



تأثیر ERP بر مدیریت تعمیر و نگهداری؛ ص ۱۳۷-۱۵۷

نویسندگان: مالیزسکا، جاستینا پاتالاس، اسلومیز کلوژ
مترجم: اکرم پسندیده^۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۰۳

چکیده

این مقاله روشی برای پیاده‌سازی یک سیستم ERP (برنامه‌ریزی منابع سازمانی) در حوزه تولید و نگهداری را بیان می‌کند. این روش بر ادغام نگهداری و نظارت بر وقایع، ساخت و ثبت داده‌ها جهت سیستم انگیزش کارکنان استوار است. نگهداری فرآیندها در مقالاتی شامل فعالیت‌هایی در زمینه بازیابی فاجعه، تعمیرات اساسی، تغییرات و تولید تجهیزات خاص را مورد بحث قرار می‌دهد. این روشی از اجرا از یک سیستم مؤثر ثبت داده‌ها و طراحی یک سیستم انگیزشی برای نگهداری کارکنان بر اساس اطلاعات ثبت‌شده است. مدل‌هایی از فرآیندهای تعمیر و نگهداری و نمونه‌های گویایی که آورده شده پیشنهاد شده‌اند.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی منابع سازمانی، مدیریت نگهداری کامپیوتری شده، مدیریت نگهداری، فرآیندهای نگهداری

^۱ عضو هیات علمی دانشگاه علوم انتظامی امین

مقدمه

در ۱۵ سال گذشته سیستم‌های ERP تبدیل به یک ابزار اساسی حمایت از مدیریت شرکت‌ها شده‌اند. پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعاتی یکپارچه تولیدی شرکت را قادر می‌سازد تصمیم‌گیری کارآمد در تمام زمینه‌های فعالیت شرکت در سطوح عملیاتی، تاکتیکی و سطح راهبردی داشته باشد. به‌منظور حمایت از تصمیم‌گیری، لازم به پیاده‌سازی درست سیستم ERP می‌باشد. باین‌حال، این، بستگی به تصویب روشی دارد. سیستم‌های اطلاعات یکپارچه تبدیل به پشتیبان برنامه‌ریزی منابع سازمانی در شرکت‌های متوسط و بزرگ‌شده‌اند. همه سیستم‌های ERP موجود در بازار بر اساس استاندارد MRPII (برنامه‌ریزی منابع تولید) ، که برنامه‌ریزی تدارکات، مدیریت سهام و حفظ تعادل ظرفیت تولید را تسهیل می‌کند می‌باشند [۱]. استاندارد MRPII برای حمایت پی‌درپی (سرپالی) و متنوع از تولید برفرض اینکه برخی از اجزایش قابل تکرار هستند، در نظر گرفته شده است. به‌ویژه این برای شرکت‌های کوچک و متوسط که قصد بهبود تولید با سرمایه‌گذاری در سیستم‌های اطلاعاتی دارند بسیار مهم است. سیستم‌های ERP یا ERP II امروزی در دسترس شامل تعداد بیشتری از ماژول‌های که فراتر از استاندارد MRPII هستند. آن‌ها همچنین شامل (CRM) مدیریت ارتباط با مشتری، (SCM) مدیریت زنجیره تأمین، (SRM) مدیریت ارتباط با تأمین‌کننده، (PLM) مدیریت چرخه حیات محصولات، (HR) منابع انسانی، (CMM) مدیریت نگهداری کامپیوتری شده و برنامه‌های کاربردی کسب‌وکار الکترونیکی کمکی هستند [۲]. تأمین‌کنندگان بزرگ ERP ، مانند SAP و Oracle، پیشنهاد ماژول‌های مناسبی برای مدیریت پروژه دارند. باین‌حال، آن‌ها، برای اجرای پروژه‌های بزرگ راه‌حل‌های گران‌قیمت به نظر می‌آیند. گسترش قابل‌توجه در ویژگی‌های دستگاه‌های ERP پوشش‌های مختلف عملکردی پیچیدگی حوزه‌های یک کسب‌وکار را افزایش می‌دهد، و در نتیجه باعث می‌شود عملیات و اجرای آن‌ها مشکل‌تر شود. پیچیدگی مسائل مربوط به ساختمان، انتخاب و پیاده‌سازی دستگاه‌های ERP بسیاری از محققان را جهت بررسی آن‌ها به خود جلب می‌کند. امروزه دستگاه‌های ERP می‌تواند فرآیندهای کسب‌وکار را در تمام زمینه‌های کاربردی از یک شرکت تولیدی پشتیبانی کند. نمونه‌هایی از فرآیندهای کسب‌وکار پشتیبانی شده توسط ERP در جدول ۱ ارائه شده است [۳]. در یک صنعت کاملاً خودکار تحقق دستور سفارش یا تولید سرمایه، حمایت از نگهداری تولید با قابلیت‌های ERP ضرورتی برای مدیریت تولید مؤثر است.

وظایف اصلی تعمیر و نگهداری شامل :

- برنامه‌ریزی تعمیرات (اصلاح) ،
- مدیریت ابزارها،
- مدیریت انبار لوازم ذخیره (یدکی) ،
- مدیریت خصوصی تعمیر و نگهداری،
- مدیریت هزینه تعمیر و نگهداری.

جدول ۱: نمونه‌هایی از فرآیندهای کسب‌وکار که توسط سیستم‌های ERP پشتیبانی می‌شوند.

فرآیند کسب‌وکار پشتیبانی شده توسط سیستم‌های ERP	حوزه کارکردی
بازاریابی	فروش و بازاریابی
نظارت و آماده‌سازی طرح فروش	
مدیریت قیمت‌ها و تخفیف‌ها	
ثبت استعلامات مشتری	
تهیه پیشنهادات فروش	
ثبت سفارشات فروش	
تهیه صورت‌حساب‌ها	
مدیریت نمایندگی فروش	
کسب‌وکار الکترونیکی	
برنامه‌ریزی نیاز مواد	مدیریت زنجیره تأمین
تجزیه و تحلیل و انتخاب تأمین‌کنندگان	
مدیریت انبار	
مدیریت توزیع	
کنترل جریان مواد	مدیریت تولید
توسعه صورتحساب مواد	
توسعه مشخصات فن‌آوری	
برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی	
ثبت سفارشات تولید	
متعادل‌کننده ظرفیت تولید	
مدیریت نگهداری کامپیوتری شده	

جهت پشتیبانی از فرآیندهای نگهداری توسط سیستم ERP، برنامه‌ریزی تولید، باید قابلیت اجرایی داشته باشد. تعمیرات اساسی یک خط تولید یا دیگر منابع تولیدی مهم نیاز به گنجاندن وظایف اصلاحی در برنامه‌ریزی اصلی تولید است. تعمیرات اساسی را می‌توان به‌عنوان یک تولید خاص سفارشی و یا پروژه‌ای که نیاز به تلاش و مواد (قطعات یدکی) دارد به عمل آورد. پروژه‌های تعمیر و نگهداری را می‌توان در یک چشم انداز بلندمدت با تجزیه و تحلیل هزینه و یا کاهش زمان مورد ارزیابی قرارداد. [۴] شاخص‌های معمولی اختصاص داده شده به ارزیابی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در ساخت شرکت عبارت‌اند از:

- OEE: اثربخشی کلی تجهیزات،
- OCE: اثربخشی کلی صنعت،
- MTTR: میانگین زمان تعمیر،
- MTTF: میانگین زمان شکست،
- MTBR: میانگین زمان بین تعمیر.

جهت محاسبه مقدار شاخص‌ها، زمان شکست باید اندازه‌گیری شود. بسیاری از شرکت‌ها، برای جمع‌آوری داده‌های مختلف وقایع تولید، به‌خصوص با سطح بالایی [۵] از دستگاه‌های تنظیم خودکار (خودکارسازی)، استفاده از سیستم اجرایی ساخت (MES) یا کارکردهای ERP برای نظارت و کنترل فرآیند تولید طراحی شده است. سیستم‌ها اغلب با کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی یکپارچه می‌شوند، درحالی‌که داده به‌طور مستقیم از سیستم تولید منتج می‌شود. این مقاله یک روش پیاده‌سازی از سیستم‌های ERP در زمینه‌ای از تعمیر و نگهداری تولید را مورد بحث قرار می‌دهد. این روش بر بهبود فعالیت بخش تعمیر و نگهداری با انگیزه یکپارچه‌سازی سیستم با قابلیت‌های ERP، آنچه مربوط به فرضیه تحول نظریه رهبری [۶] می‌باشد متمرکز شده است. هدف اصلی از این مقاله تجزیه و تحلیلی از فرآیندهای تعمیر و نگهداری و موضوعی از روش پیاده‌سازی سیستم ERP در حوزه تعمیر و نگهداری تولید، بر اساس تأثیر انگیزه کارکنان می‌باشد. در بخش دوم، سیستم انگیزشی کارکنان برای بخش تعمیر و نگهداری است که ارائه شده است. بخش سوم از مقاله تجزیه و تحلیل فرآیندهای تعمیر و نگهداری در یک شرکت تولیدی انتخاب شده را نشان می‌دهد. در نهایت، مقاله روشی از پیاده‌سازی ERP در حوزه تعمیر و نگهداری را ارائه می‌نماید. نمونه‌های گویایی داده شده است.

مدیریت مؤثر کارکنان تعمیر و نگهداری

افق برنامه‌ریزی محدود و یا نامحدود اجزاء یا چشم‌انداز سیستمی، تصمیم‌گیری‌های مدل‌سازی خاص تعمیر و نگهداری هستند [۷]. در سیستم‌های تولیدی کاملاً خودکار کارکنان حرفه‌ای بخش تعمیر و نگهداری درباره تأثیر از اجتناب و از بین بردن خرابی‌ها و شکست‌های سیستم‌های تولید تصمیم‌گیری می‌کنند. بخش تعمیر و نگهداری معمولاً متخصص در زمینه‌ای از کارهای خودکار، الکترونیکی، رباتیک، تولید و مهندسی مکانیک استخدام می‌کند. مدیریت پرسنل تعمیر و نگهداری آسان نیست زیرا اغلب خرابی‌ها به‌وسیله حوادث، شکست‌ها و آسیب با منابع تولیدی برنامه‌ریزی می‌شود [۸]. شکست (نقص) سیستم ممکن نیست پیش‌بینی شده باشد، و ممکن نیست پیش‌بینی کند که آیا به‌طور کامل در ۱۰ دقیقه، ۱۰ ساعت یا ۱۰ روز خسارت جبران خواهد شد. به‌طور مؤثر بخش تعمیر و نگهداری، باید سیستم انگیزشی که خصوصیات و نیازمندی‌هایی از شرکت را به‌خوبی متناسب می‌کند مدیریت کند [۹].

بسیاری از شرکت‌ها یک جایزه برای پرسنل پیمانی (غیر استخدام رسمی) تعمیر و نگهداری در OEE (اثربخشی کلی تجهیزات) در نظر می‌گیرند، که شاخص مهم آن اینکه کل زمان تولید به زمان تولید برنامه‌ریزی شده را با آن محاسبه می‌کنند. اما، به‌منظور استفاده از سیستم OEE برای ارزیابی اثربخشی پرسنل تعمیر و نگهداری، بسیاری از داده‌ها را در مد برخط (آنلاین) باید جمع‌آوری کرد. در شرکت‌های کوچک یا متوسط که شبکه‌های صنعتی متصل به خطوط تولید ندارند و به‌طور خودکار وقایع تولید را ثبت نمی‌کنند، ثبت تاخیرات یا خرابی‌های دستگاه کوچک دشوار است.

به این منظور برای درستی ارزیابی کارآیی کارکنان تعمیر و نگهداری، داده‌های زیر باید ثبت و تجزیه و تحلیل شود (۱۰)

- زمان واقعی کار تعمیر و نگهداری،
- زمانی را صرف دسته‌های مختلف فعالیت‌های تعمیر و نگهداری می‌کند،
- (وقایع تولید) شکست‌ها، تعمیرات، بازسازی، ارتقاء، و غیره،
- اثربخشی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری، ارزیابی فرد از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری.

بر اساس داده‌ها، سیستم انگیزشی برای بخش نگهداری می‌تواند ایجاد شود. به نشان دادن روابط بین پیاده‌سازی سیستم ERP در حوزه تعمیر و نگهداری و سیستم انگیزشی کارکنان تعمیر و نگهداری، یک مطالعه موردی از یک شرکت تولیدی ارائه شده است. سیستم ERP در مدل‌های شرکت از نمونه فرآیندهای تعمیر و نگهداری آماده و جدا جدا اجرا می‌شود. آلفا شرکت متوسطی است که تولیدات را با فرآورده‌های پیش‌ساخته برای ساخت‌وساز تجاری در نظر می‌گیرد. سیستم ساخت کاملاً خودکار است و برحسب لزوم شرکت نیاز به یک متخصص تعمیر و نگهداری دارد. کارکنان بخش تعمیر و نگهداری نه تنها مانع و یا حذف شکست سیستم تولیدی نمی‌شوند، بلکه به تولید تجهیزاتی خاص (ابزارها، الگوها، چرخ‌دنده‌ها، و غیره) برای تولید می‌پردازند [۱۱].

شرکت آلفا سیستم ERP را در حوزه تعمیر و نگهداری اجرا می‌کند، اما جهت پشتیبانی بهتر فعالیت‌های تعمیر و نگهداری ERP بایستی عملکرد سیستم انگیزشی در این حوزه را بهبود دهد. بزرگ‌ترین ارزش ایجاد شده برای شرکت در این بخش شامل فعالیت‌های مربوط به تولید تجهیزات ساخته شده خاص می‌باشد. علاوه بر این، پرسنل نگهداری باید بازرسی و تعمیرات اساسی و عمده‌ای از منابع تولید را به‌عنوان برنامه‌ریزی انجام دهند. آخرین فعالیت مهم برای کارکنان تعمیر و نگهداری بازیابی فاجعه است. فرض‌های شرکت روش پیشرفته‌ای است که بخش تعمیر و نگهداری را میان زمان‌های بهره‌برداری در فرآیندهای زیر تقسیم کند:

- ساخت تجهیزات خاص (MSE) - ۳۰ درصد از زمان عملیات،
- تعمیرات و بازدید اساسی (CRO) - ۳۰ درصد از زمان عملیات،
- فعالیت‌های بازیابی فاجعه (DRA) - ۲۰ درصد از زمان عملیات،
- راه‌اندازی و کنترل (SCO) - ۲۰ درصد از زمان عملیات است.

تنها دو فرایند گذشته (ذکر شده بالا) متعلق به حوزه تعمیر و نگهداری شرکت است. این بدان معنی است که تیم تعمیر و نگهداری ۵۰ درصد از فرآیندهای عملیات را درک می‌کند. نظارت بر فعالیت پرسنل تعمیر و نگهداری را می‌توان در سیستم ERP اساس قرارداد، که در آن تمام وظایف و حوادث به صورت روزانه ثبت شده است. اول، منابع تولید باید تعریف شود خطوط تولید،

ماشین‌آلات CNC، نوار نقاله، وسایل نقلیه حمل‌ونقل، و غیره. برای ایجاد برنامه‌ریزی برای تولید خالص، برخی از منابع تولید در حال حاضر در سیستم ERP MRP II ثبت گردیده‌اند، منابع دیگر به‌عنوان دارایی‌های ثابت تعریف می‌شوند.

منابع تولیدی ثبت‌شده در پایگاه داده ERP باید توسط یک مجموعه‌ای از داده‌ها، که برای مدیریت تعمیر و نگهداری مفید هستند توصیف شوند :

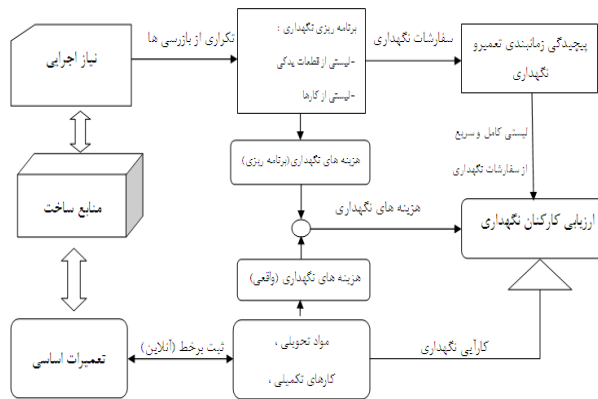
- تکرار موردنیاز از بازرسی،
- طرح و دامنه تعمیرات اساسی،
- هزینه مالکیت اکتشاف، تعمیرات، ضعف
- سفارش تولید تعمیر و نگهداری،
- فهرستی از قطعات یدکی،
- فهرستی از عملیات تعمیر و نگهداری،
- اسناد فنی.

تکرار بازرسی به‌وسیله نیازهای عملکردی از منابع تولید تعیین می‌شود. بر اساس بازرسی و نظر کاربران و پرسنل تعمیر و نگهداری، طرح تعمیرات اساسی آماده‌شده است. این طرح شامل حوزه عمومی از تعمیرات اساسی فهرستی از وظایف، قطعات یدکی اصلی، اجزا، مواد و حرفه‌ای بودن. بر اساس برنامه‌ریزی و حوزه به‌روز شده، برنامه‌ریزی هزینه‌ها برآورد شده است. در طول تعمیرات اساسی، هزینه‌های واقعی مواد و زمان‌های عملیات ثبت‌شده‌اند. هزینه‌های برنامه‌ریزی شده و واقعی از تعمیرات اساسی باید در پایان پروژه مقایسه شوند. یک مدلی از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در زمینه تعمیرات اساسی تولید در شکل شماره یک ارائه شده است.

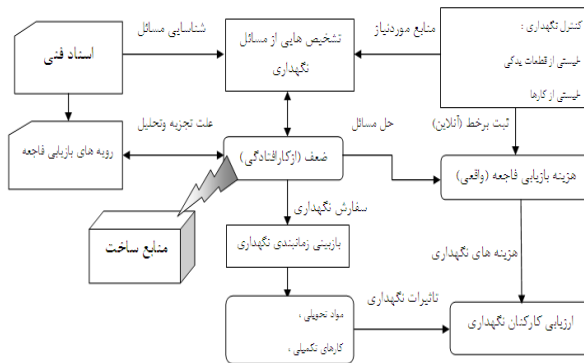
مدل شامل برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری، ثبت داده‌ها و مقایسه برنامه‌ریزی شده و هزینه‌های تعمیر و نگهداری واقعی را شامل می‌شود. بررسی تعمیر و نگهداری را می‌توان بر اساس روش‌های محاسبه جایی که در آن تکمیل سریع سفارشات تعمیر و نگهداری، هزینه‌ها و کارایی نگهداری در نظر گرفته شده محاسبه می‌کنند. نظارت تعمیر و نگهداری جزئی از طرح‌های تشویقی بسیار مهم است. روش‌های محاسبه‌ای (نمره‌ای) بررسی از هر نتیجه‌ای از یک وظیفه تعمیر و نگهداری را با

یک مقدار عددی قادر می‌سازد.

مدیر از یک بخش تعمیر و نگهداری امتیازی را برای تمامی کارها تعیین می‌کند، نه تنها برنامه‌ریزی شده نیست همچنین با برنامه‌ریزی نیست (به خاطر شکست‌ها). یک مدل از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در زمینه حذف شکست‌های تولید در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۱. مدلی از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در زمینه تعمیرات اساسی تولید



شکل ۲. مدلی از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در زمینه شکست تولید

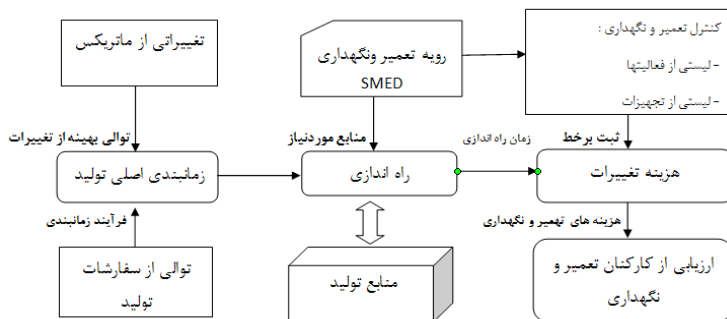
حوزه مهم بعدی از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری راه‌اندازی‌های تولید هستند. زمان راه‌اندازی وابسته به عوامل زیر است:

- نوع تولید (نوعی از ماشین، خطوط تولید، سطح اتوماسیون، و غیره) ،
- آموزش و تشکیلاتی از کاربران ماشین و کارکنان تعمیر و نگهداری (به‌عنوان مثال روش TPM و SMED)
- توالی از سفارشات تولید (زمان‌بندی تولید مهم) ،
- اندازه دسته.

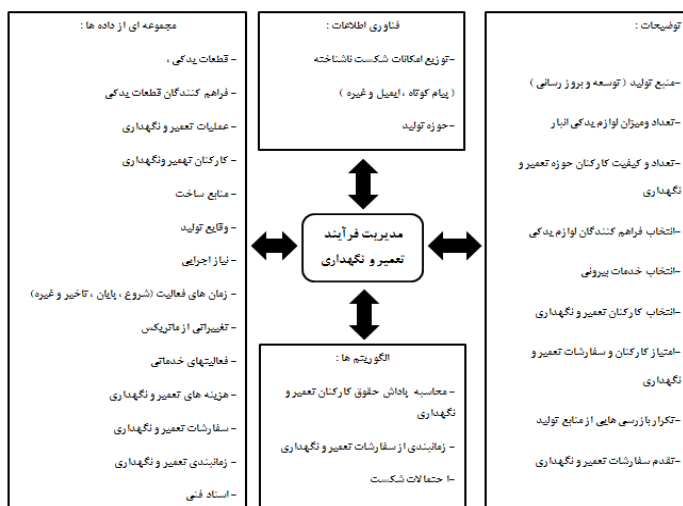
مدل فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در زمینه تغییرات تولید در شکل سه ارائه شده است. بر اساس مدل‌های ارائه شده از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری، یک مدل از پشتیبانی تعمیر و نگهداری سیستم‌های ERP پیشنهاد می‌شود (شکل ۴ را ببینید). مدل شامل مجموعه‌ای از داده‌ها، گزارشات مهم و عملکردهای اصلی سیستم ERP که باعث کارآمدتری تعمیر و نگهداری می‌شود. علاوه بر این، مدل باید شامل فن‌آوری اطلاعات و پردازش داده‌ها و الگوریتم‌ها باشد. برای به دست آوردن عملکرد مؤثر سیستم ERP در زمینه تعمیر و نگهداری، مجموعه‌ای از تصمیم‌گیری‌های مهم در زمینه کارهایی که باید پشتیبانی شوند اتخاذ می‌گردد.

اطلاعات ثبت شده در پایگاه داده ERP قادر است یک الگوریتم پیشرفته‌ای را برای ارزیابی کارگران تعمیر و نگهداری در نظر گیرد. الگوریتم به‌طور خودکار می‌تواند محاسبه پاداش حقوق را برای هر کارگر تعمیر و نگهداری در هر ماه انجام دهد. برای محاسبه پاداش حقوق و دستمزد برای کارکنان نگهداری، جنبه‌های زیر باید در نظر گرفته شود:

- مسئولیت فردی برای هر کار تعمیر و نگهداری،
- ارزیابی نمره هر کار تعمیر و نگهداری،
- زمان تکمیل کارهای نگهداری،
- تعمیرات / راه‌اندازی / زمان بهبودی فاجعه.



شکل ۳. مدلی از فعالیت های تعمیر و نگهداری در زمینه تغییرات تولید



شکل ۴. مدیریت فرآیند نگهداری با سیستم ERP

فرمول محاسبه حقوق و دستمزد پاداش تعمیر و نگهداری را می‌توان به شرح زیر مشخص کرد:

$$S_w = f_w \left(W^O \cdot \sum_{(i=1)}^n t_i^O \cdot v_j^O + W^S \cdot \sum_{(j=1)}^m t_j^S \cdot v_j^S + W^R \cdot \sum_{(k=1)}^p t_k^D \cdot v_k^D + W^E \cdot \sum_{(t=1)}^r t_t^E \cdot v_t^E \right), \quad (1)$$

که در آن W^O, W^D, W^S, W^R, W^E ارزش وزنی به ترتیب تعمیرات اساسی، تنظیم، بازیابی، تجهیزات، و زمان عملکرد به ترتیب تعمیرات اساسی، تنظیم، بازیابی فاجعه، تجهیزات، و ارزیابی امتیاز به ترتیب تعمیرات اساسی، تنظیم، بازیابی فاجعه، تجهیزات، و k, l, j, t تعداد کارهای تعمیر و نگهداری در ماه به ترتیب تعمیرات اساسی، تنظیم، بازیابی فاجعه، تجهیزات و $SW - w$ نرخ ارزیابی کارگر در یک دوره زمانی و FW میزان پاداش حقوق می‌باشد. تعداد و زمان تنظیم به‌طور مستقیم از برنامه‌های اصلی تولیدی و ماتریس راه‌اندازی ذخیره‌شده در سیستم ERP منتج می‌شود.

اما کارگران تعمیر و نگهداری تأثیر مستقیم بر زمان واقعی راه‌اندازی دارند اجرا با استفاده از روش‌های TPM. نمره هر کار باید به‌صورت جداگانه توسط تعمیر و نگهداری و یا مدیران تولید نگه‌داشته شود. ارزیابی نهایی از یک کارمند تعمیر و نگهداری را می‌توان به‌طور مستقیم به پول محاسبه کرد. مجموع بودجه ماهانه از پاداش حقوق میان کارگران تعمیر و نگهداری بر اساس خلاصه ارزیابی سهمشان تقسیم می‌شود. الگوریتم ارائه‌شده در شرکت آلفا همزمان باهم با پیاده‌سازی از سیستم ERP در حوزه تعمیر و نگهداری اجرایی می‌شود. جدول شماره ۲ داده‌های نگهداری برای یک کارگر که در شرکت آلفا در طول پنج روز کاری هفته ثبت گردیده را ارائه می‌کند.

جدول ۲

یک مثال از ارزیابی تعمیر و نگهداری

روز	1	2	3	4	5		کل
زمان (ساعات)	0	4	4	0	0		
امتیاز (۱-۵)	0	5	4	0	0		
تعمیرات اساسی W = 3	0	20	16	0	0	36	108
زمان (ساعات)	3	0	4	0	2		
امتیاز (۱-۵)	4	0	3	0	3		
راه اندازی ها W = 2	12	0	12	0	6	30	60
زمان (ساعات)	2	0	0	6	4		
امتیاز (۱-۵)	3	0	0	4	4		
بازرسی فاجعه W = 1	6	0	0	24	16	46	46
زمان (ساعات)	3	4	0	2	2		
امتیاز (۱-۵)	4	4	0	2	3		
تجهیزات W = 4	12	16	0	4	6	38	
							366

ارزیابی‌ها از کارکنان در سوال برابر است با $S = 366$ میزان حقوق و دستمزد پاداش به صورت جداگانه برای هر کارمند تعمیر و نگهداری تعیین می‌شود. استاندارد کار در روز هشت ساعت است، به این معنی که یک کارمند می‌تواند میزان حداکثر $Sw = 8$ ساعت کار انجام دهد [۵] روز میزان حداکثر [۴] امتیاز در یک هفته $[WE] = 800$. اگر حداکثر حقوق و دستمزد پاداش در یک هفته $400E$ باشد، پس پاداش میزان حقوق و دستمزد باید $FW = 0.5$ باشد. برای مثال در جدول دو نشان می‌دهد، $SW = 0.5 \cdot 366 = 183$.

داده‌های ارائه شده در جدول دو به صورت خودکار توسط سیستم ERP پردازش می‌شود (سیستم انگیزشی ساخته شده در عملکرد سیستم ERP). که برای جلوگیری از رفتارهای فرصت طلب از پرسنل تعمیر و نگهداری اجرای آن در سیستم فعال می‌گردد. اجرای سیستم با عملکرد سیستم ERP انگیزه‌های جدید یکپارچه که منتج به بهبود تعامل پرسنل تعمیر و نگهداری می‌شود. کارگران تعمیر و نگهداری به طور قابل توجهی فعالیت‌های مربوط به پیشگیری از شکست و ساخت تجهیزات را افزایش می‌دهد به ویژه فعالیت‌های پشتیبانی بارز و وزنی ضعف اصلی سیستم به عدم وجود حساب از کارگران تعمیر و نگهداری نبود.

تجزیه و تحلیل از فرآیندهای تعمیر و نگهداری

یکی از محبوب‌ترین روش برای بهبود فرآیندهای تعمیر و نگهداری در ساخت شرکت‌ها روش TPM است، که بخشی از فلسفه تولید خالص است [۱۲]. TPM تمرکز در ضعف‌های

جلوگیری از تجهیزات تولیدی در تمام طول دوره تولید و به دنبال تعهد کامل از تمام کارگران در تمام گروه‌ها است، نه فقط بخش تعمیر و نگهداری. اجرایی از TPM در شرکت‌های تولیدی بر اساس هشت ستون زیر [۱۳] است :

- بهبود تمرکز نظارت بر سطح بهره‌برداری ماشین‌آلات و تجهیزات تولیدی و شناسایی انواع زباله در حوزه تولید.

- تعمیر و نگهداری مستقل مسئولیت قرار دادن برای نگهداری مناسب روزمره به دست کاربرها برای مالکیت بیشتر آن‌ها و افزایش دانش خود از تجهیزات.

- تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده اندازه‌گیری میانگین زمانی برای تعمیر (MTTR) و میانگین زمانی بین نسبت شکست (MTBF).

- تعمیر و نگهداری کیفیت بهبود کیفیت از محصولات خوب تولید شده با معرفی ابزارهای مناسب برای اندازه‌گیری کیفیت؛ تجزیه و تحلیل فنی خاص زیرسیستم از ابزار و ماشین‌آلات و خطوط تولید که تأثیر مستقیم بر کیفیت و عملکرد محصولات نهایی دارد.

- آموزش و پرورش مداوم کاربرهای ماشین‌آلات و ابزارها توسط کارکنان تعمیر و نگهداری.
- ایمنی و محیط‌زیست اطمینان نظام‌مند از محیط کاری امن و کاهش شرایط بالقوه خطرناک.
- مدیریت اولیه واکنش در حالت انتظار، ثبت داده‌ها بر روی منابع تولید و ارسال امکانات لازم برای کاربر دستگاه و بخش خدمات.

- TPM در محل کار افزایش مقدار اطلاعات و بهره‌وری از کارآیی در حین کار در مورد ماشین‌آلات و خطوط تولید.

نرم‌افزار مدیریت نگهداری و تعمیرات کامپیوتری (CMMS) که اغلب بخشی از ERP است به‌عنوان مثال Oracle، IFS، SAP، و غیره (یا می‌توانید به راحتی با سیستم‌های ERP خارجی

یکپارچه کنید ERP. یا سیستم‌های CMMS

فرآیندهای پشتیبانی تعمیر و نگهداری و اطلاعات مهم را ثبت می‌کنند. [۱۳] نظارت بر روند تعمیر و نگهداری در سیستم ERP بر اساس سفارش تعمیر و نگهداری، که یک جزء کلیدی از فرآیند تعمیر و نگهداری است. در اطلاعات زیر سفارشات تعمیر و نگهداری توصیف می‌شوند :

- تعداد سفارش تعمیر و نگهداری،



- منابع تولید (دارائی‌های ثابت) ،
 - شروع و پایان داده،
 - نوعی از سفارش تعمیر و نگهداری (بازیابی فاجعه، راه‌اندازی، تعمیرات اساسی، و غیره)
 - اولویت،
 - عملیات تعمیر و نگهداری،
 - برنامه‌ریزی و زمان واقعی عملیات تعمیر و نگهداری،
 - برنامه‌ریزی و فهرست‌های واقعی از قطعات یدکی،
 - وضعیت سفارش تعمیر و نگهداری (برنامه‌ریزی کردن، بازنمودن، بسته نمودن، حذف نمودن، و غیره)،
 - ابزار تعمیر و نگهداری،
 - هزینه‌های سفارش تعمیر و نگهداری (برنامه‌ریزی نمودن و واقعیت‌ها) .
- تجزیه و تحلیل تاریخچه سفارشات تعمیر و نگهداری را قادر می‌سازد فرآیندهای نگهداری را تجزیه و تحلیل نمایند. چرخه حیات سفارش تعمیر و نگهداری شامل مراحل زیر است:

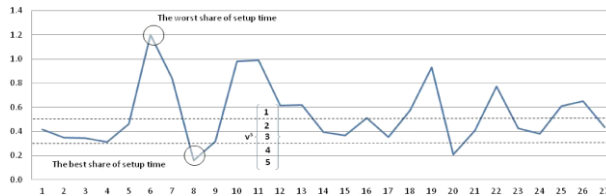
- ابتکار
- برنامه‌ریزی
- تایید
- شروع
- پایان دادن
- حذف کردن

نظارت چرخه حیات را قادر می‌سازد عملکرد سفارشات تعمیر و نگهداری را بررسی نماید. تجزیه و تحلیل داده‌ها از سیستم ERP، که در آن تاریخ سفارشات تعمیر و نگهداری ثبت شده است، ما را قادر می‌کند گزارش‌هایی که مربوط به مدیریت مؤثر فعالیت‌های تعمیر و نگهداری هست را تولید کنیم. برای محافظت از سیستم تولید در مقابل خرابی‌ها، تصمیمات بسیار مهم پیشگیرانه که بایستی گرفته شود. گزارش‌ها می‌تواند به صورت خودکار و یا بر روی تقاضا تولید شود، اما مهم تعیین تکرار تجزیه و تحلیل گزارش است. به عنوان مثال، گزارش ضعف‌ها باید تولید و روزانه، و یا حتی پس از هر شیفت کاری تجزیه و تحلیل شود.

داده‌های موردنیاز برای گزارش‌ها می‌تواند به طور خودکار یا به صورت دستی در پایگاه داده ERP ثبت



شوند. جدول شماره سه داده تولیدی بر روی یک ماشین انتخابی را ارائه می‌کند. اساس اطلاعات ثبت‌شده در پایگاه داده ERP، فعالیت کارکنان تعمیر و نگهداری را می‌تواند مورد بررسی قرار دهد. به‌عنوان مثال، مدت‌زمان عمل خالص را می‌توان با زمان راه‌اندازی و نسبتی از زمان راه‌اندازی قابل‌محاسبه مقایسه کرد. شکل شماره پنج مقدار نسبتی از زمان راه‌اندازی در زمان عملیاتی محاسبه‌شده بر اساس داده‌های ERP از جدول شماره سه را ارائه می‌کند. از آنجاکه فعالیت‌های تعمیر و نگهداری باید ارزیابی شود، به این معنی که، برای مثال، شاخص V_s ، (امتیاز ارزیابی راه‌اندازی (را می‌توان هر روز بر اساس میزان نسبت زمان عمل خالص و زمان راه‌اندازی تعیین نمود. برای مثال، اگر نسبت زمان راه‌اندازی در زمان عمل بین 0% تا 20%، باشد $V_s = 5$ ؛ برای فاصله 21% تا 30% باشد $V_s = 4$ ؛ 31% تا 40% باشد $V_s = 3$ ؛ 41% تا 50% باشد $V_s = 2$ ؛ 51% تا 60% باشد $V_s = 1$ ؛ و اگر مقدار بیش از 60% باشد میزان $V_s = 0$ است. گراف در شکل شماره پنج نشان می‌دهد که پرسنل تعمیر و نگهداری کارآمدترین در زمینه راه‌اندازی در روزهای ۸ و ۲۰، و حداقل کارآمد در روزهای ۱۰، ۱۱، ۱۹ و ۲۲ بودند.



شکل ۵. بخشی از زمان راه‌اندازی در زمان عملیات



شکل ۶. مقدار زیادی از هدر رفت (زباله) که در زمان عملیات تولیدشده

روش مشابه دیگر می‌تواند ارزیابی امتیازات را به‌صورت خودکار محاسبه کند. به‌عنوان مثال، برنامه‌ریزی کردن زمان توقف را قادر می‌سازد ارزیابی مؤثری از کارکنان تعمیر و نگهداری در زمینه تعمیرات اساسی داشته باشد. مقدار هدر رفت (زباله) تولیدشده در فرایند تولید بستگی

به تنظیم خوب یا بد ماشین دارد. تعمیرات اساسی ماشین شامل تنظیم زمان است. شکل شماره شش هدر رفت تولیدشده در زمان اصلی عملیات را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل داده تولیدی نشان می‌دهد که ظرف مدت سه روز (۵، ۶، ۷) نه تنها زمان راه اندازی بسیار طولانی نشده بود، اما همچنین هدر رفت تولیدشده بسیار بالا بود. این بدان معنی است که انجام وظایف نگهداری در آن روزها باید به دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

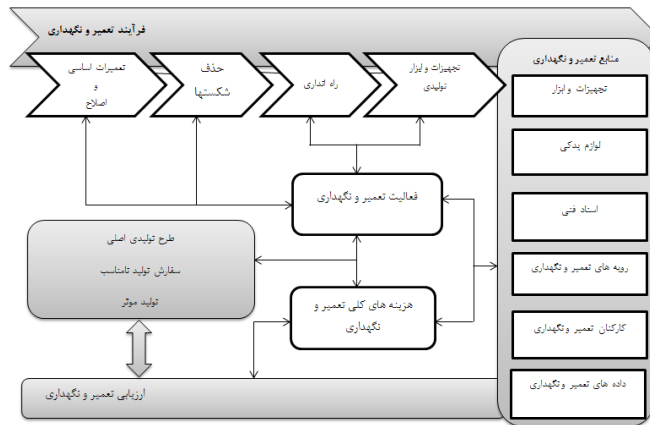
به منظور تجزیه و تحلیل فرآیند تعمیر و نگهداری، ساختار فرآیند در یک شرکت تولیدی باید تعریف شده و باید روشی تحلیلی برای روند تعمیر و نگهداری پیشنهاد شود.

در شکل ۷ ساختار پیشنهادی از فرایند تعمیر و نگهداری ارائه شده نشان داده شده است. ساختار شامل فعالیت‌های تعمیر و نگهداری مانند: تعمیرات اساسی، ضعف پیشگیری و حذف، مدیریت تغییرات و ابزارهای تولیدی و تجهیزات خاص است.

همچنین ساختار منابع هزینه نگهداری شامل: ابزار و تجهیزات، قطعات یدکی، روش و اسناد و مدارک، کارهای تعمیر و نگهداری، و غیره می‌باشد. ارزیابی فرآیندهای تعمیر و نگهداری بر اساس ارزیابی فرآیندهای تولید و اجرای مناسب از طرح تولیدی اصلی است. فلش نازک در شکل شماره هفت بیانگر جریان داده‌ها در زمینه تعمیر و نگهداری و تولید است.

نظارت مؤثر از فرآیندهای تعمیر و نگهداری، ارتباط بین تعمیر و نگهداری و تولید و گزارش از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری را قادر می‌سازد ارزیابی کلی از بهره‌وری تعمیر و نگهداری داشته باشد.

امروز، در سیستم‌های تولیدی پیچیده، مدیریت در زمینه تعمیر و نگهداری بدون حمایت از سیستم‌های ERP غیرممکن است.



شکل ۷. ساختار فرآیند تعمیر و نگهداری

روش اجرای ERP در زمینه تعمیر و نگهداری

پیاده‌سازی سیستم ERP در زمینه تعمیر و نگهداری ما را قادر به تجزیه و تحلیل بهره‌وری از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری می‌نماید، نظارت و گزارش تعمیر و نگهداری رویدادهایی مانند تعمیرات اساسی، ضعف‌ها، تنظیم، و غیره و فعالیت‌های تعمیر و نگهداری را ارزیابی می‌نماید. سطح بالاتری از اتوماسیون (دستگاه تنظیم خودکار) در یک زمینه تولیدی، مهم‌ترین فرآیندهای تعمیر و نگهداری می‌باشد. به‌طور کلی در زمینه‌هایی از تعمیر و نگهداری و مدیریت ابزار، ماژول‌های CMM در پایان پیاده‌سازی پروژه ERP را اجرا می‌کنند. ثبت اطلاعات مربوط به وقایع تعمیر و نگهداری نیاز به ادغام مستقیم یک سیستم ERP با سیستم کنترل خط تولید، مرکز کاری، و یا اجرای سیستم اجرایی تولید می‌باشد. برای ارزیابی عملکرد فرآیندهای تعمیر و نگهداری، تولید اصلی طرح باید اجرا شوند. این بدان معنی است که رویه‌های MRP و MRPII باید، برنامه تولید اصلی توسط سیستم ERP و تاخیرات یا شکست از فرآیندهای تولیدی ثبت‌شده را اجرا کنند. جنبه مهم بعدی پیاده‌سازی از سیستم ERP در زمینه تعمیر و نگهداری طراحی ارتباطات، نظارت و گزارش از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری است. به‌طور کلی، سیستم ERP باید مدیریت پروژه تعمیر و نگهداری را بهبود بخشد. بر اساس ثبت اطلاعات از سیستم تولید و

روش‌های نظارت، یک سیستم ارزیابی کارکنان نگهداری باید طراحی شود. بر اساس ثبت وقایع تولید و تجزیه و تحلیل زمانی الگوریتم پاداش حقوق و دستمزد برای کارگران تعمیر و نگهداری باید مشخص شود. اگر پاداش حقوق و دستمزد بتواند به صورت خودکار محاسبه کند سیستم مؤثر خواهد شد. اگر سیستم انگیزشی به درستی طراحی شود، پرسنل تعمیر و نگهداری نه تنها به طور مداوم کار پربارتر را بهبود می‌بخشند، اما آن‌ها همچنین خواستار سرمایه‌گذاری و بهبود منابع تولید، و یا فهرست مناسبی از انبار تعمیراتی دارند (قطعات یدکی مورد نیاز در انبار تعمیر و نگهداری). برای فعالیتهای تعمیر و نگهداری، باید روشی در نتیجه کارکردهای ERP ساخته و اجرا شود. به عنوان مثال، برای از بین بردن شکست، مراحل زیر از فعالیتهای تعمیر و نگهداری را می‌تواند تعیین کرد:

- ثبت خودکار از زمان شکست ماشین در سیستم ERP.
- ثبت نوع شکست چک کردن علل شکست بر اساس یک فهرست بسته‌ای از احتمالات. هر علتی که توسط مجموعه‌ای از علائم شرح داده شده است - انتخاب نوعی از شکست که توسط اپراتور دستگاه ایجاد شده است.
- ارسال اطلاعات با توجه به اولویت توزیع امکانات تعمیر و نگهداری به عنوان ایمیل و یا پیام متنی، و ثبت به صورت خودکار در سیستم ERP از زمان خدمات نگهداری که گزارش شده است.
- انتصاب یک کارگر تعمیر و نگهداری (یا گروه کارگران تعمیر و نگهداری) برای از بین بردن شکست.
- ثبت اطلاعات اضافه شده از شکست در پایگاه داده ERP - تعیین حوزه تعمیر و نگهداری پروژه و فهرست منابع.
- مشخص کردن و چک کردن دسترس بودن جایگزین و نیاز به همکاری - تعیین برنامه تعمیرات.
- اطلاعاتی برای برنامه‌ریزی تولید - معرفی تغییرات به برنامه تولید [۱۵].
- تعمیرات و تست دستگاه.



شکل ۸. روش پیاده سازی سیستم ERP در حوزه تعمیر و نگهداری

روش پیاده سازی سیستم ERP در حوزه تعمیر و نگهداری در شکل ۸ ارائه شده است. هدف اصلی از روش پیشنهادی محصور به ادغام ERP با سیستم انگیزشی کارکنان تعمیر و نگهداری برای بهبود اثربخشی از فرآیندهای نگهداری بود. در مرحله اول از پیاده سازی سیستم ERP در حوزه تعمیر و نگهداری، فرآیندها و منابع تعمیر و نگهداری باید تعریف شده باشد. داده ها منابع و فرآیندهای تعمیر و نگهداری را شرح می دهد و باید در سیستم ERP تعریف و ثبت شده باشد. در مرحله بعد، یک الگوریتم از نظارت داده ای فعالیت های تعمیر و نگهداری، تجزیه و تحلیل و گزارش گیری باید ایجاد شود (کدام نسبت ها مهم هستند، چگونه اغلب داده ها باید ثبت شوند، برتری های تعمیر و نگهداری چیست، و غیره). مجموعه ای از داده های ثبت شده برای مرحله بعدی این روش مهم هستند به این معنی ساخت سیستم پاداش حقوق و دستمزد مؤثر است. اطلاعات ثبت شده در سیستم ERP قادر می باشد تا به طور خودکار پاداش حقوق و دستمزد برای کارگران تعمیر و نگهداری را محاسبه کند، که می تواند هر روز نتایج مالی از کار مؤثر خود را کنترل کند.

نتیجه گیری

تعمیر و نگهداری تولید یک حوزه بسیار مهم است، به ویژه برای شاخه های صنعت کاملاً خودکار است. مدیریت موثر کارکنان تعمیر و نگهداری مشکل است زیرا تعدادی از وظایف تشخیصی را نمی توان برنامه ریزی کرد (زمان شکست (خرابی) و یا تعمیرات اساسی). روش پیاده سازی

سیستم ERP در این حوزه از ادغام نگهداری تولید نظارت بر عملکرد وظایف نگهداری با سیستم انگیزشی کارگران تعمیر و نگهداری پیشنهاد می‌شود. سیستم‌های ارزیابی پرسنل تعمیر و نگهداری بر اساس میزان QEE مفید است، اما بیش از حد ساده است. به منظور تولید مؤثر بهبود مستمر از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری، الگوریتم ارزیابی فرآیندهای تعمیر و نگهداری باید همراه با تغییرات در نیازهای تولید تغییر یابد. سیستم انگیزشی پرسنل تعمیر و نگهداری بایستی با استراتژی شرکت مطابقت داشته باشد. به عنوان مثال، اگر پیشگیری مهم‌ترین شاخص است، پاداش حقوق می‌تواند وابسته به زمان متوسط بین شکست‌ها باشد (MTBF). روش ارائه شده کارگران تعمیر و نگهداری را قادر به نظارت بر ارزیابی روزانه از فعالیت‌های خود و سطح پاداش حقوق می‌کند. سیستم نمونه در یک شرکت تولیدی که پیش ساخته‌هایی را برای صنعت ساختمان تولید می‌کند اجرا کرده‌اند.

منابع

- [1] Morton N. A. , Hu Q. , Implications of the fit between organizational structure and ERP:A structural contingency theory perspective, *International Journal of Information Management*, 28, 391–402, 2008
- [2] Kans M. , An approach for determining the requirements of computerized maintenance managementsystems, *Computers in Industry*, 59, 1, 32–40, January, 2008
- [3] Kłos S. , Evaluation methodology of ERP system implementation in manufacturing enterprises, *Zielona Gora, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogorskiego*, 263, 2010
- [4] Barbera L. , Crespo A. , Viveros P. , Stegmaier R. I. , Advanced model for maintenance management in a continuous improvement cycle:integration into the business strategy, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 3, 1, 47– 63, March 2012
- [5] Muchiri P. , Pintelon L. , Gelders L. , Martin H. , Development of maintenance function performance ,measurement framework and indicators, *Int. J. Production Economics*, 131, 295–302, 2011
- [6] Bass B. M. , Avolio B. J. , *Improving Organizational Effectiveness Through Transformational Leadership*, Sage Pub. Inc. , 1994

- [7] Van Horenbeek A. , Pintelon L. , Muchiri P. , Maintenance optimization models and criteria, *Int. J Syst. Assur. Eng. Manag.* , 1 (3) , 189–200, JulySept. 2010
- [8] Rosqvist T. , Laakso K. , Reunanen M. , Valuedriven maintenance planning for a production plant, *Reliability Engineering and System Safety*, .94, 1, 97–110, January 2009
- [9] Horenbeek A. , Pintelon L. , Muchiri P. , Maintenance optimization models and criteria, *International,Journal of System Assurance Engineering and Management*, 1, 3, 189–200, September 2010
- [10] Mosaddar D. , Shojaie A. , A data mining model to identify inefficient maintenance activities, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 4, 2, 182–192, June 2013
- [11] Shum YuSu, Gong D. Ch. , The application of genetic algorithm in the development of preventive, maintenance analytic model, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32, 1–2, 169–183, February .2007
- [12] Imai M. , Kaizen, Kaizen Institute Polska, MT Biznes Ltd. , 2007
- [13] Laszkiewicz M. , Maintenance is a strategic business asset [inPolish:Utrzymanie ruchu to strategiczne aktywa firmy] , *Trade Media International [Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych]*, Warszawa, March 2005
- [14] Schutz J. , Rezg N. , L´eger J. B. , An integrated strategy for efficient business plan and maintenance plan for systems with a dynamic failure. distribution, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24, 1, 87–97, February 2013
- [15] Yang Z. M. , Djurdjanovic D. , Ni J. , Maintenance scheduling in manufacturing systems , based on predicted machine degradation, *J. Intell. Manuf.* , 19,87–98, 2008