

سید



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

رشته مهندسی استخراج معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان

انتخاب و طراحی روش مناسب حل کنساتره زغال معدن طزره با استفاده از روش تصمیم گیری چند

معیاره فازی

نگارنده

سجاد زارعی

استاد راهنما

دکتر رامین رفیعی

دکتر محمد عطائی

دی ماه ۹۹

شماره: ۲۶/۹۹، ۴۲۰۳۹
تاریخ: ۹۹، ۱۳، ۱۶

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای سجاد زارعی با شماره دانشجویی ۹۷۰۸۴۹۴ رشته مهندسی معدن گرایش استخراج تحت عنوان انتخاب روش مناسب حمل کنسانتره زغال معدن طزره با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی که در تاریخ ۹۹/۱۰/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰ ☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۹ ☒
ج) درجه خوب: نمره ۱۶-۱۷/۹۹ ☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۴-۱۵/۹۹ ☐
ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
نوع تحقیق: نظری ☒ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر رامین رفیعی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر محمد عطایی	استاد	
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد جهانی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر فرهنگ سرشکی	استاد	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر مهدی نوروزی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:



تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تقدیم بہ

پرومادر مہربانم

کہ دعایشان بدرقہ مسیر زندگی ام است

تقدیر و تشکر

اینک که به توفیق حق تعالی و در سایه تلاش و کوشش خویش توانستم دوره کارشناسی ارشد را با موفقیت به پایان برسانم بر خود وظیفه می دانم که:

از زحمات جناب آقای پر نور محمد عطایی، استاد راهنما محترم خود که در راستای انجام تحقیق برای بنده متحمل شدند، تشکر و سپاس فراوان بنمایم.

از جناب آقای دکتر امین رفیعی، استاد راهنما و لسوز خود، به خاطر راهنمایی های ارزنده و کران قدرشان بی نهایت سپاس گذارم.

از استاد مشاور محترم، جناب آقای مهندس کرامت قبری، معاونت محترم شرکت البرز شرقی به خاطر مساعدت ایشان که بنده را

در انجام این تحقیق یاری کردند سپاس گذارم.

از مهندسین محترم شرکت زغال سنگ البرز شرقی و همچنین کارکنان محترم معدن طزره و کارخانه زغال شویی کمال تشکر را دارم.

از اساتید و کارکنان محترم دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی شاهرود که در طول تحقیق بنده ریاوری رسانند سپاس گذارم.

از دوستان گرامی عزیزم خصوصا آقای مهندس رضارضاییان فرد، آموزگار علم و ادب که در طول دوران تحصیل فضایی دوستانه را با ایشان

تجربه کردم کمال تشکر را دارم.

در انتها از خانواده عزیزم که بودند تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم که دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی

زندگی پراز فراز و نشیب آموختند و برایم زندگی و انسان بودن را معنا کردند و در تمامی مراحل زندگی یار و همراه من بودند بی نهایت سپاس گذارم.

تعمدنامه

اینجانب سجاد زارعی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه انتخاب و طراحی روش مناسب حمل کنسانتره زغال معدن طزره با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره فازی تحت راهنمایی دکتر رامین رفیعی و دکتر محمد عطائی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه صنعتی شاهرود" و یا "Shahrood University of Technolog" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت میگردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده یا بافت های آنها استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ امضای دانشجو

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

انتخاب روش مناسب برای حمل موادمعدنی نیازمند بررسی از دیدگاه‌های مختلف هست؛ که به‌منظور این فرآیند باید حجم زیادی از داده‌ها جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از عواملی که ممکن است در نتیجه انتخاب تأثیر داشته باشند، صورت پذیرد؛ بنابراین بسته به نوع کارکرد مورد نظر باید شاخص‌ها با معیارهایی تلفیق شود تا بتوان روش مناسبی را انتخاب کرد. نظر به اینکه هدف از انجام این تحقیق، انتخاب و طراحی رویکرد مناسب برای حمل کنسانتره زغال‌سنگ از کارخانه زغال شویی شرکت البرز شرقی به مقصد است، سعی بر این شده است که با بررسی شرایط موجود منطقه، عوامل مؤثر و روش‌های حمل رویکردی مناسب ارائه شود. محدوده موردنظر حدفاصل کارخانه زغال شویی البرز شرقی تا ایستگاه قطار زرین‌شهر است. طبق انجام تحقیقات مسیر ذکرشده دارای طول جاده‌ای ۲۵ کیلومتر است و همچنین شیب مسیر ۲ درصد است که شیب به سمت ایستگاه قطار واقع در زرین‌شهر است. طبق گزارش‌های توپوگرافی منطقه در نقاط مختلف دارای پستی بلندی‌های بسیار زیاد است. در این تحقیق برای انتخاب روش حمل کنسانتره ابتدا اثرات بهره‌برداری روش فعلی مورد بررسی قرار گرفته و سپس عوامل تأثیرگذار برای انتخاب روش حمل، با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره Fuzzy DEMATEL مورد بررسی قرار گرفته که عوامل فنی (شیب مسیر، طول مسیر و ...)، عوامل اقتصادی (هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه آماده‌سازی و ...) و عوامل منطقه‌ای (توپوگرافی، وجود گسل و ...) برگزیده شده‌اند. در ادامه با معیارهای حاصل شده از تکنیک Fuzzy DEMATEL، از بین روش‌های حمل با کامیون، نوار نقاله، هوای فشرده و لوله دوغاب، با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره Fuzzy ANP در دو حال فازی نوع اول و نوع دوم، روش حمل نوار نقاله انتخاب شده است. در نهایت نوار نقاله‌ای منجید دار به عرض ۶۵۰ میلی‌متر و سرعت ۲ متر بر ثانیه طراحی شد که ظرفیت باربری ۲۰۰ تن بر ساعت را دارد.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره - حمل مواد معدنی - معدن طزره - زغال‌سنگ - فازی نوع دوم

لیست مقالات مستخرج شده از پایان نامه

- **Selection and Design of Suitable Haulage System for coal mining by using FUZZY MCDM methods**

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات و مقدمه تحقیق

۱-۱- مقدمه	۲۵
۱-۲- تعریف مسئله	۲۷
۱-۳- ضرورت انجام تحقیق	۲۷
۱-۴- اهداف تحقیق	۲۹
۱-۵- ساختار پایان نامه	۲۹

فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه	۳۲
۲-۲- تاریخچه بارگیری و باربری در معادن	۳۳
۲-۲-۱- تعریف کلی بارگیری و باربری و نقش آن در معادن	۳۴

۲-۲-۲- دستگاه‌های بارگیری و باربری	۳۵
۳-۲-۲- مسیرهای باربری	۳۵
۳-۲- سابقه تحقیق	۳۶
۲-۳-۱- الگوریتم‌های فراابتکاری	۳۶
۲-۳-۲- مدل‌های ریاضی برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی	۳۷
۲-۳-۳- مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره	۳۹
۲-۴- جمع‌بندی	۴۳

فصل سوم: تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی

۳-۱- مقدمه	۴۵
۳-۲- تصمیم‌گیری چندمعیاره	۴۶
۳-۲-۱- روش DEMATEL	۴۷
۳-۲-۲- روش ANP	۵۱

عنوان	صفحه
-------	------

۳-۳- نظریه فازی.....	۵۵
----------------------	----

۳-۳-۱- سیستم فازی نوع دوم.....	۵۷
--------------------------------	----

۳-۴- جمع بندی.....	۵۹
--------------------	----

فصل چهارم: انتخاب سیستم حل مناسب

۴-۱- مقدمه.....	۶۲
-----------------	----

۴-۲- معرفی معدن زغال طزره.....	۶۳
--------------------------------	----

۴-۲-۱- موقعیت معدن طزره.....	۶۳
------------------------------	----

۴-۳- معرفی کارخانه زغال شونی.....	۶۴
-----------------------------------	----

۴-۴- معرفی منطقه مورد تحقیق.....	۶۵
----------------------------------	----

۴-۵- معرفی ویان داده های موجود.....	۶۶
-------------------------------------	----

۴-۵-۱- معیارهای فنی.....	۶۸
--------------------------	----

۴-۵-۲- معیارهای اقتصادی.....	۷۰
۴-۵-۳- معیارهای منطقه‌ای.....	۷۱
۴-۶- تعیین پارامترهای مؤثر با استفاده از روش FuzzyDEMATEL.....	۷۲
۴-۶-۱- داده‌های ورودی.....	۷۲
۴-۶-۲- تشکیل ماتریس مقایسه.....	۷۳
۴-۶-۳- نتایج DEMATEL.....	۸۲
۴-۷- انتخاب مناسب‌ترین روش حل باروش ANP فازبی نوع اول.....	۸۳
۴-۷-۱- روش‌های محتمل برای حل مواد معدنی.....	۸۳
۴-۷-۲- ساختار شبکه‌ای مسئله تصمیم‌گیری.....	۸۵
۴-۷-۳- داده‌های ورودی.....	۸۷
۴-۷-۴- تشکیل سوپرماتریس براساس مدل ساختاری شبکه.....	۸۸
۴-۷-۵- مقایسات زوجی.....	۸۹

عنوان	صفحه
-------	------

نتایج ۴-۷-۶	۹۸
انتخاب مناسب‌ترین روش حل باروش ANP فازری نوع دوم ۴-۸-۸	۹۹
مقیاسات زوجی ۴-۸-۱	۱۰۰
نتایج تحلیل شبکه‌ای نوع دوم ۴-۸-۲	۱۰۸
مقایسه نتایج فازری نوع اول و دوم ۴-۹-۹	۱۰۹
جمع‌بندی ۴-۱۰-۱	۱۱۱

فصل پنجم: طراحی سیستم ترابری

مقدمه ۵-۱-۱	۱۱۳
معرفی روش حل منتخب ۵-۲-۲	۱۱۴
اسکلت نوار تقاله ۵-۲-۱-۱	۱۱۵
نوار ۵-۲-۲-۲	۱۱۶
حرکت دهنده نوار ۵-۲-۳	۱۱۶

۱۱۷.....	۵-۳- پارامترهای طراحی
۱۱۸.....	۵-۴- طراحی سیستم ترابری
۱۱۹.....	۵-۴-۱- عرض نوار
۱۲۰.....	۵-۴-۲- سرعت نوار
۱۲۲.....	۵-۴-۳- سطح مقطع بار روی نوار
۱۲۲.....	۵-۴-۳-۱- روش اول
۱۲۲.....	۵-۴-۳-۲- روش دوم
۱۲۳.....	۵-۴-۳-۳- روش سوم
۱۲۵.....	۵-۴-۴- موتور نوار تقاله
۱۲۵.....	۵-۴-۴-۱- قدرت موتور
۱۲۷.....	۵-۴-۴-۲- زاویه خمیدگی یا تراפیک
۱۲۷.....	۵-۴-۴-۳- زاویه پرشدگی

۵-۴-۵- طبکب ۱۲۷

۵-۴-۶- نوار ۱۲۸

۵-۴-۷- بارکننده ۱۲۸

۵-۵- محاسبات اقتصادی ۱۲۹

۵-۵-۱- هزینه های آماده سازی ۱۲۹

۵-۵-۲- هزینه سرمایه گذاری ۱۳۰

۵-۵-۳- هزینه های عملیاتی ۱۳۰

۵-۶- جمع بندی ۱۳۱

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۶-۱- نتیجه گیری ۱۳۳

۶-۲- پیشنهادها ۱۳۴

منابع

منابع فارسی ۱۳۶

منابع انگلیسی ۱۳۸

پیوست ۱۳۸۴۱

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۴۸.....	شکل (۱-۳): مراحل روش DEMATEL.....
۵۰.....	شکل (۲-۳): نمودار علی.....
۵۲.....	شکل (۴-۳): ساختار سلسله مراتب.....
۵۲.....	شکل (۵-۳): ساختار شبکه.....
۵۶.....	شکل (۶-۳): تابع عضویت فازی نوع اول.....
۵۹.....	شکل (۷-۳): نمودار فازی نوع دوم.....
۶۴.....	شکل (۱-۴): راه‌های دسترسی معدن طرزوه.....
۶۵.....	شکل (۲-۴): موقعیت کارخانه زغال شونی.....
۶۶.....	شکل (۳-۴): مسیر جاده‌های کارخانه تا محل بارگیری قطار.....
۶۷.....	شکل (۴-۴): پارامترهای مؤثر در انتخاب سیستم حل.....
۷۴.....	شکل (۵-۴): اعداد فازی مثلثی.....
۷۶.....	شکل (۶-۴): نمودار علی روابط معیارهای اصلی.....
۷۶.....	شکل (۷-۴): نقشه روابط شبکه معیارهای اصلی.....
۷۷.....	شکل (۸-۴): نمودار علی روابط زیر معیارهای منطقه‌ای.....

عنوان	صفحه
شکل (۹-۴): نقشه روابط شبکه معیارهای منطقه‌ای	۷۸
شکل (۱۰-۴): نمودار علی روابط زیرمعیارهای اقتصادی	۷۹
شکل (۱۱-۴): نقشه روابط شبکه معیارهای اقتصادی	۷۹
شکل (۱۲-۴): نمودار علی روابط زیرمعیارهای فنی	۸۱
شکل (۱۳-۴): نقشه روابط شبکه معیارهای فنی	۸۱
شکل (۱۴-۴): نمودار تحلیل زیرمعیارها	۸۲
شکل (۱۶-۴): شبکه روابط بین گزینه‌ها و معیارها	۸۷
شکل (۱۷-۴): نمودار وزن‌های معیارهای اصلی	۹۰
شکل (۱۸-۴): نمودار وزن‌های زیرمعیارها	۹۰
شکل (۱۹-۴): سورتا ترس وزن دار نهایی	۹۷
شکل (۲۰-۴): نمودار وزن نهایی گزینه‌ها	۹۸
شکل (۲۱-۴): نمودار وزن‌های معیارهای اصلی	۱۰۱
شکل (۲۳-۴): نمودار وزن‌های زیرمعیارها	۱۰۱
شکل (۱-۵): نوار تقاطع	۱۱۴

صفحه	عنوان
۱۱۵.....	شکل (۲-۵): شاسی و قرقره ها.....
۱۱۶.....	شکل (۳-۵): نوار با سطح آجدار.....
۱۱۷.....	شکل (۴-۵): بخش های مختلف نوار.....
۱۱۸.....	شکل (۵-۵): مسیر پیشنهادی.....
۱۲۰.....	شکل (۶-۵): نمودار عرض نوار بر اساس نوع و اندازه مواد معدنی.....
۱۲۳.....	شکل (۷-۵): سطح مقطع بار روی نوار.....
۱۲۵.....	شکل (۸-۵): سطح مقطع بار روی نوار.....
۱۲۸.....	شکل (۹-۵): ضریب اکتبانی.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۶	جدول (۱-۲): مطالعات و تحقیقات در حوزه ترابری باروش های فراابتکاری.....
۳۸	جدول (۲-۲): مطالعات و تحقیقات در حوزه ترابری باروش های مدل سازی ریاضی.....
۴۰	جدول (۳-۲): مطالعات و تحقیقات در حوزه معدنکاری باروش های تصمیم گیری چندمعیاره.....
۴۲	جدول (۴-۲): مطالعات و تحقیقات در حوزه ترابری باروش های تصمیم گیری چندمعیاره.....
۴۶	جدول (۱-۳): روش های تصمیم گیری چندمعیاره براساس عملکرد.....
۷۳	جدول (۱-۴): جدول امتیازدهی براساس ویژگی های کارشناسان.....
۷۴	جدول (۲-۴): عبارات کلامی به کار رفته در تحقیق و مقادیر معادلاتشان.....
۷۴	جدول (۳-۴): میانگین نظر تمام خبرگان برای معیارهای اصلی.....
۷۵	جدول (۴-۴): ماتریس روابط کل معیارهای اصلی.....
۷۵	جدول (۶-۴): اهمیت تاثیرگذاری معیارها.....
۷۷	جدول (۷-۴): اهمیت تاثیرگذاری زیرمعیارهای منطقه ای.....
۷۸	جدول (۸-۴): اهمیت تاثیرگذاری زیرمعیارهای اقتصادی.....
۸۰	جدول (۹-۴): اهمیت تاثیرگذاری زیرمعیارهای فنی.....
۸۸	جدول (۱۰-۴): عبارات کلامی به کار رفته در تحقیق و مقادیر معادلاتشان.....

جدول (۴-۱۱): مقایسات زوجی معیارهای اصلی.....	۸۹
جدول (۴-۱۲): مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی.....	۸۹
جدول (۴-۱۳): مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی.....	۸۹
جدول (۴-۱۴): مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها.....	۹۱
جدول (۴-۱۵): مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی نسبت به گزینه‌ها.....	۹۴
جدول (۴-۱۶): مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی نسبت به گزینه‌ها.....	۹۵
جدول (۴-۱۷): وزن نهایی گزینه‌ها.....	۹۸
جدول (۴-۱۸): عبارات کلومی و کدها معادل فازی نوع دوم.....	۹۹
جدول (۴-۱۹): مقایسات زوجی معیارهای اصلی.....	۱۰۰
جدول (۴-۲۰): مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی.....	۱۰۰
جدول (۴-۲۱): مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی.....	۱۰۰
جدول (۴-۲۲): مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها.....	۱۰۲
جدول (۴-۲۳): مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی نسبت به گزینه‌ها.....	۱۰۵
جدول (۴-۲۴): مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی نسبت به گزینه‌ها.....	۱۰۶
جدول (۵-۱): عرض نواری بر اساس نوع و اندازه مواد معدنی.....	۱۱۹

عنوان	صفحه
جدول (۲-۵): سرعت نوار بر اساس نوع مواد و عرض نوار.....	۱۲۱
جدول (۳-۵): استاندارد سرعت نوار.....	۱۲۱
جدول (۴-۵): استاندارد سرعت نوار.....	۱۲۴
جدول (۵-۵): مقادیر جرم واحد طول نوار و واحد طول اجزاء محرک در نوار تقاله.....	۱۲۵
جدول (۶-۵): مشخصات فنی نوار تقاله.....	۱۳۱

فصل اوّل

کلیات



۱-۱- مقدمه

در مسیر زندگی هر فردی پستی بلندی‌هایی وجود دارد که با مسائلی مواجه می‌شود که ناچار به تصمیم‌گیری است و این تصمیم‌ها هستند که شخصیت و زندگی آن فرد را می‌سازد. گاهی تصمیم‌گیری آسان است و به راحتی می‌توان تشخیص داد، گاهی مسئله پیچیده‌تر است و تصمیم‌گیری آسان نیست. در امور مدیریتی و مهندسی نیز مسائلی وجود دارد که نیازمند تصمیم‌گیری هست که به علت پیچیدگی در ویژگی‌ها و خصوصیات مستلزم بررسی صحیح است.

هزینه‌های بارگیری و باربری در معادن سهم قابل توجهی در قیمت تمام شده محصول نهایی دارد و بالغ بر نیمی از هزینه‌های معدنکاری را شامل می‌شود. با توجه به افزایش میزان استخراج و بیشتر شدن تولیدات ماده معدنی، نیاز روزافزون به بهینه‌سازی دستگاه‌های حمل‌ونقل معادن به منظور بهره‌وری بالاتر و سود بیشتر در معادن محسوس‌تر می‌شود (دلربایی، ۱۳۹۴).

انتخاب روش مناسب برای حمل مواد معدنی نیازمند بررسی از دیدگاه‌های مختلف هست؛ که به‌منظور این فرآیند باید حجم زیادی از داده‌ها جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از عواملی که

ممکن است در نتیجه انتخاب تأثیر داشته باشند، صورت پذیرد؛ بنابراین بسته به نوع کارکرد مورد نظر باید شاخص‌ها با معیار^۱ها تلفیق شوند تا با بررسی و مطالعه آن‌ها در مسئله تصمیم‌گیری استفاده شوند. ابتدا بایستی دانست تعداد، نوع و پیچیدگی این شاخص‌ها و معیارها چگونه است.

این شاخص‌ها و معیارها نسبت به نوع کاربرد متفاوت هستند اما همه آن‌ها برای انتخاب سیستم مناسب حمل مواد معدنی همسو می‌شوند. استفاده از این شاخص‌ها نیاز به داشتن اطلاعات صحیح و کامل از منطقه دارد و دستیابی به اطلاعات نیازمند تحقیقات گسترده و جامع است. در فرآیندهایی با داده‌های زیاد همچون انتخاب روش‌های حمل مواد معدنی چالش‌های زیادی وجود دارد که اغلب آن‌ها با تکنیک‌های صرفاً عددی حل نمی‌شوند بلکه شامل مسائل اقتصادی، زیستی، سیاسی و ابعاد گوناگونی که در تضاد با یکدیگر قرار دارند، است.

در مسائل مهندسی، بهینه‌سازی به علت وجود معیارهای فراوان و عدم قطعیت در اطلاعات، امری دست نیافتنی است؛ پس در مسائل تصمیم‌گیری می‌توان با مقیاس نسبی بین گزینه‌ها، مناسب‌ترین گزینه را انتخاب کرد. این گونه مسائل شامل پارامترها، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها است که در طی این مسیر انتخاب برترین گزینه، چالش برانگیز است. در این خصوص روش‌هایی ارائه شده‌اند که توانسته جواب مناسب را پیدا کنند بی‌شک در مسئله حمل و نقل مواد معدنی نیازمند روش‌هایی این چنین است.

در این پایان‌نامه برای تعیین روش مناسب حمل مواد معدنی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۳ استفاده شده است که با در نظر گرفتن عوامل مختلفی همچون عوامل فنی نظیر شیب مسیر، طول مسیر و عوامل اقتصادی نظیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری سالیانه و همچنین عوامل منطقه‌ای مرتبط با این مسئله مانند توپوگرافی، قوانین و مقررات منطقه طرز مورد بررسی قرار گرفته است.

¹ Criteria

² Alternative

³ Multiple Criteria Decision Making(MCDM)

۱-۲- تعریف مسئله

معادن زغال طزره از زیرمجموعه معادن زغال سنگ شرکت البرز شرقی است که در فاصله ۷۰ کیلومتری شهر شاهرود واقع شده است. این معدن توانایی تولید ۳۳ هزار تن زغال سنگ خام را دارد. بعد از عملیات استخراج، زغال سنگ خام به کارخانه زغال شویی معدن منتقل شده و در کارخانه تولید کنسانتره زغال صورت می گیرد. محصول حاصله کنسانتره زغال است که برای عرضه و فروش محصول بایستی تا محل فروش حمل شوند که در مسیرهای طولانی از قطار استفاده می شود.

مسیر اصلی زغال سنگ از معادن البرز شرقی بدین ترتیب است که زغال سنگ استخراجی از معادن زغال سنگ به کارخانه زغال شویی منتقل شده و سپس بعد از عملیات زغال شویی و فرآوری زغال سنگ به منظور کک سازی شستشو انجام می گیرد. کنسانتره به دست آمده از کارخانه زغال شویی برای استفاده در کوره های ذوب آهن اصفهان باید به محل کارخانه واقع در اصفهان حمل می شود که همان طور گفته شد در مسیرهای طولانی از سیستم ریلی استفاده می شود؛ اما مسیر کارخانه زغال شویی تا ایستگاه قطار واقع در زرین شهر نیاز به سیستم حمل دارد که بایستی با توجه شرایط و ویژگی های مسیر و معیارهای دخیل با استفاده از یک رویکرد تصمیم گیری روشی مناسب برای حمل کنسانتره انتخاب شود. در این شرایط تصمیم گیری نسبت به مسیر حرکت و استفاده مؤثر از تجهیزات بسیار ضروری به نظر می رسد و مسئولین معدن با تصمیم گیری هایی که مطابق اهداف در برای بیشینه کردن تولید، کمینه کردن هزینه ها و در نظر گرفتن محدودیت های مسئله است، روبرو هستند.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

معدنکاری جز فعالیتهای پرهزینه است، خرید ماشین آلات، هزینه های آماده سازی و غیره جز هزینه های اصلی هستند. همین طور در مشاغل زودبازده مشخص شده است که بیش از ۵۰ درصد آنها در سال اول، حدود ۳۰ درصد آنها پس از دو سال ورشکسته می شوند و به شغل دیگری روی می آورند. در پی این موضوع با کمینه سازی این هزینه ها می توان کمک شایانی به تداوم معدنکاری نمود.

احداث یک یا چند واحد صنعتی در بهترین وضعیت ممکن، نه تنها گردش مواد و خدمات به مشتریان را بهبود می‌بخشد، بلکه معدن را در یک وضعیت مطلوب قرار می‌دهد، تصمیم‌های مرتبط با انتخاب و فراگیری ویژگی‌های ترابری مناسب می‌تواند اثر بزرگی به توانایی کسب‌وکار و حفظ مزیت رقابتی باشد.

یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌های معدنکاری، ترابری است که با انتخاب صحیح ماشین‌آلات و شیوه حمل مواد معدنی می‌توان هزینه آن را به حداقل رساند که منجر به سودآوری بیشتر معدن می‌شود. در حال حاضر شرکت البرز شرقی از روش کامیونی برای حمل کنسانتره زغال‌سنگ از کارخانه استفاده می‌کند که نتوانسته نیازهای شرکت را تأمین کند و به دنبال روشی اقتصادی است که بتواند بر اساس میزان تولیدی کارخانه، مواد معدنی را در زمان مقرر حمل کند. شرکت معادن زغال‌سنگ البرز شرقی در شهرستان‌های شاهرود، دامغان، آزادشهر و رامیان در حوزه زغال‌سنگ فعالیت‌های معدنکاری انجام می‌دهد و عمده فعالیت‌های معدنی این شرکت در استخراج زیرزمینی زغال‌سنگ و زغال شویی متمرکز شده است. یکی از معضلات این شرکت حمل کنسانتره تولیدی کارخانه زغال شویی به محل خریداران است که این بدان معناست که انتخاب روش مناسب حمل نیاز به بررسی معیارهای اصلی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی دارد. به‌طوری‌که این روش بتواند انتظارات شرکت را برآورده نماید.

این انتظارات به‌گونه‌ای باید باشد که شرکت به اهداف خود به‌مانند ظرفیت باربری برابر با تولید کارخانه فرآوری و کمینه شدن هزینه عملیاتی برسد و همچنین شرایط محیط زیستی به دلیل وجود ماشین‌آلات در منطقه دچار مشکل نشود. پس بایستی با تحقیق و پژوهش بر روی منطقه اصلی و بررسی خصوصیات منطقه به‌مانند شرایط توپوگرافی و محیط‌زیستی و جمع‌آوری اطلاعاتی نظیر طول مسیر، شیب مسیر و ظرفیت تولید کارخانه فرآوری و... بتوان به یک روش مناسب که دارای ویژگی‌های ذکرشده باشد، رسید.

همچنین در حال حاضر در مسیر کارخانه تا ایستگاه قطار از سیستم کامیونی استفاده می‌شود. ناگفته نماند این روش دارای مزایا و البته معایبی همچون هزینه تعمیر و نگهداری زیاد، استهلاک ماشین‌آلات به علت ویژگی‌های مسیر و وجود دو محل بزرگ بارگیری و تخلیه کنسانتره هم است که تاکنون نتوانسته انتظارات شرکت را برآورده

سازد. از این رو شرکت البرز شرقی در نظر دارد از روشی کارآمدتر و مناسب‌تر در خصوص حمل کنسانتره زغال خود استفاده نماید.

۱-۴- اهداف تحقیق

هدف اصلی از تحقیق حاضر، تعیین، طراحی و معرفی روش مناسب حمل مواد معدنی از محل کارخانه زغال شویی به ایستگاه زرین‌شهر است که به این منظور موارد ذیل مورد بررسی قرار گرفته است.

- بررسی و تعیین پارامترهای مؤثر در انتخاب روش حمل مواد معدنی
- بررسی روش‌های موجود حمل مواد معدنی برای منطقه مورد نظر
- بررسی رویکرد مناسب برای انتخاب مناسب‌ترین روش برای حمل مواد معدنی با توجه به پارامترهای مؤثر به منظور تعیین پارامترهای مؤثر و انتخاب روش حمل از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده شده است.

۱-۵- ساختار پایان‌نامه

مطالب این پایان‌نامه در ۶ فصل تدوین شده است؛ که در فصل اول راجع به کلیات و ضرورت تحقیق بحث شده و سرفصل بقیه مطالب به شرح ذیل است:

فصل دوم- مبانی نظری و پیشینه تحقیق: در این فصل مرور ادبیات و پیشینه تحقیق به‌طور کامل در دو بخش کلی، تاریخچه ترابری در معادن و روش‌های تعیین سیستم ترابری در معادن زغال‌سنگ، معرفی می‌شود.

فصل سوم- تصمیم‌گیری چند معیاره فازی: در این فصل روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده در تحقیق و نحوه بهبود نتایج با به‌کارگیری مجموعه‌های فازی در تصمیم‌گیری تشریح شده است.

فصل چهارم- انتخاب سیستم حمل مناسب: در این فصل ابتدا منطقه مورد مطالعه به‌طور کامل معرفی شده است سپس معیارها و عوامل مؤثر با تکنیک Fuzzy DEMATEL تعیین می‌شود و در ادامه با استفاده از دو حالت فازی نوع اول و فازی نوع دوم در تکنیک Fuzzy ANP مناسب‌ترین روش انتخاب می‌شود.

فصل پنجم - طراحی سیستم ترابری: در این فصل سیستم انتخاب شده به صورت کامل و با جزئیات

تشریح شده و در منطقه مورد نظر طراحی شده است.

فصل ششم - نتیجه گیری و پیشنهادها: در این فصل نتایج بیان و پیشنهادهای لازم ارائه می شود.

فصل دوم

مبانی نظری و پیشینه تحقیق



۲-۱- مقدمه

به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسط مدیران در حوزه‌های مختلف، نتایجی قابل قبول و تا حدی بهینه به دنبال داشته است. در حوزه معدنکاری کاربردهای بسیاری در بخش انتخاب روش استخراج، انتخاب سیستم نگهداری، مکان‌یابی کارخانه فرآوری، انتخاب سنگ‌شکن، انتخاب تجهیزات، مدیریت ریسک در معادن و همچنین انتخاب سیستم حمل مواد معدنی داشته و مطالعات زیادی در این بخش‌ها انجام شده است.

در تمام بخش‌های ذکر شده هدف مناسب‌ترین راهکار در خصوص مسئله پیشرو است که با تحقیق و استفاده از رویکرد درست آن هدف مسجل خواهد شد. به کار بردن تجربیات پژوهشگران در این زمینه‌ها مستلزم مرور فعالیت‌های پیشین و بررسی تحقیقات آن‌ها است. این امر را می‌توان با بررسی نظریه‌های علمی و مشاهدات عملی و ایجاد ارتباط بین آن‌ها در راستای هدف‌های تعیین شده، به دست آورد.

این فصل مروری بر کارهای پیشین مورد بررسی قرار گرفته که در دو بخش تدوین شده است که در بخش اول معرفی همه‌ی دستگاه‌های ترابری مواد در معادن و در ادامه تحقیقاتی که در حوزه انتخاب سیستم ترابری، تجهیزات و روش حمل مواد معدنی صورت گرفته بیان شده است که بخش دوم شامل روش‌های فرا ابتکاری، مدل‌سازی‌های ریاضی و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است.

۲-۲- تاریخچه بارگیری و باربری در معادن

از آن زمان که انسان به اهمیت مواد معدنی پی برد و به منظور بهبود شرایط زندگی‌اش به استخراج این مواد روی آورد نیاز به تجهیزات بارگیری و باربری احساس شد. در ابتدایی‌ترین مراحل معدن کاری حمل و نقل دستی و با ابزارهای دستی، تنها راه برای جابجایی مواد بوده است. به تدریج با کاربرد ماشین‌های ساده تحولات بیشتری در امر حمل و نقل ایجاد شد به عنوان مثال در انگلستان در قرن‌های شانزده و هفده میلادی کانال‌هایی حفر شد که از دشت‌ها و تپه‌ها می‌گذشت و از واگن‌های معدنی چوبی که توسط چهارپایان بر روی ریل‌های چوبی کشیده می‌شد، استفاده می‌شد. به تدریج کاربرد ماشین‌های پیچیده‌تر و استفاده از موتور، تحولات عظیمی در معادن به وجود آورد، به‌طوری‌که امروزه تجهیزات و وسایل بسیار متنوعی برای بارگیری و باربری مواد معدنی ساخته شده و به کار گرفته شده‌اند.

عظیم‌ترین تجهیزات بارگیری و حمل در جهان به طور کلی به استخراج معادن اختصاص دارد. شناسایی تجهیزات مختلف بارگیری و باربری به انتخاب وسیله مناسب برای هر کار بخصوصی کمک می‌نماید. به‌علاوه هر معدنکاری باید به شیوه به‌کارگیری صحیح ماشین‌آلات مختلف آشنایی داشته باشد تا با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح بتواند با کم‌ترین هزینه بهترین نتیجه را از عملیات به دست آورد.

با توجه به تنوع ماشین‌آلات و تجهیزات حمل و نقل و تعدد طرح‌های مختلف از هریک از انواع دستگاه‌های ترابری و اختلافاتی که در مکانیزم‌های مربوط به دستگاه‌های ساخت کارخانه‌های مختلف وجود دارد، تشریح کلیه انواع و شناسایی جزئیات همه تجهیزات گوناگون بسیار پرزحمت و تقریباً غیرممکن است بدین لحاظ آشنایی با عمده‌ترین و پرمصرف‌ترین تجهیزات بارگیری و باربری در معدن کفایت نموده و در مورد هر وسیله، رایج‌ترین دستگاه‌ها انتخاب شده و مشخصات کلی آن شرح داده می‌شود.

۲-۲-۱- تعریف کلی بارگیری و باربری و نقش آن در معادن

یکی از فعالیت‌های لازم در معدنکاری حمل و نقل است. بدون حمل و نقل استخراج از معدن میسر نیست، زیرا لازم است مواد معدنی کنده شده از جبهه کار به بیرون حمل گردد. مواد باطله کنده شده از معدن روباز یا از حفر تونل‌ها و راهروهای زیرزمینی نیز باید به طریقی جابجا شوند. در برخی از روش‌های استخراج زیرزمینی لازم است پس از استخراج محل خالی شده با سنگ و خاک باطله پر شود (مثل روش کند و آکند) و بدین منظور لازم است که مواد پرکننده به محل کارگاه استخراجی حمل شوند. رساندن وسایل، ابزار، تجهیزات و مواد مصرفی به جبهه کارهای استخراجی در معادن روباز یا زیرزمینی مستلزم استفاده از تجهیزات ترابری است. برای رساندن افراد و جابجایی آن‌ها در محل‌های کار، بخصوص اگر فواصل طولانی باشند، استفاده از وسایل نفربری الزامی است. پس از استخراج ماده معدنی و انباشت آن نیاز است که مواد معدنی را به کارخانه فرآوری انتقال یا به مصرف کننده نهایی تحویل داده شود.

بدین ترتیب یکی از اقدامات اساسی در امر استخراج معدن، ترابری است. مجموعه فعالیت‌های ترابری یکی از اقلام اصلی هزینه در معدن است. هزینه‌های حمل و نقل ماده معدنی، باطله، ماده پرکننده، مواد و مصالح و ابزار، مستقیماً جزو قیمت تمام شده محصول محسوب می‌گردد. میزان هزینه‌های ترابری به روش استخراج و نوع ماشین‌آلات به کاررفته بستگی دارد و به طور معمول در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد قیمت تمام شده محصول را تشکیل می‌دهد (عطایی، ۱۳۹۶). لذا طراحی و انتخاب سیستم مناسب حمل و نقل به طوری که کمترین هزینه را در برداشته باشد از اهمیت خاصی برخوردار است.

تجهیزاتی که برای حمل مواد و بار مورد استفاده قرار می‌گیرند به تجهیزات باربری موسوم بوده و دستگاه‌هایی که برای ریختن خاک و مواد به داخل وسایل باربری به کاررفته می‌شوند به تجهیزات بارگیری معروف هستند. البته تفکیک دستگاه‌های بارگیری و باربری از یکدیگر همواره به طور دقیق ممکن نیست و پاره‌ای از دستگاه‌ها برای هر دو منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از ماشین‌آلات علاوه بر بارگیری و باربری وظیفه کندن سنگ و خاک جمع‌آوری آن‌ها و پخش خاک را نیز بر عهده دارند.

۲-۲-۲- دستگاه‌های بارگیری و باربری

در معادن جهان انواع مختلفی از تجهیزات بارگیری و باربری به کار گرفته شده است. مجموعه دستگاه‌های بارگیری و باربری یک معدن را سیستم ترابری معدن یا شبکه باربری معدن می‌نامند.

دو نوع سیستم باربری وجود دارد که هریک در جای خود بنا به ملاحظات فنی اقتصادی به کار می‌رود. این دستگاه‌ها یکی سیستم پیوسته یا مداوم و دیگری سیستم منقطع یا غیر مداوم یا متناوب است. در حالتی که دستگاه‌های بارگیری و باربری مواد را به طور پیوسته جابجا نمایند را دستگاه‌های مداوم گویند. (نوار نقاله، ناو زنجیری، ناو ثابت و...) و در حالتی که عمل انتقال مواد به طور متناوب و به دفعات صورت گیرد سیستم را متناوب می‌گویند (کامیون، لودرها و...). باربری پیوسته دارای این مزیت است که این وسیله به فضای کمتری احتیاج دارد و توان باربری آن زیاد است. در این نوع سیستم باربری باید خوراک همیشه آماده باشد. مزیت باربری متناوب این است که هر جا و هر زمان که لازم باشد باربری صورت می‌گیرد و انواع مختلف بار را می‌توان به‌طور جداگانه حمل کرد. عیب باربری متناوب در هزینه کارکنان زیاد آن و لزوم فضای بیشتر است.

در عمل از نظر فنی و اقتصادی دستگاه‌ها را با هم مقایسه می‌کنند و آن را که کم هزینه‌تر است انتخاب می‌کنند. قاعده‌ای وجود ندارد که بتوان گفت کدام یک چه وقت بر دیگری برتری دارد، ولی شاید بتوان گفت که هرگاه بار با دانه‌بندی مناسب به مقدار کافی و همیشه در اختیار باشد و محل باراندازی مدت زیادی تغییر پیدا نکند، سیستم باربری پیوسته ارجحیت دارد.

۲-۲-۳- مسیرهای باربری

مسیر باربری مواد معدنی ممکن است افقی، شیب‌دار و یا قائم باشد. شیب مسیرهای باربری تأثیر مستقیم بر هزینه دارد و با تغییر شیب تجهیزات باربری تغییر می‌کند. در مسیرهای افقی باربری آسان‌تر صورت گیرد و مواد راحت‌تر منتقل می‌شوند.

۲-۳- سابقه تحقیق

در چند سال اخیر توجه مجامع دانشگاهی و صنعتی در کشورهای مختلف به علوم تصمیم‌گیری و استفاده از آن‌ها برای تعیین روش حمل مواد معدنی افزایش چشم‌گیری داشته است علاوه بر تحقیقات، مقالات مختلفی در همین راستا در بخش‌های مختلف معدن در داخل و خارج کشور انجام شده و به چاپ رسیده است که مهم‌ترین رویکردهای مورد استفاده در حوزه ترابری، تجهیزات و حمل مواد معدنی به سه گروه اصلی رویکردهای فرا ابتکاری، مدل‌های ریاضی و مدل‌های تصمیم‌گیری تقسیم می‌شوند که در ادامه تحقیقات صورت گرفته بیان می‌شود.

۲-۳-۱- الگوریتم‌های فرا ابتکاری

الگوریتم‌های فرا ابتکاری نوعی از الگوریتم‌های تصادفی هستند که برای یافتن پاسخ‌های بهینه استفاده می‌شوند. این الگوریتم‌ها به دلیل عدم توانایی حل مسائل دارای همگرایی و همپوشانی نقاط بهینه توسط الگوریتم‌های ابتکاری، به وجود آمدند و عموماً در مسائل بهینه‌سازی، پاسخ‌های دقیقی ارائه می‌کنند. صنعت معدنکاری نیز به واسطه این الگوریتم‌ها رونق چشم‌گیری داشته است. این الگوریتم‌ها در بخش‌های مختلف معادن به مانند تعیین محدوده نهایی معدن، شیب دیواره معادن روباز، ترابری معادن و ... استفاده شده‌اند. در جدول ۱-۲ خلاصه فعالیت‌های پژوهشگرانی که در زمینه ترابری در معادن با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری، تلاش در کاهش هزینه‌ها در چند دهه اخیر داشته‌اند، آورده شده است و در ادامه به بررسی چند مورد مهم و پرکاربرد پرداخته شده است.

جدول (۱-۲): مطالعات و تحقیقات در حوزه ترابری با روش‌های فرا ابتکاری

ردیف	عنوان	رویکرد	نویسندگان	سال انتشار
۱	انتخاب تجهیزات حمل مواد معدنی با الگوریتم ژنتیک	الگوریتم ژنتیک	Haidar & Naoum	۱۹۹۵
۲	کاربرد روش‌های ابتکاری در تعیین تجهیزات معدنکاری	الگوریتم ژنتیک	Haidar et al.	۱۹۹۹
۳	یک سیستم دانش ترکیبی و الگوریتم‌های ژنتیکی برای انتخاب تجهیزات	الگوریتم ژنتیک	Naoum & Haidar	۲۰۰۰
۴	ویژگی‌های رویکردی مدرن برای انتخاب دستگاه‌های حمل‌ونقل برای معادن روباز الماس در Yakutia	ALROSA	Yakovlev et al.	۲۰۱۸

هایدر^۱ و ناومی^۲ برای انتخاب تجهیزات معدنکاری در معدن روباز از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. ابتدا با جمع‌آوری داده‌های معدن از قبیل اطلاعات تعداد و مشخصات و هزینه‌های تجهیزات موجود در معدن، با بررسی مسیرهای پر تردد تجهیزات مناسب را انتخاب کردند (Haidar & Naoum, 1996).

هایدر در تحقیقی دیگر برای تعیین سیستم ترابری در معادن روباز، الگوریتم ابتکاری را معرفی کرد. این الگوریتم در ابتدا مسیر تجهیزات را تعیین می‌کند، سپس نوع سیستم ترابری را بر اساس مسیر مشخص می‌نماید. این الگوریتم در قسمت‌های همگرایی وجود داشته باشد، جواب بهینه ندارد (Haidar, 1999).

یاکولیو^۳ و همکارانش در معادن الماس روباز واقع در یاکوتیا^۴ برای انتخاب سیستم ترابری مواد معدنی با هدف بیشینه‌سازی کارکرد تجهیزات و کمینه‌سازی هزینه‌های ترابری، از روش‌های مدل‌سازی نرم افزاری و تجزیه و تحلیل چند منظوره استفاده کردند. نتایج این تحقیق منجر به باز طراحی سیستم ترابری معدن روباز الماس شد. 1111 (Yakovlev et al, 2017).

۲-۳-۲- مدل‌های ریاضی برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی

در پژوهش‌های حوزه بهینه‌سازی سیستم‌های حمل و نقل همه محققان از دو سطح برای تخصیص استفاده کردند (دلربایی، ۱۳۹۴). در سری تحقیقات انجام شده برای جانمایی دستگاه‌ها به روش‌های تحقیق در عملیاتی، محققان روش‌های مختلفی را ارائه دادند که در جدول ۲-۲ خلاصه فعالیت‌های پژوهشگرانی که در زمینه ترابری در معادن با استفاده از مدل‌های ریاضی، تلاش در کاهش هزینه‌ها در چند دهه اخیر داشته‌اند، آورده شده است و در ادامه به بررسی چند مورد مهم و پرکاربرد پرداخته شده است.

لیزوت^۵ و بوناتز^۶، برنامه‌ای برای بهینه‌سازی تولید کامیون شاول تهیه کردند و یک سیستم کوچک‌مقیاس را شبیه‌سازی کردند. شروطی که مدنظر آن‌ها قرار داشت، اول کمینه‌سازی زمان انتظار شاول‌ها، دوم بیشینه‌کردن

¹ Haidar

² Naoum

³ Yakovlev

⁴ Yakutia

⁵ Lizotte

⁶ Bonates

استفاده لحظه‌ای از کامیون و گسیل آن‌ها به شاول‌ها برای رسیدن به شروط مدنظر و سوم عدم تداخل در مواقع بارگیری کامیون‌ها با فاکتور انطباق در طول شیفت کاری بوده است (Lizotte & Bonates, 1987).

جدول (۲-۲): مطالعات و تحقیقات در حوزه ترابری با روش‌های مدل‌سازی ریاضی

ردیف	عنوان	رویکرد	نویسندگان	سال انتشار
۱	بهینه‌سازی سیستم کامیون شاول و مدل‌سازی دیسپینگ با شرط کمینه کردن زمان انتظار شاول برای افزایش تولید	مدل ریاضی خطی	Lizotte & Bonates	۱۹۸۷
۲	شبیه‌سازی سیستم باربری با استفاده از میکرو کامپیوترها و نرم‌افزارهای SLAM و FITPLUS برای بررسی آماری	غیرخطی	Castillo et al.	۱۹۸۷
۳	برنامه‌ریزی تولید و تخصیص کامیون‌ها در معادن روباز باهدف کمینه کردن زمان انتظار بین کامیون و شاول به‌وسیله مدل‌های ریاضی	خطی	Elbrond et al.	۱۹۸۷
۴	تعیین مسیرهای رفت‌وبرگشت سیستم حمل‌ونقل و طراحی الگوریتم گسیل نیمه خودکار	گسیل	یاوری و همکاران	۲۰۰۳
۵	مدل کردن سیستم شاول کامیون با استفاده از MRM و تخمین اندازه ناوگان کامیون‌ها در معادن روباز	غیرخطی	Krause et al.	۲۰۰۷
۶	تخصیص کامیون‌ها برای سیستم باربری	خطی	Markovic et al.	۲۰۱۴
۷	یک روش برای تخصیص کامیون با توجه به شرایط پویایی در معادن روباز مطالعه موردی معدن مس سونگون	خطی	Moniri et al.	۲۰۱۹

البروند^۱ و سومیس^۲ در معدن روباز برای سیستم حمل مواد معدنی از مدل‌سازی ریاضی خطی استفاده کردند. این مدل برای کاهش تعداد کامیون‌ها برای یک مجموعه شاول با محدودیت‌های حداکثر ظرفیت و عیار ماده معدنی ارائه شده است. در نهایت مدل آن‌ها در یک مورد مطالعاتی واقع در آفریقا پیاده‌سازی شد و نتیجه مناسبی را در پی داشت (Elbrond & Soumis, 1987).

^۱ Elbrond

^۲ Soumis

یاوری و همکاران یک مدل گسیل کننده سیستم حمل و نقل در معدن زغال زیرزمینی با مدل‌های ریاضی غیرخطی ارائه دادند. این مدل برای سیستم رفت و برگشت ماشین‌آلات به صورت یک مدل نیمه خودکار تهیه شده است (۱۳۸۳، یاوری و همکاران).

کراسه^۱ و موسینگوینی^۲ مدلی برای بهینه‌سازی سیستم ترابری معدن روباز الماس ارائه دادند. این مدل بر مبنای تخمین تعداد ناوگان ترابری و مسیرهای باربری است که برای حل مدل از محاسبه گر MRM^3 استفاده شده است (Krause & Musingmini, 2007).

مارکوویچ^۴ و همکاران مدلی برای کاهش تعداد کامیون‌ها برای یک مجموعه شاول با محدودیت‌های حداکثر ظرفیت و عیار ماده معدنی ارائه دادند. آن‌ها رابطه‌ای غیرخطی احتمال زمان انتظار شاول‌ها را بررسی کردند و تعداد کامیون‌ها با یک تقریب ساده بر اساس تئوری صف منبع محدود به شاول‌ها تخصیص داده شده‌اند. در این تحقیق از محاسبه و میانگین‌گیری زمان‌های بارگیری و باربری در مدل محاسبه گر CPLEX استفاده کردند که در زمان اندک کمتر از یک ثانیه به جواب رسیده است (Markovic et al, 2014).

منیری و همکاران با استفاده از یک مدل ریاضی خطی برای معدن روباز سونگون توانسته‌اند بهینه‌ترین حالت گسیل‌پذیری ماشین‌آلات را انجام دهند. به این صورت که با در نظر گرفتن پارامترهای زمان بارگیری و متوسط زمان انتظار کامیون و شاول مدل خطی با محدودیت‌های زیاد ارائه دادند (Moniri et al, 2019).

۲-۳-۳- مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توانایی تصمیم‌گیری دقیق را به محققین می‌دهند. در معدنکاری نیز با این گونه موضوعات برخورد می‌شود، به مانند انتخاب روش استخراج، انتخاب سیستم نگهداری تونل‌ها، مکان‌یابی کارخانه فرآوری، انتخاب سنگ‌شکن کارخانه فرآوری، انتخاب تجهیزات، مدیریت ریسک در معادن و همچنین انتخاب

¹ Krause

² Musingmini

³ Machine Repair Model

⁴ Markovic

سیستم حمل هستند. در ادامه خلاصه فعالیت‌های پژوهشگرانی که با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای^۱ و آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری چندمعیاره^۲ صورت گرفته، در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول (۲-۳): مطالعات و تحقیقات در حوزه معدنکاری با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

ردیف	عنوان	رویکرد	نویسندگان	سال انتشار
۱	ارزیابی انتخاب پروژه حمل‌ونقل	ANP	Shang et al.	۲۰۰۴
۲	انتخاب ماشین‌آلات	ANP	Zhi-xiang	۲۰۰۴
۳	استفاده از روش دیمتل برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر توسعه پایدار	DEMATEL	رستم نژاد خان زاده	۲۰۰۷
۴	رتبه‌بندی استراتژی‌های بخش‌های معدن	ANP	Azimi et al.	۲۰۱۱
۵	انتخاب تجهیزات ترابری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی: مطالعه اصلی معدن آهن گل‌گهر	FANP	Lashgari et al.	۲۰۱۲
۶	کاربرد رویکرد تحلیل شبکه‌ای فازی در انتخاب تجهیزات حمل‌ونقل معادن فلزی روباز	FANP	Rahmani et al.	۲۰۱۳
۷	انتخاب کامیون مناسب	DEMATEL	Baykasog˘lu et al.	۲۰۱۳
۸	سنجش میزان تأثیرات زیست‌محیطی	ANP	Rikhtega et al.	۲۰۱۴
۹	ارزیابی خطوط تولید در یک معدن	ANP	Pourjavad & Shirouyehzad	۲۰۱۵
۱۰	بهبود قوانین انجمن معدنکاری	ANP	Khademolqorani	۲۰۱۶
۱۱	تجزیه و تحلیل ساختاری عوامل مؤثر در توسعه پایدار در معدن زغال‌سنگ زیرزمینی	DEMATEL	Norouzi et al.	۲۰۱۸

عظیمی و همکارانش برای انتخاب روش معدنکاری که از اهمیت زیادی در معدنکاری برخوردار است از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کردند. طبق تحقیق انجام شده بهترین استراتژی در معدنکاری زمانی به وصول خواهد رسید که تمام معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با تحقیق موردبررسی قرار گیرد (Azimi، 2011).

¹ Analytic Network Process

² Decision Making Trial And Evaluation

پور جواد و شیرویه‌زاد برای تعیین و ارزیابی خط تولید معدن در منطقه جاجرم بر اساس سه پارامتر اصلی کیفیت، ظرفیت و هزینه‌های اصلی از مدل تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای استفاده نمودند. آن‌ها ابتدا با بررسی معیارها و محاسبه وزن ماتریس آن‌ها توانستند بر اساس وزن گزینه‌ها بهترین استراتژی خط تولید تعیین کنند (Pourjavah and Shirouyehzad, 2015).

خادم‌القرآنی طی تحقیقی برای بهبود قوانین معدنکاری از روش تصمیم‌گیری چند معیاره DEMATEL استفاده کرد. در این تحقیق ابتدا با بررسی تعدد قانون‌ها و تحقیق راجع به اینکه کدام اهمیت بیشتری دارد و سپس با این تکنیک رتبه‌بندی انجام شده است (Khademolqorani, 2016).

نوروزی مصیر و همکاران برای معادن زیرزمینی زغال‌سنگ برای تعیین پارامترهای توسعه پایدار معادن زیرزمینی زغال از تکنیک DEMATEL استفاده کردند. در این مقاله ابتدا تمام معیارهای تأثیرگذار مشخص شده‌اند و در ادامه با روش تحلیلی تصمیم‌گیری چند معیاره به رتبه‌بندی این معیارها پرداخته‌اند (Norozi et al, 2018). خلاصه فعالیت‌های پژوهشگرانی که در زمینه ترابری در معادن با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره، در جدول ۲-۴ آورده شده است و در ادامه به بررسی چند مورد مهم و پرکاربرد پرداخته شده است.

باستین^۱ و کسیمیل^۲ با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی یک سیستم بهینه برای حمل زغال‌سنگ از معدن به نیروگاه برق تعیین کردند به‌طوری‌که مسئله را یک تصمیم‌گیری با ویژگی‌های فازی تبدیل کرده و برای انتخاب یک سیستم حمل و نقل مناسب از محل معدن زغال‌سنگ به یک نیروگاه برق در غرب ترکیه مستقر استفاده شده است. نتایج نشان داد که مهم‌ترین معیار در این مسئله تصمیم‌گیری، هزینه است (1999). (Bascetin & Kesimal)

¹ Bascetin

² Kesimal

جدول (۲-۴): مطالعات و تحقیقات در حوزه ترابری با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

ردیف	عنوان	رویکرد	نویسندگان	سال انتشار
۱	انتخاب سیستم حمل‌ونقل بهینه زغال‌سنگ از معدن به نیروگاه برق با روش تئوری تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی	FMADM	Bascetin & Kesimal	۱۹۹۹
۲	انتخاب تجهیزات حمل‌ونقل در معادن روباز با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره	AHP	Samanta et al.	۲۰۰۲
۳	روشی برای انتخاب از بین گزینه‌های جایگزین پروژه‌های حمل و نقل	AHP	Ferrari	۲۰۰۲
۴	انتخاب سیستم حمل‌ونقل سنگ معدن زیرزمینی: استفاده از روش چند معیاره سازمان‌دهی با رتبه‌بندی اولویت برای ارزیابی	PROMETHEE	Elevli & Demirci	۲۰۰۴
۵	کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب ماشین‌های بارگیری و باربری معدن مس سونگون	TOPSIS	Aghajani & Osanloo	۲۰۰۷
۶	کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب یک سیستم حمل‌ونقل در برنامه‌ریزی معادن	AHP	Zoran et al.	۲۰۱۱
۷	انتخاب تجهیزات ترابری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی: مطالعه اصلی معدن آهن گل‌گهر	FANP	Lashgari et al.	۲۰۱۲
۸	طراحی و انتخاب سیستم انتقال مواد با ادغام سیستم فازی و رویکرد تحلیلی سلسله مراتبی	FAHP	Chan et al.	۲۰۱۲
۹	کاربرد رویکرد تحلیل شبکه‌ای فازی در انتخاب تجهیزات حمل‌ونقل معدن فلزی روباز	FANP	Rahmani et al.	۲۰۱۳
۱۰	انتخاب تجهیزات ترابری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی یاگر	YAGER	Yavuz et al.	۲۰۱۴
۱۱	انتخاب سیستم تجهیزات انتقال مواد برای معادن سطح با استفاده از ترکیبی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی	FTOPSIS	Sarpong et al.	۲۰۱۵
۱۲	ارائه مدلی نوین برای شناسایی و سنجش میزان ارتباط بین شاخص‌های اصلی در انتخاب و مدیریت تجهیزات سیستم ترابری معادن روباز (مورد مطالعاتی: معدن مس سونگون)	DEMATEL	Rahmani et al	۲۰۱۶
۱۳	انتخاب سیستم حمل مواد با تجهیزات انعطاف‌پذیر با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی	FAHP	Kumar & Raj	۲۰۱۶
۱۴	ارائه مدلی نوین برای شناسایی و سنجش میزان ارتباط بین شاخص‌های اصلی در انتخاب و مدیریت تجهیزات سیستم ترابری معادن روباز (مورد مطالعاتی: معدن مس سونگون) توسط تکنیک DEMATEL	DEMATEL	نیکویی و عسکری	۲۰۱۶
۱۵	انتخاب روش انتقال زغال‌سنگ از معدن روباز به نیروگاه برق با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی	FAHP	Mizrak et al.	۲۰۱۷
۱۶	انتخاب سیستم حمل مواد برای معادن روباز با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و دیدگاه صرفه‌جویی در انرژی	FDEMATEL	Rahimdel & Bagherpour	۲۰۱۸
۱۷	انتخاب سیستم حمل‌ونقل برای معدن زغال‌سنگ پرورده طیس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره	AHP & TOPSIS	GHASVAREH et al.	۲۰۱۹

لشگری و همکارانش طی مطالعات خود در معدن آهن گل گهر بر روی بررسی تجهیزات حمل مواد توانستند برای سیستم ترابری معدن روشی مناسب و کامل را ارائه دهند. بدین صورت که با استفاده از سه تکنیک تصمیم گیری چند معیاره فازی شامل TOPSIS، AHP و ANP و مقایسات زوجی روش مناسب ترابری را تعیین کردند (Lashgari, 2012).

نیکوئی و عسکری برای تعیین روش ترابری مناسب قبل از انتخاب با روش های تصمیم گیری چند معیاره ابتدا فهرستی از شاخص های مهم در زمینه ترابری در معادن تهیه کردند و در قالب پرسشنامه بین خبرگان و کارشناسان توزیع کردند. سپس از طریق آزمون پارامتری (t-test) از مجموع ۱۲ سؤال موجود، ۲۱ شاخص شناسایی شده و در نهایت برای سنجش ارتباط و تأثیر گذاری شاخص ها توسط تکنیک DEMATEL اقدام شده است. نتیجه اصلی این تحقیق حاکی از آن است، شرایط آب و هوایی تأثیر گذارترین شاخص و نرخ تولید دارای اهمیت بیشتر در انتخاب تجهیزات سیستم ترابری داشته است (نیکویی و عسکری، ۲۰۱۶).

رحیم دل و باقر پور در معدن روباز تیتانیوم کهنوج برای انتخاب سیستم ترابری برای حمل مواد استخراج رویکرد مناسب با دو مدل تصمیم گیری فازی ارائه دادند. به این صورت که ابتدا با استفاده از تکنیک DEMATEL پارامترهای مؤثر را تعیین نموده و سپس با استفاده از روش TOPSIS برای انتخاب سیستم ترابری اقدام کردند (Rahimdel & Bagherpour, 2018).

۲-۴- جمع بندی

بی شک تعیین روش مناسب حمل مواد اثرات بسیار زیادی در منافع اقتصادی و اجرایی شدن اهداف شرکت دارد و اینکه هزینه های اصلی و کاربردی ترین بخش پروژه ها ترابری است، این امر یکی از مسائل مورد علاقه محققان بوده که در کارهای پژوهشی اعم از بهینه سازی و طراحی بررسی شده و پیشرفت های قابل توجهی نیز در این زمینه حاصل شده است. مسئله انتخاب روش حمل مواد در واقع با کاهش هزینه و ارائه خدمات متقابل نیاز اصلی پروژه، یعنی حمل و نقل، را برآورده می کند. در این فصل روش های مختلف استفاده شده در این زمینه بررسی شد.

فصل سوم

مدل های تصمیم گیری چند معیاره



۳-۱- مقدمه

در پی مسائل مدیریتی مختلف در سازمان‌ها، انتخاب مناسب‌ترین رویکرد برای انجام پروژه یا خرید بهترین دستگاه، مدیران نیازمند روشی جامع، دقیق و پویا هستند که مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره این بستر را فراهم کرده است. در این خصوص مدل‌هایی ارائه شده‌اند که طبق فرآیندی ریاضی و تحلیلی خواسته مدیران را برآورده کنند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری درواقع با استفاده از اطلاعات ورودی شما نظیر معیارها و گزینه‌ها مورد نیاز بعد از بررسی گزینه‌ها نسبت به معیارها، گزینه برتر را به شما ارائه می‌کنند.

همیشه تصمیم‌گیری‌های گروهی، تصمیمات مناسب‌تری هستند از این رو بایستی پرسشنامه‌هایی تدوین گردد و از مقادیر زبانی استفاده شود. برای تبدیل این مقادیر زبانی به مقادیر کمی می‌توان از منطق فازی^۱ نیز استفاده کرد. همچنین منطق فازی با روابط مختلف پاسخ‌های دقیق‌تری را ارائه می‌دهد.

در این فصل تکنیک‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده در پایان‌نامه به طور کامل تشریح خواهد شد بدین ترتیب که ابتدا مدل‌های تصمیم‌گیری و به تبع آن مدل تصمیم‌گیری فازی بحث خواهد شد و در ادامه تکنیک آزمایشگاه

¹ Fuzzy Theory

ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری چند معیاره و تحلیل شبکه‌ای صحبت می‌شود. همچنین در پایان فصل به بررسی منطق فازی نوع اول و نوع دوم که در پایان‌نامه مورد استفاده قرار گرفته است، پرداخته می‌شود.

۳-۲- تصمیم‌گیری چند معیاره

در ساده‌ترین شکل، تصمیم‌گیری، به معنی انتخاب کردن بین دو یا چند اقدام مختلف است. این فرآیند ساده نیاز به تحلیل، بررسی و تحقیق ذهنی دارد. همچنین در تصمیم‌گیری‌های هر شخص همیشه سلاقی فرد اعمال می‌شود اما در فرایند گسترده‌تر حل مسئله، تصمیم‌گیری شامل انتخاب بین راه‌حل‌های ممکن یک مسئله است. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌طور عمده به سه دسته تقسیم می‌شود که در جدول ۳-۱ شرح داده شده است.

جدول (۳-۱): روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس عملکرد (اصغرزاده و محمدی، ۱۳۹۸)

تصمیم‌گیری چند معیاره		
ارزیابی معیارها	رتبه‌بندی گزینه‌ها	وزن دهی معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها
DEMATEL	VIKOR	AHP
ISM	TOPSIS	ANP
	ELECTRE	BWM
	SAW	Linmap
	PROMETHEE	Antropy Shanon
	MultiMOORA	IDOCRIW
	WASPAS	SWARA
	COPRAS	Bull's Eye
	EDAS	CRITIC
	CODAS	
	ARAS	
	KEMIRA	
	MABAC	
	SECA	
	COCOSO	

در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، هر گزینه با چند معیار ارزیابی می‌شود و انتخاب گزینه از طریق تعیین سطح موردنظر برای معیارها و یا از طریق مقایسه‌های زوجی معیارها و گزینه‌ها صورت می‌گیرد. در این روش‌ها، معیارها با یکدیگر، اهمیت و ارجحیت هر یک تعیین و گزینه بهتر انتخاب می‌شود (۱۳۹۶، عطایی). برای این فرآیند نیاز به تشکیل ماتریس تصمیم یا مقایسه‌های زوجی است و سپس محاسبه وزن هر معیار و درنهایت محاسبه وزن هر گزینه که گزینه‌ای انتخاب خواهد شد که وزن بیشتری دارد.

۳-۲-۱- روش DEMATEL

این تکنیک یکی از انواع روش‌های تصمیم‌گیری گروهی بر اساس مقایسه‌های زوجی و قضاوت کارشناسان است که در بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۶ میلادی توسط فونتلا^۱ و گابوس^۲ ارائه شد. این روش برای مطالعه و حل مسائل پیچیده و درهم‌تنیده جهان و در اهداف استراتژیک و عینی از مسائل جهانی، به‌منظور دسترسی به راه‌حل‌های مناسب مورد استفاده قرار گرفته است.

این تکنیک بر مبنای دیاگرام‌ها^۳ (گراف جهت‌دار) بنانهاده شده که با بهره‌مندی از قضاوت کارشناسان در شناسایی عوامل موجود در یک سیستم و با به‌کارگیری اصول نظریه گراف‌ها، به استخراج روابط تأثیرگذار یا تأثیرپذیر (روابط علی و معلولی، متقابل) عناصر پرداخته و ساختاری سلسله‌مراتبی^۴ و نظام‌مند از آن‌ها ارائه می‌دهد. به‌طوری‌که شدت اثر روابط مذکور را به‌صورت امتیاز عددی معین می‌کند. ای روش در واقع رتبه‌بندی از گزینه‌ها را به ما نمی‌دهد بلکه برای تعیین میزان اثرگذاری و اثرپذیری معیارهای یک سیستم کاربرد دارد و عمدتاً با روش تحلیل شبکه‌ای ترکیب می‌شود. مراحل اجرای این روش در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. این مراحل در ادامه توضیح داده شده است.

¹ Fontela

² Gabos

³ Diagraf

⁴ Hierarchical



شکل (۳-۱): مراحل روش DEMATEL

مرحله اول: ایجاد ماتریس میانگین روابط مستقیم A : در گام اول، یک ماتریس برای تمام پارامترها انتخاب شده تهیه می‌شود. در این ماتریس مربعی، پارامترها در سطرها و ستون‌ها قرار می‌گیرند. این ماتریس در اختیار کارشناسان قرار می‌گیرد و از آن‌ها خواسته می‌شود میزان تأثیر مستقیم متغیر قرارگرفته بر روی سطر را بر روی متغیرهای قرارگرفته بر روی ستون ارزیابی کند.

پس از جمع‌آوری ماتریس‌های نظرسنجی، ماتریس میانگین روابط مستقیم A از طریق میانگین‌گیری از تمام ماتریس‌های کارشناسان (تعداد h کارشناس) و بر اساس رابطه ۳-۱ در این مرحله محاسبه می‌شود:

$$\tilde{A} = \frac{(\tilde{Z}^1 \oplus \tilde{Z}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{Z}^h)}{h} \quad (۳-۱)$$

مرحله دوم: محاسبه ماتریس روابط مستقیم نرمال شده $\tilde{D}$: ماتریس نرمال شده روابط مستقیم از طریق نرمال کردن ماتریس میانگین مرحله قبل به صورت رابطه ۳-۲ تعیین می‌شود:

$$\tilde{D} = \frac{\tilde{A}}{r} \quad (۳-۲)$$

که در این رابطه r بیشینه مقدار جمع سطرها و ستون‌ها بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$r = \max\left[\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n u_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n u_{ij}\right], \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (۳-۳)$$

هر عضو ماتریس نرمال شده را به صورت D_{ij} در نظر گرفته شود، می توان یک ماتریس قطعی را به صورت زیر از آن استخراج کرد.

$$D_m = \begin{bmatrix} 0 & m'_{12} & \cdots & m'_{1n} \\ m'_{21} & 0 & \cdots & m'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m'_{n1} & m'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

مرحله سوم: محاسبه ماتریس روابط کلی $\tilde{T}$: پس از تعیین ماتریس نرمال شده روابط مستقیم، ماتریس روابط کلی از طریق رابطه ۳-۴ محاسبه می شود که در آن I ماتریس یکه است:

$$\tilde{T} = \tilde{D}(I - \tilde{D})^{-1} \quad (۴-۳)$$

اعضای ماتریس $\tilde{T}$ به صورت $\tilde{t}_{ij} = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij})$ هستند؛ بنابراین بر اساس شرایط قطعی، هریک از ماتریس های قطعی و ماتریس روابط کلی به صورت به طور جداگانه بر اساس روابط محاسبه می شوند و پس از آن با ادغام آنها با ماتریس روابط مستقیم حاصل می شود.

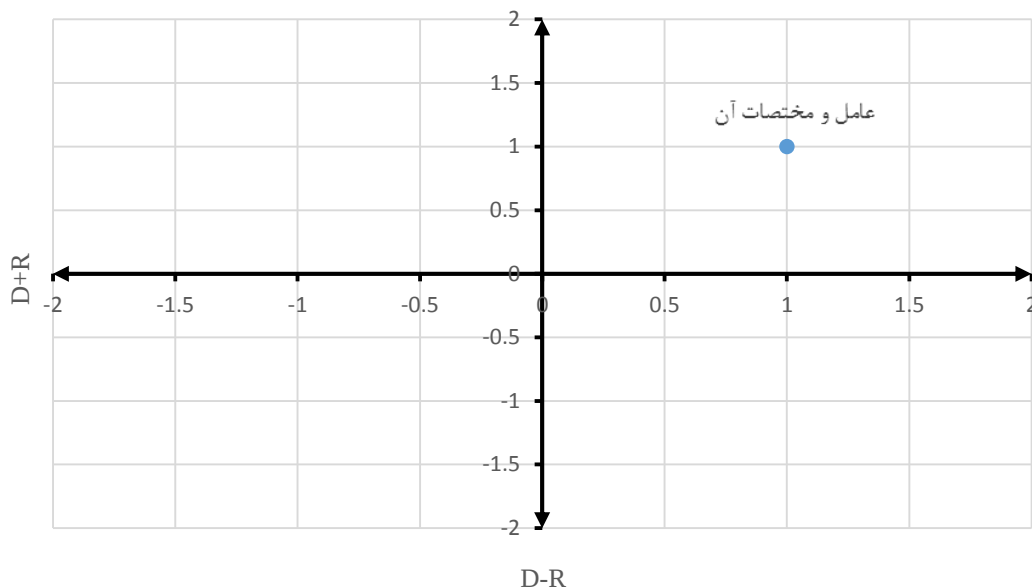
$$T_m = [m''_{ij}] = D_m(I - D_m)^{-1} \quad (۵-۳)$$

مرحله چهارم: ایجاد نمودار علی^۱: در این بخش جمع عناصر سطر و ستون ماتریس ارتباط کامل T محاسبه می شود و به صورت زیر تحلیل می شود.

- جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل های سیستم است (میزان تاثیر گذاری متغیرها).
- جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل های سیستم است. (میزان تاثیر پذیری متغیرها)

¹ Causal Diagram

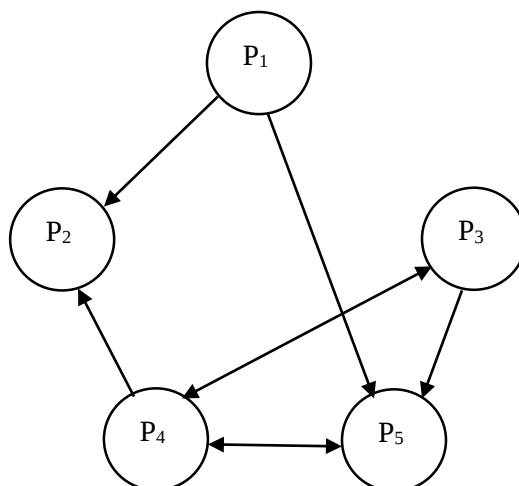
- بردار افقی ($D + R$) میزان تاثیر و تاثیر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار $D + R$ عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.
- بردار عمودی ($D - R$) قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر $D - R$ مثبت باشد، متغیر یک متغیر علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.
- در نهایت یک دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌شود. در این دستگاه محور طولی مقادیر $D+R$ و محور عرضی بر اساس $D-R$ است که به طور مثال در شکل ۳-۲ آورده شده است.



شکل (۳-۲): نمودار علی

مرحله پنجم: رسم نقشه روابط شبکه^۱: در این روش می‌توان با رسم نقشه روابط شبکه، نحوه ارتباط عناصر با هم را مشخص نمود. برای رسم NRM باید ارزش آستانه روابط را از طریق میانگیری ماتریس روابط کل محاسبه شود. سپس هر درایه ماتریس از این مقدار آستانه کوچک‌تر بود نشانگر عدم ارتباط با یک دیگر است و در صورت بزرگ‌تر از مقدار آستانه باشد، نشانگر ارتباط بین آن عناصر است. به طور مثال در شکل ۳-۳ یک نقشه روابط شبکه وجود دارد که نحوه ارتباط عناصر را نشان داده شده است.

¹ Network Relationship Map



شکل (۳-۳): نقشه روابط شبکه

۳-۲-۲- روش ANP

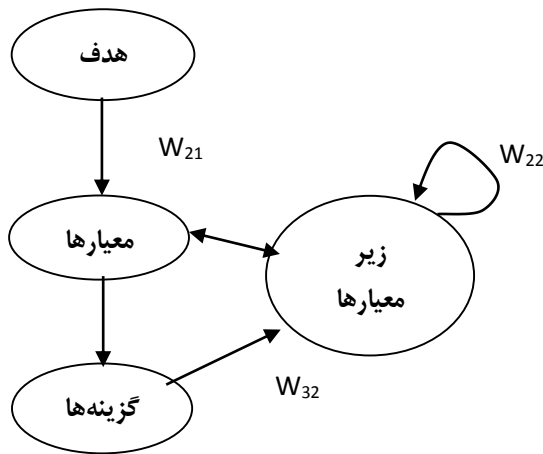
هم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و هم فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) هر دو توسط توماس ال ساعتی^۱ بیان و مبانی تئوریک آن‌ها ارائه شدند. تئوری ANP (که ویرایش سطح بالاتری از AHP است) ابتدا در دهه ۱۹۸۰ و در فصل هشتم کتاب ساعتی به نام تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه و به وضوح تشریح شد.

هدف ANP ساختارمند کردن فرآیند تصمیم‌گیری با توجه به یک فرایند متأثر از فاکتورهای چندگانه مستقل از هم است (Saaty, 2005). این تکنیک، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری چند معیاره به وسیله جایگزینی شبکه به جای سلسله مراتب بهبود می‌بخشد. یک مسئله پیچیده را می‌توان به چند مسئله فرعی متشکل از سطوح سلسله مراتبی به گونه‌ای تجزیه کرد که هر سطح دربرگیرنده مجموعه‌ای از معیارها و گزینه‌های مربوط به هر مسئله فرعی باشد. در این رویکرد سلسله مراتبی هدف مسئله بالاترین نقطه به شمار آمده و سطوح میانی شامل فاکتورهای نمایانگر سطوح بالاتر می‌باشند. آخرین سطح شامل گزینه‌ها یا فعالیت‌هایی است که برای رسیدن به هدف باید به آن‌ها توجه کرد.

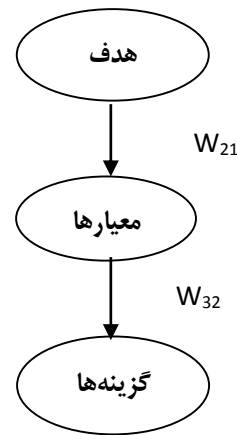
ساختار سلسله مراتبی از بالا به پایین جواب‌گوی یک سیستم پیچیده نیست. روش تحلیل شبکه‌ای تنها یک

¹ Thomas L. Saaty

ساختار سلسله مراتبی صرف در مسئله را در نظر نمی‌گیرد بلکه مسئله را با استفاده از یک سیستم با رویکرد بازخورد مدل‌سازی می‌کند. یک سیستم با بازخور را می‌توان با شبکه‌ای که در آن گره‌ها^۱ نشان‌گر سطوح یا اجزا هستند را نشان داد (Saaty, 2005). تفاوت ساختاری میان یک ساختار سلسله مراتبی و یک ساختار شبکه‌ای را در شکل‌های ۳-۴ و شکل ۳-۵ نشان داده شده است.



شکل (۳-۵): ساختار شبکه



شکل (۳-۴): ساختار سلسله مراتب

با توجه به شکل ۳-۴ که یک ساختار سلسله مراتبی را نشان می‌دهد، طبق اصل وابستگی روش تحلیل سلسله مراتبی، هر عنصر فقط به عنصر بالاتر خود وابسته است. این سلسله مراتب به ترتیب از بالا به پایین از هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها تشکیل شده است. اما در شکل ۳-۵ یک شبکه نشان داده شده است که در یک شبکه هیچ کدام از عناصر مستقل نیستند و علاوه بر وابستگی به عنصر بالاتر از خود با دیگر عناصر نیز می‌تواند در تعامل باشد و بین عناصر وابستگی متقابل وجود دارد. عناصر را می‌توان بر اساس ویژگی‌های مشترک در مجموعه‌هایی به نام خوشه طبقه‌بندی کرد و با تعریف این خوشه‌ها، هر عنصر به خود می‌تواند وابسته باشد. عناصر موجود در یک گره (سطح) ممکن است همه با قسمتی از عناصر سایر گره‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. در یک شبکه ممکن است گره‌های مبدأ (اصلی)، گره‌های میانی و گره‌های زیرین وجود داشته باشد (saaty, 2005).

¹ Node

روابط درون یک شبکه با پیکان نشان داده شده و برای پیکان‌ها تعیین کننده برای وابستگی است. سامانه‌های باز بازخور اشاره به چندگانگی توجه به. وابستگی‌های داخلی و خارجی با بازخور رادارند. وابستگی‌های متقابل میان دو گره را وابستگی خارجی می‌نامند که توسط یک پیکان دوسویه نمایش داده می‌شود و وابستگی‌های داخلی میان عناصر در یک گره را به‌وسیله یک پیکان حلقه‌ای نشان می‌دهند.

۳-۲-۱- مراحل اجرای ANP

فرآیند تحلیل شبکه‌ای شامل چهار مرحله است که عبارت‌اند از:

گام اول: ساختن مدل و ساختار بندی مدل

مسئله را باید به‌طوری شفاف بیان کرد و با یک سیستم منطقی یا یک شبکه تجزیه کرد. ساختار مذکور را می‌توان با استفاده از نظر تصمیم‌گیرندگان و از طریق روش‌هایی چون طوفان مغزی و یا دیگر روش‌های مناسب به دست آورد.

گام دوم: مقایسات زوجی بردارهای اولویت:

در روش تحلیل شبکه‌ای همچون روش تحلیل سلسله مرتبی عناصر تصمیم در هر بخش با توجه به اهمیت هر معیار، به صورت زوجی مقایسه می‌شوند و همچنین خود بخش (خوشه) نیز با توجه به تأثیرشان در هدف به صورت زوجی باهم مقایسه می‌شوند. از تصمیم‌گیرندگان در قالب یک سری مقایسات زوجی پرسیده می‌شود که دو عنصر در مقایسه باهم چه تأثیری در معیارهای بالادستی خود دارند (Meadl and Sarkis, 1999).

به‌علاوه اگر روابط متقابل میان عناصر یک قسمت وجود دارد، با استفاده از مقایسات زوجی و به دست آوردن بردار مقادیر ویژه هر عنصر، میزان تأثیر دیگر عناصر را روی آن مشخص می‌شود. اهمیت نسبی با استفاده از یک مقایسه نسبی به دست می‌آید. برای این کار می‌توان از یک مقایسه ۱ تا ۹ استفاده کرد درحالی‌که نمره ۱ نشان‌دهنده اهمیت یکسان دو عنصر بوده و نمره ۹ نشان‌دهنده بالاتر بودن اهمیت یک عنصر (سطر ماتریس) در مقایسه با دیگر عناصر یک ستون ماتریس است (Meadl and Sarkis, 1999).

در یک ماتریس مقایسه زوجی ارزش طرف مقابل برعکس است یعنی $a_{ij}=1/a_{ji}$ ، درحالی که a_{ji} نشان‌دهنده اهمیت i امین (j امین) عنصر در مقایسه با j امین عنصر (i امین) عنصر است. در ANP فازی از مقادیر فازی برای انجام مقایسات زوجی استفاده می‌نمایند.

گام سوم: تشکیل سوپر ماتریس^۱

مفهوم سوپر ماتریس شبیه فرایند زنجیره مارکوف است. سوپر ماتریس قادر به محدود کردن ضرایب برای محاسبه تمامی اولویت‌ها و در نتیجه اثر تجمیعی (تجمعی) هر عنصر بر سایر عناصر در تعامل، است (saaty,2003). هنگامی که یک شبکه صرف‌نظر از هدف، صرفاً دربرگیرنده دو خوشه به نام‌های معیارها و گزینه‌ها باشد، رویکرد ماتریسی ارائه‌شده توسط ساعتی در سال ۱۹۸۶ می‌تواند برای مواجهه با وابستگی‌های عناصر یک سیستم به کار گرفته شود که برای به دست آوردن اولویت‌های کلی در یک سیستم با تأثیرات متقابل باید وارد ستون‌های خاص یک سوپر ماتریس شود که سوپر ماتریس درواقع یک ماتریس بخش‌بندی شده است که هر کدام از بخش‌های آن نمایانگر ارتباط بین دو گروه (قسمت یا خوشه) در یک سیستم است (Meadl and Sarkis, 1999). فرض کنید که یک سیستم تصمیم دارای C_k جزء تصمیم باشد و $k=1,2,\dots,n$ هر جزء k دارای m_k عنصر است که با $e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{km}$ نشان داده می‌شود. بردارهای اولویت به‌دست‌آمده در مرحله دوم گروه‌بندی‌شده بر اساس تأثیر از یک‌دیگر یا در خود یک عنصر در مکان مناسب خود در سوپر ماتریس طبق شکل زیر قرار داده می‌شود. (Saaty, 2003) سوپر ماتریس (الف) را می‌توان به‌صورت زیر نمایش داد.

$$W_n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

سوپر ماتریس (الف): سوپر ماتریس بدون وابستگی داخلی

به‌طوری که W_{21} بردار تأثیر هدف بر معیار، W_{32} ماتریس تأثیر معیار بر هر یک از گزینه‌ها و صفرها بیان‌گر عدم تأثیرپذیری عناصر مستقل از هم هستند. در مثال بالا اگر میان معیارها وابستگی و ارتباط درونی برقرار باشد

¹ Super matrix

شبکه جایگزین سلسله‌مراتب می‌شود. ماتریس (ب) در این حالت سوپر ماتریس به‌صورت زیر بوده که در آن نشان‌دهنده این وابستگی داخلی است:

$$w_n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

سوپر ماتریس (ب): سوپر ماتریس با وابستگی داخلی

توجه داشته باشید در صورتی که روابط متقابل میان عناصر در یک قسمت یا بین دو قسمت وجود نداشته باشد می‌توان صفرها را نیز جایگزین کرد. از آنجا که معمولاً در یک شبکه میان خوشه‌ها وابستگی متقابل وجود دارد ستون‌های یک سوپر ماتریس بیشتر از یک ستون خواهد بود.

گام چهارم: انتخاب بهترین گزینه

در صورتی که سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله قبل همه شبکه را پوشش دهد می‌توان وزن‌های اولویت را در ستون گزینه‌ها در یک سوپر ماتریس نرمال شده یافت. از سوی دیگر، اگر یک سوپر ماتریس فقط شامل قسمت‌های به هم مرتبط باشد نیاز به محاسبات بیشتری برای رسیدن به اولویت‌های کلی گزینه‌ها وجود دارد. ترجیحات نهایی برای هر گزینه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w_n^{2k+1} \quad (6-3)$$

سوپر ماتریس حدی، عدد دلخواه و بزرگ است. به توان رساندن سوپر ماتریس امکان همگرا شدن و در نتیجه ثبات وزن‌های آن را می‌دهد. در نهایت گزینه با بزرگ‌ترین اولویت به‌عنوان اولین گزینه برتر شناخته می‌شود. (Meadl and Sarkis, 1999).

۳-۳- نظریه فازی^۱

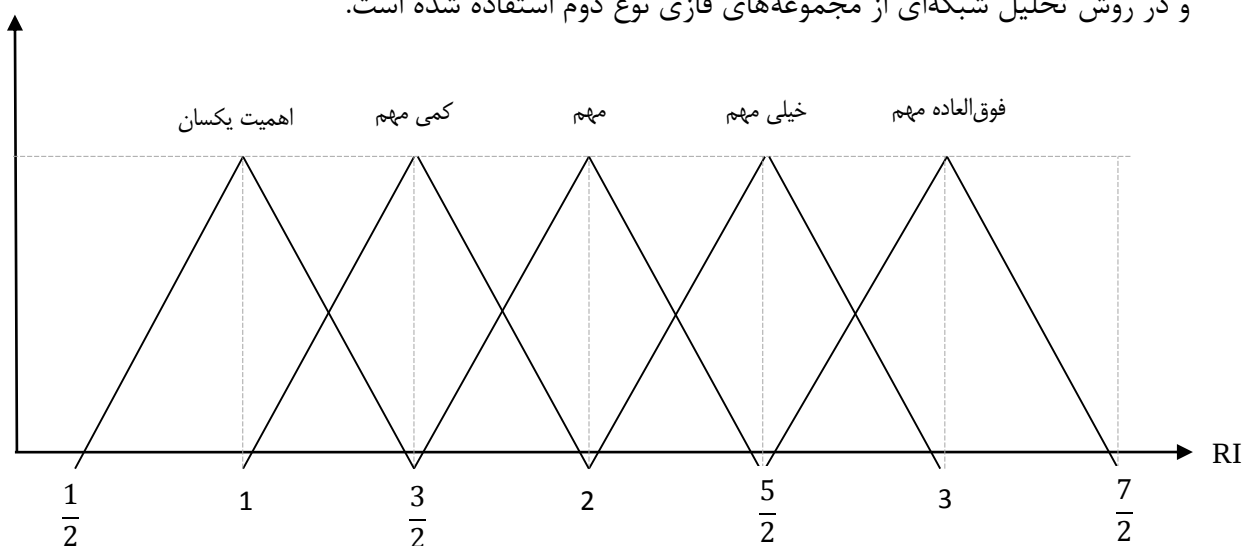
یکی از معایب عمده روش‌های تصمیم‌گیری کلاسیک، عدم انعکاس درست نحوه تفکر انسانی به دلیل استفاده از اعداد دقیق و مفاهیم ریاضی کلاسیک در مقایسه‌های زوجی و وجود مقیاس نامتوازن قضاوت‌ها در این روش است.

¹ Fuzzy theory

برای رفع این نقص از روش‌های فازی استفاده شده است. روش‌های تصمیم‌گیری فازی با ممکن ساختن قضاوت تحت شرایط عدم اطمینان و آسان کردن تصمیم بر اساس طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی برای تصمیم‌گیرندگان نقص‌های موجود در روش‌های کلاسیک را برطرف کند.

نظریه مجموعه‌های فازی به صورتی رسمی نخستین بار توسط پروفیسور لطفی عسگر زاده، دانشمند ایرانی‌تبار و استاد دانشگاه کالیفرنیا در برکلی با انتشار مقاله در مجله «اطلاعات و کنترل» در سال ۱۹۶۹ مطرح گردید. مجموعه فازی تعمیم یک مجموعه کلاسیک است که اجازه می‌دهد تابع تعلق هر مقداری را در بازه $\{0 \text{ و } 1\}$ اختیار کند و این در حالی است که یک مجموعه کلاسیک تنها می‌تواند دو مقدار ۰ و ۱ را بگیرد.

در روش‌های آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری چند معیاره و تحلیل شبکه‌ای برای تبدیل متغیر μ_{RI} زبانی به اعداد فازی، تابع عضویت فازی تعریف می‌شود که در شکل ۳-۶ آورده شده است. این تابع عضویت مربوط به مجموعه‌های فازی نوع اول است که در اعمال وزن دقیق نظرات کارشناسان نسبت به مجموعه‌های فازی نوع دوم، قابلیت انطباق کمتری دارند. همچنین مجموعه‌های فازی نوع دوم با مقابله بر عدم قطعیت موجود در توابع مجموعه‌های فازی نوع اول از طریق عدم وابستگی توابع عضویت، نسبت به مجموعه‌های فازی نوع اول برتر است و در روش تحلیل شبکه‌ای از مجموعه‌های فازی نوع دوم استفاده شده است.



شکل (۳-۶): تابع عضویت فازی نوع اول

۳-۳-۱- سیستم فازی نوع دوم^۱

پروفسور زاده در سال ۱۹۷۵ مجموعه‌های فازی نوع دوم را به‌عنوان توسعه‌ای از مجموعه‌های فازی معرفی کرد. از آن‌پس برای تمایز بین مجموعه‌های فازی و مجموعه‌های فازی نوع دوم، به مجموعه‌های فازی قبلی، به‌طور معمول مجموعه‌های فازی نوع اول می‌گویند. مجموعه‌های فازی نوع دوم دارای درجه عضویت‌های فازی می‌باشند؛ از این‌رو، به آن‌ها مجموعه‌های فازی- فازی نیز می‌گویند که در برخورد با عدم قطعیت‌ها توانایی کاهش اثر و مدل کردن آن‌ها را دارند که دلایل ظهور فازی نوع ۲ را می‌توان در پنج قسمت بیان کرد (مرادی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۲).

۱. عدم توانایی توصیف ریاضی سیستم‌هایی با داده‌های زمانی، مانند مخابرات سیار؛
 ۲. عدم توانایی توصیف ریاضی سیستم‌های اندازه‌گیری مانند محاسبه‌گر سیگنال و نویز^۲ غیر ثابت؛
 ۳. عدم توانایی توصیف ریاضی ویژگی‌ها در دستگاهی که دارای خواص آماری غیر ثابت هستند، مانند طبقه‌بندی قانون پایه تصاویر ترافیک؛
 ۴. اگر دانش به‌دست‌آمده از تعدادی فرد خبره به‌وسیله سؤالاتی، حاوی کلماتی که دارای عدم قطعیت باشند.
 ۵. استفاده از عبارات زبانی که دارای دامنه غیرقابل اندازه‌گیری باشند.
- همان‌طور که در نظریه‌ی احتمال، تمام اطلاعات پیرامون یک عدم قطعیت تصادفی به‌وسیله یک تابع چگالی احتمال بیان می‌شود و با تعیین میانگین و پراکندگی حول میانگین، حداقل اطلاعات لازم از تابع چگالی احتمال توسط واریانس به دست می‌آید، یک مجموعه فازی نوع ۲ هم در مواجهه با عدم قطعیت‌های زبانی برای ارائه‌ی اطلاعاتی بیشتر از یک درجه عضویت ساده، این اندازه از پراکندگی (واریانس) را حول یک عدم قطعیت زبانی در اختیار قرار می‌دهد. در حقیقت، مجموعه فازی نوع ۱ تقریب درجه اول عدم قطعیت و مجموعه فازی نوع ۲ تقریب درجه دوم عدم قطعیت هستند. به این ترتیب، با گسترش به مفهوم فازی نوع ۳ و نوع ۴ تا مجموعه فازی نوع بی‌نهایت، می‌توان عدم قطعیت را به‌طور کامل تقریب زد. مجموعه فازی نوع بی‌نهایت، مجموعه‌ای است که درجات

^۱ Fuzzy set Type II

^۲ Nonstationarity

تعلق آن یک مجموعه فازی است و آن مجموعه فازی هم دارای درجات تعلق است که خود یک مجموعه فازی هستند. به همین ترتیب تا بی نهایت، درجات تعلق خود مجموعه فازی هستند؛ اما در عمل، این موضوع امکان ندارد؛ زیرا موجب پیچیدگی بسیار زیادی می شود و ما ناگزیر به استفاده از یک مجموعه فازی محدود هستیم. به این ترتیب، مجموعه های فازی نوع ۲ برای کاهش اثر عدم قطعیت دارای عملکرد بهتری هستند و از مجموعه فازی نوع اول بهتر عمل می کنند. با توجه به علت فازی بودن توابع عضویت در مجموعه های فازی نوع ۲ امکان مدل کردن عدم قطعیت های زبانی و داده ها به نحو مؤثری بهبود پیدا کرده است.

یک مجموعه فازی نوع دوم دارای تعاریف و اصطلاحات جدیدی است که بایستی آن ها را یاد گرفت. برای تمایز بین مجموعه فازی نوع دوم و نوع اول در بالای نام $\mathbb{L}$ نوع آن مجموعه مشخص می شود. مجموعه فازی دوم را به صورت رابطه ۷-۳ یا ۸-۳ نمایش می دهند (Mendel, 2007).

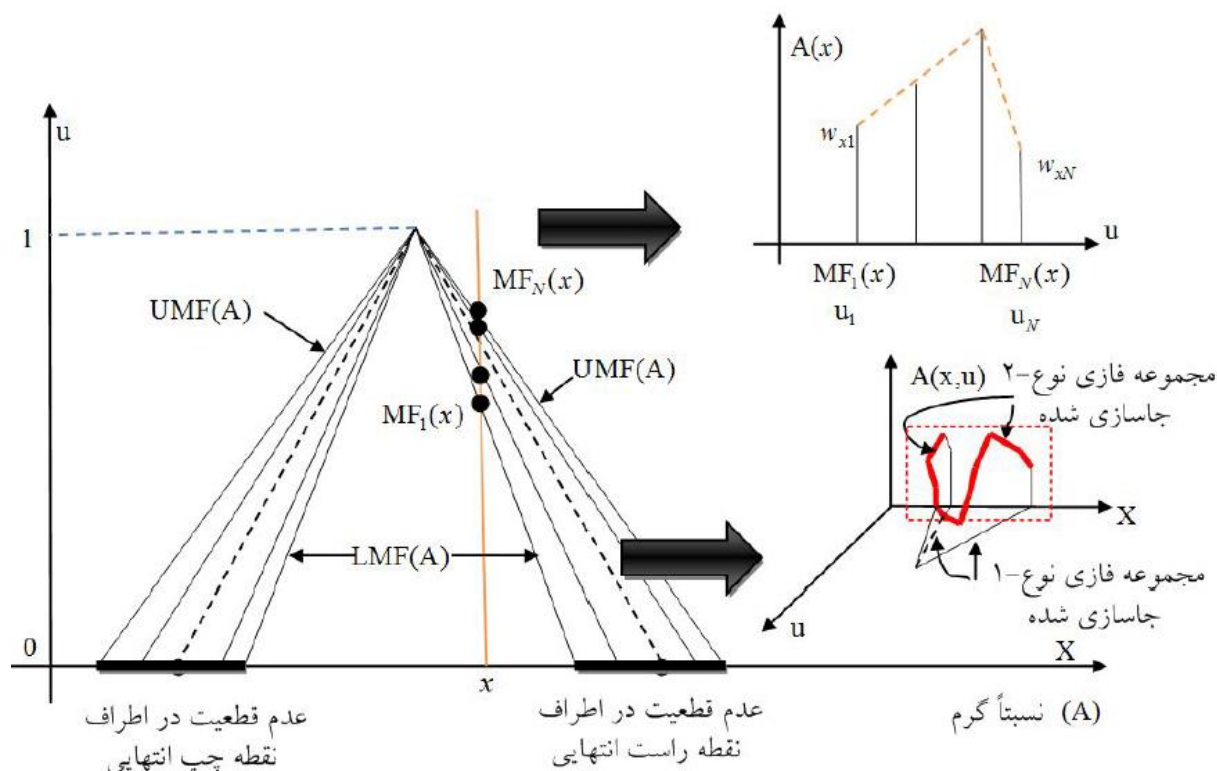
$$A^{\mathbb{L}} = \int_x \frac{\mu_A(x)}{x} = \int_x \left[\int_u \frac{f_x(u)}{(u)} \right] / x \quad (7-3)$$

$$A^{\mathbb{L}} = \{(x, \mu_A(x)) | \forall x \in X\} \quad (8-3)$$

نمای کلی تابع عضویت یک مجموعه فازی نوع ۲ در شکل ۷-۳ نشان داده شده است. هرگاه همه درجات عضویت ثانویه در یک مجموعه فازی نوع ۲ برابر یک باشد، به آن مجموعه، مجموعه فازی نوع ۲ فاصله ای گفته می شود. در غیر این صورت، به آن مجموعه فازی، مجموعه فازی نوع ۲ کلی گفته می شود. تابع عضویت یک مجموعه فازی نوع ۲، سه بعدی است (Mendel, 2007). رسم شکل سه بعدی تابع عضویت نوع ۲ ساده نیست؛ اما برای داشتن تجسمی از آن کشیدن دامنه دو بعدی تابع عضویت نوع ۲ که به آن (FOU^1) اثر عدم قطعیت

¹ Footprint Of Uncertainty

می‌گویند، مفید واقع می‌شود. در شکل ۷-۳ اثر عدم قطعیت به وسیله یک تابع عضویت بالایی UMF^1 و پایینی LMF^2 محدود شده است.



شکل (۷-۳): نمودار فازی نوع دوم

۳-۴- جمع‌بندی

این فصل بر مبنای معرفی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و منطق فازی تدوین شده است، همچنین روش کار دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده در تحقیق شرح داده شده است. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره کاربردهای فراوان در امور مدیریتی دارد همچنین در مسائل معدنی که نیاز انتخاب گزینه‌ها است دارای اهمیت ویژه‌ای است چون با در نظر گرفتن روابط بین معیارها و گزینه‌ها و نسبت‌ها، می‌تواند نتایج مطلوبی را حاصل کند.

¹ Upper Membership Function

² Lower Membership Function

سیستم‌های فازی که توسط زاده به وادی علم معرفی شدند، علاوه بر تبدیل کمیت‌های کیفی به کمی، توانستند در بهینه‌سازی و دقت انجام پروژه‌ها کمک شایانی داشته باشند و ترکیب سیستم‌های فازی با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، باعث ایجاد نتایج مطلوب و دقیق می‌شود. در این پایان‌نامه علاوه بر فازی نوع اول، از فازی نوع دوم نیز استفاده شده، که در نهایت نتایج با هم مقایسه شده‌است..

فصل چہارم

انتخاب سیستم حمل مناسب



۴-۱- مقدمه

استخراج و حمل مواد معدنی در معدنکاری جز پرهزینه‌ترین فعالیت‌های معدنی هستند. با کمینه‌سازی این هزینه‌ها می‌توان کمک شایانی به کاهش هزینه کل معدنکاری کرد. برای این مسئله با راه‌کارهایی به مانند بهینه‌سازی روش استخراج و روش حمل مواد می‌توان هزینه‌های استخراج مواد معدنی و حمل مواد معدنی را کاهش داد. همچنین می‌توان با انتخاب روش استخراج مناسب و انتخاب روش حمل مناسب به این هدف رسید. در خصوص انتخاب روش مناسب رویکردهای بسیاری وجود دارد به مانند استفاده از روش‌های مدل‌سازی ریاضی، الگوریتم‌های فرا ابتکاری و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که این روش‌ها نیازمند بررسی و مطالعات هستند. در این فصل با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به انتخاب سیستم حمل مناسب پرداخته شده است. برای انتخاب روش حمل مواد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ابتدا بایستی معیارهای مؤثر و گزینه‌های محتمل را پیدا کرد. در این فصل ابتدا برای یافتن معیارهای مؤثر از تکنیک DEMATEL فازی استفاده شده و در سپس تمام گزینه‌های محتمل با این معیارها سنجیده می‌شود تا مناسب‌ترین گزینه انتخاب شود.

بعد از بررسی معیارها و یافتن معیارهای مؤثر بایستی با روش تصمیم‌گیری چند معیاره به انتخاب مناسب‌ترین گزینه پرداخت. این امر توسط تکنیک ANP فازی انجام خواهد شد بدین ترتیب که طی مراحل هر رویکرد در دو حالت مختلف فازی نوع اول و فازی نوع دوم بررسی می‌شود و به تبع آن نتایج باهم مقایسه خواهد شد.

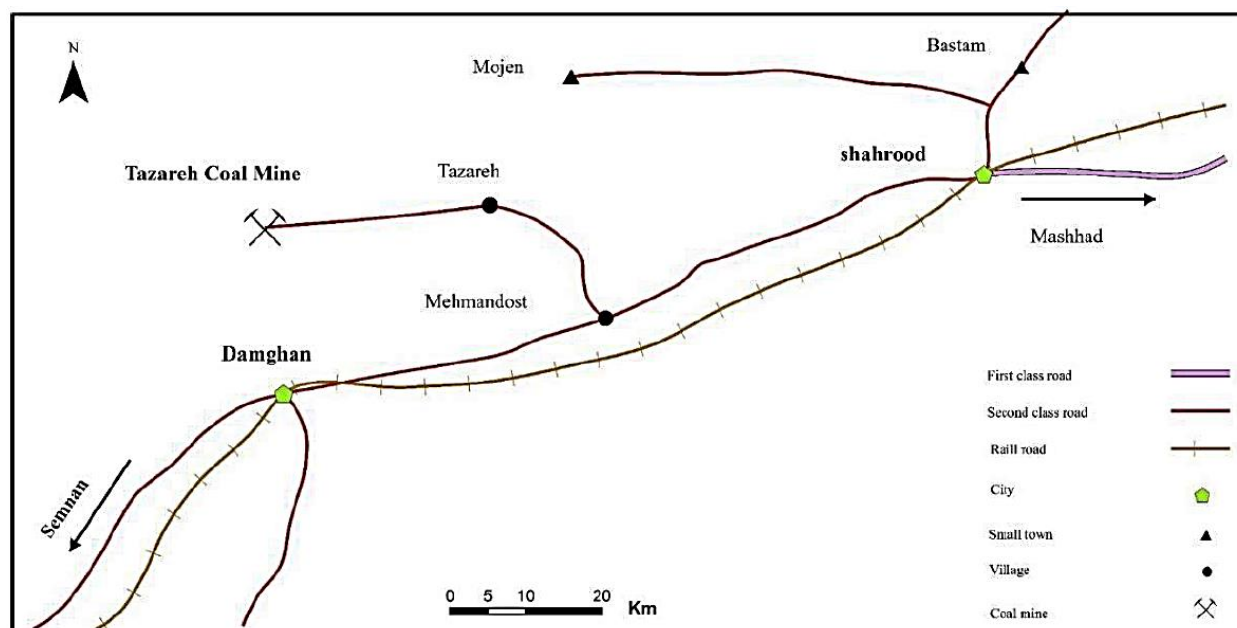
۴-۲- معرفی معدن زغال طزره

منطقه طزره در مناطق سردسیر و کوهستانی جنوب رشته‌کوه‌های البرز واقع شده است. متوسط ارتفاع منطقه ۲۲۰۰ متر است و هوای سرد، پوشش گیاهی فقیر و محدودیت منابع انسانی و انرژی از ویژگی‌های خاص این منطقه بوده است. منطقه طزره در فاصله ۷۰ کیلومتری شهرستان شاهرود واقع است. شهرستان شاهرود با بیش از ۲۰۰ هزار نفر جمعیت پرجمعیت‌ترین شهر استان و از اصلی‌ترین مراکز فعالیت معدنی شمال شرق کشور است. این منطقه خود شامل چهار معدن اصلی کلاریز، مجموعه مادر، کلمدر برناکی و رزمجا در کنار معادن خصوصی دیگر است. عملیات معدنی در این منطقه با عملیات اکتشافی در محدوده تونل مادر در سال ۱۳۴۸ آغاز شد. استخراج زغال‌سنگ در مجموعه نیز از سال ۱۳۵۲ با بهره‌برداری از تونل مادر شروع شده و همچنان ادامه دارد. تعداد سه دهانه تونل فعال در مجموعه مادر توان تولید سالانه ۳۵ هزار تن زغال‌سنگ خام را دارا است و تعداد کارکنان این مجموعه به ۱۸۰ نفر می‌رسد. توان تولید سه مجموعه کلاریز، کلمدر برناکی و رزمجا هرکدام به ۳۰ هزار تن در سال می‌رسد. بدین ترتیب توان تولید مجموعه طزره ۱۲۵ هزار تن در سال است که این تولید حاصل تلاش ۸۰۰ نفر نیروی شاغل در این مجموعه است. گرچه خاکستر زغال‌سنگ خام مجموعه طزره نسبتاً بالا است، ولی گوگرد پایین و کک‌دهی مطلوب از ویژگی‌های درخور توجه ذخیره این مجموعه است.

۴-۲-۱- موقعیت معدن طزره

منطقه معدنی طزره در طول‌های جغرافیایی 18° تا $54^{\circ}30'$ شرقی و در عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ}23'$ تا $36^{\circ}27'$ شمالی و در بخش مرکزی شهرستان دامغان و در ۴۰ کیلومتری شمال دامغان با ارتفاع ۱۷۵۰ متری از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته که دسترسی به منطقه موردنظر از طریق جاده انحرافی که در ۳۵ کیلومتری جاده

شاهرود _ دامغان بوده طول ۳۵ کیلومتر به طرف شمال کشیده شده، امکان پذیر است. راه های دسترسی به معدن و کارخانه زغال شویی در شکل ۱-۴ نشان داده شده است.



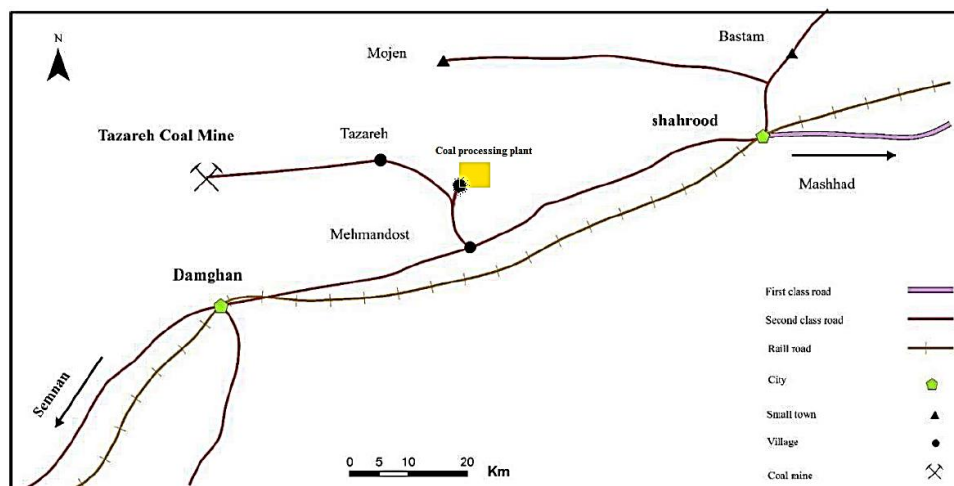
شکل (۱-۴): راه های دسترسی معدن طزره

۴-۳- معرفی کارخانه زغال شویی

کارخانه زغال شویی شرکت زغال سنگ البرز شرقی در فاصله ۶۰ کیلومتری ستاد مرکزی شهرستان شاهرود واقع شده است. این کارخانه در سال ۱۳۵۲ در زمینی به مساحت حدود ۱۰۰۰ مترمربع احداث و فعالیت خود را آغاز نموده که با توان تولید ۱۰۰ تن کنسانتره زغال سنگ در ساعت، تنها واحد تولید کنسانتره در منطقه است.

کارخانه زغال شویی شرکت زغال سنگ البرز شرقی مجموعه ای شامل جیک ماشین، اسپیرال ها و واحدهای فلو تاسیون و کلیه تولیدات معدن وابسته به شرکت زغال سنگ البرز شرقی و دیگر معادن زغال سنگ منطقه را تحویل برای کک سازی شستشو می دهد. در حال حاضر تعداد ۷۰ نفر در کارخانه زغال شویی مشغول به کار هستند. موقعیت کارخانه زغال شویی شرکت زغال سنگ البرز شرقی واقع در طول جغرافیایی 52° و عرض

جغرافیایی $36^{\circ}35'$ است راه‌های دسترسی به کارخانه و موقعیت کارخانه در شکل ۲-۴ نشان داده شده است که در فاصله ۱۴ کیلومتری از معدن اصلی طزره قرار دارد همچنین این موضع نزدیک به دامپ باطله^۱ است.



شکل (۲-۴): موقعیت کارخانه زغال شویی

۴-۴- معرفی منطقه مورد تحقیق

محدوده موردنظر حدفاصل کارخانه زغال شویی البرز شرقی تا ایستگاه قطار زرین شهر است. این مسیر در شکل ۳-۳ نشان داده شده است. مسیر ذکر شده دارای طول مستقیم ۱۸ کیلومتر و طول جاده‌ای ۲۵ کیلومتر است همچنین شیب مسیر ۲ درصد است که شیب به سمت ایستگاه قطار واقع در زرین شهر است. طبق گزارش‌های توپوگرافی منطقه در نقاط مختلف دارای پستی بلندی‌های بسیار زیاد است.

مسیر موردنظر از کارخانه زغال شویی (محل بارگیری کنسانتره زغال) شروع شده و بعد طی ۲۵ کیلومتر به ایستگاه قطار واقع در زرین شهر (محل تخلیه و بارگیری مجدد در قطار) به اتمام می‌رسد. در حین مسیر از جاده بین‌المللی عبور می‌شود که چالش بزرگی را در پی دارد. در شکل ۳-۴ طبق نقشه مسیر فعلی بارنگ قرمز مشخص شده است.



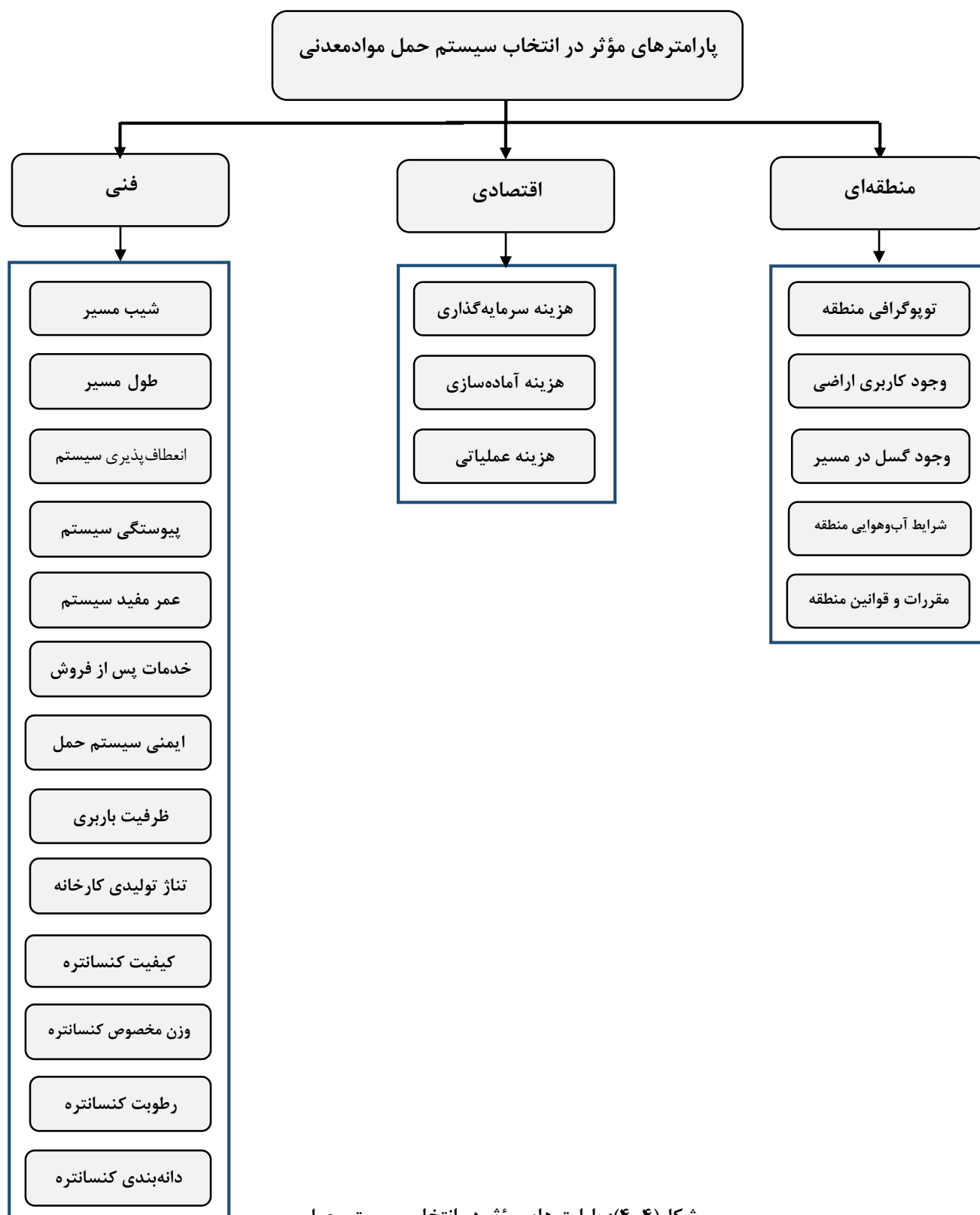
شکل (۴-۳): مسیر جاده‌ای کارخانه تا محل بارگیری قطار

۴-۵- معرفی و بیان داده‌های موجود

برای انتخاب روش حمل مناسب معیارهایی با دانش جمعی، اطلاعات کارشناسان و مقالات مرتبط جمع‌آوری شده‌اند، همچنین تمام گزینه‌های محتمل نیز انتخاب شده است. در این پایان‌نامه هدف یافتن و طراحی روش حمل مناسب است که به تبع آن نیازمند اطلاعات صحرایی و آکادمی است. برای این امر ابتدا پرسش‌نامه‌هایی تدوین شده است که توسط کارشناسان تکمیل شده‌اند.

در پرسش‌نامه اول تعداد ۳ معیار اصلی و ۲۳ زیر معیار مشخص شده که برای روش DEMATEL فازی در تعیین پارامترهای مؤثر استفاده شده است (پیوست ب). پرسش‌نامه دوم شامل مقایسات زوجی معیارهای مؤثر منتخب مرحله قبل و گزینه‌های محتمل حمل است (پیوست ج). این پرسش‌نامه‌ها شامل معیارهای اصلی عوامل فنی، عوامل اقتصادی و عوامل منطقه‌ای هستند که هر کدام دارای زیرمعیارهای مرتبط به خود هستند.

تمام معیارها و زیرمعیارها مؤثر در شکل ۴-۴ آورده شده است.



شکل (۴-۴): پارامترهای مؤثر در انتخاب سیستم حمل

۴-۵-۱- معیارهای فنی

شیب مسیر:

شیب طولی، شیب سطح تمام شده راه در امتداد مسیر است. این شیب همان شیب طول خط پروژه است و به طور عمده به وسیله پستی و بلندی، پیچ ها، قدرت وسایل نقلیه سنگین و هزینه ساخت راه کنترل می شود.

طول مسیر:

مسافت قابل دسترس در امتداد مسیر از کارخانه زغال شویی به ایستگاه زرین شهر است. همچنین این معیار از اهمیتی زیاد برخوردار است چون عمده هزینه اصلی به طول مسیر بستگی دارد.

انعطاف پذیری سیستم حمل:

از انعطاف پذیری به عنوان ویژگی دستگاه های مختلف استفاده می شود. انعطاف پذیری در بسیاری از زمینه های مهندسی، معماری، زیست شناسی، اقتصاد و غیره متفاوت تعریف شده است. انعطاف پذیری در سیستم مهندسی سهولتی است که یک سیستم می تواند ضمن حفظ یا افزایش تحویل ارزش خود، به عدم اطمینان پاسخ دهد (Ghasvareh et al, 2019).

پیوستگی سیستم حمل:

در بین روش های ترابری در معادن، سیستم های حمل به دو گروه سیستم های پیوسته و ناپیوسته تقسیم بندی می شوند. سیستم پیوسته به این صورت است که مراحل بارگیری و باربری به صورت یکسان و با سرعت یکنواخت منتقل می شوند که از این روش ها به نوار نقاله و قطار می توان نام برد. سیستم های ناپیوسته عملاً نیاز به بار کننده و حمل چند مرحله ای دارند.

عمر مفید سیستم حمل:

عمر مفید دوره ای است که طی آن انتظار می رود یک دستگاه برای هدفی که طراحی شده است قابل استفاده باشد. ممکن است با عمر واقعی دستگاه یا عمر اقتصادی دستگاه مطابقت داشته باشد.

خدمات پس از فروش:

تعهدی است که شرکت‌ها برای پاسخگویی به نیاز مشتریان برای پشتیبانی در یک دوره زمانی خاص (با نگاه کسب‌وکار) ارائه می‌دهند. خدمات پس از فروش خدمتی است که از سوی کارخانه سازنده به مشتری پس از فروش محصول ارائه می‌شود. این خدمت می‌تواند شامل تعمیر یا تعویض قطعه معیوب در طی مدت تضمین یا بیشتر باشد. خدمات پس از فروش کاملاً به محصول فروخته شده مرتبط است. که در حوزه معدنکاری از اهمیت زیادی برخوردار است.

ایمنی سیستم حمل:

قابلیت اطمینان یک ویژگی اساسی برای عملکرد ایمن هر سیستم فن‌آوری مدرن است. با تمرکز بر ایمنی، تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان در تعیین کمیت احتمال خرابی و موانع حفاظتی یک سیستم است. ایمنی در فعالیت‌های معدنی بدان معناست که شخص یا ماشین‌آلات از خطر در امان باشند که در خصوص راه‌کارهای حمل مواد ایمنی افراد و کارگران بسیار مهم است.

ظرفیت باربری سیستم حمل:

سیستم‌های حمل هرکدام دارای توانایی حمل میزان مشخصی از مواد هستند به این صورت که کامیون‌ها دارای ظرفیت‌های مختلفی هستند، همچنین نوار نقاله با تغییر عرض نوار به ظرفیت‌های متفاوت دسترسی پیدا خواهد کرد.

تناژ تولیدی کارخانه:

محصول حاصل شده از کارخانه در سال به میزان مشخصی است پس می‌توان مقدار آن را در روز نیز محاسبه کرد. این مقدار تن توسط سیستم حمل منتقل خواهد شد پس تناژ تولیدی از عوامل مهم است.

کیفیت کنسانتره:

کیفیت به معنای مناسب بودن است، یعنی محصول مطابق با مشخصات مد نظر خریدار باشد. کیفیت کنسانتره با تعیین روش حمل رابطه مستقیم دارد، اگر کیفیت کنسانتره مواد معدنی مناسب باشد امکان بهره‌گیری از

روش‌های نوین حمل مواد را می‌دهد و در صورت دیگر اگر از کیفیت مناسب برخوردار نباشد، موجب عدم انتخاب بعضی از روش‌های حمل می‌شود.

دانه‌بندی کنسانتره:

مواد معدنی بر اساس ابعاد به دو گروه اصلی مواد با اندازه یکنواخت و مواد با اندازه غیریکنواخت تقسیم می‌شوند. در گروه اول مواد معدنی با اندازه یکسان قرار دارند و به دسته‌های مواد معدنی ریز، متوسط و درشت طبقه‌بندی می‌شوند. عدم یکنواختی مواد موجب کاهش راندمان بار کننده و حمل‌کننده می‌شود. همچنین ابعاد مواد نیز موجب تغییر گزینه حمل می‌شود. این معیار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

رطوبت کنسانتره:

میزان رطوبت مواد معدنی در خصوص مسافت‌های زیاد قابل تغییر است. این امر چالش بزرگی را به همراه دارد همچنین رطوبت با میزان چسبندگی رابطه مستقیم دارد که مسئله را دشوارتر می‌نماید. کنسانتره زغال تحویلی بایستی دارای ۱۰ درصد رطوبت باشد.

۴-۵-۲- معیارهای اقتصادی

هزینه سرمایه‌گذاری:

در فعالیت‌های معدنکاری به میزان پولی گفته می‌شود که تا قبل از شروع از بهره‌برداری صرف می‌شود که در هر زمان مشخص دارای ارزش مشخصی است. این رقم هزینه در شروع بهره‌برداری به صورت‌های خرید و نصب تجهیزات و ماشین‌آلات، تهیه زمین، راه دسترسی و آماده‌سازی است. حداقل سرمایه لازم برای شروع عملیات برای بهره‌برداری است.

هزینه آماده‌سازی:

احداث راه دسترسی برای استقرار ماشین‌آلات، احداث بناها، هزینه‌های تسطیح و آماده‌سازی زمین که تا ۵۰ درصد هزینه‌ها است.

هزینه عملیاتی:

کلیه هزینه‌های جاری طرح که مربوط به عملیات اجرائی بوده و در محل طرح هزینه می‌شود را هزینه‌های عملیاتی گویند مانند هزینه سوخت، هزینه کارکنان و هزینه تعمیر و نگهداری جز هزینه‌های عملیاتی هستند.

۴-۵-۳- معیارهای منطقه‌ای

توپوگرافی منطقه:

به خطوط هم تراز می‌گفته می‌شود که موقعیت ارتفاعی زمین در هر نقطه را مشخص می‌کند. روش تولید این خطوط بدین صورت است که نقشه‌بردار تعدادی نقطه از زمین برداشت می‌کند. حال این نقاط را از دوربین به یک فایل اتوکد منتقل می‌کنند. سپس توسط نرم‌افزار مخصوص نقشه‌برداری نقاطی که تراز ارتفاعی یکسانی دارند را به هم متصل می‌کنند تا نقاط هم‌تراز با یک خط مشخص شوند.

وجود کاربری اراضی:

عبارت است از جلوگیری از تغییر نحوه استفاده از زمین‌های خاص توسط مالکان یا متصرفین آن، در صورتی که تغییر کاربری آن‌ها آثار منفی طبیعی، اقتصادی، سیاسی، علمی یا فرهنگی به دنبال داشته باشد.

وجود گسل در مسیر:

گسل به شکستگی‌هایی اطلاق می‌شود که سنگ‌های دو طرف صفحه شکستگی نسبت به همدیگر حرکت کرده باشند. این جابه‌جایی می‌تواند از چند میلی‌متر تا صدها متر باشد که وجود این پدیده طبیعی در مسیر احتمال زمین‌لرزه و ریزش و... را بالا می‌برد.

شرایط آب و هوایی منطقه:

شرایط یک منطقه جغرافیایی نظیر دما، رطوبت، فشار اتمسفر، باد، بارش و سایر مشخصه‌های هواشناسی در مدت زمانی نسبتاً طولانی نسبت داده می‌شود. این پارامتر در خصوص روش انتخابی کمک به سزایی می‌کند.

قوانین و مقررات منطقه:

در نواحی و استان‌های مختلف محدودیت‌های قانونی بسیاری وجود دارد همچنین وجود راه بین‌المللی، مقررات ویژه و تابعیت منطقه که موجب محدودیت خواهد شد و نیاز به بررسی دارد.

۴-۶- تعیین پارامترهای مؤثر با استفاده از روش Fuzzy DEMATEL

در این تحقیق، به منظور بررسی پارامترهای مؤثر در انتخاب روش حمل مناسب مواد معدنی از روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی استفاده شده است. ابتدا پارامترهای مؤثر که در مسائل مشابه استفاده شده، جمع‌آوری شده سپس با بررسی روابط علی بین پارامترها، تاثیر گذارترین پارامترها تعیین شده و در این تحقیق بکار گرفته شده است. پارامترها از ۳ معیار اصلی و ۲۳ زیر معیار تشکیل شده است. لازم به ذکر است جداول مربوطه در بخش پیوست قرار گرفته است.

۴-۶-۱- داده‌های ورودی

در ابتدا برای انجام این فرآیند پرسش‌نامه‌هایی توسط ۱۰ کارشناس تکمیل شده است. با توجه به اینکه کارشناسان مربوطه هر کدام دارای تجربه و تخصص متفاوتی هستند، برای ایجاد همسان‌سازی، از یک رویکردی جهت محاسبه ضریب تاثیر هر کارشناس استفاده شده است. در این خصوص جدولی ارائه شد تا به نظرات کارشناسان بر اساس میزان تجربه، سن، سمت و تحصیلات امتیازدهی شده و در نهایت ضریب تاثیر هر کارشناس تعیین شود. در جدول ۴-۱ نحوه امتیازدهی بر اساس ویژگی‌های کارشناسان آورده شده است.

جدول (۴-۱): جدول امتیازدهی بر اساس ویژگی‌های کارشناسان (Renjith et al, 2010)

ردیف	وضعیت	طبقه‌بندی	امتیاز
۱	سمت	مدیر، معاون	۴
		بازرس، دستیار مدیر، کنترل کننده	۳
		سرپرست کارگاه، سرکارگر	۲
		اپراتور	۱
۲	تجربه (سال)	۳۰	۴
		۲۰-۳۰	۳
		۱۰-۲۰	۲
		۵-۱۰	۱
۳	تحصیلات	دکتر	۵
		کارشناس و کارشناس ارشد	۴
		دیپلم	۳
		دارای مدرک فنی	۲
		زیر دیپلم	۱
۴	سن (سال)	بیشتر از ۵۰	۴
		۴۰-۵۰	۳
		۳۰-۴۰	۲
		کمتر از ۳۰	۱

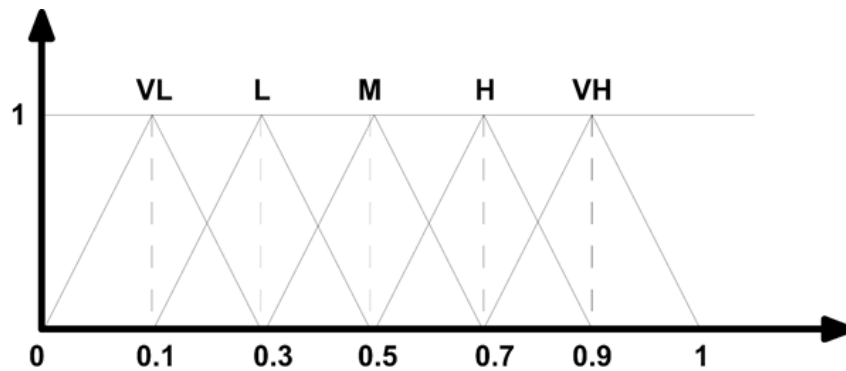
۴-۶-۲- تشکیل ماتریس مقایسه

ابتدا نتایج پرسش‌نامه‌های وزن‌دار با توجه به جدول ۴-۲ تبدیل به مقادیر فازی شده و ماتریس‌های مقایسه معیارها تشکیل می‌شوند. به منظور مقایسه معیارها با یکدیگر از ۵ عبارت کلامی استفاده شده است که نام این عبارات و مقادیر فازی معادلشان در جدول ۴-۲ آورده شده است.

جدول (۲-۴): عبارات کلامی به کاررفته در تحقیق و مقادیر معادلشان

عبارت کلامی	کد	مقدار فازی
بدون تأثیر	۰	$(0, 0, 0/25)$
تأثیر خیلی کم	۱	$(0, 0/25, 0/5)$
تأثیر کم	۲	$(0/25, 0/5, 0/75)$
تأثیر زیاد	۳	$(0/5, 0/75, 1)$
تأثیر خیلی زیاد	۴	$(0/75, 1, 1)$

همچنین برای فازی کردن متغیرها از تابع فازی مثلثی شکل ۴-۵ استفاده شده است.



شکل (۴-۵): اعداد فازی مثلثی

برای بررسی معیارها از نظر ۱۰ خبره استفاده شده که در این ماتریس‌ها، $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ اعداد فازی مثلثی هستند. ابتدا معیارهای اصلی مورد بررسی قرار گرفته شده است. اعداد فازی ماتریس‌های معیارهای اصلی دی‌فازی شده و با توجه به ضرایب تأثیر هر کارشناس، مجموع نظرات به صورت یک ماتریس حاصل شده‌اند که در جدول ۳-۴ آورده شده است.

جدول (۳-۴): میانگین نظر تمام خبرگان برای معیارهای اصلی

معیارهای اصلی	عوامل منطقه‌ای	عوامل اقتصادی	عوامل فنی
عوامل منطقه‌ای	۰	۰/۴۵۵۰۰۰۰	۰/۴۵۸۵۰۰۰
عوامل اقتصادی	۰/۴۹۵۶۲۵۰	۰	۰/۷۹۳۸۷۵۰
عوامل فنی	۰/۳۸۷۲۵۰۰	۰/۷۵۶۰۰۰۰	۰

طبق این روش ماتریس به دست آمده با استفاده از روابط ذکر شده در فصل قبل تبدیل به ماتریس روابط کل شده است. ماتریس روابط کل معیارهای اصلی در جدول ۴-۴ آورده شده است.

جدول (۴-۴): ماتریس روابط کل معیارهای اصلی

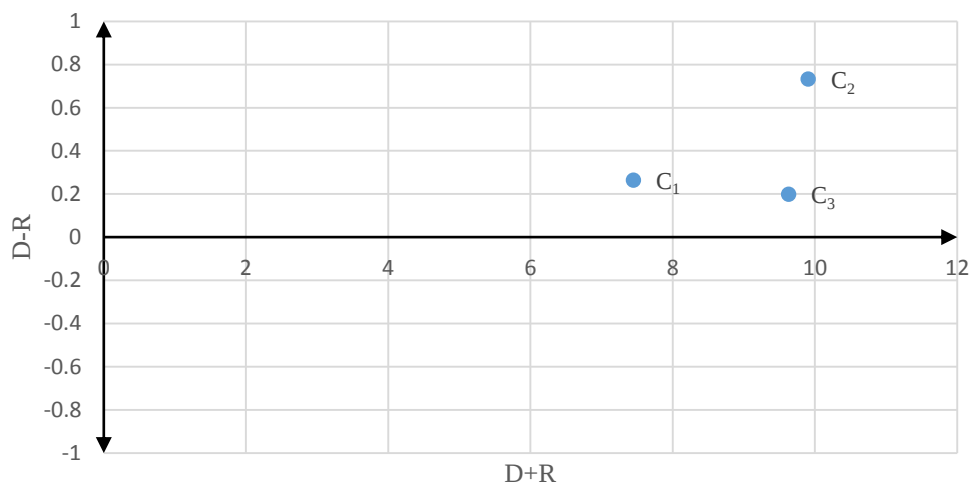
معیارهای اصلی	عوامل منطقه‌ای	عوامل اقتصادی	عوامل فنی
عوامل منطقه‌ای	۰/۰۲۹۰	۰/۲۱۳۲	۰/۲۱۳۲
عوامل اقتصادی	۰/۲۳۲۳	۰/۰۲۹۰	۰/۰۲۹۰
عوامل فنی	۰/۱۸۱۵	۰/۳۵۴۳	۰/۳۵۴۳

از ماتریس روابط کل، میزان اهمیت شاخص‌ها $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)$ و رابطه بین معیارها $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$ به دست آمده است. اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است. در جدول ۴-۵ مقادیر D و R به ترتیب میزان اثرگذاری و تاثیر پذیری معیار هستند. همچنین برای تعیین علت یا معلول بودن معیار و میزان تعاملش با دیگر معیارها از D+R و D-R استفاده شده است.

جدول (۴-۵): اهمیت تأثیرگذاری معیارها

شماره	معیار	D	R	D+R	D-R
C ₁	عوامل منطقه‌ای	۳/۸۵۵۹	۳/۵۹۱۱	۷/۴۴۷۰	۰/۲۶۴۸
C ₂	عوامل اقتصادی	۵/۳۱۹۶	۴/۵۸۷۴	۹/۹۰۷۱	۰/۷۳۲۲
C ₃	عوامل فنی	۴/۹۱۳۸	۴/۷۱۵۱	۹/۶۲۸۹	۰/۱۹۸۷

در شکل ۴-۶ نمودار میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها نشان داده شده است. محور افقی نمودار میزان اثرگذاری و محور عمودی میزان اثرپذیری معیارها است. طبق شکل ۴-۶ میزان اثرگذاری همه معیارها مثبت است و از ۳ معیار اصلی، معیار اقتصادی بیشترین مقدار D را دارد پس تاثیر گذارترین عامل به حساب می‌آید. معیار فنی بیشترین مقدار R را دارد، پس تاثیرپذیرترین عامل است. عامل اقتصادی دارای بیشترین مقدار D+R است که در نتیجه بیشترین تعامل را با دیگر معیارها دارد. معیار منطقه‌ای تعامل کمتری نسبت به معیارهای دیگر دارد. همچنین این معیارها به دلیل اثر پذیری مثبت به عنوان یک علت در مسئله هستند.



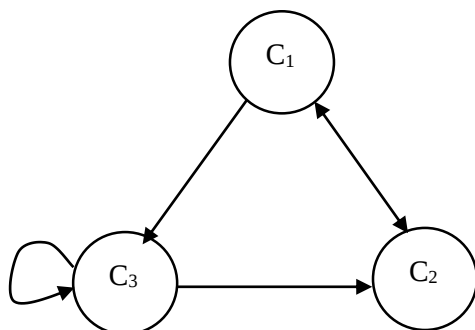
شکل (۴-۶): نمودار علی روابط معیارهای اصلی

برای تعیین روابط بین معیارها از ماتریس روابط کل، مقدار آستانه یا میانگین گرفته شده است. هر عددی از این مقدار آستانه بزرگتر بود، نشان دهنده رابطه و هر عددی کمتر از این مقدار آستانه بود، نشانگر عدم رابطه بین دو معیار است. مقدار حد آستانه ماتریس برای معیارهای اصلی ۰/۱۸۱۷۶ است که برای تعیین رابطه و عدم رابطه بین معیارها با ۰ و ۱ نمایش داده شده است (شکل ۴-۷).

	C1	C2	C3			C1	C2	C3
C1	0.0290	0.2132	0.2132	→	C1	0	1	1
C2	0.2323	0.0290	0.0290		C2	1	0	0
C3	0.1815	0.3543	0.3543		C3	0	1	1

شکل (۴-۷): تبدیل ماتریس روابط به ماتریس نقشه روابط

با توجه به شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸ بین معیارهای منطقه‌ای و فنی ارتباط دو طرفه وجود دارد و به یک دیگر وابسته هستند. همچنین معیار اقتصادی علاوه بر رابطه با معیار فنی با زیرمعیارهای زیرمجموعه خود نیز رابطه دارد.



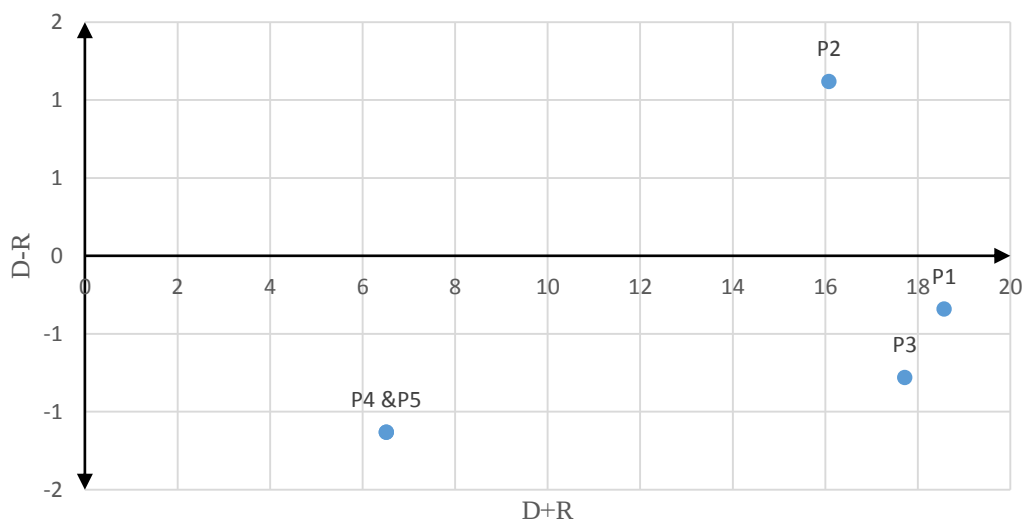
شکل (۴-۸): نقشه روابط شبکه معیارهای اصلی

برای زیرمعیارهای منطقه‌ای، اقتصادی و فنی به ترتیب مراحل قبل انجام شده و ماتریس روابط کل، نمودار علی و نقشه روابط شبکه برای هر کدام به دست آمده است که در ادامه نتایج و تحلیل‌ها آورده شده است. در جدول ۶-۴ میزان اهمیت پذیری زیر معیارهای منطقه‌ای نشان داده شده است.

جدول (۶-۴): اهمیت تأثیرگذاری زیرمعیارهای منطقه‌ای

شماره	عوامل منطقه‌ای	D	R	D+R	D-R
p_1	توپوگرافی منطقه	۹/۱۱۳۹	۹/۴۵۴۰	۱۸/۵۶۷۹	-۰/۳۴۰۱
p_2	وجود گسل در مسیر	۸/۶۰۰۱	۷/۴۷۹۷	۱۶/۰۷۹۹	۱/۱۲۰۴
p_3	وجود کاربری اراضی	۸/۴۶۸۴	۹/۲۴۸۷	۱۷/۷۱۷۱	-۰/۷۸۰۳
p_4	شرایط آب‌وهوایی منطقه	۲/۶۹۰۶	۳/۸۲۱۱	۶/۵۱۱۷	-۱/۱۳۰۵
p_5	مقررات و قوانین منطقه	۲/۶۹۰۶	۳/۸۲۱۱	۶/۵۱۱۷	-۱/۱۳۰۵

طبق شکل ۹-۴ میزان اثر گذاری زیر معیارها منطقه‌ای مثبت است و از ۵ زیر معیار منطقه‌ای، زیر معیار توپوگرافی بیش‌ترین تعامل را با دیگر معیارها دارد و زیر معیارهای شرایط آب و هوایی منطقه و مقررات و قوانین منطقه تعامل کمتری نسبت به زیر معیارهای دیگر دارند. زیر معیار وجود گسل در مسیر به دلیل اثر پذیری مثبت به عنوان یک علت در مسئله است و دیگر زیر معیارها به دلیل اثر پذیری منفی به عنوان یک معلول در مسئله هستند که این امر موجب کاهش تاثیر این زیرمعیارها در مسئله می‌شود (شکل ۹-۴).



شکل (۹-۴): نمودار علی روابط زیرمعیارهای منطقه‌ای

مقدار حد آستانه ماتریس برای معیارهای اصلی 0.482084 است که برای تعیین رابطه و عدم رابطه بین معیارها

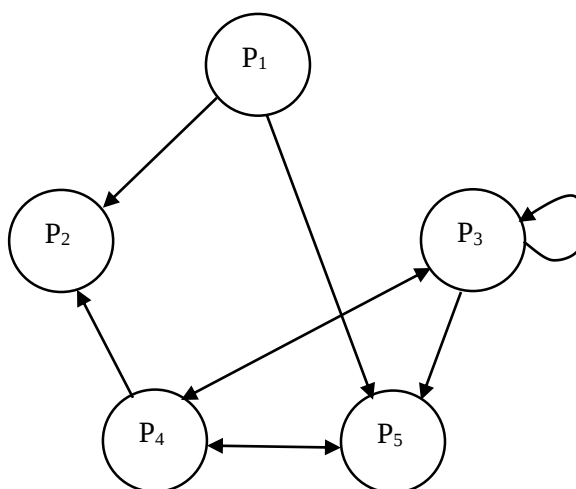
با ۰ و ۱ نمایش داده شده است (شکل ۴-۱۰).

	P1	P2	P3	P4	P5
P1	0.2332	0.6543	0.2132	0.2132	0.7815
P2	0.1815	0.3543	0.354	0.3543	0.3543
P3	0.4065	0.4065	0.7815	0.7652	0.6543
P4	0.3543	0.8185	0.7652	0.4065	0.6543
P5	0.3843	0.3843	0.4065	0.8158	0.3543

شکل (۴-۱۰): تبدیل ماتریس روابط به ماتریس نقشه روابط

با توجه به شکل ۴-۱۱ بین معیارهای آب و هوای منطقه و قوانین و مقررات منطقه ارتباط دوطرفه وجود دارد.

معیار وجود گسل با معیار قوانین و مقررات منطقه و همچنین هر با خود نیز رابطه دارد.



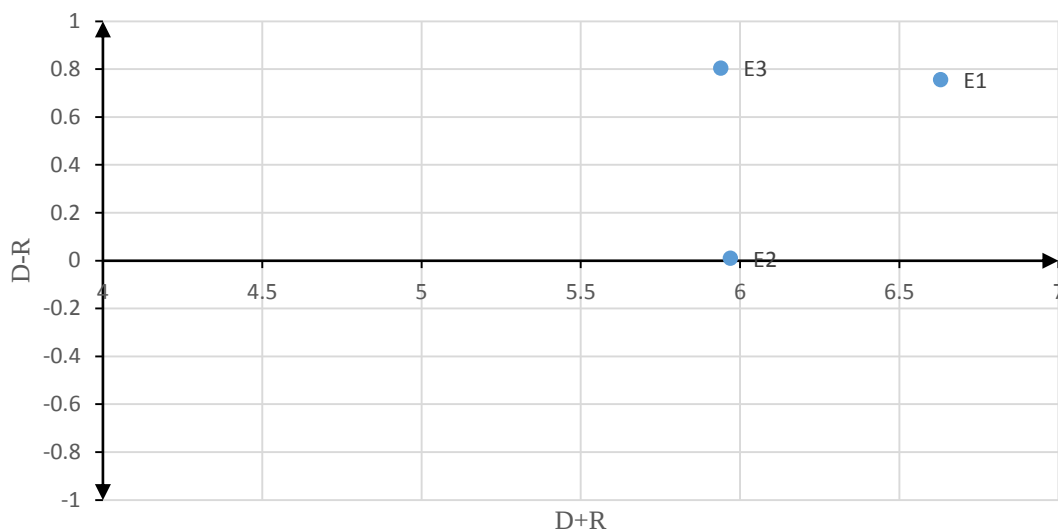
شکل (۴-۱۱): نقشه روابط شبکه معیارهای منطقه‌ای

در جدول ۴-۷ میزان اهمیت پذیری زیرمعیارهای اقتصادی نشان داده شده است.

جدول (۴-۷): اهمیت تأثیرگذاری زیرمعیارهای اقتصادی

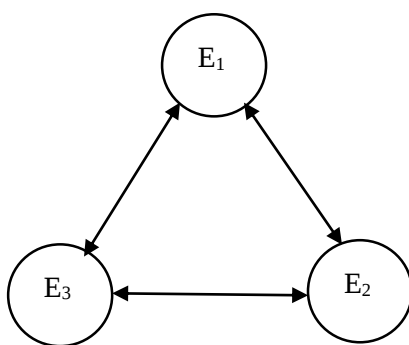
شماره	عوامل اقتصادی	D	R	D+R	D-R
E _۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۳/۶۹۳۰	۲/۹۴۶۵	۶/۶۳۹۵	۰/۷۴۶۵
E _۲	هزینه آماده‌سازی	۲/۹۹۰۶	۲/۹۸۱۰	۵/۹۷۱۶	۰/۰۰۹۶
E _۳	هزینه عملیاتی	۳/۳۷۷۰	۲/۵۷۲۶	۵/۹۴۹۶	۰/۸۰۴۴

طبق شکل ۴-۱۲ میزان اثر گذاری معیارها مثبت است. از ۳ زیر معیار اقتصادی، زیر معیار هزینه سرمایه گذاری بیشترین تعامل را با دیگر معیارها دارد و معیار هزینه عملیاتی تعامل کمتری نسبت به زیرمعیارهای دیگر دارد. همچنین این زیرمعیارها به دلیل اثر پذیری مثبت به عنوان یک علت در مسئله هستند.



شکل (۴-۱۲): نمودار علی روابط زیرمعیارهای اقتصادی

مقدار حد آستانه ماتریس برای معیارهای اصلی ۰/۱۹۱۸۶ است. با توجه به شکل ۴-۱۳ بین تمامی معیارها ارتباط دوطرفه وجود دارد.



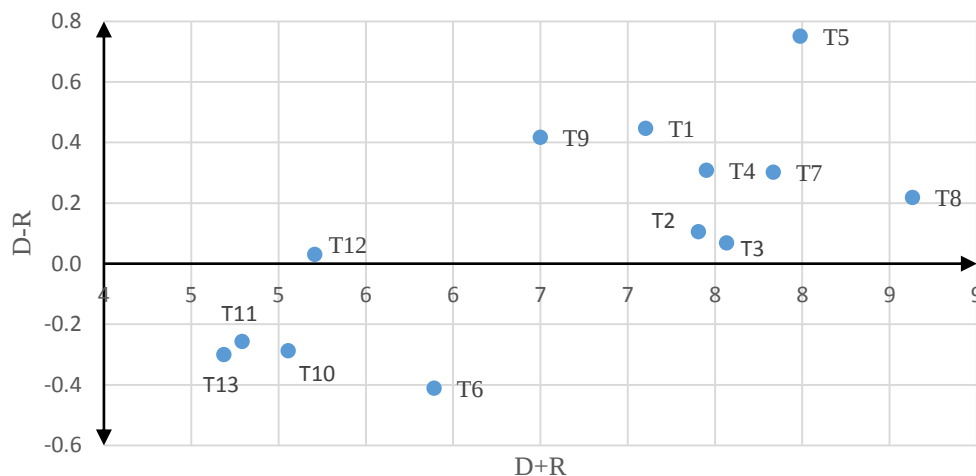
شکل (۴-۱۳): نقشه روابط شبکه معیارهای اقتصادی

در جدول ۴-۸ میزان اهمیت پذیری زیرمعیارهای فنی نشان داده شده است.

جدول (۴-۸): اهمیت تأثیرگذاری زیرمعیارهای فنی

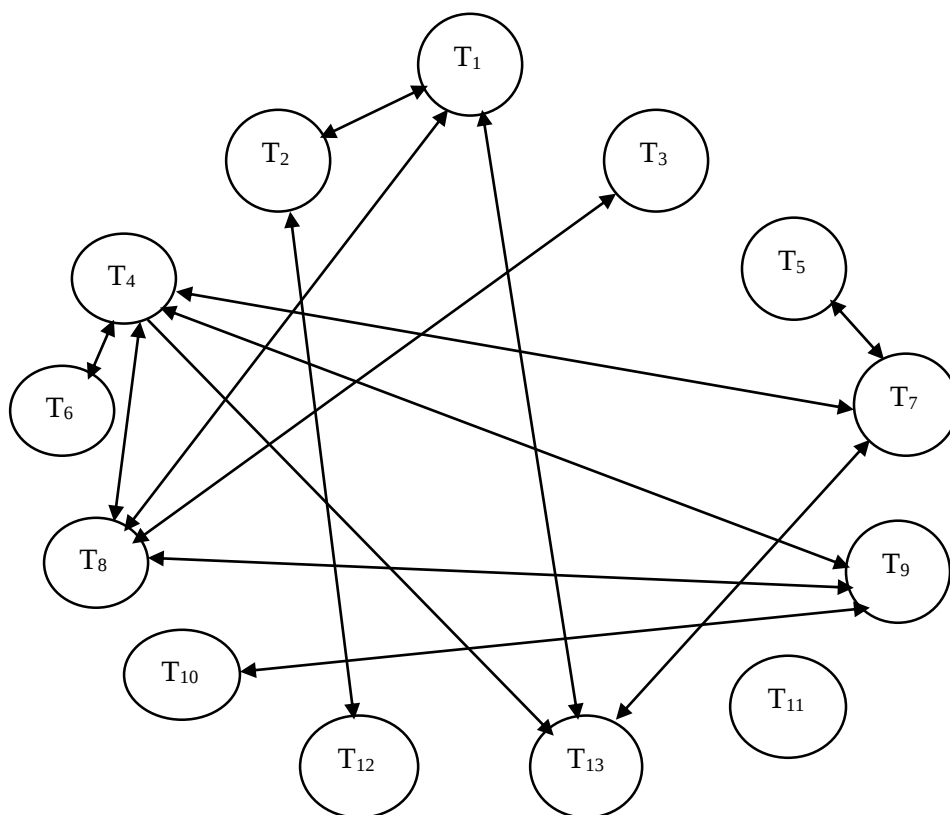
شماره	عوامل فنی	D	R	D+R	D-R
T _۱	شیب مسیر	۳/۷۷۵۰	۳/۳۲۸۴	۷/۱۰۳۴	۰/۴۴۶۶
T _۲	طول مسیر	۳/۷۵۵۴	۳/۶۴۹۹	۷/۴۰۵۳	۰/۱۰۵۵
T _۳	انعطاف پذیری سیستم حمل	۳/۸۱۸۲	۳/۷۴۹۱	۷/۵۶۷۳	۰/۰۶۹۱
T _۴	پیوستگی سیستم حمل	۳/۸۸۰۲	۳/۵۷۱۳	۷/۴۵۱۶	۰/۳۰۸۹
T _۵	عمر مفید سیستم حمل	۴/۳۷۰۲	۳/۶۱۸۶	۷/۹۸۸۹	۰/۷۵۱۶
T _۶	خدمات پس از فروش سیستم حمل	۲/۷۴۰۵	۳/۱۵۱۵	۵/۸۹۲۰	-۰/۴۱۱۰
T _۷	ایمنی سیستم حمل	۴/۰۶۸۱	۳/۷۶۶۱	۷/۸۳۴۲	۰/۳۰۲۰
T _۸	ظرفیت باربری	۴/۴۲۵۲	۴/۲۰۶۳	۸/۶۳۱۵	۰/۲۱۸۹
T _۹	تناژ تولیدی کارخانه	۳/۶۰۸۲	۲/۸۹۰۹	۶/۴۹۹۱	۰/۴۱۷۳
T _{۱۰}	کیفیت کنسانتره	۲/۳۸۳۸	۲/۶۷۱۳	۵/۰۵۵۱	-۰/۲۸۷۶
T _{۱۱}	وزن مخصوص کنسانتره	۲/۲۶۷۷	۲/۵۲۴۴	۴/۷۹۲۱	-۰/۲۵۶۷
T _{۱۲}	رطوبت کنسانتره	۲/۷۱۹۰	۲/۴۸۸۷	۵/۲۰۷۷	۰/۰۳۰۳
T _{۱۳}	دانه بندی کنسانتره	۲/۱۹۴۰	۲/۴۹۳۸	۴/۶۸۷۸	-۰/۲۹۹۸

طبق شکل ۴-۱۴ میزان اثر گذاری معیارها مثبت است و از ۱۳ زیر معیار فنی، زیر معیار ظرفیت باربری بیشترین تعامل را با دیگر معیارها دارد و رطوبت کنسانتره تعامل کمتری نسبت به معیارهای دیگر دارند. زیرمعیارهای شیب مسیر، طول مسیر، انعطاف پذیری سیستم حمل، پیوستگی سیستم حمل، عمر مفید سیستم حمل، ایمنی سیستم حمل، ظرفیت باربری، تناژ تولیدی کارخانه و دانه بندی کنسانتره به دلیل اثر پذیری مثبت به عنوان یک علت در مسئله هستند و دیگر زیرمعیارها به دلیل اثر پذیری منفی به عنوان یک معلول در مسئله هستند که این امر موجب کاهش تاثیر این زیرمعیارها در مسئله می شود.



شکل (۴-۱۴): نمودار علی روابط زیرمعیارهای فنی

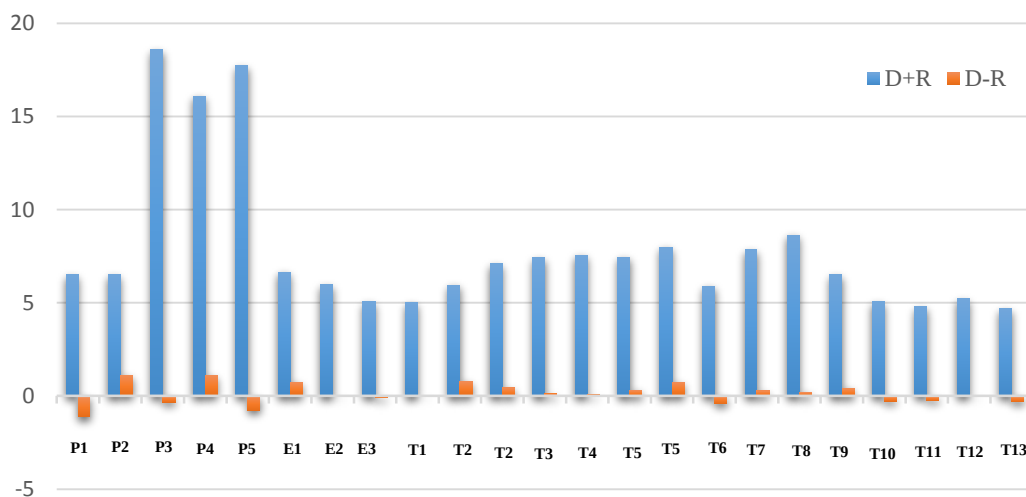
با توجه به شکل ۴-۱۵ تقریباً بین تمامی معیارها ارتباط دوطرفه وجود دارد. فقط معیار پیوستگی سیستم حمل با معیار دانه‌بندی کنسانتره ارتباط یک طرفه دارد و از طرفی دیگر این معیار با معیارهای ایمنی، ظرفیت باربری، کیفیت کنسانتره و رطوبت کنسانتره نیز ارتباط دارد که در بین معیارها، بیشترین رابطه را دارد.



شکل (۴-۱۵): نقشه روابط شبکه معیارهای فنی

۴-۶-۳- نتایج DEMATEL

پس از انجام مراحل روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی DEMATEL نهایتاً نتایج جداول اهمیت و تأثیرگذاری معیارها حاصل شده است. در این جداول برای هر معیار میزان اهمیت ($Di+Ri$) و میزان تأثیر ($Di-Ri$) محاسبه شده است. بر اساس این نتایج نمودار روابط علی رسم شده و با تحلیل نمودار روابط بین معیارها مشخص شده است. در نمودارها محور افقی نشان‌دهنده میزان اهمیت معیارها و محور عمودی، تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری معیارها است. نتایج در شکل ۴-۱۶ خلاصه شده است. معیارهای شرایط آب و هوایی منطقه، مقررات و قوانین منطقه، توپوگرافی منطقه، هزینه تعمیر و نگهداری، هزینه تأمین نیرو، هزینه سوخت، خدمات پس از فروش، کیفیت کنسانتره، دانه‌بندی کنسانتره و وزن مخصوص کنسانتره تأثیرپذیر هستند ولی این معیارها جز معیارهای مؤثر نخواهند بود. همچنین معیارهای وجود گسل در مسیر، هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه آماده‌سازی، شیب مسیر، طول مسیر، انعطاف‌پذیری سیستم حمل، عمر مفید سیستم حمل، پیوستگی سیستم حمل، تناژ تولیدی کارخانه، ایمنی سیستم حمل، ظرفیت باربری سیستم حمل و رطوبت کنسانتره این معیارها جز معیارهای مؤثر خواهند بود.



شکل (۴-۱۶): نمودار تحلیل زیرمعیارها

۴-۷- انتخاب مناسب‌ترین روش حمل با روش ANP فازي نوع اول

در این تحقیق برای انتخاب مناسب‌ترین روش حمل کنسانتره از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل شبکه‌ای فازي استفاده شده است. مجموعه‌های فازي تعداد بسیار دارند که در این بخش از مجموعه‌های فازي نوع اول بهره گرفته شده است. این روش تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای مقایسات زوجی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها است. در این خصوص از نتایج بخش قبلی استفاده شده که با در نظر گرفتن ۳ معیار اصلی، ۱۳ زیر معیار و ۶ گزینه، مناسب‌ترین روش حمل انتخاب می‌شود.

ابتدا برای مسئله تصمیم‌گیری موردنظر از روش تحلیل شبکه‌ای فازي نوع اول استفاده شده است. برای استفاده از دانش جمعی پرسش‌نامه‌ای تدوین شده و توسط ۱۰ کارشناس تکمیل شده است. لازم به ذکر جداول مربوطه در پیوست (۳) قرار گرفته است. با توجه به تکنیک DEMATEL فازي معیارهای مؤثر در مسئله تصمیم‌گیری تعیین گردید. همچنین گزینه‌های مدنظر نیز مشخص شده‌اند که در شکل ۴-۷ آورده شده است.

۴-۷-۱- روش‌های محتمل برای حمل مواد معدنی

بعد از تعیین معیارهای مؤثر بایستی گزینه‌ها نیز مشخص شوند، برای این مسئله ۶ روش حمل در نظر گرفته شده که قابلیت اجرا در طرح را با شرایط منطقه دارد (شکل ۴-۱۷).

الف) روش حمل کامیونی: معمول‌ترین سیستم حمل‌ونقل در پروژه‌ها استفاده از کامیون‌ها و تریلرها است. از مهم‌ترین ویژگی‌های سیستم حمل کامیونی تنوع در کارایی و مدل‌های آن‌ها است. امروزه برای انواع کارهای مختلف کامیون‌ها در اندازه‌ها، شکل‌ها و قابلیت باربری مختلف ساخته می‌شوند که بسته به نوع عملیات به کار گرفته می‌شوند. این ماشین‌های حمل‌کننده به خاطر سرعت زیاد بر روی راه‌های هموار همچنین ظرفیت زیاد هزینه حمل مواد را نسبتاً پایین می‌آورند. کامیون‌ها دارای قابلیت انعطاف زیادی هستند.

ب) روش حمل ریلی: خطوط راه‌آهن در پروژه‌های بزرگی که حجم عملیات کاری بالایی دارند و مسافت‌های طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکثراً از خطوط آهن زمانی استفاده می‌شود که خطوط ریل آهن در نزدیکی محل پروژه موجود باشد. در عین حال ممکن است احداث خطوط ریل آهن موقت برای پروژه‌هایی که مدت زمانی

طولانی‌تری دارند به‌صرفه‌تر باشد. از عمده‌ترین کاربردهای خط آهن در تخلیه مواد حفاری شده تونل‌ها، سدهای خاکی بزرگ و معادن است.



شکل (۴-۱۷): نمودار گزینه‌های محتمل مسئله تصمیم‌گیری

ج) روش حمل با نوار نقاله زمینی:

نوار نقاله یک وسیله حمل مواد مداوم است. نوار نقاله‌ها جزو ماشین‌هایی هستند که برای پروژه‌های بزرگ نظیر انتقال مواد و مصالح کاربرد دارند. مهم‌ترین محدودیت استفاده از نوار نقاله کارایی آن‌ها در فواصل و حجم مواد کم است. برای پروژه‌های بزرگ شبکه‌های طولانی نوار نقاله نیز به صرفه است.

د) روش حمل با لوله هوافشرده^۱:

سیستم انتقال پنوماتیک برای انتقال مواد پودری، فله‌های خشک و مایعات بوده که به دو روش فشار منفی (مکش) و فشار مثبت (دمش) انجام می‌شود. به‌طور کلی روش پنوماتیک مزایای بهتری نسبت به روش مکانیکی دارد. از جمله این موارد می‌توان به عدم ایجاد گردوغبار و اتلاف مواد به دلیل حرکت مواد در کانال‌ها و لوله‌ها، صرفه‌جویی در هزینه و باکیفیت‌تر نگه‌داشتن محیط اشاره کرد.

ه) روش حمل دوغابی^۲:

در کارخانه‌ها فرآوری مواد معدنی که ماده معدنی به صورت دوغاب در بخش‌های مختلف فرآیند تغلیظ و یا تخلیص شرکت می‌کند توسط پمپ‌های دوغاب جابجا می‌شوند این پمپ‌ها در واقع قلب کارخانه‌ها فرآوری می‌باشند و اهمیت زیادی در راندمان کارخانه، زمان و هزینه تعمیر و نگهداری و حجم تولید دارند. پمپ‌های دوغاب پمپ‌های عمدتاً سانتریفیوژی هستند که برای انتقال دوغاب مواد بسیار ساینده از آن‌ها استفاده می‌شود. طراحی هیدرولیک عالی می‌تواند حداکثر راندمان را به همراه عمر بالای اجزای یدکی تضمین نماید.

و) روش حمل با نوار نقاله هوایی:

نوار نقاله‌های هوایی با نام‌های نقاله سقفی، نقاله ستونی و نقاله هوایی شناخته می‌شوند. اساس حرکت و انتقال مواد در نقاله‌های هوایی، مکانیزم زنجیری و یک مسیر راهنما است.

۴-۷-۲- ساختار شبکه‌ای مسئله تصمیم‌گیری

پس از تعیین معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و هدف در روش تحلیل شبکه‌ای، بایستی ساختار شبکه‌ای مسئله مدل شود. در این ساختار روابط بین هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها مشخص شده و این شبکه برای ایجاد

¹ Pneumatic conveying

² slurry conveying

ماتریس‌های مقایسه و سوپر ماتریس ضروری است. با توجه به نقشه روابط شبکه حاصل شده از روش DEMATEL.

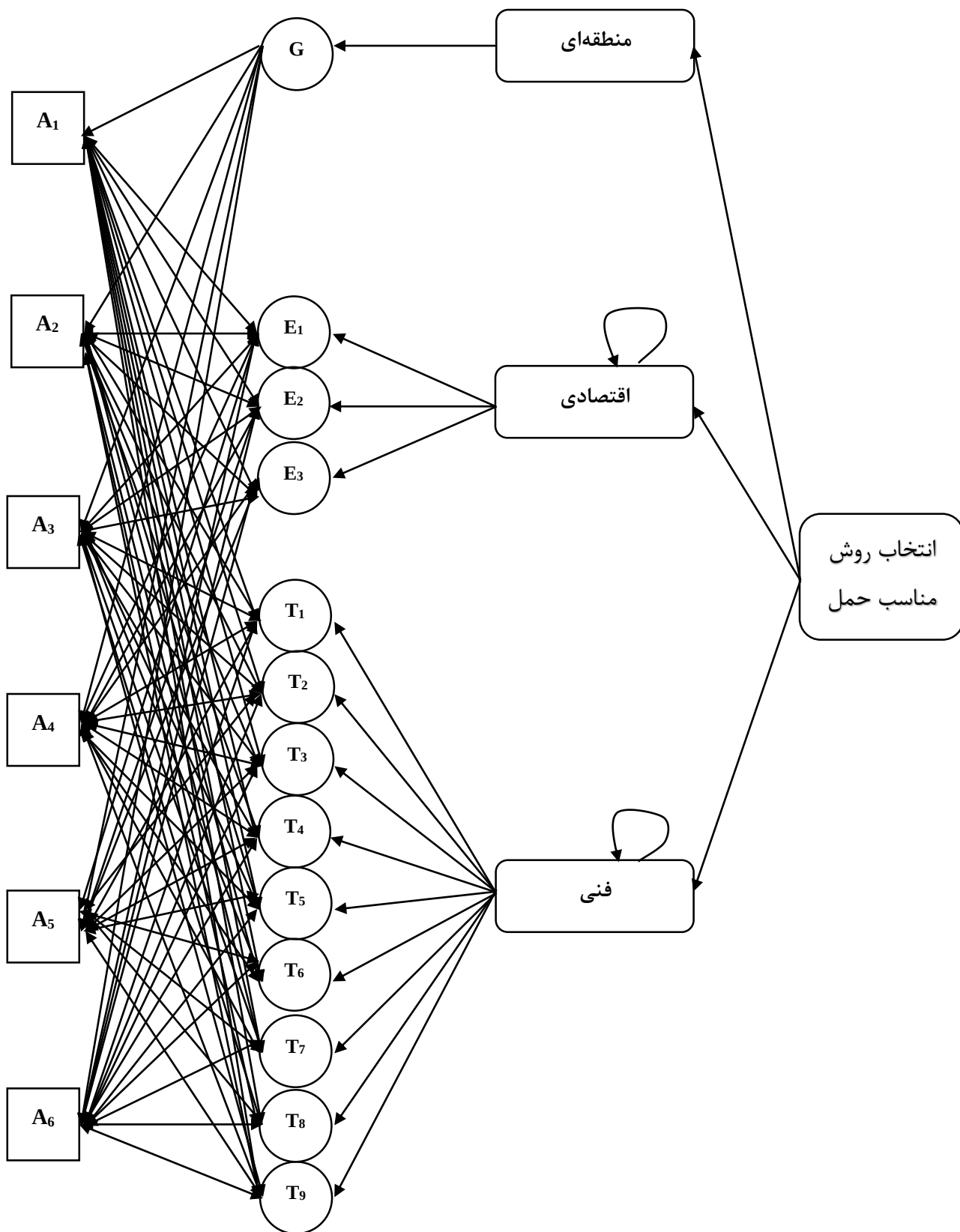
ساختار شبکه‌ای مسئله به وجود آمده است که در شکل ۴-۱۹ شبکه روابط نشان داده شده است.

رابطه بین هر زیرمعیار با گزینه‌ها در حالت کلی یک طرفه است اما در برخی گزینه‌ها این روابط دو طرفه است که بر

اساس حد آستانه، این روابط تعیین شده است. مقدار حد آستانه ۰/۱۰۲ است.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
A1	0.02	0.22	0.23	0.12	0.03	0.03	0.11	0.22	0.13	0.32	0.05	0.26	0.12
A2	0.11	0.12	0.14	0.13	0.15	0.11	0.05	0.25	0.32	0.12	0.01	0.17	0.19
A3	0.23	0.26	0.11	0.26	0.11	0.11	0.02	0.01	0.21	0.11	0.15	0.17	0.11
A4	0.06	0.21	0.12	0.28	0.03	0.19	0.01	0.21	0.02	0.15	0.02	0.21	0.14
A5	0.02	0.12	0.13	0.22	0.21	0.41	0.31	0.11	0.02	0.16	0.05	0.11	0.16
A6	0.21	0.36	0.14	0.11	0.06	0.06	0.2	0.31	0.31	0.17	0.01	0.12	0.15

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
A1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
A2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
A3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
A4	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
A5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A6	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1



شکل (۴-۱۸): شبکه روابط بین عناصر مسئله

۴-۷-۳- داده‌های ورودی

در فازی نوع اول به منظور مقایسه‌های زوجی با یکدیگر از تعداد ۹ عبارت کلامی استفاده شده است که نام این عبارات و مقادیر فازی معادلشان در جدول ۴-۹ نشان داده شده است.

جدول (۴-۹): عبارات کلامی به کاررفته در تحقیق و مقادیر معادلشان

عبارت کلامی	کد	مقدار فازی
ارجحیت برابر	۱	(۱, ۱, ۱/۵, ۲)
مقدار میانی	۲	(۱/۵, ۲, ۲, ۳/۵)
ارجحیت کم	۳	(۲/۵, ۳, ۳, ۴/۵)
مقدار میانی	۴	(۳/۵, ۴, ۴, ۵/۵)
ارجحیت زیاد	۵	(۴/۵, ۵, ۵, ۵/۵)
مقدار میانی	۶	(۵/۵, ۶, ۶, ۷/۵)
ارجحیت خیلی زیاد	۷	(۶/۵, ۷, ۷, ۸)
مقدار میانی	۸	(۷/۵, ۸, ۸, ۹)
کاملاً ارجحیت دارد	۹	(۸, ۸/۵, ۹, ۹)

۴-۷-۴- تشکیل سوپر ماتریس بر اساس مدل ساختاری شبکه

سوپر ماتریس، ماتریسی است که روابط بین اجزای شبکه را مشخص می‌کند. این ماتریس از بردارهای اولویت این روابط به دست می‌آید و چارچوبی برای مشخص کردن اهمیت نسبی گزینه‌ها است که پس از انجام مقایسات زوجی در اختیار محقق قرار می‌دهد. برای این مسئله با توجه به مدل ساختاری شبکه، سوپر ماتریس تشکیل شده است.

$$Super\ Matrix = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{هدف} & \text{معیار} & \text{زیرمعیار} & \text{گزینه‌ها} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{هدف} \\ \text{معیار} \\ \text{زیرمعیار} \\ \text{گزینه‌ها} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & w_{33} & w_{34} \\ 0 & 0 & w_{43} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

۴-۷-۵- مقایسات زوجی

ماتریس‌های مقایسه زوجی، تاثیر معیارها و زیرمعیارها را نشان می‌دهند که با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شوند. با استفاده از این ماتریس‌ها وزن عناصر به دست می‌آید. در ادامه از مجموع ۱۰ کارشناس مقایسات زوجی ذیل به دست آمده است که به فازی تبدیل شده‌اند و در جدول ۴-۱۰ تا ۴-۱۵ نشان داده شده است. همچنین نرخ ناسازگاری در پایین هر جدول مشخص شده است.

جدول (۴-۱۰): ماتریس فازی مقایسات زوجی معیارهای اصلی

وزن	منطقه‌ای	فنی	اقتصادی	معیارهای اصلی
۰/۳۳۱۲۴	۴/۱۵	۰/۴۷	۱	اقتصادی
۰/۳۵۱۳۹	۷/۱۵	۱	۲/۱۵	فنی
۰/۳۲۳۹۴	۱	۰/۱۴	۰/۲۴	منطقه‌ای
			۰/۰۲	نرخ ناسازگاری

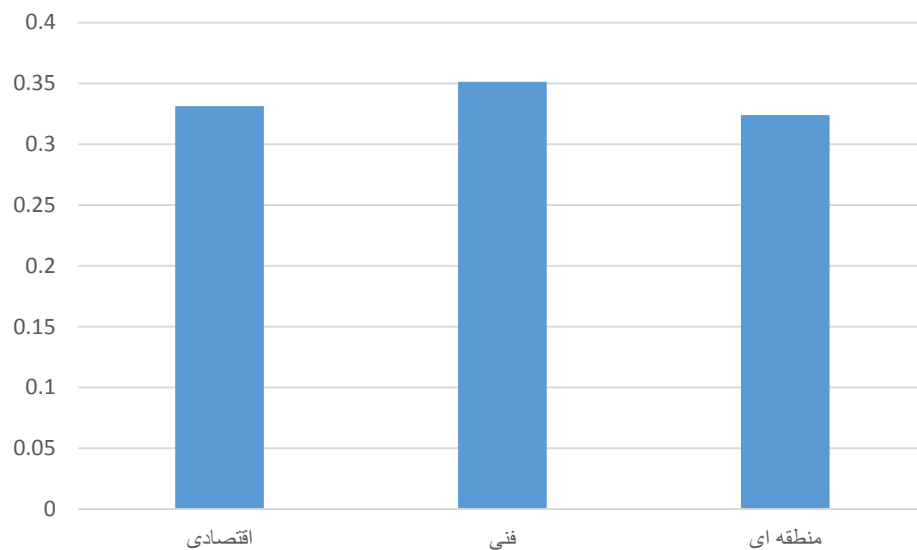
جدول (۴-۱۱): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی

وزن	E3	E2	E1	زیرمعیار اقتصادی
۰/۳۲۵۹	۰/۴۷	۲/۱۵	۱	E1
۰/۳۲۹۸	۰/۳۲	۱	۰/۴۷	E2
۰/۳۳۱۴	۱	۳/۱۵	۲/۱۵	E3
			۰/۰۱	نرخ ناسازگاری

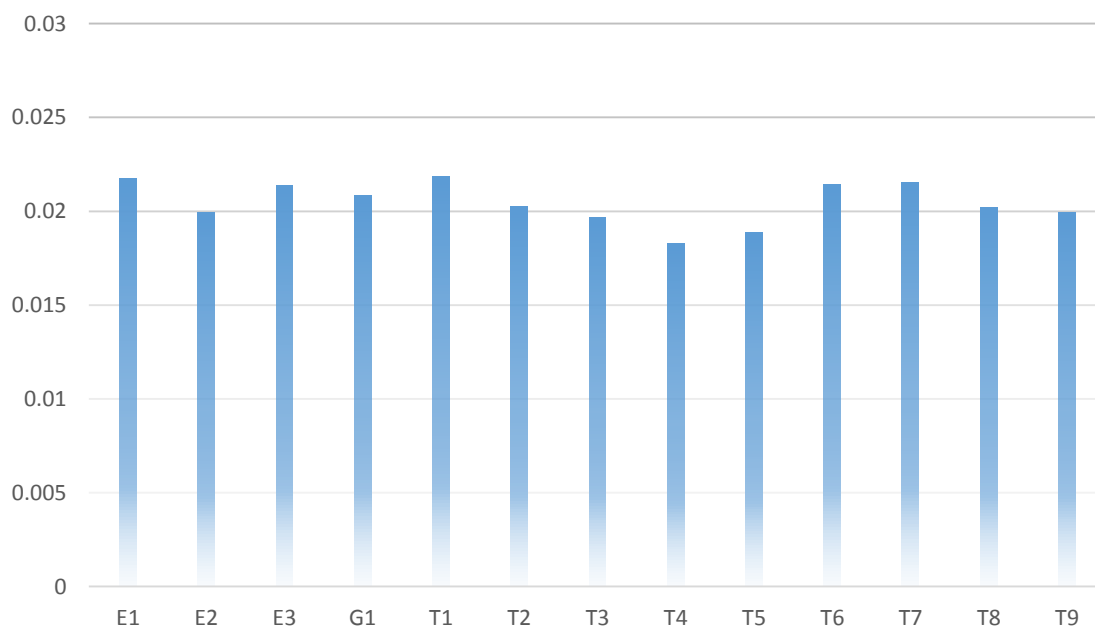
جدول (۴-۱۲): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی

زیرمعیار فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۳۲	۴/۱۵	۴/۱۵	۶/۱۵	۰/۳۲	۰/۲۴	۲/۱۵	۰/۱۹
T2	۳/۱۵	۱	۵/۱۵	۳/۱۵	۶/۱۵	۱/۲	۰/۱۶	۴/۱۵	۰/۳۲
T3	۰/۲۴	۰/۱۹	۱	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۸۳	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۲
T4	۰/۲۴	۰/۳۲	۶/۱۵	۱	۴/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۴
T5	۰/۱۶	۰/۱۶	۳/۱۵	۰/۲۴	۱	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۱
T6	۳/۱۵	۰/۸۳	۱/۲	۴/۱۵	۴/۱۵	۱	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۴۷
T7	۴/۱۵	۶/۱۵	۷/۱۵	۴/۱۵	۴/۱۵	۵/۱۵	۱	۷/۱۵	۰/۳۲
T8	۰/۴۷	۰/۲۴	۷/۱۵	۵/۱۵	۵/۱۵	۴/۱۵	۰/۱۴	۱	۰/۳۲
T9	۵/۱۵	۳/۱۵	۸/۱۵	۷/۱۵	۸/۸	۲/۱۵	۳/۱۵	۳/۱۵	۱
وزن	۰/۱۲۰۸۴	۰/۱۲۰۲۵	۰/۱۱۰۶۶	۰/۱۱۸۲۷	۰/۱۱۸۸۴	۰/۱۲۱۴	۰/۱۱۰۵	۰/۱۱۳۲	۰/۱۱۰۹۴
نرخ ناسازگاری	۰/۰۴								

برای درک بهتر از نتایج، نمودار وزن به دست آمده از معیارها و زیرمعیارها در شکل‌های ۴-۲۰ و ۴-۲۱ نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۹): نمودار وزن‌های معیارهای اصلی



شکل (۴-۲۰): نمودار وزن‌های زیرمعیارها

جدول (۴-۱۳): ماتریس فازی مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

وجود گسل در مسیر	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۸/۸	۱/۲	۳/۱۵	۳/۱۵	۱/۲
A2	۰/۱۱	۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۴
A3	1/2	۸/۸	۱	۳/۱۵	۰/۴۷	۰/۲۴
A4	۰/۳۲	۸/۱۵	۰/۳۲	۱	۱/۲	۰/۳۲
A5	۰/۳۲	۷/۱۵	۲/۱۵	۰/۸۳	۱	۰/۴۷
A6	۰/۸۳	۷/۱۵	۴/۱۵	۳/۱۵	۲/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰					
هزینه سرمایه‌گذاری	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۳/۱۵	۲/۱۵	۳/۱۵	۰/۴۷	۱/۲
A2	۰/۳۲	۱	۴/۱۵	۵/۱۵	۳/۱۵	۰/۸۳
A3	۰/۴۷	۰/۲۴	۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۴۷
A4	۰/۳۲	۰/۱۹	۳/۱۵	۱	۰/۱۹	۰/۱۹
A5	۲/۱۵	۰/۳۲	۳/۱۵	۵/۱۵	۱	۰/۱۹
A6	۰/۸۳	۱/۲	۲/۱۵	۵/۱۵	۵/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲					
هزینه آماده‌سازی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۶/۱۵	۵/۱۵	۴/۱۵	۳/۱۵	۰/۱۶
A2	۰/۱۶	۱	۶/۱۵	۶/۱۵	۵/۱۵	۱/۲
A3	۰/۱۹	۰/۱۶	۱	۳/۱۵	۰/۴۷	۶/۱۵
A4	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۳۲	۱	۰/۱۹	۰/۳۲
A5	۰/۳۲	۰/۱۹	۲/۱۵	۵/۱۵	۱	۰/۳۲
A6	۶/۱۵	۰/۸۳	۰/۱۶	۳/۱۵	۳/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
هزینه‌های عملیاتی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۳/۱۵	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۳۲	۱/۲
A2	۰/۳۲	۱	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۱۴
A3	۶/۱۵	۶/۱۵	۱	۷/۱۵	۵/۱۵	۷/۱۵
A4	۳/۱۵	۵/۱۵	۰/۱۴	۱	۰/۳۲	۳/۱۵
A5	۲/۱۵	۳/۱۵	۰/۱۹	۳/۱۵	۱	۵/۱۵
A6	۰/۸۳	۷/۱۵	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۱۹	۱
نرخ ناسازگاری	۰	÷				

ادامه جدول (۴-۱۳): ماتریس فازی مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

شیب مسیر	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۸/۸	۷/۱۵	۲/۱۵	۰/۳۲	۱/۲
A2	۰/۱۱	۱	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۶
A3	۰/۱۴	۳/۱۵	۱	۳/۱۵	۰/۴۷	۰/۱۶
A4	۰/۴۷	۴/۱۵	۰/۳۲	۱	۲/۱۵	۰/۱۶
A5	۳/۱۵	۵/۱۵	۲/۱۵	۰/۴۷	۱	۰/۱۹
A6	۰/۸۳	۶/۱۵	۶/۱۵	۶/۱۵	۵/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳					
طول مسیر	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۳/۱۵	۰/۲۴	۰/۴۷	۲/۱۵	۴/۱۵
A2	۰/۳۲	۱	۰/۲۴	۳/۱۵	۰/۴۷	۵/۱۵
A3	۴/۱۵	۴/۱۵	۱	۳/۱۵	۵/۱۵	۴/۱۵
A4	۲/۱۵	۰/۳۲	۰/۳۲	۱	۰/۸۳	۶/۱۵
A5	۰/۴۷	۲/۱۵	۰/۱۹	۱/۲	۱	۴/۱۵
A6	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۲۴	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲					
انعطاف پذیری	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۱۹	۰/۲۴	۴/۱۵	۴/۱۵	۵/۱۵
A2	۵/۱۵	۱	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۴	۱/۲
A3	۴/۱۵	۵/۱۵	۱	۳/۱۵	۳/۱۵	۸/۱۵
A4	۰/۲۴	۴/۱۵	۰/۳۲	۱	۵/۱۵	۷/۱۵
A5	۰/۲۴	۴/۱۵	۰/۳۲	۰/۱۹	۱	۵/۱۵
A6	۰/۱۹	۰/۸۳	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۹	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
پیوستگی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۲/۱۵	۸/۸	۵/۱۵	۵/۱۵	۳/۱۵
A2	۰/۴۷	۱	۰/۱۱	۰/۳۲	۳/۱۵	۳/۱۵
A3	۰/۱۱	۸/۸	۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
A4	۰/۱۹	۳/۱۵	۸/۸	۱	۰/۲۴	۲/۱۵
A5	۰/۱۹	۰/۳۲	۸/۸	۴/۱۵	۱	۲/۱۵
A6	۰/۳۲	۰/۳۲	۸/۸	۰/۴۷	۰/۴۷	۱
نرخ ناسازگاری	۰					

ادامه جدول (۴-۱۳): ماتریس فازی مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

عمر مفید	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۲۴	۶/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۸۳
A2	۴/۱۵	۱	۷/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۱/۲
A3	۰/۱۶	۰/۱۴	۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹
A4	۵/۱۵	۵/۱۵	۵/۱۵	۱	۰/۱۹	۰/۱۹
A5	۵/۱۵	۵/۱۵	۵/۱۵	۵/۱۵	۱	۳/۱۵
A6	۱/۲	۰/۸۳	۵/۱۵	۵/۱۵	۰/۳۲	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
ایمنی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۵/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۳/۱۵	۰/۳۲
A2	۰/۱۹	۱	۲/۱۵	۲/۱۵	۲/۱۵	۰/۴۷
A3	۵/۱۵	۰/۴۷	۱	۰/۳۲	۰/۱۹	۵/۱۵
A4	۵/۱۵	۰/۴۷	۳/۱۵	۱	۰/۸۳	۵/۱۵
A5	۰/۳۲	۰/۴۷	۵/۱۵	۱/۲	۱	۳/۱۵
A6	۳/۱۵	۲/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۳۲	۱
نرخ ناسازگاری	۰					
ظرفیت	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۵/۱۵	۷/۱۵	۴/۱۵	۲/۱۵	۰/۸۳
A2	۰/۱۹	۱	۳/۱۵	۵/۱۵	۳/۱۵	۱/۲
A3	۰/۱۴	۰/۳۲	۱	۲/۱۵	۰/۴۷	۰/۱۹
A4	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۴۷	۱	۰/۳۲	۰/۱۶
A5	۰/۴۷	۰/۳۲	۲/۱۵	۳/۱۵	۱	۰/۱۶
A6	۱/۲	۰/۸۳	۵/۱۵	۶/۱۵	۶/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳					
تناژ کارخانه	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۲/۱۵	۳/۱۵	۳/۱۵	۰/۱۹	۱/۲
A2	۰/۴۷	۱	۴/۱۵	۵/۱۵	۰/۳۲	۰/۸۳
A3	۰/۳۲	۰/۲۴	۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
A4	۰/۳۲	۰/۱۹	۷/۱۵	۱	۰/۳۲	۰/۱۴
A5	۵/۱۵	۳/۱۵	۷/۱۵	۳/۱۵	۱	۰/۳۲
A6	۰/۸۳	۱/۲	۷/۱۵	۷/۱۵	۳/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲					

جدول (۴-۱۴): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی نسبت به گزینه‌ها

A1	E1	E2	E3
E1	۱	۴/۱۵	۳/۱۵
E2	۰/۲۴	۱	۰/۱۶
E3	۰/۳۲	۶/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱		
A2	E1	E2	E3
E1	۱	۰/۸۳	۴/۱۵
E2	۱/۲	۱	۰/۱۶
E3	۰/۲۴	۶/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰		
A3	E1	E2	E3
E1	۱	۵/۱۵	۰/۱۹
E2	۰/۱۹	۱	۰/۱۹
E3	۵/۱۵	۵/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱		
A4	E1	E2	E3
E1	۱	۰/۳۲	۳/۱۵
E2	۳/۱۵	۱	۰/۱۶
E3	۰/۳۲	۶/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰		
A5	E1	E2	E3
E1	۱	۵/۱۵	۰/۱۹
E2	۰/۱۹	۱	۰/۱۹
E3	۵/۱۵	۵/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲		
A6	E1	E2	E3
E1	۱	۱/۲	۰/۱۶
E2	۰/۸۳	۱	۰/۱۴
E3	۶/۱۵	۷/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱		

جدول (۴-۱۵): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی نسبت به گزینه‌ها

A1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۲/۱۵	۸/۱۵	۷/۱۵	۶/۱۵	۶/۱۵	۷/۱۵	۰/۱۴	۲/۱۵
T2	۰/۴۷	۱	۸/۱۵	۰/۸۳	۵/۱۵	۵/۱۵	۲/۱۵	۰/۲۴	۸/۸
T3	۰/۱۲	۰/۱۲	۱	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۲
T4	۰/۱۴	۱/۲	۴/۱۵	۱	۸/۱۵	۷/۱۵	۰/۱۶	۰/۳۲	۳/۱۵
T5	۰/۱۶	۰/۱۹	۲/۱۵	۰/۱۲	۱	۳/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۲
T6	۰/۱۶	۰/۱۹	۴/۱۵	۰/۱۴	۰/۳۲	۱	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۲
T7	۰/۱۴	۰/۴۷	۵/۱۵	۶/۱۵	۶/۱۵	۶/۱۵	۱	۰/۸۳	۸/۱۵
T8	۷/۱۵	۴/۱۵	۶/۱۵	۳/۱۵	۶/۱۵	۶/۱۵	۱/۲	۱	۰/۱۹
T9	۰/۴۷	۰/۱۱	۸/۱۵	۰/۳۲	۸/۱۵	۸/۱۵	۰/۱۲	۵/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰								
A2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۸/۸	۴/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۱۶	۶/۱۵	۵/۱۵	۴/۱۵
T2	۰/۱۱	۱	۶/۱۵	۶/۱۵	۱/۲	۰/۳۲	۸/۱۵	۰/۱۲	۰/۳۲
T3	۰/۲۴	۰/۱۶	۱	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۸۳	۰/۱۱	۰/۱۱
T4	۴/۱۵	۰/۱۶	۸/۱۵	۱	۸/۱۵	۸/۱۵	۰/۱۶	۱/۲	۰/۱۹
T5	۴/۱۵	۱/۲	۵/۱۵	۰/۱۲	۱	۵/۱۵	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۱۹
T6	۶/۱۵	۳/۱۵	۶/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۹	۱	۵/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۱
T7	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۸۳	۶/۱۵	۵/۱۵	۰/۱۹	۱	۱/۲	۷/۱۵
T8	۰/۱۹	۸/۱۵	۸/۸	۱/۲	۳/۱۵	۶/۱۵	۰/۸۳	۱	۸/۸
T9	۰/۲۴	۳/۱۵	۸/۸	۵/۱۵	۵/۱۵	۸/۸	۰/۱۲	۰/۱۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰								
A3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۲۴	۴/۱۵	۵/۱۵	۳/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۴۷
T2	۴/۱۵	۱	۴/۱۵	۴/۱۵	۵/۱۵	۰/۳۲	۳/۱۵	۰/۳۲	۰/۱۹
T3	۰/۲۴	۰/۲۴	۱	۶/۱۵	۰/۱۶	۶/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۱۴
T4	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۱۶	۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۱
T5	۰/۳۲	۰/۱۹	۶/۱۵	۵/۱۵	۱	۵/۱۵	۳/۱۵	۰/۳۲	۰/۱۹
T6	۷/۱۵	۳/۱۵	۰/۱۶	۵/۱۵	۰/۱۹	۱	۰/۲۴	۴/۱۵	۰/۲۴
T7	۷/۱۵	۰/۳۲	۴/۱۵	۷/۱۵	۰/۳۲	۴/۱۵	۱	۷/۱۵	۰/۱۴
T8	۳/۱۵	۳/۱۵	۴/۱۵	۷/۱۵	۳/۱۵	۰/۲۴	۰/۱۴	۱	۷/۱۵
T9	۲/۱۵	۵/۱۵	۷/۱۵	۸/۸	۵/۱۵	۴/۱۵	۷/۱۵	۰/۱۴	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱								

ادامه جدول (۴-۱۵): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی نسبت به گزینه‌ها

A4	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۱۹	۶/۱۵	۷/۱۵	۷/۱۵	۲/۱۵	۰/۳۲	۳/۱۵	۰/۱۱
T2	۵/۱۵	۱	۷/۱۵	۰/۸۳	۵/۱۵	۳/۱۵	۴/۱۵	۵/۱۵	۰/۱۲
T3	۰/۱۶	۰/۱۴	۱	۰/۱۴	۱/۲	۰/۸۳	۱/۲	۰/۱۹	۰/۱۱
T4	۰/۱۴	۱/۲	۷/۱۵	۱	۰/۴۷	۲/۱۵	۰/۳۲	۶/۱۵	۰/۱۲
T5	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۸۳	۲/۱۵	۱	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۱۱
T6	۰/۴۷	۰/۳۲	۱/۲	۰/۴۷	۴/۱۵	۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶
T7	۳/۱۵	۰/۲۴	۰/۸۳	۳/۱۵	۴/۱۵	۸/۱۵	۱	۰/۸۳	۰/۱۴
T8	۰/۳۲	۰/۱۹	۵/۱۵	۰/۱۶	۳/۱۵	۷/۱۵	۱/۲	۱	۰/۱۲
T9	۸/۸	۸/۱۵	۸/۸	۸/۱۵	۸/۸	۶/۱۵	۷/۱۵	۸/۱۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲								
A5	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۱۹	۴/۱۵	۳/۱۵	۴/۱۵	۵/۱۵	۰/۱۹	۰/۸۳	۲/۱۵
T2	۵/۱۵	۱	۶/۱۵	۷/۱۵	۸/۱۵	۸/۸	۳/۱۵	۱/۲	۵/۱۵
T3	۰/۲۴	۰/۱۶	۱	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۱	۵/۱۵
T4	۰/۳۲	۰/۱۴	۴/۱۵	۱	۱/۲	۳/۱۵	۰/۳۲	۰/۲۴	۵/۱۵
T5	۰/۲۴	۰/۱۲	۵/۱۵	۱/۲	۱	۳/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۶	۵/۱۵
T6	۰/۱۹	۰/۱۱	۵/۱۵	۰/۳۲	۰/۳۲	۱	۷/۱۵	۸/۱۵	۰/۴۷
T7	۵/۱۵	۰/۳۲	۸/۱۵	۳/۱۵	۵/۱۵	۰/۱۴	۱	۸/۱۵	۷/۱۵
T8	۱/۲	۰/۸۳	۸/۸	۴/۱۵	۶/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۲	۱	۷/۱۵
T9	۰/۴۷	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۲/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۵								
A6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۸۳	۴/۱۵	۴/۱۵	۶/۱۵	۷/۱۵	۰/۴۷	۰/۱۹	۵/۱۵
T2	۱/۲	۱	۴/۱۵	۶/۱۵	۸/۱۵	۷/۱۵	۵/۱۵	۰/۱۶	۵/۱۵
T3	۰/۲۴	۰/۲۴	۱	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۳۲
T4	۰/۱۹	۰/۱۶	۶/۱۵	۱	۵/۱۵	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۳/۱۵
T5	۰/۱۶	۰/۱۲	۵/۱۵	۰/۱۹	۱	۳/۱۵	۵/۱۵	۷/۱۵	۰/۳۲
T6	۰/۱۴	۰/۱۴	۳/۱۵	۱/۲	۰/۳۲	۱	۷/۱۵	۷/۱۵	۰/۳۲
T7	۲/۱۵	۰/۱۹	۷/۱۵	۱/۲	۰/۱۹	۰/۱۴	۱	۱/۲	۳/۱۵
T8	۵/۱۵	۶/۱۵	۵/۱۵	۱/۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۸۳	۱	۷/۱۵
T9	۰/۱۹	۰/۱۹	۳/۱۵	۰/۳۲	۳/۱۵	۳/۱۵	۰/۳۲	۰/۱۴	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۶								

0	0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0
0.09	0.02 0.01 0.03		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0
0.02	0.04 0.02 0.09		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0
0.06	0.06 0.05 0.08		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0
0	0.09 0.02 0.05	0.01 0.03 0.01	0.05 0.09 0.07 0.07 0.04 0.04 0.07 0.04 0.07 0.05	0.07 0.09 0.07 0.05 0.09 0.01	
0	0.06 0.04 0.08	0.03 0.04 0.06	0.04 0.08 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07 0.08	0.08 0.06 0.05 0.09 0.04 0.05	
0	0.03 0.03 0.04	0.09 0.06 0.07	0.05 0.02 0.09 0.05 0.03 0.02 0.05 0.06 0.09 0.05	0.06 0.04 0.08 0.06 0.07 0.01	
0	0.05 0.01 0.04	0.04 0.08 0.01	0.05 0.04 0.07 0.01 0.02 0.03 0.05 0.06 0.04 0.09	0.09 0.06 0.02 0.03 0.05 0.06	
0	0.05 0.07 0.09	0.05 0.04 0.02	0.05 0.06 0.08 0.02 0.06 0.02 0.03 0.01 0.05 0.08	0.06 0.06 0.08 0.07 0.02 0.01	
0	0.08 0.04 0.05	0.09 0.03 0.05	0.04 0.07 0.02 0.03 0.05 0.06 0.01 0.02 0.05 0.03	0.03 0.05 0.06 0.08 0.04 0.09	
0	0.06 0.05 0.03	0.06 0.09 0.04	0.06 0.05 0.02 0.01 0.03 0.08 0.05 0.06 0.0 0.09	0.05 0.03 0.02 0.01 0.06 0.05	
0	0.01 0.02 0.09	0.06 0.02 0.05	0.06 0.03 0.05 0.05 0.02 0.04 0.09 0.07 0.05 0.01	0.04 0.09 0.08 0.07 0.04 0.02	
0	0.07 0.08 0.03	0.01 0.05 0.06	0.09 0.05 0.06 0.01 0.03 0.09 0.01 0.02 0.3 0.04	0.01 0.03 0.06 0.05 0.01 0.05	
0	0.03 0.05 0.04	0.05 0.06 0.07	0.08 0.09 0.02 0.05 0.08 0.06 0.05 0.04 0.03 0.06	0.05 0.08 0.04 0.06 0.0 0.05	
0	0.07 0.06 0.07	0.05 0.01 0.02	0.06 0.01 0.05 0.09 0.08 0.02 0.06 0.3 0.04 0.05	0.09 0.09 0.09 0.02 0.02 0.01	
0	0.05 0.01 0.08	0.01 0.08 0.01	0.02 0.07 0.05 0.06 0.08 0.06 0.07 0.06 0.04 0.08	0.06 0.07 0.05 0.08 0.05 0.04	
0	0.09 0.01 0.02	0.09 0.06 0.03	0.08 0.05 0.01 0.01 0.05 0.06 0.08 0.01 0.04 0.06	0.01 0.03 0.05 0.09 0.06 0.01	
0	0 0 0	0.04 0.06 0.05	0.01 0.05 0.03 0.01 0.08 0.09 0.05 0.06 0.01 0.03	0 0 0 0 0 0	
0	0 0 0	0.05 0.06 0.07	0.03 0.06 0.08 0.09 0.03 0.09 0.08 0.05 0.07 0.06	0 0 0 0 0 0	
0	0 0 0	0.03 0.01 0.09	0.07 0.08 0.09 0.06 0.03 0.02 0.04 0.08 0.06 0.01	0 0 0 0 0 0	
0	0 0 0	0.03 0.06 0.08	0.09 0.04 0.06 0.01 0.02 0.05 0.06 0.03 0.08 0.09	0 0 0 0 0 0	
0	0 0 0	0.08 0.02 0.03	0.01 0.06 0.04 0.08 0.06 0.07 0.02 0.05 0.01 0.06	0 0 0 0 0 0	
0	0 0 0	0.09 0.03 0.01	0.01 0.04 0.06 0.02 0.05 0.01 0.08 0.01 0.04 0.09	0 0 0 0 0 0	

شکل (۴-۲۱): سوپر ماتریس وزن دار نهایی

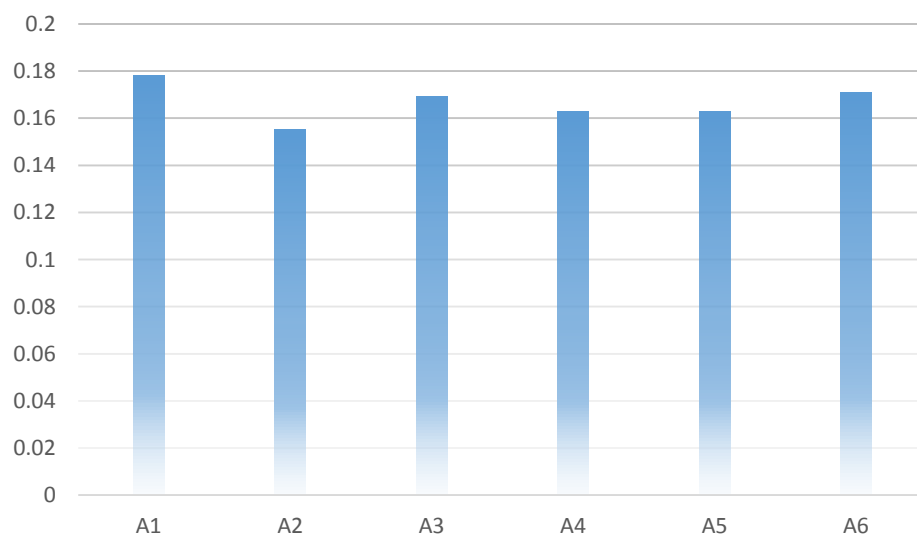
۴-۷-۶- نتایج

در این مرحله برای تعیین وزن گزینه‌ها بایستی سوپر ماتریس را طبق معادله ذکرشده در فصل ۳ حل نمود که نتایج در جدول ۴-۱۶ ارائه شده است.

جدول (۴-۱۶): وزن نهایی گزینه‌ها در تحلیل شبکه‌ای فازی نوع اول

نوار نقاله زمینی	نوار نقاله هوایی	کامیون	هوای فشرده	دوغایی	ریلی
۰/۱۷۸	۰/۱۵۵۱	۰/۱۶۹۱	۰/۱۶۳۱	۰/۱۶۲۱	۰/۱۷۱۱

طبق شکل ۴-۲۳ وزن گزینه اول، حمل با نوار نقاله زمینی ۰/۱۷۸ است که از وزن گزینه‌های دیگر بیشتر است و حمل با نوار نقاله هوایی دارای وزن ۰/۱۵۵۱ است. این نمودار نشان‌گر این است که گزینه A_1 مناسب‌ترین روش انتخاب شده است، اما بایستی برای نظر دقیق‌تر از فازی نوع دوم استفاده شود و در نهایت ملاحظات اقتصادی در سه روش مناسب برتر انجام شود.



شکل (۴-۲۳): نمودار وزن نهایی گزینه‌ها فازی نوع اول

۴-۸- انتخاب مناسب‌ترین روش حمل با روش ANP فازی نوع دوم

در این بخش برای انتخاب مناسب‌ترین روش حمل کنسانتره از روش تحلیل شبکه‌ای فازی با مجموعه‌های فازی نوع دوم استفاده شده، این روش تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای مقایسات زوجی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها است. در این خصوص از نتایج بخش قبلی استفاده شده که با در نظر گرفتن ۳ معیار اصلی، ۱۳ زیر معیار و ۶ گزینه مناسب‌ترین روش حمل انتخاب می‌شود.

معیارها و گزینه‌ها در ادامه به‌طور خلاصه آورده شده است. ابتدا برای مسئله تصمیم‌گیری موردنظر از روش تحلیل شبکه‌ای فازی نوع اول استفاده شده است. برای استفاده از دانش جمعی پرسش‌نامه‌ای تدوین شده و توسط کارشناسان خبره تکمیل شده است. لازم به ذکر جداول مربوطه در پیوست قرار گرفته است. در بخش قبل فازی نوع اول نتایج مناسبی را داشتند و طبق این نتایج مناسب‌ترین گزینه، روش حمل با نوار نقاله زمینی شد. در این بخش از فازی نوع دوم استفاده خواهد شد. فازی نوع دوم شامل همان مراحل قبل است ولی با این تفاوت که عبارات کلامی و کدهای متفاوت است و در دو نقطه ۱ و ۰/۹ بررسی می‌شود که در جدول ۴-۱۷ نشان داده شده است.

جدول (۴-۱۷): عبارات کلامی و کد معادل فازی نوع دوم

عبارت کلامی	کد	مقدار فازی
ارجحیت برابر	۱	$\{ (0, 0/1, 0/2, 0/3; 1), (0/05, 0/1, 0/15, 0/2; 0/9) \}$
مقدار میانی	۲	$\{ (0/05, 0/2, 0/3, 0/4; 1), (0/125, 0/2, 0/25, 0/3; 0/9) \}$
ارجحیت کم	۳	$\{ (0/1, 0/3, 0/4, 0/5; 1), (0/2, 0/3, 0/35, 0/4; 0/9) \}$
مقدار میانی	۴	$\{ (0/2, 0/4, 0/5, 0/6; 1), (0/3, 0/4, 0/45, 0/5; 0/9) \}$
ارجحیت زیاد	۵	$\{ (0/3, 0/5, 0/6, 0/7; 1), (0/4, 0/5, 0/55, 0/6; 0/9) \}$
مقدار میانی	۶	$\{ (0/4, 0/6, 0/7, 0/8; 1), (0/5, 0/6, 0/65, 0/7; 0/9) \}$
ارجحیت خیلی زیاد	۷	$\{ (0/5, 0/7, 0/8, 0/9; 1), (0/6, 0/7, 0/75, 0/8; 0/9) \}$
مقدار میانی	۸	$\{ (0/6, 0/8, 0/875, 0/95; 1), (0/7, 0/775, 0/825, 0/875; 0/9) \}$
کاملاً ارجحیت دارد	۹	$\{ (0/7, 0/9, 0/95, 1; 1), (0/8, 0/85, 0/9, 0/95; 0/9) \}$

۴-۸-۱- مقایسات زوجی

ماتریس‌های مقایسه زوجی تاثیر معیارها و زیرمعیارها را با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شود تا بتوان به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. در ادامه از مجموع ده کارشناس مقایسات ذیل به دست آمده است که به فازی تبدیل شده‌اند و در جدول ۴-۱۸ تا ۴-۲۳ نشان داده شده است.

جدول (۴-۱۸): ماتریس فازی مقایسات زوجی معیارهای اصلی

وزن	منطقه‌ای	فنی	اقتصادی	معیارهای اصلی
۰/۳۶۵۸	۰/۴۲۱۰۰	۴/۴۴۴۵	۱	اقتصادی
۰/۴۰۶۲	۰/۷۲۱۰۰	۱	۰/۲۲۵۰	فنی
۰/۲۲۷۶	۱	۱/۳۸۶۹	۲/۳۷۵۲	منطقه‌ای
			۰	نرخ ناسازگاری

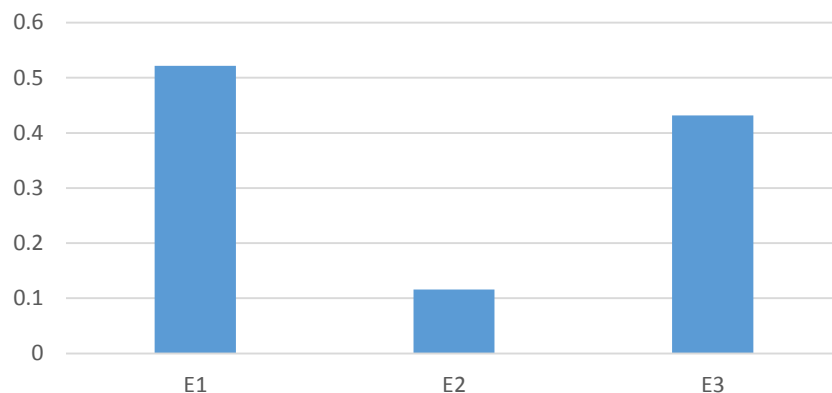
جدول (۴-۱۹): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی

وزن	E3	E2	E1	زیرمعیار اقتصادی
۰/۵۲۱۷	۴/۴۴۴۵	۰/۲۲۵	۱	E1
۰/۱۱۵۹	۳/۰۷۶۹	۱	۴/۴۴۴۵	E2
۰/۴۳۱۴	۱	۰/۳۲۵	۰/۲۲۵۰۰	E3
			۰/۰۱	نرخ ناسازگاری

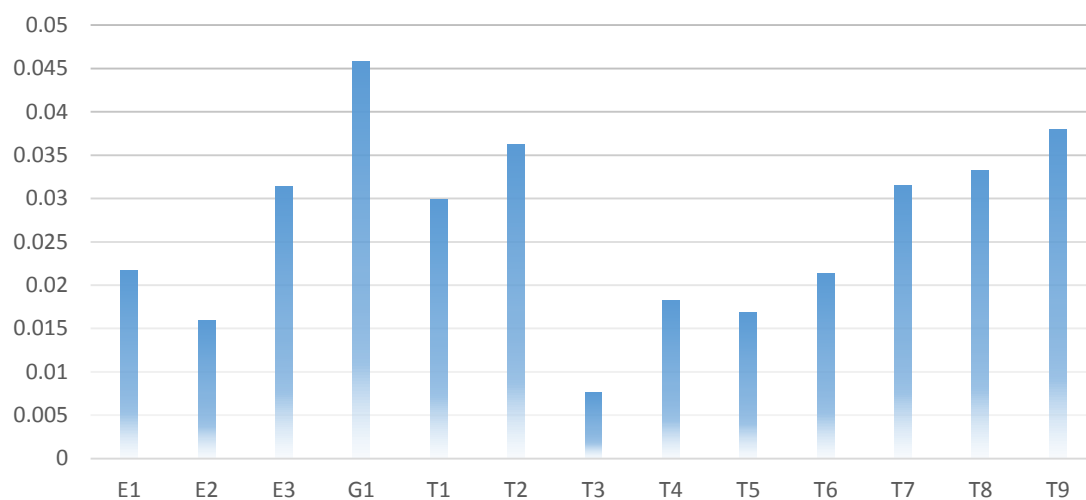
جدول (۴-۲۰): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی

زیرمعیار فنی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۳/۰۷۶۹	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۰/۶۲۱	۳/۰۷۶۹	۲/۳۷۵۲	۰/۲۲۵	۱/۹۱۹۳
T2	۰/۳۲۵	۱	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۰/۶۲۱	۰/۱۳۵	۱/۶۱۰۳	۰/۴۲۱	۳/۰۷۶۹
T3	۲/۳۷۵۲	۱/۹۱۹۳	۱	۱/۶۱۰۳	۳/۰۷۶۹	۰/۱۳۵	۱/۳۸۶۹	۱/۳۸۶۹	۱/۲۵۷۸
T4	۲/۳۷۵۲	۳/۰۷۶۹	۰/۶۲۱	۱	۰/۴۲۱	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۱/۹۱۹۳	۱/۳۸۶۹۱
T5	۱/۶۱۰۳	۱/۶۱۰۳	۰/۳۲۵	۲/۳۷۵۲	۱	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۱/۹۱۹۳	۱/۱۳۹۴۷
T6	۰/۳۲۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۱	۱/۹۱۹۳	۲/۳۷۵۲	۴/۴۴۴۵
T7	۰/۴۲۱	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۱	۰/۷۲۱	۳/۰۷۶۹
T8	۴/۴۴۴۵	۲/۳۷۵۲	۰/۷۲۱	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۴۲۱	۱/۳۸۶۹	۱	۳/۰۷۶۹
T9	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۰/۷۹۵	۰/۷۲۱	۰/۸۷۷۶	۰/۲۲۵	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۱
وزن	۰/۱۲۰۸	۰/۱۳۶۲	۰/۰۸۷۶	۰/۱۱۸۲	۰/۱۱۶۸	۰/۱۰۱۴	۰/۱۳۱۵	۰/۱۱۳۲	۰/۱۰۷۹
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳								

برای درک بهتر از نتایج، نمودار وزن به دست آمده از معیارها و زیرمعیارها در شکل‌های ۴-۲۴ تا ۴-۲۶ نشان داده شده است.



شکل (۴-۲۳): نمودار وزن‌های معیارهای اصلی



شکل (۴-۲۵): نمودار وزن‌های زیرمعیارها

جدول (۴-۲۱): ماتریس فازی مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

وجود گسل در مسیر	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۸۷۷۶	۰/۱۳۵	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۰/۱۳۵
A2	۰/۱۳۹۴	۱	۰/۱۳۹۴	۱/۲۵۷۸	۱/۳۸۶۹	۱/۳۸۶۹
A3	۷/۴۰۷۴	۰/۸۷۷۶	۱	۰/۳۲۵	۴/۴۴۴۵	۲/۳۷۵۲
A4	۳/۰۷۶۹	۰/۷۹۵	۳/۰۷۶۹	۱	۰/۱۳۵	۳/۰۷۶۹
A5	۳/۰۷۶۹	۰/۷۲۱	۰/۲۲۵	۷/۴۰۷۴	۱	۴/۴۴۴۵
A6	۷/۴۰۷۴	۰/۷۲۱	۰/۴۲۱	۰/۳۲۵	۰/۲۲۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
هزینه سرمایه‌گذاری	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۳۲۵	۰/۲۲۵	۰/۳۲۵	۴/۴۴۴۵	۰/۱۳۵
A2	۳/۰۷۶۹	۱	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۷/۴۰۷۴
A3	۴/۴۴۴۵	۲/۳۷۵۲	۱	۳/۰۷۶۹	۳/۰۷۶۹	۴/۴۴۴۵
A4	۳/۰۷۶۹	۱/۹۱۹۳	۰/۳۲۵	۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳
A5	۰/۲۲۵	۳/۰۷۶۹	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۱	۱/۹۱۹۳
A6	۷/۴۰۷۴	۰/۱۳۵	۰/۲۲۵	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲					
هزینه آماده‌سازی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۰/۴۲۱	۰/۳۲۵	۱/۶۱۰۳
A2	۱/۶۱۰۳	۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۰/۱۳۵
A3	۱/۹۱۹۳	۱/۶۱۰۳	۱	۰/۳۲۵	۴/۴۴۴۵	۰/۶۲۱
A4	۲/۳۷۵۲	۱/۶۱۰۳	۳/۰۷۶۹	۱	۱/۹۱۹۳	۳/۰۷۶۹
A5	۳/۰۷۶۹	۱/۹۱۹۳	۰/۲۲۵	۰/۵۲۱	۱	۳/۰۷۶۹
A6	۰/۶۲۱	۷/۴۰۷۴	۱/۶۱۰۳	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۴					
هزینه‌های عملیاتی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۳۲۵	۱/۶۱۰۳	۳/۰۷۶۹	۴/۴۴۴۵	۷/۴۰۷۴
A2	۳/۰۷۶۹	۱	۱/۶۱۰۳	۱/۹۱۹۳	۳/۰۷۶۹	۱/۳۸۶۹
A3	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۱	۰/۷۲۱	۰/۵۲۱	۰/۷۲۱
A4	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۱/۳۸۶۹	۱	۳/۰۷۶۹	۰/۳۲۵
A5	۰/۲۲۵	۰/۳۲۵	۱/۹۱۹۳	۰/۳۲۵	۱	۰/۵۲۱
A6	۰/۱۳۵	۰/۷۲۱	۱/۳۸۶۹	۳/۰۷۶۹	۱/۹۱۹۳	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					

ادامه جدول (۴-۲۱): ماتریس فازی مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

شیب مسیر	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۸۷۷۶	۰/۷۲۱	۰/۲۲۵	۳/۰۷۶۹	۰/۱۳۵
A2	۱/۱۳۹۴	۱	۳/۰۷۶۹	۰/۰۲۶۵	۱/۹۱۹۳	۱/۶۱۰۳
A3	۱/۳۸۶۹	۰/۳۲۵	۱	۰/۳۲۵	۰/۰۵۶۲۵	۱/۶۱۰۳
A4	۴/۴۴۴۵	۰/۴۲۱	۳/۰۷۶۹	۱	۰/۲۲۵	۱/۶۱۰۳
A5	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۰/۲۲۵	۴/۴۴۴۵	۱	۱/۹۱۹۳
A6	۷/۴۰۷۴	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
طول مسیر	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۳۲۵	۲/۳۷۵۲	۴/۴۴۴۵	۰/۲۲۵	۰/۴۲۱
A2	۳/۰۷۶۹	۱	۲/۳۷۵۲	۰/۳۲۵	۴/۴۴۴۵	۰/۵۲۱
A3	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۱	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۰/۴۲۱
A4	۰/۲۲۵	۳/۰۷۶۹	۳/۰۷۶۹	۱	۰/۱۳۵	۰/۶۲۱
A5	۴/۴۴۴۵	۰/۲۲۵	۱/۹۱۹۳	۷/۴۰۷۴	۱	۰/۴۲۱
A6	۲/۳۷۵۲	۱/۹۱۹۳	۰/۰۲۶۳	۱/۶۱۰۳	۲/۳۷۵۲	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
انعطاف پذیری	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۱/۹۱۹۳	۲/۳۷۵۲	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱
A2	۰/۵۲۱	۱	۱/۹۱۹۳	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۰/۱۳۵
A3	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۱	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۰/۷۹۵
A4	۲/۳۷۵۲	۰/۴۲۱	۳/۰۷۶۹	۱	۰/۵۲۱	۰/۷۲۱
A5	۲/۳۷۵۲	۰/۴۲۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۱	۰/۵۲۱
A6	۱/۹۱۹۳	۷/۴۰۷۴	۱/۲۵۷۸	۱/۳۸۶۹	۱/۹۱۹۳	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
پیوستگی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۲۲۵	۰/۸۷۷۶	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵
A2	۴/۴۴۴۵	۱	۰/۰۱۰۸	۳/۰۷۶۹	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵
A3	۰/۰۱۰۸	۰/۸۷۷۶	۱	۱/۱۳۹۴۴	۰/۰۱۰۸	۱/۱۳۹۴۴
A4	۱/۹۱۹۳	۰/۳۲۵	۰/۸۷۷۶	۱	۲/۳۷۵۲	۰/۲۲۵
A5	۱/۹۱۹۳	۳/۰۷۶۹	۰/۸۷۷۶	۰/۴۲۱	۱	۰/۲۲۵
A6	۳/۰۷۶۹۱	۳/۰۷۶۹	۰/۸۷۷۶	۴/۴۴۴۵	۴/۴۴۴۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲					

ادامه جدول (۴-۲۱): ماتریس فازی مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

عمر مفید	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۲/۳۷۵۲	۰/۶۲۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۰/۱۳۵
A2	۰/۴۲۱	۱	۰/۷۲۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۰/۱۳۵
A3	۱/۶۱۰۳	۱/۳۸۶۹	۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳
A4	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳
A5	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۱	۰/۳۲۵
A6	۷/۴۰۷۴	۷/۴۰۷۴	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۳/۰۷۶۹	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱					
ایمنی	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۵۲۱	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۰/۳۲۵	۳/۰۷۶۹
A2	۱/۹۱۹۳	۱	۰/۲۲۵	۰/۲۲۵	۰/۲۲۵	۴/۴۴۴۵
A3	۰/۵۲۱	۴/۴۴۴۵	۱	۳/۰۷۶۹	۱/۹۱۹۳	۰/۵۲۱
A4	۰/۵۲۱	۴/۴۴۴۵	۰/۳۲۵	۱	۰/۱۳۵	۰/۵۲۱
A5	۳/۰۷۶۹	۴/۴۴۴۵	۰/۵۲۱	۰/۱۳۵	۱	۰/۳۲۵
A6	۰/۳۲۵	۰/۲۲۵	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۳/۰۷۶۹	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۴					
ظرفیت	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۵۲۱	۰/۷۲۱	۰/۴۲۱	۰/۲۲۵	۷/۴۰۷۴
A2	۱/۹۱۹۳	۱	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۰/۱۳۵
A3	۱/۳۸۶۹۶	۳/۰۷۶۹۱	۱	۰/۲۲۵	۴/۴۴۴۵	۱/۹۱۹۳
A4	۲/۳۷۵۲	۱/۹۱۹۳	۴/۴۴۴۵	۱	۳/۰۷۶۹۱	۱/۶۱۰۳
A5	۴/۴۴۴۵	۳/۰۷۶۹	۰/۲۲۵	۰/۳۲۵	۱	۱/۶۱۰۳
A6	۰/۱۳۵	۷/۴۰۷۴	۰/۵۲۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲					
تناژ کارخانه	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	۱	۰/۲۲۵	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۱/۹۱۹۳	۰/۱۳۵
A2	۴/۴۴۴۵	۱	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۳/۰۷۶۹	۰/۱۳۵
A3	۳/۰۷۶۹	۲/۳۷۵۲	۱	۱/۳۸۶۹۶	۱/۳۸۶۹	۱/۳۸۶۹
A4	۳/۰۷۶۹	۱/۹۱۹۳	۰/۷۲۱	۱	۳/۰۷۶۹	۱/۳۸۶۹
A5	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۰/۷۲۱	۰/۳۲۵	۱	۳/۰۷۶۹
A6	۷/۴۰۷۴	۷/۴۰۷۴	۰/۷۲۱	۰/۷۲۱	۰/۳۲۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰					

جدول (۴-۲۲): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای اقتصادی نسبت به گزینه‌ها

A1	E1	E2	E3
E1	۱	۰/۴۲۱	۰/۳۲۵
E2	۲/۳۷۵۲	۱	۱/۶۱۰۳
E3	۳/۰۷۶۹	۰/۶۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲		
A2	E1	E2	E3
E1	۱	۷/۴۰۷۴	۰/۴۲۱
E2	۰/۱۳۵	۱	۱/۶۱۰۳
E3	۲/۳۷۵۲	۰/۶۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳		
A3	E1	E2	E3
E1	۱	۰/۵۲۱	۱/۹۱۹۳
E2	۱/۹۱۹۳	۱	۱/۹۱۹۳
E3	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳		
A4	E1	E2	E3
E1	۱	۳/۰۷۶۹	۰/۳۲۵
E2	۰/۳۲۵	۱	۱/۶۱۰۳
E3	۳/۰۷۶۹	۰/۶۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲		
A5	E1	E2	E3
E1	۱	۰/۵۲۱	۱/۹۱۹۳
E2	۱/۹۱۹۳	۱	۱/۹۱۹۳
E3	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲		
A6	E1	E2	E3
E1	۱	۰/۱۳۵	۱/۶۱۰۳
E2	۰/۱۳۵	۱	۱/۳۸۶۹۱۴
E3	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱		

جدول (۴-۲۳): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی نسبت به گزینه‌ها

نوارنقاله زمینی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۲۲۵	۰/۷۹۵	۰/۷۲۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۱/۳۸۶۹۱	۰/۲۲۵
T2	۴/۴۴۴۵	۱	۰/۷۹۵	۰/۱۳۵	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۲۲۵	۰/۰۲۶۳	۰/۸۷۷۶
T3	۱/۲۵۷۸۲	۱/۲۵۷۸۲	۱	۰/۰۲۶۳۱	۴/۴۴۴۵	۰/۰۲۶۳۱	۱/۱۳۹۴	۱/۶۱۰۳	۱/۲۵۷۸۲
T4	۱/۳۸۶۹۱	۷/۴۰۷۴	۰/۴۲۱	۱	۰/۷۹۵	۰/۷۲۱	۱/۶۱۰۳	۳/۰۷۶۹۱	۰/۳۲۵
T5	۱/۶۱۰۳	۱/۹۱۹۳	۰/۲۲۵	۱/۲۵۷۸۲	۱	۰/۳۲۵	۱/۶۱۰۳	۱/۶۱۰۳	۱/۲۵۷۸۲
T6	۱/۶۱۰۳	۱/۹۱۹۳	۰/۴۲۱	۱/۳۸۶۹	۳/۰۷۶۹۱	۱	۱/۶۱۰۳	۱/۶۱۰۳	۱/۲۵۷۸۲
T7	۱/۳۸۶۹۱	۴/۴۴۴۵	۰/۵۲۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۱	۷/۴۰۷۴	۰/۷۹۵
T8	۰/۷۲۱	۰/۴۲۱	۰/۶۲۱	۰/۳۲۵	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۱۳۵	۱	۱/۹۱۹۳
T9	۴/۴۴۴۵	۱/۱۳۹۴	۰/۷۹۵	۳/۰۷۶۹	۰/۷۹۵	۰/۷۹۵	۱/۲۵۷۸	۰/۵۲۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۱								
نوارنقاله هوایی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۸۷۷۶	۰/۴۲۱	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۱/۶۱۰۳	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۰/۴۲۱
T2	۰/۰۱۰۸	۱	۰/۶۲۱	۰/۶۲۱	۰/۱۳۵	۳/۰۷۶۹	۰/۷۹۵	۱/۲۵۷۸	۳/۰۷۶۹
T3	۲/۳۷۵۲	۱/۶۱۰۳	۱	۱/۲۵۷۸	۱/۹۱۹۳	۱/۶۱۰۳	۰/۱۳۵	۱/۱۳۹۴	۰/۰۱۰۸
T4	۰/۴۲۱	۱/۶۱۰۳	۰/۷۹۵	۱	۰/۷۹۵	۰/۷۲۱	۱/۶۱۰۳	۰/۱۳۵	۱/۱۳۹۴
T5	۰/۴۲۱	۷/۴۰۷۴	۰/۵۲۱	۱/۲۵۷۸	۱	۰/۵۲۱	۱/۱۳۹۴	۳/۰۷۶۹	۱/۱۳۹۴
T6	۰/۶۲۱	۰/۳۲۵	۰/۶۲۱	۱/۲۵۷۸	۱/۹۱۹۳	۱	۰/۵۲۱	۱/۶۱۰۳	۰/۰۱۰۸
T7	۱/۶۱۰۳	۱/۲۵۷۸۲	۷/۴۰۷۴	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۱/۹۱۹۳	۱	۰/۱۳۵	۰/۷۲۱
T8	۱/۱۳۹۴	۰/۷۹۵	۰/۸۷۷۶	۰/۱۳۵	۰/۳۲۵	۰/۶۲۱	۷/۴۰۷۴	۱	۰/۸۷۷۶
T9	۰/۰۲۶	۰/۳۲۵	۰/۸۷۷۶	۰/۵۲۱	۰/۵۲۱	۰/۸۷۷۶	۱/۲۵۷۸	۰/۰۱۰۸	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳								
کامیون	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۲/۳۷۵۲	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۱/۳۸۶۹	۱/۳۸۶۹	۳/۰۷۶۹	۰/۰۵۶۲
T2	۰/۴۲۱	۱	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۳/۰۷۶۹	۰/۳۲۵	۳/۰۷۶۹	۱/۱۳۹۴
T3	۰/۰۲۶۳۱	۲/۳۷۵۲	۱	۰/۶۲۱	۱/۶۱۰۳	۰/۶۲۱	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۱/۳۸۶۹۱
T4	۱/۱۳۹۴	۲/۳۷۵۲	۰/۰۱۷	۱	۱/۱۳۹۴	۱/۱۳۹۴	۱/۳۸۶۹	۱/۳۸۶۹	۰/۰۱۰۸
T5	۳/۰۷۶۹	۱/۱۳۹۴	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۱	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۳/۰۷۶۹۱	۱/۱۳۹۴
T6	۰/۷۲۱	۰/۳۲۵	۰/۰۱۷	۰/۵۲۱	۱/۱۳۹۴	۱	۲/۳۷۵۲	۰/۴۲۱	۲/۳۷۵۲
T7	۰/۷۲۱	۳/۰۷۶۹	۰/۴۲۱	۰/۷۲۱	۳/۰۷۶۹	۰/۴۲۱	۱	۰/۷۲۱	۱/۳۸۶۹
T8	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۰/۴۲۱	۰/۷۲۱	۰/۳۲۵	۲/۳۷۵۲	۱/۳۸۶۹	۱	۰/۷۲۱
T9	۰/۲۲۵	۰/۵۲۱	۰/۷۲۱	۰/۸۷۷۶	۰/۵۲۱	۰/۴۲۱	۰/۷۲۱	۱/۳۸۶۹	۱
نرخ ناسازگاری	۰								

ادامه جدول (۴-۲۳): ماتریس فازی مقایسات زوجی زیرمعیارهای فنی نسبت به گزینه‌ها

هوای فشرده	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۱/۹۱۹۳	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۰/۷۲۱	۰/۲۲۵	۳/۰۷۶۹	۰/۳۲۵	۱/۱۳۹۴
T2	۰/۵۲۱	۱	۰/۷۲۱	۰/۱۳۵	۰/۵۲۱	۰/۳۲۵	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۱/۲۵۷۸۲
T3	۱/۶۱۰۳	۱/۳۸۶۹	۱	۱/۳۸۶۹۱	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۱/۹۱۹۳	۱/۱۳۹۴
T4	۱/۳۸۶۹۱	۰/۱۳۵	۰/۷۲۱	۱	۴/۴۴۴۵	۰/۲۲۵	۳/۰۷۶۹۱	۰/۶۲۱	۱/۲۵۷۸۲
T5	۱/۳۸۶۹	۱/۹۱۹۳	۰/۱۳۵	۰/۲۲۵	۱	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۳/۰۷۶۹۱	۱/۱۳۹۴
T6	۴/۴۴۴۵	۳/۰۷۶۹۱	۰/۱۳۵	۰/۰۵۶۲۵	۰/۴۲۱	۱	۱/۲۵۷۸۲	۱/۳۸۶۹۱	۱/۶۱۰۳
T7	۰/۳۲۵	۲/۳۷۵۲	۰/۱۳۵	۰/۳۲۵	۰/۴۲۱	۰/۷۹۵	۱	۰/۱۳۵	۱/۳۸۶۹۱
T8	۳/۰۷۶۹	۱/۹۱۹۳	۰/۵۲۱	۱/۶۱۰۳	۰/۳۲۵	۰/۷۲۱	۰/۱۳۵	۱	۱/۲۵۷۸۲
T9	۰/۸۷۷۶	۰/۷۹۵	۰/۸۷۷۶	۰/۷۹۵	۰/۸۷۷۶	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۰/۷۹۵	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲								
دوگابی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۱/۹۱۹۳	۰/۴۲۱	۰/۳۲۵	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۱/۹۱۹۳	۰/۱۳۵	۰/۲۲۵
T2	۰/۵۲۱	۱	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۰/۷۹۵	۰/۸۷۷۶	۰/۳۲۵	۷/۴۰۷۴	۰/۵۲۱
T3	۲/۳۷۵۲	۱/۶۱۰۳	۱	۲/۳۷۵۲	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۱/۲۵۷۸۲	۱/۱۳۹۴	۰/۵۲۱
T4	۳/۰۷۶۹	۱/۳۸۶۹۱	۰/۴۲۱	۱	۰/۱۳۵	۰/۳۲۵	۳/۰۷۶۹	۲/۳۷۵۲	۰/۵۲۱
T5	۲/۳۷۵۲	۱/۲۵۷۸۲	۰/۵۲۱	۷/۴۰۷۴	۱	۰/۳۲۵	۱/۹۱۹۳	۱/۶۱۰۳	۰/۵۲۱
T6	۱/۹۱۹۳	۱/۱۳۹۴	۰/۵۲۱	۳/۰۷۶۹	۳/۰۷۶۹	۱	۰/۷۲۱	۰/۷۹۵	۰/۰۵۶۲۵
T7	۰/۵۲۱	۳/۰۷۶۹	۰/۷۹۵	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۱/۳۸۶۹۱	۱	۰/۱۳۵	۰/۷۲۱
T8	۷/۴۰۷۴	۰/۱۳۵	۰/۸۷۷۶	۰/۴۲۱	۰/۶۲۱	۱/۲۵۷۸۲	۷/۴۰۷۴	۱	۰/۷۲۱
T9	۴/۴۴۴۵	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۰/۲۲۵	۰/۰۱۴۲۸	۱/۳۸۶۹۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۴								
ریلی	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	۱	۰/۱۳۵	۰/۴۲۱	۰/۵۲۱	۰/۶۲۱	۰/۷۲۱	۴/۴۴۴۵	۱/۹۱۹۳	۰/۵۲۵
T2	۷/۴۰۷۴	۱	۰/۴۲۱	۰/۶۲۱	۰/۷۹۵	۰/۷۲۱	۰/۵۲۱	۱/۶۱۰۳	۰/۵۲۱
T3	۲/۳۷۵۲	۲/۳۷۵۲	۱	۱/۶۱۰۳	۱/۹۱۹۳	۳/۰۷۶۹	۱/۳۸۶۹۱	۱/۹۱۹۳	۳/۰۷۶۹۱
T4	۱/۹۱۹۳	۱/۶۱۰۳	۰/۶۲۱	۱	۰/۵۲۱	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	۰/۳۲۵
T5	۱/۶۱۰۳	۱/۲۵۷۸۲	۰/۵۲۱	۱/۹۱۹۳	۱	۰/۳۲۵	۰/۵۲۱	۰/۷۲۱	۳/۰۷۶۹۱
T6	۱/۳۸۶۹۱	۱/۳۸۶۹۱	۰/۳۲۵	۰/۱۳۵	۳/۰۷۶۹۱	۱	۰/۷۲۱	۰/۷۲۱	۳/۰۷۶۹۱
T7	۰/۲۲۵	۱/۹۱۹۳	۰/۷۲۱	۷/۴۰۷۴	۱/۹۱۹۳	۱/۳۸۶۹۱	۱	۷/۴۰۷۴	۰/۳۲۵
T8	۰/۵۲۱	۰/۶۲۱	۰/۵۲۱	۷/۴۰۷۴	۱/۳۸۶۹۱	۱/۳۸۶۹۱	۰/۱۳۵	۱	۰/۷۲۱
T9	۱/۹۱۹۳	۱/۹۱۹۳	۰/۳۲۵	۳/۰۷۶۹۱	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۳/۰۷۶۹۱	۱/۳۸۶۹۱	۱
نرخ ناسازگاری	۰/۰۲								

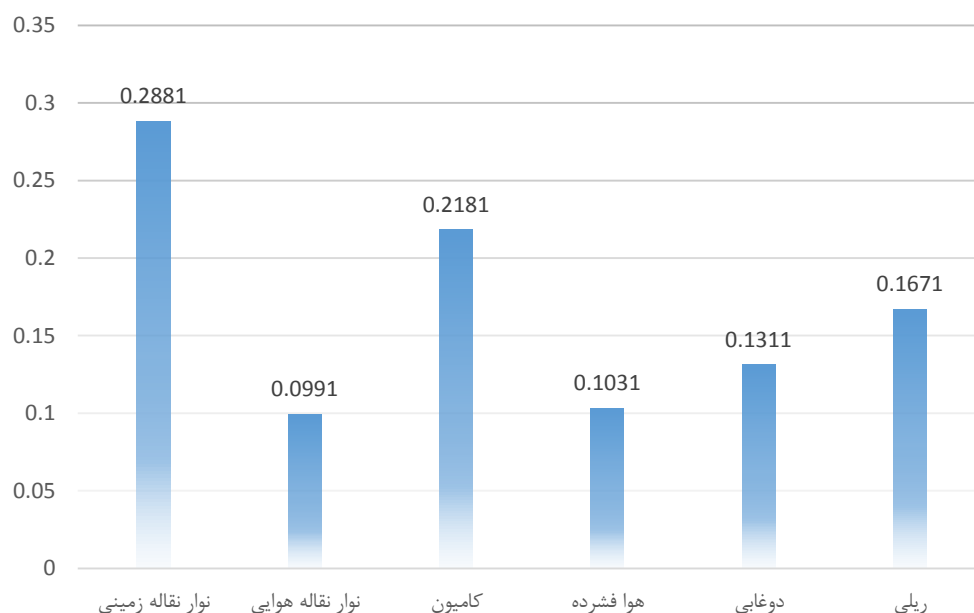
۴-۸-۲- نتایج تحلیل شبکه‌ای نوع دوم

در این مرحله برای تعیین وزن گزینه‌ها بایستی سوپر ماتریس را طبق معادله ذکر شده در فصل ۳ حل نمود که نتایج در جدول ۴-۲۴ ارائه شده است.

جدول (۴-۲۴): وزن نهایی گزینه‌ها در روش تحلیل شبکه‌ای فاز دوم

نوار نقاله زمینی (A1)	نوار نقاله هوایی (A2)	کامیون (A3)	هوای فشرده (A4)	دوغایی (A5)	ریلی (A6)
۰/۲۸۸۱	۰/۰۹۹۱	۰/۲۱۸۱	۰/۱۰۳۱	۰/۱۳۱۱	۰/۱۶۷۱

طبق شکل ۴-۲۷ وزن گزینه اول، حمل با نوار نقاله زمینی بیشترین مقدار است و حمل با نوار نقاله هوایی دارای کمترین وزن است. این نمودار نشان‌گر این است که گزینه یک مناسب‌ترین روش است، اما بایستی برای نظر دقیق‌تر از بررسی اقتصادی استفاده شود و در نهایت روش مناسب برتر انتخاب شود.

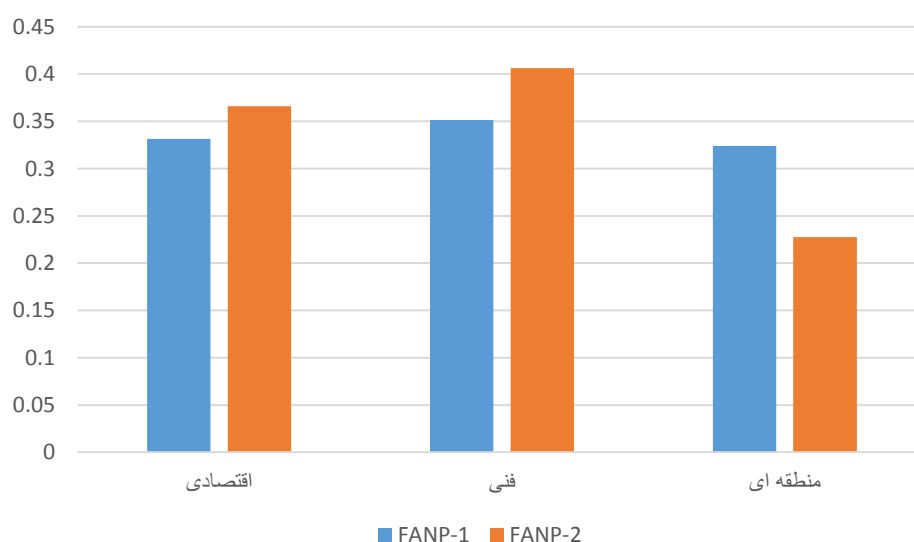


شکل (۴-۲۶): نمودار وزن نهایی گزینه‌ها فاز دوم

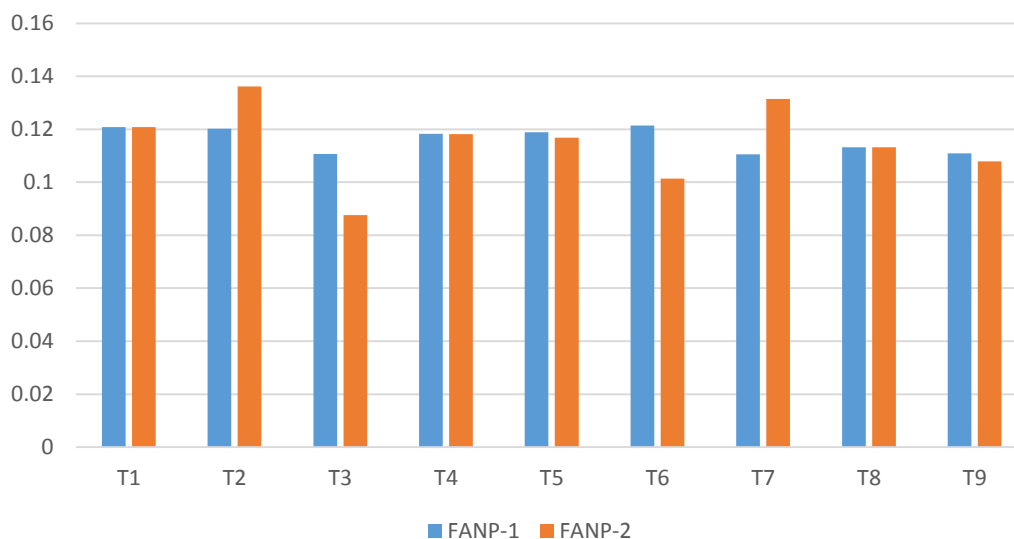
۴-۹- مقایسه نتایج فازی نوع اول و دوم

برای مقایسه و یافتن تفاوت‌های دو روش تحلیل شبکه‌ای در مجموعه‌های فازی نوع اول و نوع دوم، باید نتایج روش‌ها مقایسه، تحلیل و بررسی شود. برای این مقایسه ابتدا بر اساس اولویت‌های گزینه‌ها بررسی شده و سپس از تحلیل نموداری استفاده شده است. در مقایسه نموداری امکان پی بردن به تفاوت نتایج فراهم می‌شود. برای این بخش به بررسی نتایج حاصل شده از روش تحلیل شبکه‌ای فازی در دو حالت نوع اول و نوع دوم پرداخته شده است.

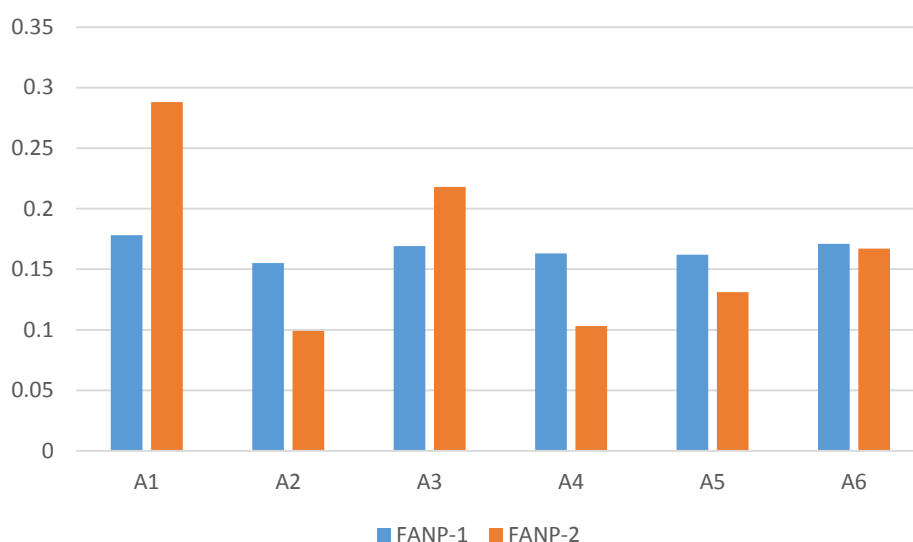
با توجه به جداول نهایی دو روش فازی نوع اول و نوع دوم، نوار نقاله مناسب‌ترین روش است. اما در اولویت دوم و سوم نیز دارای اشتراکی هستند، به صورتی که در فازی نوع اول اولویت دوم با کامیون و اولویت سوم با حمل ریلی است اما در فازی نوع دوم این مسئله برعکس است، یعنی اولویت دوم با حمل ریلی و اولویت سوم با کامیون است در نتیجه برای تصمیم نهایی بایستی بررسی اقتصادی صورت گیرد. برای مقایسه نموداری نتایج حاصل شده از وزن زیرمعیارهای اقتصادی، زیرمعیارهای فنی و گزینه‌ها در شکل‌های ۴-۲۸، ۴-۲۹ و ۴-۳۰ با یکدیگر قابل تحلیل هستند.



شکل (۴-۲۷): مقایسه وزن زیرمعیارهای اقتصادی



شکل (۴-۲۸): مقایسه وزن زیرمعیارهای فنی



شکل (۴-۲۹): مقایسه وزن نهایی گزینه‌ها

اگر به شکل‌های ۴-۲۸، ۴-۲۹ و ۴-۳۰ توجه کنید، بالا بودن دقت انجام محاسبات در روش تحلیل شبکه‌ای فازی نوع دوم نسبت به نوع اول به سهولت قابل مشاهده است. بر خلاف فازی نوع اول که مقادیر وزنی معیارها و گزینه‌ها با اختلاف کم و یکنواخت هستند، فازی نوع دوم دارای مقادیر وزنی با اختلاف زیاد هستند. این امر موجب دقت در محاسبات و سهولت در تصمیم‌گیری می‌شود. با توجه به شکل‌های فوق تاثیر نظر کارشناسان با امتیاز کم

یا زیاد به هر معیار یا زیرمعیار و تاثیر وزنی معیار بر زیرمعیار و گزینه‌ها در روش تحلیل شبکه‌ای فازی نوع دوم به درستی انجام شده است.

۴-۱۰- جمع‌بندی

برای انتخاب روش مناسب حمل کنسانتره زغال‌سنگ معدن طزره ابتدا مسیر موردنظر بررسی شد، سپس محل دقیق تعیین گردید و در ادامه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره، آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (FDEMATEL)، برای بررسی معیارهای مؤثر استفاده شد و در نهایت با در نظر گرفتن ۳ معیار اصلی، ۱۳ زیرمعیار و ۶ گزینه‌ی محتمل از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی تحلیل شبکه‌ای (FANP) برای انتخاب روش برتر مناسب بهره گرفته شد.

همچنین در بخش فازی مسئله، دو حالت فازی نوع اول و نوع دوم مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصله در هر دو حالت، نوار نقاله زمینی سیستم مناسبی برای حمل کنسانتره زغال‌سنگ شد.

فصل پنجم

طراحی سیستم ترابری



۵-۱- مقدمه

بهره‌برداری از یک پروژه شامل چند مرحله است که تمام این بخش‌ها دارای اهمیت بوده، این مراحل شامل:

الف) تشخیص لزوم نیاز به پروژه برای سهولت در بهره‌برداری

ب) امکان‌سنجی و برآورد کلی پروژه

ج) تهیه و بررسی داده‌های موردنیاز

د) تشخیص روش انجام پروژه

ه) بررسی و تعیین نظری پروژه بر اساس شرایط منطقه

و) طراحی و اجرا عملی پروژه برای بهره‌برداری

تمام این مراحل اهمیت زیادی دارند اما این نتیجه کار است که نشان‌گر پروژه است، درواقع تمام مراحل

ابتدایی پیش‌نیاز مرحله طراحی بوده و اجرایی نیستند، که طراحی درست نمایانگر نحوه عملکرد پروژه برای

بهره‌برداری است. از این رو در این فصل پس از انتخاب سیستم مناسب حمل موادمعدنی کنسانتره زغال سنگ شرکت البرز شرقی به طراحی این سیستم حمل پرداخته می‌شود.

مراحل کار به این صورت است که ابتدا روش منتخب و منطقه معرفی می‌شوند، سپس پارامترهای طراحی بررسی شده و در نهایت از نتایج دو مرحله ذکر شده سیستم ترابری طراحی می‌شود که علاوه بر این شرایطی همچون مسیر حمل نیز مشخص خواهد شد.

۵-۲- معرفی روش حمل منتخب

با توجه به فصل قبل، طبق روش تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای فازی که منجر به انتخاب روش حمل با نوار نقاله شد، این روش جز روش‌های پیوسته است که در مسیرهای طولانی و مواد یکنواخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوار باربری^۱ در حقیقت یک تسمه لاستیکی متحرک است که در دو انتها از دور دو استوانه عبور می‌کند و بدین ترتیب، در اثر گردش یکی از استوانه‌ها، در نتیجه اصطکاک بین دو نوار و استوانه، حرکت آن تأمین می‌شود (شکل ۵-۱).



شکل (۵-۱): نوار نقاله

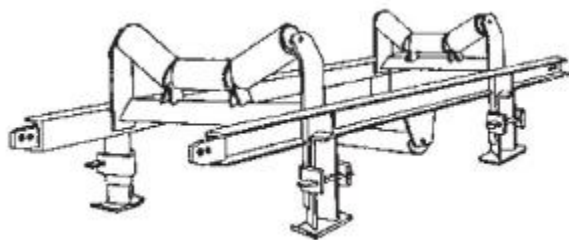
^۱ Belt

بدین ترتیب، نوار دارای دو تسمه بالایی و پایینی است که حرکت آن‌ها در خلاف برای هم است. موادی که در تسمه بالایی نوار ریخته می‌شود، در اثر حرکت آن، به قسمت انتهایی منتقل و در آن جا تخلیه می‌شود. طول نوار متفاوت است و در بعضی موارد ۴۰ کیلومتر می‌رسد. مهم‌ترین بخش‌های نوار نقاله عبارت از اسکلت، نوار و بخش حرکت دهنده است.

۵-۲-۱- اسکلت نوار نقاله

اسکلت نوار، خود از دو قسمت شاسی و قرقه‌ها تشکیل شده است.

الف) شاسی: شاسی از قطعات تیرآهن، نبشی و یا لوله ساخته می‌شود و بسته به وزن نوار و موادی که در آن حل می‌شوند، در فواصل معین دارای پایه است.



شکل (۵-۲): شاسی و قرقه‌ها

ب) قرقه: به فواصل ۱ تا ۱/۵ متر روی شاسی دستگاه، تعدادی قرقه استوانه‌ای قرار دارد که آزادانه قابل گردش‌اند و باعث تسهیل حرکت نوار، که روی آن‌ها قرار می‌گیرد، می‌شوند. هر سری قرقه، از سه قرقه تشکیل شده که محور قرقه وسطی افقی است و محور قرقه‌های اطراف، تحت زاویه ۲۰ تا ۳۵ درجه نسبت به آن قرار گرفته است (شکل ۵-۲).

علاوه بر سری قرقه‌های یادشده در قسمت زیرین نوار نیز به فواصل ۲ تا ۳ متر، تعدادی قرقه‌های افقی، که طول‌شان حداقل برابر عرض نوار است، وجود دارد که باعث سهولت حرکت تسمه زیرین نوار می‌شوند.

۵-۲-۲- نوار

نوار از چندین لایه پارچه پنبه‌ای یا الیاف مصنوعی، که به وسیله قشرهای لاستیکی به یکدیگر چسبیده شده‌اند، تشکیل شده است. برای محافظت نوار، در قسمت بالا و پایین آن نیز دو قشر لاستیکی نصب می‌کنند. در حقیقت هریک از قشرهای نوار وظیفه ویژه‌ای را عهده‌دار است. مثلاً الیاف پنبه‌ای یا مواد مصنوعی، باعث استحکام نوار در برابر نیروهای کششی می‌شوند و قشرهای لاستیکی رویی و زیری، مقاومت آن را در برابر ضربات ناشی از مواد مختلف افزایش می‌دهند.

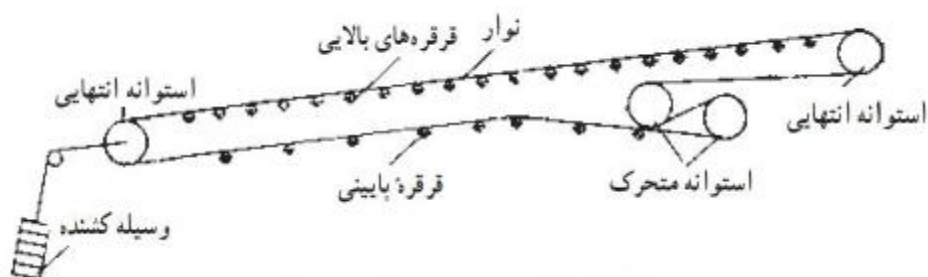
برای جلوگیری از سر خوردن مواد روی نوار، سطح رویی آن را از لاستیک آج‌دار می‌سازند. در مواردی که نوار برای سطوح شیب‌دار استفاده می‌شود، سطح آن دارای زوائد خاص است (شکل ۵-۳).



شکل (۵-۳): نوار با سطح آج‌دار

۵-۲-۳- حرکت دهنده نوار

وسایل حرکت دهنده نوار مرکب از موتور الکتریکی، جعبه‌دنده کاهش‌دهنده سرعت، استوانه‌های انتهایی و قسمت کشنده است که به‌طور ساده در شکل ۵-۴ نشان داده شده است.



شکل (۴-۵): بخش‌های مختلف نوار

۵-۳- پارامترهای طراحی

در پی طراحی سیستم ترابری عوامل زیادی دخیل هستند اما در این بین چهار عامل اهمیت بیش‌تری دارند که عوامل اصلی هستند. الف) شیب مسیر، ب) طول مسیر، ج) تناژ تولیدی کارخانه، د) خصوصیات مواد معدنی همچنین در محاسبات نوار نقاله، پارامترهایی نظیر فاصله حمل، اختلاف ارتفاع، ماکزیمم ابعاد سنگ قابل حمل، توزیع دانه‌بندی، فاکتور خروجی، فاصله جابجایی سالانه سیستم نوار نقاله، نوع اسکلت نوار، میزان سرمایه‌گذاری و در نهایت عمر مفید باید در نظر گرفته شود.

الف) شیب مسیر: طبق مشاهدات میدانی و نقشه‌های منطقه شیب منفی ۲ درصد به سمت ایستگاه زرین‌شهر است که مطلوبیت کافی دارد.

ب) طول مسیر: طبق نقشه‌ها و مطالعات به‌عمل‌آمده این مسیر دارای طول مستقیم ۱۸ کیلومتر است.

ج) تناژ تولیدی کارخانه زغال‌شویی: بر اساس تحقیقات و گزارش‌ها شرکت البرز شرقی تولید سالانه کارخانه حدود ۳۰۰ هزار تن کنسانتره زغال‌سنگ است.

د) خصوصیات مواد معدنی: مواد قابل انتقال کنسانتره زغال‌سنگ دارای اندازه نرم و یکنواخت هستند.

با توجه به منطقه در شکل ۵-۵ مسیر پیشنهادی سیستم نوار نقاله نشان داده شده است.



شکل (۵-۵): مسیر پیشنهادی

۵-۴- طراحی سیستم ترابری

در طراحی نوار نقاله ابتدا انتخاب عرض نوار سپس سرعت نوار جز مهم‌ترین بخش طراحی هستند و در ادامه نوع تغذیه‌کننده و همچنین موتور متحرکه در اولویت بعدی قرار می‌گیرند. طبق تحقیقات کارشناسان در این زمینه بهینه‌ترین نوار نقاله در ترابری آن است که با حداقل عرض نوار و حداکثر سرعت ممکنه طراحی شده باشد.

۵-۴-۱- عرض نوار

در طراحی نوار نقاله عرض نوار نقش بسزایی دارد به این صورت که ارتباط مستقیم با هزینه و ظرفیت باربری نوار نقاله وجود دارد. انتخاب عرض نوار به دو عامل نوع ماده معدنی و بزرگ‌ترین اندازه ماده معدنی بستگی دارد و در طراحی سیستم حداقل عرض، بهینه‌ترین حالت طراحی است.

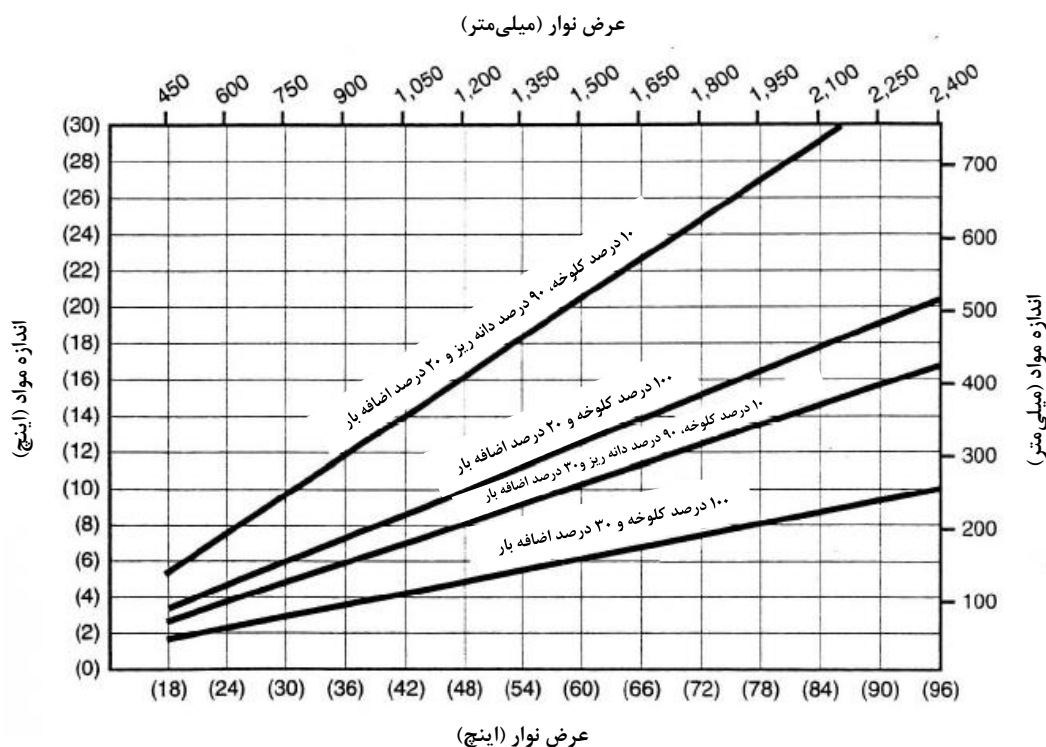
در مرحله اول محاسبات فنی، عرض موقت نوار با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$(۱-۶) \quad \text{عرض موقت نوار (میلی متر)} = (\text{بزرگ‌ترین اندازه مواد (میلی متر)} \times ۲) + ۳۰۰$$

همچنین طبق جدول ۵-۱ و شکل ۵-۶ ارائه شده بر اساس نوع و اندازه مواد عرض نوار پیشنهاد شده است.

جدول (۵-۱): عرض نوار بر اساس نوع و اندازه مواد معدنی (Havey, 1979)

اندازه کلوخه (اینچ)		عرض نوار (اینچ)
مخلوط با ۹۰ درصد دانه ریز	دانه بندی یکنواخت	
۴	۲	۱۲
۶	۴	۱۸
۸	۵	۲۴
۱۰	۶	۳۰
۱۲	۷	۳۶
۱۴	۸	۴۲
۱۶	۱۰	۴۸
۲۰	۱۱	۵۴
۲۴	۱۲	۶۰ و بیشتر



شکل (۵-۶): نمودار عرض نوار بر اساس نوع و اندازه مواد معدنی (Havey, 1979)

کنسانتره زغال سنگ دانه بندی یکنواخت دارد و اندازه دانه ها ریز هستند. با در نظر گرفتن اندازه مواد در حدود ۵۰ میلی متر، روی نمودار اول شکل ۵-۶ عرض نوار ۲۳ اینچ برآورد شده است و همچنین با توجه به جدول ۵-۱ نیز طبق اندازه مواد و یکنواختی آن عرض پیشنهادی برای نوار ۲۳ اینچ یا ۶۱۰ میلی متر محاسبه شده است.

۵-۴-۲- سرعت نوار

استاندارد سرعت نوار در جدول ۵-۲ نشان داده شده است. بیشینه نمودن سرعت نوار منجر به کمینه نمودن عرض نوار می شود و به طور کلی سرمایه گذاری اولیه را کاهش می دهد. این مورد به ویژه برای نوارهای طویل^۱ مصداق بیشتری دارد. به هر حال سرعت های بیشتر اثرات زیان باری هم در پی خواهد داشت. در جدول ۵-۳ استاندارد سرعت نوار بر اساس عرض نوار و حالت مواد معدنی نشان داده شده است که طبق این جدول ابتدا مواد معدنی از لحاظ حالت تقسیم بندی و با در نظر گرفتن عرض نوار، سرعت نوار به دست می آید.

^۱ Overland

جدول (۵-۲): سرعت نوار بر اساس نوع مواد و عرض نوار (Havey, 1979)

نوع مواد	سرعت نوار (متر بر ثانیه)	عرض نوار (میلی متر)
مواد دانه‌ای با جریان آزاد	۲/۵	۴۵۰
	۳/۶	۶۰۰ – ۷۵۰
	۴/۱	۹۰۰ – ۱۰۵۰
	۵/۱	۱۲۰۰ – ۲۴۰۰
زغال، سنگ خردشده، خاک	۲	۴۵۰
	۳	۶۰۰ – ۹۰۰
	۴/۱	۱۰۵۰ – ۱۵۰۰
	۵/۱	۱۸۰۰ – ۲۴۰۰
سنگ درشت و سخت و تیز	۱/۸	۴۵۰
	۲/۵	۶۰۰ – ۹۰۰
	۳	بیشتر از ۹۰۰
سنگ خرد نشده	۰/۳ تا ۰/۵	هر عرضی

جدول (۵-۳): استاندارد سرعت نوار (Havey, 1979)

حداکثر سرعت نوار (متر بر ثانیه)			
عرض (اینچ)	مواد با جریان آزاد	زغال سنگ استخراجی و خاک	کانسنگ سخت پس از سنگ شکن اولیه
۱۴	۲/۰۲	۱/۵۲	۱/۵۲
۱۶	۲/۵۳	۱/۷۲	۱/۵۲
۱۸	۲/۵۳	۲/۰۲	۱/۷۷
۲۰	۳/۰۵	۲/۰۲	۱/۷۷
۲۴	۳/۰۵	۳/۰۵	۲/۷۸
۳۰	۳/۵۵	۳/۳	۲/۷۸
۳۶	۴/۰۵	۳/۵۵	۳/۰۵
۴۲	۴/۰۵	۳/۵۵	۳/۰۵
۴۸	۴/۵۵	۳/۵۵	۳/۳
۵۴	۵/۰۶	۳/۵۵	۳/۳
۶۰	۵/۰۶	۳/۵۵	۳/۳
۶۶	–	۴/۰۵	۳/۸
۷۲	–	۴/۰۵	۳/۸

با دانستن سطح مقطع عرضی، تولید سالانه، فاکتور خروجی، ساعت کاری سالانه و وزن مخصوص مواد می‌توان سرعت مورد نیاز نوار به دست می‌آید.

$$(۲-۵) \quad \text{وزن مخصوص مواد} \times \text{ساعت کاری سالانه} \times 3600 \times \text{سطح مقطع عرضی} = \frac{1.3 \times \text{فاکتور خروجی} \times \text{تولید سالانه} \times 0.01}{\text{سرعت مورد نیاز نوار}}$$

عوامل زیادی در تعیین سرعت نوار تاثیرگذار هستند که مهم‌ترین آن‌ها عرض نوار و نوع ماده معدنی است. با توجه به اینکه عرض نوار ۶۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است، با مراجعه به جداول ۲-۵ و ۳-۵ سرعت نوار حدود ۳ متر بر ثانیه محاسبه شده است. اما طبق رابطه ۲-۵ عوامل دیگری در تعیین سرعت نوار دخیل هستند به مانند تولید سالانه، وزن مخصوص، ساعت کاری سالانه و سطح مقطع مواد معدنی روی نوار که با توجه به این رابطه سرعت پیشنهادی ۲ متر بر ثانیه است.

۵-۴-۳- سطح مقطع بار روی نوار

سطح مقطع مواد روی نوار به سه عامل عرض نوار، زاویه قرقه‌های تکیه‌گاهی و زاویه اضافه‌بار بستگی دارد که این سطح مقطع به سه روش قابل محاسبه است.

الف) روش اول

در این روش فقط بر اساس عرض نوار در سه حالت سطح مقطع محاسبه می‌شود.

$$A = \frac{W^2}{10} \quad \bullet \text{ اگر نوار پر باشد:}$$

$$A = \frac{W^2}{11} \quad \bullet \text{ اگر مواد دانه‌بندی شده باشند و سطح مقطع مسطح باشد:}$$

$$A = \frac{W^2}{12} \quad \bullet \text{ اگر مواد بسیار نرم باشند و سطح مقطع مسطح باشد و عرض نوار زیاد باشد:}$$

در این روابط W عرض نوار است و سطح مقطع به میزان $۰/۰۳۸$ متر مربع است.

ب) روش دوم

در این روش علاوه بر عرض نوار زاویه قرقه‌های تکیه‌گاهی نیز برای محاسبه سطح مقطع لحاظ می‌شود.

$$A = \frac{(0.9W - 0.05)^2}{\beta} \quad (3-5)$$

اگر زاویه قرقه‌های تکیه‌گاهی ۲۰ درجه باشد: $\beta = ۸/۲$

اگر زاویه قرقه‌های تکیه‌گاهی ۳۰ درجه باشد: $\beta = ۶/۶$

در این روابط W عرض نوار و β عدد ثابت است. سطح مقطع بار روی نوار بر اساس روش دوم مقدار ۰/۰۲۵۸ مترمربع است.

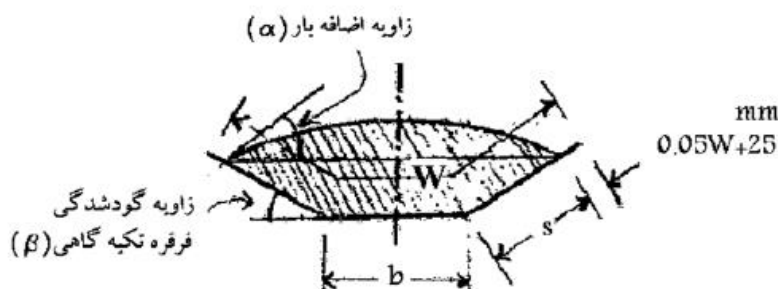
ج) روش سوم

در این روش از سه معیار عرض نوار، زاویه قرقه‌های تکیه‌گاهی و زاویه بار روی نوار استفاده می‌شود (شکل ۷-۵).

$$A = S \cdot \sin\beta \times (b + S \cdot \cos\beta) + 0.5R^2(2\alpha^{(rad)} - \sin 2\alpha) \quad (4-5)$$

$$R = (0.5b + S \cdot \cos\beta) / \sin\alpha \quad (5-5)$$

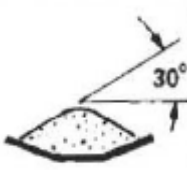
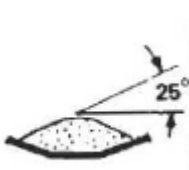
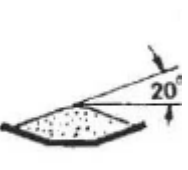
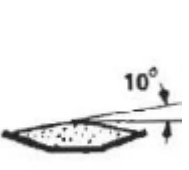
$$S = 0.5(w - b) - 0.5w + 25.4mm \quad b = \frac{w}{3} \quad (6-5)$$



شکل (۷-۵): سطح مقطع بار روی نوار

در این روابط، عناصر در شکل ۷-۵ مشخص شده است و همچنین با توجه به جدول ۴-۵ زاویه اضافه بار ۲۰ درجه و زاویه گودشدگی بین ۳۰ تا ۳۵ درجه تعیین شده است. سطح مقطع بار روی نوار بر اساس این روش مقدار ۰/۰۲۹۵ مترمربع است.

جدول (۴-۵): استاندارد زاویه اضافه بار روی نوار (Havey, 1979)

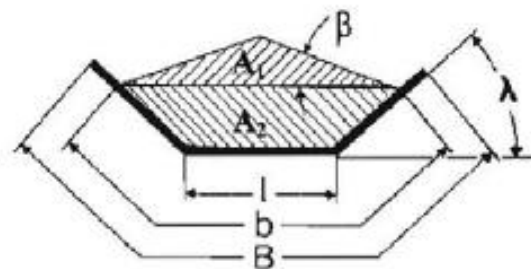
مواد بدون جریان	مواد با جریان آزاد متوسط	مواد با جریان آزاد	مواد با جریان خیلی آزاد
زاویه ۳۰ درجه	زاویه ۲۵ درجه	زاویه ۲۰ درجه	زاویه ۱۰ درجه
			
حداکثر ۴۰ درجه	بین ۳۵ تا ۴۰	بین ۳۰ تا ۳۴ درجه	بین ۲۰ تا ۲۹
خصوصیات مواد			
مواد سفت و بزرگ	مواد ریز و چسبنده	مواد نامنظم با وزن متوسط	مواد خشک با اندازه متوسط
			مواد با اندازه غیریکنواخت و ریز

همچنین در حالتی دیگر به این صورت می توان بیان کرد که مساحت سطح مقطع نوار نقاله شامل دو بخش A_1 و A_2 است که به پارامترهایی نظیر عرض نوار مورد استفاده، زاویه خمیدگی و زاویه پرشدگی وابسته است. با روابط زیر می توان به این امر رسید.

$$A_1 = [l + (b - l) \times \cos\lambda]^2 \times \left(\frac{\tan\beta}{4}\right) \quad (۷-۵)$$

$$A_2 = \left[l + \left(\frac{(b - l)}{2}\right) \times \cos\lambda\right]^2 \times \left(\frac{(b - l)}{2}\right) \times \sin\lambda \quad (۸-۵)$$

که عناصر روابط ۷-۵ و ۸-۵ در شکل ۸-۵ شرح داده شده است. میزان سطح مقطع در این روش برابر با ۰/۲۸ متر مربع است. با استفاده از این روش سطح مقطع مواد معدنی روی نوار با دقت بیشتری محاسبه می شود.



شکل (۵-۸): سطح مقطع بار روی نوار

۵-۴-۴- موتور نوار نقاله

۵-۴-۴-۱- قدرت موتور

پس از طراحی ابعاد اولیه نوار نقاله، مقاومت‌ها و قدرت موتور باید محاسبه شود. مقاومت‌های نوار نقاله عبارتند از:

الف) مجموع مقاومت در طرف رفت **ب)** مجموع مقاومت در طرف برگشت **ج)** مقاومت‌های بالا بردن مواد

به منظور محاسبه دو عامل اول از روابط زیر می‌توان استفاده کرد.

$$F_H = f \times L \times [m_R + (2 \times (m_G + m_L)) \times \cos \sigma] \times g \times C \quad (۵-۸)$$

$$F_{ST} = m_L \times L \times g \times \sin \sigma \quad (۵-۹)$$

در این روابط F_H نیروی مورد نیاز برای حرکت نوار با بار است که f ضریب اصطکاک غلتشی، L طول نوار، m_R

جرم نوار و اجزای متحرک آن، m_G و m_L جرم اجزای متحرک در واحد طول نوار به ترتیب رفت و برگشت، g شتاب

گرایش زمین، C ظرفیت نوار و α زاویه شیب نوار است. F_{ST} نیروی مورد نظر حرکت نوار بدون بار است. همچنین

مقادیر استاندارد جرم نوار و اجزای متحرک نوار در جدول ۵-۵ آورده شده است نرخ خوراک‌دهی در هر متر نوار

در دو مرحله محاسبه می‌شود.

مرحله اول : محاسبه ظرفیت نوار

$$\text{ظرفیت نوار} = \frac{\text{تولید سالانه}}{\text{ساعت کاری سالانه}} \quad (۵-۱۰)$$

ظرفیت نوار به پارامترهای زیر وابسته است.

الف) عرض نوار (B) ب) سرعت نوار ج) زاویه خمیدگی یا ترافیک (λ) د) وزن مخصوص و زاویه پرشدگی (β)

مرحله دوم: نرخ خوراک‌دهی در هر متر نوار

$$\text{نرخ خوراک دهی} = \frac{\text{ظرفیت نوار}}{3.6 \times \text{سرعت نوار}} \quad (۱۱-۵)$$

با دانستن مقادیر مقاومت‌هایی که باید بر آن‌ها غلبه شود قدرت موتور موردنیاز از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\text{قدرت موتور موردنیاز} = \frac{\text{سرعت نوار} \times \text{مجموع مقاومت‌ها}}{1000 \times \text{ضریب بهره‌وری}} \quad (۱۲-۵)$$

جدول (۵-۵): مقادیر جرم واحد طول نوار و واحد طول اجزاء متحرک در نوار نقاله (Havey, 1979)

مقادیر جرم واحد طول نوار و واحد طول اجزاء متحرک در نوار نقاله (کیلوگرم بر متر)						
عرض نوار (اینچ)		نوارهای سبک (۰/۸ متر مکعب)		نوارهای متوسط (۰/۸ تا ۱/۶)		نوارهای سنگین (۱/۶ به بالا)
		نوار	اجزای متحرک	نوار	اجزای متحرک	نوار
۱۴	۱/۴۸	۱۰/۴۲	۲/۹۸	۱۹/۳۴	۴/۴۶	۲۷/۲۸
۱۶	۲/۹۸	۱۱/۹	۴/۴۶	۲۰/۸۳	۵/۹۵	۳۱/۲۵
۱۸	۴/۴۶	۱۳/۳۹	۵/۹۵	۲۳/۸۱	۷/۴۴	۳۴/۲۲
۲۰	۵/۹۵	۱۴/۸۸	۷/۴۴	۲۶/۷۸	۸/۹۳	۳۷/۲
۲۴	۷/۴۴	۲۰/۸۳	۸/۹۳	۳۱/۲۵	۰/۴۲	۴۳/۱۵
۳۰	۸/۹۳	۲۸/۲۷	۱۰/۴۲	۴۱/۶۶	۱۱/۹	۵۶/۵۴
۳۶	۱۰/۴۲	۳۸/۶۸	۱۳/۳۹	۵۶/۵۴	۱۶/۳۷	۷۷/۳۷
۴۲	۱۳/۳۹	۴۰/۱	۱۶/۳۷	۷۴/۳۹	۲۰/۸۳	۹۸/۲
۴۸	۱۷/۸۵	۵۹/۵۱	۲۲/۳۲	۸۹/۲۷	۲۶/۷۸	۱۲۲
۵۴	۲۰/۸۳	۷۴/۳۹	۲۶/۷۸	۱۰۵/۶۴	۳۲/۷۳	۱۴۴/۳۲
۶۰	۲۵/۲۹	۹۲/۲۵	۳۱/۲۵	۱۲۶/۴۷	۴۰/۱۷	۱۷۰/۸۶
۶۶	۲۹/۷۶	۱۱۱/۵۹	۳۲/۷۱	۱۵۳/۲۵	۴۷/۶۱	۲۰۰/۸۶
۷۲	۳۲/۷۳	۱۳۰/۹۳	۴۱/۶۶	۱۸۰/۳	۵۳/۵۶	۲۳۰/۶۲

با توجه مقادیر محاسبه شده در مراحل قبل میزان توان لازم برای این نوار نقاله ۹۷۲ کیلو وات یا ۱۳۰۸ اسب

بخار محاسبه شد. با این تفاسیر الکتروموتور مورد نظر بایستی حداقل ۱۳۰۰ اسب بخار توان داشته باشد و با این

قدرت نیازند گیربکس نیز است. با توجه به عملیات پیشرو توصیه می‌شود دور موتور مورد نظر ۱۰۰۰ RPM باشد.

با توجه به تحقیقات الکتروموتور مناسب این نوار نقاله SIEMENS مدل 1LE1502-3AA03-4AA4 است و گیربکس مناسب گیربکس SN-1003 در نظر گرفته شده است. این تجهیزات به دو صورت زنجیری و تسمه‌ای متصل به نوار نقاله می‌شود، زنجیر دارای قدرت زیادتر اما در زمان خرابی سیستم به الکتروموتور و گیربکس آسیب می‌رساند و تسمه قدرت کمتر اما در زمان خرابی فقط تسمه آسیب می‌بیند. بنابراین استفاده از اتصال زنجیری در مواردی که قدرت اولویت است، انتخاب بهتری است.

۵-۴-۲- زاویه خمیدگی یا ترافیک

این زاویه عامل دیگری است که به دلیل تأثیر روی سطح مقطع پر شده نوار، بر روی ظرفیت نوار نیز اثر می‌گذارد. معمولاً این زاویه در نوارهای استیل کورد حدود ۴۵ درجه و در نوارهای پارچه‌ای، ۳۵ درجه در نظر گرفته می‌شود که با توجه به زاویه تکیه‌گاهی قرقره‌ها و نوار برزنتی ۴۰ درجه در نظر گرفته شده است.

۵-۴-۳- زاویه پرشدگی

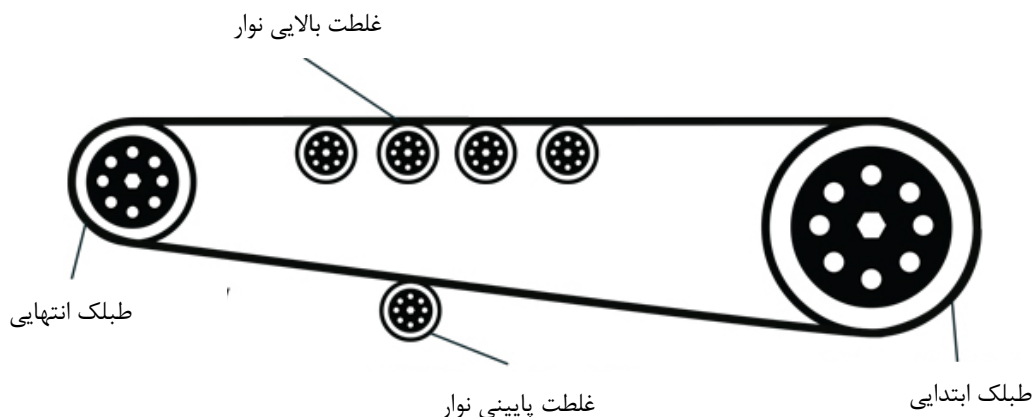
به‌منظور جلوگیری از تموج نوار هنگام عبور از روی آیدلرها، زاویه طبیعی قرار مواد کاهش می‌یابد. به این زاویه کاهش‌یافته، زاویه پرشدگی گفته می‌شود و یکی از مهم‌ترین مشخصه‌ها در محاسبه ظرفیت حمل است که به‌طور مستقیم روی مساحت سطح مقطع مواد روی نوار در نتیجه حجم جابجایی را تعیین می‌کند. با توجه به مواد معدنی مورد نظر، کنسانتره زغال‌سنگ، زاویه ۲۰ درجه مناسب است

۵-۴-۵- طبک‌ها

حرکت‌دهنده اصلی نوار برای حمل توسط طبک‌ها انجام می‌گیرد. در ساده‌ترین حالت نوار نقاله، طبک‌ها به دو نوع طبک ابتدایی^۱ و طبک انتهایی^۲ تقسیم‌بندی می‌شوند. این طبک‌ها نیرو موتور را به نوار منتقل می‌کنند. در شکل ۵-۹ طبک انتهایی نوار نشان داده شده است.

¹ Drive Pully

² Tail Pully



شکل (۵-۹): طبلک نوار نقاله

با توجه به اینکه مواد کنسانتره زغال هستند از طبلک‌های مسطح فقط در همان ابتدا و انتهای نوار استفاده خواهد شد و از قرقه‌های مورب برای حرکت نوار استفاده می‌شود این قرقه‌ها با زاویه ۲۰ درجه قرار گرفته است.

۵-۴-۶- نوار

نوارهایی که در بخش معدن مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای حمل مواد معدنی هستند. مواد معدنی می‌تواند سخت، نرم، درشت و ریز باشد پس جنس نوار دارای اهمیت است. طبق تحقیقات نوارهای PVC به علت ویژگی‌های منحصر به فرد انتخاب شده است. این نوارها از مقاومت مناسبی برخوردار هستند و همچنین قابل انعطاف است و فشار کمتری به پایه‌ها نگهدارنده نوار نقاله وارد می‌شود. این نوع نوار در برابر آسیب، ضربه، روغن و باکتری مقاوم است.

۵-۴-۷- بار کننده

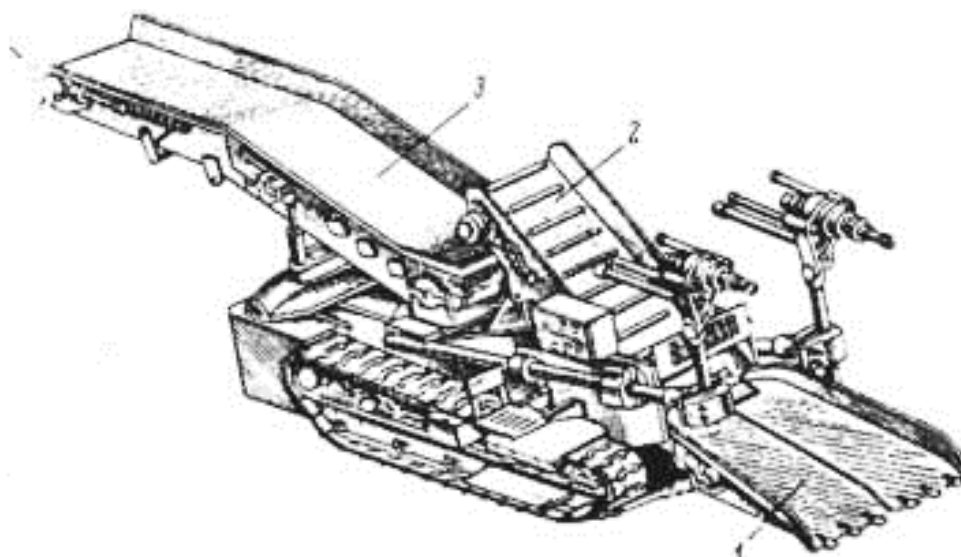
سیستم‌های باربری پیوسته یا مداوم نیازمند بار کننده‌های مداوم هستند (شکل ۵-۱۰). بار کننده مداوم در انواع مختلف وجود دارند که دو نمونه از مرسوم‌ترین این دستگاه‌ها، می‌توان به بار کننده با بازوی جمع کننده^۱ و بار کننده با دیسک دوار^۲ اشاره کرد. برای محاسبه میزان توان از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$Q = 3600 \times C \times 2 \times n \times F_F \times F_S \times E \quad (۵-۱۳)$$

^۱ Fraes Loader

^۲ Joy Loader

در رابطه ۵-۱۳ اجزای آن به صورت است که C حجم موادی که جلوی هر بازو قرار دارد، n تعداد حرکت هر بازو در ثانیه، F_f و F_s فاکتور پرشوندگی و ایمنی و E ضریب بهره وری است.



شکل (۵-۱۰): بار کننده نوار نقاله

۵-۵- محاسبات اقتصادی

بعد از طراحی فنی سیستم ترابری نوار نقاله مناسب، در این بخش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، آماده‌سازی و عملیاتی اجرا طرح نیز بررسی و بیان شده است. طبق تحقیقات هزینه‌های مندرج شده بر اساس واحد دلار است.

۵-۵-۱- هزینه‌های آماده‌سازی

(۱) هزینه مسیر

هزینه تسطیح و آماده‌سازی مسیر برای زیرساخت شاسی نوار نقاله است که به میزان ۰/۱۵ دلار به ازای هر متر در نظر گرفته شده است (فهرست بهای راه، راه آهن و باند فرودگاه سال ۹۹ سایت سازمان برنامه و بودجه کشور).

(۲) هزینه محل بارگیری

نقطه بارگیری و تخلیه جز مهم‌ترین بخش‌ها هستند. هزینه این محل با توجه به موقعیت مکانی کارخانه ۶۰ دلار در نظر گرفته شده است (فهرست بهای راه، راه آهن و باند فرودگاه سال ۹۹ سایت سازمان برنامه و بودجه کشور).

۳) هزینه نگهداری نوار نقاله در ناحیه جاده بین‌المللی

در مسیر نوار نقاله، جاده بین‌المللی وجود دارد در این ناحیه نوار نقاله بایستی در ارتفاع استاندارد قرار گیرد و نیاز به نگهداری دارد، طبق بررسی‌های انجام شده مبلغ ۱۰۰۰ دلار پیش‌بینی شده است (فهرست بهای راه، راه آهن و باند فرودگاه سال ۹۹ سایت سازمان برنامه و بودجه کشور).

۵-۲- هزینه سرمایه‌گذاری

۱) هزینه خرید نوار نقاله

در این خصوص دو روش را می‌توان استفاده کرد:

الف) سفارش نوار نقاله به شرکت‌های سازنده با توجه به اطلاعات طراحی و استانداردها که هزینه آن به ازای هر متر نوار نقاله ۲۲/۵ دلار است و به طور مجموع ۴۰۰ هزار دلار هزینه دارد (www.alibabb.com).

ب) خرید قطعات نوار نقاله به صورت مجزا، با توجه به علت تنوع زیاد در محصولات و تجهیزات تغییرات قیمت‌ها وجود دارد. پیش‌بینی به این است که این روش در صورت وجود متخصص به صرفه‌تر خواهد بود.

۲) هزینه خرید بار کننده

بار کننده مورد نظر از نوع بار کننده مداوم با بازو جمع‌شونده به قیمت ۱۲ هزار دلار است (www.alibabb.com).

۵-۳- هزینه‌های عملیاتی

این قسمت شامل هزینه‌های برق مصرفی الکتروموتور، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه کارکنان است که بر اساس روابط زیر محاسبه شده است.

الف) هزینه برق مصرفی: هر سال ۱۱۰۰ دلار است.

$$C_e = 12 \times 30 \times Shift \times W \times 65 \quad (۵-۱۴)$$

در رابطه ۵-۱۴ W میزان برق مصرفی و Shift ساعت کاری نوار نقاله است. طبق تعرفه شرکت برق برای محاسبه هزینه با توجه به فهرست بها ضریب ۶۵ در رابطه قرار گرفته است.

(ب) هزینه کارکنان: هر سال ۷۵۰۰ دلار است.

$$C_p = \text{حقوق ماهیانه یک نفر} \times 1.2 \times 14 \times \text{تعداد کارکنان} \quad (۱۵-۵)$$

(ج) هزینه تعمیر و نگهداری:

هزینه این بخش طبق مطالعات ۵۰۰ دلار در سال در نظر گرفته شده است.

۵-۷- جمع بندی

برای طراحی سیستم حمل کنسانتره زغال سنگ معدن طزره، ابتدا مسیر حمل مشخص شد. این بررسی منجر به تغییر مسیر حمل کنسانتره شد. طبق تحقیقات انجام شده برای سیستم نوار نقاله، پارامترهای طراحی مشخص گردید، به مانند عرض نوار، سرعت نوار، طول نوار و زاویه قرار قرقره ها و... که طبق تحقیقات نتایج به نوار نقاله ای با عرض ۶۵۰ میلی متر و سرعت ۲ متر بر ثانیه رسید. در پی بارگیری این سیستم، بار کننده با بازوی جمع شونده در نظر گرفته شد و نتایج خلاصه و کامل طراحی این سیستم ترابری در جدول ۵-۶ تدوین شد.

جدول (۵-۶): مشخصات فنی نوار نقاله

مشخصات نوار نقاله	
نوع نوار نقاله	EP یا منجید دار
عرض نوار	۶۱۰ میلی متر
سرعت نوار	۲ متر بر ثانیه
طول نوار	۱۸ کیلومتر
ظرفیت	۲۰۰ تن بر ساعت
ارتفاع نوار	۲ الی ۳ متر
ضخامت نوار	۳۵ میلی متر
حداقل مقاومت نوار	۲۲۰۰ نیوتن بر میلی متر
سطح مقطع بار نوار	۰/۲۸ مترمربع
نوع نوار	PVC
نوع موتور	SIEMENS at Model 1LE1502-3AA03-4AA4
تعداد موتور	۲ عدد
قدرت موتور	۹۷۲ کیلووات بر ساعت
گیربکس	SN-1003

فصل ششم

نتیجہ گیری و پیشہادہ



۶-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مطالعه در مورد انتخاب روش حمل مواد معدنی از جهات گوناگون مانند فنی اقتصادی حائز اهمیت است، عوامل زیادی وجود دارد که در تصمیم‌گیری برای انتخاب روش حمل مناسب، مؤثر است. لذا برای انتخاب روش حمل مناسب نیاز به شناخت معیارهای مؤثر در این زمینه دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوبی به عمل می‌آید.

محدوده موردنظر حدفاصل کارخانه زغال شویی البرز شرقی تا ایستگاه قطار زرین‌شهر است. طبق انجام تحقیقات مسیر ذکرشده دارای طول مستقیم ۱۸ کیلومتر و طول جاده‌ای ۲۵ کیلومتر است همچنین شیب مسیر ۲ درصد است که شیب به سمت ایستگاه قطار واقع در زرین‌شهر است. طبق گزارش‌های توپوگرافی منطقه در نقاط مختلف دارای پستی بلندی‌های بسیار زیاد است. مسیر موردنظر از کارخانه زغال شویی (محل بارگیری کنسانتره زغال) شروع شده و بعد طی ۲۵ کیلومتر به ایستگاه قطار واقع در زرین‌شهر (محل تخلیه و بارگیری مجدد در قطار) به اتمام می‌رسد. در حین مسیر از جاده بین‌المللی عبور می‌شود که چالش بزرگی را در پی دارد.

با توجه مسئله که تعیین روش حمل مناسب برای حمل کنسانتره زغال سنگ از کارخانه به ایستگاه قطار است، پس از تعیین معیارها و پارامترهای مؤثر به علت تعدد بسیار و همچنین ضریب اهمیت متفاوت پارامترها با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره فازی آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری چند معیاره (DEMATEL) به بررسی معیارها پرداخته شده و نتیجه این امر حذف معیارهای بی‌تأثیر و انتخاب معیارهای مؤثر حاصل شد که این معیارها به سه گروه اصلی فنی، اقتصادی و منطقه‌ای تقسیم‌بندی شدند. همچنین برای این مسئله شش روش حمل مواد که قابلیت استفاده در منطقه و مناسب برای حمل کنسانتره زغال سنگ باشند، تعیین گردید. الف) حمل کامیونی، ب) حمل با نوار نقاله زمینی، ج) حمل با لوله هوافشارده، د) حمل به روش دوغابی، ه) حمل با نوار نقاله هوایی و و) حمل ریلی

سپس برای انجام تحقیق برای انتخاب روش حمل مناسب کنسانتره زغال سنگ از تکنیک دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل شبکه‌ای (ANP) فازی در دو حالت (۱) فازی نوع اول (۲) فازی نوع دوم نیز بهره گرفته شد و نتایج حاصله به این صورت بود که روش حمل با نوار نقاله زمینی مناسب‌ترین روش برای حمل کنسانتره زغال سنگ است. در ادامه حمل کنسانتره زغال سنگ شرکت به دنبال اجرائی شدن طرح نیز است و بعد از بررسی‌های اقتصادی و مطالعات منطقه، روش حمل با نوار نقاله به صورت تئوری و عملی طراحی شد. در نهایت نوار نقاله‌ای به طول ۱۸ کیلومتر با عرض ۶۱۰ میلی‌متر و سرعت نوار ۲ متر بر ثانیه طراحی شد.

۶-۲-پیشنهادهای

بر اساس مطالعات انجام‌شده و نتایج حاصله مناسب‌ترین روش برای حمل کنسانتره زغال سنگ مشخص شد و همچنین به مرحله طراحی رسید. ولی برای انتخاب روش مناسب حمل مواد راه‌کارهای دیگری از تصمیم‌گیری چند معیاره وجود دارد که پیشنهاد می‌شود استفاده شود. همچنین می‌توان از روش شبکه عصبی نیز استفاده شود، این رویکرد می‌تواند روش مناسبی را ارائه دهد.

معیارهای انتخاب شده، نیاز به بررسی دارد و تغییر در آنها، می‌تواند جواب متفاوتی را به دست آورد و پیشنهاد می‌شود معیارها بررسی شوند. در بخش طراحی، دقت بر روی پارامترهای طراحی بسیار مهم است. در برخی تحقیقات عرض نوار و در برخی سرعت نوار اهمیت دارد. پیشنهاد می‌شود که بهینه‌سازی با در نظر گرفتن حداقل عرض نوار با حداکثر سرعت نوار باشد.

سایر نکات پیشنهادی برای اعمال در مطالعات آتی به شرح زیر است:

- در بخش تعیین پارامترهای موثر، معیارهای دیگر نیز می‌تواند بررسی شود.
- گزینه‌های حمل متناسب دیگر را می‌توان در مسئله قرار استفاده کرد.
- تأمین‌کننده نوار باید بر اساس نوع خاص نواری که ساخته شده در نظر گرفته شود.

منابع

منابع فارسی

- آقاجانی بزاز ع و اصانلو م و سلطان محمدی ح، (۱۳۸۷) "کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب ماشین‌های بارگیری و باربری معدن مس سونگون" **کنفرانس مهندسی معدن**، ۱۵-۲۳-۱.
- اصغرزاده ع و محمدی بالانی ع، (۱۳۹۸) "تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه" انتشارات دانشگاه تهران.
- دلربای م، (۱۳۹۴)، پایان‌نامه ارشد "بهینه‌سازی سیستم حمل‌ونقل و جانمایی تجهیزات پیش‌فرآوری در معادن پلاستی سنگ‌آهن سنگان مطالعه موردی: معدن امیر سنگان پارسیان" دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- رحمانی نیکوئی م، (۱۳۹۵) "ارائه مدلی نوین برای شناسایی و سنجش میزان ارتباط بین شاخص‌های اصلی در انتخاب مدیریت تجهیزات سیستم ترابری معادن روباز توسط تکنیک DEMATEL" **کنفرانس ملی مدیریت اقتصادی**، ۷-۹-۴۳.
- رستم نژاد م، خان‌زاده م، (۱۳۹۷) "استفاده از روش دیمتل برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر توسعه پایدار در پروژه‌های عمرانی" **کنفرانس بین‌المللی عمران**.
- صفری م، (۱۳۸۹)، پایان‌نامه ارشد "انتخاب تأسیسات سطحی (سایت کارخانه و سد باطله) معدن سنگ‌آهن سنگان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و GIS" دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- طایی س و بیدگلی م، (۱۳۹۱) "طراحی و بهینه‌سازی سیستم ترابری نوار نقاله معدن خاک نسوز سمیرم" **کنفرانس معادن روباز ایران**، ۲۹-۳۵.
- عالم تبریز آ و باقر زاده م، (۱۳۸۸) "مدل تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی برای گزینش تأمین‌کننده راهبردی" **فصلنامه و پژوهشنامه بازرگانی**، شماره ۵۴، صفحه ۶۶-۵۷.
- عالمی آ و شجاعت الحسینی ع، (۱۳۹۴) "طراحی و بهینه‌سازی سیستم نوار نقاله معدن مس میدوک" **سومین کنفرانس معادن روباز ایران**، ۲۹-۳۱.
- عشورنژاد غ، (۱۳۹۲) "به‌کارگیری فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی در شناسایی مکان بهینه ایستگاه‌های انتقال مواد اصفهان" **مجله محیط‌شناسی**، شماره ۳، صفحه ۱۶۵-۱۷۷.
- عطایی م، (۱۳۹۴)، **تصمیم‌گیری چند معیاره فازی**، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

عطایی م ، (۱۳۹۶)، **تصمیم‌گیری چند معیاره**، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

فرامرز م ، (۱۳۹۱) "بررسی و ارزیابی چگونگی عملکرد نحوه انتخاب سیستم برتر: کامیون یا نوار نقاله در معدن سنگ آهن گهر زمین" **همایش تسمه‌نقاله و سیستم‌های نوار نقاله**، ۹-۴۷-۱.

محمدی ش ، (۱۳۹۶) "بهینه‌سازی مسیر خطوط انتقال نفت با به‌کارگیری پارامترهای مکانی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در GIS" **فصلنامه علوم محیطی**، دوره ۱۵، شماره ۲.

مرادی فراهانی ح و عسگری ج و ذکری م، (۱۳۹۲) "مروری بر منطق فازی نوع-۲: از پیدایش تا کاربرد" **نشریه علمی ترویجی محاسبات نرم**، شماره سوم، صفحه ۴۳-۲۲.

یاوری م، سکاکی ح. و شناور م. (۱۳۸۳)، طرح سیستم نیمه اتوماتی گسیل لحظه ای کامیون با استفاده از GPS و بیسیم در معادن روباز ایران، **کنفرانس مهندسی معدن ایران**، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.

منابع انگلیسی

- Aghajani, A & Osanloo, M, (2007) "*Application of AHP-TOPSIS Method for Loading-Haulage Equipment Selection in Open pit Mines*," XXVII international Mining Convention, and Mexico.
- Aghajani, A. M, Osanloo, M. Akbarpour, (2007) "*Optimizing loading system of Gol-e-Gohar iron ore mine of Iran by genetic algorithm*" Iron ore conference, Australia
- Azimi, R., Yazdani-Chamzini, A., Fouladgar, M. M., Zavadskas, E. K., & Basiri, M. H. (2011). "*Ranking the strategies of mining sector through ANP and TOPSIS in a SWOT framework*" Journal of business economics and management, 12(4), 670-689.
- Bandopadhyay & S. Venkatasubramanian, P. (1987). "*Expert systems as decision aid in surface mine equipment selection*" International Journal of Mining, Reclamation and Environment, Vol 1:2, 159-165.
- Bascetin A., (2004) "*An application of the analytic hierarchy process in equipment selection at Orhaneli open pit coal mine*" Mining Technology, 113(3), pp. 192-199.
- Bascetin, A. Oztas, A. Kanli, A. (2006). "*EQS: computer software using fuzzy logic for equipment selection in mining engineering*" The Journal of the South African institute of Mining and Metallurgy, Vol 106, 63-70.
- Bascetin, A., & Kesimal, A. (1999). The study of a fuzzy set theory for the selection of an optimum coal transportation system from pit to the power plant. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 13(3), 97-101.
- Baykasoğlu, A., Kaplanoglu, V., Durmuşoğlu, Z. D., & Şahin, C. (2013). Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection. Expert Systems with Applications, 40(3), 899-907.

- Baykasoğlu, A., Kaplanoglu, V., Durmuşoğlu, Z. D., & Şahin, C. (2013) “*Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection*” Expert Systems with Applications, 40(3), 899-907.
- Bazzazi, A. A., Osanloo, M., & Soltanmohammadi, H. (2008). “*Loading-haulage equipment selection in open pit mines based on fuzzy-TOPSIS method*” Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 24, 87-102.
- Biswas, A., & De, A. K. (2018). “*Correction to: A unified method of defuzzification for type-2 fuzzy numbers with its application to multiobjective decision making*” Granular Computing, 3(4), 319-319.
- Castilo D. and Cochran J.K., (1987), A Microcomputer Approach for Simulating Truck Haulage Systems in Open Pit Mining, Computers in Industry 8, 37-47.
- Celebi N. (1998) ” *An equipment selection and cost analysis system for open pit coal mines*”. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, vol 12:4,181-187.
- 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.
- Chan, F. T. S. (2002). Design of material handling equipment selection system: an integration of expert system with analytic hierarchy process approach. Integrated Manufacturing Systems.
- Chan, H. K., Wang, X., White, G. R. T., & Yip, N. (2012). An extended fuzzy-AHP approach for the evaluation of green product designs. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 60(2), 327-339.
- Chen S.J., Hwang C.L (1992) “*Fuzzy multiple attribute decision making methods, [in:] Fuzzy multiple attribute decision making*” Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 289–486.
- Cheng CH. (1999) “ *Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers*”, Fuzzy Set System, vol 107:25–35.
- Demir, A. S., & Gelen, M. B. (2019) “*Selection of information technology personnel for an enterprise in the process of industry 4.0 with the MultiMoora method*” Sakarya University Journal of Science, 23(4), 663-675.
- Denby & B. Schofield, D. (1990) “*Application of expert systems in equipment selection for surface design*”. international Journal of Mining, Reclamation and Environment, Vol 4:4, 165–171.
- Despodov, Z., Mitić, S., & Peltečki, D. (2011). “*Application of the AHP method for selection of a transportation system in mine planning*” Podzemni radovi, (19), 93-99.
- Di Lascio, L., Gisolfi, A., & Nappi, A. (2005, May). Medical differential diagnosis through type-2 fuzzy sets. In The 14th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2005. FUZZ'05. (pp. 371-376). IEEE.
- Doctor, F., Hagrass, H., & Callaghan, V. (2004, July). A type-2 fuzzy embedded agent for ubiquitous computing environments. In 2004 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (IEEE Cat. No. 04CH37542) (Vol. 2, pp. 1105-1110). IEEE.

- Elbrond J. and Soumis, F. (1987), Towards integrated production planning and truck dispatching in open pit mines, *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 1:1, 1-6.
- Elevli, B., & Demirci, A. (2004). “*Multicriteria choice of ore transport system for an underground mine: application of PTOMETHEE methods*” *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 104(5), 251-256.
- Ferrari, P. (2002). Road network toll pricing and social welfare. *Transportation Research Part B: Methodological*, 36(5), 471-483.
- Ghasvareh, M. A., Safari, M., & Nikkhah, M. (2019) “*Haulage system selection for Parvadeh Coal Mine using multi-criteria decision making methods*” *Mining Science*, 26.
- Greenfield, S., Chiclana, F., Coupland, S., & John, R. (2009). “*The collapsing method of defuzzification for discretised interval type-2 fuzzy sets*” *Information Sciences*, 179(13), 2055-2069.
- Haidar, A., & Naoum, S. (1995). Selection of opencast mine equipment using knowledge-base and genetic algorithm. *Proceedings of the Mine Planning and Equipment selection*, 409-414.
- Haidar, A., Naoum, S., Howes, R., & Tah, J. (1999). Genetic algorithms application and testing for equipment selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(1), 32-38.
- Havey, C. R. (1979). **Belt conveyors for bulk materials**, The Conveyor Equipment Manufacturers Association
- Karahalios H. (2017) “*The application of the AHP-TOPSIS for evaluating ballast water treatment systems by ship operators*” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, pp. 172–184.
- Karnik, N. N., Mendel, J. M., & Liang, Q. (1999). Type-2 fuzzy logic systems. *IEEE transactions on Fuzzy Systems*, 7(6), 643-658.
- Kaufmann, A & Gupta MM.(1985). "introduction to fuzzy arithmetic: theory and applications". New York, Van Nostrand Reinhold.
- Khademolqorani, S. (2016) “*Improved Association Rules Mining based on Analytic Network Process in Clinical Decision Making*” *International Journal of Advansed Computer Science and Applications*, 7(10), 255-260.
- Krause A. and Musingwini C., (2007), Modelling open pit shovel-truck systems using the Machine Repair Model, *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, VOLUME 107.
- Kumar, S., & Raj, T. (2016) “*Selection of material handling equipment for flexible manufacturing system using FAHP*” *Int. Jr. Recent Adv. Mech. Eng.(IJMECH)*, 5(1).
- Kusi-Sarpong, S., Bai, C., Sarkis, J., & Wang, X. (2015). Green supply chain practices evaluation in the mining industry using a joint rough sets and fuzzy TOPSIS methodology. *Resources Policy*, 46, 86-100.

- Lashgari, A., Yazdani–Chamzini, A., Fouladgar, M. M., Zavadskas, E. K., Shafiee, S., & Abbate, N. (2012). “*Equipment selection using fuzzy multi criteria decision making model: Key study of gole gohar iron min*” *Engineering economics*, 23(2), 125-136.
- Lizotte Y. and Bonates, E. (1987), *Truck And Shovel Dispatching Rules Assessment Using Simulation*, *Mining Science and Technolog*, 5, 45-58.
- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Khalifah, Z., Jusoh, A., & Nor, K. M. (2016). *Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: A systematic review of the state of the art literature*” *Transport*, 31(3), 359-385.
- Markovic N., Drobnjak Z. and Schonfeld, P. (2014), *Dispatching trucks for drayage operations*, *Transportation Research Part E* 70, 99–111.
- Matsui K., (2001) **Underground Mining Transportation System**, Civil Engineering.
- Meade, L. M., & Sarkis, J. J. I. J. (1999). Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: an analytical network approach. *International Journal of Production Research*, 37(2), 241-261.
- Mendel Jerry, M. (2003). Type-2 Fuzzy Sets: Some Questions and Answers. Department of Electrical Engineering University of Southern California, Los Angeles, CA, 90089-2564.
- Mendel, J. M. (2007). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *IEEE computational intelligence magazine*, 2(1), 20-29
- Mendel, J. M., & John, R. B. (2002). Type-2 fuzzy sets made simple. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 10(2), 117-127.
- Mizrak Ozfirat, P., Ozfirat, M.K., Mallit, T., (2017) “*Selection of coal transportation mode from the open pit mine to the thermic power plant using Fuzzy Analytic Hierarchy Process*” *Transport*, pp. 1–8.
- Moniri Morad, A., Pourgol Mohammad, M., Aghababaei, H., & Sattarvand, J. (2019). “*A methodology for truck allocat on problems considering dynamic circumstances in open pit mines, case study of the Sungun copper mine*” *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, (34).(4)
- Naoum, S., & Haidar, A. (2000). A hybrid knowledge base system and genetic algorithms for equipment selection. *Engineering Construction and Architectural Management*, 7(1), 3-14.
- Norouzi Masir, R., Khalokakaie, R., Ataei, M., & Mohammadi, S. (2018) “*Structural analysis of impacting factors of sustainable development in underground coal mining using DEMATEL method*” *Journal of Mining and Environment*, 9(3), 567-579.
- Orooji, A., Langarizadeh, M., Hassanzad, M., & Zarkesh, M. R. (2019) “*A comparison between fuzzy type-1 and type-2 systems in medical decision making: a systematic review*” *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, 6(3), 246-252.
- Ozen, T., & Garibaldi, J. M. (2003, July). Investigating adaptation in type-2 fuzzy logic systems applied to umbilical acid-base assessment. In *Proceedings of 2003 European Symposium on Intelligent Technologies (EUNITE 2003)* (pp. 289-294).

Özfirat, P. M., Özfirat, M. K., & Malli, T. (2018) “*Selection of coal transportation mode from the open pit mine to the thermic power plant using Fuzzy Analytic Hierarchy Process*” *Transport*, 33(2), 502-509.

Pourjavad, E., & Shirouyehzad, H. (2015). Evaluation of manufacturing lines in a mining industry by ANP and TOPSIS. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 29(3-4), 235-251.

Rahimdel, M. J., & Bagherpour, R. (2018) “*Haulage system selection for open pit mines using fuzzy MCDM and the view on energy saving*” *Neural Computing and Applications*, 29(6), 187-199.

Rahimi Ghazikalayeh, A., Amirafshari, M., Mkrchyan, H. M., & Taji, M. (2013) “*Application of fuzzy hybrid analytic network process in equipment selection of open-pit metal mines*” *International journal of research in industrial engineering*, 2(3), 35-46.

Rikhtegar, N., Mansouri, N., Oroumieh, A. A., Yazdani-Chamzini, A., Kazimieras Zavadskas, E., & Kildienė, S. (2014). Environmental impact assessment based on group decision-making methods in mining projects. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 27(1), 378-392.

Saaty, T. L. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process*. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15213.

Saaty, T. L. (2007) “*Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables*” *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7-8), 860-891.

Saaty, T.L., Vargas, L.G., 1994, “ *Decision making in economic, political, social, and technological environments with the analytic hierarchy process*”, Pittsburgh, RWS Publications.

Samanta, B. Sarkar, B. Mukherjee, S. (2002) “*Selection of opencast mining equipment by a multi-criteria decision-making process*”. *Mining Technology (Trans. inst. Min. Metall. A)* , Vol. 111. A136-A142.

Sardasht, M. S., Moradi, M., & Rahmani, H. (2014). An empirical study of factors affecting investors' decisions in the Iranian Stock Market: A combined DEMATEL-ANP approach. *Aestimatio*, (9), 112.

Sevim, H., & Sharma, G. (1991) “*Comparative economic analysis of transportation systems in surface coal mines*” *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 5(1), 17-23.

Shang, J. S., Tjader, Y., & Ding, Y. (2004). A unified framework for multicriteria evaluation of transportation projects. *IEEE transactions on engineering management*, 51(3), 300-313.

Singh, M., Srivastava, S., Hanmandlu, M., & Gupta, J. R. P. (2009). Type-2 fuzzy wavelet networks (T2FWN) for system identification using fuzzy differential and Lyapunov stability algorithm. *Applied Soft Computing*, 9(3), 977-989.

WALKER S.C. (2012) **Mine winding and transport**, Elsevier Science

- Xu, Z., Qin, J., Liu, J., & Martínez, L. (2019) “Sustainable supplier selection based on AHPSort II in interval type-2 fuzzy environment” *Information Sciences*, 483, 273-293.
- Yakovlev, V. L., Zyryanov, I. V., Zhuravlev, A. G., & Cherepanov, V. A. (2018) “Features of Modern Approach to Selection of Haulage Systems for Open Pit Diamond Mines in Yakutia” *Journal of Mining Science*, 54(6), 979-987.
- Yavuz, M. (2015). Equipment selection based on the AHP and Yager's method. *Journal of the southern african institute of mining and metallurgy*, 115(5), 425-433.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
- Zhi-xiang, C. H. E. N. (2004). Model and Algorithms of Supply and Demand Coordination Performance Measurement Based on ANP Theory [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 3.
- Zoran, D., & Weiss, Y. (2011). AHPmethod for selecting a transport system Mining planning. In 2011 International Conference on Computer Vision (pp. 479-486). IEEE.

پوست

پیوست الف

برای تعیین پارامترهای موثر از روش DEMATEL فازی استفاده شده است که این روش تصمیم گیری چندمعیاره، محاسبات زیادی دارد. برای سهولت در انجام روش توسط زبان برنامه نویسی متلب، کدی تهیه گردیده است.

```
clc;

clear;
close all;

Data=xlsread('Data.xlsx','Sheet1');
[Data,Np]=DematelAggregation(Data);

Alpha=1/max(max(sum(Data,2),max(sum(Data,1))));
N=Data*Alpha;

[n,~]=size(Data);
I=eye(n);

St=N*((I-N)^(-1));
Sd=N;
Si=St-Sd;

C=sum(St,1)';
R=sum(St,2);

RPC=R+C;
RMC=R-C;

T=sum(St(:))/(n^2);
NRM=(St>T);

clear Alpha I N T n

function [a,Np]=DematelAggregation(Data)

[n,m]=size(Data);
Np=n/m;

a=zeros(m);
for i=1:m
    for j=0:Np-1

        a(i,:)=Data(m*j+i,:)+a(i,:);

    end
end
% a=a/Np;
end
```

پیوست ب

با سلام و احترام

پرسشنامه زیر در راستای تعیین ضرایب تأثیر پارامترهای مؤثر در انتخاب روش مناسب حمل

کنسانتره زغال برای استفاده در روش تصمیم‌گیری چند معیاره (DEMATEL) تدوین شده است. نظر به تجارب

ارزشمند جنابعالی در زمینه معدنکاری، صمیمانه دعوت می‌شود پرسشنامه ذیل را تکمیل نمایید.

سمت: تجربه (سال): تحصیلات: سن:

راهنمایی: روش پاسخ دادن به پرسش‌ها و الگوی امتیازدهی

بدون تأثیر	تأثیر خیلی کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
۰	۱	۲	۳	۴

عنایت بفرمایید بایستی میزان تأثیر هر پارامتر بر پارامتر دیگر را با توجه به جدول مشخص کنید به‌طور مثال

اگر تأثیر A بر B زیاد باشد، لزوماً تأثیر B بر A معکوس نیست. بلکه می‌تواند زیاد، اندک یا متوسط باشد و هیچ

ارتباطی به تأثیرپذیری ندارد. مثلاً دو پارامتر ممکن است هر دو برهم تأثیر داشته باشند یا اصلاً تأثیر نداشته

باشند.

- میزان تأثیر هریک از معیارهای زیر را نسبت به یکدیگر تعیین کنید:

عوامل اصلی	عوامل منطقه‌ای	عوامل فنی	عوامل اقتصادی
عوامل منطقه‌ای	۰		
عوامل فنی		۰	
عوامل اقتصادی			۰

عوامل منطقه‌ای	توپوگرافی منطقه	وجود گسل در مسیر	وجود کاربری اراضی	شرایط آب‌وهوایی منطقه	مقررات و قوانین منطقه
توپوگرافی منطقه	•				
وجود گسل در مسیر		•			
وجود کاربری اراضی			•		
شرایط آب‌وهوایی منطقه				•	
مقررات و قوانین منطقه					•

عوامل اقتصادی	هزینه سرمایه‌گذاری	هزینه آماده‌سازی	هزینه سوخت	هزینه تأمین نیرو	هزینه تعمیر و نگهداری
هزینه سرمایه‌گذاری	•				
هزینه آماده‌سازی		•			
هزینه سوخت			•		
هزینه تأمین نیرو				•	
هزینه تعمیر و نگهداری					•

عوامل فنی												
شیب مسیر	•											
طول مسیر		•										
انعطاف پذیری سیستم حمل			•									
پیوستگی سیستم حمل				•								
عمر مفید سیستم حمل					•							
خدمات پس از فروش سیستم حمل						•						
ایمنی سیستم حمل							•					
ظرفیت باربری								•				
تناژ تولیدی کارخانه					•							
کیفیت کنسانتره									•			
وزن مخصوص کنسانتره										•		
رطوبت کنسانتره											•	
دانه بندی کنسانتره												•

پیوست ج

پرسش نامه ANP

صاحب نظر گرامی،

با سلام. احتراماً به استحضار می‌رساند پرسشنامه‌ای که پیشرو دارید باهدف انجام یک تحقیق دانشگاهی با موضوع "انتخاب روش مناسب حمل کسانتره زغال معدن طزره با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی" طراحی شده است. نظر به تجارب ارزشمند جنابعالی در زمینه معدنکاری، صمیمانه دعوت می‌شود پرسشنامه ذیل را تکمیل نمایید. ضمناً نیازی به ذکر نام نبوده و پاسخ‌های دریافتی محرمانه تلقی شده و صرفاً برآیند پاسخ سوالات، برای انجام تجزیه و تحلیل مورد استفاده واقع خواهد گردید. قبلاً از همکاری صمیمانه شما تشکر می‌نماییم.

عنایت فرمایید این پرسشنامه برای روش تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای (ANP) تدوین شده است. این روش نیازمند انجام مقایسات زوجی هست. مقایسه زوجی بسیار ساده است و کافی است عناصر موجود دوه‌دو باهم مقایسه شوند. به عنوان مثال معیار A چه قدر بر معیار B تأثیرگذار است.

سمت: تجربه (سال): تحصیلات: سن:

لازم به ذکر است ویژگی‌های مسیر مورد نظر دارای شیب منفی ۲ درصد، طول ۲۲ کیلومتر و بایستی مواد دارای رطوبت ۱۰ درصد باشند.

روش‌های مدنظر برای حمل مواد عبارت انداز: ۱. حمل با نوار نقاله زمینی ۲. نوار نقاله هوایی ۳. کامیونی ۴. حمل با لوله هوافشارده ۵. حمل به صورت دوغابی ۶. استفاده از لوکوموتیو و واگن

راهنما: طیف امتیازدهی

Fundamental Scale	
۱	equal importance (ارحیت برابر)
۳	moderate importance of on over another (ارحیت کم)
۵	strong or essential importance (ارحیت زیاد)
۷	very strong or demonstrated importance (ارحیت خیلی زیاد)
۹	extreme importance (کاملاً ارحیت دارد)
۸و۶و۴و۲	intermediate values (مقادیر میانی)

راهنمایی

در مقایسه معیار A با B اگر اهمیت هر دو معیار یکسان بود عدد ۱ را علامت بزنید. اگر معیار سمت راست مهم‌تر بود به همان اندازه که بااهمیت‌تر است عدد سمت راست انتخاب شود. مثلاً اگر معیار سمت راست ۳ درجه مهم‌تر بود عدد 3 سمت راست را علامت بزنید اما اگر عدد سمت چپ مهم‌تر بود عدد سمت چپ را علامت بزنید.

دقت کنید فقط عدد یک سمت یعنی سمت آیتمی که مهم‌تر است را علامت بزنید.

B		طیف امتیازدهی																A		
عوامل فنی		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عوامل اقتصادی	
عوامل منطقه‌ای		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عوامل اقتصادی	
عوامل منطقه ای		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عوامل فنی	
خواهشمند است بر اساس معیار مشخص شده در بالای هر جدول میزان اهمیت هر گزینه در سمت خودش تعیین نمایید.																				
عوامل اقتصادی																				
عوامل منطقه ای		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عوامل فنی	
عوامل فنی																				
عوامل منطقه ای		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عوامل اقتصادی	
عوامل منطقه ای																				
عوامل فنی		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عوامل اقتصادی	
عوامل اقتصادی																				
هزینه آماده‌سازی		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه سرمایه‌گذاری	
هزینه‌های عملیاتی		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه سرمایه‌گذاری	
هزینه‌های عملیاتی		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه آماده‌سازی	
عوامل فنی																				
طول مسیر		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	شیب مسیر	
انعطاف پذیری سیستم		۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	شیب مسیر	

شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف پذیری سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
انعطاف پذیری سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه

عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
تناژ تولیدی کارخانه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

راهنمایی

خواهشمند است بر اساس معیار مشخص شده در بالای هر جدول میزان اهمیت هر گزینه در سمت خودش تعیین نمایید.

وجود گسل در مسیر																		A
طیف امتیازدهی																		B
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی	حمل با نوار نقاله هوایی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی	کامیونی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده	حمل با لوله هوافشرده
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی	حمل به صورت دوغابی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو	استفاده از لوکوموتیو
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی	کامیونی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده	حمل با لوله هوافشرده
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی	حمل به صورت دوغابی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و	استفاده از لوکوموتیو و
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی	کامیونی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی	کامیونی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی	کامیونی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده	حمل با لوله هوافشرده
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده	استفاده از لوکوموتیو و

حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

هزینه آماده سازی																		
طیف امتیازدهی																		B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

هزینه سرمایه گذاری																		
طیف امتیازدهی																		B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی

هزینه‌های عملیاتی

B	طیف امتیازدهی																	A
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده

حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

شیب مسیر																		
طیف امتیازدهی																		B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

طول مسیر																		
طیف امتیازدهی																		B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی

انعطاف پذیری سیستم حمل

B	طیف امتیازدهی																	A
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده

حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

پیوستگی سیستم حمل

A	طیف امتیازدهی																	B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

عمر مفید سیستم حمل

A	طیف امتیازدهی																	B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی

ایمنی سیستم حمل																	
A																	
طیف امتیازدهی																	
B																	
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

ظرفیت باربری سیستم حمل

B	طیف امتیازدهی																	A
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی

تناژ تولیدی کارخانه

B	طیف امتیازدهی																	A
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
استفاده از لوکوموتیو و	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله زمینی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی

حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل به صورت دوغابی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

رطوبت کنسانتره																		A
طیف امتیازدهی																		B
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با نوار نقاله هوایی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله زمینی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کامیونی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با نوار نقاله هوایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل با لوله هوافشرده
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
کامیونی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حمل به صورت دوغابی
حمل با لوله هوافشرده	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و

حمل به صورت دوغایی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از لوکوموتیو و
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

حمل با نوار نقاله زمینی																		
هزینه سرمایه گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه آماده سازی
هزینه سرمایه گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه های عملیاتی
هزینه آماده سازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه های عملیاتی
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	طول مسیر
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
حمل با نوار نقاله زمینی																		

انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
تناژ تولیدی کارخانه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

حمل با نوار نقاله هوایی																		
هزینه سرمایه گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه آماده سازی
هزینه سرمایه گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه های عملیاتی
هزینه آماده سازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه های عملیاتی
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	طول مسیر
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل

شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه

ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
تناژ تولیدی کارخانه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
حمل با کامیون																		
هزینه سرمایه گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه آماده سازی
هزینه سرمایه گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه های عملیاتی
هزینه آماده سازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه های عملیاتی
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	طول مسیر
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم

انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
تناژ تولیدی کارخانه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
تناژ تولیدی کارخانه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

حمل با لوله هواشده																		
هزینه سرمایه‌گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه آماده‌سازی
هزینه سرمایه‌گذاری	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه‌های عملیاتی
هزینه آماده‌سازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هزینه‌های عملیاتی
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	طول مسیر
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف‌پذیری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف‌پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف‌پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف‌پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف‌پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف‌پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم

انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
تناژ تولیدی کارخانه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
شیب مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انعطاف پذیری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
طول مسیر	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	پیوستگی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
انعطاف پذیری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عمر مفید سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
پیوستگی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایمنی سیستم حمل
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
عمر مفید سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ظرفیت باربری سیستم
ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه

ایمنی سیستم حمل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تناژ تولیدی کارخانه
ظرفیت باربری سیستم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	رطوبت کنسانتره

Abstract

Selection of suitable Haulage System method for minerals requires consideration from different perspectives; In order to do this, a large amount of data must be collected, combined, and analyzed in order to properly assess the factors that may affect the selection outcome; Therefore, depending on the type of function, the indicators should be combined with criteria in order to select the appropriate method. Considering that the purpose of this research is to select and design an appropriate approach for transporting coal concentrate from the East Alborz Coal Washing Plant to the destination, it has been tried to study the existing conditions in the region, effective factors and methods of transportation Provide an appropriate approach. The area in question is the distance between the East Alborz Coal Washing Plant and the Zarrinshahr train station. According to the research, the mentioned route has a length of 25 km and also the slope of the route is 2%, which is the slope towards the train station located in Zarrinshahr. According to the topographic reports, the region has very high elevations in different places. In this research, in order to select the concentrate transport method, first the operating effects of the current method are investigated and then the influential factors for selecting the transport method are investigated using the Fuzzy DEMATEL multi-criteria decision making technique. ..), economic factors (investment cost, preparation cost, etc.) and regional factors (topography, fault, etc.) have been selected. Then, with the criteria obtained from the Fuzzy DEMATEL technique, among the methods of transportation by truck, conveyor, compressed air and slurry pipe, using the multi-criteria Fuzzy ANP decision-making technique in two fuzzy states of the first type and the second type, The method of transporting the conveyor is selected. Finally, a conveyor belt with a width of 650 mm and a speed of 2 meters per second was designed, which has a carrying capacity of 200 tons per hour.

Keywords: Suitable Haulage System, Tazareh Underground Mining, Coal, MCDM, Fuzzy Analytic Network Process, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy Type II



Shahrood University of Technology

Faculty of mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Mineral Exploitation

**Selection of suitable Haulage System for concentrate of mine
coal tazare with using Fuzzy Multiple Criteria Decision
Making**

By: Sajjad Zarei

Supervisors:

Dr. Ramin Rafiee

Dr. Mohammad Ataei

December 2020