فصلنامه پژوهش‌های مدیریت
ویژه‌نامه شماره‌های ۹۴ و ۹۵ / بهار و تابستان ۱۳۹۱

شبیه سازی خط تولید میلگرد و تعیین تعداد جواب های غیرمسلط برای جرثقیل های خط تولید

محمدعلی افشارکاظمی
دانشگاه آزاد اسلامی ،واحد تهران مرکز، دپارتما ن مدیریت

محمود البرزی
دانشگاه آزاد اسلامی ،واحد علوم وتحقیقات، دپارتمان مدیریت

شادی محجوب روش
دانشگاه آزاد اسلامی ،واحد علوم وتحقیقات، کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی،گرایش تحقیق درعملیات
Shadi_mahjub@yahoo.ca

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۷ **تاریخ پذیرش:** ۹۰/۷/۲۵

چکیده

در این تحقیق تلاش شده است تا خط تولید میلگرد بااستفاده از رویکرد شبیه سازی گسسته مدلسازی و تعداد جرثقیل های مورد نیاز با توجه به سرعت خط، نرخ خرابی هریک از ماشین آلات، فضای مورد نیاز و عواملی از این دست در طی زمان محاسبه گردد. برای دستیابی به این هدف ابتدا فرآیند تولید شناسایی و مدل منطقی با استفاده ازنرم افزارEDجهت شبیه سازی فرآیند مدل مذکور تدوین گردید. داده های مربوط به هرموجودیت با استفاده از زمان سنجی بدست آمده و سپس حجم نمونه و نوع توزیع با توجه به داده های فوق محاسبه گردید. برای اعتبارسنجی و تأیید مدل، یک مقایسه بین نتایج حاصل از شبیه سازی و نتایج واقعی توسط تست های آماری انجام گرفته است.برای دست یابی به جواب موثر در مسئله جرثقیل ها و بهبود عملکرد خط تولید، ابتدا سه شاخص تعداد خروجی، ضریب بهره وری، متوسط زمان انتظار توسط خبرگان انتخاب و هشت چیدمان مختلف با توجه به فضای سالن تولید به عنوان گزینه برای جرثقیل ها مشخص گردید. هر شاخص با استفاده از مدل شبیه سازی و بر اساس رویکرد تکرارپذیر برای هر یک از هشت حالت اندازه گیری و وزن آن توسط تکنیک آنتروپی[۱] تعیین می گردد. در انتها با استفاده از الگوریتم تاپسیس[۲] گزینه ها رتبه بندی شده و جواب موثر مشخص می گردد.

واژه‌های کلیدی: شبیه سازی، جواب غیر مسلط، متوسط زمان انتظار، چرخه کاری، ضریب بهره وری.

۱- مقدمه

عامل زمان ازطریق تغییردر هزینه های تولید برقیمت تمام شده محصول اثر می گذارد..درنتیجه باید به فاکتورهای تأثیرگذار بر عامل زمان مانند زمانبندی تعمیرات ونگهداری تجهیزات، منابع در دسترس (مالی،نیروی انسانی،مواد اولیه)، وسایل حمل ونقل، ماشین آلات وتجهیزات یک سازمان تولیدی توجه زیادی نمود.نحوه عملکرد و تغییرات رفتاری یک سیستم در طی زمان را می توان با ایجاد مدل شبیه سازی بررسی نمود.این مدل معمولاً به صورت مجموعه ای ازفرضها در ارتباط با عملکرد سیستم است.این فرضها درچارچوب روابط ریاضی، منطقی ونمادین مرتبط با اهداف سیستم مورد نظر بیان میشود(کارسن وبنکس،۱۹۸۴). هنگامیکه سیستم پیچیده وشامل تعاملات غیر خطی بسیار در بین عناصرباشد، روشهای کلاسیک ریاضی ممکن است قادر به تحلیل سیستم نباشند، اما شبیه سازی معمولاً توانایی تجزیه وتحلیل هرسیستمی رادارد.بنابراین مهمترین فایده آن این است که ازمدلهای شبیه سازی می توان برای تنوع وسیعی ازمسائل ازجمله سیستمهای پیچیده ای که مدلسازی ریاضی برای آنها مناسب نباشد استفاده نمود.اگر سیستم مدل شده درسطح معنی داری ازتغییرات قرارگیرد شبیه سازی تنها وسیله برای پیش بینی دقیق عملکرد است(ایروانی،۱۳۷۲). مدلهای شبیه سازی می توانند جواب های بهینه واصولی را آماده کنند.این مدلها، مدلهایی توصیفی بوده که چگونگی کارکرد سیستم را درطی زمان به عنوان توابعی از پارامتر ها تشریح می کنند(shaprio,2001).

ایجاد مدل شبیه سازی هم به منزله ابزارتحلیل برای پیش بینی تأثیرتغییرات سیستمهای موجود وهم به عنوان ابزارطراحی برای پیش بینی عملکرد سیستم جدید در شرایط گوناگون کاربردپذیر است(Banks, 1998).

به طورسنتی کاربرد شبیه سازی در امور مربوط به ساخت و تولید می باشداما امروزه استفاده از آن به طورفزاینده ای دربخشهای خدماتی ودولتی نیز رواج یافته است.شبیه سازی در اغلب زیر بخش های تولیدی از قبیل برنامه ریزی تولید، سیستم های کنترل موجودی، متوازن نمودن خطوط تولیدی،سیستم های کنترل مواد و زمانبندی تولید کارگاهی کاربرد دارد (Hoover& Perry,1989).

Appelqvist و Lehtonen درسال۲۰۰۵ اقدام به برنامه ریزی تولید کارخانه فولاد با استفاده از الگوریتم های شبیه سازی نمودند.نتایج این تحقیق نشان می دهد که ترکیب تکنیک های بهینه سازی باشبیه سازی بسیار مفیداست و می تواند اعتبار، دقت وقابلیت اطمینان مدل تدوین شده را افزایش دهد.Voorthuysenو Kelly درسال۲۰۰۵ جهت برآورد تابع قابلیت اطمینان از تکنیک شبیه سازی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که با استفاده از شبیه سازی، می توان مسائل گوناگون هزینه چرخه عمروبرنامه ریزی تعمیرات ونگهداری را تحلیل نمود.Ingemansson و Ylipa¨a¨درسال ۲۰۰۵ یک مدل شبیه سازی گسسته برای کاهش گلوکاه ها در سیستمهای تولیدی ارائه نمودند.درمدل گسسته فوق، گلوگاه توسط مطالعه شبیه سازی براساس داده اتوماتیک جمع آوری شده ازماشین های مختلف درسیستم تولیدی شناسایی وحذف می گردند. این امر باعث افزایش کارایی در سیستم می شود . Yaziciدرسال ۲۰۰۵به بررسی اثرات تولید سلولی بر روی سرعت تحویل همراه با انعطاف پذیری نیروی کار پرداخته است.نتایج تحقیق نشان می دهد که افزایش انعطاف پذیری درحجم موجب تحویل سریعتردر تولید سلولی به نسبت تولید دسته ای شده است.همچنین شبیه سازی یک یادوسلولی درمقایسه باتولیددسته ای منجر به زمان تحویل کوتاهترواستفاده بهترازمنابع می شود. Hayekو Xieو Simon درسال ۲۰۰۶ یک مدل شبیه سازی چرخه برای پیش بینی ضایعات آینده وذخیره هزینه ها تدوین نمودند.آنها با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو چرخه عمرتعداد زیادی ازمحصولات را پیش بینی و مشخص نمودند که عمرمحصول تحت حوادث غیرقابل پیش بینی، موجب رفتارغیرخطی در سیستم می شود.Huq وCutright در سال ۲۰۰۶ یک مطالعه شبیه سازی جهت کنترل موجودی وتعیین زمان بار گذاری مجدد انباردر دورده انجام داده اند.تحقیق آنها مقایسه ای بین سیستم بار گذاری مجددیک انبار با n خرده فروش ودوانباربا n خرده فروش همراه با هزینه هرواحد توزیع وزمان های ارسال به

عنوان معیارعملکرد، بود.نتایج شبیه سازی نشان داد که دو انبارا n خرده فروش خدمات بهتری برای مشتری بدون تغییرمعنادارد‌ر هزینه ایجاد می کند و با سطوح کم موجودی، میانگین هزینه هرواحد دراین دو سیستم تفاوت معناداری ندارد.

دراین مقاله تلاش گردیده بااستفاده از رویکرد شبیه سازی خط تولید، نحوه چیدمان جرثقیل ها بررسی و استراتژی مناسب برای تعیین تعدادجرثقیل ها و نحوه چیدمان آنهابا استفاده از رتبه بندی نتایج هر سناریو توسطروش TOPSISتدوین گردد.این مقاله به صورت زیرسازماندهی شده،دربخش دوم معرفی بیان مسئله ، بخش سوم ادبیات موضوع، بخش چهارم مطالعه موردی ، بخش پنجم معرفی مدل شبیه سازی وتحلیل نتایج حاصل ازآن و در بخش آخربه نتیجه گیری می پردازد.

۲- ادبیات موضوع

صف یک خط انتظار است مانند انتظار مشتریان پشت کانترهای سوپر مارکت، تئوری صف یک تئوری ریاضی برای خطوط انتظار می باشد. به طور کلی تئوری صف به دنبال استفاده از مدلسازی ریاضی و تجزیه تحلیل سیستمی است که بتواند به نحو مطلوب به تقاضاهای تصادفی خدمت رسانی کند. (Comert,G./Cetin,M.2009).با نگاهی به مسائل‌واقعی اغلب به این‌نتیجه می‌رسیم که توسعه روشهای تحلیلی برای سیستمهای‌صف امکانپذیر نیست. این‌موضوع می‌تواند ناشی‌از ویژگیهای مکانیزم های ورودی یا خدمت، پیچیدگی طراحی سیستم، طبیعت نظم صف یا ترکیبی از این موارد باشد به عنوان مثال یک سیستم با چند ایستگاه خدمت دهنده با سیکل مجدد را که در آن زمانهای خدمت به صورت توزیع نرمال است و یک سیستم تقدم پیچیده اعمال می شود را نمی‌توان از لحاظ تحلیلی مدل بندی کرد. در مورد مسائلی از این قبیل ممکن است لازم باشد تجزیه تحلیل با استفاده از شبیه سازی انجام شود(Liu, H.X, 2009).

شبیه سازی

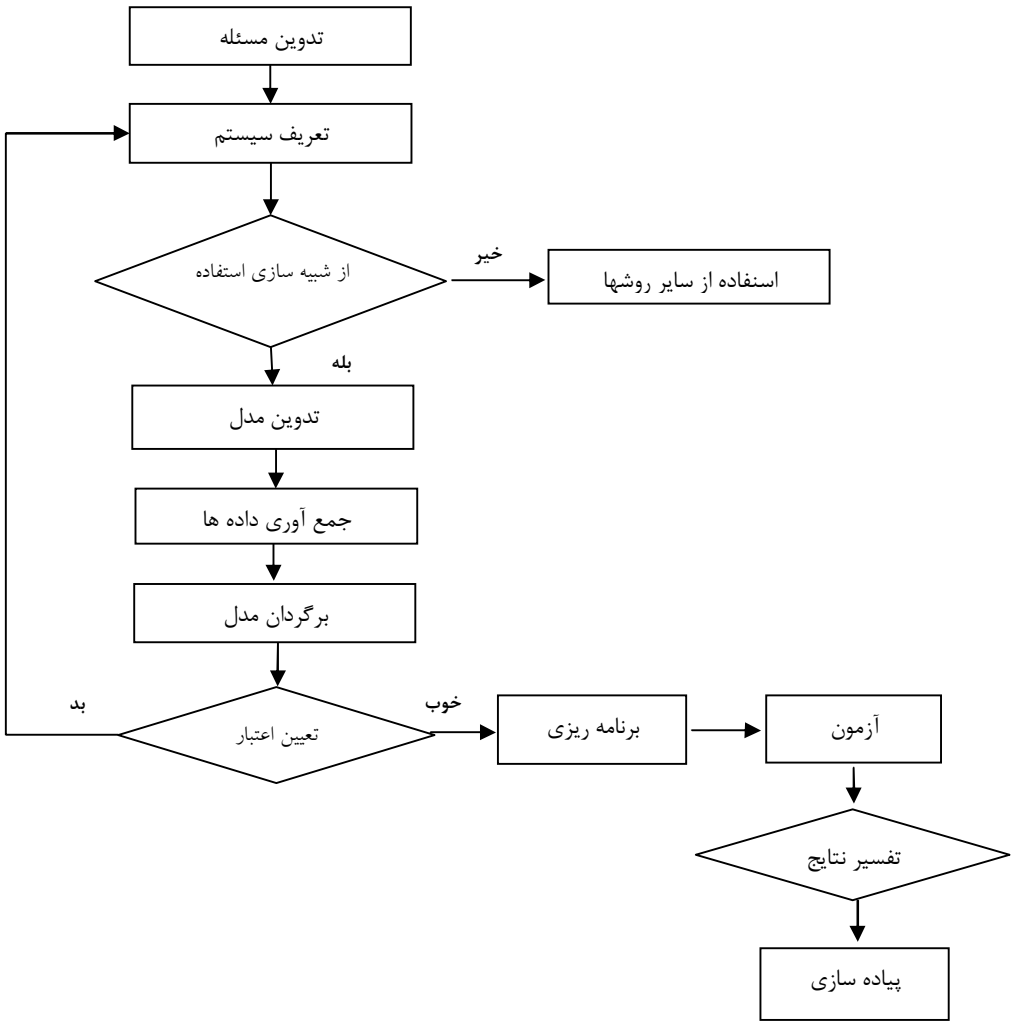
شبیه سازی مجموعه ای از تکنیک ها، متدها وابزارها برای مدلسازی یک سیستم واستفاده این مدل برای مطالعه سیستم می باشد(Garrido,2009) ودرجائیکه رویکردهای تحلیلی برای مدلسازی بی فایده است، بهترین روش شبیه سازی است. شبیه سازی یک تکنیک قدرتمند درحل مسئله می باشد ومنشأ آن تئوری نمونه گیری آماری وتحلیل سیستم های فیزیکی احتمالی پیچیده می باشد(.Hoover,Perry,1989)

روشهای‌تحلیل ریاضی هر جا که ممکن باشد، مطلوب ترین و دقیق ترین روشها برای مطالعه سیستم‌ها می‌باشند، زیرااین روشها معمولاً با کمترین کوشش، جوابها یا نتایجی را تولید می‌کنند که برای مقادیر مختلف پارامترهای مدل قابل محاسبه بوده و میزان دقت آنها صد درصد می‌باشد . اما جائیکه روشهای تحلیلی، به علت پیچیدگی‌مدل ها یا نیاز به تولید واقعی تر رفتار سیستم غیر عملی باشد، روش‌های مطالعه سیستم از طریق شبیه سازی‌مطرح می‌گرد. شبیه سازی به عنوان آزمایش با مدل یک سیستم واقعی تعریف می‌شود. یک مسئله‌آزمایشی، موقعی پدید می‌آید که به اطلاعات بخصوصی دربارۀ یک سیستم نیاز بوده و آنها را از منابع موجودنتوان تهیه کرد (Stewart Robinson ,2004).اهمیت شبیه سازی در مقایسه با سایر روشهای تحلیلی بررسی تغییرات متغیرها در طی زمان است، همچنانکه 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 فرضهای مربوط به عملکرد سیستم است(Mirghani.B.Y,2009).در واقع شبیه‌سازی تقلیدی از عملکرد فرآیند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. شبیه‌سازی، صرف نظر از اینکه با دست یا بوسیله کامپیوتر انجام شود به ایجاد ساختگی تاریخچۀ سیستم و بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه گیریهایی در مورد ویژگیهایی عملکرد سیستم واقعی مربوط می‌شود(George Habchi,2003).

یک مدل شبیه سازی شامل ۳ مرحله اساسی است: تولید داده، پردازش و تجزیه تحلیل خروجی، تولید داده شامل تولید زمانهای بین دو ورود متوالی و خدمت است که در سرتاسر سیستم صف موردنیاز است (Chen,F,2009).مرحله پردازش یک مدل شبیه سازی، در رابطه با به هنگام درآوردن سیستم موقع وقوع

پدیده‌های جدید (ورودی و خروجی) هدایت و ثبت حالتهای سیستم در موقع تغییر آنها و حفظ ردپای مقادیر کمی مورد نظر مانند زمان بیکاری و زمان انتظار است تامعیارهای کارایی رامحاسبه کرد. مرحله آخرهمانطور که کاملا مشخص است تجزیه تحلیل اطلاعات بدست آمده در مرحله پردازش

می‌باشد(Sturmer,M,2009).شبیه سازی درچگونگی پاسخ سیستم به تغییرات دروردی ها والگوهای رایج به خوبی کارمیکند(Huq,Cutright,2006)و درجائیکه داده ها درابتدا موجود نیستند وفرآیندها تصادفی هستند، بخوبی کاربرد دارد(Mohamad,Berrego, 2007).



شکل شماره۱: مراحل اجرای شبیه سازی

روش TOPSIS

تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM)به عنوان رویکردهای رسمی برای ساختاربندی اطلاعات و ارزیابی تصمیم در مسائلی با اهداف چندگانه ومتضاد می‌باشند. این روشها با تشکیل ماتریس تصمیم و ایجاد مصالحه در بین معیارهای متضاد به تصمیم گیرنده در ارزیابی یکپارچه از نتایج کمک می کنند (WEN WANG.JIA,2008).هدف این روشها دست یابی به راه حل غیر مسلط از میان گزینه های در دسترس بوده، بنحوی که بیشترین میزان رضایت در تمامی شاخصهای ارزیابی حاصل گردد(Yang, hung, 2007).در ادبیات MADMروش‌های گوناگونی ارائه گردیده است که از مهمترین آنها می توان بهAHP ، ANP، ELECTERE ، DEMATEL، SAW، PROMETHE و TOPSIS اشاره نمود.

روش TOPSIS توسط HwangوYoonبرمبنای محاسبه فواصل اقلیدسی گزینه های تحت بررسی ازنقاط مجازی موسوم به ایده آل و ضد ایده آل ایجاد گردید. در این روش پس از بی مقیاس نمودن ماتریس تصمیم وتخصیص اوزان محاسبه شده به ماتریس بی مقیاس، اقدام به شناسایی گزینه های مجازی بصورت زیر می گردد:

$$A^{+} = \{(\max V_{ij} \,|\, j \in J), (\min V_{ij} \,|\, j \in J')\}$$
$$A^{-} = \{(\min V_{ij} \,|\, j \in J), (\max V_{ij} \,|\, j \in J')\}$$

که در آن J بیانگر مجموعه شاخصهای مثبت و J' بیانگر مجموعه شاخصهای منفی می باشد.

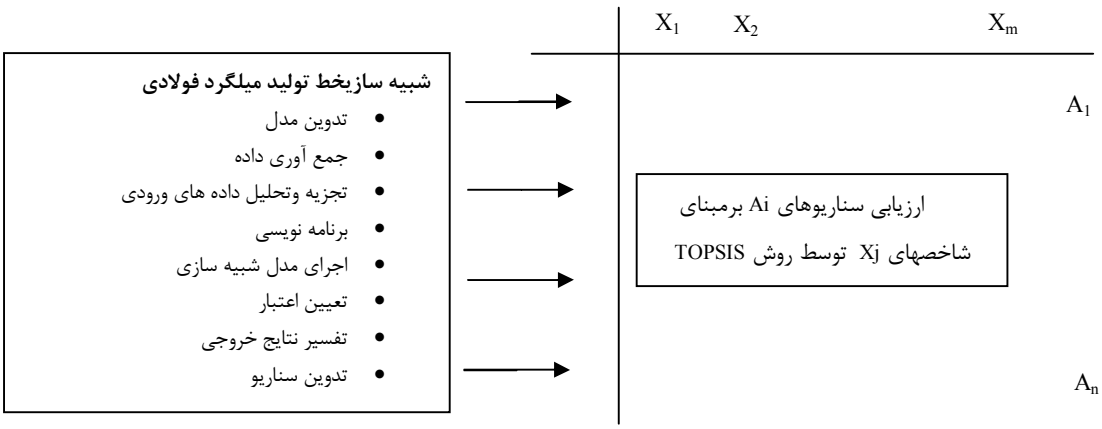
در مرحله بعد با استفاده از فرمول محاسبه فاصله اقلیدسی فاصله هر گزینه از دو گزینه ایده آل مثبت و منفی محاسبه و با استفاده از فرمول زیر میزان برازش هر گزینه محاسبه گردیده و رتبه نهایی گزینه ها با توجه به میزان برازش بدست می آید.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$ فرمول ۱

در این فرمول CL بیانگرمیزان برازش گزینه i ام، d_i^+و d_i^- بترتیب معرف میزان فاصله گزینه i ام **از** گزینه ایده آل مثبت و منفی می باشند.

۲- مطالعه موردی

همانگونه که بیان گردید، در این تحقیق تلاش شده تا خط تولید میلگرد فولادی و نحوه چیدمان جرثقیل ها با استفاده از رویکرد شبیه سازی بررسی وسپس با استفاده از روش TOPSIS اقدام به مقایسه سناریوهای مختلف و شناسایی سناریو برتر شود . مدل تحقیق در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل شماره۲:مدل تحقیق

مدل مفهومی

قسمت مهمی از فرایند تحلیل سیستم، تعریف سیستمی است، که باید مورد مطالعه قرارگیرد. وقتی که هدف مطالعه و بررسی مشخص گردید، آنگاه باید به شناخت سیستم و تعریف قسمتهایی از آن‌که بطور مستقیم یا غیر مستقیم به هدف بستگی دارند پرداخت. تعریف سیستم شامل تعیین اجزاء سیستم، عوامل داخلی و خارجی، محیط سیستم و مرز مدل و بالاخره پارامترها و متغیرهای سیستم می‌باشد. بعد از تعیین دقیق بخشها واطلاعات مذکور، مشخصاتی از اشیاء سیستم که در ارتباط با هدف مطالعه و بررسی هستند تعریف و روابط وقوانین حاکم بین آنها و بین اشیاء سیستم مشخص یا فرموله میگردند. آنگاه چگونگی رفتار سیستم موردبررسی قرار گرفته و جزئیات تغییر وضعیت ها و اثر پیش آمدها در سیستم معلوم میگردند(H. A. Bahr, 2004). این فرایند با مدل مفهومی آغاز می گردد، مدل مفهومی تقریباً ازمهم ترین جنبه های فرآیند مدلسازی شبیه سازی است(Law, 1991).مدل مفهومی یک تعریف مشخص غیر نرم افزاری، ازشبیه سازی می باشد که اهداف، ورودی ها وخروجی ها، محتوی وساده سازی های مدل را تشریح می کند(Robinson,2004). مدل مفهومی خلاصه ای از سیستم واقعی تحت بررسی، روابط ریاضی ومنطقی است که به مؤلفه ها وساختارسیستم مربوط می شود(Banks,1998)مدل مفهومی تحقیق فوق که بصورت منطقی فرایند انجام کار را بیان می دارد درشکل ۳ نشان داده شده است.

گردآوری داده ها

اولین گام درایجاد مدل، مشاهده سیستم واقعی وفعل وانفعالات اجزاء مختلف آن وگردآوری داده ها درمورد رفتارآن است.دراین تحقیق جهت گردآوری داده های مربوط به توقفات، خرابی وزمان خدمت دهی ماشین آلات موجودوزمان بین دووروددرخط تولید به منظوراستفاده درتجزیه وتحلیل داده های ورودی وتعیین توزیع آنها، ازروش مشاهده استفاده شده است.برای این منظورداده های مربوط به توقفات وخرابی طی یکسال گذشته موردبررسی قرارگرفته است.

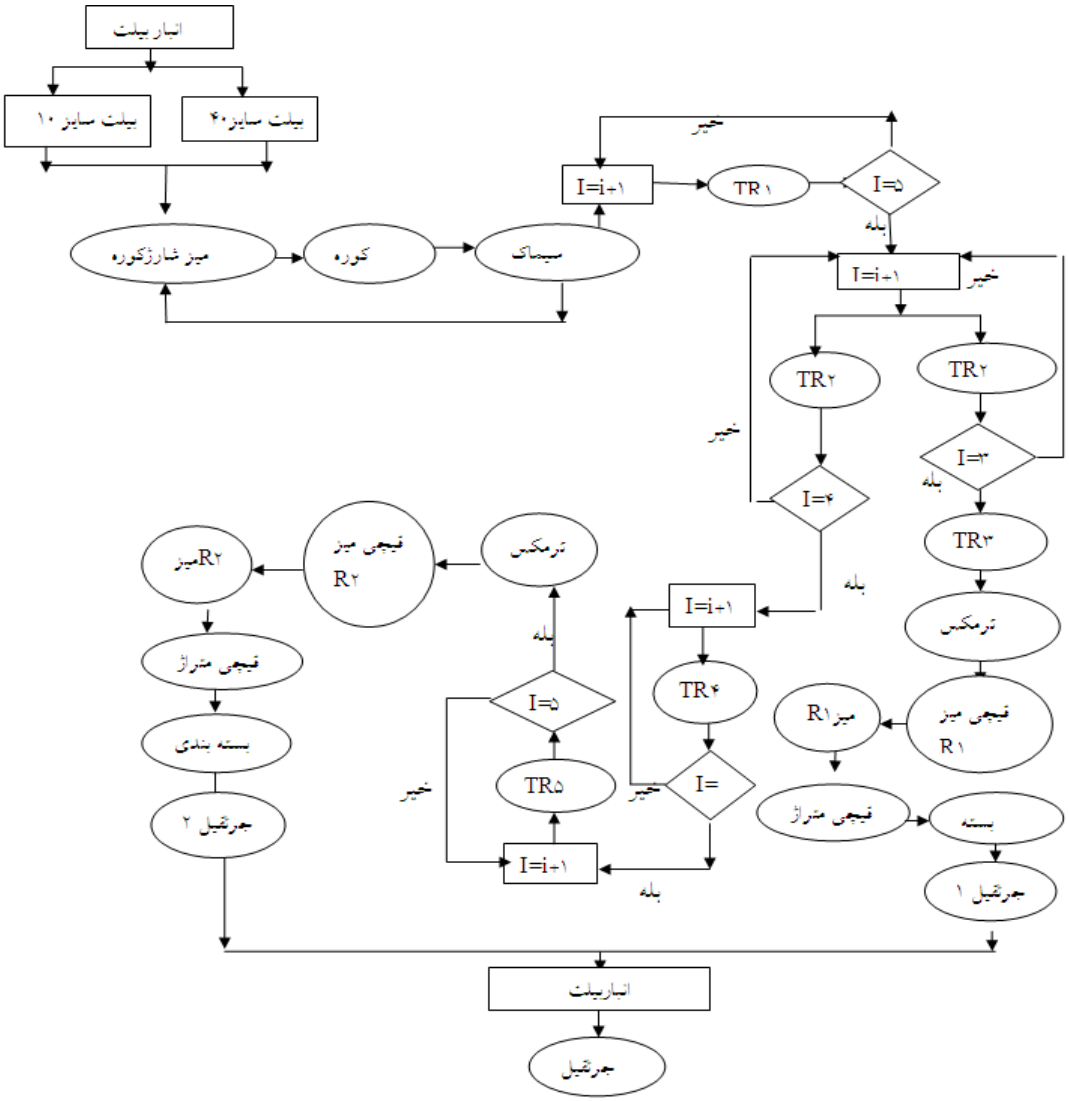
جهت جمع آوری اطلاعات در ارتباط بانحوه چیدمان خط و استقرار جرثقیل ها و داده های مربوط به آنها اعم ازسرعت، ظرفیت وزمان بارگیری وتخلیه اقدام به مصاحبه با مهندسان کارگران فنی، مدیران و ارزیابی زمان با استفاده از زمان سنجی شده است.برای تعیین تعداد داده ها به منظورتجزیه وتحلیل از فرمول زیر استفاده شده است:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^{2} \times \sigma^{2}}{\varepsilon^{2}}$$

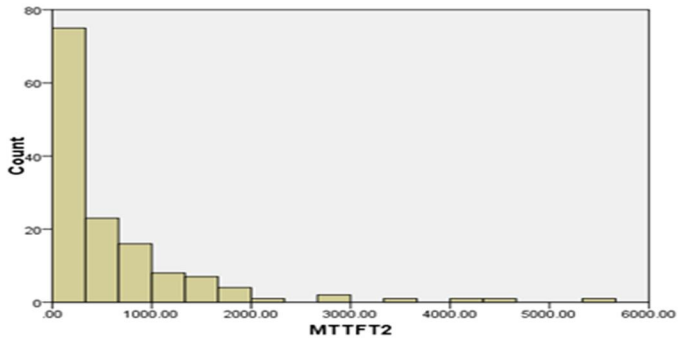
در این فرمول σ^2واریانس جامعه، εمیزان خطا در سطح$\alpha =$ ۰,۰۵می باشد. خط تولیدمورد مطالعه به طور۲۴ ساعت مشغول به کارمی باشد، (۳شیفت ۸ ساعته)، که به طورتصادفی ازآن نمونه گیری شده است.با توجه به فرض نرمال بودن جامعه، ابتدا حجم نمونه ای برابربا ۳۰ درنظرگرفته شده است. به طوری که درهرشیفت ۱۰ روز جمعاً به مدت ۳۰روزیک ساعت به یک ساعت از خط تولید نمونه گیری بعمل آمده وسپس با توجه به اطلاعات بدست آمده حجم نمونه ازطریق فرمول شماره ۲محاسبه شده است.

تجزیه وتحلیل داده های ورودی

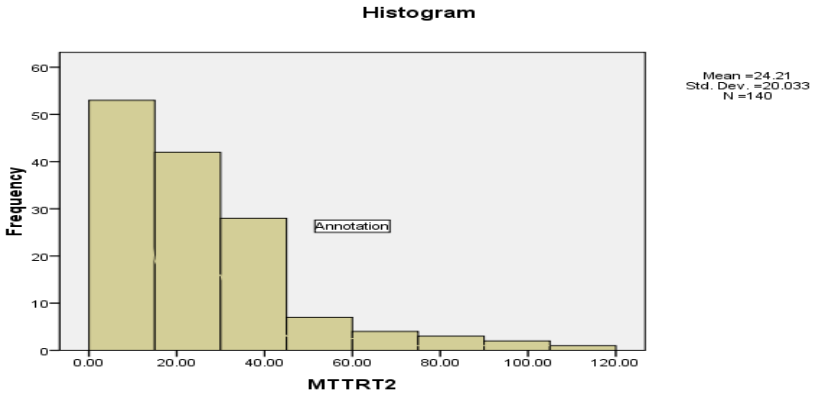
از آنجائیکه نیروی محرکه هر مدل شبیه سازی را داده های ورودی آن تشکیل می دهد، پس ازتعیین حجم نمونه موردنیاز، بایدتوزیع حاکم برنمونه تعیین شود.چون داده ها به صورت گسسته می باشند، برای این کار از آزمون برازندگی استفاده شده است. درابتدا با توجه به اینکه نمودارفراوانی ابزار مفیدی برای تعیین شکل توزیع احتمال است(بنکس وکارسن،۱۹۸۴)، اقدام به تدوین نمودارها گردید. به طور نمونه نمودارهای مربوط به زمانهای خرابی وتوقفات برای ترمکس ۱و۲بصورت زیر می باشند:



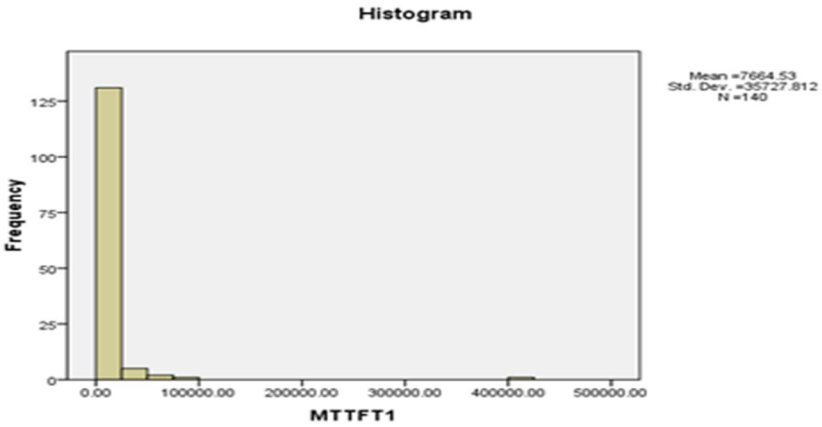
شکل شماره۳: نمودار منطقی فرایند انجام کار



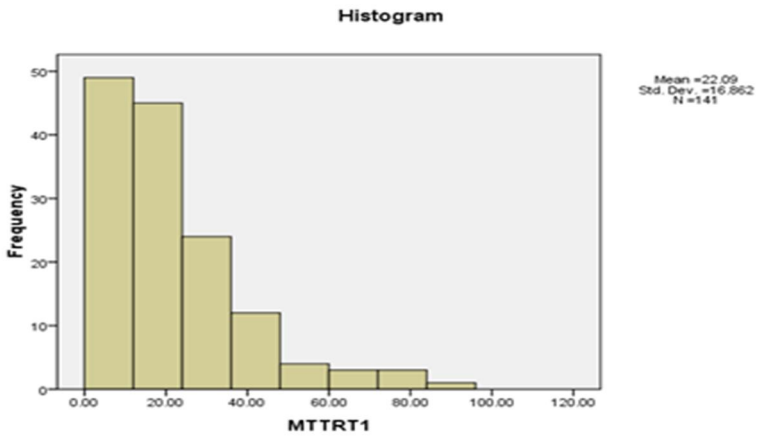
شکل شماره ۴: زمان توقفات ترمکس ۲طی یکسال



شکل شماره۵: زمان خرابی ترمکس۲ پس ازادغام



شکل شماره ۶: زمان توقفات ترمکس۱طی یکسال



شکل شماره ۷ : زمان خرابی ترمکس۱ پس ازادغام

انتخاب توزیع مناسب وبرآوردپارامترها:

همانطور که درشکل های بالا مشاهده می شود خرابی ترمکس ها با توزیع نمایی منفی مطابقت دارد.دراین مرحله ازطریق آزمون برازندگی X^2(فرمول شماره۳) معلوم می گردد که جانشین کردن داده ها با این توزیع قابل توجیه است یا خیر.برای اطمینان ازصحت انتخاب توزیع مناسب برای هریک ازماشینها، این آزمون برروی تک تک ورودی ها انجام گرفته است.

فرضیه های مربوط به آزمون برازش به شکل زیر می‌باشند:

فرض .H: متغیر تصادفی دارای توزیع مورد نظر است.

فرض H1 : متغیر تصادفی دارای توزیع مورد نظر نیست.

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n} {(O_i - E_i)^2}/{E_i} \qquad \text{فرمول ۳}$$

در جدول ۱ توزیع زمان خرابی ترمکس ۱ و ۲ و همچنین میزهای خنک کن توسط آزمون X^2 وبا استفاده از نرم افزارED بدست آمده است.پارامترهای مربوط به توزیع های بدست آمده درجدول ۲ نشان داده شده است.

همانطورکه درجدول۲مشاهده میشود توزیع زمان خرابی ترمکس ۱و۲ و میزهای خنک کن۱و۲ به ترتیب برابرلوگ نرمال با پارامتر۳۵۶۰۵,۸۴,۷۶۱۰,۱۷ وویبول با پارامترهای ۰,۵,۰,۶,۲۶۱۹,۱۴,۰,۶,۲۳۰۰,۲۳,۶۰۵,۰۱می باشند.همچنین توزیع زمان توقف نیز به ترتیب برابربتا باپارامتر۳,۱,۱,۲۲,۰۹، ارلانگ با پارامتر۱,۲۴,۲۱، ویبول با پارامترهای ۰,۹,۱,۲,۱۸,۰۱,۱۴,۴۸می باشند.

برنامه نویسی

در این تحقیق خط تولید میلگرد فولادی بوسیله نرم افزارED شبیه سازی شده است.مدل شبیه سازی شده دارای دو نوع source بوده که هرکدام نمایانگر یک محصول میلگرد در دو سایز مختلف می باشند.در این مدل ازاتم Multi service برای نشان دادن کوره با cycle time ۶۰ دقیقه برای هرشمش استفاده شده است.هر یک ازشمش ها بعد ازخروج ازTR1 وارد خطوط تولید مربوطه می شوند.خط تولید شماره ۱برای میلگرد سایز۴۰ وشماره ۲ برای میلگرد سایز ۱۰، هرکدام دارای ۳ Server می باشند که زمان خرابی وتوقفات آنها درمراحل قبل مشخص شده است.درانتهای خط سه جرثقیل موجود می باشد که مسئولیت حمل محصولات تولید شده به انبارمربوطه را برعهده دارند.

زمان خرابی	توزیع انتخابی	زمان توقفات	توزیع انتخابی
MTTFT1	لوگ نرمال	MTTRT1	بتا
MTTFT2	ویبول	MTTRT2	ارلنگ
MTTFD1	ویبول	MTTRR1	ویبول
MTTFD2	ویبول	MTTRR2	ویبول

جدول شماره۱: توزیع مناسب زمان های خرابی و توقفات ترمکس۱و۲،میز۱و۲

زمان خرابی	پارامترتوزیع	زمان توقفات	پارامترتوزیع
MTTFT1	7610.17 ,35605.84	MTTRT1	22.09,1,3.1
MTTFT2	605.01,0.6	MTTRT2	24.21,1
MTTFD1	2300.23,0.6	MTTRR1	14.48,1.2
MTTFD2	2619.14,0.5	MTTRR2	18.01,0.9

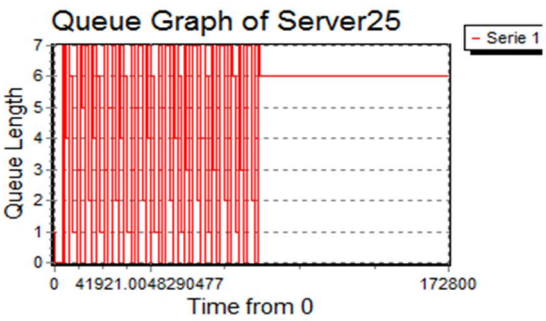
جدول شماره۲: پارامترتوزیع مناسب زمان های خرابی و توقفات ترمکس۱و۲،میز۱و۲

اجرای مدل شبیه سازی

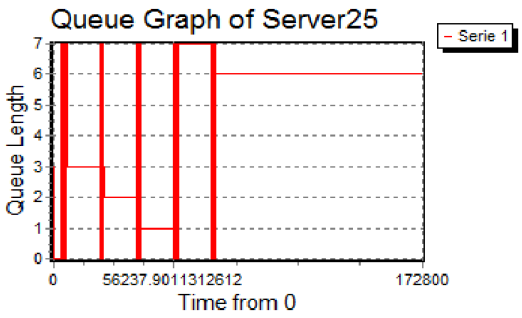
در این تحقیق، شبیه سازی از نوع خاتمه ناپذیر است. شبیه سازی خاتمه‌ناپذیر نقطه پایان طبیعی نداشته و هیچ دلیل خاصی برای توقف مدل وجود ندارد، مگر اینکه کاربر مدل، آن را متوقف کند. برای مدلهای خاتمه ناپذیر طول اجرای شبیه سازی باید به وسیله کاربر مدل تعیین شود(Robinson, 2004) یکی ازروش های اجرای شبیه سازی خاتمه ناپذیر،دوباره سازی می باشد که قبل ازآن باید پایداری مدل بررسی شود.

گام اول: پایداری مدل

برای رسیدن مدل به پایداری، مدل برای ۲۴ ساعت اجرا شده است. همانطور که درشکل های زیر دیده می شود نمودارصف برای میز۱و۲ بعد از۲۴ ساعت به شکل خط مستقیم درآمده است.اگرمدل پایدارنشد طول اجرای مشاهده افزایش داده می شود. به این زمان برای رسیدن مدل به پایداری، دوره گرم سازی مدل گفته می شود.



شکل شماره۸: طول صف برای میز ۲



شکل شماره۹: طول صف برای میز۱

گام دوم:دوباره سازی

برای دوباره سازی می بایددوره گرم سازی حذف شود. بارعایت استقلال آماری مدل با استفاده از فرمول های شماره ۴ وشماره ۵ مدل ۲۹مرتبه دوباره سازی شده است. که در آن s^2 واریانس نمونه، h^2 مجذور فاصله اطمینان و $t^2_{n-1,1-\frac{\alpha}{2}}$ درجه آزادی ازجدول t می باشد.

دفعات تکرار:

$$n = \frac{t^2_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}s^2}{h^2}$$ فرمول ۴

h :نصف فاصله اطمینان است.

$$h = t_{\alpha/2,(n-1)}\, s/\sqrt{n}$$ فرمول ۵

تعیین اعتبارتبدیلهای ورودی به خروجی

تعیین اعتبار مدل با انجام فرآیند تکرار پذیر تحقق می یابد واز تفاوت بین مدل وسیستم برای بهسازی مدل استفاده می شود.فرآیند آنقدر تکرار می شود تا مدل ازدقت قابل قبولی برخوردار شود(بنکس وکارسن،۱۹۸۴).

تحلیل داده های تولید شده از اجرای شبیه سازی برای پیش بینی عملکرد سیستم و مقایسه عملکرد دو سیستم بکارمی روند (Garrido,2009). اگر داده کافی در سیستم واقعی دردسترس باشد، تست استفاده شده t تست می باشد که فرضیه ای از تساوی میانگین ها را تست می کند(Hoover,perry,1989).

با توجه به ثابت بودن زمان خدمت دهی ترمکس ۱و۲ ومیزخنککن ۱و۲ ، ۳۰ نمونه درمدت ۳ شیفت کاری اززمان انتظارمیلگردها جهت اخذ خدمت برروی میزخنککن فاز۱و۲ ازسیستم واقعی گرفته شده وتوسط نرم افزار میانگین زمان انتظارمحاسبه شده است.دراین مرحله مدل مانند جعبه سیاه عمل نموده و همه متغیرهای ورودی رادریافت وآنها را به متغیرهای خروجی تبدیل می کند.پاسخهای مدل وداده های ورودی مدل باید همزمان گردآوری شوند.میانگین زمان انتظارمیز۱و۲ به ترتیب ۴،۰۶و۱۷۹،۹۸می باشد. انتظار می رود که

مقدارمشاهده شده متوسط زمان انتظاربه این مقدارنزدیک باشد. برای تعیین اعتبار ازآزمون t(فرمول شماره ۶)استفاده شده است.

آماره t با $t_{\frac{\alpha}{2},n-1}$از جدول محاسبه می گرددداگر مقدار آماره آزمون بزرگترازt جدول بود، فرض H_0 رد می شود ودلیلی برای معتبربودن مدل وجود ندارد. در غیر اینصورت فرض H_0 را نمی توان رد نمود.نتایج حاصل ازاین تست در زیر آمده است.

$$t=\frac{\bar{X}-\mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

درفرمول بالا،$\bar{X}$ میانگین نمونه، S واریـانس نمونـه، μ میانگین جامعه وn تعداد نمونه می باشد.

فرضیه های مربوط به تعیین اعتبارمیزخنک کن ۱و۲:

فـرضH_0: میـانگین زمـان انتظـارروی میـز۱برابربـا ۱۷۹,۹۸است

فـرضH_1: میـانگین زمـان انتظـارروی میـز۱برابربـا ۱۷۹,۹۸نیست

فرضH_0: میانگین زمان انتظارروی میز۲برابربا۴,۰۶ است

فرضH_1: میانگین زمان انتظارروی میز۲برابربا۴,۰۶نیست

برای میز۱و۲، آماره tبه ترتیب برابربا ۱,۲۱ و۰,۲۵ به دست می آید که هردواز۲,۰۴ کوچکترمی باشندو فرض H_0 را نمی توان رد نمود،بنابراین مدل معتبراست. آزمون فوق جهت تمامی خدمت دهندگان اجرا می گردد.

در جدول شماره ۴نتایج حاصـل ازاجـرای دوبارسـازی هـا مشاهده می شود.

تدوین سناریو

پس ازانجام مدلسازی شبیه سازی، اجرا وتعیین اعتبارمدل، برای تعیین تعداد بهینه جرثقیل خط تولید نوبت به تدوین سناریو می رسد. سناریو یکی از اجزای شبیه سازی محسوب می شود که تحت شرایط خاص به عنوان یک عامل خاص و یا ترکیبی از سطوح در نظر گرفته می شود، به این معنی که با تغییر در عوامل و یا سطوح مدل، سناریو (حالت مدل) تغییر می کند. برای مقایسه بین سناریوها از روش تاپسیس استفاده شده است، که در آن هر سناریو بعنوان یک گرینه در نظر گرفته شده و توسط شاخص های زیر مورد ارزیابی قرار می گیرند.

جدول شماره۴: نتایج حاصل از دوبارسازی

میز۲			میز۱		
متوسط زمان انتظار (ثانیه)	تعداد ورودی	دوباره سازی	متوسط زمان انتظار (ثانیه)	تعداد ورودی	دوباره سازی
1.61	۱۱۳۴۰	۱	243.04	۲۲۵۴	۱
4.81	۱۱۳۶۹	۲	240.13	۲۲۷۵	۲
2.60	۱۱۸۱۵	۳	238.89	۲۳۱۷	۳
4.66	۱۱۴۵۲	۴	238.30	۲۲۷۵	۴
2.06	۱۱۱۵۲	۵	118.71	۲۲۶۱	۵
5.04	۱۱۲۲۸	۶	187.23	۲۲۷۵	۶
1.74	۱۱۵۰۸	۷	214.71	۲۲۸۲	۷
2.84	۱۱۳۴۰	۸	237.03	۲۲۶۱	۸
2.82	۱۱۵۰۸	۹	163.94	۲۲۰۸	۹
1.59	۱۱۲۲۸	۱۰	287.24	۲۲۸۹	۱۰

میز۲			میز۱		
متوسط زمان انتظار (ثانیه)	تعداد ورودی	دوباره سازی	متوسط زمان انتظار (ثانیه)	تعداد ورودی	دوباره سازی
5.80	۱۱۶۷۶	۱۱	239.40	۲۳۰۳	۱۱
5.61	۱۱۳۹۶	۱۲	101.90	۲۲۸۲	۱۲
2.93	۱۱۳۴۰	۱۳	257.68	۲۲۸۲	۱۳
3.97	۱۱۳۴۰	۱۴	127.23	۲۲۷۵	۱۴
5.81	۱۱۴۸۰	۱۵	244.32	۲۲۸۲	۱۵
7.50	۱۱۴۵۲	۱۶	۸۰,۷۸	۲۲۸۹	۱۶
1.81	۱۱۲۸۴	۱۷	74.50	۲۲۸۹	۱۷
4.19	۱۱۳۹۶	۱۸	86.93	۲۲۸۲	۱۸
7.50	۱۱۶۲۰	۱۹	222.50	۲۲۸۹	۱۹
1.83	۱۱۲۸۴	۲۰	255.11	۲۲۶۱	۲۰
2.61	۱۱۲۵۶	۲۱	144.60	۲۲۸۲	۲۱
7.21	۱۱۴۵۲	۲۲	162.67	۲۲۹۶	۲۲
3.53	۱۱۴۵۲	۲۳	222.33	۲۲۸۲	۲۳
3.70	۱۱۲۵۶	۲۴	128.83	۲۲۸۲	۲۴
7.90	۱۱۵۶۴	۲۵	157.67	۲۳۳۱	۲۵
4.70	۱۱۴۸۰	۲۶	184.79	۲۲۶۸	۲۶
3.06	۱۱۳۴۰	۲۷	97.20	۲۲۸۹	۲۷
1.50	۱۱۴۲۴	۲۸	177.32	۲۲۸۹	۲۸
3.03	۱۱۴۲۴	۲۹	133.90	۲۲۸۲	۲۹

انتخاب شاخص ها

در مباحث تصمیم گیری چند معیاره شاید مهمترین مرحله انتخاب شاخص های موثر در ارزیابی گزینه ها با توجه به هدف تصمیم باشد. برای سنجش مدل اجراء شده فعلی ومدلهای اصلاحی بعدی سه شاخص توسط خبرگان تعیین گردیده است.بادرنظرگرفتن این شاخص ها میتوان مدلهای مختلف رارتبه بندی نمود.این شاخص هابصورت زیر می با شند:

ضریب بهره وری

ضریب بهره وری درحقیقت نسبت نرخ ورود مشتری به نرخ خدمت دهنده است.این ضریب عددی بین صفر ویک است وهرچه به یک نزدیکترباشد به این معنی است که تقاضا برای دریافت خدمت بیشتر است وسیستم کاربیشتری انجام داده وبیکاری اپراتورها کمتراست.با توجه به محدودیت خطی بودن قطبیت شاخصها در تصمیم گیریهای چند معیاره، قطبیت این شاخص مثبت در نظر گرفته می شود.

$$P = \frac{\text{متوسط کل خدمت دریافت تقاضابرای}}{\text{کل ظرفیت سیستم برای ارائه خدمت}}$$ فرمول ۷

متوسط زمان انتظار

هرچه متوسط زمان انتظارکوچکترباشد،واحدراتوانا می سازدتا فاصله زمانی بین شروع تولید تا خاتمه راکاهش دهد و سریعترمی تواند به مشتری پاسخ دهد. لذا این شاخص یک شاخص منفی است.l_qامیانگین تعداد مشتری در صف وλ آهنگ ورود مشتری به صف می باشد.

$$w_q = \frac{l_q}{\lambda}$$ فرمول ۸

تعداد مشتری خروجی

این شاخص براحتی ازطریق عنصرSink درمدل شبیه سازی قابل مشاهده است.این شاخص یک شاخص مثبت در نظر گرفته شده است.

برای اجرای سناریو های مختلف، اقدام به اجرای مدل با ترکیب مختلف جرثقیل ها با توجه به محدودیت فضاشده است. این ترکیبات مختلف در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.

جدول شماره ۵: ترکیب چیدمان جرثقیل ها

ترکیب	تعداد جرثقیل فاز۱	تعداد جرثقیل فاز۲	تعداد جرثقیل بارانداز
۱	۱	۱	۱
۲	۲	۱	۱
۳	۱	۲	۱
۴	۱	۱	۲
۵	۲	۱	۲
۶	۱	۲	۲
۷	۲	۲	۱
۸	۲	۲	۲

ابتدا مدل برای مدت ۸۷۶۰ ساعت اجرا شده است.با اجرای مدل به مدت ۸۷۶۰ ساعت، تعداد محصول خروجی برابر ۳۲۶۰۷ بندل می باشد و متوسط زمان انتظار و ضریب بهره وری با توجه به جداول زیر به ترتیب برابر با ۱,۷ ساعت و ۵۲,۵٪ است.

نتایج برای ۸ مدل به صورت زیرمی باشد.

جدول شماره ۶: نتایج حاصل از اجرای مدل

شاخصها / مدل	تعداد تولید	ضریب بهره وری	متوسط زمان انتظار
A1	۳۲۶۷۰	٪۵۲,۵	۱,۷
A2	۳۵۱۲۱	٪۵۴,۵	۱,۶۶
A3	۴۳۷۶۶	٪۵۵,۶	۱,۶۴
A4	۴۵۱۳۲	٪۵۶	۱,۷۸
A5	۳۵۰۴۰	٪۵۴	۱,۷۴
A6	۳۴۶۲۴	٪۵۳,۶۶	۱,۶۹
A7	۴۸۴۱۲	٪۵۸,۵	۱,۸
A8	۵۴۱۸۳	٪۶۰,۱۶	۱,۷۳

روش Topsis

پس از به دست آوردن نتایج مدلهای مختلف، نوبت به آن می رسد که مدلهای فوق با یکدیگر مقایسه ورتبه بندی مابین آنها صورت گیرد.در این مرحله ابتدا با استفاده از روش آنتروپی، وزنهای درونی استخراج و سپس با بکارگیری روش تاپسیس نسبت به رتبه بندی آنها اقدام می گردد.پس از انجام محاسبات مربوطه نتایج حاصل از رتبه بندی به صورت زیر بدست می آید:

A3>A6>A2>A5>A4>A1>A7>A8

بنابراین گزینه A3 با چیدمان ۱و۲و۱جرثقیل در انتهای خط تولید بهترین حالت می باشد.

نتیجه گیری

پس ازاجرای ۸ مدل وثبت نتایج، مدل ۳ بادرنظرگرفتن هر ۳ شاخص بهترین مدل می باشد.برای مقایسه مدل فعلی ومدل پیشنهادی هرکدام به مدت ۲۶۲۸۰ ساعت معادل ۳ سال کاری اجرا ومجدداً با یکدیگر مقایسه شده اند.اگرفولادیزد مدل۳ رابه اجرا بگذارد به نتایج زیردست می یابد:

ضریب بهره وری ۱۰٪ فزایش یافته است.

متوسط زمان انتظار ۴٪ کاهش یافته است.

میزان تولید ۱۶٪ افزایش یافته است.

مدل ۳، با چیدمان ۱و۲و۱،نسبت به سایرچیدمان ها ازنظراقتصادی نیز باصرفه است زیرا تنها با افزودن یک جرثقیل درفاز۲تولید نتایج فوق بدست می آید.

همچنین در این مطالعه مشخص گردید که با ترکیب روشهای شبیه سازی و تصمیم گیری چند معیاره می توان سناریوهای متفاوت را همراه با تعدادی شاخص متناسب با اهداف تصمیم گیران به راحتی رتبه بندی نمود.

فهرست منابع

۱) ایروانی، سید محمدرضا،۱۳۷۲، سیستمهای صف، انتشارات دانشگاه علم وصنعت

۲) جری بنکس وجان کارسن، محلوجی هاشم ، ۱۳۷۸، شبیه سازی سیستمهای گسسته-پیشامد، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف

3) Arne Ingemansson, Torbjo¨rnYlipa¨a¨ and Gunnar S. Bolmsjo¨, 2005, Reducing bottle-necks in a manufacturing system with automatic data collection and discrete-event simulation, Journal of Manufacturing Technology Managemen Vol. 16 No. 6
4) Banks Jerry,1998, Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice
5) Bahr, H.A., and DeMara, R.F., 2004, Smart Priority Queue Algorithms for Self-Optimizing Event Storage,Journal of Simulation Practice and Theory.
6) ChenFei, 2009, Modeling and simulation on dynamic recrystallization of 30Cr2Ni4MoV rotor steel using the cellular automaton method,modeling and simulation in material science and engineering, vol.17 no.7
7) Comert,G, Cetin, M, 2009, Queue length estimation from prob vehicle location and the impacts of sample size, European Journal of Operation Research, 197, pp: 196-202
8) FaizulHuq and Kenneth CutrightandDouglas A. Hensler, 2006 , Simulation study of a two-level warehouse inventory replenishment system, International Journal of Physical Distribution & Logistics ManagementVol. 36 No. 1
9) Georges Habchi, 2003,Modelling and simulation: Analysis, design and optimization of industrial systems, Simulation Modelling Practice and Theory 11(1): 1-3
10) hoover Stewart V, Perry Ronald F,1984-Simulation:Aproblem-solving Approach
11) Henry X. liu, Real-time queue length estimation for congested signalized intersections, Transportation Research Part C: emerging Technologies, Vol 17, Issue 4, Page 412-427
12) Hulya Julie Yazici, 2005, Influence of flexibilities on manufacturing cells for faster delivery using simulation, Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 16 No. 8
13) Jia-Wen Wang, Ching-Hsue Cheng, Kun-Cheng Huang, 2008, Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. Apply Soft Computering, 9(1): 377-386
14) Law, A.M. (1991) ‘‘Simulation model’s level of detail determines effectiveness’’. Industrial Engineering,23(10), 16–18.
15) M.Garrido Jos, 2009 ,Object Oriented Simulation A Modeling and Programming Perspective
16) M. El Hayek, E. van Voorthuysen and D.W. Kelly, 2005, Optimizing life cycle cost ofcomplex machinery with rotable modules using simulation, Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 11 No. 4, pp. 333-347
17) Ming Zhang, Hong Nie, Xiao-hui Wei Xiaomei , Qian and Enzhi Zhou, Modeling and simulationof aircraft anti-skid braking and steering using co-simulation method, The International Journalfor Computation and Mathematics inElectrical and Electronic Engineering Vol. 28 No. 6, 2009 pp. 1471-1488
18) Mirghani, B,Y, A,2009,A parallel evolutionary strategy based simulation–optimization approach for solving groundwater source identification problems, Advance in Water Resource, Vol 32, Issue 9, Pages 1373-1385
19) PatrikAppelqvist and Juha-MattiLehtonen, 2005, Combining optimisation and simulation for steel production scheduling, Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 16 No. 2
20) Robinson Stewart, July 2003-Simulation:ThePracticeofModelDevelopment and Use
21) Sturmer, M, 2009, Fluid flow simulation on the Cell Broadband Engine using the lattice Boltzmann method, Computer and Mathematics with Application, Vol 58, Issue 5, Pages 1062-1070
22) Shapiro, J. (2001), Modeling the Supply Chain, Duxbury, Belmont, CA.
23) T. Yang, C.C. Hung, Multiple-attribute decision-making methods for plant layout design roblem,Robotics and Computer-integrated manufacturing, Vol. 23, 2007.pp. 126–137
24) XiaolingXie, andMatthew Simon, 2006,Simulation for product life cycle Management, Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 17 No. 4
25) Yasser Mohamed, Davila Borrego, Luis Francisco, Mohamed Al-Hussein and SimaanAbouRizk, 2007, Simulation-based scheduling of module assembly yards, case study, Engineering, Construction and Architectural Management ,Vol. 14 No. 3

یادداشت‌ها

[1] -entropy
[2] -topsis