

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه کردستان  
دانشکده مهندسی  
گروه مهندسی صنایع

عنوان:

مسأله زمان بندی کارگاه جریان دو ماشینه با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای

پژوهشگر:

حامد نوروزی

استاد راهنما:

دکتر فردین احمدی‌زر

استاد مشاور:

دکتر جمال ارکات

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

۲۹ مهر ماه 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.

## \*\*\* تعهد نامه \*\*\*

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

با تقدیم احترام

حامد نوروزی

۱۳۹۲/۰۷/۲۹



دانشگاه کردستان  
دانشکده مهندسی  
گروه صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان:

مسأله زمان بندی کارگاه جریان دو ماشین با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای

پژوهشگر:

حامد نوروزی

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۲۹ توسط کمیته تخصصی و هیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره ۱۹/۹ و درجه عالی به تصویب رسید.

<u>امضاء</u>	<u>مرتبه علمی</u>	<u>نام و نام خانوادگی</u>	<u>هیات داوران</u>
	استادیار	دکتر فردین احمدی‌زر	۱-استاد راهنما
	استادیار	دکتر جمال ارکات	۲-استاد مشاور
	استادیار	دکتر حمید فرورش	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

پدر، مادر و برادر عزیزم به پاس تمام محبت‌های بی‌کرانشان؛

اساتید گرانقدر و دوستان مهربانم؛

کشور سربلندم، ایران.

## سپاس گزاری

سپاس مخصوص اوست که شایسته‌ترین است برای ستایش ...

بر خود لازم می‌دانم در پایان این مقطع تحصیلی از افرادی که مرا در امر پژوهش یاری نموده‌اند، تشکر کنم. از جناب آقای دکتر فردین احمدی‌زر استاد بزرگوارم، به پاس همراهی صمیمانه و نکته‌سنجی‌های علمی ایشان سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر جمال ارکات استاد مشاورم بابت همراهیشان ممنونم، همچنین از حمایت‌ها و دلگرمی‌های تمام دوستان خوبم به خصوص آقایان رضا جعفری و جعفر اعتقادی‌پور و همچنین از خانم‌ها فرهادی و سلطانی به پاس تمام همراهی‌شان کمال تشکر را دارم. در انتها نیز از دو فرشته، پدر و مادرم، به پاس تمام صبر و دعای خیرشان و نیز برادر عزیزم بی‌نهایت سپاسگزارم.

حامد نوروزی

پاییز ۹۲

## چکیده

در دنیای به سرعت در حال تغییر کنونی شیوه رقابت بین سازمان‌ها از حالت رقابت بین سازمان‌های فردی به سوی رقابت بین سیستم‌های زنجیره تأمین گرایش پیدا نموده است. مدل‌های سنتی زمان‌بندی، تنها توالی کارهایی که در مرحله تولید مورد پردازش قرار می‌گیرند را تحت پاره‌ای از محدودیت‌ها مورد بررسی قرار می‌دهند لیکن در شرایط کنونی، مدل‌های مذکور از کفایت لازم برخوردار نبوده و باید به منظور سازگاری مرحله تولید و توزیع، ملاحظات حمل و نقلی نیز در این مدل‌ها لحاظ گردد. تولیدکنندگان نوین به منظور نیل به مزایای رقابتی تأکید بسیاری بر هماهنگی و یکپارچگی مؤلفه‌های گوناگون زنجیره تأمین دارند.

در این پژوهش به منظور یکپارچه نمودن سیستم تولید و توزیع به بررسی سیستم تحویل دسته‌ای در محیط کارگاه جریان دو ماشین با هدف کمینه‌سازی مجموع زمان حضور کارها در سیستم و هزینه‌های تحویل پرداخته می‌شود. مسأله مورد بررسی ابتدا به صورت یک مدل ریاضی فرموله شده و سپس مجموعه‌ای از قواعد غلبه ارائه و اثبات می‌شوند. به دلیل پیچیدگی مسأله مذکور، یافتن جواب بهینه مسائل با ابعاد بزرگ در زمانی منطقی مقدور نمی‌باشد. بنابراین، یک روش حل کارا که متشکل از ترکیب قواعد غلبه و یک الگوریتم رقابت استعماری است، برای حل آن توسعه داده می‌شود. همچنین به منظور بررسی عملکرد الگوریتم ترکیبی ارائه شده، تعدادی مسأله نمونه تولید و حل می‌شود. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند الگوریتم ترکیبی پیشنهادی کارایی بیشتر و پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد.

**کلمات کلیدی:** زمان‌بندی کارگاه جریان دو ماشین، تحویل دسته‌ای، زمان حضور در سیستم،

قواعد غلبه، الگوریتم رقابت استعماری



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

---

---

۱.....	فصل اول (کلیات تحقیق).....
۲.....	۱-۱ مقدمه.....
۳.....	۲-۱ تعریف کلی مسأله پیشنهادی.....
۵.....	۳-۱ ضرورت انجام تحقیق.....
۶.....	۴-۱ اهداف تحقیق.....
۶.....	۵-۱ مراحل انجام تحقیق.....
۸.....	فصل دوم (مروری بر ادبیات موضوع).....
۸.....	۱-۲ مقدمه.....
۸.....	۲-۲ سیستم تحویل دسته‌ای.....
۸.....	۱-۲-۲ زمان بندی تحویل دسته‌ای در محیط تک ماشین.....
۲۱.....	۲-۲-۲ زمان بندی تحویل دسته‌ای در محیط ماشین‌های موازی.....
۲۳.....	۳-۲-۲ زمان بندی تحویل دسته‌ای در محیط کارگاهی.....
۲۶.....	۳-۲ جمع بندی و نتیجه‌گیری.....
۲۷.....	فصل سوم (مدل سازی و ارائه راه حل).....
۲۸.....	۱-۳ مقدمه.....
۲۸.....	۲-۳ تعریف مسأله.....
۲۸.....	۱-۲-۳ مفروضات مسأله.....
۲۹.....	۲-۲-۳ مدل سازی مسأله.....
۳۱.....	۳-۲-۳ شرایط لازم بهینگی.....
۳۷.....	۳-۳ رویکرد حل مسأله.....
۳۹.....	۱-۳-۳ نمایش جواب.....
۴۲.....	۲-۳-۳ شکل دهی امپراطوری‌های اولیه.....
۴۳.....	۳-۳-۳ عملگر جذب.....
۴۴.....	۴-۳-۳ عملگر انقلاب.....
۴۵.....	۵-۳-۳ بهبود جواب.....

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

---

---

۴۵.....	۶-۳-۳ جابه‌جایی موقعیت مستعمره و استعمارگر
۴۶.....	۷-۳-۳ محاسبه قدرت کل یک امپراطوری
۴۶.....	۸-۳-۳ رقابت استعماری
۴۸.....	۹-۳-۳ حذف امپراطوری‌های ضعیف
۴۸.....	۱۰-۳-۳ شرط توقف
۲۸.....	فصل چهارم (نتایج محاسباتی)
۵۰.....	۱-۴ مقدمه
۵۰.....	۲-۴ تولید مسائل نمونه و تنظیم پارامترها
۵۱.....	۳-۴ نتایج حاصل از حل مسأله
۶۵.....	فصل پنجم (جمع‌بندی و پیشنهادات آتی)
۶۷.....	۱-۵ جمع‌بندی
۶۸.....	۲-۵ پیشنهادات آتی
۶۹.....	مراجع

- شکل ۳-۱: اثبات پیوستگی پردازش کارهای هر دسته؛ الف- کار  $z$  متعلق به دسته  $b$  باشد..... ۳۲
- شکل ۳-۲: اثبات پیوستگی پردازش کارهای هر دسته؛ ب- کار  $z$  متعلق به دسته  $b'$  باشد..... ۳۲
- شکل ۳-۳: تعویض زوجی دو کار مجاور روی ماشین ۱..... ۳۳
- شکل ۳-۴: بررسی شرایط ملحق شدن آخرین کار یک دسته به دسته‌ی بعدی..... ۳۵
- شکل ۳-۵: بررسی شرایط ملحق شدن اولین کار یک دسته به دسته‌ی قبلی..... ۳۶
- شکل ۳-۶: فلوچارت الگوریتم پیشنهادی..... ۴۰
- شکل ۳-۷: مثالی از یک کشور دو سطری..... ۴۱
- شکل ۳-۸: نحوه انجام رمزگشایی نوع اول..... ۴۱
- شکل ۳-۹: نحوه انجام رمزگشایی نوع دوم..... ۴۲
- شکل ۳-۱۰: چگونگی شکل‌گیری امپراطوری‌های اولیه..... ۴۳
- شکل ۳-۱۱: مثالی از اجرای عملگر جذب بر روی یک کشور..... ۴۴
- شکل ۳-۱۲: الف- تغییر جای استعمارگر و مستعمره..... ۴۶
- شکل ۳-۱۲: ب- کل امپراطوری، پس از تغییر موقعیت‌ها..... ۴۶
- شکل ۳-۱۳: شمای کلی رقابت استعماری..... ۴۷
- شکل ۳-۱۴: سقوط امپراطوری‌های ضعیف..... ۴۸

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۲: تحقیقات انجام شده در محیط تک ماشین با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای و زمان آماده‌سازی.....	۱۸
جدول ۲-۲: تحقیقات انجام شده در محیط تک ماشین با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای و موعد تحویل.....	۱۹
جدول ۳-۲: تحقیقات انجام شده در محیط تک ماشین با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای و محدودیت ظرفیت برای دسته‌ها.....	۲۰
جدول ۴-۲: تحقیقات انجام شده در محیط تک ماشین با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای و زمان دسترسی کارها.....	۲۱
جدول ۵-۲: سایر تحقیقات انجام شده در محیط تک ماشین با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای.....	۲۱
جدول ۶-۲: تحقیقات انجام شده در محیط ماشین‌های موازی با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای کارها.....	۲۳
جدول ۷-۲: تحقیقات انجام شده در محیط کارگاه جریان با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای کارها.....	۲۵
جدول ۱-۴: انواع مسائل تولید شده در هر اندازه.....	۵۰
جدول ۲-۴: مقادیر تنظیم شده برای پارامترها.....	۵۱
جدول ۳-۴: نتایج حاصل از مقایسه ICA و ICADR برای مسائل نمونه اندازه کوچک.....	۵۲
جدول ۴-۴: نتایج حاصل از مقایسه ICA و ICADR برای مسائل نمونه اندازه متوسط.....	۵۲
جدول ۵-۴: نتایج حاصل از مقایسه ICA و ICADR برای مسائل نمونه اندازه بزرگ.....	۵۲
جدول ۶-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه ICA و ICADR برای مسائل نمونه با اندازه کوچک.....	۵۳
جدول ۷-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه ICA و ICADR برای مسائل نمونه با اندازه متوسط.....	۵۳
جدول ۸-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه ICA و ICADR برای مسائل نمونه با اندازه بزرگ.....	۵۴
جدول ۹-۴: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس A با اندازه کوچک.....	۵۴
جدول ۱۰-۴: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس B با اندازه کوچک.....	۵۶
جدول ۱۱-۴: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس A با اندازه متوسط.....	۵۸
جدول ۱۲-۴: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس B با اندازه متوسط.....	۵۹

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

---

---

جدول ۴-۱۳: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس A با اندازه بزرگ.....	۶۰
جدول ۴-۱۴: نتایج حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس B با اندازه بزرگ.....	۶۱
جدول ۴-۱۵: میانگین درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس A با اندازه کوچک.....	۶۲
جدول ۴-۱۶: میانگین درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس B با اندازه کوچک.....	۶۳
جدول ۴-۱۷: میانگین درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس A با اندازه متوسط.....	۶۳
جدول ۴-۱۸: میانگین درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس B با اندازه متوسط.....	۶۴
جدول ۴-۱۹: میانگین درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس A با اندازه بزرگ.....	۶۴
جدول ۴-۲۰: میانگین درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی برای مسائل نمونه کلاس B با اندازه بزرگ.....	۶۴
جدول ۴-۲۱: میانگین درصد انحراف نسبی مسائل نمونه کلاس A با اندازه کوچک، متوسط، بزرگ و میانگین کل.....	۶۵
جدول ۴-۲۲: میانگین درصد انحراف نسبی مسائل نمونه کلاس A با اندازه کوچک، متوسط، بزرگ و میانگین کل.....	۶۵

## فصل اول

### کلیات تحقیق

زمان‌بندی یک فرآیند تصمیم‌گیری است که به وفور در بسیاری از صنایع ساخت و تولید و خدمات استفاده می‌شود. این فرآیند به تخصیص منابع محدود به فعالیت‌ها در طول زمان به منظور بهینه‌سازی یک هدف خاص می‌پردازد. منابع و فعالیت‌ها در یک سازمان دارای اشکال مختلفی هستند. منابع می‌توانند مواردی نظیر عملیات در یک فرآیند تولید، فرود و پرواز در یک فرودگاه، مراحل ساخت در یک پروژه ساختمانی و یا اجرای یک برنامه کامپیوتری در محیط کامپیوتر باشد. هر فعالیت می‌تواند دارای یک اولویت خاص، زودترین زمان ممکن برای شروع و یک زمان تحویل باشد. هر ماشین نیز می‌تواند در زمان‌های خاصی در دسترس باشد. تابع هدف می‌تواند دارای فرم‌های مختلفی باشد؛ نظیر کمینه‌سازی زمان تکمیل آخرین کار پایان یافته<sup>۱</sup> و یا کمینه‌سازی تعداد کارهای تکمیل شده بعد از موعد تحویل باشد. زمان‌بندی به عنوان یک فرآیند تصمیم‌گیری نقش مهمی در صنایع ساخت و تولید، خدمات شامل حمل‌ونقل و توزیع و نیز سیستم‌های پردازش اطلاعات ایفا می‌کند [۱].

به طور کلی مسائل زمان‌بندی را می‌توان بر اساس محیط ماشین به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

- زمان‌بندی تک ماشین<sup>۲</sup>

- زمان‌بندی ماشین‌های موازی

- زمان‌بندی کارگاه جریان<sup>۳</sup>

- زمان‌بندی کار کارگاهی<sup>۴</sup>

- زمان‌بندی کارگاه باز<sup>۵</sup>

این پژوهش به بررسی مسأله زمان‌بندی تولید در محیط کارگاه جریان دو ماشین<sup>۶</sup> با در نظر گرفتن تحویل کارها به مشتری می‌پردازد. اهمیت در نظر گرفتن تحویل کارها به مشتری در مسائل زمان‌بندی به کاربرد آن در زنجیره تأمین باز می‌گردد.

از آنجایی که در دنیای رقابتی کنونی، رقابت بین سازمان‌ها به سوی رقابت بین سیستم‌های زنجیره تأمین گرایش پیدا نموده است لذا کاربرد مدیریت زنجیره تأمین در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه

---

<sup>1</sup> Makespan

<sup>2</sup> Single Machine

<sup>3</sup> Flow Shop

<sup>4</sup> Job Shop

<sup>5</sup> Open Shop

<sup>6</sup> Two Machine Flow Shop

قرار گرفته و تأثیر گسترده و شایان توجهی بر صنایع تولیدی و خدماتی ایجاد نموده است. تفکر اصلی مدیریت زنجیره تأمین، به کارگیری رویکردی نظام‌مند به منظور یکپارچه نمودن جریان اطلاعات، مواد و خدمات بین اعضای متعدد زنجیره می‌باشد تا از این طریق هر عضو قادر به پاسخگویی سریع به شرایط بازار گردد. به منظور نیل به این مزایای رقابتی، سازمان‌های مدرن بر هماهنگی و ادغام فعالیت‌ها در مراحل مختلف زنجیره تأمین شامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان تأکید دارد.

مدل‌های زمان‌بندی سنتی تنها زمان‌بندی کارها در مرحله تولید را تحت تعدادی محدودیت مورد بررسی قرار می‌دهند. لیکن در شرایط کنونی، شیوه‌های مدیریت تولید سنتی که دارای یکپارچگی کمتری در فرآیندها می‌باشند، کارایی خود را از دست داده‌اند و لذا شرکت‌ها به منظور کسب مزایای رقابتی بیشتر نیازمندند تا یکپارچگی را در تمام فرآیندهای تولید - از مواد خام گرفته تا مصرف‌کننده نهایی - داشته باشند. در این پژوهش، به منظور یکپارچه نمودن سیستم تولید و توزیع به بررسی زمان‌بندی تولید با در نظر گرفتن تحویل کارها به مشتری پرداخته می‌شود. تحویل کارها به صورت تک‌تک منجر به افزایش هزینه‌های تحویل می‌گردد، لذا کارها به صورت دسته‌ای به مشتری تحویل می‌گردند.

## ۱-۲- تعریف کلی مسأله پیشنهادی

مسائل زمان‌بندی و توالی عملیات از مسائل بسیار اساسی هستند که در صنایع تولیدی و خدماتی کاربرد فراوانی دارند؛ خصوصاً در سال‌های اخیر از این شیوه برای بهبود کارایی تولید استفاده شده است [۱]. مدل‌های بسیار متنوعی از مسائل زمان‌بندی ارائه شده است که یکی از آنها مسأله زمان‌بندی کارگاه جریان است. مسأله زمان‌بندی کارگاه جریان از جمله مسائل بسیار پرکاربرد در تمام زمینه‌های اقتصادی از مهندسی کامپیوتر تا تکنیک‌های تولیدی می‌باشد.

در مسأله کارگاه جریان فرض می‌شود که  $n$  کار قرار است زمان‌بندی شود. هر یک از کارها دارای  $m$  فعالیت و هر فعالیت از کارها روی یک ماشین انجام می‌شود. مشخصه بارز کارگاه جریان این است که فعالیت اول هر کار روی ماشین اول، فعالیت دوم روی ماشین دوم و به همین ترتیب، فعالیت  $m$  هر یک از کارها روی ماشین  $m$  انجام می‌شود. لذا یک تطابق یک به یک بین ماشین و فعالیت کار برقرار است.



در این پژوهش، مسأله زمان‌بندی کارگاه جریان دو ماشین به در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد که در آن هر کار شامل دو عملیات است. عمل اول هر کار پیش‌نیاز عمل دوم است و به ترتیب، عمل اول روی ماشین اول و سپس عمل دوم روی ماشین دوم انجام می‌گیرد. هر کار در هر لحظه فقط می‌تواند روی یکی از ماشین‌ها پردازش شود. مسأله زمان‌بندی کارگاه جریان دو ماشین به طور گسترده‌ای با توابع هدف مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ساده این مسأله در بسیاری از تحقیقات بررسی شده است لیکن با در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای<sup>۱</sup> کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است.

معمولاً مدل‌های زمان‌بندی سنتی دو عامل زمان‌بندی ماشین و تحویل کارها را به صورت جداگانه و بدون در نظر گرفتن تأثیر هماهنگی آنها مورد بررسی قرار می‌دهند. انجام این دو تصمیم به صورت جداگانه و بدون در نظر گرفتن هماهنگی بین آنها، لزوماً منجر به جواب بهینه سراسری<sup>۲</sup> نخواهد شد؛ بنابراین، نوع دیگری از مسائل زمان‌بندی تحت عنوان زمان‌بندی تحویل دسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. از جمله کاربردهای مسأله زمان‌بندی با در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای در زنجیره‌های تأمین است. در یک زنجیره تأمین، وقتی فرآیند تولید یک کار به پایان می‌رسد باید به مشتری تحویل گردد. به منظور کاهش هزینه‌های تحویل، کارها به صورت دسته‌ای به مشتریان تحویل می‌گردند. در این نوع از مسائل، تمرکز بر روی یکپارچه‌سازی زمان‌بندی تولید و تحویل کالاهای ساخته‌شده به مشتریان است. این دسته از مسائل زمان‌بندی از دو مرحله تشکیل شده‌اند؛ مرحله اول، تولید کار و مرحله دوم، تحویل کار است.

در طی دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های چشم‌گیری در حوزه مسائل زمان‌بندی با در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای صورت گرفته است. در این مسائل، تعدادی کار وجود دارند که بعد از انجام فرآیند باید به صورت دسته‌ای به مشتریان مربوطه (و یا مراحل تولیدی بعدی) تحویل داده شوند. در سیستم تحویل دسته‌ای کارها در یک یا چند دسته به مشتری تحویل داده می‌شوند. همچنین در این سیستم تمام کارهای متعلق به یک دسته به طور همزمان تحویل داده خواهند شد. به عبارت دیگر، تحویل هر کار تا کامل شدن سایر کارهای متعلق به آن دسته به تعویق خواهد افتاد. بنابراین زمان حضور<sup>۳</sup> هر کار در سیستم با تکمیل آن کار به پایان نمی‌رسد، بلکه تا زمانی که به مشتری تحویل داده نشده است در سیستم حضور خواهد داشت و زمان تکمیل<sup>۴</sup> هر دسته مساوی با زمان تکمیل آخرین

---

<sup>1</sup> Batch Delivery System

<sup>2</sup> Global Optimum

<sup>3</sup> Flow times

<sup>4</sup> Completion Time

کار آن دسته است. در این مسائل، هزینه تحویل، تابعی غیرنزولی از تعداد دسته‌های تحویل داده شده است. همچنین، با توجه به خصوصیات مسأله مورد بررسی، سیستم تولیدی می‌تواند دارای یک ماشین یا مجموعه‌ای از ماشین‌ها باشد.

در تحقیق حاضر، ظرفیت دسته‌ها نامحدود در نظر گرفته شده است و نیز فرض بر این است که تحویل هر دسته به مشتری مشمول یک هزینه ثابت می‌شود. در چنین شرایطی، مسأله زمان‌بندی کارگاه جریان دو ماشین با در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای به منظور تعیین توالی پردازش و نیز دسته‌بندی کارها به گونه‌ای که منجر به کمینه‌سازی مجموع زمان‌های حضور کارها در سیستم و هزینه‌های تحویل شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

اغلب تحقیقات صورت گرفته در زمینه زمان‌بندی و توالی عملیات تنها سیستم‌های تولیدی را مورد بررسی قرار داده‌اند و پژوهش‌های کمی در این حوزه به منظور یکپارچگی در تمام فرآیندها انجام شده است؛ در صورتی که در شرایط رقابتی کنونی، شرکت‌ها به منظور افزایش مزایای رقابتی نیازمندند تا در تمام فرآیندهای تولید به صورت یکپارچه عمل نمایند. در این پژوهش، به منظور یکپارچه نمودن سیستم تولید و توزیع، به بررسی زمان‌بندی تولید با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای کارها پرداخته می‌شود. همچنین، عمده مطالعات صورت گرفته در زمینه زمان‌بندی با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای، به بررسی مسائل تک ماشین و یا ماشین‌های موازی می‌پردازند؛ فرآیند تولید در چنین مسائلی تک مرحله‌ای است. این در حالی است که بسیاری از کارها در فرآیندهای دو یا چند مرحله‌ای تولید می‌شوند. از جمله تحقیقات موجود در این ارتباط می‌توان به پژوهشی که توسط پن<sup>۱</sup> و همکاران [۲] انجام شده است، اشاره نمود. آنها مسأله‌ی کارگاه جریان دو ماشین را با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای و با هدف کمینه‌سازی مجموع زمان‌های حضور و نیز کمینه‌سازی دامنه عملیات بررسی نموده‌اند. اما در تحقیق مذکور، هزینه تحویل در نظر گرفته نشده است.

با توجه به توضیحات فوق، در این پایان‌نامه به بررسی مسأله کارگاه جریان دو ماشین پرداخته می‌شود که در آن کارها (بعد از انجام مراحل اول و دوم) تا زمان تکمیل آخرین کار مربوط به دسته متناظرشان، منتظر مانده و سپس تحویل می‌گردند، پرداخته خواهد شد. مطالعات انجام گرفته در این حوزه، حاکی از آن است که تاکنون این مسأله با هدف کمینه‌سازی مجموع زمان‌های حضور کارها در

---

<sup>1</sup> Pan

سیستم و هزینه‌های تحویل مورد بررسی قرار نگرفته است و از این رو برای اولین بار در این تحقیق به آن پرداخته خواهد شد.

## ۴-۱- اهداف تحقیق

در این تحقیق، مسأله کارگاه جریان دو ماشینه با در نظر گرفتن تحویل دسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. اهداف اصلی تحقیق حاضر شامل موارد زیر می‌باشد:

- ارائه مدل ریاضی مسأله مورد بررسی
- ارائه و اثبات قواعد غلبه<sup>۱</sup> که شرایط لازم بهینگی را فراهم می‌کنند.
- توسعه یک الگوریتم کارا برای حل مسأله

## ۵-۱- مراحل انجام تحقیق

در این پژوهش، ابتدا به شناسایی و بررسی منابع و مراجع مرتبط با سیستم تحویل دسته‌ای در مسائل زمان‌بندی پرداخته می‌شود. در مجموعه بررسی شده، جزئیات تعداد قابل توجهی از پژوهش‌هایی که به بررسی سیستم تحویل دسته‌ای پرداخته‌اند، مورد توجه قرار گرفته و نتایج بررسی و مرور ادبیات در فصل دوم تشریح می‌گردند.

در فصل سوم، پس از تعریف دقیق مسأله، ابتدا یک مدل ریاضی ارائه شده و سپس تعدادی قواعد غلبه که شرایط لازم بهینگی را فراهم می‌کنند، اثبات می‌شوند. با توجه به قویاً NP-hard بودن مسأله مورد بررسی، یک الگوریتم رقابت استعماری<sup>۲</sup> نیز که از قواعد غلبه ارائه شده بهره می‌گیرد، برای حل آن توسعه داده می‌شود.

همچنین، به منظور ارزیابی کارایی الگوریتم ترکیبی ارائه شده، تعدادی مسأله نمونه تولید می‌شوند. مسائل نمونه تولید شده توسط مدل ریاضی و نیز الگوریتم ترکیبی ارائه شده حل شده و سپس مقایسه صورت می‌گیرد. این نتایج در فصل چهارم آورده شده‌اند.

در فصل پنجم، به جمع‌بندی تحقیق انجام شده پرداخته می‌شود و نیز پیشنهادهایی به منظور پژوهش‌های آتی ارائه می‌گردد.

---

<sup>1</sup> Dominance rules

<sup>2</sup> Imperialist competitive algorithm

## فصل دوم

### مروری بر ادبیات موضوع