بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گرایش استخراج معدن

عنوان

بررسی کاربرد سامانه سنگ‌شکنی و نوار نقاله درون پیت به منظور افزایش کارایی ناوگان ترابری (مطالعه موردی معدن مس سونگون)

نگارش

فؤاد رحیمی

استادان راهنما

دکتر محمد عطائی

دکتر رضا میکائیل

استاد مشاور

داوود محمدی

بهمن ۱۳۹۶

شماره: ۹۶/۲۰۸۹
تاریخ: ۹۶/۱۲/۱۲

باسمه‌تعالی

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 آقای **فواد رحیمی** با شماره دانشجویی **۹۴۰۷۸۹۴** رشته **معدن** گرایش **استخراج** تحت عنوان **بررسی کاربرد سامانه سنگ‌شکنی و نوار نقاله درون پیت به منظور افزایش کارایی ناوگان ترابری (مطالعه موردی معدن مس سونگون)** که در تاریخ **۱۳۹۶/۱۲/۱۲** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: خوب) ☑ **مردود** ☐

نوع تحقیق: **نظری** ■ **عملی** ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱- استادراهنمای اول	محمد عطائی	استاد	
۲- استادراهنمای دوم	رضا میکائیل	استادیار	
۳- استاد مشاور	—	—	—
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	محمد جهانی چگنی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	فرهنگ سرشکی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	رامین رفیعی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: علیرضا عبدالهی

تاریخ و امضاء مدیر دانشکده: ۹۶/۱۲/۱۲

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

تقدیم به:

به نام حضرت دوست، هر آنچه هست از اوست؛ حاصل تحصیل دانش اگر چه قابل است در برابر مادر و پدر ناقابل است، تمام زندگیم تقدیم مادر عزیزم و پدر نازنینم و برادران باگذشت و مهربانم.

وتقدیم به شما همسر مهربان و همراهم که با درس خواندنم شاید، بیش از همه رنج بردی.

تقدیر و تشکر:

شکر و حمد خداوند باریتعال، خداوند اندیشه، دانش، کلام؛ نهاننده علم اندر قلم، نگارنده بی نهایت به غایت؛ خداوند جداری به هر منظره؛ خداوند شادی، محبت، صفا، خدایا زبان قاصر است و کلام نارسا؛ بیش و پیش از همه از تو سپاسگزارم.

مادر عزیز و فداکارم پدر خوب و بزرگوارم اگر تمام عالم را برای سپاس از شما تقدیم کنم باز قادر به تشکر از شما نیستم، با تمام وجودم از شما ممنونم.

همسر مهربانم همراه باوفا، از تو بسیار ممنونم همیشه باروی خوش و لحن مهربانت به من یاری رسانده ای، تو را سپاس.

تقدیر و تشکر می کنم از استاد عزیزم جناب آقای دکتر محمد عطایی به شاگردی شما بسیار مفتخرم.

استاد عزیزم جناب آقای دکتر رضا میکائیل کمال تشکر و سپاس را از شما دارم بسیار لطف کردید، در محضر شما بسیار استفاده و لذت بردم.

تشکر و قدردانی می کنم از جناب آقای دکتر علی نوری در معدن سونگون بسیار به ایشان زحمت دادیم.

کمال تشکر را از جناب آقای دکتر داوود محمدی دارم.

به نام خدا

تعهدنامه و صحت اصالت اثر

تاریخ:

اینجانب فواد رحیمی به شماره دانشجویی ۹۴۰۷۸۹۴ دانشجوی رشته معدن گرایش استخراج مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی استادان دانشگاه صنعتی شاهرود و صنعتی ارومیه بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق با مقررات و اصول متداول ارجاع و در فهرست منابع ذکر شده است. همچنین، این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارایه نشده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مولفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض درخصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت. همچنین، در صورت تخلف، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی شاهرود ممنوع است.

لازم به ذکر است که نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

فواد رحیمی

امضا

چکیده

بخش اصلی هزینه تمام شده ماده معدنی در معادن تحت تأثیر هزینه‌های حمل و نقل است. صرفه‌جویی در این بخش از هزینه‌های معدن‌کاری که بخش اعظم هزینه‌ها را شامل می‌شود، می‌تواند راهکار مناسبی برای مقابله با افت و کاهش قیمت فروش ماده معدنی برای ادامه حیات معدن و اقتصادی بودن استخراج باشد. لذا، لازم است هزینه‌های ترابری به حداقل ممکن برسد. در این پژوهش به منظور کاهش هزینه‌ها و کاهش استهلاک سیستم ترابری، افزایش حجم باربری و سرعت ترابری گزینه‌های ترابری بررسی شده است. برای بررسی امتیاز معیارهای ترابری مختلف و انتخاب گزینه ترابری از بین سه گزینه با نظر خبرگان از میان روش‌های تصمیم‌گیری، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی به عنوان مبنای کار انتخاب شده است. این پژوهش در معدن مس سونگون انجام شده که معیارهای فنی، اقتصادی و محیط زیستی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. هزینه سرمایه‌ای، هزینه عملیاتی، ظرفیت باربری، ظرفیت کارخانه کانه آرایی، ظرفیت ترابری، سرعت تولید، تعداد نیروی انسانی، ایمنی، قابلیت اطمینان، راندمان کلی، معیارهای اقتصادی؛ فاصله حمل ماده معدنی، فاصله حمل باطله، تعادل فاصله باربری، پیوستگی باربری، انعطاف پذیری تجهیزات، قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش و راندمان معیارهای فنی؛ گازها، گرد و غبار، سر و صدا معیارهای زیست محیطی را شامل می‌شوند. برای حل این مسأله ابتدا اهمیت هرکدام از پارامترها نسبت به یکدیگر سنجیده شده است، سپس اهمیت هرکدام از گزینه‌ها نسبت به هر معیار ارزیابی شده و پس از آن امتیاز هر گزینه محاسبه شده است. در پایان سیستم نوار نقاله به عنوان بهترین گزینه انتخاب شده است. سیستم شاول هیدرولیکی و کامیون، بیل مکانیکی و کامیون به ترتیب در الویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی

سیستم حمل با سنگ‌شکن و نوار نقاله داخل پیت، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (FDAHP)، کاهش هزینه‌های ترابری، معدن مس سونگون.

فهرست مطالب

چکیده ..... ح
فصل اول- کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- تعریف مسأله ۲
۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ۳
۱-۴- اهداف تحقیق ۴
۱-۵- بررسی پیشینه تحقیق ۴
۱-۶-ساختار پایان‌نامه ۹
فصل دوم– روش‌های تصمیم‌گیری ۱۱
۲-۱-مقدمه ۱۲
۲-۲-مدل‌های تصمیم گیری‌چند معیاره (MCDM) ۱۲
۲-۲-۱- تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM) ۱۳
۲-۲-۲- تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) ۱۳
۲-۳-روش‌های تصمیم‌گیری فازی ۱۶
۲-۳-۱- مجموعه‌های فازی ۱۷
۲-۳-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (*FDAHP*) ۱۷
۲-۳- جمع بندی ۱۹
فصل سوم- معرفی معدن مس سونگون ۲۱
۳-۱- مقدمه ۲۲
۳-۲- شرایط آب و هوایی منطقه سونگون ۲۲
۳-۳- تاریخچه معدن مس سونگون ۲۲
۳-۴- پارامترهای اکتشافی مس سونگون ۲۳
۳-۵- زمین شناسی کانسار مس سونگون ۲۳
۳-۶- استخراج معدن مس سونگون ۲۴
۳-۶-۱-مشخصه‌های طراحی معدن مس سونگون ۲۵
۳-۶-۲-بارگیری و حمل و نقل در معدن مس سونگون ۲۶
۳-۷- کارخانه تغلیظ ۲۸
۳-۷-۱- ناحیه سنگ شکنی و انتقال مواد کارخانه تغلیظ مس سونگون ۲۸
۳-۷-۲- ناحیه خردایش کارخانه تغلیظ مس سونگون ۲۹
۳-۹- جمع‌بندی ۲۹

فصل چهارم- بررسی گزینه‌ها و معیارهای مناسب برای انتخاب ناوگان ترابری ۳۱
۴-۱- مقدمه ۳۲
۴-۲- معیارهای موثر در انتخاب گزینه ترابری ۳۲
۴-۳- معیارهای اولیه ترابری در سونگون ۳۲
۴-۳-۲- گزینش معیارها ۳۴
۴-۳-۲-۱-معیارهای اقتصادی ۳۴
۴-۳-۲-۲-معیارهای فنی ۳۵
۴-۳-۲-۳-معیارهای زیست محیطی ۳۵
۴-۴-معرفی گزینه‌های ترابری ۳۶
۴-۴-۱-شاول هیدرولیکی و کامیون ۳۶
۴-۴-۲-بیل مکانیکی و کامیون ۳۷
۴-۴-۳-سنگ‌شکن و نوارنقاله درون پیت (ICC) ۳۷
۴-۵-جمع‌بندی ۳۹
فصل پنجم- انتخاب گزینه مناسب ترابری با استفاده از روش فازی دلفی ۴۱
۵-۱- مقدمه ۴۲
۵-۲-تعیین ساختار سلسله مراتبی مسأله ۴۲
۵-۳- محاسبه وزن معیارهای کلی ۴۳
۵-۱۳- محاسبه Z و Z_i معیارهای کلی ۴۴
۵-۳- طراحی پرسشنامه ۴۵
۵-۴-نظرسنجی کارشناسان ۴۵
۵-۵-تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی بین معیارها ۴۶
۵-۶- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی ۴۷
۵-۹- محاسبه Z و Z_i ۵۰
۵-۱۰- محاسبه وزن فازی و غیر فازی معیارها ۵۲
۵-۱۱- محاسبه وزن نهایی معیارها ۵۳
۵-۱۵-انتخاب سیستم مناسب ترابری ۵۵
۵-۱۶- نماد اختصاری گزینه‌های ترابری ۵۵
۵-۱۷- تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی بین گزینه‌های مناسب ترابری ۵۵
۵-۱۸- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی ۵۷
۵-۱۹-محاسبه Z و Z_i ۵۷
۵-۲۰-محاسبه وزن فازی و غیر فازی گزینه‌های ترابری ۵۹
۵-۲۱- محاسبه وزن نهایی گزینه‌های ترابری ۵۹
۵-۲۲- جمع‌بندی ۶۰
فصل ششم- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۳
۶-۱- نتیجه‌گیری ۶۴

۲-۶- پیشنهادها..... ۶۵
منابع فارسی..... ۶۶
منابع لاتین..... ۶۷
پیوست‌ها..... ۶۸

فهرست شکل‌ها **صفحه**

شکل ۲-۱روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره..... ۱۳
شکل۲-۲-کمی کردن شاخص‌های کیفی..... ۱۴
شکل ۴-۱- سیستم شاول هیدرولیکی و کامیون..... ۳۷
شکل ۴-۲- سیستم بیل مکانیکی و کامیون..... ۳۷
شکل ۴-۳- سیستم سنگ‌شکن نیمه متحرک و نوار نقاله..... ۳۹
شکل ۴-۴- سیستم سنگ‌شکن متحرک و نوار نقاله..... ۳۹
شکل ۵-۱- ساختار سلسله مراتبی تعیین سیستم ترابری مناسب سونگون..... ۴۳

فهرست جدول‌ها **صفحه**

جدول (۱-۱) خلاصه‌ای از سوابق علمی موضوع..... ۴
ادامه جدول (۱-۱) خلاصه‌ای از سوابق علمی موضوع..... ۵
جدول۲-۱-ماتریس تصمیم‌گیری (اصغرپور، ۱۳۹۶)..... ۱۵
جدول۲-۲-ماتریس مقایسات زوجی (اصغرپور، ۱۳۹۶)..... ۱۵
جدول۲-۳-ارجحیت شاخص‌ها (اصغرپور، ۱۳۹۶)..... ۱۶
جدول ۵-۱- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای کلی..... ۴۴
جدول ۵-۲-مقایسه فازی دلفی معیارهای کلی..... ۴۴
جدول ۵-۳-محاسبه z برای معیارهای کلی..... ۴۴
جدول ۵-۴-محاسبه z_i برای معیارهای کلی..... ۴۴
جدول ۵-۵-محاسبه وزن فازی و غیر فازی و نهایی برای معیارهای کلی..... ۴۵
جدول ۵-۶-ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۱..... ۴۶
جدول ۵-۷-ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۱..... ۴۶
جدول ۵-۸-ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۱..... ۴۶
جدول ۵- ۹-ماتریس مقایسه فازی دلفی بین ۹ معیار اقتصادی نظر سنجی شده..... ۴۸
جدول ۵- ۱۰-ماتریس مقایسه فازی دلفی بین ۷معیارفنی..... ۴۹
جدول ۵- ۱۱-ماتریس مقایسه فازی دلفی بین ۳ معیار زیست محیطی..... ۵۰
جدول ۵-۱۲- محاسبه z برای معیارهای اقتصادی..... ۵۰
جدول ۵-۱۳- محاسبه z_i برای معیارهای اقتصادی..... ۵۱
جدول ۵-۱۴- محاسبه z برای معیارهای فنی..... ۵۱
جدول ۵-۱۵- محاسبه z_i برای معیارهای فنی..... ۵۱
جدول ۵-۱۶- محاسبه z برای معیارهای زیست محیطی..... ۵۲
جدول ۵-۱۷- محاسبه z_i برای معیارهای زیست محیطی..... ۵۲
جدول ۵-۱۸- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای معیارهای اقتصادی..... ۵۲
جدول ۵-۱۹- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای معیارهای فنی..... ۵۳
جدول ۵-۲۰- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای معیارهای زیست محیطی..... ۵۳
جدول ۵-۲۱-محاسبه وزن نهایی برای تمام معیارها..... ۵۳
جدول ۵-۲۲-وزن معیارها به ترتیب از بالا به پایین..... ۵۴
جدول ۵-۲۳ نماد اختصاری گزینه‌های ترابری..... ۵۵
جدول ۵-۲۴-ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری از نظراقتصادی..... ۵۵
جدول ۵-۲۵-ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری از نظر فنی..... ۵۶
جدول ۵-۲۶-ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی..... ۵۶
جدول ۵-۲۷ ماتریس مقایسه فازی دلفی بین گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی..... ۵۷
جدول ۵-۲۸ ماتریس مقایسه فازی دلفی بین گزینه‌های ترابری از نظر فنی..... ۵۷

جدول ۵-۲۹ ماتریس مقایسه فازی دلفی بین گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی..... ۵۷
جدول ۵-۳۰- محاسبه Z و Z_i برای گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی..... ۵۷
جدول ۵-۳۱- محاسبه Z و Z_i برای گزینه‌های ترابری از نظر فنی..... ۵۸
جدول ۵-۳۲- محاسبه Z و Z_i برای گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی..... ۵۸
جدول ۵-۳۳- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی..... ۵۹
جدول ۵-۳۴- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای گزینه‌های ترابری از نظر فنی..... ۵۹
جدول ۵-۳۵- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی..... ۵۹
جدول ۵-۳۶-محاسبه وزن نهایی گزینه‌های ترابری نسبت به معیارها..... ۶۰
جدول ۵-۳۷-محاسبه وزن نهایی برای گزینه‌های ترابری..... ۶۰
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۲..... ۷۱
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۲..... ۷۱
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۲..... ۷۱
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۳..... ۷۲
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۳..... ۷۲
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۳..... ۷۲
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۴..... ۷۳
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۴..... ۷۳
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۴..... ۷۳
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۵..... ۷۴
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۵..... ۷۴
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۵..... ۷۴
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۶..... ۷۵
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۶..... ۷۵
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۶..... ۷۵
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۷..... ۷۶
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۷..... ۷۶
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۷..... ۷۶
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۸..... ۷۷
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۸..... ۷۷
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۸..... ۷۷
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۹..... ۷۸
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۹..... ۷۸
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۹..... ۷۸
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۱۰..... ۷۹
جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۱۰..... ۷۹

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۱۰..... ۷۹
جدول معرفی کارشناسان..... ۸۰

فصل اول– کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از پر هزینه‌ترین بخش‌ها در فرآیند استخراج معادن روباز مربوط به هزینه حمل و نقل مواد معدنی است که معمولاً از شاول و کامیون به عنوان یک گزینه مناسب و منعطف استفاده می‌شود؛ با عمیق‌تر شدن معادن در طول زمان، هزینه حمل با کامیون، به دلیل افزایش طول مسیر و استهلاک بالا، هزینه سوخت و عوامل دیگر از یک سو و از سوی دیگر نیاز به تولید پیوسته با هزینه پایین در بازارهای رقابتی برای بقای فعالیت معدنی، اهمیت مطالعه در مورد روش‌های جدید ترابری با هزینه پایین را نشان می‌دهد. از این رو با مطالعه روش‌های حمل و نقل سعی می‌شود گزینه‌ای مناسب‌تر معرفی شود.

تقریبا ۸۰ درصد معادن بزرگ دنیا به روش روباز استخراج می‌شوند و از سیستم شاول و کامیون برای حمل مواد بهره می‌گیرند. بیش از نیمی از هزینه‌های معدنکاری صرف حمل‌ونقل مواد می‌شود، برای کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل استفاده از نوآوری‌ها، ماشین‌آلات و روش‌های جدید ضروری است. یکی از نمونه‌های بارز این نوآوری‌ها روش سامانه سنگ‌شکنی و نوارنقاله درون پیت IPCC[۱] است.

۱-۲- تعریف مسأله

بارگیری و حمل مواد معدنی و باطله پرهزینه‌ترین فرآیند استخراج معادن روباز است؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقتصادی در یک معدن، هزینه ترابری مواد خواهد بود که قادر است، ذخیره معدنی را اقتصادی یا غیر اقتصادی نماید. در معادن روباز روش‌های مختلفی برای حمل مواد استفاده می‌شود که از جمله مهم‌ترین آن‌ها سیستم حمل و نقل با شاول کامیون، سیستم بیل و کامیون، سیستم نوار نقاله و سنگ‌شکن است. روش حمل با کامیون متداول‌ترین سیستم حمل مواد است که تقریباً در همه‌ی معادن روباز ایران از این سیستم استفاده می‌شود. بالا بودن هزینه‌ی عملیاتی سیستم شاول کامیون به دلیل استهلاک بالا و نیاز به نیروی انسانی زیاد، از طرفی با افزایش مسافت در معدن، حمل با کامیون هزینه‌ها را بالا می‌برد. این مسائل سبب شده، سیستم حمل با کامیون با مشکلاتی روبه‌رو باشد، حتی کار کردن در برخی معادن را، از نظر اقتصادی، غیر ممکن سازد. در حالی که نوار نقاله به عنوان کلید اصلی سیستم‌های معدن‌کاری پیوسته، چند دهه‌ای است که در معادن روباز دنیا به کار گرفته شده است(اورعی و همکاران، ۱۳۸۸).

---

[۱] In pit crushing & conveying

صنعت در حال حاضر این واقعیت را پذیرفته است که اکثر قریب به اتفاق مواد معدنی آینده جهان، از معادن کم عیار، فوق العاده بزرگ، با تناژ بالا و فوق مکانیزه به دست خواهد آمد. از آن جایی که معادن مس روباز دارای ذخائر سطحی محدود بوده و اکثراً به صورت عمیق هستند، در نتیجه استخراج این ذخایر به پله‌های متعدد نیاز دارد. با افزایش تعداد پله‌ها و رمپ‌های موجود در معدن مسافتی که کامیون‌ها برای انتقال مواد به خارج از معدن می‌پیمایند، افزایش می‌یابد. با استفاده از سیستم سنگ‌شکنی و نوار نقاله موسوم به IPCC نه تنها نیاز به افزایش ناوگان کامیون‌ها از بین می‌رود، بلکه از ایجاد رمپ‌های طولانی به سمت دهانه معدن جلوگیری می‌شود (عالمی و شجاعت الحسینی،۱۳۹۴).

امروزه استفاده از سامانه خردایش سنگ‌شکن درون پیت همراه با نوار نقاله به دلیل کاهش در مصرف انرژی و هزینه کارگربری، در اکثر معادن روباز متداول شده است. اولین مرحله فرآیند خردایش برای جدا سازی کانی‌های با ارزش از باطله، مرحله سنگ شکنی است که مهمترین واحد خردایش در معادن بوده و عملکرد مناسب یا نامناسب آن تاثیر زیادی بر میزان تولید و سود کلی معدن دارد. طراحی الگوی خردایش درون کاواک و انتخاب سنگ‌شکن اولیه مناسب، به طرح اولیه معدنکاری و عملکرد تجهیزات استخراج وابسته است(رحیم‌دل و همکاران، ۱۳۹۱).

در این تحقیق به منظور ارتقا سیستم ترابری و کاهش هزینه‌های حمل و نقل به بررسی کاربرد سامانه سنگ شکنی و نوار نقاله در معدن مس سونگون پرداخته می شود.

۳-۱- ضرورت انجام تحقیق

کارشناسان و مهندسان در فعالیت‌های معدن‌کاری، می‌کوشند، هزینه‌های عملیات معدن‌کاری را با استفاده از راهکارهای جدید و تعریف طرح‌های تحقیقاتی به‌روز، به حداقل ممکن برسانند و با کمترین هزینه به بیشترین سود دست یابند. روشن است که از عمده هزینه‌های معدن‌کاری در معادن روباز هزینه حمل و نقل مواد است و بیش از نیمی از هزینه‌های معدن‌کاری را شامل می‌شود. از آنجا که حجم باطله‌ی معدنی در معادن روباز بالا است؛ بخش زیادی از هزینه‌های معدن‌کاری به حمل و نقل باطله اختصاص می‌یابد. در این تحقیق تلاش می‌شود، ناوگان ترابری (جایگزینی سامانه سنگ‌شکنی و نوار نقاله درون پیت به جای سیستم حمل با کامیون) مطالعه و بررسی شود. امروزه نوار نقاله به عنوان جز اصلی سیستم‌های معدنکاری محسوب می‌شود. انتخاب و بهینه‌سازی سیستم حمل و نقل مواد مستلزم دسترسی به مدل‌های تخمین هزینه سریع و قابل اعتماد است(بهرامی و همکاران،۱۳۹۳).

استفاده از سیستم حمل با نوار و سنگ شکن داخل پیت از سال ۱۹۷۰ به بعد توسعه پیدا کرده و در بسیاری از نقاط مختلف دنیا با شرایط آب و هوایی مختلف از جمله: آمریکا، کانادا، مکزیک، شیلی، پرو، استرالیا، روسیه، اکراین و... مورد بهره‌برداری قرار گرفت(Yakovlev,et al 2016). یکی از عوامل مهم در میزان استخراج معادن، انتخاب سیستم ترابری مناسب است. هزینه ترابری معمولاً ۳۰ تا ۵۰ درصد قیمت تمام شده مواد معدنی را شامل می‌شود، امروزه نوار نقاله یکی از عمده وسایل باربری پیوسته است که برای جابجایی مواد معدنی و باطله در معادن مختلف استفاده می‌شود. با توجه به اهمیتی که سیستم نوار نقاله به عنوان یک سیستم باربری پرکاربرد در معادن و کارخانه‌های صنعتی دارد، طراحی و بهینه‌سازی آن حائز اهمیت است(طایی سمیرمی و نوریان بیدگلی، ۱۳۹۱).

کاهش هزینه‌های معدن‌کاری و پایین آوردن قیمت تمام شده محصول نهایی یک ضرورت بسیار مهم برای رقابت در بازار جهانی شمرده می‌شود تا با کاهش هزینه‌های ترابری، هزینه کل معدن‌کاری پایین آمده، سود کلی افزایش یافته، ادامه فعالیت معدنی با ایمنی و سودهی بیشتری همراه باشد.

۱-۴- اهداف تحقیق

هدف از تحقیق، بررسی کاربرد سامانه سنگ شکن و نوار نقاله درون پیت به منظور افزایش کارایی ناوگان ترابری معدن مس سونگون و بررسی کاهش استهلاک سیستم ترابری با جایگزینی سیستم حمل کامیون با سیستم حمل پیوسته نوار نقاله و افزایش سود کلی معدن و کاهش مخاطرات زیست محیطی است.

۱-۵- بررسی پیشینه تحقیق

خلاصه‌ای از فعالیت‌های پژوهش‌گران پیشین در جدول (۱-۱) آورده شده و در ادامه بررسی شده است.

جدول (۱-۱) خلاصه‌ای از سوابق علمی موضوع

ردیف	مولف (سال انتشار)	موضوع
۱	مالکی القلندیس (۱۳۷۸)	ترابری مواد معدنی به روش IPCC
۲	کفایی و همکاران (۱۳۸۴)	طراحی و محاسبه سنگ‌شکن، درون معدن مس سرچشمه، در طرح توسعه معدن
۳	اورعی و همکاران (۱۳۸۷)	انتخاب سیستم برتر کامیون یا نوار نقاله در معدن سنگ آهن گهر زمین

ادامه جدول (۱-۱) خلاصه‌ای از سوابق علمی موضوع

ردیف	مولف (سال انتشار)	موضوع
۴	افرائی و همکاران (۱۳۹۱)	بررسی سیستم بارگیری و باربری در معدن مس سونگون و انتخاب ناوگان های بهینه با توجه به شرایط آینده استخراج معدن
۵	نوریان بید گلی و طایی سمیرمی (۱۳۹۱)	طراحی، تحلیل و بهینه سازی سیستم باربری نوار نقاله
۶	نوریان بید گلی و طایی سمیرمی (۱۳۹۱)	طراحی و بهینه‌سازی سیستم ترابری نوار نقاله، مطالعه موردی معدن خاک نسوز سمیرم
۷	رحیم‌دل و همکاران (۱۳۹۱)	فناوری استفاده از سنگ شکن‌های متحرک و نیمه متحرک در معدن‌کاری روباز
۸	بهرامی و همکاران (۱۳۹۳)	تخمین هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی انواع نوار نقاله‌ها
۹	عالمی (۱۳۹۳)	بررسی و امکان‌سنجی روش IPCC در معدن مس میدوک
۱۰	عالمی و سید شجاعت الحسینی (۱۳۹۴)	طراحی و بهینه‌سازی سیستم نوار نقاله معدن مس میدوک
۱۱	Moiseev & agapov(1976)	حمل ونقل مدرن با نوار نقاله و استفاده آن در ساخت و سازه‌های هیدرولیکی
۱۲	Chpman & Hall(1987)	چگونگی تعیین مکان بهینه سنگ‌شکن متحرک درون پیت
۱۳	توکلی و همکاران (۲۰۱۱)	بررسی سیستم سنگ شکن و نوارنقاله (IPCC) درون پیت، مطالعه موردی صنایع مس
۱۴	Norgate & Haque(2012)	تاثیر گازهای گل‌خانه‌ای از IPCC و تکنولوژی مرتب سازی ماده معدنی
۱۵	Geoffrey & Pitkin(۲۰۱٤)	روش جدید استخراج با سنگ شکن و نوار نقاله، برای معادن دره‌ی هانتر
۱۶	Johnson(2014)	تاثیر سنگ شکن و نوار نقاله درون پیت بر بهینه‌سازی ساختمان پیت
۱۷	Dixon, (2015)	بهینه‌سازی حمل و نقل باطله در معدن کوهستانی دره مس (HVC)
۱۸	Yakovlev, et al(۲۰۱٦)	بهره‌وری روش سیکل پیوسته در معادن روباز
۱۹	رحیم‌دل و باقر پور (۲۰۱٦)	انتخاب سیستم حمل و نقل برای معادن روباز با استفاده از سیستم فازی MCDM، با دیدگاه صرفه جویی در انرژی

مالکی القلندیس در سال ۱۳۷۸ سیستم‌های ترابری موجود در معادن روباز بزرگ را بررسی و راه‌های جایگزینی سیستم ترابری برای این معادن را بیان کرده است، در ادامه روش حمل‌ونقل IPCC و سنگ‌شکن درون پیت بررسی و معرفی‌شده است. در این تحقیق نقش نوار نقاله‌های نیمه متحرک درون پیت و نوار نقاله برای حمل مواد معدنی در معادن بزرگ دنیا بررسی شده است. استفاده از این

روش ترابری در معادن بزرگ دنیا صرفه اقتصادی زیادی به همراه داشته است (مالکی القلندیس، ۱۳۷۸).

کفایی و همکاران در سال ۱۳۸۴ در ابتدا به بررسی استفاده و توانایی سنگ‌شکن موجود در معدن مس سرچشمه پرداخته است. سپس سنگ‌شکن مناسب برای خردایش سنگ باطله و استفاده در سیستم سنگ‌شکن درون معدن را معرفی کرده است. با توجه به پارامترهای مؤثر در محل استقرار سیستم سنگ‌شکن درون معدن، مدت زمان جابه‌جایی پنج ساله تعیین شده است. خصوصیات سایر اجزای مربوط به سیستم سنگ شکن درون معدن نیز مشخص شده و در نهایت مقایسه‌ای بین تعداد کامیون‌های مورد نیاز در دو سیستم و هزینه‌های کلی هر دو سیستم انجام گرفته است (کفایی و همکاران، ۱۳۸۴).

اورعی و همکاران در سال ۱۳۸۷ بر اساس طرح استخراجی معدن سنگ آهن گهرزمین، دو روش برای حمل و بارگیری شامل سیستم شاول کامیون و سیستم حمل توسط نوار نقاله را مورد مقایسه قرار داده که در هر دو روش، سیستم سنگ‌شکنی و موقعیت آن طراحی شده است. مقایسه فنی و اقتصادی این دو روش حمل، نشان داد که استفاده از سیستم نوار نقاله و سنگ‌شکن درون کاواک نسبت به سیستم حمل با کامیون، روش مناسب‌تری است که علاوه بر مزایای فنی از نظر اقتصادی نیز هزینه‌های کمتری دارد (اورعی و همکاران، ۱۳۸۷).

افرائی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به بررسی و انتخاب ناوگان بهینه ترابری در معدن مس سونگون پرداخته‌اند و شاول‌هایی با ظرفیت جام ۱۴ مترمکعب و کامیون‌های ۱۳۶ تنی را به عنوان مناسب‌ترین ترکیب، در طول عمر معدن معرفی کرده‌اند. تعداد شاول‌ها و کامیون‌های مورد نیاز برای تولید مورد نیاز در طول عمر معدن بر اساس این ترکیب محاسبه شد که در سال‌های ۲۱ تا ۲۵ استخراج، تعداد کامیون‌ها ۵۳ عدد و شاول‌ها به ۶ عدد می‌رسد. از اواسط طرح توسعه در سال ۲۰ از تراز ۲۰۷۵ که مسافت حمل به بیش از ۴/۵ کیلومتر می‌رسد استفاده از سیستم کامیونی به این شکل غیراقتصادی است و سیستم سنگ‌شکن درون پیت توصیه شده است (افرائی و همکاران، ۱۳۹۱).

نوریان بیدگلی و طایی سمیرمی درسال ۱۳۹۱ ضمن معرفی سیستم باربری نوار نقاله، به نحوه طراحی و محاسبات آن پرداخته‌اند و ویژگی‌های این سیستم شامل: ظرفیت باربری بالا، هزینه سرویس و نگهداری پایین، سادگی و تا حدودی انعطاف‌پذیری سیستم مورد توجه قرار گرفته است. همچنین در ادامه، نرم افزار Belt Analyst 2007 به عنوان یکی از بهترین نرم افزارهای طراحی سیستم نوار نقاله

معرفی و نحوه طراحی و بهینه سازی سیستم ترابری نوار نقاله به کمک این نرم افزار بررسی شده است (نوریان بیدگلی و طایی سمیرمی، ۱۳۹۱).

طایی سمیرمی و نوریان بیدگلی در سال ۱۳۹۱ در معدن خاک نسوز سمیرم ضمن بررسی نحوه طراحی و محاسبات سیستم نوار نقاله، به نحوه‌ی بهینه سازی آن پرداخته و در نهایت نتایج بدست آمده با وضعیت فعلی سیستم نوار نقاله را مقایسه فنی و اقتصادی کرده‌اند (طایی سمیرمی و نوریان بیدگلی، ۱۳۹۱).

رحیم‌دل و همکاران در سال ۱۳۹۱ ضمن معرفی فناوری جدید سنگ‌شکن‌های متحرک و نیمه متحرک درون پیت به ارائه جنبه‌های موثر در انتخاب الگوی سنگ‌شکنی مطلوب پرداخته و بر ضرورت استفاده از این سامانه برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش در هزینه‌های عملیاتی و تعمیراتی تاکید کرده‌اند (رحیم‌دل و همکاران، ۱۳۹۱).

بهرامی و همکاران در سال ۱۳۹۳ مدلی برای برآورد هزینه‌ی سرمایه‌ای و عملیاتی انواع نوار نقاله‌ها ارائه کرده‌اند. این مدل در قالب توابع رگرسیون تک و چند متغیره بیان شده است. در تحلیل رگرسیون چند متغیره از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای حذف همبستگی بین متغیرهای توصیفی استفاده شده است. متغیر مستقل در تحلیل تک متغیره ظرفیت نوار نقاله و در چند متغیره شامل عرض نوار، ظرفیت، نرخ حمل بار و توان است که برای ارائه مدلی برای تخمین هزینه‌های مربوط به ۵ نوع از نوارنقاله‌های داخل معدن استفاده شده است (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۳).

عالمی در سال ۱۳۹۳ با استفاده از برنامه‌ریزی تولید بلند مدت در معدن مس میدوک، فواصل حمل و هزینه‌های مربوط به دوره خاصی از زمان که در آن پیش‌بینی‌های قابل اعتماد متصور بود، برآورد کرد. سپس هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی سیستم پیشنهادی IPCC محاسبه شد و در نهایت اعداد به دست آمده با سامانه رایج حمل تمام کامیونی که توسط پیمانکاران معدن مورد استفاده قرار می‌گیرد، مقایسه کرده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، سود حاصل از تغییر سیستم حمل و نقل از کامیون به نوار نقاله، در این معدن برابر ۷۷/۳۹۰۴۴میلیارد ریال است (عالمی، ۱۳۹۳).

عالمی و شجاعت‌الحسینی در سال ۱۳۹۴ طراحی اجزاء و پارامترهای مختلف سیستم نوارنقاله موجود در معدن مس میدوک را انجام داده و با شرایط موجود در معدن مقایسه و راهکارهای لازم را ارائه داده‌اند. در این تحقیق در ابتدا مقاومت‌های حرکتی نوارنقاله تعیین شده و نیروی کشش طبلک محرک ۱۹۵/۵ کیلو نیوتن بدست آمده و در نهایت قدرت مورد نیاز موتور ۳۹۶ کیلووات به‌دست آمده است که ۱۲ درصد کمتر از قدرت موتور موجود بوده و این اختلاف به عنوان ذخیره در زمان شروع به

حرکت نوار لازم است. در مراحل بعدی عرض مناسب نوار، سرعت مجاز نوار، قطر مناسب طبلک‌ها، فاصله قرقره‌های تکیه‌گاهی و نیروی کشش ماکزیمم بررسی و تعیین و با مقادیر موجود در معدن مقایسه شده و راهکارهای لازم ارائه شده است (عالمی و شجاعت‌الحسینی، ۱۳۹۴).

مویسیو[۲] و آگاپوف[۳] سال(۱۹۷۶)، استفاده از نوار نقاله را برای حمل موادی مانند خاک و سنگ از معدن تا محل ساخت سد خاکی و حمل مواد به کارخانه فراوری را مطالعه و بررسی کرده‌اند. مزایای سیستم حمل با نوار نقاله را از جمله: کاهش چشمگیر پرسنل و هزینه‌های آن‌ها، کاهش نیاز به ساخت جاده برای عبور کامیون، افزایش نرخ تحویل مواد از معدن به سد و کوتاه شدن مدت زمان انجام پروژه را مورد بررسی قرار داده‌اند (Moiseev & agapov, 1976).

چپمن[۴] و هال[۵] در سال (۱۹۸۷)، با فرض چهار بیل مکانیکی و کامیون‌های یکسان با استفاده از برنامه شبیه‌سازی کامپیوتری (GPSS) مکان مناسب برای سنگ‌شکن درون پیت و تعداد بهینه کامیون‌ها را مشخص کرده‌اند (Chpman & Hall, 1987).

توکلی و همکاران در سال(۲۰۱۱) با مطالعه در صنایع مس، استفاده از سیستم (IPCC) در معادنی با ظرفیت بالای تولید، عمر طولانی، عمق زیاد، فاصله حمل و نقل زیاد، هزینه سوخت بالا و هزینه نیروی کار بالا را مقرون به صرفه شمرده‌اند (توکلی و همکاران، ۲۰۱۱).

نورگیت[۶] و هاک[۷] سال(۲۰۱۲)، درتحقیق خود نشان داده‌اند، روش (IPCC) گازهای گل‌خانه‌ای کمتری نسبت به کامیون تولید می‌کند (Norgate & Haque, 2012).

جفری[۸] و پیتکین[۹] در سال (۲۰۱۴)، با توجه به اینکه در معادن دره‌ی هانتر با افزایش عمق و زیادشدن مسافت حمل بار، هزینه‌ها افزایش و بهره‌وری کاهش یافته است. برای ادامه بهره‌برداری با اطمینان از اقتصادی بودن عملیات و کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی نیازمند تغییر سیستم حمل‌ونقل و یا تغییر استخراج از روباز به زیرزمینی است؛ استفاده از سیستم نوار نقاله، سنگ‌شکن نیمه متحرک و کامیون را برای کاهش هزینه کلی، افزایش بهره‌وری و مدیریت مسائل زیست‌محیطی، در معدن معرفی کرده‌اند (Geoffrey & Pitkin, 2014).

---

۲ Moiseev
۳ Agapov
۴ Chpman
۵ Hall
۶ Norgate
۷ Haque
۸ Geoffrey
۹ Pitkin

جانسون[۱۰] در سال (۲۰۱۴)، تاثیر سیستم (IPCC) بر طراحی بهینه اندازه پیت را نشان می‌دهد و تبدیل شدن منابع به ذخایر قابل برداشت را نتیجه طراحی بهینه دانسته است (Johnson, 2014).

دیکسون[۱۱] در سال (۲۰۱۵)، برای حمل باطله در معدن کوهستانی دره مس، ۳ گزینه‌ی خرید کامیون بیشتر، جایگزینی با کامیون‌های بزرگتر، راه‌اندازی سیستم (IPCC) درون پیت را مورد تجزیه تحلیل قرار داده‌اند و پس از بررسی‌ها، سیستم (IPCC) به عنوان گزینه برترانتخاب شده است (Dixon, ۲۰۱۵).

یاکولف[۱۲] و همکاران در سال (۲۰۱۵)، سیستم حمل و نقل به وسیله ترکیبی ازسنگ شکن، نوار نقاله و کامیون ارائه داده‌اند که از نظر انرژی مصرفی، اقتصادی و فاصله حمل مواد، زمانی که استخراج سالانه بیشتر از ۶-۱۱ مگاتن و فاصله بین سنگ‌شکن و ایستگاه پذیرش در سطح ۰/۵-۲ کیلومتر باشد بهتر از کامیون شمرده شده و ثابت کرده استفاده از سیستم حمل و نقل نوار نقاله و سنگ‌شکن نیمه متحرک برای معادن عمیق مناسب است (Yakovlev, et al, 2016).

رحیم‌دل و باقرپور در سال ۲۰۱۶ در معدن تیتانیوم کهنوج مطالعه‌ای انجام داده‌اند که در آن از میان سنگ شکن ثابت و کامیون، سنگ شکن نیمه متحرک و کامیون، سنگ شکن متحرک و کامیون، بهترین سیستم حمل و نقل با روش تصمیم گیری DEMATEL، روش اولویت بندی TOPSIS و نظریه فازی، پیشنهاد شده است که نتایج حاصل، برترین سیستم، سنگ شکن نیمه متحرک و انرژی ذخیره شده حاصل از آن، ۲۰۴۷۸/۳۵۱ MMBTU اعلام شده است (رحیم‌دل و باقرپور، ۲۰۱۶).

۶-۱-ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه شامل شش فصل است که به صورت زیر تنظیم شده است.

در فصل اول کلیاتی از مسأله مطرح شده است.

در فصل دوم به بررسی و توضیح روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های امتیازدهی به شاخص‌ها پرداخته شده و با توجه به مزایای روش دلفی فازی، این روش برای حل مساله پیشنهاد شده است.

فصل سوم به معرفی معدن مس سونگون موقعیت جغرافیایی، پارامترهای اکتشافی، مشخصه‌های طراحی و ماشین‌آلات حمل و نقل در سونگون پرداخته شده است.

---

۱۰ Johnson
۱۱ Dixon
۱۲ Yakovlev

فصل چهارم به بررسی گزینه‌ها و معیارهای مناسب برای انتخاب ناوگان ترابری می‌پردازد که معیارهای ترابری در ۳ دسته اقتصادی، فنی و زیست محیطی مرتب شده و گزینه‌های ترابری شاول-کامیون، بیل-کامیون و سنگ‌شکن و نوار نقاله درون پیت برای بررسی معرفی شده‌اند.

در فصل پنجم با استفاده از روش فازی دلفی گزینه مناسب‌تر برای حمل و نقل در سونگون انتخاب شده است.

فصل شش به ارائه پیشنهادها و نتیجه‌گیری تحقیق پرداخته شده است.

فصل دوم- روش‌های تصمیم‌گیری

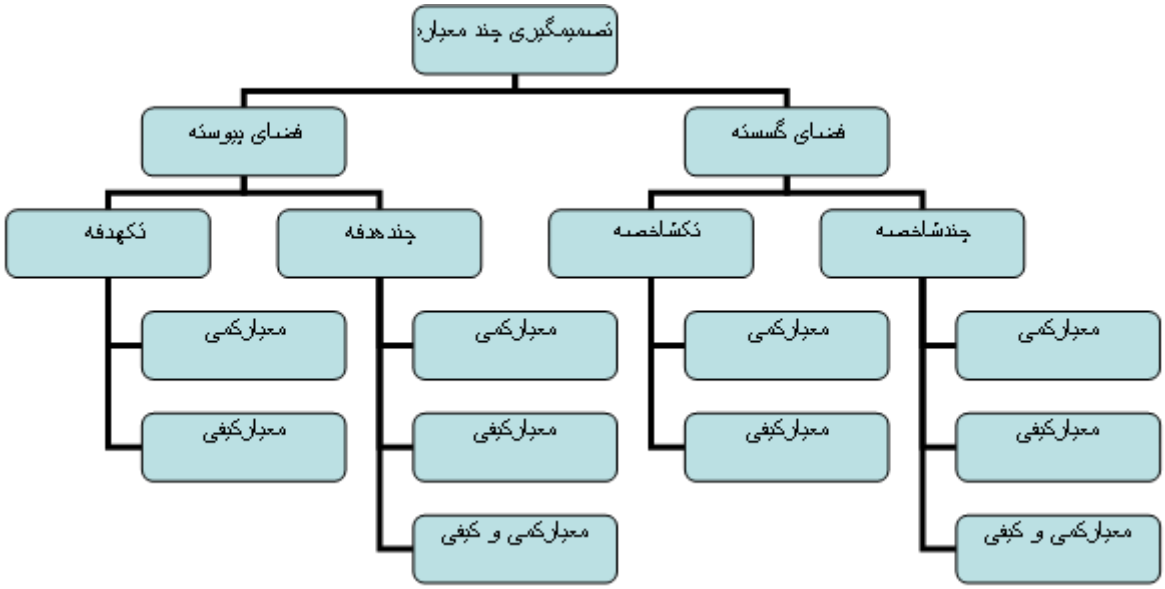
۲-۱-مقدمه

بسیاری از صاحب نظران مدیریت معتقدند که کانون اصلی مدیریت را تصمیم‌گیری تشکیل می دهـد، در واقع آنها انجام وظایفی چون برنامه‌ریزی، سازماندهی و کنترل را چیزی جز تصمیم‌گیری نمی‌دانند. تصمیم‌گیری را می‌توان طریقه عمل و یا حرکت در مسیر خاصی تعریف کردکه با تامـل و بـه صـورت آگاهانه از بین روش‌های مختلف برای نیل به یک هدف مطلـوب انتخـاب شـده اسـت. تصـمیم‌گیـری مستلزم انتخاب راهی از میان راه‌هاست، شناسایی راه‌های ممکن وانتخاب یکی از آن‌ها به اطلاعات نیاز دارد، اطلاعات همیشه به میزان مورد نیاز در دسترس نیست و مـدیریت نـاگزیر بـه تصـمیم‌گیـری بـا اطلاعات کمتر است. در این فصل راجع به مبانی نظری روش‌های تصمیم‌گیری، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های تصمیم‌گیری فازی صحبت خواهد شد.

۲-۲-مدل‌های تصمیم گیری‌چند معیاره (MCDM)[۱]

در دهه‌های اخیر توجه محققین معطوف به مدل‌های چند معیاره برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده شده است؛ در این تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش، ممکن است از چندین معیار سنجش استفاده شود. به عنوان مثال فرض کنید در یک مسأله حمل و نقل قصد داریم هم هزینه حمل را کمینه کنیم و هم سوددهی را بیشینه و هم فاکتورهای ایمنی و واقعی و غیره را با در نظر گرفتن درجه اهمیت آنها به طور هم‌زمان در نظر بگیریم. واضح است که این مسأله پیچیده‌ای خواهد شد که مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پاسخگوی چنین مسائلی است و تصمیم‌گیری را می‌توان از جهت مختلف مورد بررسی قرارداد. مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره به‌طورکلی به دودسته کلی مدل‌های چند هدفه و مدل‌های چند شاخصه تقسیم می‌شوند (عطائی، ۱۳۸۹). در شکل ۲-۱ روش-های تصمیم‌گیری چند معیاره نشان داده شده است.

۱ Multiple Criteria Decision Making



شکل ۲-۱روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (اصغرپور، ۱۳۹۶)

۲-۲-۱- تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)[۱]

زمانی که مجموعه جواب‌های مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره غیر قابل شمارش باشند آن را پیوسته یا چند هدفه می‌نامیم. در این تصمیم‌گیری، چندین هدف برای بهینه شدن، مورد توجه قرار می‌گیرند. مقیاس سنجش برای هر هدف ممکن است با مقیاس سنجش برای بقیه اهداف متفاوت باشد. مثلا یک هدف حداکثر کردن سود است که بر حسب واحد پول سنجش می‌شود و هدف دیگر حداقل استفاده از ساعات نیروی کار است که بر حسب ساعت سنجش می‌شود (اصغرپور، ۱۳۹۶).

۲-۲-۲- تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)[۲]

زمانی که مجموعه جواب‌های مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره قابل شمارش باشند آن را گسسته یا چند شاخصه می‌نامیم. تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه اغلب در مواردی به کار می‌روند که در مساله‌ای خاص با چند شاخص مختلف از جمله شاخص‌های کمّی و کیفی مانند: هزینه، درجه اهمیت، ظرفیت، طول عمر، وجهه ملی و غیره به طور هم‌زمان روبرو بوده و مطلوبیت هدف مساله در نظر گرفتن تمامی این شاخص‌ها به طور هم‌زمان و یافتن گزینه‌ای است که در آن برآیند مطلوبیت این شاخص‌ها بیشینه شود (اصغرپور، ۱۳۹۶).

---

۱ Multiple Objective Decision Making
2- Multiple attribute Decision Making

اغلب مسائلی که با آن‌ها روبرو هستیم مسائل چند شاخصه می‌باشند. در این نوع تصمیم‌گیری از تعدادی شاخص (معیار) برای اولویت بندی (انتخاب) گزینه‌ها استفاده می‌شود.

مراحل حل مساله با روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به شرح زیر است:

۱- تعریف هدف مساله

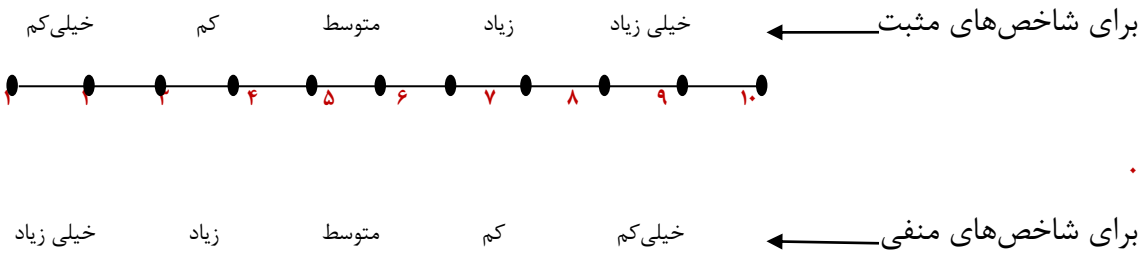
اولین گام در حل مسائل چندشاخصه تعریف دقیق هدف مساله است.

۲- تعیین معیارهای (شاخص‌های) ارزیابی

پس از تعریف مساله باید شاخص‌های تاثیر گذار در در انتخاب گزینه‌ها تعیین شود. در فصل‌های بعد به پارامترهای موثر در ناوگان ترابری در سونگون پرداخته خواهد شد. معیار-های ارزیابی به صورت کیفی وکمّی، وجه مثبت و وجه منفی هستند؛ وجه مثبت شامل معیارهایی است که افزایش مقدار آن‌ها برای مدل مطلوب است و وجه منفی عکس وجه مثبت است.

۳- تبدیل شاخص‌های کیفی به کمّی

شاخص‌های کیفی بایستی به یک مقدار کمّی تبدیل شوند تا بتوان محاسبات مربوط به تصمیم گیری چند شاخصه را روی آنها انجام داد. معمولاً شاخص‌های کیفی با استفاده از مقیاس شکل ۲-۲ کمّی می‌شوند.



شکل۲-۲-کمی کردن شاخص‌های کیفی

۴- تعیین گزینه‌ها

گزینه‌ها یا از قبل مشخص بوده و فقط لازم است تا در مورد آنها تصمیم‌گیری شود و یا اینکه با تحقیق در دامنه مساله، مورد شناسایی قرار می‌گیرند و از بین آنها گزینه‌هایی که قابلیت جمع‌آوری اطلاعات وجود داشته باشد برای تصمیم‌گیری انتخاب می‌شوند (اصغرپور، ۱۳۹۶).

۵- روش امتیاز دهی به شاخص‌ها

پس از تعیین گزینه‌ها و شاخص‌های تصمیم‌گیری، باید در مورد نحوه امتیازدهی به شاخص-ها، تصمیم‌گیری کرد. انتخاب یک روش در این مرحله تعیین کننده‌ی روش‌های مورد استفاده در گام های بعدی است. در ادامه روش‌های امتیازدهی به شاخص‌ها شرح داده شده است:

الف) ماتریس تصمیم‌گیری

در این روش ماتریسی از گزینه‌ها و شاخص‌ها تشکیل می شود که معمولاً گزینه‌ها در سطر و شاخص ها در ستون‌های آن قرار می گیرند. فرد تصمیم گیرنده مطابق جدول ۲-۱ در هر یک از خانه‌های ماتریس؛ مقدار کمّی مورد نظر برای شاخص‌های کمّی و میزان ترجیح خود را برای شاخص‌های کیفی وارد می‌کند(اصغرپور، ۱۳۹۶).

جدول۲-۱-ماتریس تصمیم‌گیری (اصغرپور، ۱۳۹۶)

شاخص‌ها / گزینه‌ها	شاخص۱ (x_1)	شاخص۲ (x_2)	...	شاخص n (x_n)
گزینه۱ (A_1)	r_{11}	r_{12}	...	r_{1n}
گزینه۲ (A_2)	r_{21}	r_{22}	...	r_{2n}
...	...	...	...	...
گزینه m (A_m)	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mn}

ب) ماتریس مقایسه زوجی

در این روش به جای استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرنده ترجیح نسبی خود را نسبت را به هر یک از معیارها در قالب یک ماتریس تحت عنوان ماتریس مقایسات زوجی مطابق جدول ۲-۲ وارد می‌کند. دراین مقایسه‌های زوجی از اعداد مندرج در جدول ۲-۳ استفاده می‌شود.

جدول۲-۲-ماتریس مقایسات زوجی (اصغرپور، ۱۳۹۶)

هدف تصمیم	شاخص۱	شاخص۲		شاخص n
شاخص۱				
شاخص۲				
...				
شاخص m				

جدول۲-۳-ارجحیت شاخص‌ها (اصغرپور، ۱۳۹۶)

درجه اهمیت	تعریف
۱	اهمیت یکسان
۳	نسبتا ارجح
۵	ترجیح زیاد
۷	ترجیح خیلی زیاد
۹	ترجیح فوق‌العاده زیاد
۲، ۴، ۶، ۸	ارزش‌های بینابین

ج) روش ترکیبی

با توجه به اینکه نتایج حاصل از روش‌های مقایسه زوجی در وزن دهی به شاخص‌ها از اعتبار بیشتری برخوردار است؛ می‌توان در الگوریتم، وزن شاخص‌ها را با استفاده از روش ماتریس مقایسه زوجی بدست آورد و تصمیم‌گیری را با استفاده از ماتریس تصمیم و اوزان بدست آمده به یکی از روش‌ها انجام داد. در صورتی که تصمیم‌گیری نیز با استفاده از روش مقایسه زوجی صورت بگیرد؛ ماتریس مقایسه زوجی برای هر شاخص یک ماتریس تشکیل داده و گزینه های مختلف با هم مقایسه می‌شود که همان روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است(اصغرپور۱۳۹۶).

پس از تعیین شاخص‌ها و گزینه‌ها و انتخاب روش امتیازدهی به شاخص‌ها اقدام به ارزیابی آن‌ها می‌شود.

۲-۳-روش‌های تصمیم‌گیری فازی

عدم قطعیت همیشه در دنیای واقعی وجود داشته و شرایط نامطمئن همواره در مراحل مختلف مطالعه و بررسی یک مسئله وجود دارد. در بسیاری از موارد تمام یا قسمتی از مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، فازی هستند. اگر تمام یا قسمتی از داده‌های یک مسئله فازی باشند و آن مسئله با استفاده از داده‌های قطعی مدل و فرموله شود، جواب درست و دقیقی به دست نخواهد آمد و در نتیجه گزینه ارجح انتخاب نخواهد شد. در چنین تصمیم‌گیری‌های غیردقیقی نمی‌توان به هدف و مقصود موردنظر دست یافت. لذا در مدل‌های تصمیم‌گیری که داده‌های آن فازی هستند باید با وجود محاسبات و عملیات بیشتر به‌طور منطقی و دقیق برخورد کرده و عدم قطعیت را در مدل تصمیم‌گیری لحاظ کرد.

مدل کردن عدم قطعیت در مسائل تصمیم‌گیری به‌وسیله‌ی تئوری مجموعه‌های فازی انجام می‌شود. در ادامه ابتدا مختصری در مورد مجموعه‌های فازی صحبت خواهد شد و پس از آن مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی که در این پایان‌نامه از آن استفاده شده است شرح داده خواهد شد.

۱-۳-۲- مجموعه‌های فازی

مجموعه‌های فازی برای نخستین بار توسط پرفسور لطفی زاده ارائه شد و در حل مسائلی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نمی‌توان پارامترها و کمیت‌ها را به‌طور دقیق تعریف نمود. مجموعه‌های فازی تعمیمی بر مجموعه‌های قطعی هستند. در نظریه مجموعه‌های قطعی، مجموعه‌ها به‌صورت معین تعریف می‌شوند. اگر یک شیء مفروض، دارای ویژگی‌های آن باشد، عضو مجموعه متناظر است و اگر نباشد، عضو آن نیست. حال فرض کنید در مورد آن مجموعه از اعداد صحبت شود که "بزرگ" باشند در اینجا با یک ویژگی مبهم یعنی "بزرگ" مواجه می‌شویم. این‌که چه اعدادی بزرگ هستند و چه اعدادی نیستند، بسته به افراد مختلف فرق می‌کند. بیشتر مفاهیم و ویژگی‌هایی که در زندگی واقعی به‌کاربرده می‌شوند این‌گونه‌اند، یعنی مفاهیم نادقیق و مبهم هستند. نظریه مجموعه‌های فازی می‌تواند به‌صورت کمّی با این ابهامات برخورد نماید و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. در مواردی که می‌توان چندین مقدار برای هر پارامتر در نظر گرفت، به‌طوری‌که هر مقدار دارای یک درجه عضویت برای آنکه پارامتر مقدار مربوطه را اخذ کند، می‌توان یک مجموعه زوج‌های مرتب تعریف کرد که عناصر اول زوج‌های مرتب بیانگر مقادیر ممکن برای کمیت مربوطه بوده و عناصر دوم زوج‌های مرتب نشانگر درجه عضویت مقادیر مربوطه می‌باشند که اعدادی بین صفر و یک هستند. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت مجموعه فازی A از تعدادی زوج مرتب تشکیل‌شده است که جزو اول "عضو" را نشان می‌دهد و جزو دوم "میزان عضویت" آن عضو به مجموعه مرد نظر را می‌رساند. به این نوع مجموعه‌ها، مجموعه‌های فازی گویند (Chen and Hwang, 1992).

۲-۳-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (*FDAHP*)

روش دلفی فازی در سال ۱۹۸۸ توسط کوفمان[۱] و گوپتا[۲] ارائه شده است. در روش دلفی، پیش‌بینی‌ها توسط افراد خبره در قالب اعداد قطعی بیان می‌شوند، در حالی که استفاده از اعداد قطعی

۱- Kaufman

۲- Gupta

برای پیش‌بینی‌های بلند مدت، نتیجه‌ی پیش‌بینی را از واقعیت دور می‌سازد. از طرفی افـراد خبـره از توانایی‌های ذهنی خود برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند و این نشان می‌دهد که عدم قطعیت حاکم بر این شرایط از نوع امکانی است و نه احتمالی. امکانی بودن عدم قطعیت، با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد و بهتر است با استفاده از اعداد فازی، به تصمیم‌گیری اقدام کـرد. در روش دلفـی فـازی معمـولاً کارشناسان نظر خود را در قالب حداقل مقدار، ممکن‌ترین مقدار و حداکثر مقدار (اعداد فازی مثلثـی) ارائه می‌دهند (عطایی، ۱۳۹۵).

با توجه به اهمیت معیارها و تفاوت ارزش هرکدام از آن‌ها و تفاوت نوع نظر افراد در انتخاب اهمیت هر معیار، با نظر سنجی میان کارشناسان متخصص در زمینه خاص مورد مطالعه می‌توان از تجربیـات هر کدام از کارشناسان بهره برد و معیارها وزن دهی شوند.

مراحل حل مسأله با استفاده از روش FDAHP به شرح زیر است (عطایی، ۱۳۹۵):

الف) نظرسنجی از متخصصان

در این مرحله ابتدا از متخصصان مختلف در مورد پارامترهای مؤثر بر یک تصمیم به صورت کمّـی یـا کیفی نظرسنجی به عمل می‌آید.

ب) محاسبه اعداد فازی

برای محاسبه اعداد فازی نظرات متخصصان به طور مستقیم مد نظر قـرار مـی‌گیـرد. در ایـن مرحلـه می‌توان از توابع عضویت مثلثی یا ذوزنقه‌ای استفاده کرد. با توجه به کاربرد زیاد و آسان محاسبه روش مثلثی، از این تابع استفاده می‌شود. اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصـمیم‌گیرنـده باشـد (k تصمیم گیرنده)، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مؤلفه‌ی اول آن حداقل نظرسنجی‌ها (α_{ij}) ، مؤلفـه‌ی دوم آن میانگین هندسـی نظرسـنجی‌هـا (δ_{ij}) و مؤلفـه‌ی سـوم آن حـداکثر نظرسـنجی‌هـا (γ_{ij}) مـی‌باشـد. همچنین (β_{ijk}) نشان‌دهنده اهمیت نسبی پارامتر i بر پارامتر j از دیدگاه کارشناس k است.

یک عدد فازی مثلثی $a_{ij} = (\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij})$ به صورت روابط زیر تعریف می‌شود.

$$\alpha_{ij} = \min(\beta_{ijk}), k = 1,...,n \quad (۱-۲)$$

$$\delta_{ij} = (\prod_{k=1}^{n} \beta_{ijk})^{\frac{1}{n}}, k = 1,...,n \quad (۳-۲)$$

$$\gamma_{ij} = \max(\beta_{ijk}), k = 1,...,n \quad (۳-۲)$$

ج) تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی

در این مرحله با توجه به اعداد فازی به دست آمده در مرحله قبل، ماتریس مقایسه زوجی فازی $\tilde{A}$ بین پارامترهای مختلف به ترتیب زیر خواهد بود:

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

د) محاسبه وزن فازی نسبی پارامترها

وزن نسبی هر کدام از پارامترها از روابط زیر محاسبه می‌شود (عطایی، ۱۳۹۴):

$$\tilde{z}_i = (\tilde{a}_{ij} * \ldots * \tilde{a}_{ij})^{\frac{1}{n}} \quad (۴-۲)$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{z}_i * (\tilde{z}_1 + \ldots + \tilde{z}_n)^{-1} \quad (۵-۲)$$

بردار سطری w_i نشان دهنده وزن پارامتر i ام می‌باشد.

ه) غیر فازی کردن وزن پارامترها

به منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها، طبق رابطه ۲-۶ میانگین هندسی مؤلفه‌های عدد فازی وزن پارامترها به دست می‌آید و بدین ترتیب وزن پارامترها به صورت یک عدد قطعی بیان می‌شود:

$$w_i = (\prod_{j=1}^{3} w_{ij})^{\frac{1}{3}} \quad (۶-۲)$$

۳-۳- جمع بندی

در این فصل روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توضیح داده شد. با توجه به مزایای روش دلفی فازی در این زمینه که نظرات کارشناسان به صورت گزارش کتبی و از محل فعالیت ایشان انجام شده است، به عنوان روش مناسب برای حل مسئله و برای کمک به انتخاب بهترین گزینه به عنوان گزینه حمل و نقل برگزیده شده است.

فصل سوم– معرفی معدن مس سونگون

۳-۱- مقدمه

در این فصل به معرفی معدن مس سونگون پرداخته خواهد شد، معدن مس سونگون در شمال غرب ایران، استان آذربایجان شرقی، ۱۳۰ کیلومتری شمال تبریز، ۷۵ کیلومتری شمال‌غرب اهر و ۳۰ کیلومتری شمال ورزقان در همسایگی آذربایجان و ارمنستان قرار دارد. مختصات جغرافیایی منطقه، ۴۶ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی است. کانسار مس سونگون به طور متوسط نسبت به سطح دریا دارای ارتفاع ۲۰۰۰ متر، حداکثر ارتفاع در کانسار مس سونگون (چراغلو) ۲۷۰۰ متر از سطح دریا و عمیق ترین ارتفاع ۱۶۲۵ متر از سطح دریا است. محدود کننده-های کانسار مس سونگون، رودخانه سونگون در شرق کانسار و رودخانه پخیر در شمال کانسار است که پس از پیوستن به هم به رودخانه ایلگینه می‌پیوندد که در نهایت به رود خانه ارس می ریزد. راه دسترسی اصلی معدن از طریق جاده آسفالته تبریز-ورزقان-سونگون و راه دسترسی دوم جاده تبریز-اهر-ورزقان-سونگون است. در این فصل به معرفی مس سونگون، شرایط اقلیمی و مشخصات معدن پرداخته خواهد شد.

۳-۲- شرایط آب و هوایی منطقه سونگون

معدن مس سونگون به خاطر اینکه در منطقه کوهستانی واقع شده است شاهد زمستان‌هایی سرد و یخبندان و تابستان های معتدل است. میانگین حداکثر درجه حرارت در تابستان ۳۳ درجه سانتی‌گراد و در زمستان ۲۲ – درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. مقدار حداکثر بارندگی در محل حدود ۳۵۰ میلی‌متر در سال است و مقدار رطوبت نسبی درسال بین ۵۲ تا ۸۲ درصد متغیر است. جهت غالب وزش باد، جنوب غربی است. اکثر روزهای بهار و تابستان معدن مه آلود است (گزارش اکتشافی شرکت ایتوک ایران، ۱۳۷۷).

۳-۳- تاریخچه معدن مس سونگون

سابقه معدن کاری در معدن مس سونگون از دوره قاجاریه شروع شده است. آثار فعالیت‌های قدیمی به صورت استخراج زیرزمینی در امتداد طول رودخانه سونگون در محدوده پرعیار صورت گرفته است. بهره‌برداری از سنگ‌های پرعیار مس تا سال ۱۳۵۱ به صورت متناوب بوده است. عملیات اکتشافی با استفاده از روش‌ها، وسایل و تجهیزات جدید از سال ۱۳۲۵ شروع و تا سال ۱۳۵۶ ادامه داشته است.

در سال ۱۳۵۶وجود ذخایر مس از نوع پورفیری توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی کشور محرز شد و در سال ۱۳۷۰ عملیات اکتشافی ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی وجود آنومالی‌های قوی مس و مولیبدن را در کانسار مس سونگون ثابت کرد. مطالعات امکان‌پذیری مقدماتی در سال ۱۳۷۰توسط شرکت SNC کانادا و در سال ۱۳۷۴ توسط شرکت ایتوک انجام شد. اولین گمانه‌ی کانسار در سال ۱۳۶۸حفر شد. حفر گمانه‌ها به مقدار وسیع از سال ۱۳۶۹ آغاز شد. طی سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۱ در بخش شرقی توده‌ی کانسار تا اسکارن شمالی (محدوده‌ی تونل) ۳ حلقه گمانه به طول کلی ۹۰۰۰ متر حفر شد. تعداد ۷ تونل اکتشافی با سطح مقطع ۴ مترمربع و متراژ کل ۲۵/۲۴۲۴متر در فاصله‌ی ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۸ حفر شدند. عملیات پیش باطله برداری نیز از سال ۱۳۷۲ توسط شرکت ترانشه معدن آغاز شد. اولین بار در سال ۱۳۷۵ برآورد ذخیره‌ی کانسار توسط شرکت ایتوک انجام شد. اکتشافات تکمیلی نیز توسط شرکت اولنگ با همکاری شرکت Rio Tinto در سال ۱۳۷۸ انجام شد.

۳-۴- پارامترهای اکتشافی مس سونگون

بر اساس مطالعات اکتشافی انجام شده توسط شرکت ایتوک ایران حجم کل ذخیره قطعی ۷۹۶ میلیون‌تن، حجم پیش باطله برداری ۱۰۵ میلیون‌تن، حجم کل باطله برداری ۷۶۷ میلیون‌تن، حجم کل ذخیره اکسید۶/۷ میلیون‌تن، حجم مواد قابل استخراج ۳۸۸ میلیون‌تن برآورد شده است (شرکت ایتوک ایران ۱۳۷۷).

۳-۵- زمین شناسی کانسار مس سونگون

کانسار مس سونگون در زون آتشفشان ارومیه-دختر که بخشی از کمربند متالوژی آلپ-هیمالیا، قرار دارد. این کانسار پروفیری مونزونیتی است که در یک کمربند تکتونیکی زون فرورانش حاشیه قاره‌ای با سن ترشیاری است. سطح توده کانسار در شبکه اکتشافات تفضیلی حدود یک کیلومتر مربع است. این کانسار از نوع نهشته‌های پروفیری مس بوده ورگچه‌های درهم پر عیار درتوده نیمه عمیق مونزونیت پروفیری متمرکز شده‌اند. سنگ‌های درونگیر این توده مونزونیتی را واحدهای آهکی کرتاسه بالا و سری‌های ولکانیکی آندزیتی-لاتیتی تشکیل داده‌اند (گزارش شرکت ایتوک ایران ۱۳۷۷).

درطی فرآیندهای کانی زایی انواع کانی‌های سولفیدی، فلزات اصلی واکسیدها بوجود آمده‌اند. از جمله کانی‌های سولفیدی موجود: پیریت، مولیبدنیت ،گالن، اسفالریت، مارکازیت پیرتیت وسولفیدهای مس (کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت وکوولیت) است. فلزات اصلی: طلا و نقره واکسیدها شامل:

ایلمنیت، روتیل، مگنتیت و گوتیت است و مانند سایر معادن پورفیری، سه زون: فروشست[1] سوپرژن[2] هیپوژن[3]در معدن مس سونگون قابل رویت است. ضخامت زون فروشست از ۲۰ تا ۱۵۰ متر در نوسان بوده و زون سوپرژن دارای ضخامت متغیر از صفر تا ۲۰۰ متر است. ضخامت بخش هیپوژن تا حدود ۶۰۰ متر برآورد شده است. کانی‌زایی سونگون به دو بخش سوپرژن وهیپوژن محدود می‌شود(شرکت ایتوک ایران ۱۳۷۷).

به دلیل توپوگرافی شدید وخشن موجود در منطقه و ارتباط تنگاتنگ سطح فوقانی زون سوپرژن با سطح آب زیرزمینی، کمر بالای زون سوپرژن در منطقه، سطحی بسیار ناهموار دارد. از زون‌های دگرسانی موجود در کانسار سونگون می‌توان به زون پتاسیک، پروپلیتیک، کوارتز، سیریسیت و آرژیلیک اشاره کرد. دگرسانی غالب در توده معدنی، کوارتز-سیریسیتی است و بعد از آن آلتراسیون آرژیلیتی بیشتر در قسمت‌های بالایی مواد معدنی وحواشی توده کانسار مشاهده شده‌است(شرکت ایتوک ایران ۱۳۷۷).

۶-۳- استخراج معدن مس سونگون

با توجه به مشخصات کانسار و به دلیل تولید بالا و لزوم استفاده از ماشین‌آلات خیلی بزرگ استخراج معدن به روش روباز طراحی شده است. این روش نسبت به سایر روش‌های استخراج مزایایی از جمله تولید بالا، ایمنی بالا، امکان استخراج مواد معدنی با عیار پایین و پایین بودن ضایعات مواد معدنی دارد(شرکت معدنکاری اولنگ ۱۳۸۰).

عملیات حفاری چال‌ها، بارگیری مواد استخراج شده وحمل آنها به دامپ‌های باطله و ماده معدنی و همین طور سنگ شکن، توسط شرکت‌های پیمانکاری انجام می‌شود. پس از حفر چال‌های انفجاری توسط دستگاه‌های حفاری، عملیات خرج‌گذاری و انفجار چال‌ها با استفاده از آنفو، دینامیت، نانل، فتیله کرتکس، فتیله کندسوز و چاشنی معمولی انجام می‌شود. بعد از انفجار چال‌ها، بارگیری مواد استخراج شده توسط شاول و لودر انجام می‌شود. بولدوزر و گریدر نیز برای تمیز کردن اطراف شاول و سطح پله‌ها استفاده می‌شود. حمل مواد استخراجی نیز توسط دامپ‌تراک‌های ۳۰ تا ۱۰۰ تنی انجام

---

[1] leached

[2] supergene

[3] hypogene

می‌شود. باطله‌ها از پله‌های عملیاتی به طرف دامپ‌های باطله واقع در دره پخیر حمل می‌شوند. مواد معدنی نیز به سنگ شکن و یا دامپ‌های سولفور در جنوب و شمال معدن حمل می‌شوند.

۱-۶-۳-مشخصه‌های طراحی معدن مس سونگون (گزارش شرکت معدن‌کاری اولنگ)

مشخصه‌های طراحی معدن مس سونگون به شرح زیر است:

- بالاترین نقطه معدن: تراز ۲۳۵۰ متر
- کف نهایی معدن: تراز ۱۶۲۵ متر
- مساحت پیت نهایی: حدود ۸۰۰ هزار متر مربع
- تناژ پیش باطله برداری: ۱۰۵ میلیون تن
- تناژ باطله‌برداری: ۶۸۶ میلیون تن
- شیب کلی معدن: ۳۰ تا ۳۸ درجه
- شیب پله های عملیاتی: ۶۳ درجه
- شیب جاده های ارتباطی: ۸ تا ۸/۵ درصد
- عرض جاده‌های ارتباطی: ۲۵ تا ۳۰ متر
- ارتفاع پله‌های معدن: ۱۲/۵متر
- تراز اولین پله‌ی پیت از سطح آب‌های آزاد: ۲۳۶۲/۵متر
- تراز آخرین پله‌ی پیت از سطح آب‌های آزاد : ۱۶۰۰ متر
- شیب کل دامپ: ۳۰ تا ۳۲ درجه
- عرض ایمنی دامپ در دوران آماده سازی: ۴۰ متر
- عرض ایمنی دامپ در دوران بهره برداری: ۵۰ متر
- تعداد روزهای کاری معدن: ۳۶۵ روز
- تعداد شیفت‌های کاری معدن: ۳ شیفت
- تولید ماده معدنی در ۷ سال اول بهره‌برداری: ۷ میلیون تن در سال
- تولید معدن در سال‌های بعدی: ۱۴ میلیون تن در سال
- روش استخراج معدن بر اساس طرح نهایی: روش روباز

- طراحی استخراج معدن: سه پوش بک

۲-۶-۳-بارگیری و حمل و نقل در معدن مس سونگون

ناوگان ترابری معدن مس سونگون درکل شامل ماشین‌آلاتی نظیر شاول، لودر، بولدوزر، گریدر و دامپتراک است و درقسمت کارخانه نیز از نوار نقاله که یک سیستم باربری پیوسته است استفاده می-شود(شرکت معدنکاری اولنگ۱۳۸۰). درمورد بارگیری و باربری درمعدن، تک‌تک ماشین آلات مورد استفاده مهم هستند اما هماهنگی بین آن‌ها مهم‌تر است و باید ظرفیت و تعداد ماشین‌آلات معدنی باهم متناسب باشد تا ترافیک کاری و کاهش راندمان حمل و نقل به حداقل برسد.

در ادامه ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل در معدن مس سونگون شرح داده شده است.

دمپر

در معدن مس سونگون از کامیون‌های معدنی و یا دمپرهای ۳۲ تنی ،۸۰ تنی، ۱۰۵ تنی، با سه مارک euduet سوئدی، kumatsu ژاپنی و cuterpilar آمریکایی استفاده می‌شود که مزایای باربری با آن‌ها عبارتند از: حمل حجم زیاد و جداگانه انواع بار، استقلال ترافیک و سازمان‌دهی ساده‌تر به رفت‌وآمد، امکان استفاده در شیب تا ۱۰ درصد و در قوس‌ها تا شعاع ۱۰ تا ۳۰ متری، قابلیت مانور بیشتر و هماهنگی ساده‌تر با شاول یا لودر، سادگی تغییر محل بارگیری در سینه‌کار یا خاصیت مانور بیشتر(شرکت معدنکاری اولنگ ۱۳۸۰).

شاول

درمعدن مس سونگون از شاول هیدرولیکی استفاده می‌شود چون ازلحاظ فنی نسبت به شاول‌های کابلی برتری دارد و با ظرفیت مشابه هزینه‌های سرمایه گذاری شاول هیدرولیکی به مراتب کمتراز شاول کابلی است. مزایای شاول‌های هیدرولیکی عبارتند از (بصیر۱۳۸۲):

- بدون کاهش تولید از پایین به بالا کار می‌کند و در بیشتر موارد بسته به نوع سنگ، نیاز به انفجار ندارد و می‌تواند لایه لایه استخراج کند
- امکان ساختن رمپ از بالا به پایین وجود دارد
- دستگاه می‌تواند به دلخواه هر نقطه که مورد نظر باشد برداشت نماید
- سنگ‌های بزرگ را از سینه‌کار کنار می‌زند و با اندک انفجار یا شوک انفجاری برداشت انجام می‌شود

- موقعیت مرکز ثقل شاول هیدرولیکی در سطوح شیبدار مناسبتر است
- مونتاژ سریع و ساده در چند روز امکان پذیر است
- قدرت باز کردن پله و کار کردن در سطوح شیبدار
- قدرت مانور و سرعت بالا
- قیمت شاول هیدرولیکی بسیار پایین‌تر از شاول‌های کابلی مشابه است

لودر

در معدن سونگون برای بارگیری مواد معدنی و کنسانتره به دامپتراک ۳۲ تنی و تریلر کنسانتره، از لودرهای هیدرولیکی استفاده می‌شود. لودر دارای قابلیت مانور زیاد است و انتقال آن از سینه‌کاری به سینه‌کار دیگر به سرعت و سادگی انجام می‌شود. یکی از لودرهای مورد استفاده در معدن سونگون، لودر نوع کاترپیلار دارای جامی به ظرفیت ۵/۴ مترمکعب است که دامپتراک‌های ۳۲ تنی و گاهی ۸۰ تنی به وسیله آن بارگیری می‌شوند (گزارش شرکت معدنکاری اولنگ ۱۳۸۰).

بلدوزر

بولدوزر در معادن روباز کاربرد زیادی دارد، برای اینکه بارگیری بار به وسیله لودر به خوبی انجام شود باید دپوی کافی وجود داشته باشد که این عمل به وسیله بولدوزر انجام می‌شود. کارهای مهمی که به وسیله بولدوزر می‌توان انجام داد عبارتند از:

- راندن سنگ و بلوک روی وسیله نقلیه
- جمع کردن سنگ‌های آتشباری شده و پراکنده
- جابجایی خاک‌ها
- پخش خاک روی بستر
- پر کردن گودال
- احداث جاده

- ایجاد بوم‌های ایمنی Safty Bench و لازم به توضیح است که میزان کارکرد بولدوزر به نرمی و سختی خاک یا سنگ و میزان آتشباری بستگی دارد(بصیر۱۳۸۲).

۷-۳- کارخانه تغلیظ

کارخانه تغلیظ از ساختمان‌های نیمه صنعتی با مساحت ۲۵۰۰ مترمربع شامل آزمایشگاه، تعمیرگاه، ساختمان اداری و خدماتی، ساختمان‌های صنعتی با مساحت ۱۷۰۰۰ متر مربع شامل سنگ‌شکن، سیستم انتقال مواد و انبار دانه درشت[۱] خردایش، فلوتاسیون، آبگیری کنسانتره، آبگیری باطله. محوطه سازی با مساحت ۱۵۰۰۰ مترمربع؛ تشکیل شده است.

۱-۷-۳- ناحیه سنگ شکنی و انتقال مواد کارخانه تغلیظ مس سونگون

پس از عملیات استخراج مواد در معدن مس سونگون، ماده معدنی توسط کامیون به ساختمان سنگ-شکن حمل می‌شود. ابعاد سنگ معدن بر حسب نوع الگوی حفاری و کیفیت آتشباری متفاوت است. ابعاد خوراک ورودی به سنگ‌شکن نباید از ۱/۲ متر بزرگتر باشد، قبل از سنگ‌شکن برای خرد کردن سنگ‌های درشت یک دستگاه سنگ‌خردکن هیدرولیکی[۲]طراحی شده است. مواد معدنی پس از خرد شدن در سنگ‌شکن ژیراتوری تا زیر ۲۵ سانتی‌متر توسط یک فیدر آپرون[۳]که در زیر سنگ شکن قرار دارد و به وسیله دو نوار نقاله CV ۲۲ ۰۱ و CV ۲۲ ۰۲ با ظرفیت ۲۵۰۰ تن در ساعت به انبار مواد دانه درشت منتقل می‌شوند. برای جلوگیری از اختلال در عملکرد نوار بر اثر ریزش کوه، مسیری به طول تقریبی ۳۵۰ متر از نوار ۲۲ cv۰۲، از داخل تونل می‌گذرد. نوار ۲۲ cv۰۱ مجهز به یک سیستم توزین[۴]و جداکننده مغناطیسی[۵]و نوار ۲۲ cv۰۱ مجهز به فلزیاب[۶]است. در انبار دانه درشت مواد توسط ۲ فیدر آپرون و ۲ فیدر ارتعاشی که در خط عملیات قرار دارند با نوار نقاله ۲۲ cv۰۱ به سمت آسیای نیمه‌خودشکن هدایت می‌شوند(شرکت معدنکاری اولنگ ۱۳۸۰).

---

۱ Stockpile

۲ Hydraulic Rock Breaker

۳ Apron Feeder

۴ Belt Scale

۵ Magnet Separator

۶ Metal Detector

۲-۷-۳- ناحیه خردایش کارخانه تغلیظ مس سونگون

در کارخانه تغلیظ مس سونگون سنگ معدن پس از شکسته شدن در سنگ‌شکن، در انبار درشت ذخیره می‌شود و از آنجا توسط یک نوار نقاله به داخل آسیای نیمه خودشکن هدایت می‌شود. محصول آسیای نیمه خودشکن در اثر نیروی وزن به داخل دو دستگاه سرند ارتعاشی می‌ریزد، که یکی از سرندها در خط عملیات بوده و دیگری آماده به کار است.

۹-۳- جمع‌بندی

در این فصل سعی شد سیستم حمل و نقل فعلی، مشخصات و کلیات معدن مس سونگون در حد امکان معرفی شود که با توجه به تعداد زیاد ماشین آلات باربری در معدن مس سونگون و عدم تناسب و تطابق آنها با ماشین‌های بارگیری همچنین با افزایش عمر معدن و طولانی شدن مسیرهای باربری و رمپ‌ها، زمان حمل مواد افزایش می‌یابد و در این حالت سیستم باربری با کامیون به تنهایی جوابگو نخواهد بود، از این رو با توجه به شرایط معدن و رقابت در بازار جهانی باید به کمک سیستم‌های نوین ترابری ازجمله استفاده از سنگ‌شکن داخل پیت و سیستم نوار نقاله به همراه سیستم باربری با کامیون راهی برای ادامه معدنکاری با رویکرد اقتصادی و محیط زیستی گشود.در فصل بعدی به معیارهای موثر در انتخاب ناوگان ترابری و گزینه‌های ترابری در معدن مس سونگون پرداخته می‌شود.

فصل چهارم– بررسی گزینه‌ها و معیارهای مناسب برای انتخاب ناوگان ترابری

۴-۱- مقدمه

تقریبا ۸۰ درصد معادن بزرگ دنیا که به روش روباز استخراج می‌شوند و از شاول به عنوان ماشین بارگیری و از کامیون به عنوان ماشین باربری استفاده می‌شود. کامیون‌ها بدلیل داشتن تنوع ظرفیت، ظرفیت بالا، انعطاف‌پذیری بالا، قدرت مانور زیاد در فضای محدود و توانایی حمل مواد در جاده‌هایی با شیب حدود ده درصد بیشترین استفاده را در معادن روباز دارند.

با افزایش عمق معدن، سربالایی‌ها و سرازیری‌های طولانی و متعدد در مسیر حمل بوجود خواهد آمد که افزایش هزینه ترابری با کامیون را به دنبال دارد، بررسی و انتخاب گزینه ترابری به نحوی‌که از لحاظ فنی امکان‌پذیر و از نظر اقتصادی با صرفه باشد، کاملاً ضروری و اجتناب‌ناپذیر است؛ به منظور کاهش هزینه‌های ترابری در معدن مس سونگون که با سیستم حمل و نقل شاول و کامیون کار می-کند گزینه ترابری با نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت را در مقابل شاول کامیون قرار گرفته و معیار-های موثر بر سیستم حمل و نقل جمع‌آوری شده است. تمام معیارهای ترابری که برای کارشناسان معدن مس سونگون اهمیت بیشتری داشت؛ با تهیه پرسش‌نامه تعیین شده است. در این فصل معیارها و گزینه‌های این مساله تصمیم‌گیری مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۲- معیارهای موثر در انتخاب گزینه ترابری

برای انتخاب گزینه مناسب ترابری عوامل متعددی باید مورد توجه قرارگیرد، مطالعه در مورد انتخاب گزینه ترابری بسیار حائز اهمیت است و برای انتخاب گزینه مناسب ترابری معیارهای زیادی دخیل است. برای انتخاب سیستم ترابری نیاز به شناخت معیارهای مؤثر در این زمینه است تا بتوان گزینه ترابری مناسب با توجه به معیارهای موثر ترابری در معدن مس سونگون معرفی شود. در کشورهایی که با محدودیت منابع و امکانات مواجه هستند، تعیین و شناخت معیارها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

۴-۳- معیارهای اولیه ترابری در سونگون

با بررسی سابقه علمی موضوع، ۴۱ معیار برای انتخاب ناوگان حمل و نقل مناسب معدن سونگون به شرح زیر تعیین شده است:

- هزینه سرمایه‌ای
- هزینه عملیاتی: تعمیر، نگهداری، سوخت، انرژی، کارگری و ...

- ظرفیت باربری
- ظرفیت کارخانه کانه آرایی
- ظرفیت ترابری
- سرعت تولید
- توپوگرافی منطقه (نقاط بارگیری-مسیر باربری-نقاط تخلیه یا دپو)
- شیب موجود
- تعادل فاصله باربری
- فاصله حمل ماده معدنی
- فاصله حمل باطله
- پیوستگی باربری
- قوس (محدودیت قوس برای نوار)
- ابعاد (محدودیت ابعاد برای نوار)
- انعطاف در افزایش طول فاصله باربری
- اختلاف ارتفاع بین افق معدنکاری با افق کارخانه کانه‌آرایی
- سربالایی و سرازیری طولانی و متعدد
- سرعت باربری
- توان باربری
- زمان باربری
- فضای اشغال شده برای باربری
- راندمان
- ایمنی
- تعداد نیروی انسانی
- کیفیت دانه‌بندی (اندازه مواد پس از خرد شدگی)
- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کانسار

- نقاط لازم برای دپو
- ژئوتکنیک
- انعطاف پذیری تجهیزات
- قدرت مانور
- گازها
- گردو غبار
- سرو صدا و...
- بارگیری و بار بری
- بررسی اقتصادی
- پارامتر طراحی
- راندمان کلی
- حفظ کیفیت و کمیت بار
- روش استخراج
- قابلیت اطمینان
- قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش

۲-۳-۴- گزینش معیارها

برای انتخاب مهمترین معیارهای این مساله تصمیم‌گیری در مرحله اول یک پرسشنامه تهیه و بین کارشناسان معدن توزیع شد. در این پرسشنامه راجع به اهمیت معیارها سوال شده بود. با بررسی این پرسشنامه مهمترین معیارها در سه دسته معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی به شرح زیر تقسیم‌بندی شد:

۱-۲-۳-۴-معیارهای اقتصادی

مباحث اقتصادی اهمیت قابل توجهی دارند؛ از این بابت معیارهای اقتصادی ترابری معدن نیز مستثنا نیست. معدنکاری یک فعالیت اقتصادی است و صرفه اقتصادی در کار باعث دوام فعالیت و عدم صرفه

اقتصادی منجر به توقف فعالیت و تولید است. معیارهای اقتصادی انتخاب شده توسط کارشناسان ۹ معیار به قرار زیر است:

- هزینه سرمایه‌ای
- هزینه عملیاتی
- ظرفیت ترابری
- ظرفیت کارخانه کانه آرایی
- سرعت تولید
- تعداد نیروی انسانی
- ایمنی
- قابلیت اطمینان
- راندمان کلی

۲-۲-۳-۴-معیارهای فنی

معیارهای فنی گزینش شده توسط کارشناسان ۷ معیار است که به شرح زیر است:

- فاصله حمل ماده معدنی
- فاصله حمل باطله
- تعادل فاصله باربری
- پیوستگی باربری
- انعطاف پذیری تجهیزات
- قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش
- راندمان

۳-۲-۳-۴-معیارهای زیست محیطی

امروزه معیارهای زیست محیطی در دنیا از اهمیت بالایی برخوردار است که ۳ معیار در نظر گرفته شده است:

- گازهای تولید شده از ماشین‌آلات
- گرد و غبار
- سر و صدا

۴-۴-معرفی گزینه‌های ترابری

روش‌های حمل مواد معدنی که به روش روباز استخراج می شوند متنوع هستند که مهمترین سیستم-های ترابری به شرح زیر است:

۱-۴-۴-شاول هیدرولیکی و کامیون

تقریبا در تمام معادن روباز ایران و همچنین در معدن مس سونگون از این سیستم برای ترابری استفاده می‌شود. با گذشت زمان و استخراج منابع معدنی و کاهش ذخایر معدنی با عیار بالا تمایل به استخراج ذخایر با عیار کم و عمق زیاد افزایش می‌یابد. افزایش عمق همواره مشکلاتی را نظیر افزایش فاصله باربری، افزایش تعداد کامیون‌ها، ترافیک کامیون‌ها در جاده‌ها و استفاده از جاده‌های عریض‌تر به وجود می‌آورد. برای غلبه بر این مشکلات وکاهش هزینه‌ها روش سنگ‌شکن درون پیت در معادن بکار گرفته می‌شود زیرا کامیون در یک معدن تا عمق معینی (حدود ۳۰۰ متر) کاربرد دارد و بیشتر از آن عمق، استفاده از کامیون به صرفه نیست (کفایی و همکاران ۱۳۸۴).

مزایای سیستم شاول و کامیون عبارتند از:

- استقلال ترافیک و سازماندهی ساده‌تر به رفت و آمد
- امکان استفاده در شیب تا ۱۰٪ و در قوس‌ها تا شعاع ۱۰ تا ۳۰ متری
- قابلیت مانور بیشتر و هماهنگی ساده‌تر با شاول
- سادگی تغییر محل بارگیری در سینه‌کار و خاصیت مانور بیشتر
- امکان استفاده از کامیون در سینه‌کارها یا معادن دیگر هنگام توقف بهره‌برداری اصلی

معایب سیستم شاول و کامیون عبارتند از:

- هزینه‌های کارگربری، سوخت، تعمیرات و نگهداری بالا
- با فزایش عمق معدن طول مسیر باربری افزایش پیدا می‌کند که استهلاک و هزینه زیادی در بر دارد.

شکل ۴-۱- سیستم شاول هیدرولیکی و کامیون

۴-۴-۲-بیل مکانیکی و کامیون

سیستم بار گیری و باربری با بیل مکانیکی و کامیون شبیه به شاول و کامیون است و مشکلات ترافیکی و سوختی و طولانی بودن مسیر باربری و ... را دارد و ظرفیت بارگیری و باربری کمتری نسبت به شاول و کامیون دارد.

شکل ۴-۲- سیستم بیل مکانیکی و کامیون

۴-۴-۳-سنگ‌شکن و نوارنقاله درون پیت (ICC)

این سیستم حمل و نقل پیوسته چند دهه‌ای است که در معادن روباز دنیا ازجمله معدن چاکویکاماتا در شیلی و هایلندوالی در کانادا به کار گرفته شده است (اورعی و همکاران۱۳۸۸).

این سیستم ترکیبی از نوار نقاله و سنگ شکن در داخل کاواک است در این روش طرح کلی معدن به چند فاز تقسیم می‌شود، ممکن است در معدن ابتدا از یک سنگ شکن ثابت و یا نیمه متحرک در محدوده معدن استفاده کرد و تا عمقی از معدن برای باربری از کامیون بهره برد و در مراحل بعدی سنگ شکن در عمق بیشتری از معدن نصب می‌شود و باربری از کف معدن تا محل سنگ شکن در فاز دوم توسط کامیون انجام می‌شود (مالکی القلندیس، ۱۳۷۸).

با افزایش هزینه مواد سوختی و جلوگیری از آلودگی محیطی بخاطر نشت گازها، استفاده از سیستم حمل با نوار توسعه پیدا کرده‌است. مزایای استفاده از این سیستم حمل عبارتند از (مالکی القلندیس، ۱۳۷۸):

- ظرفیت بالای باربری
- باربری پیوسته
- ایمنی بالا
- کمینه شدن گرد و غبار و سر و صدا
- حداقل تغییرات در کیفیت دانه‌بندی مواد در حین انتقال
- بارگیری ساده
- به حداقل رسیدن نیروی انسانی
- قابلت انعطاف در افزایش طول باربری
- هزینه‌های عملیاتی پایین‌تر نسبت به سیستم‌های دیگر
- هزینه پایین‌تر آماده‌سازی مسیر استقرار نوار

استفاده از نوارنقاله با وجود پیوسته نمودن تولید و ظرفیت بالا، محدودیت‌هایی دارد که از مهمترین آن‌ها اندازه ابعاد مواد است. سنگ‌شکن با خردکردن سنگ‌ها و تقلیل اندازه آن‌ها استفاده از نوارنقاله را برای حمل مواد با ابعاد بزرگ ممکن می‌سازد. سنگ‌شکن باید بین جبهه‌کار و کارخانه کانه‌آرایی قرار گیرد. در این روش حمل مواد از جبهه‌کار تا سنگ‌شکن توسط کامیون و بعد از سنگ‌شکن توسط نوار انجام می‌شود. موقعیت سنگ شکن و جابه‌جایی آن در کاواک سیستم‌های معدنکاری مختلفی ایجاد می‌کند. هرچه سنگ‌شکن به جبهه‌کار استخراجی نزدیکتر شود حمل با نوار طولانی‌تر و فاصله حمل با کامیون و به تبع آن اندازه ناوگان کامیونی کوچک‌تر خواهد شد.

سنگ‌شکن‌های داخل پیت به دو دسته نیمه متحرک و متحرک تقسیم بندی می‌شوند:

۱- سنگ‌شکن نیمه متحرک: سیستم سنگ‌شکن نیمه‌متحرک نیاز به ناوگان کامیون کوچک دارد که مواد را از ماشین بارگیری گرفته و به سنگ‌شکن تحویل دهد، سیستم سنگ‌شکن نیمه‌متحرک علاوه برداشتن مزایای استفاده از نوارنقاله، به دلیل وجود کامیون‌ها انعطاف‌پذیر نیز هست که این سیستم را تقریبا در تمامی معادن روباز قابل استفاده است.

شکل ۴-۳- سیستم سنگ‌شکن نیمه متحرک و نوار نقاله

۲- سنگ‌شکن متحرک: جـزو سیستم‌های پیوسته معـدنکاری محـسوب می‌شود. سیستم سنگ-شـکن متحـرک در معادنی که میزان تولید کم و استخراج از جبهه‌کارهای محدودی انجام می‌گیرد، قابلیت کار دارد. اولین سنگ‌شـکن بکارگیری شـده در داخـل کاواک از نوع متحرک بوده که در سال ۱۹۵۶ در یک معدن سنگ آهک در آلمان استفاده شده است؛ در صورتی که میزان تولید معدن زیاد و استخراج از جبهه‌کارهای مختلف صورت گیرد استفاده از سنگ‌شکن متحرک امکان‌پذیر نیست (اورعی و همکاران، ۱۳۸۷).

شکل ۴-۴- سیستم سنگ‌شکن متحرک و نوار نقاله

۴-۵-جمع‌بندی

از آنجایی که معادن مس روباز دارای ذخایر سطحی محدود بوده و اکثراً بصورت عمیق‌اند، در نتیجه استخراج این ذخایر به پله‌های متعدد نیاز دارد، با افزایش تعداد پله‌ها و رمپ‌های موجود در معدن مسافتی که کامیون‌ها برای انتقال مواد به خارج از معدن باید بپیمایند، افزایش می‌یابد. با استفاده از سیستم سنگ‌شکنی درون معدن و حمل با نوار نقاله نه تنها نیاز به افزایش ناوگان کامیون‌ها از بین می‌رود، بلکه از ایجاد رمپ‌های طولانی به سمت دهانه معدن جلوگیری می‌شود و کاهش هزینه‌های عملیاتی را به دنبال دارد. در این فصل به بررسی معیارهای موثر و گزینه‌های ممکن ترابری درمعدن

مس سونگون پرداخته شده است. در فصل بعدی با استفاده از نظر کارشناسان معدن سونگون ماتریس‌های مقایسه زوجی بین معیارها تشکیل شده و با استفاده از روش فازی دلفی، گزینه مناسب ترابری با معرفی شده است.

فصل پنجم– انتخاب گزینه مناسب ترابری با استفاده از روش فازی دلفی

۵-۱- مقدمه

یکی از عوامل مهم در میزان استخراج معادن روباز، سیستم باربری مناسب است؛ هزینه‌های ترابری درصد زیادی از قیمت تمام شده مواد معدنی را شامل می‌شود ازین رو باید سعی شود در عملیات معدنکاری مواد معدنی با کمترین هزینه، زمان و انرژی به شکل بهینه ترابری شود. انتخاب گزینه مناسب ترابری برای یک معدن نیازمند بررسی از دیدگاه‌های مختلف است، باید حجم زیادی از اطلاعات جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه وتحلیل شوند تا ارزیابی درستی از عواملی که ممکن است در انتخاب تاثیر داشته باشند، صورت پذیرد.

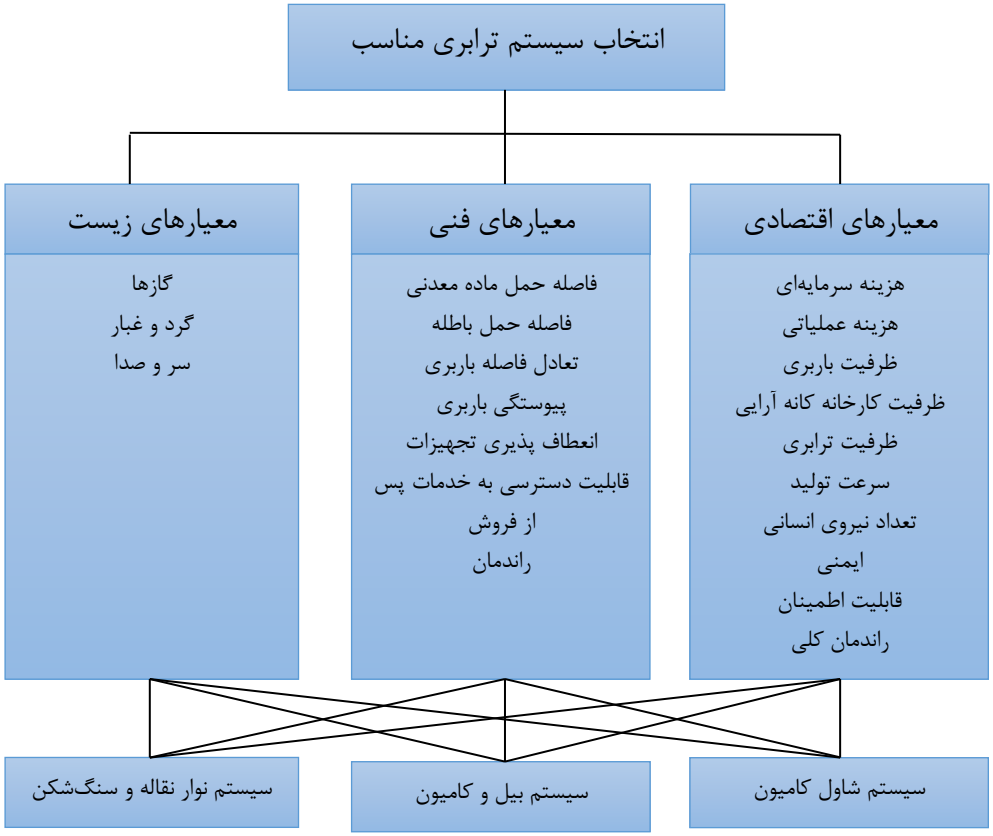
در اغلب معادن روباز ازجمله معدن مس سونگون از سیستم ترابری شاول کامیون استفاده می‌شود که با افزایش عمق معدن هزینه‌های ترابری این سیستم افزایش پیدا کرده و قیمت تمام شده ماده معدنی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد ازین رو باید قبل از بروز مشکل چاره‌ای اندیشیده شود و گزینه ترابری جایگزین با رفع اشکالات سیستم شاول کامیون کاندیدا شود تا ادامه فعالیت معدن با عدم صرفه اقتصادی روبرو نشود. مسئله دیگری که در اینجا بررسی می‌شود تأثیر مستقیم سیستم ترابری بر مسائل زیست‌محیطی است که می‌توان با انتخاب گزینه ترابری سازگار با محیط زیست این مهم را در نظر گرفت. در این فصل معیارهای موثر بر سیستم ترابری و گزینه‌های ترابری، با نظر کارشناسان به صورت زوجی مقایسه شده‌اند وبا استفاده از روش فازی دلفی سیستم ترابری مناسب معدن مس سونگون بررسی خواهد شد.

۵-۲-تعیین ساختار سلسله مراتبی مسأله

پارامترهای متعددی در انتخاب گزینه مناسب ترابری معدن وجود دارد. از آنجایی که هدف این پایان-نامه انتخاب مناسب‌ترین گزینه ترابری از لحاظ اقتصادی، فنی و محیط زیستی است، معیارهای انتخاب شده نیز بر همین اساس است که در فصل قبلی ذکر شده‌اند.

برای انتخاب گزینه مناسب ترابری از بین سه گزینه منتخب (شاول هیدرولیکی و کامیون، بیل مکانیکی و کامیون، نوار نقاله و سنگ‌شکن نیمه متحرک درون پیت)، ابتدا وزن سه معیار کلی محاسبه خواهد شد. بعد از آن با توجه به نتایج بدست آمده از پرسشنامه‌ها وزن تک تک معیارها و وزن نهایی معیارها بدست می‌آید. سپس مقایسه زوجی بین گزینه‌های ترابری نسبت به هر معیار انجام خواهد شد و وزن هر گزینه ترابری نسبت به معیارها تعیین شده، نهایتاً با داشتن وزن گزینه‌ها بر

اساس معیارها می‌توان گزینه مناسب‌تر از نظر اقتصادی، فنی و زیست محیطی را انتخاب نمود. ساختار سلسله مراتبی مساله در شکل ۵-۱ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱- ساختار سلسله مراتبی تعیین سیستم ترابری مناسب سونگون

۵-۳- محاسبه وزن معیارهای کلی

برای محاسبه وزن معیارهای کلی، معیار اقتصادی، فنی و زیست محیطی پرسشنامه‌ای تهیه و توسط ۶ نفر از کارشناسان تکمیل شد. ماتریس مقایسه زوجی و مقایسه فازی دلفی آن‌ها مطابق جدول‌های ۵ -۱ و ۵-۲ مشخص شد.

جدول ۵-۱- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای کلی

زیست محیطی	فنی	اقتصادی	کارشناس۲		زیست محیطی	فنی	اقتصادی	کارشناس۱
۷.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	اقتصادی		۶.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	اقتصادی
۵.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	فنی		۳.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	فنی
۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۱۴	زیست محیطی		۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۱۷	زیست محیطی
زیست محیطی	فنی	اقتصادی	کارشناس۴		زیست محیطی	فنی	اقتصادی	کارشناس۳
۶.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	اقتصادی		۹.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰	اقتصادی
۴.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	فنی		۷.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵	فنی
۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۱۷	زیست محیطی		۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۱	زیست محیطی
زیست محیطی	فنی	اقتصادی	کارشناس۶		زیست محیطی	فنی	اقتصادی	کارشناس۵
۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	اقتصادی		۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	اقتصادی
۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	فنی		۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	فنی
۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰	زیست محیطی		۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۳۳	زیست محیطی

جدول ۵-۲-مقایسه فازی دلفی معیارهای کلی

مقایسه شاخص ها با یکدیگر	اقتصادی			فنی			زیست محیطی		
توضیح	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX
اقتصادی	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۴۵	۱.۰۰	۰.۱۱	۰.۲۰	۰.۵۰
فنی	۱.۰۰	۲.۲۲	۵.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۲۷	۰.۵۰
زیست محیطی	۲.۰۰	۴.۸۹	۹.۰۰	۲.۰۰	۳.۶۹	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

۵-۱۳- محاسبه Z و Z_i معیارهای کلی

در این مرحله اعداد فازی Z و Z_i برای پارامترهای کلی، محاسبه شده وزن فازی غیرفازی و در نهایت وزن نهایی معیارهای کلی محاسبه و در جدول‌های ۵-۳ تا ۵-۵ درج شده است.

جدول ۵-۳-محاسبه z برای معیارهای کلی

Z	MIN	GEOMEAN	MAX
اقتصادی	۰.۰۲	۰.۰۹	۰.۵۰
فنی	۰.۱۴	۰.۶۰	۲.۵۰
زیست محیطی	۴.۰۰	۱۸.۰۲	۶۳.۰۰

جدول ۵-۴-محاسبه z_i برای معیارهای کلی

Zi	MIN	GEOMEAN	MAX
اقتصادی	۰.۰۰۷۴	۰.۰۳۰۷	۰.۱۶۶۷
فنی	۰.۰۴۷۶	۰.۲۰۰۷	۰.۸۳۳۳
زیست محیطی	۱.۳۳۳۳	۶.۰۰۸۲	۲۱.۰۰۰۰
Z1+Z2+Z3+…+Zn	۱.۳۸۸۴	۶.۲۳۹۶	۲۲.۰۰۰۰
(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-۱	۰.۷۲۰۳	۰.۱۶۰۳	۰.۰۴۵۵

جدول ۵-۵-محاسبه وزن فازی و غیر فازی و نهایی برای معیارهای کلی

وزن فازی معیار ها	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن نهایی سه شاخص اصلی
اقتصادی	۰.۰۰۵۳	۰.۰۰۴۹	۰.۰۰۷۶	۰.۰۰۵۸	۱۷۱.۲۸۸۳۹	۰.۸۵۱۵۵۲
فنی	۰.۰۳۴۳	۰.۰۳۲۲	۰.۰۳۷۹	۰.۰۳۴۷	۲۸.۸۱۷۵۹۶	۰.۱۴۳۲۶۵
زیست محیطی	۰.۹۶۰۴	۰.۹۶۲۹	۰.۹۵۴۵	۰.۹۵۹۳	۱.۰۴۲۴۶۰۶	۰.۰۰۵۱۸۳
				۱.۰۰۰۰	۲۰۱.۱۴۸۴۵	۱

۵-۳- طراحی پرسشنامه

در این مسأله تصمیم‌گیری پرسشنامه‌ای بر مبنای مقایسه زوجی با معیارهای اقتصادی شامل ۱۰ معیار، معیارهای فنی شامل ۷ معیار و معیارهای زیست محیطی شامل ۳ معیار مطابق جدول‌های پرسشنامه که در پیوست آمده است؛ طراحی و از کارشناسان خواسته شد پس از مقایسه موارد با یکدیگر نظر خود را ثبت نمایند. به عنوان مثال در جدول اول دو شاخص هزینه سرمایه‌ای و هزینه عملیاتی با یکدیگر مقایسه شده‌اند؛ اگر نظر کارشناس براین است که شاخص هزینه سرمایه‌ای نسبت به هزینه عملیاتی از اهمیت بیشتری برخوردار است باید از اعداد سمت راست علامت بزند که این اهمیت هرچه بیشتر باشد از اعداد بزرگتر مانند ۷ و ۸ استفاده نماید و برعکس، اگر نظر کارشناس این است که این دو شاخص دارای اهمیت یکسانی هستند، عدد یک را انتخاب می‌نماید.

۵-۴-نظرسنجی کارشناسان

پرسشنامه‌های طراحی شده برای ۱۰ نفر از کارشناسان متخصص با سابقه فعالیت در زمینه استخراج معدن در مجموعه مس سونگون ارسال شده است. تمامی این کارشناسان در بخش‌های مختلف معدن (دفتر فنی، عملیات طراحی و نظارت) مشغول به کار می‌باشند.

۵-۵-تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی بین معیارها

در این مرحله با استفاده از پرسشنامه تکمیل شده توسط هر کارشناس، ماتریس‌های مقایسه زوجی مختص هر کارشناس استخراج شده است که ماتریس‌های مربوط به کارشناس اول در جدول‌های (۵-۶) تا (۵-۸) درج شده و ماتریس‌های زوجی ۹ کارشناس دیگر در پیوست‌ها آمده است.

جدول ۵-۶-ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۱

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۲۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۱
C_2	۸.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۴	۵.۰۰	۲.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۲۰
C_3	۶.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۸.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۳
C_4	۷.۰۰	۷.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۴.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۳	۱.۰۰	۰.۱۴
C_5	۶.۰۰	۰.۲۰	۵.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳	۸.۰۰	۰.۱۳	۰.۲۵	۰.۱۴
C_6	۷.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۲۵	۳.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۳
C_7	۵.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۳	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۳
C_8	۸.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰
C_9	۶.۰۰	۲.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۴.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰
C_{10}	۹.۰۰	۵.۰۰	۸.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۳	۱.۰۰

جدول ۵-۷-ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۱

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۱۴
C_2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۱۷
C_3	۴.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۱۳
C_4	۵.۰۰	۲.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۷
C_5	۳.۰۰	۲.۰۰	۴.۰۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴
C_6	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳
C_7	۷.۰۰	۶.۰۰	۸.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰

جدول ۵-۸-ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۱

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۰.۲۵	۴.۰۰
C_2	۴.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰
C_3	۰.۲۵	۰.۱۷	۱.۰۰

۶-۵- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی

پس از انجام نظرسنجی و ارزیابی نتایج حاصل از آن، کلیه نتایج برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی پارامترها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ماتریس مقایسه فازی دلفی بر اساس روابط (۱-۲)، (۲-۲)، (۲-۳) برای معیارهای مساله محاسبه شده و در جدول‌های ۵-۹ تا ۵- ۱۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۵- ۹-ماتریس مقایسه فازی دلفی بین ۹ معیار اقتصادی نظر سنجی شده

معیار اقتصادی	هزینه سرمایه ای			هزینه عملیاتی			ظرفیت باربری			ظرفیت کارخانه کانه آرایی			ظرفیت ترابری			سرعت تولید			تعداد نیروی انسانی			ایمنی			قابلیت اطمینان			راندمان کلی		
توضیح	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX	MIN	GEOM EAN	MAX
هزینه سرمایه ای	۱	۱	۱	۰.۱۳	۱.۳۹	۸	۰.۱۴	۱.۲۸	۷	۰.۱۳	۱.۰۱	۷	۰.۱۴	۱.۴۵	۷	۰.۱۳	۱.۸۹	۸	۰.۱۴	۰.۸۸	۷.۰۰	۰.۲۵	۲.۱۴	۸	۰.۱۱	۲.۲۹	۹	۰.۲۵	۳.۶۰	۹
هزینه عملیاتی	۰.۱۳	۰.۷۲	۸	۱	۱	۱	۰.۱۱	۰.۶۸	۸	۰.۱۷	۱.۱۱	۸	۰.۱۴	۰.۵۷	۷	۰.۱۳	۰.۸۸	۷	۰.۱۱	۰.۱۸	۰.۳۳	۰.۱۴	۰.۷۸	۹	۰.۱۳	۱.۳۲	۷	۰.۱۴	۱.۴۴	۹
ظرفیت باربری	۰.۱۴	۰.۷۸	۷	۰.۱۳	۱.۴۶	۹	۱	۱	۱	۰.۱۴	۱.۴۶	۸	۰.۱۷	۱.۲۴	۵	۰.۱۴	۱.۳۴	۸	۰.۱۳	۰.۳۲	۴.۰۰	۰.۱۴	۰.۸۳	۹	۰.۱۱	۱.۴۸	۷	۰.۱۳	۳.۰۵	۹
ظرفیت کارخانه کانه آرایی	۰.۱۴	۱.۳۱	۸	۰.۱۳	۱.۱۲	۶	۰.۱۳	۰.۶۹	۷	۱	۱	۱	۰.۱۳	۰.۵۹	۴	۰.۱۳	۰.۵۳	۵	۰.۱۴	۰.۲۳	۰.۵۰	۰.۱۴	۰.۸۳	۹	۰.۱۱	۱.۰۹	۸	۰.۱۳	۲.۰۵	۹
ظرفیت ترابری	۰.۱۴	۰.۶۹	۷	۰.۱۴	۱.۷۷	۷	۰.۲۰	۰.۸۱	۶	۰.۲۵	۱.۷۱	۸	۱	۱	۱	۰.۱۱	۱.۱۵	۸	۰.۱۳	۰.۴۱	۸.۰۰	۰.۱۳	۰.۹۶	۹	۰.۱۱	۱.۸۶	۸	۰.۱۷	۲.۶۳	۹
سرعت تولید	۰.۱۳	۰.۵۳	۸	۰.۱۴	۱.۱۳	۸	۰.۱۳	۰.۷۵	۷	۰.۲۰	۱.۸۸	۸	۰.۱۳	۰.۸۷	۹	۱	۱	۱	۰.۱۳	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۹۳	۹	۰.۱۳	۱.۵۵	۷	۰.۲۰	۲.۸۴	۹
تعداد نیروی انسانی	۰.۱۴	۱.۱۳	۷	۵.۶۱	۳.۰۰	۹	۰.۲۵	۳.۱۳	۸	۲.۰۰	۴.۳۹	۷	۰.۱۳	۲.۴۲	۸	۱.۰۰	۴.۴۵	۸	۰.۱۳	۱	۱	۰.۱۷	۱.۹۷	۹	۰.۱۷	۲.۷۰	۸	۰.۱۴	۲.۲۹	۹
ایمنی	۰.۱۳	۰.۴۷	۴	۰.۱۱	۱.۲۸	۷	۰.۱۱	۱.۲۰	۷	۰.۱۱	۱.۲۱	۷	۰.۱۱	۱.۰۴	۸	۰.۱۱	۱.۰۷	۸	۰.۱۱	۰.۵۱	۶.۰۰	۱	۱	۱	۰.۱۱	۰.۹۶	۸	۰.۱۱	۱.۱۶	۹
قابلیت اطمینان	۰.۱۱	۰.۴۴	۹	۰.۱۴	۰.۷۶	۸	۰.۱۴	۰.۶۸	۹	۰.۱۳	۰.۹۲	۹	۰.۱۳	۰.۵۴	۹	۰.۱۴	۰.۶۵	۸	۰.۱۳	۰.۳۷	۶.۰۰	۰.۱۳	۱.۰۴	۹	۱	۱	۱	۰.۱۱	۰.۶۱	۹
راندمان کلی	۰.۱۱	۰.۲۵	۴	۰.۱۱	۰.۶۹	۷	۰.۱۱	۰.۳۳	۸	۰.۱۱	۰.۴۹	۸	۰.۱۱	۰.۳۸	۶	۰.۱۱	۰.۳۵	۵	۰.۱۱	۰.۴۴	۷.۰۰	۰.۱۱	۰.۸۶	۹	۰.۱۱	۱.۶۴	۹	۱	۱	۱

جدول ۵- ۱۰-ماتریس مقایسه فازی دلفی بین ۷معیارفنی

معیار فنی	فاصله حمل ماده معدنی			فاصله حمل باطله			تعادل فاصله باربری			پیوستگی باربری			انعطاف پذیری تجهیزات			قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش			راندمان		
توضیح	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX
فاصله حمل ماده معدنی	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۹۳	۶.۰۰	۰.۱۷	۱.۲۱	۵.۰۰	۰.۱۴	۱.۹۲	۶.۰۰	۰.۵۰	۲.۴۴	۷.۰۰	۰.۲۰	۰.۷۹	۸.۰۰	۰.۲۵	۲.۲۸	۹.۰۰
فاصله حمل باطله	۰.۱۷	۱.۰۷	۸.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۸۲	۵.۰۰	۰.۱۳	۰.۷۴	۵.۰۰	۰.۱۷	۱.۵۱	۶.۰۰	۰.۱۳	۰.۸۸	۹.۰۰	۰.۳۳	۲.۵۹	۹.۰۰
تعادل فاصله باربری	۰.۲۰	۰.۸۳	۶.۰۰	۰.۲۰	۱.۲۱	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۸۵	۷.۰۰	۰.۲۵	۱.۷۸	۸.۰۰	۰.۱۳	۱.۳۱	۷.۰۰	۰.۳۳	۳.۳۶	۹.۰۰
پیوستگی باربری	۰.۱۷	۰.۵۲	۷.۰۰	۰.۲۰	۱.۳۴	۸.۰۰	۰.۱۴	۰.۳۵	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۸۴	۸.۰۰	۰.۱۳	۰.۸۶	۷.۰۰	۰.۲۵	۳.۰۸	۹.۰۰
انعطاف پذیری تجهیزات	۰.۱۴	۰.۴۱	۲.۰۰	۰.۱۷	۰.۶۶	۶.۰۰	۰.۱۳	۰.۵۶	۴.۰۰	۰.۱۳	۱.۱۹	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۹۹	۷.۰۰	۰.۳۳	۳.۲۴	۹.۰۰
قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش	۰.۱۳	۱.۲۶	۵.۰۰	۰.۱۱	۱.۱۳	۸.۰۰	۰.۱۴	۰.۷۶	۸.۰۰	۰.۱۴	۱.۱۶	۸.۰۰	۰.۱۴	۱.۰۱	۵.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۱.۴۷	۹.۰۰
راندمان	۰.۱۱	۰.۴۴	۴.۰۰	۰.۱۱	۰.۳۹	۳.۰۰	۰.۱۱	۰.۳۰	۳.۰۰	۰.۱۱	۰.۳۲	۴.۰۰	۰.۱۱	۰.۳۱	۳.۰۰	۰.۱۱	۰.۶۸	۶.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

جدول ۵- ۱۱-ماتریس مقایسه فازی دلفی بین ۳ معیار زیست محیطی

معیار زیست محیطی	گازها			گرد و غبار			سر و صدا		
توضیح	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX
گازها	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۱.۵۱	۸.۰۰	۰.۱۱	۰.۶۳	۶.۰۰
گرد و غبار	۰.۱۳	۰.۶۶	۸.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۱	۷.۰۰	۹.۰۰
سر و صدا	۰.۱۷	۱.۵۹	۹.۰۰	۰.۱۴	۱.۸۱	۹.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

۹-۵- محاسبه Z و Z_i

در این مرحله اعداد فازی Z و Z_i به ازای معیارهای مختلف، بر اساس روابط (۲-۴) و (۲-۵) محاسبه شده و نتیجه محاسبات در جدول‌های ۵-۱۲ تا ۵-۱۷ درج شده است.

جدول ۵-۱۲- محاسبه z برای معیارهای اقتصادی

Z	MIN	GEOMEAN	MAX
هزینه سرمایه ای	۳.۹۵۴۳۳□-۰۸	۷۶.۷۴	۹۹۵۷۴۲۷۲
هزینه عملیاتی	۱.۱۷۱۶۵□-۰۸	۰.۰۷	۴۷۴۱۶۳۲
ظرفیت باربری	۱.۵۰۶۴۱□-۰۸	۳.۲۹	۴۵۷۲۲۸۸۰
ظرفیت کارخانه کانه آرایی	۹.۸۸۵۸۴□-۰۹	۰.۱۳	۲۱۷۷۲۸۰
ظرفیت ترابری	۳.۲۸۰۶۳□-۰۸	۳.۷۶	۹۷۵۴۲۱۴۴
سرعت تولید	۲.۱۷۹۸۳□-۰۸	۰.۷۵	۱۸۲۸۹۱۵۲
تعداد نیروی انسانی	۰.۰۰۰۱۰۶۲۹۳	۱۱۴۷۱.۷۷	۱۴۶۳۱۳۲۱۶
ایمنی	۲.۹۰۳۸۲□-۰۹	۰.۵۵	۳۷۹۳۳۰۵۶
قابلیت اطمینان	۸.۷۸۷۴۱□-۰۹	۰.۰۲	۲۰۴۰۷۳۳۴۴
راندمان کلی	۲.۵۸۱۱۷□-۰۹	۰.۰۰	۳۰۴۸۱۹۲۰

جدول ۵-۱۳- محاسبه z_i برای معیارهای اقتصادی

MAX	GEOMEAN	MIN	Z_i
6.31	1.54	0.18	هزینه سرمایه ای
4.65	0.77	0.16	هزینه عملیاتی
5.83	1.13	0.17	ظرفیت باربری
4.30	0.82	0.16	ظرفیت کارخانه کانه آرایی
6.29	1.14	0.18	ظرفیت ترابری
5.32	0.97	0.17	سرعت تولید
6.55	2.55	0.40	تعداد نیروی انسانی
5.73	0.94	0.14	ایمنی
6.78	0.66	0.16	قابلیت اطمینان
5.60	0.54	0.14	راندمان کلی
57.37	11.07	1.85	Z1+Z2+Z3+…+Zn
0.02	0.09	0.54	(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1

جدول ۵-۱۴- محاسبه z برای معیارهای فنی

MAX	GEOMEAN	MIN	Z
۹۰۷۲۰	۹.۵۹	۷.۴۴۰۴۸□-۰۵	فاصله حمل ماده معدنی
۹۷۲۰۰	۲.۲۷	۲.۰۶۶۸□-۰۵	فاصله حمل باطله
۱۴۸۱۷۶	۲۲.۵۲	۰.۰۰۰۴۱۶۶۶۷	تعادل فاصله باربری
۲۸۲۲۴	۰.۵۴	۲.۱۲۵۸۵□-۰۵	پیوستگی باربری
۲۱۱۶۸	۰.۵۹	۲.۴۸۰۱۶□-۰۵	انعطاف پذیری تجهیزات
۱۱۵۲۰۰	۱.۸۷	۶.۷۴۸۷۳□-۰۶	قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش
۲۵۹۲	۰.۰۰	۱.۸۸۱۶۸□-۰۶	راندمان

جدول ۵-۱۵- محاسبه z_i برای معیارهای فنی

MAX	GEOMEAN	MIN	Z_i
5.11	1.38	0.26	فاصله حمل ماده معدنی
5.16	1.12	0.21	فاصله حمل باطله
5.48	1.56	0.33	تعادل فاصله باربری
4.32	0.92	0.22	پیوستگی باربری
4.15	0.93	0.22	انعطاف پذیری تجهیزات
5.29	1.09	0.18	قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش
3.07	0.44	0.15	راندمان
32.58	7.45	1.57	Z1+Z2+Z3+…+Zn
0.03	0.13	0.64	(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1

جدول ۵-۱۶- محاسبه z برای معیارهای زیست محیطی

Z	MIN	GEOMEAN	MAX
گازها	۰.۰۱	۰.۹۵	۴۸
گرد و غبار	۰.۰۱	۴.۶۵	۷۲
سر و صدا	۰.۰۲	۲.۸۷	۸۱

جدول ۵-۱۷- محاسبه z_i برای معیارهای زیست محیطی

Z_i	MIN	GEOMEAN	MAX
گازها	0.54	0.99	1.74
گرد و غبار	0.54	1.25	1.84
سر و صدا	0.59	1.16	1.87
Z1+Z2+Z3+…+Zn	1.67	3.40	5.45
(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1	0.60	0.29	0.18

۵-۱۰- محاسبه وزن فازی و غیر فازی معیارها

در این مرحله وزن فازی و غیر فازی معیارها بر اساس روابط (۲-۶) و (۲-۷) محاسبه و نتایج آن در جدول‌های ۵-۱۸ تا ۵-۲۰ آورده شده است.

جدول ۵-۱۸- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای معیارهای اقتصادی

وزن فازی معیار ها	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن پارامترها بدون در نظر گرفتن وزن معیارهای کلی
هزینه سرمایه ای	۰.۱۰	۰.۱۴	۰.۱۱	۰.۱۱	۸.۷۲	۰.۰۸
هزینه عملیاتی	۰.۰۹	۰.۰۹	۰.۰۸	۰.۰۹	۱۱.۶۲	۰.۱۱
ظرفیت باربری	۰.۰۹	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۰	۱۰.۲۷	۰.۱۰
ظرفیت کارخانه کانه آرایی	۰.۰۹	۰.۰۷	۰.۰۸	۰.۰۸	۱۲.۸۳	۰.۱۲
ظرفیت ترابری	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۱	۰.۱۰	۹.۷۱	۰.۰۹
سرعت تولید	۰.۰۹	۰.۰۹	۰.۰۹	۰.۰۹	۱۰.۹۹	۰.۱۰
تعداد نیروی انسانی	۰.۲۲	۰.۲۳	۰.۱۱	۰.۱۸	۵.۶۰	۰.۰۵
ایمنی	۰.۰۸	۰.۰۹	۰.۱۰	۰.۰۹	۱۱.۵۹	۰.۱۱
قابلیت اطمینان	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۱۲	۰.۰۸	۱۱.۸۶	۰.۱۱
راندمان کلی	۰.۰۷	۰.۰۵	۰.۱۰	۰.۰۷	۱۴.۰۷	۰.۱۳
					۱۰۷.۲۷	۱

جدول ۵-۱۹- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای معیارهای فنی

وزن فازی معیار ها	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن معیارها بدون در نظر گرفتن وزن معیارهای کلی
فاصله حمل ماده معدنی	۰.۱۶	۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۱۷	۵.۹۴	۰.۱۱
فاصله حمل باطله	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۱۶	۰.۱۵	۶.۷۴	۰.۱۳
تعادل فاصله باربری	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۱۷	۰.۱۹	۵.۱۴	۰.۱۰
پیوستگی باربری	۰.۱۴	۰.۱۲	۰.۱۳	۰.۱۳	۷.۶۵	۰.۱۵
انعطاف پذیری تجهیزات	۰.۱۴	۰.۱۲	۰.۱۳	۰.۱۳	۷.۶۷	۰.۱۵
قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش	۰.۱۲	۰.۱۵	۰.۱۶	۰.۱۴	۷.۱۲	۰.۱۴
راندمان	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۰۹	۰.۰۸	۱۲.۲۴	۰.۲۳
					۵۲.۴۹	۱

جدول ۵-۲۰- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای معیارهای زیست محیطی

وزن فازی معیار ها	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن معیارها بدون در نظر گرفتن وزن معیارهای کلی
گازها	۰.۳۲	۰.۲۹	۰.۳۲	۰.۳۱	۳.۲۱	۰.۳۵
گرد و غبار	۰.۳۲	۰.۳۷	۰.۳۴	۰.۳۲	۳.۰۸	۰.۳۴
سر و صدا	۰.۳۵	۰.۳۴	۰.۳۴	۰.۳۵	۲.۹۰	۰.۳۲
					۹.۱۹	۱

۵-۱۱- محاسبه وزن نهایی معیارها

با کمک وزن نهایی معیارهای کلی درج شده در جدول ۵-۵، وزن نهایی تک تک معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی مطابق جدول ۵-۲۱ محاسبه شد.

جدول ۵-۲۱-محاسبه وزن نهایی برای تمام معیارها

توضیح	وزن معیارها	وزن سه معیار کلی	وزن نهایی
هزینه سرمایه ای	۰.۰۸	۰.۸۵	۰.۰۶۹۳
هزینه عملیاتی	۰.۱۱	۰.۸۵	۰.۰۹۲۳
ظرفیت باربری	۰.۱۰	۰.۸۵	۰.۰۸۱۵
ظرفیت کارخانه کانه آرایی	۰.۱۲	۰.۸۵	۰.۱۰۱۸
ظرفیت ترابری	۰.۰۹	۰.۸۵	۰.۰۷۷۱
سرعت تولید	۰.۱۰	۰.۸۵	۰.۰۸۷۲
تعداد نیروی انسانی	۰.۰۵	۰.۸۵	۰.۰۴۴۵
ایمنی	۰.۱۱	۰.۸۵	۰.۰۹۲۰

قابلیت اطمینان	۰.۱۱	۰.۸۵	۰.۰۹۴۲
راندمان کلی	۰.۱۳	۰.۸۵	۰.۱۱۱۷
فاصله حمل ماده معدنی	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۰۱۵۷
فاصله حمل باطله	۰.۲۵	۰.۱۴	۰.۰۳۶۳
تعادل فاصله باربری	۰.۲۱	۰.۱۴	۰.۰۲۹۸
پیوستگی باربری	۰.۱۰	۰.۱۴	۰.۰۱۴۱
انعطاف پذیری تجهیزات	۰.۱۵	۰.۱۴	۰.۰۲۲۱
قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش	۰.۰۹	۰.۱۴	۰.۰۱۲۴
راندمان	۰.۰۹	۰.۱۴	۰.۰۱۳۰
گازها	۰.۰۶	۰.۰۱	۰.۰۰۰۴
گرد و غبار	۰.۱۲	۰.۰۱	۰.۰۰۰۸
سر و صدا	۰.۱۳	۰.۰۱	۰.۰۰۰۹
			۰.۹۹۶۹

جدول ۵-۲۲-وزن معیارها به ترتیب از بالا به پایین

توضیح	مرتب سازی وزن معیارها
راندمان کلی	۰.۱۱۱۷
ظرفیت کارخانه کانه آرایی	۰.۱۰۱۸
قابلیت اطمینان	۰.۰۹۴۲
هزینه عملیاتی	۰.۰۹۲۳
ایمنی	۰.۰۹۲۰
سرعت تولید	۰.۰۸۷۲
ظرفیت باربری	۰.۰۸۱۵
ظرفیت ترابری	۰.۰۷۷۱
هزینه سرمایه ای	۰.۰۶۹۳
تعداد نیروی انسانی	۰.۰۴۴۵
فاصله حمل باطله	۰.۰۳۶۳
تعادل فاصله باربری	۰.۰۲۹۸
انعطاف پذیری تجهیزات	۰.۰۲۲۱
فاصله حمل ماده معدنی	۰.۰۱۵۷
پیوستگی باربری	۰.۰۱۴۱
راندمان	۰.۰۱۳۰
قابلت دسترسی به خدمات پس از فروش	۰.۰۱۲۴
سر و صدا	۰.۰۰۰۹
گرد و غبار	۰.۰۰۰۸
گازها	۰.۰۰۰۴

۱۵-۵-انتخاب سیستم مناسب ترابری

برای انتخاب سیستم ترابری مناسب؛ گزینه‌های ترابری به صورت زوجی نسبت به تمام معیارها مقایسه شده و وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها تعیین و گزینه‌ای که بیشترین وزن را نسبت به معیارها کسب کند به عنوان گزینه برتر انتخاب خواهد شد.

۱۶-۵- نماد اختصاری گزینه‌های ترابری

برای سادگی در ادامه از نماد اختصاری به جای گزینه ترابری استفاده می‌شود.

جدول ۲۳-۵ نماد اختصاری گزینه‌های ترابری

T_1:	شاول کامیون	T_2:	بیل و کامیون	T_3:	نوارنقاله و سنگ‌شکن داخل پیت

۱۷-۵- تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی بین گزینه‌های مناسب ترابری

در این مرحله با استفاده از نظر کارشناس، ماتریس‌های مقایسه زوجی بین گزینه‌های ترابری نسبت به هر معیار تشکیل شده است که در جدول‌های (۲۴-۵) تا (۲۶-۵) درج شده‌اند.

جدول ۵-۲۴-ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری از نظراقتصادی

هزینه سرمایه ای	T1	T2	T3	هزینه عملیاتی	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	T1	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۱۷
T2	۰.۲۵	۱.۰۰	۶.۰۰	T2	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵
T3	۰.۳۳	۰.۱۷	۱.۰۰	T3	۶.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰

ظرفیت باربری	T1	T2	T3	تعداد نیروی انسانی	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۴.۰۰	۰.۲۰	T1	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷
T2	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۱۳	T2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷
T3	۵.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	T3	۶.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰

ایمنی	T1	T2	T3	ظرفیت کارخانه کانه آرایی	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۳.۰۰	۰.۲۰	T1	۱.۰۰	۳.۰۰	۰.۲۵
T2	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۱۴	T2	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۲۰
T3	۵.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	T3	۴.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰

ظرفیت ترابری	T1	T2	T3	سرعت تولید	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۵.۰۰	۰.۲۰	T1	۱.۰۰	۴.۰۰	۰.۲۰
T2	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۱۳	T2	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۱۳
T3	۵.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	T3	۵.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰

قابلیت اطمینان	T1	T2	T3	راندمان کلی	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۴.۰۰	۰.۲۵	T1	۱.۰۰	۵.۰۰	۰.۲۰
T2	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۱۴	T2	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۱۳
T3	۴.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	T3	۵.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰

جدول ۵-۲۵-ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری از نظر فنی

فاصله حمل ماده معدنی	T1	T2	T3	فاصله حمل باطله	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	T1	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰
T2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	T2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰
T3	۵.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	T3	۵.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰

تعادل فاصله باربری	T1	T2	T3	پیوستگی باربری	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	T1	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۱
T2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	T2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۱
T3	۷.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	T3	۹.۰۰	۹.۰۰	۱.۰۰

انعطاف پذیری تجهیزات	T1	T2	T3	قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	T1	۱.۰۰	۰.۵۰	۴.۰۰
T2	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	T2	۲.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰
T3	۰.۱۷	۰.۱۷	۱.۰۰	T3	۰.۲۵	۰.۲۰	۱.۰۰

راندمان	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۴.۰۰	۰.۱۷
T2	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۱۳
T3	۶.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰

جدول ۵-۲۶-ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی

گازها	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۱۴
T2	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۱۷
T3	۷.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰

گرد و غبار	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۱۳
T2	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴
T3	۸.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰

سر و صدا	T1	T2	T3
T1	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۱۳
T2	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴
T3	۸.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰

۱۸-۵- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی دلفی

پس از انجام نظرسنجی و ارزیابی نتایج حاصل از آن، کلیه نتایج برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های ترابری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ماتریس مقایسه فازی دلفی بر اساس روابط (۲-۱)، (۲-۲)، (۲-۳) برای گزینه‌های مساله محاسبه شده و در جدول‌های ۵-۲۷ تا ۵-۲۹ نشان داده شده‌اند.

جدول ۵-۲۷ ماتریس مقایسه فازی دلفی بین گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی

مقایسه گزینه ها نسبت به معیارهای اقتصادی	شاول و کامیون			بیل و کامیون			نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت		
توضیح	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX
شاول و کامیون	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۳۶	۲.۰۰	۰.۳۳	۳.۷۸	۶.۰۰
بیل و کامیون	۰.۵۰	۲.۷۹	۵.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۴.۵۷	۸.۰۰
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۱۷	۰.۲۶	۳.۰۰	۰.۱۳	۰.۲۲	۶.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

جدول ۵-۲۸ ماتریس مقایسه فازی دلفی بین گزینه‌های ترابری از نظر فنی

مقایسه گزینه ها نسبت به شاخص فنی	شاول و کامیون			بیل و کامیون			نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت		
توضیح	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX
شاول و کامیون	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۹۱	۲.۰۰	۰.۱۷	۲.۳۵	۹.۰۰
بیل و کامیون	۰.۵۰	۱.۱۰	۴.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۲.۳۷	۹.۰۰
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۱۱	۰.۴۳	۶.۰۰	۰.۱۱	۰.۴۲	۶.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

جدول ۵-۲۹ ماتریس مقایسه فازی دلفی بین گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی

مقایسه گزینه ها نسبت به شاخص زیست محیطی	شاول و کامیون			بیل و کامیون			نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت		
توضیح	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX	MIN	GEOMEAN	MAX
شاول و کامیون	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۱.۲۶	۲.۰۰	۷.۰۰	۷.۶۵	۸.۰۰
بیل و کامیون	۰.۵۰	۰.۷۹	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۶.۶۵	۷.۰۰
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

۱۹-۵-محاسبه Z و Z_i

در این مرحله اعداد فازی Z و Z_i به ازای گزینه‌های ترابری مختلف، براساس روابط (۲-۴) و (۲-۵) محاسبه شده و نتیجه محاسبات در جدول‌های ۵-۳۰ تا ۵-۳۲ درج شده است.

جدول ۵-۳۰- محاسبه Z و Z_i برای گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی

MAX	GEOMEAN	MIN	Z
۱۲.۰۰	۱.۳۵	۰.۰۷	شاول و کامیون
۴۰.۰۰	۱۲.۷۷	۰.۰۸	بیل و کامیون
۱۸.۰۰	۰.۰۶	۰.۰۲	نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت
MAX	GEOMEAN	MIN	Zi
۴.۰۰	۰.۴۵	۰.۰۲	شاول و کامیون
۱۳.۳۳	۴.۲۶	۰.۰۳	بیل و کامیون
۶.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۱	نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت
۲۳.۳۳	۴.۷۳	۰.۰۶	Z1+Z2+Z3+…+Zn
۰.۰۴	۰.۲۱	۱۷.۵۶	(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1

جدول ۵-۳۱- محاسبه Z و Z_i برای گزینه‌های ترابری از نظر فنی

MAX	GEOMEAN	MIN	Z
۱۸.۰۰	۲.۱۳	۰.۰۴	شاول و کامیون
۳۶.۰۰	۲.۶۲	۰.۰۸	بیل و کامیون
۳۶.۰۰	۰.۱۸	۰.۰۱	نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت
MAX	GEOMEAN	MIN	Zi
۶.۰۰	۰.۷۱	۰.۰۱	شاول و کامیون
۱۲.۰۰	۰.۸۷	۰.۰۳	بیل و کامیون
۱۲.۰۰	۰.۰۶	۰.۰۰	نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت
۳۰.۰۰	۱.۶۴	۰.۰۵	Z1+Z2+Z3+…+Zn
۰.۰۳	۰.۶۱	۲۱.۸۴	(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1

جدول ۵-۳۲- محاسبه Z و Z_i برای گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی

MAX	GEOMEAN	MIN	Z
۱۶.۰۰	۹.۶۴	۳.۵۰	شاول و کامیون
۱۴.۰۰	۵.۲۸	۳.۰۰	بیل و کامیون
۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت
MAX	GEOMEAN	MIN	Zi
۵.۳۳	۳.۲۱	۱.۱۷	شاول و کامیون
۴.۶۷	۱.۷۶	۱.۰۰	بیل و کامیون
۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت
۱۰.۰۱	۴.۹۸	۲.۱۷	Z1+Z2+Z3+…+Zn
۰.۱۰	۰.۲۰	۰.۴۶	(Z1+Z2+Z3+…+Zn)^-1

۲۰-۵-محاسبه وزن فازی و غیر فازی گزینه‌های ترابری

در این مرحله وزن فازی و غیر فازی گزینه‌های ترابری بر اساس روابط (۲-۵) و (۲-۶) محاسبه و نتایج آن در جدول‌های ۵-۳۳ تا ۵-۳۵ آورده شده است.

جدول ۵-۳۳- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی

وزن فازی گزینه های ترابری	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن نهایی گزینه‌های ترابری از نظر اقتصادی بدون در نظر گرفتن وزن معیارهای کلی
شاول و کامیون	۰.۳۹	۰.۱۰	۰.۱۷	۰.۱۹	۵.۳۹	۰.۲۰
بیل و کامیون	۰.۴۹	۰.۹۰	۰.۵۷	۰.۶۳	۱.۵۹	۰.۰۶
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۱۲	۰.۰۰	۰.۲۶	۰.۰۵	۱۹.۸۶	۰.۷۴
				۰.۸۷	۲۶.۸۳	۱.۰۰

جدول ۵-۳۴- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای گزینه‌های ترابری از نظر فنی

وزن فازی گزینه های ترابری	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن نهایی گزینه های ترابری از نظر فنی بدون در نظر گرفتن وزن معیارهای کلی
شاول و کامیون	۰.۲۴	۰.۱۵	۰.۲۶	۰.۲۱	۴.۷۴	۰.۲۳
بیل و کامیون	۰.۴۹	۰.۱۸	۰.۵۱	۰.۳۶	۲.۷۹	۰.۱۴
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۰۷	۰.۰۱	۰.۵۱	۰.۰۸	۱۲.۸۵	۰.۶۳
				۰.۶۵	۲۰.۳۸	۱.۰۰

جدول ۵-۳۵- محاسبه وزن فازی وغیر فازی برای گزینه‌های ترابری از نظر زیست محیطی

وزن فازی گزینه های ترابری	MIN	GEOMEAN	MAX	وزن غیر فازی	(وزن غیرفازی)^-۱	وزن نهایی گزینه های ترابری از نظر زیست محیطی بدون در نظر گرفتن وزن معیارهای کلی
شاول و کامیون	۲۰.۴۹	۰.۶۸	۰.۲۳	۱.۴۷	۰.۶۸	۰.۰۰۲
بیل و کامیون	۱۷.۵۶	۰.۳۷	۰.۲۰	۱.۰۹	۰.۹۱	۰.۰۰۳
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۱۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۲۷۲.۷۹	۰.۹۹۴
				۲.۵۷	۲۷۴.۳۹	۱.۰۰

۲۱-۵- محاسبه وزن نهایی گزینه‌های ترابری

با کمک وزن نهایی معیارهای اصلی در جدول ۵-۵، وزن نهایی گزینه‌ها محاسبه شده که در جدول ۵-۳۶ درج شده است.

جدول ۵-۳۶-محاسبه وزن نهایی گزینه‌های ترابری نسبت به معیارها

توضیح	وزن گزینه‌های ترابری بر اساس معیارهای اقتصادی	وزن معیاراقتصادی	وزن نهایی
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۷۴۰	۰.۸۵۲	۰.۶۳۰
شاول کامیون	۰.۲۰۱	۰.۸۵۲	۰.۱۷۱
بیل و کامیون	۰.۰۵۹	۰.۸۵۲	۰.۰۵۰
توضیح	وزن گزینه‌های ترابری بر اساس معیارهای فنی	وزن معیارفنی	وزن نهایی
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۶۳۱	۰.۱۴۳	۰.۰۹۰
شاول کامیون	۰.۲۳۲	۰.۱۴۳	۰.۰۳۳
بیل و کامیون	۰.۱۳۷	۰.۱۴۳	۰.۰۲۰
توضیح	وزن گزینه‌های ترابری بر اساس معیارهای زیست محیطی	وزن معیار زیست محیطی	وزن نهایی
نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت	۰.۹۹۴	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷
بیل و کامیون	۰.۰۰۳	۰.۰۰۷	۰.۰۰۰
شاول کامیون	۰.۰۰۲	۰.۰۰۷	۰.۰۰۰
			۱.۰۰۲

جدول ۵-۳۷-محاسبه وزن نهایی برای گزینه‌های ترابری

وزن نهایی نوار نقاله و سنگ شکن از نظر اقتصادی، فنی و زیست محیطی	۰.۷۲۸
وزن نهایی شاول کامیون از نظر اقتصادی، فنی و زیست محیطی	۰.۲۰۴
وزن نهایی بیل و کامیون از نظر اقتصادی، فنی و زیست محیطی	۰.۰۷۰
	۱.۰۰

با توجه به محاسبات انجام شده و نتیجه به‌دست آمده، سیستم نوار نقاله و سنگ شکن بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده که به عنوان گزینه برتر انتخاب خواهد شد. شاول هیدرولیکی و کامیون و بیل مکانیکی و کامیون به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

۵-۲۲- جمع‌بندی

در این فصل پس از معرفی معیارها و گزینه‌های مسأله، با استفاده از روش فازی دلفی حل مسأله آغاز شده و با توجه به پرسش‌نامه‌های ارسالی برای کارشناسان متخصص اهمیت هر معیار با تشکیل ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها و استفاده از روابط بیان شده در فصل دوم محاسبه شد. سپس

ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها با توجه به معیارها تشکیل شد و وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها محاسبه شد. در انتها وزن نهایی هر گزینه برای تعیین سیستم ترابری مناسب محاسبه شد. سیستم نوار نقاله و سنگ‌شکن با توجه به مزایا و نکات مثبت به عنوان گزینه برتر انتخاب شد؛ بعد از آن به ترتیب سیستم شاول کامیون و بیل و کامیون امتیازهای بعدی را کسب کردند.

فصل ششم– نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱-۶- نتیجه‌گیری

سیستم حمل و نقل که به تنهایی ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای معادن روباز را تشکیل می‌دهد، می‌تواند اقتصادی بودن یک معدن را به خطر اندازد و یا حداقل سبب شود که بخشی از ذخیره‌ی قابل استخراج معدن به ذخیره‌ی غیر قابل استخراج تبدیل شود. وجود سیستم ترابری مناسب در معدن به منظور کاهش هزینه‌ها و همچنین کاهش اثرات زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. امروزه با توجه به هزینه‌های زیاد معدنکاری، تلاش معدن‌کاران در جهت بهینه‌سازی روش‌های استخراجی افزایش پیدا کرده است که در این پژوهش هدف اصلی کاهش هزینه‌های ترابری و همچنین در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی با انتخاب گزینه مناسب ترابری است. در انتخاب گزینه ترابری پارامترهای زیادی تاثیر گذار هستند و محققین بسیاری در زمینه انتخاب سیستم ترابری مناسب، تلاش‌های بسیاری انجام داده‌اند، اما هر کدام از محققین پارامترهای متفاوتی را مورد بررسی قرار دادند که بیشتر آن‌ها در زمینه اقتصادی بوده است. در این پژوهش علاوه بر پارامترهای اقتصادی، فنی، پارامترهای زیست محیطی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. با توجه به متفاوت بودن اهمیت معیارهای تصمیم‌گیری برای انتخاب سیستم ترابری مناسب و متفاوت بودن نظر کارشناسان در ارتباط با یک مسأله، انتخاب به کمک روش تصمیم گیری فازی دلفی انجام شد. در فصل های قبل به معرفی معیارهای موثر در انتخاب و روش‌های تصمیم گیری پرداخته و پس از آن بررسی موضوع اصلی پژوهش، انتخاب سیستم مناسب ترابری بر اساس امتیاز کسب شده از معیارها در معدن مس سونگون با استفاده از روش تصمیم گیری فازی دلفی انجام شد. در راستای انجام تحقیق ۱۹ معیار منتخب از طرف کارشناسان در سه دسته اقتصادی، فنی و زیست محیطی قرار گرفتند که با تهیه‌ی سه پرسشنامه و ارائه آن به کارشناسان و متخصصان آن معدن، نظرات آن ها مورد بررسی قرار گرفت. پرسشنامه اول مقایسه زوجی تمام معیارها در سه دسته اصلی را انجام داد و وزن تک تک معیارها بوسیله روش فازی دلفی محاسبه شد. با کمک پرسشنامه دوم، مقایسه زوجی سه دسته اصلی معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی انجام و وزن آن‌ها محاسبه شد. با کمک پرسشنامه سوم مقایسه زوجی بین گزینه‌های ترابری نسبت به معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی انجام شد و وزن گزینه‌ها محاسبه شد. در پایان با بررسی تمامی امتیازات و وزن‌های حاصله از نظرات کارشناسان با استفاده از روش فازی دلفی مشخص شد که سیستم نوار نقاله و سنگ شکن داخل پیت با امتیاز ۰/۷ رتبه اول و بعد از آن به ترتیب شاول کامیون با ۰/۲ و بیل و کامیون با ۰/۰۷ رتبه‌های بعدی را

کسب کردند. با توجه به جدول ۵-۶۲ گزینه برتر از نظر معیارهای اقتصادی، فنی و زیست محیطی نوارنقاله و سنگ شکن است. بعد از نوار نقاله سیستم شاول کامیون از نظر معیار اقتصادی و فنی برتر از بیل و کامیون معرفی شده و از نظر معیار زیست محیطی بعد از بیل و کامیون قرار می‌گیرد؛ سیستم بیل و کامیون هم از نظر معیار اقتصادی و فنی در رتبه آخر قرار گرفته است و بارتوجه به جدول ۵-۵ معیار اقتصادی در درجه اهمیت بالاتری نسبت به معیارهای فنی و معیارهای فنی در جه اهمیت بالاتری نسبت به معیار زیست محیطی قرار دارند.

۲-۶- پیشنهادها

با توجه به پژوهش انجام شده و نتایج بدست آمده با نظر کارشناسان معدن مس سونگون و موفقیت آمیز بودن استفاده از این سیستم در معادن بزرگ دنیا استفاده سیستم ترابری با نوار نقاله و سنگ شکن نیمه متحرک داخل پیت برای معدن سونگون پیشنهاد می‌شود.

امروزه برای صرفه‌جویی در هزینه، زمان، انرژی بایستی از تکنولوژی روز دنیا بهره گرفت تا بتوان از منابع به صورت بهینه بهره برداری نمود ازین رو بررسی سیستم نوار نقاله و سنگ‌شکن به عنوان جایگزینی مناسب برای سیستم ترابری در معادن عمیق و بزرگ با عمر بیش از ۱۰ سال و فاصله زیاد باربری توصیه می‌شود.

طراحی سنگ‌شکن داخل پیت برای سال‌های مختلف استخراج با در نظر گرفتن تعادل فاصله باربری در معدن مس سونگون مطالعه شود.

قابلت سنگ شکن موجود در معدن برای استقرار درون پیت مطالعه شود.

منابع فارسی

اصانلو م، ۱۳۷۴،"طراحی، برنامه ریزی و روش‌های استخراج معادن سطحی" انتشارات لادن.

اصغرپور م، ۱۳۹۶، "تصمیم‌گیری چند معیاره" دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ.

افرائی, سجاد؛ حامد صالحی و سیدحسن خوشرو، ۱۳۹۱، بررسی سیستم بارگیری و باربری در معدن مس سونگون و انتخاب ناوگان های بهینه با توجه به شرایط آینده استخراج معدن، چهارمین کنفرانس مهندسی معدن ایران، تهران، انجمن مهندسی معدن، دانشگاه تهران.

اورعی، سید کاظم؛ مهدی تهامی کوهبنانی و عباس سام، ۱۳۸۷، انتخاب سیستم برتر: کامیون یا نوارنقاله در معدن سنگ آهن گهرزمین. نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"، ۳(۶): ۳۸-۲۷.

بصیر س،ح، ۱۳۸۲، "ترابری در معدن" مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

بهرامی, رضا؛ احمدرضا صیادی؛ محمدرضا خالصی و مهسا خوشفرمان، ۱۳۹۳، تخمین هزینه های سرمایه ای و عملیاتی انواع نوار نقاله ها، پنجمین کنفرانس مهندسی معدن، تهران، انجمن مهندسی معدن ایران، سازمان نظام مهندسی معدن.

رحیم دل, محمدجواد؛ محمد کارآموزیان و راحب باقرپور، ۱۳۹۱، فن آوری استفاده از سنگ شکن های متحرک و نیمه متحرک در معدنکاری روباز، اولین کنفرانس ملی فناوریهای معدنکاری ایران، یزد، دانشگاه یزد.

طایی سمیرمی, سعید و مجید نوریان بیدگلی، ۱۳۹۰، طراحی و بهینه سازی سیستم ترابری نوار نقاله به کمک نرم افزار Belt Analyst، نخستین همایش ملی و بین المللی تسمه نقاله و سیستمهای نوارنقاله، تهران، موسسه آفاق صنعت.

طایی سمیرمی, سعید و مجید نوریان بیدگلی، ۱۳۹۱، طراحی و بهینه سازی سیستم ترابری نوار نقاله، مطالعه موردی معدن خاک نسوز سمیرم، اولین کنفرانس ملی فناوریهای معدنکاری ایران، یزد، دانشگاه یزد.

عالمی, احسان و سیدعلی شجاعت الحسینی، ۱۳۹۴، طراحی و بهینه سازی سیستم نوار نقاله معدن مس میدوک، سومین کنفرانس معادن روباز ایران، کرمان، بخش مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان.

عطائی م، ۱۳۹۵، " تصمیم‌گیری چند معیاره" انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

فرامرز, مرتضی. (۱۳۹۰). بررسی و ارزیابی چگونگی عملکرد نحوه انتخاب سیستم برتر کامیون یا نوار نقاله درمعدن سنگ آهن گهرزمین، نخستین همایش ملی و بین المللی تسمه نقاله و سیستمهای نوارنقاله، تهران، موسسه آفاق صنعت.

فضلوی ع،۱۳۸۰، "اقتصاد معدن" انتشارات سایه گستر با همکاری دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره).

کفایی، رضا؛ بهرام رضایی و مرتضی اصانلو، ۱۳۸۴ طراحی و محاسبه سنگ شکن درون معدن مس سرچشمه در طرح توسعه معدن، دومین کنفرانس معادن روباز ایران، کرمان، مجتمع مس سرچشمه.

گزارش بهینه‌سازی و طراحی معدن مس سونگون، شرکت معدنکاری اولنگ، (۱۳۸۰).

گزارش زمینشناسی و اکتشاف کانسار مس سونگون، شرکت ایتوک ایران، (۱۳۷۷).

گزارش عملیات و مدیریت در معدن مس سونگون، شرکت معدنکاری اولنگ، (۱۳۸۰).

مالکی القلندیس, اصغر، ۱۳۷۸، ترابری مواد معدنی بروش Icc (In Pit Crushing And Conveying) با سنگ شکن نیمه متحرک، اولین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن، تهران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

منابع لاتین

Adema, David, interview by Paul Dixon. (2015). Superintendent, Mine Maintenance, Highland Valley copper.

Chadwick, J. (2010). In-pit Crushing and Conveying – New IPCC Ideas. International Mining.

Chamzini-Y A, Shariati S (2013) Selection of material handling equipment system for surface mines by using a combination of fuzzy MCDM models. Int Res J Appl Basic Sci 5(12):1501–1511.

Chapman, Hall, Ltd. (1987). How to determine the optimum location of in-pit. International Journal of Mining and Geological Engineering, 5(1):143-148.

Colden, Jeffrey.(2015). "Fording River Operations Inpit Crushing and Conveying Proposal."Presentation, Sparwood.

Dixon, P. (2015). Optimization of Waste Transportation Analysis at Highland Valley Copper. Project submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master in simon fraser university.

Highland valley copper report, (2000). " HVC,"Highland valley copper milling operation.

Johnson.M. (2015). impact of in pit crushing and conveying on pit shell optimization. Deswik.

MacPhail, A.D.(1992). "Mining at Highland valley copper", CIM Bulletin, 962: 73-77.

Moiseev, I.S. and Agapov, D.S. (1976). Modern conveyor transportation and prospects for its in hydraulic construction. translated from gidrotekhnlche skoe stroitel stvo. 10(1):3-11.

MONIRI MORAD A.(2012) Maintenance management information system for mining equipment in Sungun Copper Mine. Tabriz: Sahand University of Technology.

Morris Ph. (2008). The renaissance of in-pit crushing and conveying (IPCC), Sandvik.

Norgate, T., & Haque, N. (2013). The greenhouse gas impact of IPCC and ore-sorting technologies. Minerals Engineering, 42:13-21.

Pitkin, Geoffrey N. (2014). Crushing and conveying - a new mining technique for the hunter valley. AusIMM Bulletin, 30-34.

Radlowski.(1988). In-Pit Crushing and Conveying as an Alternative to an all Truck System in Open Pit Mines. Master of Applied Science Thesis, Vancouver: The University of British,Columbia.

Sayadi, A.R., Lashgari, A., Basiri, M.H. (2010). Loading and hauling equipments maintenance cost estimation in surface mining. International congress on e.Maintenance, Lulea, Sweden, 212–217.

Snowden Group, June (2008), in preparation Considering The Use Of In-Pit Crushing And Conveying (IPCC) As An Alternative To Trucks A.Cooper,

Steven, Dr. Robin B. (2002). Replacing C-6 Conveyor Belt at Kennecott Copper, Bingham Canyon Copper Mine. Report, Marysville: The Goodyear Tire & Rubber Company.

Sturgul, J. R. (1987). How to determine the optimum location of in-pit movable crushers. International Journal of Mining and Geological Engineering, 5(2):143-148.

Tavakoli Mohammadi, M., Hashemi, S., & Moosakazemi, F. (2011, December). Review of the in-pit crushing and conveying (IPCC) system and its case study in copper industry. The First World Copper Congress.

Turnbull, D., Cooper, A. (2009). In-pit crushing and conveying (IPCC) – A tried andtested alternative to trucks. The AusIMM New Leaders Conference, Brisbane,Queensland.

Tutton, D. and Streck, W. (2009). The Application of Crushing and Conveying in Large, Hard Rock Open Pit Mines. Mining Magazine Congress.

Yakovlev, V. L. Karmaev, G. D. Bersenev, V. A. Glebov, A. V. Semenkin, A. V. and Sumina, I. G.(2016). Efficiency of Cyclical-and-Continuous Method in Open Pit Mining, ISSN1062-7391, Journal of Mining Science, 52(1):102–109.

پیوست‌ها

پرسشنامه مقایسه زوجی

پرسشنامه مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی

هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه عملیات
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت کارخانه کانه آرایی
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت ترابری
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سرعت تولید
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد نیروی انسانی
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
هزینه سرمایه‌ای	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت کارخانه کانه آرایی
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت ترابری
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سرعت تولید
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد نیروی انسانی
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
هزینه عملیاتی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت کارخانه کانه آرایی
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت ترابری
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سرعت تولید
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد نیروی انسانی
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
ظرفیت باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
ظرفیت کارخانه کانه‌آرایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت ترابری
ظرفیت کارخانه کانه‌آرایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سرعت تولید
ظرفیت کارخانه کانه‌آرایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد نیروی انسانی

ظرفیت کارخانه کانه‌آرایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
ظرفیت کارخانه کانه‌آرایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
ظرفیت کارخانه کانه‌آرایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
ظرفیت ترابری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سرعت تولید
ظرفیت ترابری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد نیروی انسانی
ظرفیت ترابری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
ظرفیت ترابری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
ظرفیت ترابری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
سرعت تولید	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعداد نیروی انسانی
سرعت تولید	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
سرعت تولید	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
سرعت تولید	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
تعداد نیروی انسانی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی
تعداد نیروی انسانی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
تعداد نیروی انسانی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
ایمنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت اطمینان
ایمنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی
قابلیت اطمینان	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان کلی

پرسشنامه مقایسه زوجی معیارهای فنی

فاصله حمل ماده معدنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	فاصله حمل باطله
فاصله حمل ماده معدنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعادل فاصله باربری
فاصله حمل ماده معدنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی باربری
فاصله حمل ماده معدنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری تجهیزات
فاصله حمل ماده معدنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش
فاصله حمل ماده معدنی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان
فاصله حمل باطله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعادل فاصله باربری
فاصله حمل باطله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی باربری
فاصله حمل باطله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری تجهیزات

فاصله حمل باطله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش
فاصله حمل باطله	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان
تعادل فاصله باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی باربری
تعادل فاصله باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری تجهیزات
تعادل فاصله باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش
تعادل فاصله باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان
پیوستگی باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری تجهیزات
پیوستگی باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش
پیوستگی باربری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان
انعطاف پذیری تجهیزات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش
انعطاف پذیری تجهیزات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان
قابلیت دسترسی به خدمات پس از فروش	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان

پرسشنامه مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی

گازها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	گرد و غبار
گازها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سر و صدا
گرد و غبار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سر و صدا

ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از نظر کارشناسان

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۲

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۳۳	۴.۰۰	۰.۳۳	۰.۱۷	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۱۱	۰.۱۳
C_2	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۳.۰۰	۰.۵۰	۰.۲۰	۵.۰۰	۰.۲۵	۰.۱۴	۰.۱۷
C_3	۳.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۲۵	۳.۰۰	۳.۰۰	۰.۱۷	۰.۲۰
C_4	۴.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳	۴.۰۰	۴.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰
C_5	۳.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰
C_6	۶.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۰.۵۰	۰.۱۷
C_7	۴.۰۰	۰.۲۰	۰.۳۳	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۱۴	۰.۱۷
C_8	۲.۰۰	۴.۰۰	۰.۳۳	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۱۷	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۰.۲۰
C_9	۹.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰
C_{10}	۸.۰۰	۶.۰۰	۵.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۵.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۲

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۲۵	۰.۱۳	۰.۱۳
C_2	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۲۰	۰.۱۱	۰.۱۱
C_3	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۲۵	۰.۱۴	۰.۱۴
C_4	۳.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۱۷	۰.۱۷
C_5	۴.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۲۵
C_6	۸.۰۰	۹.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_7	۸.۰۰	۹.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۴.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۲

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۱۷
C_2	۳.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵
C_3	۶.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۳

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۱۴	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۴	۷.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۱۴
C_2	۵.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۷	۸.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۷
C_3	۷.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۷
C_4	۶.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۲۵
C_5	۷.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۷	۱.۰۰
C_6	۷.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۷	۰.۱۷	۱.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۱۴
C_7	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۷	۷.۰۰
C_8	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰
C_9	۱.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۴	۱.۰۰	۵.۰۰
C_{10}	۷.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۲۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۳

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷
C_2	۱.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷
C_3	۰.۱۷	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۴
C_4	۰.۱۴	۰.۱۳	۷.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۴
C_5	۱.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷
C_6	۱.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰
C_7	۶.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۳

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۰.۱۷	۰.۲۰
C_2	۶.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰
C_3	۵.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۴

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۳.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۶.۰۰	۴.۰۰	۰.۵۰	۰.۲۰
C_2	۰.۳۳	۱.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۵.۰۰	۵.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳
C_3	۰.۲۵	۰.۱۴	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۴.۰۰	۳.۰۰	۰.۲۵	۰.۲۵
C_4	۰.۲۵	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۲۰	۳.۰۰	۰.۲۰	۰.۱۳	۰.۱۱
C_5	۰.۳۳	۰.۱۴	۱.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۴.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳	۰.۱۷
C_6	۰.۵۰	۰.۲۰	۳.۰۰	۵.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۵
C_7	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۲۵	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۱۳
C_8	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۳۳	۵.۰۰	۰.۵۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰
C_9	۲.۰۰	۱.۰۰	۴.۰۰	۸.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
C_{10}	۵.۰۰	۳.۰۰	۴.۰۰	۹.۰۰	۶.۰۰	۴.۰۰	۸.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۴

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_2	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۵۰
C_3	۱.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_4	۳.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۳۳
C_5	۲.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۰.۵۰
C_6	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۳۳
C_7	۳.۰۰	۲.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۴

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۰.۲۰	۳.۰۰
C_2	۵.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰
C_3	۰.۳۳	۰.۱۷	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۵

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۷	۰.۱۳	۰.۱۳
C_2	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۱۳	۶.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰
C_3	۰.۱۴	۸.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰
C_4	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۴	۱.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰
C_5	۰.۱۴	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۳	۶.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۳
C_6	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۴	۸.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۱۴
C_7	۷.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۴	۸.۰۰	۰.۱۳	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۳
C_8	۶.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۷	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۳
C_9	۸.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۴	۸.۰۰	۶.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳
C_{10}	۸.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۳	۸.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۵

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۰.۲۰	۵.۰۰	۴.۰۰
C_2	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۴
C_3	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۱۴
C_4	۰.۲۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۱۷
C_5	۵.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۴
C_6	۰.۲۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰
C_7	۰.۲۵	۷.۰۰	۷.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۵

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰
C_2	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۱۴
C_3	۰.۱۴	۷.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۶

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۰.۱۴	۴.۰۰	۶.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۳۳
C_2	۷.۰۰	۱.۰۰	۹.۰۰	۰.۱۷	۵.۰۰	۱.۰۰	۹.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰
C_3	۰.۲۵	۰.۱۱	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۳.۰۰	۰.۲۵	۷.۰۰	۸.۰۰	۰.۲۵
C_4	۰.۱۷	۶.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۳.۰۰	۷.۰۰	۸.۰۰	۰.۱۴
C_5	۰.۵۰	۰.۲۰	۵.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۸.۰۰	۸.۰۰	۰.۲۵
C_6	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰
C_7	۷.۰۰	۰.۱۱	۴.۰۰	۰.۳۳	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۰.۵۰
C_8	۷.۰۰	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۱
C_9	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۱
C_{10}	۳.۰۰	۰.۱۴	۴.۰۰	۷.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۶

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۰.۱۷	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۲.۰۰	۰.۲۰
C_2	۶.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۵.۰۰	۸.۰۰	۱.۰۰
C_3	۳.۰۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۰.۲۰
C_4	۳.۰۰	۰.۱۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۰.۲۰
C_5	۳.۰۰	۰.۲۰	۰.۳۳	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۱۷
C_6	۰.۵۰	۰.۱۳	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۱۴
C_7	۵.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۷.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۶

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰
C_2	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
C_3	۰.۵۰	۱.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۷

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۱.۰۰
C_2	۴.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰
C_3	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_4	۲.۰۰	۰.۳۳	۳.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰
C_5	۲.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_6	۲.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_7	۰.۵۰	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳
C_8	۲.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_9	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳	۱.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_{10}	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۷

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_2	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_3	۲.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_4	۲.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_5	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳
C_6	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۳۳
C_7	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۷

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰
C_2	۳.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰
C_3	۲.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۸

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۲۵	۴.۰۰	۰.۲۵	۰.۱۳	۲.۰۰	۴.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۳
C_2	۸.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۲.۰۰	۰.۵۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۰.۲۵	۰.۵۰
C_3	۴.۰۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۴.۰۰	۲.۰۰	۰.۲۵	۳.۰۰	۲.۰۰	۰.۲۵	۰.۵۰
C_4	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۳۳	۲.۰۰	۲.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰
C_5	۴.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰
C_6	۸.۰۰	۲.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۳.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰
C_7	۰.۵۰	۰.۲۰	۰.۳۳	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۰.۵۰	۲.۰۰
C_8	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۵۰
C_9	۶.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۴.۰۰	۱.۰۰	۴.۰۰
C_{10}	۸.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۲۵	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۸

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۰.۳۳	۲.۰۰	۵.۰۰	۳.۰۰
C_2	۰.۵۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۲.۰۰	۶.۰۰	۸.۰۰	۳.۰۰
C_3	۱.۰۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۴.۰۰	۸.۰۰	۲.۰۰
C_4	۳.۰۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۸.۰۰	۲.۰۰
C_5	۰.۵۰	۰.۱۷	۰.۲۵	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰
C_6	۰.۲۰	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۵۰
C_7	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۲.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۸

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۰.۱۳	۸.۰۰
C_2	۸.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰
C_3	۰.۱۳	۰.۱۳	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۹

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	۲.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۵.۰۰	۲.۰۰	۹.۰۰	۴.۰۰
C_2	۰.۲۵	۱.۰۰	۵.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۸.۰۰	۶.۰۰	۲.۰۰	۸.۰۰	۵.۰۰
C_3	۰.۳۳	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۵۰	۰.۱۳	۲.۰۰	۰.۵۰	۹.۰۰	۰.۲۵
C_4	۰.۵۰	۰.۲۰	۸.۰۰	۱.۰۰	۸.۰۰	۸.۰۰	۷.۰۰	۲.۰۰	۹.۰۰	۶.۰۰
C_5	۰.۳۳	۰.۲۵	۲.۰۰	۰.۱۳	۱.۰۰	۹.۰۰	۵.۰۰	۲.۰۰	۹.۰۰	۶.۰۰
C_6	۰.۳۳	۰.۱۳	۸.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۱	۱.۰۰	۶.۰۰	۲.۰۰	۸.۰۰	۵.۰۰
C_7	۰.۲۰	۰.۱۷	۰.۵۰	۰.۱۴	۰.۲۰	۰.۱۷	۱.۰۰	۲.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰
C_8	۰.۵۰	۰.۵۰	۲.۰۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰
C_9	۰.۱۱	۰.۱۳	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۳	۰.۲۵	۰.۱۱	۱.۰۰	۹.۰۰
C_{10}	۰.۲۵	۰.۲۰	۴.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۳۳	۰.۱۱	۰.۱۱	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۹

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۰.۵۰	۳.۰۰	۰.۱۷	۰.۱۴	۲.۰۰	۳.۰۰
C_2	۲.۰۰	۱.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۰.۳۳	۳.۰۰	۳.۰۰
C_3	۰.۳۳	۰.۲۵	۱.۰۰	۰.۲۰	۲.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰
C_4	۶.۰۰	۰.۲۵	۵.۰۰	۱.۰۰	۴.۰۰	۳.۰۰	۴.۰۰
C_5	۷.۰۰	۳.۰۰	۰.۵۰	۰.۲۵	۱.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰
C_6	۰.۵۰	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۱.۰۰	۴.۰۰
C_7	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۲۵	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۹

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۳.۰۰	۰.۵۰
C_2	۰.۳۳	۱.۰۰	۰.۳۳
C_3	۲.۰۰	۳.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقتصادی با توجه به نظر کارشناس شماره۱۰

اقتصادی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
C_1	۱.۰۰	۸.۰۰	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۷	۴.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۱
C_2	۰.۱۳	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۱۴	۴.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۱۱
C_3	۴.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۰	۶.۰۰	۰.۱۴	۵.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۱۱
C_4	۵.۰۰	۸.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۱۱
C_5	۵.۰۰	۶.۰۰	۰.۱۷	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۱۴	۵.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۱۱
C_6	۶.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۰.۱۷	۷.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۱۱
C_7	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۰.۱۱
C_8	۸.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۱.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰
C_9	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۷.۰۰	۰.۱۱	۱.۰۰	۷.۰۰
C_{10}	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۰.۱۱	۰.۱۴	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای فنی با توجه به نظر کارشناس شماره۱۰

فنی	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱.۰۰	۸.۰۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۱۱
C_2	۰.۱۳	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۱۱
C_3	۵.۰۰	۵.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۱
C_4	۵.۰۰	۵.۰۰	۶.۰۰	۱.۰۰	۷.۰۰	۴.۰۰	۰.۱۱
C_5	۶.۰۰	۶.۰۰	۵.۰۰	۰.۱۴	۱.۰۰	۰.۲۵	۰.۱۱
C_6	۵.۰۰	۵.۰۰	۵.۰۰	۰.۲۵	۴.۰۰	۱.۰۰	۰.۱۱
C_7	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۹.۰۰	۱.۰۰

جدول ماتریس مقایسه زوجی معیارهای زیست محیطی با توجه به نظر کارشناس شماره۱۰

زیست محیطی	C_1	C_2	C_3
C_1	۱.۰۰	۸.۰۰	۹.۰۰
C_2	۰.۱۳	۱.۰۰	۹.۰۰
C_3	۰.۱۱	۰.۱۱	۱.۰۰

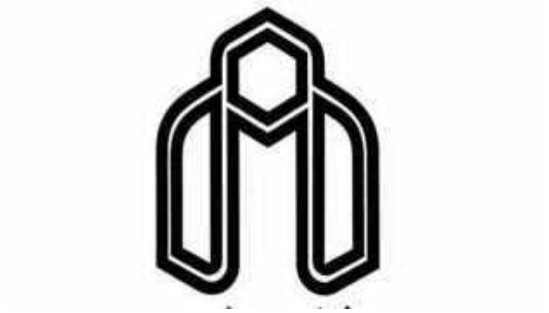
جدول معرفی کارشناسان

کارشناس شماره۱	فواد رحیمی دانشجوی ارشد استخراج/ سرپرست معدن گل سلیمان آباد
کارشناس شماره۲	دکتر میکائیل استاد راهنمای دوم
کارشناس شماره۳	مرتضی کاظمی/ کارشناسی ارشد/ سرپرست دفتر فنی ماشین آلات سونگون
کارشناس شماره۴	رسول جعفری/ کارشناسی ارشد/ کارشناس عملیات دفتر فنی سونگون
کارشناس شماره۵	مهندس قم قلعه/ کارشناسی ارشد/ ۱۶ سال سابقه/ ناظر در سونگون
کارشناس شماره۶	سعید فطورچی/ کارشناسی ارشد/ کارشناس طراحی در سونگون
کارشناس شماره۷	وحید نقی‌لو/ کارشناسی/ مسئول شیفت نظارت بر عملیات استخراج/ ۱۱سال
کارشناس شماره۸	علی نوری/ دکتری/ ماشین‌آلات معدنی/ ناظر/ ۳سال در مس سونگون
کارشناس شماره۹	اصغر باقریان/ کارشناسی ارشد/ مدیر کارخانجات تغلیظ سونگون/۱۴ سال
کارشناس شماره۱۰	مهدی سرالانی/ دانشجوی دکتری معدن/ ریسک نگهداری و تعمیراتدر سونگون/۱۳سال

Abstract

The main part of mineral expenses is affected by transportation. Saving fund in this part of mineral expenses – which is the largest expense part – can be a very good way to prevent sale price decrease, mine life increase and economical extraction. Therefore, it is necessary to minimize shipping costs. To evaluate the value of different transport criteria and the choice of transportation option, three options were considered by decision makers. The Delphi fuzzy analytic hierarchy process has been selected as the basis for the work. This research has been carried out in Sungun Copper Mine, which has been studied in terms of technical criteria, economic criteria and environmental criteria, Cost of capital, operating cost, haulage capacity, Ore Dressing Plant capacity, transportation capacity, production speed, manpower, safety, reliability, overall efficiency, economic criteria and mineral transportation distance, waste transportation distance, balancing haulage distance, Transport continuity, Flexibility of equipment, access to after-sales services, technical criteria and gas , dust, noise, and environmental criteria. To solve this problem, the importance of each of the parameters is first measured relative to each other, then the importance of each option is evaluated for each criterion, and then in the next step, the rating of each option from the sum of the weight of each option is compared to the criterion in weight The same criterion has been achieved in relation to the goal, At the end of the system, the in pit crushing and conveying is selected as the best option. The truck and hydraulic shovel and truck and Mechanical excavator system are in the next steps, respectively

Key Words: Delphi Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FDAHP), Sungun Copper Mine, Reducing Haulage Cost, In Pit Crushing and Conveying.



دانشگاه صنعتی شاهرود

Shahrood University of Technology

Assessment of the application of in-pit crushing and conveying (IPCC) system to increase the efficiency of the transportation system (Case study: Sungun copper mine)

Foad Rahimi

Supervisors:
Dr. Mohammad Ataei
Dr. Reza Mikaeil

Advisor:
Dr. Davoud Mohammadi

February 2018