

تحلیل و طراحی برنامه نت در سیستمهای تولید ایستگاهی بوسیله شبیه سازی

فرهاد کلاهان^۱، محمد دوست پرست^۲

گروه مهندسی مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

Kolahan@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات از عوامل مهم و تاثیر گذار در عملکرد سیستم های تولیدی صنعتی می باشد. با اینحال به دلیل پیچیدگی و ماهیت تصادفی این گونه مسائل، الگوریتم های قطعی برای تدوین و ارزیابی برنامه نت از دقت و کارایی لازم برخوردار نیستند. در این تحقیق از روش شبیه سازی کامپیوتری برای تحلیل و انتخاب برنامه مناسب نت پیشگیرانه استفاده شده است. روش پیشنهادی در یکی از شرکتهای تولید قطعات اتومبیل با موفقیت پیاده سازی گردیده است. در این راستا، سیاستهای مختلف نت شبیه سازی شده و با توجه به پارامترهای مهم، مانند ظرفیت ایستگاهها، درصد خرابی دستگاه ها و متوسط تولید در ساعت، بهترین روش نت تعیین و پیشنهاد شده است. نتایج محاسباتی دقت و کارایی استفاده از ابزار شبیه سازی را در این گونه مسائل نشان می دهد.

واژه های کلیدی: نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه- شبیه سازی کامپیوتری- نرم افزار Show flow

۱- مقدمه

امروزه، با پیچیده تر شدن واحدهای صنعتی و گرانتر شدن تجهیزات آنها، برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (نت) پیشگیرانه از اهمیت خاصی برخوردار شده است. تدوین و اجرای یک برنامه بهینه نت پیشگیرانه، نقش مهمی در ارتقاء راندمان و بهبود عملکرد سیستمهای صنعتی و تولیدی دارد. با اجرای یک برنامه نت مناسب، علاوه بر افزایش راندمان و در دسترس پذیری سیستم، خرابیهای پیش بینی نشده و اتفاقی کاهش می یابند. این امر بنوبه خود موجب کاهش هزینه ها و افزایش بهره وری سیستم خواهد شد [1].

اگر چه تحقیقات متعددی در زمینه نت پیشگیرانه انجام گرفته است، در بسیاری از آنها، زمان انجام فعالیتها و نرخ وقوع خرابیها مقادیری ثابت و قطعی در نظر گرفته شده اند [1][2]. این در حالیست که، در یک سیستم واقعی و پویا، این فرآیندها ماهیتی تصادفی داشته و از توابع توزیع آماری پیروی می نمایند. بنابراین، بمنظور مطالعه و تحلیل دقیقتر این سیستمها، میبایست از روشهای مدل سازی پویا مانند شبیه سازی کامپیوتری استفاده نمود.

بطور کلی، مطالعه و بررسی علمی سیستمها، بمنظور شناخت و اصلاح نقاط گلوگاهی و بهبود عملکرد آنها، یک امر ضروری در روند سریع پیشرفت های صنعتی، اقتصادی و خدماتی بنظر می رسد. برای شناخت بهتر سیستمها باید مدلی از سیستم ساخته شود. یک سیستم را می توان به صورت آزمایشگاهی، ریاضی و یا کامپیوتری مدل سازی کرد. در سیستم های

^۱ استادیار

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد

صنعتی بیشتر از مدل‌های ریاضی و کامپیوتری استفاده می‌شود. مدل‌های ریاضی از روش‌های تحلیلی و قطعی استفاده می‌کنند. اما به دلیل طبیعت تصادفی و احتمالی بسیاری از فرایندهای صنعتی و پایین بودن دقت نتایج روش‌های قطعی (بدلیل ماهیت قطعی آنها)، مدل‌های ریاضی در سیستم‌های واقعی کارایی مناسبی ندارند. علاوه بر این مدل‌های ریاضی تنها حالت پایدار سیستم را تحلیل می‌کنند و توانایی تحلیل حالت گذارای سیستم را ندارند. بنابراین، شبیه سازی کامپیوتری از یکی از بهترین راهکارها در مدلسازی دقیق و نزدیک به واقعیت این گونه سیستم‌ها می‌باشد.

در گذشته، شبیه سازی به دلیل پایین بودن فن‌آوری کامپیوتری و زمان‌بر بودن مدلسازی، چندان مورد استفاده قرار نمی‌گرفت. ولی امروزه با افزایش قابلیت کامپیوترها و تولید نرم افزارهای تخصصی شبیه سازی امکان مدلسازی سیستم‌های پیچیده را در زمان نسبتاً کوتاهی فراهم شده و شبیه سازی کامپیوتری را به یکی از کم هزینه‌ترین و بهترین روشها در طراحی سیستم‌های صنعتی تبدیل کرده است. علیرغم استفاده گسترده از شبیه سازی در کشورهای پیشرفته، این ابزار مفید در کشور ما کمتر مورد توجه بوده است.

در پژوهش حاضر، کاربرد شبیه سازی در تحلیل و انتخاب سیاست مناسب نگهداری و تعمیرات (نت) پیشگیرانه، مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، با انجام یک مطالعه موردی در شرکت رینگ سازی مشهد، به وسیله نرم افزار Show-Flow، روش‌های متفاوت نت شبیه سازی شده و بهترین برنامه نت پیشنهاد می‌شود.

۲- ابزار شبیه سازی کامپیوتری

بطور کلی، شبیه سازی تقلیدی از عملکرد سیستم واقعی با گذشت زمان است. شبیه سازی مسئولین را قادر خواهد ساخت هر سیستم تولیدی یا خدماتی را مدل نموده و بررسی‌های لازم آماری را در موارد مورد نظر، جهت اتخاذ تصمیم بهتر و با هدف کاهش هزینه‌ها و افزایش راندمان به عمل آورند. ویژگی منحصر به فرد شبیه سازی کامپیوتری، نسبت به روش‌های قطعی و استاتیک مدلسازی، توانایی آن در لحاظ نمودن پراکندگی آماری زمان فعالیت‌های مختلف در یک سیستم است. این قابلیت، مدل شبیه سازی را هر چه بیشتر به واقعیت نزدیک می‌نماید. در نتیجه نتایج حاصل از اجرای اینگونه مدل‌ها نیز، دقیق‌تر و قابل استنادتر خواهند بود.

در روش شبیه سازی، یک مدل کامپیوتری از سیستم ساخته شده و به اجرا در می‌آید. مدل شبیه سازی به کمک توزیع‌های آماری فعالیت‌ها، و با تسریع گذشت زمان، رفتار سیستم را تقلید می‌کند و آنرا در دیدگاه تحلیل‌گر قرار می‌دهد. کارشناس می‌تواند در هر زمان هر تغییری را لازم بداند، به آسانی در مدل سیستم ایجاد نموده و نتیجه تصمیم خود را بعد از اجرای مدل مشاهده نماید. در واقع، زمانیکه دیگر روش‌های بررسی علمی سیستمها ناتوان، طولانی یا گران بوده و نیاز به آگاهی‌های علمی و تخصص دارند، شبیه سازی کامپیوتری با صرف حداقل زمان و مخارج، نیازهای تحلیلی را برآورده می‌سازد. شبیه سازی قادر است یک آزمایش را به دفعات بدون صرف هزینه و خطری تکرار کند. همچنین در شبیه سازی می‌توان فرآیندی را که در سیستم واقعی، در زمانهای بسیار زیاد و یا بسیار کوتاه رخ می‌دهد، در مدت زمان دلخواه مشاهده نمود.

کاربردهای شبیه سازی بطور کلی در طراحی و تجزیه و تحلیل سیستمها می‌باشد. از جمله موارد کاربرد شبیه سازی در سیستم‌های صنعتی می‌توان به تعیین نقاط گلوگاهی، طول صف‌های مختلف (مانند صف قطعات)، راندمان و بهره‌وری سیستم، میزان انتظار جهت سرویس‌گیری، مدیریت زنجیره تامین، و برنامه ریزی سیستم تولید و نت اشاره کرد [3].

در این تحقیق از نرم افزار ShowFlow بمنظور ساخت مدل سیستم مورد نظر استفاده شده است. این نرم افزار از قابلیت‌های گرافیکی بالایی برخوردار بوده و بیشتر در زمینه شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته کاربرد دارد. بعلاوه، انواع توزیع‌های آماری و عناصر مورد استفاده در سیستم‌های صنعتی، در این نرم افزار لحاظ شده‌اند. چنین امکاناتی، کاربر را قادر به تحلیل و مدلسازی انواع سیستم‌های صنعتی و خدماتی می‌کند.

۳- مراحل شبیه سازی

شبیه سازی سیستم های صنعتی دارای مراحل متعددی است که برای موفقیت آمیز بودن شبیه سازی انجام صحیح هر کدام از آنها ضروری است. اگر مرحله ای به طور صحیح انجام نگیرد، نمی توان به نتایج حاصل از شبیه سازی استناد کرد. این مراحل بطور خلاصه در ادامه آمده است.

۳-۱ مطالعه و شناخت سیستم

در اولین مرحله، تحلیل گر می بایست شناخت کاملی از عملکرد سیستم شامل، تعداد، موقعیت، عملکرد و روابط ایستگاههای کاری، انبارها، شدت جریان مواد و پیدا نماید. این مرحله به طراحی مدل و تحلیل نتایج کمک خواهد نمود.

۳-۲ تعیین سطح شبیه سازی

شبیه سازی با جزئیات زیاد، باعث بالا رفتن حجم محاسبات و طولانی شدن زمان اجرای مدل می شود. از طرف دیگر، اگر مدلسازی با در نظر عوامل مهم انجام نگیرد، نتایج حاصل دقیق نبوده و نمی توانند به سوالات مطرح شده پاسخ گویند. بنابراین با توجه به دقت و نوع خروجیهای مورد نظر، می بایست سطح شبیه سازی تعیین شده و مدل مناسب ساخته شود.

۳-۳ جمع آوری اطلاعات و داده ها

برای اجرای یک مدل شبیه سازی، وجود داده ها و اطلاعات مورد نیاز بصورت توزیع های آماری ضروری می باشد. ولی داده های تجربی معمولاً به صورت مقادیر خام وجود دارند. این داده ها می باید پردازش شده و برای فعالیتهای مختلف، توزیع آماری مناسب بدست آورده شود.

۳-۴ ساخت مدل پایه

بعد از انجام مراحل ذکر شده، مدل پایه از سیستم مورد نظر طراحی و ساخته می شود. نتایج حاصله از اجرای این مدل باید با اطلاعات سیستم واقعی همخوانی داشته و هرگونه مغایرت اصلاح و رفع گردد. در ساخت مدل شبیه سازی، عوامل موثر در عملکرد سیستم، شامل ورودیها و خروجیها، نوع عملیات (پردازشهای) انجام شده توسط هر پردازشگر و نحوه ارتباط بین اجزا مختلف سیستم، می بایست بدرستی لحاظ شوند. در شکل (۱) نمونه ای از پنجره ورودی اطلاعات به نرم افزار نشان داده شده است.

۳-۵ انجام تحلیل ها و انتخاب روش

در این مرحله، هر گونه تغییرات احتمالی، قبل از اعمال در سیستم واقعی، بر روی مدل پیاده سازی شده و نتایج مقایسه و ارزیابی می شوند. با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی، بهترین روش برای سیستم انتخاب شده و در سیستم واقعی اعمال می گردد.

شکل ۱: پنجره ورود اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مدل پایه در نرم افزار Show flow

۴- مطالعه موردی: کارخانه رینگ سازی مشهد

فعالیت‌های نت محدود به صنعت خاصی نیستند. تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه در بسیاری از صنایع مانند نیروگاه‌ها، صنایع هواپیمایی و سیستم‌های تولیدی، که آماده و در دسترس بودن آنها حائز اهمیت است، یک امر ضروری است [5][4]. از میان، سیستم‌های ایستگاهی (مانند خطوط تولید و مونتاژ)، دلیل وابستگی کاری ایستگاه‌ها، حساسیت و تاثیر پذیری خاصی نسبت به برنامه نت دارند. در این سیستم‌ها خرابی هر ایستگاه، بر عملکرد و راندمان سایر ایستگاه‌های وابسته موثر است. صنایع قطعه‌سازی عمدتاً دارای سیستم‌های تولید ایستگاهی وابسته به هم می‌باشند، بنابراین برنامه نت برای آنها می‌بایست بگونه‌ای تدوین شود تا حداقل وقفه ممکن در عملکرد کل سیستم بوجود آید.

شرکت رینگ سازی مشهد یکی از شرکت‌های تابعه شرکت قطعات اتومبیل ایران، دارای دو کارخانه تولید رینگ چرخ سنگین دوتکه و تیوبلس و کارخانه تولید رینگ سواری می باشد. محصولات شرکت، شامل رینگ چرخ پیکان، مزدا وانت، دوو سی یلو، پژو ۴۰۵، پراید رینگ پژو ۲۰۶، رینگ سمند، رینگ دوو ماتیز است. کارخانه رینگ سواری شامل سه کارگاه طوقه، کاسه و مونتاژ است. مواد اولیه به صورت ورق وارد کارگاه‌های طوقه و کاسه شده و طوقه و کاسه های تولید شده در خط مونتاژ، مونتاژ می شوند. در این تحقیق خط تولید طوقه رینگ مورد بررسی قرار می گیرد. مراحل تولید طوقه رینگ شامل: برش ورق‌ها به اندازه مطلوب، نورد ورق‌ها، جوش دادن لب به لب ورق‌ها، تراش جوش‌ها و پلیسه گیری و ایجاد پروفیل است.

بمنظور ارزیابی سیاستهای مختلف نت، روشهای ممکن برای سیستم نت شبیه سازی شده و بهترین این روشها انتخاب شده است. لازم به ذکر است که نتایج ارائه شده، تنها بخشی از نتایج محاسباتی است و نشانگر عملکرد کلی کارخانه و خط تولید آن نمی باشد.

۵- استراتژیهای مختلف نت

روش های متفاوتی برای برنامه ریزی نت سیستم های تولیدی وجود دارد که می توان به دو گروه تعمیرات اتفاقی و پیشگیرانه تقسیم کرد. تعمیرات اتفاقی، تعمیرات بعد از خرابی را پیشنهاد می کند. اساس این روش بر حداقل نیروی کار و سرمایه برای سرپا نگهداشتن تجهیزات است. موارد کاربرد این روش بیشتر در تجهیزات استاندارد و ارزان قیمت، تجهیزات موازی و تجهیزاتی که فرسوده می باشد. تعمیرات پیشگیرانه با استفاده از تئوری های آمار و احتمالات، مستندات و پیشنهادات سازنده تجهیزات و سابقه کاری گذشته سعی در پیش بینی خرابی و از کار افتادگی دستگاه دارد. برای خط تولید مورد نظر، تعدادی از این روش ها مورد بررسی قرار گرفته است:

۱. تعمیرات اتفاقی (وضعیت فعلی):

در این روش، تعمیر دستگاه بعد از رخ دادن خرابی انجام می گیرد. اینوع تعمیرات نیاز به برنامه ریزی خاصی ندارد. ولی در عمل بدلیل وقوع خرابیهای اتفاقی و توقفات خارج از برنامه، باعث کاهش راندمان شده و بنابراین بکارگیری آن مطلوب نیست.

۲. سرویس خط در صورت خرابی هر دستگاه:

در خطوط تولید، غالباً خرابی هر دستگاه منجر به توقف تمامی یا قسمتی از خط می گردد. در این سناریو، در صورت خرابی دستگاهی که منجر به توقف خط شود، به همراه تعمیر دستگاه خراب، سایر دستگاههای متوقف شده نیز سرویس می شوند. در این راهکار تعمیر تمام دستگاه با هم شروع شده و بعد از تمام شدن تعمیرات کلیه خط، همه دستگاه ها وارد خط می شوند.

۳. سرویس پیشگیرانه خط سنکرون شده:

در این برنامه ریزی، توقف کامل خط و سرویس همزمان تمامی دستگاهها در بازه های مشخص پیشنهاد می گردد. در این روش مدیریت نیروی تعمیرات و تجهیزات را به گونه تخصیص می دهد که تعمیر تمام دستگاهها با هم شروع و با هم تمام شوند.

۴. سرویس پیشگیرانه تفکیکی:

ارائه برنامه نت خاص برای هر دستگاه پیشنهاد می گردد. بعبارت دیگر، هر دستگاه به طور جداگانه در بازه های زمانی خاص تعمیر پیشگیرانه می شود. واضح است بازه های زمانی برای سرویس دستگاههای مختلف ممکن است متفاوت باشد.

۵. سرویس پیشگیرانه تفکیکی با ارتقاء دستگاه گلوگاهی:

در این برنامه ریزی نیز هر دستگاه برنامه نگهداری و تعمیرات خاص خود را دارد با این تفاوت که فرض بر این است که نرخ خرابی دستگاه گلوگاهی (دستگاه با حداکثر نرخ خرابی) رابه توان به متوسط نرخ خرابی خط کاهش داد.

۶. سرویس پیشگیرانه خط سنکرون شده با ارتقاء دستگاه گلوگاهی :

این برنامه ریزی، با فرض ارتقاء دستگاه گلوگاهی، پیشنهاد توقف کامل خط در بازه های مشخص و تخصیص منابع به گونه ای که تعمیرات تمام دستگاههای باهم شروع و خاتمه یابد، پیشنهاد می کند.

۷. سرویس پیشگیرانه تفکیکی با احتساب ذخیره اطمینان در دستگاه گلو گاهی:

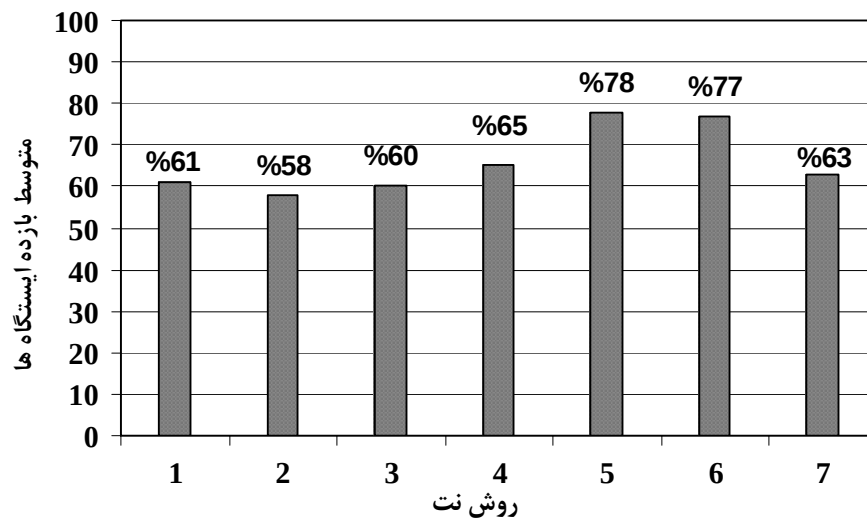
بررسی تاثیر نگهداری ذخیره اطمینان برای دستگاههای گلوگاهی هدف از اجرای این سناریو بوده است. این امر، بمنظور اجتناب از توقف ایستگاههای پایین دستی بدلیل نبود قطعات ورودی صورت می گیرد. بنابراین فرض بر این است که مقداری

ذخیره اطمینان (۱۰٪ در این مورد) از تولیدات دستگاه گلوگاهی همواره نگهداری می‌شود. هنگامی که دستگاه گلوگاهی خراب می‌شود، دستگاه‌های دیگر از ذخیره اطمینان تغذیه می‌شوند تا هنگامیکه دستگاه گلوگاهی تعمیر و وارد خط شود. هر کدام از روش‌های ذکر شده شبیه سازی شده و با مقایسه پارامترهای سرعت تولید، متوسط بازده دستگاهها و متوسط خرابی دستگاهها بهترین روش پیشنهاد شده است.

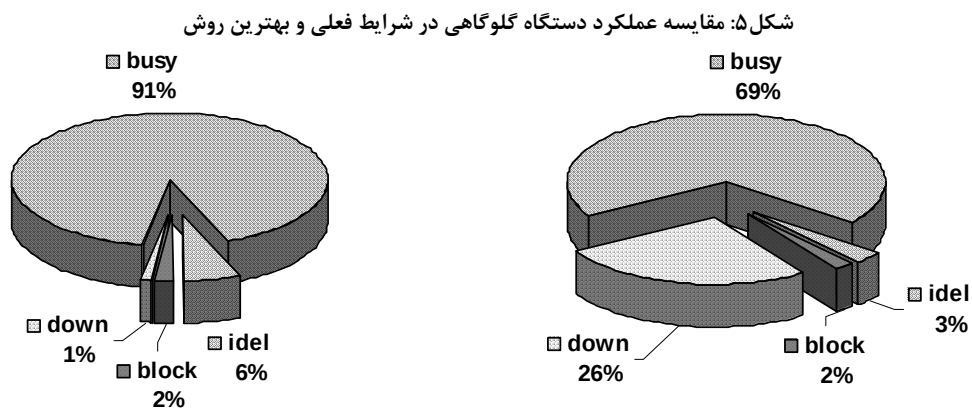
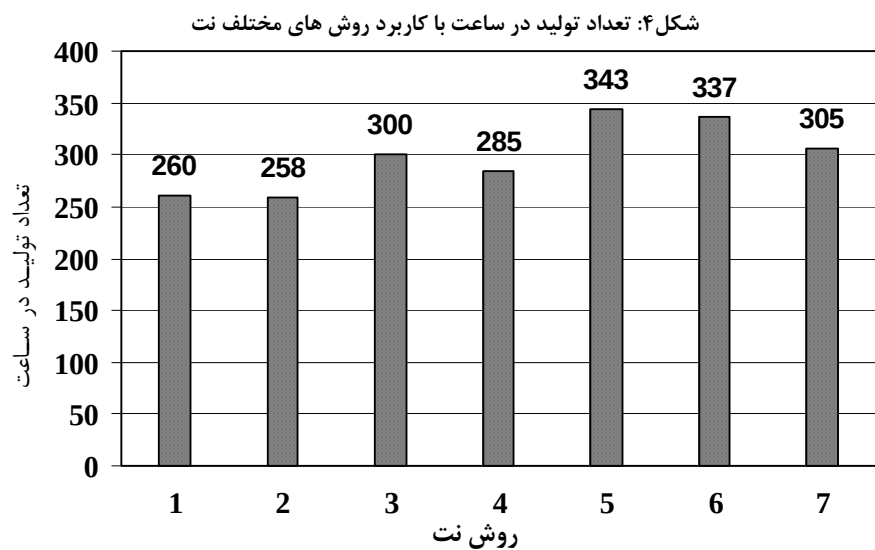
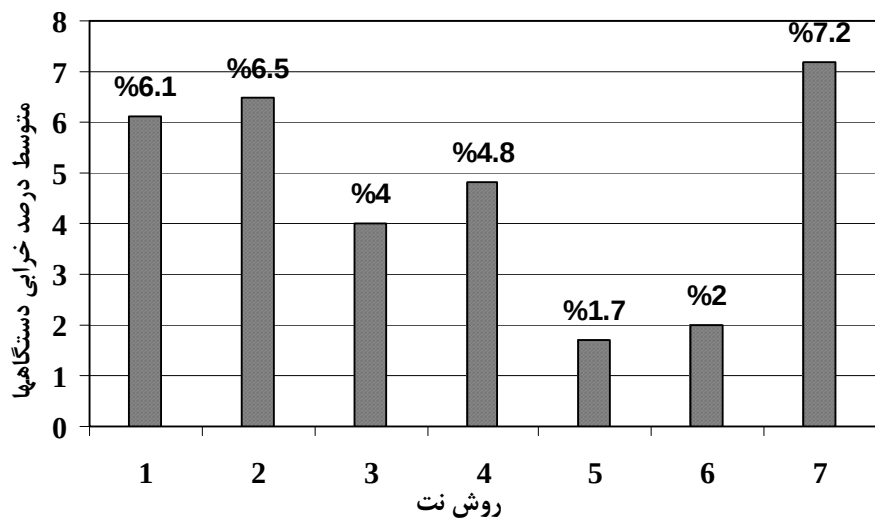
نمودارهای متوسط در دسترس پذیری (بازده) دستگاهها، متوسط درصد خرابی و تعداد تولید در ساعت به ترتیب در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) مشاهده می‌شود وضعیت فعلی که تعمیرات اتفاقی می‌باشد، دارای متوسط بازده ۶۱٪، متوسط خرابی ۶/۱٪ و نرخ تولید ۲۶۰ رینگ در ساعت است.

با توجه به این نمودار ها روش برنامه ریزی پنجم، سرویس پیشگیرانه تفکیکی با ارتقاء دستگاه گلوگاهی با متوسط بازده ۷۸٪، متوسط خرابی ۱/۷٪ و ۳۴۳ رینگ در ساعت بهترین روش برای برنامه ریزی نت می‌باشد. این روش باعث بهبود ۱۷٪ در بازده دستگاهها و ۳۱٪ درصدی در افزایش تولید در ساعت می‌شود. روش ششم نت، سرویس پیشگیرانه خط سنکرون شده با ارتقاء دستگاه گلوگاهی، با متوسط بازده ۷۷٪، متوسط خرابی ۲٪ و ۳۳۷ رینگ در ساعت، می‌تواند انتخاب دیگر برای برنامه نت باشد. در روش دوم چونکه با بروز هر گونه خرابی در یک دستگاه، کل خط متوقف شده و علاوه بر تعمیر دستگاه خراب شده، دیگر دستگاهها نیز سرویس می‌شوند، متوسط بازده دستگاهها از دیگر برنامه های نت کم تر و برابر ۵۸٪ می‌باشد.

شکل ۲: متوسط در دسترس پذیری (بازده) دستگاهها با کاربرد روش های مختلف نت



شکل ۳: متوسط خرابی دستگاهها با کاربرد روش های مختلف نت



idel = بیکار (نبود قطعه ورودی)، block = سد شده (عدم امکان ارسال قطعات تولیدی به ایستگاه بعد) down = خراب یا در حال تعمیر
busy = در حال کار

۶- بحث و نتیجه گیری

تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه نقش مهمی در کارکرد مطلوب و بدون وقفه سیستمهای صنعتی و خدماتی دارند. با این حال، فعالیتهای نت هزینه بر بوده و مستلزم صرف منابع محدود هستند. ارائه برنامه نت مناسب علاوه بر جلوگیری از توقفات بدون برنامه و کاهش خرابیهای اتفاقی، باعث کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم نت و افزایش راندمان تولید می شود. ارائه برنامه بهینه نت به دلیل پیچیده گی سیستم های صنعتی، از جمله مسائل مشکل به شمار می آید که شبیه سازی روشی مناسبی برای ارائه برنامه نت مناسب به نظر می رسد.

بطور کلی، هدف از این تحقیق نشان دادن قابلیت های ابزار شبیه سازی در تحلیل برنامه های مختلف نت است. در این مقاله مدلی خط تولید رینگ سازی مشهد در نرم افزار ShowFlow ساخته شده و روش های مختلف نت و کارایی هر کدام مقایسه شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که برنامه نت مناسب باعث کاهش درصد خرابی، افزایش راندمان سیستم و افزایش تولید خواهد شد.

تشکر و قدردانی:

این پروژه با مساعدت "شرکت قطعات اتومبیل ایران" و "شرکت رینگ سازی مشهد" انجام شده است. نویسندگان مقاله از مدیریت و کارشناسان شرکت رینگ سازی، بخصوص آقایان مهندس شریفی و مهندس شهامت، بخاطر همکاری صمیمی و بیدریغ ایشان تشکر و قدردانی مینمایند.

منابع

- [1] R. Bris, New method to minimize the preventive maintenance cost of series-parallel systems. Reliability Engineering and System Safety 82 (2003) 247-255
- [2] H. Castro, Maintenance resource optimization applied to a manufacturing system. Reliability Engineering and System Safety (2005)1-8
- [3] Christooher A. Chung, Simulation modelling handbook , CRC Press, New York, 2003
- [4] Y. Michlin, Test duration in choice of helicopter maintenance policity, Reliability Engineering and System Safety (2004)
- [5] T. Jiejuan, A genetic algorithm soluation for a nuclear power plant risk-cost maintenance model, Nuclear Engineering and design 229 (2004) 81-89