بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

مقالات خارجی

……..……, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات داخلی

.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع-صنایع

عنوان:

ارایه یک الگوریتم حل موثر برای حل مساله تولید کارگاهی انعطاف پذیر با درنظرگیری جریان محموله

استاد راهنما:
دکتر پرویز فتاحی

نگارش:
سهند مفرنگ بالانی

۳۱ شهریور ۱۳۹۲

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

ارایه یک الگوریتم حل موثر برای حل مساله تولید کارگاهی انعطاف پذیر با درنظرگیری جریان محموله

نام نویسنده: سهند مفرنگ بالانی

نام استاد راهنما: دکتر پرویز فتاحی

نام استاد مشاور:

دانشکده : مهندسی	**گروه آموزشی: مهندسی صنایع**	
رشته تحصیلی: مهندسی صنایع	**گرایش تحصیلی: صنایع**	**مقطع تحصیلی: ارشد**
تاریخ تصویب: ۴ /۴/ ۹۱	**تاریخ دفاع: ۹۲ /۶/۳۱**	**تعداد صفحات: ۹۳**

چکیده:

امروزه انجام عملیات‌ها بطور کارا برای بنگاه‌های تولیدی، به منظور باقی ماندن در بازار رقابتی جهانی ضروری است. تولیدکنندگان نیازمند پاسخ گویی سریع به نیازهای مشتریان و تولیدات با کیفیت بالا می‌باشند. ظهور تکنولوژی-های جدید، بهبود پیوسته در کیفیت تولیدات و اتخاذ تکنیک‌های برنامه‌ریزی تولید پیشرفته این امر را میسر ساخته-است. جریان محموله یکی از تکنیک‌های برنامه‌ریزی تولید است که بطور موثری به سرعت جریان مواد بین ماشین‌ها می-افزاید و در نتیجه دوره ساخت را کوتاه می‌سازد. جریان محموله شامل تقسیم یک محموله(دسته) تولیدی از کارها به زیرمحموله‌های با اندازه کوچکتر و سپس درنظرگیری روی هم‌افتادگی در حین پردازش آنها است. ما در این پایان‌نامه یک مدل برنامه‌ریزی تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر را با درنظرگیری جریان محموله توسعه می‌دهیم. به منظور حل موثر مدل، یک الگوریتم ترکیبی شامل جستجوی هارمونی و شبیه‌سازی تبرید پیشنهاد شده است. مثال‌های گوناگون برای نشان دادن تاثیرات جریان محموله روی دوره ساخت آورده شده و نتایج بدست آمده بسیار دلگرم کننده است.

واژه‌های کلیدی: جریان محموله؛ تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر؛ الگوریتم جستجوی هارمونی؛ الگوریتم شبیه‌سازی تبرید

فهرست مطالب

فصل اول : کلیات تحقیق

۱.۱.مقدمه ۳

۲.۱.بیان مساله ۴

۳.۱.ضرورت و سابقه انجام تحقیق ۵

۴.۱.اهداف تحقیق ۶

۵.۱.ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم : مرور ادبیات تحقیق

۱.۲.مقدمه ۱۱

۲.۲.مساله زمانبندی تولید کارگاهی ۱۱

۳.۲. مساله زمانبندی تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر ۱۳

۴.۲.رویکردهای حل FJSP ۱۴

۵.۲.روش‌های حل مساله FJSP ۱۵

۶.۲.تابع هدف ۱۶

۷.۲.تعاریف مورد نیاز برای حل FJSP ۱۶

۱.۷.۲.انواع زمانبندی ۱۶

۲.۷.۲.مسیر بحرانی ۱۷

۳.۷.۲.بلوک ۱۷

۴.۷.۲.نحوه نمایش جواب(کدگذاری) ۱۷

۵.۷.۲.کدگشایی ۱۸

۸.۲.مدلبندی ریاضی FJSP ۱۸

۹.۲.کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مسالهFJSP ۲۱

۱۰.۲.جریان محموله ۳۱

۱۱.۲.کاربرد جریان محموله در تولید کارگاهی ۳۳

۱۲.۲.کاربرد جریان محموله در تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر ۳۷

فصل سوم : مدل‌سازی و ارایه روش حل

۱.۳.مقدمه ۴۱

۲.۳.معرفی مساله ۴۱

۳.۳.چارچوب پیشنهادی برای حل مساله ۴۲

۴.۳.مدل برنامه‌ریزی خطی مساله ۴۳

۵.۳.توسعه مدل پیشنهادی ۴۵

۱.۵.۳.درنظرگیری زمان آماده سازی منفصل ۴۵

۶.۳.الگوریتم جستجوی هارمونی ۴۶

۷.۳.اصول پایهای الگوریتم جستجوی هارمونی ۴۷

۸.۳.مراحل پیاده سازی الگوریتم جستجوی هارمونی ۴۹

۹.۳.الگوریتم جستجوی هارمونی پیشنهادی ۵۰

۱.۹.۳.تابع برازندگی ۵۰

۲.۹.۳.نحوه نمایش جواب ۵۱

۳.۹.۳.کد گشایی جوابها ۵۱

۴.۹.۳.تولید جواب اولیه ۵۲

۵.۹.۳.تولید سایز اولیه برای زیر محموله‌ها ۵۳

۶.۹.۳.ساخت هارمونی جدید ۵۴

۷.۹.۳.به روز رسانی حافظه هارمونی ۵۷

۸.۹.۳بررسی شرط توقف ۵۷

۱۰.۳.شبیه‌سازی تبرید ۵۸

۱.۱۰.۳.پارامترهای موثر بر الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۶۰

۱۱.۳.معرفی سطوح پارامترها ۶۲

۱.۱۱.۳.طراحی آزمایشها ۶۳

فصل چهارم : نتایج آزمایش‌های عددی

۱.۴ مقدمه ۶۸

۲.۴ مسائل نمونه ۶۸

۳.۴ نتایج حاصل از حل مسائل نمونه با الگوریتم پیشنهادی ۶۹

۴.۴ نتایج حاصل از حل مسائل نمونه با درنظرگیری جریان محموله ۷۳

۵.۴ تحلیل نتایج حاصل از بکارگیری تغییرات پیشنهادی در ساختار الگوریتم جستجوی هارمونی ۷۷

۶.۴ ارزیابی کارایی الگوریتم در حالت درنظرگیری جریان محموله ۷۹

فصل پنجم : نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهاد برای تحقیقات آتی

۱.۵. مقدمه ۸۳

۲.۵. نتیجه‌گیری ۸۳

۳.۵. پیشنهاد برای تحقیقات آتی ۸۵

مراجع ۸۹

فهرست جداول

جدول(۲- ۱)- مرور مدلهای ریاضی FJSP ۱۸

جدول(۳-۱)-پارامترهای موثر بر الگوریتم جستجوی هارمونی ۶۳

جدول(۳-۲)-پارامترهای موثر بر الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۶۳

جدول(۳-۳)-مقادیر انتخابی برای پارامترهای موثر ۶۵

جدول(۴-۱) مشخصات مسائل نمونه ۶۹

جدول(۴-۲)- نتایج حاصل از حل مسائل نمونه ۷۰

جدول(۴-۳)-نتایج اعمال الگوریتمهای دیگر روی مسائل نمونه حل شده ۷۱

جدول(۴-۴)-نتایج حاصل از جریان محموله با Lingo و کران و الگوریتم پیشنهادی ۷۴

جدول(۴-۵)-نتایج حاصل از جریان محموله و درصد بهبود درصورت بکارگیری آن ۷۶

جدول(۴-۶)- نتایج حاصل از بکارگیری تغییرات پیشنهادی در ساختار الگوریتم جستجوی هارمونی ۷۷

جدول(۴-۷)- نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی و HS ۷۸

جدول(۴-۸)- نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی و GA ۷۹

فهرست اشکال

شکل(۲-۱)-شمایی از ورود وخروج کارها به یک ماشین در مدل تولید کارگاهی ۹

شکل(۲-۲)-نمایشی از مساله تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر ۱۴

شکل(۲-۳)-انجام کارها بدون بهره گیری از جریان محموله ۳۴

شکل(۲-۴)-تاثیر بهره گیری از جریان محموله در زمان اتمام کارها ۳۵

شکل(۳-۱)-نحوه تخصیص شماره فعالیتها،j:شماره کار،s:شماره زیرمحوله،o:شماره عملیات ۵۱

شکل(۳-۲)-نمایش تخصیص عملیاتها به ماشینها و توالی مربوط به آنها ۵۱

شکل(۳-۳)-الف:عملیاتهای ۲ و ۵ انتخاب شده‌اند ۵۶

شکل(۳-۳)-ب:عمل معکوس‌سازی روی عملیاتهای مابین ۲و۵ اعمال شده‌است ۵۶

شکل(۳-۴)-الف:عملیاتهای ۲ و ۵ انتخاب شده اند. ۵۶

شکل(۳-۴)-ب:عمل حذف و انتقال روی عملیات ۲ اعمال شدهاست. ۵۷

شکل(۳-۵)-رویه بهینه‌سازی الگوریتم HS پیشنهادی ۵۸

شکل(۴-۱)-مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی با الگوریتمهای[۲۱] ۷۲

شکل(۴-۲)-مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم AIA ۷۳

شکل(۴-۳)-گانت چارت حل نمونه اول قبل و بعد از اعمال جریان محموله ۷۵

شکل(۴-۴)-مقایسه پاسخ‌های حاصل از درنظرگیری جریان محموله با عدم درنظرگیری ۷۷

شکل(۴-۵)-مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری تغییرات پیشنهادی در ساختار الگوریتم جستجوی هارمونی ۷۸

شکل(۴-۶)-مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی و GA ۷۹

فصل اول

کلیات تحقیق

۱.۱.مقدمه

تعیین برنامه زمانبندی و توالی عملیات در مسائل برنامه ریزی تولید به عنوان یکی از عوامل کلیدی موفقیت در هر سازمان تولیدی نقش مهم و موثری دارد، زیرا زمانبندی تولید باعث جلوگیری از انباشت سرمایه، تقلیل ضایعات، کاهش و یا حذف بیکاری ماشین‌آلات و تلاش برای استفاده بهتر از آنها، پاسخگویی بموقع به سفارش‌های مشتریان و تامین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز در موقع مناسب می‌شود. هدف زمانبندی تولید اصولا تخصیص منابع محدود در طول زمان برای انجام گروهی از فعالیت‌ها است. داشتن یک برنامه زمانبندی تولید مناسب، تاثیر زیادی بر افزایش کارایی و دسترسی به اهداف سازمان دارد. مدل زمانبندی تولید در هر یک از سازمان‌های تولیدی با توجه به اهداف و اولویت‌های دسترسی به هر یک از آن‌ها، متفاوت است. بنابراین برای تعیین مدل زمانبندی مناسب در سازمان ابتدا باید اهداف، اولویت‌ها و محدودیت منابع مورد بررسی قرار گیرد. برنامه‌ریزی تولید در واقع زمان‌بندی و تعیین ترتیب اولویت‌های انجام کارها به صورت بهینه می‌باشد واضح است که برای یک واحد تولیدی حداقل نمودن هزینه و افزایش بهره‌وری اهمیت زیادی دارد بنابراین اولویت‌بندی در برنامه (در تعداد، زمان و مکان)، به منظور حداقل کردن هزینه و افزایش بهره‌وری ضرورت دارد.

امروزه اغلب کارخانجات کشور، بدون استفاده از روش‌های علمی برنامه‌ریزی تولید مشغول به کار هستند و لذا با مسائلی مانند وقفه‌های مختلف در تولید، عدم وجود پیش بینی درخصوص مواد اولیه مورد نیاز، مدت زمان لازم برای تولید، عدم توانایی تصمیم گیری در خصوص ترکیب تولید و غیره مواجه هستند.

مسائل زمانبندی تولید بسیار متنوع هستند و دامنه وسیعی از پدیده‌های صنعتی را در بر می-گیرند. مدل سازی پدیده‌های تولیدی این امکان را فراهم می کند که مدیر بتواند فرایند تولید را از ابعاد مختلف زمانی و هزینه‌ای بهینه کرده و بهره‌وری تولید را افزایش دهد. روش‌های حل مسائل تولید از طریق مدل‌های کمی، نه تنها راه حل بهینه را برای وضعیت فعلی تولید نشان خواهد داد بلکه

به برنامه‌ریزان کمک خواهد نمود که به سوالات خود پیرامون تغییرات شرایط گونگون نیز پاسخ گویند و حال آنکه پاسخ این گونه سوالات از طریق تجربی و عملی ممکن است هزینه زا و در بسیاری از موارد غیر ممکن باشد.

۲.۱.بیان مساله

مساله زمانبندی تولید کارگاهی، متشکل از مجموعه‌ای از کارها است که باید بر روی مجموعه-ای از ماشین‌ها انجام گیرد. هر کار از تعدادی عملیات تشکیل شده‌است که باید با ترتیبی مشخص روی ماشین مجاز خود بدون وقفه و در مدت زمانی معلوم پردازش شوند. یک ماشین در هر لحظه قادر است تنها یک عملیات را پردازش کند. با این تفاسیر مساله شامل تعیین توالی عملیات‌ها در هر یک از ماشین آلات، برای ارضاء تابع هدفی است که در نظر گرفته‌شده‌است. مساله زمانبندی تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر حالت توسعه یافته‌ای از مساله کلاسیک آن است. تفاوت در انعطاف‌پذیری مساله در انتخاب ماشین مورد نظر برای پردازش است، زیرا که در آن برای انجام هر عملیات بیش از یک ماشین وجود دارد. در این حالت تخصیص عملیات‌ها به ماشین‌ها نیز به مساله اضافه می‌شود و به این ترتیب به پیچیدگی‌های مساله افزوده می‌گردد[۵]. اما نوآوری این پژوهش از آنجا آغاز می‌شود که روش‌های تقسیم اندازه کارها[1] را بر مساله زمانبندی تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر اعمال می‌کنیم. در این حالت کارها به صورت محموله[2] فرض می‌شوند و طی فرایندی به اجزای کوچک‌تر تقسیم شده و پردازش روی آنها انجام می‌گیرد.

[1] Lot Splitting
[2] Lot

۳.۱.ضرورت و سابقه انجام تحقیق

ضرورت زمانبندی بر کسی پوشیده نیست و بطور خاص موضوع زمانبندی در فرایند تولید، گاه دارای چنان مزایایی است که در صورت عدم وجود، سازمان‌های تولیدی را از مسیر سالم رشد و ادامه حیات در محیط رقابتی منحرف می‌سازد. در صورت پیاده سازی موفق یک سیستم مدیریت تولید جامع، شرکتها می توانند از مزایای زیر برخوردار گردند:

۱. کمک به مسئولین خط تولید در برنامه ریزی بهینه تولید
۲. کاهش حجم موجودی در انبار
۳. افزایش قدرت پیش بینی وضعیت تولید و در نتیجه کمک به تصمیم گیری در پذیرش سفارشات
۴. کاهش برون سپاری و استفاده حداکثری از توان داخلی شرکت
۵. استفاده بهینه از توان ماشین آلات و پرسنل
۶. مدیریت بهتر محصولات، قطعات و ضایعات
۷. افزایش سود و کاهش هزینه ها به واسطه نتیجه بهینه سازی
۸. افزایش خوش قولی به واسطه تحویل به موقع محصول به مشتری
۹. تعیین برنامه بهینه تولید هر ماشین
۱۰. کاهش زمان بیکاری ماشین آلات بواسطه انتظار برای دریافت قطعه نیم ساخته

همچنین بطور ضمنی به تصمیم گیری در زمینه بکارگیری ماشین‌الات جدید و تحلیل حساسیت عملیات تولید نسبت به تغییر شرایط مختلف و شناسایی تنگناها و گلوگاهها، کمک می‌کند.

در طول سال‌های گذشته، نحوه برخورد با شرایط پیش روی برنامه ریزی تولید و زمانبندی، همواره یکی از دغدغه‌های برنامه‌ریزان بوده و راهکارهای گوناگونی با هدف آسان‌سازی تحلیل مسائل و پیاده‌سازی آنها در محیط‌های عملی پیشنهاد شده‌است. دامنه این راهکارها، آنجایی که پیچیدگی

مسائل بیش از حد بالا می‌رود، پای استفاده از الگوریتم‌های هوشمند را نیز به میان آورده است و مطالعات حاکی از پیشرفت‌های قابل توجهی در استفاده از این الگوریتم‌ها در تولید و تحقیقات مربوط به آن می‌باشد.

طبق مطالعات صورت گرفته که در فصل دوم به آن اشاره خواهد شد اعمال رویکردها و تکنیک‌های جدید در مواجهه با مسائل تولیدی به ویژه مساله تولید کارگاهی، بهبود نتایج چشمگیری را در بر خواهد داشت. از آنجایی که مطالعات روی یک مدل جامع وکارا با در نظر گرفتن جریان محموله برای مساله تولید کارگاهی در حالت انعطاف‌پذیر، بسیار محدود است، این موضوع ضرورت مطالعه و تحقیق جهت ارایه مدلی مناسب و راه حل موثر برای آن را تبیین می‌کند.

۱.٤.اهداف تحقیق

همانطور که گفته شد هدف از این تحقیق به طورکلی ارایه یک برنامه زمانبندی تولید برای محیط تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر است. با این وجود نتایج این مطالعه در موارد زیر جای تامل دارد:

۱. ارایه ضرورت استفاده از رویه جریان محموله در مساله تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر.
۲. ارایه مدل ریاضی منحصر بفرد برای مساله تولید کارگاهی با رویکرد جریان محموله.
۳. نمایش کاهش دوره ساخت در طی یک برنامه زمانبندی با اعمال رویکرد جریان محموله و متعاقبا کاهش هزینه‌های مرتبط با استفاده از الگوریتم پیشنهادی.

۱.۵.ساختار پایان نامه

ساختار پایان‌نامه در فصل‌های بعدی به این شرح است:

در فصل دوم ابتدا مروری بر مسائل تولید کارگاهی و کارگاهی انعطاف‌پذیر، شرح ویژگی‌ها وتعریف مورد نیاز آنها و مدل‌های ارایه شده خواهیم داشت. در ادامه فصل دوم به تعاریف و کاربردهای جریان محموله به ویژه در تولید کارگاهی و مطالعات انجام‌گرفته روی آن می‌پردازیم. در فصل سوم ابتدا یک

مدل برنامه‌ریزی خطی برای حل مساله تولید کارگاهی با جریان محموله ارایه شده است. با تشخیص NP-hard بودن مساله، کارا نبودن مدل برنامه ریزی خطی آشکار شده و برای حل از یک الگوریتم فراابتکاری بهره برده‌ایم. در فصل چهارم نتایج حاصل از بکارگیری روش پیشنهادی از طریق حل مسائل نمونه مشخص شده و نتایج حاصل از به‌کارگیری الگوریتم پیشنهادی حتی‌الامکان با مطالعات دیگر در این زمینه مقایسه می‌گردد. نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادات آتی در زمینه مساله مورد بررسی نیز محتوای فصل پنجم را تشکیل می‌دهد.

فصل دوم

مرور ادبیات تحقیق

۱.۲.مقدمه

مساله زمانبندی و تعیین توالی عملیات به عنوان یکی از مراحل نهایی برنامه‌ریزی تولید نقش بسزایی در تحقق اهداف تولیدی و خدماتی دارد. به علت کاربرد روزافزون تولید کارگاهی در صنایع بزرگ تولیدی مانند خودروسازی و مونتاژ، نقش زمانبندی تولید کارگاهی روز به روز پررنگ‌تر شده و مطالعات پیرامون بهبود آن رونق بسیاری یافته‌است.

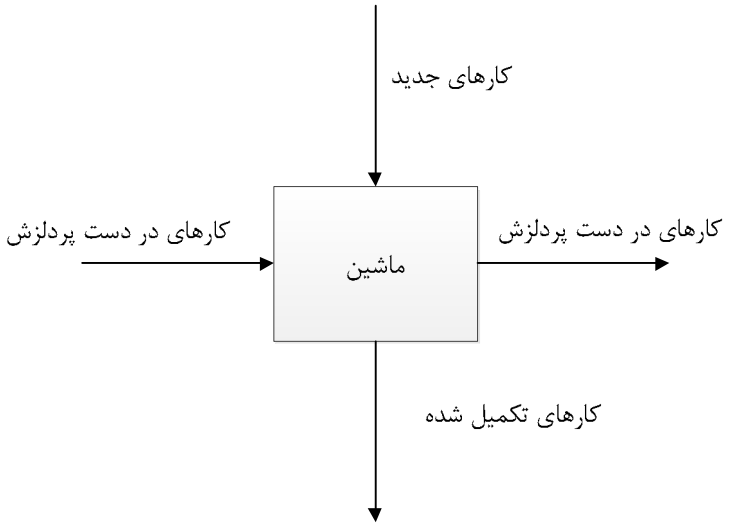
در این فصل ابتدا به تعاریف مورد نیاز در تشریح مساله زمان‌بندی تولیدکارگاهی و حالت انعطاف‌پذیر آن، روشها و رویکردهای حل این مساله و معرفی مدلهای ریاضی شناخته شده می‌پردازیم و در ادامه به رویکرد جریان محموله و نحوه بکارگیری آن در مساله تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر و مطالعات انجام‌گرفته پیرامون این موضوع، خواهیم‌پرداخت.

۲.۲.مساله زمان‌بندی تولید کارگاهی[1]

عناصر یک مساله زمانبندی تولید کارگاهی(JSP) مجموعه ای از ماشینها و مجموعه ای از کارهای آماده برای زمانبندی است. مدل متداول آن بدین صورت خواهد بود که n کار باید توسط m ماشین پردازش شوند. هر کار شامل یک سری عملیات می‌باشد که باید با یک توالی خاص و روی یک ماشین خاص بدون انقطاع[2] در فرآیند، پردازش شوند. هر ماشین در هر لحظه فقط می تواند یک عملیات را پردازش کند و هر عملیات فقط بر روی یک ماشین قابل اجرا می‌باشد که صرفا یک مساله توالی است. در حالتی که تعداد کارها بیش از ماشینها باشد، برای انجام تمامی عملیاتها باید بیش از یکبار از برخی ماشینها استفاده‌کرد. برخلاف مدل کارگاه گردش کاری[3]، در اینجا هیچ ماشین آغازگر

[1] Job shop scheduling
[2] Preemption
[3] Flow shop

یا پایانی وجود ندارد. زمان پایان آخرین عملیات در اصطلاح دوره ساخت[1] نامیده می‌شود[۵]. در این مدل می‌توان هرماشین را در کارگاه با جریانهای ورود و خروج کار همچون شکل(۲-۱) مشخص کرد.



شکل(۲-۱)-شمایی از ورود وخروج کارها به یک ماشین در مدل تولید کارگاهی

جواب زمانبندی تولید کارگاهی می‌تواند بصورت جایگشت عملیاتی کارها روی ماشین‌ها ارایه شود. تعداد کل زمانبندی های ممکن(اعم از شدنی و نشدنی) برای یک مساله با n کار و m ماشین برابر با $n!^m$ خواهد بود. بطور مشهود برای یافتن جواب بهینه بررسی تمام زمانبندی‌های ممکن، امکان پذیر نخواهد بود. بنابراین مساله زمانبندی تولید کارگاهی یک مساله زمانبندی ترکیبی سخت با محاسبات زیاد خواهد بود[۵]. زمانبندی تولید کارگاهی همچنین یک مساله کاربردی مهم در حوزه مدیریت تولید و مهندسی ساخت می‌باشد. کاربرد مساله زمانبندی تولید کارگاهی را می‌توان در برنامه ریزی تولید، مدیریت منابع، محاسبات موازی یا توزیع شده و حوزه‌های مرتبط دیگر مشاهده کرد. رویه های کارای سازماندهی تولید و زمانبندی این مساله برای افزایش کارایی تولید، کاهش هزینه و بهبود کیفیت تولید خیلی مهم هستند.

با مشخص شدن اهمیت بیش از پیش کاربردهای مساله زمانبندی تولید کارگاهی مطالعات بسیاری در این زمینه آغاز گردید. از جمله پیشگامان در این زمینه میتوان به پژوهش بروکر و

[1] Make-span

همکاران[۷] اشاره کرد. آنها در مطالعه خود به منظور بهینه سازی مساله زمانبندی تولید کارگاهی با درنظرگیری دوره ساخت یک الگوریتم جستجوی ممنوع[1] ارایه و اثربخشی آن را با آزمایشات عددی متعدد نشان‌دادند. در همان سال جوشی و همکاران [۳۰]، مساله زمانبندی تولید کارگاهی را با رویه-ای ابتکاری در انتخاب عملیات‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها برای حل مساله، از یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله‌ای استفاده کردند. مرحله اول با استفاده از الگوریتم ژنتیک عملیات‌ها را انتخاب می‌کرد و در مرحله دوم توالی و زمان شروع کارها در گزینه‌های انتخاب شده با حل یک مدل غیر خطی بدست می‌آمد. محدودیت غیر خطی مورد استفاده در مرحله دوم از پیچیدگی ابعادی بهترین فرمول شناخته شده تا آن زمان برای مساله تولید کارگاهی می‌کاست. نتایج اولیه این الگوریتم امیدوار کننده بود و الگوریتم مسائل کوچک را به صورت بهینه حل می‌نمود.

پس از ارایه رویکردهای ابتدایی توسط پیشگامان، مطالعات در این زمینه سرعت بیشتری گرفت. تغییرات، بهبودها و توسعه مدلها و راهکارهای حل اولیه و اضافه نمودن شرایط مختلف به مساله که غالبا سمت و سوی نزدیک کردن فضای مساله به شرایط حقیقی محیط کار را دارد، بستر عظیمی از مطالعات را فراهم آورده است که هم‌اکنون نیز ادامه دارد. از جمله مهمترین شرایط اضافه-شده به مساله بحث انعطاف‌پذیری در تخصیص عملیات‌ها است که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

۳.۲. مساله زمان‌بندی تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر[2]

زمانبندی سیستم های تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر به دلیل جایگاه ویژه آن در مراکز تولیدی مورد توجه زیاد مدیران واحدهای تولیدی می‌باشد. مساله زمانبندی تولید کارگاهی انعطاف پذیر(FJSP) بصورت زمانبندی مساله زمان‌بندی تولید کارگاهی کلاسیک یعنی n کار (J_1 , J_2 , J_n ,...,) روی مجموعه‌ای شامل m ماشین (M_1,M_2 ,...,M_m) می‌باشد. هر کار دارای O_j عملیات است که بایستی بترتیب و براساس پیش‌نیازی انجام گردند. هدف زمانبندی این مساله نیز، تعیین

[1] Tabu Ssearch
[2] Flexible Job shop scheduling

توالی عملیات ها به نحوی است که یک تابع هدف از قبل مشخص شده مثل دوره ساخت بهینه گردد. از آنجا که در مساله FJSP هر عملیات بر روی بیش از یک ماشین قابل پردازش است، علاوه بر تعیین توالی عملیات‌ها، تخصیص آنها به ماشین‌ها نیز به مساله اضافه می‌گردد. از این رو علاوه بر دشواریهای مساله کلاسیک پیچیدگی‌های خاص تخصیص را نیز دارد. بنابراین مساله FJSP به دو زیر مساله تقسیم می‌گردد: (۱) زیر مساله تخصیص که به تخصیص هر عملیات به یکی از ماشینهای مجاز می-پردازد(۲) زیر مساله زمانبندی که توالی انجام عملیات روی ماشینها را مشخص می‌سازد. در شکل(۲-۲) نمایشی از یک مساله تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر با دو کار و عملیات‌های مربوط به هریک را شاهد هستیم.

	عملیات ۱	عملیات ۲	عملیات ۳
کار ۱	ماشین ۱(۱۰ ثانیه) یا ماشین ۲(۱۵ ثانیه)	ماشین ۱(۱۲ ثانیه) یا ماشین ۳(۱۵ ثانیه)	ماشین ۲(۱۴ ثانیه) یا ماشین ۳(۱۱ ثانیه)
کار ۲	ماشین ۱(۷ ثانیه) یا ماشین ۲(۱۲ ثانیه)	ماشین ۲(۱۶ ثانیه) یا ماشین ۳(۱۲ ثانیه)	

شکل(۲-۲)-نمایشی از مساله تولید کارگاهی انعطاف‌پذیر

٤.۲.رویکردهای حل FJSP

به منظور حل مساله FJSP دو رویکرد ارائه شده است: رویکرد سلسله مراتبی[1] و رویکرد یکپارچه[2]. در رویکرد سلسله مراتبی مساله به دو زیر مساله زمانبندی و تخصیص تبدیل می‌گردد. هرچند این تفکیک از پیچیدگی مساله می‌کاهد ولی از کیفیت جوابها تا حدی کاسته می‌شود[۴۷]. در

[1] Hierarchical
[2] Integrated