مقایسه عملکرد دو سیستم تولیدی کششی و فشاری با استفاده از شبیه سازی گسسته پیشامد

فهمیه تنهایی[*۱]
استادیار گروه صنایع، دانشگاه کوثر

چکیده

سیستم های مدیریت جریان مواد به دو دسته سیستم های کششی و فشاری تقسیم بندی می گردند. در سیستم کششی ورود سفارش محصول یا قطعه به خط تولید، بر اساس وضعیت سیستم صورت گرفته و مقدار کار در جریان، متناسب با آن محدود می شود. درحالی که در سیستم فشاری ورود سفارش محصول یا قطعه بر اساس وضعیت سیستم انجام نمی شود و بنابراین مقدار کار در جریان نیز، متناسب با آن محدود نمی شود. در این پروژه هدف این است که عملکرد تعدادی از محصولات در یک سیستم تولید کارگاهی در دو نوع فشاری و کششی با تمرکز بر بافر مورد مقایسه قرار گیرد. برای این منظور با استفاده از شبیه سازی در نرم افزار ارنا به مقایسه این دو سیستم در خط تولیدی با پنج ایستگاه پرداخته شده است که در نهایت نتایج نشان دهنده برتری سیستم فشاری با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی مقایسه ای مانند تعداد محصول خروجی، مدت زمان انتظار، سود و... است.

واژگان کلیدی: تولید کارگاهی، سیستم تولید کششی، سیستم تولید فشاری، بافر

[*۱] آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول (fahimeh.tanhaie@kub.ac.ir)

۱- مقدمه

در سیستم‌های تولیدی محصولات بسیار متنوعند به طوری که مراکز تولیدی ممکن است به تناوب محصولات مختلفی را تولید کنند. در تولید متناوب دو حالت ممکن است وجود داشته باشد . حالت اول آن‌که اکثر محصولات دارای توالی تولید ثابتی بوده و تجهیزات تولیدی نیز برمبنای این روش استقرار یافته‌اند . این حالت از سیستم را فرایند جریان تولید می‌گویند. در حالت دیگر روش تولیدی در بعد وسیعی نسبت به محصولات متغیر است و تجهیزات و ماشین‌آلات بر حسب عملکرد ماشین استقرار یافته است. این حالت از تناوب را تولید کارگاهی می‌نامند که دارای مشکلات مدیریتی بیشتری نسبت به روش اول است. تولید در این حالت با حجم کم و در طیف وسیعی از محصولات مختلف انجام می‌پذیرد. تعداد قطعات استاندارد در این محصولات بسیار کم است و تنها برخی از قطعات عمومی و بسیار متداول به کار گرفته می‌شوند. واحد تولیدی برای ساخت محصولات مختلف نیاز به قابلیت تولید انعطاف‌پذیر بالائی دارد. برای تحقق این امر به تجهیزات انعطاف‌پذیر و نیروی کار ماهر جهت انجام فعالیت‌های متنوع نیازمند است (غضنفری و صغیری، ۱۳۷۹).

سیستم های تولیدی به دو دسته کلی فشاری و کششی تقسیم بندی می گردند. در سیستم های فشاری تا زمانی که منابع موجود است ایستگاه ها مشغول به کار می باشند و تمرکز اصلی بر روی خروجی سیستم می باشد و بافر بی نهایت است. در این سیستم ممکن است به دلایلی از جمله تغییر نرخ تقاضا، محتوای تقاضا، تغییرات فصلی تقاضا و ... کل محصول یا موجودی در جریان ساخت مورد استفاده قرار نگیرد اما در سیستم کششی تولید پس از دریافت سیگنالی مبتنی بر تقاضای مشتری آغاز می شود و محدود بودن بافر موجب می گردد که موجودی در جریان ساخت کم باشد (مه پیکر و یاری، ۱۳۸۲).

در یک فرایند تولید که توسط سیستم فشاری کنترل می شود اقلام در زمان‌های تعیین شده توسط یک برنامه زمان‌بندی معین تولید می گردند. در این سیستم هنگامی که ایستگاهی براساس برنامه، قطعات مربوط به خود را آماده نمود آن را به ایستگاه بعدی هل می دهد. برخی اوقات سیستم های فشاری مترادف با سیستم‌هایی مانند برنامه‌ریزی نیازمندی‌های مواد در نظر گرفته می‌شوند (گروسفلد و مگازین[1] ۲۰۰۲) .

در یک پروسه تولید که توسط سیستم کششی کنترل می‌گردد، یک قلم کالا فقط هنگامی تولید می‌گردد که علامتی از مشتری دریافت شده باشد. سیستم های کششی که مترادف با روش تولید به هنگام فرض می‌گردند به صورت اساسی با سیستم‌های فشاری تفاوت دارند. در این حالت دیگر محرک اصلی تولید، برنامه‌ریزی نیست بلکه علامتی است که از سوی مشتری به سیستم می‌رسد. در عمل یک برنامه مونتاژ نهایی که برپایه‌ی سفارشات مشتری تنظیم گردیده است قطعات و محصولات را در طی پروسه تولید به دنبال خود می‌کشد. فقط به آخرین ایستگاه یک نسخه از برنامه زمان‌بندی مونتاژ نهایی داده می‌شود. این ایستگاه نیازمندی خود را خود انجام می‌دهد و به همین ترتیب با کمک گرفتن از کارت ، ظروف خالی و یا مربع‌های خالی حک شده روی کف کارخانه، اطلاعات مربوط به نیازمندی‌ها به صورت پس‌روی به اولین ایستگاه انتقال می‌یابند. نیاز به میزان برنامه‌ریزی تولید و گزارشات تولید کمتر، تنها یکی از منافع سیستم‌های کششی می‌باشد(گروسفلد[2] و همکاران، ۲۰۰۰)

---

[1] Grosfeld and Magazine

[2] Grosfeld

شرکت‌هایی که از سیستم های فشاری به سیستم‌های کششی سوئیچ کرده‌اند، گزارش داده‌اند که کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های موجودی، تولید و پیش‌زمان‌های تولید آن ها ایجاد گردیده است و همزمان سطح کیفیت و رضایت مشتری افزایش یافته است . منافع بالقوه سیستم‌های کششی بسیار زیاد است ولی عملا بسیاری از شرکت‌ها آن را به کار نمی‌گیرند . علت نیز این است که ایجاد محیط مناسب جهت یک سیستم کششی ممکن است سال‌ها به طول انجامد و در بعضی موارد تقریبا غیرممکن به نظر آید. عمده‌ترین پیش‌نیازهای یک سیستم کششی عبارت هستند از :

۱) احتمال از کار افتادگی تجهیزات باید بسیار ناچیز باشد .
۲) کیفیت قطعات و محصولات تولیدی باید بسیار بالا باشند .
۳) برای تولید اقتصادی دسته‌های کوچک، زمان‌های راه‌اندازی باید بسیار کم باشند .
۴) کیفیت مواد اولیه و قطعات خریداری شده باید بسیار بالا باشد . تامین کنندگان نیز باید قادر باشند تا اقلام مورد نیاز را در حجم کم ، به محض درخواست تحویل نمایند.

اکثر سیستم‌هایی که وجود دارند ترکیبی از سیستم‌های کششی و فشاری هستند، این سیستم‌ها از مزایای هر دو سیستم استفاده می کنند. به عنوان مثال سیستم مقدار موجودی ثابت جزء سیستم های ترکیبی است که دارای مقدار ثابتی موجودی در خط تولید است و به محض تکمیل و خروج یک محصول از خط بلافاصله موجودی برای ساخت یک محصول وارد خط می گردد (دوکلز و اسپنسر[۱] ۱۹۹۵)

بافر با موجودی نیمه‌تمام تفاوت دارد . بافر یک موجودی فیزیکی نیست بلکه مدت زمانی است که طی آن می توان حجم موجودی را به مقدار فرض شده رسانید. به همین دلیل در تئوری محدودیت‌ها به آن بافر زمانی گفته می‌شود. در زمان‌بندی تولید بر مبنای تئوری محدودیت‌ها در دو نقطه از خط تولید از بافر استفاده می‌شود :

۱) قبل از گلوگاه.
۲) در انتهای سایر خطوطی که گلوگاه در آن‌ها وجود ندارد (قبل از مونتاژ).

بافر تعبیه شده قبل از گلوگاه این ایمنی را ایجاد می‌کند که گلوگاه به علت اختلالات احتمالی ایستگاه‌های پشت سر خود ، بیکار نخواهد ماند. بافر انتهای سایر خطوط هم این ایمنی را لحاظ می‌کند که به تعداد قطعه پردازش شده در گلوگاه ، خروجی خواهیم داشت و به علت بروز نقص در سایر خطوط غیرگلوگاه ، مقدار خروجی کاهش پیدا نمی‌کند . مقدار این بافرها تعیین کننده حجم مواد ورودی به سیستم نیز هستند و مشخص می‌کنند که مواد با چه نرخی به سیستم تزریق شوند(بترتون و کاگس[۲] ۲۰۰۹) .

هدف تحقیق این است که اثر پیاده سازی دو سیستم فشاری و کششی بر روی معیارهای عملکردی خروجی و موجودی در جریان ساخت در سیستم تولید کارگاهی مقایسه گردد. این سیستم تولیدی دارای سه محصول و پنج ایستگاه کاری می باشد. نتایج نشان می دهد که در سیستم مدلسازی شده معیارهای عملکردی سیستم فشاری مطلوب تر از کششی است.

---

[۱] Duclos and Spencer

[۲] Betterton and Cox

۲- پیشینه تحقیق

درسیستم های کششی، ایستگاه ها با توجه به سیگنال های رسیده از ایستگاه بعدی شروع به فعالیت می کنند در حالی که در سیستم های فشاری ایستگاه ها تا زمانی که قطعه برای تولید دارند فعالیت می کنند و منتظر رسیدن سیگنال از ایستگاه های بعدی نمی شوند.گروسفلد و همکاران در سال ۲۰۰۰ فقط به مقایسه دو نوع سیستم کششی و فشاری پرداختند و سطح موجودی در دسترس و خروجی را به عنوان معیارهای عملکرد در سیستم درنظر گرفتند و برای قابل مقایسه بودن دو سیستم ابتدا سیستم کششی را شبیه سازی و خروجی به دست آمده از این سیستم را به عنوان ورودی به سیستم فشاری در نظر گرفتند. به عبارت دیگر در سیستم کششی به کنترل موجودی در جریان ساخت پرداختند و در سیستم فشاری این عمل را به صورت برعکس انجام دادند و در هر دو مورد خروجی و سطح موجودی را به عنوان معیارهای عملکردی مورد مقایسه قرار دادند. شبیه سازی را برروی خطوط مختلف و با تعداد ماشین های متفاوت از سه ماشین تا پانزده ماشین انجام دادند و برای رسیدن به جواب های مطمئن تر نحوه ورود مواد به داخل خط را قطعی ، احتمالی و یا با توزیع های مختلف انتخاب و پس از شبیه سازی به این نتیجه رسیدند که برای خطوط با تعداد ماشین های بزرگتر از هفت، سیستم فشاری و برای خطوط با تعداد ماشین های کمتر از هفت، سیستم کششی دارای عملکرد بهتری با توجه به معیارهای مدنظر است(گروسفلد و همکاران، ۲۰۰۰)

بافرهای موجود درخط نیز بر روی عملکرد سیستم تاثیرگذار هستند ؛ تعیین اندازه ی بافرها در سیستم کار دشواری است . رادوویلسکی[۱] در سال ۱۹۹۷ بافر را تعداد محصولات منتظر در صف تعریف کرد و در سیستمی که دارای یک محصول است به تعیین اندازه بافر پرداخت ؛ برای حل مساله از تئوری صف کمک گرفت و چون خط تولیدی انتخابی او تولید کننده یک محصول بود سیستم مدنظر را تک خدمت دهنده در نظر گرفت . برای تعیین اندازه بافر، موازنه بین مقدار درآمدی که از تعیین مقداری خاص برای بافر به دست آمد و هزینه های عملیاتی و موجودی ناشی از آن را در نظر گرفت . سیستم را M/M/1/K تعریف کرد و K را تعداد قطعات ورودی که همان اندازه بافر است در نظر گرفت و چون هدفش تعیین بافر در پشت گلوگاه بود ، در شبیه¬سازی انجام داده نرخ خروج را کمتر از نرخ ورود فرض کرد تا سیستمی پایدار داشته باشد . جواب های به دست آمده را بر روی سیستم های مختلف آزمایش کرد و در نهایت نتیجه گرفت که تعیین مقدار مناسب برای بافر بر روی سود سیستم تاثیر گذار است(رادوویلسکی، ۱۹۹۷) .

اسمیت[۲] در سال ۲۰۰۳ به بررسی نقش شبیه سازی در سیستم های مختلف تولیدی پرداخت و بیان کرد که شبیه¬سازی یک ابزار مهم برای تحلیل سیستم های تولیدی و طراحی سیستم های تولیدی است. اسمیت شبیه سازی را برای سیستم های مختلف گسسته و یا پیوسته تولیدی، در حالت های قطعی و احتمالی و با معیارهای عملکردی متفاوت انجام داد و توانست موارد کاربرد شبیه سازی در سیستم ها و حالت های مختلف را دسته-بندی کند و همچنین مشکلات احتمالی که در حین شبیه سازی صورت می گیرد را بیان کند. او به صورت کلی نتیجه گرفت که در طراحی یک سیستم تولیدی زمان اجرای شبیه سازی اهمیت چندانی ندارد زیرا این عمل فقط یک بار صورت می گیرد، اما در

[۱] Radovilsky

[۲] Smith

تحلیل یک سیستم که باید فرایندهای تولیدی مورد بررسی قرار گیرند و این عمل تکرار میگردد زمان اجرای شبیه سازی دارای اهمیت است(اسمیت، ۲۰۰۳).

اسکنر و ارنک[1]در سال ۲۰۰۹ در یک سیستم تولید کارگاهی که دارای ده ایستگاه تولیدی و ده محصول برای تولید می باشد شبیه سازی را انجام دادند. هدف از مقاله این بود تا به کمک شبیه سازی تکنیک تقسیم فرایند تولید محصولات به فرایندهای تولید مشابه را انجام دهند تا فرایندهای مشترک پشت سرهم و بدون وقفه انجام شوند و در نتیجه زمان کمتری برای تولید محصولات نیاز گردد و سیستم بهبود پیدا کند. شبیه سازی برای هفت نوع نظام صف متفاوت به مدت پنجاه هفته و برای ده بار تکرار گردید و یکی از معیارهای عملکردی اصلی این شبیه¬سازی محاسبه ماکزیمم زمان برای ساخت هر قطعه بود. نتایج نشان داد که در سیستم مورد بررسی نظام صف اولین ورود اولین خروج دارای مینیمم زمان ساخت قطعات بود (اسکنر و ارنک، ۲۰۰۹).

۳- روش‌شناسی تحقیق و شبیه سازی

در سیستم‌های فشاری محصولات توسط یک برنامه از قبل تهیه شده تولید می‌گردند بنابراین بافر در این سیستم‌ها بی نهایت فرض می‌گردد و هر ایستگاه که قطعه خود را کامل کرد بدون توجه به ایستگاه بعدی آن را push می‌کند. در این سیستم بلوکه شدن اتفاق نمی‌افتد هرچند ممکن است که گرسنگی به دلیل نرسیدن محصولات از ایستگاه قبل صورت گیرد. در سیستم کششی که بافر محدود است تولید زمانی صورت می‌گیرد که بافر هر ایستگاه اجازه تولید محصول را بدهد. به این ترتیب اگر بافر ایستگاه mام پر بود ایستگاه m-1ام تولید نمی‌کند تا زمانی که سیگنالی را مبنی بر خالی بودن بافر از ایستگاه mام دریافت کند. بنابراین در این سیستم علاوه بر گرسنگی، بلوکه شدن نیز به دلیل محدود بودن بافر صورت می‌گیرد.

با توجه به این که بافر در سیستم کششی محدود است ، کار در جریان ساخت در این سیستم کمتر است هرچند موجب کمتر شدن خروجی نیز می‌گردد، در صورتی که در سیستم فشاری به دلیل این که مدام و بدون توجه به بافر تولید صورت می‌گیرد خروجی بیشتر است هرچند هزینه‌های موجودی در این سیستم بیشتر می‌گردد.

سیستم متشکل از ۵ ایستگاه کاری است که عبارتند از : برشکاری قطعات، تراشکاری، CNC با انعطاف بالا برای انجام عملیات مختلف، عملیات سختکاری و نهایتا ایستگاه مونتاژ. فرض شده ماشینهای هر ایستگاه کاملا یکسان هستند قطعاتی که سیستم قادر به تولید آن است از سه نوعند که هر یک درصد مشخصی از کل تقاضا را به خود اختصاص می دهند و هر یک توالی تولید مشخصی دارد که با استفاده از ماژول[2] sequence تعریف شده است و زمان آماده سازی و زمان فرآیند هر قطعه در هر ایستگاه به عنوان[3] attribute در sequence آن تعریف شده است. هر ایستگاه کاری با هر تعداد ماشین یک اپراتور دارد که قبل از شروع کار ماشین قطعه را جاگذاری می کند و به دلیل کوتاهی زمان جاگذاری قادر است چند ماشین را ساپورت کند. اپراتور ایستگاه برشکاری همزمان با ماشین روی قطعه کار می کند. هر قطعه ای که به سیستم وارد می شود قطعات آماده ای که باید روی آن مونتاژ شوند را نیز به همراه دارد و بعد

---

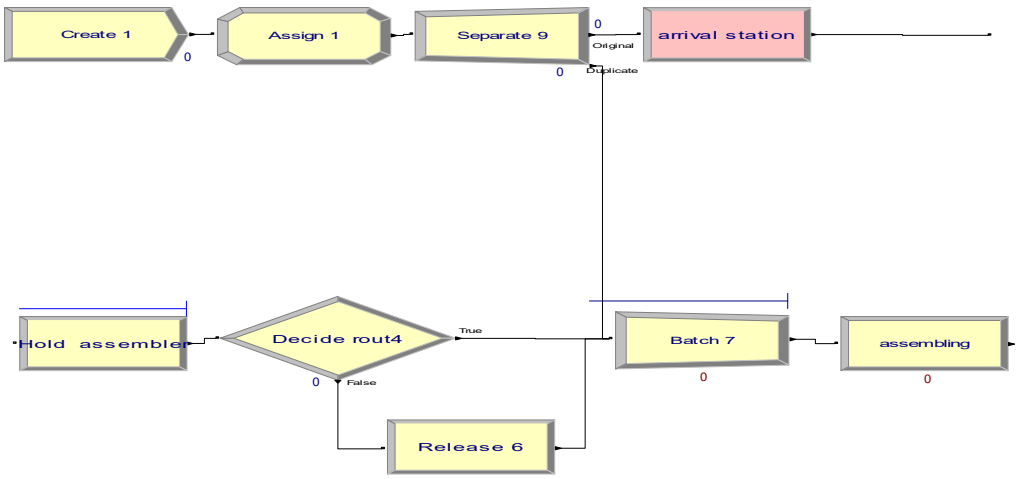
[1] Sancar , Ornek

[2] توالی

[3] مشخصه

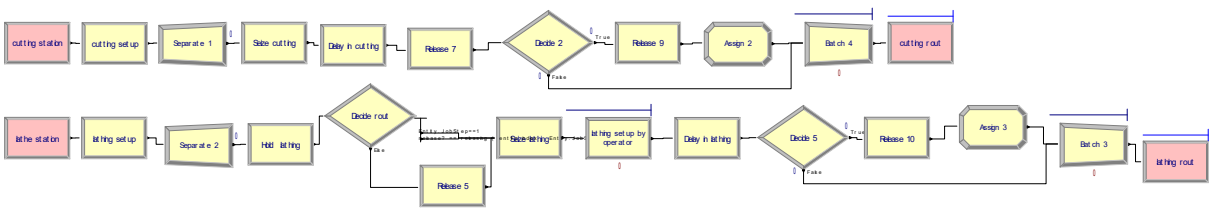
از ورود قطعه به سیستم با استفاده از ماژول[1] separate قطعه کپی شده و قطعه اصلی فرآیند تولیدش را طی می کند و این دو در ایستگاه مونتاژ با استفاده از attribute داخلی افزار به نام Entity.SerialNumber به صورت دائمی batch[2] شده و بعد از مونتاژ از سیستم خارج می شوند.

برای انتقال قطعات بین ایستگاهها از ترنسپورتری با ظرفیت یک استفاده شده و زمان بارگذاری و تخیله در کل سیستم متغیری با مقدار ثابت هستند. قطعات قبل از انتقال به ایستگاه بعدی batch می شوند که سایز آن با همه ایستگاهها ثابت فرض شده است، با توجه به اینکه فرض شده قطعات یک batch پشت سر هم پردازش می شوند بعد از ورود قطعه به هر ایستگاه زمان آماده سازی برای کل قطعاتbatch انجام شده و قطعات separate شده و وارد فرآیند می شوند (شکل ۱).



شکل۱. استفاده از ماژول separate برای جدا کردن قطعه اصلی و قطعات آماده مونتاژ

در سیستم کششی سایز بافر محدود است و قطعه در صورتی اجازه دارد از ایستگاه فعلی خارج شود که بافر ایستگاه بعدی ظرفیت خالی داشته باشد. در این سیستم سایز بافر در کل مدل متغیری با مقدار ثابت است. برای توضیح بیشتر فرض کنیم قطعه یک در ایستگاه برشکاری است و ایستگاه مقصد آن تراشکاری است(شکل ۲).

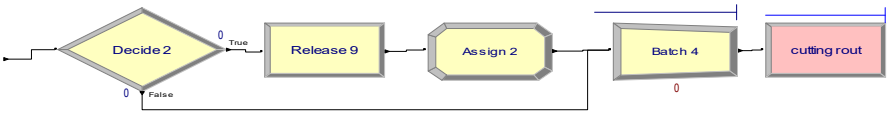


شکل ۲- ایستگاه برشکاری و تراشکاری

[1] جداسازی

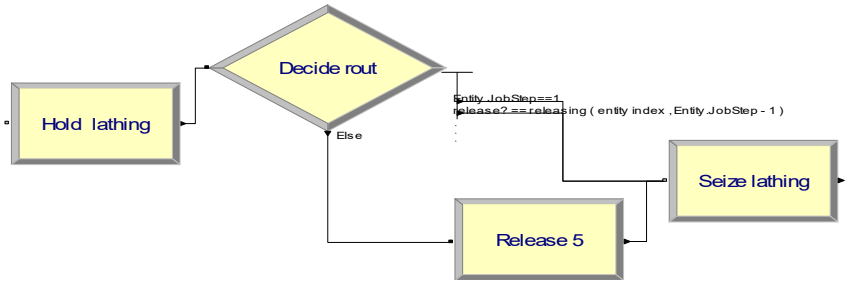
[2] دسته

در مدلسازی اولیه سیستم فرض کردیم قطعه قبل از رها کردن ماشین برشکاری وارد تراشکاری و در ماژول Hold در صف مربوط به این قطعه تا وقتی می ماند که صف ماشین تراشکاری برای این قطعه ظرفیت خالی داشته باشد(صف انتظار با توجه به نوع قطعه به صورت set تعریف شده است) ولی مشکلی که در این حالت پیش می آمد این بود که قطعاتی که وارد ایستگاه برشکاری می شدند قادر به گرفتن ماشین نبودند و صف به شدت طولانی می شد، برای حل مشکل چک کردن بافر ایستگاه بعد و رها کردن ماشین هر ایستگاه در همان ایستگاه انجام می شود یعنی ابتدا بافر ایستگاه تراشکاری در ایستگاه فعلی (برشکاری) انجام شده و در صورتی که بافر ظرفیت خالی داشت ماشین تراشکاری رها می شود و مقدار attribute برابر Entity.JobStep در توالی آن تعریف می شود(شکل۳).



شکل۳. چک کردن اینکه ماشین در ایستگاه فعلی رها شود یا نه؟

در غیر اینصورت این ماشین در ایستگاه تراشکاری در ماژول Hold نگه داشته می شود، البته تا وقتی که صف این قطعه در ماشین تراشکاری ظرفیت خالی داشته باشد و در صورتی که ماشین برشکاری در ایستگاه مبدا رها نشده باشد. (شکل ۴).



شکل۴. چک کردن اینکه ماشین ایستگاه قبلی در همان ایستگاه رها شده یا نه و گرفتن ماشین جدید؟

در این سیستم فرض گردیده است که هر سیستم هزینه‌ای متناسب با زمان حضورش در سیستم را اعمال می‌کند و قیمت فروش قطعه از قبل مشخص است. بنابراین سودی که از فروش قطعه حاصل می‌گردد برابر است با: سود فروش= { تعداد قطعات خروجی از سیستم * (قیمت فروش قطعه * زمانی که قطعه در سیستم است - هزینه حضور قطعه در سیستم در واحد زمان) }

برای مقایسه این سیستم با سیستم فشاری نیازی به وجود بافرهای محدود در سیستم نیست بنابراین بافرها را که تعداد در صف تعریف کرده بودیم آزاد کرده و بی‌نهایت قرار دادیم و ماژول‌های hold و decide ی را که مرتبط با گرفتن سیگنال برای آزاد کردن منابع بود از سیستم خارج کردیم. برای قابل مقایسه بودن دو سیستم زمان‌های فرایند و هزینه‌ها و موارد مرتبط را در دو سیستم یکسان تعریف کردیم.

۴- شبیه سازی و تجزیه تحلیل داده‌ها

با توجه به اینکه پایه مقایسات بر اساس سیستم کششی است ابتدا به تعیین تکرارهای مدل برای این سیستم پرداختیم. برای این کار ابتدا سیستم را برای ۲۰ تکرار اجرا کرده و دو معیار ارزیابی زمان انتظار[۱]و کار در جریان ساخت[۲]را مورد بررسی قرار دادیم. و مقدار این نتایج را برای ۲۰ تکرار ثبت کرده و میانگین و انحراف استاندارد نتایج محاسبه شد.که نتایج به شکل جدول ۱ است.

جدول۱- نتایج حاصل از اجرای مدل کششی برای ۲۰ تکرار

no. replication	waiting time(min)	WIP
1	206.5	58.9137
2	209.36	48.0289
3	201.89	52.5545
4	226.33	55.5182
5	239.29	63.361
6	215.68	55.2005
7	240.47	53.6088
8	216.86	46.2414
9	204.91	52.1742
10	217.48	53.4045
11	214.67	46.1574
12	221.7	50.3895
13	219.73	52.9149
14	193.01	52.4658
15	229.41	54.5159
16	211.25	45.3365
17	221.23	40.324
18	202.67	52.2584
19	223.96	49.6284
20	202	54.2195
m	215.92	51.8608
s	12.46203498	5.070019

مقدار half width با استفاده از فرمول $HW=t\alpha/2,n-1\frac{s}{\sqrt{n}}$ محاسبه شد و نتیجه به صورت زیر است:

محاسبه HW برای مدت زمان انتظار:

[۱]waiting time

[۲]work in process

$$HW=2.093\frac{12.462}{\sqrt{20}}=5.832 \quad (۱)$$

محاسبه HW برای کار در جریان ساخت:

$$HW=2.093\frac{5.07}{\sqrt{20}}=2.372 \quad (۲)$$

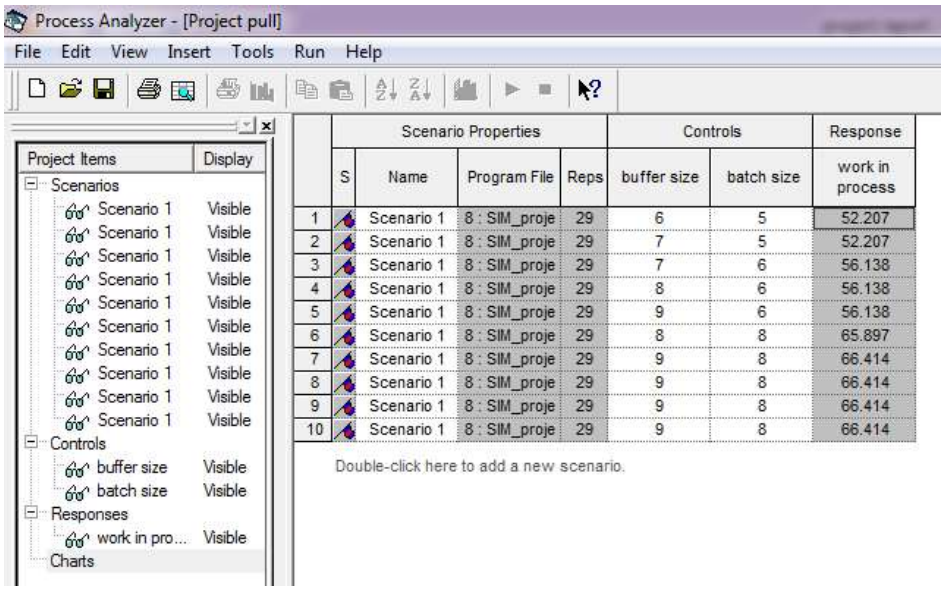
برای این دو معیار ارزیابی مقدار hw مطلوب به ترتیب برابر ۵ و ۲ است بنابراین مقدار تعداد تکرار مطلوب با استفاده از فرمول $n = \frac{h_0^2}{h^2}$ n۰ محاسبه شد.
تعداد تکرار مطلوب با توجه مدت زمان انتظار:

$$n=20\ \frac{5.8323^2}{5^2}=27.213\approx 28 \quad (۳)$$

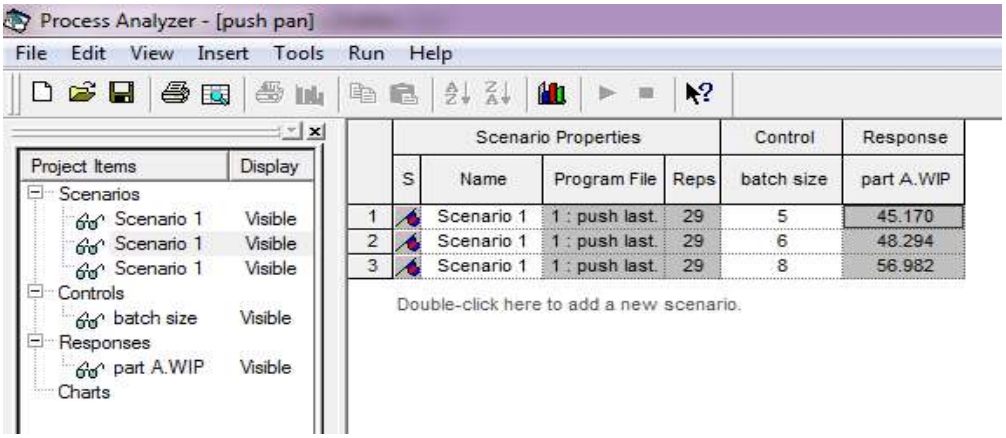
تعداد تکرار مطلوب با توجه به کار در جریان ساخت:

$$n=20\ \frac{2.3728^2}{2^2}=28.151\approx 29 \quad (۴)$$

ماکسیمم مقادیر محاسبه شده (۲۹) برای تعداد تکرار برای انجام محاسبات در هر دو سیستم کششی و فشاری انتخاب شد. در سیستم کششی دو متغیر batch size و buffer size روی کار در جریان ساخت تاثیر گذارند، برای انتخاب بهترین مقدار برای این متغیرها با توجه به کمترین کار در جریان ساخت ، ۱۰ سناریو تعریف شد و بهترین جواب برای کار در جریان ساخت به ازای batch size و buffer size به ترتیب برابر ۵و ۶ حاصل شد. با توجه به اینکه در کل سناریوهای تعریف شده برای سیستم کششی سه حالت برای مقدار batch size در نظر گرفته شده بود در سیستم فشاری نیز چون بافر بی نهایت است فقط سه سناریو برای این مقادیر batch size تعریف شد که در این حالت نیز batch size برابر ۵ بهترین جواب را داشت. شکل سناریوهای تعریف شده برای این دو سیستم در شکل های ۵ و ۶ قابل مشاهده است.



شکل۵. سناریوهای تعریف شده برای سیستم کششی



شکل۶. سناریوهای تعریف شده برای سیستم فشاری

بنابراین برای batch size برابر۵ برای هر دو سیستم و buffer size = 6 برای سیستم فشاری و تعداد تکرار برابر ۲۹ جدول نتایج معیارهای مهم مورد نظر برای مقایسه دو سیستم به صورت جدول ۲ است:

جدول۲- نتایج حاصل از اجرای مدل برای دو سیستم کششی و فشاری

	Total Time	WIP	throughput	Cost	Income	Profit
سیستم فشاری	117.84	45.1697	75	176760	375000	198240
سیستم کششی	136.41	50.9458	70	190974	350000	159026

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

همانطور که در جدول مقایسه دو سیستم نیز مشاهده می شود در سیستم فشاری به دلیل اینکه محدودیت بافر وجود ندارد خروجی بیشتر از سیستم کششی است که باعث شده در آمد نیز بیشتر باشد و با توجه به اینکه زمان کل در سیستم برای سیستم فشاری کمتر است هزینه اعمال شده به سیستم نیز کمتر است و در نتیجه سود سیستم فشاری بیشتر است. بنابراین در این پروژه با توجه به نحوه تعریف سیستم ها و معیارهای مورد نظر در ارزیابی کارایی، سیستم فشاری گزینه بهتری است. البته این نتیجه در این سیستم صادق بوده و در صورت تغییر شرایط اعم از تغییر تعداد ماشین ها در هر ایستگاه، توالی عملیات محصولات در هر ایستگاه، زمان فرآیند و همچنین معیارهای مورد نظر برای ارزیابی کارایی، سیستم کششی می تواند مناسب تر از فشاری باشد.

می توان در تحقیقات آتی، یه جز بحث بافر که در این مقاله بحث گردیده است به موضوعاتی مانند سفارشات مشتری و مشتری مداری نیز توجه نمود و به عنوان ورودی در مدل سازی وارد نمود. همچنین می توان برای مقایسه دو سیستم، از سایر فاکتورهای ارزیابی مقایسه ای مانند مدت زمان تحویل محصول که در ادبیات موضوع نیز ذکر شده اند استفاده کرد.

منابع

غضنفری، مهدی_ صغیری، سروش ، ۱۳۷۹، سیستم های مدیریت تولید، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

مه پیکر، محمدرضا- یاری، راحله- ۱۳۸۲، تعالی سازمانی و جوایز کیفیت، چاپ اول، انتشارات سنبله

.

Betterton, C.E. and Cox, J.F., (2009). Espoused drum-buffer-rope flow control in serial line: a comparative study of simulation models.international journal production economics. 117, 66-79.

Duclos, L.K. and Spencer, M.s., (1995). The impact of a constraint buffer in a flow shop. Production economic. 42,

Grosfeld, A. and Magazine, M., (2002). Gated max wip : a strategy for controlling multistage production systems. International journal of production research, 40(11) 2557-2567.

Grosfeld, A. Vanberkel, A. and Magazine, M., (2000). Push and pull strategy for controlling multistage production systems. International journal of production research 38(11) 2361-2375.

Radovilsky, z. D., (1998). A quantitive approach to estimate the size of the time buffer in the theory of constraints. Production economics. 55, 113-119.

Sancar, R. and Ornek, A., (2019). Simulation analysis of lot streaming in job shops with transportation queue disciplines. Simulation modeling practice and theory. 17, 442_45

Smith, J.S., (2003). Survey on the use of simulation for manufacturing system design and operation. Journal of manufacturing systems. 22(2).

Comparison between the performance of pull and push systems using discrete event simulation

Fahimeh tanhaie [1*]
Industrial Engineering Department, Faculty of basic science and Engineering, Kosar university of Bojnord

Abstract

This study considers push and pull strategies to control production systems with random processing times. On the production system, the consumers usually "pull" the products and pieces of information adequate to their demand in order to satisfy their needs, while suppliers "push" the required services toward customers. In supply chains, both push and pull modes usually functions, in order to supply toward customers the demanded products and services.We define the push and pull systems, and develop a framework to compare multistage production systems based upon work-in-process (WIP) and throughput (TP) tradeoff. Finally, the proposed model is simulated in arena software to analyze the model performance and according to the results obtained from models, the push system proved to be the suitable method for this problem.

Keywords: job shop, pull system, push system, buffer.