هفتمین کنفرانس بین‌المللی
مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی

توسعه سامانه نگهداری و تعمیرات الکترونیکی (eMaintenance) در ناوگان کامیون‌های معدن مس سرچشمه

محمد مهدی کدخدایی [۱]، محمد رضایی دشتکی [۲] ، سید هادی حسینی [۳] و محمد معزی [۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران mm.kadkhodaei@mi.iut.ac.ir

۲- مدیر فنی شرکت فناوران پایش برزین پاسارگاد، اصفهان، ایران mohammad.rezaei0099@gmail.com

۳- استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران hadi.hoseinie@cc.iut.ac.ir

۴- رئیس تعمیرگاه معدن، مجتمع مس سرچشمه، کرمان، ایران moezi_m@nicico.com

چکیده

نگهداری و تعمیرات فرایندی است که می‌تواند با به کارگیری فناوری‌های مختلف، پایش، نظارت و اجرا، چگونگی عملکرد طراحی شده یک قطعه، سیستم و یا ماشین را حفظ و یا بازیابی کند. طراحی و استقرار نظام نگهداری و تعمیرات در صنعت یکی از محورهای اصلی بهبود مدیریت تولید محسوب شده و به عنوان مهمترین رکن حفظ دارایی‌های فیزیکی موجود و تملک دارایی‌های جدید تلقی می‌گردد. ورود فناوری‌ها و رویکردهای نوین در این عرصه، اهمیت و اثربخشی مدیریت نگهداری و تعمیرات را بیش از پیش نمایان ساخته است. همین افزایش ورود فناوری باعث به وجود آمدن نگهداری و تعمیرات الکترونیکی شده است. در این مقاله تلاش شده است انواع نگهداری و تعمیرات ، تعاریف و تاریخچه آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد و سپس نمونه‌ای از پیاده سازی نظام نگهداری و تعمیرات الکترونیکی ذکر شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که با توسعه سریع در زمینه‌های الکترونیک، طراحی نرم‌افزار، ارتباطات بی‌سیم، کوچک‌سازی و ظرفیت محاسبات سخت‌افزاری، معادن به سمت استفاده از نگهداری و تعمیرات الکترونیکی (E-maintenance) هدایت می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات الکتریکی، داده‌های بزرگ، ماشین‌آلات معدنی، معدن مس سرچشمه

مقدمه

در دنیای امروز ماشین‌آلات سهم قابل توجهی در هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی معادن به خصوص با توجه به سیاست‌های افزایش ظرفیت تولید دارا بوده و در نتیجه انتخاب، تأمین سرمایه، تملک و نهایتاً طراحی و پیاده سازی فرایند نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات در صدر اهداف مدیریت تولید در معادن قرار گرفته است. بدین ترتیب نگهداری مناسب و پیشگیری از خرابی زودهنگام از یک سو زمینه کاهش هزینه‌های عملیات تولید و از سوی دیگر، افزایش طول عمر و بهره‌گیری بیشینه از سرمایه گذاری‌های فعلی و کاهش ضرورت سرمایه گذاری‌های آتی را فراهم می‌کند.

با مروری بر گزارش‌ها و تجربیات ارائه شده در زمینه نگهداری و تعمیرات ماشین آلات معدنی، اهمیت بنیادین این موضوع بیش از پیش آشکار می‌شود. با جمع‌آوری و مرور آمار مربوط به صنایع معدنی کشورهای مختلف، واقعیت‌های جالبی را به شرح زیر میتوان خلاصه نمود[5-1]:

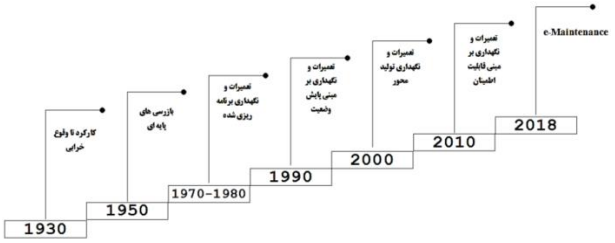
به طور کلی هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات (در تمامی صنایع) از ۲۰ الی ۳۵ درصد کل هزینه‌های عملیات را شامل می‌شود. اما، در ماشین‌آلات معدنی هزینه‌های نگهداری و تعمیرات میتواند به ۴۰ الی ۵۰ درصد هزینه‌های تولید نیز برسد. در معادن زغالسنگ استرالیا که بزرگترین کشور صادرکننده زغالسنگ جهان به حساب می‌آید، ۱۰ درصد زمان تولید، توسط تعمیرات برنامه‌ریزی نشده از دست می‌رود. در معادن روباز شیلی و اندونزی هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ۶۰

در صد هزینه‌های عملیات را شامل می‌شود. به طور کلی با مطالعه صحیح سیستم‌های مهندسی می‌توان زمان تعمیرات و توقف‌های ناخواسته تولید را بسته به نوع هرصنعت از ۴۰ الی ۷۰درصد کاهش داد. هزینه نگهداری و تعمیرات ۴۰ الی ۵۰ درصد هزینه عملیات معدن را شامل می‌شود.

اعداد و ارقام مربوط به هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی ماشین‌آلات مورد استفاده در معادن با دیگر فعالیت‌های صنعتی کمتر قابل مقایسه بوده و اهمیت مدیریت ماشین‌آلات و افزایش قابلیت دسترسی بیش از پیش روشن شده است. نبود منابع بکر و پرعیار گذشته و همچنین نیاز بیشتر صنایع به مواد اولیه‌ای استخراجی از معادن، لزوم کاهش هزینه‌ها و به دنبال آن بیشینه کردن سود را پر رنگ می‌نماید. در این راستا، امروزه معادن موضوع افزایش شاخص‌های مؤثر در افزایش راندمان به‌منظور افزایش سودآوری را به‌صورت جدی مدنظر قرار داده‌اند و رسیدن به این اهداف با افزایش مکانیزاسیون و به‌کارگیری دستگاه‌های پیشرفته قابل دسترس خواهد بود. بدین ترتیب، ماشین‌آلات معدنی روز به روز پیچیده‌تر شده و هزینه‌های آن‌ها به شدت رو به افزایش است. به منظور دستیابی به اهداف تولید بالا، هزینه کمتر و قابلیت دسترسی بیشتر، شرکت‌های معدنی به طور فزاینده‌ای مفاهیم مدیریت ماشین‌آلات و مهندسی مدون نگهداری و تعمیرات را مورد توجه قرار داده و به سمت استفاده از تکنیک‌ها پلتفرم‌های جدید حرکت کرده‌اند.

نگهداری و تعمیرات تجهیزات و ماشین‌آلات به شکل جدی و آکادمیک به قبل از سال‌های ۲۰۰۰ بازمی‌گردد. در سال‌های پیش از قرن ۲۱ با گسترش تحقیقات بر موضوع قابلیت اطمینان به انتخاب زمان مناسب برای دوره‌های نگهداری و تعمیرات رسیده‌اند. به همین سبب در سالهای پس از ۲۰۰۰ تحقیقات بر موضوع قابلیت اطمینان بسیار مورد توجه واقع می‌شود و اساس انتخاب دوره‌های مناسب نگهداری و تعمیرات قرار می‌گیرد[2].

استراتژی‌های حوزه مدیریت ناوگان از دیرباز تاکنون همانند دیگر علوم، دستخوش تغییرات زیادی بوده است. تا قبل از دهه‌ی ۳۰ میلادی، در صنایع غیر نظامی، نگهداری و تعمیرات صرفا زمانی انجام می‌شده است که دستگاه به مرحله خرابی رسیده باشد. شکل۱ روند پیشرفت دیدگاه‌ها و نظام تعمیراتی در سده‌ی اخیر نمایش می‌دهد.



شکل ۱: پیشرفت علم نگهداری و تعمیرات در گذر زمان [3]

اما در قرن اخیر با ورود فناوری‌های نوین به عرصه نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات معدنی، تحول مثبتی در این عرصه به وجود آمده و معادن بزرگ و به روز جهانی را به سمت استفاده از نگهداری و تعمیرات مدون و نوین سوق داده است. به عنوان مثال امروزه در معادن بزرگ جهان از استراتژی‌های قدیمی مانند RCM[1] به ندرت استفاده می‌شود.

لذا با توجه به این موارد، مطالعه نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات معدنی و بررسی راهکارهای ممکنه برای بهینه‌سازی آن، میتواند مدیران صنایع معدنی را در بهبود شرایط اقتصادی و کاهش قیمت تمام شده محصولات یاری نماید.

بنابراین ما می‌خواهیم در معدن مس سرچشمه از اولین تلاش جدی در زمینه راه اندازی E-maintenance در ماشین‌آلات معدنی کشور رو نمایی کنیم.

مقاله حاضر در سه فاز ارائه شده است:

۱. امکان سنجی انتقال اطلاعات و ارزیابی شبکه
۲. مطالعات تاریخچه خرابی ناوگان ماشین آلات معدن هدف
۳. طراحی، ساخت و اجرای سامانه و سیستم نگهداری و تعمیرات هوشمند

امروزه استراتژی‌های مختلفی در علم نگهداری و تعمیرات وجود دارد که دو مورد از مطرح ترین آن‌ها نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان و نگهداری وتعمیرات مبتنی پایش وضعیت می‌باشد، که در ادامه توضیحات مختصری آورده شده است.

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان فرآیندی است که نیازهای نگهداری و تعمیرات تجهیزات و ماشین‌آلات را در شرایط کاری تعیین می‌کند تا هر یک از تجهیزات به بهترین نحو وظایف اصلی خود را انجام دهند. این فرآیند با شناسایی ماشین‌آلات بحرانی، تجزیه و تحلیل عوامل موثر در قابلیت اطمینان، تجزیه و تحلیل حالات خرابی[2](FMEA) و تجزیه و تحلیل اثرات خرابی یک ماشین بر کل کارخانه، انجام می‌گیرد.

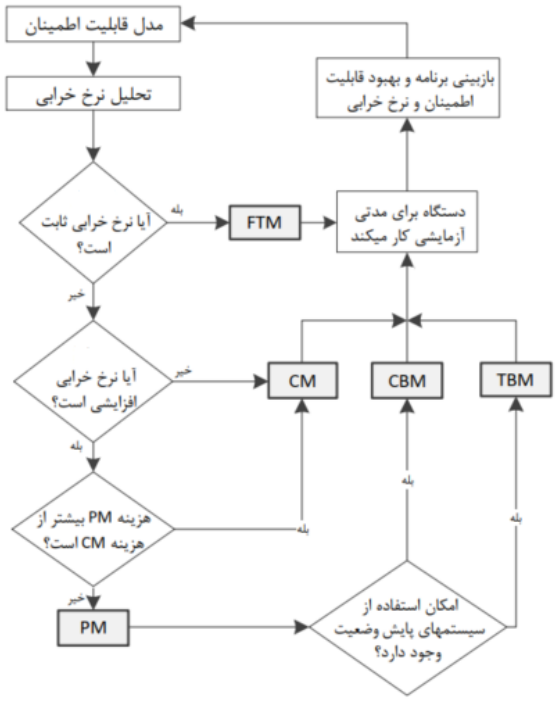
[1] Relability Center Maintenance

[2] Failure Modes and Effects Analysis

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر پایش وضعیت (CBM)

این نوع نگهداری و تعمیرات به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌گردد که جهت تعیین شرایط فنی کارکرد دستگاه(اندازه گیری میزان فرسایش اجزاء) در حین بهره‌برداری انجام گردیده و بر اساس نتایج حاصله از آن، زمان و نوع فعالیت تعمیر پیشگیرانه مورد نیاز تعیین می-گردد که شامل دو رهیافت عمده اعم از: اندازه‌گیری شرایط دستگاه با استفاده از ابزار توسط انسان ، بازرسی و اندازه‌گیری پیوسته توسط ابزار است [2]. هدف از نگهداری و تعمیرات مبتنی بر پایش وضعیت، نظارت مستمر بر دارایی‌ه برای شناسایی خرابی‌های قریب‌الوقوع است، که به وسیله آن می‌توان از اقدامات نگهداری و تعمیرات را پیش از وقوع خرابی به طور پیشگیرانه برنامه‌ریزی کرد.

چنانچه در شکل۲ مشاهده می‌شود، اساس انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات بر تحلیل قابلیت اطمینان و نرخ خرابی دستگاه استوار است. اگر نرخ خرابی ثابت باشد، تنها روش نگهداری و تعمیرات مناسب، نگهداری و تعمیرات در زمان ثابت[۲](FTM) می‌باشد. در حالی که اگر نرخ خرابی ثابت نباشد با توجه به هزینه‌ها و امکان استفاده از سیستم‌های مورد نیاز برای هر یک از استراتژی‌ها، استراتژی مورد مناسب را انتخاب می‌کنیم.

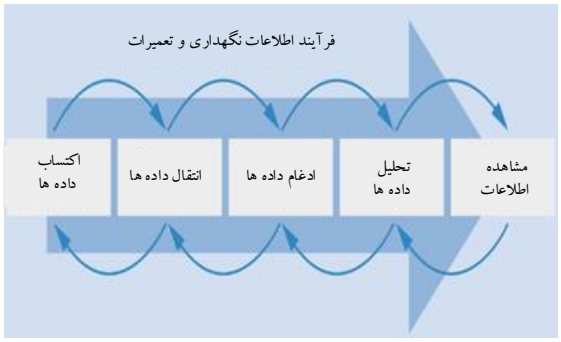


شکل ۲: الگوریتم انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات(تعدیل شده از[4])

[1] Condition Based Monitoring
[2] Fixed Time Maintenance

نگهداری و تعمیرات الکترونیکی[۳]

پشتیبانی از تصمیم گیری نگهداری و تعمیرات و کشف دانش، بخشی مهم از سیستم پشتیبانی تصمیم گیری سازمان را برای ایجاد ارزش افزوده تشکیل می دهد. تصمیم گیرندگان برای آسان کردن پشتیبانی از تصمیمات نگهداری، به اطلاعات مربوطه از طریق کشف دانش – به عنوان بخشی از سیستم پشتیبان تصمیم گیری نیاز دارند. تصمیمات موثر نگهداری و تعمیرات با ذی نفعان متعدد، تا حد زیادی به اطلاعات و داده ها برای تخمین عمر مفید باقی مانده (RUL) تجهیزات بستگی دارد. فرآیند پشتیبانی تصمیم گیری به یک DSS (سیستم پشتیبانی تصمیم) قابل اعتماد، مبتنی بر فرآیند کشف دانش نیاز دارد که اساساً شامل جمع آوری داده ها، انتقال، ادغام، تجزیه و تحلیل و استخراج اطلاعات و تجسم آنهاست (شکل۳).



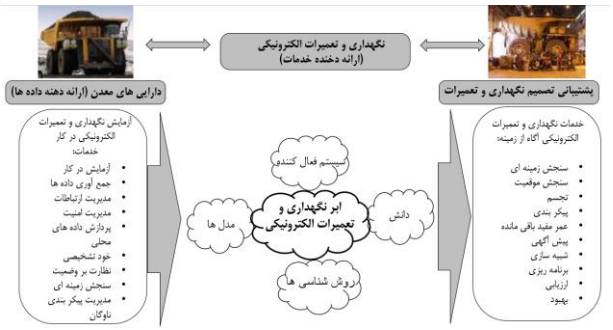
شکل۳: یک فرآیند کلی و عمومی از کشف دانش[5]

با تقاضای رو به رشد امروزی در مورد بهره‌وری سیستم، قابلیت دسترسی، ایمنی، کیفیت محصول، رضایت مشتری و کاهش حاشیه سود، اهمیت عملکرد نگهداری و تعمیرات افزایش یافته است[6] . نگهداری و تعمیرات مدرن و کارآمد حداقل مستلزم شناسایی علت اصلی خرابی قطعات، کاهش خرابی سیستم‌های تولید، حذف استراتژی نگهداری و تعمیرات پرهزینه برنامه ریزی نشده و بهبود بهره‌وری و همچنین کیفیت است. به همین منظور، مفهوم نگهداری و تعمیرات دستخوش چندین تحول بزرگ شده است که منجر به ملاحظات پیشگیرانه شده، که نیازمند تغییراتی در تبدیل شیوه‌های نگهداری و تعمیرات سنتی (کار کرد دستگاه تا سر حد خرابی) به نگهداری و تعمیرات الکترونیکی است [8][7].

نگهداری و تعمیرات الکترونیکی آخرین نسل از ابزارهای مدیریت ناوگان در تمامی صنایع از جمله معدنکاری به شمار می‌رود و تا رسیدن به مراحل رشد کامل راه بسیاری در پیش دارد. با این حال، ورود این فناوری به عرصه مدیریت ناوگان‌های معدنی، میزان قابلیت دسترسی و

[3] E-maintenance

بهره‌وری عملیات را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. ساختارکلی یک پلتفرم نگهداری و تعمیرات الکترونیکی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: ساختار کلی پلتفرم نگهداری و تعمیرات الکترونیکی[9]

اصطلاح نگهداری و تعمیرات الکترونیکی در اوایل سال ۲۰۰۰ ظهور کرد و اکنون یک اصطلاح بسیار رایج در ادبیات مربوط به نگهداری و تعمیرات است. با این حال، همانطور که در تعاریف مختلف نگهداری و تعمیرات الکترونیکی زیر نشان داده شده است، هنوز به طور قطعی نگهداری و تعمیرات تعریف نشده است:

شبکه ای که برنامه‌های مختلف نگهداری و تعمیرات و قابلیت اطمینان را برای جمع‌آوری و ارائه اطلاعات دارایی در جایی که مورد نیاز است یکپارچه و همگام می‌کند. نگهداری و تعمیرات الکترونیکی زیرمجموعه‌ای از تولید الکترونیکی و کسب و کار الکترونیکی است[10].

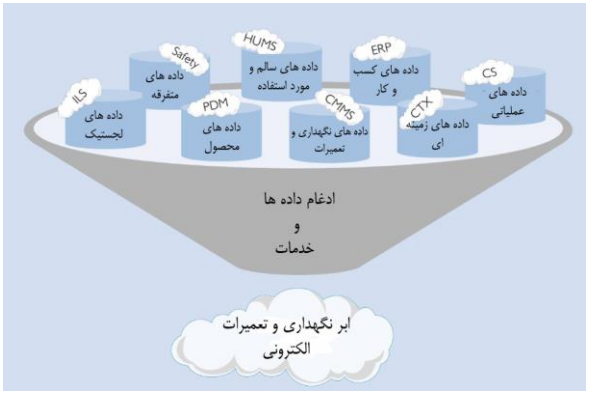
توانایی نظارت بر دارایی‌های معدن، پیوند دادن سیستم‌های عملیات تولید و نگهداری و تعمیرات ، جمع‌آوری بازخورد از سایت‌های مشتریان از راه دور، و ادغام آن با برنامه‌های سازمانی[11].

سیستم تغییر شکلی که عملیات تولید را قادر می‌سازد تا به عملکرد پیش‌بینی‌کننده خرابی نزدیک به صفر دست یابد و همچنین از طریق استفاده از فناوری‌های اینفوترونیک دارای قابلیت وب (به عنوان مثال، بی‌سیم، وب و غیره) با سیستم‌های تجاری هماهنگ شود [12].

مفهوم مدیریت نگهداری و تعمیرات که به موجب آن دارایی‌ها از طریق اینترنت نظارت و مدیریت می‌شوند. سطح بی‌سابقه ای از شفافیت و کارایی را در کل صنعت معرفی می‌کند[13].

نگهداری و تعمیرات الکترونیکی اصولی را که قبلاً توسط نگهداری و تعمیرات از راه دور پیاده سازی شده است یکپارچه می کند که به خدمات وب و اصول همکاری اضافه شده است تا از فعالیت‌های پیشگیرانه پشتیبانی کند و در عین حال نگهداری و تعمیرات را به عنوان یک فرآیند سازمانی حفظ کند [8].

فناوری های جدید اطلاعاتی منجر به ایجاد بسترهای خدماتی شده است که طیف وسیعی از سرویس‌های اطلاعاتی از جمله محتوای تولید شده توسط کاربر و تبادل آزادانه محتوا در اجتماعات سازمان یافته را ارائه می‌دهند. تحقیقات پیشرفته بر بهینه سازی سرویس‌های اطلاعاتی به وسیله مدل سازی آن‌ها بر اساس تبادلات متمرکز است. با این حال، یک مسئله سیستماتیک بررسی نشده است که چگونه سرویس‌های اطلاعاتی را برای بازخورد موثر در فرآیندهای حیاتی از قبیل فرآیند تولید یا حمل و نقل تدارکات طراحی کنیم. استقرار و استفاده از چنین سیستم-های پیچیده فنی در جامعه و صنعت معمول است. بسیاری از سیستم-های پیچیده فنی همچنین الزامات سختگیرانه ای در مورد ایمنی، قابلیت اطمینان و هزینه دارند که نیاز به بروزرسانی و اصلاح مکرر در پاسخ به پیشرفتهای جدید فناوری و تغییر الزامات عملکردی دارد. از این رو وضعیت درست، سازگاری زمینه، اطلاعات به موقع، پشتیبانی اطلاعات برای مدیریت و بهره برداری و نگهداری جهت بهبود سیستم‌ها و خدماتی که انتظار می‌رود این سیستم‌ها ارائه دهند بسیار بااهمیت هستند. این می تواند با استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات جدید و نوآورانه که در رویکردهای نوظهور مانند نگهداری الکترونیکی ظاهر می‌شود، تسهیل شود. ابر نگهداری و تعمیرات الکترونیکی[1] مجموعه‌ای از سرویس های اطلاعاتی مستقل و به هم پیوسته را با ساختار ذاتی ذاتی خود تحقق می بخشد(شکل ۵).



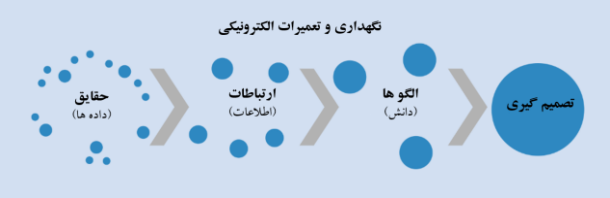
شکل ۵: مفهوم ابر نگهداری الکترونیکی[5]

اخیراً ، خدمات اطلاعاتی هدفمند نگهداری و تعمیرات الکترونیکی در بسیاری از حوزه های صنعتی مانند معادن مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. انگیزه های زیادی برای پیشبرد برنامه نگهداری و تعمیرات الکترونیکی وجود دارد که می تواند از سه منظر مشخص شود که یکدیگر را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند: تجاری، اجتماعی و ملی.

از دیدگاه تجاری، نگهداری و تعمیرات الکترونیکی منجر به درک و مدیریت بهتر مشکلات و علل اصلی آن‌ها و در نتیجه نگهداری و تعمیرات فعال تر، مقرون به صرفه و کارآمد می‌شود. این کار با در نظر گرفتن زمینه، کاربر، فناوری و سازمان انجام می‌شود. این سیستم برای کاهش احتمال خطا که اغلب به دلیل مشکلات پنهان در این نوع سیستم‌های پیچیده ایجاد می‌شود، انجام می‌شود. این به نوبه خود منجر به کاهش هزینه‌های پشتیبانی عمر، بهبود قابلیت تخمین عمر مفید باقیمانده، چرخه عمر طولانی‌تر، افزایش پایداری سیستم‌های پیچیده،

[1] eMaintenance Cloud

بهبود عملکرد در دسترس پذیری و کاهش هزینه‌های چرخه عمر می-شود. از دیدگاه اجتماعی، نگهداری و تعمیرات الکترونیکی به طور عمده به معنای تغییر جهت صنعت به صنعت خدمت گرا و راه حل گرا و محیط کار بهتر است. دستیابی به موقع به اطلاعات مناسب و تحویل به موقع آنها به ذینفعان مناسب، به شدت بر بهره‌وری و ارائه خدمات تأثیر می گذارد. با این حال، نگهداری الکترونیکی از طریق ایجاد یک لجستیک اطلاعاتی موثر و کارا، از تصمیم گیری نگهداری و تعمیرات مبتنی بر واقعیت پشتیبانی می کند (شکل ۶).



شکل ۶: تصمیم گیری برای نگهداری و تعمیرات مبتنی بر واقعیت[5]

نگهداری الکترونیکی یک پیشران عملکرد حیاتی برای افزایش رقابت برای شرکت ها، مناطق و کشورها است. ارائه خدمات نگهداری مقرون به صرفه برای این سیستم ها در کل چرخه عمر بسیار مهم است. این که باعث می شود اقتصادهای ملی یک جهش چشمگیر به موفقیت های آینده داشته باشند، کیفیت نتایج توسعه نیست، بلکه کیفیت کارهای نگهداری و خدماتی است.

اجزای نگهداری و تعمیرات الکترونیکی

در شکل۷ اجزای اساسی مفهوم نگهداری و تعمیرات الکترونیکی مشخص شده اند که عبارتند از ۱- تعریف ۲- تجارت ۳- سازمان ۴- محصول ۵- خدمات ۶-روش‌شناسی ۷- فناوری ۸- اطلاعات ۹- مشتری و ۱۰-آموزش. این مؤلفه‌ها اساسی‌ترین بخش‌های نگهداری و تعمیرات الکترونیکی می‌باشند. آن‌ها همچنین ترکیبی از بخش‌های مختلف را تشکیل می‌دهند.

شکل ۷: اجزای اساسی نگهداری و تعمیرات الکترونیکی[14]

چالش‌های نگهداری و تعمیرات الکترونیکی

نگهداری و تعمیرات الکترونیکی تسهیل کننده فرآیند نگهداری و تعمیرات است. این موضوع نشان دهنده خدماتی است که برای مدیریت اطلاعات مربوط به نگهداری و تعمیرات هستند.طراحی نگهداری و تعمیرات الکترونیکی باید بر اساس استراتژی‌ها، روش‌شناسی و فناوری‌های مناسب باشد که شناسایی آن‌ها یک کار بسیار چالش برانگیز است. این به این دلیل است که تمام اجزای مشخص شده باید در نظر گرفته شوند، به درستی مدیریت شوند و به هم متصل شوند. برخی از چالش‌هایی که قرار است با آن مواجه شوند در جدول زیر آورده شده است:

جدول ۱: برخی از چالش‌های نگهداری و تعمیرات الکترونیکی[14]

ردیف	چالش‌ها
۱	تجدید ساختار سازمان‌های درگیر در نگهداری و تعمیرات الکترونیکی
۲	بازسازی فرآیندهای چرخه عمر مورد استفاده برای توسعه و نگهداری خدمات نگهداری و تعمیرات الکترونیکی
۳	انتقال به حالت نگهداری و تعمیرات الکترونیکی
۴	برنامه‌ریزی منابع خدمات الکترونیکی
۵	مدیریت و تعامل خدمات الکترونیکی
۶	فعال‌سازی آگاهی در سرویس‌های الکترونیکی
۷	مدیریت سازمان‌های ناهمگن
۸	مدیریت محیط‌های خدمات الکترونیکی ناهمگن
۹	یکپارچه‌سازی برنامه‌های کاربردی سازمانی
۱۰	مدیریت اسناد و آرشیو
۱۱	مدیریت مراحل چرخه حیات خدمات نگهداری الکترونیکی
۱۲	تراز و ساختار قالب محتوا
۱۳	فعال‌سازی زمینه و آگاهی از موقعیت در خدمات الکترونیکی
۱۴	فعال کردن قابلیت یکپارچه‌سازی در چند پلتفرم و فن‌آوری در خدمات الکترونیکی
۱۵	ایجاد یک معماری فراگیر برای توسعه خدمات الکترونیکی

داده‌های بزرگ

عملیات معدنی شامل ناوگان بزرگی از ماشین آلات است که همگی در چندین مکان و با پیکربندی‌های عملیاتی مختلف توزیع شده-اند. در نگهداری و تعمیرات الکترونیکی، ابزارها مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات[1] نصب می‌شوند. شاخص‌های عملکرد کلیدی شناخته شده جهانی مانند در دسترس بودن، میانگین زمان بین خرابی‌ها و میانگین زمان بازیابی را می‌توان با سهولت از این داده‌ها محاسبه کرد و آگاهی سطح دارایی یا ناوگان را برای مدیریت توسعه داد.

در کنار مزایای بیشمار این سطح از فناوری نگهداری و تعمیرات ، مشکلی به نام داده‌های بزرگ است که به علت تولید حجم بسیار زیادی از داده‌ها است که از طریق این سامانه جمع‌آوری و ذخیره می‌شوند. برخی از مشکلات در شکل ۸ نشان داده شده است.

[1] Information and Communications Technologies

چالش‌های اصلی داده‌های بزرگ[1] در شکل۸ نشان داده شده است. طبق اعلام شرکت ریوتینتو[2] به عنوان یکی از بزرگترین شرکت‌های معدنی دنیا، ناوگان کامیون‌های آن شرکت روزانه پنج ترابایت داده نگهداری و تعمیرات تولید می‌کنند که همین موضوع تبدیل به یک چالش برای این شرکت گردیده است.

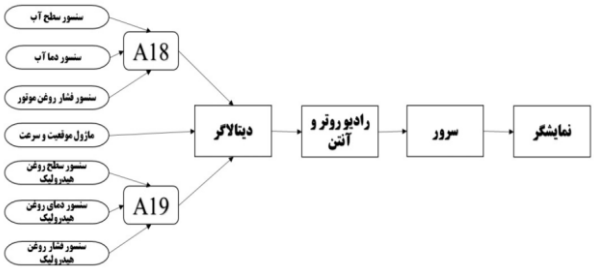
شکل ۸: چالش‌های مربوط به تولید داده‌های بزرگ در سیستم‌های نگهداری و تعمیرات هوشمند[9]

طراحی و توسعه پلتفرم E-maintenance برای ناوگان دامپ تراک‌های معدن مس سرچشمه

استراتژی نگهداری و تعمیرات الکترونیکی در فاز پایلوت در یکی از معادن بزرگ کشور توسط شرکت دانش بنیان فناوران پایش برزین پاسارگاد پیاده سازی شده است. این پروژه در سه فاز زیر طراحی و اجرا شد.

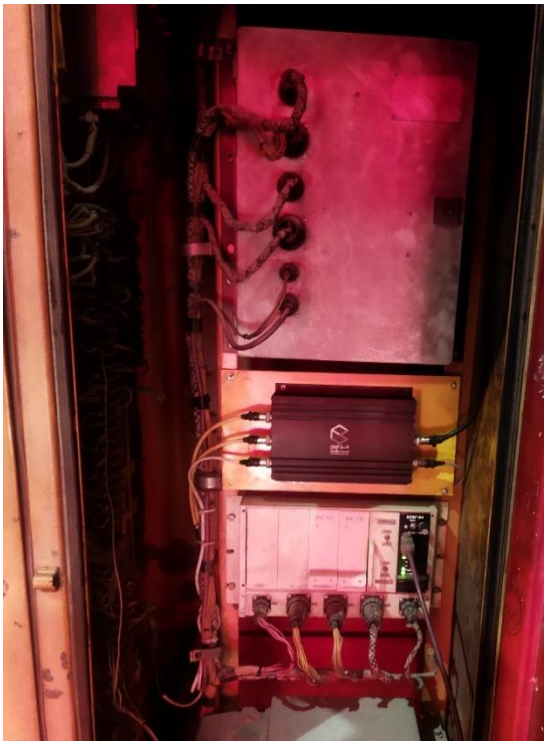
۱. امکان سنجی انتقال اطلاعات و ارزیابی شبکه
۲. مطالعات تاریخچه خرابی ناوگان ماشین آلات معدن هدف
۳. طراحی، ساخت و اجرای سامانه و سیستم نگهداری و تعمیرات هوشمند

به منظور پیاده سازی فازهای فوق، ابتدا بستر انتقال داده بررسی شد و نقاط کور آن مشخص گردید. از سویی دیگر تاریخچه خرابی ناوگان به جزییات مورد مطالعه قرار گرفت تا نقاط مستعد خرابی مشخص شوند. فاز سوم شامل سه بخش می‌باشد که عبارتند از: بخش اول دیتالاگری که از خروجی سنسورها دریافت اطلاعات می‌نماید، بخش دوم ارسال کننده اطلاعات که از بورد ارسال و انتن نصب شده بر روی تراک به سروری گه در محل اتاق دیتا کنترل تعمیرگاه قرار داده شده، داده‌ها را ارسال می‌نماید و بخش سوم آن، وب اپلیکیشن و سامانه-ای که قادر به نمایش اطلاعات می‌باشد که این پکیج سیستم و سامانه را پلتفرم نامیده می‌شود. شکل۹ معماری پلتفرم eMaintenance را نشان می‌دهد.



شکل۹: معماری پلتفرم اولیه eMaintenance

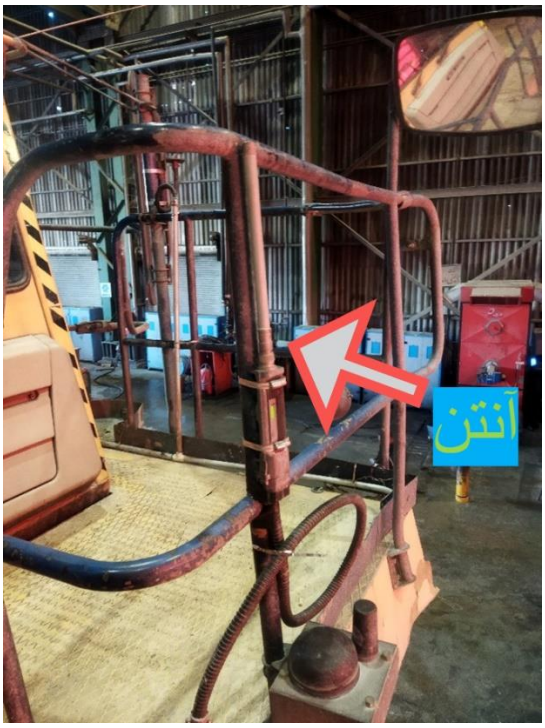
لذا طراحی سنسور و سیستم دیتالاگر انجام شد و بر روی یک تراک در فاز پایلوت نصب و راه اندازی شد. در حال حاضر اطلاعات در سرور مرکزی اتاق کنترل معدن ثبت و ضبط می‌شود. (شکل ۱۰ الی۱۲). برنامه آتی شرکت فناوران پایش برزین پاسارگاد در خصوص اطلاعات ثبت شده در سرور آن است که با تکیه بر دانش بومی، برای اولین بار در دنیا سیستم پیشبینی خرابی را راه اندازی نماید تا با اطمینان بیشتری نسبت به نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان و مبتنی بر شرایط، عملیات تشخیص و تصمیم گیری را از عهده اپراتورها، مدیران و دیگر پرسنل درگیر خارج نماید.



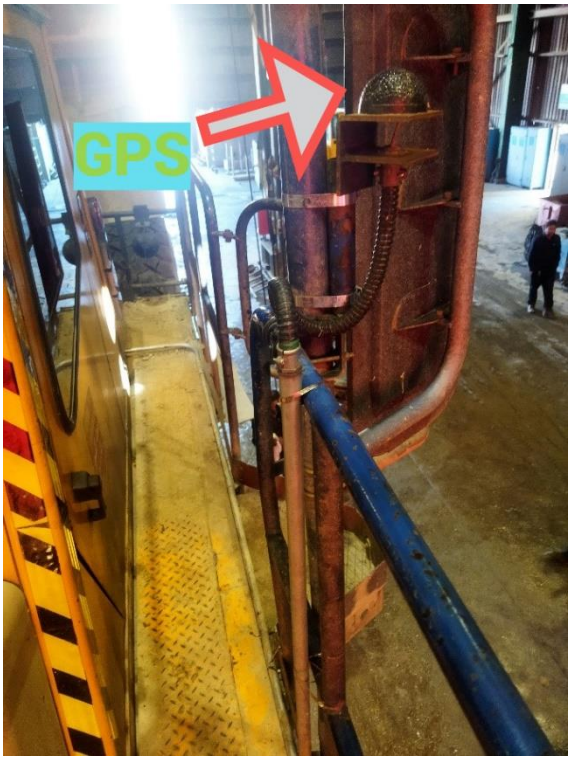
شکل ۱۰: سیستم دیتالاگر شرکت فناوران پایش برزین پاسارگاد

[1] Big Data

[2] Rio Tinto



شکل ۱۱: آنتن و روتر شبکه



شکل ۱۲: آنتن GPS

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

نگهداری و تعمیرات در طول نیم قرن گذشته از یک استراتژی با فناوری پایین، به یک حوزه فناوری واقعاً پیشرفته، مبتنی برچند علمی و چند رشته که از اهمیت استراتژیک در کارخانه‌های صنعتی، حمل و نقل و تولید انرژی برخوردار است، توسعه یافته است. امروزه نگهداری و تعمیرات به معنای درک مهارت‌های فنی و اقتصادی برای کارکردن ماشین‌آلات معدنی در حد نیاز با سطح بالایی از قابلیت اطمینان، کارآمد و بدون اختلالات مقرون به صرفه است. بهبود قابلیت اطمینان و در دسترس بودن در ماشین‌آلات معدنی با ترکیب فناوری‌های جدید و پیشرفته مانند تجزیه و تحلیل خرابی، حسگرها، پردازش سیگنال، عیب-شناسی، پیش‌بینی، مدل‌سازی، مهندسی کنترل، طراحی قابلیت اطمینان، تجزیه و تحلیل سیستم، تجزیه و تحلیل ریسک و غیره امکان پذیر شده است. توسعه سریع در زمینه‌های الکترونیک، طراحی نرم‌افزار، ارتباطات بی‌سیم، کوچک‌سازی و ظرفیت محاسبات سخت‌افزاری، امکانات جدیدی را برای طراحی دستگاه‌ها برای قابلیت اطمینان و در دسترس بودن بالا، و نظارت مستمر وضعیت در هر کجای دنیا که قرار دارند، به ارمغان آورده است. در صورت بروز مشکل در هر سیستمی، می‌توان به سرعت به بهترین شکل ممکن به نیروی متخصص و قطعات با کیفیت دسترسی داشت و ماشین‌آلات را می توان به سرعت به عملکرد مورد نیاز بازگرداند. این رویکرد جدید نگهداری و تعمیرات الکترونیکی یا E-maintenace نامیده می شود که برای اولین بار در ایران، این سیستم بر روی دامپ تراک‌های معدن مس سرچشمه نصب گردیده شد و شرکت فناوران پایش برزین پاسارگاد تصمیم بر آن دارد که برای اولین با در دنیا سیستمی برای پیشبینی خرابی‌ها راه اندازی کند.

مراجع

[1] B. S. Dhillon, “Chapter 4 - Mining equipment reliability,” *Min. Equip. Reliab. Maint. Saf.*, vol. 32, no. 8, pp. 57–70, 2008.

[2] H. K, A. A, A. A, J. E, M. J, and M. S, *E-maintenance*. 2010.

[3] T. Wireman, *Total productive maintenance*. 2004.

[4] J. Barabady and U. Kumar, “Reliability characteristics based maintenance scheduling: A case study of a crushing plant,” *Int. J. Performability Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 319–328, 2007.

[5] “https://i-ream.com/.”

[6] B. Al-Najjar and I. Alsyouf, “Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 84, no. 1, pp. 85–100, 2003, doi: 10.1016/S0925-5273(02)00380-8.

[7] J. Lee, “A framework for Web-enabled e-maintenance systems,” *Proc. - 2nd Int. Symp. Environ. Conscious Des. Inverse Manuf.*, no. 1996, pp. 450–459, 2001, doi: 10.1109/ECODIM.2001.992398.

[8] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, J. Knezevic, D. Ait-Kadi, and A. Raouf, *Handbook of maintenance*

management and engineering. 2009. doi: 10.1007/978-1-84882-472-0.

[9] S. H. HOSEINIE, B. GHODRATI, and D. GALAR, "Smart Maintenance Solutions for Automated Mining Machinery," no. December, pp. 58–62, 2015, doi: 10.15224/978-1-63248-080-4-110.

[10] "http://www.mtonline.com."

[11] "www.imscenter.net."

[12] J. Lee, J. Ni, D. Djurdjanovic, H. Qiu, and H. Liao, "Intelligent prognostics tools and e-maintenance," *Comput. Ind.*, vol. 57, no. 6, pp. 476–489, 2006, doi: 10.1016/j.compind.2006.02.014.

[13] "http://www.devicesworld.net/iscada_applications_maintenance.html)."

[14] M. Kajko-Mattsson, R. Karim, and A. Mirijamdotter, "Fundamentals of the eMaintenance Concept," *1St Int. Work. ...*, no. January, pp. 22–24, 2010, [Online]. Available: http://pure.ltu.se/portal/files/4922795/Article.pdf