بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

ارزیابی قابلیت اطمینان در سیستم‌های تولیدی معادن روباز

مطالعه موردی: معدن سنگ آهن سیریز

علی اصغر کهنه

اساتید راهنما:

دکتر محمد عطایی

دکتر رضا خالوکاکایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۳

تقدیم به:

آنان که مهر آسمانی‌شان آرام بخش آلام زمینی‌ام است

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان پر از عشق مادرم

و پشتوانه‌های همیشگی زندگیم، خواهران عزیزم

که هرچه آموختم در مکتب عشق آن‌ها آموختم و هرچه بکوشم

قطره‌ای از دریای بی کران مهربانیشان را سپاس نتوانم بگویم.

تشکر و قدردانی:

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. بدون شک جایگاه و منزلت معلم، برتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّوجلّ" :

از اساتید فرزانه، دلسوز و شایسته؛ آقایان دکتر محمد عطایی و دکتر رضا خالوکاکایی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم . باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

ازپدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده‌اند؛ سپاسگزارم.

سپاسگزارم از اساتید گرانقدر آقایان دکتر رضا شیخ و دکتر محمد تاجی که در این تحقیق مرا یاری نمودند.

ازکلیه پرسنل معدن سنگ آهن سیرین ، مسؤولین محترم دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک و همه دوستان عزیزم به ویژه آقایان مهندس عبدالله کهنه، مهندس رامین کریمی و مهندس یحیی شمس سپاسگزارم.

علی اصغر کهنه

شهریور ۱۳۹۳

چکیده

عملکرد صحیح و مطلوب یک سیستم تولید در معدن، مستلزم فعالیت صحیح و دسترسی بالای تجهیزات فعال در سیستم می‌باشد. وقوع خرابی در تجهیزات می‌تواند هزینه‌های بسیار بالایی را در برداشته باشد. به منظور بهینه‌سازی عملکرد سیستم، کمینه‌سازی هزینه‌ها، افزایش عمر مفید ماشین‌آلات و جلوگیری از کاهش و قطع تولید ناشی از خرابی ماشین‌آلات، فاکتور مهم قابلیت اطمینان بررسی می‌شود. با استفاده از قابلیت‌اطمینان می‌توان وضعیت کاری تجهیزات را کنترل کرد. به منظور نگهداشتن این ماشین‌آلات در سطح دسترسی و ایمنی مناسب و کاهش ریسک تولید (میزان تولید از دست رفته)، انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات(نت) روی ماشین‌آلات با تاکید بر حفظ قابلیت اطمینان در یک سطح خاص، از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق، معدن سنگ آهن سیریز ۱ (سادات ۵) به صورت یک سیستم تولید شامل زیرسیستم‌های حفاری، بارگیری و باربری در نظر گرفته شده است. با جمع‌آوری داده‌های مربوط به خرابی‌های هر زیرسیستم و انجام تحلیل‌های آماری روی این داده‌ها، تابع چگالی احتمال خرابی هر ماشین مشخص و سپس قابلیت اطمینان هر زیرسیستم تعیین شده است. با توجه به ارتباط موازی بین زیرسیستم‌ها، قابلیت اطمینان سیستم‌های حفاری، بارگیری و باربری محاسبه شده است. قابلیت اطمینان سیستم حفاری پس از ۵۰ ساعت به نصف کاهش یافته و بعد از ۳۰۰ ساعت به صفر می‌رسد. سیستم‌های بارگیری و باربری شرایط بهتری داشته و به ترتیب بعد از حدود ۹۰۰ و ۱۱۰۰ ساعت فعالیت، قابلیت اطمینان آن‌ها به صفر نزدیک می‌شود. با توجه به ارتباط سری بین سیستم حفاری، بارگیری و باربری، قابلیت اطمینان سیسستم تولید همزمان با سیستم حفاری و پس از ۳۰۰ ساعت فعالیت صفر می‌شود. بنابراین بهبود شرایط عملیاتی سیستم حفاری می‌تواند وضعیت عملکرد سیستم تولید را ارتقا دهد. به منظور تعیین احتمال بازگشت

زیرسیستم‌های بحرانی به شرایط عملیاتی و کاری، قابلیت تعمیرپذیری این زیرسیستم‌ها نیز محاسبه شده است. با توجه به مدل‌های قابلیت اطمینان، برنامه زمانی نت پیشگیرانه برای حفظ عملکرد هر زیرسیستم در سطح اطمینان ۷۰٪ ارائه و سپس تأثیر این زمان‌بندی روی قابلیت اطمینان سیستم‌ها بررسی شد. بعد از اجرای برنامه نت پیشگیرانه، قابلیت اطمینان سیستم باربری در تمام مدت فعالیتش تا ۱۰۰٪ بهبود می‌یابد. برای سیستم‌های حفاری، بارگیری و سیستم تولید نیز، قابلیت اطمینان بهبود یافته و مقدار آن برای این سیستم‌ها به ترتیب بین مقادیر ۹۳تا ۱۰۰٪، ۹۹ تا ۱۰۰٪و ۹۳ تا ۱۰۰ درصد در تمام مدت فعالیت، تغییر می‌کند.

کلمات کلیدی: قابلیت اطمینان، سیستم تولید معدن، نت پیشگیرانه، قابلیت تعمیر، معدن سنگ آهن سیریز ۱ (سادات ۵).

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- بیان مساله و سوال های اصلی تحقیق ۲

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق..... ۳

۱-۴- اهداف تحقیق..... ۳

۱-۵- معدن مورد مطالعه(معدن سنگ آهن سیریز)..... ۳

۱-۶- ساختار پایان‌نامه..... ۵

فصل دوم: مفاهیم کلی و روش‌های ارزیابی قابلیت اطمینان

۲-۱- مقدمه..... ۸

۲-۲- تاریخچه پیدایش مهندسی قابلیت‌اطمینان..... ۸

۲-۳- چند تعریف و مفهوم مهم در ارزیابی قابلیت اطمینان..... ۸

۲-۳-۱- قابلیت‌اطمینان..... ۸

۲-۳-۲- خرابی‌یا شکست..... ۹

۲-۳-۳- زمان‌خرابی..... ۹

۲-۳-۴- تابع چگالی احتمال یا تابع چگالی خرابی..... ۹

۲-۳-۵- تابع توزیع تجمعی یا تابع توزیع خرابی..... ۹

۲-۳-۶- تابع قابلیت‌اطمینان..... ۱۰

۲-۳-۷- تابع نرخ خرابی..... ۱۱

۲-۳-۸- متوسط زمان منجر به خرابی..... ۱۲

۲-۳-۹- متوسط زمان بین خرابی‌ها..... ۱۲

۲-۳-۱۰- متوسط زمان انجام تعمیرات..... ۱۲

۲-۳-۱۱- قابلیت دسترسی..... ۱۲

۲-۴- شبکه‌های قابلیت‌اطمینان ۱۳
۲-۴-۱- سیستم سری ۱۳
۲-۴-۲- سیستم موازی ۱۴
۲-۴-۳- سیستم‌های ترکیبی (مختلط) ۱۴
۲-۴-۴- سیستم k ازm (سیستم با عضو مازاد) ۱۵
۲-۴-۵- سیستم‌های آماده به کار ۱۵
۲-۵- روش‌های تحلیل و ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های مهندسی ۱۶
۲-۵-۱- روش تحلیل انواع خرابی و تاثیرات آن ۱۶
۲-۵-۲- روش مارکوف ۱۶
۲-۵-۳- روش تحلیل درخت خرابی ۱۷
۲-۵-۴- روش تحلیل آماری ۱۷
۲-۵-۴-۱- آزمون‌های مستقل و مانا بودن داده‌ها ۲۰
۲-۵-۴-۲- فرایند تجدید شونده ۲۲
۲-۵-۴-۳- فرآیند پواسون ۲۴
۲-۶- سابقه علمی موضوع ۲۵
۲-۷- تعمیر پذیری ۲۸
۲-۸- نگهداری و تعمیرات ۲۸
۲-۸-۱- بازنگری در طراحی (نت زمان طراحی) ۲۹
۲-۸-۲- نت اصلاحی یا واکنشی ۲۹
۲-۷-۳- نت پیشگیرانه ۳۰
۲-۸-۴- تاثیر نت پیش‌گیرانه در قابلیت‌اطمینان ۳۰
۲-۸- جمع‌بندی ۳۱

فصل سوم: ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم تولید معدن سنگ آهن سیریز

۳-۱- مقدمه ۳۴

۳-۲- جمع‌آوری داده‌های مربوط به خرابی ماشین‌آلات ۳۴

۳-۳- تحلیل پارتو ۳۵

۳-۴- تحلیل خرابی‌ها و ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم حفاری ۳۷

۳-۴-۱- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم حفاری پنوماتیکی ۳۷

۳-۴-۲- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم حفاری Titon ۴۰

۳-۴-۳- مدل‌سازی قابلیت اطمینان کل سیستم حفاری ۴۳

۳-۵- تحلیل خرابی‌ها و ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم بارگیری ۴۴

۳-۵-۱- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم بارگیری B225T ۴۴

۳-۵-۲- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم بارگیری B400T ۴۷

۳-۵-۳-مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم بارگیری B420 ..... ۴۹

۳-۵-۴- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم بارگیری B420T ۵۱

۳-۵-۵- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم بارگیری L500 ..... ۵۴

۳-۵-۶- مدل‌سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم بارگیری L470 ..... ۵۶

۳-۵-۷- مدل‌سازی قابلیت اطمینان کل سیستم بارگیری ۵۹

۳-۶- تحلیل خرابی‌ها و ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم باربری ۶۱

۳-۶-۱- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T1 ..... ۶۱

۳-۶-۲- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T2 ..... ۶۳

۳-۶-۳- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T3 ..... ۶۵

۳-۶-۴- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T4 ..... ۶۸

۳-۶-۵- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T5 ..... ۷۰

۳-۶-۶- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T6 ..... ۷۲

۳-۶-۷- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T7 ۷۵
۳-۶-۸- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T8 ۷۷
۳-۶-۹- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T9 ۸۰
۳-۶-۱۰- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T10 ۸۲
۳-۶-۱۱- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T11 ۸۴
۳-۶-۱۲- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T12 ۸۶
۳-۶-۱۳- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T13 ۸۸
۳-۶-۱۴- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T14 ۹۰
۳-۶-۱۵- مدل سازی قابلیت اطمینان زیرسیستم باربری T15 ۹۲
۳-۶-۱۶- مدل‌سازی قابلیت اطمینان کل سیستم باربری ۹۴
۳-۷- مدل سازی قابلیت اطمینان سیستم ترابری معدن سیریز ۹۶
۳-۸- مدل سازی قابلیت اطمینان سیستم تولید (کل ماشین‌آلات) ۹۷
۲-۹- جمع بندی ۹۸

فصل چهارم: قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم‌های بحرانی و ارائه برنامه نت پیشگیرانه

۴-۱- مقدمه ۱۰۰
۴-۲- بررسی قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم‌های بحرانی در سیستم تولید ۱۰۰
۴-۲-۱- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم Titon ۱۰۰
۴-۲-۲- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم B225T ۱۰۳
۴-۲-۳- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم B400T ۱۰۵
۴-۲-۴- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم T6 ۱۰۷
۴-۲-۵- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم T7 ۱۰۹
۴-۳- برنامه نت پیشگیرانه برای سیستم‌های تولید در معدن سنگ آهن سیریز ۱۱۱

۴-۳-۱- برنامه نت پیشگیرانه سیستم حفاری..... ۱۱۱
۴-۳-۲- برنامه نت پیشگیرانه سیستم بارگیری..... ۱۱۳
۴-۳-۳- برنامه نت پیشگیرانه سیستم باربری..... ۱۱۶
۴-۳-۴- تاثیر برنامه نت پیشگیرانه روی سیستم ترابری معدن سنگ آهن سیریز..... ۱۱۹
۴-۳-۵- تاثیر برنامه نت پیشگیرانه روی سیستم تولید معدن سنگ آهن سیریز..... ۱۲۱
۴-۴-جمع بندی..... ۱۲۲

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری..... ۱۲۴
پیشنهادات..... ۱۲۶
منابع..... ۱۲۷

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه سیریز ۴

شکل ۲-۱- رابطه بین تابع چگالی احتمال، تابع توزیع تجمعی و قابلیت اطمینان (نوری و همکاران۱۳۹۲)..... ۱۰

شکل ۲-۲- منحنی وانی شکل نرخ خرابی در طول عمر یک سیستم (barabady and kumar, 2005) ۱۱

شکل ۲-۳- یک سیستم سری معدنی (Kumar et al , 1989)..... ۱۴

شکل ۲-۴- سیستم موازی..... ۱۴

شکل ۲-۵- سیستم ترکیبی (مختلط) ۱۵

شکل۲-۶- الگوریتم کلی ارزیابی قابلیت اطمینان به روش آماری (Barabady & Kumar, 2008) ۱۹

شکل۲-۷- آزمون روند ۲۰

شکل۲-۸- آزمون همبستگی..... ۲۲

شکل۲-۹- تاثیر نت پیشگیرانه روی قابلیت اطمینان (Hoseinie et al,2011) ۳۱

شکل۳-۱- نمودار پارتو سیستم حفاری معدن سیریز..... ۳۶

شکل۳-۲- نمودار پارتو سیستم بارگیری معدن سیریز..... ۳۶

شکل۳-۳- نمودار پارتو سیستم باربری معدن سیریز..... ۳۷

شکل۳-۴- آزمون همبستگی سری و روند داده‌های زیرسیستم حفاری پنوماتیکی..... ۳۸

شکل۳-۵- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم حفاری پنوماتیکی..... ۴۰

شکل۳-۶- آزمون همبستگی سری و روند داده‌های زیرسیستم حفاری Titon..... ۴۱

شکل۳-۷- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم حفاری Titon..... ۴۲

شکل۳-۸- منحنی قابلیت اطمینان سیستم حفاری و زیرسیستم‌های آن..... ۴۴

شکل۳-۹- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم بارگیری B225T..... ۴۵

شکل۳-۱۰- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم B225T..... ۴۷

شکل۳-۱۱- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم بارگیری B400T..... ۴۷

شکل۳-۱۲- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم B400T..... ۴۹

شکل۳-۱۳- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم بارگیری B420 ۵۰
شکل۳-۱۴- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم B420 ۵۱
شکل۳-۱۵- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم بارگیری B420T ۵۲
شکل۳-۱۶- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم B420T ۵۴
شکل۳-۱۷- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم بارگیری L500 ۵۴
شکل۳-۱۸- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم L500 ۵۶
شکل۳-۱۹- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم بارگیری L470 ۵۷
شکل۳-۲۰- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم L470 ۵۹
شکل۳-۲۱- منحنی قابلیت اطمینان سیستم بارگیری و زیرسیستم‌های آن ۶۰
شکل۴-۲۲- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T1 ۶۱
شکل۳-۲۳- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T1 ۶۳
شکل۳-۲۴- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T2 ۶۴
شکل۳-۲۵- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T2 ۶۵
شکل۳-۲۶- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T3 ۶۶
شکل۳-۲۷- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T3 ۶۸
شکل۳-۲۸- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T4 ۶۸
شکل۳-۲۹- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T4 ۷۰
شکل۳-۳۰- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T5 ۷۱
شکل۳-۳۱- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T5 ۷۲
شکل۳-۳۲- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T6 ۷۳
شکل۳-۳۳- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T6 ۷۵
شکل۳-۳۴- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T7 ۷۵
شکل۳-۳۵- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T7 ۷۷

شکل۳-۳۶- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T8 ۷۸
شکل۳-۳۷- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T8 ۷۹
شکل۳-۳۸- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T9 ۸۰
شکل۳-۳۹- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T9 ۸۱
شکل۳-۴۰- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T10 ۸۲
شکل۳-۴۱- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T10 ۸۴
شکل۳-۴۲- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T11 ۸۴
شکل۳-۴۳- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T11 ۸۶
شکل۳-۴۴- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T12 ۸۶
شکل۳-۴۵- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T12 ۸۸
شکل۳-۴۶- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T13 ۸۸
شکل۳-۴۷- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T13 ۹۰
شکل۳-۴۸- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T14 ۹۰
شکل۳-۴۹- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T14 ۹۲
شکل۳-۵۰- آزمون روند و همبستگی سری داده‌های زیرسیستم باربری T15 ۹۲
شکل۳-۵۱- منحنی نرخ خرابی و قابلیت اطمینان زیرسیستم T15 ۹۴
شکل۳-۵۲- منحنی قابلیت اطمینان سیستم باربری ۹۵
شکل۳-۵۳- قابلیت اطمینان سیستم ترابری معدن سیریز ۹۷
شکل۳-۵۴- قابلیت‌اطمینان سیستم تولید معدن سیریز و زیرسیستم‌های حفاری، بارگیری و باربری ۹۸
شکل۴-۱- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم Titon ۱۰۲
شکل۴-۲- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم B225T ۱۰۴
شکل۴-۳- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم B400T ۱۰۶
شکل۴-۴- قابلیت تعمیر پذیری زیرسیستم T6 ۱۰۸

شکل۴-۵- قابلیت تعمیرپذیری زیرسیستم T7..... ۱۱۰
شکل۴-۶- تاثیر نت پیشگیرانه روی قابلیت اطمینان سیستم حفاری..... ۱۱۳
شکل۴-۷- قابلیت اطمینان سیستم بارگیری قبل و بعد از اعمال نت..... ۱۱۶
شکل۴-۸-قابلیت‌اطمینان سیستم باربری قبل و بعد از اجرای نت..... ۱۱۹
شکل ۴-۹- قابلیت اطمینان سیستم ترابری بعد از اجرای نت پیشگیرانه..... ۱۲۰
شکل۴-۱۰- قابلیت اطمینان سیستم تولید، قبل و بعد از اجرای نت..... ۱۲۲

فهرست جداول

جدول۱-۱- مختصات رئوس محدوده معدن سیریز..... ۴

جدول ۲-۱- توابع توزیع پرکاربرد در تحلیل قابلیت‌اطمینان..... ۲۳

جدول ۲-۲- هزینه نت در چند معدن خاص(Hall, 1997)..... ۲۹

جدول۳-۱- کارکرد روزانه ماشین‌آلات معدن سنگ آهن سیریز..... ۳۵

جدول۳-۲- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی پنوماتیکی..... ۳۸

جدول۳-۳- تابع توزیع احتمال زیرسیستم حفاری پنوماتیکی..... ۳۹

جدول۳-۴- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم حفاری Titon..... ۴۱

جدول۳-۵- تابع توزیع احتمال زیرسیستم حفاری Titon ۴۲

جدول۳-۶- دسترس پذیری زیرسیستم‌های حفاری..... ۴۳

جدول۳-۷- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم B225T..... ۴۵

جدول۳-۸- تابع توزیع احتمال زیرسیستم بارگیری B225T..... ۴۶

جدول۳-۹- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم B400T..... ۴۸

جدول۳-۱۰- تابع توزیع احتمال زیرسیستم بارگیری B400T..... ۴۸

جدول۳-۱۱- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم B420..... ۵۰

جدول۳-۱۲- تابع توزیع احتمال زیرسیستم بارگیری B420..... ۵۰

جدول۳-۱۳- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم B420T..... ۵۲

جدول۳-۱۴- تابع توزیع احتمال زیرسیستم بارگیری B420T..... ۵۳

جدول۳-۱۵- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم L500..... ۵۵

جدول۳-۱۶- تابع توزیع احتمال زیرسیستم بارگیری L500 ..... ۵۵

جدول۳-۱۷- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم L470..... ۵۷

جدول۳-۱۸- تابع توزیع احتمال زیرسیستم بارگیری L470..... ۵۸

جدول۳-۱۹- دسترس پذیری زیرسیستم‌های بارگیری..... ۵۹

جدول۳-۲۰- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T1 ۶۲
جدول۳-۲۱- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T1 ۶۲
جدول۳-۲۲- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T2 ۶۴
جدول۳-۲۳- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T2 ۶۴
جدول۳-۲۴- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T3 ۶۶
جدول۳-۲۵- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T3 ۶۷
جدول۳-۲۶- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T4 ۶۹
جدول۳-۲۷- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T4 ۶۹
جدول۳-۲۸- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T5 ۷۱
جدول۳-۲۹- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T5 ۷۱
جدول۳-۳۰- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T6 ۷۳
جدول۳-۳۱- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T6 ۷۴
جدول۳-۳۲- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T7 ۷۶
جدول۳-۳۳- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T7 ۷۶
جدول۳-۳۴- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T8 ۷۸
جدول۳-۳۵- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T8 ۷۸
جدول۳-۳۶- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T9 ۸۰
جدول۳-۳۷- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T9 ۸۱
جدول۳-۳۸- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T10 ۸۳
جدول۳-۳۹- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T10 ۸۳
جدول۳-۴۰- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T11 ۸۵
جدول۳-۴۱- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T11 ۸۵
جدول۳-۴۲- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T12 ۸۷

جدول۳-۴۳- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T12 ۸۷
جدول۳-۴۴- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T13 ۸۹
جدول۳-۴۵- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T13 ۸۹
جدول۳-۴۶- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T14 ۹۱
جدول۳-۴۷- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T14 ۹۱
جدول۳-۴۸- نتایج آزمون روند به شیوه تحلیلی برای زیرسیستم T15 ۹۳
جدول۳-۴۹- تابع توزیع احتمال زیرسیستم T15 ۹۳
جدول۳-۵۰- دسترس‌پذیری زیرسیستم‌های باربری ۹۶
جدول۴-۱- تاثیر برنامه نت پیشگیرانه روی سیستم حفاری ۱۱۲
جدول۴-۲- زمان رسیدن قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های بارگیری به سطح ۷۰درصد ۱۱۴
جدول۴-۳- تغییرات قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های بارگیری در اثر اعمال نت پیشگیرانه ۱۱۵
جدول۴-۴- زمان رسیدن قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های باربری به سطح اطمینان ۷۰درصد ۱۱۶
جدول۴-۵- تغییرات قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های باربری ۱۱۸
جدول ۴-۶- تغییرات قابلیت اطمینان سیستم ترابری ۱۲۰
جدول۴-۷-تغییرات قابلیت اطمینان سیستم تولید در اثر اعمال نت ۱۲۱

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

خرابی و از کار افتادن سیستم‌ها می‌تواند سبب اختلال در کل یک فرایند تولیدی شود. به همین دلیل نیاز به سیستم‌های قابل اطمینان و ایمن احساس می شود. برای دست‌یابی به این منظور، بررسی بحث قابلیت اطمینان و نگهداری و تعمیرات (نت) در فرایندهای تولیدی در صنایع مختلف مورد توجه قرار می گیرد. در سیستم‌های معدنی نیز به دلیل این که عملکرد سیستم تولید وابسته به قابلیت اطمینان و تأثیر برنامه نت تجهیزات مورد استفاده در سیستم تولید می‌باشد، بررسی و توجه به مقوله قابلیت اطمینان اهمیت پیدا می‌کند.

۱ ۲ -بیان مساله و سوال های اصلی تحقیق

ماشین‌آلاتی نظیر دستگاه حفاری، شاول و کامیون از اصلی‌ترین واحدهای سیستم تولید در معادن روباز می‌باشند و بیش‌ترین هزینه‌ی سرمایه‌گذاری در معادن روباز مربوط به این ماشین‌آلات می باشد. این ماشین‌آلات به منظور تولید ماده معدنی با تناژ مشخص، با یکدیگر دارای ارتباطی تنگاتنگ هستند. اگر معدن به عنوان یک سیستم تولید و این ماشین‌آلات به عنوان زیر سیستم‌های آن در نظر گرفته شوند، آن‌گاه میزان دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان هر یک از این ماشین‌آلات تأثیر زیادی روی تولید دارد. عدم دسترسی به هریک از این ماشین‌آلات سبب کاهش تولید و افزایش هزینه‌های مرتبط با آن می‌شود. به منظور نگهداشتن این ماشین‌آلات در سطح قابل اطمینان و ایمنی مناسب و کاهش ریسک تولید (میزان تولید از دست رفته)، انجام فعالیت‌های نت روی ماشین‌آلات اهمیت بسیاری دارد. در این تحقیق قابلیت اطمینان به منظور بهبود عملکرد تجهیزات و حفظ پیوستگی در سیستم تولید معدن سنگ آهن سیریز ۱ (سادات ۵) مورد بررسی قرار می‌گیرد و به سوال‌های زیر در مورد این معدن پاسخ داده می‌شود:

۱ -ارتباط بین ماشین‌آلات (زیرسیستم‌ها) موجود در معدن به چه صورت است؟