فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-بیان مسئله ۳

۱-۳-مفاهیم گلوگاه در سیستم های تولیدی ٤

۱-٤-اهمیت و ضرورت تحقیق ٥

۱-٥-اهداف تحقیق ٦

۱-٦-فرضیه‌های تحقیق ۷

۱-۷-قلمرو تحقیق ۷

۱-۸-جمع‌بندی فصل ۷

فصل دوم : مرور ادبیات

۲-۱-مقدمه ۱۰

۲-۲-ادبیات تحقیق ۱۰

۲-۲-۱-شبیه‌سازی ۱۰

۲-۲-۱-۱-تعریف شبیه‌سازی ۱۱

۲-۲-۱-۲-انواع شبیه‌سازی ۱۲

۲-۲-۱-۳-مراحل شبیه‌سازی ۱۳

۲-۲-۲-فرایند شبیه‌سازی ۱٤

۲-۲-۳-مزایا و معایب شبیه سازی کامپیوتری ۲۲

۲-۲-٤-نرم افزار شبیه‌سازی (ED) ۲٤

۲-۲-۲-۱-کاربردهای نرم افزار ED ۲٥

۲-۲-٤-۲-خصوصیات و مشخصات بستهٔ نرم‌افزاری (ED) ۲٥

۲-۳-معرفی شاخص عملکرد کلی تجهیزات OEE ۲۷

۲-٤-محدودیت‌های دسترسی به ماشین آلات ۳۱

۲-٤-۱-محدودیت دسترسی قطعی ۳۲

۲-۵-مرور تحقیقات پیشین ۳۲
۲-۵-۱-بررسی تحقیقات داخلی ۳۲
۲-۵-۲-بررسی تحقیقات خارجی ۳۷
۲-۶-خلاءهای تحقیقاتی ٤۰
۲-۷-نتیجه‌گیری و جمع‌بندی ٤۱

فصل سوم: بیان مسئله و مدل‌سازی

۳-۱-مقدمه ٤۳
۳-۱-۲-دلایل استفاده از رویکرد شبیه‌سازی و برتری آن ٤۳
۳-۱-۳-گام‌ها و اهداف توسعه مدل شبیه‌سازی ٤٤
۳-۲-بیان مسئله ٤٤
۳-۳-معرفی واحد مورد مطالعه ٤٤
۳-۳-۱-شرح فرایند واحد اسپتیک ٤۵
۳-۳-۲-چیدمان سیستم تولید ٤٦
۳-٤-توسعه مدل شبیه‌سازی برای مسئله ۵۲
۳-٤-۱-فرضیات مدل شبیه‌سازی ۵۲
۳-٤-۲-نرم افزار شبیه سازی ED ۵۲
۳-٤-۳-جزئیات مدل شبیه‌سازی سیستم تولیدی ۵۳
۳-٤-۳-۱-بخش ورودی مواد اولیه (ورقه های خام) ۵۵
۳-٤-٤-اتم ایستگاه کاری ۵۵
۳-٤-۵-اتم حمل و نقل (لیفتراک) ۵٦
۳-۵-تحلیل اطلاعات ورودی مدل شبیه‌سازی ٦۰
۳-۵-۱-آزمون مربع کای ٦۱
۳-۵-۲-آزمون K-S ٦۱
۳-۵-۳-توزیع احتمالی زمان پردازش و عملیات روی ماشین‌ها ٦۲
۳-۵-٤-اطلاعات ماشین‌ها ٦۵
۳-۵-۵-ضایعات تولید در هر مرحله ٦۵

۳-۵-٦-توزیع زمان‌های خرابی ماشین‌ها ٦٦
۳-٦-معماری مدل برشبیه‌سازی واحد اسپتیک ٦٧
۳-۷-جمع بندی فصل ٦٩

فصل چهارم: نتایج و تحلیل یافته ها

٤-۱-مقدمه ۷۱
٤-۲-تنظیمات بخش آزمایش‌ها مدل شبیه‌سازی ED ۷۱
٤-۳-اطلاعات آماری ۷٤
٤-۳-۱-نتایج آماری مربوط به شاخص OEE ۷٤
٤-۳-۲-درصد اشتغال (بهره‌وری) ماشین‌آلات ۷۷
٤-۳-۳-میزان تولید در واحد اسپتیک ۷۸
٤-۳-٤-تحلیل بافرهای بین ایستگاهی در مدل شبیه‌سازی ۷۸
٤-۳-۵-خروجی‌های گرافیکی ۷۹
٤-٤-اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی ۸٦
٤-٤-۱-مرحله ۱: توسعه مدل با اعتبار بخشی بصری ۸٦
٤-٤-۲-مرحله ۲: بررسی تجربی فرضیات مدل ۸٦
٤-٤-۳-مرحله ۳: بررسی خروجی‌های شبیه‌سازی ۸۷
٤-۵-جمع‌بندی فصل ۸۷

فصل پنجم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۵-۱-مقدمه ۹۰
۵-۲-دستاوردها و نوآوری‌های تحقیق ۹۰
۵-۳-جمع‌بندی ۹۱
۵-٤-پیشنهادهای تحقیقات آتی ۹۱
فهرست منابع ۹۳
پیوست ها ۹۷
پیوست الف-۱: معرفی محصولات Enterprise Dynamics ۹۸
پیوست الف-۲:مشخصات بستهٔ های نرم افزار Enterprise Dynamics(ED) ۱۰۰

پیوست ب۱: خلاصهای از جزئیات و کدهای اتم های بخش کنترل موجودی (Q)..... ۱۰۵
پیوست ب-۲: خلاصهای از جزئیات و کدهای اتم های بخش توالی عملیات و توزیع قطعات ۱۰۶
پیوست ب-۳: خلاصهای از جزئیات و کدهای اتم های بخش کنترل جریان مواد و قطعات ۱۰۷
پیوست ب-٤: جزئیات و کدهای اتم های بخش برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید..... ۱۱۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: معماری نرم افزار ED ۲۷
شکل ۱-۲: زمانبندی تحت شرایط نگهداری و تعمیرات و شکست‌های تصادفی ۳۲
شکل ۳-۱: گامهای مبتنی بر شبیه سازی ٤۳
شکل ۳-۲-مراحل تولیدی در واحد اسپتیک ٤۷
شکل ۳-۳: نمایی از فرآیند چاپ در واحد اسپتیک ٤۷
شکل ۳-٤: نمایی از فرآیند اکسترود در واحد اسپتیک ٤۸
شکل ۳-۵: نمایی از فرآیند برش در واحد اسپتیک ٤۸
شکل ۳-٦: نمایی از فرآیند بسته بندی در واحد اسپتیک ٤۹
شکل ۳-۷:مراحل تولیدی در واحد اسپتیک ۵۰
شکل ۳-۸: چیدمان سیستم تولیدی و فرآیندها ۵۱
شکل ۳-۹: کانال‌های بهم متصل شده (خروجی به ورودی) ۵۵
شکل ۳-۱۰: مجموعه اجزا (اتم های) یگ ایستگاه خط تولید ۵٦
شکل ۳-۱۱: قابلیت های نمایشی اتم لیفتراک ۵۷
شکل ۳-۱۲: ساختار مفهومی استفاده از اتم حمل و نقل در مدل ED ۵۷
شکل ۳-۱۳: بخش سیستم حمل و نقل (لیفتراک) واحد اسپتیک ۵۸
شکل ۳-۱٤: مدل شبیه‌سازی سیستم تولیدی واحد اسپتیک ۵۹
شکل ۳-۱۵: نمودار هیستوگرام زمان عملیات چاپ ٦۳
شکل ۳-۱٦: نمودار هیستوگرام زمان برش ٦٤
شکل ۳-۱۷: جانمایی ماشین‌های واحد اسپتیک ٦۵
شکل ۳-۱۸: تنظیمات بخش مربوط به پارامترهای خرابی احتمالی تجهیزات واحد اسپتیک (ایستگاه سیلندرکاری) ٦٦
شکل ۳-۱۹: معماری مدل شبیه‌سازی برای واحد اسپتیک ٦۸
شکل ٤-۱: نرخ تولید در طول زمان ۷۳
شکل ٤-۲: صف فاصله اطمینان برای شاخص متوسط موجودی نیمه ساخته در طول زمان ۷۳

شکل ٤-٣: میانگین شاخص OEE برای ماشین‌های مختلف ٧٥
شکل ٤-٤: انحراف استاندارد شاخص OEE برای ماشین‌های مختلف ٧٥
شکل ٤-٥: نمودار گانت پردازش عملیات روی ماشین‌ها ٧٦
شکل ٤-٦: نمودار توالی پردازش عملیات روی ماشین‌ها ٧٦
شکل ٤-٧: نمودار وضعیت لیفتراک (سیستم حمل و نقل) در واحد اسپتیک ٧٧
شکل ٤-٨: انتخاب نوع گراف ٨٠
شکل ٤-٩: انتخاب اتم‌های مورد مطالعه برای ضبط اطلاعات و نمایش گراف ٨٠
شکل ٤-١٠: هیستوگرام زمان انتظار قبل از ایستگاه چاپ ٨١
شکل ٤-١١: هیستوگرام طول صف قبل از ایستگاه چاپ ٨١
شکل ٤-١٢: هیستوگرام زمان انتظار قبل از ایستگاه اکسترود ٨٢
شکل ٤-١٣: هیستوگرام زمان انتظار قبل از ایستگاه برش ٨٢
شکل ٤-١٤: هیستوگرام زمان انتظار قبل از ایستگاه بسته بندی ٨٣
شکل ٤-١٥: گراف‌های وضعیت ایستگاه سیلندرکاری ٨٤
شکل ٤-١٦: گراف‌های وضعیت ایستگاه اکسترود ٨٤
شکل ٤-١٧: گراف‌های وضعیت ایستگاه چاپ ٨٤
شکل ٤-١٨: گراف‌های وضعیت ایستگاه بسته بندی ٨٥
شکل ٤-١٩: گراف‌های وضعیت ایستگاه برش ٨٥

فهرست جداول

جدول ۱-۱: مشخصات نرم افزار ED ۲۶
جدول ۱-۲: وضعیت های مختلف شاخص OEE ۲۹
جدول ۱-۳: انواع مختلف علل افت شاخص OEE ۳۰
جدول ۳-۱: خلاصه توابع توزیع زمان‌های پردازش عملیات ۶۲
جدول ۳-۲: ضایعات ورقه های کاغذ در مراحل مختلف ۶۵
جدول ۳-۳: خلاصه توابع توزیع خرابی و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات واحد اسپتیک (اطلاعات سال ۱۳۹۴) ۶۷
جدول ۴-۱: نتایج مربوط به شاخص اثربخشی کلی تجهیزات OEE در مدل شبیه‌سازی (با ۹۵٪ اطمینان) ۷۴
جدول ۴-۲: نتایج خروجی مربوط به درصد اشتغال (بهره‌وری) ماشین اکسترود ۷۸
جدول ۴-۳: نتایج خروجی مربوط به درصد اشتغال (بهره‌وری) ماشین برش ۷۸
جدول ۴-۴: نتایج خروجی مربوط به میزان تولید در واحد اسپتیک ۷۸
جدول ۴-۵: محصولات نیم ساخته (بر حسب متر) در بین مراحل مختلف کاری در واحد اسپتیک ۷۹

چکیده

شبیه‌سازی یک فرآیند این امکان را فراهم می‌آورد که بدون صرف هزینه، امکان اعمال تغییرات فرآیندی مختلف در فرآیند موردنظر را ارزیابی نموده و آثار این تغییرات بر روی پارامترهای مختلف موجود سنجیده شود. امروزه یکی از معیارهای کلیدی در ارزیابی سیستم‌های تولیدی، محاسبه شاخص اثربخشی کلی تجهیزات است. این شاخص، یک نوع معیار سنجش برای تعیین ارزش‌افزوده تولید از طریق محاسبه کارایی تجهیزات بر اساس عملکرد دستگاه‌ها، درصد کیفیت محصولات و سرعت ماشین‌ها است. این شاخص جامع‌ترین شاخص دربرگیرنده تمامی جوانب مربوط به فرآیندهای تولیدی است. روش پژوهش شامل توسعه یک مدل شبیه‌سازی گسسته-پیشامد به منظور بررسی وضعیت آینده تجهیزات، برآورد شاخص اثربخشی کلی تجهیزات در شرایط تصادفی و نیز شناسایی نقاط گلوگاهی سیستم تولید است. برای این منظور از نرم‌افزار شبیه‌سازی ED که یک نرم‌افزار شی گرا برای مدل‌سازی، شبیه‌سازی و کنترل فرایندهای پویا است استفاده شد. مدل شبیه‌سازی گسسته-پیشامد پیشنهادی قادر به مدل‌سازی فرآیندهای ساخت و پردازش عملیات روی ماشین‌ها در شرایط خرابی احتمالی ماشین‌ها است. در تحقیق حاضر، در راستای افزایش توان تولید و کنترل بهینه فرآیند این پژوهش با هدف بررسی شبیه‌سازی تجهیزات واحد تولیدی جهت پیش‌بینی وضعیت آینده در کارخانه آلومینیوم هزار کرمان تولیدکننده انواع فویل آلومینیوم انجام گرفته است. اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی روی بخشی از کارخانه تولید فویل آلومینیوم (واحد اسپتیک) انجام شد. تجزیه و تحلیل مدل شبیه‌سازی پیشنهادی و نتایج حاصل از محاسبات آماری نشان می‌دهد که ایستگاه‌های برش و سیلندر کاری به ترتیب دارای کمترین (۷/۱۷٪) و بیشترین (۹۹/۹۷٪) متوسط شاخص اثربخشی از دیدگاه معیار OEE هستند. میانگین کل شاخص اثربخشی در واحد اسپتیک نیز برابر با ۳٦/۲٤٪ است. این میزان متوسط شاخص اثربخشی کلی تجهیزات برای واحد اسپتیک وضعیت نامطلوب واحد اسپتیک را نشان می‌دهد. همچنین نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ایستگاه سیلندرکاری ایستگاه گلوگاه خط تولید محسوب می‌شود و می‌بایست به منظور بهبود عملکرد سیستم، بر این ایستگاه تمرکز شود.

کلمات کلیدی:

شبیه‌سازی گسسته-پیشامد، سیستم تولیدی، اثربخشی کلی تجهیزات، پیش‌بینی وضعیت ماشین‌ها

فصل اول : مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه

در دنیای امروز تغییر، تحول و پویایی از اصول پایه است و مدیران باید دائماً در جستجوی راه‌هایی برای بهبود بخش مربوط به خود در سازمان باشند. در این راه، ابزارهای گوناگونی برای بهبود فرایند مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از این ابزارها مهندسی مجدد فرایندها[1](B.P.R) است. مهندسی مجدد مستلزم طراحی دوباره و ریشه‌ای فرایندهای سازمانی است. گرچه مهندسی مجدد فرایندهای سازمانی می‌تواند مزایای مهمی به سبب کاهش هزینه‌ها و یا بهبود کارایی داشته باشد، خطرات مهمی نیز در این روند وجود دارد، که به کارگیری شبیه‌سازی رایانه‌ای برای مدل‌سازی و تحلیل فرایندهای کسب‌وکارمی تواند این خطرات را کاهش داده و شانس موفقیت پروژه‌های مهندسی مجدد را بالا ببرد. شبیه‌سازی فرایند تکنیکی است که امکان نمایش فرایندها، منابع، کالاها و خدمات را در یک مدل دینامیک رایانه‌ای فراهم می‌سازد و این مدل شبیه‌سازی هنگامی‌که اجرا می‌گردد تقلیـــــدی از عملیات واحد تولیدی است. شبیه‌سازی فرایند تکنیکی است که به سازمان‌ها کمک می‌کند عملکرد فرایندهای خود را پیش‌بینی، مقایسه و بهینه‌سازی کنند. بدون اینکه هزینه و ریسک تغییر فرایندهای جاری و اجرای فرایندهای جدید را متحمل شوند. در حقیقت شبیه‌سازی رایانه‌ای ابزاری توانمند جهت پشتیبانی از تصمیمات مدیریت و کاهش ریسک فرایند تصمیم‌گیری و پشتیبانی از فرایند بهبود مستمر و مهندسی مجدد است.

مطالعات شبیه‌سازی می‌تواند تأثیرات زیادی بر ارزش‌افزوده نهایی داشته باشند. این امر موجب شده است که در مهندسی مجدد طرح‌ها، طراحی کارخانه و محصول، شبیه‌سازی کاربردهای ویژه خود را یافته و مدل‌سازی از واحدهای تولید مطرح و اجرا گردد.

شبیه‌سازی در فرهنگ لغت وبستر[2] به معنای وانمود کردن یا نایل شدن به اصل چیزی بدون واقعیت است. شبیه سازی رایانه ای به فرایند مدل سازی با استفاده از روابط ریاضی و منطقی و همچنین اجرای مدل به وسیله رایانه گویند.

استفاده از مدل های شبیه سازی به عنوان یک تکنیک پشتیبانی از تصمیمات مدیریت و کاهش ریسک فرایند تصمیم گیری به وسیله ارزیابی و تحلیل استراتژی های مختلف طراحی و بهبود سیستم روند افزایشی داشته است. به خصوص شبیه سازی های گسسته پیشامد به خاطر توسعه خبره ترین نرم افزارهای شبیه سازی

[1] Business Process Reengineering
[2] Webster

رایانه ای و نیز افزایش توانایی سخت افزارهای رایانه ای به صورت گسترده و موفقیت آمیزی در صنعت و تولید به کار گرفته شده است.

شبیه سازی تجهیزات واحد تولیدی جهت پیش بینی وضعیت آینده یکی از ابزارهایی است که در مهندسی مجدد بسیار کاربرد دارد. شبیه سازی ابزار قدرتمندی است که فرایند جدید و یا فرایند فعلی را طراحی، ارزیابی و تصویرسازی کرده و خطرات ناشی از اجرای تغییرات در محیط واقعی را نیز به حداقل ممکن می رساند.

۱-۲-بیان مسئله

شبیه سازی تقلیدی از عملکرد فرایند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. همچنانکه که یک سیستم با گذشت زمان تکوین می یابد. رفتار آن با ایجاد مدل شبیه سازی بررسی می شود. این مدل معمولاً 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. با ایجاد و معتبر سازی مدل میتوان آن را برای تحقیق درباره پرسش های گوناگونی از نوع "چه می شود اگر" در مورد سیستم واقعی بکار برد.

تغییرات انجام پذیر در سیستم را می توان ابتدا شبیه سازی کرد تا تاثیرشان بر عملکرد سیستم پیش بینی شود. شبیه سازی به منظور بررسی سیستم های در دست طراحی نیز پیش از ایجاد کاربرد پذیر است.در نتیجه، ایجاد مدل شبیه سازی، هم به منزله ابزار تحلیل برای پیش بینی تاثیر تغییرات سیستم های موجود و هم بعنوان ابزار طراحی برای پیش بینی عملکرد سیستم جدید در مجموعه شرایط گوناگون کاربردپذیر است (بنکس،۲۰۰۹).

بطور کلی شبیه سازی در طراحی و تجزیه و تحلیل انواع مختلفی از سیستمهای صنعتی و همچنین در حوزه خدمات کاربرد دارد. از جمله موارد کاربرد شبیه سازی در سیستمهای صنعتی، سیستم نگهداری و تعمیرات می باشد. در خطوط ایستگاهی، ایستگاهها به یکدیگر وابسته بوده و لذا توقف یک ایستگاه به دلایل مختلف(خرابی و یا برنامه نگهداری یا تعمیرات) روی عملکرد سایر ایستگاهها تاثیر گذار می باشد. بنابراین یک برنامه نت موفق باید بصورتی تدوین شود که کل توقفات خط، در حداقل ممکن باشد. به کمک ابزار شبیه سازی می توان انواع مختلف سناریوها و استراتژی های نت را مورد تحلیل قرار داد و با مقایسه آنها بر اساس شاخص های مناسب، انتخاب صحیحی انجام داد.