



دانشگاه کردستان
دانشکده مهندسی
گروه مهندسی صنایع

عنوان:

زمان بندی جریان کارگاهی دو ماشینه با امکان برون سپاری و در نظر گرفتن
زمان های دسترسی به کارها

پژوهشگر:

زینب امیری

استاد راهنما:

دکتر فردین احمدی زر

استاد مشاور:

دکتر جمال ارکات

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

مهرماه ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کردستان
دانشکده مهندسی
گروه مهندسی صنایع

عنوان:

زمان بندی جریان کارگاهی دو ماشینه با امکان برون سپاری و در نظر گرفتن
زمان های دسترسی به کارها

پژوهشگر:

زینب امیری

استاد راهنما:

دکتر فردین احمدی زر

استاد مشاور:

دکتر جمال ارکات

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

مهرماه ۱۳۹۲

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.

تعهدنامه

اینجانب زینب امیری دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی گروه مهندسی صنایع تعهد می‌نمایم که محتوای این پایان‌نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی‌برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

زینب امیری

۱۳۹۲/۷/۲۳



دانشگاه کردستان
دانشکده مهندسی
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان:

زمان بندی جریان کارگاهی دو ماشینه با امکان برون سپاری و در نظر گرفتن
زمان های دسترسی به کارها

پژوهشگر:

زینب امیری

در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۲۳ توسط کمیته تخصصی و هیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره
و درجه به تصویب رسید.

<u>امضاء</u>	<u>مرتبه علمی</u>	<u>نام و نام خانوادگی</u>	<u>هیات داوران</u>
	استادیار	دکتر فردین احمدی زر	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر جمال ارکات	۲- استاد مشاور
	استاد	دکتر عیسی نخعی کمال آبادی	۳- استاد داور خارجی
	استادیار	دکتر هیوا فاروقی	۴- استاد داور داخلی

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

مهر و امضاء گروه

تقدیم به دو عشق پاک زندگی ام

استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

زیباترین نگاه زندگی ام، چشمان زیبای مادرم

و تقدیم به عزیزترین خواهر

او که زود رفت اما همیشه خاطراتش از هر گوشه زندگی ام سرک می کشد...

او که طراوت لبخندش، نگاه بی انتهایش و لطافت دستانش هرگز از یاد نمی رود...

سپاس خدای را که سخوران، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را کزاردن نتوانند. بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه‌ی او، بازبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل"؛ از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوار، که هر چه آموخته‌ام در مکتب عشق آمان آموخته‌ام، آمان که در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاور بی‌چشم داشت برای من بوده‌اند؛

از استاد فریخته و پرمایه‌ام، جناب آقای دکتر احمدی زر، که از محضر پر فیض تدریستان بهره‌برده‌ام و در طول این پژوهش راهنمایی‌های بی‌شائبه‌شان را از من دریغ ننمودند؛

از استاد دکتر تقدیرم، جناب آقای دکتر ارکات، بخاطر کجک‌ها و مشاوره‌های ارزشمندشان؛
و از عزیزانی که در طول سال‌های زندگی یار و همراه من بوده‌اند و وجودشان تلالو لطف الهی در زندگی‌ام بوده؛
کمال تشکر و قدردانی را دارم؛ سلامتی، کامیابی و موفقیتشان منتهای آرزویم است.

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی مسأله زمان‌بندی جریان کارگاهی دو ماشین با امکان برون‌سپاری کارها می‌پردازد. فرض بر این است که کارها در زمان‌های متفاوتی در دسترس قرار می‌گیرند. هر کار یا در داخل و به وسیله ماشین‌های داخلی پردازش می‌شود و یا به پیمانکاران سفارش داده می‌شود. مرحله اول کارهای برون‌سپاری شده توسط پیمانکار اول و مرحله دوم آن‌ها توسط پیمانکار دوم تکمیل می‌شود. به منظور کاهش هزینه‌های حمل و نقل، انتقال بین دو پیمانکار می‌تواند به صورت دسته‌ای انجام شود. هدف انتخاب بعضی از کارها برای سفارش به پیمانکار، تعیین توالی پردازش کارها روی ماشین‌های داخلی، تعیین توالی کارهای برون‌سپاری شده و گروه‌بندی کارهای برون‌سپاری شده به منظور انتقال بین پیمانکاران می‌باشد به طوری که مجموع هزینه‌های برون‌سپاری و حمل و نقل و نیز حداکثر زمان تکمیل کمینه گردد. مسأله به صورت دو مدل ریاضی مختلف مدل‌سازی شده و عملکرد آنها با یکدیگر مقایسه می‌شود. برای مسأله مورد بررسی، تعدادی قواعد غالب ارائه و اثبات می‌گردد. با توجه به قویاً NP-hard بودن مسأله، یافتن جواب بهینه برای مسائل با ابعاد بزرگ در زمانی منطقی و قابل قبول امکان‌پذیر نمی‌باشد. در نتیجه، به منظور حل مسأله در زمانی قابل قبول، یک روش حل که متشکل از قواعد غالب و یک الگوریتم کلونی مورچگان می‌باشد، توسعه داده شده است. الگوریتم پیشنهادی شامل دو فاز می‌باشد که از بهترین جواب فاز اول به عنوان یک جواب اولیه در فاز دوم استفاده می‌شود. نتایج محاسباتی حاکی از کارایی الگوریتم پیشنهادی می‌باشد.

کلمات کلیدی: زمان‌بندی، جریان کارگاهی دو ماشین، برون‌سپاری، زمان‌های دسترسی، قواعد

غالب، مدل ریاضی، بهینه‌سازی کلونی مورچگان.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول (کلیات تحقیق).....	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- تعریف کلی مسأله پیشنهادی.....	۳
۳-۱- ضرورت انجام تحقیق.....	۴
۴-۱- اهداف تحقیق.....	۶
۵-۱- مراحل انجام تحقیق.....	۶
فصل دوم (مروری بر ادبیات موضوع).....	۸
۱-۲- مقدمه	۹
۲-۲- برون‌سپاری	۹
۲-۲-۲- تاریخچه برون‌سپاری	۱۰
۳-۲-۲- دلایل استفاده از برون‌سپاری	۱۱
۳-۲- مسائل زمان‌بندی با امکان برون‌سپاری	۱۲
۴-۲- دسته‌بندی مسائل زمان‌بندی با امکان برون‌سپاری	۱۸
۱-۴-۲- ظرفیت پیمانکار	۱۸
۲-۴-۲- انتخاب پیمانکاران.....	۱۹
۳-۴-۲- نحوه برون‌سپاری کارها.....	۱۹
۴-۴-۲- هزینه برون‌سپاری.....	۲۰
۵-۴-۲- زمان و هزینه انتقال.....	۲۱
۶-۴-۲- محدودیت بودجه.....	۲۳
۵-۲- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....	۲۳
فصل سوم (مدل‌سازی و ارائه راه‌حل).....	۲۶

۲۷	۱-۳-۱- مقدمه
۲۷	۲-۳-۲- تعریف مسأله
۲۹	۱-۲-۳-۱- مفروضات مسأله
۳۰	۳-۳-۳- مدل ریاضی مسأله
۳۰	۱-۳-۳-۱- مدل اول
۳۴	۲-۳-۳-۲- مدل دوم
۳۹	۴-۳-۴- شرایط لازم بهینگی
۴۷	۵-۳-۵- رویکرد حل مسأله
۴۸	۱-۵-۳- الگوریتم کلونی مورچگان
۵۰	۲-۵-۳- الگوریتم ترکیبی پیشنهادی
۵۲	۱-۲-۵-۳- نحوه نمایش جواب
۵۳	۲-۲-۵-۳- مدل فرمون
۵۴	۳-۲-۵-۳- نحوه ساخت جواب
۵۵	۳-۲-۵-۴- قانون انتقال وضعیت
۵۷	۴-۲-۵-۴- به روزرسانی فرمون
۶۱	۵-۲-۵-۴- بهبود جواب
۶۱	۶-۲-۵-۴- شرط توقف الگوریتم
۶۲	فصل چهارم (نتایج محاسباتی)
۶۳	۱-۴-۱- مقدمه
۶۳	۲-۴-۲- تولید مسائل نمونه و تنظیم پارامترها
۶۵	۳-۴-۳- نتایج حاصل از حل مسأله
۶۶	۱-۳-۴-۱- مقایسه مدل ریاضی اول و مدل ریاضی دوم
۷۰	۲-۳-۴-۲- مقایسه الگوریتم پیشنهادی با و بدون قواعد غالب
۷۳	۳-۳-۴-۳- مقایسه مدل ریاضی دوم و الگوریتم ترکیبی پیشنهادی

۸۰ فصل پنجم (جمع‌بندی و پیشنهادات)
۸۱ ۵-۱- جمع‌بندی
۸۲ ۵-۲- پیشنهادات برای تحقیقات آتی
۸۴ مراجع

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: تحقیقات انجام شده در حوزه زمان‌بندی با امکان برون‌سپاری.....	۱۷
جدول ۱-۴: مقدار پارامترهای مسأله برای تولید مسائل نمونه	۶۴
جدول ۲-۴: مقادیر انتخاب شده برای پارامترهای فاز اول الگوریتم پیشنهادی	۶۵
جدول ۳-۴: مقادیر انتخاب شده برای پارامترهای فاز دوم الگوریتم پیشنهادی	۶۵
جدول ۴-۴: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی اول و مدل ریاضی دوم	۶۷
جدول ۵-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی اول و مدل ریاضی دوم	۶۸
جدول ۶-۴: نتایج حاصل از مقایسه ACA، ACALS و ACALSCL	۷۱
جدول ۷-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه ACA، ACALS و ACALSCL	۷۲
جدول ۸-۴: نتایج حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی پیشنهادی	۷۴
جدول ۹-۴: درصد انحراف نسبی نتایج حاصل از مدل ریاضی دوم و الگوریتم ترکیبی پیشنهادی	۷۶

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵۰	شکل ۱-۳: رفتار الگوریتم مورچگان در تکرارهای مختلف.....
۵۳	شکل ۲-۳: مثالی از یک جواب شدنی.....

فصل اول

کلیات تحقیق

زمان‌بندی^۱ عبارت از تخصیص تعدادی منابع محدود^۲ به مجموعه‌ای محدود از کارها^۳ در طول زمان می‌باشد [۱]. هدف از زمان‌بندی، تخصیص منابع به کارها در دوره‌های زمانی متفاوت به منظور بهینه‌سازی^۴ یک یا چند هدف^۵ است. در یک سازمان، دو مفهوم اصلی منابع^۶ و کارها می‌توانند حالت‌های مختلفی به خود بگیرند. به عنوان مثال، در محیط رایانه و فرودگاه به ترتیب می‌توان واحد پردازش و باند پرواز را به عنوان منابع و برنامه رایانه‌ای و بلند شدن یا فرود آمدن یک هواپیما را به عنوان عملیات تعریف نمود [۲].

مسائل زمان‌بندی نقش مهمی در بسیاری از سیستم‌های تولیدی و خدماتی و همچنین در اکثر محیط‌های پردازش اطلاعات ایفا می‌کنند. زمان‌بندی تولید که با افزایش رقابتی‌تر شدن دنیای تولید روز به روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، موضوع مورد بحث بسیاری از تحقیقات اخیر در حوزه زمان‌بندی است. تعیین برنامه زمان‌بندی و توالی عملیات در برنامه‌ریزی 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 به موقع به سفارش‌های مشتریان و تأمین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز در موقع مناسب می‌شود.

از طرفی، امروزه سازمان‌ها به طور وسیعی جهت افزایش توان رقابتی و کسب سود و تمرکز بر

¹ Scheduling

² Limited sources

³ Jobs

⁴ Optimization

⁵ Objective

⁶ Sources

مزیت رقابتی خود به دنبال برون‌سپاری^۱ هستند. بسیاری از سازمان‌ها به منظور دستیابی به مزایای بیشتر به برون‌سپاری فعالیت‌های خود اقدام نموده و بهبود کیفیت محصولات و خدمات خود را مد نظر قرار داده‌اند [۳]. اما حداکثر استفاده از برون‌سپاری تنها زمانی به دست خواهد آمد که یک برنامه‌ریزی زمان‌بندی و تولید کارا و مؤثر در کنار استفاده از برون‌سپاری وجود داشته باشد [۴].

۱-۲- تعریف کلی مسأله پیشنهادی

در دنیای رقابتی امروز، برای بقا باید با زمان حرکت کرد. برای این منظور باید کلیه فعالیت‌ها برای دستیابی به هدف نهایی زمان‌بندی و ترتیب‌دهی شوند. توالی عملیات نقش بسیار مهمی در مسائل امروزی شرکت‌ها دارد. در این زمینه تحقیقات بسیار گسترده‌ای در محیط‌های مختلف با توابع هدف متفاوت انجام گرفته است. یکی از مفروضاتی که در سال‌های اخیر در برخی از این تحقیقات در نظر گرفته شده است، امکان برون‌سپاری کارها به پیمانکار^۲ می‌باشد.

مسأله مورد بررسی در این تحقیق زمان‌بندی تعداد مشخصی کار در محیط جریان کارگاهی دو ماشین^۳ (تولید دو مرحله‌ای^۴ نیز گفته می‌شود) است با این فرض که امکان برون‌سپاری کارها وجود دارد. هر کار ابتدا روی ماشین^۵ اول سپس روی ماشین دوم پردازش می‌شود. یک ماشین نمی‌تواند همزمان دو کار را پردازش کند. همچنین یک کار نمی‌تواند همزمان روی دو ماشین پردازش شود. هر کار را می‌توان در داخل تولید نمود یا آن را به پیمانکاران سفارش داد. سفارش به پیمانکاران به این صورت می‌باشد که مرحله اول توسط یک پیمانکار و مرحله دوم توسط یک پیمانکار دیگر انجام می‌شود. هر پیمانکار ممکن است هزینه‌ای متفاوت از هزینه تولید در داخل سیستم درخواست کند که

¹ Outsourcing

² Subcontractor

³ Two Machine Flow Shop

⁴ Two Stage Production

⁵ Machine

این اختلاف هزینه با عنوان هزینه برون‌سپاری مطرح می‌گردد. کارهای برون‌سپاری شده پس از تکمیل مجدداً به کارخانه بازمی‌گردند. به دلیل کاهش هزینه‌های حمل و نقل^۱، انتقال بین دو پیمانکار ممکن است به صورت دسته‌ای انجام شود. هدف انتخاب کارها برای سفارش به پیمانکار، تعیین توالی پردازش کارها روی ماشین‌های داخلی، تعیین توالی کارهای برون‌سپاری شده و تعیین گروه‌های حمل و نقل می‌باشد به طوری که مجموع هزینه‌های برون‌سپاری و حمل و نقل و نیز حداکثر زمان تکمیل^۲ کمینه گردد. پس از تعیین توالی انجام کارهای برون‌سپاری شده، این ترتیب‌ها در اختیار پیمانکاران قرار می‌گیرد. پیمانکاران موظفند کارها را طبق توالی ارائه شده پردازش کنند. در ضمن در این تحقیق زمان ورود^۳ کارها به سیستم قطعی در نظر گرفته شده و می‌توانند مختلف باشند. زمان‌های پردازش^۴ کارها نیز قطعی هستند.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

با جهانی شدن اقتصاد و گسترش تکنولوژی اطلاعات، برون‌سپاری روز به روز نقش مهم‌تری را در صنایع تولید ایفا می‌کند. برون‌سپاری می‌تواند از راه‌های گوناگونی به تولیدکننده کمک نماید. با برون‌سپاری برخی فعالیت‌های غیراستراتژیک^۵، یک شرکت می‌تواند روی فعالیت‌های کلیدی^۶ خود تمرکز بیشتری داشته باشد. همچنین یک تولیدکننده می‌تواند بدون نیاز به نگهداری حجم زیادی از موجودی، تغییرات تقاضا^۷ را با برون‌سپاری کنترل نماید. برون‌سپاری مناسب می‌تواند زمان‌های

^۱ Transportation Cost

^۲ Makespan

^۳ Release Date

^۴ Processing Time

^۵ Noncritical

^۶ Critical

^۷ Demand

تحويل^۱ را کوتاه کند، مجموع هزینه‌ها را کاهش و انعطاف پذیری شرکت را افزایش دهد [۶ و ۵]. با وجود اینکه شرکت می‌تواند از طریق برون‌سپاری منافی به دست آورد، اما همانطور که ذکر گردید حداکثر سود زمانی حاصل خواهد شد که یک برنامه تولیدی و زمان‌بندی کارا و مؤثر در کنار استفاده از برون‌سپاری وجود داشته باشد.

با توجه به شرایط متفاوتی که در سفارش کارها به پیمانکار می‌تواند وجود داشته باشد، انواع متفاوتی از این مسائل ایجاد می‌شود. ولی تاکنون تحقیقات اندکی در این زمینه صورت گرفته است. در اغلب این تحقیقات با فرض اینکه پیمانکار دارای ظرفیت نامحدود^۲ است، ترتیب کارهای برون‌سپاری شده تعیین نمی‌گردد و برای هر کار موعدها تحویل تعیین شده توسط پیمانکار به عنوان زمان تکمیل^۳ کار در نظر گرفته می‌شود؛ در حالیکه در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت برای پیمانکار واقع‌بینانه‌تر به نظر می‌رسد. همچنین در تحقیق حاضر، انتقال بین دو پیمانکار به صورت دسته‌ای در نظر گرفته شده است. به عبارتی، نیاز نیست که هر کار تا کامل شدن پردازش مرحله اول همه کارها منتظر بماند و به محض تکمیل پردازش کارهای متعلق به گروه خود می‌تواند به محل پیمانکار دوم منتقل شود. از آنجا که هدف حداقل کردن حداکثر زمان تکمیل می‌باشد، این حالت می‌تواند منجر به بهبود تابع هدف گردد.

همچنین در تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، برای ساده‌تر شدن مسأله از فرضیاتی استفاده شده است که مسأله را از دنیای واقعی دور می‌کند؛ به عنوان مثال، برای همه کارها زمان دسترسی یکسان در نظر گرفته شده است. در صورتیکه ممکن است به دلایل گوناگونی از جمله در دسترس قرار گرفتن کارها در زمان‌های متفاوت و یا نیاز به عملیات دیگر روی کارها در مراحل قبلی، کارها

¹ Due Dates

² Unlimited Capacity

³ Completion Time

در زمان‌های متفاوتی در دسترس قرار بگیرند.

۱-۴- اهداف تحقیق

در این تحقیق، ابتدا مدل ریاضی^۱ مسأله با در نظر گرفتن انتقال دسته‌ای بین پیمانکاران ارائه می‌شود. سپس برای مدل ارائه شده، قواعد غالب^۲ که شرایط لازم بهینگی را فراهم می‌کنند ارائه و اثبات می‌گردند. به منظور حل مسأله، یک الگوریتم مناسب طراحی خواهد شد. در خاتمه نیز برای ارزیابی مدل ارائه شده، از آزمایشات محاسباتی و حل مسائل نمونه استفاده خواهد شد.

۱-۵- مراحل انجام تحقیق

در تدوین تحقیق حاضر، ابتدا به تاریخچه و تعریف برون‌سپاری در فصل دوم پرداخته می‌شود. سپس منابع و مراجعی که به بررسی مسأله زمان‌بندی با امکان برون‌سپاری پرداخته‌اند، به طور کامل تشریح می‌گردند. در ادامه به دسته‌بندی مسائل زمان‌بندی با امکان برون‌سپاری پرداخته شده و دسته‌بندی‌های متناسبی برای این گونه مسائل ارائه می‌گردد.

در فصل سوم، برای مسأله مورد بررسی دو مدل ریاضی متفاوت ارائه می‌شود. سپس قواعد غالب که شرایط لازم بهینگی را فراهم می‌کنند ارائه و اثبات می‌گردند. علاوه بر این، به منظور حل مسأله مورد بررسی که قویاً NP-hard است، یک الگوریتم ترکیبی با هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌های برون‌سپاری و حداکثر زمان تکمیل پیشنهاد می‌گردد. الگوریتم ارائه شده ترکیبی از الگوریتم کلونی مورچگان^۳ و قواعد غالب ارائه شده می‌باشد.

در فصل چهارم، به منظور مقایسه دو مدل ریاضی ارائه شده و همچنین بررسی کارایی الگوریتم ترکیبی پیشنهادی، تعدادی مسأله نمونه تولید می‌شود. سپس مسائل تولید شده توسط مدل ریاضی

¹ Mathematical Model

² Dominance Rule

³ Ant Colony Algorithm