

ارزیابی اجرای نت خودگردان در مدیریت توقفات اضطراری (مطالعه موردی)

فهیمه نوری^۱، رضا رضامانی^۲

^۱ دکتری فیزیک و دانشگاه شهاب دانش (نویسنده مسئول)

^۲ کارشناس برق و قدرت و سرپرست برق

چکیده

نگهداری و تعمیرات دارایی‌های فیزیکی و بهره‌برداری بهینه در تولید از مهمترین اهداف هر شرکت تولیدی است. توسعه روزافزون فناوری و نیز پیچیدگی تجهیزات و قطعات و جایگزینی ماشین‌آلات به جای منابع انسانی، منجر به توسعه سیستم‌های نگهداری و تعمیرات شده و از اینرو واحد نگهداری و تعمیرات (نت) را به یکی از ارکان مهم سازمان تبدیل کرده است. شرکت‌های تولیدی روش‌های مختلفی برای نگهداری و تعمیرات تجهیزات به کار می‌برند. یکی از روش‌های نگهداری و بررسی تجهیزات، نگهداری و تعمیرات خودگردان است. نویسندگان مقاله با توجه به تجربه کاری خود این روش نگهداری را در یک شرکت تولیدی جهت کاهش توقفات اضطراری به کار گرفتند. این مقاله به مزایا و معایب این روش می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات، نت، نت خودگردان، نت اپراتوری، نت پیشگیرانه، تجهیز، توقف اضطراری.

۱. مقدمه

در هر شرکت تولیدی، تجهیزات و ماشین‌آلات دارایی‌های بلندمدت آن شرکت هستند و در استفاده بهینه و بیشینه از آنها کوشش می‌شود. از این‌رو برای بهینه‌کاری و عملکرد، نسبت به نگهداری و تعمیرات این تجهیزات برنامه‌ریزی می‌شود. فرآیندهای نگهداری صنعتی و برنامه‌های تعمیر، سنگ بنای بهره‌وری و قابلیت اطمینان تجهیزات هر کسب‌وکاری هستند. بنابراین، بسیاری از انواع تعمیر و نگهداری در کنار هم وجود دارند تا به تولیدکنندگان فرصت‌هایی برای بهینه‌سازی خطوط تولید ارائه دهند [۱].

انواع مختلفی از روش‌های نگهداری و تعمیرات وجود دارند که هر کدام برای اهداف خاصی طراحی شده‌اند. نگهداری و تعمیرات متفاوت به سازمان کمک می‌کند تا تجهیزات را با روش‌های گوناگونی نگهداری و نهایتاً تعمیر نمایند. این مقاله به نوعی خاص نگهداری و تعمیرات با نام نگهداری و تعمیرات اپراتوری یا خودگردان پرداخته و نتایج استفاده از این نوع نگهداری و تعمیرات را به‌صورت مطالعه موردی در یک شرکت تولیدی بررسی می‌کند.

۲. پیشینه تحقیق

واحد نگهداری و تعمیرات در یک مجموعه تولیدی، واحدی است که مجموعه‌ای از فرآیندها و اقدامات در راستای تضمین عملکرد مداوم و کارآمد ماشین‌آلات، تجهیزات و سایر انواع دارایی‌های فیزیکی را در بردارد. اهمیت نگهداری و تعمیرات تجهیزات به این علت است که خرابی ماشین‌آلات و تجهیزات در بسیاری از موارد می‌تواند منجر به توقف بخشی از فرایند تولید یا کل آن شود. در واقع توقفات به‌خصوص توقفات برنامه‌ریزی نشده در تولید، یکی از بزرگ‌ترین دلایل کاهش بهره‌وری است که باعث ایجاد تاخیر در تولید، مشتریان ناراضی، از دست رفتن درآمد و ایجاد ضایعات می‌شود [۲].

به طور کلی، هدف واحد نگهداری و تعمیرات تلاش برای حفظ وضعیت و عملکرد یک ماشین، همانند وضعیت و عملکرد آن در زمانی که هنوز نو است، می‌باشد.

منظور از نگهداری، نگهداری تجهیزات در شرایط کاری و بهره‌برداری خوب است و برای حفظ عملکرد، کارایی و ایمنی تجهیز در طول عمر تجهیز از آن نگهداری می‌شود. اما تعمیرات به اقداماتی گفته می‌شود که برای بازگرداندن عملکرد مناسب یک دارایی انجام می‌شود یا استفاده از آن تجهیز را بهبود می‌بخشد و آن را به شرایط کاری مطلوب باز می‌گرداند. سطح تعمیرات مورد نیاز به نوع خرابی تجهیزات بستگی دارد که در حالت کلی به دو نوع خرابی کامل و خرابی جزئی تقسیم‌بندی می‌شود. در خرابی کامل تجهیز به طور کلی دیگر در دسترس نمی‌باشد و هیچگونه کارایی نخواهد داشت ولی در خرابی جزئی تجهیز با وجود خرابی تجهیز با ناامنی یا با حداقل کارایی، هنوز تا حدی کار می‌کند و می‌توان از تجهیزات استفاده کرد.

به عبارت ساده‌تر، تعمیرات پس از خرابی و توقف دستگاه و برای به حداقل رساندن تلفات انجام می‌شود، در حالی که نگهداری برای جلوگیری از خرابی غیرمنتظره تجهیز است و تفاوت میان این دو در این است که هدف تعمیرات، بازیابی عملکرد است در حالی که نگهداری به دنبال حفظ عملکرد است.

تعمیر و نگهداری هر دو هدف نهایی یکسانی یعنی بیشترین بهره‌وری از دارایی‌های را دارند. روش‌های مختلفی برای نگهداری و تعمیرات وجود دارد مانند نگهداری و تعمیرات اصلاحی، پیشگیرانه، پیشبینانه، اضطراری، اپراتوری و ...، که هر کدام بر اساس اهداف سازمان پیگیری می‌شوند [۳].

۳. مبانی نظری

نت خودگردان (AM) یکی از ارکان هشتگانه نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM) است که ابتدا این تعریف بر اساس فرهنگ ژاپنی در فلسفه نگهداری و تعمیرات وارد شد. تعریف کلی از نت خودگردان، مشارکت پرسنل تولید در فعالیت‌های حفظ و نگهداری تجهیزات خود می‌باشد. گام نخست در جهت اجرای موفق نت خودگردان، خلق اپراتوری ماهر است، به این معنا که اپراتورها باید مسئول نگهداری روزانه از ماشین‌آلات خود باشند و هدف اصلی فرهنگ‌سازی استقرار نگهداری و

تعمیرات اپراتوری و جاری سازی آن در نگهداری تجهیزات و ماشین آلات، رساندن خرابی به صفر است. با بازرسی روزانه توسط اپراتور تجهیز با روش پیشگیرانه، از وقوع خرابی های مزمن و تکراری جلوگیری شده و باعث بهبود مدیریت نگهداری و تعمیرات یک سازمان می شود. اپراتور هر تجهیز علاوه بر بهره برداری درست از تجهیز با مدیریت مناسب و برقراری شرایط اولیه مورد نیاز جهت نگهداری تجهیزات در وضعیت مناسب و کارا می تواند در نگهداشت تجهیزات و تعمیرات اولیه با واحد نت همکاری داشته باشد [۴].

اهداف فعالیت های نگهداری و تعمیرات نت خودگردان پیشگیری از فرسایش زود هنگام تجهیزات با بهره برداری صحیح از تجهیزات، حفظ شرایط اصلی تجهیزات، انجام تنظیمات، حفظ و نگهداری سوابق و خرابی های اضطراری، بازرسی های ظاهری روزانه با استفاده از حواس پنجگانه، فرهنگ همکاری اپراتورها با گروه نگهداری و تعمیرات و ... می باشد [۵].

مهارت های نگهداری در اپراتور از طریق یک برنامه آموزشی توسط واحد نت ایجاد می شود و فعالیت هایی از قبیل انجام بازرسی های عمومی، تمیز و قابل دسترس نگهداشتن تجهیزات، شناسایی و حذف منابع مشکلات، پشتیبانی و ایجاد استانداردها و رویه های تمیزکاری و روانکاری، استانداردسازی از طریق مدیریت بصری محیط کار، پیاده سازی مدیریت خودگردان تجهیزات، انجام فعالیت های ساده نگهداشت و سرویس کاری مانند تعویض فیلترها، روان کاری و تعویض روغن و همکاری با واحد نگهداری و تعمیرات برای تعمیر تجهیزات خراب فعالیت های عمده نت اپراتوری هستند [۵].

اپراتورها از ابزار حسی می توانند استفاده کنند تا مشکلات و خرابی های تجهیز را پیش از آنکه تبدیل به خرابی های اساسی شوند شناسایی کنند. این ابزار حسی شامل نگاه کردن برای یافتن نابهنجاری ها، گوش دادن برای تشخیص صداهای غیرطبیعی، ارتعاشات و نشی ها، احساس حرارت غیرطبیعی یا سطوح سرد و داغ و بو کشیدن بوهای غیرطبیعی یا بوی سوختگی است.

برای آماده سازی اپراتور جهت نت خودگردان لازم است ابتدا آموزش های لازم را داشته باشد، آموزش هایی نظیر نظافت درست تجهیز و محیط کار به طوری که تجهیز آسیب نبیند، پارامترهای مورد نیاز به بررسی، چگونگی ثبت استاندارد و جاری سازی فعالیت های انجام شده و بازدید کلی از ظاهر ماشین است.

واحد نت هنگام گزارش خرابی توسط اپراتور می تواند با دید بازتر تعمیرات انجام دهد و متوجه مشکلات خرابی مانند صدا، بو و یا ارتعاش نابجا باشد. واحد نت باید توجه داشته باشد در حال اصلاح یا تعویض تجهیز اپراتورها در بازبینی و طراحی دخیل بوده و بخشی از تیم بهبود باشند.

۴. روش شناسی و یافته ها

واحد نت که مجری تعمیرات و نگهداری تجهیزات است، جهت نگهداری و بهره برداری بهینه علاوه بر تعمیرات اصلاحی، بهبود، پیشگیرانه، ... می تواند نگهداری و تعمیرات خودگردان را نیز در برنامه ریزی تعمیراتی خود وارد کند. شرکت تولیدی که نویسندگان تجربه کار در واحد نگهداری و تعمیرات در این شرکت را داشته اند به اجرای نت خودگردان پرداختند.

هدف اصلی از اجرای نت خودگردان در این شرکت کاهش زمان توقف اضطراری بود. زمان تعمیرات اضطراری، زمانی است که در اثر خرابی تجهیز متوقف شده و تولید انجام نمی شود [۶]. شرکت های تولیدی سعی در کاهش زمان توقف اضطراری دارند که یکی از روش های آن انجام نت پیشگیرانه به خصوص نت خودگردان می باشد. فرضیه انجام نت اپراتوری جهت جلوگیری از توقف اضطراری در این شرکت مورد آزمایش قرار گرفت.

ابتدا جلسه ای در واحد نت با روش بارش فکری گذاشته شد و به روش و چگونگی جاری سازی نت اپراتوری در شرکت مورد نظر پرداخته شد. سپس برای هر تجهیز که نگهداری آن از اهمیت برخوردار بود چک لیست بازرسی های پیشگیرانه (PM) آن تهیه شد. سپس به آموزش اپراتورها توسط واحد نت و فرهنگ سازی جهت انجام نت خودگردان پرداخته شد و چک لیست تهیه شده به اپراتور تحویل داده تا اپراتور تجهیز بتواند موارد ذکر شده جهت نگهداری را کنترل کند و نهایتاً مشاهدات خود

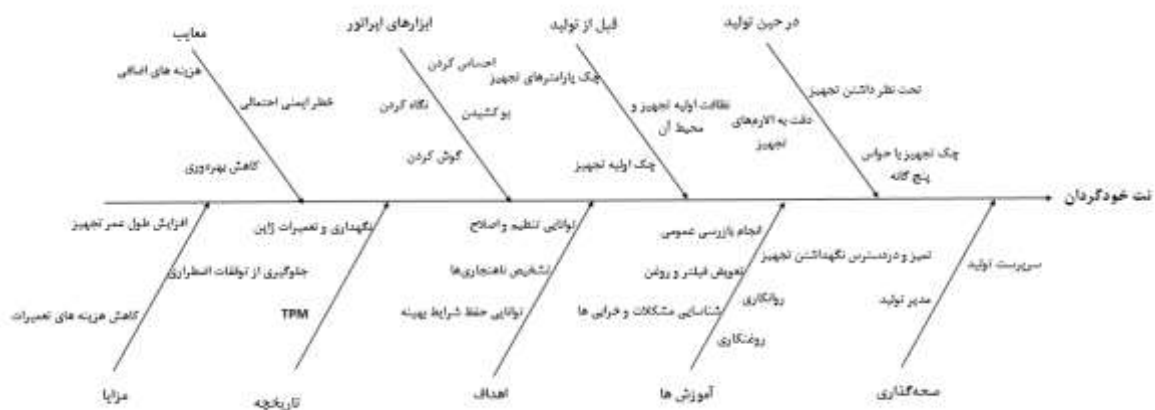
همچنین نواقص و تعمیرات مورد نیاز تجهیز را مستند کرده و در اختیار واحد نت قرار می‌دهد. البته واحد نت به خوبی آگاه است که اینگونه داده‌ها صرفاً به نگهداری آمار خرابی‌ها کمک می‌کند و هیچ کمکی به تحلیل خرابی‌ها نخواهد کرد.

پس از یک سال جاری‌سازی این پروژه و گرفتن داده‌های بدست آمده از انجام نت اپراتوری و زمان توقفات اضطراری با روش بارش فکری با اعضای تیم واحد نت به ارزیابی اجرای انجام گرفته پرداخته شد. نتیجه این تفکرات جمعی در نمودار استخوان ماهی شکل ۱ آورده شده است.

همانگونه که در شکل ۱ آورده شده است، در مرحله نخست چگونگی اجرای نت خودگردان یا اپراتوری بررسی شد. این مرحله شامل این موارد بود: آموزش‌های لازم به اپراتورها مانند آموزش تمیزکاری درست تجهیز به گونه‌ای که آسیبی به آن وارد نشود، انجام بازرسی‌های اولیه و عمومی مانند بررسی میزان روغن و گریس تجهیز و یا فیلترهای مورد نیاز آن، شناسایی مشکلات و خرابی تجهیز در لحظات اولیه قبل از وقوع یک خرابی بزرگ و اساسی. هم‌زمان ابزارهایی که واحد نت در اختیار اپراتور جهت نگهداری اولیه قرار می‌دهد بررسی شد. نتیجه این بررسی‌ها این بود که حواس پنجگانه اپراتور مهمترین نقش را در کارایی عملکرد او در نگهداری‌ها دارد. صحنه‌گذاری بر کار اپراتور نیز از موارد بررسی شده اولیه بود که سرپرست خطوط تولید و نهایتاً مدیر تولید توان صحنه‌گذاری بر کار اپراتور را دارد زیرا بعد از اپراتور این افراد بیشترین آشنایی را با تجهیز داشته و می‌توانند در مواردی مانند تمیزی تجهیز به خوبی نظر بدهند.

استانداردسازی نت اپراتوری از موارد دیگر بررسی شده جهت اجرای نت اپراتوری بود که تصمیم گرفته شد چک لیست‌های مخصوص هر تجهیز که در نگهداری و تعمیرات آن اهمیت وجود دارد تهیه شود و در تواتر زمانی خاصی در اختیار اپراتور قرار گیرد که این تواتر زمانی توسط کارشناس برنامه‌ریزی واحد نت مشخص شود. چک لیست‌های تهیه شده شامل فعالیت‌های نگهداری و بازرسی قبل و بعد از تولید و در حین است.

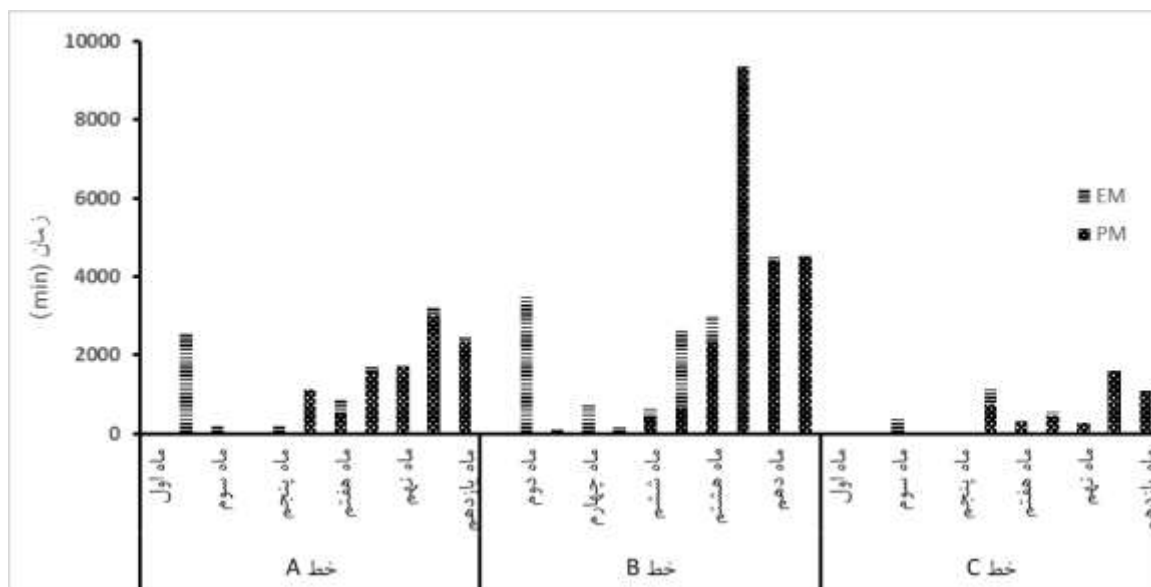
نهایتاً در جلسه بارش فکری که پس از یک سال از اجرای نت اپراتوری برگزار شد، مزایا و معایب اجرای این کار بررسی شد که در ادامه مقاله به آن اشاره خواهد شد.



شکل ۱ - نمودار استخوان ماهی نت خودگردان که با روش بارش فکری اعضای واحد نگهداری و تعمیرات

واحد نت این شرکت هم‌زمان با اجرای نت خودگردان، نت پیشگیرانه توسط فنی‌کار و برقی‌کار را نیز اجرا کرد و آموزش‌های مورد نیاز به برقی‌کار و فنی‌کار جهت چک و بازرسی‌های پیشگیرانه مطابق با چک لیست‌های تهیه شده برای هر تجهیز انجام شد و به‌صورت ماهانه اجرای اینگونه نگهداری و تعمیرات ارزیابی کرد. قسمت برنامه‌ریزی واحد نت به ارزیابی زمان توقفات اضطراری در خطوط تولید و زمان‌های انجام نت خودگردان که توسط اپراتور انجام می‌شود در شش ماه انجام پروژه نت اپراتور پرداخت که نتیجه این ارزیابی‌ها در نمودار شکل ۲ آورده شده است.

نمودار شکل ۲ زمان تعمیرات اضطراری (EM) و پیشگیرانه (PM) همراه با نت خودگردان را برای خطوط تولیدی A، B و C در یک سال آورده است. همانگونه که در نمودار مشخص است شش ماه اول سال نت اپراتوری اجرا نشده و شروع استقرار این نت از شش ماه دوم سال است. با توجه به نمودار شکل ۲ در هر سه خط تولیدی با افزایش نت پیشگیرانه زمان توقف اضطراری کاهش چشمگیری یافته است به خصوص در خط A و این تجربه عملی تاثیر خوب نت پیشگیرانه همراه با نت اپراتوری را در توقفات اضطراری خطوط تولید نمایش می‌دهد.



شکل ۲- نمودار زمان تعمیرات اضطراری (EM) و نت خودگردان (PM) در خطوط تولید A، B و C

کنار مزایایی که از نت خودگردان بیان شد مانند افزایش طول عمر تجهیز، جلوگیری از توقفات برنامه‌ریزی نشده، کاهش هزینه‌ها، کاهش ضایعات و ... در مواردی معایب و سختی کار نیز وجود دارد مانند آنچه به عنوان هزینه‌های اضافی شناخته می‌شود. البته این درست است که شیوه‌های تعمیر و نگهداری اغلب سودمندتر از این هستند که دید هزینه اضافه به آنها شود، اما نکته اصلی این است که اجرای آنها همچنان هزینه‌بر است. جهت جلوگیری از افزایش هزینه‌های بی‌مورد از طریق نگهداری و تعمیرات، مدیر نت می‌تواند توالی زمانی بهینه‌ای برای انجام نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برنامه‌ریزی کند. همچنین گاهی جهت اجرای PM نیاز به توقف خط است که باعث از دست رفتن بهره‌وری می‌شود، زیرا نگهداری و تعمیر برنامه‌ریزی شده اغلب مستلزم آن است که تجهیزات به‌طور کامل تعطیل شوند و برای مدت زمان معینی غیرفعال باشند، اما اگر خرابی‌های احتمالی از قبل تعمیر نشوند باعث توقف اضطراری شده و به از دست رفتن بهره‌وری، ضررهای مالی و اختلال احتمالی عملیات تبدیل می‌شوند.

یکی از موارد ریسک نت خودگردان خطر ایمنی احتمالی به علت عدم رعایت پروتکل‌های نگهداری و تعمیر مناسب توسط اپراتوری است که به خوبی آموزش ندیده باشد، مانند زمانی که اپراتور از توقف تجهیز اطمینان دارد و این می‌تواند باعث صدمات جدی و حتی مرگ و میر پرسنل شود که هر سازمان هنگام اجرای نت خودگردان باید متوجه این موارد باشد.

۵. نتیجه‌گیری

هر شرکت تولیدی سعی در بهره‌وری بهینه از تجهیزات خود دارد تا فرایند تولید آن بهینه باشد که این تولیدی بیشینه همراه با ضایعاتی کمینه را به همراه خواهد داشت. در این راستا برای واحدهای مختلف شرکت وظایفی تعریف شده است. یکی از این

واحدها واحد نگهداری و تعمیرات (نت) است. وظیفه واحد نت خدمات دوره‌ای و فعالیت‌های منظم و برنامه‌ریزی شده جهت نگهداری و تعمیر تجهیزات و جلوگیری از خرابی‌های پیش‌بینی نشده است. برای این منظور واحد نت می‌تواند نوعی خاصی از نگهداری تجهیزات با نام نت خودگردان یا نت اپراتوری را اجرا کند. این روش بدین جهت است که اپراتور هر دستگاه و تجهیز نزدیکترین فرد به تجهیز است که به خوبی با تجهیز آشنا است. واحد نت می‌تواند با آموزش مناسب و برنامه استاندارد شده با تواتر مشخص از اپراتور جهت نگهداری و تعمیرات جزئی کمک بگیرد. این نگهداری‌ها می‌تواند شامل مواردی مانند بررسی کلی و عمومی تجهیز، نظافت آن، دقت به صداها و لرزش‌های غیر طبیعی تجهیز و ... باشد. نویسندگان این مقاله به اجرای نت اپراتوری در واحد نت شرکت خود پرداختند و نتایج کسب شده در این راستا را در این مقاله به اشتراک گذاشته‌اند. مهمترین دستاورد از اجرای نت اپراتوری کاهش چشم‌گیر توقفات اضطراری است.

منابع و مراجع

۱. اسکندرزاده ثابت، امین، ترکمان، & کامران. (۲۰۲۰). مدیریت عملکرد و هزینه ماشین آلات با بهره‌گیری از شاخص‌های کلیدی. علوم و فنون سازندگی، ۱۱(۳)، ۳۳-۳۹.
۲. والمحمدی، چنگیز، صوفیابادی، لطف زاده، & فخرالدین. (۲۰۱۷). انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات به منظور بهبود شاخص‌های ارزیابی قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری. مدیریت بهره‌وری، ۱۱(۳) (۴۲)، ۱۷۵-۱۹۶.
۳. حاج شیرمحمدی، علی. (۱۳۷۹). یک سیاست بهینه تصمیم‌گیری در نگهداری و تعمیرات پیشگیری با در نظر گرفتن عوامل فنی - اقتصادی و سهولت اجرا. استقلال، ۱۹(۲)، ۴۷-۶۴.
۴. شریفی، علیرضایی، ابوتراب، & مدیری. (۲۰۱۷). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار نت بهره‌ور فراگیر (TPM) بر چابکی سازمانی با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. مدیریت زنجیره تأمین، ۱۸(۵۴)، ۷۹-۸۸.
۵. حاج شیرمحمدی، علی. (۱۳۹۴). نگهداری و تعمیرات (نت) بهره‌ور فراگیر TPM. ارکان دانش.
۶. نوری، فهیمه. «توقف‌های اضطراری و شاخص‌های آن از دیدگاه نگهداری و تعمیرات». کنفرانس بین‌المللی پژوهش در مهندسی صنایع، کنترل و مدیریت پروژه، تهران، پژوهشگاه آموزش و تحقیقات مهندسی، ۱۴۰۳.