه پایدار برای معادن مورد بحث

۱-۵- روش انجام تحقیق

پارامترهای مؤثر در ارزیابی توسعه پایدار از تعدد بالایی برخوردارند که در روش‌های مرسوم برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زغال‌سنگ لحاظ نشده‌اند، لذا این روش‌ها در بیشتر مواقع قادر به ارزیابی درست توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ نمی‌باشند. از طرفی تأثیر میان پارامترها نیز تأثیر بسیار مهمی در ارزیابی توسعه پایدار دارند، که آن‌ها در روش‌های مرسوم در نظر گرفته نمی-شوند. باید کلیه‌ی پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ تعیین و به بررسی آن‌ها پرداخته شود و میزان اهمیت آن‌ها از طریق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد ارزیابی قرار گیرند. در مقایسه با این روش‌ها، روش‌های سیستمی نه تنها می‌توانند مسئله را به طور کلی با در نظر گرفتن لیست کاملی از عوامل تأثیرگذار حل کنند بلکه می‌توانند تأثیر هر پارامتر بر پارامترهای دیگر را نیز در نظر بگیرند که با توجه به شکل ۱-۲ مراحل انجام تحقیق بصورت زیر می‌باشد:

- انجام مطالعات اولیه و جمع آوری اطلاعات لازم
- تعیین شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و نوع ارتباط آن‌ها با هم
- استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به منظور ارزیابی توسعه پایدار
- ارائه سیستم طبقه‌بندی جدیدی به منظور ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال-سنگ
- پیاده‌سازی سیستم طبقه‌بندی بر روی معادن زیرزمینی زغال‌سنگ شرکت شمال شرق
- تطابق سیستم ارائه شده با یکی از روش‌های معمول توسعه پایدار
- ارائه راه‌حل‌هایی به منظور افزایش توسعه پایدار در منطقه مورد مطالعه

رویکرد ارائه شده از داده‌های معادن زغال‌سنگ شرکت شمال شرق پیاده‌سازی خواهد شد.



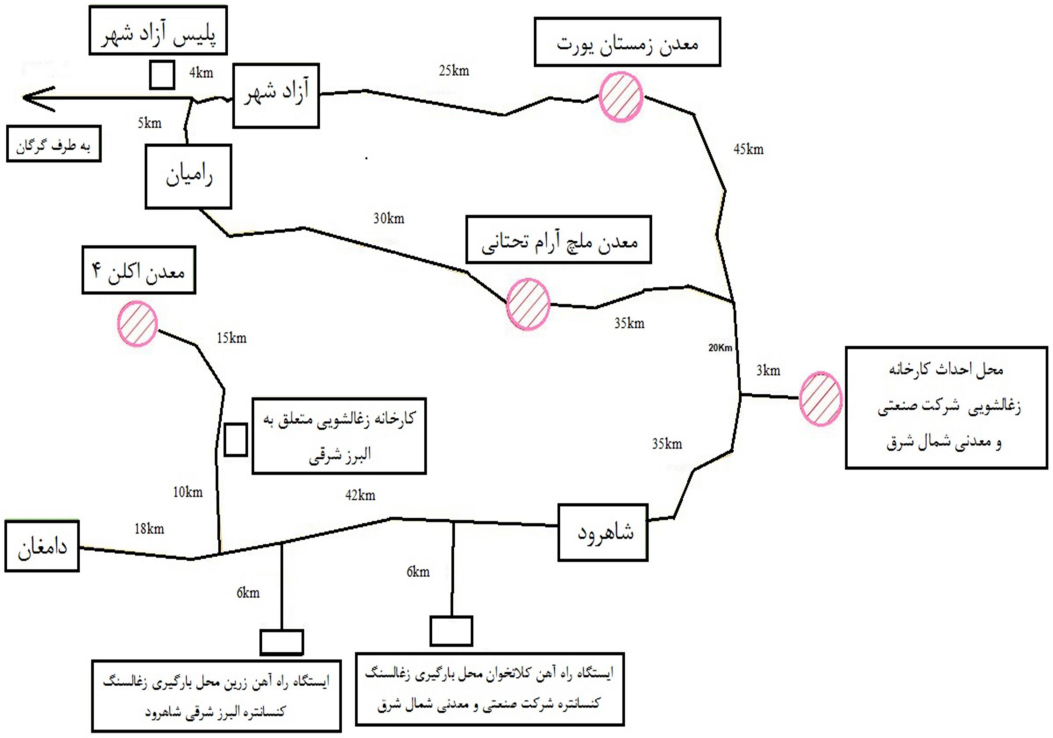
شکل ۱-۲: مراحل انجام تحقیق

۱-۶- مطالعه موردی

شرکت صنعتی معدنی شمال‌شرق یکی از بزرگترین شرکت‌های تولید زغال‌سنگ در ایران است. پروژه‌های صنعتی و معدنی شرکت شمال شرق شامل معادن زمستان‌یورت (قشلاق)، معدن ملچ‌آرام (اولنگ) و معدن اکلن ۴ می‌باشد که در ادامه به صورت مفصل در مورد موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی (شکل ۱-۳) به این معادن شرح داده خواهد شد.

- **معدن زمستان‌یورت:** منطقه زمستان یورت در فاصله ۱۱۰ کیلومتری شمال شرق شاهرود و در فاصله ۱۴ کیلومتری شهرستان آزادشهر از توابع استان گلستان قرار دارد. حوضه زغال‌دار زمستان‌یورت دارای وسعتی حدود ۴۲ کیلومتر مربع می‌باشد. کمترین ارتفاع در محدوده عملیات اکتشافی در ابتدای دره وطن حدود ۵۰۰+ متر و مرتفع‌ترین نقطه مربوط به بلندی-های کوه اولنگ بالغ بر ۲۹۸۰+ از سطح دریا اندازه‌گیری شده است. این منطقه کوهستانی بوده و به سمت شمال شرق گسترش می‌یابد. این منطقه جزیی از محدوده قشلاق بزرگ محسوب می‌شود. هوای این منطقه در تابستان گرم و سوزان و زمستان‌های معتدل دارد. نزولات آسمانی دراین محل بیشتر بصورت بارندگی فراوان است که در بیشتر فصول ادامه دارد. بدین جهت منطقه از پوشش گیاهی و درختچه‌های جنگلی پوشانده شده است.
- **معدن ملچ‌آرام تحتانی:** بلوک ملچ‌آرام تحتانی در جنوب شرقی زغالی اولنگ در ۷۵ کیلومتری شمال شرق شاهرود و ۳۱ کیلومتری جنوب شرقی رامیان از توابع شهرستان آزاد شهر واقع شده است. بخش زغال‌دار ملچ‌آرام تحتانی در یال جنوبی سکنلینال قشلاق اولنگ از کنار دهکده ملچ‌آرام بطرف شرق تا ارتفاعات یال جنوبی سنکلینال قشلاق اولنگ از کنار دهکده ملچ‌آرام بطرف شرق تا ارتفاعات یال حاجی کوه به طول ۲ کیلو متر به طرف روستای رود بار قشلاق و از طرف غرب پس از عبور از پایگاه اولنگ بطول ۷۵ کیلومتر تعقیب شده است. ارتفاع نسبی حدود ۱۴۰۰ متر و پایین‌ترین ارتفاع مربوط به رودخانه جوزچال حدود ۹۰۰ متر و ماکزیمم ۲۹۸۰ متر از سطح دریا اندازه‌گیری شده است. هوای این منطقه در

تابستان گرم و سوزان و زمستان‌های معتدل دارد. نزولات آسمانی در این محل بیشتر بصورت بارندگی فراوان است که در بیشتر فصول ادامه دارد. بدین جهت منطقه از پوشش گیاهی و درختچه‌های جنگلی پوشانده شده است.



شکل ۱-۳: راه‌های دسترسی به معادن شرکت شمال شرق

- **معدن اکلن ۴:** معدن اکلن ۴ مرکزی یکی از معادن ۹ گانه منطقه طزره است. منطقه طزره واقع در ۷۵ کیلومتری شرق شاهرود و در استان سمنان قرار دارد. این منطقه کوهستانی در دامنه جنوبی سلسله جبال البرز و در ارتفاع ۲۲۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. راه ارتباطی منطقه طزره با جاده آسفالته ختصاصی به طول ۳۰ کیلو متر به محور اصلی دامغان-شاهرود در محل روستای مهماندوست (کیلومتر ۴۰ شاهرود) متصل است. این معدن در منتها الیه غربی منطقه طزره و در جنوب شرقی معدن کلاریز غربی قرار گرفته که فاصله آن تا کارخانه زغالشویی شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی ۳۰ کیلومتر است. زمستان‌ها نسبتاً سرد و طولانی و در تابستان دمای هوا به ندرت به بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

۱-۷- ساختار پایان‌نامه

تحقیق حاضر مشتمل بر ۶ فصل می‌باشد، که شکل ۱-۴ ساختار پایان‌نامه را به صورت سازمان‌دهی فصل‌ها نشان می‌دهد.

در **فصل اول**، بیان کلی مسأله مورد بررسی، ضرورت و اهداف تحقیق است.

در **فصل دوم**، با عنوان مروری بر ادبیات تحقیق که در ابتدا در مورد توسعه پایدار توضیح داده شده و پس از آن بیان تاریخچه‌ای مختصر از کارهای صورت گرفته در این زمینه، برخی از مهم‌ترین روش-های توسعه پایدار آورده شده است.

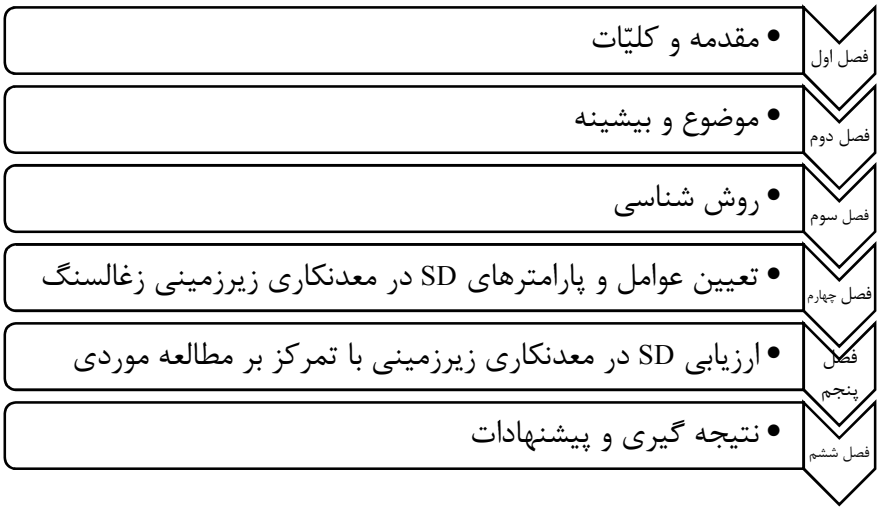
در **فصل سوم**، کلیات روش‌های DEMATEL و FDAHP ذکر شده است.

در **فصل چهارم**، تأثیر پارامترهای مختلف بر توسعه پایدار مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور با استفاده از منابع علمی معتبر بین‌المللی و با مرور کارهای تحقیقاتی گذشته، کلیه این عوامل به طور مناسبی شناسایی، طبقه‌بندی و تشریح شده‌اند.

در **فصل پنجم**، ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی با تمرکز بر مطالعه موردی انجام شده است. با استفاده از روش‌های DEMATEL و FDAHP نظرسنجی‌های از متخصصان در زمینه صنعت زغال‌سنگ انجام گرفته شده است. برای این منظور، نتایج نظرات متخصصان مختلف در مورد اهمیّت هر یک از پارامترهای مؤثر و تأثیر پارامترها بر یکدیگر بر ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ منعکس شده و کلیّه محاسبات ریاضی مربوطه بر روی نتایج نظرسنجی، صورت گرفته است. در ادامه وزن و اهمیت و تأثیر پارامترها بر یکدیگر بر اساس روش‌های پیشنهادی ارائه شده است؛ در نهایت سیستم طبقه‌بندی جدیدی به منظور ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ ارائه شده، که این سیستم طبقه‌بندی بر روی معادن زیرزمینی زغال‌سنگ شرکت شمال

شرق شامل مناطق معدنی زمستان‌یورت، ملچ‌آرام و اوکلون ۴ پیاده شده است و به منظور اعتبارسنجی این روش از روش فلیپس[1] استفاده شده است.

نهایتاً در **فصل ششم**، به جمع‌بندی مطالب پایان‌نامه و مروری بر نتایج حاصله پرداخته می‌شود. در این فصل پیشنهادهایی نیز برای تحقیقات آتی ارائه شده است.



شکل ۱-۴: ساختار پایان‌نامه

[1] . Phillips

فصل دوم:

سابقه علمی موضوع

۲-۱- مقدمه

در طول دو دهه گذشته، مفهوم توسعه پایدار به صورت گسترده‌ای مدنظر اقتصاددانان قرار گرفته و موضوع اصلی بیشتر مباحث بین‌المللی را به خود اختصاص داده است. از میان ابعاد مختلف توسعه پایدار، کاربرد آن از دیدگاه محیط زیست و منابع طبیعی از اهمیت و جایگاه مهمی برخوردار است. در بیشتر کشورها و به خصوص کشورهای در حال توسعه رشد اقتصادی به عنوان هسته مرکزی برنامه‌ریزی‌ها قلمداد می‌شود. متأسفانه در اغلب موارد رشد اقتصادی پیامدهای ناگواری به خصوص در زمینه محیط زیست و منابع طبیعی به همراه داشته است، زیرا بیشتر فعالیت‌های اقتصادی در ارتباط تنگاتنگ با محیط زیست بوده و در حقیقت می‌توان بیان کرد که سرنوشت محیط زیست و رشد اقتصادی جوامع به یکدیگر وابسته است. به همین دلیل، در طول سال‌های گذشته همراه با نوسانات رشد اقتصادی جوامع، جهان شاهد تغییرات زیست محیطی بزرگ و نامطلوبی بوده است. در این فصل، پژوهش‌ها و کارهای صورت گرفته در زمینه توسعه پایدار مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲- تاریخچه توسعه پایدار در جهان

اولین کوشش‌های انجام گرفته در زمینه توسعه پایدار ناشی از نگرانی‌های تعدادی از متفکران بود که می‌گفتند انسان در حال نابودی محیط زیست خود است، محیطی که از لحاظ تاریخی در آن به سر برده و از لحاظ بیولوژیکی به آن وابسته است. این اولین تحول در نگرش است که در اواخر دهه ۱۹۶۰ رخ داد و ویژگی آن بحث درباره کیفیت محیط زیست در برابر رشد اقتصادی و حاکی از تغییر بینش و نگرش درباره الگوهای سنتی رشد اقتصادی بود (Cashore, 2002).

بر همین اساس گروهی از کارشناسان توسعه و محیط زیست در ژوئن ۱۹۷۱ در کشور سویس، مساله حمایت و بهبود محیط زیست را به عنوان نیازهای فوری کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار دادند. توصیه‌های این گروه که معروف به توصیه اجلاس فونکس[1] بود در یکسری از سمینارهای

[1] . Founex

منطقه‌ای که به این نام برگزار شد، مورد بحث قرار گرفت. اما نقش اساسی در تبیین و توجه به توسعه پایدار به دو کنفرانس و یک کمیسیون مربوط می‌شود (WCED, 1987; National Academy of Sciences, 1996; ESCOP, 1990; Bojorquez-Tapia, L.A. and Garcıa, 1998: Brundtland, 1987):

- کنفرانس محیط زیست استکهلم ۱۹۷۲: در این کنفرانس به این واقعیت تاکید شد که دو سوم جمعیت دنیا گرفتار فقر، بی‌سوادی، سوء تغذیه و گرسنگی، نبود بهداشت و تخریب محیط زیست است و تا زمانی که این مسائل حل و فصل نشود، پیشرفتی در توسعه و بهبودی در وضع محیط زیست انسان حاصل نمی‌شود. به این دلیل باید ملاحظات محیط زیستی در استراتژی‌های توسعه تلفیق شده و سعی شود که از منابع طبیعی به نحو مناسب در جهت بهبود کیفیت زندگی مردم استفاده شود و از اشتباه‌های کشورهای توسعه یافته پرهیز شود.
- کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه[1]: این کمیسیون در سال ۱۹۸۷ با عنوان کمیسیون برانتلند[2] از سازمان ملل خواست تا از کشورهای مختلف برای ایجاد یک سیستم همکاری و تلاش مشترک برای دستیابی به رفتار مناسب در کلیه سطوح و کسب منافع عمومی دعوت به عمل آورد. مهمترین هدف این گردهمایی، همکاری جهانی و همکاری‌های دو جانبه و متقابل بین کشورهای مختلف در زمینه مسائل توسعه بود و با وجود اینکه در این گردهمایی تخریب محیط زیست گزارش شد اما شرکت کنندگان خوشبینانه بر این باور بودند که به شرط متعهد شدن و هماهنگی جهانی، آینده‌ای مطمئن برای همگان امکان‌پذیر خواهد بود.
- کنفرانس ریو ۱۹۹۲: مهمترین نتیجه این اجلاس جمع‌بندی آن است که به عنوان دستور کار ۲۱ (به عنوان منشور راهبردهای زیست‌محیطی قرن ۲۱) شناخته شد و بر اساس آن دولت‌ها، موظف شدند چارچوب استراتژیکی خاصی را برگزینند که ترکیب اهداف توسعه‌ای و زیست محیطی را میسر سازد. یکی از توصیه‌های مهم دستور کار ۲۱، تشکیل کمیسیون توسعه پایدار در

[1] . World Commission on Environment and Development
[2] . Brundtland

سازمان ملل متحد بود که در حال حاضر اهداف مربوط به توسعه پایدار را دنبال می‌کند. بعد از انتشار این بیانیه، برنامه محیط زیست سازمان ملل (UNEP[1]) از تعدای از کشورهای عضو درخواست کرد که یک دستورالعمل زیست‌محیطی جامع برای معدن‌کاری و توسعه پایدار تهیه کنند.

۲-۳- توسعه پایدار در معدنکاری

نظر به اهمیت توسعه پایدار از لحاظ چگونگی پیدایش، ارزیابی، پیش‌گیری و کنترل آن به علّت مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در دهه‌های اخیر توجه ویژه محقّقان مختلف از سراسر جهان را به خود اختصاص داده است. نخستین ویرایش از "دستورالعمل زیست‌محیطی جامع برای فعّالیت‌های معدنی" در سال ۱۹۹۴ منتشر شد که در حقیقت دنباله و نسخه تجدید نظر شده "دستورالعمل برلین، ۱۹۹۱" تحت عنوان "معدنکاری و محیط‌زیست" بود (National Academy of Sciences, 1996). از آن زمان تا کنون تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است که با توجه به اقتضای تحقیق حاضر و دسترسی کم منابع معتبر علمی برخی از مهم‌ترین مطالعات انجام شده پیشین به دقت مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در جدول ۲-۱ آورده شده است.

جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در معدنکاری

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
Leopold et al (1971)	به منظور بررسی آثار احتمالی یک پروژه بر محیط‌زیست، ماتریسی برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی ارائه شده است.
Von Below (1993)	توسعه پایدار در معدن را تنها از طریق اکتشاف مداوم، نوآوری در فناوری و احیای محیط زیست می‌داند.
Allan (1995)	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.

[1] . United Nations Environment Programme

ادامه جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در معدنکاری

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
Learmont (1997)	با مطالعه روی معادن با عمر زیاد نشان داد که می‌توان معدنکاری را به عنوان یک فعالیت پایدار در نظر گرفت.
Crowson (1998)	ذخایر معدنی محدود هستند و دیر یا زود تمام می‌شوند، که این موضوع باعث می‌شود فعّالیت‌های معدنکاری پایدار محسوب نشود.
Hilson (2000)	مفهوم توسعه پایدار عملیاتی در صنعت معدن ارائه شد.
Hilson and Murck (2001)	توسعه پایدار درزمینه معدن در شرکت‌های بزرگ بررسی شده است. محققان به این نتیجه رسیدند که برای پایداری صنعت معدنکاری موارد زیر لازم است: با بهبود برنامه ریزی، اجرای مدیریت زیست محیطی و فن‌آوری های پاک، گسترش مسئولیت اجتماعی به گروه‌های ذینفع، تشکیل مشارکت پایداری و بهبود آموزش، که همه این عوامل در یک معدن می تواند به بهبود عملکرد در عرصه‌های زیست محیطی و اجتماعی و اقتصادی را فراهم کند.
Amankwah and Anim-Sackey (2003)	توسعه پایدار در معادن کوچک مقیاس (طلا و الماس) در کشور غنا بررسی شده است. به این نتیجه رسیدند که در زمینه اجتماعی و اقتصادی زندگی مردم بهبود یافته است. ولی در زمینه زیست‌محیطی خسارات بسیاری وارد کرده است، که باید با استفاده از توسعه پایدار مورد بررسی قرار گیرد.
Azapagic (2004)	شاخص‌های توسعه پایدار برای استخراج و فرآوری مواد معدنی بررسی شده است. هدف از ارائه این مقاله کمک و بهبود فعالیت‌ها و همچنین استانداردسازی گزارش شرکت‌ها از طریق شاخص‌های توسعه پایدار می‌باشد.
Rajaram and Parameswaran (2005)	بر طبق نظر نویسندگان هیچ معدنی نمی‌تواند تا ابد به استخراج ادامه دهد و معدن‌کاری سبب اتمام ذخایر تجدید ناپذیر شده و آثار مخربی بر روی محیط زیست می‌گذارد، لذا نمی‌تواند در قالب توسعه پایدار جای بگیرد. هر چند، در صورت برقراری تعادل بین سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، معدنکاری می‌تواند پایدار باشد.
Villas Boas et al (2005)	این دو محقق بر این باورند که پایداری با توسعه پایدار متفاوت است، هر چند بجای یکدیگر استفاده شده‌اند. پایداری مشخصه‌ای از سیستم‌های اجتماعی و زیست‌محیطی سالم است و به توانایی این سیستم‌ها برای 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. همچنین باعث بهبودی کیفیت زندگی بشر می‌شود.
Durucan et al (2006)	ارزیابی چرخه عمر معدن برای نشان دادن سیستم‌های تولید مواد معدنی با استفاده از یک سری داده که از پیش تعریف شده است.
Giannopoulou and panias (2006)	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 علاوه‌بر اقتصاد، در توسعه اجتماعی نیز نقش تعیین کننده‌ای دارد. در

ادامه‌ی جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در معدنکاری

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
	عین حال معادن و صنایع معدنی آثار زیست‌محیطی بسیار گسترده‌ای بر منابع آب، خاک، هوا و موجودات زنده دارند.
Mccullough and lund (2006)	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 زیر ساخت)، بهینه سازی منابع و به حداقل رساندن آثار زیست محیطی و اجتماعی پس از بسته شدن معدن می‌باشد.
Meech (2006)	معدنکاری پایدار عموماً به ارزیابی و مدیریت عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های مرتبط با توسعه و آماده‌سازی منابع زمین اشاره دارد. توسعه پایدار در ارتباط با مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی (و سیاسی) مرتبط با معدنکاری دارند.
Rashidinejad et al (2008)	یک مدل توسعه یافته برای عیار حد بهینه است که نه تنها به جنبه‌های اقتصادی متکی است بلکه آثار زیست محیطی 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.
Osanloo et al (2008)	با استفاده از مدل اصلاح شده عیار حد بهینه که در این مقاله ارائه شده است نه تنها ارزش خالص فعلی پروژه معدنکاری مس پورفیری به حداکثر رسیده بلکه آثار زیست محیطی نامطلوب پروژه به طور همزمان به حداقل رسیده است. این روش در برنامه‌ریزی‌های بلند مدت مؤثرتر است. برای نشان دادن اثر بخشی مدل، دو سناریو در یک ذخیره فرضی در نظر گرفته شده و نتایج نشان می-دهد که با استفاده از عیار حد بهینه اصلاح شده در مقایسه با حالت پایه و اولیه، باعث افزایش ۳/۶ درصدی ارزش خالص فعلی خواهد شد.
Danicic et al (2009)	راهکارهای مفیدی را برای ارزیابی توسعه پایدار به منظور تولید لیگنیت روی معادن روباز در سیبری ارائه شده است.
Phillips (2010)	یک مدل ریاضی برای توسعه پایدار ارائه شده که تمامی مفاهیم و پارامتر های آن را در بر می-گیرد. مدل با بهره‌گیری از ریاضیات عمومی در جزئیات این مفاهیم و پارامترها و همچنین شرایط لازم برای توسعه پایدار به وجود آمده است.
Ditsele and Awuah-Offei (2012)	شناخت اثر ویژگی های معدن در تأثیرات چرخه زندگی انسان در معادن زغال‌سنگ در ایالات متحده آمریکا بود. به عنوان نمونه موردی از پنج معادن نوار زغال سنگ بتومی استفاده شد. این مطالعه چرخه زندگی چرخه آب، استفاده از زمین، مصرف انرژی، کمبود منابع آبزی و تغییرات آب و هوایی را ارزیابی کرد. نتایج که عملیات استخراج معادن در مقیاس وسیع، موجب کاهش اثرات چرخه عمر می شود که موجب کاهش مصرف انرژی می شود. همچنین تاثیرات استفاده از زمین، با توجه به اشغال زمین، تحت تاثیر شرایط زمین شناسی قرار می گیرد.
Hong (2011)	اهمیت توسعه پایدار را در معادن شهر شیاویی در کشور چین خیلی در نظر گرفته نشده است به همین دلیل مشکلات بسیاری در این معادن وجود دارد.
Phillips (2011)	ماهیت مبهم توسعه پایدار اغلب یکی از مسائل مهم و نگران کننده است. اما این نگرانی تا به حال باعث ارائه رابطه‌ای بین توسعه پایدار و ارزیابی آثار زیست محیطی (EIA) نشده است. در این

ادامه‌ی جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در معدنکاری

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
	مقاله، با توجه به روش‌های شناسایی آثار، مفهموم توسعه دیدگاه ژئوسایبرنتیک در رابطه بین توسعه پایدار و EIA مطرح شده است
Fleury and Davies (2012)	پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی مواد معدنی به هنگام عرضه به بازار ارائه شده است.
Phillips (2012)	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.
Dubiński (2013)	بررسی توسعه پایدار به هنگام استخراج منابع مواد معدنی ارائه شده است. این مقاله اهمیت منابع معدنی را در توسعه اقتصاد جهانی نشان می‌دهد.
Phillips (2013)	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 فلوچی استفاده شده است.
Milanez et al (2013)	توسعه پایدار در مجموعه‌ای از معادن عقیق در برزیل بررسی شده است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تولید عقیق نه تنها به اقتصاد جامعه کمک می‌کند بلکه اثرات مثبتی بر مسائل اجتماعی و زیست محیطی، از قبیل ایمنی کارگران ، مدیریت آب و باطله بازیافت دارد.
Mishra et al (2013)	بررسی غلظت فلزات سنگین در در ۳ ایستگاه در ناحیه های معدنی زغال سنگ جهریا هندوستان انجام شده است. به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات سنگین در هوای محدوده مورد مطالعه بیشتر از سایر نقاط است.
LU and LORA-WAINWRIGHT (2014)	تصویب یک مسیر به سمت پایداری به هنگام استخراج سرب در مناطق روستایی کشور چین را ارائه شده است. هدف از انجام این تحقیق: با تغیر شیوه‌های استخراج چه تغیری در زمینه‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، توزیع هزینه و سود و تغییرات در منابع امرار معاش و غیره صورت می‌گیرد.
Babi et al (2015)	توسعه پایدار در معدن متروکه Kettara در مراکش بررسی شده است. همه گروه‌های ذینفع توافق کردند که معدن پایدار یک مسئولیت مشترک است. مسائلی که در ارتباط با محیط زیست می-باشد، عبارتند از: (۱) نیازمند یک چارچوب قانونی روشن و موثر برای کسب اطمینان کافی برای حفاظت از محیط زیست. (۲) به کارگیری بهترین شیوه های مدیریت محیط زیست. و (۳) بسته شدن معدن قبل از شروع یک پروژه معدنی. تفاوت در دیدگاه مربوط به مسائل اجتماعی و اقتصادی و شامل (۱) نقش (مستقیم یا غیر مستقیم) شرکت های استخراج معدن در پرورش پایداری جامعه؛ (۲) میزان تأثیرات اجتماعی در بسته شدن معدن؛ (۳) خطرات برای امنیت کارکنان؛ (۴) اقدامات به کارگرفته شده برای به حداقل رساندن اثرات بهداشتی در جمعیت های محلی؛ (۵) درخواست میزان سرمایه گذاری از شرکت‌های استخراج معدن تا تضمین بلند مدت برای زنده ماندن از جوامع محلی؛ و (۶) درک عدالت بین نسل‌ها.

۲-۴- توسعه پایداردر معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ

چارچوب نظارتی اولیه که تحت آن معدنکاری زغال‌سنگ در برخی از کشورها نظیر ایالات متحده اجرا شده "کنترل معادن سطحی و قانون اصلاح ۱۹۷۷" (SMCRA[1]) نام داشته که در ترکیب با قوانین زیست‌محیطی دیگر نظیر (CWA) و (ESA) در سال ۱۹۷۳ اعمال شده است. SMCRA، برای هر دو عملیات معدنکاری زغال‌سنگ سطحی و اثرات سطحی عملیات‌های معدنکاری زغال‌سنگ زیرزمینی اجرا شده‌اند، بنابراین، برای همه معادن زغال‌سنگ کاربرد دارد (Craynon, 2011). فاکتورهای مدّنظر در این چارچوب‌های نظارتی که باید در طراحی و بهره‌برداری از معادن زغال‌سنگ در نظر گرفته شوند، شامل نگرانی‌های زیست‌محیطی مانند کیفیت آب و حفاظت حیات‌وحش، معیارهای طراحی مهندسی چون پایداری شیب و موضوعاتی مانند کاربری زمین پس از معدنکاری هستند. از آن زمان تا کنون تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است که خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در جدول ۲-۲ آورده شده است.

جدول ۲-۲: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در ارتباط با معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
Evans et al (2007)	روش‌های ارزیابی ریسک اصلاح شده در معدنکاری زغال‌سنگ به عنوان ابزاری برای بیان مسائل توسعه پایدار معرفی کردند.
Chikkatur et al (2009)	مروری بر بخش زغال‌سنگ هند، که در مورد چالش‌های کلیدی برای توسعه پایدار و رویکردها و پیشنهادات سیاسی برای حرکت آن در مسیر درست ارائه شده است.
Mitich (2010)	استراتژی‌های پایدار توسعه یافته برای فرآیند بهسازی صنعت معدنکاری زغالسنگ تشریح شده است و توصیه‌های لازم برای کاربرد مؤثرتر آن‌ها بر مبنای اصول توسعه و مدیریت تکنولوژی پایدار ارائه شده است.
Xu et al (2010)	مدل پویایی سیستم- برنامه‌نویسی تصادفی توسعه پایدار(SP) - با تحلیل حساسیت جهت توسعه پایدار و برنامه‌ریزی صنعت زغال‌سنگ تحت عدم قطعیت ارائه شد.
Si et al (2010)	ارزیابی اثرات زیست محیطی در معادن زغال‌سنگ چین ارائه شده است. به طور کلی این مقاله به منظور حفاظت از منابع و منافع اقتصادی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار ایجاد شده است. برای محاسبه وزن هر شاخص و قابلیت پایداری زیست محیطی روش تحلیل فرآیند سلسله مراتبی (AHP) پیشنهاد شده است.

[1] . Surface mining control and Reclamation Act of 1977

ادامه‌ی جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در معدنکاری

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
Sontamino and Drebensted (2011)	پژوهشگران در این تحقیق با اعمال تئوری پویایی سیستم برای توسعه سیستم برنامه‌ریزی معدن زغالسنگ با در نظر گرفتن متغیرهای پیچیده معدنکاری و فرآوری زغالسنگ، حمل و نقل، اقتصاد و اثرات زیست‌محیطی پیشنهاد دادند.
Zhang et al (2012)	توسعه پایدار بر اساس روش AHP در استان هیلونگجیانگ که تولید کننده زغال سنگ در شمال شرق کشور چین بررسی شده است.
Burchart-Korol et al (2014)	از یک الگوریتم توسعه یافته برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زغال‌سنگ لهستان استفاده شده است. این الگوریتم قادر به رتبه‌بندی پارامترهای توسعه پایدار خواهد بود و همچنین هزینه‌ها را برای فرآیندهی واحد خاصی از تولید معدن ارزیابی می‌کند.
Uddin et al (2015)	ارزیابی گاز متان متصاعد شده از ۳۰ معدن زغال‌سنگ کشور چین بر اساس پروژه مکانیزم توسعه پاک (Clean Development Mechanism) ارائه شده است. بررسی شاخص‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که متداولترین شاخص‌ها در این حوزه ایمنی، مصرف انرژی، انتقال تکنولوژی و اشتغال است. آن‌ها نتایج حاصله را با شش پروژه معدن زغال سنگ تحت مکانیزم توسعه پاک در دیگر کشورهای در حال توسعه مقایسه کردند. بر اساس این پژوهش اگرچه انواع مختلفی طرح‌های توسعه پایدار قابل شناسایی بوده است اما با این وجود بسیاری از مناطق بالقوه از این طریق شناسایی نشده است.
Ataei et al (2016)	ارزیابی اثرات زیست‌محیطی را با روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات ارائه دادند. در این تحقیق اثرات زیست محیطی معادن زغال‌سنگ البرز شرقی با استفاده از روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج ارزیابی کمی مؤلفه‌های فیزیکی- شیمیایی، بیولوژیکی- اکولوژیکی، فرهنگی- اجتماعی و اقتصادی- عملیاتی این مجموعه بیانگر غالب بودن اثرات منفی (۳۵ اثر) نسبت به اثرات مثبت (۱۹ اثر) می‌باشد. لذا برای بهره‌گیری از اثرات مثبت مؤلفه‌های فرهنگی- اجتماعی و اقتصادی- عملیاتی پروژه معدنکاری در منطقه، ارائه یک طرح جامع زیست‌محیطی برای کاهش اثرات منفی مؤلفه‌های فیزیکی- شیمیایی، بیولوژیکی- اکولوژیکی ضرورت دارد.

از مطالب جداول ۲-۱ و ۲-۲ که شامل مروری بر منابع مختلف موجود در زمینه توسعه پایدار و معدنکاری است، می‌توان نتیجه گرفت که مطالعات وسیعی در این زمینه صورت گرفته است. اما برخی از مهم‌ترین روش‌ها که به بررسی بهتری نسبت به سایر روش‌ها پرداخته است نیاز به تفضیل و تشریح بیشتری دارند که با توجه به اقتضای این تحقیق و نیز محدودیت دسترسی به منابع، در ادامه از میان روش‌های ذکر شده، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲-۵- ماتریس لئوپد

لئوپد[1] و همکاران در سال ۱۹۷۱ جزء اول نفراتی بودند که به منظور بررسی اثرات احتمالی یک پروژه بر محیط‌زیست، روشی را ارائه کردند. بدلیل اینکه در گذشته، اکثر پروژه‌ها قبل از شروع کار، تنها از نظر اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گرفتند و به اثرات زیست‌محیطی توجهی نمی‌کردند. به همین دلیل این محققان برای ارزیابی آثار زیست‌محیطی ماتریس لئوپد را ارائه دادند. محور افقی این ماتریس، شامل پارامترهایی است که منجر به آثار زیست‌محیطی می‌شوند (پارامترهای مؤثر). در محور عمودی این ماتریس، مؤلفه‌های زیست‌محیطی واقع شده‌اند که ممکن است تحت تأثیر پارامترهای مؤثر قرار گیرند. در این ماتریس تعدادی بلوک قرار دارد که هر بلوک توسط یک خط راست به پایین سمت چپ ترسیم شده است. در هر کدام از این بلوک‌ها یک عدد قرار گرفته است که نشان‌دهنده یک رابطه معنی‌دار بین پارامتر مؤثر و مؤلفه زیست‌محیطی است. در قسمت پایین سمت راست بلوک، یک عدد از ۱ تا ۱۰ قرار داده شده که نشان‌دهنده اهمیت نسبی تأثیر است. عدد ۱۰ نشان‌دهنده بزرگ‌ترین و ۱ نشان‌دهنده کوچک‌ترین اهمیت هستند. در قسمت بالا سمت چپ مانند قسمت پایین یک عدد از ۱ تا ۱۰ قرار داده شده که نشان‌دهنده اندازه نسبی تأثیر است. . عدد ۱۰ نشان‌دهنده بزرگ‌ترین و ۱ نشان‌دهنده کوچک‌ترین اندازه هستند.

در ماتریس معرفی شده، باید به زمان فعّالیت‌ها توجه کرد. برخی از فعّالیت‌ها کوتاه مدت هستند و در زمانی کوتاه بهبود یافته‌اند. بنابراین، در یک دوره زمانی طولانی، تأثیر آن‌ها کوچک و قابل چشم‌پوشی است. اما برخی از فعّالیت‌ها با تأثیر اولیه کمتر، ممکن است تأثیر ثانویه و قابل توجه ایجاد کنند و در نتیجه در یک مدت زمان طولانی، تأثیر زیادی بر پروژه داشته باشند (Leopold et al., 1971).

[1] . Leopold

۲-۶- روش فولچی

روش فولچی[1] برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ در یک عملیات معدن‌کاری سطحی در ساردینا ایتالیا، مورد استفاده قرار گرفت. در این معدن که عملیات استخراج با حفاری و آتشباری انجام می‌شد، ارزیابی آثار زیست‌محیطی با استفاده از روش فلوچی انجام شد. این روش شامل ۷ مرحله به شرح زیر می‌باشد (Folchi, 2003):

۱- در اختیار داشتن مشخصات زیست‌محیطی از قبیل زمین‌شناسی، زلزله نگاری، ژئوتکنیک، آب و هوا، گیاه‌شناسی و ...

۲- شناسایی پارامترهای مؤثری که در طول معدن‌کاری می‌توانند شرایط زیست‌محیطی از پیش موجود را تغییر دهند (جدول ۲-۳).

۳- مشخص کردن محدوده‌ای برای اندازه‌گیری تغییرات هر یک از فاکتورهای مؤثر.

۴- مشخص کردن مؤلفه‌های توسعه پایدار با توجه به شرایط از پیش موجود.

۵- ارتباط پارامترهای مؤثر با هر یک از مؤلفه‌های توسعه پایدار.

۶- مشخص کردن مقدار هر یک از پارامترهای مؤثر با توجه به مؤلفه‌های توسعه پایدار معدن-کاری با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله ۳.

۷- محاسبه مجموع وزن‌های آثار زیست‌محیطی ناشی از تأثیر پارامترهای مؤثر بر هر یک از مؤلفه‌های توسعه پایدار.

در این روش برای تعیین مقدار پارامترهای مؤثر، سناریوهایی تعریف شده و مقادیر عددی به هر سناریو اختصاص می‌یابد. 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.

[1] . Folchi

جدول ۲-۳: پارامترهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی معدنکاری در روش فلوچی(Folchi, 2003)

پارامترهای مؤثر	مؤلفه‌های زیست‌محیطی و معدن‌کاری
۱. تغییر در کاربری منطقه	۱. سلامت و ایمنی انسان
۲. وضعیت رؤیت منطقه	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 زیرزمینی
۸. سر و صدا	۸. سازه‌های سطحی
۹. لرزش زمین	۹. چشم‌انداز منطقه
۱۰. میزان اشتغال‌زایی بومی	۱۰. آلودگی صوتی
	۱۱. مسائل اقتصادی

۲-۷- روش فولچی اصلاح شده

روش فولچی بسیاری از اثرات زیست‌محیطی عملیات معدن‌کاری یعنی لرزش زمین، پرتاب سنگ، انفجار، آلودگی آب و هوا و غیره را به طور همزمان ارزیابی می‌کند. جمع‌آوری و نظارت بر داده‌ها نیز در این روش ساده می‌باشد و همچنین این روش برای معادن روباز ارائه شده و بیشتر بر جنبه‌های فنی و عملیاتی پروژه متمرکز است. در این راستا، در سال ۲۰۰۹ میر محمدی و همکاران نیز الگوریتمی پیشنهاد داده‌اند که تلاشی برای توسعه ماتریس فولچی برای ارزیابی اثرات واحدهای معدنی از جمله معادن زیرزمینی و کارخانه‌های فرآوری و همچنین معادن سطحی است. این روش به منظور ایجاد تعادل بین جنبه‌های اجتماعی و عملیاتی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در یک پروژه ارائه شد که قادر است آثار اجتماعی و عملیاتی پروژه را با هم در نظر بگیرد. الگوریتم ارائه شده در واقع اصلاح شده‌ی روش فولچی است که برای بکارگیری این روش باید مراحل زیر را طی کرد (Mirmohammadi et al, 2009):

- تعیین پارامترهای مؤثر و مؤلفه‌های زیست‌محیطی: در جدول ۲-۴ پارامترهای مؤثر و سطوح آن‌ها و مؤلفه‌های زیست‌محیطی حائز اهمیت نشان داده شده است. در این روش، معرفی

پارامترهای مؤثر مخرب و مفید در ابتدا امری ضروری است. برای پارامترها با توجه به شدت تخریب، عددی بین ۰ و ۱۰ تعلق می‌گیرد که صفر نشانگر بی‌تأثیری و ۱۰ نشانگر شرایط خیلی بحرانی است. برخی از پارامترها مانند مسائل اقتصادی و فرهنگی علامتی بین ۱۰- و ۱۰ دارند. علامت منفی اثر مثبت آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۴: مقادیر پارامترهای مؤثر (Mirmohammadi et al, 2009)

پارامترهای مؤثر	مؤلفه‌های مؤثر
۱. تغییر در کاربری منطقه	۱. سلامتی و ایمنی انسان
۲. وضعیت رؤیت محدوده معدن-کاری	۲. مسائل اجتماعی
۳. تداخل با آب‌های سطحی	۳. آب‌های سطحی
۴. تداخل با آب‌های زیرزمینی	۴. آب‌های زیرزمینی
۵. افزایش در ترافیک منطقه	۵. کیفیت هوا
۶. انتشار گاز و گرد و غبار	۶. کاربری منطقه
۷. انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	۷. اکولوژی
۸. آلودگی صوتی	۸. سازه‌های سطحی
۹. لرزش زمین	۹. سازه‌های زیرزمینی
۱۰. میزان اشتغال‌زائی بومی	۱۰. چشم‌انداز منطقه
۱۱. کنترل جمعیت	۱۱. آرامش صوتی
۱۲. توسعه فرهنگی و اجتماعی	۱۲. مسائل اقتصادی
۱۳. ناپایداری فضاهای ایجاد شده	۱۳. خاک منطقه
۱۴. نشست	
۱۵. تمهیدات زیست‌محیطی	
۱۶. روشنایی	

- تعریف سناریوهای مختلف برای سطوح پارامترهای مؤثر جهت بهره‌گیری از نظرات متخصصان (در این قسمت، به علت گستردگی جداول از آوردن آن‌ها امتناع شده).
- ارسال پرسشنامه‌هایی به متخصصان برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز.
- تشکیل ماتریس: ارزیابی‌های زیست‌محیطی اغلب با استفاده از روش ماتریس انجام می‌شوند که در آن یک بعد از ماتریس" پارامترهای مؤثر"[1] (IF) و بعد دیگر "مؤلفه‌های زیست‌محیطی"[1]

[1] . Impact Factor

(EC) می‌باشند. اثر هر IF روی هر EC توسط شش عبارت، بی‌تأثیر، بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد و به صورت مقادیر کمی ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ به ترتیب بیان می‌شود.

- نرمال‌سازی: برای بدست آوردن بردار نرمال شده، عناصر بردار ستونی با هم جمع و سپس هر یک از عناصر بر این مجموع تقسیم شده است. به علت بازه در نظر گرفته شده برای سطوح پارامترهای مؤثر، مقادیر بدست آمده را در عدد ۱۰ ضرب شده‌اند.
- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA): با در نظر گرفتن مقادیر پارامترهای مؤثر به عنوان ماتریس F و مقادیر وزنی اثرات هر پارامتر روی مؤلفه زیست‌محیطی به عنوان ماتریس M و حاصل‌ضرب آن‌ها ماتریس C بدست می‌آید که مجموع اعداد هر ستون آن بیانگر درصد آسیب زیست‌محیطی برای هر مؤلفه زیست‌محیطی می‌باشد.

۲-۸- ماتریس ارزیابی سریع اثرات[۲] (RIAM)

ماتریس ارزیابی اثرات که اولین بار توسط پاستاکیا در سال ۱۹۹۸ ارائه شد. با کمک این روش اثرات مختلف و اهمیت آن‌ها می‌تواند در مدت زمان بسیار کوتاهی با بکارگیری معیارهای تعریف شده که هر کدام مقیاس خود را دارند ارزیابی شوند. بنابراین، بیان‌های خیلی متفاوت مورد استفاده در فاز ارزیابی می‌تواند به فرم عددی بیان شود که با هم قابل مقایسه بوده و قابلیت ارزیابی توسط ارزیاب‌های مختلف را فراهم می‌کند. این روش به دلیل داشتن ساختاری ساده، توانایی بالا در آنالیز عمیق و تکرارپذیر، دقت بالا، انعطاف‌پذیری و همچنین قابلیت آن برای یک ارزیابی عینی، می‌تواند به عنوان یک روش قدرتمند برای انجام پروژه‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی استفاده شود (Pastakia, 1998; Pastakia, and Jensen,1998; Hagebro, 1998).

عواملی که به هنگام ارزیابی برای تعریف مراحل شناسایی اثرات بالقوه زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شود، عبارتند از (Pastakia, 1998; Pastakia, and Jensen,1998; Hagebro, 1998):

---

[1] . Enviromental Component
[2] . Rapid Impact Assessment Matrix

- فیزیکی – شیمیایی[1] (PC): تمام جنبه‌های فیزیکی و شمیایی محیط‌زیست را پوشش می-دهد.
- بیولوژیکی – اکولوژیکی[2] (BE): تمام جنبه‌های بیولوژیکی محیط‌زیست را پوشش می‌دهد.
- اجتماعی – فرهنگی[3] (SC): تمام جنبه‌های انسانی محیط‌زیست، شامل جنبه‌های فرهنگی را پوشش می‌دهد.
- اقتصادی – عملیاتی[4] (EO): به صورت کیفی برای شناسایی پیامدهای اقتصادی تغییرات محیط‌زیستی، به هر دو صورت موقتی و دایمی می‌باشد.

معیارهای مهم ارزیابی نیز به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- معیارهایی که نشان‌دهنده اهمیت وضعیت یا بزرگی اثر هستند و به طور مستقل می‌توانند امتیاز به دست آمده را تغییر دهند (A).
- معیارهایی که نشان‌دهنده ارزش موقعیت هستند اما به طور مستقل نمی‌توانند امتیاز بدست آمده را تغییر دهند (B).

برای استفاده از سیستم ارزیابی شرح داده شده، ماتریسی برای هر جزء، متشکل از خانه‌هایی که نشان‌دهنده معیارها، در برابر هر عامل تعریف شده آن جزء مورد استفاده قرار گرفته است و در هر خانه امتیازهای جداگانه معیارها قرار داده می‌شوند. قضاوت‌هایی که روی هر کدام از اجزا انجام می-شوند مطابق با معیارها و مقیاس‌های نشان داده شده در جدول ۲-۵ می‌باشند.

امتیاز داده شده به هر یک از این گروه معیارها (A یا B) با استفاده از یکسری فرمول‌های ساده تعیین می‌شود. امتیازدهی برای گروه A از طریق ضرب امتیازهای داده شده به هر معیار در گروه (A_1، A_2 و ...) صورت می‌گیرد ولی امتیاز گروه B از جمع امتیاز تک تک معیارها (B_1، B_2 و ...) بدست می‌آید. برای بدست آوردن امتیاز زیست‌محیطی (ES) که نشان‌دهنده وضعیت محیط‌زیستی فعالیت‌های پروژه

[1] . Physical - Chemical
[2] . Biological - Ecological
[3] . Social - cultural
[4] . Economy - Operational

است، حاصل جمع امتیازهای گروه B در حاصل‌ضرب امتیازهای گروه A ضرب می‌شوند. روش RIAM، به طور ساده طبق روابط زیر بیان می‌شود:

$$A_T = A_1 \times A_2 \quad (۱-۲)$$

$$B_T = B_1 + B_2 + B_3 \quad (۲-۲)$$

$$ES = A_T \times B_T \quad (۳-۲)$$

جدول ۲-۵: معیارهای ارزیابی در روش RIAM

معیار	مقیاس	توضیحات
A_1: اهمیت وضعیت	۴	اهمیت ملی و بین‌المللی
	۳	اهمیت منطقه‌ای و ملی
	۲	اهمیت برای مناطق حاشیه محل
	۱	فقط دارای اهمیت برای شرایط محلی
	۰	بدون اهمیت
A_2: بزرگی اثرات	+۳	اثر بسیار مثبت
	+۲	اثر معنی‌دار مثبت
	+۱	اثر مثبت
	۰	بی‌اثر
	-۱	اثر منفی
	-۲	اثر معنی‌دار منفی
	-۳	اثر بسیار منفی
B_1: دوام اثرات	۱	بدون تغییر/ بدون تأثیر
	۲	موقتی
	۳	دائمی
B_2: برگشت‌پذیری	۱	بدون تغییر/ بدون تأثیر
	۲	برگشت‌پذیر
	۳	غیر برگشت‌پذیر
B_3: اثرات تجمعی و تشدید شونده	۱	بدون تغییر/ بدون تأثیر
	۲	غیر تجمع‌پذیر
	۳	تجمع‌پذیر

برای ایجاد یک سیستم دقیق‌تر ارزیابی، امتیازهای منحصر به فرد ES با یکدیگر در محدوده‌هایی که بتوانند با هم مقایسه شوند، نشان داده می‌شوند.

۲-۹- مدل ریاضی پایداری

امروزه تفاسیری که برای توسعه پایدار و ارزیابی‌ها در نظر گرفته‌اند، دارای ضعف بسیاری می‌باشد از جمله اینکه توسعه پایدار را با مدیریت زیست‌محیطی و حفاظت از محیط‌زیست اشتباه می‌گیرند. در نتیجه، بسیاری از ارزیابی‌ها بر حفظ محیط زیست تمرکز داشته و کمتر به مسائل اجتماعی – اقتصادی توجه کرده‌اند. در حالی‌که، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، ابزاری برای تمام مسائل توسعه پایدار می‌باشد. در این راستا، فلیپس یک مدل ریاضی برای تعریف اصول توسعه پایدار و امکان کاربرد اولیه آن در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کمی جهت تعیین سطح و ماهیت توسعه پایدار از پروژه‌ها و عملیات توسعه داده است (Phillips, 2010).

مدل ریاضی پایداری به منظور تعریف پارامترها، محدودیت‌های اجزای کلیدی و شرایطی که تحت آن پایداری و یا ناپایداری می‌تواند رخ دهد، توسعه داده شده است. مراحل اجرای این مدل عبارتند از (Phillips, 2010; Phillips, 2012):

۱- انجام ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA)

۲- اجرای مدل با ارزیابی تمام گزینه‌های پروژه و تعیین مؤلفه‌های زیست‌محیطی و انسانی.

- برای ارزیابی تمام گزینه‌های پروژه باید به طور دقیق تمام نکات را برای اجرا در نظر گرفت. به عنوان مثال برای تعیین زمان پروژه باید قبل و بعد پروژه و یا گزینه‌های پروژه در فاز ساخت و یا بهره‌برداری را در نظر گرفت.
- تعیین مؤلفه‌های زیست‌محیطی (E) شامل:
  - اتمسفر (A): کیفیت هوا، آرامش صوتی
  - بیوسفر (B): اکولوژی
  - هیدروسفر (H): آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی
  - لیتوسفر (L): کاربری منطقه، تأسیسات سطحی، تأسیسات زیرزمینی، چشم‌انداز منطقه و خاک منطقه

- تعیین مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}) شامل:
  - سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1})
  - مسائل اجتماعی (H_{NI2})
  - مسائل اقتصادی (H_{NI3})

در این روش امتیاز کلی برای هر مؤلفه زیست‌محیطی و انسانی ۱۰۰ است.

۳- محاسبه E برای گزینه‌های پروژه

$$E = \frac{(\sum A_{max} - \sum A) + (\sum B_{max} - \sum B)}{(\sum A_{max} + \sum B_{max} + \sum H_{max} + \sum L_{max})} + \frac{(\sum H_{max} - \sum H) + (\sum L_{max} - \sum L)}{(\sum A_{max} + \sum B_{max} + \sum H_{max} + \sum L_{max})} \quad (۲-۴)$$

۴- محاسبه H_{NI} برای گزینه‌های پروژه

$$H_{NI} = \frac{[(H_{NI1} + H_{NI2}) + (H_{NI3max} - H_{NI3})]}{\sum H_{NI3max}} \quad (۲-۵)$$

۵- تعیین پایداری گزینه‌های پروژه

- بیان مقادیر بدست آمده برای E و H_{NI}
- اگر مقدار بدست آمده برای E بزرگ‌تر از مقدار بدست آمده برای H_{NI} باشد، پایدار و اگر کوچک‌تر یا مساوی آن باشد، ناپایدار است:

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

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

۶- محاسبه مقدار S گزینه‌های پروژه در صورت پایداری

$$S = E - H_{NI} \quad (۲-۶)$$

۷- رفتن به مرحله ۳ در صورت نیاز به ارزیابی گزینه دیگری از پروژه، و یا رفتن به مرحله بعد در صورت اتمام کل گزینه‌های پروژه

۸- تعیین سطح و ماهیت پایداری توسط دامنه تعریف شده (جدول ۲-۶).

۹- تلفیق نتایج نهایی.

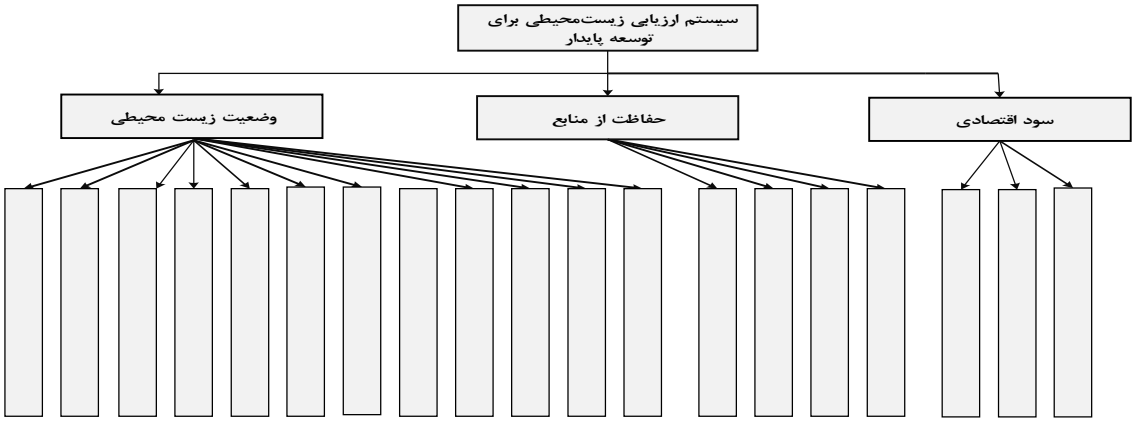
جدول ۲-۶: بازه در نظر گرفته شده برای تعیین میزان پایداری (Phillips, 2012)

دامنه	پایداری
۰/۷۵۱ – ۱/۰۰۰	خیلی قوی
۰/۵۰۱ – ۰/۷۵۰	قوی
۰/۲۵۱ – ۰/۵۰۰	ضعیف
۰/۰۰۱ – ۰/۲۵۰	خیلی ضعیف

۲-۱۰- سیستم ارزیابی زیست‌محیطی برای توسعه پایدار

سی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۰ میلادی، سیستم ارزیابی زیست‌محیطی را برای توسعه پایدار در یک معدن زغال‌سنگ درکشور چین ارائه کردند. محققان برای دستیابی به اهداف این سیستم از روش AHP[2] استفاده کردند. سیستم ارزیابی زیست محیطی برای توسعه پایداردر این معدن زغال سنگ به سه سطح، تحت هدف، معیارها و زیر معیارها تقسیم شده است. پایداری زیست محیطی معدن ذغال سنگ به عنوان هدف که دارای سه جزء اصلی شامل: وضعیت زیست محیطی، حفاظت از منابع، و سود اقتصادی تعریف شده است

(شکل ۲-۱). محققان به این نتیجه رسیدند که با اولویت قرار دادن مسائل محیط‌زیست معدن، به سود اقتصادی مورد نظر خواهند رسید و همچنین از منابع موجود در منطقه حفاظت خواهد شد (Si et al., 2010).



شکل ۲-۱: سیستم ارزیابی برای پایداری محیط زیست در معادن زغال سنگ (Si et al., 2010).

[1] . Si
[2] . Analytic Hierarchy Process

۲-۱۱- الگوریتم LCA و CBA برای ارزیابی توسعه پایدار

بورچارت کورل[1] و همکاران در سال ۲۰۱۴ میلادی، الگوریتمی برای ارزیابی تمام جنبه‌های توسعه پایدارمعادن زغال‌سنگ لهستان ارائه دادند. محققان به منظور توسعه این الگوریتم، ارزیابی چرخه حیات[2](LCA) برای پارامتر زیست محیطی و تحلیل سود- هزینه[3] (CBA) برای پارامترهای اقتصادی و اجتماعی مطرح کردند. الگوریتم مذکور در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

ساختار الگوریتم برای محاسبه شامل سه مرحله زیر است (Burchart-Korol, 2014):

مرحله ۱. ارزیابی زیست‌محیطی از معادن زغالسنگ

برای انجام محاسبات در این مرحله رابطه‌ی (۲-۷) را در نظر گرفتند:

$$ECO = \sum_{j=1}^{k} (r_j E_j) \quad (۷-۲)$$

- ECO: شاخص کارایی از محیط زیست محاسبه شده برای یک معدن زغال‌سنگ با LCA
- J: مواد خام مورد استفاده در معدن زغال‌سنگ
- k: مقدار تمام مواد خام مورد استفاده در معدن زغال‌سنگ
- r_j: میزان مواد اولیه مورد استفاده در معدن زغال‌سنگ (انرژی، آب، مواد و غیره)
- E_j: میزان مواد خام

مرحله ۲. تجزیه و تحلیل اجتماعی و اقتصادی از معادن زغال‌سنگ

در سال ۲۰۰۸ رابطه‌ی (۲-۸) برای تجزیه تحلیل اقتصادی در معادن زغال‌سنگ اروپا استفاده شد:

$$ENPV = \sum_{t=0}^{n} a_t s_t^E = \frac{S_0^E}{(1+r)^0} + \frac{S_1^E}{(1+r)^1} + \ldots + \frac{S_n^E}{(1+r)^n} \quad (۸-۲)$$

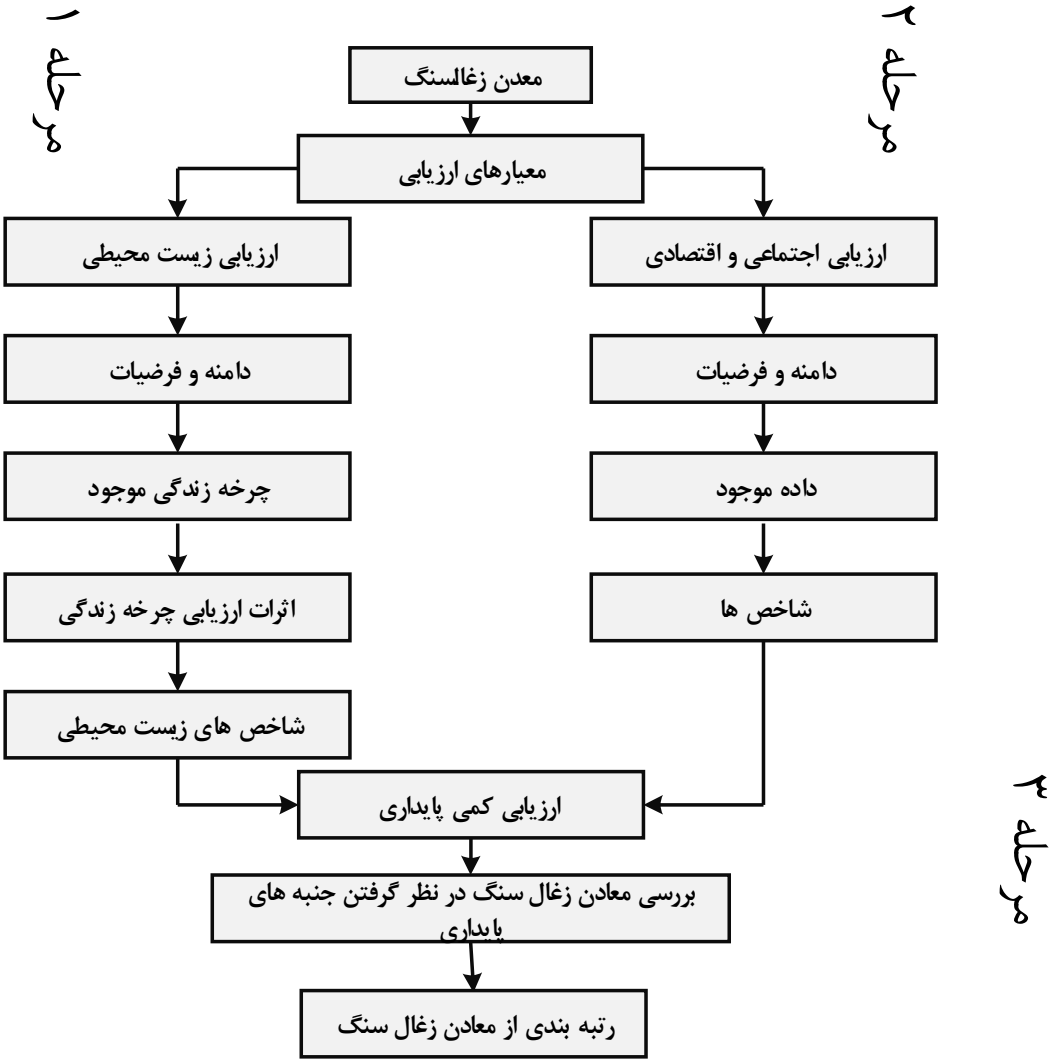
- ENPV: تجزیه و تحلیل اجتماعی و اقتصادی یک معدن زغال‌سنگ (ارزش خالص فعلی اقتصادی)

[1] . Burchart-Korol
[2] . Life Cycle Assessment
[3] . Cost-Benefit Analysis

- S^E_t: تعادل هزینه‌ها و منافع تولید شده توسط یک معدن زغال سنگ در سال داده شده در دوره تجزیه و تحلیل
- n: دوره مرجع در سال (دوره تجزیه و تحلیل)
- a_t: نرخ تنزیل اقتصادی برابر است با:

$$a_t = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (۹-۲)$$

- r: نرخ بازگشت اقتصادی
- t: تعداد سال‌ها در هر دوره.



شکل ۲-۲: چارچوب الگوریتم برای توسعه ارزیابی پایداری (Burchart-Korol, 2014)

فعالیّت‌های اجتماعی به هنگام استخراج از معادن نشان می‌دهد که زمانی توازن بین هزینه‌های خارجی و منافع تولید شده در یک معدن زغال‌سنگ وجود دارد که هزینه‌های زیر در نظر گرفته شود:

- هزینه‌های حوادث ناشی از کار
- هزینه بیماری‌های شغلی
- هزینه‌های آسیب معدن و از دست دادن مناطق تخریب شده توسط فعالیت استخراج (کاهش در ابزار و ارزش زیبایی شناختی از منطقه)
- هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار آلودگی (مواد زائد معادن به ویژه مدیریت نشده، شور آب معدن، متان)
- مزایای محل کار به تازگی ایجاد شده
- مزایای همکاری بین معادن زغال‌سنگ و سایر سازمان های کسب و کار
- مزایای محلی از درآمد مالیاتی.

مرحله ۳. ارزیابی جنبه‌های توسعه پایداربرای معادن زغال‌سنگ

برای محاسبه شاخص ارزیابی توسعه پایدار یک رابطه ۲-۱۰ ارائه شده است. این رابطه ترکیبی از نتایج تجزیه و تحلیل اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی با اشاره به دوره تجزیه و تحلیل فعالیت-های معدن زغال‌سنگ است. معادله (۲-۱۰) به شرح زیر است:

$$SD = \frac{ENPV}{ECO} \qquad (۱۰-۲)$$

- SD: شاخص توسعه پایدار
- ENPV: نتیجه تجزیه و تحلیل اقتصادی و اجتماعی از یک معدن زغال‌سنگ
- ECO: شاخص کارایی از محیط زیست محاسبه شده برای یک معدن زغال‌سنگ با LCA.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت این روش در شرایط زیر مناسب است:

- ارزیابی معادن زغال‌سنگ با برنامه‌ریزی استراتژی برای توسعه صنعت معدن

- بررسی اثر استخراج معادن زغال‌سنگ در شاخص‌های توسعه پایدار کشور لهستان
- ارزیابی مدیریت مؤثر از منابع غیر قابل تجدید.

۲-۱۲- جمع‌بندی

در شرایطی که منابع زیست‌محیطی کمیاب‌تر می‌شوند، تحلیل اقتصادی می‌تواند نقش مهمی را در ابلاغ راهکارهایی برای تعدیل برخی از عواقب این فرآیند ایفا نماید. همچنین نیازهای فعلی بشر باید در برابر احتیاجات نسل‌های آتی بشری متعادل شوند. برای مردم باید تعهداتی ایجاد کرد ولی این تعهدات باید به صورت عمومی از یک نسل به نسل دیگر باشد. تعهداتی که به گردن نسل حاضر است علاوه بر تأمین احتیاجات فردی عبارتند از حفظ پایداری منابع به سمت بی‌پایان به منظور تضمین حیات رو به پیشرفت انسان.

تقریبا تمامی نگرش‌های مربوط به اقتصاد پایدار نیازمند به طرفداری از یک قرارداد اجتماعی بین نسل‌هاست. یعنی جریان داشتن یک میراث سرمایه‌ای کافی در طول زمان. نظریه پایداری بر این عقیده است که تا اندوخته‌ای کافی از سرمایه طبیعی بحرانی برای نسل‌های آینده انتقال یابد، چنین دارایی‌هایی از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار بوده و به طور کلی دارای ارزش اولیه زیاد می‌باشند. حفظ این ارزش‌های اقتصادی اضافه بر نیاز به حفاظت از سرمایه‌های طبیعی وابسته به سرمایه اخلاقی می‌باشد.

در این فصل تاریخچه توسعه پایدار در جهان، بررسی وضعیت توسعه پایدار در معادن مورد بررسی قرار گرفت. هیچ‌کدام از این مطالعات گذشته تمامی پارامترهای بحرانی و کلیدی را مورد توجه قرار نداده‌اند و جامعیّت لازم را ندارند. همچنین با دقت در مطالعات انجام شده قبلی به وضوح آشکار می‌شود که نتایج این تحقیقات در مجموع به یک نتیجه واحد و یک رهیافت اساسی برای ارزیابی توسعه پایدار نمی‌انجامد.

مشکل عمده مطالعات پیشین، مطالعه جداگانه پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار یا بررسی آن‌ها به صورت کیفی است. در صورتی که توسعه پایدار به پارامترهای بسیاری وابسته است که این پارامترها در ارتباط تنگاتنگ با هم می‌باشند؛ بنابراین رسیدن به یک روش جامع که بتوان با استفاده از آن توسعه پایدار در معادن زغال‌سنگ را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد، یکی از اهداف کلیدی محقّقان علم توسعه پایدار به شمار می‌رود که لازمه آن شناخت و بررسی پارامترهای تأثیرگذار در این فرایند است که در فصل چهارم به بررسی این موارد پرداخته خواهد شد.

فصل سوم:

روش‌شناسی

۳-۱- مقدمه

در این تحقیق با توجه به مرور کلیّه منابع معتبر و شناخته شده جهانی و نیز شناسایی و جمع‌آوری پارامترهای مهم مؤثر، سعی شده است تا این پارامترها در یک سیستم دسته‌بندی و به صورت یک روش هوشمند برای ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ ارائه شود. از این رو در این تحقیق به تحلیل ساختار پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار از دیدگاه اثرگذاری بر روی یکدیگر و بررسی اهمیت هر یک از آن‌ها پرداخته شده است. برای این منظور در ابتدا با استفاده از منابع پارامترهای مختلف عوامل مؤثر بر توسعه پایدار مشخص شده‌اند. پس از شناسایی پارامترها برای شناسایی ساختار و اهمیت و وزن‌دهی آن‌ها از روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL)[۱] و تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی (FDAHP)[۲] استفاده شده است. لذا در این فصل دو روش مذکور به صورت خلاصه توضیح داده می‌شود.

۳-۲- روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL)

روش DEMATEL یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای تئوری گراف است که برای اولین بار در اواخر سال ۱۹۷۱ میلادی در مرکز تحقیقات ژنو[۳] توسط فونتلا[۴] و گابوس[۵] برای بررسی مسائل بسیار پیچیده جهانی معرفی شد. DEMATEL با استفاده از اصول تئوری گراف و ماتریس روابط علّی بر اساس نظر خبرگان مسائل مختلف را بصورت گراف‌های جهت‌دار نشان می‌دهد و ساختار سلسله مراتبی از روابط اثرپذیری و اثرگذاری معیارها بر یکدیگر را مورد بررسی قرار می‌دهد. بر این اساس نمودارهای علت و معلولی ساختار شبکه‌ای آن‌ها ترسیم می‌شود. از این طریق می‌توان به درکی علمی از چگونگی تأثیرگذاری پارامترها در این فرآیند رسید و نقش هر یک از آن‌ها را مورد ارزیابی قرار داد.

---

[1] . Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
[2] . Fuzzy Delphi Analytic Hierarchy Process
[3] . Geneva Research Center
[4] . Fontela
[5] . Gabus

تا کنون تحقیقات بسیاری در زمینه روش DEMATEL انجام شده است. برخی از مهم‌ترین مطالعات انجام شده پیشین مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در جدول ۳-۱ آورده شده است.

جدول ۳-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در مورد روش DEMATEL

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
Tamura and Akazawa (2005)	در این مقاله نویسندگان با استفاده از روش DEMATEL مدلی را برای مسائل پیچیده در جامعه با در نظر گرفتن ساختار عدم قطعیت به منظور ایجاد جامعه‌ای ایمن و قابل اعتماد را ارائه داده‌اند.
Seyed-Hosseini et al (2006)	با استفاده از روش DEMATEL اولویت‌بندی شکست برای تجزیه و تحلیل حالت‌های شکست (FMEA) در سیستم را ارائه داده‌اند. نتایج نشان داد که این روش یک روش کارامد، مکمل و قابل اعتماد است.
Tzeng et al (2007)	ارزیابی اثرات پیچیده در برنامه‌های آموزش الکترونیکی با استفاده از روش DEMATEL
Lin and Tzeng (2009)	ایجاد یک سیستم ارزش برای پارک علم (فن آوری) با استفاده از DEMATEL. برای این کار، چهار جنبه در نظر گرفته شده است: منابع انسانی، منابع فناوری، محیط و توسعه بازار سرمایه گذاری. روش DEMATEL برای تعیین رابطه بین معیارهای ارزیابی و ایجاد ساختارهای ارزش آن‌ها استفاده شده است.
Tzeng and Huang (2012)	استفاده از روش DEMATEL همراه با روش MCDM برای تولید بیشتر و ایجاد تدارکات سیستم‌های جهانی هوشمند مطلوب.
Suo et al (2012)	توسعه روش DEMATEL در محیط زبان‌شناسی نامشخص. نتایج نشان می‌دهد این روش می‌تواند در حل مشکلات با اطلاعات ترکیبی از عوامل، مانند اعداد، شرایط زبانی و نظر زبانشناسی نامشخص بکار برده شود.
Izadi and Hamidi (2012)	تصمیم گیری در مورد اولویت‌بندی عوامل گردش مالی با استفاده از روش DEMATEL. نتایج حاصل از مطالعه نشان می دهد که رضایت شغلی، صبر افراد سازمان و تعهد سازمانی عواملی هستند که نقش مهمی را در تصمیم گیری‌های گردش مالی ایفا می‌کنند.
Ho et al (2012)	در این مقاله یک روش که تامین کننده کیفیت ارزیابی عملکرد (SQPA) برای کامپیوتر است ارائه داده شده است. این روش با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون و تصمیم‌گیری (DEMATEL) ارزیابی می‌شود و هدف آن ایجاد ارزش برای همه اعضاء از طریق بهینه سازی، ترویج بهبود کیفیت تامین کننده و حل مشکلات پیچیده با استفاده از رابطه علت و معلول است
Falatoonitoosi et al (2013)	استفاده از روش DEMATEL برای مشخص کردن موضوعات مرکب که به جنبه‌ها و عوامل سیستم بستگی دارد.

ادامه جدول ۳-۱: خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته شده در مورد روش DEMATEL

مؤلف (سال انتشار)	توضیح مختصر
Sumrit and Anuntavoranich (2013)	استفاده از روش DEMATEL برای تجزیه و تحلیل روابط علت و معلولی در قابلیت نوآوری عوامل ارزیابی فن آوری در شرکت‌های تایلندی مبتنی بر تکنولوژی. نتایج نشان داد که دیدگاه قابلیت مدیریت نوآوری مهم‌ترین چشم‌انداز بود و دیدگاه‌های باقی‌مانده را تحت تاثیر قرار می‌دهد..
Falatoonitoosi et al (2014)	استفاده از روش DEMATEL برای تعیین علت و معلول در روابط دو طرفه. لذا هدف از این مطالعه پیشنهاد روش DEMATEL به منظور تعیین علت و معلول عوامل بین شبکه های جداگانه که تأثیر مستقیم دو طرفه روی یکدیگر دارند. نتایج نشان می‌دهد که مطالعه در سه نمونه‌های عددی از شبکه‌های زنجیره تامین سبز برای یک شرکت خودرو تایید شده است.
Chang et al (2014)	یکپارچه سازی روش‌های TOPSIS و DEMATEL برای رتبه‌بندی خطر شکست FMEA.نتایج نشان می‌دهد که روش ارائه شده برای رتبه‌بندی مسائل و ارزیابی ریسک مناسب‌تر از دیگر روش‌ها است.
Fadaei and Homayounfar (2015)	استفاده از روش DEMATEL برای اندازه گیری عملکرد در صنایع غذایی. نتایج حاصل از روش ارائه شده در صنایع غذایی استان گیلان نشان می‌دهد کاربرد آن برای ارزیابی شرکت-های مواد غذایی مناسب است.
Rahimdel and Bagherpour (2016)	استفاده از روش DEMATEL برای رتبه‌بندی سیستم حمل و نقل بر اساس مصرف انرژی در معدن تیتانیوم در شهرستان کهنوج.
Ali et al (2016)	مدل سازی برای روابط متقابل علّت و معلول توسط DEMATEL. نتایج نشان می‌دهد که روش DEMATEL درجه تاثیر بسیار خوبی برای تصمیم گیرندگان با کمک اطلاعات است.

برای اجرای این روش باید ۷ مرحله زیر در نظر گرفته شود (Tzeng et al, 2007; Lin and Tzeng, 2009):

مرحله اول: جمع‌آوری نظرات کارشناسان: در مرحله اول، یک ماتریس برای تمام عوامل (پارامتر یا متغیر) انتخاب شده تشکیل می‌شود. این ماتریس در اختیار متخصصان قرار داده می‌شود تا شدت اثرها بوسیله امتیازدهی مشخص شود. درجه تأثیر مستقیم هر فاکتور یا معیار i را بر هر فاکتور یا معیار j با a_{ij} نشان داده می‌شود که توسط متخصص K ام امتیاز دهی می‌شود $x_{ij}^{(k)}$. نمونه‌ای از این ماتریس در جدول ۳-۲ نشان داده شده است. برای امتیاز دهی از متخصصان خواسته می‌شود که با

مقایسه‌ی زوجی هر یک از معیارها واقع بر هر سطر ماتریس (مانند A)، با تک تک معیارهای واقع بر ستون‌های ماتریس (A, B, C, D)، شدت اثر عامل سطری (A) بر عامل‌های ستونی را به صورت عددی بین ۰ تا ۴ در خانه‌های مربوط به آن‌ها درج کنند، به عنوان مثال در جدول ۴-۱ معیار B به عنوان یک متغیر مستقل بر روی معیار D که یک متغیر وابسته است اثرگذاری زیادی به میزان ۳ اختصاص داده شده است. از سوی دیگر معیار A تأثیر بسیار کمی بر معیار C دارد مقدار عددی این تأثیر ۱ می‌باشد.

جدول ۳-۲: نمونه‌ای از ماتریس برای انجام روش DEMATEL

	متغیر وابسته A	متغیر وابسته B	متغیر وابسته C	متغیر وابسته D
متغیر مستقل A				
متغیر مستقل B				۳
متغیر مستقل C	۱			
متغیر مستقل D				

۰: بدون اثرگذاری ۱: بسیارکم اثرگذار ۲: اثرگذاری کم ۳: اثرگذاری زیاد ۴: بسیار اثرگذار

مرحله دوم: محاسبه ماتریس میانگین: پس از جمع‌آوری ماتریس‌های نظرسنجی از کارشناسان، ماتریس میانگین آن‌ها که با A مشخص می‌شود محاسبه می‌شود. برای این منظور میانگین حسابی هر یک از درایه‌های متناظر ماتریس‌های پاسخ داده شده، درایه‌های ماتریس میانگین را تشکیل می‌دهند. ماتریس میانگین برای نشان دادن تأثیرات اولیه مستقیم یک معیار بر روی خود و سایر معیارها بکار برده می‌شود. عنصر (i,j) در ماتریس A با a_{ij} نشان داده می‌شود و بصورت رابطه ۳-۱ تعریف می‌شود.

$$a_{ij} = \frac{1}{h}\sum_{k=1}^{h} x_{ij}^{k} \qquad (۱-۳)$$

h تعداد متخصصان است.

مرحله سوم: نرمال کردن ماتریس میانگین: در این مرحله ماتریس میانگین به دست آمده در مرحله قبل نرمال می‌شود. برای این منظور درایه‌های ماتریس میانگین بر بیشینه مقدار جمع سطرها و

ستون‌های آن تقسیم می‌شود. به ماتریس حاصل شده، ماتریس روابط مستقیم اولیه نرمال شده می‌گویند که با D نمایش داده می‌شود. نحوه محاسبه ریاضیاتی این ماتریس به صورت رابطه ۳-۲ است.

$$D = \frac{A}{S} \tag{۲-۳}$$

که در این رابطه A ماتریس میانگین و S بیشینه مقدار جمع سطرها و ستون‌ها بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$s = \max\left(\max_{1\le i\le n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} , \max_{1\le j\le n} \sum_{i=1}^{n} a_{ij} \right) \tag{۳-۳}$$

مرحله چهارم: محاسبه ماتریس روابط کلی. در این مرحله شدت اثر نسبی حاکم بر روابط مستقیم و غیر مستقیم بدست می‌آید. به دلیل اینکه مجموع دنباله نامحدود از آثار مستقیم و غیر مستقیم عناصر بر یکدیگر به صورت یک تصاعد هندسی، بر اساس قوانین موجود از گراف‌ها محاسبه می‌شود. از این رو ماتریس روابط کلی T یک ماتریس $n \times n$ بوده و بصورت رابطه ۳-۴ تعریف می‌شود:

$$T = D\left(1-D\right)^{-1} \tag{۴-۳}$$

مرحله پنجم: تحلیل ماتریس روابط کلی. اگر درایه‌های ماتریس روابط کلی به صورت t_{ij} باشد، مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس T به صورت بردارهای r و c محاسبه می‌شوند:

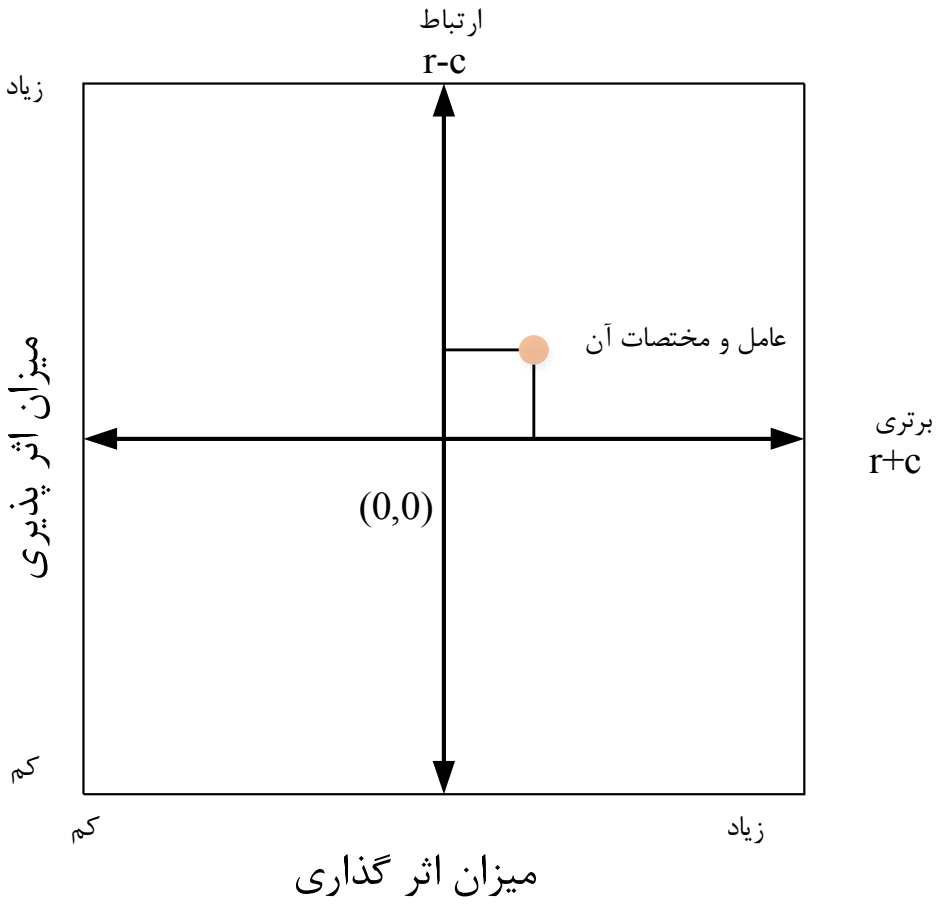
$$\left[r_i\right]_{n\times 1} = \left(\sum_{j=1}^{n} t_{ij} \right)_{n\times 1} \tag{۵-۳}$$

$$\left[c_j\right]_{n\times 1} = \left(\sum_{i=1}^{n} t_{ij} \right)_{n\times 1} \tag{۶-۳}$$

جمع عناصر هر سطر (r) برای هر عامل نشانگر میزان اثرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. جمع عناصر ستون (j) برای هر عامل نشانگر میزان اثرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. بنابراین زمانی که i=j است مقدار $(r_i + c_j)$ شاخصی است که مجموع تأثیر گذاشته و گرفته شده توسط پارامتر i را نشان می‌دهد. این مقدار بیانگر مجموع تأثیر گذاشته شده و گرفته شده پارامتر i

است و هر چه مقدار آن برای پارامتری بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. این مقدار را برتری[1] می‌نامند. مقدار $(r_i - c_j)$ نشان‌دهنده تأثیری است که پارامتر i در سیستم به اشتراک گذاشته و با آن در تعامل است و ارتباط[2] نامیده می‌شود. اگر مقدار $(r_i - c_j)$ مثبت باشد، پارامتر i به عنوان متغیر علت بوده و زمانی که این مقدار منفی باشد، متغیر به عنوان معلول است.

مرحله ششم: نمودار علّی (اثرگذاری- اثر پذیری) و نحوه نمایش عوامل: در این مرحله یک دستگاه مختصات دکارتی با محور طولی r+c و محور عرضی r-c رسم می‌شود که در آن موقعیت هر عامل با نقطه‌ای به مختصات (r-c , r+c) تعیین می‌گردد. نمونه‌ای از این نمودار در شکل ۳-۱ مشاهده می‌شود.



شکل۳-۱: نمودار علّی حاصل از ماتریس روابط کلی

[1] Prominence
[2] Relation

مرحله هفتم: تدوین ارزش آستانه‌ای و نقشه شبکه روابط: به منظور تشریح روابط ساختاری میان معیارها لازم است که ارزش آستانه‌ای برای فیلتر نمودن تأثیرات ناچیز در ماتریس T تدوین شود. با این کار می‌توان از روابط جزئی (تمامی روابط با مقدار کوچکتر از آستانه در ماتریس T) صرف نظر کرده و مقدار آنها را صفر و در نقشه روابط شبکه‌ای نمایش داده نشوند. دلیل اصلی تعیین ارزش آستانه حفظ پیچیدگی سیستم با یک سطح قابل مدیریت و همچنین تسهیل نمایش بهتر اطلاعات برای فرد تصمیم گیرنده می‌باشد.

۳-۳- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (FDAHP)

تصمیم گیری در مورد انتخاب پارامترهای مؤثر در ارزیابی توسعه پایدار و تعیین وزن هر یک آن‌ها از جمله مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسائل موجود در ارائه یک سیستم ارزیابی جامع می‌باشد. با توجه به طبیعت فرایند توسعه پایدار و تأثیرپذیری هر کدام از پارامترها از یکدیگر، ارزیابی نهایی برای رسیدن به یک وزن مشخص و دقیق برای هر یک از پارامترها کمی دشوار است. همچنین بسیاری از مسائل ارزیابی شامل اطلاعات ناقصی هستند که مشکلات فراوانی به همراه دارند. از جمله این مشکلات می-توان به تصمیم گیری‌های انجام شده توسط متخصصان اشاره کرد که این تصمیم گیری ها بر اساس شایستگی فردی بوده و به قدرت تفکر آن‌ها بستگی دارد. بدلیل اینکه بکارگیری اعداد قطعی سبب نتایجی دور از واقعیّت خواهد شد. بنابراین بهتر است به جای اعداد معیّن و قطعی از اعداد فازی برای ارزیابی استفاده شود (Kahreman et al, 2004).

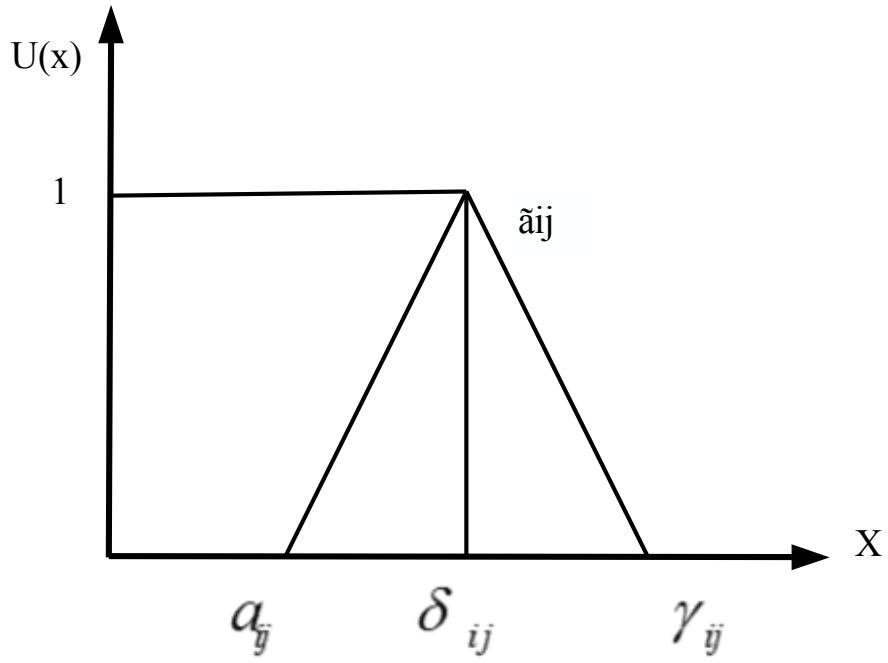
تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (FDAHP) یکی از جامع‌ترین سیستم طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. روش دلفی فازی در سال ۱۹۸۸ توسط کوفمان[1] و گوپتا[2] ارائه شده است. در روش دلفی، پیش‌بینی‌های ارائه شده توسط افراد خبره در قالب اعداد قطعی بیان می‌شوند، در حالی که استفاده از اعداد قطعی برای پیش‌بینی‌های بلند مدّت، آن را از دنیای واقعی دور

[1] . Kaufman
[2] . Gupta

می‌سازد. از طرفی افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند و این نشان می‌دهد که عدم قطعیت حاکم بر این شرایط از نوع امکانی است نه احتمالی. امکانی بودن عدم قطعیت، با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد و بنابراین بهتر آن است که با استفاده از مجموعه-های فازی (با به کارگیری اعداد فازی) به پیش‌بینی بلند مدّت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. از جمله روش‌های مناسب برای وزن‌دهی به پارامترهای مؤثر در ارزیابی توسعه پایدار، روش‌های تحلیل سلسله فازی دلفی می‌باشد. در این روش، از نظرات و تجربیات متخصصان برای دست‌یابی به یک وزن مشخص استفاده می‌شود. بدین ترتیب دایره تجربیات افراد پشتوانه این روش خواهد بود. گونه‌های مختلف از اعداد فازی را می‌توان برای اخذ نظرهای خبرگان مورد استفاده قرار داد، بدین ترتیب می‌توان اطلاعات لازم را در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ نمود و مورد تحلیل قرار داد. در این تحقیق برای انجام محاسبات از اعداد فازی مثلثی استفاده خواهد شد. مراحل اجرای روش دلفی در ادامه آمده است (Liu and Chen, 2007;Cheng and Tang, 2009;):

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

مرحله دوم: محاسبه اعداد فازی. برای محاسبه اعداد فازی ($\tilde{a}_{ij}$) نظرهای حاصل از نظرسنجی از متخصصان به طور مستقیم مدّنظر قرار می‌گیرند. اعداد فازی در این مرحله را می‌توان بر اساس توابع عضویت مختلف همچون روش مثلثی و یا ذوزنقه‌ای محاسبه کرد. در اکثرمطالعات از روش مثلثی بدلیل سهولت استفاده زیادی شده است که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. در این حالت در روش فازی دلفی یک عدد فازی به صورت رابطه ۳-۷ تا ۳-۱۰ تعریف می‌شود.



شکل ۳-۲: تابع عضویت در روش فازی دلفی

$$\tilde{a}_{ij} = \left(a_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}\right) \quad (۳-۷)$$

$$a_{ij} = Min\left(\beta_{ijk}\right), k = 1,2,...,n \quad (۳-۸)$$

$$\delta_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{n} \beta_{ijk}\right)^{\frac{1}{n}}, k = 1,2,...,n \quad (۳-۹)$$

$$\gamma_{ij} = Max\left(\beta_{ijk}\right), k = 1,2,...,n \quad (۳-۱۰)$$

در روابط فوق β_{ijk} نشان دهنده اهمیّت نسبی پارامتر i بر پارامتر j از دیدگاه متخصص k ام است و γ_{ij} و a_{ij} به ترتیب حدّ بالا و پایین نظرهای پرسش‌شوندگان است. بدیهی است که مؤلفه‌های عدد فازی به گونه‌ای تعریف شده‌اند که $a_{ij} \leq \delta_{ij} \leq \gamma_{ij}$. در ضمن مقادیر این مؤلفه‌ها در بازه [۹، ۱/۹] تغییر می‌کند.

مرحله سوم: تشکیل ماتریس معکوس فازی. در این مرحله با توجه به اعداد فازی به دست آمده در مرحله قبل، ماتریس مقایسه زوجی فازی بین پارامترهای مختلف به شرح رابطه (۳-۱۱) تشکیل می‌شود.

$$\tilde{A} = [\tilde{a}ij\,], \tilde{a}ij \times \tilde{a}ij \approx 1, \forall i, j = 1, 2, \ldots n \qquad (۱۱-۳)$$

یا بصورت:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (a_{12}, \delta_{12}, \gamma_{12}) & (a_{13}, \delta_{13}, \gamma_{13}) \\ (\frac{1}{\gamma_{12}}, \frac{1}{\delta_{12}}, \frac{1}{a_{12}}) & (1,1,1) & (a_{23}, \delta_{23}, \gamma_{23}) \\ (\frac{1}{\gamma_{13}}, \frac{1}{\delta_{13}}, \frac{1}{a_{13}}) & (\frac{1}{\gamma_{23}}, \frac{1}{\delta_{23}}, \frac{1}{a_{23}}) & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

مرحله چهارم: محاسبه وزن فازی نسبی پارامترها. وزن فازی نسبی پارامترها از روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$\tilde{Z}_i = [\tilde{a}_{ij} \otimes \ldots \otimes \tilde{a}_{in}]^{1/n} \qquad (۱۲-۳)$$

$$\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \otimes (\tilde{Z}_i \oplus \ldots \oplus \tilde{Z}_n)^{-1} \qquad (۱۳-۳)$$

که در آن $\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 = (a_1 \times a_2, \delta_1 \times \delta_2, \gamma_1 \times \gamma_2)$ بوده و $\otimes$ نماد ضرب اعداد فازی و $\oplus$ نماد جمع اعداد فازی است. $\tilde{W} i$ یک بردار سطری است که نشان‌دهنده وزن فازی پارامتر i ام می‌باشد.

مرحله پنجم: غیر فازی کردن وزن پارامترها. در این مرحله به منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها، طبق رابطه (۳-۱۴) میانگین هندسی مؤلفه‌های عدد فازی وزن پارامترها به دست می‌آید و بدین ترتیب وزن پارامترها به صورت یک عدد قطعی بیان می‌شوند.

$$W_i = (\prod_{i=1}^{3} w_{ij})^{\frac{1}{3}} \qquad (۱۴)$$

۳-۴- جمع‌بندی

تاکنون متخصّصان متعددی از کشورهای مختلف به بررسی نقش و تأثیر پارامترهای مختلف بر توسعه پایدار پرداخته‌اند. مطالعات انجام شده پیشین و منابع معتبر در دسترس (جدول ۲-۱) به طور مناسبی تأثیر پارامترهای مختلف را بر توسعه پایدار مورد بررسی و مطالعه قرار داده‌اند. از مهم‌ترین ایرادات مطالعات مذکور می‌توان به این نکته اشاره کرد که تمامی این مطالعات ترکیب تأثیرات پارامترهای

مختلف در توسعه پایدار در معدنکاری زغال‌سنگ را مطالعه کرده و هیچ‌گونه بحثی بر روی تأثیر و درجه اهمیت هر یک از پارامترها انجام نداده‌اند. لذا در این فصل توضیح دو روش DEMATEL و FDAHPبیان شده است و در فصل پنجم پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ با استفاده از این دو روش مشخص شده است.

فصل چهارم:

تعیین عوامل و پارامترهای توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ

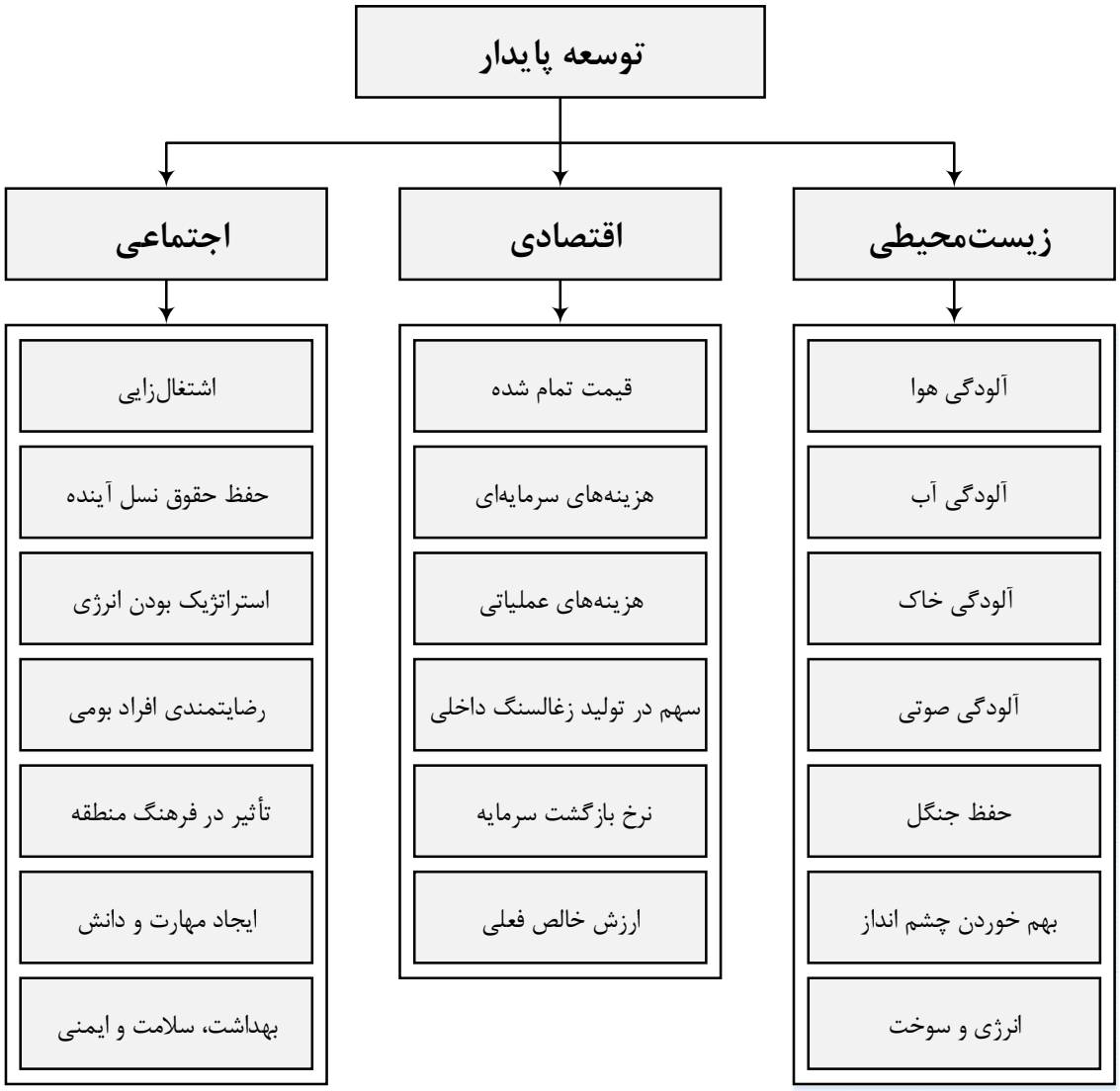
۴-۱- مقدمه

زغال‌سنگ به همراه انرژی‌های پاک نظیر انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مانند نفت و گاز از ارکان اصلی سبد انرژی هر کشور بوده و می‌تواند نه تنها نقش اساسی در رفع نیاز انرژی آن کشور ایفا نماید به رونق اقتصادی آن کشور نیز کمک‌های شایان توجهی کند. ضمن اینکه بهره-برداری از این منابع، علاوه‌بر اقتصاد، در توسعه اجتماعی چنین مناطقی نیز نقش تعیین کننده دارد. در عین حال، معادن و صنایع معدنی اثرات زیست‌محیطی بسیار گسترده‌ای بر منابع آب، خاک، هوا و موجودات زنده دارند. لذا، سه اصل پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی باید در مراحل مختلف چرخه معدنکاری به طور همزمان، نه به شیوه‌ای پی در پی اعمال شوند تا به صنعت معدن در حداکثر رساندن فرصت‌ها برای توسعه اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی کمک کنند. در این فصل، از آنجایی که هدف ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زغال‌سنگ است لذا به بررسی همه جانبه پارامترهای مختلف بر اساس منابع معتبر موجود پرداخته شده است.

۴-۲- عوامل مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زغال‌سنگ

از اولویت‌های هر کشور در قبال صنعت معدنکاری زغال‌سنگ، مدیریت منطقی و مؤثر ذخایر بایستی به گونه‌ای باشد که این ذخایر در خدمت نسل‌های آینده نیز باشد و لذا توسعه پایدار باید از اولویت-های هر کشور در قبال صنعت معدن‌کاری زغالسنگ قرار گیرد. طی دو دهه گذشته، اهمیت لحاظ اصول توسعه پایدار در چرخه حیات معدن‌کاری افزایش یافته است. اگرچه، تمرکز کارهای اولیه به طور عمده در زمینه فلزات و محصولات معدنی نسبت به سوخت‌های انرژی و زغال‌سنگ بوده است، اما، نظر به اهمیت منابع معدنی انرژی، مسائل مرتبط با توسعه پایدار باید در استراتژی‌ها و برنامه‌های عملیاتی صنعت معدن‌کاری زغال‌سنگ نیز قرار گیرد (Craynon, 2011). لذا می‌بایستی پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار را مورد بررسی قرار داد. این پارامترها عمدتاً در ۳ گروه اصلی تقسیم‌بندی می-

شوند که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است، این شکل بر اساس مطالعات انجام شده بدست آمده است و در ادامه توضیح داده می‌شود .



شکل ۴-۱: فاکتور های مؤثر بر توسعه پایدار

۴-۲-۱- پارامتر زیست‌محیطی[1] (EN)

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی از اوایل دهه ۱۹۷۰، جهت اطمینان از حفظ محیط‌زیست و رعایت اهداف توسعه پایدار که شامل برقراری عدالت اجتماعی، امنیت و اقتصادی زیست‌محیطی است، ایجاد شد. در سراسر جهان، اعمال مدیریت زیست‌محیطی در صنایع و معادن مورد تاکید قرار گرفته است، در این راستا در کنفرانس بین‌المللی مدیریت محیط‌زیست در صنایع و معادن در برنامه محیط‌زیست ملل

[1] . Environmental

متحد در سال ۱۹۷۶ تاکید شده است که تخریب‌های ناشی از فعّالیت‌های معدنی بر محیط زیست از قبل پیش‌بینی و پیشگیری شود (Jay et al., 2007: ESCOP., 1990):

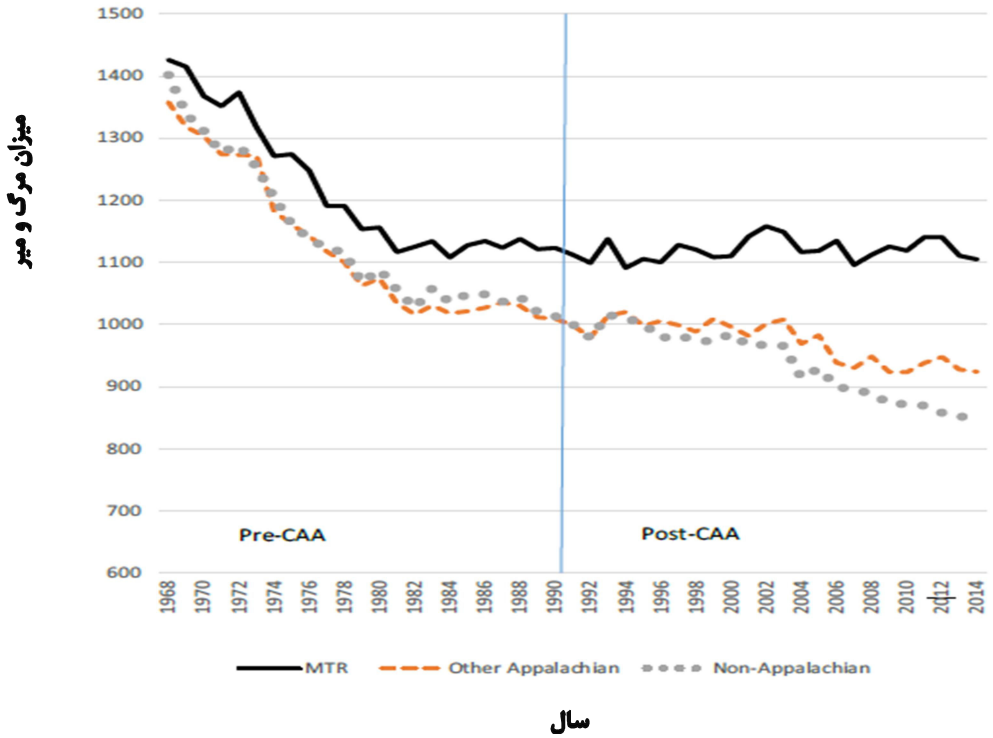
در جهان امروز توسعه و پیشرفت مبنای برنامه‌ریزی و حرکت تمامی کشورها می‌باشد. از طرف دیگر نگرانی‌های موجود در رابطه با تخریب محیط زیست و اثرات منفی انواع توسعه بر آن بیش از پیش مورد توجه مجامع بین‌المللی، دولت‌مردان و گروه‌های مردمی قرار گرفته است. در این میان یکی از راه‌های مقبولی که با هدف رسیدن به توسعه پایدار و به عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی در دست مدیران، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان هر کشور و یا هر پروژه قرار دارد، ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) می‌باشد. این ارزیابی از طریق شناسایی و پیش‌بینی اثرات بالقوه زیست محیطی ناشی از پروژه‌های عمرانی، گزینه‌های مختلفی را جهت حل مشکلات احتمالی ارائه می‌دهد. به طور کلی اثرات زیست محیطی شامل تغیرات آب و هوا، اسیدی شدن منطقه، کشاورزی، مصرف مواد اولیه، آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی، از بین رفتن جنگل، مصرف انرژی و سوخت و اثرات مختلف و متعدد آن‌ها دانست.

۴-۲-۱-۱- آلودگی هوا[1] (AP)

طی عملیات زغال شویی میزان قابل توجهی گرد و غبار و آلاینده‌های گازی تولید می‌شود که عوامل اصلی تشکیل آن‌ها تخلیه، خردایش، طبقه‌بندی، جدایش، بارگیری، خشک کردن و حمل و نقل زغال است. این موضوع باعث می‌شود که هوای آلوده وارد محیط شود و باعث نابودی بافت‌های مختلف بدن خواهد شد. این رادیکال‌های آزاد، از طریق ریه، پوست، مخاط بدن، مخاط چشم، گوش، بینی و دستگاه گوارش وارد بدن شده و باعث تخریب تک سلول‌های بدن می شود در واقع تجمع رادیکال‌های آزاد در بدن هنگام آلوده بودن هوا، افزایش یافته و رادیکال‌های آزاد، به دلیل آنکه اکسیژن‌های ناپایداری دارند به دنبال جا و مکانی باشند که با یک سلول واکنش نشان دهند و آن را اکسید کنند.

1 . Air pollution

در سال ۱۹۹۰در ایالت متحده اصلاحات مربوط به قانون هوای پاک[1] (CAA) به هنگام استخراج زغال‌سنگ در مرکز آپالاش اجرا شد. در سال‌های ۱۹۶۸ تا ۲۰۱۴ طی مطالعه‌ای محققان به بررسی میزان مرگ و میر در ۴۰۴ شهرستان که استخراج زغالسنگ صورت می‌گرفت، پرداختند (شکل۴-۲). نتایج این مطالعه نشان داد ارتباط معنی‌داری بین مناطق معدن‌کاری زغال‌سنگ و اجرای قانون هوای پاک وجود دارد. با توجه به شکل ۴-۲ در مناطقی که معدنکاری زغال‌سنگ صورت می‌گیرد حدود ۱۲۰۰ مرگ در سال‌های بعد از اجرای قانون هوای پاک مشاهده شده است در حالیکه قبل از اجرای قانون هوای پاک میزان مرگ و میر ۱۴۰۰ نفر بوده شده است (Hendryx and MHolland., 2016). بنابراین در همه مناطقی که استخراج زغالسنگ صورت می‌گیرد باید قانون هوای پاک به منظور کاهش آلودگی هوا در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۲: میزان مرگ ومیر قبل و بعد از اجرای CAA (Hendryx and MHolland., 2016)

بطور کلی آلودگی هوا در معدنکاری زغال‌سنگ سبب تولید گردوغبار و انتشار گازهای گلخانه‌ای می-شود. در ادامه در مورد موارد ذکر شده توضیح داده می‌شود.

1 . Clean Air Act

الف- گرد و غبار

در معادن زغال، ذرات ریز زغال به صورت گرد و غبار در فضای معدن پراکنده می‌شوند و در صورتی که شعله‌ای تولید شود، این گردها در ابتدا مشتعل و در مرحله بعد انفجارهای خطرناکی را سبب می‌شود که معمولاً از انفجار گاز زغال خطرناک‌تر است. از طرفی برای تأسیسات کانه‌آرایی و زغال‌شویی نیز باید مکان مناسبی را به عنوان سایت در نظر گرفت. در نظر گرفتن مسیر باد، نزدیکی به مناطق مسکونی، وجود مناطق مرتفع و درختان، مکان مناسب سایت را به ما نشان می‌دهد. هنگام حفر لایه‌های زغال و استخراج آن‌ها، مقدار زیادی گرد زغال تولید و در فضای معدن پراکنده می‌شود. در مواردی که برای استخراج زغال از وسایلی نظیر ماشین‌های زغال‌بر و رنده استفاده شود، تولید گرد زغال به مراتب زیادتر است. مشکلاتی که انفجار گرد زغال می‌تواند در پی داشته باشد شامل تهدید جدی جان کارگران معدن، تولید حرارت زیاد و تولید CO است.

ایجاد بیماری برای کارگران یکی دیگر از مشکلات گرد زغال است. گرد و غبار موجود در هوای معدن می‌تواند منجر به بیماری‌هایی شود که در مجموع به نام پنوموکونیوسیس[1] مشهور است. بیماری ریوی خاصی که نتیجه وجود گرد زغال در هوای معدن است به نام آنتراکوسیس[2] خوانده می‌شود.

ب- انتشار گازهای گلخانه‌ای

گازهای گلخانه ای[3] (GHG) از منابع زمین شناسی مانند فعالیت‌های آتشفشانی، نشت هیدروکربن و همچنین احتراق کنترل نشده از سوخت‌های فسیلی مانند زغالسنگ انتشار می‌شوند. در معادن زغال-سنگ گازهای گلخانه ای به دلیل خودسوزی ذخایر زغال‌سنگ در محل (آتش سوزی زغال‌سنگ) تولید می‌شوند که طی مطالعه‌ای در چین میزان آلودگی گازهای گلخانه‌ای ۰/۲۲٪ تخمین زده شده است. این مشکل بیشتر توسط فعالیت‌های معدنی و روش‌های استخراج نوین تشدید شده است (Van Dijk et al., 2011).

1. Pneumoconiosis
2 . Anthracosis
3 . Greenhouse gas

۴-۲-۱-۲- آلودگی آب[1] (WP)

استخراج ماده معدنی برای رسیدن به لایه های زغال‌سنگ تأثیر شیمیایی بر آب دارد، که باعث شوری آب، تولید سلنیوم و سولفات می‌شود. سولفات می‌تواند سطح سولفید هیدروژن سمی را افزایش دهد. تعداد

بی‌مهرگان به دلیل افزایش غلظت سولفات کاهش می یابد. افزایش سلنیوم باعث تغییر شکل تراتوژن و ناباروری در ماهی و در پرندگان (که از ماهی مصرف می‌کنند) می‌شود. زه‌آب برای دهه‌ها و قرن‌ها پس از استخراج معدن در محل باقی می‌ماند و باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. تاثیر معدن در آب‌های سطحی اثراتی در موجودات زنده در آب دارد (Vengosh et al., 2013).

به هنگام زهکشی معدن اسید ایجاد شده که حاصل از آب مخلوط با زغالسنگ و سنگ‌های دیگر در طول استخراج از معادن که شامل سطوح سمی مواد معدنی و فلزات سنگین می‌باشد. این آب سمی از معادن خارج شده و باعث آلوده شدن آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، خاک، گیاهان، حیوانات و انسان می-شود. بطور کلی می‌توان گفت آلودگی آب سبب آلودگی pH آب، افزایش میزان فلزات سنگین در آب، ورود پساب‌های معدن به آب‌های سطحی و زیر زمینی می‌شود. در ادامه هر کدام از پارامترهای ذکر شده توضیح داده می‌شود.

الف- آلودگی pH آب

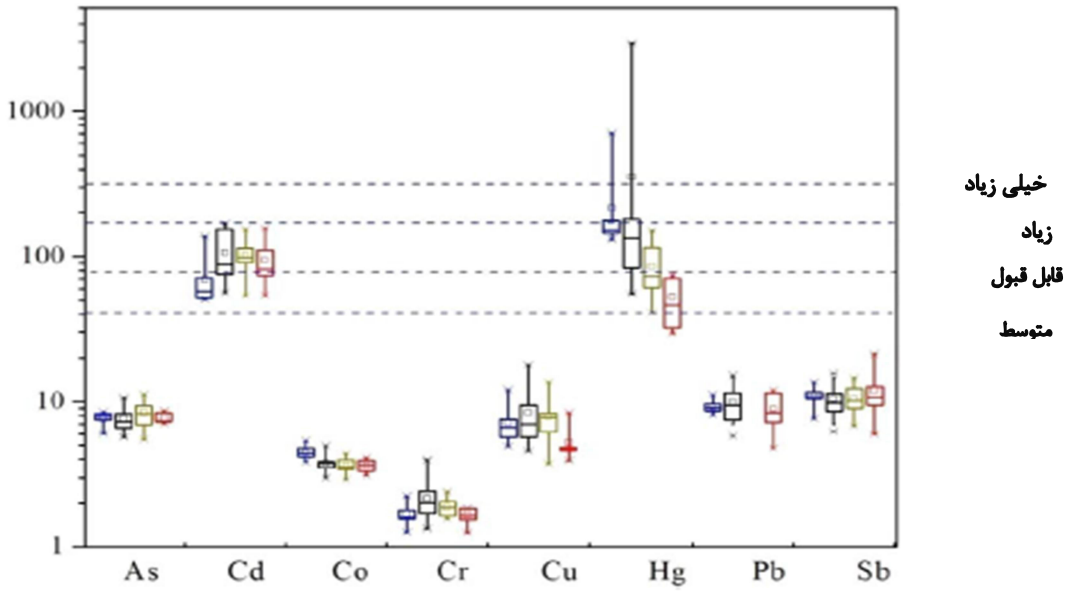
در بسیاری از مناطق دارای معدن، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی (بدون آنکه از معادن بهره برداری شود) با دیگر مناطق متفاوت می باشد. یکی از عواملی که سبب این تفاوت می‌شود آلودگی pH آب می‌باشد. استخراج معادن زغالسنگ و عبور آب از رگه‌های این معادن بطور طبیعی باعث افزایش pH آب می‌گردد. هنگامی که pH آب افزایش یابد مشکلاتی مانند: تشکیل کانی‌های ثانویه، کانی‌های هیدروکسی سولفات‌های منگنز و باکتری‌ها در آب می‌شود (Widodo et al., 2010).

ب- افزایش میزان فلزات سنگین در آب

[1] . Water pollution

فلزات سنگین به عنوان یک مسئله خطر ساز از ابعاد مختلف و به طور جدی می‌توانند زیست انسان و سایر موجودات زنده را به خطر بیاندازند. یکی از عمده‌ترین منابع تولید کننده این عوامل سنگ‌های معادن و غبارهای آتشفشانی می‌باشند ولی در کنار این‌ها انسان خود به اشکال مختلف مانند صنایع رنگرزی، آبکاری فلزات و باطری‌سازی در انتشار فلزات سنگین نقش دارد. حضور این عوامل در محیط زیست در دراز مدت منجر به کاهش توان تولید مثل آبزیان ، مشکلات تنفسی و عصبی و غیره شده و در ضمن با توجه به تجمع آن در بدن (تجمع زیستی) و انتقال آن‌ها به مصرف‌کنندگان بعدی از جمله انسان می‌تواند عوارض غیر قابل جبرانی را ایجاد نماید.

طی مطالعه‌ای تانگ[1] و همکارانش بر روی یک معدن زغال‌سنگ در کشور چین به منظور بررسی فلزات سنگین انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که سطح آلودگی Cr, Cu, Pb, As, Sb و Co کم تا متوسط و در حالیکه سطح آلودگی Cd و Hg متوسط به بالا مشاهد شد (شکل ۴-۳). نسبت به دیگر مناطق غیر معدنی میزان آلودگی آب بیشتر بوده و خطرات غیر سرطان‌زا را از فلزات متعدد، برای کودکان محلی بیش از سطح قابل قبول نشان می‌دهد (Tang et al., 2017).



شکل ۴-۳: میزان آلودگی فلزات سنگین در منطقه معدنی زغال‌سنگ (Tang et al., 2017).

[1]. Tang

ج- ورود پساب‌های معدن به آب‌های سطحی و زیر زمینی

آلودگی آب ناشی از صنایع معدنی قدمت طولانی دارد. در واقع آلودگی آب از این نوع، قدیمی‌تر از هر نوع آلودگی دیگر محسوب می‌شود. در همین راستا، صنایع معدنی زغال‌سنگ، به خصوص در مرحله شست‌وشو، آلودگی و اثرات زیست‌محیطی مختلفی را به دنبال دارند. در اکثر کارخانه‌های زغالشویی، حجم زیادی آب مصرف می‌شود که چنین آبی با دارا بودن مقادیر زیادی مواد معلق، مواد شیمیایی و مشتقات نفتی مصرفی در فرآیند شست‌وشو از کیفیت پایینی برخوردار بوده و در صورت راه‌یابی به آب‌های پذیرنده، باعث آلودگی آن‌ها می‌گردد. علاوه‌بر این، در کارخانه زغالشویی، حجم زیادی از باطله‌های جامد نیز تولید می‌شود که در نزدیکی آن انباشت می‌گردند. در نتیجه، آب‌های سطحی و زیرزمینی در اثر زهکشی اسیدی باطله خود با نشر فلزات سنگین و سمی از ان‌ها به شدت آلوده شده و اگر منطقه باران‌خیز باشد، شدت آلودگی محیط‌های آبی باز هم شدیدتر خواهد گشت. به طور کلی، فعالیت صنایع معدنی زغال‌سنگ، بسیار وسیع‌تر از دیگر صنایع بوده و سبب آلودگی بیشتر محیط زیست می‌گردد

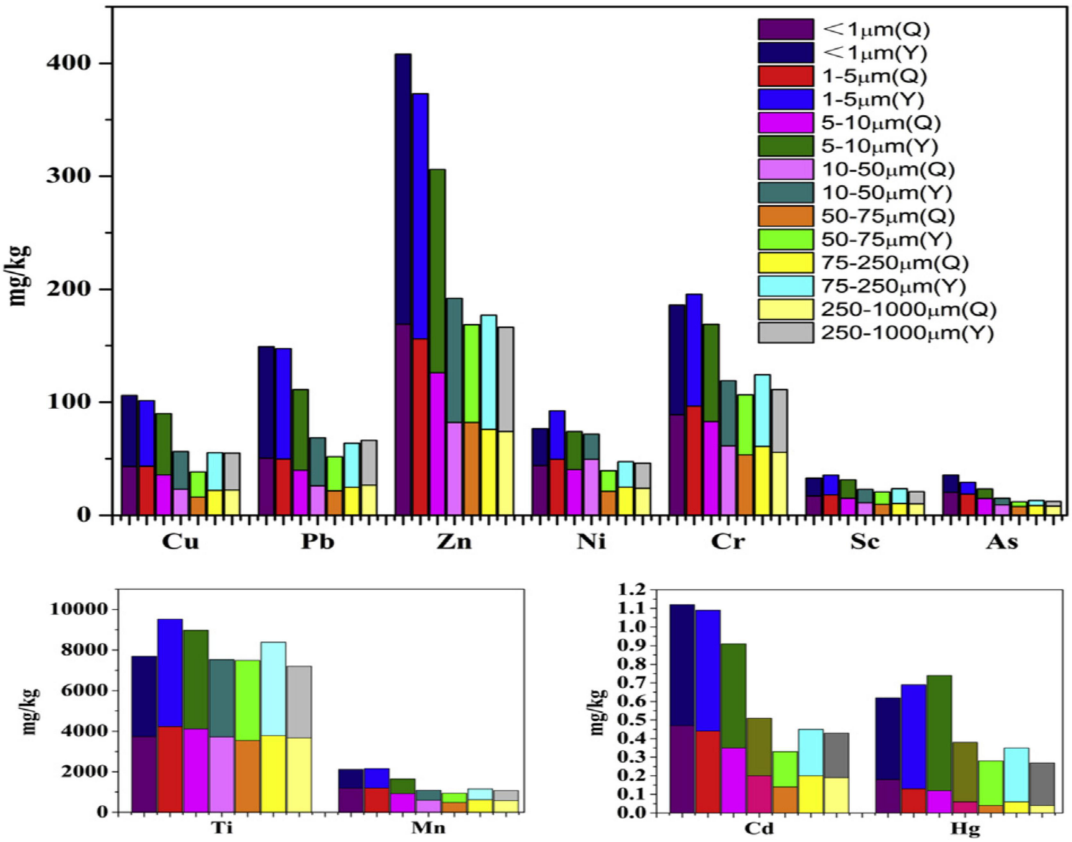
۴-۲-۱-۳- آلودگی خاک[1] (SP)

پساب‌های کارخانه‌های زغالشویی به رودخانه‌ها ریخته می‌شود که این مسئله علاوه بر آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به آلوده شدن منابع خاک نیز منجر می‌شود. دود و آلاینده‌هایی که به‌صورت گاز و بخارات سمی از دودکش‌های عظیم کارخانه‌ها بیرون می‌آید، علاوه بر آلودگی هوای شهرها و ایجاد مشکلات تنفسی برای انسان‌ها باعث تشکیل باران اسیدی می‌شود. بیشترین آلودگی‌ها در منابع خاک، در اطراف این کارخانه‌ها مشاهده می‌شود. مقاومت و پایداری عناصر سنگین در خاک نسبت به سایر آلاینده‌ها بسیار طولانی بوده و آلودگی خاک توسط فلزات سنگین تقریباً دائمی است. فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، نقره و جیوه هستند که اثرات زیانبار آن‌ها بر موجودات زنده ثابت شده است و بارها موجب حوادث زیست‌محیطی شده‌اند. بعضی از این اثرات زیانبار فلزات سنگین شامل موارد زیر

[1] . Soil pollution

است: اختلال فعالیت‌های بیولوژیک خاک، اثرات سمی بر گیاهان و اثرات زیانبار بر انسان در اثر ورود مواد به زنجیره غذایی می‌شود. آلاینده‌های حاصل از معدنکاری زغال‌سنگ به سرعت در آب و هوا رقیق می‌شوند.

طی مطالعه‌ای که لی[1] و همکارانش بر روی معدن زغال‌سنگ در چین انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که درجه آلودگی عناصر کادمیوم، مس، سرب، نیکل، روی، و جیوه در خاک‌های موجود در حوضه رودخانه منطقه بیشتر است (شکل ۴-۴). به طور عمده کادمیوم و نیکل از طریق خوردن و دسترسی پوستی سبب ایجاد سرطان در مردم منطقه شده است (Li et al., 2017).



شکل ۴-۴: غلظت فلزات سنگین در خاک حوضه رودخانه (Li et al., 2017)

۴-۲-۱-۴- آلودگی صوتی[2] (N)

در طی فعّالیت‌های معدنکاری، آلودگی صوتی روی کارکنان و مردم منطقه تأثیر می‌گذارد. سر و صدای ناشی از حرکت لکوموتیو بر روی ریل‌ها یکی از منابع آلودگی صوتی در معادن زیرزمینی است.

[1] . Li
[2] . Noise

این منبع سر و صدا به عوامل مختلفی مانند نوع ریل، میزان انحنای ریل، سرعت واگن، وزن واگن، استحکام و شکل هندسی واگن، وضعیت چرخ‌ها و نظایر آن‌ها بستگی دارد. صدای ناشی از حرکت واگن‌ها بر روی ریل (A) dB ۱۰۰- ۸۰ است (www.ime.org.ir).

برای کنترل این آلودگی موارد زیر توصیه می‌شود:

- استفاده از لکوموتیوهای برقی به جای لکو موتیوهای دیزلی
- نصب اتاقک برای راننده‌ها
- سرویس و نگهداری مناسب تجهیزات باربری

به طور کلی در اثر انفجار، کمپرسورها، ماشین‌آلات معدن، فن‌ها ، پمپ‌ها سر وصدا ایجاد می‌شود. اگر سر و صدای تولید شده بیش از سطح طبیعی شنوایی انسان باشد، می تواند 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.

الف- انفجار

مهم‌ترین اثرات ناشی از انفجار در معادن جدا شدن و خرد شدن ماده معدنی از کانسار، ارتعاش زمین، ایجاد امواج صوتی، پرتاب سنگ و ایجاد گرد و غبار ناشی از انفجار است. هر یک از اثرات دیگر می-تواند در شرایط معین موجب خسارت بر انسان و سازه‌های اطراف محل انفجار شود.

ب- کمپرسورها

از کمپرسورها برای فشرده کردن گازها استفاده می‌شود. در حقیقت کمپرسورها وسایلی هستند که با صرف انرژی مکانیکی فراوانی، سیال را با سرعت به درون خود مکیده و سپس آن را فشرده می‌سازند. در اثر این عملیات، دمای گازی که فشرده می‌شود نیز افزایش می‌یابد. معمولاً گاز پرفشار خروجی از کمپرسورها را از یک سیستم خنک‌کننده عبور می‌دهند تا دمای گاز دوباره به حد معمولی باز گردد. انواع گوناگونی از کمپرسور وجود دارد که برای مصارف صنعتی و عمومی طراحی شده‌اند.

ج - ماشین آلات معدن

روش استخراج جبهه کار طولانی یک روش انحصاری برای استخراج زغال است. در این روش از ماشین‌آلات معدنی زیادی استفاده می‌گردد. به علت وجود تعدد ماشین‌آلات معدنی، سر و صدای زیادی در کارگاه ایجاد می‌شود.

تجهیزات حفاری تجهیزات پر سر و صدایی هستند که تقریباً تمامی آن‌ها آلودگی صوتی ایجاد می‌کنند. حداکثر میزان صدای ایجاد شده به وسیله ماشین آلات حفاری و حد مجاز آن‌ها در جدول ۴-۱ آمده است.

جدول ۴-۱: حداکثر میزان صدای ایجاد شده به وسیله ماشین‌آلات حفاری و حد مجاز آن‌ها (www.ime.org.ir)

دستگاه	میزان صدای ایجاد شده dB (A)				حد مجاز صوت dB (A)
	حداکثر صدا (در کنار دستگاه)	در فاصله ۱۵ متری	در فاصله ۳۰ متری	در فاصله ۶۱ متری	در فاصله ۱۲۲ متری
ارابه چالزنی	۱۱۸	۹۸	۹۲	۸۶	۸۰	۸۰
چالزن	۱۰۸	۸۸	۸۲	۷۶	۷۰	۷۵
ماشین حفاری	۱۰۵	۸۵	۷۹	۷۳	۶۷	۷۵
چالزن پایه‌دار	۱۰۵	۹۵	۸۹	۸۳	۷۷	۸۵
زغال‌تراش	۱۰۰	۸۵	۷۹	۷۳	۶۷	۷۰

صدای ناشی از ماشین آلات حفاری باید حتی‌الامکان با استفاده از تجهیزات لازم کاهش یابد. باید با نصب کابین اپراتور برای دستگاه‌های حفاری اپراتور دستگاه را که به طور مداوم در معرض صدای دستگاه است از سر و صدا حفظ کرد. همچنین باید با تعمیر و نگهداری مناسب و استفاده از مته‌های حفاری تیز، سر و صدای حاصل را کاهش داد. در صورتی که امکان کنترل صدا با روش‌های دیگر وجود نداشته باشد، استفاده از گوشی‌های محافظ و استاندارد ضروری است (www.ime.org.ir).

۴-۲-۱-۵- حفظ جنگل[1] (FP)

معدن‌کاری از ارکان توسعه پایدار در هر کشوری است اما در نتیجه توسعه روز افزون معادن بر و سعت زمین‌های تحت تأثیر معدن‌کاری افزوده می‌شود که مخاطرات زیست محیطی فراوانی به همراه دارد. از جمله این اثرات که همزمان یا بعد از معدن‌کاری اتفاق می‌افتد می‌توان به از بین رفتن پوشش گیاهی در زیستگاه‌های طبیعی اشاره کرد. به منظور تعدیل اثرات بیان شده و احیاء اراضی حاصل از استخراج زغال‌سنگ، استقرار مجدد پوشش گیاهی می‌تواند گامی مؤثر قلمداد گردد. جهت احیا یک رویشگاه تخریب شده ناشی از برداشت ذخایر معدنی اساساً سه روش توصیه می‌شود: ۱) توالی طبیعی (خودبخودی) یعنی جانشینی طبیعی گیاهان در طول زمان بدون هر گونه مداخله انسان، ۲) استفاده از احیاء فنی جهت بهبود شرایط خاک به همراه کاشت گونه‌های هدف و ۳) ترکیب دو روش فوق، یعنی دخالت در توالی طبیعی با استفاده از برخی روش‌های فنی که رسیدن به جامعه گیاهی هدف را در پی داشته باشد. رویشگاه‌های معدنی که به طور طبیعی احیاء شده‌اند معمولاً ناهمگنی بالاتری داشته و دارای تنوع زیستی بالاتر و زیستگاه بهتری نسبت به مناطق با احیاء فنی هستند. همچنین در معادن زغال‌سنگ از چوب برای نگه‌داری استفاده می‌کنند.

۴-۲-۱-۶- بهم خوردن چشم انداز[2] (LD)

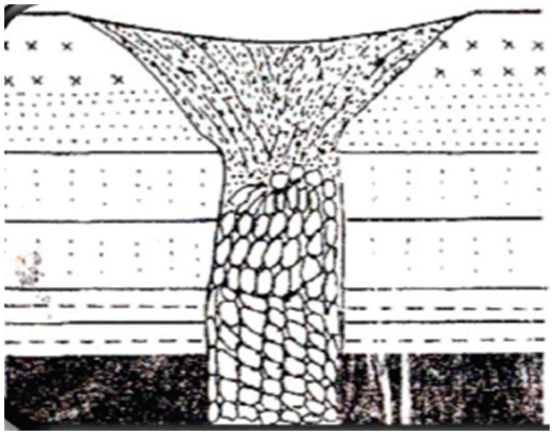
برای رسیدن به لایه های زغالسنگ صدها متر سنگ و خاک برداشته می‌شود که خود باعث بدنما شدن چشم‌اندازها می‌شود. در اوایل سال ۱۹۹۷، استخراج ماده معدنی به عنوان یک خطر در حال رشد برای محیط‌زیست به رسمیت شناخته شد. معدن‌کاری با نشست زمین، ایجاد ساختمان‌های معدن سبب تخریب چشم‌اندازها می‌شود (Dontala., 2015). در ادامه این دو مورد توضیح داده شده است.

1 . Forest protection
2 . Land disturbance

الف- نشست زمین

در اثر استخراج زغال‌سنگ با استفاده از روش‌های زیرزمینی به ویژه روش استخراج جبهه‌کارطولانی، ممکن است پس از مدتی در سطح زمین یک گودی ایجاد شود. پدیده نشست می‌تواند منجر به تخریب محیط‌زیست و سازه‌های سطحی شود. از آثار زیست‌محیطی نشست می‌توان به مواردی چون آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، تغییر مسیر جریان آب رودخانه‌ها، تغییر در اکولوژی گیاهی و جانوری، تغییر چهره سطح زمین، تغییر ظرفیت و دبی آب‌های زیرزمینی و تغییر در خواص خاک اشاره کرد. همچنین نشست سطح زمین می‌تواند خساراتی را به سازه‌های سطحی مانند ساختمان‌ها، تأسیسات صنعتی، جاده‌ها، پل‌ها، خطوط راه‌آهن، لوله‌های انتقال آب و گاز، مخازن نگهداری آب و ... وارد کند.

ساهو[1] و لوخنده[2] بر روی یک معدن زغال‌سنگ در هند به منظور بررسی نشستی که در باطله‌ها (شکل ۴-۵) رخ داده بود، مطالعاتی را انجام دادند. این دو محقق به این نتیجه رسیدند که نشست بر ساختار سطح زمین پوشش گیاهی و حیوانات تاثیر می‌گذارد. همچنین بر زندگی اجتماعی تأثیر می‌گذارد (Sahu and Lokhande, 2015).



شکل ۴-۵: نشست چاه باطله (Sahu and Lokhande, 2015)

[1] . Sahu
[2] . Lokhande

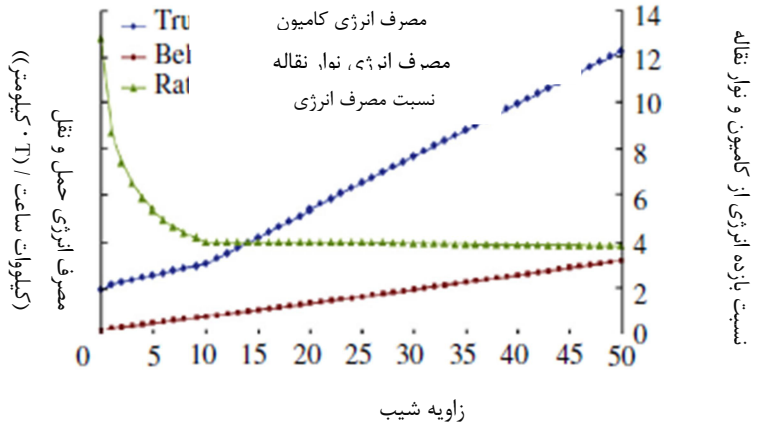
ب-ساختمان های معدن

در هر معدن زغال‌سنگ یکسری تأسیسات زیر بنایی مانند ساختمان‌های اداری، ساختمان‌های صنعتی، نیروگاه، وانتیلاتور و ساختمان‌های اقامتی پرسنل وجود دارد. هر کدام از این تأسیسات مساحتی را در بر می‌گیرد که خود باعث تخریب چشم‌انداز می‌شود.

۴-۲-۱-۷- مصرف انرژی و سوخت[1] (EF)

فیومینگ[2] و همکارانش مطالعه‌ای به منظور بررسی مقایسه حالت‌های مصرف انرژی در معادن زغال-سنگ در چین انجام دادند، به نتایج زیر دست یافتند (Fuming et al., 2015):

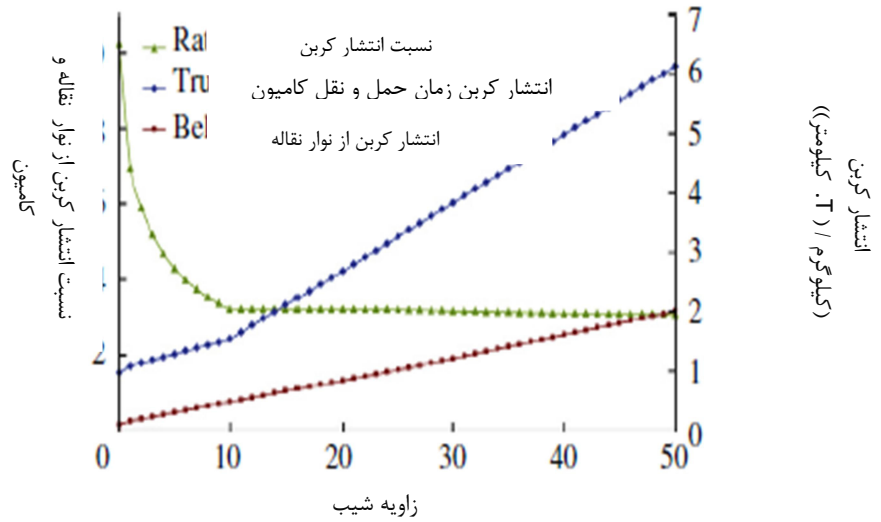
- مصرف انرژی حمل و نقل کامیون ۱۱/۵۶ بار بالاتر از نوار نقاله بود (شکل ۴-۶).
- انتشار گاز کربن از حمل و نقل کامیون سه تا ده برابر بیشتر از نوار نقاله است (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۶: مقایسه مصرف انرژی حمل و نقل کامیون ونوار نقاله (Fuming et al., 2015).

همان طور که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود استفاده از نوار نقاله بسیار مقرون به صرفه‌تر از کامیون می‌باشد. استفاده از نوار نقاله سبب کاهش آلودگی محیط زیست و همچنین از لحاظ اقتصادی هزینه کمتری در بردارد.

[1] . Energy and fuel
[2] . Fuming



شکل ۴-۷: مقایسه انتشار کربن از یک کامیون و نوار نقاله (Fuming et al., 2015).

۴-۲-۲- پارامتر اقتصادی[1] (EC)

ذخایر معدنی از دوران گذشته به عنوان منابع بالقوه سرمایه، نقش بسیار تعیین کننده‌ای در توسعه اقتصادی کشورها داشته که این نقش در شرایط کنونی نیز حفظ شده است. در اوایل سال ۱۹۸۰ سازمان بانک جهانی

و سازمان ملل متحد اعلام کردند، معدنکاری در طول تاریخ به عنوان یک مسیر مناسب برای توسعه ملی بوده و همچنین به توسعه اقتصاد و کاهش فقر کمک می‌کند (Weber-Fahr., 2002).

از دید توسعه پایدار پارامترهای قیمت تمام شده، قیمت بازار داخلی نسبت به قیمت جهانی، هزینه-های سرمایه‌ای، هزینه‌های عملیاتی، سهم در تولید زغال‌سنگ داخلی، نرخ بازگشت سرمایه و NPV بسیار مهم است در ادامه در مورد هر کدام از این پارامترها توضیح داده می‌شود.

۴-۲-۲- ۱- قیمت تمام شده[2] (FP)

روش‌های دستی و سنتی با استفاده از نیروی کارگری با راندمان پایین قیمت تمام شده را افزایش داده و از سویی با وجود توانایی بالا در حوزه اکتشاف و بهره‌برداری، شکل معادن زغال‌سنگ و عمق ذخایر این ماده معدنی تولید آن را در بسیاری از معادن کشور مقرون به صرفه نکرده است. خریدار انحصاری

[1] . Economic
[2] . Fixed Price

یکی دیگر از مشکلات این معادن است که با توجه به اینکه اکتشاف و بهره‌برداری معادن زغال‌سنگ در ایران صرفا برای تامین نیاز ذوب‌آهن بوده و صرفا صرفه اقتصادی تولید زغال مطرح نبوده، بلکه صرفه اقتصادی چرخه تولید فولاد مد نظر بوده است، در شرایط فعلی با واگذاری ذوب‌آهن بدون در نظر گرفتن معادن وابسته به آن، مشکلات عدیده‌ای در نوع خرید و پرداخت قیمت زغال به وجود آمده است. همچنین کیفیت پایین کنسانتره زغال‌سنگ در برخی از واحدهای فرآوری باعث شده مشکلات این معادن تشدید شود. هرچند در برخی از واحدهای فرآوری، تکنولوژی زغال‌شویی و فرآوری هم‌سطح با واحدهای موفق جهان وجود دارد، ولی در برخی از واحدها به دلیل پایین بودن تکنولوژی، کیفیت زغال تولیدی رقابتی نبوده و همین امر منجر به اختلاف نظر ذوب‌آهن و فروشندگان در قیمت‌گذاری می‌شود.

قیمت تمام شده زغال‌سنگ در اکثر سال‌های اخیر بیشتر از قیمت پایه فروش زغال در ایران بوده و این به معنای زیان‌ده بودن این معادن است که باید به طور جدی مورد پیگیری قرار گیرد. البته این امر می‌تواند از بالا بودن قیمت تمام شده در ایران بنا بر دلایل مختلف از جمله پایین بودن بهره‌وری، پایین بودن تکنولوژی استخراج و یا ساختار زمین‌شناسی نامناسب معادن زغال و یا پایین بودن قیمت خرید توسط ذوب آهن اصفهان (خریدار انحصاری) باشد.

۴-۲-۲- ۲- هزینه‌های سرمایه‌ای[1] (CE)

به آن بخش از هزینه‌های که دارای عمر طولانی و دائمی بوده و در جریان انجام عادی پروژه یا طرح استفاده شود و جهت فروش خریداری نشود را هزینه‌های سرمایه‌گذاری گویند. مانند هزینه‌های ماشین آلات و تجهیزات اصلی معدن، ماشین آلات و تجهیزات پشتیبانی معدن، ساختمان‌های صنعتی و نیمه صنعتی، مطالعات مهندسی و عملیات اکتشافی.

[1] . Capital expenditure

صاحبان و مدیران در عملیات معدنکاری نیازمند دانستن ارزش اقتصادی پروژه معدن هستند، که این معیاری بنیادی برای تصمیم گیری نهایی در مورد پیش رفتن به سمت سرمایه‌گذاری مخاطره آمیز است. لذا، استفاده از تکنیک‌های مناسب برای ارزیابی پروژه معدنکاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چالش عمده برای تکنیک‌های ارزیابی توانایی در نظر گرفتن ریسک، اثر زمان و انعطاف پذیری مدیریتی در ارزیابی است. عدم قطعیت به عنوان جزء جدایی ناپذیر در پروژه‌های معدنی معرفی شده است. از میان عدم قطعیت‌های موجود، عدم قطعیت در پارامترهای اقتصادی بیشترین تأثیر را بر ارزش پروژه دارند.

۴-۲-۲- ۳- هزینه‌های عملیاتی[1] (OC)

به آن بخش از هزینه‌هایی که منافع آن خاص همان دوره مالی می‌باشد را هزینه‌های عملیاتی تعریف می‌کنند. هزینه‌های عملیاتی را نیز می‌توان بر اساس سهم اقلام هزینه دستمزد، قطعات یدکی مصرفی، تعمیر و نگه‌داری، مواد و لوازم مصرفی، سوخت و انرژی مورد نیاز تجزیه و تحلیل نمود.

۴-۲-۲- ۴- سهم در تولید زغال‌سنگ داخلی[2] (SP)

سوخت‌های فسیلی (نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ) از جمله منابع مهم انرژی جهان هستند که اهمیت خود را به عنوان سوخت از گذشته تا به حال حفظ کرده‌اند. در این بین سهم زغال‌سنگ در تأمین سوخت نیروگاه‌های تولید برق بیش از سایر سوخت‌های فسیلی است. این نکته نشان‌دهندهٔ اهمیت بالای این منبع انرژی در تولید برق است. استفاده از زغال‌سنگ برای تولید برق فرصتی را ایجاد خواهد کرد تا تنوع بیشتری در سبد انرژی کشور ایجاد شده و فرصت بیشتری را برای استفاده از سوخت مایع و گاز طبیعی جهت صادرات یا ایجاد ارزش افزوده بالاتر از طریق صنایع انرژی ایجاد خواهد کرد.

---

[1] . Operating costs
[2] . Share in domestic coal production

۴-۲-۲- ۵- نرخ بازگشت سرمایه[1] (ROR)

یکی از روش‌هایی که امروزه در تعیین و انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها متداول می‌باشد روش نرخ بازگشت سرمایه است. در این روش ضابطه قبول یا رد یک پروژه، بر اساس معیاری (نرخی) بنام نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد. در حقیقت تعادل درآمدها (درآمدهای سالیانه، ارزش اسقاطی و ...) و هزینه‌ها (سرمایه اولیه، هزینه‌های سالیانه و...)، تحت یک نرخ امکان‌پذیر است و آن نرخ، نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد.

بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه باید شرایط لازم را جهت انتخاب یک پروژه به عنوان اقتصادی‌ترین پروژه داشته باشد.

۴-۲-۲-۶- ارزش خالص فعلی[2] (NPV)

از موضوعات کلیدی در مطالعات امکان سنجی و ارزیابی اقتصادی طرح‌ها محاسبه دقیق شاخص‌های اقتصادی است. متداول‌ترین معیارها در روش‌های کلاسیک برای ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در صنعت معدن روش‌های ارزش خالص فعلی (NPV) و نرخ بازده داخلی (ROR) هستند که برای چند دهه به عنوان ابزار استاندارد و کارآمد برای ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در صنعت معدن‌کاری در مطالعات امکان سنجی و فرآیند تصمیم گیری به کار گرفته می‌شدند.

۴-۲-۳- پارامتر اجتماعی[3] (SC)

در کشورهای در حال توسعه، معدن‌کاری اغلب با بی‌توجهی به آثار اجتماعی آن همراه است. این در حالی است که در کشورهای پیشرفته صنعتی و معدنی توجه همزمان به آثار اجتماعی و اقتصادی منجر به بالا بردن بسترهای خلاقیت و باعث بهبود روند توسعه پایدار شده است. بنابراین در بررسی نقش معدن‌کاری در توسعه کشورهای مختلف باید ارزیابی جامعی نیز از وضعیت اجتماعی ناشی از معدن‌کاری داشت.

---

[1] . Rate of return
[2] . Net present value
[3] . social

تجربه معدنکاری در جهان ثابت کرده است که متأسفانه همیشه رشد اقتصادی مناسب و توسعه اجتماعی به طور همزمان از استخراج مواد معدنی عاید نمی‌شوند. از این رو امروزه بسیاری از کشورها به برنامه‌ریزی‌های جامع در راستای مدیریت پیامدهای اجتماعی نیاز دارند تا پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی را در کنار مزیت‌های اقتصادی و به طور همزمان مورد بررسی قرار دهند. برخی از مهم‌ترین آثار این جنبه‌های بالقوه ناشی از شروع و خاتمه معدن‌کاری به شروع زیر است (Ataei et al ., 2016):

- ارائه خدمات و زیرساخت‌های به واسطه شرح و تداوم معدن‌کاری همچون برق، بهداشت و درمان و حمل و نقل.
- بازگشت سرمایه به جوامع محلی از طریق مالیات‌های معدنی و در نتیجه طرح‌های توسعه معدن.
- بیکاری معدن‌کاران دائمی و قراردادی در نتیجه بسته شدن اتفاقی معدن.

این موارد می‌تواند همگی آثار اجتماعی به دنبال داشته باشد که بدون توجه به آن‌ها، توسعه فعالیت‌های معدنی را غیر ممکن می‌کند. به همین خاطر است که بررسی آثار اجتماعی فعالیت‌های معدنی به علت تأثیرگذاری زیادی که بر افراد و جوامع اطراف خود دارند، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار بوده و عدم توجه کافی به آن، در تشدید آثار سوء معدن‌کاری بسیار حائز اهمیت است. در اکثر کشورهای توسعه یافته معدنی، در فعالیت‌های اجرایی یک معدن، بررسی آثار اجتماعی در چهار گروه اصلی مورد توجه قرار می‌گیرد:

- آثار اجتماعی – بهداشتی
- آثار اجتماعی – فرهنگی
- آثار اجتماعی – اقتصادی
- آثار اجتماعی – معیشتی

هر یک از گروه‌های فوق به عنوان ابزارهای مختلف مدیریتی محسوب شده و تداوم فعالیت یک شرکت معدنی بزرگ مستلزم انجام درست ارزیابی آثار است. بنابراین توجه به برنامه‌ریزی مطلوب در راستای

تغییرات اجتماعی ناشی از معدن‌کاری باید در اولویت برنامه‌ریزی شرکت‌های بزرگ معدنی باشد تا بتوانند به صورت بلندمدت در منطقه معدنی مزبور به فعالیت خود ادامه دهند. به عنوان مثال، در آفریقای جنوبی، وضع قوانین جدیدی چون پیمان اختیارات اجتماعی – اقتصادی بر اساس وسعت برای فعالیت‌های معدنی و قانون توسعه منابع معدنی و نفت مؤید الزام شرکت‌های معدنی در ارزیابی آثار اجتماعی[1] (SIA) فعالیت خود، از ابتدا تا پایان فعالیت معدنکاری و حتی پس از اتمام آن است. بر اساس این قوانین شرکت‌های معدنی اعم از داخلی و خارجی باید برنامه‌های کاری و اجتماعی خود را به گونه‌ای تدوین و اجرا کنند که توسعه اقتصادی – اجتماعی را در جوامع تحت تأثیر خود به طور همزمان بهبود داده تا در جلوگیری یا کاهش آثار اجتماعی منفی مؤثر واقع شود. در این مسیر، مشارکت سرمایه‌گذاران بین‌المللی و نهادهای مالی چون بانک جهانی در پروژه‌های معدنی موجب افزایش کارایی بنگاه‌ها در بهبود فرآیندهای اجتماعی می‌شود.

در حقیقت ارزیابی اثرات اجتماعی تلاشی برای پاسخگویی به سؤالات اصلی ذیل است:

- آیا پروژه پیشنهادی سازگار با نیازهای شناسایی شده توسط جمعیت تحت تأثیر است؟
- چه تفاوت‌هایی در کیفیت جامعه زندگی به عنوان نتیجه عمل پیشنهادی انتظار می‌رود؟

برای پاسخ به این سؤالات، فرایند SIA به طور گسترده چهار سرفصل زیر را دنبال می‌کند (Ataei et al., 2016):

- شناسایی و فهم موضوعات مرتبط با پروژه.
- پیش‌بینی اثرات احتمالی حاصل از استراتژی‌های تغییر یا پروژه‌های توسعه که باید اجرا شوند.
- توسعه استراتژی‌های کاهش خطرات به منظور کمینه‌سازی اثرات اجتماعی بالقوه یا پیش‌بینی نشده.

[1] . Social Impact Assessment

- توسعه برنامه‌های نظارتی برای شناسایی اثرات اجتماعی پیش‌بینی نشده که شاید به عنوان نتیجه تغییرات اجتماعی توسعه یابند.

ارزیابی اثرات اجتماعی به عنوان یک حوزه توسعه یافته، خود را به عنوان ابزاری مؤثر در فهم چگونگی عملکرد جوامع و چگونگی ورود جوامع متأثر در حل مسائل و توسعه اهداف جامعه نشان داده است. برای این منظور موارد زیر باید لحاظ شود (Ataei et al ., 2016):

- ایجاد منبعی از داده‌های منسجم در دستگاه‌های تصمیم‌گیری شرکتی
- فراهم ساختن اطلاعات ساختاری و منظم برای شرکت در مورد محیط اجتماعی آن به طریقی که فرآیندهای برنامه‌ریزی کسب و کار را هدایت کند
- فراهم ساختن اطلاعات برای جامعه در مورد عملیات شرکتی و اثرات آن‌ها
- ورود جامعه در تصمیم‌گیری‌ها پیرامون مناسب‌ترین سرمایه‌گذاری‌های اجتماعی

از آنجایی که شاخص اجتماعی یکی از شاخص‌های اساسی توسعه پایدار است، نیازمند حمایت یک چارچوب سیاسی دولتی است. از این رو وجود شاخص ارزیابی اثرات اجتماعی توسعه معادن زغال‌سنگ در کنار شاخص ارزیابی اثرات زیست‌محیطی امری ضروری به نظر می‌رسد.

۴-۲-۳-۱- اشتغال‌زایی[1] (ELF)

اقتصاد هر شهر در ارتباط مستقیم با نیروی انسانی ساکن در آن شهر و ساختار اشتغال در آن شهر است. بدین منظور بررسی شاخص‌های مربوط به نیروی انسانی و ساختار اشتغال در یک شهر میتواند ضمن مشخص ساختن نقش و عملکرد آن شهر در میان سایر شهرها و شیوه تولید ارزش افزوده و تبادلات اقتصادی، مزیت‌ها و امکانات و محدودیت‌های توسعه را در شهر نمایان سازد. امروزه، نظر به نقش کلیدی زغال‌سنگ در تولید فولاد، سیمان، آهک آلومینوم و غیره، نقش بسیار ارزنده این منبع انرژی در ارتقاء جوامع صنعتی محرز گردیده است. در عین حال باعث شکوفایی و اشتغال‌زایی در نواحی زغال‌خیز کشور خواهد شد.

[1] . Employment of local work force

۴-۲-۳-۲- حفظ حقوق نسل آینده[1] (PRG)

به خاطر پایان‌پذیری اکثر منابع انرژی، تأمین منابع انرژی لازم برای جمعیت رو به رشد جهان و به ویژه نیازهای توسعهٔ اقتصادی و صنعتی به عنوان مسأله اصلی پیش‌روی کشورها شناخته می‌شود. سرمایش و گرمایش خانگی و تجاری در اغلب کشورها و همچنین ایران به شدت به منابع تجدیدناپذیر و سوخت‌های فسیلی وابسته است. محدودیت منایع فسیلی، افزایش جمعیت و تقاضای انرژی، مسائلی هستند که اکثر کشورهای جهان با آن روبرو هستند. منابع متنوع انرژی نظیر زغال‌سنگ ثروت ملی هر کشوری است و باید به نحوی از آن استفاده شود که زمینه را برای توسعه پایدار به وجود آورد. صیانت از منابع انرژی به معنای حفظ این ثروت برای نسل‌های آینده است.

۴-۲-۳-۳- استراتژیک بودن در انرژی[2] (BSE)

در حال حاضر اکثر کشورهای جهان به نقش و اهمیت منابع مختلف انرژی در تأمین نیازهای حال و آینده پی برده و سرمایه‌گذاری‌ها و تحقیقات وسیعی را در جهت سیاست‌گذاری، استراتژی و برنامه-های زیر بنایی و اصولی انجام می‌دهند. منابع انرژی شامل انرژی‌های فسیلی (نفت، گاز و زغال‌سنگ) و انرژی‌های نو (انرژی خورشیدی، انرژی باد،، انرژی امواج و ...) است. سوخت‌های فسیلی پس از مصرف از بین رفته و قابل تجدید نمی‌باشد. در واقع سرعت تشکیل این سوخت‌ها به مراتب کمتر از سرعت مصرف آن‌ها است. یکی از عوامل اساسی توسعه‌ی صنعتی هر کشوری، توسعه و گسترش نیروگاه‌های برق آن کشور است. از جمله موادی که در تولید برق نقش ضروری دارد، زغال‌سنگ است. زغال‌سنگ از منابعی است که در اغلب کشورها در تولید الکتریسیته بکار گرفته می‌شود. با توجه به معادن قابل توجه زغال‌سنگ در کشور باید برنامه‌های مناسبی جهت بهره‌گیری از این منبع تدوین و اعمال شود تا کمبود کشور در زمینهٔ تولید برق تا حدی جبران گردد.

---

[1] . Protecting the rights of future generations
[2] . Being the strategic in energy

۴-۲-۳-۴- رضایتمندی افراد بومی[1] (LS)

معدن‌کاری زغال‌سنگ در تمامی مراحل مانند استخراج، فرآوری، انباشت باطله‌ها و انتقال آن، سبب بروز مشکلاتی عدیده‌ای زیست‌محیطی در محیط پیرامون خود می‌شود. از جمله این مشکلات می‌توان به تشکیل زهاب اسیدی، نشست، خودسوزی، گازخیزی، ایجاد گرد و غبار، تولید حجم زیاد باطله‌های خشک و تر اشاره نمود که اثرات بسیار مخربی بر روی منابع خاکی، آبی و هوایی به همراه دارد. بطور نمونه، معدن‌کاری زغال‌سنگ در ایالت آپالاچیان در آمریکا، که بیش از ۲۰۰ سال قدمت دارد، سبب ایجاد معادن متروکه و همچنین حجم زیادی از مناطق معدنی غیر بازسازی شده، گشته است. این فعالیت‌ها در نهایت، سبب آلوده شدن حدود ۴۵۰۰ مایل از آب‌های سطحی در ایالت‌هایی مانند ویرجینیای غربی، ویرجینیاف، پنسیلوانا و مریلند شده‌اند. در نمونه‌ای دیگر، تولید اسید از معادن متروکه و دمپ‌های باطله زغال سبب نگرانی زیادی در انگلستان شده است و نشت اسید حاصل از آن‌ها به عنوان مهم‌ترین دلیل الودگی منابع اب‌ها در مرکز اسکاتلند به شمار می‌رود. همهٔ موارد ذکر باعث نارضایتی مردم منطقه می‌گردد (Albert, 1994).

۴-۲-۳-۵- تاثیر در فرهنگ منطقه[2] (TRC)

وجود معادن غنی و گوناگون در نقاط مختلف ایران، آثار مثبت و منفی بر فرهنگ مردم گذاشته است و اینتاثیرگذاری حتی تا عمق زندگی اجتماعی مردم نیز نفوذ کرده که این تاثیرات قابل بررسی و تامل است. کارکنان معادن، گرچه اغلب بومی هستند اما حضور مهندسان، متخصصان و کارگران غیر بومی که از اقصی نقاط کشور در معادن کار می‌کنند و ممکن است آن منطقه را به محل تلاقی فرهنگ‌ها و آشنایی با آداب و رسوم سایر اقوام تبدیل کند.

[1] . Local satisfaction
[2] . The impact on the regional culture

۴-۲-۳-۶- ایجاد مهارت و دانش[1] (SAK)

در سالیان نه چندان دور تفکر اصلی بر این بود که یادگیری، کار و زندگی از هم منفک و جدا هستند. به همین دلیل آموزش هنگامی بهینه و درخور محسوب می‌شد که قبل از آغاز فعالیت کاری به افراد داده می‌شد. در این نظریه آدمی زمانی را برای آموزش صرف می‌کرد و سپس به سمت کار و زندگی حرکت می‌نمود و دیگر برای آموزش زمانی نداشت. در حال حاضر این تفکر در جامعه جهانی و در عرصه‌های مختلف جایگاهی ندارد و آموزش جزء جدانشدنی وجود آدمی شده است. هر سازمان برای نیل به اهداف خود به کارکنانی فعال و قابل انعطاف با شرایط مختلف نیاز دارد. هنگامی که سازمان به اجرای سیستم‌های پویای آموزش و بهسازی نیروی انسانی اهتمام بورزد، نیروی انسانی قابلیت انعطاف‌پذیری با شرایط مختلف سازمان را پیدا خواهد کرد، به عبارت دیگر آموزش و بهسازی اقدامی کارآمد از سوی مدیر سازمان در جهت بالا بردن سطح شایستگی اعضای سازمان است.

امروزه نیروی انسانی مهم‌ترین عامل مولد است. در گذشته اعتقاد بر این بود که سرمایه و منابع مادی روند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور را تعیین می‌کند اما در جهان کنونی منابع انسانی کارآمد در این امر تاثیر اصلی را دارد. منابع انسانی کارآمد باعث افزایش سرمایه، بهره‌برداری از منابع مختلف جامعه و ساخت و تولید روزافزون می‌گردد؛ به عبارت دیگر منابع انسانی کارآمد پیشبرد جامعه در راستای توسعه ملی را تضمین می‌کند. کشوری که نتواند مهارت‌ها و دانش مردمش را توسعه دهد و از آن در اقتصاد ملی به نحو مؤثری بهره‌برداری کند، قادر نیست هیچ چیز دیگری را توسعه بخشد.

۴-۲-۳-۷- بهداشت، سلامت و ایمنی[2] (HAS)

کار در معادن به دلیل ماهیت حاکم بر آن به عنوان یکی از مشاغل سخت و پر ریسک محسوب شود و نیروی کار شاغل در این صنعت همواره در معرض مخاطرات گوناگون سلامت شغلی قرار دارد. امروزه در کشورهای توسعه یافته اقتصادی به کمک بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و برنامه‌های پیشگیرانه در حوزه ایمنی و حفاظت فنی؛ شرایط کار در معادن آنچنان بهبود یافته است که دیگر آن‌ها را در زمره

[1] . Skills and knowledge
[2] . Health and safety

مشاغل پر خطر قرار نمی‌دهند و این در حالی است که در بسیاری از معادن کشور زیر ساخت‌های لازم به منظور سالم‌سازی محیط زغال‌سنگ نه تنها با معیارهای معتبر بین‌المللی بلکه با استانداردهای شغلی ملی و آیین‌نامه‌های مصوب لازم الرعایه نیز فاصله بسیار داشته باشد.

در اثر فعالیت‌های معدنکاری بخش قابل‌توجهی از کانه و مواد پوشان‌سنگ به صورت گرد و غبار در هوا پراکنده می‌شوند که این امر بسته به نوع ماده معدنی که ذاتاً سمی یا غیرسمی باشد می‌تواند آلودگی‌هایی را در هوا، آب، خاک و اثراتی را بر فعالیت انسان بگذارد که سبب مسمویت انسان می-شود. از نقطه نظر بهداشت و سلامتی گرد و غبار مدت‌های طولانی است که اهمیت خود را نشان داده و مسئله بیماری‌های حاصله از گرد و غبار موضوعی است که از قدیم گریبانگیر انسان بوده و حتی در مومیایی‌های مصری در ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد آثاری از پنوموکونیوز دیده شده است. به عنوان مثال افزایش سطح سمی در زغال‌سنگ آلاینده‌های مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب در بر دارد. اگر این آلاینده‌ها از طریق گرد و غبار وارد محیط زیست، و یا از طریق ترشحات وارد آب‌های سطحی - زیرزمینی شود باعث می‌شود که خسارت جانی و مالی به آب محیط زیست وارد کند (Hendryx., 2009). طبق مطالعه ای که درکشور ترکیه انجام شده، نشان می‌دهد که افرادی که در منطق نزدیک به معادن زغال‌سنگ زندگی می‌کنند خون آن‌ها به سرب و کادمیوم آلوده‌تر می‌باشد. در جدول ۴-۲ آلاینده‌های حاصل از خودسوزی معدن‌کاری زغال که بر سلامتی بدن تأثیر می‌گذارد نشان داده شده است (Melody and Johnston., 2015; Johnston and Bowman .,2014):

جدول ۴-۲: اثرات خودسوزی زغال‌سنگ بر سلامتی انسان (Melody and Johnston., 2015; **(**Johnston and Bowman., 2014

آلاینده	تأثیر بر سلامتی بدن
ذرات	ذرات در درجه اول شامل اجزای کربن آلی وغیر آلی. ذرات با اندازه کوچکتر قادر به رسیدن به آلوئول و بیشترین پتانسیل را برای مرگ و میر، عوارض قلبی عروقی و تنفسی و التهاب.
اسیدهای غیرآلی مونو اکسیدکربن	مونوکسید کربن از طریق احتراق ناقص تولید می شود. مونوکسیدکربن گاز سمی است که باعث اختلال در اکسیژن هموگلوبین خون می‌شود. نشانه ها و علائم حاد مسمومیت با مونوکسید کربن شامل سردرد، تهوع، ضعف، گیجی، اختلالات بینایی، درد قفسه سینه، تنگی نفس، تپش قلب، آریتمی‌های قلبی، ورم ریوی، تشنج، از دست دادن هوشیاری، کما و مرگ است.

دی‌اکسید کربن، متان	گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسید کربن و متان باعث تغییر آب و هوا می‌شود. که باعث افزایش سوء، شیوع بیماری‌های عفونی می‌شود.
هیدروکربن‌ها	تولید شده از احتراق ناقص و باعث سرطان می‌شود.
آلدئیدها	برخی آلدئیدها مانند اکرولین نسبت به غشاء مخاطی بدن انسان بسیار حساس هستند. برخی دیگر از جمله فرمالدئید سرطان زا هستند.
الکل‌های آلی و اسیدها	مانند متانول و اسید استیک، که تحریک کننده و تراتوژن هستند.
رادیکال‌های آزاد	رادیکال‌های آزاد، تحت تراکم در عرض چند ثانیه تولید می شود. برخی ممکن است تا ۲۰ دقیقه در فضا باقی بماند و برخی دیگر ممکن است در مواد آلی باقی بماند. باعث التهاب، و سرطان می‌شود.
عناصر کمیاب	عناصر کمیاب ممکن است به شکل گازی یا به صورت جامد تشکیل شوند. مضرات بهداشتی ناشی از عناصر کمیاب آزاد شده در طول خودسوزی زغال سنگ مانند آرسنیک، بریلیوم، فلوئور، سلنیوم، جیوه مستند شده است.

۴-۳- جمع‌بندی

از مطالب این فصل که شامل مروری بر منابع مختلف موجود در زمینه تأثیر پارامترهای مختلف بر توسعه پایدار است، چنین نتیجه می‌شود که تاکنون مطالعات بسیار زیادی بر روی تأثیر پارامترهای مختلف بر توسعه پایدار انجام شده است. با این حال به وضوح مشخص است که کلیه نتایج حاصل از این تحقیقات هر یک به طور جداگانه قابلیت توسعه پایدار را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. از طرف دیگر ارزیابی توسعه پایدار یک فرآیند پیچیده است که پارامترهای مختلفی نیز در آن تأثیرگذار است و به تأثیر بین پارامترهای مختلف بر یکدیگر و نیز تعیین وزن هر پارامتر که در ارزیابی پدیده نهایی تأثیرگذار است توجه‌ای نشده است. لذا ایجاد یک روش مبتنی بر کلیه پارامترهای مذکور که قابلیت اندازه‌گیری داشته باشند به منظور ایجاد همگرایی بیشتر این تحقیقات لازم به نظر می‌رسد.

فصل پنجم:

ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی

زغال سنگ با تمرکز

بر مطالعه موردی

۵-۱- مقدمه

معادن و صنایع معدنی پایه و اساس تمدن‌ها را تشکیل می‌دهند. صنعت معدنکاری در طول دوران مختلف همواره موجب توسعه و پیشرفت بوده و بخش بسیار مهمی از طرح‌های توسعه ملی را تشکیل می‌دهد و سهم قابل ملاحظه‌ای در اقتصاد کشورهای در حال توسعه دارد. در عین حال فعّالیت‌های معدنی به علت تولید مواد زاید خطرناک متعدّد، با اثرات زیست‌محیطی و تبعات اجتماعی مختلف همراه است. از این رو در این تحقیق از ارزیابی توسعه پایدار به منظور حفاظت منابع طبیعی به گونه-ای که نسل‌های آینده حداقل به اندازه نسل کنونی بتوانند تولید و مصرف داشته باشند، استفاده شده است.

ارزیابی یکی از روش‌های مقبول برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است و می‌تواند به عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی در دسترس برنامه‌ریزان، مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد تا براساس آن اثرات بالقوه

زیست‌محیطی که در نتیجه اجرای پروژه‌های عمرانی و توسعه پدیدار می‌شوند، شناسایی شده و گزینه‌های منطقی برای رفع کاهش آن‌ها انتخاب شود.

تا کنون مطالعات بسیاری در مورد پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معدنکاری زغال‌سنگ انجام شده است. به طور کلی در کلیّه مطالعات پیشین، چنان چه در فصل دوم و چهارم مورد بحث قرار گرفت، تأثیرگذاری پارامترهای مختلف بر ارزیابی توسعه پایدار توجه‌ای نشده است و روش کامل و جامعی که شامل کلیّه پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معدنکاری زغال‌سنگ باشد ارائه نشده است.

در این تحقیق با توجه به مرور کلیّه منابع معتبر و شناخته شده جهانی و نیز شناسایی و جمع‌آوری پارامترهای مهم مؤثر، سعی شده است تا این پارامترها در یک سیستم دسته‌بندی و به صورت یک روش هوشمند برای ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ ارائه شود. در بررسی یک فرآیند یا سیستم قدم اول تعیین پارامترهای مؤثر در آن به همراه شناخت و تحلیل ساختار حاکم بر

آن‌ها از نقطه نظر چگونگی روابط آن‌ها با یکدیگر و ساختار کل آن‌ها را بررسی و تشریح کرد. اما زمانی که تعداد و تنوع آن‌ها افزایش می‌یابد بررسی ساختار و تعامل آن‌ها با یکدیگر به سادگی صورت نمی-پذیرد و بنابراین به روش‌هایی علمی در این زمینه نیاز است. از این رو در این تحقیق به تحلیل ساختار پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار از دیدگاه اثرگذاری بر روی یکدیگر و بررسی اهمیت هر یک از آن‌ها پرداخته شده است. برای این منظور در ابتدا با استفاده از منابع پارامترهای مختلف عوامل مؤثر بر توسعه پایدار مشخص شده‌اند. پس از شناسایی پارامترها برای شناسایی ساختار و اهمیت و وزن‌دهی آن‌ها از روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL) و تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی (FDAHP) استفاده شده است. در ادامه سیستم طبقه‌بندی جدیدی به منظور ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ ارائه شده است. پس از ارائه سیستم طبقه‌بندی جدید، به منظور اعتبارسنجی نتایج آن با استفاده از یکی از روش‌های پایداری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای دست‌یابی به این هدف، از روش فلیپس استفاده شده است.

۵-۲- پیاده‌سازی روش DEMATEL

در این مرحله برای جمع‌آوری داده‌های لازم پرسشنامه‌هایی طراحی و در میان متخصصان توزیع شد. این پرسشنامه‌ها شامل چهار ماتریس و شامل چهار بخش: دسته پارامترها، پارامترهای زیست-محیطی، پارامترهای اقتصادی و پارامترهای اجتماعی بوده و از متخصصان خواسته شده است تا در هر ماتریس، تأثیر مستقیم پارامترهای قرار گرفته بر روی سطرها را بر روی پارامترهای قرار گرفته در ستون‌ها بر اساس جدول ۳-۲ ارزیابی کنند. در نهایت ۱۵ پرسشنامه برای ارزیابی پارامترها دریافت شد که متخصصان متشکل از اساتید دانشگاه و کارشناسان شرکت‌های خصوصی و دولتی بودند. در ادامه نحوه‌ی اجرای DEMATEL بر روی دسته پارامترها و پارامترها در قسمت‌های مجزا تشریح شده است.

۵-۲-۱- اجرای DEMATEL برای دسته پارامترها

برای جمع‌آوری نظرات کارشناسان از ماتریس نمایش داده شده در جدول ۵-۱ استفاده شده است.

جدول۵-۱: ماتریس دسته پارامترها

	EN	EC	S
EN	0		
EC		0	
S			0

EN: زیست‌محیطی EC: اقتصادی S: اجتماعی

با انجام مراحل اول تا سوم ذکر شده در روش DEMATEL، ماتریس میانگین (A) برای نشان دادن تأثیرات اولیه مستقیم یک معیار بر روی خود و سایر معیارها محاسبه شده که نتیجه محاسبات به شرح زیر است:

$$A = \begin{array}{c} \\ EN \\ EC \\ S \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} EN & EC & S \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 3.500 & 3.875 \\ 3.000 & 0.000 & 3.313 \\ 2.875 & 3.250 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

بر اساس ماتریس‌های بدست آمده، بیشینه مجموع سطرها و بیشینه مجموع ستون‌ها برای دسته پارامترها محاسبه شد. بیشینه مجموع سطرها ۷/۳۷۵ و بیشینه مجموع ستون‌ها ۷/۱۸۸ است. از این رو مقدار S برابر ۷/۳۷۵ خواهد بود؛ بنابراین روابط مستقیم مذکور و نتایج آن در ماتریس D نشان داده شده است:

$$D = \begin{array}{c} \\ EN \\ EC \\ S \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} EN & EC & S \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 0.475 & 0.525 \\ 0.407 & 0.000 & 0.449 \\ 0.389 & 0.441 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

در این مرحله ماتریس روابط کلی T برای دسته پارامترها محاسبه و نتایج آن در ماتریس T نشان داده شده است:

$$T = \begin{array}{c} \\ EN \\ EC \\ S \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} EN & EC & S \end{array} \\ \begin{bmatrix} 2.535 & 3.112 & 3.255 \\ 2.564 & 2.504 & 2.921 \\ 2.508 & 2.757 & 2.556 \end{bmatrix} \end{array}$$

توسط نرم‌افزار MATLAB، بردارهای اثرگذاری، اثرپذیری، برتری و ارتباط برای دسته پارامترها محاسبه و نتایج آن در جدول ۵-۲ نشان داده شده است.

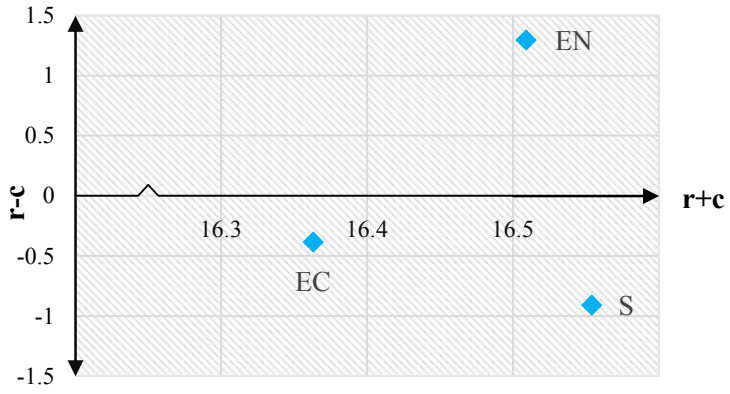
جدول۵-۲: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی دسته پارامترها

پارامتر	اثرگذاری (r)	اثر پذیری (c)	برتری (r+c)	ارتباط (r-c)
زیست‌محیطی	۸/۹۰۲	۷/۶۰۷	۱۶/۵۰۹	۱/۲۹۵
اقتصادی	۷/۹۸۹	۸/۳۷۴	۱۶/۳۶۳	-۰/۳۸۵
اجتماعی	۷/۸۲۲	۸/۷۳۲	۱۶/۵۵۴	-۰/۹۱۰

همان‌طور که ملاحظه می‌شود دسته پارامترهای زیست‌محیطی دارای بیشترین مقدار اثرگذاری و اجتماعی دارای کمترین میزان اثر گذاری هستند. فعالیت‌های معدنکاری در منطقه‌ای که معادن زغال‌سنگ در آن قرار دارد، محیط‌زیست را به صورت‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمانی‌که یک منطقه معدنی از لحاظ زیست‌محیطی دچار مشکل شود سبب ایجاد ناملایمات اجتماعی، از دست دادن معیشت، مهاجرت مردم و بیکاری در منطقه نمونه‌هایی از اثرگذاری پارامتر زیست محیطی است. با توجه به موارد ذکر شده کاملاً طبیعی است که پارامتر زیست‌محیطی بیشترین میزان اثرگذاری را به همراه داشته باشد. معدن‌کاری به عنوان یک فعّالیت اقتصادی گسترده آثار مثبت زیادی بر انسان و محیط زندگی او دارد. منابع معدنی هسته اصلی فعّالیت‌های بشر از ساختمان‌سازی، وسایل خانه، ماشین آلات صنعتی و انرژی تا تکنولوژی‌های پیشرفته فضایی، استخدام و توسعه نیروی کار بسیار ماهر و منبع ثروت برای دولت از طریق جمع آوری مالیات را تشکیل می‌دهد. انجام هر گونه فعالیت معدنی، به رغم مزایای بسیار در صورت عدم توجه به بررسی‌های زیست‌محیطی لازم پیش از اجرا و رعایت استانداردهای مربوطه، اثرات جبران ناپذیری بر محیط زیست منطقه وارد می‌آورد. با توجه به موارد ذکر شده کاملاً طبیعی است که بیشترین میزان اثرگذاری را نسبت به پارامتر اجتماعی به همراه داشته باشد. از سوی دیگر از آنجایی مقادیر پارامتر اجتماعی به واسطه دیگر پارامترها تعیین می‌شود،

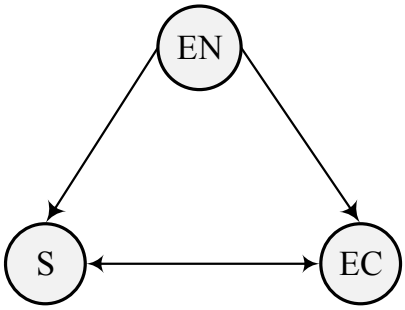
دارای کمترین میزان اثر گذاری نسبت به دیگر دسته‌ها هستند. با همین استدلال پارامترهای اجتماعی باید دارای بیشترین مقدار تأثیرپذیری و پارامترهای زیست‌محیطی دارای کمترین مقدار تأثیرپذیری باشند که نتایج حاصل شده مؤید این نکته است. از این رو امروزه بسیاری از کشورها به برنامه‌ریزی‌های جامع در راستای مدیریت پیامدهای اجتماعی نیاز دارند تا پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی را در کنار مزیت‌های اقتصادی و به طور همزمان مورد بررسی قرار دهند. به دلیل وجود روابط داخلی بین پارامترهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی دارای مقادیر اثرگذاری و اثرپذیری نزدیک به هم هستند.

با توجه به جدول۵-۲ نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر روی توسعه پایدار در شکل ۵-۱ مشخص شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود که پارامترهای اقتصادی، اجتماعی به صورت معلول بوده و پارامترزیست‌محیطی به صورت علت هستند. پارامتر اجتماعی دارای بیش‌ترین مقدار برتری است و از این رو دارای بیش‌ترین اهمیت در بین دسته پارامترها می‌باشد. در سمت مقابل پارامتر اقتصادی دارای کمترین مقدار برتری، در نتیجه دارای اهمیت کمتری را نسبت به دو پارامتر دیگر است. همچنین مشاهده می‌شود پارامتر زیست‌محیطی دارای بیشترین تعامل و پارامتر اجتماعی دارای کمترین مقدار تعامل را نسبت به سایر پارامترها دارا هستند.



شکل ۵-۱: نمودار علّی معیار دسته پارامترها

در نهایت به منظور رسم نقشه روابط شبکه‌ای بر اساس اطلاعات ماتریس روابط کلی، حد آستانه از طریق میانگین حسابی درایه‌های ماتریس T برابر ۲/۷۴۶ به دست آمده است. برای این منظور در نقشه روابط شبکه‌ای تنها روابطی نمایش داده می‌شود که مقدار آن‌ها در ماتریس T بیش از مقدار میانگین بدست آمده باشد.



شکل ۵-۲: ساختار شبکه‌ای دسته پارامترها

شکل ۵-۲ ساختار دسته پارامترهای مؤثربر توسعه پایدار را نمایش می‌دهد. ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر نشان می‌دهد که پارامترهای اقتصادی و اجتماعی نسبت به پارامتر زیست‌محیطی اثر پذیری بیشتری دارند. در سوی مقابل پارامتر زیست‌محیطی تحت تأثیر هیچ پارامتر دیگری قرار ندارد. در این ساختار پارامترهای اقتصادی و اجتماعی دارای ارتباط دو طرفه با یکدیگر هستند.

۵-۲-۲- اجرای روش DEMATEL برای پارامترهای زیست‌محیطی

برای جمع‌آوری نظرات کارشناسان از ماتریس نمایش داده شده در جدول ۵-۳ استفاده شده است.

جدول ۵-۳: ماتریس شاخص زیست‌محیطی

	AP	WP	SP	N	FP	LD	EF
AP	0						
WP		0					
SP			0				
N				0			
FP					0		
LD						0	
EF							0

AP: آلودگی هوا WP: آلودگی آب SP: آلودگی خاک N: آلودگی صوتی MF : حفظ جنگل DL :بهم خوردن چشم انداز EF: انرژی و سوخت

با انجام مراحل اول تا سوم ذکر شده در روش DEMATEL، ماتریس میانگین (A) برای نشان دادن تأثیرات اولیه مستقیم یک معیار بر روی خود و سایر معیارها محاسبه شده که نتیجه محاسبات به شرح زیر است:

$$A = N = \begin{array}{c} \\ AP \\ WP \\ SP \\ N \\ FP \\ LD \\ EF \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} AP & WP & SP & N & FP & LD & EF \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 1.933 & 1.867 & 0.867 & 2.133 & 1.400 & 1.143 \\ 1.867 & 0.000 & 2.667 & 0.600 & 2.400 & 1.867 & 1.143 \\ 2.000 & 2.733 & 0.000 & 0.800 & 2.867 & 2.000 & 1.143 \\ 1.400 & 0.800 & 0.800 & 0.000 & 1.200 & 1.133 & 0.928 \\ 2.933 & 2.643 & 2.733 & 1.467 & 0.000 & 2.667 & 1.285 \\ 1.600 & 1.933 & 2.000 & 0.800 & 2.133 & 0.000 & 1.071 \\ 2.200 & 2.200 & 1.867 & 1.533 & 1.867 & 1.267 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

بر اساس ماتریس‌های بدست آمده، بیشینه مجموع سطرها و بیشینه مجموع ستون‌ها را برای هر سه شاخص محاسبه شد. بیشینه مجموع سطرها برای شاخص زیست‌محیطی برابر با ۱۲/۲۴۳و بیشینه مجموع ستون‌ها برابر با ۱۳/۷۲۹ است. از رو مقدار S برابر ۱۳/۷۲۹ خواهد بود؛ بنابراین روابط مستقیم نرمال شده در ماتریس زیر نشان داده شده است:

$$D = N = \begin{array}{c} \\ AP \\ WP \\ SP \\ N \\ FP \\ LD \\ EF \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} AP & WP & SP & N & FP & LD & EF \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 0.141 & 0.136 & 0.063 & 0.155 & 0.102 & 0.083 \\ 0.136 & 0.000 & 0.194 & 0.044 & 0.175 & 0.136 & 0.083 \\ 0.146 & 0.199 & 0.000 & 0.058 & 0.208 & 0.146 & 0.083 \\ 0.102 & 0.058 & 0.058 & 0.000 & 0.087 & 0.083 & 0.067 \\ 0.216 & 0.193 & 0.199 & 0.106 & 0.000 & 0.194 & 0.094 \\ 0.116 & 0.141 & 0.146 & 0.058 & 0.155 & 0.000 & 0.078 \\ 0.160 & 0.160 & 0.136 & 0.112 & 0.136 & 0.093 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

در ادامه قبل مرحله ماتریس روابط کلی T برای شاخص زیست‌محیطی به صورت زیر بدست آمده است.

$$
T = N = \begin{array}{c} \\ AP \\ WP \\ SP \\ FP \\ LD \\ EF \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{ccccccc} AP & WP & SP & N & FP & LD & EF \end{array} \\
\begin{bmatrix}
0.398 & 0.538 & 0.528 & 0.263 & 0.557 & 0.451 & 0.31 \\
0.568 & 0.469 & 0.626 & 0.272 & 0.627 & 0.525 & 0.34 \\
0.61 & 0.672 & 0.499 & 0.302 & 0.688 & 0.564 & 0.36 \\
0.356 & 0.329 & 0.325 & 0.136 & 0.358 & 0.312 & 0.218 \\
0.722 & 0.729 & 0.726 & 0.372 & 0.58 & 0.654 & 0.405 \\
0.511 & 0.546 & 0.545 & 0.262 & 0.566 & 0.366 & 0.31 \\
0.583 & 0.599 & 0.574 & 0.328 & 0.591 & 0.483 & 0.261
\end{bmatrix}
\end{array}
$$

بردارهای اثرگذاری، اثرپذیری، برتری و ارتباط برای معیارهای مؤثر بر پارامتر زیست‌محیطی محاسبه و نتایج آن در جدول ۵-۴ نشان داده شده است. در ادامه نمودار علّی پارامترهای توسعه پایدار در شکل ۵-۳ ترسیم شده است و در نهایت نقشه روابط شبکه‌ای با توجه به مرحله هفتم در شکل ۵-۴ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۴: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی معیار زیست‌محیطی

معیار	اثرگذاری (r)	اثر پذیری (c)	برتری (r+c)	ارتباط (r-c)
آلودگی هوا	۳/۰۴۸	۳/۷۵	۶/۷۹۸	-۰/۷۰۲
آلودگی آب	۳/۴۳۱	۳/۸۸۵	۷/۳۱۵	-۰/۴۵۵
آلودگی خاک	۳/۶۹۹	۳/۸۲۶	۷/۵۲۵	-۰/۱۲۷
آلودگی صوتی	۲/۰۳۶	۱/۹۳۷	۳/۹۷۳	۰/۰۹۹
حفظ جنگل	۴/۱۸۹	۳/۹۶۹	۸/۱۵۸	۰/۲۲
بهم خوردن چشم انداز	۳/۱۰۸	۳/۳۵۵	۶/۴۶۳	-۰/۲۴۷
انرژی و سوخت	۳/۴۲۱	۲/۲۰۷	۵/۶۲۸	۱/۲۱۴

همان‌طور که ملاحظه می‌شود از بین پارامترهای زیست‌محیطی حفظ جنگل دارای بیشترین مقدار اثرگذاری و آلودگی صوتی دارای کمترین میزان اثرگذاری هستند. معدن‌کاری از ارکان توسعه پایدار در هر کشوری است اما در نتیجه توسعه روز افزون معادن بر وسعت زمین‌های تحت تأثیر معدن‌کاری افزوده شده است که مخاطرات زیست‌محیطی فراوانی به همراه دارد. از جمله این اثرات که همزمان یا بعد از معدن‌کاری اتفاق می‌افتد می‌توان به از بین رفتن پوشش گیاهی در جنگل‌ها اشاره کرد. به عنوان مثال به منظور استخراج زغال‌سنگ در کارگاه‌های غیر مکانیزه و یا نیمه مکانیزه از ستون‌های

چوبی برای نگه‌داری سقف استفاده می‌گردد. این موضوع خود بر سایر پارامترهای زیست‌محیطی مؤثر است به عنوان مثال با از بین رفتن جنگل سبب بهم خوردن چشم‌اندازها، آلوده شدن هوا (نبود اکسیژن کافی)، فرسایش خاک (افزایش فلزات سنگین) می‌شود که آلودگی خاک برآلودگی آب تأثیرگذار است. از سوی دیگر، کاملاً طبیعی است که آلودگی صوتی کمترین میزان اثرگذاری را به همراه داشته باشد، بدلیل اینکه سبب افزایش یا کاهش هیچ کدام از پارامترها نمی‌شود.

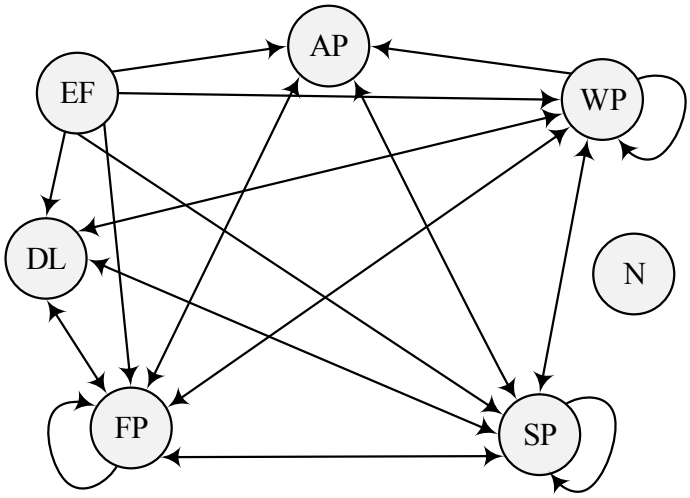
با توجه به محاسبات انجام شده، حفظ جنگل دارای بیشترین مقدار اثرپذیری و آلودگی صوتی دارای کمترین اثرپذیری نسبت به دیگر پارامترها می‌باشد. عوامل بسیاری بر آلودگی هوا، آب، خاک و بهم خوردن چشم انداز مؤثر می‌باشد از جمله پساب‌های کارخانه‌های زغالشویی به رودخانه‌ها ریخته می‌شود که این مسئله علاوه بر آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به آلوده شدن منابع خاک و آلودگی هوا و بهم خوردن زیبایی چشم‌اندازها نیز منجر می‌شود. به دلیل وجود روابط داخلی بین پارامترهای آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک و بهم خوردن چشم انداز دارای مقادیر اثرگذاری و اثرپذیری نزدیک به هم هستند.

با توجه به نتایج جدول ۵-۴ نمودار علّی پارامترهای مؤثر در شاخص زیست‌محیطی شکل (۵-۳) رسم شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود که پارامترهای آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک و بهم خوردن

چشم‌انداز به صورت معلول بوده و دیگر پارامترها به صورت علت هستند. حفظ جنگل دارای بیش‌ترین مقدار برتری است و از این رو دارای بیش‌ترین اهمیت در بین پارامترهای زیست‌محیطی است. در سمت مقابل آلودگی صوتی دارای کمترین مقدار برتری، در نتیجه دارای اهمیت کمتری را نسبت به هفت پارامتر دیگر است. همچنین مشاهده می‌شود انرژی و سوخت دارای بیشترین تعامل و آلودگی هوا دارای کمترین مقدار تعامل را نسبت به سایر پارامترها دارا هستند. ملاحظه می‌شود که مقادیر ارتباط و برتری برای ۴ پارامتر آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک و بهم خوردن چشم انداز به دلیل وجود روابط داخلی نزدیک به هم است.

شکل ۵-۳: نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی

در نهایت به منظور رسم نقشه روابط شبکه‌ای بر اساس اطلاعات ماتریس روابط کلی، حد آستانه از طریق میانگین حسابی درایه‌های ماتریس T برای شاخص زیست‌محیطی برابر ۰/۴۶۸ به دست آمده است. بنابراین در نقشه روابط شبکه‌ای تنها روابطی نمایش داده می‌شود که مقدار آن‌ها در ماتریس T بیش از مقدار میانگین بدست آمده باشد. شکل ۵-۴ ساختار پارامتر زیست‌محیطی را نمایش می‌دهد.



شکل ۵-۴: ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی

ساختار شبکه‌ای پارامترهای زیست‌محیطی نشان می‌دهد که حفظ جنگل، آلودگی خاک و آلودگی آب نسبت به پارامترهای دیگر اثر پذیری بیشتری دارند. در سوی مقابل انرژی و سوخت تحت تأثیر هیچ

پارامتر دیگری قرار ندارد. در این ساختار پارامترهای آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، بهم خوردن چشم انداز و حفظ جنگل دارای ارتباط دو طرفه با یکدیگر هستند. از طرف دیگر ملاحظه می-شود آلودگی صوتی دارای هیچ ارتباطی با سایر پارامترها نیست. آلودگی خاک، حفظ جنگل و آلودگی آب بر خود تأثیر می‌گذارد.

۵-۲-۳- اجرای روش DEMATEL برای پارامترهای اقتصادی

برای جمع‌آوری نظرات کارشناسان از ماتریس نمایش داده شده در جدول ۵-۵ استفاده شده است.

جدول ۵-۵: ماتریس شاخص اقتصادی

	FP	CE	OC	SP	ROR	NPV
FP	0					
CE		0				
OC			0			
SP				0		
ROR					0	
NPV						0

FP: قیمت تمام شده CE: هزینه‌های سرمایه‌ای OC: هزینه‌های عملیاتی SP: سهم در تولید زغال‌سنگ داخلی ROR: نرخ بازگشت سرمایه NPV: ارزش خالص فعلی

پس از جمع‌آوری تمامی پرسشنامه‌ها، ماتریس میانگین پارامتراقتصادی محاسبه شده و نتیجه آن در ماتریس A نشان داده شده است. در ادامه بر اساس ماتریس‌های بدست آمده، بیشینه مجموع سطرها و بیشینه مجموع ستون‌ها را برای هر سه شاخص محاسبه شد. بیشینه مجموع سطرها برای شاخص اقتصادی برابر با ۱۴/۷۳۳و بیشینه مجموع ستون‌ها برابر با ۱۴/۰۶ است. از رو مقدار S برابر ۱۴/۷۳۳خواهد بود؛ بنابراین روابط مستقیم نرمال شده در ماتریس D نشان داده شده است:

$$A = \begin{array}{c} \\ FP \\ CE \\ OC \\ SP \\ ROR \\ NPV \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} FP & CE & OC & SP & ROR & NPV \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 2.067 & 2.867 & 2.667 & 3.267 & 3.200 \\ 2.733 & 0.000 & 2.667 & 2.400 & 2.867 & 2.867 \\ 3.400 & 2.067 & 0.000 & 2.933 & 3.133 & 3.067 \\ 2.867 & 2.467 & 2.733 & 0.000 & 2.467 & 2.467 \\ 2.933 & 2.067 & 2.533 & 2.400 & 0.000 & 3.000 \\ 2.667 & 2.667 & 2.467 & 2.333 & 3.000 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$D = \begin{array}{c} \\ FP \\ CE \\ OC \\ SP \\ ROR \\ NPV \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} FP & CE & OC & SP & ROR & NPV \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 0.140 & 0.194 & 0.181 & 0.222 & 0.217 \\ 0.185 & 0.000 & 0.181 & 0.162 & 0.194 & 0.194 \\ 0.231 & 0.140 & 0.000 & 0.199 & 0.213 & 0.208 \\ 0.194 & 0.167 & 0.185 & 0.000 & 0.167 & 0.167 \\ 0.199 & 0.140 & 0.172 & 0.163 & 0.000 & 0.204 \\ 0.181 & 0.181 & 0.167 & 0.158 & 0.203 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

در این مرحله ماتریس روابط کلی T برای شاخص‌های اقتصادی محاسبه شده و نتایج آن در ماتریس T نشان داده شده است:

$$T = \begin{array}{c} \\ FP \\ CE \\ OC \\ SP \\ ROR \\ NPV \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} FP & CE & OC & SP & ROR & NPV \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1.936 & 1.683 & 1.947 & 1.877 & 2.138 & 2.12 \\ 2.032 & 1.511 & 1.881 & 1.811 & 2.058 & 2.043 \\ 2.188 & 1.734 & 1.843 & 1.947 & 2.196 & 2.177 \\ 1.979 & 1.605 & 1.831 & 1.617 & 1.978 & 1.964 \\ 1.972 & 1.577 & 1.811 & 1.748 & 1.825 & 1.98 \\ 1.981 & 1.625 & 1.827 & 1.764 & 2.016 & 1.832 \end{bmatrix} \end{array}$$

توسط نرم‌افزار MATLAB، بردارهای اثرگذاری، اثرپذیری، برتری و ارتباط برای معیارهای مؤثر بر پارامتر اقتصادی محاسبه و نتایج آن در جدول ۵-۶ نشان داده شده است. در ادامه نمودار علّی پارامترهای توسعه پایدار در شکل ۵-۵ ترسیم شده است و در نهایت نقشه روابط شبکه‌ای با توجه به مرحله هفتم در شکل ۵-۶ نمایش داده شده است.

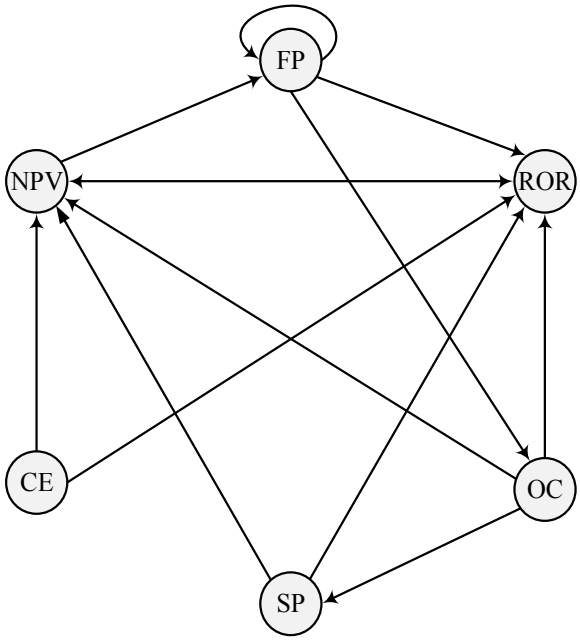
جدول ۵-۶: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی معیار اقتصادی

معیار	اثرگذاری (r)	اثر پذیری (c)	برتری (r+c)	ارتباط (r-c)
قیمت تمام شده	۱۱/۷۰۳	۱۲/۰۸۸	۲۳/۷۹۱	-۰/۳۸۵
هزینه‌های سرمایه‌ای	۱۱/۳۳۸	۹/۷۳۷	۲۱/۰۷۵	۱/۶۰۱
هزینه‌های عملیاتی	۱۲/۰۷۸	۱۱/۱۴۱	۲۳/۲۲۸	۰/۹۴۶
سهم در تولید زغالسنگ داخلی	۱۰/۹۷۶	۱۰/۷۶۵	۲۱/۷۴۱	۰/۲۱۱
نرخ بازگشت سرمایه	۱۰/۹۱	۱۲/۲۱۴	۲۳/۱۲۴	-۱/۳۰۴
ارزش خالص فعلی	۱۱/۰۴۶	۱۲/۱۱۹	۲۳/۱۶۵	-۱/۰۷۳

همان‌طور که ملاحظه می‌شود از بین پارمترهای اقتصادی هزینه‌های عملیاتی دارای بیشترین مقدار اثرگذاری و نرخ بازگشت سرمایه دارای کمترین میزان اثر گذاری هستند. منافع هزینه‌های عملیاتی خاص همان دوره مالی می‌باشد. وقتی هزینه‌های عملیاتی افزایش یا کاهش یابد سایر پارامترهای اقتصادی تغییر می‌کند، به عنوان مثال زمانی که دستمزد افراد افزایش یابد باعث می‌شود که قیمت تمام شده زغال نیز افزایش یابد. از سوی دیگر نرخ بازگشت سرمایه باید شرایط لازم را جهت انتخاب یک پروژه به عنوان اقتصادی‌ترین پروژه داشته باشد با توجه مشکلات موجود در معادن زغال‌سنگ کاملاً طبیعی است که این معیار دارای کمترین میزان اثر گذاری باشد. با همین استدلال نرخ بازگشت سرمایه دارای بیشترین مقدار اثرپذیری باشند که نتایج حاصل شده نیز مؤید این نکته است. هزینه‌های سرمایه‌ای یعنی هزینه‌های اکتشافی، حفاری و ژئوتکنیک با توجه به اینکه به شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه بستگی دارند داری کمترین میزان اثرپذیری هستند. شکل ۵-۵ ملاحظه می‌شود که پارامترهای قیمت تمام شده، نرخ بازگشت سرمایه، ارزش خالص فعلی بصورت معلول بوده و دیگر پارامترها بصورت علت هستند. قیمت تمام شده دارای بیش‌ترین مقدار برتری است و از این رو دارای بیش‌ترین اهمیت در بین پارامترهای اقتصادی است. در سمت مقابل هزینه‌های سرمایه‌ای دارای کمترین مقدار برتری، در نتیجه دارای اهمیت کمتری را نسبت به هفت پارامتر دیگر است. همچنین مشاهده می‌شود هزینه‌های سرمایه‌ای دارای بیشترین تعامل و نرخ بازگشت سرمایه دارای کمترین مقدار تعامل را نسبت به سایر پارامترها دارا هستند.

شکل ۵-۵: نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر شاخص اقتصادی

در نهایت به منظور رسم نقشه روابط شبکه‌ای بر اساس اطلاعات ماتریس روابط کلی، حد آستانه از طریق میانگین حسابی درایه‌های ماتریس T برای شاخص اقتصادی برابر ۱/۸۹۰ به دست آمده است. برای این منظور در رسم نقشه روابط شبکه‌ای تنها روابطی نمایش داده می‌شود که مقدار آن‌ها در ماتریس T بیش از مقدار میانگین بدست آمده باشد.



شکل ۵-۶: ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر بر شاخص اقتصادی

بر اساس شکل ۵-۶ ساختار پارامترهای مؤثربر شاخص اقتصادی را نمایش می‌دهد. ساختار شبکه‌ای پارامترهای اقتصادی نشان می‌دهد که نرخ بازگشت سرمایه و ارزش خالص فعلی نسبت به پارامترهای دیگر اثر پذیری بیشتری دارند. در سوی مقابل هزینه‌های سرمایه‌ای تحت تأثیر هیچ پارامتر دیگری قرار ندارد. در این ساختار پارامترهای نرخ بازگشت سرمایه و ارزش خالص فعلی ارتباط دو طرفه با یکدیگر هستند. از طرف دیگر ملاحظه می‌شود سهم در تولید زغال‌سنگ داخلی دارای ارتباط دو طرفه با قیمت تمام شده و هزینه‌های عملیاتی می‌باشد و پارامتر قیمت تمام شده بر خود تأثیرگذار است.

۵-۲-۴- اجرای روش DEMATEL برای پارامترهای اجتماعی

برای جمع‌آوری نظرات کارشناسان از ماتریس نمایش داده شده در جدول ۵-۷ استفاده شده است.

جدول ۵-۷: ماتریس شاخص اجتماعی

	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
ELF	0						
PRG		0					
BSE			0				
LS				0			
TRC					0		
SAK						0	
HAS							0

ELF: اشتغال‌زایی PRG: حفظ حقوق نسل آینده BSE: استراتژیک بودن در انرژی LS: رضایتمندی افراد بومی TRC: تأثیر در فرهنگ منطقه SAK: ایجاد مهارت و دانش HAS: بهداشت، سلامت و ایمنی

پس از جمع‌آوری تمامی پرسشنامه‌ها، ماتریس میانگین پارامترهای اجتماعی محاسبه شده و نتایج آن در ماتریس A نشان داده شده است.

بر اساس ماتریس‌های بدست آمده، بیشینه مجموع سطرها و بیشینه مجموع ستون‌ها برای هر سه شاخص محاسبه شد. بیشینه مجموع سطرها برای شاخص اجتماعی برابر با ۱۴/۵۷۱و بیشینه مجموع

ستون‌ها برابر با ۱۶/۲۱۴ است. از رو مقدار S برابر ۱۶/۲۱۴خواهد بود؛ بنابراین روابط مستقیم نرمال شده در ماتریس D نشان داده شده است. در ادامه ماتریس روابط کلی T محاسبه شده است:

$$A = \begin{array}{c} \\ ELF \\ PRG \\ BSE \\ LS \\ TRC \\ SAK \\ HAS \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} ELF & PRG & BSE & LS & TRC & SAK & HAS \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 2.357 & 1.643 & 3.357 & 3.143 & 3.357 & 2.357 \\ 1.714 & 0.000 & 1.857 & 2.357 & 2.071 & 1.714 & 1.500 \\ 1.785 & 2.571 & 0.000 & 2.214 & 1.785 & 1.714 & 1.500 \\ 2.285 & 2.143 & 0.928 & 0.000 & 2.428 & 1.785 & 2.214 \\ 1.928 & 2.143 & 1.214 & 2.643 & 0.000 & 2.000 & 2.143 \\ 2.785 & 2.000 & 1.571 & 1.928 & 2.428 & 0.000 & 2.357 \\ 2.285 & 2.000 & 1.500 & 2.071 & 2.643 & 2.143 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$D = \begin{array}{c} \\ ELF \\ PRG \\ BSE \\ LS \\ TRC \\ SAK \\ HAS \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} ELF & PRG & BSE & LS & TRC & SAK & HAS \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.000 & 0.145 & 0.101 & 0.207 & 0.194 & 0.207 & 0.145 \\ 0.105 & 0.000 & 0.114 & 0.145 & 0.127 & 0.106 & 0.093 \\ 0.110 & 0.158 & 0.000 & 0.136 & 0.110 & 0.105 & 0.093 \\ 0.141 & 0.132 & 0.057 & 0.000 & 0.149 & 0.110 & 0.136 \\ 0.118 & 0.132 & 0.075 & 0.163 & 0.000 & 0.123 & 0.132 \\ 0.172 & 0.123 & 0.096 & 0.119 & 0.149 & 0.000 & 0.145 \\ 0.141 & 0.123 & 0.093 & 0.127 & 0.163 & 0.132 & 0.000 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$T = \begin{array}{c} \\ ELF \\ PRG \\ BSE \\ LS \\ TRC \\ SAK \\ HAS \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} ELF & PRG & BSE & LS & TRC & SAK & HAS \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.521 & 0.654 & 0.453 & 0.755 & 0.746 & 0.689 & 0.625 \\ 0.467 & 0.378 & 0.362 & 0.544 & 0.529 & 0.464 & 0.441 \\ 0.479 & 0.526 & 0.267 & 0.548 & 0.526 & 0.473 & 0.448 \\ 0.517 & 0.516 & 0.331 & 0.443 & 0.573 & 0.492 & 0.498 \\ 0.506 & 0.522 & 0.348 & 0.588 & 0.448 & 0.506 & 0.499 \\ 0.582 & 0.551 & 0.392 & 0.594 & 0.618 & 0.433 & 0.543 \\ 0.542 & 0.535 & 0.376 & 0.583 & 0.61 & 0.533 & 0.401 \end{bmatrix} \end{array}$$

با انجام محاسبات مربوط به مرحله پنجم DEMATEL، بردارهای اثرگذاری، اثرپذیری، برتری و ارتباط برای معیارهای مؤثر بر پارامتر اجتماعی محاسبه و نتایج آن در جدول ۵-۸ نشان داده شده است.

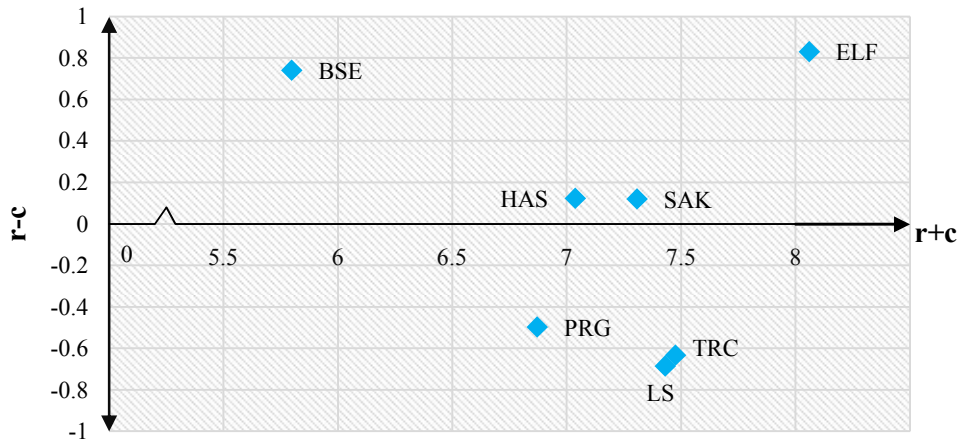
جدول ۵-۸: نتایج تحلیل ماتریس روابط کلی معیار اجتماعی

معیار	اثرگذاری (r)	اثر پذیری (c)	برتری (r+c)	ارتباط (r-c)
اشتغال‌زایی	۴/۴۴۵	۳/۶۱۵	۸/۰۶	۰/۸۳
حفظ حقوق نسل آینده	۳/۱۸۷	۳/۶۸۴	۶/۸۷۱	-۰/۴۹۷
استراتژیک بودن در انرژی	۳/۲۷	۲/۵۲۹	۵/۷۹۹	۰/۷۴۱
رضایتمندی افراد بومی	۳/۳۷۳	۴/۰۵۸	۷/۴۳۱	-۰/۶۵۸
تأثیر در فرهنگ منطقه	۳/۴۲۱	۴/۰۵۴	۷/۴۵۷	-۰/۶۳۳
ایجاد مهارت و دانش	۳/۷۱۴	۳/۵۹۴	۷/۳۰۸	۰/۱۲
بهداشت، سلامت و ایمنی	۳/۵۸۱	۳/۴۵۷	۷/۰۳۸	۰/۱۲۴

همان‌طور که ملاحظه می‌شود از بین پارمترهای اجتماعی اشتغال‌زایی دارای بیشترین مقدار اثرگذاری و حفظ حقوق نسل آینده دارای کمترین میزان اثر گذاری هستند. فرهنگ و اجتماع هر شهر در ارتباط مستقیم با نیروی انسانی ساکن در آن شهر و ساختار اشتغال در آن شهر است. کاملاً طبیعی است که پارامتر اشتغال‌زایی دارای بیشترین میزان اثرگذاری باشد. از سوی دیگر از آنجایی که مقدارحفظ حقوق نسل آینده باتوجه به سایر پارامترها تعیین می‌شود، دارای کمترین میزان اثرگذاری نسبت به دیگر پارامترها می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین اثر پذیری مربوط به پارامتر رضایتمندی افراد بومی و تأثیر در فرهنگ منطقه که اختلاف کمی با پارامتر رضایتمندی افراد بومی دارد، می‌باشد. وجود معادن غنی و گوناگون در نقاط مختلف ایران، آثار مثبت و منفی بر فرهنگ و رضایتمندی افراد بومی مردم گذاشته است و این اثر پذیری حتی تا عمق زندگی اجتماعی مردم نیز نفوذ کرده که این تاثیرات قابل بررسی و تامل است. کمترین میزان اثرپذیری مربوط به پارامتر استراتژیک بودن در انرژی می‌باشد. سرعت تشکیل انرژی بیشتر به طبیعت منطقه بستگی دارد و

میزان تولید آن کمتر از میزان مصرف می‌باشد. کاملاً طبیعی است که پارامتر استراتژیک بودن در انرژی دارای کمترین میزان اثر پذیری باشد.

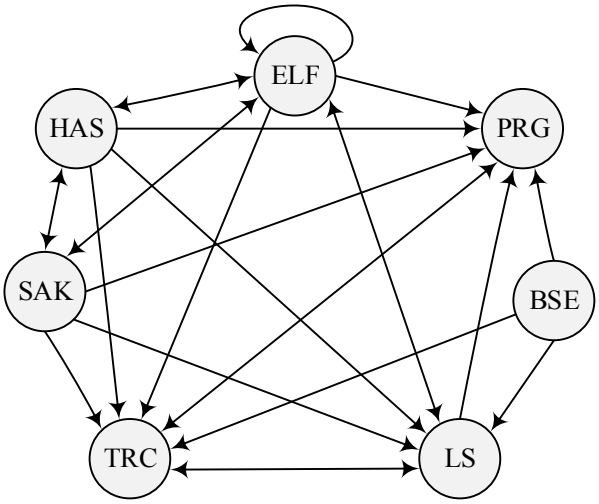
با توجه به جدول ۵-۸ نمودار علّی پارامترهای مؤثر در شاخص اجتماعی در شکل ۵-۷ نمایش داده شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود که پارامترهای حفظ حقوق نسل آینده، رضایتمندی افراد بومی و تأثیر در فرهنگ منطقه بصورت معلول بوده و دیگر پارامترها بصورت علت هستند. اشتغال-زایی دارای بیش‌ترین مقدار برتری است و از این رو دارای بیش‌ترین اهمیت در بین پارامترهای اجتماعی است. در سمت مقابل استراتژیک بودن در انرژی دارای کمترین مقدار برتری، در نتیجه دارای اهمیت کمتری را نسبت به هفت پارامتر دیگر است. همچنین مشاهده می‌شود اشتغال‌زایی دارای بیشترین تعامل و رضایتمندی افراد بومی دارای کمترین مقدار تعامل را نسبت به سایر پارامترها دارا هستند. ملاحظه می‌شود که مقادیر ارتباط و برتری برای ۳ پارامتر حفظ حقوق نسل آینده ، رضایتمندی افراد بومی و تأثیر در فرهنگ به دلیل وجود روابط داخلی نزدیک به هم است.



شکل ۵-۷: نمودار علّی پارامترهای مؤثر بر شاخص اجتماعی

در نهایت به منظور رسم نقشه روابط شبکه‌ای بر اساس اطلاعات ماتریس روابط کلی، حد آستانه از طریق میانگین حسابی درایه‌های ماتریس T برای شاخص اجتماعی ۰/۵۱۰ به دست آمده است. برای این منظور در رسم نقشه روابط شبکه‌ای تنها روابطی نمایش داده می‌شود که مقدار آن‌ها در ماتریس T بیش از مقدار میانگین بدست آمده باشد. شکل ۵-۸ ساختار پارامترهای مؤثر بر شاخص

اجتماعی را نمایش می‌دهد. ساختار شبکه‌ای پارامترهای اقتصادی نشان می‌دهد که حفظ حقوق نسل آینده، رضایتمندی افراد بومی وتأثیر در فرهنگ منطقه نسبت به پارامترهای دیگر اثر پذیری بیشتری دارند. در سوی مقابل استراتژیک بودن در انرژی تحت تأثیر هیچ پارامتر دیگری قرار ندارد. در این ساختار پارامترهای حفظ حقوق نسل آینده، رضایتمندی افراد بومی وتأثیر در فرهنگ منطقه ارتباط دو طرفه با یکدیگر هستند. پارامتر اشتغال‌زایی بر خود تأثیر می‌گذارد.



شکل ۵-۸: ساختار شبکه‌ای پارامترهای مؤثر بر شاخص اجتماعی

بر اساس نتایج به دست آمده از بخش‌های ۵-۲-۲ تا ۵-۲-۴ از میان پارامترهای زیست‌محیطی پارامتر حفظ جنگل بیشترین اهمیت و پارامتر آلودگی صوتی کمترین اهمیت را دارا هستند. از میان پارامترهای اقتصادی پارامتر قیمت تمام شده دارای بیشترین اهمیت و پارامتر هزینه‌های سرمایه‌ای دارای کمترین اهمیت هستند. از میان پارامترهای اجتماعی پارامتر اشتغال‌زایی بیشترین اهمیت و پارامتر استراتژیک بودن در انرژی کمترین اهمیت را دارا هستند.

۵-۳- ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ با استفاده از FDAHP

به منظور جمع‌آوری داده‌های لازم پرسشنامه‌هایی طراحی شد و در میان متخصصان توزیع شد. این پرسشنامه‌ها شامل چهار بخش: دسته پارامترها، پارامترهای زیست‌محیطی، پارامترهای اقتصادی و پارامترهای اجتماعی بوده و برای تکمیل شدن به ۲۵ تن از متخصصان برجسته در داخل کشور ارسال

شد. از میان فرم‌های ارسال شده ۱۵ فرم تکمیل شده دریافت شد که برای ورودی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه پیاده سازی روش برای هریک از بخش-های ذکر شده در قسمت‌های مجزا تشریح شده است.

جدول ۵-۹ تا جدول ۵-۱۲ نمونه‌هایی از فرم‌های نظرسنجی ارسال شده را نشان می‌دهند. در این فرم از متخصّصان خواسته شده بود بسته به نظر شخصی خویش و به اهمیّت هر یک از پارامترها با استفاده از طیف پنج گزینه‌ای لیکرت[1] امتیاز بسیار با اهمیّت (۹)، با اهمیّت (۷)، اهمیّت متوسط (۵)، کم اهمیّت (۳) و یا بدون اهمیّت (۱) را به آن‌ها اختصاص دهند که این طیف در جدول ۵-۱۳ آورده شده است.

جدول ۵-۹: فرم ارسال شده برای پارامترزیست‌محیطی

	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
آلودگی آب									۱									آلودگی هوا
آلودگی خاک									۱									آلودگی هوا
آلودگی صوتی									۱									آلودگی هوا
حفظ جنگل									۱									آلودگی هوا
بهم خوردن چشم انداز									۱									آلودگی هوا
انرژی و سوخت									۱									آلودگی هوا
آلودگی خاک									۱									آلودگی آب
آلودگی صوتی									۱									آلودگی آب
حفظ جنگل									۱									آلودگی آب
بهم خوردن چشم انداز									۱									آلودگی آب
انرژی و سوخت									۱									آلودگی آب
آلودگی صوتی									۱									آلودگی خاک
حفظ جنگل									۱									آلودگی خاک
بهم خوردن چشم انداز									۱									آلودگی خاک
انرژی و سوخت									۱									آلودگی خاک
حفظ جنگل									۱									آلودگی صوتی
بهم خوردن چشم انداز									۱									آلودگی صوتی
انرژی و سوخت									۱									آلودگی صوتی
بهم خوردن چشم انداز									۱									حفظ جنگل
انرژی و سوخت									۱									حفظ جنگل
انرژی و سوخت									۱									بهم خوردن چشم انداز

[1] . Likert

جدول۵-۱۰: فرم ارسال شده برای پارامتر اقتصادی

	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
قیمت تمام شده									۱									هزینه های سرمایه ای
قیمت تمام شده									۱									هزینه های عملیاتی
قیمت تمام شده									۱									سهم در تولید زغالسنگ داخلی
قیمت تمام شده									۱									نرخ بازگشت سرمایه
قیمت تمام شده									۱									NPV
هزینه های سرمایه ای									۱									هزینه های عملیاتی
هزینه های سرمایه ای									۱									سهم در تولید زغالسنگ داخلی
هزینه های سرمایه ای									۱									نرخ بازگشت سرمایه
هزینه های سرمایه ای									۱									NPV
هزینه های عملیاتی									۱									سهم در تولید زغالسنگ داخلی
هزینه های عملیاتی									۱									نرخ بازگشت سرمایه
هزینه های عملیاتی									۱									NPV
سهم در تولید زغالسنگ داخلی									۱									نرخ بازگشت سرمایه
سهم در تولید زغالسنگ داخلی									۱									NPV
نرخ بازگشت سرمایه									۱									NPV

جدول ۵-۱۱: فرم ارسال شده برای پارامتر اجتماعی

	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
اشتغال زایی									۱									حفظ حقوق نسل آینده
اشتغال زایی									۱									استراتژیک بودن در انرژی
اشتغال زایی									۱									رضایتمندی افراد بومی
اشتغال زایی									۱									تاثیر در فرهنگ منطقه
اشتغال زایی									۱									ایجاد مهارت و دانش
اشتغال زایی									۱									بهداشت، سلامت و ایمنی
حفظ حقوق نسل آینده									۱									استراتژیک بودن در انرژی
حفظ حقوق نسل آینده									۱									رضایتمندی افراد بومی
حفظ حقوق نسل آینده									۱									تاثیر در فرهنگ منطقه
حفظ حقوق نسل آینده									۱									ایجاد مهارت و دانش
حفظ حقوق نسل آینده									۱									بهداشت، سلامت و ایمنی
استراتژیک بودن در انرژی									۱									رضایتمندی افراد بومی
استراتژیک بودن در انرژی									۱									تاثیر در فرهنگ منطقه
استراتژیک بودن در انرژی									۱									ایجاد مهارت و دانش
استراتژیک بودن در انرژی									۱									بهداشت، سلامت و ایمنی
رضایتمندی افراد بومی									۱									تاثیر در فرهنگ منطقه
رضایتمندی افراد بومی									۱									ایجاد مهارت و دانش
رضایتمندی افراد بومی									۱									بهداشت، سلامت و ایمنی
تاثیر در فرهنگ منطقه									۱									ایجاد مهارت و دانش
تاثیر در فرهنگ منطقه									۱									بهداشت، سلامت و ایمنی
ایجاد مهارت و دانش									۱									بهداشت، سلامت و ایمنی

جدول۵-۱۲: فرم ارسال شده برای دسته پارامترها

	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
اقتصادی									۱									زیست‌محیطی
اجتماعی									۱									زیست‌محیطی
اجتماعی									۱									اقتصادی

جدول ۵-۱۳: طبقه‌بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها (Saaty and Alexander, 1981)

امتیاز	تعریف
۱	اهمیت مساوی
۳	اهمیت ضعیف
۵	اهمیت بیشتر
۷	اهمیت خیلی بیشتر
۹	اهمیت مطلق
۲، ۴، ۶، ۸	ترجیحات بین فواصل فوق (هنگامی که حالت های میانه وجود دارد)

با استفاده از جداول بالا نظر متخصّصان در مورد وزن و اهمیت هر معیار در رابطه با شاخص‌های مربوطه در نظر گرفته شد. به عنوان مثال در مورد معیار "آلودگی هوا" با معیار "آلودگی آب" مقایسه می شوند. در این مورد از متخصّصان خواسته شد که مشخص نمایند کدامیک از معیارها برای شاخص زیست محیطی، نسبت به دیگری دارای اهمیت بیشتری دارد. اگر عدد ۱ را انتخاب نمایند به معنای آن است که این دو معیار با توجه به هدف پژوهش برای شاخص زیست محیطی، از اهمیت یکسانی برخوردار هستند. اگر عدد ۷ سمت آلودگی هوا (سمت راست) را انتخاب کنند به معنای آن است که معیار آلودگی هوا را خیلی بیشتر نسبت به معیار آلودگی آب مهم‌تر می‌دانند و برعکس اگر عدد ۷ سمت چپ را انتخاب کنند به معنای آن است که متخصّصان معیار آلودگی آب را خیلی بیشتر نسبت به آلودگی هوا مهم‌تر می‌دانند. نتایج کلی نظرسنجی‌ها در جداول پیوست ۳ آورده شده است. در ادامه پیاده سازی روش برای هریک از بخش‌های ذکر شده در قسمت‌های مجزا تشریح شده است

۵-۳-۱- اجرای FDAHP برای دسته پارامترها

با توجه به پرسشنامه‌های موجود، ماتریس مقایسه زوجی متناظر با هر یک از پارامترها از نظر متخصّصان مختلف به صورت جداگانه برای هر متخصص تشکیل شده است. ماتریس‌های مذکور

بااستفاده از معادله (۳-۱۱) در فصل سوم در جدول ۵-۱۴ آورده شده است.

جدول ۵-۱۴: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۳ پارامتر اصلی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص اول			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سوم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهارم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	2	1
(EC) اقتصادی	0.5	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پنجم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص ششم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	2	1
(EC) اقتصادی	0.5	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هفتم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هشتم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	2	1
(EC) اقتصادی	0.5	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص نهم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دهم			
	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ادامه جدول ۵-۱۴: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۳ پارامتر اصلی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص یازدهم

	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوازدهم

	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سیزدهم

	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهاردهم

	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پانزدهم

	S	EC	EN
(EN) زیست‌محیطی	1	1	1
(EC) اقتصادی	1	1	1
(S) اجتماعی	1	1	1

پس از دریافت نظرات متخصصین ماتریس مقایسه زوجی بین مؤلفه‌های مؤثر در توسعه پایدار محاسبه شد و نتایج در جدول ۵-۱۵ نمایش داده شده است.

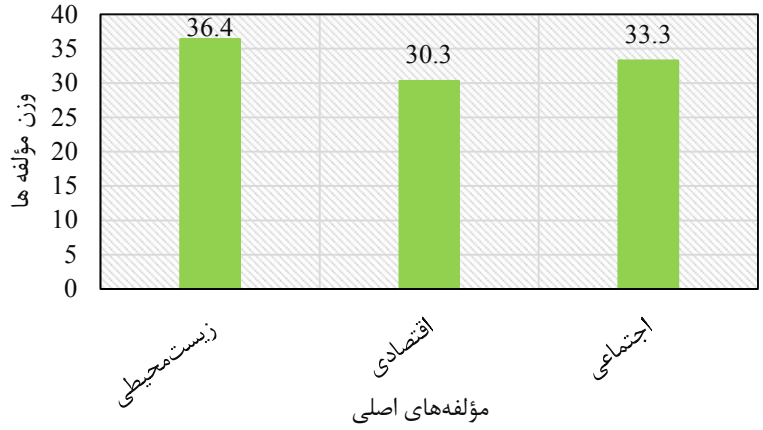
جدول ۵-۱۵: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار

	زیست‌محیطی	اقتصادی	اجتماعی
زیست‌محیطی	(۱، ۱، ۱)	(۲، ۱/۱۴۹، ۱)	(۱، ۱، ۱)
اقتصادی	(۱، ۰/۸۷۱، ۰/۵)	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
اجتماعی	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)

با استفاده از روابط (۳-۱۳) تا (۳-۱۴) عدد فازی $\tilde{Z}_i$، وزن فازی $\tilde{W}_i$ و وزن غیر فازی جدول ۵-۱۵ محاسبه شده است و نتایج در جدول ۵-۱۶ و شکل ۵-۹ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۱۶: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار

	$\tilde{Z}_i$ $(a_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij})$	$\tilde{W}_i$ (وزن فازی مؤلفه‌ها)	وزن غیر فازی مؤلفه‌ها
زیست‌محیطی	(۱/۲۶۰، ۱/۰۴۷، ۱)	(۰/۳۰۷، ۰/۳۴۹، ۰/۴۵۱)	۰/۳۶۴
اقتصادی	(۱، ۰/۹۵۵، ۰/۷۹۴)	(۰/۲۴۳، ۰/۳۱۸، ۰/۳۵۸)	۰/۳۰۳
اجتماعی	(۱، ۱، ۱)	(۰/۳۰۷، ۰/۳۳۳، ۰/۳۵۸)	۰/۳۳۳
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)$	(۲/۷۹۳، ۳/۰۰۰، ۳/۲۵۰)		
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)^{-1}$	(۰/۳۰۷، ۰/۳۳۳، ۰/۳۵۸)		Σ=1.000



شکل ۵-۹: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار

همان طور در شکل ۵-۹ ملاحظه می‌شود از بین مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار، مؤلفه زیست‌محیطی دارای بیشترین اهمیت و مؤلفه اقتصادی دارای کمترین اهمیت می‌باشد.

۵-۳-۲- اجرای FDAHP برای پارامترهای زیست‌محیطی

با توجه به پرسشنامه‌های موجود، ماتریس مقایسه زوجی متناظر با هر یک از پارامترها از نظر متخصّصان مختلف به صورت جداگانه برای هر متخصص تشکیل شده است. ماتریس‌های مذکور با استفاده از معادله (۳-۱۱) در فصل سوم در جدول ۵-۱۷ آورده شده است.

جدول ۵-۱۷: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامترزیست‌محیطی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص اول							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	5	5	1	1	3	5
(WP) آلودگی آب	0.2	1	1	5	3	3	3
(SP) آلودگی خاک	0.2	1	1	5	3	3	2
(N) آلودگی صوتی	1	0.2	0.2	1	3	3	5
(MF) حفظ جنگل	1	0.333	0.333	0.333	1	1	2
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.333	0.333	0.333	0.333	1	1	2
(EF) انرژی و سوخت	0.2	0.333	0.5	0.2	0.5	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	1	1	7	1	7	7
(WP) آلودگی آب	1	1	1	7	1	1	7
(SP) آلودگی خاک	1	1	1	1	1	3	7
(N) آلودگی صوتی	0.143	0.143	1	1	9	9	5
(MF) حفظ جنگل	1	1	1	0.111	1	1	8
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.143	1	0.333	0.111	1	1	8
(EF) انرژی و سوخت	0.143	0.143	0.143	0.2	0.125	0.125	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سوم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	1	1	9	1	1	8
(WP) آلودگی آب	1	1	1	1	1	1	8
(SP) آلودگی خاک	1	1	1	1	1	3	7
(N) آلودگی صوتی	0.2	0.111	1	1	8	7	5
(MF) حفظ جنگل	1	1	1	0.125	1	1	7
(DL) بهم خوردن چشم انداز	1	1	0.333	0.143	1	1	7
(EF) انرژی و سوخت	0.125	0.125	0.143	0.2	0.143	0.143	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهارم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	3	5	5	5	3	5
(WP) آلودگی آب	0/333	1	5	5	5	5	5
(SP) آلودگی خاک	0/2	0/2	1	7	5	5	2
(N) آلودگی صوتی	0/2	0/2	0/143	1	3	5	3
(MF) حفظ جنگل	0/2	0/2	0/2	0/333	1	5	2
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0/333	0/2	0/2	0/2	0/2	1	3
(EF) انرژی و سوخت	0/2	0/2	0/5	0/333	0/5	0/333	1

ادامه جدول ۵-۱۷: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامترزیست‌محیطی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پنجم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	7	7	5	1	1	1
(WP) آلودگی آب	0.143	1	5	1	1	7	1
(SP) آلودگی خاک	0.143	0.2	1	7	1	5	7
(N) آلودگی صوتی	0.2	1	0.143	1	7	1	7
(MF) حفظ جنگل	1	1	1	0.143	1	7	7
(DL) بهم خوردن چشم انداز	1	0.143	0.2	1	0.143	1	7
(EF) انرژی و سوخت	1	1	0.143	0.143	0.143	0.143	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص ششم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	1	2	8	2	9	9
(WP) آلودگی آب	1	1	1	9	2	9	4
(SP) آلودگی خاک	0.5	1	1	7	1	6	4
(N) آلودگی صوتی	0.125	0.111	0.143	1	5	5	5
(MF) حفظ جنگل	0.5	0.5	1	0.2	1	9	9
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.111	0.111	0.167	0.2	0.111	1	7
(EF) انرژی و سوخت	0.111	0.25	0.25	0.2	0.111	0.143	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هفتم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	3	3	1	1	1	9
(WP) آلودگی آب	0.333	1	3	2	3	3	9
(SP) آلودگی خاک	0.333	0.333	1	2	3	3	9
(N) آلودگی صوتی	1	0.5	0.5	1	2	1	9
(MF) حفظ جنگل	1	0.333	0.333	0.5	1	1	9
(DL) بهم خوردن چشم انداز	1	0.333	0.333	1	1	1	9
(EF) انرژی و سوخت	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هشتم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	1	2	8	2	9	4
(WP) آلودگی آب	1	1	1	9	2	9	4
(SP) آلودگی خاک	0.5	1	1	7	1	6	4
(N) آلودگی صوتی	0.125	0.111	0.143	1	7	2	3
(MF) حفظ جنگل	0.5	0.5	1	0.143	1	4	4
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.111	0.111	0.167	0.5	0.25	1	4
(EF) انرژی و سوخت	0.25	0.25	0.25	0.333	0.25	0.25	1

ادامه جدول ۵-۱۷: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامترزیست‌محیطی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص نهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	3	2	5	1	2	3
(WP) آلودگی آب	0.333	1	4	4	1	2	4
(SP) آلودگی خاک	0.5	0.25	1	3	1	2	3
(N) آلودگی صوتی	0.2	0.25	0.333	1	3	3	3
(MF) حفظ جنگل	1	1	1	0.333	1	1	3
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.5	0.5	0.5	0.333	1	1	2
(EF) انرژی و سوخت	0.333	0.25	0.333	0.333	0.333	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	5	1	5	7	5	9
(WP) آلودگی آب	0.2	1	7	5	1	5	7
(SP) آلودگی خاک	1	0.143	1	1	5	5	7
(N) آلودگی صوتی	0.2	0.2	1	1	5	5	7
(MF) حفظ جنگل	0.143	1	0.2	0.2	1	5	1
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	5
(EF) انرژی و سوخت	0.111	0.143	0.143	0.143	1	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص یازدهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	3	5	2	6	8	3
(WP) آلودگی آب	0.333	1	1	3	2	1	1
(SP) آلودگی خاک	0.2	1	1	3	1	1	2
(N) آلودگی صوتی	0.5	0.333	0.333	1	2	2	2
(MF) حفظ جنگل	0.167	0.5	1	0.5	1	3	2
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.125	1	1	0.5	0.333	1	2
(EF) انرژی و سوخت	0.333	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوازدهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	7	3	5	5	2	5
(WP) آلودگی آب	0.143	1	7	8	4	8	8
(SP) آلودگی خاک	0.333	0.143	1	5	3	5	5
(N) آلودگی صوتی	0.2	0.125	0.2	1	5	5	5
(MF) حفظ جنگل	0.2	0.25	0.333	0.2	1	5	5
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.5	0.125	0.2	0.2	0.2	1	5
(EF) انرژی و سوخت	0.2	0.125	0.2	0.2	0.2	0.2	1

ادامه جدول ۵-۱۷: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامترزیست‌محیطی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سیزدهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	7	7	9	1	7	3
(WP) آلودگی آب	0.143	1	3	7	5	7	7
(SP) آلودگی خاک	0.143	0.333	1	7	1	3	7
(N) آلودگی صوتی	0.111	0.143	0.143	1	9	3	9
(MF) حفظ جنگل	1	0.2	1	0.111	1	1	3
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.143	0.143	0.333	0.333	1	1	7
(EF) انرژی و سوخت	0.333	0.143	0.143	0.111	0.333	0.143	1

اتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهاردهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	3	5	6	6	7	5
(WP) آلودگی آب	0.333	1	5	5	5	5	5
(SP) آلودگی خاک	0.2	0.2	1	5	5	5	5
(N) آلودگی صوتی	0.167	0.2	0.2	1	5	5	5
(MF) حفظ جنگل	0.167	0.2	0.2	0.2	1	5	5
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.143	0.2	0.2	0.2	0.2	1	5
(EF) انرژی و سوخت	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پانزدهم							
	AP	WP	SP	N	MF	DL	EF
(AP) آلودگی هوا	1	5	5	7	1	9	7
(WP) آلودگی آب	0.2	1	5	5	5	9	9
(SP) آلودگی خاک	0.2	0.2	1	9	7	9	9
(N) آلودگی صوتی	0.143	0.2	0.111	1	5	4	3
(MF) حفظ جنگل	1	0.2	0.143	0.2	1	9	4
(DL) بهم خوردن چشم انداز	0.111	0.111	0.111	0.25	0.111	1	4
(EF) انرژی و سوخت	0.143	0.111	0.111	0.333	0.25	0.25	1

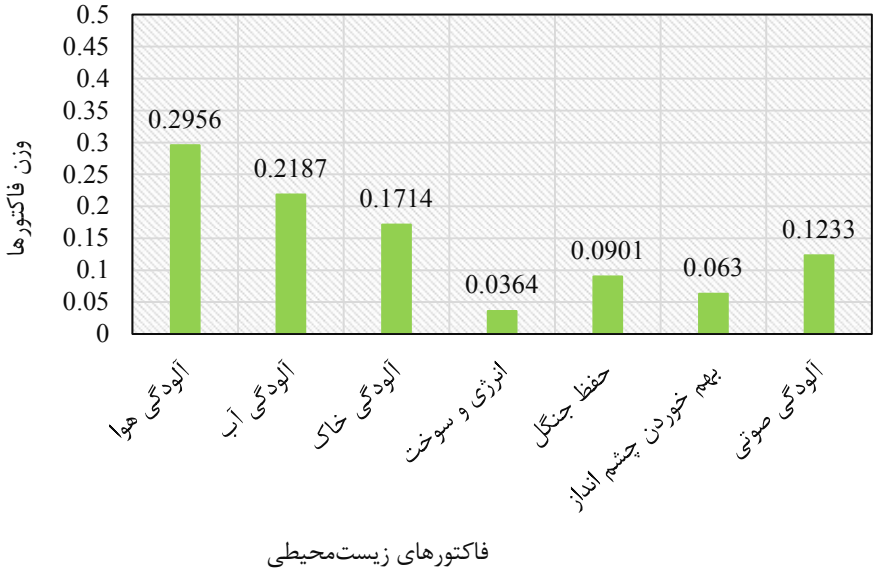
پس از دریافت نظرات متخصصین، ماتریس مقایسه زوجی بین پارامترهای زیست‌محیطی در توسعه پایدار محاسبه شد و نتایج در جدول ۵-۱۸ نمایش داده شده است. در ادامه با استفاده از روابط (۳-۱۳) تا (۳-۱۴) عدد فازی $\tilde{Z}_i$، وزن فازی $\tilde{W}_i$ و وزن غیر فازی محاسبه شده است که در جدول ۵-۱۹ آورده شده است و در نهایت در شکل ۵-۱۰ نمایش داده شده است

جدول ۵-۱۸: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی

	آلودگی هوا	آلودگی آب	آلودگی خاک	آلودگی صوتی	حفظ جنگل	بهم خوردن چشم انداز	انرژی و سوخت
آلودگی هوا	**(۱، ۱، ۱)**	(۷، ۲/۹۳۷، ۱)	(۷، ۲/۹۴۸، ۱)	(۹، ۴/۴۴۹، ۱)	(۷، ۱/۹۶۵، ۱)	(۹، ۳/۷۱۹، ۱)	(۹، ۴/۸۴۹، ۱)
آلودگی آب	(۱، ۰/۳۴۱، ۰/۱۴۳)	**(۱، ۱، ۱)**	(۷، ۲/۵۲۸، ۱)	(۹، ۴/۸۸۴، ۱)	(۵، ۲/۲۴۱، ۱)	(۹، ۳/۸۶۶، ۱)	(۹، ۴/۵۹۳، ۱)
آلودگی خاک	(۱، ۰/۳۳۹، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۳۹۶، ۰/۱۴۳)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۳/۷۰۵، ۱)	(۷، ۱/۹۵۷، ۱)	(۹، ۳/۷۹۷، ۱)	(۹، ۴/۷۲۵، ۲)
آلودگی صوتی	(۱، ۰/۲۲۵، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۰۵، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۶۹، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۴/۶۶۳، ۲)	(۹، ۳/۳۷۸، ۱)	(۹، ۴/۶۴۳، ۲)
حفظ جنگل	(۱، ۰/۵۰۹، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۴۴۶، ۰/۲)	(۱، ۰/۵۱۱، ۰/۱۴۳)	(۰/۵، ۰/۲۱۴، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۲/۷۶۶، ۱)	(۹، ۳/۹۵۷، ۱)
بهم خوردن چشم انداز	(۱، ۰/۲۶۹، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۵۹، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۶۳، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۹۶، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۶۱، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۴/۵۸۴، ۲)
انرژی و سوخت	(۱، ۰/۲۰۶، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۱۸، ۰/۱۱۱)	(۰/۵، ۰/۲۱۲، ۰/۱۱۱)	(۰/۵، ۰/۲۱۵، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۵۳، ۰/۱۱۱)	(۰/۵، ۰/۲۱۸، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**

جدول ۵-۱۹: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی

	$\tilde{Z}_i$ $\left(a_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}\right)$	$\tilde{W}_i$ (وزن فازی مؤلفه‌ها)	وزن غیر فازی مؤلفه‌ها
آلودگی هوا	(۵/۹۰۴، ۲/۸۰۵، ۱/۰۰۰)	(۱/۶۴۹، ۰/۳۱۲، ۰/۰۵۰)	۰/۲۹۵۶
آلودگی آب	(۴/۲۶۱، ۲/۰۷۸، ۰/۷۵۷)	(۱/۱۹۰، ۰/۲۳۱، ۰/۰۳۸)	۰/۲۱۸۷
آلودگی خاک	(۳/۳۸۶، ۱/۵۰۵، ۰/۶۳۳)	(۰/۹۴۶، ۰/۱۶۷، ۰/۰۳۲)	۰/۱۷۱۴
انرژی و سوخت	(۰/۷۴۳، ۰/۲۷۳، ۰/۱۵۲)	(۰/۲۰۷، ۰/۰۳۰، ۰/۰۰۸)	۰/۰۳۶۴
حفظ جنگل	(۱/۶۹۷، ۰/۸۳۰، ۰/۳۳۳)	(۰/۴۷۴، ۰/۰۹۳، ۰/۰۱۷)	۰/۰۹۰۱
بهم خوردن چشم انداز	(۱/۳۶۹، ۰/۵۱۰، ۰/۲۳۰)	(۰/۳۸۲، ۰/۰۵۷، ۰/۰۱۲)	۰/۰۶۳
آلودگی صوتی	(۲/۵۶۴، ۰/۹۸۶، ۰/۴۷۵)	(۰/۷۱۶، ۰/۱۱۰، ۰/۰۲۴)	۰/۱۲۳۳
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)$	(۱۹/۹۲۴، ۸/۹۸۷، ۳/۵۸۰)		
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)^{-1}$	(۰/۲۷۹، ۰/۱۱۱، ۰/۰۵۰)		Σ=۱/۰۰۰



شکل ۵-۱۰: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی

همان طور در شکل ۵-۱۰ملاحظه می‌شود از بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص زیست‌محیطی آلودگی هوا دارای بیشترین اهمیت و انرژی و سوخت دارای کمترین اهمیت می‌باشد.

۵-۳-۳- اجرای FDAHP برای پارامترهای اقتصادی

با توجه به پرسشنامه‌های موجود، ماتریس مقایسه زوجی متناظر با هر یک از پارامترها از نظر متخصّصان مختلف به صورت جداگانه برای هر متخصص تشکیل شده است. ماتریس‌های مذکور با استفاده از معادله (۳-۱۱) در فصل سوم در جدول ۵-۲۰ آورده شده است.

جدول ۵-۲۰: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۶ پارامتر اقتصادی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص اول						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
قیمت تمام شده (FP)	1	3	3	3	5	5
هزینه‌های سرمایه‌ای (CE)	0.333	1	3	3	5	5
هزینه‌های عملیاتی (OC)	0.333	0.333	1	5	3	5
ارزش خالص فعلی (NPV)	0.333	0.333	0.2	1	3	3
نرخ بازگشت سرمایه (ROR)	0.2	0.2	0.333	0.333	1	5
سهم در تولید زغالسنگ داخلی (SP)	0.2	0.2	0.2	0.333	0.2	1

ادامه جدول ۵-۲۰: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۶ پارامتر اقتصادی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	1	1	1	1	1
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	1	1	1	1	1	1
(OC) هزینه‌های عملیاتی	1	1	1	4	4	4
(NPV) ارزش خالص فعلی	1	1	0.25	1	1	1
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	1	1	0.25	1	1	1
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	1	1	0.25	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سوم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	1	1	1	1	1
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	1	1	1	1	1	1
(OC) هزینه‌های عملیاتی	1	1	1	6	7	7
(NPV) ارزش خالص فعلی	1	1	0.167	1	6	1
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	1	1	0.143	0.167	1	1
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	1	1	0.143	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهارم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	3	3	5	3	3
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.333	1	2	3	5	5
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.333	0.5	1	3	3	5
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.2	0.333	0.333	1	2	3
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.333	0.2	0.333	0.5	1	3
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.333	0.2	0.2	0.333	0.333	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پنجم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	1	1	1	5	5
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	1	1	5	5	5	1
(OC) هزینه‌های عملیاتی	1	0.2	1	1	1	1
(NPV) ارزش خالص فعلی	1	0.2	1	1	5	1
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.2	0.2	1	0.2	1	1
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.2	1	1	1	1	1

ادامه جدول ۵-۲۰: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۶ پارامتر اقتصادی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص ششم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	4	4	3	3	2
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.25	1	1	3	3	2
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.25	1	1	3	2	2
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.333	0.333	0.333	1	2	2
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.333	0.333	0.5	0.5	1	2
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هفتم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	6	7	6	7	6
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.167	1	4	6	6	7
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.143	0.25	1	5	6	5
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.167	0.167	0.2	1	5	6
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.143	0.167	0.167	0.2	1	6
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.167	0.142857	0.2	0.167	0.167	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص ششم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	6	7	6	7	6
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.167	1	4	6	6	7
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.143	0.25	1	5	6	5
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.167	0.167	0.2	1	5	6
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.143	0.167	0.167	0.2	1	6
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.167	0.142857	0.2	0.167	0.167	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هشتم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	3	1	2	1	2
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.333	1	2	2	2	2
(OC) هزینه‌های عملیاتی	1	0.5	1	2	2	2
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.5	0.5	0.5	1	2	2
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	1	0.5	0.5	0.5	1	3
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.5	0.5	0.5	0.5	0.333	1

ادامه جدول ۵-۲۰: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۶ پارامتر اقتصادی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص نهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	9	1	9	1	1
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.111	1	9	9	1	1
(OC) هزینه‌های عملیاتی	1	0.111	1	9	1	1
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.111	0.111	0.111	1	9	9
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	1	1	1	0.111	1	1
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	1	1	1	0.1111	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	5	5	5	5	5
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.2	1	5	5	5	5
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.2	0.2	1	5	5	5
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.2	0.2	0.2	1	5	5
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.2	0.2	0.2	0.2	1	5
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص یازدهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	5	5	5	5	4
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.2	1	4	4	4	4
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.2	0.25	1	5	4	3
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.2	0.25	0.2	1	4	4
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.2	0.25	0.25	0.25	1	4
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.25	0.25	0.333	0.25	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوازدهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	3	1	2	1	2
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.333	1	2	2	2	2
(OC) هزینه‌های عملیاتی	1	0.5	1	2	2	2
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.5	0.5	0.5	1	2	2
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	1	0.5	0.5	0.5	1	3
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.5	0.5	0.5	0.5	0.333	1

ادامه جدول ۵-۲۰: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۶ پارامتر اقتصادی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سیزدهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	2	2	2	2	2
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0.5	1	2	2	2	2
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.5	0.5	1	2	2	2
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.5	0.5	0.5	1	2	2
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0.5	0.5	0.5	0.5	1	2
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهاردهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	1	5	5	1	1
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	1	1	5	5	1	1
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0.2	0.2	1	5	1	1
(NPV) ارزش خالص فعلی	0.2	0.2	0.2	1	5	5
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	1	1	1	0.2	1	1
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	1	1	1	0.2	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سیزدهم						
	FP	CE	OC	NPV	ROR	SP
(FP) قیمت تمام شده	1	4	4	7	4	4
(CE) هزینه‌های سرمایه‌ای	0/25	1	7	7	1	1
(OC) هزینه‌های عملیاتی	0/25	0/143	1	4	1	4
(NPV) ارزش خالص فعلی	0/143	0/143	0/25	1	4	4
(ROR) نرخ بازگشت سرمایه	0/25	1	1	0/25	1	1
(SP) سهم در تولید زغالسنگ داخلی	0/25	1	0/25	0/25	1	1

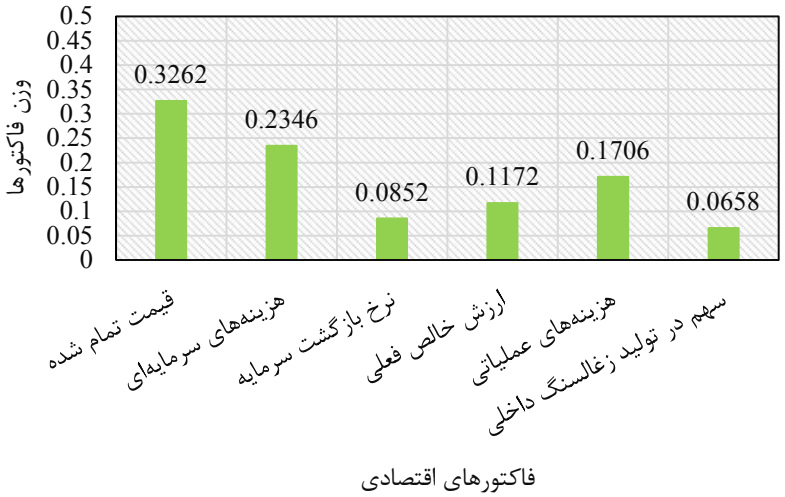
پس از دریافت نظرات متخصصین، ماتریس مقایسه زوجی بین پارامترهای اقتصادی در توسعه پایدار محاسبه شد و نتایج در جدول ۵-۲۱ نمایش داده شده است. در ادامه با استفاده از روابط (۳-۱۳) تا (۳-۱۴) عدد فازی $\tilde{Z}_i$، وزن فازی $\tilde{W}_i$ و وزن غیر فازی محاسبه شده است که در جدول ۵-۲۲ آورده شده است و در نهایت در شکل ۵-۱۱ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۲۱: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی

	قیمت تمام شده	هزینه‌های سرمایه‌ای	هزینه‌های عملیاتی	سهم در تولید زغالسنگ داخلی	نرخ بازگشت سرمایه	ارزش خالص فعلی
قیمت تمام شده	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۲/۵۳۸، ۱)	(۷، ۲/۹۴۸، ۱)	(۹، ۲/۸۹۷، ۱)	(۷، ۲/۵۰۲، ۱)	(۶، ۲/۴۸۸، ۱)
هزینه‌های سرمایه‌ای	(۱، ۰/۳۹۴، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۲/۹۱۰، ۱)	(۹، ۳/۳۰۵، ۱)	(۶، ۲/۲۴۱، ۱)	(۷، ۲/۱۳۰، ۱)
هزینه‌های عملیاتی	(۱، ۰/۳۹۲، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۳۴۴، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۳/۶۶۷، ۱)	(۷، ۲/۴۵۹، ۱)	(۷، ۲/۷۹۸، ۱)
سهم در تولید زغالسنگ داخلی	(۱، ۰/۳۴۵، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۰۳، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۷۳، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۳/۳۵۸، ۱)	(۹، ۲/۵۸۷، ۱)
نرخ بازگشت سرمایه	(۱، ۰/۳۹۹، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۴۱۴، ۰/۱۶۷)	(۱، ۰/۴۰۷، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۲۹۸، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۱/۹۴۵، ۱)
ارزش خالص فعلی	(۱، ۰/۴۰۲، ۰/۱۶۷)	(۱، ۰/۴۷۰، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۳۵۷، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۳۸۷، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۵۱۴، ۰/۱۶۷)	**(۱، ۱، ۱)**

جدول ۵-۲۲: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی

	$\tilde{Z}_i$ $(a_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij})$	$\tilde{W}_i$ (وزن فازی مؤلفه‌ها)	وزن غیر فازی مؤلفه‌ها
قیمت تمام شده	(۵/۳۶۴، ۲/۲۱۱، ۱/۰۰۰)	(۱/۷۹۰، ۰/۳۱۹، ۰/۰۶۱)	۰/۳۲۶۲
هزینه‌های سرمایه‌ای	(۳/۸۷۸، ۱/۶۴۰، ۰/۶۹۳)	(۱/۲۹۴، ۰/۲۳۶، ۰/۰۴۲)	۰/۲۳۴۶
نرخ بازگشت سرمایه	(۱/۳۴۸، ۰/۵۸۲، ۰/۲۶۹)	(۰/۴۵۰، ۰/۰۸۴، ۰/۰۱۶)	۰/۰۸۵۲
ارزش خالص فعلی	(۲/۰۸۰، ۰/۷۹۲، ۰/۳۳۳)	(۰/۶۹۴، ۰/۱۱۴، ۰/۰۲۰)	۰/۱۱۷۲
هزینه‌های عملیاتی	(۲/۷۵۹، ۱/۲۲۶، ۰/۵۰۱)	(۰/۹۲۱، ۰/۱۷۷، ۰/۰۳۱)	۰/۱۷۰۶
سهم در تولید زغالسنگ داخلی	(۱، ۰/۴۸۷، ۰/۱۹۹)	(۰/۳۳۴، ۰/۰۷۰، ۰/۰۱۲)	۰/۰۶۵۸
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)$	(۱۶/۴۲۹، ۶/۹۳۴، ۲/۹۹۶)		
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)^{-1}$	(۰/۳۳۴، ۰/۱۴۴، ۰/۰۶۱)		Σ=۱/۰۰۰



شکل ۵-۱۱: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی

همان طور در شکل ۵-۱۱ ملاحظه می‌شود از بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اقتصادی قیمت تمام شده دارای بیشترین اهمیت و سهم در تولید زغالسنگ داخلی دارای کمترین اهمیت می‌باشد.

۵-۳-۴- اجرای FDAHP برای پارامترهای اجتماعی

با توجه به پرسشنامه‌های موجود، ماتریس مقایسه زوجی متناظر با هر یک از پارامترها از نظر متخصّصان مختلف به صورت جداگانه برای هر متخصص تشکیل شده است. ماتریس‌های مذکور با استفاده از معادله (۳-۱۱) در فصل سوم در جدول ۵-۲۳ آورده شده است.

جدول ۵-۲۳: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامتر اجتماعی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص اول							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
اشتغال‌زایی (ELF)	1	5	3	1	3	1	3
حفظ حقوق نسل آینده (PRG)	0.2	1	3	3	3	3	3
بهداشت، سلامت و ایمنی (BSE)	0.333	0.333	1	3	3	1	5
رضایتمندی افراد بومی LS	1	0.333	0.333	1	1	3	3
تأثیر در فرهنگ منطقه (TRC)	0.333	0.333	0.333	1	1	5	3
ایجاد مهارت و دانش (SAK)	1	0.333	1	0.333	0.2	1	1
استراتژیک بودن در انرژی (HAS)	0.333	0.333	0.2	0.2	0.333	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	1	1	1	1	7	9
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	1	1	9	1	6	6	9
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	1	0.111	1	1	1	5	9
LS رضایتمندی افراد بومی	1	1	1	1	1	4	9
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	1	0.167	1	1	1	5	9
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.143	0.167	0.2	0.25	0.2	1	9
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سوم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	1	1	1	1	9	7
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	1	1	9	1	9	9	9
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	1	0.111	1	1	1	7	9
LS رضایتمندی افراد بومی	1	1	1	1	1	8	9
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	1	0.111	1	1	1	9	9
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.111	0.111	0.143	0.125	0.111	1	9
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.143	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهارم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	5	3	3	5	2	3
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.2	1	5	2	3	3	5
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.333	0.2	1	3	3	3	3
LS رضایتمندی افراد بومی	0.333	0.5	0.333	1	3	3	3
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.2	0.333	0.333	0.333	1	5	3
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.5	0.333	0.333	0.333	0.2	1	2
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.333	0.2	0.333	0.333	0.333	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پنجم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	1	1	1	1	5	1
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	1	1	5	1	1	1	5
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	1	0.2	1	7	7	5	5
LS رضایتمندی افراد بومی	1	1	0.143	1	1	5	5
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	1	1	0.143		1	1	5
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.2	1	0.2	0.2	1	1	5
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص ششم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	9	8	8	9	9	9
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.111	1	7	7	8	8	8
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.125	0.143	1	7	8	8	7
LS رضایتمندی افراد بومی	0.125	0.143	0.143	1	8	7	6
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.111	0.125	0.125	0.125	1	7	8
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.111	0.125	0.125	0.143	0.143	1	8
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.111	0.125	0.143	0.167	0.125	0.125	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هفتم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	3	4	2	3	3	3
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.333	1	3	2	5	4	3
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.25	0.333	1	5	4	6	3
LS رضایتمندی افراد بومی	0.5	0.5	0.2	1	1	2	2
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.333	0.2	0.25	1	1	3	4
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.333	0.25	0.167	0.5	0.333	1	4
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.333	0.333	0.333	0.5	0.25	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص هشتم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	3	3	3	3	3	2
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.333	1	2	2	2	1	2
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.333	0.5	1	2	2	2	2
LS رضایتمندی افراد بومی	0.333	0.5	0.5	1	1	2	2
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.333	0.5	0.5	1	1	1	2
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.333	1	0.5	0.5	1	1	2
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص نهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	1	1	1	1	1	1
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	1	1	1	1	1	1	1
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	1	1	1	1	1	1	1
LS رضایتمندی افراد بومی	1	1	1	1	1	1	1
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	1	1	1	1	1	1	1
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	1	1	1	1	1	1	1
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	1	1	1	1	1	1	1

ادامه جدول ۵-۲۳: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامتر اجتماعی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	5	5	5	5	5	5
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.2	1	5	5	5	5	5
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.2	0.2	1	5	5	5	5
LS رضایتمندی افراد بومی	0.2	0.2	0.2	1	5	5	5
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.2	0.2	0.2	0.2	1	5	5
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	5
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص یازدهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	7	7	5	7	5	3
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.143	1	4	4	4	3	5
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.143	0.25	1	3	3	3	1
LS رضایتمندی افراد بومی	0.2	0.25	0.333	1	1	2	4
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.142857	0.25	0.333	1	1	3	3
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.2	0.333	0.333	0.5	0.333	1	4
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.333	0.2	1	0.25	0.333	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص دوازدهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	3	5	1	7	1	1
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.333	1	3	3	1	1	5
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.2	0.333	1	5	5	5	5
LS رضایتمندی افراد بومی	1	0.333	0.2	1	1	3	7
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.143	1	0.2	1	1	7	7
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	1	1	0.2	0.333	0.143	1	1
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	1	0.2	0.2	0.143	0.143	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص سیزدهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	1	2	2	3	3	3
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	1	1	1	2	2	1	3
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.5	1	1	1	1	2	3
LS رضایتمندی افراد بومی	0.5	0.5	1	1	1	1	3
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.333	0.5	1	1	1	1	3
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.333	1	0.5	1	1	1	3
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	1

ادامه جدول ۵-۲۳: ماتریس‌های مقایسه زوجی ۷ پارامتر اجتماعی با توجه به نظرات متخصّصان

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص چهاردهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	5	1	5	5	1	1
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.2	1	1	1	1	5	1
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	1	1	1	1	3	5	1
LS رضایتمندی افراد بومی	0.2	1	1	1	1	5	1
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.2	1	0.333	1	1	5	1
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	1	0.2	0.2	0.2	0.2	1	1
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	1	1	1	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی با توجه به نظرات متخصص پانزدهم							
	ELF	PRG	BSE	LS	TRC	SAK	HAS
(ELF) اشتغال‌زایی	1	9	9	9	9	9	1
(PRG) حفظ حقوق نسل آینده	0.111	1	1	4	1	4	9
(BSE) بهداشت، سلامت و ایمنی	0.111	1	1	4	4	4	9
LS رضایتمندی افراد بومی	0.111	0.25	0.25	1	9	4	9
(TRC) تأثیر در فرهنگ منطقه	0.111	1	0.25	0.111	1	4	9
(SAK) ایجاد مهارت و دانش	0.111	0.25	0.25	0.25	0.25	1	9
(HAS) استراتژیک بودن در انرژی	1	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	1

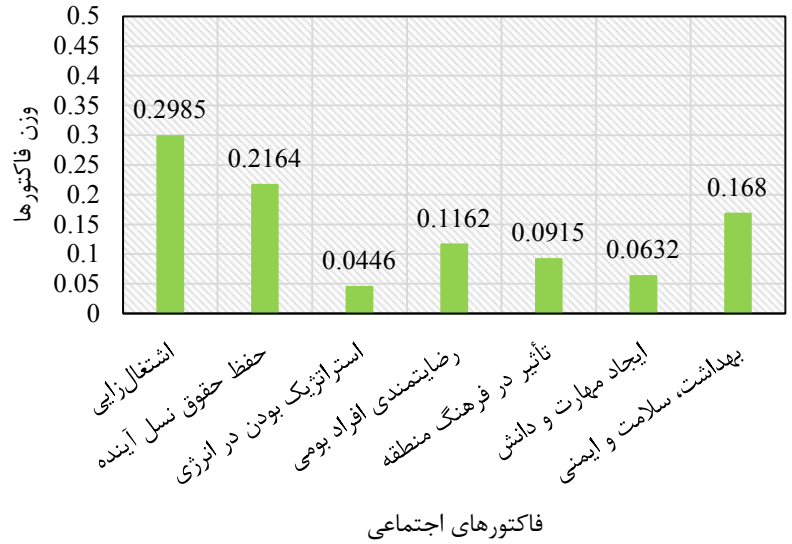
پس از دریافت نظرات متخصصین، ماتریس مقایسه زوجی بین پارامترهای اقتصادی در توسعه پایدار محاسبه شد و نتایج در جدول ۵-۲۴ آورده شده است. در ادامه با استفاده از روابط (۳-۱۳) تا (۳-۱۴) عدد فازی $\tilde{Z}_i$، وزن فازی $\tilde{W}_i$ و وزن غیر فازی محاسبه شده است که در جدول ۵-۲۵ آورده شده است. در نهایت نتایج بدست آمده در شکل ۵-۱۱ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۲۴: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اجتماعی

	اشتغال‌زایی	حفظ حقوق نسل آینده	بهداشت، سلامت و ایمنی	رضایتمندی افراد بومی	تأثیر در فرهنگ منطقه	ایجاد مهارت و دانش	استراتژیک بودن در انرژی
اشتغال‌زایی	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۲/۹۲۰، ۱)	(۹، ۲/۶۸۵، ۱)	(۹، ۲/۵۰۷، ۱)	(۹، ۳/۲۱۳، ۱)	(۹، ۳/۱۸۰، ۱)	(۹، ۲/۵۶۶، ۱)
حفظ حقوق نسل آینده	(۱، ۰/۳۴۳، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۷، ۳/۰۱۳، ۱)	(۷، ۲/۱۲۴، ۱)	(۹، ۲/۵۸۷، ۱)	(۹، ۲/۷۸۴، ۱)	(۹، ۳/۹۷۷، ۱)
بهداشت، سلامت و ایمنی	(۱، ۰/۳۷۲، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۳۲، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۷/۴۹۰، ۱)	(۸، ۲/۷۳۷، ۱)	(۸، ۳/۵۱۰، ۱)	(۹، ۳/۵۴۱، ۱)
رضایتمندی افراد بومی	(۱، ۰/۳۹۹، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۴۷۱، ۰/۱۴۳)	(۱، ۰/۱۳۴، ۰/۱۴۳)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۱/۵۹۳، ۱)	(۸، ۳/۱۰۶، ۱)	(۹، ۳/۶۹۸، ۱)
تأثیر در فرهنگ منطقه	(۱، ۰/۳۱۱، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۸۷، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۶۵، ۰/۱۲۵)	(۱، ۰/۶۲۸، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۳/۲۵۹، ۱)	(۹، ۳/۵۹۹، ۱)
ایجاد مهارت و دانش	(۱، ۰/۳۱۴، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۵۹، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۸۵، ۰/۱۲۵)	(۱، ۰/۳۲۲، ۰/۱۲۵)	(۱، ۰/۳۰۷، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**	(۹، ۳/۱۳۷، ۱)
استراتژیک بودن در انرژی	(۱، ۰/۳۹۰، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۵۱، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۸۲، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۷۰، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۲۷۸، ۰/۱۱۱)	(۱، ۰/۳۱۹، ۰/۱۱۱)	**(۱، ۱، ۱)**

جدول ۵-۲۵: وزن نهایی فازی نسبی و غیر فازی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اجتماعی

	$\tilde{Z}_i$ $\left(a_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}\right)$	$\tilde{W}_i$ (وزن فازی فاکتورها)	وزن غیر فازی فاکتورها
اشتغال‌زایی	(۶/۵۷۵، ۲/۴۴۰، ۱/۰۰۰)	(۱/۹۸۳، ۰/۲۸۷، ۰/۰۴۷)	۰/۲۹۸۵
حفظ حقوق نسل آینده	(۴/۶۳۵، ۱/۸۰۶، ۰/۷۳۱)	(۱/۳۸۷، ۰/۲۱۳، ۰/۰۳۴)	۰/۲۱۶۴
استراتژیک بودن در انرژی	(۱، ۰/۳۵۱، ۰/۱۵۲)	(۰/۲۹۹، ۰/۰۴۱، ۰/۰۰۷)	۰/۰۴۴۶
رضایتمندی افراد بومی	(۲/۵۲۱، ۰/۸۹۵، ۰/۴۱۹)	(۰/۷۵۵، ۰/۱۰۵، ۰/۰۱۹)	۰/۱۱۶۲
تأثیر در فرهنگ منطقه	(۱/۸۷۳، ۰/۸۵۱، ۰/۲۹۰)	(۰/۵۶۱، ۰/۱۰۰، ۰/۰۱۴)	۰/۰۹۱۵
ایجاد مهارت و دانش	(۱/۳۶۹، ۰/۵۱۸، ۰/۲۱۵)	(۰/۴۱۰، ۰/۰۶۱، ۰/۰۱۰)	۰/۰۶۳۲
بهداشت، سلامت و ایمنی	(۳/۲۷۴، ۱/۶۳۷، ۰/۵۳۴)	(۰/۹۸۰، ۰/۱۹۳، ۰/۰۲۵)	۰/۱۶۸
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)$	(۲۱/۲۴۷، ۸/۴۹۸، ۳/۳۴۰)		
$(\tilde{Z}_i \oplus ... \oplus \tilde{Z}_n)^{-1}$	(۰/۲۹۹، ۰/۱۱۸، ۰/۰۴۷)		Σ=۱/۰۰۰



شکل ۵-۱۲: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی بین فاکتورهای مؤثر بر شاخص اجتماعی

همان‌طور که از شکل ۵-۱۲ ملاحظه می‌شود از بین پارمترهای اجتماعی، اشتغال‌زایی دارای بیشترین اهمیت و استراتژیک بودن در انرژی دارای کمترین اهمیت هستند.

۵-۳-۵- محاسبه وزن نهایی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ با روش FDAHP

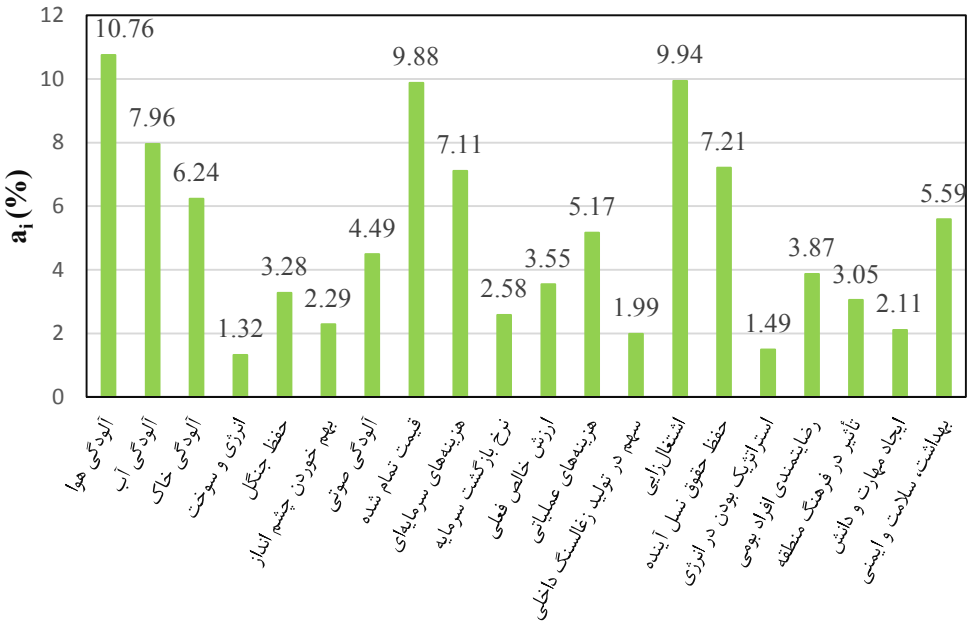
در نهایت پس از ضرب نمودن وزن هر پارامتر در وزن دسته پارامترها مربوط به خودش، وزن نهایی پارامترهای تأثیر گذار در ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ بدست آمده که نتایج آن در جدول ۵-۲۶ و شکل ۵-۱۳ آورده شده است. همچنین نمودار سلسله مراتبی در شکل ۵-۱۴ رسم شده است که وزن پارامترها بر روی نشان داده شده است.

جدول ۵-۲۶: وزن نهایی غیرفازی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ

وزن دسته پارامترها	پارامتر	وزن نهایی	وزن نهایی (a_i (%))
	آلودگی هوا	۰/۱۰۷۶	۱۰/۷۶
	آلودگی آب	۰/۰۷۹۶	۷/۹۶
زیست‌محیطی	آلودگی خاک	۰/۰۶۲۴	۶/۲۴
۰/۳۶۴	انرژی و سوخت	۰/۰۱۳۲	۱/۳۲
	حفظ جنگل	۰/۰۳۲۸	۳/۲۸
	بهم خوردن چشم انداز	۰/۰۲۲۹	۲/۲۹
	آلودگی صوتی	۰/۰۴۴۹	۴/۴۹

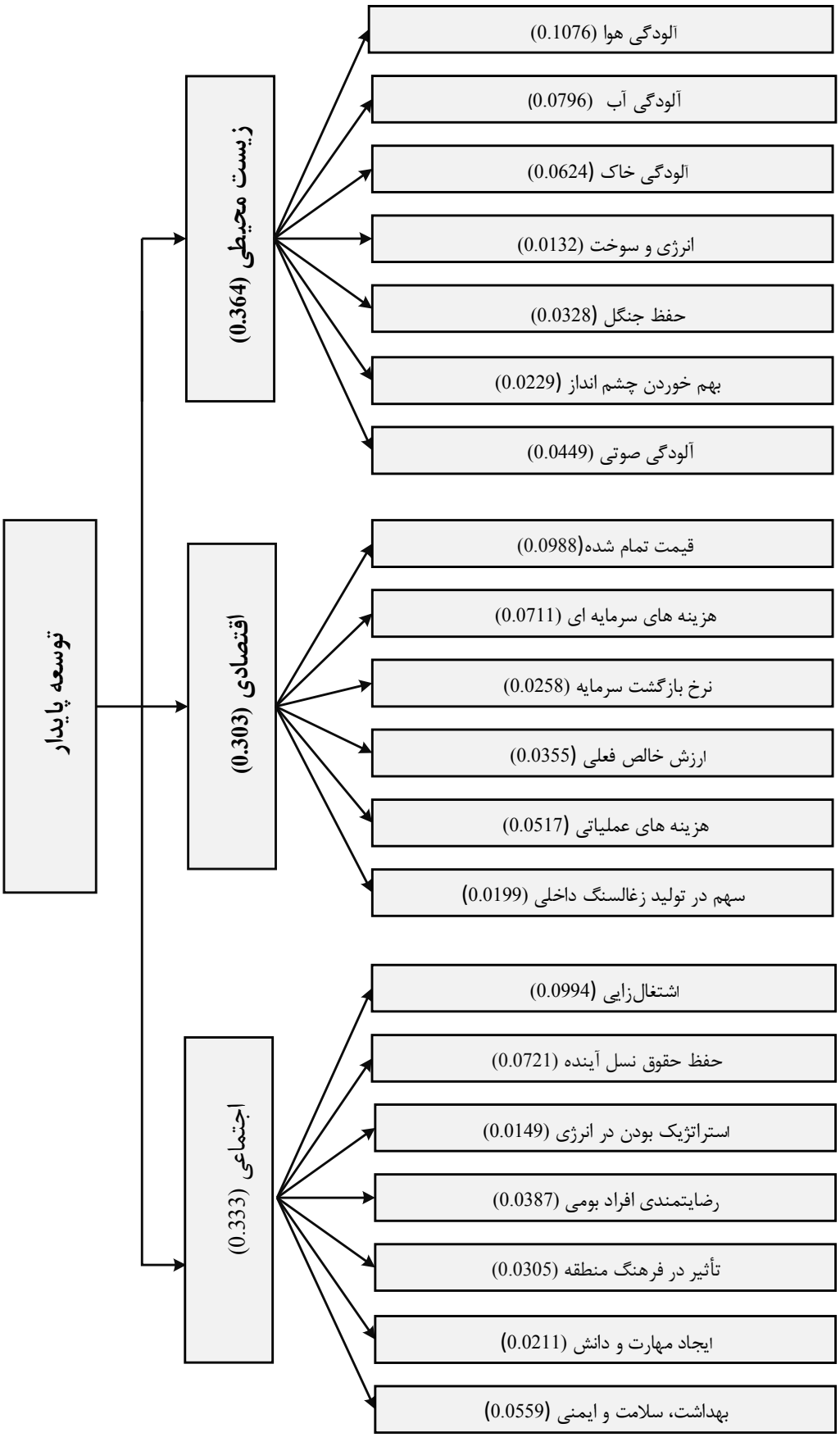
ادامه جدول ۵-۲۶: وزن نهایی غیرفازی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ

	قیمت تمام شده	۰/۰۹۸۸	۹/۸۸
	هزینه‌های سرمایه‌ای	۰/۰۷۱۱	۷/۱۱
اقتصادی	نرخ بازگشت سرمایه	۰/۰۲۵۸	۲/۵۸
۰/۳۰۳	ارزش خالص فعلی	۰/۰۳۵۵	۳/۵۵
	هزینه‌های عملیاتی	۰/۰۵۱۷	۵/۱۷
	سهم در تولید زغالسنگ داخلی	۰/۰۱۹۹	۱/۹۹
	اشتغال‌زایی	۰/۰۹۹۴	۹/۹۴
	حفظ حقوق نسل آینده	۰/۰۷۲۱	۷/۲۱
اجتماعی	استراتژیک بودن در انرژی	۰/۰۱۴۹	۱/۴۹
۰/۳۳۳	رضایتمندی افراد بومی	۰/۰۳۸۷	۳/۸۷
	تأثیر در فرهنگ منطقه	۰/۰۳۰۵	۳/۰۵
	ایجاد مهارت و دانش	۰/۰۲۱۱	۲/۱۱
	بهداشت، سلامت و ایمنی	۰/۰۵۵۹	۵/۵۹



شکل ۵-۱۳: نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر بر ارزیابی توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ

چنانکه مشاهده می‌شود آلودگی هوا، قیمت تمام شده و اشتغال‌زایی به ترتیب بیشترین امتیازها و انرژی و سوخت، سهم در تولید زغالسنگ داخلی و استراتژیک بودن در انرژی به ترتیب کمترین امتیازها را کسب کرده‌اند.



شکل ۵-۱۴: نمودار سلسله مراتبی پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معدنکاری زیرزمینی زغالسنگ

۵-۴- انتخاب پارامترها برای سیستم طبقه‌بندی

با توجه به اینکه تا این مرحله از کار، وزن و اهمیت پارامترها از طریق روش FDAHP و DEMATEL بدست آمده است. چنانچه مشاهده می‌شود تمامی پارامترهای بررسی شده، می‌توانند تمامی مشخصات توسعه پایدار را به خوبی پوشش دهند. از طرفی برخی از پارامترهای مورد اشاره با یکدیگر هم‌پوشانی داشته و برخی از پارامترها دارای اهمیت زیاد و برخی دیگر دارای اهمیت کمی هستند. حال این سؤال مطرح می‌شود که آیا بررسی و اندازه‌گیری تمامی پارامترهای فوق برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغالسنگ الزامی می‌باشد. پر واضح است که اندازه‌گیری تک تک پارامترهای فوق علاوه بر صرف هزینه‌های زیاد به مدت زمان بیشتری نیز نیاز دارد که از حوصله یک کاربر برای ارزیابی توسعه پایدار خارج است. لذا قرار گیری تمامی پارامترهای فوق در سیستم طبقه‌بندی جدید دور از دسترس بوده و منطقی نمی‌باشد. به‌عبارت دیگر یک سیستم طبقه‌بندی زمانی قابل قبول می‌باشد که علاوه بر سادگی (کاهش زمان و هزینهٔ آزمایش‌ها)، بتواند با حداقل تعداد پارامتر، تمامی مشخصات مهم توسعه پایدار را پوشش دهد. با توجه به مطالب فوق، ۱۱ پارامتر بر اساس وزن و اهمیت دو روش ذکر شده، بدست آمده است که شامل: آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی، حفظ جنگل، انرژی و سوخت، قیمت تمام شده، اشتغال‌زایی، حفظ حقوق نسل آینده، بهداشت، سلامت و ایمنی و ایجاد مهارت و دانش به ترتیب به نمایندگی از ۴ مشخصه مهم توسعه پایدار شامل آلودگی، هزینه‌ها، فرهنگی و اجتماعی، در سیستم طبقه‌بندی جدید پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته شدند.

۵-۴-۱- آلودگی هوا

آلودگی هوا به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای زیست‌محیطی در اکثر مطالعات توسعه پایدار مورد استفاده قرار گرفته است. این پارامتر در دو روش FDAHP و DEMATEL، بیشترین وزن و اهمیت بالایی را داشته است. همچنین این پارامتر، یک پارامتر بسیار شناخته شده و قابل اندازه‌گیری می‌باشد که در جدول ۵-۲۷ (بر اساس راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی) میزان گرد و غبار در هوا و درجه آلودگی آن را نشان می‌دهد. لذا با توجه به همه تفاسیر، وزن این پارامتر (برابر با امتیاز

۰/۱۰۷۶) به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی جدید در نظر گرفته شده است (www.ime.org.ir).

جدول ۵-۲۷: میزان گرد و غبار در هوا و درجه آلودگی آن

میزان گردو غبار یا مواد آلوده کننده در هوا (gr/m^3)	نوع هوا از نظر آلودگی	کیفیت هوا
کمتر از ۱	بدون گرد وغبار یا آلودگی	خیلی خوب
۵-۱	تقریبا بدون گرد وغبار یا آلودگی	خوب
۱۰-۵	گرد وغبار یا آلوده	متوسط
۲۰-۱۰	خیلی گرد وغبار یا آلوده	بد
بیشتر از ۲۰	فوق‌العاده گرد وغبار یا آلوده	خیلی بد

۵-۴-۲- آلودگی آب

آلودگی ناشی از پساب‌های معدنی یکی از عمده‌ترین آلوده‌کننده‌های آب است و عملیات استخراج معدن تأثیر کمی در آلودگی آب دارد. این پارامتر در دو روش FDAHP و DEMATEL، وزن و اهمیت بالایی را داشته است. در جدول ۵-۲۸ میزان آلودگی آب و حدود مجاز آن که به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست در فعالیت‌های استخراجی تعیین شده، آورده شده است. وزن این پارامتر (برابر با امتیاز ۰/۰۷۹۶) به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی جدید در نظر گرفته شده است (www.ime.org.ir).

جدول ۵-۲۸: حد مجاز آلودگی آب

میزان گردو غبار یا مواد آلوده کننده در آب (mg/l)	نوع آب از نظر آلودگی	کیفیت آب
کمتر از ۱	بدون گرد وغبار یا آلودگی	خیلی خوب
۳-۱	تقریبا بدون گرد وغبار یا آلودگی	خوب
۵-۳	گرد وغبار یا آلوده	متوسط
۷-۵	خیلی گرد وغبار یا آلوده	بد
بیشتر از ۷	فوق‌العاده گرد وغبار یا آلوده	خیلی بد

۵-۴-۳- آلودگی خاک

در مورد آلودگی خاک یا زمین، دو مسأله یکی آلودگی خاک در اثر زیاد بودن عناصر آلوده‌کننده ناشی از عملیات استخراج معدن و دیگری تغییر شکل ظاهری زمین در اثر حفر و برداشت مواد معدنی، پدیده نشست و انباشت باطله‌های معدن مورد توجه است. از طرفی این پارامتر در دو روش FDAHP و DEMATEL، وزن و اهمیت بالایی را داشته است. در جدول ۵-۲۹ میزان آلودگی خاک و حدود مجاز آن که به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست تعیین شده، آورده شده است.

جدول ۵-۲۹: میزان گرد و غبار در خاک و درجه آلودگی آن

میزان گردو غبار یا مواد آلوده کننده در خاک (mg/kg)	نوع آب از نظر آلودگی	کیفیت خاک
کمتر از ۱۰	بدون گرد وغبار یا آلودگی	خیلی خوب
۱۰- ۵۰	تقریبا بدون گرد وغبار یا آلودگی	خوب
۵۰-۱۰۰	گرد وغبار یا آلوده	متوسط
۱۰۰-۱۵۰	خیلی گرد وغبار یا آلوده	بد
بیشتر از ۱۵۰	فوق‌العاده گرد وغبار یا آلوده	خیلی بد

وزن این پارامتر (برابر با امتیاز ۰/۰۶۲۴) به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی جدید در نظر گرفته شده است (www.ime.org.ir).

۵-۴-۴- آلودگی صوتی

با توجه به نتایج حاصل از روش DEMATEL، آلودگی صوتی را می‌توان یک پارامتر مستقل دانست (این پارامتر اثرگذاری و اثر پذیری روی سایر پارامترهای زیست‌محیطی ندارد) که رفتار خاصی در توسعه پایدار ایجاد می‌کند. در جدول ۵-۳۰ (بر اساس راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی) بر اساس حدود شنوایی انسان و حد مجاز صدای بعضی از تجهیزات استخراجی بر حسب دسی‌بل dB (A) طبقه‌بندی و نشان داده شده است. وزن این پارامتر (برابر با امتیاز ۰/۰۴۴۹) به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی جدید در نظر گرفته شده است (www.ime.org.ir).

جدول ۵-۳۰: حد مجاز آلودگی صوتی

میزان صوت dB (A)	اثر
کمتر از ۶۰	حد شنوایی طبیعی
۶۰- ۷۵	آزار و اذیت کم
۷۵-۸۰	آزار و اذیت زیاد
۸۰-۹۵	حداکثر شدت صوت قابل تحمل انسان
بیشتر از ۹۵	بسیار درد ناک

۵-۴-۵- حفظ جنگل

جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین پارامترهای شاخص زیست‌محیطی به شمار می‌رود که تأثیر بسیار زیادی بر چشم‌انداز منطقه دارد. این پارامتر با بهم خوردن چشم انداز هم‌پوشانی داشته همچنین این پارامتر در روش DEMATEL، دارای بیشترین اهمیت و دارای ارتباط دو طرفه با بهم خوردن چشم‌انداز است. لذا وزن نهایی اختصاص داده شده به این پارامتر نیز از مجموع وزن دو پارامتر حفظ جنگل و بهم خوردن چشم انداز (برابر با امتیاز ۰/۰۵۵۷) حاصل گردید.

۵-۴-۶- انرژی و سوخت

مصرف انرژی و سوخت را می‌توان یک پارامتر مستقل دانست که رفتار خاصی در توسعه پایدار ایجاد می‌کند. با توجه به روش DEMATEL اثرگذاری این پارامتر بیشتر از تأثیرپذیری آن بوده و بیشترین تعامل را در بین پارامترهای زیست‌محیطی را داشته باشد. لذا در جدول ۵-۳۱ بر اساس حد مجاز مصرف تجهیزات استخراجی بر حسب (kWh/(t·km) طبقه‌بندی و نشان داده شده است. وزن این پارامتر نیز به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی (برابر با امتیاز ۰/۰۱۳۲) مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۵-۳۱: حد مجاز مصرف انرژی و سوخت

میزان مصرف (kWh/(t·km)	کیفیت
کمتر از ۰/۶	خیلی خوب
۰/۶- ۲/۴	خوب
۲/۴- ۴/۲	متوسط
۴/۲ -۶	بد
بیشتر از ۶	خیلی بد

۵-۴-۷- قیمت تمام شده

این پارامتر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقتصادی که در اکثر مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. این پارامتر می‌تواند نماینده بسیاری از شاخص‌های اقتصادی از قبیل هزینه سرمایه‌ای، هزینه عملیاتی، سهم در تولید زغالسنگ داخلی، نرخ بازگشت سرمایه و نیز ارزش خالص فعلی باشد. از طرفی این پارامتر در دو روش FDAHP و DEMATEL، بیشترین وزن و بیشترین اهمیت را داشته است. همچنین، یک پارامتر بسیار شناخته شده و قابل دسترس می‌باشد. این شاخص در سال ۱۹۸۸ توسط کوپر[1] و همکاران به صورت رابطه زیر ارائه شده است (Cooper et al.,1988):

+ سربار تولید + موجودی کالای+ دستمزد مستقیم تولید + هزینه مواد مستقیم مصرفی = قیمت تمام شده (۵-۱) موجودی کالای ساخته شده پایان دوره - ساخته شده اول دوره برای بدست آوردن پارامتر مورد نظر، قیمت تمام شده کلیه معادن زغالسنگ ایران در سال ۹۵ (جداول پیوست ۱) در نظر گرفته شده است. لذا با توجه به همه تفاسیر، مجموع وزن پنج پارامتر فوق (برابر با امتیاز ۰/۳۰۲۹) به عنوان وزن نهایی پارامتر قیمت تمام شده در سیستم طبقه‌بندی جدید در نظر گرفته شده است (www.ifb.ir).

موارد هزینه سربار تولید عبارتند از:

- هزینه‌های حقوق و دستمزد واحدهای پشتیبانی تولید
- هزینه بهداشت و درمان
- هزینه مرخصی
- هزینه غذا
- هزینه ایاب ذهاب
- لوازم یدکیو ابزار کار مصرفی
- مواد مصرفی کمکی

[1] . Cooper

- نگهداری و تعمیرات ماشین آلات، تأسیسات و ساختمان و ...
- هزینه حمل و نقل و جابجایی
- آب و برق و سوخت
- استهلاک
- هزینه کارآموزی و سمینارهای آموزشی

۵-۴-۸- اشتغال‌زایی

این پارامتر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اجتماعی که در اکثر مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. این پارامتر در دو روش FDAHP و DEMATEL، بیشترین وزن و بیشترین اهمیت را داشته است. همچنین، یک پارامتر بسیار شناخته شده و قابل دسترس می‌باشد. براساس نتایج حاصل از آمار گیری نیروی کار سال ۹۵ نرخ بیکاری ۱۲/۷درصد و نرخ اشتغال ۳۵/۳ درصد بوده که بر همین اساس تقسیم بندی صورت گرفته است. بررسی‌های انجام شده در مورد نرخ بیکاری در معادن زغالسنگ در ایران کمتر از ۱۴درصد سبب تعطیلی معادن شده، برهمین اساس طبقه‌بندی انجام شده است (نتایج طرح آمارگیری نیروی کار درایران سال ۹۵). وزن این پارامتر نیز به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی (برابر با امتیاز ۰/۰۹۹۴) مورد استفاده قرار گرفت.

۵-۴-۹- حفظ حقوق نسل آینده

حفظ حقوق نسل آینده یکی از مهم‌ترین پارامترهای اجتماعی به شمار می‌رود که تأثیر بسیار زیادی بر جامعه و در نهایت توسعه پایدار دارد. این پارامتر در روش FDAHP دارای وزن بالایی است و در روش DEMATEL، تعامل و اهمیت بالایی را دارا است. وزن نهایی اختصاص داده شده به این پارامتر نیز از مجموع وزن سه پارامتر، حفظ حقوق نسل آینده، رضایتمندی افراد بومی و استراتژیک بودن در انرژی (برابر با امتیاز ۰/۱۲۵۶) حاصل گردید.

۵-۴-۱۰- بهداشت، سلامت و ایمنی

با توجه به اینکه کار در معادن سخت، پر ریسک و نیروی کار شاغل در این صنعت همواره در معرض مخاطرات گوناگون سلامت شغلی قرار دارد، همین موضوع باعث شده که این پارامتر بسیار بر توسعه پایدار تأثیرگذار باشد. بهداشت، سلامت و ایمنی را می‌توان یک پارامتر مستقل دانست که رفتار خاصی در جامعه ایجاد می‌کند. با توجه به نتایج حاصل از روش DEMATEL اگرچه این پارامتر از سایر مشخصات اجتماعی اثر می‌پذیرد با این حال اثرگذاری آن بیشتر از تأثیرپذیری آن مورد توجه قرار می‌گیرد. وزن این پارامتر نیز به عنوان وزن نهایی در سیستم طبقه‌بندی (برابر با امتیاز ۰/۰۵۵۹) مورد استفاده قرار گرفت.

۵-۴-۱۱- ایجاد مهارت و دانش

ایجاد مهارت و دانش یکی از مهم‌ترین پارامترهای هر اجتماعی به شمار می‌رود که تأثیر بسیار زیادی بر اقتصاد کشور و در نهایت توسعه پایدار آن دارد. تا زمانی که نیروی کار یک سازمان مهارت و دانش کافی نداشته باشند، آن سازمان قادر نیست از لحاظ اقتصادی و اجتماعی پیشرفت کند. از عمده دلایل استفاده از مهارت و دانش را می‌توان به شهرت و آشنایی خوب کاربران و تأثیر در فرهنگ منطقه عنوان کرد. وزن نهایی اختصاص داده شده به این پارامتر نیز از مجموع وزن دو پارامتر مهارت و دانش و تأثیر در فرهنگ منطقه (برابر با امتیاز ۰/۰۵۱۵) حاصل گردید.

بدین ترتیب وزن هر یک از یازده پارامتر شامل آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی، حفظ جنگل، انرژی و سوخت، قیمت تمام شده، اشتغال‌زایی، حفظ حقوق نسل آینده، بهداشت، سلامت و ایمنی و ایجاد مهارت و دانش برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغالسنگ تعیین شد. شکل ۵-۱۴ مقادیر وزن نهایی این پارامترها را نشان می‌دهد.

۵-۵- سیستم طبقه‌بندی جدید برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ

در سیستم طبقه‌بندی جدید به منظور امتیازدهی به مقادیر مختلف هر پارامتر، بیشترین امتیاز به بهترین وضعیت (خیلی خوب) داده شده است. برای امتیاز حالت‌های خیلی خوب، خوب، متوسط،

ضعیف و خیلی ضعیف به ترتیب ٪۱۰۰، ۷۰٪، ۵۰٪، ۲۵٪ و ۱۰٪ امتیاز ماکزیمم، اختصاص یافته است. بدین ترتیب سعی شد تا سیستم طبقه‌بندی پیشنهادی غیر خطی شود. چراکه یک سیستم غیر خطی بهتر می‌تواند به طبقه‌بندی توسعه پایدار بپردازد (Hoek and Brown, 1994). جدول ۵-۳۲ این سیستم طبقه‌بندی جدید را به همراه ردیف‌های ارزش متعلق به هر پارامتر را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۳۲: سیستم طبقه‌بندی برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ

پارامترها	رده‌بندی اختصاص داده شده				
آلودگی هوا (gr/m^3)	<۱	۵-۱	۱۰-۵	۲۰-۱۰	۲۰<
امتیاز	۱۰/۷۶	۷/۵۳۲	۵/۳۸	۲/۶۹	۱/۰۷۶
آلودگی آب (mg/l)	<۱	۳-۱	۵-۳	۷-۵	۷<
امتیاز	۷/۹۶	۵/۵۷۲	۳/۹۸	۱/۹۹	۰/۷۹۶
آلودگی خاک(mg/kg)	<۱۰	۵۰-۱۰	۱۰۰-۵۰	۱۵۰-۱۰۰	۱۵۰<
امتیاز	۶/۲۴	۴/۳۶۸	۳/۱۲	۱/۵۶	۰/۶۲۴
آلودگی صوتی(dB (A)	<۶۰	۷۵-۶۰	۸۵-۷۵	۹۵-۸۵	۱۵۰<
امتیاز	۴/۴۹	۳/۱۴۳	۲/۲۴۵	۱/۱۲۲۵	۰/۴۴۹
حفظ جنگل	- خطر فرسایش بالا و ایجاد دوباره پوشش گیاهی غیر محتمل. - خطر فرسایش بالاو تأثیر بالای شیب باطله در ایجاد نکردن دوباره پوشش گیاهی. - وجود خطرناک فلزات سمی و سنگین، اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با ایجاد پوشش گیاهی	- نقطه بحرانی فرسایش و احتمال ضعیف موفقیت در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - خطر بحرانی فرسایش و تأثیر بحرانی شیب باطله در ایجاد نکردن دوباره پوشش گیاهی. - وجود بحرانی فلزات سمی و سنگین، اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با ایجاد پوشش گیاهی	- خطر ملایم فرسایش و احتمال متوسط موفقیت در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - خطر ملایم فرسایش و تأثیر متوسط شیب باطله در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - وجود متوسط فلزات سمی و سنگین، اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با ایجاد پوشش گیاهی	- خطر ملایم فرسایش و احتمال بالای موفقیت در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - خطر ملایم فرسایش و تأثیر کم شیب باطله در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - وجود کم فلزات سمی و سنگین، اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با ایجاد پوشش گیاهی	- خطر کم فرسایش و احتمال بسیار بالای موفقیت در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - خطر کم فرسایش و حداقل تأثیر ش یب باطله در ایجاد دوباره پوشش گیاهی. - کنترل آلودگی محیط زیست و پوشش گیاهی - جذب فلزات سمی و سنگین، اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با ایجاد پوشش گیاهی. - ثبات باطله‌ها و بهبود خصوصیات خاک با استقرار پوشش گیاهی.
امتیاز	۵/۵۷	۳/۸۹۹	۲/۷۸۵	۱/۳۹۲۵	۰/۵۵۷
انرژی و سوخت (kWh/(t·km))	<۰/۶	۲/۴-۰/۶	۴/۲-۲/۴	۶-۴/۲	۶<

امتیاز	۱/۳۲	۰/۹۲۴	۰/۶۶	۰/۳۳	۰/۱۳۲
قیمت تمام شده (میلیون ریال بر تن)	<۲۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰	۶۰۰۰۰۰-۴۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰-۶۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰<
امتیاز	۳۰/۲۹	۲۱/۲۰۳	۱۵/۱۴۵	۷/۵۷۳	۳/۰۲۹
اشتغال‌زایی (٪)	<۱۲	۲۰-۱۲	۲۸-۲۰	۳۶-۲۸	۳۶<
امتیاز	۰/۹۹۴	۲/۴۸۵	۴/۹۷	۶/۹۵۸	۹/۹۴
حفظ حقوق نسل آینده	- کنترل کامل انرژی برای جمعیت رو به رشد جهان - حفظ کامل ثروت ملی کشور - رسیدن به اهداف توسعه پایدار - کاهش بیکاری در جامعه - حفاظت از منابع طبیعی تجدید پذیر و حمایت از اکوسیستم و جریان‌های تقویت کننده حیات - در نظر گرفتن تمام سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها، اقدامات و فعالیت‌های صورت گرفته در حوزه مدیریت فرهنگی - نیاز کمتر به تشکیل انجمن بهینه‌سازی مصرف انرژی	- کنترل انرژی برای جمعیت رو به رشد جهان - حفظ ثروت ملی کشور - کاهش بیکاری در جامعه - امنیت شغلی برای افراد بومی	- کنترل نسبی انرژی برای جمعیت رو به رشد جهان - حفظ نسبی ثروت ملی کشور - رسیدن به اهداف توسعه پایدار به طور متوسط - کاهش نسبی بیکاری در جامعه	- عدم کنترل انرژی برای جمعیت رو به رشد جهان - خطر بحرانی حفظ ثروت ملی کشور - خطر بحرانی به اهداف توسعه پایدار - افزایش بیکاری در جامعه - نیاز بحرانی به افزایش سهم انرژی-های تجدیدپذیر در سبد انرژی از طریق اعمال سیاست تعرفه تشویقی	- عدم کنترل انرژی برای جمعیت رو به رشد جهان - عدم حفظ ثروت ملی کشور - نرسیدن به اهداف توسعه پایدار - خطر بحرانی بیکاری در جامعه - عدم توجه به استفاده از منابع زمینی و سهل انگاری در حفاظت منابع طبیعی - نیاز بحرانی به تشکیل انجمن بهینه‌سازی مصرف انرژی
امتیاز	۱۲/۵۶	۸/۷۹۲	۶/۲۸	۳/۱۴	۱/۲۵۶

بهداشت، سلامت و ایمنی	- حفظ سلامتی کارکنان معدن (جلوگیری بیماری‌های ریوی) - حفظ اقتصاد کشور - کنترل قوانین ایمنی در معادن - اجرای یک سیستم مدیریت منظور کاهش یا حذف ریسک‌های ناشی از فعالیت‌ها که می تواند بر کارکنان و یا سایر گروه های ذینفع تاثیر گذار باشد . - اجرا، بر قراری و بهبود مداوم یک سیستم مدیریت - کنترل رفتار ها و توانمندی‌های افراد و دیگر عوامل انسانی - مشارکت مناسب کارکنان در شناسایی شرایط مخاطره آمیز، ارزیابی ریسک و تعیین اقدامات کنترلی - دستیابی به اهداف توسعه پایدار	- حفظ سلامتی کارکنان معدن (جلوگیری بیماری‌های ریوی) - حفظ اقتصاد کشور - کنترل قوانین ایمنی در معادن - اجرای یک سیستم مدیریت منظور کاهش یا حذف ریسک‌های ناشی از فعالیت‌ها که می تواند بر کارکنان و یا سایر گروه های ذینفع تاثیر گذار باشد - اجرا، بر قراری و بهبود مداوم یک سیستم مدیریت - کنترل رفتار ها و توانمندی‌های افراد و دیگر عوامل انسانی - مشارکت مناسب کارکنان در شناسایی شرایط مخاطره آمیز ،ارزیابی ریسک و تعیین اقدامات کنترلی	- حفظ نسبی سلامتی کارکنان معدن (جلوگیری بیماری‌های ریوی) - حفظ نسبی اقتصاد کشور - کنترل نسبی قوانین ایمنی در معادن - اجرای نسبی یک سیستم مدیریت منظور کاهش یا حذف ریسک‌های ناشی از فعالیت‌ها که می تواند بر کارکنان و یا سایر گروه های ذینفع تاثیر گذار باشد . - اجرا، بر قراری و بهبود مداوم یک سیستم مدیریت به طور نسبی - کنترل نسبی رفتار ها و توانمندی‌های افراد و دیگر عوامل انسانی - مشارکت نسبی مناسب کارکنان در شناسایی شرایط مخاطره آمیز ،ارزیابی ریسک و تعیین اقدامات کنترلی - دستیابی نسبی به اهداف توسعه پایدار	- افزایش خطر سلامتی کارکنان معدن (جلوگیری بیماری‌های ریوی) - افزایش خسارت به اقتصاد کشور - کاهش کنترل قوانین ایمنی در معادن - خطر در نظر نگرفتن قوانین یک سیستم مدیریت منظور کاهش یا حذف ریسک‌های ناشی از فعالیت‌ها که می تواند بر کارکنان و یا سایر گروه های ذینفع تاثیر گذار باشد . - عدم اجرا،بر قراری و بهبود مداوم یک سیستم مدیریت - کاهش کنترل رفتار ها و توانمندی‌های افراد و دیگر عوامل انسانی - کاهش مشارکت مناسب کارکنان در شناسایی شرایط مخاطره آمیز ،ارزیابی ریسک و تعیین اقدامات کنترلی - عدم دستیابی به اهداف توسعه پایدار	- عدم حفظ سلامتی کارکنان معدن (جلوگیری بیماری‌های ریوی) - عدم حفظ اقتصاد کشور - عدم کنترل قوانین ایمنی در معادن - عدم اجرای یک سیستم مدیریت منظور کاهش یا حذف ریسک‌های ناشی از فعالیت‌ها که می تواند بر کارکنان و یا سایر گروه های ذینفع تاثیر گذار باشد . - عدم اجرا،بر قراری و بهبود مداوم یک سیستم مدیریت - عدم کنترل رفتار ها و توانمندی-های افراد و دیگر عوامل انسانی - عدم مشارکت مناسب کارکنان در شناسایی شرایط مخاطره آمیز ،ارزیابی ریسک و تعیین اقدامات کنترلی - عدم دستیابی به اهداف توسعه پایدار
	۵/۵۹	۳/۹۱۳	۲/۷۹۵	۱/۳۹۷۵	۰/۵۵۹

ایجاد مهارت و دانش	- نیاز کمتر به رسمی سازی و پذیرش تجارب - نیاز کمتر به تشویق نوآوری و افزایش دانش - نیاز کمتر به ارائه و توزیع دانش جهت استفاده مجدد، کسب آگاهی و یادگیری انجام - نیاز کمتر به سازمان‌دهی ایده‌ها و اطلاعات برای ساختاردهی به اطلاعات در دسترس به طرق مختلف مثل مرتب سازی به ترتیب زمان دسترسی به اطلاعات و غیره - نیاز کمتر کارکنان به دوره‌های آموزشی - کمترین تأثیر گذاری مثبت و منفی در فرهنگ منطقه	- نیاز نسبی به رسمی سازی و پذیرش تجارب - نیاز نسبی به تشویق نوآوری و افزایش دانش - نیاز نسبی به ارائه و توزیع دانش جهت استفاده مجدد، کسب آگاهی و یادگیری انجام - نیاز نسبی به سازمان‌دهی ایده-ها و اطلاعات برای ساختاردهی به اطلاعات در دسترس به طرق مختلف مثل مرتب سازی به ترتیب زمان دسترسی به اطلاعات و غیره - نیاز نسبی کارکنان به دوره‌های آموزشی	- نیاز بیشتر به رسمی سازی و پذیرش تجارب - نیاز بیشتر به تشویق نوآوری و افزایش دانش - نیاز بیشتر به ارائه و توزیع دانش جهت استفاده مجدد، کسب آگاهی و یادگیری انجام - نیاز بیشتر به سازمان‌دهی ایده-ها و اطلاعات برای ساختاردهی به اطلاعات در دسترس به طرق مختلف مثل مرتب سازی به ترتیب زمان دسترسی به اطلاعات و غیره - نیاز بیشتر کارکنان به دوره‌های آموزشی - تأثیر گذاری نسبی در فرهنگ منطقه	- نیاز بیشتر به رسمی سازی و پذیرش تجارب - نیاز بیشتر به تشویق نوآوری و افزایش دانش - نیاز بیشتر به ارائه و توزیع دانش جهت استفاده مجدد، کسب آگاهی و یادگیری انجام - نیاز بیشتر به سازمان‌دهی ایده‌ها و اطلاعات برای ساختاردهی به اطلاعات در دسترس به طرق مختلف مثل مرتب سازی به ترتیب زمان دسترسی به اطلاعات و غیره - نیاز بیشتر کارکنان به دوره‌های آموزشی - خطر تأثیر گذاری مثبت و منفی در فرهنگ منطقه	- نیاز بیشتر به رسمی سازی و پذیرش تجارب - نیاز بیشتر به تشویق نوآوری و افزایش دانش - نیاز بیشتر به ارائه و توزیع دانش جهت استفاده مجدد، کسب آگاهی و یادگیری انجام - نیاز بیشتر به سازمان‌دهی ایده‌ها و اطلاعات برای ساختاردهی به اطلاعات در دسترس به طرق مختلف مثل مرتب سازی به ترتیب زمان دسترسی به اطلاعات و غیره - نیاز بیشتر کارکنان به دوره‌های آموزشی - بیشترین تأثیر گذاری مثبت و منفی در فرهنگ منطقه - عدم در نظر گرفتن تمام سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها، اقدامات و فعالیت‌های صورت گرفته در حوزه مدیریت فرهنگی - عدم در نظر گرفتن استعدادها توانمندی‌های مردم منطقه
امتیاز	۰/۵۱۵	۱/۲۸۷۵	۲/۵۷۵	۳/۶۰۵	۵/۱۵

در سیستم طبقه‌بندی جدید یک اندیس کمّی جدید با نام اندیس توسعه پایدار[1] (SDi) معرفی می-شود. شاخص به دست آمده از این سیستم طبقه‌بندی می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم و کاربردی برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از این شاخص جدید، در مجموع به پایداری امتیازی از ۱۰ تا ۱۰۰ اختصاص داده شده که برای انجام محاسبات رابطه (۵-۲) در نظر گرفته شده است و همچنین شاخص پایداری در پنج کلاس خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۵-۳۳).

$$SD_i = \sum_{i=1}^{11} rate_{SD} \qquad (۵-۲)$$

جدول ۵-۳۳: بازه‌بندی اندیس پایداری در معادن زیرزمینی زغالسنگ

اندیس توسعه پایدار	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۱۰-۲۰
پایداری	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف

۵-۵-۱- ارزیابی سیستم طبقه‌بندی در مجموعه معادن شرکت شمال شرق شاهرود از نظر پایداری

در این بخش از تحقیق به بررسی و ارزیابی سیستم طبقه‌بندی پرداخته می‌شود. با استفاده از جداول ۵-۳۲ و ۵-۳۳ معادن زغالسنگ شمال شرق از لحاظ پایداری مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها در جدول۵-۳۴ آورده شده است. مقادیر اختصاص داده شده به هر پارامتر در هر محل (از ۱۰ تا۱۰۰) با توجه به رده‌بندی‌های تعریف شده در جدول ۵-۳۲ آورده شده است.

نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که مجموعه معادن شرکت شمال شرق از سطح پایداری ضعیفی برخوردار است. بنابراین، به منظور تعیین سطح و ماهیت توسعه پایدار در طبقه بندی انجام شده از روش Phillips نیز برای تعیین پایداری مجموعه معادن شرکت شمال شرق استفاده شده است.

[1] .Sustainable Development index

۵-۶- ارزیابی توسعه پایدار با استفاده از روش Phillips

پس از بدست آوردن نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، باید مؤلفه‌های زیست‌محیطی به دو گروه مؤلفه‌های محیطی (E) و مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}) تقسیم‌بندی شوند. مؤلفه‌های محیطی و انسانی مجموعه معادن شرکت

شمال شرق به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۵-۳۴: طبقه‌بندی مجموعه معادن شرکت شمال شرق شاهرود از نظر پایداری توسعه پایدار

دسته پارامترها	پارامترها	مقدار یا وضعیت	امتیاز
زیست‌محیطی	آلودگی هوا (gr/m^3)	۳/۳۲	۷/۵۳۲
	آلودگی آب (mg/l)	۲/۰۰	۵/۵۷۲
	آلودگی خاک (mg/kg)	۱۵۰	۱/۵۶
	آلودگی صوتی (dB (A))	۷۵	۲/۲۴۵
	حفظ جنگل	کم تا متوسط	۲/۷۸۵
	انرژی و سوخت (kWh/(t·km))	۲/۴	۰/۹۲۴
			$\sum_{i=1}^{6} rate_{EN} = 20.618$
اقتصادی	قیمت تمام شده (میلیون ریال بر تن)	۸۱۰۰۰۰	۳/۰۲۹
			$\sum_{i=1}^{1} rate_{EC} = 3.029$
اجتماعی	اشتغال‌زایی (٪)	۲۵	۴/۹۷
	حفظ حقوق نسل آینده	کم تا متوسط	۶/۲۸
	بهداشت، سلامت و ایمنی	کم تا متوسط	۱/۳۹۸
	ایجاد مهارت و دانش	متوسط	۲/۵۷۵
			$\sum_{i=1}^{1} rate_{S} = 15.223$
$SD_i = \sum_{i=1}^{11} rate_{SD} = 38.87$			

- تعیین مؤلفه‌های زیست‌محیطی (E) شامل:
  - اتمسفر (A): کیفیت هوا (A_1)، آرامش صوتی (A_2)

- بیوسفر (B): اکولوژی (B_1)
- هیدروسفر (H): آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی (H_1)
- لیتوسفر (L): چشم‌انداز منطقه (L_1) و خاک منطقه (L_2)

- تعیین مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}) شامل:
  - سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1})
  - مسائل اجتماعی (H_{NI2})
  - مسائل اقتصادی (H_{NI3})

برای بدست آوردن مقادیر (E) و (H_{NI}) می‌توان از رو ابط ۲-۴ و ۲-۵ استفاده کرد. بنابراین، ابتدا باید حداکثر مؤلفه‌های (E) و(H_{NI}) تعیین شود. از آن‌جا که مقدار ماکزیمم برای هر مؤلفه (E) و (H_{NI})۱۰۰ (درصد) است. لذا، مقادیر A_{max}، B_{max}، H_{max}، L_{max}، E_{max} و H_{NImax} با توجه به تعداد مؤلفه‌های آن‌ها به ترتیب ۲۰۰، ۲۰۰، ۲۰۰، ۲۰۰، ۸۰۰، ۳۰۰ می‌باشد.

حال، با استفاده از نتایج ارزیابی توسعه پایدار مجموعه معادن شرکت شمال شرق، روابط ۲-۴ و ۲-۵ می توان مقادیر (E) و (H_{NI}) را محاسبه کرد.

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

$$E = \frac{(184.75) + (94.43) + (192.04) + (191.47)}{800} = 0.83$$

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

$$H_{NI} = \frac{(33.24) + (69.71)}{300} = 0.34$$

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. باتوجه به مقادیر محاسباتی برای مجموعه معادن شرکت شمال شرق شاهرود، $E > H_{NI}$ است و لذا پروژه پایدار ارزیابی می‌شود.

در نهایت با بکارگیری رابطه ۲-۶، میزان پایداری مجموعه معادن شرکت شمال شرق محاسبه شده است:

$S = E - H_{NI} = 0.83 - 0.34 = 0.49$

با توجه به مقدار محاسبه شده S و محدوده مشخص شده در جدول ۲-۶ نشان می‌دهد که میزان پایداری مجموعه معادن شرکت شمال شرق در کلاس ضعیف قرار دارد.

۵-۷- اقدامات لازم برای افزایش توسعه پایدار

همان‌طور که در بخش ۵-۶ و ۵-۷ ملاحظه شد، مجموعه معادن شمال شرق از سطح پایداری ضعیفی برخوردار است، بدین منظور، اقدامات پیشگیرانه زیر ضروری بنظر می‌رسد.

- با توجه به شیب زیاد و ضخامت کم اکثر لایه‌های موجود در منطقه نمی‌توان از سیستم‌های تمام مکانیزه شیرر لودر استفاده کرد، اما می‌توان ازسیستم نیمه مکانیزه رنده و ناوزنجیری استفاده کرد که در این صورت سبب افزایش تولید (بر اساس روش DEMATEL سبب افزایش اشتغال‌زایی)، کاهش گردوغبار در هوا (بر اساس روش DEMATEL سبب افزایش سلامت و ایمنی)، کاهش انتشار گاز متان (بر اساس روش DEMATEL سبب افزایش سلامتی و ایمنی)، سرمایه اولیه کم و هزینه تعمیر و نگه‌داری کم (بر اساس روش DEMATEL سبب کاهش قیمت تمام شده)، می‌شود که همه موارد ذکر شده سبب افزایش توسعه پایدار می‌شود.
- در صورت امکان از روش‌های پر کردن هیدرولیکی، پنوماتیکی یا مکانیکی استفاده شود که در این صورت باعث کاهش نشت هوا به فضای استخراج شده می‌شود در این صورت بر اساس روش DEMATEL ایمنی و سلامت کارکنان کنترل و افزایش می‌یابد، در نتیجه پایداری افزایش می‌یابد.

- هنگام استفاده از ماشین‌آلات حفاری که سیستم‌های آب‌پاشی گرد وغبار دارند و آب آن‌ها بازیافت می‌شود باید توجه داشت که هرچه آب کثیف‌تر باشد به همان نسبت راندمان ماشین برای کاهش گرد و غبار پایین می‌آید که سبب کاهش پایداری می‌شود.
- بکارگیری سیستم‌های نظارتی و قوانین سخت‌گیرانه به طور مثال وسایل آشکارکننده دود (بر اساس روش DEMATEL سبب افزایش سلامتی)، جلوگیری از تخلیه باطله‌ها در نزدیکی رودخانه‌ها (بر اساس روش DEMATEL سبب آلودگی آب، خاک و هوا) در نتیجه پایداری افزایش می‌یابد.
- برای جلوگیری از تخریب چشم‌اندازها می‌توان گودالهای قدیمی را که قبلا تخریب شده‌اند با استفاده از باطله‌ها پرکرد و از بد منظره شدن آن جلوگیری نمود.
- از تکنولوژی‌های کنترلی برای جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک و هوا استفاده کرد مانند استفاده از بادشکن‌ها در محل دپو باطله، تثبیت‌کننده‌های گرد و غبار در منطقه (بر اساس روش DEMATEL سبب کاهش آلودگی آب، هوا، خاک، حفظ جنگل‌ها، افزایش سلامتی) در نتیجه پایداری افزایش می‌یابد.
- تمیز کردن نوارها و از بین بردن گرد و غبار در سطح نوارها، زیر نوارها، قرقره‌ها و سایر نقاط این تجهیزات الزامی است.
- کنترل فرسایش و زهکشی مناسب برای جلوگیری از صدمه دیدن خاک و کاهش آلودگی آن در حین بارندگی و کاهش سایر آلاینده‌ها ضروری است.
- برگزاری کلاس‌هایی که سبب افزایش آگاهی کارکنان شود، در نتیجه پایداری افزایش می‌یابد.
- کاشت درخت، بوته و گیاهان بر روی سنگرهای باطله در صورت امکان: طبق مطالعه‌ای در هند صورت گرفته است چهار گونه درخت (آکاکیا آریکالیفرمیس[1]، کاسیا[2]، جگ[3] و لیوسنا[4])

1.Acacia auriculiformis
2.Cassia
3. Dalbergia sissoo
4.Leucaena leucocephal

تا حد زیادی می‌تواند کیفیت خاک معدن را تغییر دهد خاک معدن را اصلاح کند (Mukhopadhyay et al., 2015).

- رعایت استانداردهای مجاز در زمینه سر و صدا، استفاده از گوشی‌های محافظ و استاندارد ضروری است.
- نصب صدا خفه کن بر روی اگزوز تجهیزات بارگیری که موتور دیزلی دارند.
- بکارگیری روش‌های مناسب برای استخراج زغال به منظور جلوگیری از بین رفتن زغال به منظور حفظ حقوق نسل آینده.

۵-۸- نتیجه‌گیری

در این فصل ابتدا با استفاده از روش DEMATEL به تحلیل ساختاری پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدارپرداخته شد و در ادامه با استفاده از روش FDAHP وزن پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار مشخص تعیین شد و در نهایت شاخصی برای ارزیابی توسعه پایدار در مجموعه معادن شرکت شمال شرق ارائه شد.

با تمرکز بر دو روش DEMATEL و FDAHP طبقه‌بندی جدیدی ارائه شده است. مشخص شد پارامترهایی نظیر آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی، حفظ جنگل، انرژی و سوخت، قیمت تمام شده، اشتغال‌زایی، حفظ حقوق نسل آینده، بهداشت، سلامت و ایمنی و ایجاد مهارت و دانش بیشترین تأثیر را در ناپایداری توسعه پایدار دارند.

در نهایت، نتایج حاصل از طبقه‌بندی جدید نشان می‌دهد که مجموعه معادن شرکت شمال شرق از سطح پایداری ضعیفی برخوردار است و مقایسه نتایج حاصل از روش فلیپس در منطقه مورد مطالعه نشان داد که تطابق نسبتاً خوبی بین نتایج وجود دارد. همچنین، یک اعتبار سنجی اولیّه برای سیتم طبقه‌بندی ارائه شده می‌باشد. در فصل بعدی به جمع‌بندی نهایی و نتیجه‌گیری پژوهش حاضر پرداخته می‌شود.

فصل ششم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱-جمع‌بندی و نتیجه گیری

بخش معدن و صنایع معدنی در بسیاری از کشورها از جمله مهم‌ترین مسیرها در رسیدن به توسعه پایدار می‌باشد. این بخش مهم در برخی از کشورها علاوه بر اینکه منجر به توسعه پایدار نشده، بلکه به عنوان منبع اصلی درآمدی دولت یک نظام ناکارآمد را به وجود آورده است. مهم‌ترین اصل در رسیدن به توسعه پایدار از طریق گسترش بخش معدن و صنایع معدنی، توجه همزمان به سه اصل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی بخش معدن است. هرگاه به این سه بخش در کشوری به طور همزمان توجه شده، بخش معدن، توسعه بالاتر و به تبع آن توسعه اقتصادی پایدار را تجربه کرده‌اند. این تجربه می‌تواند به کشورهای در حال توسعه در رسیدن به توسعه پایدار کمک کند. بنابراین توسعه پایدار در کشورهای دارای منابع معدنی، با در نظر گرفتن همزمان سه پارامتر مهم امکان‌پذیر بوده و بی‌توجهی به هر یک، علاوه بر آنکه موجب رشد و توسعه پایدار نمی‌شود بلکه آثار زیانباری را نیز به دنبال خواهد داشت.

استخراج زغال‌سنگ چه به صورت زیرزمینی یا روباز و سایر فعالیت‌های معدنکاری در منطقه‌ای که معادن زغال‌سنگ در آن قرار دارد، محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع منطقه را به صورت‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل در این پایان‌نامه، ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ مورد مطالعه قرار گرفته است. این تحقیق شامل هفت مرحله اصلی است:

مرحله اول، مطالعات مهم و مؤثر در حوزه ارزیابی توسعه پایدار در طی سال‌های اخیر ارائه شده‌اند مورد بررسی قرار گرفتند. با بررسی دقیق مطالعات پیشین، نقاط ضعف و قوت این مطالعات تعیین شد که با استفاده از این مطالعات پارامترهای مهم توسعه پایدار تعیین گردید.

مرحله دوم، پارامترهای مهم و مؤثر بر توسعه پایدار مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند که بیست پارامتر برای ارزیابی توسعه پایدار در معدن‌کاری زغالسنگ در سه دسته زیست‌محیطی، اقتصادی و

اجتماعی انتخاب شد. در ادامه فرم‌های نظرسنجی آماده شد و در میان متخصصان شد، نظرات کیفی ۱۵ نفر از متخصصان جمع‌آوری شد، با بررسی نتایج بدست آمده از نظرسنجی‌های انجام شده مشخص شد که در یک معدن زیرزمینی زغال‌سنگ هر سه پارامتر توسعه پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. با توجه به بررسی مطالعات دقیق گذشتگان مشخص شد تاکنون یک روش جامع جهت ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ که ضریب تأثیر اهمیت پارامترها را بر روی یکدیگر لحاظ کرده باشد ارائه نشده بود و در این تحقیق سعی شد تا یک رهیافت جدید برای ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ ارائه شود.

مرحله سوم، به عنوان یکی از اصلی‌ترین بخش‌های پایان‌نامه به تحلیل ساختاری پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ با استفاده از DEMATEL پرداخته شده است که با اهمیت‌ترین پارامترها مشخص شد.

مرحله چهارم، وزن و اهمیت پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار با استفاده از FDAHP محاسبه شده است.

مرحله پنجم، بعد از تعیین میزان تأثیرگذاری پارامترها بر یکدیگر با استفاده از روش DEMATEL و محاسبه وزن هر پارامتر با استفاده از روش FDAHP، سیستم طبقه‌بندی جدیدی بر مبنای ۱۱ پارامتر (آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی، حفظ جنگل، انرژی و سوخت، قیمت تمام شده، اشتغال‌زایی، حفظ حقوق نسل آینده، بهداشت، سلامت و ایمنی و ایجاد مهارت و دانش) مؤثر بر توسعه پایدار پیشنهاد شد. این سیستم که اندیس توسعه پایدار (SDi) نامیده شده است، امتیازی از ۱۰ تا ۱۰۰ را به توسعه پایدار اختصاص می‌دهد. ارزیابی توسعه پایدار در معادن زیرزمینی زغالسنگ در پنج کلاس خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی می‌شود.

مرحله ششم، به منظور ارزیابی توسعه پایدار سیستم طبقه‌بندی پیشنهاد شده، میزان پایداری مجموعه معادن شرکت شمال‌شرق شاهرود برای انجام مطالعات موردی انتخاب شدند. با توجه به

مطالعات انجام شده با استفاده از سیستم طبقه‌بندی جدید، مشخص شد که مجموعه معـادن شـرکت شمال‌شرق شاهرود در سطح پایداری ضعیفی قرار دارند.

مرحله هفتم، به منظور اعتبار سنجی سیستم طبقه‌بندی جدید از روش فلیپس استفاده شد. بین نتایج حاصل از روش فلیپس و سیستم طبقه‌بندی در منطقه مورد مطالعه، تطابق نسبتاً خوبی وجود دارد.

۶-۲- پیشنهادها برای تحقیقات آتی

به منظور ارزیابی توسعه پایدار تلاش شد که این ارزیابی پیشنهادی به بهترین نحو ممکن در زمان مورد نظر اجرا شود. در همین راستا، به منظور بهبود تحقیقات آتی در زیر پیشنهاداتی ارائه می‌شود که بتوان با صرف زمان بیشتر به سمت ایده‌های جدیدتر حرکت نمود و همچنین بتوان به عنوان خط-مشی جهت انجام تحقیقات بعدی استفاده کرد.

- اولین قدم حرکت به سمت توسعه پایدار فرهنگ‌سازی است، باید فرهنگ‌سازی حفظ محیط-زیست از دوران پی‌جویی کانسار شروع گردد و باید این تفکر در وجود هر فردی نهادینه شود که حفظ محیط‌زیست ابتدا سبب بهبود کیفیت زندگی خودمان می‌گردد و اولین نافع آن خود فرد می‌باشد.
- در این پایان‌نامه سیستم طبقه‌بندی برای سه معدن از مجموعه معادن زغالسنگ شرکت شمال شرق پیاده‌سازی شد و نتایج قابل قبولی از نظر ارزیابی توسعه پایدار حاصل شد. لذا پیشنهاد می‌شود که در سایر معادن این سیستم در آن‌ها پیاده‌سازی و نتایج بررسی شود.
- در این پایان‌نامه اندیس SDi ارائه شده با استفاده از تحلیل میزان تأثیرگذاری پارامترها با روش DEMATEL و وزن‌دهی با روش FDAHP محاسبه شده است. لذا پیشنهاد می‌شود با استفاده از روش FUZZY DEMATEL این اندیس محاسبه و نتایج آن با شاخص ارائه شده مقایسه شود.

- می‌توان با استفاده از روش‌های هوشمند نیز به تحلیل ارزیابی توسعه پایدار زغالسنگ پرداخت. شایان ذکر است هر یک از عناوین مذکور، نیاز به یک پژوهش مستقل و جامع داشته و در چهارچوب یک طرح پژوهشی و یا پایان‌نامه جداگانه می‌توانند مطرح شوند.
- پیشنهاد می‌شود در معادن قوانین و مقررات توسعه‌پایدار به صورت شدیدتری با جریمه‌های سنگین‌تر برقرار گردد. در نهایت می‌توان بیان داشت که مطالعات کاربردی بیشتری در این زمینه باید انجام گیرد زیرا حفظ منابع معدنی بسیار با اهمیت می‌باشد.

منابع

Adibi, N., Ataee-pour, M. and Rahmanpour, M., (2015). Integration of sustainable development concepts in open pit mine design. Journal of Cleaner Production, 108, 1037-1049.

Albert, R. E. (1994). Carcinogen risk assessment in the US Environmental Protection Agency. Critical reviews in toxicology, 24(1), 75-85.

Ali, S. A. M., Sorooshian, S., and Kie, C. J. (2016). Modelling for Causal Interrelationships by DEMATEL.

Allan, R. (1995). Introduction: sustainable mining in the future. Journal of Geochemical Exploration, 52(1-2), 1-4.

Amankwah, R. K., and Anim-Sackey, C. (2003). Strategies for sustainable development of the small-scale gold and diamond mining industry of Ghana. Resources Policy, 29(3), 131-138.

Ataei, M., Tajvidi Asr, E., Khalokakaie, R., Ghanbari, K., and Tavakoli Mohammadi, M. R. (2016). Semi-quantitative environmental impact assessment and sustainability level determination of coal mining using a mathematical model. Journal of Mining and Environment, 7(2), 185-193.

Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. Journal of cleaner production, 12(6), 639-662.

Babi, D. K., Holtbruegge, J., Lutze, P., Gorak, A., Woodley, J. M., and Gani, R. (2015). Sustainable process synthesis–intensification. Computers & Chemical Engineering, 81, 218-244.

Bai, C. and Sarkis, J. (2013). A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors, Int. J. Production Economics, (146), 281–292.

Bojórquez-Tapia, L. A., nad García, O. (1998). An approach for evaluating EIAs—deficiencies of EIA in Mexico. Environmental Impact Assessment Review, 18(3), 217-240.

Brundtland Report. (1987). Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development United Nations.

Brunnschweiler, C. N. (2008). Cursing the blessings? Natural resource abundance, institutions, and economic growth. World development, 36(3), 399-419.

Burchart-Korol, D., Krawczyk, P., Czaplicka-Kolarz, K., Turek, M., and Borkowski, W. (2014). Development of sustainability assessment method of coal mines. Journal of Sustainable Mining, 13(4), 5-11.

Cashore, B. (2002). Legitimacy and the privatization of environmental governance: How non–state market–driven (NSMD) governance systems gain rule–making authority. Governance, 15(4), 503-529.

Chang, B., Chang, C. W. and Wuc, C. H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria, Expert Systems with Applications, (38) 1850–1858.

Chang, K. H., Chang, Y. C., and Lee, Y. T. (2014). Integrating TOPSIS and DEMATEL Methods to Rank the Risk of Failure of FMEA. International Journal of Information Technology & Decision Making, 13(06), 1229-1257.

Cheng, J. H., and Tang, C. H. (2009). An application of fuzzy Delphi and fuzzy AHP for multi-criteria evaluation on bicycle industry supply chains. WSEAS Transactions on Systems and Control, 4(1), 21-34.

Cheng, J. H., Lee, C. M., and Tang, C. H. (2009). An application of fuzzy Delphi and fuzzy AHP on evaluating wafer supplier in semiconductor industry. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 6(5), 756-767.

Chikkatur, A. P., Sagar, A. D. and Sankar, T. L. (2009). Sustainable development of the Indian coal sector. Energy, 34(8), 942-953.

Cooper, R., and Kaplan, R. S. (1988). How cost accounting distorts product costs. Strategic Finance, 69(10), 20.

Craynon, J. R. (2011). Approaches and Barriers to Incorporating Sustainable Development Into Coal Mine Design (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

Czaplicka-Kolarz, K., Krawczyk, P., Burchart-Korol, D. (2013). Metodyka oceny podziemnego zgazowania węgla w aspekcie zrównoważonego rozwoju Polski [Assessment methods of the underground coal gasification process in terms of the sustainable development in Poland]. Przegląd Górniczy, 69(2), 194–199.

Danicic, D., Mitrovic, S., Pavlovic, V. and Kovacev, S. (2009). Sustainable development of lignite production on open cast mines in Serbia. Mining Science and Technology (China), 19(5), 679-683.

Ditsele, O., and Awuah-Offei, K. (2012). Effect of mine characteristics on life cycle impacts of US surface coal mining. The International Journal of Life Cycle Assessment, 17(3), 287-294.

Dontala, S. P., Reddy, T. B., and Vadde, R. (2015). Environmental aspects and impacts its mitigation measures of corporate coal mining. Procedia Earth and Planetary Science, 11, 2-7.

Dubiński, J. (2013). Sustainable development of mining mineral resources. Journal of Sustainable Mining, 12(1), 1-6.

Durucan, S., Korre, A., and Munoz-Melendez, G. (2006). Mining life cycle modelling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. Journal of Cleaner Production, 14(12), 1057-1070.

ESCOP, (1990). Environmental impact assessment, Guideline for water resources development.

Evans, A., Strezov, V., and Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. Renewable and sustainable energy reviews, 13(5), 1082-1088.

Fadaei, M., and Homayounfar, M. (2015). A hybrid BSC-DEMATEL-FIS approach for performance measurement in Food Industry. Iranian Journal of Optimization, 7(2), 849-862.

Falatoonitoosi, E., Ahmed, S., and Sorooshian, S. (2014). Expanded DEMATEL for determining cause and effect group in bidirectional relations. The Scientific World Journal, 2014.

Falatoonitoosi, E., Leman, Z., and Sorooshian, S. (2013). Modeling for green supply chain evaluation. Mathematical Problems in Engineering, 2013.

Fleury, A. M., & Davies, B. (2012). Sustainable supply chains—minerals and sustainable development, going beyond the mine. Resources policy, 37(2), 175-178.

Folchi, R. (2003, February). Environmental impact statement for mining with explosives: a quantitative method. In PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE ON EXPLOSIVES AND BLASTING TECHNIQUE (Vol. 2, pp. 285-296). ISEE; 1999.

Fontela, E. and Gabus A., (1972). World Problems an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL, Battelle Geneva Research Centre, Switzerland, Geneva.

Fontela, E. and Gabus A., (1974). DEMATEL, innovative methods, Report no. 2, Structural analysis of the world problematique. Battelle Geneva Research Institute.

Fontela, E. and Gabus A., (1976). The DEMATEL observer, Battelle Institute, Geneva Research Center.

Fuming, L., Qingxiang, C., Shuzhao, C., and Wei, Z. (2015). A comparison of the energy consumption and carbon emissions for different modes of transportation in open-cut coal mines. International Journal, 2, 015.

Gabus, A. and Fontela, E. (1973). Perceptions of the world problematique: communication procedure, communicating with those bearing collective responsibility (DEMATEL Report no.1). Battelle Geneva Research Centre, Geneva, Switzerland.

Giannopoulou, I. P., and Panias, D. (2006). Sustainable Development of Mining and Metallurgy in Relation to the EU Environmental Legislation. In 3rd International Conference on Waste Secondary Raw Materials, 12, 105- 110.

Hilson, G. (2000). Sustainable development policies in Canada's mining sector: an overview of government and industry efforts. Environmental Science & Policy, 3(4), 201-211.

Hilson, G., and Murck, B. (2001). Progress toward pollution prevention and waste minimization in the North American gold mining industry. Journal of cleaner production, 9(5), 405-415.

Hagebro, C. (1998). Flood Damage Assessment in Dac Lac Province, Vietnam. In: Jensen, K., Ed., Environmental Impact Assessment Using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM), Olsen & Olsen, Fredensborg, 28-36.

Hendryx, M. (2009). Mortality from heart, respiratory, and kidney disease in coal mining areas of Appalachia. International archives of occupational and environmental health, 82(2), 243-249.

Hendryx, M., and Holland, B. (2016). Unintended consequences of the Clean Air Act: Mortality rates in Appalachian coal mining communities. Environmental Science & Policy, 63, 1-6.

Ho, L. H., Feng, S. Y., Lee, Y. C., and Yen, T. M. (2012). Using modified IPA to evaluate supplier's performance: Multiple regression analysis and DEMATEL approach. Expert Systems with Applications, 39(8), 7102-7109.

Hong-guang, L. I. U. (2011). 2, LIU Wei-dong1, 2, LIU Zhi-gao1, 2 (1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling CAS, Beijing 100101, China; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research CAS, Beijing 100101, China); The Quantitative Study on Inter-Regional Industry Transfer [J]. China Industrial Economics, 6.

Hoseinie, S. H., Ataei, M., and Osanloo, M. (2009). A new classification system for evaluating rock penetrability. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 46(8), 1329-1340.

Izadi, H., and Hamidi, N. (2012). Prioritizing turnover decision factors using the DEMATEL method. International Journal of Research in Social Sciences, 2(3), 1.

Jay, S., Jones, C., Slinn, P., and Wood, C. (2007). Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. Environmental impact assessment review, 27(4), 287-300.

Johnston, F., and Bowman, D. (2014). Bushfire smoke: an exemplar of coupled human and natural systems. Geographical Research, 52(1), 45-54.

Kahraman, C., Cebeci, U., and Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. International Journal of Production Economics, 87(2), 171-184.

Kowalska, I. J. (2014). Risk management in the hard coal mining industry: Social and environmental aspects of collieries' liquidation. Resources Policy, 41, 124-134.

Kumah, A. (2006). Sustainability and gold mining in the developing world. Journal of Cleaner Production, 14(3), 315-323.

Learmont, D. (1997). Mining must show that it is sustainable. Mining Engineering, 49(1), 1-12.

Lee, H. S., Tzeng, G. H., Yeih, W., Wang, Y. J. and Yang, S. C. (2013). Revised DEMATEL: resolving the infeasibility of DEMATEL. Applied Mathematical Modelling, 37(10), 6746-6757.

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., and Balsley, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Washington: Geological Survey Circular 645, 13 pp.

Li, H., Ji, H., Shi, C., Gao, Y., Zhang, Y., Xu, X., and Xing, Y. (2017). Distribution of heavy metals and metalloids in bulk and particle size fractions of soils from coal-mine brownfield and implications on human health. Chemosphere.

Lin, C. L. and Tzeng, G. H. (2009). A value-created system of science (technology) park by using DEMATEL. Expert systems with applications, 36(6), 9683-9697.

Liou, J.J.H., Yen, L. and Tzeng, G.H. (2008). Building an effective safety management system for airlines, J. Air Transp. Manage. 14, 20–26.

Liphadzi, S. M. and Vermaak, A. P., (2015). Assessment of employees' perceptions of approaches to sustainable water management by coal and iron ore mining companies. Journal of Cleaner Production.

Liu, Y. C., and Chen, C. S. (2007). A new approach for application of rock mass classification on rock slope stability assessment. Engineering geology, 89(1), 129-143.

Lu, J., and Lora-Wainwright, A. (2014). Historicizing sustainable livelihoods: a pathways approach to lead mining in rural central China. World Development, 62, 189-200.

Marker, B. R., Petterson, M. G., McEvoy, F. and Stephenson, M. H. (2005). Sustainable minerals operations in the developing world: introduction. Geological Society, London, Special Publications, 250(1), 1-4.

McCullough, C. D., and Lund, M. A., (2006). Opportunities for sustainable mining pit lakes in Australia. Mine Water and the Environment, 25(4), 220-226.

Meech JA. (1999). A review of CERM3's activities: Year 1.

Melody, S. M., and Johnston, F. H. (2015). Coal mine fires and human health: What do we know?. International Journal of Coal Geology, 152, 1-14.

Mentes, A., Akyildiz, H., Yetkin, M. and Turkoglu, N. (2015). A FSA based fuzzy DEMATEL approach for risk assessment of cargo ships at coasts and open seas of Turkey. Safety Science, (79), 1–10.

Milanez, B., and de Oliveira, J. A. P. (2013). Innovation for sustainable development in artisanal mining: Advances in a cluster of opal mining in Brazil. Resources Policy, 38(4), 427-434.

Mining, Minerals, and Sustainable Development (MMSD). (2002). Project, Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development, Earthscan for IIED and WBCSD.

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(8), 2422-2435.

Mishra, A. K., Maiti, S. K., and Pal, A. K. (2013). Status of PM^ sub 10^ bound heavy metals in ambient air in certain parts of Jharia coal field, Jharkhand, India. International Journal of Environmental Sciences, 4(2), 141.

Mitich, M. (2010). Sustainable approaches to a reform of coal mining industry in Serbia. Journal of Sustainable Development, 3(1), 61.

Mukhopadhyay, L. (2013). Sustainable Development-A Path Dependent Analysis to the Rat Hole Coal Mining in Jaintia Hills District, India (No. 201306).

National Academy of Sciences, (1996). Mineral Resources and Sustainability; Challenges for Earth Scientists, Commission on Geosciences, Environment and Resources, National Academy Press, Washington.

Osanloo, M., Rashidinejad, F., and Rezai, B. (2008). Incorporating environmental issues into optimum cut-off grades modeling at porphyry copper deposits. Resources Policy, 33(4), 222-229.

Pastakia, C. M., and Jensen, A. (1998). The rapid impact assessment matrix (RIAM) for EIA. Environmental Impact Assessment Review, 18(5), 461-482.

Pastakia, C. M. R. (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.

Phillips, J. (2010). Evaluating the level and nature of sustainable development for a geothermal power plant. Renewable and sustainable energy reviews, 14(8), 2414-2425.

Phillips, J. (2011). The conceptual development of a geocybernetic relationship between sustainable development and environmental impact assessment. Applied Geography, 31(3), 969-979.

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.

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(14), 7839-7854.

Rahimdel, M. J., and Bagherpour, R.(2016). Haulage system selection for open pit mines using fuzzy MCDM and the view on energy saving. Neural Computing and Applications, 1-13.

Rajaram, V., and Parameswaran, K., (2005). What is sustainable mining, In: Sustainable mining practices- a global perspective, 300.

Rankin, W. J. (2011). Minerals, metals and sustainability: meeting future material needs, Collingwood, Vic.: CSIRO Pub.

Rashidinejad, F., Osanloo, M., and Rezai, B., (2008). An environmental oriented model for optimum cut-off grades in open pit mining projects to minimize acid mine drainage. International Journal of Environmental Science & Technology, 5(2), 183-194.

Saaty T. and Alexander J., (1981), "Thinking with models: Mathematical models in the physical, biological, and social sciences", Volume 2, 1st edition, Pergamon Press (Oxford and New York), pp. 181, ISBN: 0080264751.

Sahu, P., & Lokhande, R. D. (2015). An Investigation of Sinkhole Subsidence and its Preventive Measures in Underground Coal Mining. Procedia Earth and Planetary Science, 11, 63-75.

Seyed-Hosseini, S. M., Safaei, N., and Asgharpour, M. J. (2006). Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique. Reliability Engineering & System Safety, 91(8), 872-881.

Si, H., Bi, H., Li, X. and Yang, C. (2010). Environmental evaluation for sustainable development of coal mining in Qijiang, Western China. International Journal of Coal Geology, 81(3), 163-168.

Sontamino, P. and Drebenstedt, C., (2011). Decision Support System of Coal Mine Planning Using System Dynamics Model: Introduction and Reviews. 6th Freiberg-St. Petersburg Kolloquium junger Wissenschaftler, Freiberg, Germany.

Sumrit, D., and Anuntavoranich, P. (2013). Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in Thai technology-based firms. Int Trans J Eng Manag Appl Sci Technol, 4(2), 081-103.

Suo, W. L., Feng, B., and Fan, Z. P. (2012). Extension of the DEMATEL method in an uncertain linguistic environment. Soft Computing, 16(3), 471-483.

Tamura, H., and Akazawa, K. (2005). Stochastic DEMATEL for structural modeling of a complex problematique for realizing safe, secure and reliable society. Journal of telecommunications and information technology, 139-146.

Tang, Z., Chai, M., Cheng, J., Jin, J., Yang, Y., Nie, Z., and Li, Y. (2017). Contamination and health risks of heavy metals in street dust from a coal-mining city in eastern China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 138, 83-91.

Tzeng, G. H., Chiang, C. H. and Li, C. W. (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. Expert systems with Applications, 32(4), 1028-1044.

Tzeng, G. H., and Huang, C. Y. (2012). Combined DEMATEL technique with hybrid MCDM methods for creating the aspired intelligent global manufacturing & logistics systems. Annals of Operations Research, 197(1), 159-190.

Uddin, N., Blommerde, M., Taplin, R. and Laurence, D. (2015). Sustainable development outcomes of coal mine methane clean development mechanism Projects in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45, 1-9.

Van Dijk, P., Zhang, J., Jun, W., Kuenzer, C., and Wolf, K. H. (2011). Assessment of the contribution of in-situ combustion of coal to greenhouse gas emission; based on a comparison of Chinese mining information to previous remote sensing estimates. International Journal of Coal Geology, 86(1), 108-119.

Vengosh, A., Lindberg, T. T., Merola, B. R., Ruhl, L., Warner, N. R., White, A and Di Giulio, R. T. (2013). Isotopic imprints of mountaintop mining contaminants. Environmental science & technology, 47(17), 10041-10048.

Villas Bôas, R. C., Shields, D., Solar, S., Anciaux, P., and Onal, G. (2005). A review on indicators of sustainability for the minerals extraction industries. Rio de Janeiro, Brasil.

Von Below, M. A. (1993). Sustainable mining development hampered by low mineral prices. Resources Policy, 19(3), 177-181.

Wang, Y. L. and Tzeng, G. H. (2012). Brand marketing for creating brand value based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP and VIKOR methods. Expert Systems with Applications, 39(5), 5600-5615.

WCED (World Commission on Environment and Development), (1987). Our Common Future (Brundlandt Report), World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.

Weber-Fahr, M. (2002). Treasure or trouble? Mining in developing countries. World Bank and International Finance Corporation, Washington DC.

Widodo, S., Oschmann, W., Bechtel, A., Sachsenhofer, R. F., Anggayana, K., and Puettmann, W. (2010). Distribution of sulfur and pyrite in coal seams from Kutai Basin (East Kalimantan, Indonesia): implications for paleoenvironmental conditions. International Journal of Coal Geology, 81(3), 151-162.

Worrall, R., Neil, D., Brereton, D., and Mulligan, D. (2009). Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine land. Journal of Cleaner Production, 17(16), 1426-1434.

راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی www.ime.org.ir

فرابورس ایران شرکت www.ifb.i.r

Xu, J., Wu, D. D., and Dong, R. (2010). Sustainable development and planning of coal industry under uncertainty using system dynamic and stochastic programming. International Journal of Environment and Pollution, 42(4), 371-387.

Zhang, Y., Sun, Y., and Qin, J. (2012). Sustainable development of coal cities in Heilongjiang province based on AHP method. International Journal of Mining Science and Technology, 22(1), 133-137.

.

پیوست

جدول پیوست ۱: قیمت تمام شده در معادن زغالسنگ

قیمت تمام شده محصول معادن شرکت پرورده طبس

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
هزینه مواد اولیه مصرفی	۵۳۴۵۷۵
هزینه دستمزد مستقیم	۷۵۴۷
سربار تولید	۴۷۳۵۳
جمع هزینه‌های تولید	۵۸۹۴۷۵
موجودی کالای در جریان ساخت ابتدای سال	۵۹۶۵۱
موجودی کالای در جریان ساخت پایان سال	۷۲۱۳۰
بهای تمام شده	۵۷۶۹۹۶

قیمت تمام شده محصول معدن شرکت شمال شرق

شرح	مبلغ (ریال)
هزینه مواد اولیه مصرفی	۰
هزینه دستمزد مستقیم	۵۴۶۰۹۵۰۰۷۸۰
سربار تولید	۲۲۱۴۰۳۱۹۵۶۳
جمع هزینه‌های تولید	۷۶۷۴۴۹۸۲۰۳۴۳
موجودی کالای در جریان ساخت ابتدای سال	۲۰۸۱۴۲۴۹۷۶۱
موجودی کالای در جریان ساخت پایان سال	۱۶۰۸۱۱۰۵۲۳۷
بهای تمام شده	۸۱۴۸۲۹۶۴۸۶۷

قیمت تمام شده نگین طبس

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
هزینه مواد اولیه مصرفی	۰
هزینه دستمزد مستقیم	۵۵۱۲۱
سربار تولید	۱۶۱۶۲۱
جمع هزینه‌های تولید	۲۱۶۷۳۲
موجودی کالای در جریان ساخت ابتدای سال	۲۹۱۰۶
موجودی کالای در جریان ساخت پایان سال	۱۳۳۲۹
بهای تمام شده	۲۳۱۵۱۹

ادامه جدول پیوست ۱: قیمت تمام شده در معادن زغالسنگ

قیمت تمام شده محصول معدن زغالسنگ البرز

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
هزینه مواد اولیه مصرفی	۰
هزینه دستمزد مستقیم	۵۳۱۲۱
سربار تولید	۱۸۱۵۳۱
جمع هزینه‌های تولید	۳۱۶۸۹۲
موجودی کالای در جریان ساخت ابتدای سال	۵۵۱۵۴۴
موجودی کالای در جریان ساخت پایان سال	۱۵۳۳۴۴
بهای تمام شده	۳۹۸۲۰۰

Abstract
The population growth in the world, high demand for resource, development and growth in economic have caused to increase mining activities. The amount of exploitation of these resources has different positive and negative effects on the economic, environmental and social parameters. Therefore, the operation should be carried out to the amount such that to be best in terms of sustainable development. Therefore, the aim of this study is to present evaluation of the sustainable development for underground coal mining. This assessment can be considered as a mechanism to provide appropriate usage of human and natural resources to reduce costs. In order to achieve the goals of this research, at first the most important parameters affecting sustainable development in underground coal mines have been identified based on the literature review. In the following, questionnaires were designed and distributed among the experts in order to collect necessary data. Then, the decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) technique was used to determine the importance of the parameters. In addition, by means of Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process (FDAHP) the weight and importance of each of the parameters were determined. Then a new classification system was introduced with use of the results of these two methods. This system, is named the Sustainable Development Index (SDi) in which a number from 10 to 100 can be assigned to each coal mines. By this system, sustainable development of underground coal mines can be classified into five categories including very good, good, moderate, weak and very weak. In order to evaluate the efficiency of the method, data of three mining zones were collected from the mining company of Northeast Shahrood Company comprises: Zemestan Yuort, Malach Aram, Oclon4. The sustainable development in these mines is evaluated as weak. Finally, Phillips method was also used to validate the classification system. The result shows that there is a relatively good concordance between two methods.

Keywords:

Sustainable Development, Underground Coal Mining, Decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL), Fuzzy Delphi Hierarchy Process Analysis (FDAHP), Sustainable Development Index (SDi), Shahrood Northeast Company Mines

Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, petroleum Geophysics Engineering
MSc Thesis in Mining Exploitation Engineering

Evaluation of sustainable development in coal mining company North East

By: Raziye Norouzi masir

Supervisors:
Dr Reza khalukakaei
Dr Mohammad Ataei

September 2017