

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

رشته مهندسی معدن، گرایش استخراج

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی محدوده نهایی با اعمال شاخص‌های توسعه پایدار در معدن طلای زرشوران

نگارنده: نوشین امانیان یزدی

اساتید راهنما:

دکتر محمد عطائی

دکتر رضا خالوکاکائی

شهریور ۱۳۹۶

شماره: ۴۹۶۲۰۱۵
تاریخ: ۹۶/۷/۳

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم نوشین امانیان یزدی با شماره دانشجویی ۹۴۰۲۷۵۴ رشته مهندسی معدن گرایش استخراج تحت عنوان طراحی محدوده نهایی با اعمال شاخص های توسعه پایدار در معدن طلای زرشوران که در تاریخ ۹۶/۰۶/۲۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: ...خوب است) ☒ مردود ☐
نوع تحقیق: نظری ☒ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر محمد عطایی	استاد	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر رضا خالو کاکایی	استاد	
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد جهانی چگینی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر رامین رفیعی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:



تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقديم

به پدر و مادر عزیزم

شکر و قدردانی:

راهنمایی‌های اساتید ارجمند جناب آقای دکتر عطائی و جناب آقای دکتر خالوکاکائی که مرا در تمامی مراحل این پایان نامه مساعدت فرمودند، شایسته تقدیر و امتنان است و سعادت و سلامت روزافزون ایشان را از درگاه الهی خواستارم.

از مساعدت‌های بی‌دریغ جناب آقای مهندس رفیعی و جناب آقای مهندس کریم و ، حسن همکاری جناب آقای مهندس عقیانی و همکاری شرکت مهندسین مشاور کاوشگران و تمام عزیزانی که در تکمیل پایان نامه اینجانب همکاری نمودند، کمال تشکر را دارم.

تعهد نامه

اینجانب نوشین امانیان یزدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه: طراحی محدوده نهایی با اعمال شاخص‌های توسعه پایدار در معدن طلای زرشوران تحت راهنمایی دکتر محمد عطائی و دکتر رضا خالوکاکائی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه 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 پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۶/۰۶/۲۱

امضای دانشجو : نوشین امانیان یزدی

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.

با افزایش جمعیت، رشد تکنولوژی و شکل‌گیری نیازهای جدید، جوامع بشری با نگرانی‌های تازه‌ای در حوزه تأمین مواد معدنی و همچنین اثرات مثبت و منفی معدنکاری مواجه شده‌اند. در اواخر قرن بیستم موضوع توسعه پایدار با هدف ایجاد تعادل در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مطرح شد. در سال‌های اخیر توسعه پایدار در صنایع معدنی دنیا بطور وسیعی مورد توجه قرار گرفته است. در برنامه ریزی بلند مدت معادن روباز لازم است ارزیابی صحیحی از شرایط زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی به‌عنوان سه رکن اصلی بعمل آید.

هدف از این تحقیق تعیین محدوده نهایی پیت معدن طلای زرشوران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معادن فعال کشور با در نظر گرفتن پارامترهای توسعه پایدار است که برای تأمین این هدف، با استفاده از مدل بلوکی عیاری از آخرین وضعیت توپوگرافی معدن و پارامترهای درآمدی و هزینه‌ای بلوک‌های ماده معدنی و باطله همراه آن، مدل بلوکی اقتصادی با هدف بیشینه سازی ارزش خالص فعلی تهیه شد. در ادامه، نظر صاحب‌نظران و خبرگان توسط یک پرسشنامه مورد ارزیابی قرار گرفت که در این پرسشنامه تعداد ۱۲ شاخص توسعه پایدار به روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فاز۱ وزندهی و در نهایت مدلی برای تعیین پیت نهایی با ادغام جنبه‌های توسعه پایدار ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، محدوده پیت نهایی پایدار دارای ۱۷/۵ میلیون تن ماده معدنی با عیار متوسط ۳/۸ گرم بر تن و نسبت باطله برداری ۷:۱ خواهد شد که در مقایسه با محدوده نهایی پیت ناپایدار حدود ۶ درصد ماده معدنی کاهش خواهد داشت. اوزان معیارهای توسعه پایدار شامل زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در این معدن، بترتیب ۰/۳۸، ۰/۳۱ و ۰/۲۹ بدست آمده است.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، محدوده پیت نهایی، معدنکاری روباز، معدن طلای زرشوران، تحلیل سلسله

مراتبی دلفی فاز۱

فهرست مطالب

۱.....	کلیات.....	فصل ۱.
۲.....	مقدمه.....	۱-۱.
۳.....	تعریف مسأله.....	۲-۱.
۳.....	ضرورت تحقیق.....	۳-۱.
۴.....	هدف تحقیق.....	۴-۱.
۴.....	سابقه تحقیق.....	۵-۱.
۵.....	روش تحقیق.....	۶-۱.
۶.....	ساختار پایان نامه.....	۷-۱.
۷.....	توسعه پایدار در معادن روباز.....	فصل ۲.
۸.....	مقدمه.....	۱-۲.
۸.....	مفهوم توسعه پایدار.....	۲-۲.
۹.....	ضرورت معدنکاری پایدار.....	۳-۲.
۱۲.....	ضرورت معدنکاری پایدار در معادن ایران.....	۴-۲.
۱۳.....	تأثیر معدنکاری بر روی شاخص های توسعه پایدار.....	۵-۲.
۱۳.....	تأثیرات زیستمحیطی معدنکاری.....	۱-۵-۲.
۱۴.....	تأثیرات اجتماعی معدنکاری.....	۲-۵-۲.
۱۵.....	تأثیرات اقتصادی معدنکاری.....	۳-۵-۲.
۱۶.....	ضرورت طراحی پایدار در معادن روباز.....	۶-۲.
۲۱.....	ضرورت معدنکاری طلا و پایداری آن.....	۷-۲.
۲۳.....	انتخاب شاخص های توسعه پایدار.....	۸-۲.
۳۰.....	جمع بندی فصل.....	۹-۲.
۳۱.....	معدن طلای زرشوران.....	فصل ۳.
۳۲.....	مقدمه.....	۱-۳.
۳۲.....	موقعیت و مسیر دسترسی.....	۲-۳.
۳۴.....	تاریخچه معدنکاری معدن زرشوران.....	۳-۳.

زمین شناسی منطقه.....	۳۴	۴-۳
شرایط زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه زرشوران.....	۳۵	۵-۳
وضعیت زیست محیطی.....	۳۵	۱-۵-۳
شرایط اجتماعی.....	۴۵	۲-۵-۳
وضعیت اقتصادی.....	۴۸	۳-۵-۳
جمع بندی.....	۴۸	۶-۳
انتخاب محدوده نهایی معدن زرشوران با توجه به شاخص های توسعه پایدار.....	۵۱	فصل ۴
مقدمه.....	۵۲	۱-۴
طراحی پایدار معدن روباز.....	۵۲	۲-۴
اطلاعات اکتشافی.....	۵۳	۳-۴
اطلاعات اقتصادی.....	۵۴	۴-۴
اطلاعات ژئومکانیکی.....	۵۴	۵-۴
مرحله اول: تعیین محدوده با ماکزیمم سود.....	۵۶	۱-۵-۴
مرحله دوم: محاسبه پیت با حداکثر تناژ ماده معدنی و سود تقریباً صفر.....	۶۲	۲-۵-۴
مرحله سوم: کاهش تدریجی سود برای تعیین محدوده های نهایی $UPL_2, UPL_3, \dots, UPL_n - 1$	۶۴	۳-۵-۴
مرحله چهارم: تعیین و وزن دهی شاخص های توسعه پایدار با روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی.....	۶۹	۴-۵-۴
مرحله پنجم: محاسبه معیارها برای پیت های ممکن و استاندارد سازی آنها.....	۸۴	۵-۵-۴
مرحله ششم: تعیین پیت نهایی براساس ادغام اوزان توسعه پایدار معیارهای توسعه پایدار.....	۸۵	۶-۵-۴
پیت پایدار.....	۹۱	۶-۴
جمع بندی.....	۹۲	۷-۴
بحث و نتیجه گیری.....	۹۳	فصل ۵
بحث.....	۹۴	۱-۵
نتیجه گیری.....	۹۴	۲-۵
پیشنهادها.....	۹۵	۳-۵
منابع.....	۹۷	
پیوست.....	۱۲۶	

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲: سه پایه توسعه پایدار ۱۱
- شکل ۲-۲: عملیات معدنکاری پایدار ۱۲
- شکل ۳-۲: تولید سالانه طلا در جهان ۲۱
- شکل ۱-۳: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به معدن زرشوران ۳۳
- شکل ۲-۳: موقعیت محدوده‌های پیت، دامپ باطله در معدن طلای زرشوران ۳۳
- شکل ۳-۳: تصویر مقطع شماتیک از کمر بند کوهزایی زاگرس ۳۴
- شکل ۴-۳: دورنمای سایت معدن در سال ۱۳۹۵ ۳۶
- شکل ۵-۳: توپوگرافی اراضی تحت تأثیر ۳۸
- شکل ۶-۳: دورنمایی از موفولوژی آبراهه‌های محدوده مورد بررسی در ارتفاعات ۴۱
- شکل ۷-۳: نمایی از چشمه‌های آهک ساز در حوالی روستای قینرجه ۴۲
- شکل ۸-۳: آلودگی‌های ناشی از انفجار در منطقه ۴۳
- شکل ۱-۴: فرآیند انتخاب پیت نهایی براساس شاخص‌های توسعه پایدار ۵۸
- شکل ۲-۴: مدل بلوکی عیاری معدن طلای زرشوران ۵۴
- شکل ۳-۴: مناطق همگن ژئوتکنیکی در معدن زرشوران ۵۶
- شکل ۴-۴: نحوه ورود اطلاعات در نرم افزار NPV Scheduler ۵۷
- شکل ۵-۴: ارتباط بین نرم‌افزار NPV Scheduler و Datamine ۵۹
- شکل ۶-۴: تنظیمات بهینه سازی سود در نرم‌افزار NPV Scheduler ۶۰

- شکل ۷-۴: بهترین و بدترین سناریو در نرم افزار NPV Scheduler ۶۰
- شکل ۸-۴: محدوده پیت بهینه اقتصادی (پیت شماره ۵۳) ۶۴
- شکل ۹-۴: نحوه تغییر فاکتو حداکثر درآمد ۶۴
- شکل ۱۰-۴: تغییرات نسبت باطله برداری پیت های انتخاب شده ۶۶
- شکل ۱۱-۴: نمودار تغییرات عیار در پیت های انتخاب شده ۶۸
- شکل ۱۲-۴: تغییرات سود پیت های انتخاب شده ۶۸
- شکل ۱۳-۴: مراحل اجرای روش دلفی فازی ۷۱
- شکل ۱۴-۴: تابع عضویت مثلثی در روش دلفی فازی ۷۲
- شکل ۱۵-۴: نمودار سلسله مراتبی برای انتخاب پیت نهایی با توجه به معیارهای توسعه پایدار ۷۴
- شکل ۱۶-۴: هیستوگرام وزن پارامترهای اصلی ۷۷
- شکل ۱۷-۴: هیستوگرام وزن پارامتر زیست محیطی ۷۹
- شکل ۱۸-۴: هیستوگرام وزن پارامتر اجتماعی ۸۰
- شکل ۱۹-۴: هیستوگرام وزن پارامتر اقتصادی ۸۱
- شکل ۲۱-۴: هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر در طراحی معدن ۸۴
- شکل ۲۱-۴: هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر در طراحی معدن ۸۴
- شکل ۲۲-۴: هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر در طراحی معدن ۸۴
- شکل ۲۳-۴: امتیاز نهایی پیت های فرعی براساس معیارهای توسعه پایدار ۸۸
- شکل ۲۳-۴: امتیاز نهایی هر پیت فرعی بطور مجزا ۸۹
- شکل ۲۴-۴: مقادیر استاندارد شده شاخص های زیست محیطی پیت ها ۹۳

شکل ۴-۲۵: مقادیر استاندارد شده شاخص‌های اجتماعی پیت‌ها ۹۴

شکل ۴-۲۶: مقادیر استاندارد شده شاخص‌های اقتصادی پیت‌ها ۹۴

شکل ۴-۲۷: شمای کلی از محدوده‌های بدست آمده ۹۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: مطالعات انجام شده طی سال‌های گذشته	۵
جدول ۱-۲: چرخه برنامه ریزی معدن	۱۱
جدول ۲-۲: اثرات مثبت و منفی معدنکاری	۱۴
جدول ۳-۲: اثرات زیست محیطی معدنکاری	۱۵
جدول ۴-۲: مطالعات بروی جنبه های مختلف توسعه پایدار برای تعیین محدوده نهایی	۲۰
جدول ۵-۲: کاربریهای مقدور پس از معدنکاری برای یک سایت معدنی	۲۸
جدول ۱-۳: شاخص‌های آب و هوای معدن زرشوران	۳۶
جدول ۲-۳: انواع پسماند تولید معدن زرشوران	۳۸
جدول ۳-۳: منابع آب زیرزمینی و تخلیه سالیانه آن در واحد هیدرولوژیک	۴۲
جدول ۴-۳: جمعیت منطقه به تفکیک روستا	۴۵
جدول ۵-۳: گروه‌های عمده مشاغل به تفکیک جنسیت در شهرستان تکاب	۴۶
جدول ۱-۴: زاویه شیب سرتاسری معدن در بخش‌های مختلف آن	۵۶
جدول ۲-۴: : اطلاعات مدل بلوکی زمین شناسی	۵۸
جدول ۳-۴: اطلاعات مدل بلوکی اقتصادی	۵۸
جدول ۴-۴: نتایج بهینه‌سازی محدوده نهایی در نرم افزار NPV Scheduler	۶۳
جدول ۵-۴: انتخاب UPLn در نرم افزار NPV Scheduler	۶۵
جدول ۶-۴: داده‌های محدوده‌های نهایی	۶۷
جدول ۷-۴: تفاوت روش AHP و FDAHP	۷۰
جدول ۸-۴: نمونه‌ای از فرم نظر سنجی	۷۵
جدول ۹-۴: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی ۳ پارامتر اصلی نظر سنجی شده	۷۷
جدول ۱۰-۴: اعداد فازی و غیر فازی پارامترهای اصلی	۷۷

- جدول ۴-۱۱: وزن فازی و غیرفازی پارامترهای اصلی ۷۷
- جدول ۴-۱۲: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی پارامتر زیست محیطی نظر سنجی شده ۷۸
- جدول ۴-۱۳: اعداد فازی و غیر فازی پارامتر زیست محیطی ۷۸
- : جدول ۴-۱۴: وزن فازی و غیرفازی پارامتر زیست محیطی ۷۸
- جدول ۴-۱۵: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی پارامتر اجتماعی نظر سنجی شده ۷۹
- جدول ۴-۱۶: اعداد فازی و غیر فازی پارامتر اجتماعی ۷۹
- جدول ۴-۱۷: وزن فازی و غیرفازی پارامتر اجتماعی ۸۰
- جدول ۴-۱۸: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی پارامتر اقتصادی نظر سنجی شده ۸۰
- جدول ۴-۱۹: اعداد فازی و غیر فازی پارامتر اقتصادی ۸۱
- جدول ۴-۲۰: وزن فازی و غیرفازی پارامتر اقتصادی ۸۱
- جدول ۴-۲۱: وزن نهایی پارامترهای مؤثر توسعه پایدار در طراحی معدن زرشوران ۸۳
- جدول ۴-۲۲: مقادیر نرمال شده معیارهای محدوده‌های نهایی پیت‌ها ۸۷
- جدول ۴-۲۳: مقادیر شاخص‌های توسعه پایدار در پیت‌های فرعی ۸۸
- جدول ۴-۲۴: مقایسه نتایج پیت‌های مختلف در معدن طلای زرشوران ۹۱

فصل ۱. کلیات

۱-۱. مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان و افزایش مصرف مواد معدنی موجب توسعه فعالیت‌های معدنی اعم از اکتشاف، استخراج تا فرآوری محصول قابل فروش با توجه به مسائل زیست محیطی شده است بطوریکه هر انسان در کشورهای توسعه یافته در طول عمر خود ۲۰ تن مواد معدنی مصرف می‌کند. به همین منظور با توجه به محدود بودن منابع تجدیدناپذیر، کنفرانسی در دهه هشتاد در شهر استکهلم با هدف ارائه گزارش "آینده مشترک ما"^۱ با مفهوم توسعه پایدار^۲ برگزار شد که در آن فراهم نمودن نیازهای نسل کنونی بشر به حفظ نیازهای نسل‌های آینده مشروط گردید و این ابتدایی‌ترین تعریف از توسعه پایدار نام گرفت [۱]. در سال ۱۹۹۲ در کنفرانس ریو کشورهای جهان در سطح کلان موظف به ملاحظه اهداف توسعه پایدار گردیدند و این مهم را در قالب همگرایی میان سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تعریف کردند. در سال‌های بعد - کینگ^۳ معدنکاری پایدار و در نظر گرفتن هزینه‌های بازسازی را مطرح نمود [۲]. سرانجام در سال ۲۰۰۲ در گزارش توسعه پایدار معدنکاری و مواد معدنی^۴، حد و مرز معدنکاری پایدار را تبیین کردند. از آن سال به بعد توجه به فعالیت‌های معدنی در راستای توسعه پایدار در سراسر دنیا معطوف شد و این تغییر الگواره در گزارش‌های مختلف به تفصیل قابل ملاحظه است. در این خصوص تعداد زیادی پروژه در رابطه با همپوشانی فعالیت‌های معدنی و صنایع وابسته با توسعه پایدار مطرح شد. تعدادی از محققین معدنکاری را در راستای توسعه پایدار نمی‌دانستند و علت آن را تجدیدناپذیر بودن منابع مطرح می‌کردند. در پاسخ به این افراد ویلاس باوس^۵ توسعه پایدار را این‌گونه تعریف کرد: «توسعه پایدار ضرورت تجمیع سیاست‌های زیست محیطی و استراتژی‌های پیشرفت برای ارضای نیازهای کنونی بشر، افزایش کیفیت زندگی و محافظت از منابع و محیط زیست است» [۳].

این تحقیق سعی دارد توسعه پایدار را به صورت کمی در طراحی معدن و به خصوص محدوده نهایی معدن روباز نشان دهد. شرایط معدنکاریِ حال حاضر دنیا، کاهش عیار منابع زمین‌شناسی و ذخایر قابل استخراج

1 Our common future

2 Sustainable development

3 King

4 Mineral and mining sustainable development

5 Villas Bôas

باقی‌مانده، افزایش عمق معدنکاری و افزایش حجم باطله‌برداری، نشانگر افزایش چشمگیر زمین‌های آسیب‌دیده تحت تأثیر فعالیت معدنکاری است. مطالعات در کانادا نشان می‌دهد به ازای هر ۵/۰ میلیون تُن استخراج کانسنگ به روش روباز ۱۰۰ هکتار زمین تحت تأثیر قرار می‌گیرد که این رقم نشان از اهمیت توسعه پایدار در این صنعت دارد [۴]. به همین دلیل راه‌اندازی و توسعه معادن جدید با در نظر گرفتن استفاده بهینه از منابع معدنی و کاهش اثرات محیط زیستی مطرح می‌شود.

ایران به‌عنوان کشور در حال توسعه دارای ۷۰ نوع ماده معدنی، نیازمند توجه به این مقوله مهم است. بیش از ۹۷ درصد معادن فعال ایران به روش سطحی استخراج می‌گردند که این امر حاکی از افزایش تولید باطله است [۴]. تولید باطله‌های معدنی آسیب جدی به محیط زیست، اکوسیستم و چرخه حیات خواهد زد؛ بنابراین به منظور کاهش اثرات جبران ناپذیر آن اقداماتی در طول فرآیند استخراج الزامی است.

۲-۱. تعریف مسأله

در این مطالعه به تعیین محدوده نهایی پیت با توجه به پارامترهای توسعه پایدار پرداخته شده است. این پارامترها عبارتند از: زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی. بدین منظور وزن‌دهی این پارامترها به وسیله روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی صورت گرفته است. ابتدا پیت اقتصادی در معدن مورد نظر محاسبه شده و در ادامه پیت با حداکثر تناژ و سود تقریباً صفر تعیین شده و در نهایت با توجه به اوزان پارامترهای محاسبه شده پیت پایدار تعیین شده است.

۳-۱. ضرورت تحقیق

امروزه اولویت شماره یک کلیه پروژه‌های معدنی و صنایع معدنی وابسته به آن، تهیه طرح زیست محیطی و بازسازی معدن است. در سال ۲۰۱۵ کنفرانس تغییر اقلیم سازمان ملل متحد^۱ (COP21) در پاریس تشکیل

1 United Nations Climate Change Conference

شد. در این کنفرانس کشور ایران متعهد به کاهش ۴٪ گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۳۰ شده است لذا تهیه طرح زیست محیطی و ارزیابی آن در صنایع آلاینده امری ضروری است [۵].

مورد مطالعاتی انتخاب شده، معدن طلای زرشوران، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معادن طلای ایران حساسیت خاصی در حوزه توسعه پایدار را دارا است. در تمام دنیا معدنکاری طلا حساسیت‌هایی در رابطه با آلاینده‌های سمی و تأثیر آن بر محیط زیست و بهداشت جوامع بومی دارد؛ بنابراین پیت‌نهایی پایدار انتخاب شده تعادل همزمان در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را فراهم می‌کند و همچنین با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر بر روی انتخاب پیت نهایی منافع اقتصادی و اجتماعی برای تمام ذینفعان حداکثر شود و معایب زیست محیطی و اجتماعی حداقل شود.

۴-۱. هدف تحقیق

هدف از این تحقیق تعیین محدوده نهایی معدن طلای زرشوران با توجه به معیارهای توسعه پایدار است. از آنجائی که بهره‌برداری از معادن، استخراج بلوک ماده معدنی و باطله با توجه به سودآوری حداکثری و محدودیت‌های شیب است لذا با وارد کردن هزینه‌های اجتماعی و زیست محیطی و همچنین محاسبه سود اجتماعی پیت نهایی پایدار را می‌توان انتخاب کرد. در حال حاضر مدل ارائه شده برای معدن زرشوران بدون در نظر گرفتن این معیارهاست که با توجه به این معیارها می‌توان به محدوده مناسب‌تری دست یافت.

۵-۱. سابقه تحقیق

اولین مرحله در طراحی معدن به روش روباز و استخراج ماده معدنی، بهینه‌سازی و تعیین محدوده نهایی پیت است که با هدف بهینه‌سازی سود، با تأمین محدودیت‌های فنی و اقتصادی تهیه می‌شود. این روش بهینه‌سازی با گراف لُرج و گروسمن قابل حل است ولی در آن صرفاً مسئله اقتصادی مالکین معدن در نظر گرفته شده است و باقی ذینفعان نادیده گرفته شده‌اند. بر این اساس مطالعاتی در خصوص جنبه‌های دیگر توسعه پایدار در انتخاب پیت نهایی آغاز شد. از جمله مطالعات صورت گرفته در ارتباط با موضوع مورد بحث به اختصار در جدول ۱-۱ آورده شده است. پیشنهاد مطالعات به‌طور مفصل در فصل سوم آورده شده است.

جدول ۱-۱: مطالعات انجام شده طی سال‌های گذشته

عنوان تحقیق	سال	محقق
بهینه سازی برنامه ریزی تولید معادن زغال سنگ با استفاده از برنامه نویسی خطی: مثالی در تعیین تأثیر هزینه بازسازی و نرخ بهره [۶]	۱۹۸۴	بروگر و اریکسون
تأثیر هزینه های بازسازی و بسته شدن بر میزان تولید و عیار حد [۲]	۱۹۸۸	کینگ
مدل های پیت نهایی با توجه به بازسازی معدن [۷]	۲۰۰۱	کاکتا و کلسی
ادغام پایداری در فرایند طراحی معدن [۸]	۲۰۰۴	اودل
ادغام هزینه های بازسازی در تعیین عیار حد بهینه ^۱ [۹]	۲۰۰۶	غلامنژاد
سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی برای احیاء مطلوب محیط زیست یک معدن سطحی [۱۰]	۲۰۰۷	باشتین و همکاران
مدلی سازگار با محیط زیست برای تعیین عیار حد بهینه با توجه به کاهش زهاب‌های اسیدی [۱۱]	۲۰۰۸	رشیدی‌نژاد
اثرات تغییر اندازه بلوک بر کیفیت ماده معدنی و اثرات زیست محیطی [۱۲]	۲۰۰۹	دگان و همکاران
تعیین بزرگترین پیت با سود خالص غیرمنفی در معادن روباز [۱۳]	۲۰۱۰	غلامنژاد و مجاهدفر
بهینه‌سازی محدوده نهایی معادن روباز با بیشینه‌کردن سود و تناژ کانسنگ [۱۴]	۲۰۱۲	عطائی‌پور و همکاران
ادغام بازسازی و مدیریت پسماند در طراحی معادن سطحی شن و ماسه [۱۵]	۲۰۱۴	عسگری‌نسب
بهینه سازی پیت نهایی با هزینه اکولوژیکی برای معادن فلزی روباز [۱۶]	۲۰۱۴	شیائو چوان
در نظر گرفتن شاخص‌های توسعه پایدار در طراحی پیت نهایی [۱۷]	۲۰۱۵	ادبی و عطائی پور
اولویت‌بندی معیارهای توسعه پایدار بر طراحی معدن روباز: مدل ریاضی [۱۸]	۲۰۱۵	مرادی و اصائلو
ادغام مفاهیم توسعه پایدار در طراحی معدن روباز [۱۹]	۲۰۱۵	ادبی و همکاران
سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای تعیین محدوده پیت پایدار [۲۰]	۲۰۱۶	رحمانپور و اصائلو

۱-۶. روش تحقیق

به‌طور کلی روند تحقیق بصورت زیر است:

۱. جمع آوری و بررسی اطلاعات ناحیه معدنی، منطقه‌ای اطراف معدن از جمله شرایط زیست محیطی،

اجتماعی و پارامترهای مؤثر اقتصادی

۲. محاسبه پیت نهایی اقتصادی و پیت نهایی با بالاترین تناژ و پیت‌های حذف‌اصل این دو پیت

۳. تهیه و تنظیم پرسشنامه و ارسال آن به متخصصان

1 Optimum Cut-off Grade

۴. تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسان و متخصصین صنعت
۵. بازدید از معدن جهت جمع آوری اطلاعات میدانی و ارائه پرسشنامه به معدنکاران
۶. ارزیابی و بررسی پرسشنامه‌ها و محاسبه اوزان شاخص‌های توسعه پایدار
۷. محاسبه شاخص‌های توسعه پایدار با روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی
۸. ادغام اوزان محاسبه شده برای معیارها و پیت‌های محاسبه شده
۹. محاسبه حد نهایی پایدار معدن
۱۰. جمع بندی و تدوین پایان نامه

۷-۱. ساختار پایان نامه

در این تحقیق ابتدا ضرورت توسعه پایدار در بخش معدن و آشنایی با مفهوم طراحی پایدار در معدن روباز زرشوران مطرح می‌شود و در ادامه با شناسایی شاخص‌های توسعه پایدار به انتخاب روش مناسب وزن‌دهی پرداخته می‌شود. فصل سوم به معرفی معدن طلای زرشوران و شرایط زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی آن می‌پردازد و در نهایت در فصل چهارم روند تدوین پایان نامه به منظور ارزیابی معیارهای توسعه پایدار و محاسبات مربوط به تعیین حد نهایی استخراج روباز، محدوده اقتصادی استخراج به روش روباز و در نهایت محدوده نهایی پیت، ادغام آن با معیارهای توسعه پایدار، ارزش هر کدام از آن‌ها و بیان اهمیت آن در معدن زرشوران پیشنهاد می‌شود. در فصل پنجم خلاصه، نتیجه‌گیری و جمع‌بندی موضوع مورد بحث نشان داده می‌شود.

فصل ۲. توسعه پایدار در معادن روباز

۱-۲. مقدمه

در این فصل به ضرورت توسعه پایدار پرداخته شده و ضرورت این مهم را در طراحی معدنکاری بیان کرده است. تأثیرات معدنکاری بر روی سه معیار زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی به تفصیل بیان شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزندهی این معیارها ارائه و در نهایت روش محاسبه معیارها به طور کامل بیان شده است.

۲-۲. مفهوم توسعه پایدار

مفهوم توسعه پایدار اغلب به عنوان معیار سنجش توسعه یافتگی جامعه مدرن در نظر گرفته می شود. اولین بار این اصطلاح در سال ۱۷۱۳ توسط هانس کارل فون کارلویتز^۱، بازرس معدن ساکسونی، مورد استفاده قرار گرفت. در آن زمان تقاضای چوب برای تجهیزات ساخت و ساز و نگهداری معادن زیرزمینی افزایش یافته بود که تخریب جنگل ها را افزایش می داد؛ کارلویتز استراتژی هایی برای کاهش مصرف (چوب) و افزایش جنگل کاری در راستای پایداری ارائه داد [۲۱].

در سال ۱۹۷۲ در باشگاه رم^۲ با گزارش "محدودیت های رشد"^۳ بحث های مدرنی در رابطه با محدودیت های رشد اقتصادی بدلیل تجدیدنپذیر بودن منابع طبیعی آغاز شد [۲۲].

توسعه پایدار در سال ۱۹۸۷ در کمیسیون جهانی توسعه و محیط زیست برونتلند^۴ در گزارش خود با نام "آینده مشترک ما"^۵ این گونه تعریف شد: «برآورده ساختن نیازهای نسل حاضر بدون به مخاطره انداختن نسل های آینده در برآورده ساختن نیازهای خود» [۱]. در واقع عدالت بین نسل ها را به رسمیت شناختند و در این کنفرانس بر عدم وجود طرحی جهان شمول و فراگیر برای کشورهای مختلف جهان تأکید شد. توسعه پایدار سرانجام در سال ۱۹۹۲ در کنفرانس اجلاس زمین در ریودوژانیرو به عنوان استراتژی مدیریتی و توسعه ای در گزارش "دستور کار ۲۱"^۶ مورد پذیرش کشورهای جهان قرار گرفت؛ بیشینه سازی منافع اقتصادی و اجتماعی

1 Hans Carl von Carlowitz

2 Club of Rome

3 The Limits to Growth

4 The World Commission on Environment and Development, the Brundtland Commission (WCED)

5 Our common future

6 Agenda 21

در کنار کاهش تأثیرات منفی زیست محیطی و اجتماعی از جمله اهدافی بود که در کانون توجه توسعه پایدار قرار گرفت. توسعه پایدار را می‌توان توسعه برابر و متعادل نامید، یعنی برای تداوم و توسعه باید منافع گروه‌های مختلف را در نسل حاضر و نسل‌های آتی به شکل برابر تضمین نماید و این کار را همزمان در سه زمینه وابسته به هم یعنی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی انجام داد؛ از اینرو می‌بایست آن را بصورت هدفی کلیدی در سیاست‌گذاری‌های محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی در قرن بیست و یکم مورد ملاحظه قرار داد.

۳-۲. ضرورت معدنکاری پایدار

در سال ۱۹۹۳ وون بیلو^۱ از ارکان رسیدن به توسعه پایدار در زمینه معدن را اکتشاف مداوم مواد معدنی، بکارگیری فناوری‌های نوین و احیای محیط زیست برشمرد [۲۳]. آلن^۲ در سال ۱۹۹۵ پایداری در معدنکاری را با نرخ استفاده از مواد معدنی و منابع جدید اکتشاف شده متناسب دانست و در مقاله خود مراقبت از زمین‌های معدنکاری شده را یک اصل محیط زیستی برشمرد [۲۴]. در سال ۱۹۹۷ لیپرمونت^۳ با مطالعه ۱۰۰۰ معدن بزرگ مقیاس، معدنکاری را فعالیتی در جهت توسعه پایدار در نظر گرفت [۲۵]. سال ۱۹۹۸ کروسون^۴ در نظری متفاوت با لیپرمونت اتمام ماده معدنی در معادن را در تضاد با رفاه بشر بیان نمود [۲۶]. در سال ۱۹۹۹ جیمز^۵ دستیابی به معدنکاری پایدار را مرهون ملاحظه نگرانی‌های اقتصادی، محیط زیستی و اجتماعی قلمداد کرد [۲۷].

در سال ۲۰۰۲، گزارش توسعه پایدار معدنکاری و مواد معدنی^۶ تعریفی مشابه گزارش کمیسیون برونتلند ارائه داد که در آن حداکثر کردن رفاه نسل کنونی با توزیع عادلانه منافع و هزینه‌ها بدون کاهش پتانسیل در برآوردن نیازهای نسل آینده همراه است. در سال ۲۰۰۳ در "بیانیه میلوس"^۷ تعریفی از توسعه پایدار در معدنکاری ارائه شد که طبق آن آینده پایدار برای جهان با استفاده از اصول حرفه‌ای، دانش علمی، مهارت‌های فنی، توانایی‌های آموزشی و تحقیقاتی قابل تحقق است؛ این بیانیه اعضا را بدین مهم فرامیخواند که ضمن

1 Von Below

2 Allan

3 Learmont

4 Crowson

5 James

6 Mineral and mining sustainable development

7 Milos statement

توجه به برطرف نمودن نیازهای کنونی، توانایی نسل آینده را در برطرف کردن نیازش مختل نکنند [۲۸]. لذا چنان که پیداست تلقی صحیح از توسعه پایدار اینست که بهره‌برداری از منابع معدنی باید بگونه‌ای مدیریت شود که برای نسل آینده قابل استفاده باشد.

در سال ۲۰۰۵ راجارام و همکاران^۱ معدنکاری پایدار را ترکیبی متناقض معرفی کردند چرا که نخست هیچ معدنی تا ابد امکان استخراج ندارد و در ثانی، معدنکاری سبب اتمام ذخایر تجدیدنپذیر و اثرات مخرب بر روی محیط زیست می‌گردد [۲۹]. در سال ۲۰۰۶ اِگرت^۲ پایداری را منوط به کیفیت زیست محیطی، رشد اقتصادی و عدالت اجتماعی توصیف کرد [۳۰].

سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌هایی که از نظر اقتصادی سودده و از نظر زیست محیطی و اجتماعی پاسخگو باشد را می‌توان معدنکاری پایدار اطلاق نمود. در همین راستاست که مفهوم معدنکاری مدرن توسط اُسانلو در سال ۲۰۱۲ مطرح شد. معدنکاری مدرن شامل شش مرحله پی‌جویی، اکتشاف، طراحی، توسعه، استخراج، بستن و بازسازی معدن می‌باشد؛ از اینرو یک معدنکاری مدرن، گونه‌ای از فعالیت معدنکاری است که این اصول را هر روز در فعالیت خود اعمال می‌کند [۳۱].

در طراحی باید اهداف پایداری را همراهی پارامترهای متدوال معدنکاری در نظر گرفت که از این میان می‌توان به پیش‌بینی زمان بستن معدن، مدیریت ریسک بستن و بازسازی معدن اشاره کرد. جدول ۱-۲ نشان می‌دهد که چگونه طرح بستن معدن به چرخه عمر معدن وابسته است [۳۲]. بستن معدن فرآیندی شامل تعطیلی معدن با در نظر گرفتن سه رکن توسعه پایدار و آخرین مرحله از فعالیت معدنکاری پس از مراحل استخراج و فرآوری است. هزینه زیاد بستن معدن، اهمیت آن را در چرخه عمر معدن حائز اهمیت می‌سازد. معمولاً عملیات بستن معدن دو تا ده سال بطول می‌انجامد، اما ممکن است در بعضی موارد نظارت و درمان بلند مدت نیاز باشد [۴].

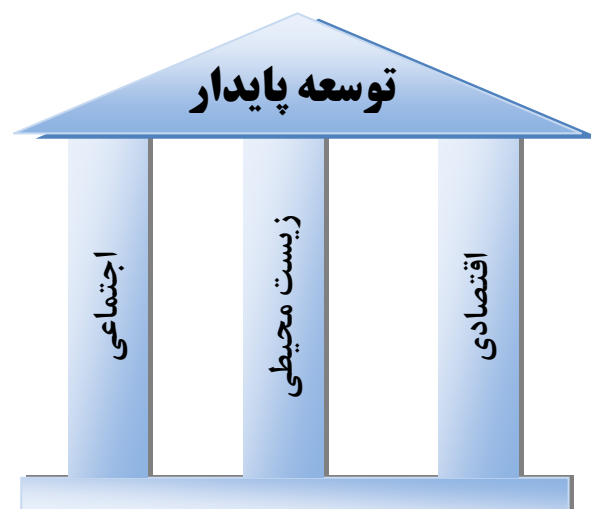
1 Rajaram et al

2 Eggert

جدول ۱-۲: چرخه برنامه ریزی معدن [۳۲]

۵	۴	۳	۲	۱	
پس از معدنکاری (تا ابد)	بستن معدن (۱-۵ سال)	عملیات (۲-۱۰۰ سال)	ساخت (۱-۳ سال)	طراحی معدن (۱-۳ سال)	توضیحات و مدت زمان تخمینی
نظارت زیست محیطی / در حال احیای			ارزیابی زیست محیطی		طراحی و برآورد موردنیاز
		بازبینی و به روزرسانی طراحی بستن معدن	طراحی و تخمین هزینه بستن معدن	گزارش اثرات زیست محیطی	
تأیید بستن				تأیید طرح بستن معدن	تأیید اثرات زیست محیطی
					مجوزها

توسعه پایدار صرفاً در رابطه با محیط زیست تبیین نمی‌شود بلکه فراهم کردن آینده‌ای بهتر در کنار مسائل محیط زیستی برای تمامی ساکنان کره زمین را مد نظر دارد. از اینرو توسعه پایدار همگرایی سه رکن اقتصادی، اجتماعی و حفاظت محیط زیست است [۳۳]. همانطور که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است در صورتی که هر یک از این پایه‌ها ضعیف باشد سیستم دچار ناپایداری می‌شود و سیستم قابل اعتمادی نمی‌باشد.



شکل ۱-۲: سه پایه توسعه پایدار [۳۳]

در سال ۲۰۱۱ لورنس^۱ با مطالعه بر روی ۱۰۰۰ معدن غیرفعال در طول ۳۰ سال گذشته بستن معدن را عاملی ناپایدار کننده اعلام کرد و تأکید نمود تلاش‌ها در راستای پایداری عملیات معدنی میبایست در ابعاد محیط زیست، اقتصاد، اجتماع و بهروری معادن صورت پذیرد؛ لورنس توسعه پایدار را با پنج معیار معرفی و معیارهای ایمنی و کارائی منابع را به سه رکن مذکور اضافه کرد و دلیلش برای اینکار را دولتی بودن بخشی از معادن در اکثر نقاط دنیا بیان نمود [۳۴].



شکل ۲-۲: عملیات معدنکاری پایدار [۳۴]

۴-۲. ضرورت معدنکاری پایدار در معادن ایران

براساس آمار منتشر شده، ایران دارای ۶۸ نوع ماده معدنی است که از این لحاظ جزء ۱۵ کشور غنی دنیا است. از میان حدود ۷۰۰۰ معدن شناسایی شده، تنها ۵۳۵۵ معدن در حال بهره‌برداری است که خوراک صنایع فولادسازی، سیمان، پزشکی و غیره را تأمین می‌نمایند. متأسفانه ایران برغم داشتن چنین ظرفیتی تنها ۰/۶ درصد تولید ناخالص داخلی^۲ را به خود اختصاص داده است، لذا بهره‌برداری مناسب از این سرمایه ملی با تدوین برنامه‌های همسو با توسعه پایدار امکان‌پذیر است. در سال ۱۳۹۵ در حدود ۳۹۰ میلیون تن ماده معدنی در کشور تولید شده است که از این میزان ۲۳ میلیون تن به ارزش تقریبی ۶/۵ میلیارد دلار صادر شده است [۳۵]. این رقم در مقابل صادرات نفتی بسیار ناچیز است لذا برای نیل به افزایش صادرات غیر نفتی نیاز به افزایش تولید، سرمایه‌گذاری در بخش معدن و استفاده از تکنولوژی روز معدنکاری ضروری است.

1 Laurence

2 Gross Domestic Product (GDP)

همچنین ایران با توجه به شرایط اقلیمی و قرار گرفتن در منطقه‌ای عمدتاً گرم و خشک در بیشتر مناطق با بحران کم آبی روبروست و از لحاظ زیست محیطی در شرایط بسیار نامطلوب قرار گرفته است. چنانکه طبق شاخص عملکرد زیست محیط^۱ دانشگاه پیل^۲، ایران در میان ۱۸۰ کشور جهان در سال ۲۰۱۶ میلادی در رتبه ۱۰۵ جهان قرار گرفته است [۳۶]؛ بدین روی ضروری است توسعه معادن همراه با بررسی اثرات زیست محیطی صورت بگیرد. از آنجا که تعداد شاغلان در معادن فعال کشور در حدود ۸۴۹۲۲ نفر می‌باشد [۳۷] و باتوجه به قرارگیری اکثر معادن در مناطق کمتر توسعه یافته ضروری است برای توسعه متوازن و جلوگیری از مهاجرت به شهرهای بزرگ با بهره‌برداری منطبق بر اصول توسعه پایدار از معادن، افراد بیشتری رادر این بخش مشغول نمود.

۲-۵. تأثیر معدنکاری بر روی شاخص‌های توسعه پایدار

فعالیت‌های معدنی بدلیل تأثیرات مثبت و منفی بر روی سه شاخصه محیط زیست، اجتماع و اقتصاد، ارتباط تنگاتنگی با توسعه پایدار دارد. برغم تلاش‌های صورت گرفته از سال ۱۹۹۰ در حوزه‌های بین‌المللی، ملی و محلی در این رابطه، دو مقوله معدنکاری و توسعه پایدار با هم قرابت چندانی پیدا نکرده‌اند. تخریب سطح زمین، نشست، آلودگی خاک، آلودگی آب و هوا، تحلیل منابع پایان پذیر و تهدید گونه‌های گیاهی و جانوری در حال انقراض به مثابه پیامدهای غفلت از اهداف توسعه پایدار، موجب تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی غیر قابل مهار در آینده زیست‌بوم این کره خاکی هستند [۳۸]. جدول ۲-۲ نشان دهنده اثرات مثبت و منفی معدنکاری می‌باشد.

۲-۵-۱. تأثیرات زیست محیطی معدنکاری

مطالعات ارزیابی زیست محیطی^۳ و ارزیابی چرخه عمر^۴ در مرحله پیش مطالعات یعنی قبل از اکتشاف، طراحی، جابجایی کارخانه فرآوری، دامپ باطله، سد تیلینگ و نیز مراحل بستن و بازسازی معدن صورت می‌گیرد. معدنکاری سبب ایجاد اثرات زیست محیطی نامطلوبی می‌شود که درجه آن بستگی به فاکتورهای

1 Environmental Performance Index

2 Yale University

3 Environmental Impact Assessment (EIA)

4 Life Cycle Assessment (LCA)

متعددی از جمله میزان استخراج، مساحت زمین تحت تأثیر روش استخراج و نوع تکنولوژی دارد. این مسائل در تمام مراحل معدنکاری از مرحله اکتشاف، حفاری و آتشیاری تا استخراج و فرآوری به طور مستقیم اثرگذار است. در جدول ۲-۳ تأثیرات زیست محیطی معدنکاری بطور خلاصه ارائه شده است.

جدول ۲-۲: اثرات مثبت و منفی معدنکاری

اثرات مثبت معدنکاری	اثرات منفی معدنکاری
۱. پیشرفت تکنولوژی	۱. آلودگی و آسیب رساندن به محیط زیست
۲. ایجاد شغل	۲. تغییرات آب و هوایی
۳. تولید مواد خام ضروری و خودکفایی	۳. آشفته‌گی اجتماعی
۴. تولید ثروت از طریق مالیات و ...	۴. آلودگیهای بصری

۲-۵-۲. تأثیرات اجتماعی معدنکاری

فعالیت‌های معدنی در مسائل اجتماعی دارای فواید و زیان‌های توأمان است. از جمله فواید آن می‌توان به ایجاد اشتغال، تربیت نیروی کار ماهر، افزایش سطح رفاه جامعه محلی، ایجاد شغل‌های خدماتی اشاره کرد؛ همچنین درآمد حاصل از فروش می‌تواند صرف توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل، بهداشت و درمان، آب آشامیدنی، مدرسه، ایجاد راه‌های ارتباطی، برق رسانی و ایجاد مراکز فرهنگی گردد. در کنار تمام این فواید میتوان به تأثیرات منفی آن از جمله جابه‌جایی و اسکان انسانی، مهاجرت، تأثیرات معیشتی، تأثیرات بر بهداشت عمومی و بالاخره تأثیرات فرهنگی که با مهاجرت صورت می‌گیرد اشاره نمود [۳۹]. معدنکاری سبب کاهش فقر در صورت عادلانه بودن دستمزدها می‌شود ولی شواهد تجربی حاکی از تشدید فقر در مناطق تحت تأثیر معدنکاری است [۴۰]؛ با توجه به زندگی افراد اطراف معادن بزرگ می‌توان دریافت که بیماری‌های اجتماعی، جرم و جنایت و بیکاری بطور فزاینده‌ای افزایش یافته است [۴۱]. این امر نتیجه بی‌توجهی به آثار اجتماعی معدنکاری است در صورتیکه توجه همزمان به معیار اجتماعی در کنار دو معیار دیگر در کشورهای توسعه‌یافته صنعتی موجب ارتقاء بستر خلاقیت و بهبود روند توسعه پایدار گشته است. با بسته شدن معدن، افراد شاغل در معدن بیکار می‌شوند و این سبب بروز ناپایداری در جوامع محلی می‌شود لذا بایستی در صورت

تعطیلی معدن ظرفیت‌سازی از طریق آموزش در سایر صنایع صورت گیرد [۴۲]. صنایع معدنی در ارتباط با جوامع محلی بایستی به ارزش‌های فرهنگی و روش زندگی آن‌ها احترام بگذارند تا در صورت بروز هرگونه اثر منفی در جامعه تعامل دینفعان پروژه را حداکثر نمایند [۴۳].

جدول ۲-۳: اثرات زیست محیطی معدنکاری [۳۹]

منابع آبی	زهکشی اسیدی معدن و پالایش آلودگی فرسایش خاک و نفوذ زباله های معدنی به آب‌های سطحی دامپ باطله، سنگ باطله، لیچینگ آبکشی معدن
کیفیت هوا	منابع ستار (ذرات، مونواکسید کربن و ترکیبات آلی) منابع ثابت (جیوه، آرسنیک، دی اکسید گوگرد و دیگر فلزات) گازهای فرار، انتشار جزئی جیوه سر و صدا و لرزش
حیات وحش	از دست رفتن زیستگاه جانوران تجزیه زیست محیطی
کیفیت خاک	تأثیرات بر روی فعالیت‌هایی همچون کشاورزی
تغییر آب و هوا	دفع گاز کربن‌دی‌اکسید و گازهای سمی در اثر انفجار

۲-۵-۳. تأثیرات اقتصادی معدنکاری

معدنکاری پتانسیل ایجاد ثروت در کشورهای غنی از مواد معدنی را دارا است که از میان می‌توان به صادرات، جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، بومی‌سازی تکنولوژی و تولید ناخالص داخلی اشاره نمود؛ با این حال در برخی از کشورها بیشتر منابع معدنی برای استحصال به خارج از کشور فرستاده می‌شود در نتیجه فرآیند تولید ارزش افزوده در خارج از کشور میزبان صورت می‌گیرد و لذا اثرات ناچیزی را در اقتصاد محلی می‌گذارد. اصلی‌ترین مزایای ملی معدنکاری، مالیات و حقوق دولتی محسوب می‌شود. همچنین با ایجاد اشتغال در مناطق بومی سبب کسب درآمد برای جوامع محلی می‌شود. معدنکاری تأثیرات غیر قابل انکاری را در اقتصاد محلی بطور مستقیم و غیر مستقیم عهده‌دار است و نقش بی‌بدیلی در توسعه اقتصادی کشورها بازی می‌کند با این وجود بعضی از جوامع و کشورها علیرغم بهره‌مندی از ذخایر غنی، با فقر و عدم رفاه مواجه شده‌اند که دلیل آن را منفعت‌طلبی و فساد موجود در آن سیستم‌ها می‌توان بیان نمود. از تأثیرات منفی معدنکاری در

حوزه اقتصادی می‌توان به بیماری هلندی^۱ اشاره نمود؛ خام فروشی و غفلت از به راه انداختن چرخه صنعت در زمینه فرآوری و دیگر فعالیت‌هایی که سبب استحصال و افزایش ارزش افزوده می‌شود، سبب تزریق کاذب ارز به چرخه اقتصادی کشور و ایجاد تورم و کاهش پول ملی می‌شود [۴۴]. با توجه به موارد ذکر شده بعد اقتصادی توسعه پایدار را با توجه به تمامی ذینفعان میبایست تعریف نمود تا تقسیم ثروت بطور عادلانه صورت گیرد.

۲-۶. ضرورت طراحی پایدار در معادن روباز

پیش‌بینی تغییر جهت آینده معدنکاری به سوی معدنکاری بزرگ مقیاس^۲ با تولید روزانه بیش از یک میلیون تن کانسنگ از ذخایر نامرغوب^۳، بر ضرورت ملاحظه جنبه‌های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در طراحی‌ها بیش از پیش صحنه می‌گذارد [۲۰]. در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در خصوص مسائل توسعه پایدار در حوزه طراحی معدن صورت گرفته که تمرکز بیشتر آن‌ها بر روی آسیب‌های زیست محیطی بوده است.

مهم‌ترین مسئله در طراحی معادن روباز تعیین محدوده نهایی است که شکل نهایی معدن را در پایان عمر خود مشخص می‌کند. در سال ۱۹۶۵ لُرج و گروسمن^۴ مسئله تعیین پیت نهایی را با روش "گراف لرج و گروسمن" حل کردند که در آن بیشینه‌سازی سود^۵ به‌عنوان هدف مطرح شده بود؛ این دو با بدست آوردن مدل بلوکی زمین‌شناسی حاصل از کار اکتشافی، مدل بلوکی اقتصادی را با روش ریاضی بدست آوردند؛ شایان ذکر است در این روش، از پارامترهای توسعه پایدار، صرفاً به جنبه اقتصادی آن توجه شده است [۴۴].

در سال ۱۹۸۴ بروگر و اریکسون^۶ با کمینه‌سازی هزینه‌های بازسازی معدن زغال فرضی و بیشینه‌سازی ارزش خالص فعلی با روش برنامه‌ریزی خطی^۷ به این نتیجه رسیدند که برای کاهش هزینه‌های بازسازی^۸،

1 Dutch disease

2 Giant mining

3 Lean mining

4 Lorchs_Grossmann

5 Profit

6 Burgher and Erickson

7 Linear programing

8 Reclamation

ارزش خالص فعلی معدن کاهش پیدا می‌کند؛ این مدل تنها مدلی است که هزینه‌های بازسازی را بطور مستقیم وارد برنامه‌ریزی تولید کرده‌است [۶].

در سال‌های بعد کینگ^۱ با انجام اصلاحاتی در مدل دود^۲، هزینه‌های بازسازی برای محاسبه عیار حد دینامیک^۳ و نرخ تولید^۴ معدن را با دو روش بیان کرد. در روش اول هزینه بازسازی در پایان عمر معدن را به مدل اضافه کرد؛ نتیجه به کارگیری این روش افزایش عمر معدن و کاهش عیار حد آن می‌باشد. در روش دوم با وارد کردن هزینه‌ها به روش تدریجی و با توجه به نرخ تولید معدن در سال‌های استخراج، عیار حد استخراجی افزایش یافته و عمر معدن کاهش می‌یابد و نتیجتاً با این کار، ارزش خالص فعلی افزایش می‌یابد [۲].

در سال ۲۰۰۱ کاگتا و کالسی^۵ برای کمینه‌سازی هزینه‌های بازسازی، مدلی برای باطله‌برداری با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح^۶ ارائه کردند که در آن ایمنی و پایداری در طول عمر معدن بطوری استخراج با کمترین هزینه صورت گیرد به عنوان هدف مطرح گردید؛ این دو با صرف‌نظر کردن از دفن باطله‌های اسیدی^۷ و تأثیرات آن در محیط زیست منطقه، به فرمولی ریاضی برای محاسبه تغییر شکل معدن رسیده و آنرا با روش الگوریتم تطبیقی^۸ حل کردند. نتیجه بدست آمده، کاهش میزان باطله برای ارسال به دامپ باطله و کاهش عیار حد نسبت به مدل‌های گذشته بود [۷].

تا سال ۲۰۰۴ تمام تحقیقات صورت گرفته صرفاً از لحاظ معیار زیست محیطی توسعه پایدار بود اما در سال ۲۰۰۴ اودل^۹ با در نظر گرفتن سه شاخص توسعه پایدار بطور همزمان، طراحی معدن را بررسی کرد و با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره^{۱۰}، بهترین گزینه را با تابع هدف بیشینه‌سازی ارزش خالص فعلی و

1 King

2 Dowd

3 Cut Off Grade

4 Production Rate

5 Caccetta and Kalsey

6 Integer Programing

7 Acid Mine Drainage (AMD)

8 Adaptive Algorithm

9 Odell

10 Multi Criteria Decision Analysis (MCDM)

کمینه‌سازی تأثیرات نامطلوب بدست آورد [۸]. همچنین در همان سال رودریگز و روزگونی^۱ هزینه‌های بازسازی را بطور مستقیم وارد هزینه‌های استخراج در الگوریتم لین کردند و به این نتیجه رسیدند که عدم ملاحظه هزینه‌های بازسازی در محاسبات، سودآوری پروژه‌ها را با اشتباهاتی مواجه می‌گرداند [۴۵].

در سال ۲۰۰۷ غلام‌نژاد هزینه بازسازی باطله را در محاسبه عیار حد وارد کردند؛ این کار موجب کاهش عیار حد و به تبع آن ارسال باطله کمتر به دامپ می‌گردد [۹]. به دنبال آن در سال ۲۰۰۸ رشیدی‌نژاد و همکاران، یک مدل زیست محیطی اصلاح شده برای تعیین عیار حد با تلفیق رویکردهای مدیریت منابع معدنی و با هدف کاهش باطله و زهاب‌های اسیدی معدن^۲ مس، ارائه کردند [۱۱]. در سال ۲۰۰۹ دُگان^۳ و همکاران بر روی اثرات اندازه‌های مختلف بلوک‌های ماده معدنی، میزان باطله و توزیع مواد سمی در معادن ترکیه مطالعه کردند؛ بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط آن‌ها، با تغییر اندازه بلوک‌ها تمام پارامترها تغییر می‌کند و حتی هزینه‌های بازسازی نیز متفاوت می‌گردد [۱۲]. در همان سال باشتین^۴ و همکاران با اصلاح مدل لین^۵ و اضافه نمودن هزینه‌های بازسازی و هزینه‌های اجتماعی، عیار حد استخراجی معادن روباز را محاسبه کردند [۴۶].

در سال ۲۰۱۰ غلام‌نژاد و مجاهدفر معیار جدیدی برای محاسبه محدوده نهایی پیت ارائه دادند و هدف از آنرا را ماکزیمم‌سازی مواد معدنی استخراج شده با محدودیت‌های شیب و همچنین مثبت بودن سود تعریف نمودند [۱۳]. در همان سال کوردور^۶ و همکاران دست به کار ایجاد روشی در راستای در نظر گرفتن توسعه پایدار در طراحی و فرآیند معدنکاری شدند [۴۷].

در سال ۲۰۱۲، کراینون و کارمیس^۷ در راستای معدنکاری پایدار در طراحی معدن روباز زغال با استفاده از ابزار سامانه اطلاعات جغرافیایی^۸ و ملاحظه مسائل مربوط به پایداری زمین تلاش کردند. این دو پارامترهای مؤثری چون مشخصات زمین‌شناسی، توپوگرافی و نیز هزینه‌های زیست محیطی را در تعیین محدوده نهایی در

1 Rodriguez and Rozgonyi
2 Acid Mine Drainage
3 Dogan
4 Bascetin
5 Lane
6 Corder
7 Craynon and Karmis
8 Geographic information system(GIS)

نظر گرفتند. در این روش آن‌ها پارامترهای فوق‌الذکر را بخشی از ارزش زمین در نظر گرفتند و نتیجه محدودۀ حاصل، بهینه‌سازی اقتصادی و بازایی بیشتر زغال بود؛ این امر سبب افزایش کاربری زمین پس از معدنکاری با توجه به حفظ منافع زیست محیطی و اجتماعی می‌شود [۴۸]. در همان سال عطائی پور و همکاران برای تعیین محدودۀ نهایی براساس توسعه پایدار، فاکتور "پتانسیل گسترش محدودۀ استخراج"^۱ را ارائه کردند [۱۴].

در سال ۲۰۱۴ بدیع الزمّانی و عسگری‌نسب با در نظر گرفتن ظرفیت و بازیافت باطله با روش برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط خطی، یک مدل طراحی بلند مدت ارائه دادند [۱۵]. شیاجوان^۲ و همکاران تأثیر هزینه‌های اکولوژیکی مرتبط با یکی از معادن سنگ آهن چین را در طراحی و تعیین محدودۀ نهایی با نتیجه کاهش سود و افزایش تُناژ ارائه دادند [۱۶].

ادیبی و عطائی پور در سال ۲۰۱۵، حد نهایی معدن سنگ آهن جلال‌آباد را با در نظر گرفتن سه شاخص توسعه پایدار و وزن‌دهی آن‌ها محاسبه کردند؛ در این روش ابتدا محدودۀ نهایی را با هدف بیشینه‌سازی سود و حداکثر نمودن تُناژ با سود تقریباً صفر تعیین نموده و با کاهش تدریجی سود، تعدادی محدود بین این دو محدودۀ طراحی کردند و برای همه این محدوده‌ها شاخص‌های توسعه پایدار را محاسبه کردند و بهترین گزینه را ارائه دادند [۱۷]. در همان سال مرادی و اُسانلو شاخص‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در محاسبه عیار حد وارد نمودند [۱۸].

رحمانپور و اُسانلو در سال ۲۰۱۶ با روش سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری^۳، محدودۀ نهایی پایدار را با توجه به تمام جنبه‌های توسعه پایدار و با در نظر گرفتن معدنکاری مسئولانه تعیین کردند؛ در این روش درآمد هر کدام از گزینه‌های بهینه تصمیم‌گیری را ارزیابی و محاسبه کردند به این‌صورت که پس از شناسایی شاخص‌ها، ماتریس تصمیم را تشکیل داده، میزان پایداری را محاسبه و تعدادی محدودۀ نهایی بدست آوردند و در نهایت از این محدوده‌ها براساس منطق فازی، بهترین گزینه را انتخاب کردند؛ محدودۀ نهایی انتخاب شده به تغییراتی

1 Expansion Potential

2 Xiao-chuanXU

3 Decision Support System(DSS)

در ارزش خالص فعلی با کاهش ۷٪ و افزایش عمر معدن به میزان ۱۳ سال منجر شد [۲۰]. در جدول ۴-۲ مطالعات صورت گرفته بر روی جنبه‌های توسعه پایدار بطور مختصر ارائه شده‌است.

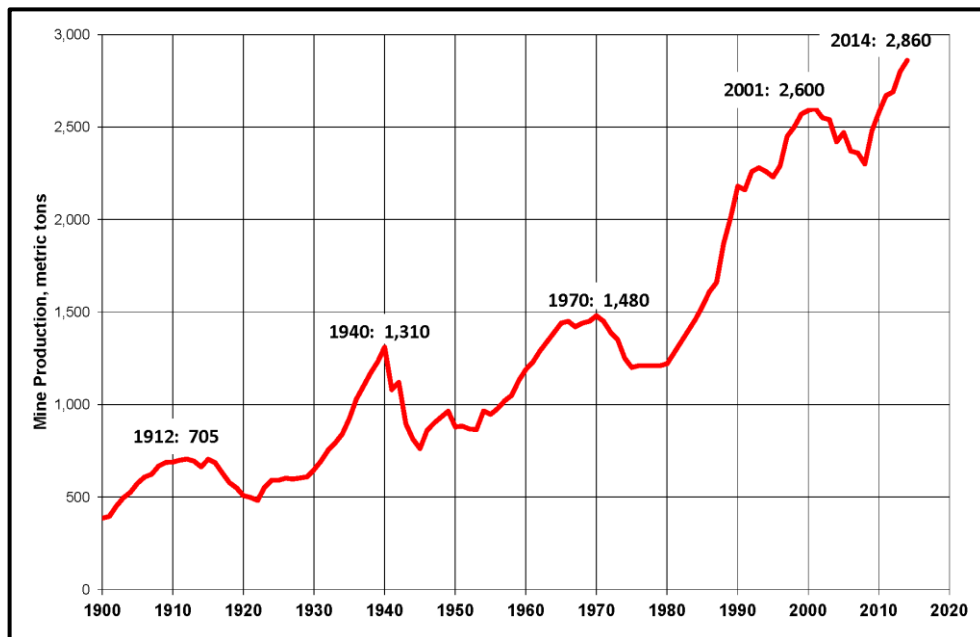
جدول ۴-۲: مطالعات بروی جنبه های مختلف توسعه پایدار برای تعیین محدوده نهایی

محقق	سال	شاخص های توسعه پایدار		
		اقتصادی	اجتماعی	زیست محیطی
لرچ و گروسمن	۱۹۶۵	سود		
بروگر و اریکسون	۱۹۸۴	سود		هزینه بازسازی
کینگ	۱۹۸۸	سود		احیاء
کاکتا و کلسی	۲۰۰۱	سود		بازسازی
اودل	۲۰۰۴	سود	کاهش تأثیرات	کاهش تأثیرات
رشیدی‌نژاد	۲۰۰۸	سود		کاهش تأثیرات
غلام‌نژاد	۲۰۰۹	سود		احیاء
باشتین و همکاران	۲۰۰۹	سود	کاهش تأثیرات	بازسازی
دُگان و همکاران	۲۰۰۹	سود		میزان باطله
غلام‌نژاد و مجاهدفر	۲۰۱۰	سود	تناژ ماده معدنی، عمر معدن	
عطائی‌پور و همکاران	۲۰۱۲	سود	کارائی منابع	
رحمانپور و اصائلو	۲۰۱۳	سود		کاهش تأثیرات
عسگری‌نسب	۲۰۱۴	سود		بازسازی
شیانو چوان	۲۰۱۴			هزینه‌های اکولوژیکی
مرادی	۲۰۱۵	سود		هزینه‌های اکولوژیکی
ادیبی و عطائی‌پور	۲۰۱۵	سود ذینفعان	افزایش منافع اجتماعی	کاهش اثرات مخرب
رحمانپور و اصائلو	۲۰۱۶	کاربری زمین	کارائی منابع، فرصت شغلی	کاهش اثرات مخرب

۲-۷. ضرورت معدنکاری طلا و پایداری آن

طلا از فلزات گران قیمت و ارزشمندی است که علاوه بر مصارف زینتی، صنعتی و پزشکی، به عنوان پشتوانه پولی در سیستم بانکی هر کشور محسوب می‌شود و همین ویژگی‌ها سبب سرمایه‌گذاری در اکتشاف، استخراج و تولید آن شده است. از این رو کشورهای دارای این پتانسیل، تلاش‌های وسیعی در جهت اکتشاف و استحصال این فلز با ارزش و استراتژیک انجام داده‌اند. تقاضای بالای صنایع جواهرسازی میزان استخراج طلا را از ۲۴۵۵ تن در سال ۲۰۰۰ به ۲۸۶۰ تن در سال ۲۰۱۴ رسانده است؛ در نتیجه ارزش طلا روندی صعودی را طی کرده و امکان استخراج آن از مناطقی که قبلاً سودآورد نبودند بوجود آورده است. در شکل ۱-۲ میزان تولید جهانی طلا نشان داده شده است.

کشور ما نیز در استخراج طلا سابقه‌ای دیرینه دارد اما مقایسه تولید کنونی آن در کشورمان با تولید جهانی، نشان می‌دهد که ایران از نظر تولید این عنصر استراتژیک جایگاه شاخصی در جهان ندارد؛ در نتیجه با توجه به شرایط ویژه و متنوع زمین‌شناسی ایران، جستجو برای یافتن ذخایر متوسط و کوچک، تلاشی مثبت در جهت اکتشاف ذخایر طلای ناشناخته کشورمان خواهد بود



شکل ۲-۳: تولید سالانه طلا در جهان [۴۹]

از سوی دیگر، صنایع وابسته با معدنکاری طلا در تمام دنیا به دلیل آلودگی زیاد در طول فرآیند تولید شمش طلا، دارای اثرات منفی می‌باشند. پیامدهایی چون آلودگی هوا و آب و خاک آغشته به عناصر سمی نظیر سیانید، آرسنیک و جیوه که تأثیرات مخربی بر روی بهداشت و سلامت جوامع محلی داشته و تداوم آن نیز از بین بردن پوشش گیاهی و در پی آن تغییرات اقلیمی و انقراض گونه‌های جانوری را در پی دارد؛ لذا در کنار بحث اقتصادی معادن طلا لزوم بررسی و توجه بیش از پیش به محیط زیست و همچنین جوامع محلی از اوجب واجبات به شمار می‌آید. در ادامه مواردی از تأثیرات مخرب معدنکاری طلا بر روی محیط زیست ذکر می‌گردد [۵۰]:

۱. معدن ولادرو^۱ در آرژانتین: در سال ۲۰۱۵ به دلیل خرابی دریچه معدن، ۱۰۷۲ متر مکعب از محلول سیانید به رودخانه پوتریلوس^۲ ریخته شد.
۲. معدن کوه پلی^۳ در کانادا: در سال ۲۰۱۴ شکستن سد باطله موجب سمي شدن ۴/۵ میلیون مترمکعب از آب‌های سطحی شد.
۳. معدن طلای آهافو^۴ در غنا: در سال ۲۰۰۹ سرریز محلول فرآوری شده حاوی سیانور سدیم در محل کارخانه فرآوری، منجر به آلودگی آب‌های سطحی و مرگ و میر آبزیان شد.
۴. معدن طلای تولوکوما^۵ در پاپوا گینه نو: در سال ۲۰۰۰ در حالیکه باران میبارید سقوط محفظه حاوی ۱ تن سیانید از هلیکوپتر به جنگل سبب ریختن ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم از این ماده سمی به رودخانه اطراف معدن گردید.

از این قبیل فجایع در اثر معدنکاری طلا نمونه‌های بسیاری وجود دارد؛ در همین راستا آبراهام کوما^۶ در سال ۲۰۰۵، به چالش‌های پیش روی معدنکاری طلا در کشورهای در حال توسعه پرداخته است؛ وی برای کاهش و جبران کیفی پیامدهای چنین فجایعی، راهکارهایی جدی ارائه داد که تعدادی از مهم‌ترین آن‌ها در ادامه ذکر می‌گردد: افزایش مالیات بر درآمد بر منابع تجدیدنپذیر، ارائه‌ی طرحی مبتنی بر رفاه اجتماعی و

1 Veladero mine
2 Potrerillos
3 Mount Polley mine
4 Ahafo gold mine
5 Tolukuma gold mine
6 Abraham Kumah

زیست محیطی در محدوده معدنکاری طلا، ایجاد نظارت مداوم توسط دولت و ارگان‌های غیر وابسته برای اطمینان از سازگاری معدنکاری طلا با محیط زیست، ارائه گزارش‌های زیست محیطی و اجتماعی توسط شرکت‌های پیمانکاری، تعیین جریمه‌های سنگین در صورت بروز آسیب‌های زیست محیطی، اجبار به بازسازی معدن پس از بستن معدن و همچنین مذاکره و تشویق سرمایه‌گذاری صاحبان معادن طلا در بخش‌های دیگر اقتصادی [۵۱].

۸-۲. انتخاب شاخص‌های توسعه پایدار

برای انتخاب شاخص‌های توسعه پایدار بایستی همه ذینفعان را در انتخاب پیت نهایی در نظر گرفت. روش رایج انتخاب پیت نهایی حداکثر سازی سود بوده است. ولی برای تعیین این محدوده نیاز به انتخاب شاخص‌های توسعه پایدار است که می‌توان از مطالعات آزاپجیک^۱ [۵۲] و "گزارش اولیه جهانی"^۲ [۵۳] استفاده کرد. برای انتخاب بایستی به نکات زیر توجه کرد: [۱۷]

۱. تعداد شاخص‌ها برای کاهش پیچیدگی محاسبات بایستی محدود باشند.

۲. شاخص‌های انتخاب شده بایستی قابلیت کمی کردن داشته باشند.

۳. ارزش شاخص‌های انتخاب شده برای گزینه‌های مدنظر برابر نباشند.

الف. بازسازی^۳

بازسازی مجموعه عملیاتی است که در جهت اصلاح اثرات معدنکاری بر محیط زیست حرکت کرده و می‌توان ایجاد شرایط ثابت و ایمن در راستای درآمدزایی و ارائه خدمات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در منطقه را از اهداف بلند مدت آن برشمرد. برای این منظور می‌بایست در مراحل اولیه توسعه پروژه، فرآیند بازسازی در نظر گرفته شده و در راستای اهداف بسته شدن معدن توسعه یابد [۵۴].

استفاده مجدد از زمین‌های تخریب شده در اثر معدنکاری در یک شرایط سود آور، علاوه بر ایجاد فرصت‌های جدید شغلی در منطقه، ذهنیت جامعه را نسبت به این فعالیت‌ها بهبود بخشیده و شرایط پایداری

1 Azapagic
2 Global Reporting Initiative
3 Reclamation

را جهت توسعه منطقه فراهم خواهد آورد. باتوجه به اینکه رهاسازی معادن بدون فعالیت‌های بازسازی مشکلاتی همچون زهاب‌های اسیدی ثانویه، خودسوزی معادن، نشست زمین و ... را به دنبال خواهد داشت می‌توان تعیین هزینه‌های مستقیم برای اجرای عملیات بازسازی را امری ضروری دانست.

در زمان بسته شدن معدن تمام زمین‌های تحت تأثیر از جمله دیواره پیت، دامپ باطله، کارخانه فرآوری و ... بایستی بازسازی شود.

ب. کاربری زمین^۱

کاربری زمین اهداف استفاده انسانی از پوشش‌های زمین^۲ را تعیین می‌کند که می‌توان به اهدافی همچون کشاورزی، جنگلداری، استخراج منابع معدنی، جنگلداری، تفرجگاه و ... اشاره نمود. با تغییر کاربری زمین نوع پوشش گیاهی منطقه تغییر می‌کند. پس برای محاسبه کمی کاربری زمین کافی است مساحت‌های زمین‌های استفاده شده در فعالیت معدنی را محاسبه کرد.

ج. تولید باطله^۳

معدنکاری در سال‌های آینده با انبوهی از باطله‌های معدنی مواجه خواهد شد که برای بازسازی زمین‌های تحت تأثیر این باطله‌ها با مشکلات و هزینه‌های قابل توجهی مواجه خواهد شد، بدین منظور یکی از اهداف اصلی توسعه پایدار و معدنکاری سبز کاهش تولید باطله است [۳۱]. بطور مثال ورود موادی چون زهاب‌های اسیدی و فلزات سمی^۴ در آب و خاک پیامدهایی چون آلودگی‌های گسترده زیست محیطی و نیز آلودگی‌های بصری^۵ به همراه دارد. پیامد تداوم چنین وضعی تغییرات اقلیمی گسترده و بدنبال آن بحران‌های فراگیر اجتماعی است، لذا شایسته است که با برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های مناسب در جهت کاهش این مخاطرات قدم برداشته و با اتخاذ نگاهی حزم‌اندیشانه، از سلامت نسل مولد فعلی و نیز نسل آینده غافل نبود.

معدنکاری مدرن با کاهش ذخایر سطحی با عیار بالا مواجه شده است؛ ذخایر به جا مانده کم عیار و در قسمت‌های عمیق قرار گرفته‌اند و دسترسی به آن‌ها نیازمند استخراج حجم زیادی باطله است لذا بهینه‌سازی

1 Land Use
2 Land Cover
3 Waste Production
4 Toxic Metal
5 Visual Pollution

میزان تولید باطله از اولویت‌های معدنکاری محسوب می‌شود. باطله‌ها در معادن روباز به سه بخش تقسیم می‌شوند: [۵۴]

۱. پوشان سنگ^۱

۲. باطله سنگ^۲

۳. باطله کارخانه فرآوری^۳

می‌توان گفت باطله کارخانه فرآوری و باطله سنگ‌ها بسیار ناپایدار و از پتانسیل بالایی جهت فرسایش برخوردار هستند.

د. میزان مصرف انرژی^۴

کاهش مصرف انرژی در معادن و صنایع تأثیر بسزایی بر کاهش اثرات مخرب زیست محیطی دارد چرا که مصرف انرژی سبب تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله گاز کربن دی‌اکسید می‌شود. براساس معاهده پاریس کشورمان متعهد به کاهش گازهای گلخانه‌ای تا میزان ۴٪ تا سال ۲۰۳۰ شده است لذا بایستی در تمام صنایع آلاینده هدف پیش از دستیابی به سود، کاهش مصرف انرژی در نظر گرفته شود [۵]. میزان مصرف انرژی در معدنکاری و کارخانه فرآوری توسط جونز^۵ محاسبه شده است و به شرح زیر است [۵۵].

$$f_m = 0.0003305 T^{I^6} / \text{ton} \quad f_w: \text{ضریب مصرف انرژی ماده معدنی}$$

$$f_w = 0.0003305 T^{I} / \text{ton} \quad f_w: \text{ضریب مصرف انرژی باطله‌های معدنی}$$

ه امنیت شغلی

یکی از مزایای مهم معدنکاری ایجاد اشتغال برای افراد بومی منطقه است که سبب ایجاد درآمد و همچنین تربیت نیروی کار ماهر در حوزه معدنکاری می‌شود. این مزیت تا زمان بسته شده معدن ادامه دارد و در هنگام بسته شدن معدن کارگران بومی با بیکاری مواجه می‌شوند.

1 Overburden
2 Waste Rock
3 Tailing
4 Energy Consumption
5 Jochens
6 One trillion (10¹²) joules

و. ایمنی

معمولاً با افزایش عمق معدن ریسک حوادث افزایش یافته لذا پارامتر عمق برای معادن روباز پارامتری مناسب برای کمی‌سازی می‌باشد.

ز. کارائی منابع^۱

در معدنکاری، کارائی منابع به معنای کاهش اثرات زیست محیطی است یعنی افزایش تولید در عین کاهش انرژی و آب رخ دهد. شعار "تولید بیشتر با کمترین منابع"^۲ نشان از تمرکز بر خروجی‌ها با کمترین تأثیر بر روی محیط زیست است [۵۶]. کارائی منابع در بخش مواد معدنی و فلزات، صرفاً از طریق اجرای اصول توسعه پایدار در سراسر چرخه حیات مواد معدنی و فلزات، حاصل می‌شود [۵۷]. کارائی ذخیره معدنی از رابطه ۲-۱۲ محاسبه می‌شود که میزان آن به تناژ ماده معدنی در پیت‌های فرعی و عیار ماده معدنی و همچنین به تناژ ذخیره و میزان عیار آن مربوط می‌باشد.

$$\text{Resource Efficiency} = \frac{\text{ore tonnage in pit} * \text{avarage of ore grade}}{\text{ore body tonnage} * \text{avarage of ore body grade}} \quad (12-2)$$

ح. تعداد پرسنل

تعداد پرسنل مورد نیاز برای انجام یک چرخه کامل فعالیت معدنی از مجموع تمام نیروی کار معدن از جمله کارخانه فرآوری، سایت استخراج، نیروهای خدماتی و اداری محاسبه می‌شود. برای تخمین تعداد پرسنل از برآورد هزینه اوهارا استفاده شده است [۵۸]:

$$N_{op} = 0.024T_p^{0.8} \quad (13-2)$$

$$N_{ml} = 5.7T^{0.3} \quad (14-2)$$

$$N_{sv} = 25.4\%(N_{ml} + N_{op}) \quad (15-2)$$

$$N_{at} = 11\%(N_{op} + N_{ml} + N_{sv}) \quad (16-2)$$

$$N_{total} = N_{op} + N_{ml} + N_{sv} + N_{at} \quad (17-2)$$

1 Resource Efficiency

2 "Doing more with less."

$$T_p = T_o + T_w \quad (۱۸-۲)$$

N_{op} : تعداد پرسنل استخراج
 T : تناژ روزانه ماده معدنی فرآوری شده
 N_{ml} : تعداد پرسنل کارخانه فرآوری
 T_o : تناژ روزانه ماده معدنی استخراج شده
 N_{sv} : تعداد پرسنل خدماتی
 T_w : تناژ روزانه باطله استخراج شده
 N_{at} : تعداد پرسنل اداری و تکنسین‌ها
 T_p : تناژ روزانه استخراج

ط. سود یا ارزش خالص فعلی

بطور کلی محاسبه سود از تفاضل درآمد حاصل از فروش ماده معدنی از هزینه‌های استخراج کانسنگ و باطله و فرآوری کانسنگ به دست می‌آید. ارزش خالص فعلی از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_i}{(1+i)^t} \quad (۱۳-۲)$$

i = نرخ تنزیل
 C_0 = سرمایه‌گذاری اولیه
 C_i = جریان نقدی خالص

ی. درآمد پس از معدنکاری^۱

بسته شدن معدن از طریق به حداقل رساندن اثرات مخرب محیط زیستی، اجتماعی و تأثیرات اقتصادی بر جوامع منطقه معدن و به حداکثر رساندن نتایج مثبت که سبب کمک به نسل‌های آینده شود باعث ایجاد نتایج پایدار می‌شود [۵۹]. اصطلاح بازسازی به برگرداندن زمین‌های استخراج شده به شکل و شرایط اولیه قبل از معدنکاری و احیای آن زمین‌ها با کاربری جدید اطلاق می‌شود [۶۰]. در جدول زیر لیستی از کاربری‌های ممکن پس از معدنکاری فراهم شده است.

هزینه‌های زیست محیطی که برای بازسازی و بستن معدن صورت می‌گیرد صرفاً هزینه نبوده و میتوان با انجام اقداماتی سایت معدن را با تغییر کاربری سودده کرد. برای پیش بینی سرانگشتی این درآمد از رابطه ارائه شده توسط ادیبی و همکاران می‌توان استفاده کرد [۱۹]:

1 Post Mining Income

$$Post\ mining\ income = reclaimed\ land * I_{SL} - land\ use * I_{PL} \quad (۱۴-۲)$$

I_{SL} : درآمد زمین بازسازی شده پس از معدنکاری (\$/m²) I_{PL} : درآمد زمین قبل از معدنکاری (\$/m²)

جدول ۵-۲: کاربری‌های مقدور پس از معدنکاری برای یک سایت معدنی [۶۱]

کاربری زمین	
۱۰. مسکونی	۱. باغداری و کشاورزی
۱۱. تجاری	۲. مرتع
۱۲. صنعتی	۳. جنگل
۱۳. موزه یا مراکز آموزشی	۴. کارخانه تولید چوب
۱۴. مراکز علمی	۵. دریاچه
۱۵. نیروگاه بادی	۶. پرورش ماهی
۱۶. پارک خورشیدی	۷. مناطق تفریحی
۱۷. نیروگاه تلمبه	۸. پارک
	۹. جاذبه توریستی

ک. درآمدهای مالیاتی^۱

مالیات اعمال مقررات اجباری توسط دولت برای پرداخت هزینه اجباری در راستای افزایش درآمد مخارج دولتی، جایگزینی منابع و امکانات استفاده شده و اعمال سیاست‌های کاهش فقر می‌باشد. تمام مالیات‌ها و عوارض‌ها مستقل از هم دریافت می‌شوند و نحوه هزینه آن‌ها متفاوت است. نحوه قانونگذاری در هر کشوری برای مالیات متفاوت است؛ در تحقیق پیش رو مالیات براساس قوانین جمهوری اسلامی ایران محاسبه می‌شود.

۱. مالیات بر درآمد^۲: مالیات متغیری نسبت به درآمد مالک معدن می‌باشد که مقدار آن ۲۵٪ در نظر گرفته شده است.

1 Tax Generation
2 Tax on Income

۲. حقوق دولتی^۱: این مالیات منحصر به بخش منابع طبیعی است که گاهی اوقات بصورت سودآوری

ولی بیشتر بصورت مقدار تولیدشده یا ارزش آن محاسبه می‌شود. [۶۲]

۳. مالیات بر دستمزد برای معدنکاران^۲: به تعداد پرسنل و دستمزد مشمول مالیات و نرخ مالیات

بستگی دارد.

ل. درآمدهای غیرمستقیم معدنکاری^۳

معدنکاری علاوه بر تأثیر مستقیم همچون تولید ناخالص داخلی، برای افراد محلی درآمدی غیرمستقیم دارد. از مهم‌ترین آن‌ها ایجاد اشتغال برای افراد بومی و در نتیجه کسب درآمد می‌باشد. از طرفی بخشی از درآمدهای عوارض، حقوق دولتی و درآمدهای حاصل از فروش، صرف ساخت و توسعه زیرساخت‌ها از جمله بیمارستان‌ها، مدارس، مکان‌های فرهنگی و... در منطقه می‌شود و مهم‌ترین تأثیر آن تربیت نیروی کار ماهر در منطقه است. سود غیرمستقیم به صورت زیر محاسبه می‌شود [۱۹]:

۱. ۲۰٪ حقوق دولتی مربوط به هر معدن میبایستی صرف توسعه زیرساخت‌های جوامع محلی شود.

۲. می‌بایست ۸۰٪ نیروی کار معدن از افراد بومی تأمین گردد.

۳. هزینه تربیت سالانه هریک نفر نیروی انسانی ماهر معادل ۱۰۰ دلار فرض می‌گردد که پس از بستن معدن نزد جوامع محلی باقی می‌ماند.

۴. درآمد ایجاد اشتغال برای نیروی کار برای هر نیروی کار مستقیم در صنایع معدنی ۶/۵ فرصت در بخش‌های دیگر اقتصاد محلی ایجاد می‌شود [۶۳].

در جدول ۲-۶ به طور مختصر شاخص‌های در نظر گرفته شده برای محاسبه پیت نهایی نشان داده شده است.

1 Mineral Tax
2 Wage Tax for Miner
3 Mining Indirect Benefit

۹-۲. جمع بندی فصل

در این فصل به بیان اهمیت ضرورت توسعه پایدار در مطالعات انجام گرفته، شاخص‌های توسعه پایدار و روش وزن‌دهی آن‌ها پرداخته شده است. با شناسایی و وزن‌دهی این شاخص‌ها می‌توان پیت نهایی مناسب را انتخاب نمود. در فصل بعدی به معرفی معدن زرشوران و بیان خصوصیات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه موردنظر پرداخته شده است.

جدول ۷-۲: شاخص‌های توسعه پایدار [۱۹]

معیار	شاخص‌های ارزیابی	نحوه محاسبه
۱ ۲ ۳ ۴ زیست محیطی	بازسازی: بستگی به تمام مساحت زمینهایی که در حین معدنکاری یا بعد از بستن معدن دارد از جمله دیواره‌های پیت، دامپ باطله، زمین کارخانه فرآوری و تمام ساختمان‌های اداری معدن.	مساحت پیت+مساحت دامپ باطله+...
	کاربری زمین: بستگی به مجموع مساحت زمین‌های بکر در فعالیت‌های معدنکاری دارد.	مرزپیت+ مساحت زمین دامپ باطله+....
	تولید باطله: همه نوع باطله‌ای که در حین استخراج و فرآوری تولید می‌شود.	باطله معدن+ باطله کارخانه فرآوری
	مصرف انرژی: بستگی به تمام انرژی‌های مصرف شده برای معدنکاری و فرآوری و استخراج باطله دارد.	میزان مصرف انرژی = فاکتور انرژی برای هر تن ماده معدنی*تناژ+ فاکتور انرژی برای هر تن باطله*تناژ باطله
۵ ۶ ۷ ۸ اجتماعی	امنیت شغلی: به عمر معدن بستگی دارد.	عمر معدن=ماده معدنی درون پیت/میزان تولید سالیانه
	ایمنی: ایمنی در معادن روباز براساس عمق معدن فرض شده است.	عمق معدن= بالاترین تراز پله-تراز کف پله
	کارآئی منابع: نسبت ماده معدنی داخل محدوده به کل ماده معدنی	تناژ ماده معدنی درون پیت* متوسط عیار/تناژ ماده معدنی کل*متوسط عیار
	تعداد پرسنل: برابر است با تعداد پرسنل که در معدن کار می‌کنند	تعداد پرسنل = تعداد پرسنل استخراج+تعداد پرسنل کارخانه فرآوری+پرسنل خدماتی+....
۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ اقتصادی	سود یا ارزش خالص داخلی	سود= درآمد- هزینه
	درآمد سالانه پس از معدنکاری: به کاربری زمین قبل از معدنکاری و بعد از بازسازی ارتباط دارد.	زمین‌های بازسازی شده*درآمد زمینها پس از بازسازی+کاربری زمین*درآمد معدن قبل از معدنکاری
	مالیات: مجموع تمام مالیات‌ها و عوارض	مالیات بر درآمد+حق امتیاز+مالیات دستمزد+...
	سود غیر مستقیم معدنکاری: شامل تمام سودهایی که عاید جوامع محلی می‌شود از جمله درآمد، آموزش، و نیز قسمتی از مالیات معدنکاری برای توسعه زیرساخت‌ها می‌شود	مجموع تمام سودهای غیر مستقیم

فصل ۳. معدن طلای زرشوران

۳-۱. مقدمه

در این فصل با توجه به معیارهای ارائه شده در فصل گذشته، به بررسی معدن طلای زرشوران پرداخته شده است. تاریخچه معدن و همچنین زمین‌شناسی منطقه ارائه شده است. محدوده موردنظر از لحاظ زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت عوامل مؤثر در این محدوده بیان شده است.

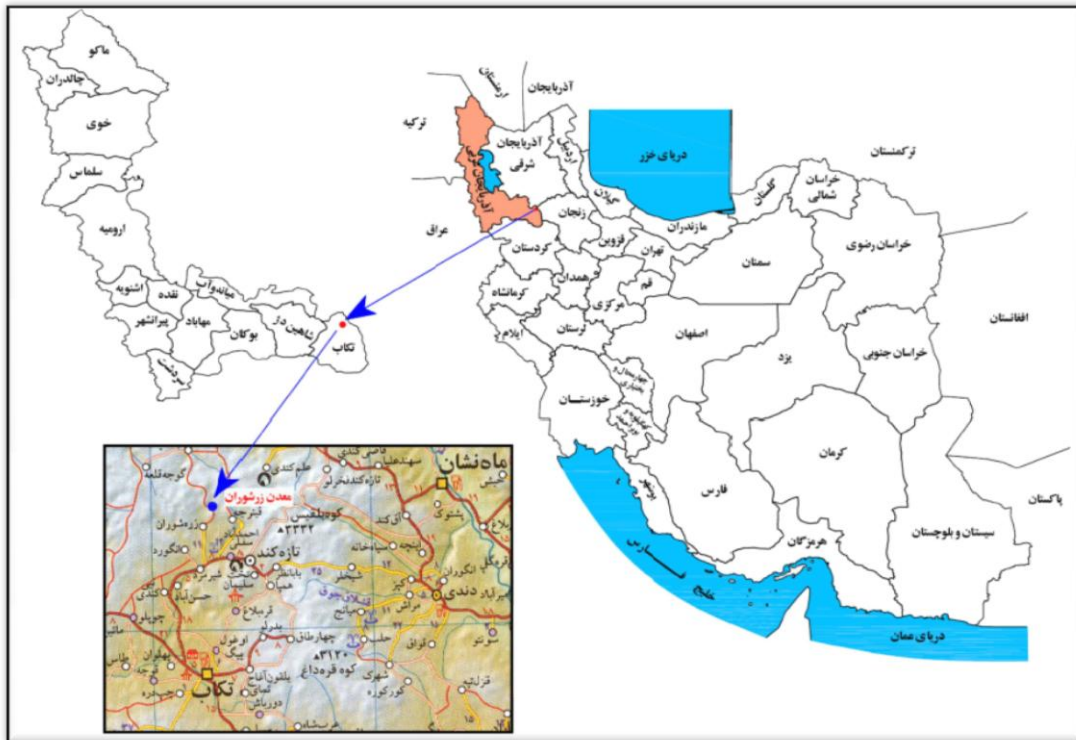
۳-۲. موقعیت و مسیر دسترسی

معدن طلای زرشوران، در جنوب شرقی محدوده جغرافیایی استان آذربایجان غربی و به فاصله ۵ کیلومتری (فاصله هوایی) شمال تا شمال‌شرقی روستای زرشوران و ۲۵ کیلومتری (فاصله هوایی) شمال شهرستان تکاب واقع شده است. موقعیت جغرافیایی معدن زرشوران در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. ارتفاع متوسط این محدوده از سطح دریا ۲۳۵۰ متر است که حداقل ارتفاع آن ۲۲۰۰ متر و مربوط به محل تلاقی دو آبراهه معدن زرشوران و بخیربولاغی می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه نیز قله کوه چالداغ با ارتفاعی حدود ۲۷۹۶ متر می‌باشد. راه‌های دسترسی به محل معدن به شرح زیر می‌باشد:

تهران - زنجان - بیجار - تکاب - روستای زرشوران - معدن زرشوران. طول این راه در مجموع ۶۳۰ کیلومتر است که ۶۲۸ کیلومتر از آن آسفالت و مابقی آن شوسه می‌باشد.

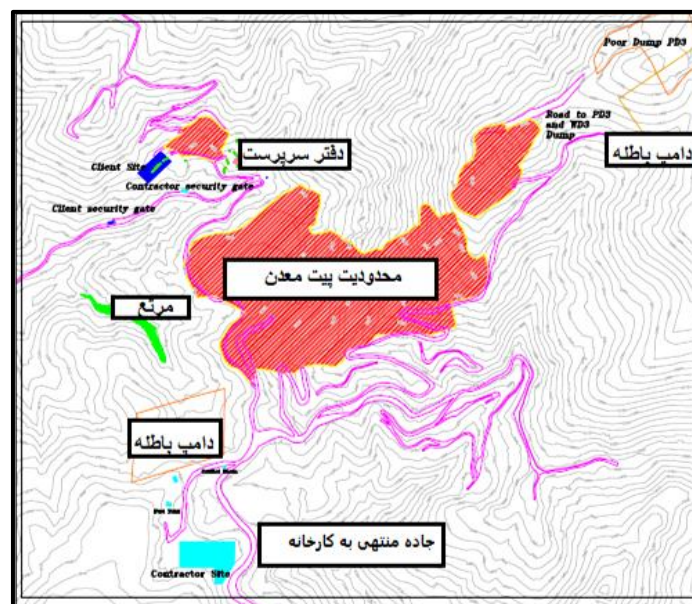
تهران - زنجان - دندی - تخت سلیمان - روستای زرشوران - معدن زرشوران. طول این راه در مجموع ۵۳۰ کیلومتر است که ۵۲۸ کیلومتر از آن آسفالت و مابقی آن شوسه می‌باشد.

بهترین راه دسترسی به معدن نیز استفاده از مسیر آسفالت تکاب - شاهین‌دژ می‌باشد که در کنار روستای پهلوان و در نزدیکی تکاب قرار دارد. از این جاده، جاده آسفالت دیگری به سمت شمال و به سوی شیرمرد منشعب می‌شود که این آبادی در نزدیکی مدخل دره یار عزیز - زرشوران واقع شده است. از آبادی زرشوران و به سمت شمال، جاده‌ای به طول ۵ کیلومتر وجود دارد که تا محل معدن ادامه می‌یابد [۶۴].



شکل ۳-۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به معدن زرشوران

همچنین موقعیت مکانی محدوده‌های پیت، دامپ باطله در معدن طلای زرشوران مطابق شکل ۳-۲ نشان داده شده است.



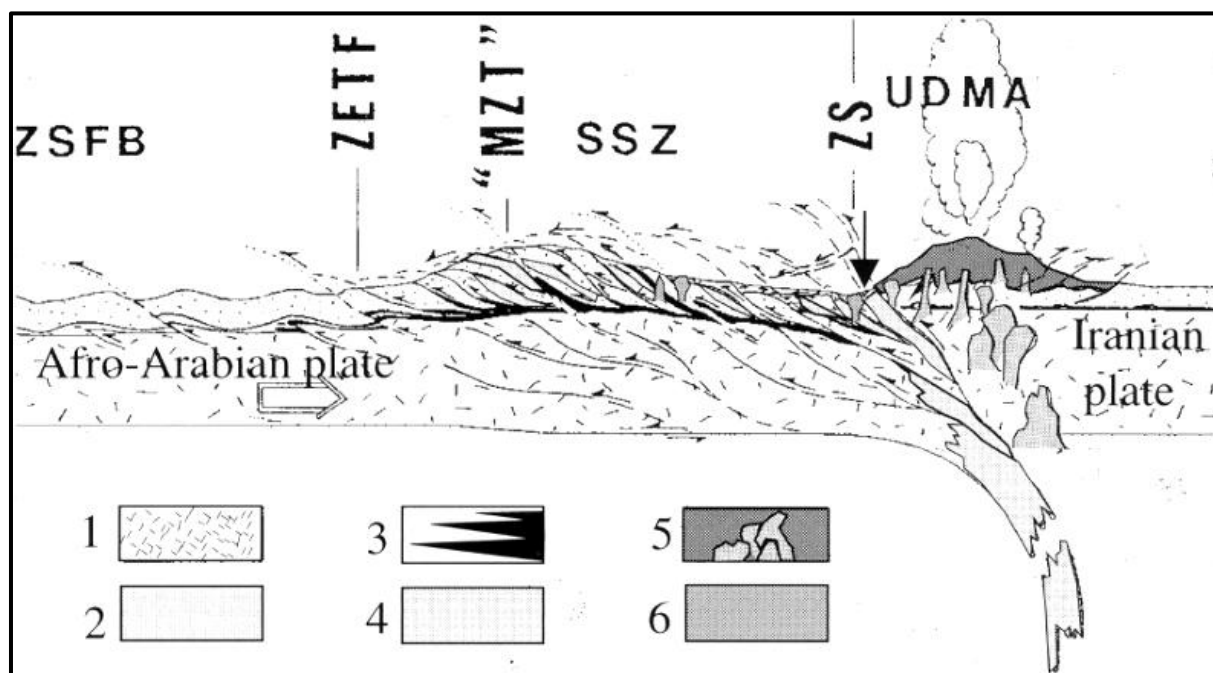
شکل ۳-۲: موقعیت محدوده‌های پیت، دامپ باطله در معدن طلای زرشوران

۳-۳. تاریخچه معدنکاری معدن زرشوران

معدنکاری در زرشوران گذشته‌ای طولانی دارد. معدن قدیمی طلا و آثار باستانی درنشته‌های این ناحیه بازگو کننده میزان قدمت و فعالیت بهره برداری طلا در این ناحیه است. معدن زرنیخ زرشوران تا سال ۱۳۷۸ فعال بوده و از سال ۱۳۷۰ این معدن به عنوان پتانسیل طلا مطرح شد و اکتشافات تفصیلی و نیمه تفصیلی بر روی آن انجام گرفت. در سال ۱۳۸۶ بهره‌برداری از این معدن به عنوان معدن طلا آغاز شد.

۴-۳. زمین شناسی منطقه

معدن زرشوران در قسمت مرکزی برگه تکاب - شاهین دژ قرار داشته و بر اساس تقسیمات زمین‌شناسی ساختاری ایران، بخشی از زون البرز- آذربایجان است. همچنین براساس نقشه زمین ساخت ایران در قلمرو ایران مرکزی و جزئی از کمربند ارومیه - دختر (تبریز-بزمان) در نظر گرفته شده است.



شکل ۳-۳: تصویر مقطع شماتیک از کمربند کوهزایی زاگرس

شکل ۳-۳ تصویر مقطع شماتیک از کمربند کوهزایی زاگرس جهت فلش موقعیت معدن زرشوران را نشان می‌دهد. اعداد مشخص شده در شکل به ترتیب: ۱- پوسته قاره‌ای ۲- رسوبات فانروزوئیک ۳- رسوبات

تبخیری ۴- پوسته اقیانوسی ۵- توده‌های نفوذی ارومیه دختر ۶- سنگ‌های آذرین سنندج - سیرجان می‌باشد [۶۵].

پی سنگ پرکامبرین پسین، رخنمون غالب ناحیه زرشوران را تشکیل می‌دهد و از کربنات‌ها و سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا متوسط تشکیل شده که با یک دگرشیبی مشخص توسط واحدهای جوان‌تر پوشیده شده است. در برخی نقاط توالی مذکور زیر تراورتن‌های کوتاه‌تر قرار گرفته است.

۳-۵. شرایط زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه زرشوران

بیش از هرگونه اقدامی، بررسی و مطالعه وضعیت زیست محیطی و اجتماعی منطقه معدنکاری و همچنین مقدار پارامترهای اقتصادی معدن ضروری است.

۳-۵-۱. وضعیت زیست محیطی

مولفه‌های زیست محیطی تأثیرپذیر از اجرای معدنکاری عبارتند از:

• محیط فیزیکی

تغییرات به وجود آمده در محیط فیزیکی که ناشی از معدنکاری می‌باشد همواره اجتناب ناپذیر بوده و شرایط زیست محیطی منطقه و زندگی ساکنین آنرا تحت تأثیر قرار خواهد داد.

• آب و هوای منطقه

ارتفاع متوسط محدوده معدنی زرشوران از سطح دریاهای آزاد، حدود ۲۳۵۰ متر است. این امر باعث بارش نزولات جوی به صورت باران و به خصوص برف در محدوده می‌گردد و عملاً هوای منطقه، در رده بندی هوای سرد و کوهستانی قرار می‌گیرد. با توجه به این امر، عملیات معدنی در این محدوده عملاً حدود چهار ماه از سال به دلیل سردی هوا و یخبندان مقدور نمی‌باشد. سردترین ماه سال بهمن ماه است که حداقل میزان دما به ۳۲- درجه سانتیگراد می‌رسد و گرمترین ماه نیز تیرماه است که حداکثر دما در این ماه به ۴۴ درجه بالای صفر می‌رسد. با توجه به داده‌های آماری سازمان هواشناسی کشور، پر باران‌ترین فصل بارندگی، بهار و کم باران‌ترین فصل نیز تابستان است. به طور کلی در این منطقه، ریزش برف از اواخر آبان ماه شروع می‌شود و تا

اوایل فروردین ماه ادامه می‌یابد. میانگین بارش در این منطقه حدود ۴۳۴ میلیمتر بوده و ایام یخبندان نیز در سال حدود ۱۲۰ روز طول می‌کشد. وضعیت توپوگرافی منطقه از شمال که دارای ارتفاعات بالا می‌باشد به سمت جنوب دچار افت ارتفاع می‌شود و به همین نسبت وضعیت آب و هوایی و اقلیمی حوضه نیز متأثر از این کاهش ارتفاع تغییر می‌کند [۶۶]. نتایج مربوط به مطالعات هواشناسی در جدول ۳-۱ ارائه شده است. دسترسی به چنین اطلاعاتی باعث شناخت بهتر نسبت به شرایط محیطی محدودکننده و روزهای قابل کار خواهد شد. در شکل ۳-۴ سایت معدن را در اسفندماه سال ۹۵ نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود این منطقه در زمستان با بارش برف قابل توجهی روبروست که عملاً فعالیت استخراج در این ماه‌ها را به حالت تعلیق نگه می‌دارد.

جدول ۳-۱: شاخص‌های آب و هوای معدن زرشوران [۶۶]

ردیف	پارامتر	واحد	مقدار	ردیف	پارامتر	واحد	مقدار
۱	بارش متوسط سالانه	میلیمتر	۲۹۰	۸	میانگین رطوبت نسبی در هر ماه	درصد	۳۰/۶
۲	میانگین دمای حداکثر روزانه	سانتیگراد	۱۷	۹	میانگین رطوبت نسبی حداقل روزانه	درصد	۲۵
۳	میانگین دمای ماهانه	سانتیگراد	۹/۷	۱۰	میانگین رطوبت نسبی حداکثر روزانه	درصد	۳۵
۴	میانگین دمای حداقل روزانه	سانتیگراد	۱	۱۱	تبخیر از سطح آزاد آب	میلیمتر	۹۰۹/۸
۵	میانگین سرعت باد غالب	متر بر ثانیه	۵/۹	۱۲	تبخیر و تعرق پتانسیل	میلیمتر	۸۱۲
۶	جهت باد غالب	درجه	۳۱۵	۱۳	میانگین تعداد روزهای یخبندان	روز	۴۱/۲
۷	متوسط سرعت باد	متر بر ثانیه	۹/۸	۱۴	میانگین تعداد روزهای بارانی	روز	۳۷/۶

• کیفیت هوا

در تغییرات کیفیت هوای منطقه دو نوع آلاینده هوا مطرح است که شامل آلاینده‌های گازی و ذرات می‌باشد. آلاینده‌های گازی شامل گازهایی نظیر CO، CO₂، NO_x، SO_x هستند. عمده‌ترین منشأ این آلاینده‌ها احتراق سوخت‌های فسیلی نظیر گازوئیل و بنزین در موتور ماشین‌آلات و ژنراتورهای مورد استفاده است. این ماشین‌آلات عموماً از نوع موتورهای دیزلی می‌باشد. ذرات گرد و غبار، ناشی از تردد ماشین‌آلات و انفجار از

عوامل دیگر تقلیل دهنده کیفیت هوای منطقه بوده که بر اکولوژی و بهداشت افراد منطقه تأثیرگذار است [۶۷].



شکل ۳-۴: دورنمای سایت معدن در سال ۱۳۹۵

• پسماندهای تولیدی

پسماندهای تولیدی در دوران فعالیت معدن زرشوران به شرح جدول ۲-۳ می‌باشد که پسماندهای تولیدی را به ۷ کلاس طبقه‌بندی کرده است و منبع تولید، نوع و نحوه دفع آن ارائه شده است.

• توپوگرافی منطقه

محدوده از ارتفاع ۱۸۰۰ از سطح دریا آغاز شده و تا ۳۰۰۰ متر ادامه دارد که معدن زرشوران در محدوده ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر قرار گرفته است. وضعیت توپوگرافی منطقه از شمال که دارای ارتفاعات بالا بوده و به سمت جنوب دچار افت ارتفاع می‌شود. همانطور که در شکل ۳-۵ مشاهده می‌شود توپوگرافی منطقه معدنکاری در محدوده کوهستانی با دامنه‌هایی که دارای شیب‌های متفاوت و عمدتاً زیاد قرار گرفته است. بطور کلی ارتفاعات از شمال شرقی به سمت جنوب غربی کاهش می‌یابد.

جدول ۳-۲: انواع پسماند تولید معدن زرشوران [۶۷]

ردیف	نوع پسماند	منبع	توصیف	کلاس پسماند	نحوه دفع
۱	پسماند شهری و اداری	کمپ، آشپزخانه و دفاتر اداری	پسماند آلی غذایی، قوطی، بطری، ظروف شیشه‌ای، کاغذ	غیرخطرناک	محل دفن پسماندهای شهری
۲	پلاستیک	کمپ، آشپزخانه و دفاتر اداری	شامل پلاستیک بسته بندی مواد غذایی و سایر بسته‌بندیها	خطرناک	تفکیک از مبدا و فروش برای بازیافت
۳	خاک آلوده	نواحی ساخت و ساز	ریزشها و نشتهای نفتی و روغنی	خطرناک	تصفیه و پاکسازی
۴	نخاله	نواحی ساخت و ساز	خاک، بتن، سیمان، آجر و سفال، گچ و...	غیرخطرناک	دفع در محل تعیین شده توسط شهرداری
۵	قطعات چوبی و فلزی	نواحی ساخت و ساز	پالته‌ها، تخته‌ها، پلکان موقت، نوارهای فلزی، پایه‌های فلزی، تکه‌های سیم، کابل مسی، میله‌های جوشکاری و...	غیرخطرناک	استفاده مجدد، فروش، بازیافت توسط شرکت های محلی
۶	باتری‌ها	ماشین آلات، موتورهای برق اضطراری	پلاستیک، اسید، مقادیر کمی سرب	خطرناک	بازیافت، لندفیل
۷	لاستیک	ماشین آلات سبک و سنگین	لاستیک مستهلک	خطرناک	ارسال به کارخانجات برای ترمیم و یا فروش برای بازیافت

• کاربری اراضی تحت تأثیر معدنکاری

محدوده طرح بیش از ۷۰٪ آن در بخش مراتع خوب و ۳۰٪ آن در اراضی دیم قرار دارد. محدوده مستقیم دارای کاربری‌های مراتع خوب، متوسط، فقیر و اراضی دیم و باغ می‌باشد.

• بافت و قابلیت خاک

محدوده مورد مطالعه از نظر بافت و قابلیت خاک به سه تیپ تقسیم بندی می گردد [۶۷]:

تیپ کوه‌ها: بارندگی اندک سالانه، درجه حرارت سالانه و تبخیر زیاد منطقه، نوع مواد مادری^۱، نداشتن و یا محدودیت پوشش خاکی و در خیلی از قسمت‌ها وجود فرسایش شدید توام با مواد مادری شور موجب

شده‌اند تا اغلب کوه‌های این منطقه فاقد پوشش گیاهی و بعضاً دارای پوشش بسیار پراکنده گیاهان مقاوم باشند.



شکل ۳-۵: توپوگرافی اراضی تحت تأثیر

تیپ تپه‌ها: این تیپ پس از کوه‌ها مرتفع‌ترین اراضی روی زمین می‌باشند. به دلایل مشابه شامل بارندگی اندک سالانه، درجه حرارت و تبخیر زیاد، نداشتن پوشش خاکی و وجود مواد مادری شور این تیپ اراضی نیز همانند کوهستان‌ها در اغلب مناطق بدون پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی ناچیز می‌باشند و به این علت تیپ تپه‌ها نیز اغلب بایر و فاقد کاربری‌های اصلی مورد نظر می‌باشند.

تیپ فلات‌ها و تراس‌های فوقانی: این تیپ اراضی شامل سطوح قدیمی و یا برخی از اراضی است که فرسایش آبی مقداری پستی و بلندی در سطوح آن‌ها بوجود آورده است. کاربری اصلی و رایج در این اراضی اغلب چرای فصلی دام و در بعضی قسمت‌ها پوشش پراکنده درختان جنگلی است. به دلیل کمی باران سالانه و از سویی عدم وجود آب آبیاری، زراعت‌های آبی و دیم به ندرت در این اراضی مشاهده می‌شود.

کلیه عملیات باطله برداری و استخراج و احداث کارخانجات فرآوری موجب تغییر دانه بندی و فشردگی شدن خاک‌های سطحی در محدوده طرح شده است. از مهم‌ترین اثرات منفی بر خاک می‌توان بر هم زدن و تخریب خاک، تغییر دانه بندی و افزایش فرسایش‌پذیری خاک، فرسایش ناشی از قطع غیر کنترل شده

درختان، احداث عوامل زیر بنایی نظیر ساختمان‌ها، نشت مواد مختلف شیمیایی و روغن‌ها، نخاله‌های ساختمانی و زباله‌های انسانی ناشی از فعالیت کارگاه‌های موقت اشاره نمود. محدوده از نظر واحد اراضی شامل تیپ فلاتها و تراسهای فوقانی و از نظر فرسایش در طبقه متوسط قرار دارد.

• زهکشی خاک و فرسایش خاک

نرخ نفوذپذیری خاک منطقه با توجه به عملیات معدنکاری، رفت و آمد ماشین‌آلات، ساخت و ساز و احداث کارخانجات فرآوری دچار تغییر شده و فشار ناشی از این عملیات موجب چسبندگی ذرات خاک شده و زهکشی خاک منطقه را دچار اختلال کرده است.

به دلیل فعالیت‌های ناشی از معدنکاری و تغییرات ایجاد شده در شکل زمین، محدوده راه‌های دسترسی و همچنین ناپایدار کردن شیب‌های طبیعی، موجب فرسایش خاک شده است. اقدامات دیگری از جمله انفجار، استخراج، راه‌سازی که با تخریب زمین و پوشش گیاهی همراه است فرسایش خاک را محتمل‌تر می‌سازد.

• آب‌های سطحی

منطقه مورد مطالعه در محدوده حوضه آبریز زرينه‌رود قرار دارد که یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های حوزه دریاچه ارومیه به شمار می‌رود. سرچشمه این رود از کوه‌های چهل چشمه، قره الیاس، یازین و شاخه رش، از توابع سرشیو شهرستان سقز است. زرينه‌رود دارای دو شاخه اصلی به نام‌های چم چغاتو و خورخوره است. جهت کلی جریان رودخانه به سوی شمال است. زرينه‌رود طولانی‌ترین رود استان است و سرانجام به دریاچه ارومیه می‌ریزد. بر روی این رودخانه سد شهید کاظمی احداث شده که از نظر ارتفاع از سد ارس مرتفع‌تر و از نظر اهمیت بعد از سد مزبور قرار دارد. این سد حدود ۷۰ کیلومتر با میاندوآب فاصله دارد.

زرينه‌رود از کوه‌های چهل چشمه کردستان بین سقز و بانه سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از شرق میاندوآب در جلگه وسیع آبرفتی به چند شاخه تقسیم می‌شود و از گوشه جنوب شرقی به دریاچه ارومیه می‌ریزد. طول آن ۳۰۰ کیلومتر و حوزه آن بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع است. متوسط آبدهی این رودخانه ماهانه ۵/۱۳۹ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد. حوضه آبخیز زرينه رود زیر حوضه ساروق چای با مساحت ۲۲۵۲ کیلومتر مربع است [۶۷].

منطقه مورد مطالعه از منابع آب‌های سطحی فراوانی برخوردار است. نزدیک‌ترین رودخانه به محل سایت رودخانه ساروق چای می‌باشد که فاصله آن با کارخانه طلای زرشوران حدود ۲۰۵ متر است. در شکل ۳-۶ آبراهه‌های موجود در شرق سایت نشان داده شده است که به دلیل ازدیاد آب‌های سطحی در اطراف سایت معدن امکان انتقال آلودگی را افزایش می‌دهد.



شکل ۳-۶: دورنمایی از موفولوژی آبراهه‌های محدوده مورد بررسی در ارتفاعات

• آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی منطقه احتمال ذخیره شدن در دو نوع مخزن متفاوت را دارا هستند که این دو نوع مخزن عبارتند از نهشته‌های کواترنر و سازندهای سنگی سخت. در جدول ۳-۳ منابع آب زیرزمینی و تخلیه سالیانه آن را در واحد هیدرولوژیک زرینه رودعلیا ارائه می‌دهند [۶۸]. شکل ۳-۷ یکی از چشمه‌های اطراف سایت معدن را نشان می‌دهد.

• صدا و ارتعاشات

منابع اصلی تولید صدا و ارتعاشات به شرح زیر است [۶۷]:

۱. صوت و ارتعاش ناشی از تردد ماشین‌آلات
۲. صوت و ارتعاش ناشی از فرآیند تولید (حفاری، انفجار، ماشین‌آلات استخراج)

۳. صوت و ارتعاش ناشی از خردایش و فراوری

جدول ۳-۳: منابع آب زیرزمینی و تخلیه سالیانه آن در واحد هیدرولوژیک [۶۸]

نوع منبع آب زیرزمینی		تعداد	میزان سالیانه (میلیون متر مکعب)
چاه	عمیق	۳۴	۱۱۵
	نیمه عمیق	–	–
	پیزومتری	–	–
	اکتشافی	–	–
قنات	دایر	۲۰	۱۲/۳
	بایر	–	–
چشمه		۹۴	۱۵/۳۳۰



شکل ۳-۷: نمایی از چشمه‌های آهک ساز در حوالی روستای قینرجه

سر و صدا در مرحله بهره برداری، احتمالاً بیش از تراز وضعیت موجود خواهد بود. فعالیت‌های مختلفی باعث تولید سر و صدا می‌شود، از جمله سیستم حمل و نقل و شبکه راه‌های منتهی به کارخانه تحت تاثیر وسایل نقلیه که محصول و کارکنان را حمل می‌نمایند، قرار می‌گیرند و همچنین فعالیت تأسیسات موجود در سایت نیز دارای صوت می‌باشد. لذا به دلیل فاصله تا مراکز جمعیتی، ساکنین محلی در معرض مزاحمت و سلب آسایش به میزان زیادی قرار نخواهند گرفت. این اثر منفی، برگشت ناپذیر و بلند مدت خواهد بود. در

شکل ۳-۸ آلودگی‌های ناشی از انفجار که شامل آلودگی صوتی، آلودگی هوا و آلودگی خاک می‌شود نشان داده شده است.



شکل ۳-۸: آلودگی‌های ناشی از انفجار در منطقه

• پوشش گیاهی

در محدوده مطالعاتی این طرح عواملی چون آب و هوای مدیترانه‌ای سرد، تشکیلات زمین ساختی خاص و مهم‌تر از همه دخل و تصرفات انسانی بر پوشش گیاهی تأثیرگذار و موجب شکل‌گیری سیمای کنونی آن شده است. پوشش گیاهی طبیعی محدوده مورد مطالعه از نوع مرتعی و علفزاری است. پوشش مرتعی محدوده شامل سه تیپ گون - اسپرس، گون - علفهای چندساله و رز ایرانی - درمنه می‌باشد.

محدوده پوشش گیاهی شامل مراتع خوب می‌باشد این اراضی از سال ۱۳۸۶ مجوز آن از اداره منابع طبیعی استان اخذ شده است و در تملک کارخانه طلای زرشوران قرار دارد بنابراین در چند سال گذشته پوشش گیاهی با توجه به صنعتی بودن منطقه و تردد ماشین‌آلات سبک و سنگین بسیار ضعیف شده است بنابراین اثر بر پوشش گیاهی منفی، شدت کم، برگشت پذیر و بلند مدت خواهد بود.

• حیات وحش

حیات وحش موجود در محدوده معدن دارای انواع گونه‌های جانوری (پستانداران، پرندگان، خزندگان و دوزیستان) می‌باشد [۶۷].

پستانداران: گونه‌های پستاندار در منطقه، پراکندگی وسیع داشته و از ۲۰ راسته شناخته شده در ایران، گونه‌هایی از ۱۰ راسته گزارش شده است. در این منطقه، بیش از یک سوم گونه‌های پستانداران ایران مشاهده می‌گردند. یکی از مهم‌ترین گونه‌های پستاندار منطقه، قوچ و میش است. بیشتر قوچ و میش‌های منطقه از نژاد ارمنی هستند و بخش کمی از نژاد دورگه البرز مرکزی بوده است که به طور تقریبی می‌توان گفت که تمام ارتفاعات منطقه، زیستگاه مناسب این گونه است. از دیگر پستانداران مهم منطقه خرس قهوه ای می‌باشد.

پرنده‌گان: استان آذربایجان غربی انواع گوناگونی از پرندگان را در خود جای داده است. پرندگان جانورانی خونگرم هستند که بدن آن‌ها از پر پوشیده شده و دارای قدرت پرواز می‌باشند. این حیوانات تخمگذار بوده و از رژیم‌های غذایی متفاوت دانه‌خواری و گوشتخواری و همه چیزخواری برخوردارند. این جانوران در چرخه‌های غذایی و تبادل انرژی در اکوسیستم‌ها نقش مهمی را به عهده دارند.

خزندگان و دوزیستان: خزندگان با تغذیه از حشرات، نرم‌تنان و جوندگان اثر کنترل کننده بر جمعیت آن‌ها دارند و به این ترتیب در مهار بیماری‌هایی که توسط برخی حشرات ناقل ایجاد می‌گردد، عامل مفیدی به حساب می‌آیند. یکی از خزندگان منطقه لاک پشت مهمیزدار است که مهم‌ترین تهدید برای این‌گونه در منطقه نابودی زیستگاه و وسایل نقلیه در حین عبور از جاده است و در زمره جانورانی که در معرض خطر انقراض است [۶۷].

• مناطق ویژه زیستی در محدوده مورد مطالعه

نزدیکترین مناطق چهارگانه سازمان حفاظت محیط زیست، منطقه حفاظت شده انگوران در فاصله ۱۰ کیلومتری و منطقه حفاظت شده چاراویماق در فاصله ۱۲ کیلومتری و منطقه شکار ممنوع بیان در فاصله ۲۳ کیلومتری است. در محدوده با توجه به پوشش مرتعی که دیده می‌شود حضور گونه‌های مختلف جانوری دور از انتظار نیست. اما با توجه به اینکه محدوده در حدود ۱۰ سال صنعتی بوده و همچنین تردد ماشین‌آلات ساختمانی سبب خواهد شد تا حضور جانوران بسیار کم شود. بنابراین اثر بر گونه‌های جانوری منفی، شدت کم، برگشت پذیر و کوتاه مدت خواهد بود. تنها آلاینده‌های نزدیک مناطق حفاظت شده گرد و غبار و گازهای

خروجی از اگزوز ماشین آلات سبک و سنگین می‌باشد و از طرفی جهت باد غالب جنوب غربی به شمال شرقی می‌باشد اما با توجه به فاصله ۱۲ کیلومتری تا منطقه حفاظت شده چاراویماق این اثر منتفی خواهد بود.

۳-۵-۲. شرایط اجتماعی

مؤلفه‌های اجتماعی تأثیرپذیر از اجرای طرح معدن طلای زرشوران عبارتند از:

• جمعیت

به طور کلی ساختار جمعیت از لحاظ گروه‌های سنی مطابق جدول ۳-۴ می‌باشد، آگاهی از این شاخص جمعیتی در هر منطقه برنامه‌ریزی جهت توسعه آینده را در منطقه آسان‌تر می‌سازد. با توجه به نیاز معدنکاری به نیروی ماهر این امر سبب مهاجرت افراد غیر بومی به منطقه شده و آداب و رسوم محلی را نیز تحت تأثیر خود قرار داده است.

جدول ۳-۴: جمعیت منطقه به تفکیک روستا [۶۷]

نام روستا	نام دهستان	نام بخش	نام شهرستان	نام استان	خانوار	جمعیت
تازه کند نصرت آباد	چمن				۲۰۶	۹۸۰
احمد آباد سفلی					۴۹۶	۲۰۱۰
احمد آباد علیا					۱۰۰	۴۰۴
گوله گوله					۳۷	۱۳۷
چراغ‌تپه سفلی					۱۵۱	۵۷۱
یار عزیز					۶۳	۲۳۳
چراغ‌تپه علیا					۲۴	۹۶
ینگگی کند					۴۱	۱۸۴
آلچلوی سفلی					۱۰۳	۴۲۷
آلچلوی علیا					۲۶	۱۱۸
زره شوران					۸۹	۳۱۳
قینرجه					۲۴۳	۸۲۵
جمع کل						۶۲۹۸

• جغرافیای انسانی

به لحاظ مردم‌شناسی، ساکنان روستاهای نزدیک به محدوده از دو قوم ترک و کرد بوده که با هم اختلاط نژادی نیز پیدا کرده‌اند. نزدیک‌ترین روستا به محدوده همان روستای زرشوران بوده که سکنه آن تماماً از قوم

ترک می‌باشند. ولی در نزدیکی آن روستای آلوچلو قرار دارد که ساکنان آن کرد هستند. تمامی روستاها و محله‌های کردنشین اهل تسنن و ترک‌های ساکن این منطقه اهل تشیع می‌باشند.

• اشتغال

وجود معدن طلای زرشوران موجب کاهش نرخ بیکاری در شهرستان تکاب و محدوده مورد مطالعه شده است. در شهرستان تکاب بیشترین اشتغال مربوط به کشاورزی، جنگلداری و ماهیگیری به میزان ۴۰/۵٪ می‌باشد. مشاغل موجود در شهرستان تکاب مطابق جدول ۳-۵ می‌باشد [۶۷]. با توجه به جدول ۳۷۹ نفر در بخش استخراج معدن فعالیت می‌کنند.

جدول ۳-۵: گروه‌های عمده مشاغل به تفکیک جنسیت در شهرستان تکاب [۶۷]

مشاغل	مرد و زن	مرد	زن
کشاورزی	۹۷۶۴	۸۹۷۱	۷۹۳
استخراج معدن	۳۷۹	۳۷۸	۱
تولید صنعتی (ساخت)	۲۸۶۸	۱۱۱۵	۱۷۵۴
کشت و صنعت	۱۹	۱۹	-
تامین برق، گاز، بخار و تهویه هوا	۱۲۳	۱۲۱	۲
آب رسانی، مدیریت پسماند، فاضلاب و فعالیت های تصفیه	۹۹	۹۶	۳
ساختمان	۲۳۹۳	۲۳۸۱	۱۲
عمده فروشی و خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه موتوری و موتور سیکلت	۲۱۸۳	۲۱۳۰	۵۴
حمل و نقل و انبارداری	۱۰۴۳	۱۰۴۱	۲
فعالیت های خدماتی مربوط به تامین جا و غذا	۱۸۷	۱۸۲	۵
اطلاعات و ارتباطات	۱۰۹	۱۰۳	۶
فعالیت های مالی و بیمه	۱۳۹	۱۲۲	۱۷
فعالیت های املاک و مستقالات	۵۸	۵۸	-
فعالیت های حرفه ای، علمی و فنی	۹۸	۸۲	۱۶
فعالیت های اداری و خدمات پشتیبانی	۳۳	۲۸	۵
اداره امور عمومی و دفاع، تامین اجتماعی اجباری	۹۰۰	۸۰۲	۹۸
آموزش	۱۰۲۳	۶۰۳	۴۲۰
فعالیت های مربوط به سلامت انسان و مددکاری اجتماعی	۴۰۴	۲۳۰	۱۷۴
هنر، سرگرمی و تفریح	۶۰	۵۵	۵
سایر فعالیت های خدماتی	۳۴۳	۲۵۴	۸۹
فعالیت های خانوار به عنوان کارفرما، فعالیت های تفکی پذیر	۶	۶	-
جمع	۲۴۰۸۰	۲۰۵۳۲	۳۵۴۸

• رفاه و امنیت اجتماعی

در دوره بهره‌برداری از معدن زرشوران، با توجه به قرارگیری سایت در نزدیکی مرز دو استان و با وجود در انزوا بودن منطقه و کمبود امکانات و روند مهاجرت از روستاها به مراکز شهری، فعالیت‌های اقتصادی ناشی از توسعه معدن طلای زرشوران باعث استخدام نیروی انسانی بومی می‌گردد و از روند مهاجرت به سمت شهرهای بزرگ جلوگیری می‌نماید. بنابراین در رفاه و امنیت اجتماعی به صورت مستقیم و غیر مستقیم تاثیر به‌سزایی را ایفا می‌کند.

• بهداشت

وجود معدن طلای زرشوران در شهرستان تکاب علاوه بر بهبود نسبی وضعیت اشتغال و مسکن منطقه موجب بهبود و افزایش سطح بهداشت جامعه پیرامون خود نیز گشته است. در سال ۱۳۹۳ تعداد ۱۷۱ آزمایشگاه تشخیص پزشکی، ۸۹ مرکز پرتونگاری، ۳۴۹ داروخانه، ۱۳۶ مرکز توانبخشی وجود داشته است که در رابطه با تعداد آزمایشگاه ۱/۲ درصد، تعداد داروخانه ۵/۴ درصد و مرکز توانبخشی ۵/۴ درصد نسبت به سال قبل افزایش مشاهده می‌شود [۶۷].

• ترافیک جاده ای

با شروع به کار عملیات معدنکاری در محدوده طلای زرشوران، ترافیک جاده‌ای به دلیل عواملی همچون تردد پرسنل، تردد ماشین‌آلات باربری و حمل و نقل، ماشین‌آلات تأمین کننده منابع مورد نیاز کارگاهی (سوخت و مصالح)، تأمین قطعات مورد نیاز افزایش چشم‌گیری داشته است.

• خطرات و سوانح

مهم‌ترین سوانحی که در محدوده مطالعاتی ممکن است اتفاق بیافتد عبارتست از:

- سوانح طبیعی نظیر سیل و زلزله
- خطرات ناشی از حوادث طبیعی نظیر طوفان و رعد و برق
- خطرات مربوط به آتش سوزی
- خطرات ناشی از انجام عملیات ساختمانی و نصب تجهیزات مربوطه

- سوانح ناشی از بکارگیری وسایل و تجهیزات غیر استاندارد و یا کار با وسایل مذکور به روش غیر استاندارد

- سوانح ناشی از عملیات حفاری و استخراج

- سوانح ناشی از سقوط از ارتفاعات

• ارزش زمین‌های مجاور معدن

با راه‌اندازی عملیات معدنکاری در منطقه، ارزش زمین‌های مجاور محدوده معدن طبیعتاً افزایش یافته و تعدادی از این مناطق به تملک معدن درآمده است.

۳-۵-۳. وضعیت اقتصادی

ارزیابی صورت گرفته براساس اطلاعات اکتشافی از ۱۱۵ گمانه با مترآژی حدود ۱۲/۱۲۳ متر حفاری و به‌همراه ۴۹۹۶ نمونه برداشت‌شده، تخمین با استفاده از روش کریجینگ معمولی انجام و مشخص شده که ذخیره کانسار زرشوران در حدود ۳۵ میلیون تن با عیار ۲/۳۸ گرم بر تن می‌باشد.

پارامترهای اقتصادی معدن طلای زرشوران طبق گزارش‌های شرکت پارس کانی در سال ۱۳۹۲ مطابق جدول ۳-۶ ارائه می‌گردد.

جدول ۳-۶: پارامترهای فنی اقتصادی معدن طلای زرشوران [۶۹]

پارامتر	مقدار	واحد	پارامتر	مقدار	واحد
قیمت ماده معدنی	۴۰	\$/gr of Au	ضریب تصحیح معدنکاری	۱	—
هزینه استخراج	۲/۵	\$/tonne	راندمان استخراج	۹۵	%
هزینه فرآوری	۲۵	\$/tonne of ore	راندمان فرآوری	۷۵	%
ترقیق	۵	%	متوسط نرخ تولید سالیانه	۶۶۰۰۰	Tonne/year
نرخ تنزیل سالیانه	۱۵	%	تعداد روزهای کاری	۳۶۰	Day

۳-۶. جمع بندی

با توجه به فصل گذشته، در این فصل اطلاعات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه زرشوران ارائه شد. این اطلاعات در حوزه زیست محیطی عبارتند از: آب و هوای، توپوگرافی، کاربری اراضی، قابلیت خاک،

آب‌های سطحی و زیرزمینی، پوشش گیاهی و حیات وحش منطقه. در حوزه اجتماعی به مواردی چون جمعیت، جغرافیای انسانی، اشتغال، رفاه و امنیت اجتماعی، بهداشت و خطرات و سوانح پرداخته شد و در نهایت در حوزه اقتصادی پارامترهای اقتصادی تأثیر گذار بر روی پیت نهایی از جمله قیمت ماده معدنی، هزینه‌های استخراج و فرآوری آورده شد. در فصل بعد با استفاده از روابط ارائه شده در فصل ۲ با توجه به شرایط معدن زرشوران، پیت پایدار انتخاب خواهد شد.

فصل ۴. انتخاب محدوده نهایی معدن زر شوران با توجه به شاخص های

توسعه پایدار

۴-۱. مقدمه

در این فصل ابتدا اطلاعات موردنیاز برای محاسبه محدوده نهایی آورده شده است. در ادامه محدوده نهایی و محدوده با حداکثر تناژ و محدوده‌های مابین این دو محدوده تعیین شده است. سپس وزن‌های معیارها توسعه پایدار تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی محاسبه می‌شود و در نهایت با ادغام اوزان شاخص‌ها و محدوده‌های تعیین شده بهترین محدوده معرفی شده است.

۴-۲. طراحی پایدار معدن روباز

در سال‌های اخیر طراحی معادن روباز با هدف تعیین محدوده نهایی پیت^۱ و با در نظر گرفتن محدودیت‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی انجام می‌گیرد. در این خصوص تعیین این محدوده بیشتر با هدف تأمین شرایط اقتصادی انجام شده و جنبه‌های دیگر توسعه پایدار کمتر مورد توجه قرار گرفته است که همین موضوع مانع پیشرفت معدنکاری در راستای اهداف پایداری خواهد شد. محدوده نهایی پیت، محدوده‌ای است که استخراج ماده معدنی و باطله همراه آن در زمان برنامه‌ریزی، بیشترین سود را داشته باشد. معمولاً این محدوده پویا است و تابع شرایط اقتصادی بخصوص تغییرات قیمت ماده معدنی است. این محدوده با توجه به عیار حد اقتصادی و نسبت باطله برداری اقتصادی تعیین می‌شود. در نهایت به منظور دستیابی به طرح نهایی معدن، لازم است محدوده‌ای دیگر با در نظر گرفتن نسبت باطله برداری کمتر، میزان تناژ و ارزش خالص فعلی قابل قبول تعیین شود که این محدوده بنام محدوده نهایی بهینه^۲ شناخته می‌شود. برای طراحی معدن روباز با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار پیروی از سه اصل ضروری است:

۱. ماکزیمم سازی منافع اقتصادی

۲. ماکزیمم سازی منافع اجتماعی

۳. مینیمم سازی اثرات زیست محیطی

1 Ultimate Pit Limit(UPL)

2 Optimal Pit Limit (OPT)

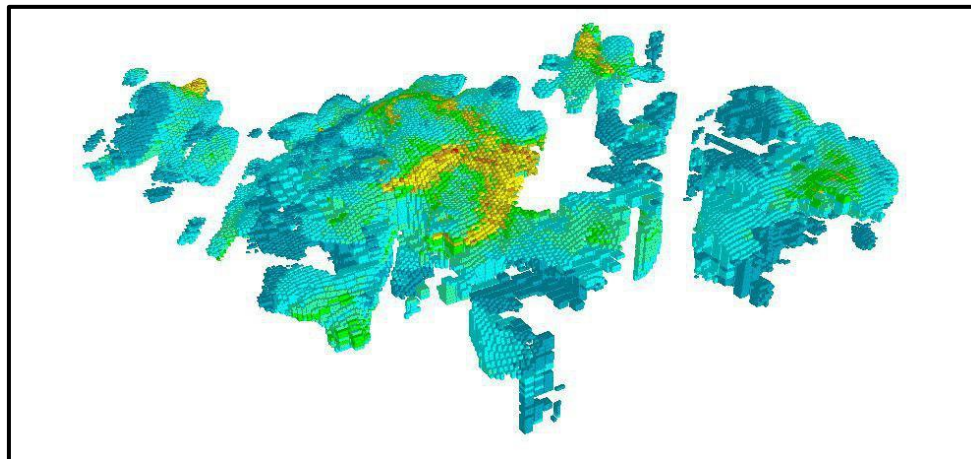
در شکل ۴-۱ فرآیند طراحی برای در نظر گرفتن شاخص‌های توسعه پایدار رسم شده است. در ابتدا محدوده نهایی با حداکثر سود یا همان پیت اقتصادی تعیین می‌شود. سپس محدوده نهایی با حداکثر تناژ و سود تقریباً صفر محاسبه می‌شود. در مرحله بعدی پیت‌هایی بین این دو محدوده تعیین می‌گردد. شاخص‌های توسعه پایدار تعیین می‌شود. یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مناسب نیز انتخاب می‌شود. روش مورد استفاده در این تحقیق تحلیل سلسله دلفی فازی تعیین شده است. به روش دلفی فازی پارامترها وزن‌دهی می‌شود. برای پیت‌های فرعی تمام پارامترهای مؤثر توسعه پایدار محاسبه و استانداردسازی می‌شود. اعداد بدست آمده با اوزان محاسبه شده از روش دلفی فازی ادغام می‌شود و بالاترین پیت را بعنوان پیت پایدار با تعادل همزمان میان سه پارامتر توسعه پایدار ارائه می‌شود.

به منظور تعیین حد نهایی استخراج روباز، مدل بلوکی اقتصادی معدن زرشوران با استفاده از نرم افزار NPV-Schdeuler V.4 تهیه شده است. سپس مدل بلوکی پیت نهایی با در نظر گرفتن ارزش خالص فعلی، عیار، نسبت باطله برداری، تناژ قابل استخراج جهت طراحی و محاسبات حجم و تناژ قابل استخراج وارد نرم افزار Datamine می‌شود. در این مطالعه، با توجه به هدف نهایی و تعیین پیت پایدار، کلیه تحلیل‌ها و نتایج بدست‌آمده حاصل از بهینه‌سازی محدوده نهایی پیت با در نظر گرفتن محدودیت‌های فنی و اقتصادی معدن زرشوران است. مهم‌ترین اطلاعات مورد نظر در زیر شرح داده شده است.

۴-۳. اطلاعات اکتشافی

به منظور مدل‌سازی، ارزیابی و تخمین ذخیره در معدن زرشوران عملیات حفاری اکتشافی به میزان ۱۲۱۲۳ متر در قالب ۱۱۵ حلقه گمانه تأیید شده انجام شده است که در حین کار عملیات نظارت، لاگینگ و نمونه‌برداری از مغزه‌ها صورت گرفت. با جمع‌آوری اطلاعات فوق توسط تیم اکتشاف و زمین‌شناسی معدن زرشوران، این اطلاعات در یک بانک اطلاعاتی گردآوری شده است و سپس برای طراحی معدن با کمک نرم‌افزار Datamine، به عنوان داده‌های ورودی مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت مدل بلوکی زمین‌شناسی توسط شرکت پارس کانی با روش کریجینگ تهیه شده است. در شکل ۴-۲ مدل بلوکی زمین‌شناسی معدن

نشان داده شده است. کل ذخیره زمین‌شناسی معدن ۳۵ میلیون تن با میانگین عیار طلا ۲/۲۸ و عیار حد ۱ گرم بر تن است. ابعاد بلوک‌ها براساس روش کریجینگ $25 \times 25 \times 10$ در نظر گرفته شده است.



شکل ۴-۱: مدل بلوکی عیاری معدن طلای زرشوران

۴-۴. اطلاعات اقتصادی^۱

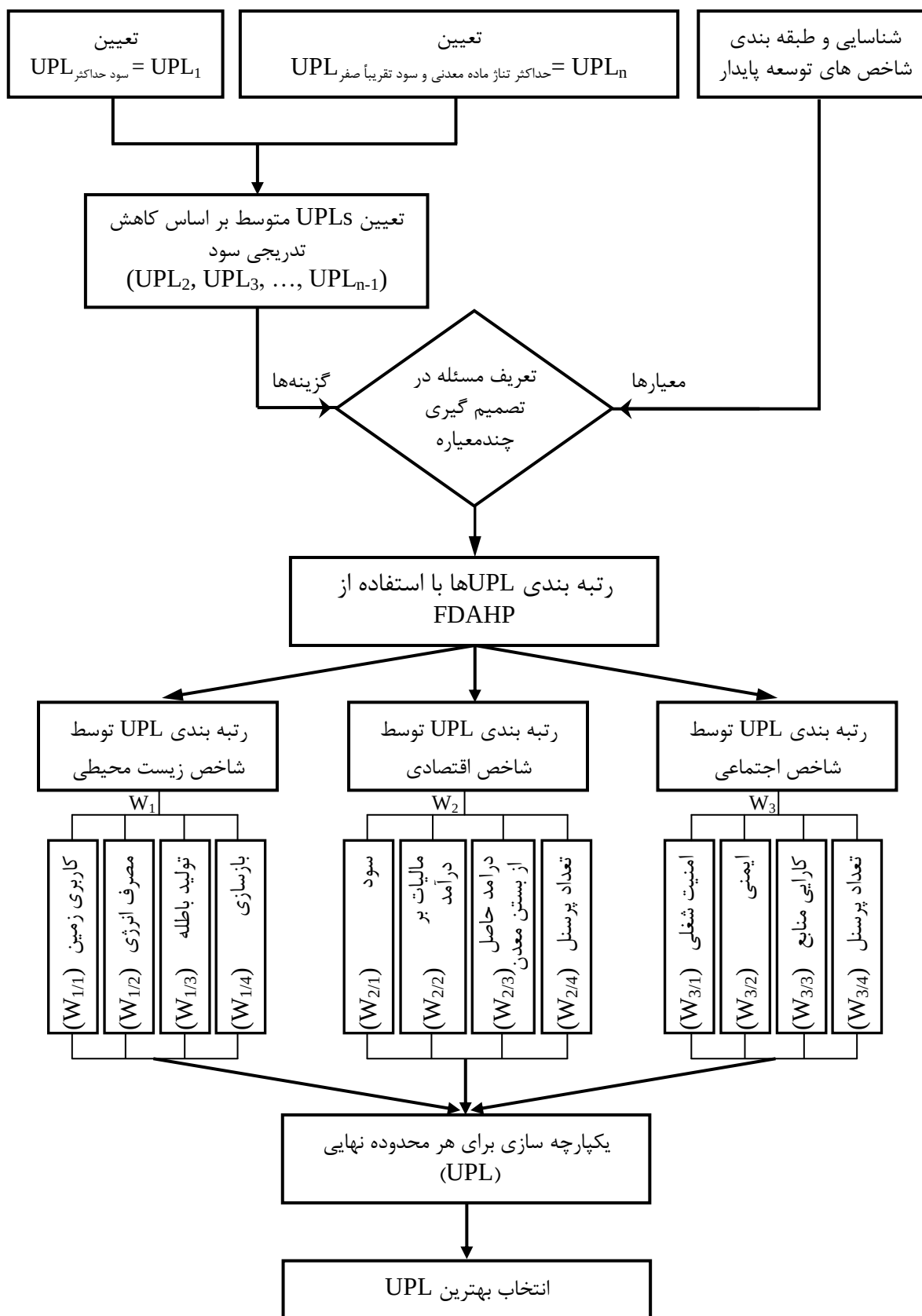
اطلاعات اقتصادی در طراحی محدوده نهائی پیت و انتخاب دقیق پارامترهای اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارد. در تعیین ارزش اقتصادی بلوک‌ها پارامترهای مختلف متالورژیکی و مالی نقش دارند که شامل: قیمت ماده معدنی، هزینه استخراج، فرآوری یک تن ماده معدنی، عیار و بازیابی کارخانه فرآوری می‌باشند. پارامترهای فنی اقتصادی معدن طلای زرشوران از جدول ۳-۶ فصل قبل استفاده شده است.

۴-۵. اطلاعات ژئومکانیکی^۲

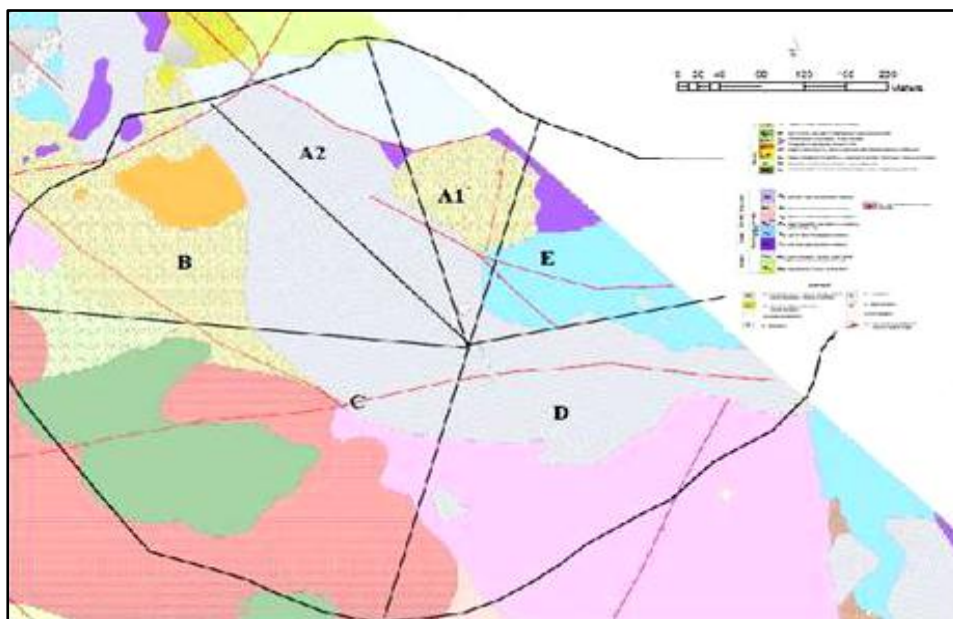
زاویه شیب نهایی معدن زاویه است که دیواره نهایی معدن با سطح افق می‌سازد. افزایش یک درجه‌ای این زاویه باعث کاهش قابل توجه در باطله‌برداری و از طرف دیگر باعث افزایش ریزش می‌شود. براساس گزارش "بررسی خطر رانش و تحلیل پایداری شیب زرشوران" محدوده نهایی معدن زرشوران به زون‌های A, B, C, D, E تقسیم شده که محل آن‌ها در شکل ۴-۳ نشان داده شده است. براساس گزارش استخراج پارس کانی زاویه شیب ایمن در این معدن بین ۳۰ تا ۳۷ درجه و به شرح جدول ۴-۱ است.

¹Economic information

²Geomechanic information



شکل ۴-۱: فرآیند انتخاب پیت نهایی براساس شاخص‌های توسعه پایدار [۱۹]



شکل ۴-۲: مناطق همگن ژئوتکنیکی در معدن زرشوران [۷۰]

جدول ۴-۱: زاویه شیب سرتاسری معدن در بخش‌های مختلف آن [۷۰]

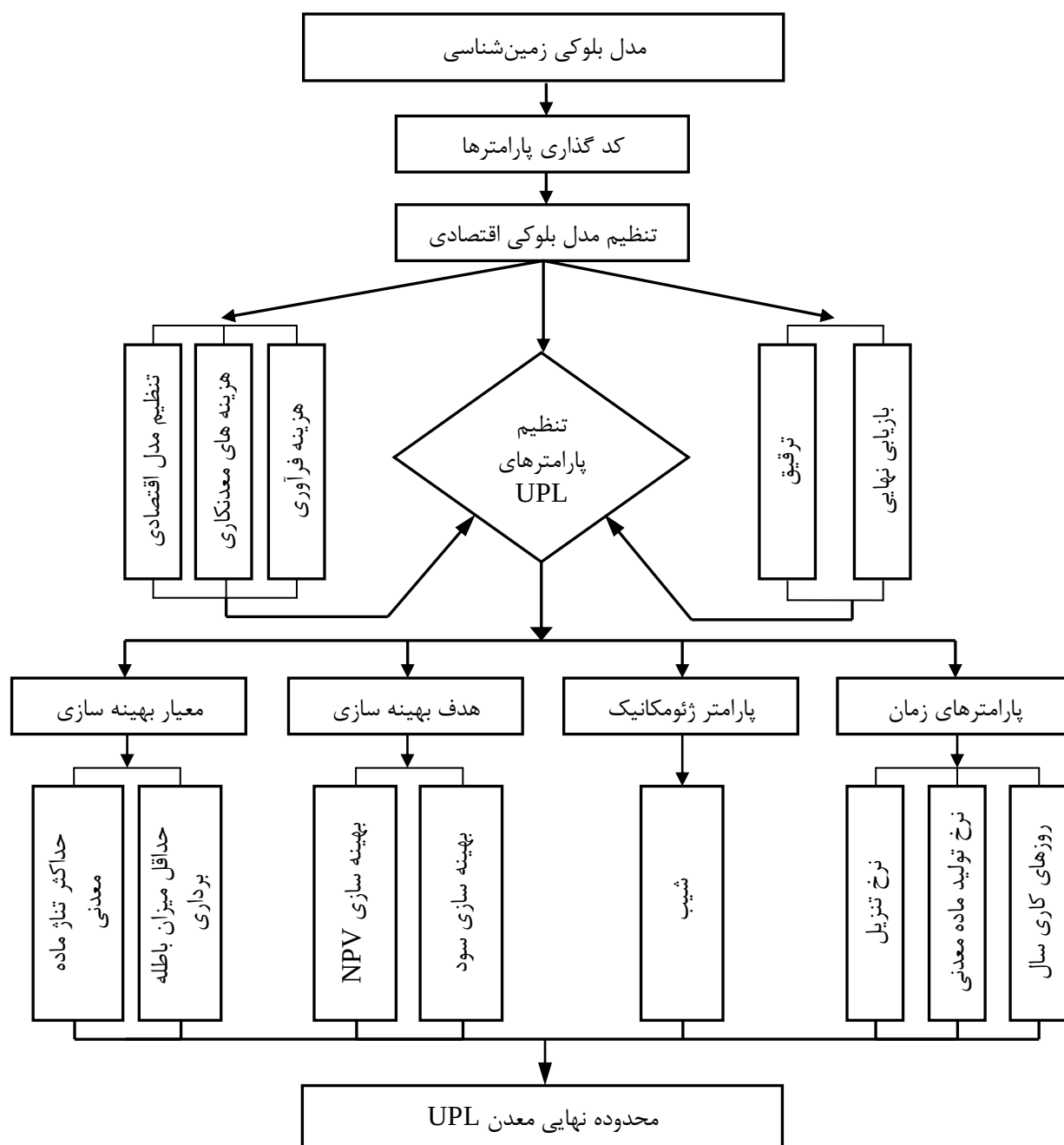
Degree	دیواره	زاویه	محدوده پیت
	E	۳۷-۳۳	
	D	۳۵-۳۰	
	C	۳۷-۳۳	
	B	۳۴-۳۰	
	A	۳۴-۳۰	

۴-۵-۱. مرحله اول: تعیین محدوده با ماکزیمم سود^۱

طراحی و برنامه‌ریزی تولید معدن موضوعی پیچیده‌ای است و تعیین محدوده نهایی معدن یکی از اساسی‌ترین مراحل در طراحی معادن است. اولین گام برای بدست آوردن محدوده نهایی، حداکثر کردن سود است. برای حداکثر کردن سود از نرم افزار NPV Scheduler که براساس گراف لرج و گروسمن نوشته شده است استفاده شده است. در نرم افزار NPV Scheduler صرفاً پارامترهای اقتصادی در نظر گرفته شده است که محدوده نهایی را براساس ماکزیمم کردن سود محاسبه می‌کند. در شکل ۴-۴ بطور خلاصه ورودی‌های مورد نیاز نشان داده شده است. ابتدا مدل بلوک زمین‌شناسی به‌عنوان ورودی برنامه شامل اطلاعات مکانی، عیاری و چگالی وارد کرده و در مرحله بعد کدگذاری کانسنگ و باطله صورت می‌گیرد. گام بعدی وارد کردن

¹ Optimum Pit Limit(OPT)

اطلاعات اقتصادی و اطلاعات ژئومکانیکی و همچنین پارامترهای زمانی است. خروجی برنامه مدل بلوکی اقتصادی است. برای تعیین محدوده نهایی پیت باید مدل بلوکی اقتصادی را بر مبنای ماکزیمم بودن سود مورد تحلیل قرار داد تا بهترین گزینه ممکن به عنوان محدوده نهایی اقتصادی معرفی شود.



شکل ۴-۳: نحوه ورود اطلاعات در نرم افزار NPV Scheduler [۷۱]

بر این اساس جدول ۴-۲ خروجی مرحله اول NPV Scheduler ذخیره دارای ۳۵ میلیون تن ماده معدنی و ۸,۲۱۸ میلیون تن باطله می‌باشد. عیار حد ذخیره ۰/۰۷۵ گرم بر تن می‌باشد.

جدول ۴-۲: اطلاعات مدل بلوکی زمین شناسی

Rock Type	Tonnage	Auppm	Auppm Min	Auppm Max	Auppm Range
	tonnes	g/tonne	g/tonne	g/tonne	g/tonne
ORE	۳۵,۴۵۰,۸۴۸	۲/۲۷۹	۰/۰۷۵	۱۹/۸۶۰۱	۱۹/۷۸۵۱
waste	۱,۴۹۶,۸۵۷,۹۶۹	.	.	.	.

مراحل بهینه سازی و طراحی محدوده نهایی پیت نهایی در نرم افزارهای Datamine , NPVS به شرح

زیر می باشد:

در ابتدا مدل بلوک زمین شناسی (عیاری) در نرم افزار Datamine تهیه شده و به نرم افزار NPV Scheduler جهت تعیین محدوده نهایی پیت ارسال می‌شود. این مدل حاوی ۱۱۵۰ بلوک کانسنگ و ۷۹۳۷ بلوک باطله است. سپس اطلاعات اقتصادی شامل قیمت محصول نهایی، بازیابی، هزینه‌های استخراج و فرآوری هر تن کانسنگ و نیز محدودیت‌های شیب پایدار دیواره‌های نهایی معدن وارد می‌شود. در نهایت مدل بلوکی اقتصادی در نرم افزار NPV-S ساخته می‌شود.

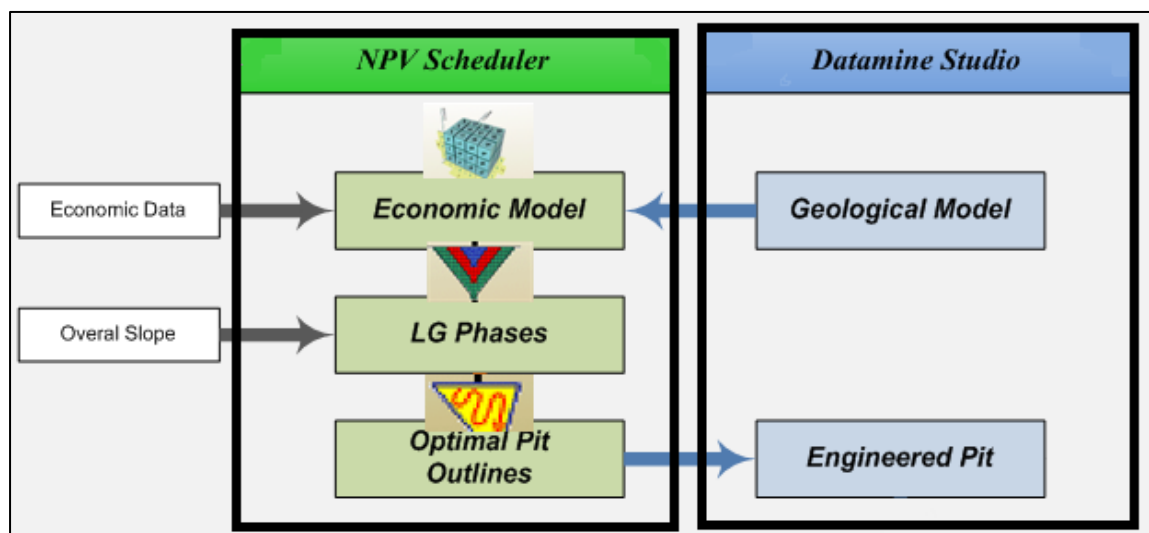
مدل اقتصادی تعیین کننده محدوده اقتصادی استخراج به روش روباز است که توسط عیار حد استخراجی محدود شده است که در این خصوص، عامل قیمت ماده معدنی به عنوان حساس‌ترین پارامتر در تعیین محدوده اقتصادی روباز موثر است که نتایج آن در جدول ۴-۳ نشان داده شده است.

جدول ۴-۳: اطلاعات مدل بلوکی اقتصادی

ORE Status	Mass	Au ppm	Au ppm Min	Au ppm Max
	tonnes	g	g/tonne	g/tonne
ORE	۲۱,۶۹۱,۰۰۰	۷۵,۸۶۱,۰۰۰	۰/۸۸	۱۹/۸۶

بر این اساس حدود ۲۱/۷ میلیون تن از ذخیره با عیار متوسط ۰/۸۸ گرم بر تن در محدوده اقتصادی قرار دارد. سپس به منظور تعیین محدوده نهایی (پیت یا فاز نهایی) استخراجی، با استفاده از معیار NPV و

تابع هدف بیشینه سازی جریان نقدینگی^۱ پیت های لانه‌ای^۲ ایجاد می شوند. در این مرحله با استفاده از فاکتور حداکثر درآمد^۳ و گام افزایشی سود و محدودیت ژئومکانیکی، پیت‌های لانه‌ای تولید می‌شود. انتخاب گام فازها بر اساس نوع کانسنگ و ویژگی‌های آن متفاوت است ولی معمولاً در یک شرایط مناسب این گام بین ۱ تا ۱۰ تغییر می‌نماید. تغییرپذیری عیار و تناژ در ذخایر طلا با عیار پائین، زیاد است، بنابراین بهتر است برای انتخاب پیت نهایی با دقت بسیار زیاد، عدد کوچکی برای گام تولید فازهای بهینه در نظر گرفته شود که در اینجا گام ۱ و همچنین فاکتور حداکثر درآمد را ۱۰۰ در نظر گرفته و در شکل ۴-۶ آورده شده است. برای محاسبه پیت نهایی به پارامترهایی از جمله ارزش خالص فعلی، سود، نسبت باطله برداری و عیار تجمعی توجه شده است و با تجمیع این معیارها بهترین پیت انتخاب می‌شود. در نهایت فاز بهینه انتخاب و به منظور طراحی محدوده نهایی پیت وارد نرم افزار Datamine می‌شود که این ارتباط در شکل ۴-۵ نشان داده می‌شود.



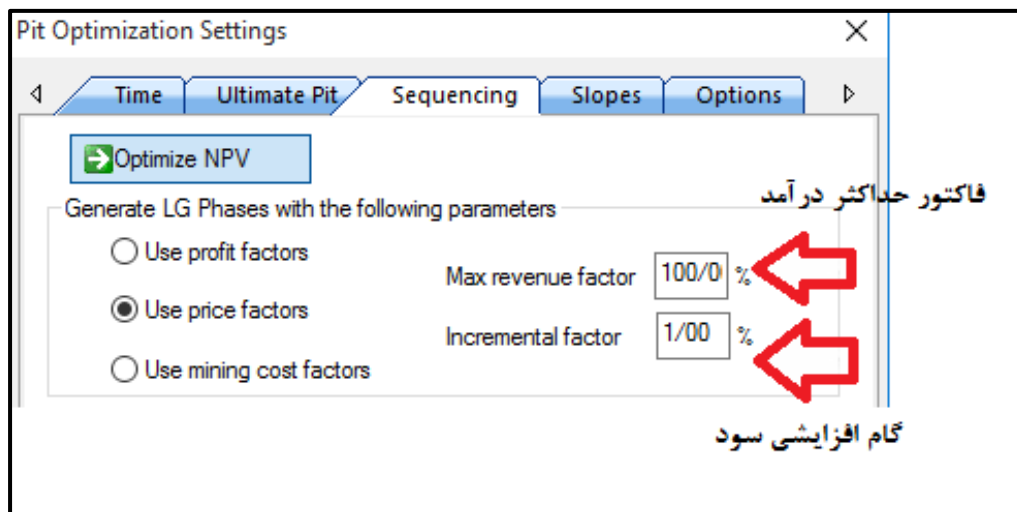
شکل ۴-۴: ارتباط بین نرم‌افزار NPV Scheduler و Datamine

با استفاده از بهترین (Best Case) و بدترین (Worst Case) سناریوی موجود در نرم افزار NPV Scheduler می‌توان پیت نهایی را تعیین کرد. در حالت بهترین فرض بر این است که پیت‌ها از داخل به

1 Max.Cash Flow
2 Nested Pits
3 Max Revenue Factor

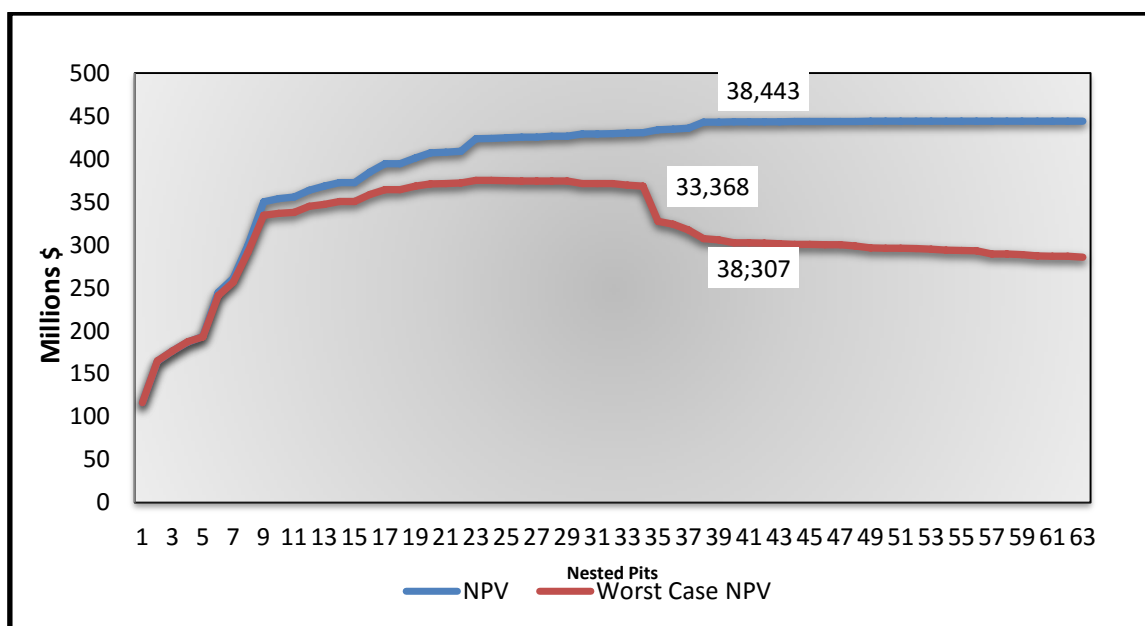
فاکتور حداکثر درآمد فاکتوری که بزرگترین فاز را تعیین می‌کند و معمولاً ۱۰۰٪ در نظر می‌گیرند.

سمت خارج به طور کامل معدنکاری شود تا در نهایت به محدوده نهائی معدن برسد؛ به علت ضخامت کم پیت‌های لانه‌ای عملاً این برنامه غیرممکن است و لذا ترکیب آن‌ها ضروری می‌باشد.



شکل ۴-۵: تنظیمات بهینه سازی سود در نرم افزار NPV Scheduler

در حالت بدترین، فرض بر این است که هر پله بطور کامل برداشت شود و بعد به سراغ پله دیگر رفت. در این حالت همواره کمترین NPV بدست خواهد آمد. نمودار بدترین سناریو نشان دهنده بدبینانه‌ترین حالت ممکن در ذخیره مورد نظر می‌باشد.



شکل ۴-۶: بهترین و بدترین سناریو در نرم افزار NPV Scheduler

در این مرحله انتخاب فاز نهایی (پیت نهایی) انجام می‌شود. پارامترهایی که در این خصوص باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

- **ارزش خالص فعلی پروژه:** نقطه حداکثر ارزش خالص فعلی می‌تواند به‌عنوان محدوده فرضی پیت نهایی در نظر گرفته شود. در این پروژه بعد از فاز شماره ۳۸ شیب تغییرات ارزش خالص فعلی (NPV) به سمت صفر میل می‌کند و بنابراین انتخاب فازهای بعد از آن تأثیری در افزایش NPV ندارد. همچنین در صورتیکه فازهای بعد از پیت ۳۸ انتخاب شود ممکن است نسبت باطله برداری افزایش یابد.
- **نسبت باطله‌برداری:** در صورتیکه فاز نهایی در مرحله قبل به درستی انتخاب شده باشد نسبت باطله‌برداری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها کنترل و به‌عنوان یک عامل محدود کننده ارزیابی می‌شود.
- **تناژ ذخیره:** در محدوده فاز نهایی، باید تغییرات تناژ ماده معدنی نیز کنترل شود. معمولاً در بخش تغییرات فاز به فاز^۱ تناژ ماده معدنی تابع محدودیت‌های فنی و اقتصادی محدوده نهایی پیت می‌تواند روند کاهشی داشته باشد. باید توجه شود که افزایش ناگهانی تناژ ماده معدنی در فازهای جداگانه، می‌تواند باعث رشد نسبت باطله‌برداری نیز شود که این مساله می‌تواند انتخاب فاز نهایی پیت را محدود نماید. بنابراین عمق و شکل کانسار و ارتفاع روباره می‌تواند تأثیر مهمی در افزایش نسبت باطله‌برداری و کاهش ذخیره قابل استخراج^۲ داشته باشد.
- **تغییرات عیار:** بهتر است تغییرات عیار نیز در محدوده پیت نهایی کنترل شود. در برنامه ریزی تولید بلند مدت تأمین خوراک ورودی و عیار متوسط ثابت به کارخانه فرآوری به‌عنوان یک عامل محدود کننده به شمار می‌آید. بنابراین لازم است محدوده‌ای با تناژ مناسب، نسبت باطله‌برداری مناسب و عیار مناسب انتخاب شود.

^۱ Incremental Data

^۲ Mineable Ore Reserve

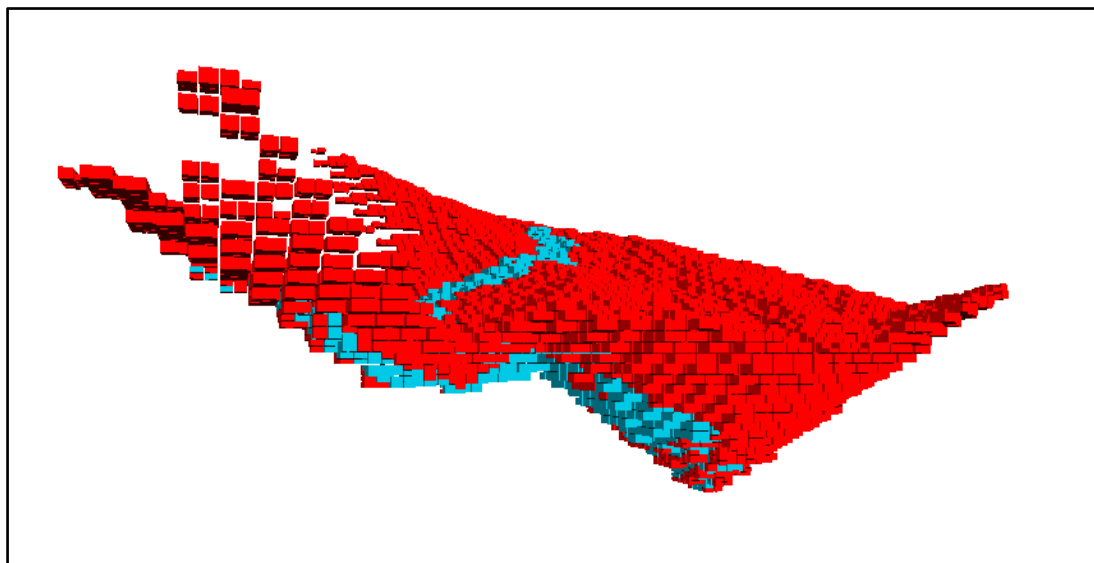
نتایج بهینه‌سازی محدوده نهایی پیت در معدن طلای زرشوران در جدول ۴-۵ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود نمودار Worst Case از فاز ۳۳ روند نزولی پیدا کرده است و این بدین معنی است که گسترش معدن بعد از این فاز، هیچگونه تاثیر مثبتی در افزایش سود نخواهد داشت و بهتر است به‌عنوان یک معیار برای انتخاب فاز نهایی بکار گرفته شود. از سوی دیگر، تغییرات عیار و نسبت باطله‌برداری شدید نیست و نمی‌تواند در تصمیم‌گیری درخصوص پیت نهایی به‌عنوان عامل محدود کننده قابل توجهی مد نظر قرار گیرد. در صورتیکه تناژ ماده معدنی تغییرات نسبتاً بیشتری نشان می‌دهد بطوریکه اختلاف پیت شماره ۳۳ و ۵۳ حدود ۷ میلیون تن خواهد بود که ذخیره قابل توجهی است بنابراین فاز نهایی طوری انتخاب می‌شود که آن فاز، ذخیره قابل توجهی داشته باشد، نسبت باطله‌برداری مناسب و ارزش خالص فعلی پروژه در حالت بهترین سناریو (Best Case) حداکثر (پیت شماره ۳۸) و در حالت بدترین سناریو (Worst Case) حداقل (پیت شماره ۳۸) باشد. حداکثر و حداقل بودن به این معنی است که نقطه تصمیم‌گیری باید بر اساس این دو مرز انتخاب شود. همانطور که اشاره شد پیت نهایی باید بعد از فاز ۳۴ انتخاب شود جاییکه نمودار بدترین سناریو حالت نزولی گرفته است که با توجه به دیگر پارامترها (تناژ و عدم تغییر پذیری زیاد عیار و نسبت باطله‌برداری در معدن طلای زرشوران) می‌توان پیت نهایی را محدوده‌ای بین پیت ۵۳ تا ۵۷ در نظر گرفت که با توجه به نسبت باطله‌برداری پیت ۵۳ را به‌عنوان پیت اقتصادی انتخاب کرد.

۴-۵-۲. مرحله دوم: محاسبه پیت با حداکثر تناژ ماده معدنی و سود تقریباً صفر

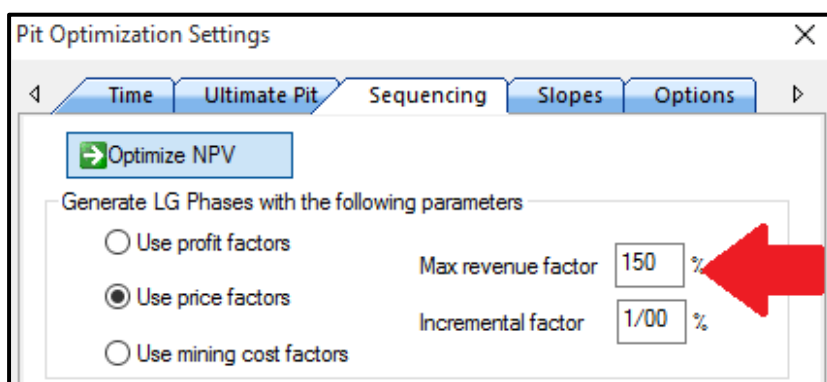
روش دیگر برای محاسبه بزرگترین پیت، آنالیز حساسیت در نرم افزار NPV Scheduler است. که برای محاسبه پیت با حداکثر تناژ ماده معدنی پس از انتخاب پیت نهایی اقتصادی کفایت در تحلیل حساسیت نرم‌افزار فاکتور حداکثر درآمد را از ۱۰۰٪ به تدریج افزایش داد تا پیتی بدست آید که ارزش خالص فعلی آن صفر یا نزدیک به صفر شود. در شکل ۴-۹ نحوه تغییر فاکتور حداکثر درآمد در نرم‌افزار نشان داده شده است. در این ذخیره بعد از یکبار افزایش پیتی با ارزش خالص فعلی تقریباً صفر و حداکثر تناژ ماده معدنی بدست آمده است. در ۱۲۷٪ فاکتور حداکثر درآمد در جدول ۴-۴ ارزش خالص فعلی تقریباً صفر می‌شود و پیت شماره ۷۴ را به‌عنوان (UPLn) در نظر گرفته شده است.

جدول ۴-۴: نتایج بهینه‌سازی محدوده نهایی در نرم افزار NPV Scheduler

Phase	Factor	ORE	Worst Case NPV	grade	Strip	Profit
		tonnes				
Pit 34	۳۹/۰۰٪	۱۰,۴۹۴,۵۰۹	۳۶۸,۴۵۷,۱۶۷	۴/۳۴	۴/۶۱	۸۸۸,۹۳۲,۵۶۳
Pit 35	۴۰/۰۰٪	۱۲,۲۹۲,۹۲۹	۳۲۷,۵۹۶,۵۲۰	۴/۰۰	۴/۶۶	۹۲۰,۳۴۸,۸۲۳
Pit 36	۴۱/۰۰٪	۱۲,۵۵۹,۱۵۵	۳۲۴,۱۷۰,۱۴۸	۳/۹۷	۴/۷۵	۹۲۸,۵۹۲,۳۰۸
Pit 37	۴۲/۰۰٪	۱۳,۱۲۳,۲۵۵	۳۱۷,۲۰۰,۸۷۴	۳/۸۹	۴/۷۷	۹۳۸,۲۷۸,۰۸۷
Pit 38	۴۳/۰۰٪	۱۵,۸۷۶,۷۳۸	۳۰۷,۱۹۳,۳۲۷	۳/۹۶	۶/۷۹	۱,۰۸۶,۳۰۵,۰۲۰
Pit 39	۴۴/۰۰٪	۱۶,۰۲۰,۰۹۰	۳۰۵,۹۳۶,۰۲۴	۳/۹۴	۶/۷۶	۱,۰۸۷,۸۴۹,۰۵۴
Pit 40	۴۵/۰۰٪	۱۶,۲۶۵,۸۳۷	۳۰۲,۶۴۵,۱۴۷	۳/۹۱	۶/۷۴	۱,۰۹۱,۹۱۱,۷۸۲
Pit 41	۴۷/۰۰٪	۱۶,۲۷۱,۴۲۲	۳۰۲,۶۵۵,۲۰۶	۳/۹۱	۶/۷۷	۱,۰۹۲,۹۵۱,۴۴۰
Pit 42	۵۰/۰۰٪	۱۶,۳۰۴,۹۳۳	۳۰۲,۰۹۹,۵۰۵	۳/۹۱	۶/۷۶	۱,۰۹۳,۱۰۴,۷۸۲
Pit 43	۵۱/۰۰٪	۱۶,۴۳۱,۵۳۰	۳۰۱,۳۱۴,۹۵۸	۳/۸۹	۶/۷۳	۱,۰۹۴,۱۶۶,۰۶۷
Pit 44	۵۲/۰۰٪	۱۶,۴۷۲,۴۸۸	۳۰۰,۶۶۲,۸۲۶	۳/۹۱	۶/۸۷	۱,۰۹۹,۹۳۹,۳۷۷
Pit 45	۵۳/۰۰٪	۱۶,۵۴۵,۰۹۵	۳۰۰,۴۹۷,۸۶۸	۳/۹۱	۶/۹۱	۱,۱۰۲,۱۱۵,۹۰۹
Pit 46	۵۶/۰۰٪	۱۶,۵۷۴,۸۸۲	۳۰۰,۴۰۹,۴۰۷	۳/۹۰	۶/۹۱	۱,۱۰۲,۵۳۴,۸۳۰
Pit 47	۵۹/۰۰٪	۱۶,۵۸۹,۷۷۶	۳۰۰,۳۲۷,۷۹۹	۳/۹۰	۶/۹۰	۱,۱۰۲,۶۳۹,۹۴۴
Pit 48	۶۰/۰۰٪	۱۶,۶۸۴,۷۲۳	۲۹۸,۸۳۰,۱۷۸	۳/۸۹	۶/۸۹	۱,۱۰۳,۳۸۰,۷۱۷
Pit 49	۶۲/۰۰٪	۱۶,۸۴۴,۸۳۱	۲۹۶,۴۷۳,۴۴۵	۳/۸۷	۶/۹۱	۱,۱۰۵,۳۳۳,۰۷۴
Pit 50	۶۷/۰۰٪	۱۶,۹۲۳,۰۲۳	۲۹۶,۲۶۶,۰۲۶	۳/۸۶	۶/۹۲	۱,۱۰۶,۳۰۵,۱۳۶
Pit 51	۷۱/۰۰٪	۱۶,۹۲۸,۶۰۹	۲۹۶,۱۷۷,۵۴۶	۳/۸۶	۶/۹۳	۱,۱۰۶,۴۸۳,۵۹۲
Pit 52	۷۵/۰۰٪	۱۶,۹۸۰,۷۳۷	۲۹۵,۸۰۹,۳۴۶	۳/۸۶	۶/۹۲	۱,۱۰۶,۶۵۱,۱۷۰
Pit 53	۷۶/۰۰٪	۱۷,۰۷۵,۶۸۴	۲۹۵,۱۸۷,۰۷۱	۳/۸۴	۶/۹۱	۱,۱۰۶,۹۷۵,۱۸۲
Pit 54	۷۸/۰۰٪	۱۷,۱۱۱,۰۵۷	۲۹۳,۷۴۳,۶۱۳	۳/۸۴	۶/۹۵	۱,۱۰۷,۵۶۱,۹۱۷
Pit 55	۸۰/۰۰٪	۱۷,۱۱۶,۶۴۲	۲۹۳,۴۷۹,۳۸۳	۳/۸۴	۶/۹۶	۱,۱۰۷,۶۷۷,۴۰۴
Pit 56	۸۱/۰۰٪	۱۷,۱۴۰,۸۴۵	۲۹۳,۰۴۱,۸۳۰	۳/۸۴	۶/۹۶	۱,۱۰۷,۸۳۹,۱۴۵
Pit 57	۸۴/۰۰٪	۱۷,۴۳۴,۹۹۶	۲۸۹,۴۱۳,۰۶۷	۳/۸۱	۶/۹۷	۱,۱۰۸,۸۴۳,۳۳۸
Pit 58	۸۷/۰۰٪	۱۷,۴۴۲,۴۴۳	۲۸۹,۳۸۱,۰۰۶	۳/۸۰	۶/۹۷	۱,۱۰۸,۸۷۴,۲۵۸
Pit 59	۹۳/۰۰٪	۱۷,۴۴۶,۱۶۶	۲۸۸,۶۴۷,۵۱۳	۳/۸۱	۶/۹۹	۱,۱۰۸,۹۵۴,۹۰۱
Pit 60	۹۶/۰۰٪	۱۷,۴۷۹,۶۷۷	۲۸۷,۰۹۰,۲۴۹	۳/۸۱	۷/۰۴	۱,۱۰۹,۰۷۷,۰۷۰
Pit 61	۹۷/۰۰٪	۱۷,۵۰۹,۴۶۵	۲۸۶,۷۳۹,۴۹۶	۳/۸۰	۷/۰۴	۱,۱۰۹,۰۹۷,۳۸۴
Pit 62	۹۹/۰۰٪	۱۷,۵۲۰,۶۳۵	۲۸۶,۶۹۹,۱۲۹	۳/۸۰	۷/۰۴	۱,۱۰۹,۱۰۰,۳۶۲
Pit 63	۱۰۰/۰۰٪	۱۷,۵۸۰,۲۱۰	۲۸۵,۸۰۴,۷۲۲	۳/۷۹	۷/۰۴	۱,۱۰۹,۱۰۱,۸۰۱



شکل ۷-۴: محدوده پیت بهینه اقتصادی (پیت شماره ۵۳)



شکل ۸-۴: نحوه تغییر فاکتو حداکثر درآمد

۳-۵-۴. مرحله سوم: کاهش تدریجی سود برای تعیین محدوده‌های نهایی $UPL_2, UPL_3, \dots, UPL_{n-1}$ در این مرحله به دلیل تغییرات جزئی بین پیت ۵۳ تا پیت ۷۴ با سه گام اختلاف بین فاکتور جزئی، پیت‌های فرعی انتخاب شدند. هشت پیت حد فرعی که اطلاعات آن در جدول ۵-۴ آمده است انتخاب گردید. برای محاسبه این پیت‌ها قسمتی از اطلاعات گزارش‌های نرم‌افزار NPV Scheduler استفاده شد. برای محاسبه مساحت دهانه پیت به‌طور تقریبی هر پیتی را در نرم‌افزار Datamine طراحی شده و مساحت دهانه اندازه‌گیری گردید.

جدول ۴-۲: انتخاب UPLn در نرم افزار NPV Scheduler

Phase	Factor	profit
		\$
Pit 54	۷۸/۰۰٪	۱,۱۰۷,۵۶۱,۹۱۷
Pit 55	۸۰/۰۰٪	۱,۱۰۷,۶۷۷,۴۰۵
Pit 56	۸۱/۰۰٪	۱,۱۰۷,۸۳۹,۱۴۵
Pit 57	۸۴/۰۰٪	۱,۱۰۸,۸۴۳,۳۳۸
Pit 58	۸۷/۰۰٪	۱,۱۰۸,۸۷۴,۲۵۷
Pit 59	۹۳/۰۰٪	۱,۱۰۸,۹۵۴,۹۰۱
Pit 60	۹۶/۰۰٪	۱,۱۰۹,۰۷۷,۰۶۹
Pit 61	۹۷/۰۰٪	۱,۱۰۹,۰۹۷,۳۸۴
Pit 62	۹۹/۰۰٪	۱,۱۰۹,۱۰۰,۳۶۲
Pit 63	۱۰۰/۰۰٪	۱,۱۰۹,۱۰۱,۸۰۱
Pit 64	۱۰۱/۰۰٪	۱,۱۰۹,۰۹۶,۴۴۴
Pit 65	۱۰۳/۰۰٪	۱,۱۰۸,۹۷۲,۰۳۳
Pit 66	۱۰۸/۰۰٪	۱,۱۰۸,۹۰۵,۶۹۵
Pit 67	۱۱۰/۰۰٪	۱,۱۰۸,۷۴۴,۳۴۱
Pit 68	۱۱۲/۰۰٪	۱,۱۰۸,۴۸۵,۳۸۱
Pit 69	۱۱۳/۰۰٪	۱,۱۰۸,۴۳۸,۲۰۸
Pit 70	۱۱۷/۰۰٪	۱,۱۰۸,۴۰۰,۶۲۹
Pit 71	۱۱۸/۰۰٪	۱,۱۰۷,۹۰۰,۱۸۷
Pit 72	۱۲۱/۰۰٪	۱,۱۰۶,۷۳۸,۸۵۲
Pit 73	۱۲۴/۰۰٪	۱,۱۰۶,۵۵۸,۱۷۱
Pit 74	۱۲۷/۰۰٪	۱,۱۰۵,۷۵۶,۲۶۹

بالاترین تراز پیت‌ها با هم برابر می‌باشند. همچنین برای تعیین تراز برای محاسبات طول مسیر به‌طور تقریبی با شیب تقریباً ۳۴ درجه می‌توان محاسبات را انجام داد. فاصله دهانه پیت تا کارخانه فرآوری را ۰/۵ کیلومتر و تا دامپ باطله ۱ کیلومتر است. طول مسیر، متغیری از عمق پیت هست به همین منظور طول مسیر در پیت‌های تعیین شده آنچنان متفاوت نمی‌باشد. برای محاسبات تولید باطله از رابطه ۴-۱ استفاده شده است. عمر معدن را از رابطه ۴-۲ و عمق معدن از رابطه ۴-۳ محاسبه شده است.

باطله معدن

$$\text{Waste Production} = \text{Waste quantity} + \text{Ore quantity} * \text{Recovery} * (1 - \text{Average Grade}) \quad (1-4)$$

عمر معدن

$$\text{Life of Mine} = \text{Ore in pit} / \text{Ore production per year} \quad (2-4)$$

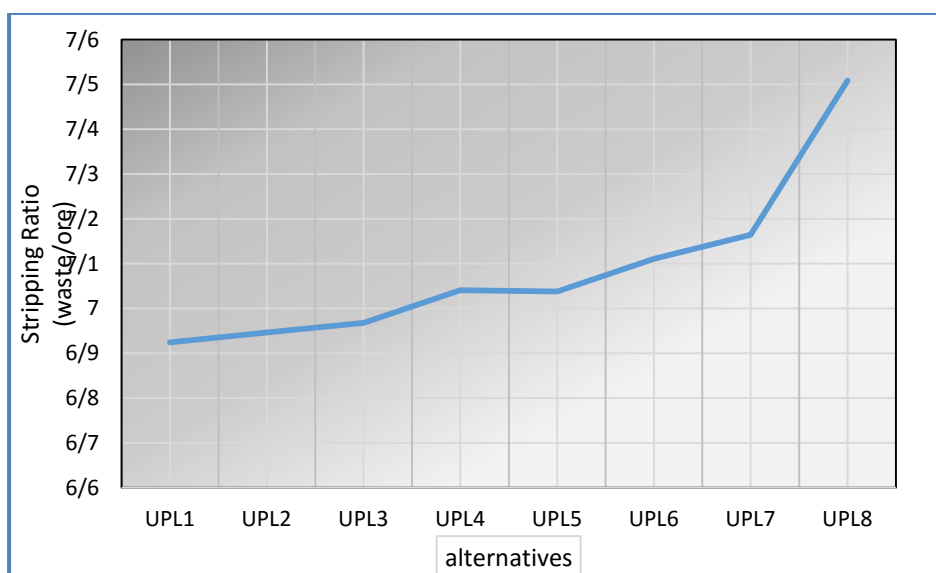
عمق معدن

$$\text{Pit Depth} = \text{Highest Bench Level} + \text{Pit Floor Level} \quad (3-4)$$

اطلاعاتی چون میزان باطله، میزان ماده معدنی، عیار متوسط، ارزش خالص فعلی، سود، هزینه معدنکاری و هزینه کارخانه فرآوری را از گزارش نرم‌افزار NPV Scheduler بدست آمده است.

در جدول ۴-۶ اطلاعات موردنیاز برای پیت‌های فرعی محاسبه شده است. باطله معدن، ماده معدنی و عمر معدن با افزایش تناژ افزایش می‌یابد. میانگین عیار با افزایش تناژ کاهش یافته است.

برای درک بهتر از شرایط پیت‌های فرعی نسبت به نمودارهای نسبت باطله‌برداری، نسبت تغییرات عیار و نسبت تغییرات سود در شکل‌های ۴-۱۰ تا ۴-۱۲ رسم شده است.

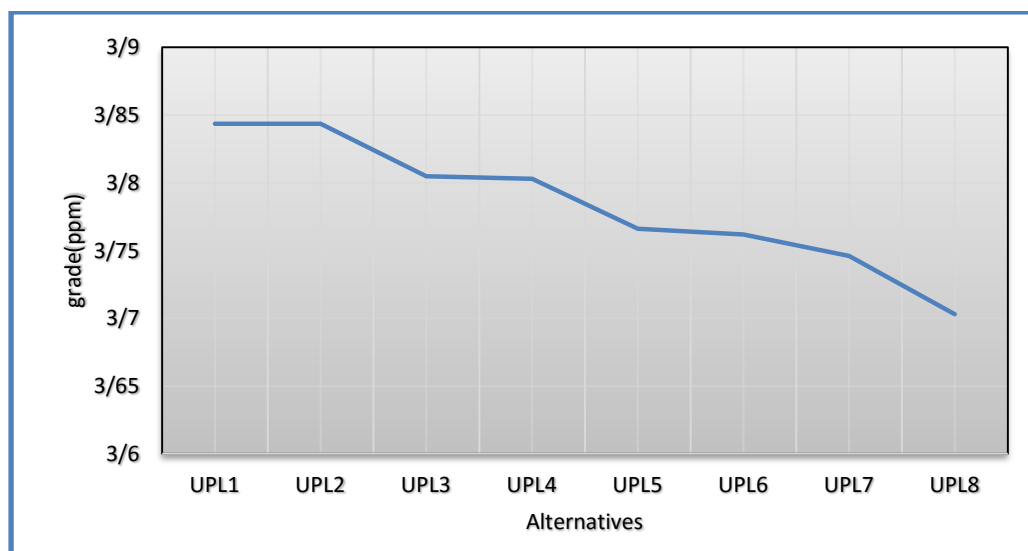


شکل ۴-۹: تغییرات نسبت باطله‌برداری پیت‌های انتخاب شده

جدول ۴-۶: داده‌های محدوده‌های نهایی

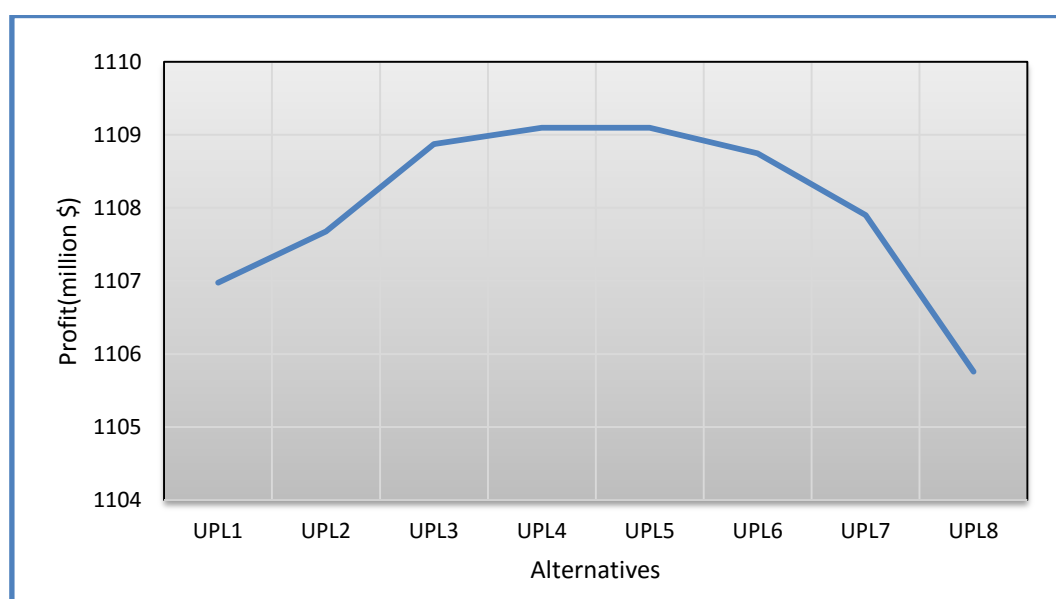
شرح	واحد	UPL1	UPL2	UPL3	UPL4	UPL5	UPL6	UPL7	UPL8
باطله معدن	میلیون تن	۱۱۸/۰۱	۱۱۹/۰۶۱	۱۲۱/۵۷۳	۱۲۳/۲۸۳	۱۲۴/۹۲۸	۱۲۸/۰۷۶	۱۲۹/۳۷	۱۳۵/۶۳
ماده معدنی	میلیون تن	۱۷/۰۷۵	۱۷/۱۱۶	۱۷/۴۴۲	۱۷/۵۰۹	۱۷/۷۹	۱۷/۹۱۱	۱۸/۰۵۸	۱۸/۴۹۹
میانگین عیار	درصد	۳/۸۴۳	۳/۸۴۳	۳/۸۰۴	۳/۸۰۲	۳/۷۶۶	۳/۷۶۱	۳/۷۴۴۱	۳/۷۰۳
عمر معدن	سال	۲۵/۸۷	۲۵/۹۳	۲۶/۴۳	۲۶/۵۳	۲۶/۹۶	۲۷/۱۴	۲۷/۳۶	۲۸/۰۳
سود	میلیون دلار	۱۱۰۶/۹۷	۱۱۰۷/۶۷	۱۱۰۸/۸۷	۱۱۰۹/۰۹	۱۱۰۹/۰۹	۱۱۰۸/۷۴	۱۱۰۸/۴	۱۱۰۵/۷
ارزش خالص فعلی	میلیون دلار	۴۴۴/۱۶۶	۴۴۴/۱۱۲	۴۴۴/۰۸۱	۴۴۴/۱۵۷	۴۴۴/۱۶۳	۴۴۴/۱۴۸	۴۴۴/۱۳	۴۴۴/۰۲
درآمد	میلیون دلار	۱۸۷۰/۴۹	۱۸۷۴/۹۶	۱۸۹۱/۳۸	۱۸۹۷/۷۲	۱۹۰۹/۵۴	۱۹۲۰/۳۸	۱۹۲۷/۳	۱۹۵۲/۴
هزینه فراوری	میلیون دلار	۴۲۵/۸۲۴	۴۲۶/۸۴۶	۴۳۴/۹۷	۴۳۶/۶۴۲	۴۴۳/۶۵۲	۴۴۶/۶۷۰	۴۵۰/۳۳	۴۶۱/۳۴
هزینه استخراج	میلیون دلار	۳۳۷/۶۹	۳۴۰/۴۴۵	۳۴۷/۵۴	۳۵۱/۹۸۱	۳۵۶/۷۹۷	۳۶۴/۹۶۹	۳۶۸/۵۸	۳۸۵/۳۴
ماده معدنی باقی مانده	میلیون تن	۱۸/۳۷۵	۱۸/۳۳۴	۱۸/۰۰۸	۱۷/۹۴۱	۱۷/۶۶	۱۷/۵۳۹	۱۷/۳۹۲	۱۶/۹۵۱
بالاترین تراز پله	متر	۲۶۴۵	۲۶۴۵	۲۶۴۵	۲۶۴۵	۲۶۴۵	۲۶۴۵	۲۶۴۵	۲۶۴۵
تراز کف پیت	متر	۲۱۶۲/۵	۲۱۵۳	۲۱۵۳	۲۱۵۳	۲۱۴۵	۲۱۴۵	۲۱۳۵	۲۱۳۵
عمق پیت	متر	۴۸۲/۵	۴۹۲	۴۹۲	۴۹۲	۴۹۲	۵۰۰	۵۱۰	۵۱۰
مساحت دهانه پیت	هکتار	۱۸۷/۵	۱۸۷/۷۴	۱۸۹/۸۷۶	۱۹۰/۶۵۴	۱۹۲/۸۴۳	۱۹۴/۸۷۴	۱۹۸/۸۱	۱۹۹/۹۸
طول حمل ماده معدنی	کیلومتر	۳/۴	۳/۶	۳/۶	۳/۸	۳/۹	۴	۴/۱	۴/۳
طول حمل باطله	کیلومتر	۴/۴	۴/۶	۴/۶	۴/۸	۴/۹	۵	۵/۱	۵/۳
چگالی حجمی ماده معدنی	تن بر متر مکعب	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳	۲/۰۲۳

همانطور که در شکل ۴-۱۰ مشخص است تفاوت نسبت‌های باطله‌برداری از پیت ۱ تا پیت ۸ تقریباً ۰/۵ واحد افزایش یافته و این بدین معناست که میزان باطله‌برداری در پیت‌ها تفاوت آنچنانی ندارد.



شکل ۴-۱۰: نمودار تغییرات عیار در پیت‌های انتخاب شده

همچنین در شکل ۴-۱۱ میزان تغییرات عیار در نمودار فوق نشان داده شده است که عیار تجمعی ۰/۱۵ppm تغییر کرده است. در نهایت در شکل ۴-۱۲ نسبت تغییرات سود سود تا پیت پنجم افزایش بود و از پیت پنجم به بعد کاهش پیدا کرده است.



شکل ۴-۱۱: تغییرات سود پیت‌های انتخاب شده

۴-۵-۴. مرحله چهارم: تعیین و وزن‌دهی شاخص‌های توسعه پایدار با روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی در طراحی معدن روباز

انتخاب معیار برای تعیین مناسب‌ترین پیت از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. لذا بایستی تمام جنبه‌های پروژه را بررسی کرد تا سه معیار توسعه پایدار برای تمامی ذینفعان لحاظ شده باشد ولی انتخاب آن با محدودیت‌هایی روبروست، از جمله [۱۹]:

۱. تعداد معیارها برای کاهش پیچیدگی محاسبات بایستی محدود باشد.

۲. معیارها بایستی کمی و قابل اندازه‌گیری باشد.

۳. مقدار معیارهای انتخاب شده برای گزینه‌ها یکسان نباشند.

• تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی^۱

روش تحلیلی سلسله مراتبی که توسط ساعتی^۲ در سال ۱۹۸۰ ارائه شد ابزاری برای ترکیب کیفی و کمی فاکتورهای مناسب در انتخاب فرآیندهای پیچیده و غیره منتظره می‌باشد [۷۲]. تحلیل سلسله‌مراتبی به تحلیلگر کمک می‌کند تا جنبه‌های مختلف مسئله را در ساختار سلسله مراتبی، مشابه شجره نامه، مرتب کرده، آنگاه با کاهش پیچیدگی‌های مسأله‌ی اولیه و تبدیل آن به یک سری مقایسه زوجی اقدام به وزن‌دهی معیارها و سپس آنالیز آن‌ها کند. ولی عیب کاربردی تحلیل سلسله مراتبی مرسوم بدلیل عدم انعکاس خصوصیات ذهنی، فازی نبودن و مبهم بودن نتایج، محققین را به سمت استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی سوق داد [۷۳]؛ از طرفی در روش فازی امکان انطباق نظرات خبرگان ناکافی بود لذا روش دلفی فازی برای همگرایی بیشتر نظرات خبرگان و همچنین تأثیر تمام نظرات در نتیجه نهایی، توسعه یافت [۷۴]. در جدول ۷-۴ بطور مختصر تفاوت‌های این روش‌ها نشان داده شده‌است.

از روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای مدلسازی مشکلات سازمان‌نیافته در حوزه‌هایی چون حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و مدیریتی استفاده می‌شود. از نمونه‌های کاربرد این روش در توسعه

1 Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process

2 Saaty

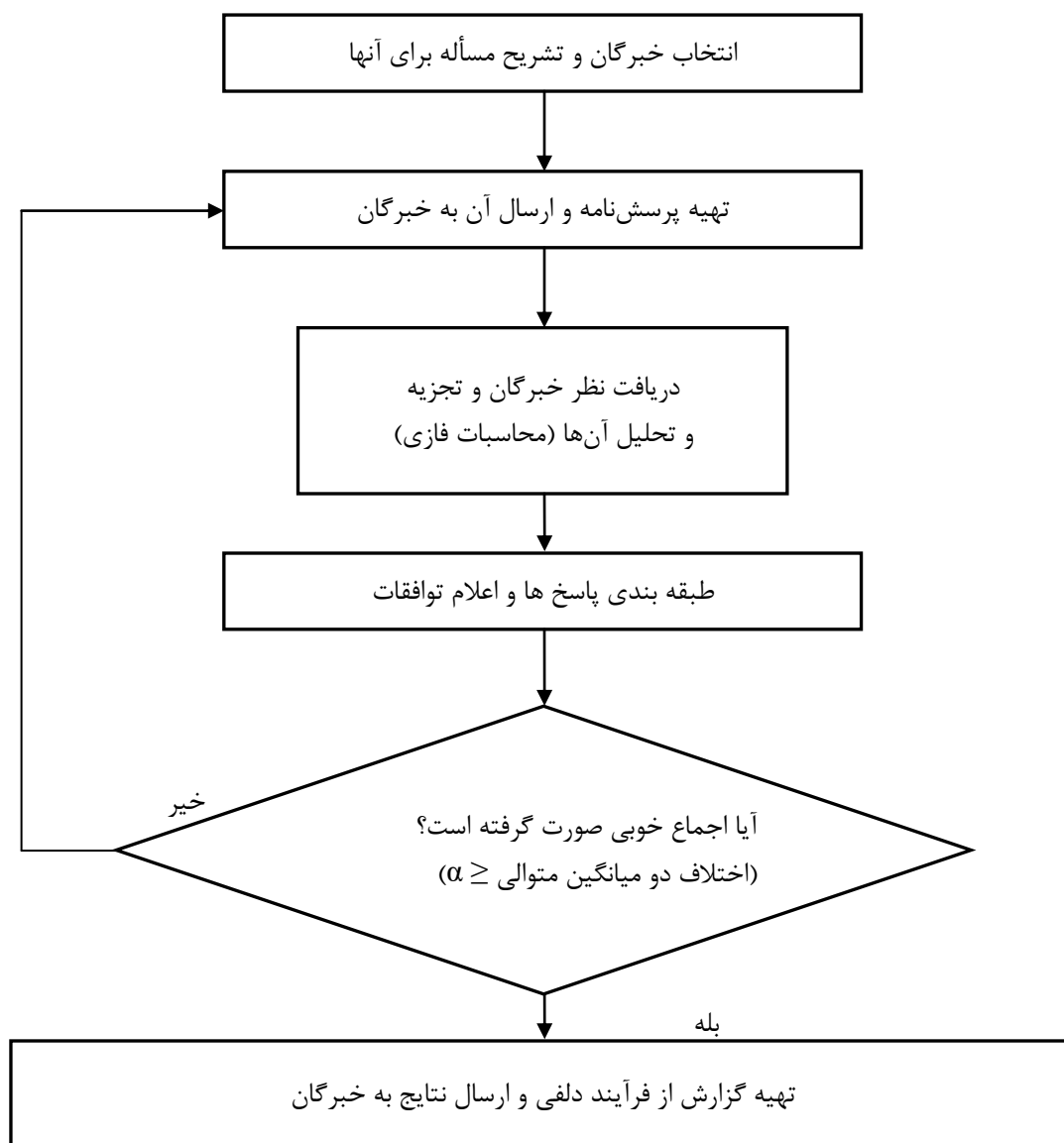
پایدار میتوان به تحقیق کرانک و گلاویک^۱ در سال ۲۰۰۵ برای تعیین وزن معیارهای توسعه پایدار اشاره کرد [۷۵].

جدول ۴-۷: تفاوت روش AHP و FDAHP [۷۴]

روش	توضیح روش	نقاط قوت و ضعف
تحلیل سلسله مراتبی (AHP)	فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی با تجزیه و تحلیل مسائل مشکل و پیچیده، آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن‌ها می‌پردازد. این روش توانایی تبدیل ساختار سلسله‌مراتبی یک مسئله پیچیده چند شاخصه به ساختار بسط داده شده، جهت درک بهتر تصمیم گیرنده از مسئله تصمیم‌گیری را داراست.	نقاط قوت: استفاده از مقایسه زوجی برای مشخص کردن اهمیت نسبی گزینه‌ها در ارتباط با هر معیار شکستن مسائل پیچیده و غیر ساختاری به اجزاء سازنده و طبقه بندی ترتیبی آن‌ها نقاط ضعف: ناتوانی در انعکاس نحوه تفکر انسانی وجود مقیاس نامتوازن در قضاوت‌ها عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه‌های زوجی
فازی دلفی (FDAHP)	روش تکامل یافته تحلیل سلسله مراتبی و کاربرد آن در تصمیم‌گیری‌هایست که در آن معیارها بطور با اعداد مطلق قابل سنجش نیستند و نیز همگرایی نظرات مهم می‌باشد.	نقاط قوت: انعطاف پذیری دقت بالا کاهش تعداد پرسشنامه، افزایش میزان بازیابی پرسشنامه همگرایی بیشتر بین نظرات متفاوت کارشناسان

در نهایت به دلیل خصوصیات معیارهای توسعه پایدار روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی روش بسیار پر کاربردی می‌باشد. در این روش ابتدا پرسشنامه تهیه و به خبرگان و متخصصان فرستاده می‌شود. متخصصان نظرات خود را در قالب حداکثر و حداقل مقدار ارائه می‌دهند؛ میانگین محاسبه می‌شود و میزان اختلاف هر نظر از میانگین محاسبه می‌شود و پس از اعتبارسنجی جواب‌ها گزارش این فرآیند تصمیم‌گیری ارائه می‌شود [۷۴]. مراحل اجرای روش دلفی فازی در شکل ۴-۱۳ به طور خلاصه نشان داده شده است. برای ایجاد ماتریس مقایسه جفت زوجی در روش دلفی فازی و همچنین محاسبه وزن نسبی معیارهای تصمیم‌گیری ۳ مرحله به شرح زیر انجام می‌شود:

الف. برای محاسبه عدد فازی $\tilde{a}_{ij}$ نظرات خبرگان را بطور مستقیم در نظر می‌گیرند. این اعداد براساس تابع عضویتی مثلثی محاسبه می‌شوند که نمایانگر حالت بدبینانه، میانه و خوش‌بینانه می‌باشد. برای محاسبه اعداد فازی مثلثی از روابط زیر استفاده می‌شود:



شکل ۴-۱۳: مراحل اجرای روش دلفی فازی [۷۴]

$$a_{ij} = (\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}) \quad (۴-۴)$$

$$\alpha_{ij} = \text{Min}(\beta_{ijk}), k = 1, \dots, n \quad (۵-۴)$$

$$\delta_{ij} = \left(\prod_{k=1}^n \beta_{ijk} \right)^{1/n} \quad (۴-۶)$$

$$\gamma_{ij} = \text{Max}(\beta_{ijk}), k=1, \dots, n \quad (۴-۷)$$

β_{ijk} : اهمیت نسبی پارامتر i بر پارامتر j از دیدگاه متخصص k ام

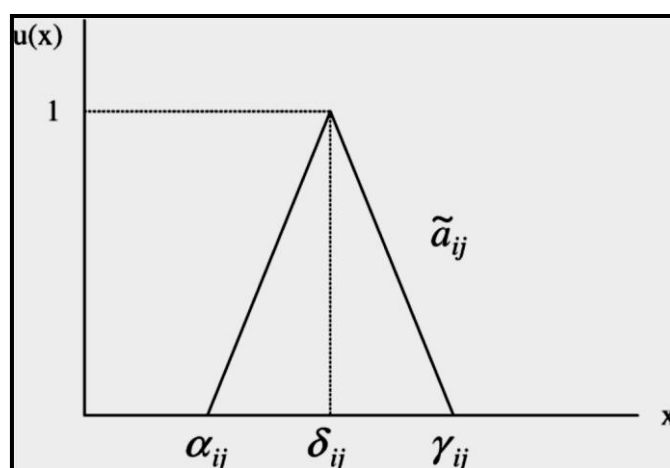
α_{ij} : حد بالای نظرهای پرسش شوندگان

δ_{ij} : میانگین هندسی نظرات پرسش شوندگان

γ_{ij} : حد پایین نظرهای پرسش شوندگان

همانطور که در شکل ۴-۱۴ مشخص است رابطه $\alpha_{ij} \ll \delta_{ij} \ll \gamma_{ij}$ برقرار است و همچنین $\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij} \in$

$[1/9, 1] \cup [1, 9]$ می‌باشند.



شکل ۴-۱۴: تابع عضویت مثلثی در روش دلفی فاز [۵۷]

ب. با توجه به اعداد فاز محاسبه شده در مرحله قبل ماتریس معکوس فاز با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ij} \approx 1 \quad \forall i, j=1, \dots, n \quad \tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}] \quad (۴-۸)$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1.1.1) & (\alpha_{12}, \delta_{12}, \gamma_{12}) & (\alpha_{13}, \delta_{13}, \gamma_{13}) \\ (\frac{1}{\alpha_{12}}, \frac{1}{\delta_{12}}, \frac{1}{\gamma_{12}}) & (1.1.1) & (\alpha_{23}, \delta_{23}, \gamma_{23}) \\ (\frac{1}{\alpha_{13}}, \frac{1}{\delta_{13}}, \frac{1}{\gamma_{13}}) & (\frac{1}{\alpha_{23}}, \frac{1}{\delta_{23}}, \frac{1}{\gamma_{23}}) & (1.1.1) \end{bmatrix} \quad (۴-۹)$$

ج. محاسبه وزن فازی و غیر فازی پارامترها

وزن نسبی پارامترها از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$\tilde{Z} = [\tilde{a}_{1j} \otimes \tilde{a}_{2j} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}] \quad (10-4)$$

$$\tilde{Z}_i = \tilde{Z}^{\frac{1}{n}} \quad (11-4)$$

$$\tilde{W} = \tilde{Z}_i \otimes (\tilde{Z}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{Z}_i)^{-1} \quad (12-4)$$

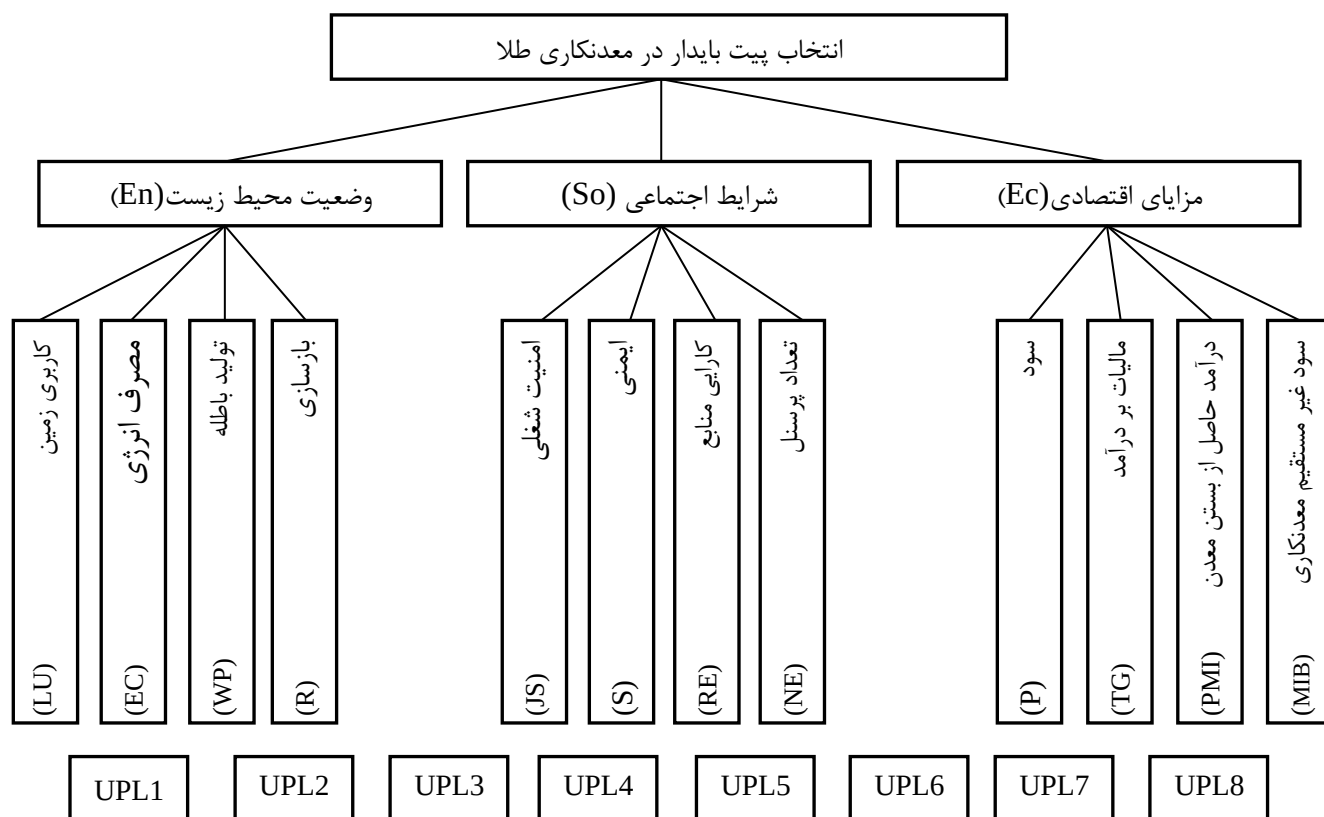
$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n w_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (13-4)$$

که در آن $\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 = (\alpha_1 \times \alpha_2, \delta_1 \times \delta_2, \gamma_1 \times \gamma_2)$ می‌باشد. $\tilde{W}_i$ یک بردار سطری برای نشان دادن وزن فازی پارامتر i ام می‌باشد. و برای قطعی بیان کردن وزن معیارها از میانگین هندسی وزن فازی استفاده می‌شود. معادله ۴-۱۳ طریقه محاسبه وزن غیر فازی معیارها را نشان می‌دهد.

• نمودار سلسله مراتبی مسأله

گام اول در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی ساختن نمودار سلسله مراتبی مسأله است که در آن هدف، معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شود. در این مسأله هدف انتخاب محدوده نهایی معدن طلای زرشوران می‌باشد. معیارهای اصلی زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در نظر گرفته شده است. برای هر کدام از این معیارها ۴ زیرمعیار که تمام مسائل انتخاب پیت نهایی را پوشش دهد انتخاب شده است. برای معیار زیست محیطی؛ زیرمعیارهای کاربری زمین، مصرف انرژی، تولید باطله و بازسازی در نظر گرفته شده است. برای معیار اجتماعی؛ امنیت شغلی، ایمنی، کارائی منابع و تعداد پرسنل در نظر گرفته شده است. در نهایت برای معیار اقتصادی؛ زیرمعیارهای سود، مالیات بر درآمد، درآمد حاصل از بستن معدن و سود غیر مستقیم معدنکاری در نظر گرفته شده است. گزینه‌های این مسأله ۸ پیت فرعی بدست آمده در بخش قبل می‌باشد که پاسخ هدف تعیین شده یکی از این پیت‌ها خواهد بود. در شکل ۴-۱۵ ساختار سلسله مراتبی این مسأله نشان داده شده است.

پس از تعیین پارامترهای مؤثر بر توسعه پایدار به منظور تعیین وزن پارامترهای مختلف، فرم‌های نظرسنجی شامل کلیه پارامترهای فوق تهیه شده و برای تکمیل شدن برای مهندسين معدن زرشوران ارسال شده است. تیم کارشناسی شامل ۵ مهندس اکتشاف معدن زرشوران، ۵ مهندس فرآوری معدن زرشوران، ۱۰ مهندس استخراج معدن زرشوران، ۱۰ کارشناس حاضر در تیم پیمانکاری و کارفرما بوده است. از ۳۰ فرم نظر سنجی ارسال شده ۲۲ فرم نظرسنجی تکمیل شده، دریافت شد که به‌عنوان ورودی روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. جدول ۴-۸ نمونه‌ای از فرم‌های نظر سنجی را نشان می‌دهد. در این فرم‌ها از کارشناسان خواسته شده بود بسته به نظر شخصی خود و همچنین میزان اهمیت هر پارامتر نسب به پارامتر دیگر در صورتیکه اهمیت برابر (۱)، اهمیت ضعیف (۳)، اهمیت قوی (۵)، اهمیت خیلی قوی (۹)، اهمیت مطلق (۹) و ترجیحات بین فواصل را با اعداد زوج مابین اعداد بالا اختصاص دهند



شکل ۴-۱۲: نمودار سلسله مراتبی برای انتخاب پیت نهایی با توجه به معیارهای توسعه پایدار

جدول ۴-۸: نمونه‌ای از فرم نظر سنجی

محیط زیست																	
معیار i	ترجیح معیار i بر معیار j								اهمیت یکسان	ترجیح معیار i بر معیار j							
بازسازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
بازسازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
بازسازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
استفاده از زمین	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
استفاده از زمین	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تولید باطله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
اقتصادی																	
معیار i	ترجیح معیار i بر معیار j								اهمیت یکسان	ترجیح معیار i بر معیار j							
سود	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
سود	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
سود	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درآمد حاصل از بستن معدن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درآمد حاصل از بستن معدن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درآمد حاصل از بستن معدن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
مالیات بر درآمد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
مالیات بر درآمد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
مالیات بر درآمد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

ادامه جدول ۴-۸:

اجتماعی																		
معیار i	ترجیح معیار i بر معیار j								اهمیت یکسان	ترجیح معیار i بر معیار j								معیار j
امنیت شغلی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
امنیت شغلی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کارآیی منابع
امنیت شغلی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد پرسنل
ایمنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کارآیی منابع
ایمنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد پرسنل
کارآیی منابع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد پرسنل
کلی																		
معیار i	ترجیح معیار i بر معیار j								اهمیت یکسان	ترجیح معیار i بر معیار j								معیار j
محیط زیست	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	اجتماعی
محیط زیست	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	اقتصادی
اجتماعی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	اقتصادی

• تشکیل ماتریس تصمیم

گام بعدی تشکیل ماتریس تصمیم برای هر متخصص می‌باشد. با توجه به فرم‌های موجود، ماتریس مقایسه زوجی متناظر با هر یک از پارامترها از نظر متخصصان مختلف به صورت جداگانه برای هر متخصص تشکیل شده است. ماتریسهای مذکور در پیوست ۱ قرار داده شده است.

• یافتن وزن پارامترها با استفاده از روش FDAHP

پس از انجام نظرسنجی و ارزیابی نتایج حاصل از آن، کلیه نتایج بدست آمده برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی از توابع عضویت مثلثی و همچنین اعداد فازی مثلثی از روابط ریاضی ۴-۴ تا ۴-۱۳ استفاده شده است.

• معیارهای اصلی

ماتریس مقایسه زوجی فازى دلفى در جدول ۴-۹، اعداد فازى در جدول ۴-۱۰، وزن فازى، وزن غیر فازى در جدول ۴-۱۱ و نمودار ستونی وزن نهایی فازى دلفى بین سه معیار اصلی زیست محیطى، اجتماعى و اقتصادى در شکل ۴-۱۶ ارائه شده است.

جدول ۴-۹: ماتریس مقایسه زوجی فازى دلفى ۳ پارامتر اصلی نظر سنجى شده

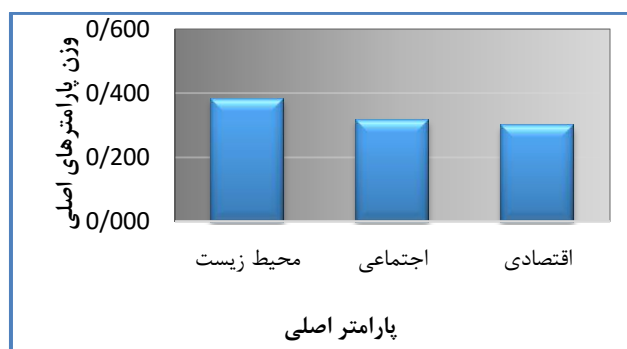
	En			S			Ec		
En	۱	۱	۱	۰/۲	۳/۲۱۲	۹	۰/۲۵	۲/۶۴۱	۹
S	۰/۱۱۱	۰/۳۱۱	۵	۱	۱	۱	۰/۱۲۵	۱/۶۲۰	۹
EC	۰/۱۱۱	۰/۳۷۹	۴	۰/۱۱۱	۰/۶۱۷	۸	۱	۱	۱

جدول ۴-۱۰: اعداد فازى و غیر فازى پارامترهای اصلی

پارامترها	$\tilde{Z}$			$\tilde{Z}_i$		
	α	δ	γ	α	δ	γ
En	۰/۰۵	۸/۴۸	۸۱	۰/۳۶	۲/۰۳	۴/۳۲
S	۰/۰۱	۰/۵۰	۴۵	۰/۲۴	۰/۷۹	۳/۵۵
EC	۰/۰۱	۰/۲۳	۳۲	۰/۲۳	۰/۶۱	۳/۱۷
$(Z_1 \oplus Z_2 \oplus \dots)^{-1}$				۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۰۹

جدول ۴-۱۱: وزن فازى و غیر فازى پارامترهای اصلی

پارامتر	$\tilde{W}_i$ (وزن فازى پارامترها)			وزن غیر فازى پارامترها
Environmental	۰/۰۳	۰/۵۹	۰/۳۹	۰/۳۸
Social	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۳۱
Economic	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۲۹
				$\Sigma = 1$



شکل ۴-۱۳: هیستوگرام وزن پارامترهای اصلی

چنانچه از جدول ۴-۱۱ و شکل ۴-۱۶ مشاهده می‌شود پارامتر زیست محیطی با مقدار ۳۸٪ نسبت به پارامترهای اقتصادی با مقدار ۳۱٪ و اجتماعی ۲۹٪ در معدن زرشوران بیشترین امتیاز را دارد. با توجه به شرایط زیست محیطی معدن طلا زرشوران پارامتر زیست محیطی را مهم‌تر از دو پارامتر دیگر انتخاب شده است.

• زیرمعیارهای زیست محیطی

ماتریس مقایسه زوجی فازی در جدول ۴-۱۲، اعداد فازی در جدول ۴-۱۳، وزن فازی، وزن غیرفازی در جدول ۴-۱۴ و نمودار هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی ۴ پارامتر زیست محیطی در شکل ۴-۱۷ ارائه شده است.

جدول ۴-۱۲: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی پارامتر زیست محیطی نظر سنجی شده

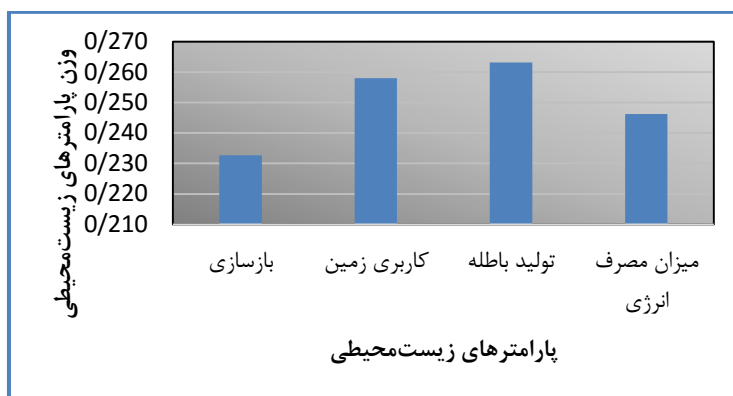
	R			LU			WP			EC		
R	۱	۱	۱	۰/۱۱	۰/۷۶	۹	۰/۱۱	۰/۵۸	۹	۰/۱۱	۰/۹۷	۹
LU	۰/۱۱	۱/۳۲	۹	۱	۱	۱	۰/۱۱	۰/۶۷	۹	۰/۱۴	۱/۳۰	۹
WP	۰/۱۱	۱/۷۲	۹	۰/۱۱	۱/۴۹	۹	۱	۱	۱	۰/۱۱	۰/۹۴	۷
EC	۰/۱۱	۱/۰۴	۹	۰/۱۱	۰/۷۷	۷	۰/۱۴	۱/۰۶	۹	۱	۱	۱

جدول ۴-۱۳: اعداد فازی و غیر فازی پارامتر زیست محیطی

پارامتر	$\tilde{Z}$			$\tilde{Z}_i$		
	α	δ	γ	α	δ	γ
R	۰/۰۰۱	۰/۴۲۷	۷۲۹	۰/۱۹۲	۰/۸۰۸	۵/۱۹۶
LU	۰/۰۰۲	۱/۱۴۹۴	۷۲۹	۰/۲۰۵	۱/۰۳۵	۵/۱۹۶
WP	۰/۰۰۱	۲/۴۰۷	۵۶۷	۰/۱۹۲	۱/۲۴۵	۴/۸۷۹
EC	۰/۰۰۲	۰/۸۴۵	۵۶۷	۰/۲۰۵	۰/۹۵۹	۴/۸۷۹
$(Z_1 \oplus Z_2 \oplus \dots)^{-1}$				۰/۰۴۹	۰/۲۴۷	۱/۲۵۸

جدول ۴-۱۴: وزن فازی و غیر فازی پارامتر زیست محیطی

پارامتر	$\tilde{w}_i$ (وزن فازی پارامترها)			وزن غیر فازی پارامترها
R	۰/۰۱۰	۰/۲۰۰	۶/۵۳۸	۰/۲۳۳
LU	۰/۰۱۰	۰/۲۵۶	۶/۵۳۸	۰/۲۵۸
WP	۰/۰۱۰	۰/۳۰۸	۶/۱۴۰	۰/۲۶۳
EC	۰/۰۱۰	۰/۲۳۷	۶/۱۴۰	۰/۲۴۶



شکل ۴-۱۴: هیستوگرام وزن پارامتر زیست محیطی

در مقایسه ۴ پارامتر زیست محیطی در زرشوران با توجه به جدول ۴-۱۴ و شکل ۴-۱۷ تولید باطله با وزن ۲۶٪ از امتیاز بالاتری برخوردار است و در رتبه‌های بعدی کاربری زمین، میزان مصرف انرژی و بازسازی به ترتیب با اوزان ۲۵٪، ۲۴٪ و ۲۳٪ قرار دارند.

• زیرمعیارهای اجتماعی

ماتریس مقایسه زوج فازی دلفی در جدول ۴-۱۵، اعداد فازی در جدول ۴-۱۶، وزن فازی، وزن غیرفازی در جدول ۴-۱۷ و نمودار هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی ۴ پارامتر اجتماعی در شکل ۴-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۴-۱۵: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی پارامتر اجتماعی نظر سنجی شده

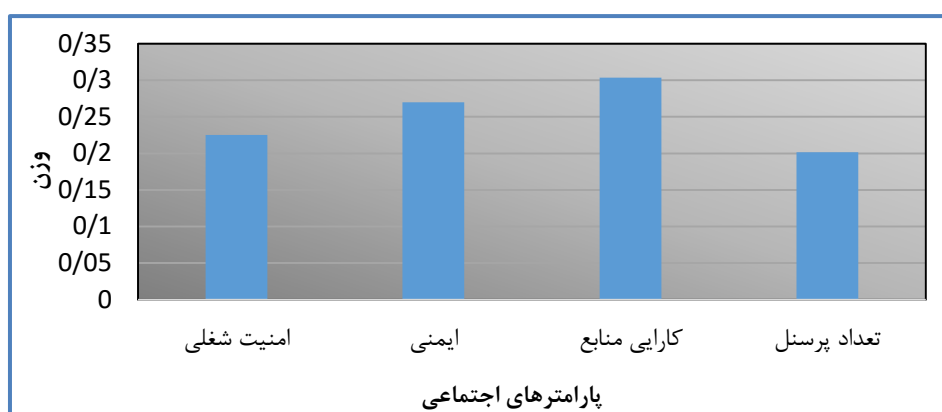
	JS			S			RE			NE		
JS	۱	۱	۱	۰/۱۱۱	۰/۷۱۷	۹	۰/۱۲۵	۰/۵۹۱	۵	۰/۱۱۱	۱/۴۱۷	۸
S	۰/۱۱۱	۱/۳۹۴	۹	۱	۱	۱	۰/۱۱۱	۰/۵۹۱	۸	۰/۱۴۳	۳/۰۹۴	۹
RE	۰/۲	۱/۶۹۲	۸	۰/۱۲۵	۱/۶۹۳	۹	۱	۱	۱	۰/۲	۱/۴۳۵	۸
NE	۰/۱۲۵	۰/۷۰۶	۹	۰/۱۱۱	۰/۳۲۳	۷	۰/۱۲۵	۰/۶۹۶	۵	۱	۱	۱

جدول ۴-۱۶: اعداد فازی و غیر فازی پارامتر اجتماعی

پارامتر	$\tilde{Z}$			$\tilde{Z}_i$		
	α	δ	γ	α	δ	γ
JS	۰/۰۰۲	۰/۶۰۰	۳۶۰	۰/۱۹۸	۰/۸۸۰	۴/۳۵۶
S	۰/۰۰۲	۲/۵۴۸	۶۴۸	۰/۲۰۵	۱/۲۶۳	۵/۰۴۵
RE	۰/۰۰۵	۴/۱۱۱	۵۷۶	۰/۲۶۶	۱/۴۲۴	۴/۸۹۹
NE	۰/۰۰۲	۰/۱۵۹	۳۱۵	۰/۲۰۴	۰/۶۳۱	۴/۲۱۳
$(Z_1 \oplus Z_2 \oplus \dots)^{-1}$				۰/۰۵۴	۰/۲۳۸	۱/۱۴۵

جدول ۴-۱۷: وزن فازی و غیرفازی پارامتر اجتماعی

پارامتر	$\tilde{w}_i$ (وزن فازی پارامترها)			وزن غیر فازی پارامترها
Job Security	۰/۰۱۱	۰/۲۱۰	۴/۹۸۹	۰/۲۲
Saftyty	۰/۰۱۱	۰/۳۰۱	۵/۷۷۸	۰/۲۷
Resource Efficiency	۰/۰۱۴	۰/۳۳۹	۵/۶۱۱	۰/۳۰
Number of Employees	۰/۰۱۱	۰/۱۵۰	۴/۸۲۵	۰/۲۰
				$\Sigma = 1$



شکل ۴-۱۸: هیستوگرام وزن پارامتر اجتماعی

چنانچه از جدول ۴-۱۷ و شکل ۴-۱۸ مشاهده می‌شود در مقایسه پارامترهای اجتماعی کارایی منابع با وزن ۳۰٪ از رتبه بالاتری برخوردار است و در رتبه‌های بعدی ایمنی، امنیت شغلی و تعداد پرسنل با اوزان ۲۷٪، ۲۲٪ و ۲۰٪ قرار گرفته‌اند.

• زیرمعیار اقتصادی

ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی در جدول ۴-۱۸، اعداد فازی در جدول ۴-۱۹، وزن فازی، وزن غیرفازی در جدول ۴-۲۰ و نمودار هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی ۴ پارامتر اقتصادی در شکل ۴-۱۹ ارائه شده است.

جدول ۴-۱۸: ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی پارامتر اقتصادی نظر سنجی شده

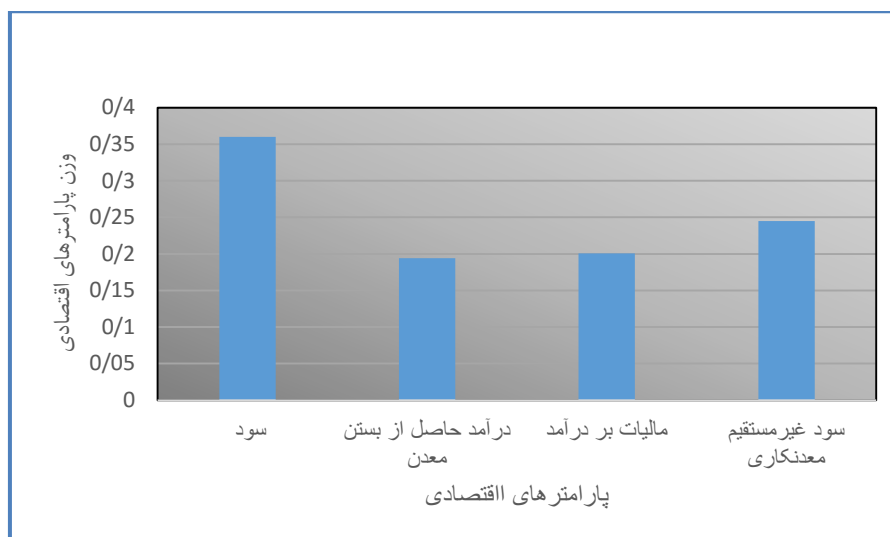
	P			PM			TG			MB		
P	۱	۱	۱	۰/۳۳	۲/۶۲	۹	۰/۲	۲/۹۸	۹	۰/۲۵	۱/۵۷	۷
PM	۰/۱۱	۰/۳۸	۳	۱	۱	۱	۰/۱۱	۱/۳۵	۹	۰/۱۱	۰/۶۱	۶
TG	۰/۱۱	۰/۳۳	۵	۰/۱۱	۰/۷۳	۹	۱	۱	۱	۰/۱۱	۰/۷۷	۹
MB	۰/۱۴	۰/۶۳	۴	۰/۱۶	۱/۶۲	۹	۰/۱۱	۱/۲۹	۹	۱	۱	۱

جدول ۴-۱۹: اعداد فازی و غیر فازی پارامتر اقتصادی

پارامتر	$\tilde{Z}$			$\tilde{Z}_i$		
	α	δ	γ	α	δ	γ
P	۰/۰۱۶	۱۲/۳۵۳	۵۶۷	۰/۳۵۹	۱/۸۷۴	۴/۸۷۹
PM	۰/۰۰۱	۰/۳۱۷	۱۶۲	۰/۱۹۲	۰/۷۵۰	۳/۵۶۷
TG	۰/۰۰۱	۰/۱۹۱	۴۰۵	۰/۱۹۲	۰/۶۶۱	۴/۴۸۶
MB	۰/۰۰۲	۱/۳۳۱	۳۲۴	۰/۲۲۶	۱/۰۷۴	۴/۲۴۲
$(Z_1 \oplus Z_2 \oplus \dots)^{-1}$				۰/۰۵۸	۰/۲۲۹	۱/۰۲۹

جدول ۴-۲۰: وزن فازی و غیر فازی پارامتر اقتصادی

پارامتر	$\tilde{w}_i$ (وزن فازی پارامترها)			وزن غیر فازی پارامترها
Profit	۰/۰۲۱	۰/۴۲۹	۵/۰۲۵	۰/۳۶۱
Post Mining Income	۰/۰۱۱۱	۰/۱۷۲	۳/۶۷۴	۰/۱۹۴
Taxes Generation	۰/۰۱۱۱	۰/۱۵۱	۴/۶۲	۰/۲۰۱
Mining Indirect Benefit	۰/۰۱۳۲	۰/۲۴۶	۴/۳۶۹	۰/۲۴۵
				$\Sigma = 1$

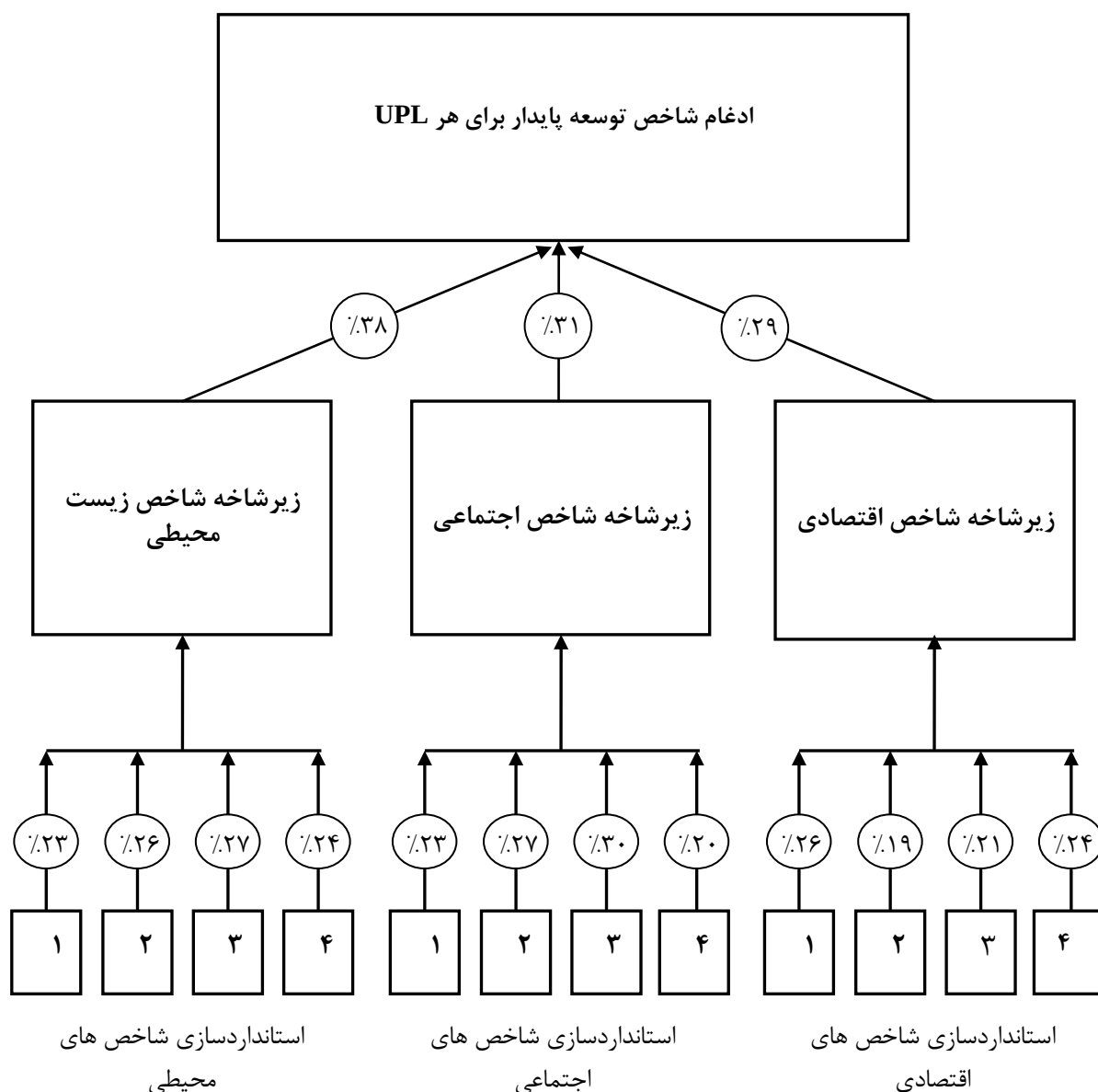


شکل ۴-۱۵: هیستوگرام وزن پارامتر اقتصادی

در مقایسه پارامترهای اقتصادی با توجه به جدول ۴-۲۱ و شکل ۴-۱۹ سود با مقدار ۳۶٪ از بالاترین وزن برخوردار است و در رتبه‌های بعدی سود غیر مستقیم معدنکاری، مالیات بر درآمد و درآمد حاصل از بستن معدن به ترتیب با اوزان ۲۴٪، ۲۰٪ و ۱۹٪ قرار گرفته‌اند.

• وزن دهی نهایی

با توجه به محاسبات انجام شده نمودار سلسله مراتبی فازی دلفی را با اوزان بدست آمده در شکل ۴-۲۰ ارائه شده است. با توجه به این نمودار پس از استانداردسازی هر معیار و زیرمعیار در ردیف خودش، اوزان نهایی محاسبه می‌شود.



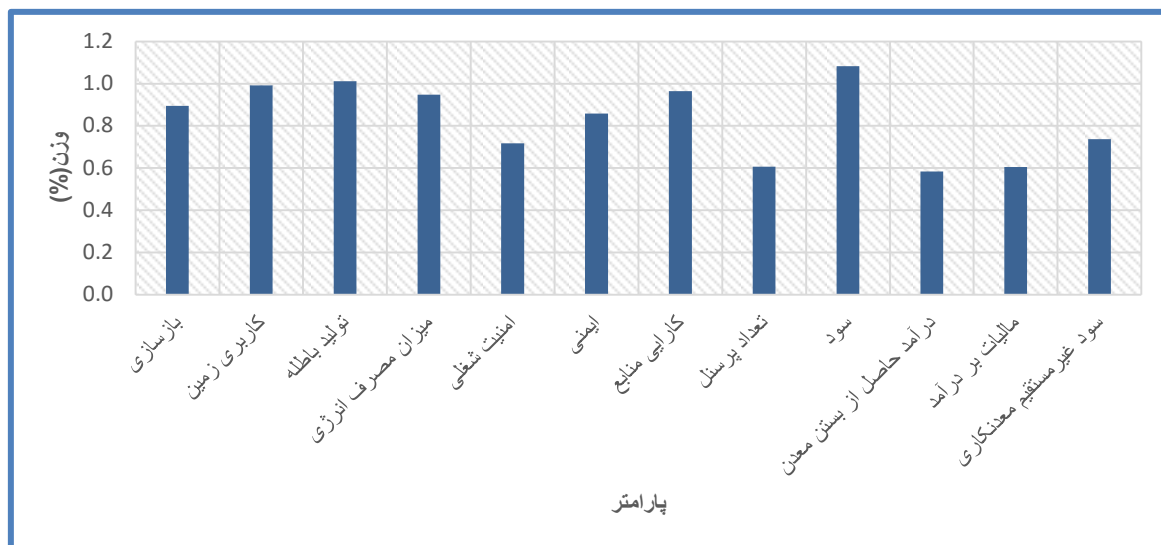
شکل ۴-۲۰: ساختار وزن دهی معیارها با توجه به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی

با توجه به شکل ۴-۲۰ پس از استانداردسازی زیرمعیارهای هر پارامتر اوزان بدست آمده را در وزن پارامترهای اصلی مربوط به خودش ضرب کرده، وزن نهایی پارامترهای اصلی در تأثیر معیارهای توسعه پایدار در طراحی معدن بدست آمده است که در جدول ۴-۲۱ آورده شده است.

جدول ۴-۲۱: وزن نهایی پارامترهای مؤثر توسعه پایدار در طراحی معدن زرشوران

پارامتر	وزن کلی	وزن کلی (%)	رتبه
بازسازی	۰/۰۸۹	۸/۹۲	۶
کاربری زمین	۰/۰۹۹	۹/۸۹	۳
تولید باطله	۰/۰۱۰	۱۰/۰۸	۲
میزان مصرف انرژی	۰/۰۹۴	۹/۴۴	۵
امنیت شغلی	۰/۰۷۱	۷/۱۴	۹
ایمنی	۰/۰۸۵	۸/۵۵	۷
کارایی منابع	۰/۰۹۶	۹/۶۱	۴
تعداد پرسنل	۰/۰۶	۶/۰۴	۱۰
سود	۰/۰۱۱	۱۰/۸۰	۱
درآمد حاصل از بستن معدن	۰/۰۵۹	۵/۸۲	۱۲
مالیات بر درآمد	۰/۰۶	۶/۰۲	۱۱
سود غیرمستقیم معدنکاری	۰/۰۷۳	۷/۳۴	۸

نمودار ستونی وزن نهایی فازی دلفی کلیه پارامترهای مؤثر توسعه پایدار در طراحی پیت نهایی در شکل ۴-۲۱ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود سود، تولید باطله، کاربری زمین و کارایی منابع به ترتیب بیشترین امتیازها و تعداد پرسنل، مالیات و درآمد حاصل از بستن معدن به ترتیب کمترین امتیاز را کسب کرده‌اند.



شکل ۴-۲۱: هیستوگرام وزن نهایی فازی دلفی پارامترهای مؤثر در طراحی معدن

۴-۵-۵. مرحله پنجم: محاسبه معیارها برای پیت های ممکن و استاندارد سازی آنها

در این مرحله هر کدام از معیارها را برای هر پیت بطور جداگانه محاسبه می‌شود که برای نمونه محاسبه ارزش معیارها برای پیت شماره ۲ در نشان داده شده است. لازم به ذکر است که این محاسبات براساس قوانین و شرایط ایران در نظر گرفته شده است. این مقادیر در جدول ۴-۲۲ نشان داده شده است. در مرحله بعدی نیاز به استانداردسازی معیارها می‌باشد. روش‌های گوناگونی برای نرمال سازی وجود دارد که روش مناسب برای این پروژه ازین قرار است:

در صورتی که معیار موردنظر تأثیر مثبت بر روی توسعه پایدار داشته باشد با رابطه شماره ۴-۱۴ نرمال سازی می‌شود [۷۴]:

$$I_{N,ij}^+ = \frac{I_{ij}^+ - I_{\min,i}^+}{I_{\max,i}^+ - I_{\min,i}^+} \quad (4-14)$$

و برای معیارهایی که تأثیر منفی بر روی توسعه پایدار داشته باشد از رابطه ۴-۱۵ برای نرمال سازی استفاده می‌شود:

$$I_{N,ij}^- = \frac{I_{\max,i}^- - I_{ij}^-}{I_{\max,i}^- - I_{\min,i}^-} \quad (4-15)$$

I_{ij} : مقدار معیار برای هر گزینه

I_{ij}^+ : شاخصی که با افزایش مقدار، تأثیر مثبت بر توسعه پایدار دارد.

I_{ij}^- : شاخصی که با افزایش مقدار، تأثیر منفی بر توسعه پایدار دارد.

$I_{\min,i}^+$: حداقل مقدار شاخص با تأثیر مثبت بر روی توسعه پایدار

$I_{\min,i}^-$: حداقل مقدار شاخص با تأثیر منفی بر روی توسعه پایدار

$I_{\max,i}^-$: حداکثر مقدار شاخص با تأثیر منفی بر روی توسعه پایدار

$I_{\max,i}^+$: حداکثر مقدار شاخص با تأثیر مثبت بر روی توسعه پایدار

I_N^- : شاخص استاندارد شده با تأثیر منفی بر روی توسعه پایدار

I_N^+ : شاخص استاندارد شده با تأثیر مثبت بر روی توسعه پایدار

معیارها با تأثیر مثبت: امنیت شغلی، کارائی منابع، تعداد پرسنل، سود، درآمد پس از معدنکاری، مالیات و

سود غیرمستقیم معدنکاری

معیارها با تأثیر منفی: بازسازی، کاربری زمین، تولید باطله، مصرف انرژی و عمق پیت (ایمنی)

جدول ۴-۲۳ نشان‌دهنده مقادیر نرمال شده معیارها برای هر پیت می‌باشد.

۴-۵-۶. مرحله ششم: تعیین پیت نهایی براساس ادغام اوزان توسعه پایدار معیارهای توسعه پایدار

با استفاده از جداول ۴-۲۱ و ۴-۲۴ با ادغام وزن هر کدام از معیارهای بدست آمده از روش دلفی فازی و

اعداد بدست آمده از پیت‌های فرعی، پیت نهایی براساس معیارهای تعیین شده و با نظر خبرگان تعیین

می‌شود. فرمول زیر نحوه محاسبه وزن توسعه پایدار هر پیت فرعی را نشان می‌دهد.

$$SD\ Ratio_{UPLn} = w_{Rec} * Rec_{jn} + w_{LU} * LU_{jn} + \dots + w_{MIB} * MIB_{jn} \quad (4-17)$$

براساس رابطه ۴-۱۷ وزن هرکدام از پیت‌های فرعی محاسبه شده و نتایج در جدول ۴-۲۳ و شکل ۴-۴

۲۲ نشان داده شده است.

جدول ۴-۲۲: مقادیر معیارها برای پیت‌ها

Aspect	Indicators pit	Unit	UPL1	UPL2	UPL3	UPL4	UPL5	UPL6	UPL7	UPL8
Environmental										
1	Reclamation	hectare	۳۱۸/۵۳۲۹	۳۱۹/۲۱۲۵	۳۲۲/۴۷۱۳	۳۲۳/۹۴۴۵	۳۲۶/۸۹۳۵	۳۳۰/۱۹۰۳	۳۳۴/۶۹۳۲	۳۳۸/۴۳
2	Land use	hectare	۲۹۴/۷۹۸۹	۲۹۵/۳۵۰۹	۲۹۸/۲۷۹۷	۲۹۹/۵۴۹۲	۳۰۲/۲۷۵۷	۳۰۵/۲۰۱۷	۳۰۹/۵۴۰۱	۳۱۲/۵۲۵۱
3	Waste production	million ton	۱۳۵/۰۲۶۹	۱۳۶/۱۲۹	۱۳۸/۹۶۶۴	۱۴۰/۷۴۲۸	۱۴۲/۶۶۸۶	۱۴۵/۹۳۷۴	۱۴۷/۳۸۵۱	۱۵۴/۰۸۶۹
4	Energy consumption	terajoule/ton	۱۸۱۵۱/۵۶	۱۸۲۷۷/۵۹	۱۸۶۵۱/۵۴	۱۸۸۵۴/۹	۱۹۱۲۲/۱۹	۱۹۴۹۵/۸۷	۱۹۶۸۲/۳۷	۲۰۴۹۱/۸۸
Social										
5	Job security	year	۲۵/۸۷۲۲۵	۲۵/۹۳۴۳۱	۲۶/۴۲۷۹۴	۲۶/۵۲۹۴۹	۲۶/۹۵۵۴۳	۲۷/۱۳۸۷۸	۲۷/۳۶۱۶۲	۲۸/۰۳۰۱۵
6	Safty	m	۴۸۲/۵	۴۸۲/۵	۴۸۲/۵	۴۸۲/۵	۴۹۲	۴۹۲	۵۰۰	۵۰۰
7	Resource efficiency	%	۰/۸۱۲۳۴۳	۰/۸۱۴۲۸۹	۰/۸۲۱۴۱۸	۰/۸۲۴۱۷	۰/۸۲۹۳۰۵	۰/۸۳۴۰۱۲	۰/۸۳۷۰۲۸	۰/۸۴۷۹۳۵
8	Number of employee	number	۱۴۵/۷۷۹۱	۱۴۶/۱۰۳۱	۱۴۶/۲۰۳۴	۱۴۶/۷۰۸۱	۱۴۶/۵۷۴۵	۱۴۷/۴۸۵۴	۱۴۷/۵۸۳۱	۱۴۸/۷۶۸
Economic										
9	NPV	million \$	۴۴۴/۱۸۱۲	۴۴۴/۱۱۲۱	۴۴۴/۱۵۷۴	۴۴۴/۱۶۶۳	۴۴۴/۱۶۳۸	۴۴۴/۱۴۸۸	۴۴۴/۱۳۴۴	۴۴۴/۰۲۹۷
10	Post mining income	10 ³ \$	۳۵/۶	۳۵/۷۹۲	۳۶/۲۸۷	۳۶/۵۹۲	۳۶/۹۲۶	۳۷/۴۸۲	۳۷/۷۲۹	۳۸/۸۵۷
11	Tax generation	million \$	۱۸۸۷/۸۴۳	۱۸۹۵/۰۷۶	۱۹۳۲/۹۶۷	۱۹۴۳/۷۴۲	۱۹۷۳/۶۳۸	۱۹۹۲/۳۷	۲۰۰۸/۶۱۹	۲۰۶۱/۴۱۳
12	Mining indirect benefit	million \$	۱۹۶/۴۹۹۷	۱۹۷/۳۶۷	۲۰۱/۰۵۶	۲۰۲/۴۵۰۴	۲۰۵/۳۴۴۶	۲۰۷/۸۸۵۱	۲۰۹/۶۳	۲۱۶/۰۹۷۷

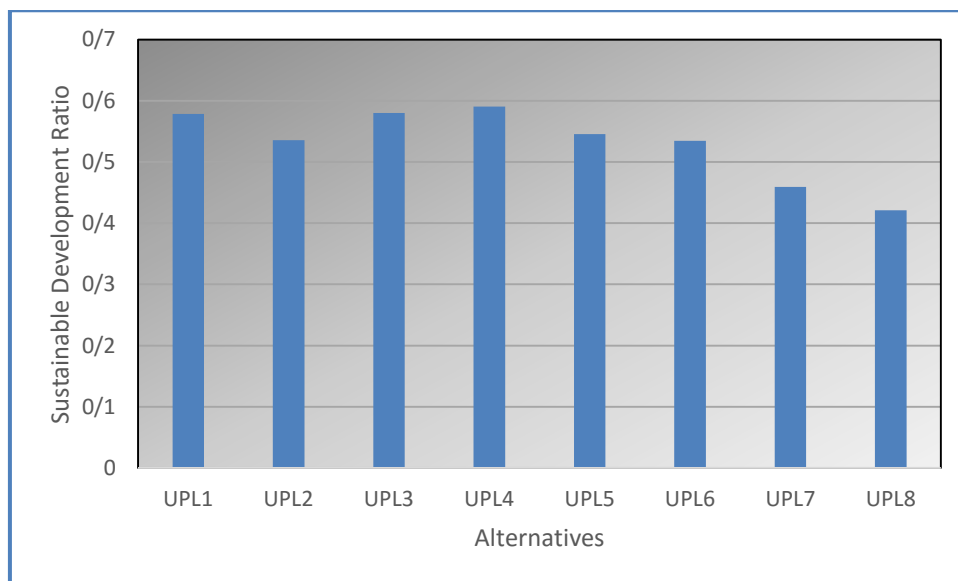
جدول ۴-۲۳: مقادیر نرمال شده معیارهای محدوده‌های نهایی پیت‌ها

معیارها	UPL1	UPL2	UPL3	UPL4	UPL5	UPL6	UPL7	UPL8
بازسازی	۱	۰/۹۶۶	۰/۸۰۲	۰/۷۲۸	۰/۵۸۰	۰/۴۱۴	۰/۱۸۸	۰
کاربری زمین	۱	۰/۹۴۲	۰/۷۹۳	۰/۷۰۰	۰/۵۹۹	۰/۴۲۸	۰/۳۵۲	۰
تولید باطله	۱	۰/۹۴۲	۰/۷۹۳	۰/۷۰۰	۰/۵۹۹	۰/۴۲۸	۰/۳۵۲	۰
مصرف انرژی	۱	۰/۹۴۶	۰/۷۸۶	۰/۶۹۹	۰/۵۸۵	۰/۴۲۶	۰/۳۴۶	۰
امنیت شغلی	۰	۰/۰۲۹	۰/۲۵۸	۰/۳۰۵	۰/۵۰۲	۰/۵۸۷	۰/۶۹۰	۱
ایمنی	۱	۱	۱	۱	۰/۴۵۷	۰/۴۵۷	۰	۰
کارایی منابع	۰	۰/۰۵۵	۰/۲۵۵	۰/۳۳۲	۰/۴۷۷	۰/۶۰۹	۰/۶۹۴	۱
تعداد پرسنل	۰	۰/۱۰۸	۰/۱۴۲	۰/۳۱۱	۰/۲۶۶	۰/۵۷۱	۰/۶۰۴	۱
ارزش خالص فعلی	۱	۰/۵۴۴	۰/۸۴۳	۰/۹۰۲	۰/۸۸۵	۰/۷۸۶	۰/۶۹۱	۰
درآمد پس از معدنکاری	۰	۰/۰۵۹	۰/۲۱۱	۰/۳۰۵	۰/۴۰۷	۰/۵۷۸	۰/۶۵۴	۱
درآمد مالیاتی	۰	۰/۰۴۲	۰/۲۶۰	۰/۳۲۲	۰/۴۹۴	۰/۶۰۲	۰/۶۹۶	۱
سود غیرمستقیم معدنکاری	۰	۰/۰۴۴	۰/۲۳۲	۰/۳۰۴	۰/۴۵۱	۰/۵۸۱	۰/۶۷۰	۱

همانطور که از شکل ۴-۲۲ مشخص است پیت شماره ۴ بهترین پیت با رعایت شاخص‌های توسعه پایدار می‌باشد. از آنجائی که پیت شماره ۱ پیت اقتصادی بدست آمده است می‌توان نتیجه گرفت معیارهایی چون امنیت شغلی و کارایی منابع در انتخاب پیت تأثیرگذار بوده است. به معنای اینکه افزایش عمر معدن امنیت شغلی را فراهم می‌کند و همچنین با افزایش کارایی منابع میزان ماده استخراجی نیز افزایش می‌یابد که رابطه مستقیمی با تعداد پرسنل دارد.

جدول ۴-۲۴: مقادیر شاخص‌های توسعه پایدار در پیت‌های فرعی

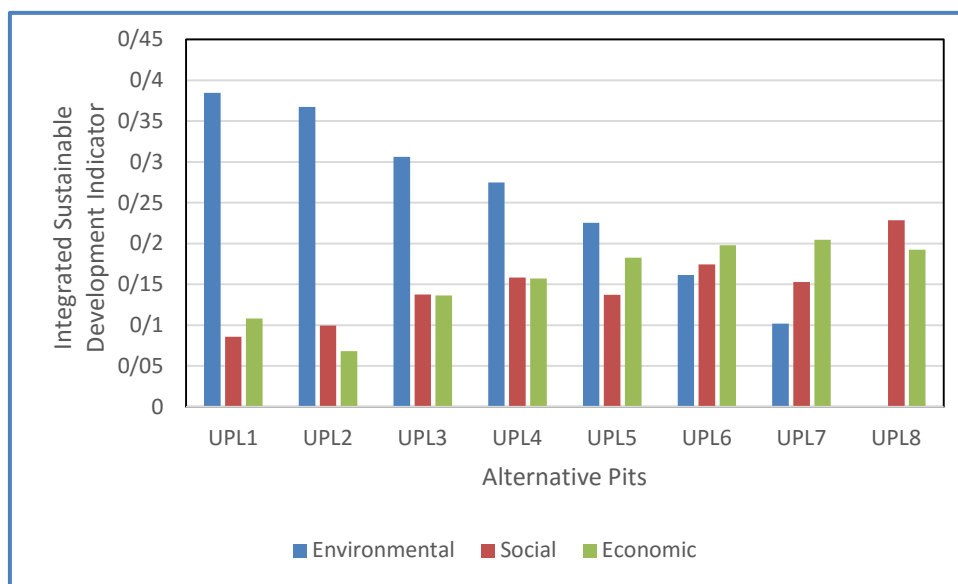
معیارها	UPL1	UPL2	UPL3	UPL4	UPL5	UPL6	UPL7	UPL8
بازسازی	۰/۰۸۹	۰/۰۸۶	۰/۰۷۲	۰/۰۶۵	۰/۰۵۲	۰/۰۳۷	۰/۰۱۷	۰
کاربری زمین	۰/۰۹۹	۰/۰۹۶	۰/۰۸۰	۰/۰۷۳	۰/۰۵۷	۰/۰۴۱	۰/۰۱۷	۰
تولید باطله	۰/۱۰۱	۰/۰۹۵	۰/۰۸۰	۰/۰۷۱	۰/۰۶۱	۰/۰۴۳	۰/۰۳۶	۰
مصرف انرژی	۰/۰۹۵	۰/۰۹۰	۰/۰۷۴	۰/۰۶۶	۰/۰۵۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۳	۰
امنیت شغلی	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۹	۰/۰۷۲
ایمنی	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰	۰
کارایی منابع	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۹۶
تعداد پرسنل	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۶۱
ارزش خالص فعلی	۰/۱۰۸	۰/۰۵۹	۰/۰۹۱	۰/۰۹۸	۰/۰۹۶	۰/۰۸۵	۰/۰۷۵	۰
درآمد پس از معدنکاری	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۸	۰/۰۲۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸	۰/۰۵۸
درآمد مالیاتی	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۳۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۶۰
سود غیرمستقیم معدنکاری	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۹	۰/۰۷۴
مجموع	۰/۵۷۹	۰/۵۳۵	۰/۵۸۰	۰/۵۹۱	۰/۵۴۵	۰/۵۳۴	۰/۴۵۹	۰/۴۲۱
رتبه	۳	۴	۲	۱	۵	۶	۷	۸



شکل ۴-۱۶: امتیاز نهایی پیت‌های فرعی براساس معیارهای توسعه پایدار

با توجه به شکل ۴-۲۳ همانطور که از قبل انتظار می‌رفت با افزایش میزان تناژ، معیار زیست محیطی که با رنگ آبی نشان داده شده است کاهش می‌یابد. به‌طوریکه در پیت فرعی ۸ هیچ مزیتی از نظر محیط زیستی

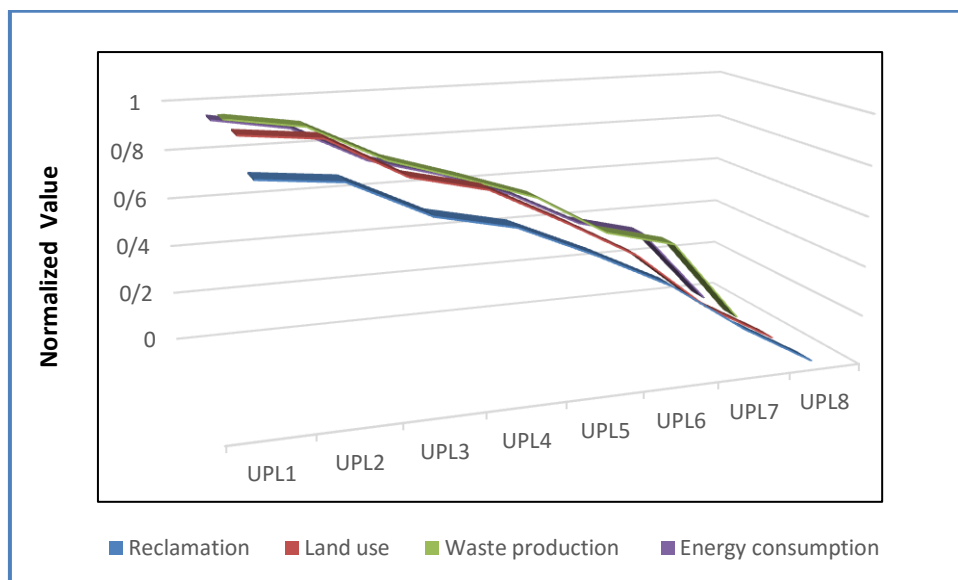
وجود ندارد و در معیار اجتماعی و اقتصادی با افزایش تناژ بصورت تقریباً صعودی افزایش می‌یابد.



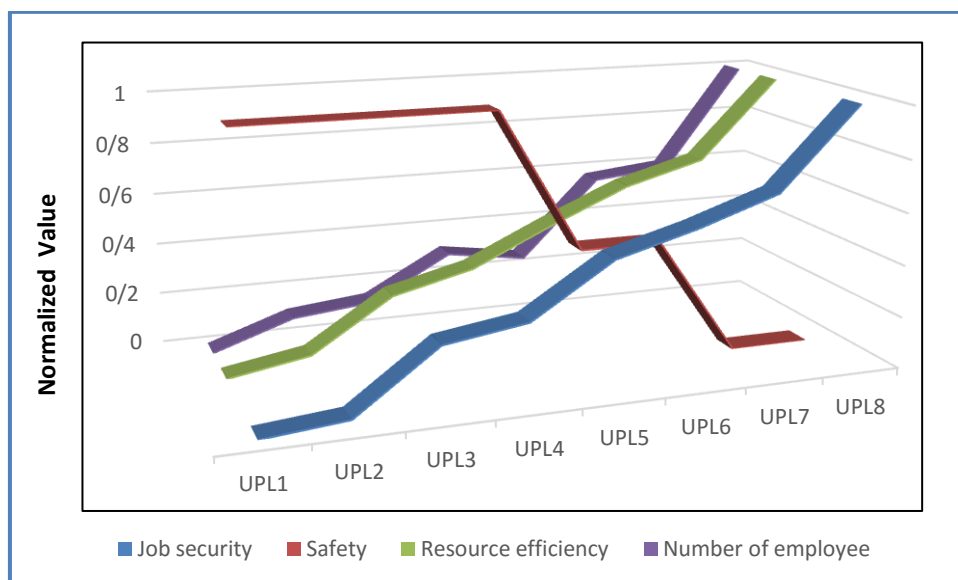
شکل ۴-۱۷: امتیاز نهایی هر پیت فرعی بطور مجزا

شکل‌های ۴-۲۴، ۴-۲۵ و ۴-۲۶ به طور مجزا برای هر معیار تغییرات را نشان می‌دهند. آنچه در شکل

۴-۲۴ مشاهده می‌گردد روند نزولی تمامی معیارهای زیست محیطی با افزایش تناژ می‌باشد.

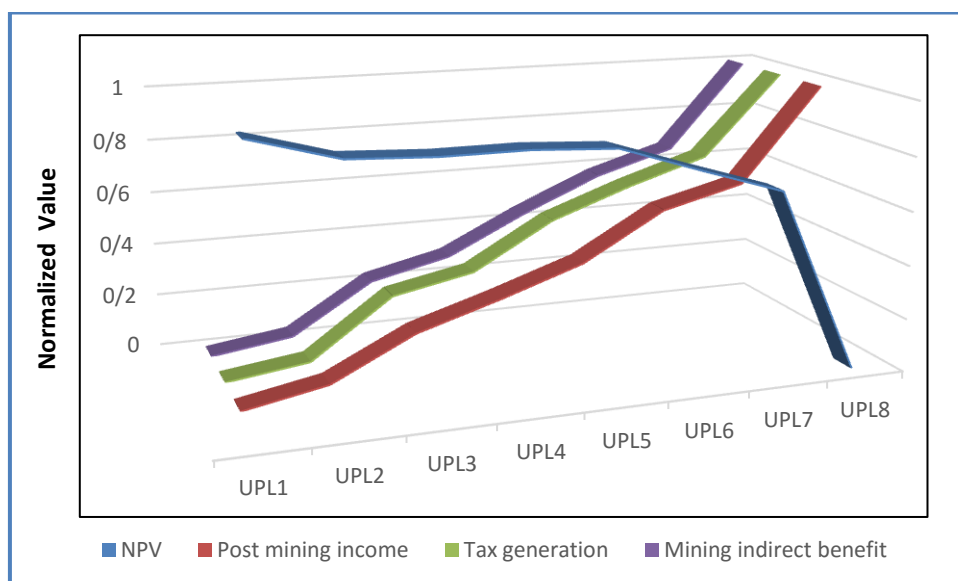


شکل ۴-۱۸: مقادیر استاندارد شده شاخص‌های زیست محیطی پیت‌ها



شکل ۴-۱۹: مقادیر استاندارد شده شاخص‌های اجتماعی پیت‌ها

در شکل ۴-۲۵ شاخص‌های اجتماعی به جز ایمنی با افزایش تناژ روند صعودی را طی کرده و شاخص ایمنی با افزایش تناژ و عمیق‌تر شدن روندی نزولی دارد.

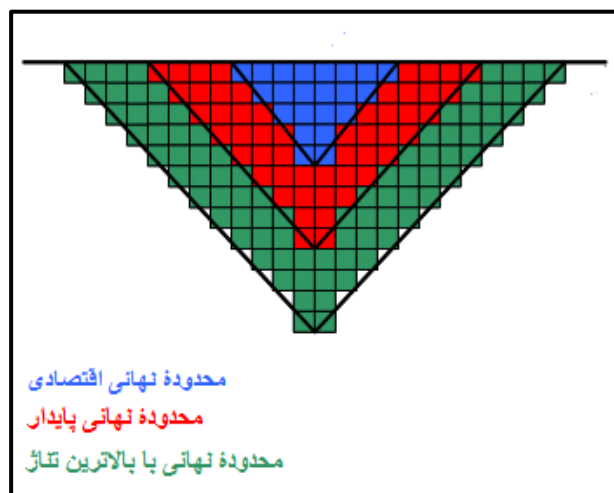


شکل ۴-۲۰: مقادیر استاندارد شده شاخص‌های اجتماعی پیت‌ها

در شکل ۴-۲۶ با افزایش تناژ شاخص‌های اقتصادی به جز ارزش خالص فعلی افزایش می‌یابد و ارزش خالص فعلی با روندی نزولی مواجه شده است.

۴-۶. پیت پایدار

در جدول ۴-۲۵ مشخصات از جمله تناژ ماده معدنی و باطله، عمر معدن، عیار و نسبت باطله برداری محدوده نهایی پیت‌های بدست آمده با استفاده از گزارش‌های *NPV Scheduler* ارائه شده است. شکل ۴-۲۷ نحوه قرار گیری پیت‌ها نسبت بهم نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۷: شمای کلی از محدوده‌های بدست آمده

جدول ۴-۲۵: مقایسه نتایج پیت‌های مختلف در معدن طلای زرشوران

پارامتر	NPV	ORE	profit	mine life	waste	grade	strip ratio
	\$	tonnes	\$	Year	tonnes	ppm	
UPL_{NPV}	۴۴۴,۱۸۱,۰۰۰	۱۷,۰۷۵,۰۰۰	۱,۱۰۹,۰۰۰,۰۰۰	۲۵/۸	۱۱۸,۰۰۰,۰۰۰	۳/۸۴	۶/۹۱
UPL_{SD}	۴۴۴,۱۶۶,۰۰۰	۱۷,۵۰۰,۰۰۰	۱,۱۰۶,۰۰۰,۰۰۰	۲۶/۵	۱۲۳,۲۸۳,۰۰۰	۳/۸۰	۷/۰۴
UPL_{Mt}	۴۴۴,۰۳۰,۰۰۰	۱۸,۵۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۸/۰	۱۳۵,۶۳۸,۰۰۰	۳/۷۰	۷/۷۰

UPL_{NPV} : محدوده نهایی اقتصادی

UPL_{SD} : محدوده نهایی پایدار

UPL_{MT} : محدوده نهایی با حداکثر تناژ

با توجه به جدول ۴-۲۵ اطلاعات پیت اقتصادی، پیت پایدار و پیت با حداکثر تناژ آورده شده است. اولین سطر جدول ۴-۲۵ مربوط به پیت اقتصادی کوچکترین پیت با بیشترین سود می‌باشد لازم به توضیح است که برای طراحی این پیت فقط پارامترهای اقتصادی در نظر گرفته شده است. مشخصات این پیت تناژ ۱۷ میلیون تن ماده معدنی با عیار متوسط ۳/۸۴ و نسبت باطله برداری ۶/۹۱:۱ می‌باشد. پیت با حداکثر تناژ و

سود تقریباً صفر با تناژ ۱۸/۵ میلیون تن، عیار ۳/۷ و نسبت باطله‌برداری ۷/۷:۱ موجب افزایش تناژ، افزایش باطله‌برداری، کاهش سود و کاهش عیار تجمعی گردیده است. پیت پایدار با داشتن ۱۷/۵ میلیون تن کانسنگ و عیار متوسط ۳/۸۰ و نسبت باطله‌برداری ۷:۱ موجب تعادل بین سه معیار توسعه پایدار گردیده است. این پیت با در نظر گرفتن شاخص‌های توسعه پایدار موجب کاهش عیار متوسط ارسالی به کارخانه، افزایش حجم مواد ارسالی به کارخانه، افزایش باطله و افزایش عمر معدن نسبت به پیت اقتصادی گردیده. این پیت به‌عنوان پیت پایدار انتخاب شده است. این امر حاکی از اهمیت به‌کارگیری شاخص‌های توسعه پایدار در مراحل طراحی می‌باشد تا بتوان با در نظر گرفتن تمام ذینفعان بهترین گزینه را انتخاب نمود و بتوان میزان ماده معدنی، باطله، عیار و ... مناسب‌ترین حالت را انتخاب نمود.

۴-۷. جمع بندی

در این فصل محدوده اقتصادی، محدوده با تناژ بالا و سود صفر، محدوده‌های فرعی مابین این دو محدود محاسبه شد. نظر سنجی در رابطه با شاخص‌های توسعه پایدار ارائه شد و طریقه وزن‌دهی آن‌ها از طریق تحلیل سلسله مراتبی نشان داده شده است. معیار زیست محیطی بالاتر از معیار اجتماعی و اقتصادی قرار گرفت سپس با ادغام محدوده‌های محاسبه شده و اوزان شاخص‌های توسعه پایدار پیت پایدار تعیین گردید. پیت پایدار با تناژ ۱۷/۵ میلیون تن و عیار تجمعی ۳/۸ محاسبه شد که موجب افزایش منافع اجتماعی و اقتصادی گردید و اثرات زیست محیطی را حداقل نموده است.

فصل ۵. بحث و نتیجه گیری

۵-۱. بحث

امروزه بهینه سازی، طراحی و برنامه ریزی تولید بلند مدت معادن روباز یکی از مهمترین موضوعات در مهندسی معدن به شمار می آید. در این خصوص با توجه به اثرات مثبت و منفی معدنکاری و نقش آن در رشد همه جانبه کشورها، معدنکاری پایدار بعنوان یک مفهوم جدید مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین بخش‌های مورد توجه در این مفهوم شامل: معیارهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی و دو بخش ایمنی و بهره وری است که اهمیت آن‌ها در معادن مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مطالعه، مفهوم توسعه پایدار در معدن طلای زرشوران بعنوان یکی از مهمترین معادن فعال کشور مورد ارزیابی قرار گرفت که روش کار و نتایج آن بطور جامع در این پایان نامه نشان داده شده است. با توجه به تولید محدوده‌های متفاوت، در این تحقیق سعی شد محدوده بهینه پایدار با در نظر گرفتن ۳ معیار اصلی توسعه پایدار تهیه شود که این محدوده نسبت به محدوده سربه‌سری روباز حدود ۶ درصد ماده معدنی کمتر و حدود ۰/۵ واحد از میزان نسبت باطله برداری کمتر می‌باشد. با توجه به ارزش زیاد ماده معدنی طلا و عیار کم آن در بلوک‌های کانسنگ، تغییرات در محدوده نهایی پیت بسیار اندک خواهد بود. بدیهی است در مورد معادن آهن و یا حتی مس، این تغییرات می‌تواند محسوس‌تر باشد. در نهایت با توجه به متدولوژی انجام این تحقیق، ارزیابی منطقی از تاثیر پارامترهای توسعه پایدار در معدن طلای زرشوران انجام گرفت که حاصل آن در بخش نتیجه گیری نشان داده می‌شود.

۵-۲. نتیجه گیری

مهم‌ترین اهداف و نتایج بدست آمده از انجام این پایان نامه عبارتند از:

- ۱- برای تعیین محدوده پیت نهایی ابتدا پیت با بیشترین سود و سپس پیت با بیشترین تناژ و سود تقریباً صفر انتخاب شد و بین این دو پیت ۸ پیت فرعی تعیین گردید. در نهایت برای هر کدام از پیت‌ها، شاخص‌ها بطور مجزا محاسبه شد.

۲- تناژ قابل استخراج داخل محدوده نهایی پیت ناپایدار روباز حدود ۱۸/۵ میلیون تن با عیار

متوسط ۳/۷ گرم بر تن و نسبت باطله برداری ۷/۷ است.

۳- تناژ قابل استخراج داخل محدوده نهایی پیت ناپایدار اقتصادی حدود ۱۷ میلیون تن با عیار

متوسط ۳/۸۴ گرم بر تن و نسبت باطله برداری ۷/۵ است.

۴- تناژ قابل استخراج داخل محدوده نهایی پیت پایدار اقتصادی حدود ۱۷/۵ میلیون تن با عیار

متوسط ۳/۸۰ گرم بر تن و نسبت باطله برداری ۷ است.

۵- اوزان معیارهای توسعه پایدار شامل زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در معدن طلای زرشوران،

بترتیب ۰/۳۸، ۰/۳۱ و ۰/۲۹ بدست آمد.

۳-۵. پیشنهادها

۱. پیشنهاد می‌شود با توجه به عدم دسترسی به داده‌های ذخیره نقره درگمانه‌ها، تهیه مدل بلوکی

اقتصادی با در نظر گرفتن نقره و محاسبه درآمد حاصل از فروش آن بعنوان محصول جانبی معدن

نیز انجام شود.

۲. پیشنهاد می‌شود در محاسبه میزان تولید باطله‌برداری هر پیت بدلیل عدم وجود مطالعات بر روی

میزان زهاب‌های اسیدی و کمی کردن آن در جهت پایداری مطالعاتی انجام شود.

۳. پیشنهاد می‌شود مطالعات دقیق بر روی ارزیابی زیست محیطی معدن و کارخانه فرآوری نیز انجام

شود.

منابع

- [1] Brundtland, G. H, (1987), Report of the World Commission on environment and development," our common future" United Nations.
- [2] King, B. M, (1998), "Impact of rehabilitation and closure costs on production rate and cutoff grade", In International Symposium, London: United Kingdom Royal School of Mines, APCOM 1998, (pp. 8-9).
- [3] Villas Bôas, R. C., Shields, D., Solar, S., Anciaux, P., & Onal, G. (2005). "A review on indicators of sustainability for the minerals extraction industries". Rio de Janeiro, Brasil.
- [۴] مرادی، گلناز؛ (۱۳۹۳). " بررسی شاخص های توسعه پایدار و نقش آن در طراحی معادن روباز (مطالعه موردی: معدن مس پورفیری سونگون) "پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- [5] (2015). "ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT" United Nations Climate Change Conference.
- [6] Burgher, K. E., Erickson, E, (1984), "The optimization of coal mine production schedules using linear programming", Mining Science and Technology, 2(1), 69-78.
- [7] Caccetta, L., Kelsey, P. J., (2001), "Models for mine site rehabilitation", In Proc. MODSIM 2001 International Congress on Modelling and Simulation.
- [8] Odell, C. J., (2004), "Integration of sustainability into the mine design process", Doctoral dissertation, University of British Columbia.
- [9] Gholamnejad, J., (2009), "Incorporation of rehabilitation cost into the optimum cut-off grade determination". Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 109(2), pp 89-94.
- [10] A. Bascetin, "A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine," *Environ. Geol.*, vol. 52, no. 4, pp. 663–672, 2007.
- [11] F. Rashidinejad, M. Osanloo, and B. Rezai, "An environmental oriented model for optimum cut off grades in open pit mining projects to minimize acid mine drainage," *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 183–194, 2008.
- [12] T Dogan, T. A. N. S. E. L., Bascetin, A. T. A. C., Sertabipoglu, Z. E. Y. N. E. P., (2009), "The effects of changing block size on ore quality control and environmental

impacts", In 8th international Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES). Alberta, Canada, pp. 301-310.

[13] Gholamnejad, J., Mojahedfar, A. R., (2011), "Determination of the largest pit with the non-negative net profit in the open pit mines", Journal of Mining and Environment.

[۱۴] عطایی پور، مجید؛ رحمانپور، مهدی؛ ادیبی، نبی اله؛ (۱۳۹۱)، "بهینه‌سازی محدوده نهائی معادن روباز با بیشینه کردن همزمان سود و تناژ کانسنگ"، چهارمین کنفرانس مهندسی معدن ایران، انجمن مهندسی معدن، دانشگاه تهران .

[15] Badiozamani, M., Askarinasab, H., (2014), "Integration of reclamation and tailings management in oil sands surface mine planning", Environmental modelling & software, 51, pp 45-58.

[16] Xu, X. C., Gu, X. W., Qing, W. A. N. G., Liu, J. P., & Jun, W. A. N. G., (2014), "Ultimate pit optimization with ecological cost for open pit metal mines", Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 24(5), pp 1531-1537.

[17] Adibi, N., Ataee-pour, M., (2015), "Consideration of sustainable development principles in ultimate pit limit design", Environmental Earth Sciences, 74(6), pp 4699-4718.

[18] Moradi, G., Osanloo, M., (2015), "Prioritizing Sustainable Development Criteria Affecting Open Pit Mine Design: A Mathematical Model", Procardia Earth and Planetary Science, 15, pp 813-820.

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

[20] Rahmanpour, M., & Osanloo, M., (2017), "A decision support system for determination of a sustainable pit limit", Journal of Cleaner Production, 141, pp 1249-1258.

[21] Drebenstedt, C., (2014), "The Responsible Mining Concept-Contributions on the Interface between Science and Practical Needs", In Mine Planning and Equipment Selection 2014, pp. 3-24. Springer, Cham.

[22] Meadows, D. L., Meadows, D. H., Behrens, W. W., & Randers, J., (1974), "The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind".

- [23] Von Below, M. A., (1993), "Sustainable mining development hampered by low mineral prices", *Resources Policy*, 19(3), 177-181.
- [24] Allan, R., (1995), "Introduction: sustainable mining in the future", *Journal of Geochemical Exploration*, 52, pp.1-4.
- [25] Learmont, D., (1997), "Mining must show that it is sustainable". *Mining Engineering*, 49(1), 1-12.
- [26] Crowson, P., (1998), "Mining and sustainable development: measurement and indicators", *Minerals and Energy*, 13(1), pp. 27-33.
- [27] James, P., M., (1999), "The miner and sustainable development", *MINING ENGINEERING (SME)*, pp.82-92.
- [28] Karmis, M., (2003), "Milos Statement", Milos, Greek.
- [29] Rajaram, V., Dutta, S., Parameswaran, K. (Eds.), (2005), "Sustainable mining practices: A global perspective", CRC Press.
- [30] Eggert, R., (2006), "Mining sustainability and sustainable development", Maxwell, Australian Mineral Economics.
- [31] Osanloo M., (2012), "Future challenges in mining division, Are we ready for these challenges? Do we have solid educational programs? ", 23rd Annual General Meeting of the Society of Mining Professors, Poland.
- [32] Garcia, D., H., (2008), "Overview of international mine closure guidelines", In Proceedings of the 2008 Meeting of the American Institute of Professional Geologists, Arizona Hydrological Society, 3rd International Professional Geology Conference, Flagstaff, Arizona, pp 20-24.
- [33] Ravanbakhsh Amiri, (2016), "Sustainable Strategic Management of Sangan Iron Ore Mines in Iran", RWTH Aachen University.
- [34] Laurence, D., (2011), "Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*", 19(2), 278-284.
- [35] <http://www.minews.ir/fa/doc/news/38269>
- [36] Hsu, A., Zomer, A., (2016), "Environmental performance index", Wiley StatsRef: Statistics Reference Online.

- [۳۷] بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، (۱۳۹۳) "خلاصه تحولات اقتصادی کشور سال ۱۳۹۲".
- [38] Hartman, H. L., (1992), "SME mining engineering handbook", (Vol. 2). S. G. Britton (Ed.), Denver, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- [39] Fallis, A, (2013), "Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs", vol. 53, no. 9.
- [40] Pegg, S., (2006), "Mining and poverty reduction", Journal of Cleaner Production, 14(3), 376-387.
- [41] Botin, J. A, (2009), "Sustainable management of mining operations", SME.
- [۴۲] ادیبی، نبی اله؛ عطایی پور، مجید؛ (۱۳۹۱)، "توسعه پایدار در بخش معدن"، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، وزارت کشور.
- [43] Perdan, S., (2004), "Social and ethical dimensions of sustainable development", Mining in Kakadu National Park, Sustainable Development in Practice, Case Studies for Engineers and Scientists, 397-425.
- [44] E. Antonio and M. Orjuela, "How Can Mining Contribute to Sustainable Development in Colombia?," 2012.
- [45] Lerchs, H., GROSSMAN, FI, (1964), "Optimum design of open-pit mines", In Operations Research, Vol. 12, B59.
- [46] Ramirez-Rodriguez, G. D., Rozgonyi, T. G., (2004), "Evaluating the impact of environmental considerations in open pit mine design and planning", In International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, 8th. SWEMP, Antalya, Turkey, pp 125-131.
- [47] Bascetin, A., Tuylu, S., Nieto, A., (2009), "The Study of Relationships Between Economical and Environmental Parameters for Sustainable Resources Management", in Mine Planning & Equipment Selection (MPES), pp. 107–119.
- [48] Corder, G. D., McLellan, B. C., Green, S., (2010), "Incorporating sustainable development principles into minerals processing design and operation", SUSOP®. Minerals Engineering, 23(3), pp 175-181.
- [49] Craynon, J., Karmis, M., Tech, V., (2011), "Optimizing coal mine design for sustainable development at large surface coal mining operations in Appalachia", In 5th international conference on sustainable development indicators in the mineral industry (SDIMI), Aachen, Germany, pp. 75-82.

- [50] https://en.wikipedia.org/wiki/Gold_mining.
- [51] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_gold_mining_disasters.
- [52] Kumah, A., (2006), "Sustainability and gold mining in the developing world", Journal of Cleaner Production, 14(3), pp 315-323.
- [53] Azapagic, A., (2004), "Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry", Journal of cleaner production, 12(6), pp 639-662.
- [54] Global Reporting Initiative, (2006), "grid Logistics and Transportation Sector Supplement: Pilot Version 1.0", incorporating an Abridged Version of the gri 2002 Sustainability Reporting Guidelines. Amsterdam: GRI.
- [۵۵] اصائلو، مرتضی؛ (۱۳۷۸)، "بازسازی معادن"، چاپ دوم. مرکز نشر دانشگاهی صنعتی امیرکبیر.
- [56] Jochens, P. R., (1980), "The energy requirements of the mining and metallurgical industry in South Africa: presidential address", Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 80(9), pp 331-343.
- [57] Kojo, I., Reuter, M., Rohleder, J., (2013), "Voluntary resource efficiency targets of major mining and metal production companies".
- [58] Atherton, J., (2008)., "Resource Efficiency in the Minerals and Metals Sector", Paris.
- [59] S. C. O'Hara, T.A., Suboleski, "Costs and cost estimation," in *SME Mining Engineering Handbook*, 2nd ed., United State: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), 1992, pp. 405–424.
- [60] Logan, R. B., Murphy, D. P., Beale, C. A., (2007), "Mine closure risk and decision analysis", In Mine closure conference (Vol. 10).
- [61] Morteza, O., & Mahdi, R., (2014), "Mine design selection considering sustainable development", In Proceedings of the 21th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Springer, Cham, pp 151-163
- [62] Royalties, M., (2006), "A Global Study of Their Impact on Investors, Government, and Civil Society".
- [63] Herrera, p., (2011), "Chile's mining industry in global scale", Brisbane.

- [۶۴] شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، (۱۳۹۵) "گزارش ارزيابي مالي و اقتصادي طرح تجهيز کارخانه طلای زرشوران".
- [۶۵] شرکت پارس کانی، (۱۳۸۹)، "گزارش زمین شناسی ساختاری و تکتونیک گستره معدنی زرشوران".
- [۶۶] شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، (۱۳۹۵) "گزارش کليماتولوژی معدن زرشوران".
- [۶۷] شرکت پارس کانی، (۱۳۹۲)، "گزارش ارزيابي زیست محیطی".
- [۶۸] شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، (۱۳۹۵)، "گزارش مطالعات هیدرولوژی معدن زرشوران".
- [۶۹] شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، (۱۳۹۴) "گزارش پایداری شیب معدن طلا زرشوران".
- [۷۰] کریم، نیما؛ (۱۳۸۷)، "تعیین پوش بک‌های بهینه بر اساس بیشینه‌سازی ارزش خالص فعلی (NPV) با برنامه‌ریزی خطی (LP)، مورد مطالعاتی: آنومالی شماره ۳ معادن گل‌گهر "پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی معدن، دانشگاه علوم تحقیقات.
- [71] Saaty, T. L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process", New York: McGraw-Hill, MATH Google Scholar.
- [72] Buckley, J. J., (1985), "Fuzzy hierarchical analysis: Fuzzy sets and systems", 17(3), pp 233-247.
- [73] عطائی، محمد؛ (۱۳۹۴)، "تصميم گيري چند معياره فازی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- [74] Krajnc, D., Glavič, P., (2005), "A model for integrated assessment of sustainable development. Resources", Conservation and Recycling, 43(2), pp 189-208.

پوست

ماتریس مقایسه زوجی متخصص اول			
	en	so	ec
en	1	5	6
so	0.2	1	1
ec	0.166	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نهم			
	en	so	ec
en	1	2	1
so	0.5	1	0.5
ec	1	2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفدهم			
	en	so	ec
en	1	7	4
so	0.142	1	1
ec	0.25	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوم			
	en	so	ec
en	1	5	5
so	0.2	1	5
ec	0.2	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دهم			
	en	so	ec
en	1	6	1
so	0.166	1	1
ec	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هیجدهم			
	en	so	ec
en	1	5	0.5
so	0.2	1	1
ec	2	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سوم			
	en	so	ec
en	1	8	6
so	0.125	1	7
ec	0.166	0.142	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص یازدهم			
	en	so	ec
en	1	6	2
so	0.166	1	1
ec	0.5	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نوزدهم			
	en	so	ec
en	1	8	8
so	0.125	1	0.125
ec	0.125	8	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهارم			
	en	so	ec
en	1	5	2
so	1	1	0.2
ec	1	5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوازدهم			
	en	so	ec
en	1	3	3
so	0.333	1	3
ec	0.333	0.333	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیستم			
	en	so	ec
en	1	6	0.333
so	0.166	1	8
ec	3	0.125	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پنجم			
	en	so	ec
en	1	4	5
so	0.25	1	3
ec	0.2	0.333	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سیزدهم			
	en	so	ec
en	1	0.333	0.333
so	3	1	0.125
ec	3	8	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و یکم			
	en	so	ec
en	1	0.25	0.25
so	4	1	6
ec	4	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص ششم			
	en	so	ec
en	1	6	7
so	0.166	1	4
ec	0.142	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهاردهم			
	en	so	ec
en	1	3	6
so	0.333	1	4
ec	0.166	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و دوم			
	en	so	ec
en	1	0.2	6
so	5	1	6
ec	0.166	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفتم			
	en	so	ec
en	1	9	5
so	0.111	1	1
ec	0.2	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پانزدهم			
	en	so	ec
en	1	3	9
so	0.333	1	2
ec	0.111	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هشتم			
	en	so	ec
en	1	4	7
so	0.25	1	6
ec	0.142	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص شانزدهم			
	en	so	ec
en	1	3	5
so	0.333	1	9
ec	0.2	0.111	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص اول				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.111	1	1
LU	9	1	6	1
WP	1	0.166	1	1
EC	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	3	0.125	0.333
LU	0.333	1	3	3
WP	8	0.333	1	0.333
EC	3	0.333	3	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.166	6	1
LU	6	1	0.25	0.2
WP	0.166	4	1	7
EC	1	5	0.142	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.2	0.111	6
LU	5	1	6	6
WP	9	0.166	1	1
EC	0.166	0.166	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	2	0.142	2
LU	0.5	1	0.125	1
WP	7	8	1	1
EC	0.5	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هیجدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.125	0.2	1
LU	8	1	0.333	0.2
WP	5	3	1	0.5
EC	1	5	2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سوم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.166	8	1
LU	6	1	6	8
WP	0.125	0.166	1	0.142
EC	1	0.125	7	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص یازدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	7	0.2	0.25
LU	0.142	1	0.333	0.333
WP	5	3	1	6
EC	4	3	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نوزدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.166	0.2	0.25
LU	6	1	0.333	3
WP	5	3	1	0.333
EC	4	0.333	3	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهارم				
	R	LU	WP	EC
R	1	8	0.111	1
LU	0.125	1	0.142	0.142
WP	9	7	1	0.333
EC	1	7	3	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوازدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	7	5	3
LU	0.142	1	3	0.333
WP	0.2	0.333	1	6
EC	0.333	3	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیستم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.5	4	0.111
LU	2	1	0.111	9
WP	0.25	9	1	0.5
EC	9	0.111	2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پنجم				
	R	LU	WP	EC
R	1	4	0.25	2
LU	0.25	1	0.333	0.5
WP	4	3	1	0.5
EC	0.5	2	2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سیزدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.333	0.25	7
LU	3	1	0.142	1
WP	4	7	1	6
EC	0.142	1	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و یکم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.333	4	0.142
LU	3	1	0.111	4
WP	0.25	9	1	0.5
EC	7	0.25	2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص ششم				
	R	LU	WP	EC
R	1	7	0.111	8
LU	0.142	1	9	6
WP	9	0.111	1	3
EC	0.125	0.166	0.333	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهاردهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.111	0.111	0.2
LU	9	1	0.125	5
WP	9	8	1	1
EC	5	0.2	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و دوم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.25	0.111	0.142
LU	4	1	0.111	0.2
WP	9	9	1	0.142
EC	7	5	7	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفتم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.2	9	9
LU	5	1	9	9
WP	0.111	0.111	1	0.111
EC	0.111	0.111	9	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پانزدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	9	8	8
LU	0.111	1	0.111	8
WP	0.125	9	1	6
EC	0.125	0.125	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هشتم				
	R	LU	WP	EC
R	1	0.333	0.5	0.5
LU	3	1	1	1
WP	2	1	1	1
EC	2	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص شانزدهم				
	R	LU	WP	EC
R	1	3	0.333	0.333
LU	0.333	1	0.166	0.142
WP	3	6	1	2
EC	3	7	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص اول				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.166	0.333	4
S	6	1	1	8
RE	3	1	1	6
NP	0.25	0.125	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.111	0.2	0.111
S	9	1	1	5
RE	5	1	1	1
NP	9	0.2	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	4	0.5	0.333
S	0.25	1	9	7
RE	2	0.111	1	3
NP	3	0.142	0.333	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.2	0.166	6
S	5	1	6	6
RE	6	0.166	1	6
NP	0.166	0.166	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	4	2	0.333
S	0.25	1	1	8
RE	0.5	1	1	0.333
NP	3	0.125	3	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هیجدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	1	1	1
S	1	1	1	1
RE	1	1	1	1
NP	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سوم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.111	0.125	7
S	9	1	8	9
RE	8	0.125	1	8
NP	0.142	0.111	0.125	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص یازدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	1	1	1
S	1	1	1	1
RE	1	1	1	1
NP	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نوزدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.166	0.333	8
S	6	1	1	8
RE	3	1	1	6
NP	0.125	0.125	0.166	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهارم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	1	0.2	8
S	1	1	1	8
RE	5	1	1	7
NP	0.125	0.125	0.142	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوازدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.333	3	2
S	3	1	8	4
RE	0.333	0.125	1	0.333
NP	0.5	0.25	3	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیستم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	2	4	2
S	0.5	1	8	9
RE	0.25	0.125	1	0.25
NP	0.5	0.111	4	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پنجم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.111	0.333	3
S	9	1	9	9
RE	3	0.111	1	4
NP	0.333	0.111	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سیزدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	6	0.142	0.125
S	0.166	1	0.2	6
RE	7	5	1	2
NP	8	0.166	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و یکم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	1	1	0.5
S	1	1	0.5	0.5
RE	1	2	1	0.5
NP	2	2	2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص ششم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.111	0.2	0.25
S	9	1	8	8
RE	5	0.125	1	7
NP	4	0.125	0.142	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهاردهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	6	5	4
S	0.166	1	2	0.166
RE	0.2	0.5	1	2
NP	0.25	6	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و دوم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.2	0.333	1
S	5	1	5	5
RE	3	0.2	1	1
NP	1	0.2	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفتم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	9	1	1
S	0.111	1	1	9
RE	1	1	1	1
NP	1	0.111	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پانزدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.333	2	2
S	3	1	0.25	0.142
RE	0.5	4	1	0.2
NP	0.5	6	5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هشتم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	2	4	2
S	0.5	1	8	9
RE	0.25	0.125	1	0.25
NP	1	0.111	4	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص شانزدهم				
	JS	S	RE	NP
JS	1	0.142	0.166	8
S	7	1	3	1
RE	6	0.333	1	1
NP	0.125	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص اول				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	2	5	4
PIM	0.5	1	5	1
TG	0.2	0.2	1	0.2
MIB	0.25	1	5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	7	1	5
PIM	0.142	1	0.25	4
TG	1	4	1	1
MIB	0.2	0.25	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	1	5	0.5
PIM	1	1	3	0.5
TG	0.2	0.333	1	3
MIB	2	2	0.333	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	0.333	8	7
PIM	3	1	7	6
TG	0.125	0.142	1	0.166
MIB	0.142	0.166	6	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	4	4	3
PIM	0.25	1	0.5	0.142
TG	0.25	2	1	2
MIB	0.333	7	0.5	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هیجدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	0.5	2	1
PIM	2	1	1	1
TG	0.5	1	1	1
MIB	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سوم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	0.333	8	7
PIM	3	1	7	6
TG	0.125	0.142	1	0.166
MIB	0.142	0.166	6	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص یازدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	1	1	1
PIM	1	1	1	1
TG	1	1	1	1
MIB	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص نوزدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	1	1	1
PIM	1	1	1	1
TG	1	1	1	1
MIB	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهارم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	9	5	7
PIM	0.111	1	1	0.25
TG	0.2	1	1	0.25
MIB	0.142	4	4	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص دوازدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	6	0.5	0.5
PIM	0.166	1	6	0.142
TG	2	0.166	1	0.25
MIB	2	7	4	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیستم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	0.333	1	1
PIM	3	1	1	1
TG	1	1	1	1
MIB	1	1	1	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پنجم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	3	4	0.333
PIM	0.333	1	2	0.25
TG	0.25	0.5	1	0.25
MIB	3	4	4	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص سیزدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	6	0.2	5
PIM	0.166	1	7	0.166
TG	5	0.142	1	5
MIB	0.2	6	0.2	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و یکم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	8	7	5
PIM	0.125	1	0.333	1
TG	0.142	3	1	4
MIB	0.2	1	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص ششم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	7	7	5
PIM	0.142	1	0.166	0.125
TG	0.142	6	1	9
MIB	0.2	8	0.111	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص چهاردهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	3	4	0.25
PIM	0.333	1	0.166	4
TG	0.25	6	1	0.25
MIB	4	0.25	4	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص بیست و دوم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	9	9	1
PIM	0.111	1	9	0.111
TG	0.111	0.111	1	0.111
MIB	1	9	9	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هفتم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	9	9	1
PIM	0.111	1	9	0.111
TG	0.111	0.111	1	0.111
MIB	1	9	9	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص پانزدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	5	5	0.25
PIM	0.2	1	0.111	0.125
TG	0.2	9	1	9
MIB	4	8	0.111	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص هشتم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	8	7	5
PIM	0.125	1	0.333	1
TG	0.142	3	1	4
MIB	0.2	1	0.25	1

ماتریس مقایسه زوجی متخصص شانزدهم				
	P	PIM	TG	MIB
P	1	3	2	0.333
PIM	0.333	1	5	2
TG	0.5	0.2	1	0.333
MIB	3	0.5	3	1

پیوست ۲

محاسبه شاخص‌ها برای پیت شماره ۲ (UPL_2)

الف. تولید باطله

3.84 = عیار میانگین درون پیت = ماده معدنی = 17.11 million ton; باطله معدن = 119.061 million ton
 $136.129 = 119.061 + (17.11 \times (1 - 3.84 \times 0.75))$ = باطله کارخانه فرآوری + باطله معدن = تولید باطله
 million ton

ب. کاربری زمین

مساحت‌های دیگر + مساحت زمین اشغال شده توسط باطله + مساحت زمین بکر پیت قبل از معدنکاری = کاربری زمین
 50 hectare = مساحت‌های دیگر شامل ساختمان اداری، سنگ شکن و ...
 187.7 hectare = مساحت دهانه پیت

مساحت زمین اشغال شده توسط باطله :

فرض شده که یه دامپ باطله در سایت معدن با شیب دیواره ۴۵ درجه وجود دارد. بنابراین :

شعاع مخروط : R

ارتفاع مخروط : h

۱-پ

$$\text{حجم مخروط} = \frac{1}{3} \pi R^2 h \xrightarrow{R=h} \frac{1}{3} \pi R^3$$

۲-پ

$$S = \pi R l, l = \sqrt{h^2 + R^2} \xrightarrow{R=h} l = \sqrt{2} R$$

$$\pi R^2 = \text{مساحت اشغال شده توسط باطله}$$

۳-پ

$$1.68 = \text{چگالی حجمی نابرجا باطله معدن}$$

$$1.5 = \text{چگالی حجمی نابرجا باطله معدن}$$

$$82.24 \text{ million } m^3 = (119.061/1.68) + [(17.11 \times (1 - 3.84 \times 0.75)) / 1.5]$$

براساس معادلات (۱-پ) و (۳-پ)

$$R = 428.32 \text{ m}$$

$$A = 57.61 \text{ hectare}$$

$$295.35 \text{ hectare} = 57.61 + 187.7 + 50 = \text{کاربری زمین}$$

ج. بازسازی

مساحت‌های دیگر + مساحت خارجی دامپ باطله + مساحت پیت = بازسازی

تمام سطوحی که تحت تأثیر معدنکاری قرار گرفته است بایستی بازسازی شود. همچنین تمام ساختمان‌های ساخته شده بایستی تخریب شده و زمین آن‌ها آماده کشت می‌شود. بنابراین فرض می‌شود سطح کشت موجود برابر با دهانه پیت معدن است. همچنین سطح خارجی دامپ باطله برای کشت مناسب می‌باشد.

$$187.7 \text{ hectare} = \text{مساحت دهانه پیت}$$

$$50 \text{ hectare} = \text{مساحت‌های دیگر که ثابت هستند (مساحت سنگ شکن، ساختمان اداری،...)}$$

براساس معادلات (پ-۱) و (پ-۲)

$$S = 81.46 \text{ hectare} : \text{مساحت خارجی دامپ باطله}$$

$$187.7 + 50 + 81.46 = 319.21 \text{ hectare} = \text{بازسازی}$$

د. مصرف انرژی

$$= [(f_m \times \text{ore quantity}) + (f_w \times \text{waste quantity})] = \text{مصرف انرژی}$$

f_w : ضریب مصرف انرژی ماده معدنی

f_w : ضریب مصرف انرژی باطله‌های معدنی

$$= [(17.11 \times 0.0003305) + (119.061 \times 0.000106)] = 18277.6 \text{ Tj} = \text{مصرف انرژی}$$

ه. امنیت شغلی

$$25.6 \text{ year} = \text{عمر معدن} = \text{امنیت شغلی}$$

و. ایمنی

$$492 \text{ meter} = \text{عمق معدن} = \text{ایمنی}$$

ز. تعداد پرسنل

$$N_{op} = 0.024T_p^{0.8} \quad (\text{پ-۴})$$

$$N_{ml} = 5.7T^{0.3} \quad (\text{پ-۵})$$

$$N_{sv} = 25.4\%(N_{ml} + N_{op}) \quad (\text{پ-۶})$$

$$N_{at} = 11\%(N_{op} + N_{ml} + N_{sv}) \quad (\text{پ-۷})$$

$$N_{total} = N_{op} + N_{ml} + N_{sv} + N_{at} \quad (\text{پ-۸})$$

$$T_p = T_o + T_w \quad (\text{۲-۱۸})$$

N_{op} : تعداد پرسنل استخراج تناژ روزانه ماده معدنی فرآوری شده T :

N_{ml} : تعداد پرسنل کارخانه فرآوری تناژ روزانه ماده معدنی استخراج شده T_o :

N_{sv} : تعداد پرسنل خدماتی تناژ روزانه باطله استخراج شده T_w :

T_p : تناژ روزانه استخراج

N_{at} : تعداد پرسنل اداری و تکنسین‌ها

$$T_o = [(17,110,000/25.6) / 365 \text{ days}] = 1808.22 \text{ ton/day}$$

$$T_w = [(119,061,000/25.6) / 365 \text{ days}] = 12577.8 \text{ ton/day}$$

$$T_p = 1808.22 + 12577.8 = 14386.016 \text{ ton/day}$$

$$T = 1808.22 \text{ ton/day}$$

$$N_{op} = 50.88; N_{ml} = 54.08; N_{sv} = 26.66; N_{at} = 14.47 \implies N_{total} = 146.10$$

ح. ارزش خالص فعلی

براساس محاسبات نرم‌افزار NPV Scheduler

$$NPV = 444.11 \text{ million \$}$$

ط. درآمد پس از معدنکاری

(پ-۱۰)

I_{SL} : درآمد زمین بازسازی شده پس از معدنکاری ($\$/m^2$)

I_{PL} : درآمد زمین قبل از معدنکاری ($\$/m^2$)

$$I_{SL} = I_{PL} = 1500 \text{ \$/hectare}$$

فرض می‌شود این میزان از درآمد اجاره معدن سالیانه می‌باشد.

$$\text{درآمد پس از معدنکاری} = (319.21 - 295.35) * 1500 = 35792.4 \text{ \$ / year}$$

ی. درآمد مالیاتی

$$25\% = \text{نرخ مالیات بر درآمد}$$

$$10 \text{ year} = \text{معافیت مالیاتی برای فعالیت معدنکاری}$$

$$= [(1,874,969,507 * 1.25) * (10 - \text{عمر معدن})] * (1.25 * \text{درآمد}) = \text{درآمد مشمول مالیات} = 1,440,000,839\$$$

$$= 1,440,000,839 * 0.25 = 360,000,209.6\$$$

$$= 0.05 * 1,874,969,507 = 93,748,475.35\$$$

$$= \text{مالیات بر حقوق پرسنل}$$

$$= 500\$$$

$$= 200\$$$

$$= 500 - 200 = 300$$

$$= 10\%$$

$$= 146.10 * 300 * 0.1 * 12 * 25.6 = 1326178.5\$$$

$$\text{درآمد مالیاتی} = 360,000,209.6 + 93,748,475.35 + 1326178.5 = 1895075702$$

ک . سود غیرمستقیم معدنکاری

۲۰٪ از حقوق دولتی برای ایجاد زیرساخت‌هایی برا جامعهٔ محلی تخصیص داده می‌شود.

فرض می‌شود ۸۰٪ از درآمد پرسنل در جامعهٔ محلی خرج می‌شود.

بعد از بسته‌شدن معدن، تقریباً تمام کارگران معدن مهارت خاصی را کسب کرده‌اند. هزینه تربیت نیروی کار ماهر برای هر نیرو

۱۰۰ دلار در سال تخمین زده می‌شود. تمام هزینهٔ آموزش برای پرسنل معدن به جامعهٔ محلی عودت داده می‌شود.

درآمد ایجاد شغل غیرمستقیم برای پرسنل: برای ایجاد هر شغل مستقیم در صنایع معدنی ۶/۵ موقعیت در زمینه‌های دیگر در اقتصاد جامعهٔ محلی ایجاد می‌کند.

س

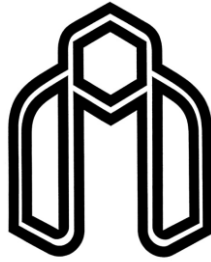
$$\text{سود غیرمستقیم معدنکاری} = [(0.2 \times 93,748,475.35) + (0.8 \times 146.10 \times 500 \times 12 \times 25.6) + (146.10 \times 25.6 \times 100) + (146.10 \times 6.5 \times 500 \times 12 \times 25.6)] = 197367000.8$$

Abstract

The societies' concerns for supplying minerals beside the positive and negative effects of mining operations have increased with population growth, technology development and appearance of new demands. The concept of sustainable development was first introduced in the late 20th century to make balance in three fields of economy, society and environment. In recent years, the sustainable development concept in mining industry has been widely considered. Therefore, in long-term programming, it is essential to assess the economic, environmental and social conditions accurately as three main pillars. The ultimate pit is the pit shape at the end of the mine's lifetime in terms of exhausted extractable resource..

This research's objective is to determine ultimate pit limit of Zarshooran gold mine, one of the most important active mine in the country, regarding sustainable development principles. For this purpose, economic block model is provided to maximize net present value using grade block model of mine's latest topographic situation, revenue and costs parameters of mineral and waste blocks. In the following, the experts' opinion is assessed using a questionnaire in which 12 sustainable development indices were given weight utilizing Delphi-Fuzzy analytical hierarchy process approach and finally, a model is presented to determine ultimate pit limit merging sustainable development principles. Based on this research's results, the stable ultimate pit limit has 17.5 million tons of ore with an averaged grade of 3.8 g/ton and a stripping ratio of 7:1 which in comparison with instable ultimate pit limit has 6% ore reduction. The value of sustainable development pillars including environmental, social and economic ones in this mine is calculated as 0.38, 0.31 and 0.29, respectively.

Keywords: Sustainable Development, Ultimate Pit limit, Zarshooran Gold Mine, Fuzzy Delphi Analytic Hierarchy Process (FDAHP)



Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Mineral Exploitation

**Ultimate Pit Limit Design with Consideration of
Sustainable Development Criteria in Zarshooran
Gold Mine**

By:

Nushin Amanian Yazdi

Supervisors:

Dr. Mohammad Ataei

Dr. Reza Khalou Kakaie

September 2017