

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم نوشین آزادی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان انتخاب تجهیزات بارگیری و باربری در معادن روباز به کمک شبیه سازی گسسته در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۹ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مسعود منجزی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر مجید عطایی پور	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد حسین بصیری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر جواد ستاروند	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر احمد رضا صیادی	استادیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی: نوشین آزادی

امضاء

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در مهندسی معدن است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر منجزی، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر عطایی پور از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

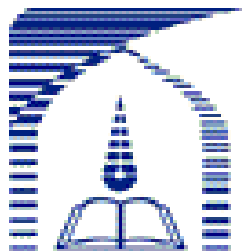
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب نویسن آزادی دانشجوی رشته مهندسی معدن مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: نویسن آزادی

تاریخ و امضا:



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی معدن – استخراج معدن

انتخاب تجهیزات بارگیری و باربری در معادن روباز با استفاده از شبیه سازی گسسته

دانشجو:

نوشین آزادی

استاد راهنما:

دکتر مسعود منجزی

استاد مشاور:

دکتر مجید عطایی پور

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به والاترین ما

آنانکه قلم و زبان از شتایش محبت ما نشان عاجز است

مادر مهربان و پدر عزیزم

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش پروردگاری را که آفریدگار، مستی و سرآغاز علم و دانش است. او که سوق دهنده مسیر زندگی انسانها به سوی آرزوهای قلبی و اهداف نیک است که عزمی را رخ بر انجام آن دارند و در این مسیر مهمترین یار و یاور آنان است. بسی شکر که او مراد زمره جویندگان علم قرار داد تا در این راه درس زندگی بیاموزم و دستیابی به موفقیت در سایه تلاش و صبر و پشتکار را تجربه کنم.

اینک در سایه الطاف الهی و در پایان انجام این پایان نامه، لازم می دانم از همه عزیزانی که مرایاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم. از استاد محترم جناب آقای دکتر مجزی که راهنما و پشتیبان من بودند کمال تشکر را دارم.

از استاد مشاورم جناب آقای دکتر عطایی پور که در تمام مراحل این تحقیق مراباد و لوسوزی یاری نمودند و از هیچ گلی دریغ ننمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از برادران عزیزم رضا و مرتضی آزادی که دلسوزانه یاورم بوده و تمام مدت با همراهی خویش تکیه گاهی برایم هستند، کمال تشکر را دارم.

پنجمین شایسته است از جناب آقای مهندس یآوری که بی شک با یاری خویش کمک ارزنده ای در پیش برد این تحقیق داشتند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

از آقایان مظفری رئیس بخش امور پشتیبانی معدن مس سوگون، خانم جباری منشی بخش امور پشتیبانی معدن مس سوگون، مهندس باقرزاد رئیس بخش امور معدن مس سوگون، مهندس اسماعیل نژاد، مهندس احمدیان، مهندس خدا داده، مهندس حاجی سفری، مهندس بدلی، مهندس بختیاری و سایر عزیزان فعال در معدن مس سوگون که از هیچ گلی دریغ نکردند و آوری داده های مورد نیاز دریغ ننمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از تمامی دوستان و همکلاسی های عزیز که به نوعی در به سرانجام رساندن این تحقیق کمک من بودند تشکر و قدردانی می نمایم. گریه خود بر گرفتگی و کس نگفت که بردار، اکنون که بر گرفتگی مگذار، و در سایه لطف خویش میدار و جز به فضل و رحمت خود سپار.

نوشین آزادی

بهمن ۱۳۹۱

مقالات مستخرج از پایان نامه

کاربرد نرم افزار Arena به منظور بهینه سازی ناوگان حمل و نقل معدن مس سونگون، کنفرانس بین المللی معدن، تهران، ۱۳۹۱

چکیده

در یک معدن روباز چرخه عملیات حفاری، آتشیاری، بارگیری و باربری جهت رساندن ماده معدنی به کارخانه فراوری انجام می‌گیرد. قیمت بالای تجهیزات حمل و نقل مواد معدنی، لزوم طراحی و بازبینی دقیق این تجهیزات را جهت به کارگیری مطلوب و استفاده از ظرفیت‌های واقعی (نوع و ظرفیت) آن‌ها اجتناب ناپذیر می‌نماید. طراحی باید به گونه‌ای صورت پذیرد که ضمن استفاده بهینه از تجهیزات، تولید مورد نظر نیز تأمین گردد.

برای انتخاب یا طراحی سیستم حمل و نقل، روش‌های مختلفی وجود دارد. برخی از این روش‌ها مانند برنامه ریزی خطی در شرایط پیچیده نیاز به ساده سازی‌های متعدد داشته، در نتیجه کارایی خود را از دست می‌دهند. در این میان، استفاده از روش شبیه سازی برای تحلیل مسائل چند متغیره دشوار که به وسیله ابزار پویانمایی، تحلیل مسئله در کوتاه‌ترین زمان ممکن قابل دست‌یابی می‌باشد، توصیه می‌شود. زیرا با هزینه کم، در مدت زمان کم نسبت به سایر روش‌ها، قادر به ارائه نتایج دقیق می‌باشد.

در این تحقیق با استفاده از تکنیک شبیه سازی و بهره‌گیری از نرم افزار Arena، عملکرد سیستم فعلی حمل و نقل معدن مس سونگون مورد مطالعه قرار گرفته است. در این راستا، شناسایی مسیرهای رفت و برگشت، محل تخلیه و بارگیری، داده‌های ورودی مورد نیاز نرم افزار از جمله زمان انجام هر فعالیت ثبت گردید.

بر اساس نتایج بدست آمده، مشاهده گردید که زمان انتظار دستگاه‌های بار کننده زیاد می‌باشد که این نشانگر کمبود تعداد باربرها در سیستم است. از آنجایی که ترکیب‌های مختلف واحدهای بارکننده و باربر تأثیر بسزایی بر عملکرد کلی سیستم دارد، می‌توان با تغییر پارامترهای ورودی مدل، شامل نوع و ظرفیت واحدهای عملیاتی، اقدام به تعیین بهترین ترکیب نمود. بر این اساس تعداد شش سناریو از انواع ترکیب بارکننده و باربر برای هر دو حالت گسیل انعطاف‌پذیر و تخصیص ثابت مورد بررسی قرار گرفت. از جمله افزایش تعداد کامیون‌ها، تغییر نوع باربر از ۳۰ تن به ۱۰۰ تن، استفاده از شاول و انواع باربرها و استفاده از شاول – لودر با انواع باربرها را می‌توان نام برد. در هر حالت سیستم گسیل انعطاف پذیر، کمترین هزینه را داشته است و در حالت کلی به عنوان گزینه مناسب در هر سناریو در نظر گرفته می‌شود.

کلید واژه: شبیه سازی گسسته، معادن روباز، حمل و نقل، مدل‌سازی، گسیل انعطاف پذیر

فهرست مطالب

فصل ۱ - مقدمه	۱
۱-۱ عوامل مؤثر بر حمل و نقل در معادن روباز	۳
۲-۱ مسائل اساسی در عملیات سیستم‌های ترکیبی بارگیری و باربری	۴
۳-۱ چگونگی انجام تحقیق	۴
۴-۱ دسته بندی فصول پایان نامه	۵
فصل ۲ - مروری بر مطالعه‌های انجام شده در زمینه انتخاب تجهیزات بارگیری و باربری در معادن روباز	۶
۱-۲ مقدمه	۷
۲-۲ انواع سیستم‌های حمل و نقل مواد معدنی در معادن روباز	۷
۳-۲ پارامترهای مهم مورد بررسی در انتخاب ناوگان حمل و نقل در معادن روباز	۷
۱-۳-۲ تولید ماده معدنی	۸
۲-۳-۲ روش استخراج معدن	۸
۳-۳-۲ ویژگی های ماشین آلات و انعطاف پذیری مورد انتظار	۸
۴-۳-۲ شرایط جاده و طول مسیر حمل مواد معدنی	۸
۵-۳-۲ خصوصیات مکانیک سنگی کانسار	۹
۴-۲ روش‌های انتخاب بهینه ناوگان بارگیری و باربری در معادن روباز	۹
۱-۴-۲ روش‌های تصمیم گیری	۱۰
۲-۴-۲ روش‌های مبتنی بر OR	۱۱
۳-۴-۲ روش‌های هوش مصنوعی	۱۴
۵-۲ روش اختصاص کامیون‌ها در سیستم گسسته حمل و نقل در معادن روباز	۱۶
۱-۵-۲ روش تخصیص ثابت کامیون‌ها	۱۷
۲-۵-۲ گسیل انعطاف پذیر کامیونها	۱۷
۶-۲ دلیل ارجح بودن شبیه سازی نسبت به سایر روش‌ها	۱۹
۱-۶-۲ مطالعه شرایط پیچیده معدنی	۲۰
۲-۶-۲ مطالعه شرایط دور از انتظار	۲۰
۳-۶-۲ کارایی بالا و هزینه پایین	۲۰
۴-۶-۲ انعطاف در شبیه سازی	۲۰
فصل ۳ - اصول و مفاهیم اولیه شبیه سازی و شبیه سازی گسسته	۲۲
۱-۳ مقدمه	۲۳
۲-۳ سیستم	۲۳

۲۴.....	۱-۲-۳ طبقه بندی سیستم‌ها.....
۲۵.....	۲-۲-۳ اجزا و مفاهیم سیستم.....
۲۶.....	۳-۳ مدل.....
۲۷.....	۱-۳-۳ انواع مدل‌ها.....
۲۹.....	۴-۳ قابلیت‌ها و محدودیت‌های شبیه سازی.....
۳۰.....	۵-۳ جاذبه‌های شبیه سازی کامپیوتری به عنوان ابزار تجزیه و تحلیل مسئله.....
۳۲.....	۶-۳ مراحل شبیه سازی.....
۳۲.....	۱-۶-۳ تعریف هدف (مسئله).....
۳۳.....	۲-۶-۳ جمع آوری اطلاعات.....
۳۳.....	۳-۶-۳ مدل سازی.....
۳۳.....	۴-۶-۳ درستی سنجی مدل (برنامه).....
۳۳.....	۵-۶-۳ معتبر سازی مدل.....
۳۴.....	۶-۶-۳ آزمایش (اجرای) مدل.....
۳۴.....	۷-۶-۳ تحلیل نتایج.....
۳۴.....	۸-۶-۳ مستند سازی برنامه و گزارش نتایج.....
۳۴.....	۹-۶-۳ نصب و به کارگیری.....
۳۵.....	۷-۳ جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌های ورودی به مدل.....
۳۵.....	۱-۷-۳ گردآوری داده‌های خام.....
۳۶.....	۲-۷-۳ تعیین توزیع‌های احتمال.....
۳۷.....	۳-۷-۳ تولید اعداد تصادفی.....
۳۹.....	۸-۳ زبان‌های برنامه نویسی.....
۳۹.....	۱-۸-۳ زبان‌های شبیه سازی عمومی بر اساس حوادث.....
۴۰.....	۲-۸-۳ زبان‌های شبیه سازی عمومی بر اساس فرآیند.....
۴۲.....	فصل ۴- مدل سازی سیستم حمل و نقل معدن مس سونگون.....
۴۲.....	۱-۴ مقدمه.....
۴۲.....	۲-۴ معدن مس سونگون.....
۴۲.....	۱-۲-۴ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی.....
۴۳.....	۲-۲-۴ زمین شناسی کانسار.....
۴۴.....	۳-۲-۴ تاریخچه بهره برداری از معدن مس سونگون.....
۴۵.....	۴-۲-۴ برنامه ریزی استخراج.....
۴۶.....	۵-۲-۴ استخراج معدن.....
۴۷.....	۶-۲-۴ تجهیزات و ماشین آلات اصلی.....
۴۸.....	۷-۲-۴ ناوگان بارکننده و حمل سنگ.....
۴۸.....	۸-۲-۴ دلایل نیاز معدن به بهینه سازی ناوگان حمل و نقل.....
۴۹.....	۹-۲-۴ جانمایی شماتیک سیستم مورد مطالعه.....

۵۰	نحوه جمع آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای شبیه سازی.....
۵۱	۱-۳-۴ زمان سنجی.....
۵۴	۲-۳-۴ تعیین اعتبار توزیع برازش شده بر نمودار فراوانی داده‌ها.....
۵۴	۳-۳-۴ زمان سنجی سیستم حمل و نقل معدن مس سونگون.....
۵۸	۴-۴ مدل سازی با استفاده از نرم افزار Arena.....
۶۰	۱-۴-۴ تعریف مسئله در نرم افزار.....
۶۲	۵-۴ مدل سازی حالت تخصیص ثابت سیستم حمل و نقل.....
۶۲	۱-۵-۴ فرضیات به کار گرفته شده در مدل.....
۶۴	۶-۴ مدل سازی حالت گسیل انعطاف پذیر.....
۶۴	۱-۶-۴ روش گسیل انعطاف پذیر.....
۶۵	۲-۶-۴ ختمشی گسیل انعطاف پذیر.....
۶۸	۳-۶-۴ فرضیات مورد استفاده در سیستم گسیل انعطاف پذیر.....
۶۹	۴-۶-۴ طریقه ساختن مدل گسیل انعطاف پذیر.....
۶۹	۷-۴ درستی سنجی مدل.....
۶۹	۸-۴ اجرای مدل.....
۷۲	۹-۴ اعتبار سنجی مدل.....
۷۳	فصل ۵- بررسی نحوه عملکرد سیستم در شرایط مختلف و بهینه سازی آن.....
۷۴	۱-۵ مقدمه.....
۷۵	۲-۵ بررسی وضعیت فعلی سیستم حمل و نقل.....
۷۵	۱-۲-۵ اطلاعات و فرضیات به کار رفته در مدل.....
۷۷	۲-۲-۵ نتایج حاصل از اجرای مدل.....
۸۳	۳-۵ بررسی سیستم فعلی با جایگزینی کامیون‌های ۱۰۰ تنی به جای کامیون‌های ۳۰ تنی.....
۸۳	۱-۳-۵ اطلاعات و فرضیات به کار رفته در مدل.....
۹۰	۲-۳-۵ نتایج حاصل از اجرای مدل.....
	۴-۵ بررسی سیستم موجود با کامیون‌های ۱۰۰ تنی و جایگزین کردن شاول به جای تمام
۹۸	لودرها و بیل مکانیکی‌ها.....
۹۸	۱-۴-۵ اطلاعات و فرضیات به کار رفته در مدل.....
۱۰۰	۲-۴-۵ نتایج حاصل از اجرای مدل.....
	۵-۵ بررسی سیستم موجود با کامیونهای ۳۰ تنی و جایگزین کردن شاول به جای تمام لودرها
۱۰۶	و بیل مکانیکی‌ها.....
۱۰۶	۱-۵-۵ اطلاعات و فرضیات به کار رفته در مدل.....
۱۰۸	۲-۵-۵ نتایج حاصل از اجرای مدل.....
	۶-۵ بررسی سیستم موجود با استفاده از لودر، بیل مکانیکی و شاول در سیستم همراه با
۱۱۳	کامیون‌های ۳۰ تنی.....

۱۱۳.....	اطلاعات و فرضیات به کار رفته در مدل	۵-۶-۱
۱۱۳.....	نتایج حاصل از اجرای مدل	۵-۶-۲
	بررسی سیستم موجود با استفاده از لودر، بیل مکانیکی و شاول در سیستم همراه با	۵-۷-۷
۱۱۶.....	کامیون‌های ۱۰۰ تنی	
۱۱۶.....	اطلاعات و فرضیات به کار رفته در مدل	۵-۷-۱
۱۱۶.....	نتایج حاصل از اجرای مدل	۵-۷-۲
۱۱۹.....	مقایسه نتایج حاصل از سناریوهای مختلف	۵-۸-۱
۱۱۹.....	مقایسه دو سناریو سوم و چهارم	۵-۸-۱
۱۲۱.....	مقایسه دو سناریو پنجم و ششم	۵-۸-۲
۱۲۴.....	فصل ۶- نتیجه گیری	

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲: روش اختصاص کامیون‌ها در سیستم گسسته حمل و نقل ----- ۱۶
- جدول ۱-۴: خلاصه ذخیره زمین شناسی کانسار مس سونگون با عیارهای مختلف ----- ۴۴
- جدول ۲-۴: برنامه ریزی تولید سالانه ----- ۴۶
- جدول ۳-۴: پارامترهای فنی طراحی در معدن مس سونگون ----- ۴۷
- جدول ۴-۴: داده‌های زمانی ثبت شده از عملیات تخلیه کامیون در سنگ شکن ----- ۵۴
- جدول ۵-۴: مربع خطای متعلق به توزیع‌های برازش بر داده‌های زمانی تخلیه در سنگ شکن. ----- ۵۶
- جدول ۶-۴: خلاصه زمان سنجی انجام شده در معدن مس سونگون. ----- ۵۷
- جدول ۷-۴: کاربرد مازول‌های استفاده شده در مدل ----- ۶۱
- جدول ۸-۴: نتایج حاصل از اجرای مدل ساخته شده از سیستم فعلی معدن ----- ۷۲
- جدول ۱-۵: هزینه بارکننده‌ها و باربرها ----- ۷۶
- جدول ۲-۵: مقدار ضریب پرشوندگی برای شرایط مختلف کندن ----- ۸۴
- جدول ۳-۵: طریقه بدست آوردن زمان بارگیری بارکننده‌های موجود در سناریو دوم ----- ۸۵
- جدول ۴-۵: ضریب مقاومت غلطشی برای جاده‌های مختلف ----- ۸۸
- جدول ۵-۵: ضرایب سرعت کامیون برای مسیر رفت ----- ۸۸
- جدول ۶-۵: ضرایب سرعت کامیون برای مسیر برگشت از محل تخلیه به محل بارگیری ----- ۸۹
- جدول ۷-۵: اطلاعات زمانی رفت کامیون در سناریو دوم ----- ۸۹
- جدول ۸-۵: اطلاعات زمانی برگشت کامیون در سناریو دوم ----- ۹۰
- جدول ۹-۵: اطلاعات اقتصادی شاول و کامیون سناریو سوم ----- ۹۹
- جدول ۱۰-۵: طریقه بدست آوردن زمان بارگیری شاول‌های موجود در سیستم ----- ۹۹
- جدول ۱۱-۵: نحوه محاسبه زمان بارگیری کامیون ۳۰ تنی توسط شاول ----- ۱۰۶
- جدول ۱۲-۵: اطلاعات زمانی رفت و برگشت کامیون در سناریو چهارم ----- ۱۰۷
- جدول ۱۳-۵: مقایسه نتایج حاصل از سناریوهای مختلف ----- ۱۲۳

فهرست شکل‌ها

- شکل ۳-۱: انواع سیستم ----- ۲۸
- شکل ۴-۱: نقشه جغرافیایی منطقه مس سونگون. ----- ۴۳
- شکل ۴-۲: جانمایی شماتیک سیستم مورد مطالعه ----- ۵۰
- شکل ۴-۳: منحنی برازش با کمترین خطا ----- ۵۶
- شکل ۴-۴: برخی از ماژول‌های موجود در Arena ----- ۵۸
- شکل ۴-۵: طرح شماتیک سیستم در محیط نرم افزار ----- ۶۰
- شکل ۴-۶: توالی فرایندها در یک چرخه بارگیری و باربری ----- ۶۲
- شکل ۴-۷: نحوه وارد کردن اطلاعات مربوط به ماژول Server ----- ۶۴
- شکل ۵-۱: نمودار مقایسه‌ای سیستم مربوط به بارکننده A ----- ۷۸
- شکل ۵-۲: نمودار مقایسه‌ای سیستم مربوط به بارکننده B ----- ۷۹
- شکل ۵-۳: نمودار مقایسه‌ای سیستم مربوط به بارکننده C ----- ۸۰
- شکل ۵-۴: نمودار مقایسه‌ای سیستم مربوط به بارکننده D ----- ۸۱
- شکل ۵-۵: نمودار مقایسه‌ای سیستم مربوط به لودر E ----- ۸۲
- شکل ۵-۶: منحنی عملکرد کامیون ۱۰۰ تنی ----- ۸۷
- شکل ۵-۷: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به بارکننده B ----- ۹۱
- شکل ۵-۸: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم شامل بارکننده C ----- ۹۲
- شکل ۵-۹: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به بارکننده D ----- ۹۳
- شکل ۵-۱۰: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم شامل بارکننده E ----- ۹۴
- شکل ۵-۱۱: نمودار هزینه و تولید مربوط به گسیل انعطاف پذیر در سناریو دوم ----- ۹۶
- شکل ۵-۱۲: مقایسه میزان تولید گسیل انعطاف پذیر و تخصیص ثابت ----- ۹۷
- شکل ۵-۱۳: مقایسه هزینه نهایی تولید گسیل انعطاف پذیر و تخصیص ثابت ----- ۹۷
- شکل ۵-۱۴: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به شاول ۱ ----- ۱۰۰
- شکل ۵-۱۵: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به شاول ۲ ----- ۱۰۱
- شکل ۵-۱۶: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به شاول ۳ ----- ۱۰۲
- شکل ۵-۱۷: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به سیستم گسیل انعطاف پذیر سناریو سوم ----- ۱۰۳
- شکل ۵-۱۸: مقایسه میزان تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر ----- ۱۰۴
- شکل ۵-۱۹: مقایسه هزینه نهایی تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر ----- ۱۰۵
- شکل ۵-۲۰: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه مربوط به سیستم شامل شاول ۱ ----- ۱۰۸
- شکل ۵-۲۱: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه مربوط به سیستم شامل شاول ۲ ----- ۱۰۹
- شکل ۵-۲۲: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه مربوط به سیستم بارکننده شاول ۳ ----- ۱۱۰

- شکل ۵-۲۳: مقایسه دو نمودار تولید و هزینه در سیستم مربوط به گسیل انعطاف پذیر سناریو چهارم
 ۱۱۱ -----
- شکل ۵-۲۴: مقایسه میزان تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر -----
 ۱۱۲ -----
- شکل ۵-۲۵: مقایسه هزینه تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر -----
 ۱۱۲ -----
- شکل ۵-۲۶: سیستم مربوط به گسیل انعطاف پذیر سناریو پنجم -----
 ۱۱۴ -----
- شکل ۵-۲۷: مقایسه میزان تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر در سناریو پنجم -----
 ۱۱۵ -----
- شکل ۵-۲۸: مقایسه میزان تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر در سناریو پنجم -----
 ۱۱۵ -----
- شکل ۵-۲۹: مقایسه دو نمودار هزینه و تولید مربوط به سیستم گسیل انعطاف پذیر سناریو ششم
 ۱۱۷ -----
- شکل ۵-۳۰: مقایسه میزان تولید در دو حالت تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر -----
 ۱۱۸ -----
- شکل ۵-۳۱: مقایسه هزینه تولید تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر -----
 ۱۱۸ -----
- شکل ۵-۳۲: مقایسه هزینه های حالت تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر در دو سناریو سوم و
 چهارم. -----
 ۱۱۹ -----
- شکل ۵-۳۳: مقایسه میزان تولید حالت تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر در دو سناریو سوم و
 چهارم. -----
 ۱۲۰ -----
- شکل ۵-۳۴: مقایسه میزان تولید حالت تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر در دو سناریو پنجم و
 ششم. -----
 ۱۲۱ -----
- شکل ۵-۳۵: مقایسه هزینه های حالت تخصیص ثابت و گسیل انعطاف پذیر در دو سناریو پنجم و
 ششم. -----
 ۱۲۲ -----

فصل ۱

مقدمه

فصل ۱ - مقدمه

معدن کاری سطحی به دلیل ایمنی و تولید بالا، ضایعات کم و امکان استخراج مواد معدنی با عیارهای پایین، روش غالب در سراسر جهان می‌باشد؛ به نحوی که در سال ۱۹۸۷ بیش از ۸۰ درصد مس و آهن در جهان، ۵۲ درصد زغال سنگ، ۶۵ درصد کانه های غیر فلزی و ۵۷ درصد کانه های فلزی با روش های سطحی استخراج شده اند [۱]. چرخه استخراج ماده معدنی در این معادن حفاری، آتشفباری، بارگیری و باربری می‌باشد. تجهیزات بارگیری و باربری در این چرخه بیشترین هزینه را به خود اختصاص می‌دهند.

از جمله تجهیزات عمده مورد استفاده در ناوگان بارگیری و باربری معادن روباز، می‌توان به لودر، شاول، کامیون‌های معدنی، سنگ شکن و نوار نقاله اشاره کرد. با وجود پیشرفت‌هایی که در توسعه سنگ شکنی درون پیت و نوار نقاله صورت گرفته است، همچنان ترکیب کامیون - شاول (لودر) به دلیل انعطاف پذیری بالای آن، به صورت گسترده در حمل و نقل مواد معدنی در معادن روباز استفاده می‌شود. این سیستم بسیار گران‌بها بوده و به خاطر هزینه‌های عملیاتی بالای آن، تلاش‌های زیادی جهت بهبود عملکرد ماشین آلات صورت گرفته است. اولین تلاش‌ها به دهه ۱۹۶۰ باز می‌گردد که در آن با افزایش ظرفیت ماشین آلات نسبت به کاهش هزینه‌های مربوط اقدام گردید [۲].

با کاهش عیار مواد معدنی و عمیق‌تر شدن معادن و در نتیجه افزایش فاصله حمل، ضرورت کاهش هزینه‌های حمل و نقل بیش از پیش احساس گردید. با ورود کامپیوتر به صنعت معدن کاری از اواخر دهه ۱۹۷۰، توجه ویژه به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها با استفاده بهینه از تجهیزات حمل

و نقل بیشتر شد. هم‌زمان سیستم‌های تخصیص ثابت^۱ و گسیل انعطاف‌پذیر^۲ که با عنوان سیستم‌های گسیل انعطاف‌پذیر مطرح هستند، شکل گرفتند.

مزیت اصلی استفاده از سیستم‌های تخصیص ثابت و گسیل انعطاف‌پذیر، افزایش قابل توجه بهره‌وری تجهیزات موجود، کاهش هزینه و زمان بیکاری کامیون و شاول می‌باشد [۳].

چرخه حمل و نقل ترکیبی از بارگیری و باربری بوده و کارایی سیستم تنها با دقیق شدن در بخش‌های زیر مجموعه آن قابل بررسی است. لازم است برای بررسی کارایی سیستم بارگیری و باربری که هر کدام یک از زیر مجموعه‌ها به طور جداگانه و به دقت تجزیه و تحلیل شوند [۴]. زمانی ناوگان بهینه خواهد شد که تمام عناصر آن به صورت بهینه عمل نمایند. برای رسیدن به این هدف، توجه به تمام فاکتورهای موثر بر هزینه تجهیزات و فاکتورهای موثر بر میزان تولید را ضروری می‌باشد [۵]. به همین دلیل انتخاب تجهیزات برای معدن کاری یک فرآیند کاملاً مشخص و قطعی نمی‌باشد، زیرا دربرگیرنده تعداد زیادی فاکتور مؤثر بوده و این باعث دشوار شدن تصمیم‌گیری‌ها در این زمینه می‌شود.

۱-۱- عوامل مؤثر بر حمل و نقل در معادن روباز

به طور کلی حمل و نقل در معادن روباز تحت تأثیر عوامل زیر می‌باشد [۳]:

- توپوگرافی معدن
- عدم ثبات شرایط عملیاتی تجهیزات بارگیری و باربری از قبیل خرابی
- محدودیت ظرفیت سنگ شکن و دامپ‌های باطله
- تغییرات فضایی ماده معدنی در محل یک دستگاه بارکننده و همچنین تغییرات در عیار ماده معدنی از یک بارکننده به بارکننده دیگر

¹ Allocation

² Dispatching

- محدودیت فنی و اقتصادی طراحی پیت (به ازای یک تن ماده معدنی چه مقدار باطله بایستی برداشت شود)

- اهداف کمی و کیفی مدیریت معدن در تولید

معادن کوچک با یک نوع ماده معدنی و با تعداد اندکی ایستگاه بارگیری و نقاط تخلیه، نیاز به مدل‌های ریاضی ساده‌تر و در نتیجه روش حل ساده‌تری دارند، ولی برای معادن بزرگ با چندین ایستگاه بارگیری که ممکن است بیش از یک نوع ماده معدنی استحصال شود، محدودیت‌ها بیشتر و در نتیجه مدل ریاضی مورد نیاز نیز پیچیده‌تر می‌شود. بایستی خوراک مورد نیاز سنگ شکن‌ها را به طور پیوسته با عیار معین به گونه‌ای فراهم نمود که سایر محدودیت‌های فنی اقتصادی و مدیریتی نیز برآورده شود. این شرایط نیاز به روش‌های حل پیچیده دارند که اغلب روش‌های معمول از جمله برنامه ریزی خطی کارایی خود را در این مورد از دست می‌دهند [۶].

۱-۲- مسائل اساسی در عملیات سیستم‌های ترکیبی بارگیری و باربری

با توجه به مطالب ذکر شده، سه مسئله اساسی در عملیات سیستم‌های ترکیبی بارگیری و باربری وجود دارد، که نیازمند یک راه حل مناسب و سیستماتیک می‌باشد [۷]:

- چه مقدار ماده معدنی و یا باطله باید در یک شبکه حمل و نقل جابجا شود تا با حداقل جابجایی نیاز معدن برآورد شود؟

- چه تعداد کامیون باید به بارکننده‌ها (لودر یا شاول) اختصاص داده شود تا کارایی مناسبی داشته باشند؟

- چه تعداد کامیون مورد نیاز است تا بتوان به تولید مورد نظر دست یافت؟

۱-۳- چگونگی انجام تحقیق

با توجه به اهمیت بررسی ناوگان حمل و نقل، در این تحقیق سعی شده است روشی مناسب برای تحلیل سیستم بارگیری و حمل بکار گرفته شود. در این راستا انتخاب مناسب ناوگان حمل و نقل مواد