Archive of SID

International Conference on
NEW IDEAS IN MANAGEMENT ECONOMICS & ACCOUNTING
Barcelona SPAIN 14th Oct 2016

کنفرانس بین المللی
ایـده های نویـن در
مدیریت، اقتصاد و حسابداری
بارسلون - اسپـانیا ۲۳ مهرماه ۱۳۹۵

ارائه مدلی جهت حذف فرآیند های اضافی خط تولید خودرو تحت سیستم کانبان(مطالعه موردی: شرکت خودرو سازی سایپا)

پریا شهاب

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش تولید دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

Email:Pariya.shahab@yahoo.com

دکتر علیرضا ایرج پور

استادیاردانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
Email: airajpour@yahoo.com

چکیده

یکی از مشکلات همیشگی در کارخانجات تولیدی ،موجودی بیش از انـدازه مـورد نیـاز،در انبارهـا و پـای خـط تولیـد است.این موجودی اضافی، باعث راکد ماندن سرمایه،از بین رفتن و معیوب شدن قطعات بر اثر انبارش طولانی مدت،هزینه هـای مازاد انبار داری و... می شود.گروه خودرو سازی سایپا نیز مانند دیگر کارخانجات بزرگ تولیدی، با این معضل دست بـه گریبـان بوده و در پی یافتن روشی برای کاهش سطح موجودی قطعات و حذف ضایعات می باشد.سیستم های مختلفی بـرای حـل ایـن مشکل ارائه شده اند،یکی از موفق ترین این سیستم ها تولید بهنگام است ، مهمترین تکنیک سیستم JIT، نظـام کانبـان مـی باشد.اجرای صحیح کانبان،موجب پایین آمدن سطح موجودی،کاهش اتلاف زمان و هزینه و همچنـین افـزایش بهـره وری مـی شود،که دستاورد نهایی افزایش تولید است.

بدین منظور در مقاله حاضر ،سیستم تغذیه خط برای یکی از خطوط مونتاژ پرایـد در کارخانـه سـایپا ،تحـت سیسـتم کانبان،از انبار تا پای خط طراحی گردید. در نهایت با اسـتفاده از نرم‌افـزار اکسـل و شـرایط موجـود در مـدل کانبـان انتخـابی، شبیه‌سازی خط مونتاژ انجام شد ونتایج حاصله از مدل جدید کاهش ۱۲ درصدی کل هزینه سیستم را نسبت به مدل استاندارد و همچنین کاهش تعداد کانبان مورد نیاز از ۲۸ کارت کانبان به ۲۴ کارت را در پی داشت.

کلمات کلیدی: تولید بهنگام،کانبان،سوپر مارکت،تغذیه قطار یدک کش

www.SID.ir

Archive of SID

۱.مقدمه

امروزه اکثر شرکت ها به منظور نفوذ بیشتردر بازار جهانی،سعی در افزایش بهره وری نیروی کار،حذف هرگونه اتلاف از داخل سیستم، بالابردن کیفیت محصول با یک قیمت رقابتی و پاسخگویی سریعتر و موثرتر به تقاضای مشتریان می نمایند.سیستم های تولیدی این کارخانه ها مرتبا در حال تغییر است.از میان سیستم های مختلف مدیریت تولید نوین، نظام تولید بهنگام ،توجه بسیاری از مدیران را به خود جلب نموده و تا حد معقولی می تواند ما را به خواسته های مذکور نزدیک نماید. در دهه ۱۹۷۰،JIT با نام سیستم تولید تویوتا توسط تائیچی اوهنو در ژاپن متولد شد.پس از جنگ جهانی دوم،مردم ژاپن انگیزه بسیار قوی داشتند که تکنیک های تولید خود را بهبود بخشند تا با استفاده از آن بتوانند اقتصاد خود را بازسازی نمایند.به علت محدودیت های طبیعی و اقتصادی پس از جنگ،تولیدکنندگان به دنبال راهی بودند که بیشترین بهره وری را از منابع محدود خود بدست آورند.بنابراین روی بهینه سازی نسبت (کیفیت/هزینه) کار کردند.

در نتیجه بحران جهان نفت در سال ۱۹۷۶،ژاپنی ها دریافتند که الگوی رشد اقتصادی و تولیدی ۲۵ساله آنها در آستانه شکست قرار دارد و در آینده نزدیک، مانند ملل غربی، با افت و خیزهای شدیدی روبرو خواهند شد. رهبران تولیدی ژاپن، به دنبال راهی بودند که انعطاف پذیری فرایندهای تولیدی را افزایش دهند و سیستم تولید تویوتا را طراحی کردند.

به خاطر تلاش های تائیچی اوهنو در طراحی و پیاده سازی تولید بهنگام ،وی را پدر JIT می نامند.پیش از معرفی JIT ، نقایص بسیاری در سیستم های تولید موجود در آن زمان وجود داشت.به گفته هیرانو این نقایص عبارت بودند از مشکلات مربوط به موجودی،نقایص محصولات، هزینه های بالا، تاخیر در تحویل،مشکلات مربوط به موجودی شامل موجودی انبوه استفاده نشده که نه تنها غیر مولد هستند بلکه نیاز به انبارش،مدیریت و نگهداری دارند. تولید کنندگان می دانستند که وجود تنها یک عیب در محصول،اعتبار تولید کننده را از بین می برد.بنابراین به دنبال یک فرایند بدون عیب بودند و JIT این نیاز آنها را بر آورده ساخت.

از آنجاییکه این نگرش در داخل کشور بسیار نوپا می باشد،پیاده سازی آن نیاز به یک برنامه دراز مدت دارد. حمایت مدیریت جهت اجرای موثر آن انکار ناپذیر است.از این رو نیاز به ابزاری جهت توجیه مدیران نسبت به مزایای کاربرد این نگرش،ضروری به نظر می رسد.

شبیه سازی به عنوان یکی از کاراترین و موفق ترین ابزارها جهت نیل به مقصود فوق می باشد.شبیه سازی امکان آزمایش تمامی جوانب یک تغییر یا اعمال یک پیشنهاد در سیستم را بدون تخصیص منابع بوجود می آورد. در واقع شبیه سازی قبل از صرف زمان و پول،بررسی طرح ها را امکانپذیر نموده و ما را قادر خواهد ساخت تا عملکرد سیستم پیشنهادی را بر اساس واقعیتی که رخ خواهد داد و نه با تکیه بر پیشگویی های شخصی مورد ارزیابی قرار دهیم.

۲. سیستم به هنگام

نظام تولید به هنگام موضوعی است که افراد مختلف به صورتهای متفاوتی آنرا شرح داده اند و درمتون مختلف با عبارتهای گوناگون تعریف شده است.آنچه که دربین بسیاری ازاین تعاریف و توضیحات مشترک می باشد،عدم تفهیم کامل موضوع تولید به هنگام است.دربسیاری ازاین نوشته ها وگفته ها از تولید به هنگام به عنوان تکنیکی درکنترل موجودی یاد شده است وآن را مترادف با موجودی صفر دانسته اند.موجودی صفر هدف تولید به هنگام نیست.نظر مبتکر این موضوع یعنی تائیچی اهنو نیز همین است وی در جایی می گوید:« موجودی صفر حرف بیهوده ای بیش نیست». نظام تولید بهنگام چیزی

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر از مدیریت کالا و حمل ونقل مواد است.یک فلسفه وتفکراست که هدف آن«حذف جامع اتلاف»وجلوگیری از به هدر رفتن منابع در همه فعالیتها می باشد. مبتکراین تفکردراین مورد گفته است:«هدف ما حذف جامع اتلاف وبیهودگی است.»

تولید به هنگام سیستمی جامع برای کنترل موجودی ها ی تولید است. در این سیستم هیچ موجودی مواد اولیه خریداری نمی شود و هیچ محصولی ساخته نمی شود مگر هنگامی که ضرورت ایجاب کند. این سیستم اساسا بر کاهش هزینه ها از طریق حذف موجودی های انبار تمرکز دارد.» به عبارت دیگر ، نظام (سیستم) تولید به موقع، تفکر و نگرش نوین در اداره سازمانهای صنعتی است که با اصول، تکنیکها و روشهای خاصی، به دنبال حذف کامل اتلاف و افزایش بهره وری در تمامی فعالیتهای داخل و خارج سازمان می باشد (افتخاریان و غیاثوند،۱۳۸۰).

۳-کانبان

در نتیجه بحران جهان نفت در سال ۱۹۷۶،ژاپنی ها دریافتند که الگوی رشد اقتصادی و تولیدی ۲۵ساله آنها در آستانه شکست قرار دارد و در آینده نزدیک، مانند ملل غربی، با افت و خیزهای شدیدی روبرو خواهند شد. رهبران تولیدی ژاپن، به دنبال راهی بودند که انعطاف پذیری فرایندهای تولیدی را افزایش دهند و سیستم تولید تویوتا را طراحی کردند.

به خاطر تلاش های تائیچی اوهنو در طراحی و پیاده سازی تولید بهنگام ،وی را پدر JIT می نامند.پیش از معرفی JIT ، نقایص بسیاری در سیستم های تولید موجود در آن زمان وجود داشت.به گفته هیرانو این نقایص عبارت بودند از مشکلات مربوط به موجودی،نقایص محصولات، هزینه های بالا، تاخیر در تحویل،مشکلات مربوط به موجودی شامل موجودی انبوه استفاده نشده که نه تنها غیر مولد هستند بلکه نیاز به انبارش،مدیریت و نگهداری دارند. تولید کنندگان می دانستند که وجود تنها یک عیب در محصول،اعتبار تولید کننده را از بین می برد.بنابراین به دنبال یک فرایند بدون عیب بودند و JIT این نیاز آنها را بر آورده ساختکانبان کلمه ای ژاپنی به معنای کارت است که مهمترین قدم اجرایی در پیاده سازی JIT محسوب می شود.اسپراگو کانبان را اینگونه تعریف می کند: [کانبان سیستم زمان بندی تولید و کنترل موجودی توسط کارت است].

روش کانبان قلب سیستم کششی را تشکیل می دهد.کانبان معمولا کارتی کاغذی است با روکش پلاستیکی که روی آن اطلاعاتی مانند شماره فنی ،نوع ظرف و حجم آن، محل آن در انبار و محل تحویل آن به خط، تعداد کل کارت ها، زمان های تحویل و ... نوشته شده است.همچنین می توان گفت که کانبان جایگزین فرم درخواست کالا از انبار(که نیاز به نسخه های متعدد و تائید افراد مختلف دارد) می شود و از حجم عملیات دفتری می کاهد(مهربان،۱۳۸۴).

محل هایی که قطعات تولید شده، اجزا، زیر مونتاژها و محصولات تکمیل شده نگهداری می گردند را در سیستم کانبان ،سوپر مارکت می گویند.سیستم کانبان از مکانیزم سوپرمارکت ها ،برای تامین محصولات مورد نیاز مشتری ها الهام گرفته است.سیستم کانبان وابسته به سیستم جایگزین کردن دوباره است که شبیه سیستم سوپر مارکت عمل می کندو وقتی که فرآیند پایین دستی (مشتری) قطعات را از فرآیند های بالا دستی(سوپر مارکت) بر میدارد.بالادستی محصولات بر داشته شده را از طریق تولید مقداری برابر انچه برداشت شده است،دوباره پر می کند(هاشم زاده،۱۳۸۰).

۴-شبیه سازی مدل

برای اجرای شبیه‌سازی خط مونتاژ ابتدا لازم است پارامترهای موردنیاز که در محاسبه تابع هدف مدل مسئله موثرند، مشخص گردند. به منظور تصمیم‌گیری در این رابطه از مدیران و کارشناسان بخش برنامه‌ریزی شرکت خودروسازی موردنظر

www.SID.ir

Archive of SID

جهت برآورد و ارزیابی پارامترها استفاده شده است. گفتنی است اجرای این شبیه‌سازی فقط برای یک خط مونتاژ تزئینات محصول نهایی اجرا شده است.

برای اجرای این شبیه‌سازی به سه جدول مهم پارامتری نیاز داریم:

-جدول (لیست) مواد مورد نیاز BOM

-جدول تقاضای روزانه هر محصول

-جدول جزئیات پارامترهای هر قطعه

۴-۱-جدول (لیست) مواد موردنیاز BOM

در این خط مونتاژ، تزئینات چهار محصول مختلف انجام می‌شود. این محصولات را به ترتیب با نمادهای "محصول ۱"، "محصول ۲"، "محصول ۳" و "محصول ۴" نام‌گذاری می‌کنیم. برای مونتاژ قطعات تزئینی روی محصولات، یک لیست مواد موردنیاز در نظر گرفته شده است. در این لیست، ضریب استفاده هر قطعه در هر کدام از محصولات ۱، ۲، ۳ و ۴ مشخص شده است. همچنین در این لیست دوازده قطعه مختلف که در محصولات نهایی خط مورد استفاده قرار می‌گیرند، به ترتیب با نمادهای a تا f تعریف شده است.

جدول زیر لیست مواد مورد نیاز مونتاژ قطعات تزئینی چهار محصول مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱- لیست مواد موردنیاز(BOM)

نماد محصول / نماد قطعه	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۳	محصول ۴
قطعه a	۳	۳	۱	۱
قطعه b	۴	۱	۱	۳
قطعه c	۰	۱	۰	۲
قطعه d	۴	۰	۰	۱
قطعه e	۱	۳	۰	۱
قطعه f	۱	۵	۲	۱

۴-۲- جدول تقاضای روزانه هر محصول در هر روز

با توجه به فصل قبل تقاضای محصولات ۱، ۲، ۳ و ۴ در این خط مونتاژ از توزیع نرمال با میانگین d_{il} و انحراف معیار σ_{il}^{d} تبعیت می‌کنند. در این جدول تقاضای روزانه محصولات در هر روز، میانگین تقاضای روزانه هر محصول به همراه

www.SID.ir

Archive of SID

انحراف معیار تقاضای روزانه آن مشخص شده است. گفتنی است واحد اندازه‌گیری میانگین و انحراف معیار روزانه هر محصول در هر روز $\frac{\text{قطعه}}{\text{تکت}}$ می‌باشد.

جدول ۲- میانگین تقاضا و انحراف معیار روزانه هر محصول

	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۳	محصول ۴
میانگین تقاضا	۰,۴	۰,۳	۰,۱	۰,۲
انحراف معیار تقاضا	۰,۰۸	۰,۰۶	۰,۰۲	۰,۰۴

۴-۳-جدول جزئیات پارامترهای هر قطعه

در این جدول جزئیاتی درباره ظرفیت SKU، هزینه موجودی و همچنین هزینه کمبود موجودی برای هر قطعه بیان شده است. به‌عبارت دیگر در این جدول برای هر قطعه مشخص شده است، چه تعداد از آن قطعه در SKU قرار می گیرد ، هزینه موجودی هر واحد از آن قطعه چقدر است و در صورت مواجه‌شدن با کمبود موجودی از آن قطعه در خط مونتاژ چه مقدار هزینه، سازمان را متضرر می‌کند.

جدول ۳- جزئیات پارامترهای هر قطعه

نماد محصول / نماد قطعه	ظرفیت هر SKU	هزینه سالیانه موجودی (ریال)	هزینه سالیانه کمبود موجودی (ریال)
قطعه a	6	۱،۱۰۰،۰۰۰	۲۲۰،۰۰۰
قطعه b	3	۲،۰۰۰،۰۰۰	۴۰۰،۰۰۰
قطعه c	6	۱،۰۰۰،۰۰۰	۲۰۰،۰۰۰
قطعه d	6	۱،۰۰۰،۰۰۰	۲۲۰،۰۰۰
قطعه e	5	۱،۴۰۰،۰۰۰	۲۸۰،۰۰۰
قطعه f	5	۱،۵۰۰،۰۰۰	۳۰۰،۰۰۰

علاوه‌بر این سه جدول، دیگر پارامترهای موردنیاز برای اجرای شبیه‌سازی عبارتند از:

۱-طول مسیری که قطار یدک‌کش در آن حرکت می‌کند برابر ۲۵۰ متر است.

۲-در هر گاری یک SKU وجود دارد.

۳-میانگین سرعت حرکت قطار یدک‌کش تقریباً برابر ۱,۴ ثانیه/متر است.

۴-ضریب در دسترس بودن قطار یدک‌کش ثابت در نظر گرفته شده است و برابر ۰,۷ می‌باشد.

۵-مدت زمان بارگیری و خالی‌کردن هر قطار یدک‌کش ۱۲۰۰ ثانیه برای هر SKU می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

در ارتباط با دیگر مقادیر هزینه‌های مورد نیاز اجرای شبیه‌سازی باید به موارد زیر اشاره کرد:

الف)کل هزینه به‌کارگیری و استفاده از قطار یدک‌کش به‌علاوه هزینه دستمزد نیروی انسانی مورد استفاده برای راندن قطار یدک‌کش برابر ۶۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال در سال است.

ب)هزینه سالیانه هر گاری قطار یدک‌کش برابر ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال در سال است.

همچنین تعداد روزهای کاری در سال ۲۳۰ روز، میزان ساعت کارکرد روزانه ۱۶ ساعت و تعداد تکت در هر روز برابر ۸۲ در نظر گرفته شده است. در مسئله دو متغیر تصمیم‌گیری داریم. اولین متغیر تعداد گاری‌ها در هر قطار یدک‌کش می‌باشد. برای نمایش تعداد گاری‌های مورد نیاز در هر قطار یدک‌کش از نماد N_{cart} استفاده می‌کنیم. همچنین دیگر متغیر تصمیم‌گیری مسئله، متغیر عامل ایمنی می‌باشد که آن را با نماد k نمایش خواهیم داد.

۵-هزینه به‌کارگیری مواد C_{MH}

هزینه به‌کارگیری مواد مربوط به هزینه‌های جابجایی (انتقال)، محافظت، انبارش و کنترل مواد و محصولات می‌باشد که ازطریق تولید، انبارداری، توزیع، مصرف و دردسترس بودن ایجاد می‌شوند. در مورد مسئله، این مقدار هزینه شامل هزینه مستقیم دوره برای اندازه ناوگان قطار یدک‌کش، هزینه نیروی انسانی کارگران و هزینه توانایی تجهیزات جانبی برای ضمانت اثربخشی قطار یدک‌کش می‌باشد.عبارت تحلیلی هزینه به‌کارگیری مواد در معادله زیر آورده شده است:

$$C_{MH} = N_{tow}(C_{tow} + N_{cart}.C_{cart}) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در رابطه فوق عبارت N_{tow} بیانگر تابع تعداد موردنیاز قطارهای یدک‌کش است و عبارت $(C_{tow} + N_{cart}.C_{cart})$ بیانگر تابع تعداد کل گاری‌هایی است که برای همه قطارهای یدک‌کش مورد استفاده می‌باشد.

برای محاسبه N_{tow} مدل زیر قابل استفاده است:

$$N_{tow} = ceil\left[\frac{{}^{L_{trip}}/_{V_{tow}}.\upsilon + t_{l/u}.N_{takt}.\sum_{l=1}^{L}\sum_{j=1}^{M} c_{jl}}{3600.T_{day}.\eta_{tow}}\right] \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که مقدار υ میانگین تعداد جابجایی‌هایی است که در یک روز اتفاق می‌افتند و طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\upsilon = \frac{N_{takt}}{\bar{T}} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

۶-هزینه موجودی خطوط مونتاژ C_I

برای نوشتن رابطه مربوط به هزینه موجودی ابتدا مفهوم هزینه موجودی (ذخیره‌سازی موجودی) را تعریف می‌کنیم. هزینه موجودی مربوط به هزینه نگهداری کالا در انبار که معمولاً براساس درصدی از ارزش کل موجودی بیان می‌شود شامل هزینه سرمایه، انبارداری، استهلاک، بیمه، مالیات، کهنه شدن (از رده خارج شدن) کالا و افت حجمی می‌شود. در مورد مسئله تحقیق، این مقدار هزینه مربوط به سطوح ذخیره احتیاطی و عملیاتی و همچنین تعداد کانبان برای هر قطعه و خط مونتاژ است.هزینه موجودی (ذخیره‌سازی موجودی) برای قطعاتی است که نزدیک هر ایستگاه خطوط مونتاژ انبار می‌شوند. بالا بودن میزان قطعات نزدیک هر ایستگاه خطوط مونتاژ منجر به بالا رفتن هزینه موجودی و مانع از فرایندهای مونتاژ به‌علت کمبود فضا می‌شود. (Emad.s and Boysen,2012).

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور تحلیلی خواهیم داشت:

$$C_I = \sum_{l=1}^{L}\sum_{j=1}^{M}\left[C_{I_j}.\left(\frac{c_{jl}.LT_{jl}}{2}+k.\sqrt{LT_{jl}}.\sigma_{jl}^{c}\right).Q_j\right]$$ (رابطه ۴)

که این رابطه به تمام خطوط مونتاژ و قطعات توسعه پیدا می‌کند.

۷-هزینه کمبود موجودی C_{sout}

هزینه کمبود موجودی ناشی از عواقب و پیامدهای اقتصادی، ناتوانی در پرداختن و تامین یک تقاضای داخلی و یا خارجی از میزان موجودی کنونی می‌باشد. به عبارت دیگر این هزینه مربوط به مغتنم‌شمردن ضررهایی است که مربوط به ناآمادگی قطعات به علت ریسک کمبود موجودی می‌باشد.ریسک[1] کمبود موجودی به دلیل عدم‌قطعیت نیاز قطعه هر ایستگاه و انحراف معیار آن در تقاضای محصول رخ می‌دهد. چنانچه مصرف قطعه، مازاد بر ذخیره احتیاطی پای ایستگاه باشد، ضررهایی مثل توقفات خط، بیکاری‌ها و غیره به کل سیستم وارد می‌شود. از دیدگاه هزینه، هزینه کمبود موجودی برای هر قطعه و خط مونتاژ وابسته به هزینه‌ی واحد کمبود موجودی برای هر قطعه، کل تعداد کمبود موجودی که در هر دوره رخ می‌دهد و میانگین تعداد قطعات ناآماده در هر کمبود موجودی می‌باشد.این عوامل به‌طور تحلیلی در معادله زیر که قابل توسعه برای همه خطوط مونتاژ و قطعات است، برای ساخت هزینه کلی کمبود موجودی در هر دوره مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$C_{sout} = \sum_{l=1}^{L}\sum_{j=1}^{M}\left[C_{s_j}.v_{jl}.D.(1-SL).\left(\sqrt{LT_{jl}}.\sigma_{jl}^{c}.\left(\frac{\left({}^{1}/_{\sqrt{2\pi}}\right).e^{-{}^{k^2}/_{2}}}{1-SL}-k\right)\right)\right]$$

(رابطه ۵)

عبارت آخری، میانگین مقدار کمبود موجودی با فرض این‌که تقاضای j امین قطعه توزیع نرمال داشته باشد، محاسبه می‌شود.

با توجه به مفاهیم تعریف شده برای هر یک از مقادیر هزینه که در مدل هزینه می‌توان رابطه زیر را به‌عنوان تابع هدف مدل هزینه تحقیق بیان نمود:

$$C_{tot}(N_{cart},k) = C_{MH} + C_I + C_{sout}$$ (رابطه ۶)

در رابطه ۶ کل هزینه سیستم تابعی از دو متغیر تصمیم‌گیری (N_{cart},k) است. به‌طور دقیق‌تر و با جزئیات بیستر می‌توان گفت مقدار C_{MH} تنها وابسته به تعداد گاری‌هایی است که توسط قطار یدک‌کش کشیده می‌شوند. درحالی‌که هزینه‌های کمبود موجودی و ذخیره‌سازی موجودی توابعی هستند از هر دو متغیر تعداد قطار یدک‌کش و عامل ایمنی k.

۸-هزینه موجودی

طبق رابطه ۷ هزینه موجودی تحت تاثیر هر دو متغیر مسئله یعنی "تعداد گاری در هر قطار یدک‌کش" و "سطح ایمنی مطلوب" می‌باشد. این تابع هزینه، تابعی صعودی است. بدین معنی که با افزایش هر کدام از دو متغیر مسئله، مقدار آن کمتر نخواهد شد.

$$C_I = \sum_{l=1}^{L}\sum_{j=1}^{M}\left[C_{I_j}.\left(\frac{c_{jl}.LT_{jl}}{2}+k.\sqrt{LT_{jl}}.\sigma_{jl}^{c}\right).Q_j\right]$$ (رابطه ۷)

[1] Risk

www.SID.ir

Archive of SID

برای محاسبه مقدار هزینه موجودی در هر سناریوی تعریف‌شده ابتدا باید پارامترهای LT_{jl} و σ_{jl}^{c} را بدست آورد. همان‌طور که در فصل سوم تعریف شده، پارامتر LT_{jl} بیان‌گر "میانگین زمان تحویل بین جابجایی‌های مدور برای j امین قطعه و l امین خط مونتاژ" است که طبق رابطه ۸ بدست می‌آید.

$$LT_{jl} = \frac{N_{takt}}{v_{jl}} \quad \text{(رابطه۸)}$$

$$v_{jl} = \frac{c_{jl}.N_{takt}}{ceil[c_{jl}.\bar{T}]} \quad \text{(رابطه ۹)}$$

بنابر رابطه ۷ برای بدست آوردن مقدار LT_{jl} باید مقدار v_{jl} را محاسبه نمود. این مقدار از رابطه ۹ حاصل می‌شود.گفتنی است مقدار پارامتر $\bar{T}$ نیز در بخش "هزینه به‌کارگیری مواد" محاسبه شده است.خروجی مقادیر v_{jl} و متعاقب آن مقدار LT_{jl} در جداول ۴و ۵ حاصل شده‌اند

جدول ۴- خروجی مقادیر پارامتر v_{jl}

		قطعه a	قطعه b	قطعه c	قطعه d	قطعه e	قطعه f
تعداد گاری در هر قطار یدک‌کش	۲	32.8	71.067	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۳	32.8	71.067	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۴	32.8	71.067	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۵	32.8	71.067	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۶	32.8	71.067	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۷	32.8	35.533	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۸	32.8	35.533	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۹	32.8	35.533	9.5667	24.6	24.6	37.72
	۱۰	32.8	35.533	9.5667	24.6	24.6	37.72

جدول ۵- خروجی مقادیر پارامتر LT_{jl}

		قطعه a	قطعه b	قطعه c	قطعه d	قطعه e	قطعه f
تعداد گاری در هر قطار یدک‌کش	۲	2.5	1.1538	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۳	2.5	1.1538	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۴	2.5	1.1538	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۵	2.5	1.1538	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۶	2.5	1.1538	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۷	2.5	2.3076	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۸	2.5	2.3076	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۹	2.5	2.3076	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739
	۱۰	2.5	2.3076	8.5714	3.3333	3.3333	2.1739

www.SID.ir

Archive of SID

برای بدست آوردن انحراف معیار تقاضای قطعه jام روی l امین خط مونتاژ که با نماد σ_{jl}^{c} ، باید از رابطه ۱۰ استفاده نمود.

$$\sigma_{jl}^{c}=\frac{1}{Q_j}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(P_{ij}.\sigma_{il}^{d}\right)^2+2\sum_{i_1=1}^{N}\sum_{i_2=i_1+1}^{N}\rho_{i_1 i_2 l}.P_{i_1 j}.P_{i_2 j}.\sigma_{i_1 j}^{d}.\sigma_{i_2 j}^{d}} \quad \text{(رابطه ۱۰)}$$

$$\rho_{i_1 i_2 l}=\frac{-1}{(N_l-1)} \qquad \forall i_1,i_2,l \quad \text{(رابطه ۱۱)}$$

که در آن مقدار $\rho_{i_1 i_2 l}$ به‌عنوان ضریب همبستگی بین محصولات تولیدی i_1 و i_2 در lامین خط مونتاژ تعریف می‌شود و از رابطه ۱۱ بدست می‌آید که مقدار در مدل مسئله تحقیق برابر $\frac{-1}{3}$ می‌باشد.مقادیر مختلف انحراف معیار تقاضای قطعه jام در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- مقادیر میانگین و انحراف معیار تقاضای هر قطعه

نماد قطعه	میانگین تقاضا	انحراف معیار تقاضا
قطعه a	0.4	0.03569
قطعه b	0.86667	0.08878
قطعه c	0.11667	0.01374
قطعه d	0.3	0.0515
قطعه e	0.3	0.0309
قطعه f	0.46	0.04991

۹-نتیجه گیری

برای رسیدن به سه هدف اصلی مسئله که در سوال تحقیق نهفته است، با طراحی یک سیستم تغذیه مفید و موثر درپی رسیدن به آنها گام برداشتیم:میزان انبارش و نگهداری قطعات موردنیاز برای مونتاژ محصول (محصولات) نهایی در هر ایستگاه کاری به حداقل مقدار خود برسد.کل هزینه سیستم تغذیه خط مونتاژ که تشکیل شده از جمع سه دسته هزینه کلی "به‌کارگیری مواد"، "ذخیره‌سازی موجودی" و "کمبود موجودی" به حداقل مقدار خود برسد.

با کمک مفهوم سوپر مارکت و پیاده‌سازی آن و همچنین جابجایی‌های مدور که به‌صورت تکراری درخط مونتاژ اجرا می‌شود، بتوان میزان اتلافات و توقفات در هر ایستگاه را کاهش داد. همچنین برای بدست آوردن حداقل میزان جابجایی‌های مدور از(به) انبار سوپرمارکت در مسیرهای مشخص و با توجه به میزان تقاضای هر محصول در خط مونتاژ، می‌توان تعداد گاری مورد نیاز در هر قطار یدک‌کش (که در حقیقت معادل با ظرفیت انبارش هر قطار یدک‌کش می‌باشد) در یک سطح ایمنی مطلوب برآورد کرد.در نهایت باید گفت با درنظر گرفتن و انجام محاسبات مربوط به هزینه کمبود موجودی برای هر قطعه، گسترش و توسعه مفهوم هزینه کمبود موجودی برای کل سیستم تغذیه خط مونتاژ در یک سطح ایمنی مطلوب، میزان ضایعات و اتلافات و همچنین متعاقب آن میزان توقفات هر ایستگاه کاری به حداقل مقدار خود خواهد رسید.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

۱. تی .سی.ای.چنگ سوزانپودلسکی،۱۳۸۰، نظام تولید بهنگام JIT ، ترجمه سید حسن افتخاریان و حمیده غیاثوند،انتشارات: سازمان مدیریت صنعتی

۲. .مهربان،رضا ،۱۳۸۴،تولید ناب،تهران ،انتشارات :جهان فردا

۳. .هاشم زاده،غلامرضا،۱۳۸۶،کانبان سیستم عصبی تولید ناب،تهران،نشر:مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

۴.جان.ام.گراس و کنت آر.مک اینیس،۱۳۸۷،کانبان به زبان ساده،ترجمه عبد الرضا عظیمی،ناشر:مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

۵.سلطانی، منوچهر، ۱۳۷۶،مقدمه ای برنظام تولیدبه موقع ،انتشارات دانشگاه امام رضا(ع) مشهد

۶.سید حسینی ،۱۳۸۴،مدیریت تولید وعملیات(سازمانهای تولیدی وخدماتی) ، نشر:سازمان مدیریت صنعتی

7..Emde, S. and Boysen, N. (2012a), "Optimally locating in house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines", International Journal of Production Economics, Vol. **135** No. 1, pp. 393-402.

www.SID.ir