دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال دوم، شماره پنجم، بهار ۱۳۹۵
شماره شاپا: ۱۶۸۲-۰۱۹۶

پژوهش‌های نوین در ریاضی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

بهینه‌سازی زمان‌های آماده‌سازی با در نظر داشتن زمان‌بندی تعمیر و نگهداری با استفاده از مدل‌سازی غیرخطی

آرش زارع طلب [۱*]، محمدرضا شهریاری [۲]، سعیده نادری [۳]

[۱] دانشکده مهندسی صنایع و سیستم های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران
[۲] گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۳] دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: زمستان ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش مقاله: بهار ۱۳۹۵

چکیده

مقاله پیش‌رو، با عنوان "بهینه‌سازی زمان‌های آماده‌سازی با در نظر داشتن زمان‌بندی تعمیر و نگهداری با استفاده از مدل‌سازی غیرخطی" با هدف طراحی و ارائه یک مدل ریاضی سعی در بدست آوردن بهترین توالی عملیات که منجر به مینیمم‌سازی زمان‌های آماده‌سازی و در نهایت مینیمم‌سازی زمان کلی تولید را در پی خواهد داشت، صورت پذیرفته است. این پژوهش ناظر بر کاهش زمان و همچنین هزینه‌های تولید در پی اجرای مدل ارائه شده می‌باشد. روش گردآوری اطلاعات و داده‌های تحقیق، بررسی و مطالعه منابع کتابخانه‌ای، مراجعه به اسناد بخش‌های تعمیر نگهداری و تولید در شرکت و مدیران صاحب‌نظر در قسمت‌های برنامه‌ریزی، تولید و مهندسی... بوده است. در ادامه مدل با در نظر گرفتن محدودیت‌های مربوط به هزینه‌ها و زمان و همچنین محدودیت‌های سیستم تولیدی ارائه شده است. برای حل مدل از نرم‌افزار LINGO استفاده شده و خروجی‌های مدل جواب‌های local که نشان دهنده بهترین توالی خواهد بود را ارائه خواهد داد. و در نهایت می‌توان با تغییرات اندکی مدل را به واحدهای صنعتی دیگر نیز تعمیم داد و بهترین توالی عملیاتی را در خصوص ماشین‌های چندکاره ارائه نمود.

واژه‌های کلیدی: توالی عملیات، زمان‌های آماده‌سازی، تعمیرات و نگهداری، زمان‌بندی تولید، برنامه‌ریزی غیرخطی.

*. عهده‌دار مکاتبات: arash.zaretalab@aut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

یک سیستم تولیدی، ممکن است با حالتی مواجه شود که مجموعه‌ای از فعالیت‌ها به یک ماشین تخصیص پیدا کند و در یک توالی عملیاتی همه‌ی فعالیت‌ها زمان بندی شده و متناسب با نوع قطعات ترتیب مناسبی از فعالیت‌ها در نظر گرفته شود. ماشین‌های چند منظوره برای قرار گرفتن در سیستم‌های تولیدی با زمان آماده‌سازی مواجه می شوند. زمان آماده‌سازی به کلیه زمان‌هایی که به منظور آماده‌سازی برای تغییر وضعیت دستگاه از یک حالت به حالت یا فعالیت دیگر می‌باشد، گفته می‌شود. آماده‌سازی قطعه کار، تغییر وضعیت دستگاه، تمیز کاری محل قطعه کار به زمان‌های آماده‌سازی تعبیر می‌شود. بهینه‌سازی زمان آماده‌سازی در کل سیستم به بهینه سازی زمان کل فعالیت‌ها منجر می‌شود و با توجه به این امر می‌توان نرخ جابجایی فعالیت‌ها و موجودی در جریان را کاهش داد. در مجموع این مقاله می‌کوشد با هدف بهینه‌سازی زمان‌ها در راستای بهبود سیستم‌های تولیدی گام بر دارد. در این مقاله سعی شده است تا با بهره‌گیری از مدل‌سازی و ارائه راه حلی برای نزدیکتر شدن به جواب بهینه زمان آماده‌سازی را در ماشین‌های چند منظوره کاهش داد که این امر در نهایت منجر به چابکی و افزایش نرخ فعال‌سازی سیستم می‌شود.

در این خصوص با در نظر داشتن پارامترهای سیستم تولیدی از قبیل: زمان آماده‌سازی بین فعالیت‌ها، زمان‌های تعمیر و نگهداری، زمان‌های مربوط به (موعد مقرر تحویل) فعالیت‌ها به مدل‌سازی پرداخته می‌شود.

مسئله‌ی توالی عملیات صرف، یک مسئله‌ی خاص زمان‌بندی است که در آن تعیین ترتیب کارها یک برنامه‌ی زمانی کامل را تشکیل می‌دهد. به علاوه ساده‌ترین مسأله‌ی توالی عملیات صرف، مسأله‌ای است که در آن تنها یک منبع یا ماشین وجود دارد. با وجود سادگی، حالت تک ماشینی به دلایل مختلف بسیار مهم است. اولاً در فرایند یادگیری، مسئله‌ی تک ماشینی حائز اهمیت است، زیرا می‌تواند مجموعه‌ی متنوعی از موضوع‌های مربوط به زمان‌بندی را به صورت مدلی انعطاف‌پذیر نشان دهد. این مسأله رفتاری را در بر می‌گیرد که با استفاده از آن می‌توان درباره‌ی بسیاری از معیارهای عملکرد و راه حل‌ها تحقیق کرد و لذا سنگ بنای درک فراگیر مفاهیم مربوط به زمان‌بندی را تشکیل می‌دهد و این درک سرانجام موجب تسهیل مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده می‌شود. برای فهم کامل رفتار هر مدل پیچیده، عملکرد اجزا ان اهمیت اساسی دارد و اغلب مسئله‌ی تک ماشینی جزیی از اجزا متشکله‌ی مسئله‌ی زمان‌بندی بزرگتری را تشکیل می‌دهد. حتی گاهی اوقات می‌توان مسئله‌ی تک ماشینی جزیی را به‌طور مستقل حل کرد و سپس نتیجه را در حل مسئله‌ی بزرگ تعمیم داد. برای مثال در فرایند چند عملیاتی معمولاً یک مرحله‌ی گلوگاهی وجود دارد و با بررسی گلوگاه از طریق تحلیل تک ماشینی می‌توان مشخصه‌های برنامه‌ی زمانی کل را تعیین کرد. در برخی از دیگر موارد سطح مطلوب تصمیم‌گیری ممکن است ایجاب کند که تسهیلات پردازشی در مجموع به عنوان یک منبع واحد در نظر گرفته شود.

در خصوص تحقیقات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد: بیانکو (۱۹۸۸) الگوریتم شاخه و حد را برای کمینه کردن زمان‌های makespan ارائه داده است. پیکارد (۱۹۸۷) الگوریتم شاخه و حد را برای کمینه کردن زمان‌های دیرکردها و هزینه‌های دیر کرد توسعه داده است. رابادی (۲۰۰۷) مدلی را با در نظر داشتن زمان‌های غیرقطعی (موعد مقرر تحویل) ارائه کرده است و الگوریتمی را برای رسیدن به جواب‌های نزدیک به بهینه ارائه داده است. نیل (۲۰۰۳) به بررسی زمان‌های دریافت تصادفی، زمان‌های تولید تصادفی پرداخت و به بیان الگوریتم هیوریستیک در این زمینه پرداخته است. فرانسا (۲۰۰۵) به ارائه الگوریتمی در خصوص بهینه‌سازی زمان SDST پرداخت. امونس (۱۹۶۹) یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا را برای کمینه سازی هزینه‌های ناشی از آماده‌سازی ارائه داد. گنگ (۲۰۰۲) از الگوریتم‌های هیوریستیک متعددی در بحث SDSTبهره برده است که در نهایت به بهینه‌سازی زمان دیر کرد منجر می‌شود.

گوپتا و دارو (۱۹۸۶) یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا و چهار الگوریتم هیوریستیک را برای استراتژی‌های به کارگیری دو مرحله‌ای مسئله جریان کارگاهی به کار برده

Archive of SID

www.SID.ir

است. گلاسی (۱۹۶۸) یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا را برای بهینه‌سازی تعویض‌ها برای محصولات متعدد ارائه داد. همچنین بالا سبارامین (۲۰۰۴) دو الگوریتم ژنتیک متفاوت را برای بهینه‌سازی دیر کرد بر روی ماشین‌های گروهی موازی توسعه داده است. سریکار وگوس (۱۹۸۶) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط را برای بهینه‌سازی زمان‌های تأخیر ارائه دادند.

در واقع زمان‌بندی نوعی فعالیت تصمیم‌گیری است که با هدف بهینه‌سازی یک و یا چند هدف انجام می‌شود. مسائل توالی عملیات در قالب مسائل استاتیکی و دینامیکی عمدتاً با هدف بهینه‌سازی زمان کل، مینیمم سازی تعداد فعالیت‌هایی که بعد از موعد مقرر تحویل به اتمام می‌رسند و بهینه‌سازی زمان جاری سیستم صورت می‌پذیرد. با در نظر داشتن پژوهش‌های انجام شده و اهمیت بهینه‌سازی زمان این مقاله در خصوص بهینه سازی زمان‌های آماده‌سازی‌های متوالی با در نظر داشتن زمان‌های تعمیر و نگهداری صورت گرفته است و سعی در ارائه و حل مدل برنامه‌ریزی غیر خطی خواهد شد. از آنجایی‌که تعمیر و نگهداری در بسیاری صنایع انجام می‌شود، در ارائه این مدل زمان تعمیر و نگهداری نیز منظور شده است و با ارائه محدودیت‌هایی که زمان مقرر انجام فعالیت‌ها را نیز پوشش دهند سعی در بهینه‌سازی زمان‌های آماده‌سازی شده است. در نهایت هدف یافتن بهترین توالی از فعالیت‌هاست به نحوی که مجموع زمان‌های آماده‌سازی مینیمم شود.

۲- بیان مسئله

عناصر مهم مدل‌های زمان‌بندی کارها و منابع‌اند. در نوشتارهای مربوط به زمان‌بندی، منابع نوعاً برحسب قابلیت‌های کمّی و کیفی خود مشخص می‌شوند، به طوری که هر مدل نشان دهنده‌ی نوع و میزان هر منبع است. هر کار مشخص بر حسب اطلاعاتی از قبیل منبع مورد احتیاج، مدت انجام آن کار، زمانی که انجام آن را می‌توان شروع کرد و زمان تحویل آن توصیف می‌شود.

به علاوه مجموعه‌ای از کارها بعضاً می‌توان برحسب محدودیت‌های تکنولوژیکی (روابط تقدمی) که در مورد عناصر تشکیل دهنده‌ی آن صدق می‌کند بیان کرد. تئوری زمان‌بندی همچنین شامل شیوه‌های متنوع و مختلفی است که در حل مسائل زمان‌بندی مفید واقع می‌شود. در واقع، حوزه‌ی زمان‌بندی به‌صورت نقطه‌ی کانونی ایجاد، به کارگیری و ارزیابی روش‌های ترکیبی، شیوه‌های شبیه‌سازی، روش‌های شبکه‌ای و رویکردهای ابتکاری حل مسائل در آمده است. انتخاب شیوه‌ی مناسب به پیچیدگی مسأله، طبیعت مدل و انتخاب معیار کارایی و عوامل دیگر بستگی دارد. در خیلی از حالات بهتر است چند شیوه به عنوان گزینه‌های مختلف بر خورد با مسأله در نظر گرفته شود. به همین دلیل نظریه‌ی زمان‌بندی شاید به همان اندازه که به امر بررسی روش‌ها می‌پردازد به بررسی مدل‌ها نیز توجه دارد. برای رده‌بندی مدل‌های عمده‌ی زمان‌بندی لازم است ترکیب منابع و رفتار کارها مشخص شود.

در بسیاری سیستم‌های تولیدی زمان آماده‌سازی به منظور تعویض فعالیت‌ها جزء جدایی‌ناپذیر سیستم می‌باشد. گاهی اوقات زمان آماده‌سازی برای قطعات به روی یک ماشین بستگی به قطعه پردازش شده قبلی دارد که به چنین مسایلی Sequence Dependent Setup Time Problem گفته می‌شود. نظریه‌ی زمان‌بندی اصولاً با مدل‌های ریاضی سر و کار دارد و بین کار زمان‌بندی و توسعه‌ی مدل‌های زمان‌بندی رابطه برقرار می‌کند و به‌طور پیوسته آنها را با مسایل نظری و عملی محک می‌زند. دیدگاه نظری به‌طور غالب رویکردی کمی است و سعی آن دست یافتن به ساختار مسأله در قالب شکل فشرده‌ی ریاضی است. به ویژه، این رویکرد کمی با تفسیر اهداف تصمیم‌گیری در قالب یک تابع هدف صریح و بیان موانع تصمیم‌گیری به صورت محدودیت‌های صریح شروع می‌شود. در ادامه به بررسی مدل ارائه شده و پارامترهای آن می‌پردازیم.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- متغیرها و پارامترها

n	تعداد فعالیت‌های موجود که به ماشین چند کاره تخصیص داده می‌شود.
Pj	زمان تولید فعالیت j ام
dj	موعد تحویل فعالیت j ام
C	زمان اتمام فعالیتj
Cmj	زمان اتمام با در نظر داشتن زمان تعمیر و نگهداری
Sj,k	زمان آماده‌سازی از فعالیت j بهk
Mpj	هزینه محصول از دست رفته به‌واسطه‌ی زمان‌های تعمیر
Ttj	مجموع هزینه‌های دیر کرد
kj	هزینه یک واحد دیر کرد
q_{tj}	مجموع محصول از دست رفته به واسطه‌ی زمان‌های تعمیر
q_j	تعداد محصول از دست رفته به ازای یک واحد زمانی تعمیر
Tk,j	زمان‌های تعمیر هنگامی که فعالیت k قبل از j در توالی قرار گیرد.

۴- ارائه مدل بهینه‌سازی ریاضی

مدل ارائه شده با تلفیق بحث توالی عملیات و تعمیر و نگهداری به صورت زیر خواهد بود. در این مدل M عددی بینهایت مثبت فرض شده است $Y_{k,j}$ متغیری باینری است و به صورت زیر تعریف می‌شود که Y_{kj} برابر با یک است اگر فعالیت k در توالی قبل از فعالیت j قرار بگیرد و در غیر این صورت صفر می‌باشد.

$$\begin{aligned} &\boldsymbol{Min}\sum_{\boldsymbol{j}}\sum_{\boldsymbol{k}} \boldsymbol{s_{(j,k)}}.\boldsymbol{Y_{(j,k)}} \\ &\boldsymbol{S.T} \quad \sum_{\boldsymbol{j}} \boldsymbol{Mp_j} \le \boldsymbol{TotalCost} \end{aligned} \qquad (۱)$$

$$c_k - c_j + M.(1-Y_{j,k}) \ge s_{(j,k)} + p_k \qquad \forall j,k \quad (۲)$$

$$\{\sum_j Y_{j,k}(c_j + s_{j,k})\} + p_k = c_k \qquad \forall k \quad (۳)$$

$$c_j + \sum_k t_{k,j}.Y_{k,j} = cm_j \qquad \forall j \quad (۴)$$

$$c_j \le d_j \qquad \forall j \quad (۵)$$

$$\sum_j \sum_k Y_{j,k} = n-1 \quad (۶)$$

$$\sum_j Y_{j,k} \le 1 \qquad \forall k \quad (۷)$$

$$\sum_j Y_{k,j} \le 1 \qquad \forall k \quad (۸)$$

$$Y_{j,j} = 0 \qquad \forall j \quad (۹)$$

$$Tt_j = (cm_j - c_j) \times K_j \qquad \forall j \quad (۱۰)$$

$$qt_j = (cm_j - c_j) \times q_j \qquad \forall j \quad (۱۱)$$

$$Mp_j = qt_j \times Tt_j \qquad \forall j \quad (۱۲)$$

$$S_{j,k}, C_j, T_{j,k}, T_t, q_t, M_p, C_{mp}, P_k \ge 0$$

در این مدل محدودیت اول مربوط به هزینه‌های از دست رفته در سیستم تولیدی که دارای حد بالای مجموع هزینه‌ها می‌باشد. محدودیت دوم و سوم توالی عملیات را تضمین می‌کند. محدودیت سوم بیان می‌کند که همه فعالیت‌ها در یک تولید کار گاهی به‌طور پیوسته زمان بندی و برنامه‌ریزی می‌شوند. و زمان اتمام را برای فعالیت‌هایی که زمان تعمیر ندارند در نظر می‌گیرد. محدودیت چهارم زمان‌های تعمیر و نگهداری را به زمان‌های قبلی فعالیت‌ها اضافه کرده و cm را حاصل می‌کند. محدودیت پنجم تضمین می‌کند که همه‌ی فعالیت‌ها قبل از موعد مقرر تحویل پایان پذیرند. محدودیت دهم مجموع هزینه‌های دیر کرد را نشان می‌دهد، محدودیت یازدهم تعداد محصول از دست رفته را در مدت زمان تعمیر نشان می‌دهد و محدودیت دوازدهم مجموع هزینه‌های محصول از دست رفته را

Archive of SID

www.SID.ir

بیان می‌کند. و در نهایت تابع هدف بهترین توالی را با بهینه‌سازی مجموع زمان‌های آماده‌سازی به دست می‌آورد و همچنین به بهینه‌سازی هزینه‌های محصول از دست رفته می‌پردازد.

مدل ریاضی فوق به دلیل محدودیت ۱۲ یک مدل ریاضی غیر خطی است ولی به دلیل ساختار حاکم بر این محدودیت، سایر محدودیت‌های مدل و تابع هدف، می‌توان این مدل را در کلاس مدل‌های برنامه‌ریزی مربع کامل عدد صحیح مختلط یا MIQP دسته‌بندی نمود لذا می‌دانیم که برای این دسته از مدل‌های ریاضی امکان بدست آوردن پاسخ بهینه سراسری وجود دارد.

۵- مثال عددی

پیاده‌سازی این مدل برای دستگاه فرز شارمن در شرکت واگن پارس در نظر گرفته شده است. این دستگاه یک ماشین چند منظوره با قابلیت انجام فعالیت‌های کف تراشی، سوراخ کاری، قلاویز کاری، برقوکاری، انجام منحنی‌های دایره‌ای شکل است و با حل مدل بهینه‌سازی زمان‌های آماده‌سازی می‌توان توالی مناسبی از فعالیت‌ها را بدست آورد و بدین ترتیب از اتلاف زمان کلی سیستم نیز جلوگیری به عمل آورد. با توجه به این نکته که این دستگاه از ماشین‌های مهم در تولید این شرکت می‌باشد، بهینه‌سازی زمان از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود. داده‌ها و نتایج حاصله که ترتیب بهینه فعالیت‌ها را به دنبال دارند به شرح جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آمده‌اند:

جدول۱: داده‌های مربوط به زمان تولید و موعد مقرر تحویل (بر حسب دقیقه)

شماره فعالیت‌ها	زمان تولید	موعد مقرر تحویل
۱	۱۳	۲۳۰
۲	۴۶	۲۳۵
۳	۶۰	۲۴۰
۴	۵۱	۲۴۵
۵	۴۸	۲۶۵

جدول ۲: زمان‌های آماده‌سازی

شماره فعالیت‌ها	۱	۲	۳	۴	۵
۱	۰	۱	۶	۲	۱
۲	۱	۰	۶	۳	۲
۳	۵	۳	۰	۳	۲
۴	۴	۲	۴	۰	۲
۵	۲	۲	۲	۲	۰

جدول ۳: ماتریس زمان‌های تعمیر و نگهداری

شماره فعالیت‌ها	۱	۲	۳	۴	۵
۱	۰	۲	۳	۳	۵
۲	۳	۰	۴	۵	۱
۳	۱	۲	۰	۵	۳
۴	۳	۴	۴	۰	۱
۵	۲	۱	۳	۴	۰

Archive of SID

www.SID.ir

در نهایت مدل ارائه شده، که محدودیت‌های مربوط به توالی عملیات همراه با زمان‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های مربوط به دیرکرد را پوشش می‌دهد، به وسیله نرم‌افزار LINGO، حل و نتایج عددی زیر حاصل گردیده‌اند:

جدول۴: زمان اتمام بدون در نظر داشتن زمان تعمیر و نگهداری

شماره فعالیت‌ها	زمان اتمام فعالیت‌ها
۱	۶۰
۲	۴۶
۳	۲۲۵
۴	۱۱۳
۵	۱۶۳

جدول۵: زمان‌های اتمام با در نظر داشتن زمان تعمیر و نگهداری

شماره فعالیت‌ها	زمان اتمام فعالیت‌ها
۱	۶۳
۲	۴۶
۳	۲۲۸
۴	۱۱۶
۵	۱۶۴

مجموع هزینه‌های مربوط به دیرکرد که از رابطه $K_j \times (C_m - C_j)$ محاسبه می‌شوند، نیز در جدول زیر آورده شده‌اند.

جدول ۶: هزینه‌های دیرکرد

شماره فعالیت‌ها	مجموعه هزینه‌های دیرکرد
۱	۶۰
۲	۰
۳	۶۰
۴	۶۰
۵	۲۰

نتایج مربوط به q_t ها نیز که تعداد محصول از دست رفته به ازای زمان‌های تعمیر می‌باشد و با توجه به توضیحات داده شده از رابطه $q_j \times (C_m - C_j)$ محاسبه می‌شوند، در جدول زیر ارائه شده‌اند. q_j تعداد محصول از دست رفته در واحد زمان می‌باشد و در این رابطه عدد ۱۰ در نظر گرفته شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷:تعداد محصول از دست رفته

شماره فعالیت‌ها	تعداد کل محصول از دست رفته
۱	۳۰
۲	۰
۳	۳۰
۴	۳۰
۵	۱۰

نتایج مربوط به M_P ها که مربوط به هزینه‌های وارده به سیستم تولیدی به واسطه‌ی محصولاتی که به واسطه‌ی زمان‌های تعمیر تولید نشده‌اند به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۸: نتایج مربوط به هزینه‌های از دست رفته

شماره فعالیت‌ها	M_P
۱	۱۸۰۰
۲	۰
۳	۱۸۰۰
۴	۱۸۰۰
۵	۲۰۰

و در آخر نتیجه اصلی را که از حل مدل حاصل می‌گردد و با عنایت به آن می‌توان به بهترین توالی از فعالیت‌های مذکور دست یافت بیان می‌گردد. نتیجه در قالب ماتریس زیر ارائه شده است.

جدول۱۰: ماتریس نتایج نهایی

شماره فعالیت‌ها	۱	۲	۳	۴	۵
۱	۰	۰	۰	۱	۰
۲	۱	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۱
۵	۰	۰	۱	۰	۰

عدد ۱ نشان دهنده این موضوع است که هنگامی که $Y_{j,k}$ عدد ۱ را اختیار می‌کند، j در توالی دقیقاً قبل از K قرار می‌گیرد و تعداد ارقام ۱، که $Y_{j,k}$ اختیار می‌کند از تعداد فعالیت‌ها ۱ عدد کمتر است زیرا مکان فعالیت آخر مشخص خواهد شد. با عنایت به توضیحات ذکر شده، بهترین توالی به ترتیب زیر خواهد بود. بدین ترتیب با قرار گرفتن در جایگاه بهینه توالی فعالیت‌ها زمان‌های آماده‌سازی، تعمیر و نگهداری و به طبع آن زمان کل بهینه خواهد شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱: جایگاه بهینه در طراحی

جایگاه بهینه در توالی	۱	۲	۳	۴	۵
شماره فعالیت‌ها	۲	۱	۴	۵	۳

نتیجه‌گیری

توالی عملیات از موضوعات عمده و قابل بحث در سیستم‌های تولیدی می‌باشد. مدل‌های توالی ترتیب بهینه‌ای از فعالیت‌ها را به گونه‌ای که مینیمم‌سازی زمان را به دنبال داشته باشد تأمین می‌کند. در این مقاله علاوه بر در نظر داشتن بهترین توالی زمان تعمیر و نگهداری و همچنین محدودیت‌های مربوط به هزینه‌های سیستم تولیدی نیز منظور شده‌اند. این مقاله با رویکرد طراحی و ارائه یک مدل ریاضی جهت تعیین بهترین توالی برای فعالیت‌های دستگاه فرز شارمن بخش تولید واگن‌پارس صورت پذیرفته است. برای ورود به بحث، در چارچوب تجربی موضوع با ارائه روش تحقیق، مدل ریاضی متناسب طراحی شد و با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات موردنیاز، مدل طراحی شده مورد آزمون قرار گرفت. گفتنی است دپارتمان تولید در هر واحد صنعتی هسته‌ی مرکزی آن واحد صنعتی بوده لذا هرگونه فعالیت‌هایی که به بهینه‌سازی زمان عملیات بپردازد کمک شایان توجهی به واحدهای صنعتی خواهد نمود. در این میان بحث توالی عملیات که در نهایت به مینیمم‌سازی زمان‌های آماده‌سازی و تعمیر و نگهداری و در نهایت زمان کلی سیستم خواهد انجامید از اهمیت قابل ذکری برخوردار خواهد بود. بدین ترتیب با دستیابی به بهترین توالی عملیاتی فعالیت‌های ذکر شده برای دستگاه فرز شارمن می‌توان به کاهش زمان‌های آماده‌سازی و تعمیر و نگهداری و در نهایت کم کردن هزینه‌های سیستم تولیدی کمک کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

1. Balasubramanian, H., Mo¨nch, L., Fowler, J. and Pfund, M. (2004), "Genetic algorithm-based scheduling of parallel batch machines with incompatible job families to minimize total weighted tardiness", International Journal of Production Research, Vol. 42 No. 8, pp. 1621-38.
2. Bianco, L., Ricciardelli, S., Rinaldi, G. and Sassano, A. (1988), "Scheduling tasks with sequence-dependent processing time", Naval Research Logistics, Vol. 35 No. 2, pp. 177-84.
3. Chen, W.J. (2006), "Minimizing total flow time in the single-machine scheduling problem with periodic maintenance", Journal of the Operational Research Society, Vol. 57 No. 4, pp. 410-15.
4. Emmons, H. (1969), "One-machine sequencing to minimize certain functions of jobs tardiness", Operations Research, Vol. 17 No. 4, pp. 701-5.
5. Franca, P.M., Gupta, J.N.D., Mendes, A.S., Moscato, P. and Veltink, K.J. (2005), "Evolutionary algorithms for scheduling a flowshop manufacturing cell with sequence-dependent family setups", Computers and Industrial Engineering, Vol. 48 No. 3, pp. 491-506.
6. Gajpal, Y., Rajendran, C. and Ziegler, H. (2006), "An ant colony algorithm for scheduling in flowshop with sequence-dependent setup of jobs", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 30 Nos 5-6, pp. 416-24.
7. Gange, C., Gravel, M. and Price, W.L. (2002), "Comparing an ACO algorithm with other heuristics for the single machine-scheduling problem with sequence-dependent setup time", Journal of the Operational Research Society, Vol. 53 No. 8, pp. 895-906.
8. Glassey, C.R. (1968), "Minimum change-over scheduling of several products on one machine", Operations Research, Vol. 16 No. 2, pp. 342-52.
9. Gupta, J.N.D. (1986), "Flowshop scheduling with dependent setup time", Journal of Operations Research Society of Japan, Vol. 29 No. 33, pp. 206-19.
10. Gupta, J.N.D. and Darrow, W.P. (1986), "The two-machine sequence-dependent flow-shop scheduling problem", European Journal of Operational Research, Vol. 24 No. 3, pp. 439-46.
11. Monma, C.L. and Potts, C.N. (1989), "On the complexity of scheduling with batch setup times", Operations Research, Vol. 37 No. 5, pp. 798-804.
12. Neale, J.J. and Duenyas, L. (2003), "Control of a batch-processing machine serving compatible job families", IIE Transactions, Vol. 35 No. 8, pp. 699-710.
13. Picard, J.C. and Queyranne, M. (1978), "The time-dependent traveling salesman problem and its application to the tardiness problem in one-machine scheduling", Operations Research, Vol. 26 No. 1, pp. 86-110.
14. Rabadi, G., Anagnostopoulos, G.C. and Mollaghasemi, M. (2007), "A heuristic algorithm for the just-in-time single machine-scheduling problem with setups: a comparison with simulated annealing", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 32 Nos 3-4, pp. 326-35.
15. Srikar, B.N. and Ghosh, S. (1986), "A MILP model for the n-job M-stage flowshop with sequence-dependent set-up time", International Journal of Production Research, Vol. 24 No. 6, pp. 1459-74.
16. Stinson, J.P. and Smith, W. (1982), "A heuristic programming procedure for sequencing the static flowshop",

Archive of SID

www.SID.ir

International Journal of Production Research, Vol. 20, pp. 753-

۱۷- کنت بیکر، ترجمه، "توالی عملیات و زمان‌بندی"، تهران، انتشارات دانشگاه شریف.

Archive of SID

www.SID.ir