

طراحی مدل شبیه سازی به منظور ارزیابی شاخصهای عملکردی خط رنگ شرکت ایران ترانسفو

حمید رضا کرمی^۱، سید مجتبی سجادی^۲، محمد فلاح^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گرایش مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

^۲ استادیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ دانشیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران - جنوب، تهران، ایران

چکیده

برنامه ریزی تولید به عنوان یک فعالیت اساسی و مهم در سیستم های ساخت و تولید تلقی می شود. با جمع آوری اطلاعات دقیق و انجام زمان سنجی های کامل می توان سیستم های مورد بررسی را شبیه سازی نمود و با بررسی شاخص های عملکردی می توان سیستم ها و برنامه تولید آن ها را بهبود بخشید. با نگاهی فراگیر به مسله مهم می توان دریافت که نه تنها مدل سازی سیستم های تولیدی منجر به ارائه پیشنهاداتی در راستای بهبود سیستم ها می شود بلکه شرایطی را برای مدیران ارشد این نهاد ها به وجود می آورد که بتوانند تصمیمات استراتژیک قوی تر و امل تری را برای صنعت خود اتخاذ نمایند. در این پژوهش سیستم خط تولید شرکت ایران ترانسفو مورد مطالعه قرار می گیرد که در آن بهبود ایستگاه خط رنگ این مجموعه مد نظر می باشد. سیستم تولیدی شرکت که خود شامل ایستگاه های کاری مختلفی بوده است که از مهم ترین آنها به همان ایستگاه خط رنگ که مورد بررسی این پژوهش بوده است می توان اشاره نمود. به دلیل عدم قطعیت و پیچیدگی این سیستم شبیه سازی، سیستم با استفاده از نرم افزار ARENA 14.0 انجام گرفته است. سپس با جمع آوری داده های مربوط به سیستم خط رنگ این مجموعه و اعمال تغییرات و جانمایی بهینه سیستم جدید را دوباره شبیه سازی نموده و داده های جدید با کاهش محسوس نشان دهنده بهبود مطلوبی برای سیستم مورد پژوهش بوده اند.

واژه های کلیدی: سیستم های ساخت و تولید، شبیه سازی، شاخص های عملکردی، سیستم خط رنگ شرکت ایران ترانسفو.

۱- مقدمه

اواخر دهه ۱۹۸۰، کم کم شبیه سازی نقش واقعی خود را در تجارت اثبات کرد. قسمت زیادی از این مسئله به خاطر ظهور کامپیوتر های شخصی و انیمیشین بود. اگر چه هنوز شبیه سازی برای تحلیل سیستم های ناموفق و شکست خورده استفاده می شد ولی تعداد زیادی از این افراد نیز قبل از شروع تولید محصول از این ابزار استفاده می کردند. (گرچه در بیشتر موارد، برای بهبود طراحی سیستم بسیار دیر شده بود، اما فرصتی به مدیر کارخانه و طراح سیستم می داد تا تجربیات خود را غنی تر کنند) تا اواخر دهه ۱۹۸۰ ارزش شبیه سازی برای اکثر شرکت های بزرگ شناخته شده و بیشتر آن ها شبیه سازی را یک ابزار مهمی قبل از تصویب هر سرمایه گذاری بزرگی می دانستند؛ اگر چه هنوز شبیه سازی به طور گسترده مورد استفاده قرار نمی گرفت و به ندرت توسط شرکت های کوچک تر به کار گرفته می شد. سرعت تغییرات شبیه سازی در سال های اخیر شتاب زیادی گرفته است. و این طور که شواهد نشان می دهد این رشد سریع ادامه خواهد یافت و از پل های رسیدن به پذیرشی عمومی و فراگیر عبور خواهد کرد. نرم افزار های شبیه سازی با استفاده از سیستم عامل های جدید، گام مهمی در جهت تسهیل در استفاده (مخصوصا برای کاربرانی که به تازگی وارد این عرصه شده اند) برداشته اند. برای کنترل سرعت جریان قطعات و کنترل تولید در یک سیستم باتوجه به خرابی های تصادفی و تعمیرات، کیمیا و گرشوین (۱۹۸۳) و آکلا و کومار (۱۹۸۶) یک سیاست نقطه ی محدود کننده را معرفی کردند. این مدل معمولا به شکل مجموعه ای از فرض های مربوط به عملکرد سیستم است. این فرض ها در چارچوب رابطه های ریاضی، منطقی و نمادین بین نهادها یا اهداف مورد نظر سیستم بیان می شود. پس ایجاد مدل شبیه سازی، هم به منزله ی ابزار تحلیل برای پیش بینی تاثیر تغییرات سیستم های موجود و هم به عنوان ابزار طراحی برای پیش بینی عملکرد سیستم جدید، در مجموعه های گوناگون شرایط کاربرد پذیر(بنکس و کارسن ۱۳۸۸). شبیه سازی، اغلب به عنوان مطالعه کاربردهای عملی مفروضات مدل تحلیلی قرار می گیرد(هاشمی دهقی و همکاران ۲۰۱۳). شبیه سازی سیستم های گسسته-پیشامد عبارتست از مدلسازی سیستم هایی که متغیر حالت در آن ها، تنها در مجموعه ای از مقاطع گسسته تغییر می کند (بنکس و کارسن، همان کتاب). در گذشته شبیه سازی گسسته پیشامد به عنوان ابزار استاندارد، به منظور تحلیل سیستم های ساخت و تولید پیچیده، گسترش یافت. به طوریکه از آن در موضوعات مختلفی از جمله سیستم های شهری، سیستم های اقتصادی، سیستم های تجاری، سیستم های تولیدی، سیستم های اجتماعی، سیستم های حمل و نقل، سیستم های درمانی و غیره استفاده شده است (هاشمی دهقی و همکاران، ۲۰۱۳). مسئله مورد بررسی در این پژوهش، سیستم خط رنگ شرکت ایران ترانسفو با فرض وجود کالاهای پایدار می باشد. این سیستم متشکل از ۱۲ ایستگاه کاری می باشد که محصولات نیم ساخته بعد از اعمال تغییرات در ایستگاههای اولیه به قسمت مونتاژ اولیه منتقل شده و بعد از آن در قسمت ایستگاه نهایی به بخش آزمایشگاه برق و در نهایت کنترل و تکمیل ترانس محصول موردنظر تکمیل و آماده عرضه می گردد .

۲- ادبیات تحقیق

همزمان با ظهور کامپیوتر های رقمی در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، متخصصان به برنامه نویسی با زبان های رویه ای همه منظوره مانند فرترن روی آوردند. تا به وسیله آن ها سیستم های پیچیده تری را شبیه سازی کنند. این رویکرد، رویکرد بسیار انعطاف پذیری است و قابلیت سفارشی سازی بالایی دارد. اما در عین حال بسیار خسته کننده بوده و احتمال خطا و اشتباه در آن بالا می باشد. زیرا تقریبا باید هر دفعه مدل ها را از همان اول کد گذاری کرد. به عنوان نسلی باقی مانده از شبیه سازی با زبان های برنامه نویسی همه منظوره، گاهی اوقات از نرم افزار های صفحات گسترده جهت انجام برخی از انواع شبیه سازی ها استفاده می شود. این روش برای مدل های ایستا به اثبات رسیده است. توجه به شاخصهای عملکردی در هر سیستم دارای اهمیت بسیاری میباشد که وجود آن برای حیات سازمان ها نقش بسزایی دارد و بهبود در عملکرد هر کدام از این شاخصها باعث ایجاد بهروری بیشتر در هر سیستم و ساختار میگردد. برای تمامی سیستمهای کاری احتیاج است که شاخصهای عملکردی آنها به دقت بررسی و نسبت به نتایج حاصله و پایانی مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد. در این راستا با استفاده از

مطالعه موردی درباره‌ی شاخصهای عملکردی یکی از شرکتهای مهم و معتبر که در زمینه ساخت و تولید ترانسفورماتورهای توزیع برق که از تجهیزات اصلی در زمینه انتقال و تجزیه بار الکتریکی است به منظور بررسی شاخصهای اماری و عملکردی تحقیقات میدانی صورت بعمل آمده است. مدیران ارشد این سازمان از شاخصهای عملکردی متعددی که در زمینه تولید موجود است ابراز "عدم رضایت دارند" که این فاکتورها در عملکرد اصلی سیستم مشکلات عدیده‌ای بوجود آورده است. یکی از مشکلات اصلی در این شرکت تولیدی بوجود آمدن گلوگاه در بعضی از ایستگاه‌های کاری است که با توجه به حجم تولید متناوب بصورت کار پرحجم و برای برخی از ایستگاه‌های کاری و در بعضی از ایستگاه‌ها نیز بصورت فعالیت کم کاری نمایان می‌گردد.

این امر باعث می‌شود که تعدادی از پرسنل در برخی قسمتها دچار کارکرد و عملکرد بسیار ضعیف و کم بازده کاری شوند و در عوض در بعضی از ایستگاه‌های کاری دیگر انچنان فعالیت پرحجم و چشمگیر باشد که نیروی انسانی موجود برای تحقق امار مربوط به برنامه ریزی تولید مجبور به کار در وقت اضافه باشند و اینکه در همین ایستگاه‌ها عمدتاً فشار بروی پرسنل و منابع انسانی بیشتر از قسمتهایی است که فعالیت کمتری دارند. بنابراین تحقیق مشخص گردید نرخ بیکاری پرسنل و منابع انسانی در بعضی از ایستگاه‌های کاری و نرخ تولید با زمان بیشتر در برخی ایستگاه‌های دیگر باعث دغدغه‌های فراوانی برای مدیریت سازمان تولیدی گردیده است. لیکن باید از نظر نرخ تعداد تولید مواد نیم ساخته مربوط به هر مرحله از تولید مورد بررسی قرار گیرد. با استفاده از سیستم شبیه سازی میتوان سناریوهایی را تنظیم کرد که به صورت مجازی خط تولید و تعداد ایستگاه‌های کاری مربوطه را شبیه سازی کرده و با توجه به تحقیقات میدانی برای جمع اوری اطلاعات پایه از قبیل مسیر حرکت نیم ساخته ها در هر ایستگاه و شاخصهای عملکردی دیگر را مشخص و برای بهینه شاخصهای عملکردی برترین سناریو از طریق شبیه سازی توسط نرم افزار ارنا برگزیده و بررسی میگردد. در این راستا یکی از ایستگاههای مهم و اصلی شرکت ایران ترانسفو که همیشه دارای تعدد تولید و عملیات کاری پرحجم میباشد و دچار ایجاد گلوگاه در این ایستگاه کاری میگردد مورد تحقیقات میدانی و بررسی سیستمی قرار داده میشود. لازم بذکر است که تحقق امار تولید با توجه به تعداد ایستگاههای کاری مربوط به اعمال هر لایه از رنگ و همینطور تعداد نیروی انسانی موجود در امر تولید و اینکه با توجه به انجام امار کاری برنامه ریزی تولید در ساعات خارج از ساعات اصلی کاری و به صورت اضافه کاری انجام می پذیرد لذا کماکان مشکلات و دغدغه‌های عدیده‌ای در جهت تحقق امار مربوط به برنامه ریزی تولید وجود دارد یکی از سناریوهای پیشنهادی جهت جلوگیری از این مشکل و اینکه این ایستگاههای کاری تا حد زیادی از وضعیت قبلی که موجب توقف تقریبی در خط تولید به دلیل ایجاد گلوگاه کاری می‌شود رهایی پیدا کند، جایابی و ایجاد ایستگاه جدید رنگ جهت استقرار در نقطه و مختصات جغرافیایی جدید در محدوده ی کارگاه و کارخانه می‌باشد. طی بررسی انجام گرفته، یکی از بهترین و کاربردیترین پیشنهادها جهت جانمایی جدید در قسمت ابتدایی یکی از سالنهای اصلی مونتاژ مطرح می‌باشد. ایجاد این ایستگاه باعث عدم ایجاد توقف کاری و گلوگاه در قسمتهای دیگر سالنهای کارگاه مونتاژ می‌شود و حتی طرح مذکور قادر به کاهش نرخ تعداد پرسنل نیروی انسانی تا حدود یک، چهارم نسبت به قبل شود و اینکه با توجه به محدوده ی زیاد در دسترس این استگاه کاری، محل انبارش محصول نیم ساخته ی تولیدی دارای فضای کافی باشد. و این جایابی ایستگاه جدید باعث تغییر فرایند عملیاتی در جهت مثبت و افزایش شاخص های عملکردی کمی و کیفی و کاهش نرخ دوباره کاری و کاهش نرخ ضایعات شود.

۲-۱- شبیه سازی

شبیه سازی عبارت است از مجموعه ی گسترده ای از روش ها و برنامه ها به منظور نمایش رفتار سیستم واقعی، که معمولاً با کامپیوتر و توسط نرم افزارهای مناسب انجام می‌گیرد. در واقع شبیه سازی می‌تواند یک اصطلاح عمومی باشد زیرا این تفکر می‌تواند در خیلی از رشته‌ها، صنایع و موارد کاربردی مورد استفاده قرار گیرد. امروز به خاطر پیشرفت‌های روز افزون کامپیوتر و نرم افزار، شبیه سازی قدرتمند تر و محبوب تر از گذشته شده است.

۲-۲- مدل سازی

شبیه سازی نیز همانند بسیاری از روش های تحلیلی شامل سیستم ها و مدل های آن ها می باشد. بنابراین در این بخش مدل هایی را برای مثال ذکر کرده و گزینه هایی را جهت مطالعه و یاد گیری سیستم متناظر با آن ها عنوان می کنیم.

۲-۳- موارد قابل مدل سازی

شبیه سازی کامپیوتری با مدل هایی از سیستم ها سرو کار دارد. یک سیستم شامل تسهیلات یا فرآیند ها - چه واقعی و چه در مرحله طراحی - می باشند. مانند: یک کارخانه تولیدی با ماشین آلات، کارکنان، وسایل حمل و نقل، نقاله ها و فضای انبار. یک بانک با انواع مختلف مشتریان، خدمت دهنده ها و همچنین تجهیزاتی مانند: پول شمار، خود پرداز (ATM)، بخش وام، گاو صندوق ها.

۲-۴- کار با سیستم

در برخی اوقات می توان با همان سیستم فیزیکی واقعی تجربه لازم را کسب کرد. مثلا: برخی شهر ها سیستم کنترل ترافیک در مدخل ورودی بزرگراه هایشان نصب کرده اند، تا با آزمایش برنامه های مختلف، ساعات شلوغی را تا آنجایی که می توانند روان تر و امن تر سازند. ممکن است مدیر یک سوپر مارکت برای کنترل موجودی و تخصیص پرسنل واریسی کالا هنگام خروج از سوپر مارکت، سیاست های مختلفی را اتخاذ کند تا ببیند کدام یک می تواند سود آور ترین ترکیب ممکن باشد و بهترین خدمات را ارائه نماید. یک فرودگاه می تواند مسافری را ترغیب به استفاده از اتاقک های بازرسی خودکار نماید و با مشاهده نمونه های زیادی بررسی کند که آیا این کار سبب افزایش سرعت می شود یا خیر. هر سایت کامپیوتری می تواند طرح های شبکه های و اولویت های مختلفی را آزمایش کند تا ببیند چگونه بر بهره وری و کارکرد کامپیوتر ها تاثیر می گذارند. قطعاً این رویکرد مزایای منحصر به فرد خودش را دارد.

۲-۵- مدل های فیزیکی

مدل های مختلف بسیاری وجود دارد. اولین چیزی که ممکن است به ذهن برسد مدل های عینی یا مقیاسی است که گاهی اوقات آن ها را مدل های آیکونیک نیز می نامند. مردم اغلب مدل های ماکت گونه از سیستم های حمل و نقل مواد، که نسخه های کوچکی از تسهیلات هستند را مدل سازی می کنند. تا بدین وسیله عملکرد چیدمان های جایگزین، مسیر های وسایل نقلیه و تجهیزات حمل و نقل را مورد بررسی قرار دهند. یک نمونه تمام عیار از یک فست فود در انبار یک کارخانه با رویکرد های خدمت دهی مختلف توسط اسوارت و دنو در سال ۱۹۸۱ تعریف و ایجاد گردید. در واقع امروز اکثر فست فود های زنجیره ای بزرگ در ساختمان های اداری شرکت، دارای نمونه کاملی از رستوران های خود برای آزمایش دهی ها و محصولات جدید خود می باشند.

۲-۶- مدل های منطقی (ریاضی)

این مدل ها مجموعه ای فرضیات و تخمین ها (هم به صورت ساختاری و هم کمی) در مورد چگونگی کارکرد سیستم می باشد. معمولا مدل های منطقی به صورت یک برنامه کامپیوتری ارائه شده و جهت پاسخ گویی به سوالاتی در مورد رفتار سیستم به کار می رود؛ اگر مدلتان نمایشی معتبر از سیستم واقعی شماست، می توانید امیدوار باشید که رفتار سیستم را نیز درک خواهید کرد. و از آنجایی که با برنامه های کامپیوتری و نه یک سیستم واقعی سر و کار دارید، معمولا پاسخ گویی به این سوالات به راحتی، سریع تر، با هزینه کمتر و تنها با دستکاری برنامه کامپیوتری امکان پذیر خواهد بود. بنا براین، به جای سیستم واقعی تنها ممکن است در برنامه کامپیوتری به اشتباه بیفتید. در ضمن پیشرفت های روز افزون کامپیوتر قدرت شما را در تجزیه و تحلیل مدل های منطقی به طور چشم گیری افزایش داده است.

۲-۷- شبیه سازی دقیق

بنابراین همه این مسائل باعث می شوند که دوباره به شبیه سازی برگردیم. منظور از عبارت دقیق به نوعی به بی عیب و نقص بودن شبیه سازی بر می گردد و منظور این است که هر دسته از عملیات (مانند ورود ها، خدمت دهی توسط دستگاه سوراخ کاری و ...) کاملاً مطابق با حالت واقعی اتفاق می افتد. حرکت و تغییرات اشیا در مدل شبیه سازی در زمان صحیح و با ترتیب مناسب اتفاق می افتد و هم چنین تاثیرات مناسبی بر یک دیگر دارند که در نهایت صحت و دقت در جمع آوری آمار های خروجی را نتیجه می دهد. در این روش، شبیه سازی، کاملاً محسوس بوده و نیاز به ظرافت های خاص مدل سازی ندارد. هیچ مسئله پیچیده و مرموزی وجود ندارد. فقط به اندکی ایده های کلی و بنیادی نیاز است و سپس سایر جزئیات و سازمان دهی ها را نرم افزاری مثل ارنا به جای شما کنترل می کند.

۲-۸- موجودیت ها

اکثر مدل های شبیه سازی شامل بازیگرانی هستند که موجودیت نامیده می شوند. این بازیگران به این سو و آن سو حرکت می کنند، تغییر حالت داده، بر موجودیت های دیگر، وضعیت سیستم و خروجی ها تاثیر می گذارند. موجودیت های اشیا پویای شبیه سازی می باشند. آن ها معمولاً ایجاد شده، مسیر را طی کرده و سپس خارج می شوند (اگر چه ممکن است موجودیتی داشته باشیم که هیچ گاه سیستم را ترک نکند و دائماً در سیستم حرکت کند). در هر حال همه موجودیت ها باید ایجاد شوند خواه توسط شما یا نرم افزار. موجودیت های مرتبط با سیستم مد نظر ما در مثال این فصل، قطعاتی هستند که باید بر روی آن ها عملیات انجام گیرد. این موجودیت ها در هنگام ورود ایجاد شده، به سمت ایستگاه سوراخ کاری حرکت کرده (یا در صورت نیاز به صف می ایستند)، توسط دستگاه سوراخ کاری خدمت دهی می شوند و سپس از سیستم خارج می شوند.

۲-۹- خصیصه ها

جهت تشخیص و ایجاد نقاط تمایز بین موجودیت ها، خصیصه ها را به آن نسبت می دهیم. خصیصه یک ویژگی عمومی در موجودیت ها می باشد، برای مثال ما (قطعات) می توانستند خصیصه هایی با نام زمان تحویل، اولویت و رنگ داشته باشیم، تا بدین وسیله ویژگی ها و خصوصیات هر یک از آن ها مشخص و بارز شود. دیگر این به عهده ی شماست که بدانید موجودیت های مدلتان به چه خصیصه هایی نیاز دارند، آن ها را نان گذاری کرده، مقادیری به آن ها تخصیص داده، به طور مناسب آن ها را تغییر داده و سپس در موقع مناسب از آن ها استفاده کنید. مهم ترین نکته ای که باید در این قسمت به خاطر بسپارید این است که باید در این مقادیر خصیصه ها مانند برچسبی بر روی موجودیت های متناظرشان می باشد ولی آن چیزی که بر روی هر یک از آن ها برای توصیف کردن موجودیت ها نوشته شده است، متفاوت می باشد یعنی یک خصیصه مشابه مقادیر متفاوتی برای موجودیت های مختلف خواهد داشت. زیرا همان طور که واضح و مشخص است، قطعات مختلف زمان تحویل، اولویت ها و رنگ های مختلفی دارند.

۲-۱۰- متغیر (سراسری)

متغیر (یا همان متغیر سراسر در مقابل متغیر محلی) بخشی از اطلاعات است که (صرفه نظر از این که چند نوع یا چه مقدار موجودیت وجود داشته باشد)، برخی از ویژگی های سیستم شما را منعکس می کند. شما می توانید متغیر های مختلف زیادی در مدلتان داشته باشید که هر کدام از آن ها منحصر به فرد می باشند. دو نوع متغیر وجود دارد: متغیر های درونی ارنا (تعداد در صف، تعداد خدمت دهنده های مشغول، زمان کنونی شبیه سازی و از این قبیل) و متغیر های تعریف شده توسط کاربر (متوسط زمان خدمت دهی، زمان حرکت موجودیت در سیستم، شیفته کنونی و اط این قبیل). برخلاف خصیصه های متغیر ها به هیچ موجودیت خاصی متصل نمی شوند، بلکه به سیستم مورد مطالعه مربوط می شوند. آن ها در دسترس تمام موجودیت ها می باشند و به دفعات توسط موجودیت ها قابل تغییر هستند.

۲-۱۱- منابع سیستم ها

اغلب موجودیت‌ها بر سر خدمتی که از منابع (مانند: کارکنان، تجهیزات یا فضای در قسمت انبار) دریافت می‌کنند، با هم رقابت می‌کنند. موجودیت، منبع یا منابع را در صورت وجود مشغول کرده و هنگام خاتمه خدمت دهی آن‌ها را آزاد می‌کند. همچنین بهتر است تصور کنید که منابع به موجودیت‌ها داده می‌شوند (تا این که موجودیت‌ها به آن‌ها اختصاص داده می‌شوند) زیرا یک موجودیت (مانند یک قطعه) ممکن است، هم زمان به چند خدمت از چندین منبع نیاز داشته باشد (مانند یک ماشین و یک اپراتور که در مجموع دو منبع می‌شوند). یک منبع می‌تواند نماینده گروهی از چندین خدمت دهنده‌ی مختلف باشد که هر کدام از آن‌ها یک واحد از منبع نامیده می‌شوند. این مسئله می‌تواند در مدل‌سازی سودمند باشد.

۲-۱۲- صف‌ها

هنگامی که یک موجودیت نمی‌تواند حرکت کند، احتمالاً به این خاطر است که منبع مورد نظر قبلاً توسط موجودیت دیگری اشغال شده است، بنابراین باید در محلی منتظر بماند که به آن صف می‌گوییم. در ارنا، صف‌ها دارای نام و ظرفیتی جهت نمایش می‌باشند برای نمونه می‌توانید فضای محدودی را تصور کنید که برای یک انبار موقت وجود دارد. شما باید به عنوان بخشی از مدل‌سازی تعیین کنید که اگر یک موجودیت با صف برخورد کرد، چه اتفاقی بیفتد.

۲-۱۳- پیشامد‌ها

حال اجازه بدهید ببینیم هنگامی که مدلی را اجرا می‌کنیم چه اتفاقی درون مدل می‌افتد. همه چیز به پیشامد‌ها بر می‌گردد. پیشامد چیزی است که در یک لحظه از زمان شبیه‌سازی رخ می‌دهد و ممکن است باعث تغییر در خصیصه‌ها، متغیرها و گردآورنده‌های آماری شود.

۲-۱۴- ساعت شبیه‌سازی

زمان کنونی به سادگی توسط متغیری به نام ساعت شبیه‌سازی تعیین می‌شود. برخلاف زمان واقعی، ساعت شبیه‌سازی تمامی مقادیر زمانی را به طور پیوسته طی نمی‌کند و به جای آن زمان بین دو پیشامد را محاسبه می‌نماید. از آن جایی که در زمان بین وقوع دو پیشامد متوالی، تغییراتی رخ نمی‌دهد. لذا نیازی نیست که زمان (واقعی) را به خاطر زمان (شبیه‌سازی) که در آن اتفاق نمی‌افتد اتلاف کرد. ساعت شبیه‌سازی رابطه نزدیکی با تقویم پیشامد دارد. در مقدار دهی اولیه شبیه‌سازی، و سپس بعد از اجرا هر پیشامد، اولین پیشامد در تقویم پیشامد‌ها انتخاب شده و جای آن پیشامد بعدی از نظر زمان وقوع می‌گیرد و نتیجه عقربه‌های ساعت شبیه‌سازی به سمت زمان پیشامد بعدی پیش می‌رود (یکی از فیلدهای داده‌ای رکورد پیشامد) و اطلاعات مربوط به پیشامد حذف شده (که شامل موجودیت، زمان پیشامد و نوع آن است) جهت اجرای پیشامد همان لحظه شبیه‌سازی به کار می‌رود. چگونگی اجرا پیشامد به نوع آن و همچنین حالت مدل در آن لحظه بستگی دارد ولی معمولاً شامل به روز رسانی متغیرها، گردآورنده‌های آماری، تغییر خصیصه‌های موجودیت و قرار دادن رکورد‌های پیشامد جدید (در تقویم پیشامد‌ها) می‌باشد. بنا بر این نرم‌افزار ارنا نیز آن‌ها را بررسی و پیگیری می‌کند (ساعت ارنا متغیری با نام TNOW می‌باشد).

۲-۱۵- شروع و توقف

یکی از مسائل شبیه‌سازی که گاهی نیز مورد بی‌توجهی قرار می‌گیرد، چگونگی آغاز و پایان شبیه‌سازی می‌باشد. در این مثال فرضیات خاص را در نظر گرفته ایم. بنا بر این چگونگی تبدیل آغاز و پایان به مقادیری که با خصیصه‌ها، متغیرها، گردآورنده‌های آماری، تقویم پیشامد و ساعت، سازگاری داشته باشند، ساده خواهد بود. ارنا کارهای زیادی را به صورت خودکار انجام می‌دهد ولی نمی‌تواند در مورد مباحث مدل‌سازی مانند آغاز و پایان تصمیم‌گیری کند. شما باید خودتان، شرایط آغاز شبیه‌سازی، طول اجرا، چگونگی پایان شبیه‌سازی را تعیین کنید.

۲-۱۶- مقایسه گزینه‌ها

اکثر مطالعات شبیه سازی چیزی بیش از بررسی معمولی وضعیت یک سیستم می باشد. اغلب مردم می خواهند ببینند که چگونه ممکن است با تغییر در طراحی، پارامترها (صرف نظر از قابلیت ها کنترل در واقعیت) یا عملیات، بر عملکرد تاثیر بگذارند. برای این که به نقش و چگونگی اثر اصل تصادفی بودن در شبیه سازی، پی ببرید، تغییر کوچکی در مدل ایجاد کرده و دوباره شبیه سازی را (۵بار تکرار) انجام می دهیم. نه تنها تغییری که انجام دادیم، دو برابر کردن نرخ ورود می باشد، به عبارت دیگر اکنون میانگین زمان بین دو ورود ۲/۵ دقیقه می باشد (که پیش از این ۵ دقیقه بود).

به علاوه توجه داشته باشید که اعتماد به نتایج یک تکرار (که با اشکال تو پر نشان داده شده است)، همراه کننده است. برای نمونه، با مقایسه میانگین زمان انتظار در صف، اگر تنها به نتیجه اولین تکرار بسنده کنیم، بین دو ویرایش مثال، تفاوت قابل ملاحظه ای مشاهده می شود ولی با یک نگاه کی به تمامی تکرار ها در می یابیم که تفاوت فاحشی وجود ندارد. این مسئله دقیقا بیانگر خطر اعتماد به تنها یک اجرا، جهت تصمیم گیری های مهم است.

۲-۱۷- بسط و محدودیت ها

شبیه سازی در صفحات گسترده برای مدل های ایستا که اغلب با تحلیل های مالی و ریسک در گیرند، بسیار عمومیت دارد. قسمت تجاری افزودنی در اکسل مانند @risk (شرکت palisade-2006) و crystal ball (کمپانی ۲۰۰۶- decisioneering) بسیاری از عملیات عمومی و مشترک مالی و اقتصادی را سهولت بخشیده اند که در نتیجه آن، عملیات تولید اعداد تصادفی با توجه به توزیع های مختلف و تحلیل های لازم و مفید به راحتی قابل دسترسی خواهد بود. صفحات گسترده برای شبیه سازی مسایل پویا چندان مناسب نیستند. فقدان روابطی همانند رابطه ی بازگشتی لیندلی که ممکن است فقط برای حالت های ساده قابل تعیین باشد، باعث می شوند که صفحات گسترده توانایی لازم برای شبیه سازی مدل های پویا را نداشته باشند. از آنجا که شما ممکن است همیشه برای تشریح کارهای خود را در دسترس نباشید با این کار اشخاص دیگر می توانند فعالیت های شما را ساده تر درک کنید و پروژه های شبیه سازی شما بهبود زیادی خواهد یافت. ایستگاه های اولیه عبارتند از: برش هسته- سیم پیچی- عالیکاری- لامل سازی- رنگ- هسته چینی- مقرر بندی می باشد که جریان و توالی انجام فرآیندها در مدل مفهومی زیر آورده شده است .

۲-۱۸- پیشینه تحقیقات

* بیلکی و کومار (۱۹۸۸) تابع هدف را به امید ریاضی مجموع هزینه های بلند مدت نگهداری و کمبود در واحد زمان تغییر دادند و برای این مساله جدید جواب بهینه بدست آوردند. یک بررسی جامع روی انواع مدل ها تعمیرات پیشگیرانه توسط والدز- فلورز و فلدمن (۱۹۸۹) صورت گرفته است در مقاله آنان مدل های تعمیرات پیشگیرانه شامل مدل های بازرسی ، مدل های تعمیر حداقلی ، مدل های شوک و مدل های متنوع جایگزین ، مورد بحث قرار گرفته است .

* مدل پیشنهادی سورنسن وجانسنس (۲۰۰۴) به سیستم های تولیدی سری می پردازد که شامل n ماشین و انبارهای میانی با ظرفیت محدود است تولید پیوسته صورت می گیرد و نرخ تولید تمام ماشین ها با یکدیگر برابر است .

* کنه و کیونگو (۲۰۰۶) در مقاله خود به بررسی سیستم های تولیدی مستعد شکستی پرداخته اند که علاوه بر اینکه تعمیرات پیشگیرانه را به مدل پایه اضافه کرده ، نرخ تعمیرات اصلاحی و پیشگیرانه بین دو حد بالا و پایین تغییر می کند بررسی حالتی که تقاضای برآورده نشده در سیستم های تولیدی مستعد شکست به صورت فروش از دست رفته در آید، موضوعی است که در کار کنه و غربی و بیت (۲۰۰۶) مورد بررسی قرار گرفته است .

* دوحویب وبردوت (۲۰۱۱) بیان شده است آنها در این رساله سیاست کنترل موجودی و تولید را براساس سیاست نقطه محدود و سیاست جایگزینی ماشین را براساس تعویض بلوکی تغییر شکل یافته (MBRP) بیان نمودند، هدف اصلی آنها

کاهش هزینه های کل می باشد. تعیین بهینه تولید و موقعیت موجودی با پاسخ به سفارش ها و با فرض تولید یک محصول ، تقاضاهای متنوع و فروش ازدست رفته توسط چنگ ، گووشن (۲۰۱۱) بیان شده است .

* دمیر و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی تخصیص انبار در یک سیستم مستعد شکست سری پرداخته اند. در این مقاله هدف تعیین مقدار بهینه سائز هر انبار جهت افزایش راندمان سیستم می باشد.

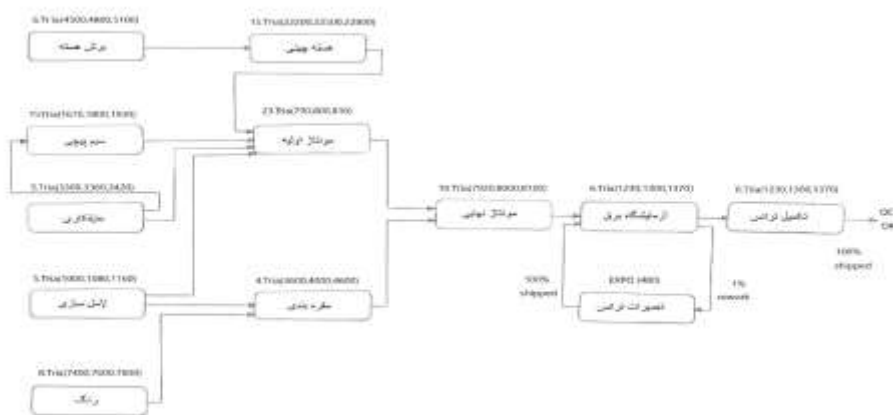
* چاکرابورتی و همکاران در سال ۲۰۱۳ به تعیین سطح آستانه انبار در سیستم های تولیدی مستعد شکست پرداخته اند. در این تحقیق محصول تولیدی فاسد شدنی در نظر گرفته شده است و یک روش تحلیلی جهت تعیین سطح آستانه انبار ارائه شده است.

* بریس و همکاران در سال ۲۰۱۳ به ارائه یک الگوریتم عددی تکراری به منظور تعیین یک استراتژی بهینه برای تعمیرات پرداخته اند. در این تحقیق تعمیرات پیشگیرانه و اصلاحی برای سیستم در نظر گرفته شده است و هدف کاهش زمان در دسترس نبودن ماشین آلت می باشد.

* بوصالح و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی یک سیستم مستعد شکست تک ماشینی برای محصولات فاسد شدنی پرداختند. در این مقاله برای خرابی و تعمیر ماشین ها از یک توزیع عمومی (دلخواه) استفاده شده است و زمان حمل و نقل و زمان بازرسی محصول را نیز در نظر گرفتند تا مسئله مورد بحث به واقعیت نزدیکتر باشد. در این مقاله علاوه بر هزینه های موجودی، کمبود و تعمیرات، هزینه های بازرسی و حمل و نقل نیز در نظر گرفته شده است.

* وی و ایدادانا در سال ۲۰۱۳ به بررسی تعمیرات پیشگیرانه تصادفی برای سیستم های مستعد شکست پرداختند. در این مقاله زمان تعمیرات پیشگیرانه دارای توزیع احتمالی می باشد. در این مقاله برای دو توزیع یکنواخت و نمایی به تحلیل سیستم پرداخته شده است. در این رساله یک سیستم مستعد شکست تک ماشینی و در حالت تقاضای ثابت مورد بررسی قرار گرفته است و هدف تعیین نرخ بهینه تولید و زمان تعمیرات پیشگیرانه است. برای این منظور از شبیه سازی گسسته پیشامد استفاده شده است و سیستم مستعد شکست در نرم افزار با استفاده از روش شبیه سازی می توان توزیع دلخواه برای خرابی و تعمیرات ماشین آلت در نظر گرفت برای تعیین سطح بهینه انبار و زمان تعمیرات پیشگیرانه از کانتور هزینه کل بر حسب سطح انبار و دوره تعمیرات پیشگیرانه استفاده می شود .

۳- مدل و فرضیه های تحقیق



شکل شماره ۱. مدل تحقیق

۳-۱- اهداف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق پس از بررسی مقدماتی سیستم و بدست آوردن مدل عددی -منطقی "در مرحله بعدی باید معیارهای خروجی که می‌خواهیم جمع آوری کرده و بررسی نماییم. از اینرو برانیم که بصورت مطالعه موردی درباره ی محصول تولیدی با استفاده از نرم افزار ارنا " شاخصهای عملکردی خط تولید از قبیل: تولید نهایی محصول -متوسط زمان انتظار محصول در صف-حداکثر زمان انتظار محصول در صف- میانگین طول صف محصول در زمان-ضریب بهره‌وری پرسنل و ماشین الات-نرخ تولید و نرخ ضایعات مواد در شرایط عدم قطعیت شبیه سازی و محاسبه نماییم. بنابراین هدف اصلی و اهداف فرعی تحقیق را به صورت خلاصه میتوان اینگونه بیان کرد:

هدف اصلی

شبیه سازی و ارزیابی شاخصهای عملکردی شرکت ایران ترانسفو

اهداف فرعی

۱. احصا، شاخصهای کلیدی عملکردی در شرکت ایران ترانسفو.

۲. شبیه سازی وضعیت موجود و محاسبه شاخصهای عملکردی

۳. طراحی و شبیه سازی سناریو های پیشنهادی و محاسبه شاخصهای عملکردی این سناریوها و مقایسه با وضعیت جاری

فرضیات مدل مفروض در این پژوهش به صورت زیر است:

۱. تقاضای محصول نهایی ثابت و همواره موجود است.
۲. نرخ تولید گسسته می باشد.
۳. پروسه ی تولید رو به جلو بوده و برگشت به عقب مجاز نمی باشد.
۴. ماشین های میانی هیچگاه با کمبود مواد اولیه مواجه نخواهند شد.
۵. برای محصول نهایی کمبود از دو نوع پس افت و فروش از دست رفته مجاز می باشد.
۶. در صورتی که محصول میانی مرحله A ، به اندازه کافی (ضریب مصرف) در انبار موجود نباشد، تولید محصول مرحله بعد متوقف خواهد شد و نرخ تولید صفر می شود.
۷. زمان خرابی (شکست) و تعمیر کلیه ماشین ها نمایی می باشد.
۸. برای محصول نهایی فساد کالا مجاز است و اگر محصول تا تاریخ موردنظر مصرف نشود جزء کالاهای فاسد به حساب می آید.
۹. در صورت تحویل کالای پس افت به مشتری و وجود تقاضای پس افت در سیستم، آن مشتری که کالای منقضی دریافت کرده است در اولویت تامین تقاضای پس افت قرار می گیرد.
۱۰. در زمان شروع مطالعه سیستم، تمامی ماشین ها سالم و آماده انجام عملیات می باشند.

۴- روش تحقیق

۴-۱- جامعه آماری و روش نمونه گیری

امروزه پروژه های شبیه سازی بر روی طراحی یا طراحی مجدد سیستمهای پیچیده و سیستمهای تولیدی تمرکز میکنند. به علت پیچیدگی حل مسئله سیستم های مستعد شکست شبکه ای و نیز عدم قطعیت آن ها شبیه سازی ابزار مناسبی برای حل

این گونه مسائل است. در پژوهش حاضر شبیه سازی سیستم مفروض با استفاده از نرم افزار **ARENA 14.0** انجام شده است. مراحل شبیه سازی سیستم مستعد شکست شبکه ای مورد مطالعه در این پژوهش در قالب هشت مرحله مجزا بیان می شود.

و تعیین تعداد تکرارها و مدت زمان اجرای مناسب، به منظور تجزیه و تحلیل بر روی خروجی های مدل امری ضروری است. به منظور تعیین تکرارهای شبیه سازی از واقعیت موجود در شرکت ایران ترانسفو مدل برداری شده است که ۶ تکرار^۱ در دو شیفت ۸ ساعته مدنظر قرار داده شده است. لازم به ذکر است که قطعات نیمه کاره در پایان هر روز کاری در سیستم باقی مانده و در روز بعد تکمیل می گردد. تعیین اعتبار مدل شبیه سازی، به علت اتخاذ تصمیم از نتایج مدل بسیار حائز اهمیت است.

این پژوهش در حدود ۱۰ ماه انجام شده است که از نظر قلمرو زمانی، مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری اطلاعات مربوط به مدت سه ماه از شهریور ماه سال ۱۳۹۲ تا آبان ماه ۱۳۹۲ انجام شده است. سپس، مدلسازی شبیه سازی این پژوهش، در فاصله سه ماه از آذرماه تا بهمن ماه ۱۳۹۲ کدگذاری شده است. بعد از مدل سازی شبیه سازی، بهینه سازی شبیه سازی به مدت ۲ ماه انجام شده و در نهایت تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ تجزیه و تحلیل داده ها صورت گرفته است. در فاصله اردیبهشت تا خرداد ۱۳۹۳ نگارش پایان نامه انجام و تکمیل گردیده است.

همانطور که در مدل مفهومی مشاهده می شود اولین نهاده در ایستگاه برش هسته با استفاده از ماژول **Create** ساخته می شود که پس از آن در همان ایستگاه کاری عملیات برش هسته بر روی آن صورت می گیرد که ما در اینجا این قسمت را با استفاده از ماژول **Process** نشان داده ایم. پس از آن نهاده ای که بر روی آن عملیات برش هسته انجام گرفته شده است به ایستگاه هسته چینی هدایت می شود، در آن ایستگاه با استفاده از یک ماژول **Process** دیگر عملیات چینش هسته را شبیه سازی کرده ایم. که در ادامه با استفاده از ماژول **Assign** یک واحد به قطعه اول اضافه نموده و در نهایت نهاده ساخته شده از طریق ماژول **Dispose** آخر از سیستم خارج می گردد.

گام دوم

برای تولید قطعه دوم نهاده دیگری توسط ماژول **Create** در قسمت سیم پیچی تولید می شود که با هدایت شدن به ماژول **Process** عملیات سیم پیچی شبیه سازی می گردد، همان طور که در تصویر زیر نیز مشاهده می شود نهاده ی دیگری نیز به عملیات سیم پیچی راه پیدا می کند که عبارت است از ۷۰ درصد از تولیدات عایق کاری را می باشد را شامل می شود پس از انجام عملیات مربوطه به سمت ماژول **Assign** هدایت می شویم که نهاده مربوطه را به عنوان قطعه ساخته شده ایی دیگری از قطعه دوم نام گذاری می کند و در نهایت توسط ماژول **Dispose** از سیستم خارج می شود.

گام سوم

پس از تولید نهاده توسط ماژول **Create** در ایستگاه عایق کاری با بکار گیری ماژول **Process** به عملیات عایق کاری می رسیم که پس از آن با توجه به مدل حقیقی ۳۰ درصد از نهاده ها برای تولید قطعه سوم به کار گرفته می شوند و ۷۰ درصد آنها به ایستگاه سیم پیچی برای تولید قطعه دوم انتقال پیدا می کند. پس از آن با استفاده از ماژول **Assign** نهاده به قطعه سوم تبدیل شده و در نهایت با استفاده از ماژول **Dispose** مربوطه از مدل خارج می شود.

¹ Replication

گام چهارم

پس از تولید نهاده توسط ماژول **Create** در ایستگاه لامل سازی سازی با به خدمت گرفتن ماژول **Process** عملیات لامل کاری بر روی نهاده اعمال می شود. سپس پس از آن با استفاده از ماژول **Decide** به صورت مساوی نهاده ها به دو ایستگاه مونتاژ اولیه و مقرر بندی فرستاده می شوند و در اول ایستگاه ها توسط دو ماژول مجزای **Assign** به قطعه چهارم تبدیل می شوند.

گام پنجم

قطعه پنجم در ایستگاه رنگ آمیزی تولید می گردد که به ترتیب خلق نهاده توسط ماژول **Create** مربوطه به ماژول **Process** هدایت شده که عملیات رنگ آمیزی بر روی نهاده ها انجام شده سپس از طریق ماژول **Assign** مربوط قطعه پنجم تهیه می گردد پس از آن با ماژول **Dispose** از سیستم خارج خواهند شد.

گام ششم

در ایستگاه بعد از تولید قطعه چهارم با استفاده از ماژول **Assign** مربوطه از ماژول **Hold** بهره گرفته ایم تا بتوانیم برای مونتاژ به اندازه کیفیت از قطعات یک تا پنج داشته باشیم پس از برقراری شرط ماژول **Hold** به عملیات مونتاژ اولیه خواهیم پرداخت که از ماژول **Process** بهره گرفته شده است بعد از آن با استفاده از ماژول **Assign** و کم کردن از موجودی قطعات یک تا پنج به تولید قطعه ششم می پردازیم.

گام هفتم

در ایستگاه مقرر بندی بعد از تولید قطعه چهارم با استفاده از ماژول **Hold** شرطی را برقرار می کنیم که در صورت وجود هر دو قطعه چهار و پنج به عملیات مقرر بندی که با استفاده از ماژول **Process** شبیه سازی شده است راه بیابند. که بعد از انجام عملیات مربوطه و تولید قطعه هفتم با استفاده از قطعات چهارم و پنجم توسط ماژول **Assign** توسط ماژول **Dispose** از سیستم خارج می شوند.

گام هشتم

پس از ایستگاه مونتاژ اولیه به ایستگاه مونتاژ نهایی راه پیدا میکنیم. چون در این ایستگاه برای مونتاژ نهایی به بخش های ششم و هفتم نیازمندیم از ماژول **Hold** بهره می جویم تا نیاز ما برطرف شود پس از آن به قسمت عملیات مونتاژ نهایی می رویم که با استفاده از ماژول **Process** شبیه سازی شده است. در آخر این ایستگاه نیز با کم کردن از موجودی قسمت های ششم و هفتم به ایستگاه آزمایشگاه برق و تعمیرات ترانس می رویم، که آزمایشگاه برق با استفاده از ماژول **Process** شبیه سازی شده است و بعد از انجام آزمایش های ضروری معمولاً یک درصد تولیدات دچار نقص هایی می باشند که به قسمت تعمیرات ترانس رفته و پس از تعمیرات به بخش تکمیل ترانس رفته که از ماژول **Process** بهره می برد و پس از آن با ماژول **Dispose** نهایی شبیه سازی تکمیل می گردد.

۵- یافته های تحقیق

-شاخص کلیدی عملکرد

بطور متوسط تعداد محصولات خارج شده از خط تولید برابر با تعداد ۷۴ محصول در روز بوده است که این عدد بسیار نزدیک به عملکرد خط در دنیای واقع می باشد.

۲- زمان انتظار در صف

جدول ۱: متوسط زمان انتظار قطعات در صف های مختلف هر ایستگاه

نام صف	زمان انتظار به ثانیه
رنگ آمیزی	۲۰۳۰۸
مونتاژ نهایی	۱۰۸۳۷۶
مونتاژ اولیه	۸۷۰۱۲
صف هولد مونتاژ اولیه	۴۱۶۱۰۴۰
صف هولد مونتاژ نهایی	۳۹۵۶۰۲
هسته چینی	۴۰۶۲۱

زمان انتظار بقیه صف ها قابل چشم پوشی می باشند.

بهینه سازی حالت موجود

با طراحی لی اوت جدید، کابین رنگ از محل قدیمی آن در پلان شرکت به مختصات جغرافیایی جدید در محل دیگر از سالن های مربوط به تولید منتقل می گردد و با توجه به به زور شدن کابین رنگ و استفاده از کانویرهای سریع تر و بهینه تر در این کابین پیش بینی می شود که زمان معطلی در صف مربوط به ایستگاه رنگ آمیزی به میزان قابل توجهی پایین بیاید.

جدول ۲: متوسط زمان انتظار قطعات در صف های مختلف هر ایستگاه

نام صف	زمان انتظار به ثانیه
رنگ آمیزی	۶۲۰۵۴
مونتاژ نهایی	۷۴۷۰۹۷
مونتاژ اولیه	۸۶۰۳۰
صف هولد مونتاژ اولیه	۵۴۴۵۰۵۷
صف هولد مونتاژ نهایی	۳۲۴۹۰۳۶
هسته چینی	۴۰۱۰۵۰

در زیر جانمایی بهینه ایی که سیستم بر مبنای آن بهبود یافته است را در زیر نشان داده ایم:

نتایج شبیه سازی حالت بهینه شده

با طراحی لی اوت جدید، کابین رنگ از محل قدیمی آن در پلان شرکت به مختصات جغرافیایی جدید در محل دیگر از سالن های مربوط به تولید منتقل می گردد. با توجه به مکان فعلی کابین های خط رنگ جریان مواد به صورتی است که پس از مراحل مونتاژ اکتیو قابل در مخازن ترانسفورماتور، مراحل رنگ آمیزی روی آنها انجام میگردد که این روند همراه با دوباره کاری

های بسیاری در پایان کار است. همچنین در حال حاضر تعداد پرسنل فعال در خطوط رنگ مذکور ۸ نفر می باشد. آمار روزانه آنها در هر شیفت بالغ بر ۳۵ دستگاه ترانسفورماتور می باشد. که با احداث کابین خط رنگ جدید در محل ارزیابی شده مکان دیگر از سالن های تولیدی، تعداد نیروهای فعال از ۸ نفر به ۲ نفر تقلیل پیدا می کند و اینکه تولید متوسط ۷۰ دستگاه روزانه توسط ۸ نفر به تعداد تولید ۵۰ دستگاه روزانه برای برای ۲ نفر پرسنل و همچنین برای کسری آمار تا ۷۰ دستگاه به ۳ نفر ساعت اضافه کاری نیاز می باشد. که در این حین بازده کاری به به حد اکثر ممکن خواهد رسید.

۶- بحث و نتیجه گیری

با توجه به مدل شبیه سازی شده از خط تولید ترانسفورماتور شرکت ایران ترانسفو به نتایج حاصله که در فصل چهارم مطرح شد دست یافتیم که در اینجا به بیان خلاصه ای از آن می پردازیم.

۱. زمان انتظار در صف ایستگاه رنگ آمیزی از ۰۸،۲۰۳ به ۵۴،۶۲ کاهش پیدا کرده است.
۲. تعداد اوپراتورهای مورد نیاز در ایستگاه از ۸ نفر به ۲ نفر تقلیل یافته به نحوی که با ۳ نفر ساعت اضافه کاری می توان به همان ظرفیت تولیدی قبل دست پیدا کرد.
۳. زمان انتظار در صف ایستگاه مونتاژ نهایی از ۷۶،۱۰۸۳ به ۹۷،۷۴۹ کاهش پیدا کرده است.
۴. زمان انتظار در صف ایستگاه مونتاژ اولیه از ۱۲،۸۷ به ۳۰،۸۶ کاهش پیدا کرده است.
۵. زمان انتظار در صف هولد مونتاژ اولیه از ۴۰،۴۱۶۱ به ۵۷،۵۴۴۵ افزایش پیدا کرده است.
۶. زمان انتظار در صف هولد مونتاژ نهایی از ۰۲،۳۹۵۶ به ۳۶،۳۲۴۹ کاهش پیدا کرده است.
۷. زمان انتظار در صف ایستگاه هسته چینی از ۴۰۶،۲۱ به ۴۰۱،۵۰ کاهش پیدا کرده است.
۸. نیروی انسانی مورد نیاز برای ایستگاه رنگ آمیزی از ۸ نفر به ۲ نفر تقلیل پیدا کرده است که این مهم درحالی به محقق شده که میزان تولید قبلی با ۳ نفر ساعت اضافه کاری قابل انجام می باشد.

محدودیت های پژوهش

از جمله محدودیت های این پژوهش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. استفاده از شبیه سازی به منظور تعیین شاخص های عملکردی سیستم و تعیین جواب اولیه
۲. در این مدل هزینه تعمیرات ماشین آلات، هزینه حمل و نقل نیروی انسانی و سایر هزینه ها در نظر گرفته نشده است در صورتی که می تواند تأثیری متفاوت در برنامه ریزی تولید داشته باشد.
۳. در این پژوهش، تمامی هزینه ها، زمان منقضی شدن کالای نهایی زمان خرابی بین ماشین آلات و زمان بین خرابی ماشین آلات و زمان تعمیر آنها با توجه به فرضی بودن مساله بسیار پایین در نظر گرفته شده است در صورتی که این هزینه ها در دنیای واقع، این هزینه ها و زمان فساد کالا و همچنین زمان بین خرابی ماشین آلات و زمان تعمیر آنها متفاوت است و براساس ثبت آنها تصمیم گیری انجام می پذیرد لذا نتایج بدست آمده در این پژوهش تخمینی است و بکار بردن داده های واقعی در برنامه تولید می تواند تأثیر متفاوتی داشته باشد.

پیشنهادات تحقیق

۱. این پژوهش می تواند با در نظر گرفتن هزینه های تعمیرات ماشین آلات، هزینه های نیروی انسانی هزینه های حمل و نقل و غیره انجام بپذیرد.
۲. بحث موجودی می تواند در شبیه سازی و نتایج حاصله از آن لحاظ گردد.
۳. می توانیم موضوع تورم را نیز یکی از متغیرهای شبیه سازی خود در تابع هزینه در بحث موجودی لحاظ نماییم.
۴. در این مدل نرخ تقاضا می تواند احتمالی در نظر گرفته شود.
۵. استفاده از مدل های فرا ابتکاری در پژوهش های آتی پیشنهاد می گردد.

منابع

۱. بشیری، م.، فتوحی، ف.، "طراحی و تحلیل آزمایش ها با تاکید بر دو نرم افزار Minitab و Expert Design"، انتشارات دانشگاه شاهد، ۱۳۸۹.
۲. بنکس، ج.کارسن، ج.ترجمه ی محلوچی، ه.، "شبیه سازی گسسته پیشامد"، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۸.
۳. بهرامی، م.، "تعیین نرخ تولید در سیستم های تولیدی مستعد شکست تک ماشینی با اقلام فاسد کدنی"، پایان نامه کارشناسی ارکند، دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ۱۳۹۱.
۴. جولای، ف.اسودی، ت.، "مدل کنترل موجودی دو سطحی اقلام فاسد شدنی با در نظر گرفتن اثرات تورم"، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۸، شماره ۱، ۱۳۸۳، صفحات ۱۳۱ تا ۱۳۲.
۵. حاج شیرمحمدی، ع.، "اصول برنامه ریزی و کنترل تولید و موجودیها"، انتشارات ارکان دانش، اصفهان، ۱۳۸۵.
۶. حجازی، س.ر.معماریانی، ع.سپهری، م.م.جهانشاهلو، غ.ر.، "حل برنامه ریزی دو سطحی با الگوریتم جستجوی ممنوعه"، نشریه ی دانشکده ی فنی، جلد ۳۵، شماره ۲، ۱۳۸۸.
۷. سجادی، س.م. "تعیین نرخ تولید در سیستم های تولیدی مستعد شکست شبکه های با نرخ تقاضای ثابت"، پایان نامه دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۹.
۸. سلیمانی، ر.، "تعیین نرخ بهینه تولید و پارامترهای سیاست های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در سیستم های تولیدی مستعد شکست با استفاده از کلتون، د. سادوسکی، ر.، استارک، د.ترجمه ی باقری، م.، سیویه، ع.حجازی، ط.ح.، "شبیه سازی با نرم افزار ارنا"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، ۱۳۹۰.
۹. مهدی مزده، م.ریاحی نظری، ا.طالعی زاده، ع.، "توسعه مدل کنترل موجودی قطعی برای کالاهای فسادپذیر با در نظر گرفتن کمبود پسات و تخفیف مقداری"، نشریه ی تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۷، شماره ۱، ۱۳۹۲.
10. Ahmed, M.A., Alkhamis, T.M. "Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait", European Journal of Operational Research, Vol.198, No.3, pp. 936-942, 2009.
11. Berthaut, F., Gharbi, A., Dhouib, k. "Joint Modified Block Replacement and and Production/Inventory Control Policy for a Failure Prone Manufacturing Cell", Omega, Vol.39, No.6, PP. 642-654, 2011.
12. Berthaut, F., Gharbi, A., Kenne, J.P., and Boulet, J.F., "Improved joint preventive maintenance and hedging point policy", Int. J. Production Economic, Vol. 127, No.1, pp. 60-72, 2010.
13. Boschian, V., Rezg, N., and Chelbi, A., "Contribution of simulation to the optimization of maintenance strategiesfor a randomly failing production system", European Journal of Operational Research, Vol.197, No.3, pp. 1142-1149, 2009.
14. Chan, F.T.S. , Wang, Z. , Zhang, J., "A two-level hedging point policy for controlling a manufacturing system with time-delay, demand uncertainty and extra capacity", European Journal of Operational Research , Vol. 176, No.3, pp. 1528 – 1558, 2007.
15. Dehayem, F.I. Nodem, F.I. Kenne', J.P., Gharbi, A., "Simultaneous control of production , repair / replacement and preventive maintenance of deteriorating manufacturing systems" , Int. J. Production Economics , Vol.134, No.1, pp. 271-282, 2011.
16. Dhouib, K., Gharbi, A., BenAziza, M.N., "Joint optimal production control/preventive maintenance policy for imperfect process manufacturing cell", Int. J. Production Economics, Vol. 137, No.1, pp. 126-136, 2012.
17. Gendreau, M., Larporte, G., Semet, F. "A Tabu Search huristic for the undirected selective travelling salesman problem", European Journal of Operational Research, Vol. 106, No. 2-3, pp. 539-545, 1998.

18. Glover, F., Laguna, M. "Tabu Search", Kluwer Academic Publishers, 1997. Hajji, A., Mhada, F., Gharbi, A., Pellerin, R., Malhame', R., "Integrated product specifications and productivity Decision making in unreliable manufacturing systems", Int. J. Production Economics, Vol. 129, No.1, pp. 32-42, 2011.
19. Hashemi dehaghi.,Z., Sajadi, S.M., Nili Ahmadabadi, M. "Determine the Optimal Order Quantities in Lot Sizing Models Regarding Minimum Order Quantity with Simulation", International Journal of Engineering Sciences, Vol.2, No.8, pp. 399-403, 2013.
20. Hongjie, L., Ruxian,L., Rujiang, W., "Study on the inventory control of deteriorating items under VMI model based on bi-level programming", Expert Systems with Applications, Vol. 38, No.8, pp. 9287-9295, 2011.
21. Jeang, A. "Simultaneous determination of production lot size and process parameters under process deterioration and process breakdown", Omega, Vol. 40, No.6, pp. 774 – 781, 2012.
22. Kenne, J.P. Gharbi, A. Beit, M. "Age-dependent production planning and maintenance strategies in unreliable manufacturing systems with lost sale", Eur J Oper Res Vol.178, No.2, PP. 408-420, 2007.
23. Mahnam, M., Yadollahpour, M.R., Famil-Dardashti, V., Hejazi, S.R., "Suply chain modeling environment with bi-objective approach", Computer & Industrial Engineering, Vol. 56, No.4, pp. 1535-1544, 2009.
24. Mishra, V.K., Singh, L.S., Kumar, R., "An inventory model for deteriorating items with time-dependent demand and time-varying holding cost under partial backlogging", Journal of Industrial Engineering International, Vol. 9, No.4, pp. 1-5, 2013.
25. Mok, P.Y., Porter, B., "Evolutionary optimisation of hedging points for unreliable manufacturing system", Int J Adv Manuf Technol , Vol. 28, No.1-2, pp. 205-214, 2006.
26. Naylor, T.H., Finger, J.M. "Verification of Computer Simulation Studies", Management Science, Vol. 24, pp. 180-189, 1981.
27. Nita H Shah , Hardik N Soni , Kamlesh A Patel, "Optimizing inventory and marketing policy for noninstantaneous deteriorating items with generalized type deterioration and holding cost rates", Omega, Vol. 41, No.2, pp. 421-430, 2013.
28. Ping Lee ,Yu., Yuan Dye, C., "An inventory model for deteriorating items under stock-dependent demand and controllable deterioration rate", Computers & Industrial Engineering, Vol. 63, No.2, pp. 474-482, 2012.
29. Saidi-Mehrabad, M., Paydar, M.M., Aalaei, A., "Production planning and worker training in dynamic manufacturing systems", Journal of Manufacturing Systems, Vol.32, No.2, PP. 308- 314, 2013.
30. Sajadi, S.M. Seyed Esfahani, M.M. So" rensen, K. "Production control in a failure-prone manufacturing network using discrete event simulation and automated response surface methodology", Int J Adv Manuf Technol, Vol. 53, No.1-4, pp. 35-46, 2011.
31. Soroush, H.,sajadi, S.M., Rezaee, B., "Optimization of Job Shop system with parallel machines using simulation", International Journal of Multi-disciplinary Research Academy (IJMRA), Vol. 2, No.11, pp. 399- 403, 2012.
32. Swaan Arons, H.D., Attila Boer, C., "Storage and retrieval of discrete - event simulation", Simulation Practice and Theory, Vol. 8, No.8, pp. 555-576, 2001.

33. Vaghefi, A., Sarhangian, V., "Contribution of simulation to the optimization of inspection plan for multi-stage manufacturing system", *Computer & Industrial Engineering*, Vol. 57, No.4, pp. 1226-1234, 2009.
34. Xie, X., "Optimal control in a failure prone manufacturing system", *Automatic Control, IEEE*, Vol. 31, PP. 116- 126, 1989.

Design simulation model to evaluate the Companies performance indicators color line transformers

Hamid Reza Karami ¹ , Seyed Mojtaba Sajjadi ² , Mohammad Fallah ³

¹ Graduate student of industrial Engineering , industrial Engineering , Islamic Azad University Central Tehran Branch , Tehran , Iran

² Assistant professor and faculty member , Department of Industrial Engineering , Tehran University , Tehran , Iran

³ Associate Professor and faculty member , Department of Industrial Engineering , Islamic Azad University , Tehran – South , Tehran , Iran

Abstract

Production planning seen as a major activity in manufacturing. To collect accurate and complete timing can be simulated systems studied and to review performance indicators can be improved manufacturing systems and programs. Comprehensive look at the issue, we find that nor only generate leads modeling systems to submit proposals in order to improve the system , but also creates conditions for senior executives of these institutions to take stronger strategic decisions and terry factors for their respective industry . In this study we investigated the Iran – Transfo production line system the color of the collection line station where recovery is considered. Enterprise production system, which includes different workstations that are most important to the color line stations that have been examined in this study can be cited. Because of the uncertainty and complexity of the system simulation was performed using the software ARENA 14.0. Then, by collecting data related to the system and change the color of the collection and optimum layout of the new system Re- simulated and the new data represents a significant reduction improvements have been well studied system.

Keywords: Manufacturing systems, Simulation, Performance indicators, Iran – Transfo color line system.
