پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۲ ، زمستان ۱۳۹۶، ص ۱۱۰-۹۳

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

فصلنامه علمی پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع (سال سوم)
شماره ۱۲ / زمستان ۱۳۹۶ / ص ۱۱۰ – ۹۳

ارزیابی و انتخاب بهترین الگو برای الویت بندی توالی عملیات در زمانبندی یک سیستم کارگاهی با استفاده از روش ترکیبی آنتروپی شانون و روش تصمیم گیری چند شاخصه کوپراس

داوود کرامتی

دانشجوی مقطع دکترا مهندسی صنایع - برنامه ریزی و مدیریت تولید -دانشگاه آزاد اسلامی (تهران مرکزی)

نام نویسنده مسئول:
داود کرامتی

چکیده

پیچیده شدن شرایط مدیران را تحت فشار قرار می دهد تا روش های زمانبندی برای مدیریت حجم فعالیت ها را طراحی نمایند. یکی از راه های توسعه برنامه ها در فعالیت های عملیاتی، اتخاذ قوانین اولویت توالی است، که اجازه می دهد تا زمانبندی یک ایستگاه کاری در یک دوره زمانی تکامل یابد.انتخاب فعالیتی که باید مورد پردازش قرار گیرد از طریق قوانین توالی عملیات انجام می شود در صورتیکه ایستگاه کاری ظرفیت افزایش پردازش را داشته باشد.در این روش .پس از تعیین فضای مطالعه توالی عملیات، قوانین مختلف الویت بندی توالی شناسایی شدند.سپس برای تعیین بهترین قانون الویت بندی توالی از روش های تصمیم گیری چند شاخصه استفاده شد.بر اساس این معیارها داده های مورد نیاز برای ورودی رویکرد مورد استفاده از ایستگاههای کاری مرتبط استخراج گردید.سپس وزن معیارهای ارزیابی از روش آنتروپی شانون محاسبه گردید کارایی متغیرهای متناظر با شاخص های اعتباری اندازه گیری شده و در جدول جایگذاری گردید. در نهایت انتخاب بهترین متغیر و الویت بندی متغیر ها از روش تصمیم گیری چند معیاره کوپراس، استفاده گردید. و مشخص شد که بهترین متغیر برای الویت بندی توالی عملیات محاسبات بر اساس زودترین زمان تحویل بوده و بهترین معیار ارزیابی برای رسیدن به این نتیجه از نظر تصمیم گیرندگان " متوسط زمان تکمیل فعالیت ها" بوده است.

واژگان کلیدی: توالی عملیات، زمانبندی عملیات، روش آنتروپی شانون[1]، روش کوپراس[2]

[1] Shanon
[2] Copras

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۲ ، زمستان ۱۳۹۶، ص ۱۱۰- ۹۳

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مقدمه

فرآیند ایجاد برنامه، تحت عنوان زمانبندی شناخته می شود. هر چند که عموماً برنامه ها ملموس و ساده به نظر می رسند، اما فرآیند ایجاد آنها بدون درک عمیقی از زمانبندی، پیچیده است. مسائل زمانبندی در صنعت شامل مجموعه ای از فعالیتها و مجموعه ای از منابع موجود جهت انجام آن فعالیتها است. همچنین در صنعت برخی از تصمیمات تحت عنوان تصمیمات برنامه ریزی شناخته می شوند. فرآیند برنامه ریزی، منابع لازم جهت تولید و مجموعه فعالیتهای مورد نیاز جهت زمانبندی را تعیین می کند. در فرآیند زمانبندی، ما نیازمند تعیین نوع و مقدار هر منبع هستیم و نتیجتا می توانیم بهترین زمان ممکن برای اتمام کارها را محاسبه کنیم(بیکر[3]۱۹۹۶). زمانبندی، فرآیند تخصیص منابع محدود به فعالیت ها در طول زمان، جهت بهینه سازی یک و یا چند تابع هدف است. منابع شامل نیروی انسانی، ماشین آلات، مواد، تجهیزات کمکی و غیره می باشند. عملیات ماشین آلات، حرکتها، انتقالات و بارگیری ها و غیره نیز به عنوان مثالهایی از فعالیت مطرح می باشند. فعالیت ها می توانند دارای زودترین زمان شروع، دیرترین زمان خاتمه و زمان تحویل باشند. هدف از زمانبندی نیز مواردی چون حداقل زمان تکمیل جهت یک مجموعه از سفارشات، حداقل دیرکرد، حداکثر تعداد فعالیتها و یا سفارشات تکمیل شده در یک زمان مشخص، حداقل هزینه های راه اندازی، حداقل تعداد کارها یا سفارشات با تاخیر، حداکثر استفاده از منابع، حداقل موجودی میانی، تعادل در استفاده از منابع و غیره است. حال با توجه به اهداف مورد نظر و با عنایت به محدودیت های موجود، از قبیل ظرفیت تولید، ظرفیت منابع، میزان موجودی منابع، محدودیت بودجه و محدودیت زمان، مسئله زمانبندی و یا تخصیص منابع به فعالیتها در طول زمان انجام می گیرد(فیلیپ[4]۲۰۰۵). زمانبندی نوعی تصمیم گیری است و فرایندی است که در جریان آن برنامه زمانی تعیین می شود و همچنین مبحثی نظری است که مجموعه ای از اصول، مدلها، روشها و نتایج منطقی را در برمی گیرد، که برای ما بینشی عمیق در مورد عمل زمانبندی فراهم می آورد.قدمهای دستیابی به تصمیمات زمانبندی را طبق رویکردی سیستمی می توان توصیف کرد. رویکرد سیستمی نشانگر ساختاری رسمی است که در عملکرد مدیریتی امروزی از حمایتی فزاینده برخوردار است. چهار مرحله اصولی رویکرد سیستمی، فرمولبندی، تحلیل، ایجاد و ارزیابی می باشد. در مرحله اول، اساسا مسئله را تعریف و ضابطه های حاکم بر تصمیم گیری را تعیین می کنند. این فعالیت، اغلب پیچیده و بغرنج است، ولی تصمیمات مناسب و خوب بدون تعریف روشن مسئله و مشخص کردن صریح اهداف به ندرت ممکن است اتخاذ شود. تحلیل، فرآیند مشروح بررسی عناصر مسئله و روابط متقابل آنها با یکدیگر است. هدف از این مرحله تعریف متغیرهای تصمیم گیری و نیز تشخیص روابط آنها با محدودیتهایی است که باید از آن پیروی کند. مرحله ایجاد، فرآیند ساختن گزینه های مختلف جواب مسئله و نقش آن، تعیین گزینه های ممکن است. بالاخره، ارزیابی مشتمل بر فرآیند مقایسه گزینه های امکانپذیر و انتخاب گزینه مطلوب جهت به کارگیری است. البته این انتخاب مبتنی بر ضابطه هایی است که در وهله نخست تعیین شده است. بررسی مدلها و روشهای زمانبندی به توسعه مهارتها جهت صحت خروجی های مرتبط با مراحل چهارگانه کمک خواهد کرد. فرمولبندی ضابطه تصمیم گیری شاید مشکلترین فرم از این چهار مرحله باشد. آشنایی با مدلهای مناسب به انجام فرآیندهای تحلیل و ترکیب کمک می کند. مدلهایی که بررسی می شود عناصر و روابط متقابل مهمی دارد که بارها در مسائل زمانبندی مشاهده می شود. تئوری زمانبندی اصولا با مدلهای ریاضی سروکار دارد، یعنی بین کار زمانبندی و توسعه مدلهای زمانبندی رابطه برقرار می کند و بطور پیوسته آنها را با مسائل نظری و عملی محک می زند. دیدگاه نظری به طور غالب، دارای رویکری کمی است و سعی آن دست یافتن به ساختار مسئله در قالب شکل فشرده ریاضی است. به ویژه این رویکرد کمی، بابت تفسیر اهداف تصمیم گیری در قالب یک تابع هدف صریح و بیان موانع تصمیم گیری به صورت محدودیتهای صریح بکار گرفته می شود (بیکر۱۹۹۶). تابع هدف آرمانی باید در برگیرنده تمام هزینه های سیستم برای اجرای تصمیمات مربوط به زمانبندی باشد. به هر حال، به هنگام اجرای آن در عمل، اندازه گیری یا حتی مشخص کردن کامل چنین هزینه هایی مشکل است. درحقیقت در فرآیند برنامه ریزی هزینه های عمده عملیاتی، تعیین می شوند، در حالی که تفکیک هزینه های کوتاه مدت دشوارتر است و آنها اغلب ثابت و به عنوان یک هزینه کلی به نظر می آیند. با وجود این، سه نوع اهداف تصمیم گیری در زمانبندی عمده تر به نظر می رسند: بهره برداری کارا از منابع، پاسخگویی سریع به تقاضا و انطباق دقیق موعدهای تحویل تعیین شده. غالبا می توان از یک ضابطه مهم هزینه ای مربوط به سنجش عملکرد سیستم (مانند زمان بیکاری ماشین، زمان انتظار برای انجام کار یا تاخیر کار) به عنوان جانشینی برای هزینه کل سیستم استفاده کرد. رویکردهای کمی مسائل مربوط به این معیارها در همه تحقیقات موجود در زمینه زمانبندی یافت می شود. می توان مسائل زمانبندی بر اساس ترکیب منابع و طبیعت کار، تقسیم بندی کرد. مدل می تواند شامل یک و یا چند ماشین باشد. مجموعه کارها جهت فرآیند زمانبندی ممکن است ثابت باشد که در چنین شرایطی سیستم را ثابت می نامیم. همچنین ممکن است در طول فرآیند زمانبندی، کارهای جدید به سیستم اضافه شود که در این شرایط سیستم پویا نامیده می شود. معمولا دو نوع محدودیت در مسائل زمانبندی قابل بررسی است اولا، محدودیتهایی که مرتبط با دسترسی به منابع هستند ثانیا، محدودیتهای تکنولوژیکی که در ترتیب انجام کارها وجود دارد. به عبارت دیگر، جوهره مسائل زمانبندی به تصمیم گیری

[3] Baker
[4] Philip

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

در مورد تخصیص منابع و توالی عملیات منحصر می شود. نوشتارهای زمانبندی مملو از مدلهای ریاضی برای پاسخگویی به این دو سوال تصمیم گیری است. به طور سنتی، مسائل زمانبندی به صورت مسائل بهینه سازی دارای محدودیت به ویژه مسائل مربوط به تخصیص منابع و توالی عملیات مورد بررسی قرار گرفته است. در پاره ای از موارد مسئله زمانبندی تنها مربوط به تخصیص منابع است و در این حالات مدلهای برنامه ریزی ریاضی معمولا می توانند برای تعیین تصمیمات در زمینه تخصیص منابع بهینه مورد استفاده قرار گیرند. عناصر مهم مدلهای زمانبندی، کارها و منابع اند. در تحقیقات مربوط به زمانبندی، منابع نوعا بر حسب قابلیتهای کمی و کیفی خود مشخص می شوند، به طوری که نوع و میزان هر منبع در مدل مشخص می شود. هر کار بر حسب اطلاعاتی از قبیل منبع مورد احتیاج، مدت انجام آن کار، زمانی که انجام آن را می توان شروع کرد و زمان تحویل آن توصیف می شود. به علاوه مجموعه ای از کارها بعضا می توانند بر حسب محدودیتهای تکنولوژیکی (روابط تقدمی) که در مورد عناصر متشکله آن صدق می کند بیان شوند. تئوری زمانبندی همچنین شامل یکسری تکنیک های متعدد جهت حل مسائل زمانبندی است. در واقع، شاخه زمانبندی به یک کانون مرکزی برای توسعه، کاربرد و ارزیابی روشهای محاسباتی، تکنیک های شبیه سازی و رهیافت های حل ابتکاری مبدل شده است. انتخاب رویکرد مناسب برای حل مسئله به طبیعت مدل و تابع هدف مسئله وابستگی زیادی دارد. در برخی موارد، استفاده از تکنیک جابجایی جهت حل توصیه می شود. یک جنبه مفید جهت استنباط ارتباط مسائل زمانبندی و روشهای حل، شاخه جدید علوم کامپیوتر با نام تئوری پیچیدگی است. عبارت پیچیدگی به میزان انرژی مورد نیاز جهت حل الگوریتم، اشاره دارد. به عنوان مثال در نظر بگیرید که می خواهیم یک الگوریتم را برای حل مسئله ای به اندازه n بکار گیریم (اندازه مسئله متناسب با مقدار اطلاعات مورد نیاز برای تشخیص مسئله است). تعداد محاسبات مورد نیاز جهت حل مسئله به وسیله یک الگوریتم خاص معمولا یک حد بالا بر اساس تابعی از n دارد. چنانچه درجه بزرگی این تابع با افزایش مقدار n بصورت یک چند جمله ای باشد، آنگاه ما می گوییم الگوریتم، چند جمله ای است. به عنوان مثال اگر درجه بزرگی تابع n^2 باشد (بوسیله $O(n)^2$ نمایش داده می شود)، الگوریتم چند جمله ای است و اگر تابع $O(n)^2$ باشد تابع دیگر چند جمله ای نیست (در این حالت نمایی است). گروهی از مسائل در دسته و یا کلاس مسائل ترکیبی دشوار گروهبندی شده اند. در طول سالیان متمادی دانشمندان علوم ریاضی و کامپیوتر هیچ الگوریتم چند جمله ای را برای این دسته مسائل ارائه نکرده اند. مسائل بهینه سازی به دشواری این مسائل و یا حتی دشوارتر از آن، به عنوان مسائل کاملا سخت شناخته می شوند. در این مسائل دستیابی به جواب بهینه بعضا دشوار و بسیار وقت گیر خواهد بود. بنابراین توسعه روشهای ابتکاری و دستیابی به جوابهای نسبتا خوب در این ارتباط با این مسائل می تواند کارایی بالایی داشته باشد. یک گروه آشنا از این دست مسائل، بحث زمانبندی و تصمیم گیری های مرتبط با آن می باشد. در هر شرکت، یکی از مهمترین تصمیمات مدیران، انتخاب اندازه انباشته صحیح، انتخاب توالی تولید و همچنین زمانبندی است. به همین دلیل، این دسته مسائل در ادبیات پژوهش عملیاتی، توجه بسیاری از مقالات را به خود معطوف ساخته است. مسئله زمانبندی و اندازه انباشته به دو روش مختلف در ادبیات موضوع، مدل شده است. مسئله زمانبندی و اندازه انباشته گسسته که پنجره زمانی کوچ هم خوانده می شود، افق برنامه ریزی را به پریودهای زمانی کوچک، تقسیم می کند به گونه ای که در هر پریود زمانی، حداکثر یک نوع محصول، قابل تولید است (گوپتا[5] و همکاران۲۰۰۵). در این دسته از مسائل، اجرای تنظیم و تولید، تعداد صحیحی از پریودهای زمانی را شامل می شود. بنابراین این مسئله، برخی مواقع، مسئله سیکل تولید نیز نامیده می شود و بصورت گسترده ای در ادبیات موضوع، مطالعه شده است. در مقابل، مسئله زمانبندی و اندازه انباشته با محدودیت ظرفیت (CLSP) با نام پنجره زمانی بزرگ معروف است. این مسئله، پریودهای زمانی بزرگتر که در هر پریود چندین محصول می تواند تولید شود را در نظر می گیرد. مدیر برنامه ریزی باید مقادیر تولید در هر پریود را به گونه ای که تمامی سفارشات در زمان مناسب پوشش داده شوند، برنامه ریزی کند. دسته بندی کلی دیگر از تحقیقات انجام گرفته در زمینه مسائل زمانبندی بر اساس ماهیت و فضای محیط کاری و سیستم تولید است که بر اساس آن مسائل به چهار دسته تک ماشین، جریان کارگاهی، کار کارگاهی و تکنولوژی گروهی تقسیم بندی می شوند. حالت وجود یک ماشین جهت زمانبندی سفارشات کاملا مشخص است. در ادامه به شرح مختصری از بقیه فضاها پرداخته می شود. جریان کارگاهی، استقرار تجهیزات تولید بر اساس مراحل تولید هر محصول است و مواد در مسیر حرکت خود در هر مرحله تکمیل تر و نهایتا به محصول نهایی تبدیل می شود. در سیستم خط تولید، کارها به اجزاء کوچکتری به نام عملیات شکسته می شوند و هر عملیات بر روی یک ماشین جداگانه انجام می شود. در حقیقت هر عملیات بعد از عملیات نخست، دقیقا یک پیش نیاز مستقیم و هر عملیات قبل از عملیات آخر، دقیقا یک پس نیاز مستقیم دارد (بیکر۱۹۹۶). بنابراین هر کار شامل یک توالی مشخص از عملیاتها است که به منظور تکمیل کار باید انجام شود. این نوع ساختار تحت عنوان ساختار پیش نیازی خطی شناخته می شود. این سیستم تولیدی جهت تولید محصولات در حجم بالا و تنوع پایین مناسب است. در جریان کارگاهی، m ماشین مختلف وجود دارد که در مدل جریان کارگاهی خالص، هر کار شامل m عملیات است که هر کدام باید روی یک ماشین خاص انجام شود. ماشین ها می توانند تحت عنوان ماشین های ۱، ۲، ... و m شماره گذاری شوند و عملیاتهای کار j نیز می تواند بوسیله زوج های (۱،j)، (۲،j) ... و (m,j)، نشان داده شود. بنابراین عملیاتها

[5] Gupta

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

برابر با تعداد ماشین آلات است و هر کار باید روی تمامی ماشین آلات پردازش شوند.. ولی در جریان کارگاهی عمومی، برخی کارها ممکن است تعداد عملیاتهای کمتری را نیاز داشته باشند (کمتر از تعداد ماشین آلات یا m) و نتیجتا آنها بر روی تمامی ماشین آلات پردازش نمی شوند. همچنین عملیاتها ابتدایی و انتهایی تمامی کارها ماشین های شماره ۱ و شماره m نخواهد بود. مسائل کار کارگاهی از جریان کارگاهی متفاوت است. در این سیستم جریان کار هدایت شده نیست. اجزاء مسئله m ماشین و n کار است که باید زمانبندی شوند. هر کار همانند مدل خط تولید، شامل چند عملیات با ساختار پیش نیازی خطی است. در این سیستم استقرار تجهیزات تولید بر اساس نوع فرآیند است . هر چند یک کار می تواند هر تعداد عملیات داشته باشند، معمول ترین فرمولبندی کار گروهی، برای هر کار دقیقا m عملیات (یکی بر روی هر ماشین) مشخص می کند. یک مدل عمومی تر، پردازش یک کار بر روی یک ماشین، بیش از یک بار را مجاز می داند. هر ماشین می تواند به عنوان یک کارگاه جداگانه که ورودی و خروجی مخصوص به خود را دارد در نظر گرفته شود.. مسلما این سیستم تولیدی قابلیت انطاف پذیری بالایی دارد و جهت تولید محصولات متنوع در مقادیر کم مناسب است (بیکر۱۹۹۶). تکنولوژی گروهی نیز به عنوان یک فلسفه تولید از تشابه قطعات به لحاظ طرح و ساخت استفاده نموده و با استفاده از گروهبندی قطعه (یا ماشین) به دنبال افزایش بهره وری تولید است. در واقع این مورد یک حالت بینابین از دو محیط قبلی است. فضای کاری در این تحقیق بر اساس جریان کارگاهی در نظر گرفته شده است که در ادامه به شرح آن می پردازیم. سلولهای تولیدی معمولا شامل یک گروه از ماشین آلات که به تولید محدوده مشخصی از خانواده ها تخصیص داده شده اند می باشد. یک خانواده یک مجموعه اقلام است که نیازمندی مشترکی به لحاظ ابزار و توالی های عملیاتی دارند. در این محیط، تولید سلولی نیازمند سه فعالیت برنامه ریزی، قبل از تولید واقعی است. نخست گروهبندی ماشین آلات در سلولهای تولیدی مختلف (فرم دهی سلولها). دوم، اقلام باید به ماشین آلات مشخص در سلولهای تولیدی، تخصیص داده شوند (بار دادن به ماشین آلات). سوم، اقلام باید در هر سلول تولیدی زمانبندی شوند(شالر[6] و همکاران۲۰۰۰) و اغلب چنین مسائل زمانبندی شامل سلولهای تولیدی چندتایی و احتمالا پیچیده است. بنابراین تلاشهایی در جهت توسعه مفهوم زمانبندی جهت یک سلول تولیدی در یک زمان صورت گرفته است. این بخش از تحقیق به مسئله زمانبندی چند سفارش دریافتی از چند مشتری در فضای جریان کارگاهی جایگشتی با فرض آنکه فعالیتهای مرتبط با فرم دهی و بار دادن انجام گرفته، می پردازد. هر سفارش می تواند به عنوان یک خانواده و هر کار به عنوان یک قلم در نظر گرفته شود. البته یک تفاوت عمده وجود دارد و آن این است که همه سفارشات به ابزار و توالی های عملیاتی یکسانی نیاز دارند. در فرم دهی و باردادن سلولهای تولیدی، اقلام خانواده بر اساس توالی های عملیاتی به سلولها تخصیص می یابد. بنابراین جریان مواد و زمانبندی، حتی چنانچه اقلام تولیدی نیازمند ابزار متفاوتی جهت تنظیمات باشند، ساده می شود. در این فرآیند ممکن است هر خانواده نیازمند ماشین آلات مشابهی باشد و مسلما اقلام با ترتیب مشخصی بر روی ماشین آلات پردازش می شوند. این سلولهای تولیدی سلول تولیدی جریان کارگاهی خالص نام دارند و مشخص کننده جریان کارگاهی معمول می باشند. این شرایط در زمان وجود چندین خانواده با نیازمندی های متفاوت صادق نخواهد بود (پائولو[7] و همکاران ۲۰۰۵). معمولا یک هزینه تنظیم عمده جهت تغییر پردازش از کارها در یک سفارش به سفارش دیگر نیاز است. یکی از شناخته شده ترین مسائل زمانبندی مسئله زمانبندی جریان کارگاهی است. این مسئله برای بیش از پنجاه سال در میان محققین جایگاه ویژه ای را برای خود باز کرده است. در این مسئله m مرحله بصورت سری وجود دارد که در هر مرحله یک ماشین یا بیشتر وجود دارد. n کار باید بر روی m ماشین پردازش شوند. هر کار بر روی هر ماشین، یک زمان پردازش مثبت دارد. در جریان کارگاهی، همه کارها با یک ترتیب بر روی ماشین آلات پردازش می شوند. زمان پردازش هر کار در هر مرحله می تواند متفاوت باشد. در این شرایط برای هرماشین n! توالی از کارها وجود خواهد داشت و در کل برای مسئله $(n!)^m$ توالی ممکن خواهیم داشت. یک ساده سازی در این ارتباط، حفظ ترتیب پردازش کارها از ماشین ۱ تا ماشین m است. این بدان معنی است که کارها با یک ترتیب بر روی همه ماشین آلات پردازش شوند. چنین مسئله ای تحت عنوان مسئله جریان کارگاهی جایگشتی شناخته می شود. در این حالت به اندازه n! توالی برای کارها وجود خواهد داشت که با این شرایط مسئله تحت عنوان مسئله کاملا سخت شناخته می شود(پائولو و همکاران ۲۰۰۵). از جمله صنایعی که مسائل زمانبندی جریان کارگاهی جایگشتی بصورت کاملا برجسته و حیاتی مطرح می باشد، صنایع غذایی است. در این تحقیق سعی بر آن بوده است تا با ایده گرفتن از چنین صنایعی در دنیای واقعی، تعریف متفاوتی از مسئله زمانبندی بر اساس ماهیت این صنایع در شرایط واقعی ارائه گردد. در حقیقت در این تحقیق ما یک سلول تولیدی تکی که شامل تعدادی ماشین آلات (مراحل) و تعدادی سفارش که باید بر روی ماشین آلات پردازش شوند را در نظر می گیریم. هر سفارش یک مشتری مشخص دارد و شامل تعداد مشخصی از کارهای مشابه است. کارهای هر سفارش باید از طریق سلولهای تولید، مرحله به مرحله پردازش شوند و زمانی که اولین کار یک سفارش شروع به پردازش شد، کارهای متعلق به سفارشات دیگر تا زمان پردازش آخرین کار سفارش مربوطه نمی توانند پردازش شوند. در حقیقت انقطاع سفارش در هنگام پردازش مجاز نبوده ولی چنین کاری در هنگام ارسال سفارش امکان پذیر است. بدیهی است عدم امکان انقطاع سفارش در هنگام پردازش به دلیل هزینه های تنظیم بالا، در این

[6] Schaller
[7] Paulo

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۲ ، زمستان ۱۳۹۶، ص ۱۱۰-۹۳

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

گروه از صنایع و به خصوص در صنعت غذا می باشد. کارهای متعلق به یک سفارش دقیقا شبیه به یکدیگر هستند و بنابراین زمان یا هزینه تنظیمی میان دو کار از یک سفارش وجود ندارد. هر سفارش با توجه به مشتری مربوطه، زمان تحویل و هزینه تاخیر مشخص دارد و هزینه های تاخیر به ازای هر واحد از سفارش که با تاخیر ارسال می گردد و هر واحد زمانی تاخیر محاسبه می شود. به همین منظور و به جهت کاهش هزینه های تاخیر، انقطاع سفارش در هنگام ارسال برای مشتری امکان پذیر خواهد بود چراکه هر واحد از یک سفارش با تاخیر که زودتر به دست مشتری برسد هزینه تاخیر کمتری خواهد داشت. هزینه و زمان تنظیم اولین کار از هر سفارش به زمانبندی قبلی بستگی دارد. این شرایط منطبق با بسیاری از مسائل دنیای واقعی است. ما به دنبال یک تابع هدف واقعی برای مسئله هستیم. با یک مرور سریع در ارتباط با ادبیات موضوع ما با بسیاری از معیارها در ارتباط با تابع هدف مواجه می شویم. ولی در فرآیند زمانبندی، تابع هدف باید شامل بر همه هزینه های سیستم که وابسته به تصمیمات زمانبندی هستند باشد (بیکر۱۹۹۶). در مسائل زمانبندی دنیای واقعی، در نظرگیری اجزاء هزینه و معیارهای گوناگون تصمیم اهمیت زیادی دارد و صرفا لحاظ نمودن یک معیار عمده (همانند زمان ختم کل که در بسیاری از تحقیقات پیشین به چشم می خورد) سئوال برانگیز است. در تحقیقات فرض بر وجود استراتژی تولید جهت سفارش است. در این استراتژی، تولید بر اساس سفارشات رسیده انجام می شود و برخلاف استراتژی تولید جهت انبار که ابتدا تولید انجام شده و سپس کالا در انبار به منظور یافتن مشتری مناسب نگهداری می شود، کالایی بدون وجود سفارش از طرف مشتری تولید نخواهد شد. انبوهی از سفارشات در پریود نخست دریافت می شوند که تعدادی از آنها بر اساس توان تولید قبول و بقیه رد می شوند. این فرضیات نیز بر اساس شرایط دنیای واقعی جهت صنایع ذکر شده در نظر گرفته شده اند. منابع تولید باید به گونه ای زمانبندی شوند تا تمامی هزینه های ملموس چون هزینه دیرکرد، هزینه تنظیم و هزینه نگهداری که از جمله حیاتی ترین معیارها در مباحث زمانبندی و برنامه ریزی تولید در بسیاری از صنایع است، حداقل شود. در چنین شرایطی قاعدتا یک مدل زمانبندی چند معیاره نیاز است. همانگونه که از توضیحات بر می آید در تحقیق حاضر، کارها در مسائل جریان کارگاهی معمول با سفارشات جایگزین شده اند. زمانبندی تعدادی از سفارشات که هر سفارش حاوی تعداد مشخصی از کارهای مشابه و یک مشتری مشخص با زمان تحویل قطعی و همچنین هزینه تاخیر مشخص است، محور اصلی تحقیق است. در مسئله مورد بررسی هزینه های نگهداری و تاخیر اهمیت فراوان دارد. در این گونه مسائل، تصمیمات زمانبندی دو سطح دارد. در سطح بالاتر زمانبندی سفارشات قرار دارد به نحوی که کدام سفارش و به چه نحوی و با چه ترتیبی باید پردازش شود. سطح بعدی زمانبندی کارهای داخل هر سفارش است به این ترتیب که کارها با چه ترتیبی و به چه شکلی باید پردازش شوند. در اینجا صرفا سطح نخست بررسی می شود و ترتیب پردازش کارهای داخل هر سفارش، موضوع این تحقیق نیست. در مسئله مورد بررسی، زمان و هزینه های تنظیم مهم و وابسته به توالی می باشند. کارهای داخل هر سفارش کاملا مشابه فرض می شوند و زمان و هزینه تنظیم میان دو کار از یک سفارش نادیده گرفته می شود. همچنین فرض می شود برخی از توالی ها میان سفارشات ناممکن باشد. اضافه نمودن چنین فرضی، یافتن یک جواب اولیه برای مسئله مورد بررسی بر اساس روشهای ابتکاری موجود را بسیار دشوار می سازد. یک زمان تحویل مشخص و هزینه تاخیر معین برای هر سفارش (بر اساس نظر مشتری آن) فرض می شود. هدف حداقل نمودن هزینه های تنظیم، تاخیر و نگهداری می باشد.

۱- بیان مسئله

هریک از فعالیت ها باید در یک یا چند ایستگاه کاری انجام شوند.معمولاً انواع مختلف فعالیت ها در هر ایستگاه کاری انجام می گیرد.اگر در زمانبندی احتیاط لازم برای جلوگیری از انسداد مسیرهای کاری انجام شود این امر سبب ایجاد صف های انتظار طولانی در خط تولید می گردد.پیچیده شدن شرایط مدیران را تحت فشار قرار می دهد تا روش های زمانبندی برای مدیریت حجم فعالیت ها را طراحی نمایند. یکی از راه های توسعه برنامه ها در فعالیت های عملیاتی، اتخاذ قوانین اولویت توالی است، که اجازه می دهد تا زمانبندی یک ایستگاه کاری در یک دوره زمانی تکامل یابد.انتخاب فعالیتی که باید مورد پردازش قرار گیرد از طریق قوانین توالی عملیات انجام می شود در صورتیکه ایستگاه کاری ظرفیت افزایش پردازش را داشته باشد. در اینجا تنها متغیر سودآور متغیر دوم بوده و سایر متغیرها شامل هزینه می باشد. از قواعد توالی عملیات موجود، هیچکدام بهترین نیست. از این رو، یک روش جامع انتخاب مورد نیاز است. برای ارزیابی و انتخاب بهترین قانون توالی عملیات ، روش تصمیم گیری ترکیبی چند معیاره به کار برده شده است که در این مقاله از ترکیب روش آنتروپی شانون برای تعیین وزن معیارها و از روش تصمیم گیری چند معیاره کوپراس برای رتبه بندی گزینه ها استفاده شده است.به علت تنوع و تعدد روش ها و الگوریتم های، که با برنامه های کامپیوتر توانایی حل مسایل پیچیده زمانبندی و توالی عملیات در سیستمهای تولید را دارند، مسئله مهم آن است که کدام الگو از نظر صحت و دقت نتایج حاصله از نظر متخصصین و صاحبنظران مناسبتر است. عدم توجه به این مسئله مهم باعث می شود که اجرای فرایند زمانبندی در برخی موارد طولانی تر،و با کیفیت پایین تر و هزینه بالاتر(با توجه به هزینه استهلاک و خوابیدگی سرمایه و ضرر ناشی از عدم تکمیل و تحویل به موقع) انجام پذیرد .در یک طرح تولیدی بیشترین مقدار سرمایه گذاری در مرحله اجرای طرح انجام می گیرد و اشتباه در این مرحله با اتلاف سهم عمده ای از این سرمایه گذاری همراه است .لذا یکی از مهمترین مسایل در اجرای طرح های تولیدی تعیین

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

زمانبندی مناسب فعالیت ماشین آلات و به تبع آن ، تعیین بهینه ترین توالی ممکن برای جانمایی این ماشین آلات می باشد .به طوری که این تضمین بوجود آید که با انتخاب بهترین گزینه، ریسک اتلاف منابع چه از لحاظ هزینه و چه از لحاظ زمان به حداقل برسد و همچنین فرایندهای تولید، دارای بالاترین کیفیت اجرا و ایمنی در حین اجرا و یا بعد از اجرا باشد(مظاهری زاده و همکاران، ۱۳۹۲) از طرف دیگر، در اقتصاد توسعه، از آنجا که سرمایه گذاری های دولت صرف گسترش ظرفیت های تولیدی، زیربنایی و به طور کلی زیرساخت ها می شود، تولید، لبه بُرنده و کارساز توسعه هر کشور تلقی می شود، اما شرط لازم این است که هزینه های تولید، از یک سو صرف راه اندازی سیستمهای تولیدی مناسب و ارزیابی شده، گردد و از سوی دیگر این سیستمهای تولیدی با طراحی دقیق و برنامه ریزی کامل اجرایی شود(زارع مهر جودی و همکاران،۱۳۸۹).روش کلی مطالعه حاضر در شکل ۱ نشان داده شده است.پس از تعیین فضای مطالعه توالی عملیات، قوانین مختلف الویت بندی توالی شناسایی شدند.سپس برای تعیین بهترین قانون الویت بندی توالی از روش های تصمیم گیری چند شاخصه استفاده شد.بر اساس این معیارها داده های مورد نیاز برای ورودی رویکرد مورد استفاده از ایستگاههای کاری مرتبط استخراج گردید.سپس وزن معیارهای ارزیابی از روش آنتروپی شانون محاسبه گردید کارایی متغیرهای متناظر با شاخص های اعتباری اندازه گیری شده و در جدول جایگذاری گردید. در نهایت انتخاب بهترین متغیر و الویت بندی متغیر ها از روش تصمیم گیری چند معیاره کوپراس، استفاده گردید.

شکل ۱

۲- پیشینه پژوهش

مسئله جریان کارگاهی جایگشتی نخستین با بوسیله جانسون[8](۱۹۵۴) بررسی شد و از آن زمان روشهای ابتکاری و فراابتکاری متعددی در این فضا ارائه شده است. الگوریتم جانسون بدون در نظرگیری زمانهای تنظیم، زمان پردازش آخرین کار بر روی آخرین ماشین را برای حالت وجود دو ماشین کمینه می کند که این الگوریتم در شرایط خاص، قابل تعمیم به حالت سه ماشین نیز می باشد. مسئله جریان کارگاهی کلاسیک با معیار زمان ختم کل به دلیل کاربرد وسیع آن در عمل همواره مورد توجه محققین بوده است. این مسئله، به جهت تشریح و فرموله سازی، ساده می باشد ولی حل مسائل دنیای واقعی به دلیل بزرگ بودن آنها با روشهای قطعی ناکارآمد بوده و همواره ارائه روشهای ابتکاری در این حوزه مورد توجه بوده است. یکی از مواردی که موجب تفکیک تحقیقات در این زمینه شده است ماهیت آماده سازی قطعات است. آماده سازی شامل کلیه فعالیتهایی است که جهت راه اندازی ماشین، فرآیند و یا یک سیکل باید انجام گیرد (سالوندی[9]۱۹۹۲). فعالیت هایی چون دستیابی به ابزار، تنظیم و سوار کردن قطعه، عودت ابزار، تمیزکاری، تنظیم دستگاه و تست می توانند در زمره عملیاتهای مرتبط با آماده سازی قرار گیرند. در بسیاری از تحقیقات گذشته عملیات آماده سازی (اعم از هزینه و زمان) یا نادیده گرفته شده اند و یا به عنوان بخشی از زمان فرآیند لحاظ شده است. چنین فرضیاتی برای برخی از مسائل زمانبندی معقول به نظر می رسد ولی در بسیاری از موارد عملیات آماده سازی باید به صورت مستقل منظور شود. منفک نمودن زمان تنظیم از زمان پردازش، باعث بهبود عملکرد در تصمیم گیری ها خواهد بود (الله

[8] Johnson
[9] Salvendy

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

وردی[10] و همکاران۱۹۹۹). این مبحث به خصوص در تکنیک ها و فلسفه های نوین مدیریت تولید مثل تولید به موقع، تکنولوژی تولید بهینه، تکنولوژی گروهی، تولید سلولی و رقابت بر پایه زمان، کارا می باشد(الله وردی و همکاران۱۹۹۹). در ارتباط با این عملیاتها یا زمان (هزینه) تنظیم صرفا به کاری که باید تنظیم شود وابسته است و یا این زمان علاوه بر کار مطروحه، به کاری که بلافاصله قبل از آن پردازش شده نیز وابسته است. مورد نخست تحت عنوان توالی های مستقل و مورد دوم تحت عنوان توالی های وابسته شناخته می شوند. بنابراین در دسته هزینه های راه اندازی مستقل از توالی، هزینه راه اندازی جهت تولید هر محصول ثابت است و به تولید قبلی بر روی خط تولید بستگی ندارد. یعنی با هر توالی، هزینه راه اندازی ثابت می باشد. رویز و مارتو[11] (۲۰۰۴) در مقاله خود اظهار می دارد که حدود ۷۵ درصد از مدیران، برخی از زمانبندی خود را مشتمل بر توالی های وابسته دانسته اند و حدود ۱۵ درصد، تمامی فعالیت ها و زمانبندی های خود را در این حیطه می دانند. منظور از هزینه های راه اندازی وابسته به توالی بدین صورت مطرح است که هزینه راه اندازی جهت هر محصول به تولید قبلی وابسته است و یا در واقع توالی های مختلف بر روی هزینه راه اندازی تاثیر دارد. نتیجتا توالی ها باید به نحوی مرتب شوند تا علاوه بر معیارهای مطلوبیت مورد نظر، هزینه راه اندازی را حداقل نماید. کاربردهای تجربی بسیاری جهت تشریح توالی های وابسته عنوان شده است. پیندو[12] (۱۹۹۵)عنوان می کند که هزینه های تنظیم، بسته به شباهت دسته های تولیدی است که به صورت متوالی تولید می شوند. صنایعی همچون نساجی، پلاستیک، کاغذ، رنگ و صنایع شیمیایی و غذایی، از جمله مواردی هستند که توالی های وابسته در ارتباط با آنها کاربرد بسیاری دارد(ارن[13] و همکاران۲۰۰۶). نتیجتا مسائل زمانبندی با هزینه های تنظیم وابسته به توالی، انطباق زیادی با دنیای واقعی دارد و این موضوع اهمیت تمرکز محققیق بر روی این دسته از مسائل زمانبندی را نشان می دهد. تحقیقات الله وردی و همکاران(۱۹۹۹) و همچنین چنگ[14] و همکاران(۲۰۰۰) نشان می دهد که تا قبل از سال ۲۰۰۰ اکثر قریب به اتفاق تحقیقات بر روی زمانبندی سلولهای تولیدی با فرض هزینه های تنظیم مستقل از توالی بوده اند. همانگونه که پیشتر عنوان شد به دنبال سخت بودن مسائل جریان کارگاهی و جریان کارگاهی جایگشتی (جانسون و همکاران۱۹۷۶) روشهای قطعی کمتر جهت حل این گونه مسائل مورد توجه بوده اند. تعداد قلیلی از این روشها نیز که در ادبیات موضوع به چشم می خورند تنها مسائل با اندازه های بسیار کوچک را بررسی کرده اند. در نتیجه در طول پنجاه سال گذشته محققین الگوریتم ها و روشهای ابتکاری زیادی را جهت حل این گونه مسائل در اندازه های متوسط و بزرگ ارائه داده اند. از جمله روشهای ارائه شده جهت جریان کارگاهی جایگشتی می توان به روشهای ابتکاری برجسته کمبیل[15] و همکاران (۱۹۷۰) با نام CDS و همچنین روش ابتکاری معروف NEH از نواز[16] و همکاران (۱۹۸۳) اشاره نمود. روش ابتکاری NEH به عنوان یک روش موثر در یافتن جواب ابتدایی مناسب جهت مسائل جریان کارگاهی در بسیاری از تحقیقات بعدی نیز مورد توجه بوده است. از دیگر روشهای ارائه شده جهت مسئله جریان کارگاهی جایگشتی می توان به شبیه سازی تبریدی(عثمان[17] و همکاران۱۹۸۶)، جستجوی ممنوع (ویدمر[18] و همکاران۱۹۸۹) و الگوریتم ژنتیک (ریوز[19]۱۹۹۵) اشاره نمود. رویز و مارتو (۲۰۰۴) مجموعه از روشهای ابتکاری و فراابتکاری ارائه شده در محیط جریان کارگاهی جایگشتی را در مقاله خود گردآوری کرده اند. از جمله مواردی که در تحقیقات جایگاه مناسبی را در ارتباط با مسائل جریان کارگاهی جایگشتی به خود اختصاص داده است مدلهای برنامه ریزی عدد صحیح در ارتباط با جنبه های خاص از این دست مسائل می باشد (تیسنگ[20] و همکاران۲۰۰۱). مرکادو و برد[21] (۱۹۹۹)در دو مقاله مسئله، جریان کارگاهی جایگشتی را با معیار زمان ختم کل و با فرض وجود تنظیمات وابسته به توالی مورد بررسی قرار دادند. در اولین مقاله آنها جهت حل مسئله جریان کارگاهی از الگوریتم شاخه و حد با بکارگیری حدود بالا و پایین و همچنین استفاده از معیار حذف تسلط، استفاده نمودند. در این مقاله از یک محدوده وسیع از مسائل موردی جهت تست الگوریتم استفاده شده است. در مقاله دوم آنها با استفاده از یک روش ابتکاری و با بکارگیری یک تابع هزینه، مسئله جریان کارگاهی را به یک مسئله فروشنده دوره گرد تبدیل نمودند. در تابع هزینه مربوطه به تنظیمات با هزینه های بالا جریمه های سنگین تعلق می گرفت. نرمن[22] (۱۹۹۹)مسائل زمانبندی جریان کارگاهی که شامل زمانهای تنظیم وابسته به توالی و همچنین بافرهای مشخص بود را مد نظر قرار داد. تورس و سنتنو[23] (۲۰۰۸) مسئله

[10] Allahverdi
[11] Ruiz & Maroto
[12] Pinedo
[13] Erne
[14] Cheng
[15] Campbell
[16] Nawaz
[17] Osman
[18] Widmer
[19] Reeves
[20] Tseng
[21] Mercado & Bord
[22] Norman
[23] Torres & Centeno

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

جریان کارگاهی جایگشتی را با هدف کمینه کردن تعداد کارهای با تاخیر مورد بررسی قرار دادند. آنها یک حد پایین برای مسئله جریان کارگاهی جایگشتی معرفی نمودند و کارآمدی آن را با جواب بهینه برای مسائل با اندازه کوچک، متوسط و بزرگ بررسی کردند. ونگ و چنگ[۲۴] (۲۰۰۷) مسئله جریان کارگاهی جایگشتی را با فرض وجود تنها دو ماشین و در نظر گیری محدودیت ظرفیت تنها برای نخستین ماشین مورد بررسی قرار دادند. تنظیمات در بررسی آنها وابسته به توالی بودند. اسچالر و همکاران (۲۰۰۰) مسئله زمانبندی خانواده ها و کارهای داخل هر خانواده را در محیط جریان کارگاهی بررسی نمودند. در بررسی آنها زمانهای تنظیم میان خانوادها وابسته به توالی فرض شده است و هدف کمینه نمودن زمان ختم کل موقعی که کارهای داخل هر خانواده در حال پردازش است می باشد. رویز و همکاران (۲۰۰۵) برای مسئله جریان کارگاهی جایگشتی دو الگوریتم ژنتیک معرفی نمودند و نشان دادند الگوریتم های معرفی شده توسط آنها بهتر از دیگر الگوریتم ها و به خصوص مرکادو و برد(۱۹۹۹) عمل می کند. آنها به منظور یافتن جواب ابتدایی جهت مسئله جریان کارگاهی از روش اصلاح شده NEH استفاده کرده اند. نام روش ابتکاری مربوطه NEHT_RMB می باشد که می تواند به عنوان یک روش موثر در یافتن مجموعه ای از جوابهای موجه مناسب برای مسئله جریان کارگاهی بکار گرفته شود. در الگوریتم های ژنتیک معرفی شده جوابهای مربوطه به عنوان استخر جوابها در الگوریتم، مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین رویز و استاتزل[۲۵] (۲۰۰۸) در مقاله اخیر خود دو روش ساده جستجوی محلی بر اساس الگوریتم حریص تکراری معرفی نمودند. الگوریتم آنها دو مرحله ای می باشد: مرحله تخریب که در آن بعضی کارها از جواب ابتدایی حذف می شوند و مرحله ساخت که در آن کارهای حذف شده به جواب ابتدایی با بکارگیری روش ابتکاری NEH تخصیص داده می شوند. آنها نشان دادند الگوریتم آنها بهتر از الگوریتم رویز و همکاران (۲۰۰۵) عمل می کند. الگوریتم معرفی شده در برابر مجموعه ای وسیعی از مسائل موردی با مجموعه ای از الگوریتم های معرفی شده در ادبیات مقایسه شد که نتایج حاکی از برتری الگوریتم معرفی شده است. البته الگوریتم حریص به تنهایی و بدون استفاده از جستجوی محلی چندان قدرتمند نیست. اخیرا نیز اکسیوگلو[۲۶] و همکاران (۲۰۰۸) مقاله ای را در حیطه مسائل جریان کارگاهی ارائه نموده اند و در مقاله خود از روش جستجوی ممنوع اصلاح شده جهت حل مسئله استفاده نموده اند. البته با یک بررسی کلی، روش آنها سادگی و دقت الگوریتم حریص را ندارد (این موضوع بعدا در مقایسات نشان داده می شود). همچنین فضای مورد بررسی در الگوریتم حریص، جامع تر از الگوریتم توسعه داده شده توسط آنهاست. الله وردی و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله اخیر خود یک مرور جامع از مطالعات انجام شده در زمینه مسائل جریان کارگاهی و جریان کارگاهی جایگشتی را ارائه نموده اند. اکثر مقالاتی که در این مرور بررسی شده اند تنظیمات وابسته به توالی را مطالعه نموده اند. معیارهای متعددی در ارتباط با مسائل زمانبندی در ادبیات موضوع یافت می شود. بسیاری از تحقیقات بر روی حداقل نمودن زمان ختم کل کارها متمرکز شده اند (استافورد [۲۷]و همکاران۲۰۰۲). رویز و استاتزل (۲۰۰۸) دو هدف بهینه سازی متفاوت را در مقاله خود مورد بررسی قرار دادند. آنها هم زمان ختم کل و هم مجموع وزنی تاخیرها را کمینه نمودند. تورس و سنتنو (۲۰۰۸) کمینه کردن تعداد کارهای با تاخیر را به عنوان تابع هدف در نظر گرفتند. تنگ و هوآنگ[۲۸] (۲۰۰۵) مسئله زمانبندی لوله های فولاد را با فرض زمانهای تنظیم وابسته به توالی مورد توجه قرار دادند. تابع هدف آنها نیز حداقل نمودن زمان ختم کل تولید بود. گوپتا و اسمیت (۲۰۰۶) در مقاله خود حداکثر تاخیر وزنی یک کار را حداقل کردند. همچنین پارتاسارتی و راجندران[۲۹] (۱۹۹۷) در مقاله خود حداکثر تاخیر وزنی یک کار و تاخیر وزنی همه کارها را حداقل نمودند. برخی تحقیقاتی که در زمینه تاثیر معیارهای زمانبندی انجام گرفته است نشان می دهد که بعضا معیار زمان ختم کل می تواند هزینه های زیادی را تحمیل نماید (گوپتا۱۹۷۵). بنابراین استفاده از چنین معیاری در مسائل واقعی زمانبندی چندان رضایت بخش نیست. حتی مدلهای توسعه داده شده از مدل جانسون استفاده ناچیزی در مسائل زمانبندی دارند. از سویی دیگر، بررسی کلی بر روی تحقیقات انجام گرفته در زمینه مسائل زمانبندی حاکی از آن است که بهره گیری از یک دید جامع در ارتباط با معیارهای موثر در تصمیمات زمانبندی کمتر مورد توجه بوده است. بدیهی است که معیار های متعددی در شرایط دنیای واقعی در ارتباط با با مسئله زمانبندی مطرح است که این معیارها بعضا بسته به نوع صنعت متفاوت است. بررسی یک گروه از صنایع خاص، نگاه جامع به بحث زمانبندی در این گروه، استخراج معیارهای واقعی متناسب با نوع صنعت و مطابق با شرایط دنیای واقعی و نهایتا مدلسازی و حل مسئله حلقه مفقود تحقیقات در زمینه زمانبندی است. الله وردی و همکاران (۱۹۹۹)بیان می کنند که در شرایط وجود زمانهای تنظیم مستقل، هیچ تحقیقی بصورت عملی در ارتباط با مسائل زمانبندی چند معیاره وجود ندارد. بنابراین تحقیقاتی آتی در این زمینه می تواند جذاب و مورد نیاز باشد. همچنین آنها لحظ نمودن معیارهای وابسته به زمان تحویل را به عنوان زمینه مناسبی جهت تحقیقات آینده مطرح کرده اند چراکه که چنین ضعفی نیز در ادبیات موضوع کاملا به چشم می آید و مشخصا زمان تحویل یک موضوع مهم و حیاتی در زمانبندی

[24] Wang & Cheng
[25] Ruiz & Estatsele
[26]Eksioglu
[27] Stafford
[28] Tang & Huang
[29] Parthasarathy & Rajendran

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

در شرایط واقعی است. مدلهای متعددی نیز در ارتباط با مسائل زمانبندی در ادبیات موضوع به چشم می خورد. با توجه به ماهیت مسائل زمانبندی و به خصوص در ارتباط با توالی های وابسته که موضوع مورد بحث جهت تحقیق حاضر می باشد، تمایلی جهت مدلسازی ریاضی و دستیابی به حل بهینه این دست مسائل وجود ندارد. پیدایش توابع هدف و محدودیت های غیر خطی در مسئله مورد بررسی، وجود متغیرهای صفر و یک به خصوص در توالی های وابسته، وجود متغیرها و محدودیت های بسیار که خود باعث افزایش حجم مسئله مورد بررسی خواهد شد و طبیعتا باعث افزایش پیچیدگی مسئله می شود و دیگر موارد باعث شده است تا مدلهای ریاضی و حل آنها در ادبیات موضوع چندان بکار گرفته نشود چرا که زمان زیادی جهت حل آنها مورد نیاز است و دستیابی به جواب مطلوب نیز با توجه به روشها و نرم افزارهای حاضر و با عنایت به حجم مسئله مورد بررسی به هیچ عنوان قابل تضمین نیست و بعضا حتی دستیابی به جواب شدنی مستلزم صرف نمودن زمان بسیاری است. برخی از تحقیقات با در نظر گرفتن فرضیات خاصی به مدلسازی ریاضی مسئله پرداخته اند.

۳- روش تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیق های کاربردی بوده که برای بررسی پیشینه موضوع از مطالعات کتابخانه ای و میدانی با تکنیک های مصاحبه و پرسشنامه برای جمع آوری داده های مورد نیاز استفاده شده است .در این تحقیق ابتدا معیارهای اصلی برای ارزیابی عملکرد متغیرها با استفاده از ادبیات موضوع و مصاحبه با کارشناسان و مهندسان شناسایی شده و سپس با استفاده از پرسشنامه های مقایسات زوجی، ضریب اهمیت هر کدام از معیارها را با استفاده از روش آنتروپی شانون بدست آورده شده و سپس به کمک تکنیک تصمیم گیری چند شاخصه COPRASبه رتبه بندی متغیرها پرداخته و متغیر مناسب را گزینش می نمائیم .در ادامه روش های آنتروپی شانون و کوپراس را شرح می دهیم .همچنین در این تحقیق با صاحبنظران و مهندسین و کارشناسان برنامه ریز برای تعیین متغیرها استفاده گردید.

۳-۱- روش کوپراس

در سالهای اخیر روش کوپراس بعنوان روش تصمیم گیری چند شاخصه به این دلایل کاربرد فراوانی داشته است؛ سادگی روش محاسبه، زمان اندک محاسبه، رتبه بندی کل گزینه ها، بهره گیری هم زمان از معیارهای کمی و کیفی، قابلیت محاسبه معیارهای مثبت(حداکثر)و معیارهای منفی(حداقل)به طور جداگانه در فرایند ارزیابی، تخمین درجه اهمیت هر گزینه به صورت درصد به منظور نشان دادن اندازه بهتر یا بدتر بودن یک گزینه و نیز تطبیق با شرایط و واقعیت های محلی و تجربی.

از این روش در مورد امور مختلف برنامه ریزی، برآوردهای مالی، حسابداری و همچنین جغرافیا و ... استفاده می شود .این روش توسط زاواداسکاس و کاکلاسکاس[۳۰] دانشمندان دانشگاه ویلینوس گیدیمیناس[۳۱] در سال ۱۹۹۶ به منظور تعیین اولویت ها و درجه مؤثر بودن گزینه ها توسعه پیدا کرد که در عین سادگی، بسیار کاربردی و قدرتمند بوده و برای محاسبه آن نیازی به عملیات پیچیده ریاضی نیست(پیتچیپو[۳۲]، ۲۰۱۴).

این روش از گام های زیر پیروی می کند:

گام اول : تشکیل ماتریس تصمیم گیری

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \\ A_j \\ \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} X_1 & X_2 & X_j & X_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & & & a_{1n} \\ a_{21} & & & a_{j2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{ij} & a_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & & & a_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

فرمول ۱

گام دوم : محاسبه وزن هر یک از معیارها به وسیله روش آنتروپی شانون

گام سوم : نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم گیری براساس رابطه ی زیر:

[30] Zavakasdus & Kaclackas
[31] Wilinus Guidiminas
[32] Pitchipoo

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

$$d_{ij} = \frac{\gamma_{ij}.w}{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}} , i = \Gamma, m \; ; \; j = \Gamma, n$$

فرمول ۲

در اینجا w وزن معیار j ام و rij مقدار هر گزینه به ازای هر معیار می باشد.

گام چهارم : محاسبه مجموع زون معیار نرمالیزه شده توصیف کننده گزینه ها :گزینه هایی که با معیارهای مثبت محاسبه می شوند با $S+j$و گزینه هایی که با معیارهای منفی محاسبه می شوند با $S-j$ نشان داده می شوند .مجموع $S+j$ و $S-j$ براساس فرمول زیر محاسبه می شود.

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^{m} d_{\pm ij} , i = \Gamma, m \; ; \; j = \Gamma, n$$

فرمول ۳

گام پنجم : محاسبه ارزش نهایی گزینه ها با فرمول زیر:

$$\emptyset_j = S_j^+ + \frac{S_{min}^- \sum_{j=1}^{n} S_j^-}{S_j^- \sum_{j=1}^{n} \frac{S_{min}^-}{S_j^-}} = S_j^+ + \frac{\sum_{j=1}^{n} S_j^-}{S_j^- \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{S_j^-}}$$

فرمول ۴

مقدار $\emptyset j$ نشان دهنده میزان ارزش و اهمیت هر یک از گزینه ها برحسب معیارها است .مقدار ارزش بالا نشانگر اهمیت و مطلوبیت بیشتر گزینه ها خواهد بود .بنابراین هر چه مقدار $\emptyset j$ بزرگتر باشد .نشان دهنده ی رتبه ی بالاتر آن گزینه در اولویت بندی خواهد بود.

گام ششم : مشخص کردن درجه اهمیت هر گزینه با استفاده از رابطه ی زیر:

$$N_j = \frac{\emptyset_j}{\emptyset_{max}} \times 100$$

فرمول ۵

هر چقدر مقدار $\emptyset j$ یک گزینه بالاتر باشد، مقدار Nj آن نیز بالاتر است .این مقدار به صورت درصد بیان می شود، یعنی مقدار آن از 0تا100 محاسبه می شود.

۳-۲- روش آنتروپی شانون

گام اول: ابتدا ماتریس تصمیم را تشکیل می دهیم.

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \\ A_j \\ \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} X_1 & X_2 & X_j & X_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & & & a_{1n} \\ a_{21} & & & a_{j2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{ij} & a_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & & & a_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

فرمول۶

گام دوم: ماتریس بالا را نرمال می کنیم و هر درایه نرمال شده را pij می نامیم. نرمال شدن به این صورت می باشد که درایه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می کنیم.

گام سوم: محاسبه آنتروپی هر شاخص

آنتروپی Ej به صورت زیر محاسبه می گردد و k به عنوان مقدار ثابت مقدار Ej را بین ۰ و ۱ نگه می دارد.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \times Ln\, P_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,m$$

$$k = \frac{1}{Ln\ m}$$

فرمول۷

گام چهارم: در ادامه مقدار (dj درجه انحراف) محاسبه می شود که بیان می کند شاخص مربوطه (dj) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می دهد .هر چه مقادیر اندازه گیری شده شاخصی به هم نزدیک باشند نشان دهنده آنست که گزینه های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

$$dj=1-Ej$$

فرمول۸

لذا نقش آن شاخص در تصمیم گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

گام پنجم: سپس مقدار وزن Wj محاسبه می گردد

$$wj=dj/\sum dj$$

فرمول۹

۴- یافته های پژوهش و تحلیل آن ها

پژوهش حاضر در یک کارخانه صنایع غذایی تولید کننده انواع نوشابه، به منظور انتخاب روش درست از میان رویکردهای مختلف توالی عملیات موجود انجام گرفته است. مدیران کارخانه تمایل به یافتن بهترین روش از میان هفت متغیر ذکر شده دارند.کمیته ای برای تصمیم گیری تشکیل گردید و داده های مورد نیاز با رویکردی که قبلاً توضیح داده شد، از ایستگاههای کاری، جمع آوری گردید. قوانین توالی عملیات، ابتکارات ساده ای است که برای انتخاب توالی ای که فعالیتها طبق آن باید پردازش شوند، اتخاذ شده است. مشهورترین این روش ها در زیر ذکر شده است که متغیرهای مطالعه حاضر را تشکیل می دهند.

۱) **EDD(earliest due date)** : فعالیت ها به ترتیب زودترین زمان مورد نیاز برای تحویل به مشتری در ایستگاه کاری پردازش می شوند.

۲) **CR(critical ratio)** : فعالیت ها به ترتیب افزایش نسبت بحرانی ایستگاه کاری پردازش می شوند. (نسبت زمان مورد نیاز برای انجام فعالیتهای باقی مانده به انجام کار در زمان باقیمانده)

۳) **LCFS(first come,first served)** : فعالیت ها به ترتیب از آخرین ایستگاه کاری تا اولین پردازش می شود .

۴) **FCFS(first come,first served)** : فعالیت ها به ترتیبی که به ایستگاه کاری می رسند پردازش می شوند.

۵) **SLACK**: شغل ها به ترتیب افزایش زمان توقف پردازش می شوند (زمان سررسید منهای زمان باقی مانده برای پردازش).

۶) **LPT(longest processing time)** : فعالیت ها به ترتیب زمان مورد نیاز پردازش در ایستگاه کاری پردازش می شوند، و فعالیتی که نیاز به حداکثر زمان پردازش دارد در اولین مرحله برنامه ریزی وارد ایستگاه کاری می گردد.

۷) **SPT(shortest processing time)** : فعالیت ها به ترتیب زمان مورد نیاز پردازش در ایستگاه کاری پردازش می شوند، و فعالیتی که نیاز به حداقل زمان پردازش دارد در اولین مرحله برنامه ریزی وارد ایستگاه کاری می گردد.

به طور کلی قوانین توالی عملیات فوق بر مبنای فرضیه های زیر می باشد:

- ✓ مجموعه کارها مشخص است؛ با شروع پردازش هیچ فعالیت جدیدی انجام نمی شود و هیچ فعالیتی نیز لغو نمی شود.
- ✓ زمان راه اندازی ثابت است.
- ✓ زمان راه اندازی مستقل از توالی عملیات است.
- ✓ زمان پردازش ثابت است.
- ✓ در حین پردازش هیچ وقفه ای مانند خرابی دستگاه، تصادفات و غیره، وجود نخواهد داشت.

نقش قوانین توالی عملیات به حداقل رساندن زمان تکمیل، تعداد فعالیتها در سیستم و تاخیر در زمان انجام کار است، در حالی که حداکثر بهره از امکانات را ببرد. اثربخشی هر توالی تعیین شده از طریق اندازه گیری عملکرد، محاسبه می شود. فهرست معیارهایی (اندازه گیری عملکرد) که برای ارزیابی قوانین توالی عملیات در نظر گرفته شده، در زیر آورده شده است.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

C1 : بیشترین تداخل فعالیت ها
C2 : زمان کل جریان
C3 : متوسط زمان تکمیل فعالیت ها
C4 : متوسط تداخل فعالیت ها
C5 : مجموع زمان پردازش
C6 : متوسط تعداد فعالیت ها در سیستم
C7 : مجموع تداخل فعالیت ها
C8 : بهره برداری

۴-۱- تجزیه و تحلیل یافته های حاصل از تعیین وزن معیارها

ابتدا داده های به دست آمده از توزیع پرسشنامه بین ۴۰ متخصص و کارشناس برنامه ریزی در ۴۰ کارخانه مواد غذایی تقسیم و عبارات زبانی بر مبنای طیف لیکرت و به قرار ذیل کیفی گردید:

- برای شاخص های مثبت : خیلی کم ۱ - کم۳- متوسط ۵ - زیاد ۷- خیلی زیاد ۹
- برای شاخص های منفی:خیلی زیاد۱- زیاد ۳- متوسط ۵ – کم ۷- خیلی کم۹
- برای اعداد۲ ،۱،۲، ۳بصورت "نسبتا" بیان می شود

سپس ماتریس وضع موجود به صورت مندرج در جدول ۱ تشکیل گردید :

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
EDD	7	7	6	1	5	5	3	**9**
CR	4	4	5	3	4	4	4	**5**
LCFS	7	7	7	6	7	3	6	**7**
FCFS	3	7	3	1	5	7	6	**6**
Slack	5	5	5	5	1	4	5	**9**
LPT	7	4	7	6	2	5	5	**4**
SPT	5	5	2	1	5	4	3	**7**

جدول۱

و سپس ماتریس بی مقیاس شده محاسبه گردید و در جدول ۲ جایگذاری شد

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
EDD	0.111	0.065	0.075	0.138	0.086	0.098	0.068	**0.130**
CR	0.138	0.130	0.094	0.108	0.103	0.118	0.091	**0.072**
LCFS	0.078	0.065	0.132	0.138	0.086	0.059	0.136	**0.087**
FCFS	0.101	0.109	0.094	0.077	0.155	0.118	0.114	**0.130**
Slack	0.115	0.109	0.151	0.138	0.086	0.118	0.068	**0.101**
LPT	0.088	0.109	0.094	0.092	0.103	0.137	0.091	**0.116**
SPT	0.069	0.087	0.075	0.108	0.103	0.059	0.068	**0.130**

جدول۲

و در نهایت وزن معیارها با روش آنتروپی شانون به صورت مندرج در جدول ۳ به دست آمد:

	نوع معیار	Ej	dj	Wj
C1	-	0.989	0.011	**0.074**
C2	-	0.984	0.016	**0.108**
C3	-	0.969	0.301	**0.209**
C4	-	0.979	0.021	**0.142**

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

C5	-	0.982	0.018	**0.122**
C6	-	0.980	0.020	**0.135**
C7	-	0.986	0.014	**0.095**
C8	+	0.983	0.017	**0.115**

جدول ۳

وزن معیارها به دست آمده و جهت رتبه بندی متغیرها از طریق روش کوپراس مورد استفاده قرار گرفت. زمان پردازش (شامل زمان راه اندازی) و زمان تحویل برای ۶ فعالیتی که منتظر پردازش در ایستگاههای کاری بودند ، جمع آوری و در جدول ۴ قرار داده شد.

نام فعالیت	زمان پردازش(روز)	تاریخ تحویل(روز)
A	2	**7**
B	8	**16**
C	4	**4**
D	10	**17**
E	5	**15**
F	12	**18**

جدول ۴

کارایی هریک از معیار ها ارزیابی متغیرها با هریک از قوانین توالی عملیات محاسبه شده و در جدول ۵ قرار داده شد:

	C1(days)	C2(days)	C3(days)	C4(days)	C5(days)	C6	C7(days)	C8(%)
EDD	23	110	18.33	6.33	41	2.68	38	**37.27**
CR	24	133	22.17	9.67	41	3.24	57	**30.83**
LCFS	34	167	27.83	16	41	4.07	96	**24.55**
FCFS	23	120	20	9	41	2.93	54	**34.17**
Slack	26	133	22.17	9.5	41	3.24	57	**30.83**
LPT	35	179	29.83	18	41	4.37	108	**22.91**
SPT	23	108	18	6.67	41	2.63	40	**37.96**

جدول ۵

ماتریس تصمیم نرمال شده محاسبه شده و در جدول ۶ قرار داده شد:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
EDD	0.017	0.019	0.025	0.09	0.011	0.008	0.020	**0.014**
CR	0.019	0.010	0.018	0.016	0.012	0.010	0.023	**0.015**
LCFS	0.027	0.017	0.013	0.010	0.008	0.019	0.017	**0.09**
FCFS	0.010	0.013	0.025	0.09	0.007	0.017	0.035	**0.013**
Slack	0.018	0.017	0.012	0.013	0.008	0.012	0.022	**0.021**
LPT	0.017	0.009	0.012	0.018	0.010	0.014	0.016	**0.022**
SPT	0.013	0.013	0.022	0.013	0.010	0.007	0.036	**0.012**

جدول ۶

و در نهایت با استفاده از فرمول های مطرح شده و انجام محاسبات مراحل مختلف تکنیک کوپراس جدول ذیل حاصل گردید:

	S+j	S-j	Q j	N j	رتبه
EDD	0.106	0.017	0.142	100	**1**

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

CR	0.098	0.025	0.123	86.62	**5**
LCFS	0.095	0.023	0.122	85.92	**6**
FCFS	0.101	0.024	0.127	89.84	**3**
Slack	0.103	0.026	0.127	89.44	**4**
LPT	0.097	0.026	0.121	85.21	**7**
SPT	0.106	0.020	0.137	96.48	**2**

جدول ۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

نتیجه گیری

با توجه به رتبه بندی انجام شده در جدول شماره۷ روش های توالی عملیات بر اساس معیارهای ارزیابی الویت بندی می گردید و رتبه های حاصل به ترتیب زیر می باشد :

EDD > SPT > FCFS > SLACK > CR > LCFS > LPT

همچنین الویت بندی معیارهای ارزیابی با در نظر گرفتن اوزان به دست آمده از روش آنتروپی شانون به ترتیب ذیل است:

C3>C7>C2>C8>C5>C6>C4>C1

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

منابع و مراجع

[۱] اصغرپور، محمد جواد،۱۳۸۱ ، تصمیم گری های چند معیاره،انتشارات دانشگاه تهران .

[۲] حیدری، علی؛ حیدری، محمد ، ۱۳۸۷ ، انتخاب پیمانکاران به کمک روش AHP ، کنفرانس ملی مهندسی ارزش در صنعت ساختمان، تهران.

[۳] رجایی، حسن؛ حضرتی، ایوب ، ۱۳۸۷ ،ارائه مدل تصمیم گیری چند معیاره Fuzzy SAW و Fuzzy Topsis برای پیش اصلاحی و انتخاب پیمانکاران و مقایسه نتایج آنها، چهارمین کنفرانس مدیریت پروژه.

[۴] رزمی، جعفر؛ حاله، حسن؛ مشکین فام، حسن ، ۱۳۸۶ ، ارزیابی و انتخاب پیمانکاران عمرانی در مناقصه ها با استفاده از تصمیم گیری چند شاخصه فازی،- پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت، تهران.

[۵] زارع مهر جودی، یحیی؛ مؤمنی، حجت الله؛ برقی، شاهین ، ۱۳۸۹ ، الگوی ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در پروژه های پتروشیمی؛ رویکرد تکنیک های تصمیم گیری تکنیک بودا، نشریه کاوشهای مدیریت بازرگانی، شماره9 ، صص۲۷-۵۰.

[۶] عباس نیا، رضا؛ افشار، عباس؛ اشتهاردیان، احسان،۱۳۸۴ ، روشی نوین در ارزیابی پیش صلاحیت پیمانکاران، مجله بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و- صنعت ایران.

[۷] مظاهری زاده، یونس؛ ناجی عظیمی، زهرا؛ پویا، علیرضا، ۱۳۹۲ ، شناسایی و ارزیابی شاخص های مؤثر در انتخاب پیمانکاران پروژه های فایناس شرکت آب و- فاضلاب مشهد، ششمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات.

[۸] نصرالهی، مهدی، ۱۳۹۴، به کارگیری F-PROMETHEE ، برای ارزیابی و رتبه بندی پیمانکاران پروژه های عمرانی، نشریه مدیریت صنعتی، شماره ۱۶ صص ۱۷۵-۱۸۸.

[9] Ahari, R. & Niaki, S.T.A.(2014). Contractor selection in Gas well-drilling Projects with Quality Evolution using Neuro-Fuzzy Networks. 2014 international conference on Future information Engineering, 274-279.

[10] Al-Harbi KM2001 International journal of project management. 1919-27.

[11] Allahverdi A. Gupta J.N.D. Aldowaisan T., 1999. A review of scheduling research involving setup considerations, OMEGA, International Journal of Management Science 27, 219–239.

[12] Allahverdi A. Ng C.T. Cheng T.C.E. Kovalyov M.Y., 2008. A survey of scheduling problems with setup times or costs, European Journal of Operational Research 187, 985-1032.

[13] Bryan A., Norman, 1999. Scheduling flowshops with finite buffers and sequence-dependent setup times, Computers & Industrial Engineering 36(1), 163-177.

[14] Campbell H.G. Dudek R.A. Smith M.L., 1970. A heuristic algorithm for the n job, m machine sequencing problem. Management Science 16(10), B630–B637.

[15] Cheng T.C.E. Gupta J.N.D. Wang G., 2000. A review of flowshop scheduling research with setup times. Production and Operations Management 9, 262–282.

[16] complex world.RWS publications.

[17] da Silva AC, Belderrain MC and Pantoja FC 2011Journal of Aerospace Technology and

[18] Dalalah D, Al-Oqla F and Hayajneh M 2010Jordan Journal of Mechanical and Industrial

[19] Dashti, M., Mirani, M. & Karimiayan, M. (2011). Evaluation and Selection of Contractors, Construction projects using the FMADM algorithm, National Congress of structures, road, architecture, chaloos, Islamic Azad university chaloos Branch. (in Persian).

[20] Deepu Philip, 2005. Scheduling Reentrant Flexible Job Shops With Sequence Dependent Setup Times, MS Thesis, Montana State University.Economics.138215-41.

[21] Ekşioğlu B. Ekşioğlu S.D. Jain P., 2008. A tabu search algorithm for the flowshop scheduling problem with changing neighborhoods. Computers & Industrial Engineering 54, 1-11.

[22] Eren T. Güner E., 2006. A bicriteria scheduling with sequence-dependent setup times, Applied Mathematics and Computation 179(1), 378-385.

[23] Garey M.R. Johnson D.S. Sethi R., 1976. The complexity of flowshop and job-shop scheduling, Mathematics of Operations Research 1(2), 117–129.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

[24] Gupta D., Magnusson T., 2005. The capacitated lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent setup costs and setup times, Computers & Operations Research 32, 727-747.
[25] Gupta N.D., 1975. A search algorithm for the generalized flowshop scheduling problem, Computer and Operation Research 2, 83-90.
[26] Gupta S.R. Smith J.S., 2006. Algorithms for single machine total tardiness scheduling with sequence dependent setups. European Journal of Operational Research 175, 722-739.
[27] Handbook of Industrial Engineering, 2th Edition., 1992. Salvendy G, editor.Ostwald P.F.
[28] Johnson S.M., 1954. Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included. Naval Research Logistics Quarterly 1, 61–68.
[29] Kenneth R. Baker, 1996. Elements of sequencing and scheduling, 3th. University of Toronto bookstores.
[30] Liang WY 2003Benchmarking: An International Journal.10445-56.
[31] Logendran R. Salmasi N. Sriskandarajah C., 2006. Two-machine group scheduling problems in discrete parts manufacturing with sequence-dependent setups, Computers & Operations Research 33(1) 158-180.
[32] Luthra S, Mangla SK, Xu L and Diabat A 2016International Journal of Production Economics.
[33] Management. 2339-48.
[34] Nawaz M. Enscore Jr E.E. Ham I., 1983. A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flowshop sequencing problem. OMEGA, The International Journal of Management Science 11(1), 91–95.
[35] Okoroh, MI. & Torrance VB.A Model for subcontractor selection in refurbishment projects. Construction Management and Economics 1999, 17(3):315-28.
[36] Osman I.H. Potts C.N., 1989. Simulated annealing for permutation flowshop scheduling. OMEGA, The International Journal of Management Science 17(6), 551–557.
[37] Parthasarathy S. Rajendran C., 1997. An experimental evaluation of heuristics for scheduling in a real-life flowshop with sequence-dependent setup times of jobs, International Journal of Production Economics 49(3), 255-263.
[38] Paulo M. França, Gupta J.N.D. Alexandre S., Mendes, Pablo Moscato, Klaas J. Veltink, 2005. Evolutionary algorithms for scheduling a flowshop manufacturing cell with sequence dependent family setups, Computers & Industrial Engineering 48(3), 491-506.
[39] Pinedo M., 1995. Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. 4th. Prentice Hall, NJ.
[40] Pitchipoo, P,… << COPRAS DECISION Model to optimize Blind spot in Heavy Vehicles >> procedia Engineering 97 (2014) p. 1049-1059.
[41] Rangone A 1996International Journal of Operations & Production Management.16104-19.
[42] Reeves C.R., 1995. A genetic algorithm for flowshop sequencing. Computers & Operations Research 22(1), 5–13.
[43] Ríos-Mercado R.Z. Bard J.F., 1998. Computational experience with a branch-and-cut algorithm for flowshop scheduling with setups. Computers & Operations Research 25(5), 351–366.
[44] Ríos-Mercado R.Z. Bard J.F., 1999a. A branch-and-bound algorithm for permutation flowshops with sequence-dependent setup times. IIE Transactions 31, 721–731.
[45] Ríos-Mercado R.Z. Bard J.F., 1999b. An enhanced TSP-based heuristic for makespan minimization in a flowshop with setup times. Journal of Heuristics 5, 53–70.
[46] Ruiz R. Maroto C., 2004. A comprehensive review and evaluation of permutation flowshop heuristics. European Journal of Operational Research [to appear].
[47] Ruiz R. Stutzle T., 2008. An iterated greedy heuristic for the sequence dependent setup times flowshop with makespan and weighted tardiness objectives. European Journal of Operational Research 187, 1143-1159.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

[48] Ruiz, R. Maroto C. Alcaraz J., 2005. Solving the flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times using advanced metaheuristics, European Journal of Operational Research 165(1) 34-54.
[49] Ruiz-Torres A.J. Centeno G., 2008. Minimizing the number of late jobs for the permutation flowshop problem with secondary resources. Computers & Operations Research 35, 1227-1249.
[50] Saaty TL 1990 Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a
[51] Saaty TL 1990 European journal of operational research. 489-26.
[52] Saaty TL and Kearns KP 2014 Analytical planning: The organization of system. Elsevier.
[53] Schaller E. Gupta J. N. D. Vakharia J., 2000. Scheduling a flowshop manufacturing cell with sequence dependent family setup times, European Journal of Operational Research 125(2), 324-339.
[54] Schaller J. Gupta J.N.D. Vakharia A.J., 2000. Scheduling a flowline manufacturing cell with sequence dependent family setup times. European Journal of Operational Research 125, 324–339.
[55] Sivakumar R, Kannan D and Murugesan P 2015Resources Policy. 4664-75.
[56] Stafford F. Tseng T., 2002. Two models for a family of flowshop sequencing problems, European Journal of Operational Research 142(2), 282-293.
[57] Stafford Jr E.E. Tseng F.T., 1990. On the Srikar–Ghosh MILP model for the N×M SDST flowshop problem. International Journal of Production Research 28(10), 1817–1830.
[58] Subramanian N and Ramanathan R 2012 International Journal of Production
[59] Tahriri F, Osman MR, Ali A, Yusuff RM and Esfandiary A 2008Journal of Industrial
[60] Tang L. Huang L., 2005. Optimal and near-optimal algorithms to rolling batch scheduling for seamless steel tube production, International Journal of Production Economics 105, 357–371.
[61] Tseng F.T. Stafford Jr E.E., 2001. Two MILP models for the N×M SDST flowshop sequencing problem. International Journal of Production Research 39(8), 1777–1809.
[62] Wang X. Cheng T.C., 2007. An approximation scheme for two-machine flowshop scheduling with setup times and an availability constraint. Computers & Operations Research 34, 2894-2901.
[63] Widmer M. Hertz A., 1989. A new heuristic method for the flowshop sequencing problem. European Journal of Operational Research 41, 186–193.