

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.

## \*\*\* تعهد نامه \*\*\*

اینجانب سوما فرهادی 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

سوما فرهادی

۱۳۹۱ / ۱۰ / ۲۴



دانشگاه کردستان  
دانشکده مهندسی  
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته صنایع گرایش صنایع

عنوان:

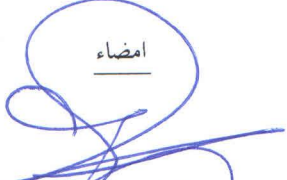

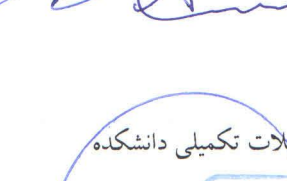
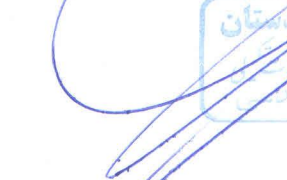
مسأله زمان بندی تحویل دسته‌ای با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی بر روی یک ماشین

پژوهشگر:

سوما فرهادی

در تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۲۴ توسط کمیته تخصصی و هیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره

۱۹.۱۷۵ و درجه عالی..... به تصویب رسید.

امضاء	مرتبۀ علمی	نام و نام خانوادگی	هیات داوران
	استادیار	دکتر فردین احمدی زور	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر حمید فرورش	۲- استاد مشاور
	استادیار	دکتر هیوا فاروقی	۳- استاد داور داخلی
	استادیار	دکتر جمال ارکات	۴- استاد داور داخلی

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده



مهر و امضاء گروه



تقدیم به یگانه ستاره آسمان زندگی ام

مادر عزیزم

که درس مهربانی و سنگینایی را در کتب او آموختم

و

پدر عزیزم

شاید جبران گوشه ای از زحماتش باشد

و

برادر عزیزم دکتر سیروان فرهادی

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر احمدی زر که با راهنمایی‌های خود راهگشای اینجانب بوده‌اند  
صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم. از ایشان بسیار آموختم و همواره مدیون محبت‌های بی‌دریغ ایشان  
خواهم بود.

همچنین بر خود واجب می‌دانم که به پاس آموزش، راهنمایی و همکاری تمام اساتید گروه صنایع مراتب  
سپاس و قدردانی خود را از ایشان ابراز نمایم.

## چکیده

تحقیق حاضر به بررسی مسأله زمان‌بندی تحویل دسته‌ای با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی بر روی یک ماشین می‌پردازد. لحاظ نمودن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی از جمله واقعی‌ترین مفروضات در نظر گرفته شده در حوزه زمان‌بندی است. در این تحقیق، زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی بوده و جدایی‌پذیر هستند. کارها در زمان‌های متفاوتی در دسترس قرار می‌گیرند و به صورت دسته‌ای به مشتریان مربوطه تحویل داده می‌شوند. موعد تحویل هر کار به صورت یک پنجره زمانی در نظر گرفته شده است. با توجه به پیچیده بودن مسأله مذکور در ابتدا مسأله با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و سپس با در نظر گرفتن همزمان زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف زمان‌بندی کارها، دسته‌بندی آنها و تصمیم‌گیری در مورد زمان تحویل هر دسته می‌باشد، به طوریکه مجموع هزینه‌های زودکرد، دیرکرد، نگهداری و تحویل کمینه گردد. هر یک از مسائل ابتدا به صورت یک مدل ریاضی فرموله شده و سپس مجموعه‌ای از قواعد غالب ارائه و اثبات می‌شوند. به دلیل NP-hard بودن مسائل مذکور، یافتن جواب بهینه مسائل با ابعاد بزرگ در زمانی منطقی مقدور نمی‌باشد. بنابراین، یک روش حل کارا که متشکل از ترکیب قواعد غالب و یک الگوریتم رقابت استعماری است، برای حل هر یک از آنها توسعه داده می‌شود. در مسائل مورد بررسی، وجود بیکاری‌های غیرضروری و دسته‌بندی غیرپیوسته مجاز می‌باشد. علاوه بر این، زمان تحویل یک دسته ممکن است بزرگتر از زمان تکمیل آخرین کار موجود در آن دسته باشد. در هر یک از مسائل به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم ترکیبی ارائه شده، تعدادی مسأله نمونه تولید و حل می‌شود. نتایج به دست آمده کارایی الگوریتم ارائه شده را نشان می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** زمان‌بندی، تک ماشین، تحویل دسته‌ای، زمان‌های دسترسی، زمان‌های آماده‌سازی وابسته

به توالی، پنجره‌های زمانی، قواعد غالب، الگوریتم رقابت استعماری

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
۷	۵-۱- مراحل انجام تحقیق
۸	فصل دوم (مروری بر ادبیات موضوع)
۹	۱-۲- مقدمه
۹	۲-۲- سیستم تحویل دسته‌ای
۹	۲-۲-۱- زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در محیط تک ماشین
۱۷	۲-۲-۲- زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در محیط ماشین‌های موازی
۱۷	۳-۲- سیستم تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین
۱۸	۲-۳-۱- زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین در محیط تک ماشین
۲۷	۲-۳-۲- زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین در محیط ماشین‌های موازی
۲۸	۳-۳-۲- زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین در کارگاه جریان
۳۱	۴-۲- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۳۲	فصل سوم (مدل‌سازی و ارائه راه‌حل)
۳۳	۱-۳- مقدمه
۳۳	۲-۳- تعریف مسأله با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی
۳۳	۱-۲-۳- مفروضات مسأله
۳۴	۲-۲-۳- مدل‌سازی مسأله
۳۷	۳-۲-۳- شرایط لازم بهینگی
۴۳	۳-۳- تعریف مسأله با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی
۴۳	۱-۳-۳- مفروضات مسأله
۴۴	۲-۳-۳- مدل‌سازی مسأله
۴۸	۳-۳-۳- شرایط لازم بهینگی
۴۸	۴-۳- رویکرد حل مسأله با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی
۵۲	۱-۴-۳- مرحله آغازین
۵۲	۱-۱-۴-۳- نمایش جواب
۵۳	۲-۱-۴-۳- تولید جمعیت اولیه



۵۴	..... شکل دهی امپراطوری های اولیه	۳-۱-۴-۳
۵۶	..... عملگر جذب	۳-۲-۴-۳
۵۹	..... عملگر انقلاب	۳-۳-۴-۳
۶۲	..... بهبود جواب	۳-۴-۴-۳
۶۲	..... جابه جایی موقعیت استعمارگر و مستعمره	۳-۵-۴-۳
۶۲	..... محاسبه کل قدرت یک امپراطوری	۳-۶-۴-۳
۶۳	..... رقابت استعماری	۳-۷-۴-۳
۶۵	..... حذف امپراطوری های ضعیف	۳-۸-۴-۳
۶۵	..... شرط توقف	۳-۹-۴-۳
۶۵	..... رویکرد حل مسأله با در نظر گرفتن زمان های دسترسی و آماده سازی وابسته به توالی	۳-۵-۳
۶۷	..... <b>فصل چهارم (نتایج محاسباتی)</b>	
۶۸	..... مقدمه	۴-۱-۴
۶۸	..... تولید مسائل نمونه و تنظیم پارامترها	۴-۲-۴
۷۰	..... نتایج حاصل از حل مسأله با در نظر گرفتن زمان های دسترسی	۴-۳-۴
۷۹	..... نتایج حاصل از حل مسأله با در نظر گرفتن زمان های دسترسی و آماده سازی وابسته به توالی	۴-۴-۴
۸۵	..... <b>فصل پنجم (جمع بندی و پیشنهادات آتی)</b>	
۸۶	..... جمع بندی	۵-۱-۵
۸۷	..... پیشنهادات مفید برای تحقیقات آتی	۵-۲-۵
۸۹	..... مراجع	

## فهرست جدول‌ها

### عنوان

### صفحه

---

---

جدول ۱-۱: طبقه‌بندی تحقیقات انجام گرفته در حوزه زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در محیط تک ماشین	۱۵
جدول ۲-۱: طبقه‌بندی تحقیقات انجام گرفته در حوزه زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین در محیط تک ماشین	۲۵
جدول ۳-۱: طبقه‌بندی تحقیقات انجام گرفته در حوزه زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین در محیط ماشین‌های موازی	۲۸
جدول ۴-۱: طبقه‌بندی تحقیقات انجام گرفته در حوزه زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در زنجیره تأمین در کارگاه جریان	۳۰
جدول ۱-۴: مقادیر تنظیم شده برای پارامترها	۷۰
جدول ۲-۴: نتایج حاصل از مقایسه ICA و ICADR	۷۱
جدول ۳-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مقایسه ICA و ICADR	۷۲
جدول ۴-۴: نتایج حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی برای مسائل با ابعاد کوچک	۷۳
جدول ۵-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی برای مسائل با ابعاد کوچک	۷۴
جدول ۶-۴: نتایج حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی برای مسائل با ابعاد بزرگ	۷۷
جدول ۷-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی برای مسائل با ابعاد بزرگ	۷۷
جدول ۸-۴: نتایج حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی	۷۹
جدول ۹-۴: درصد انحراف نسبی حاصل از مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی	۸۱

## فهرست شکل‌ها

عنوان

صفحه

---

---

شکل ۱-۳: فلوجارت الگوریتم پیشنهادی	۵۱
شکل ۲-۳: نمونه‌ای از یک کشور چهار سطری	۵۳
شکل ۳-۳: چگونگی شکل‌گیری امپراطوری‌های اولیه	۵۵
شکل ۴-۳: اجرای عملیات انتقال بر روی یک کشور	۵۷
شکل ۵-۳: شمای کلی حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر (عملگر جذب ۲)	۵۸
شکل ۶-۳: تغییر جای استعمارگر و مستعمره	۶۳
شکل ۷-۳: شمای کلی رقابت استعماری	۶۴

## فصل اول (کلیات تحقیق)

زمان‌بندی<sup>۱</sup> عبارت از تخصیص تعدادی منابع محدود به مجموعه‌ای محدود از کارها<sup>۲</sup> در طول زمان می‌باشد. در واقع زمان‌بندی یک تابع تصمیم‌گیری است که یک یا چند هدف را بهینه‌سازی می‌کند. در زمان‌بندی دو مفهوم اصلی منابع و کارها حالت‌های مختلفی می‌توانند داشته باشند. به عنوان مثال، در یک پروژه ساختمانی منابع قابل دسترسی و کارها می‌توانند به ترتیب عبارت از مهندسين ساختمانی و مراحل مختلف اجرای عملیات ساختمانی باشند [۲۰۱].

زمان‌بندی به عنوان یک ابزار مهم در تولید و مهندسی، تأثیر بسیار مهمی بر روی میزان بهره‌وری یک فرآیند دارد. زمان‌بندی تولید که با افزایش رقابتی تر 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 مسائل 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 تأمین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز در موقع مناسب می‌شود. بنابراین، بررسی توالی عملیات در محیط‌های مختلف و با معیارهای مختلف یک گام مثبت جهت حفظ بقا می‌باشد.

مسائل زمان‌بندی به طور گسترده‌ای با توابع هدف مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بیشتر مطالعات صورت گرفته بر روی شکل ساده این مسائل تمرکز دارند. لیکن، در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای<sup>۳</sup> کمتر مورد توجه بوده است. تحویل دسته‌ای یکی از خصوصیات رایج در بسیاری از سیستم‌های زندگی واقعی است، که در آن کارها به صورت دسته‌ای به مشتریان تحویل داده می‌شوند. این امر باعث کاهش

---

<sup>۱</sup> Scheduling

<sup>۲</sup> Jobs

<sup>۳</sup> Batch Delivery System

کل هزینه تحویل<sup>۱</sup> می‌گردد. بنابراین، بررسی سیستم تحویل دسته‌ای در مسائل زمان‌بندی حائز اهمیت می‌باشد.

## ۲-۱- تعریف کلی مسأله پیشنهادی

مدل‌های زمان‌بندی سنتی دو فاکتور زمان‌بندی ماشین<sup>۲</sup> 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 ضرورتاً منجر به جواب بهینه سراسری<sup>۳</sup> نخواهد شد. بنابراین، نوع دیگری از مسائل زمان‌بندی، تحت عنوان زمان‌بندی تحویل دسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این نوع از مسائل تمرکز بر روی یکپارچه‌سازی زمان‌بندی تولید و تحویل کالاهای ساخته شده به مشتریان می‌باشد. 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 بر روی آنها باید به صورت دسته‌ای به مشتریان مربوطه و یا سایر مراحل تولیدی، تحویل داده شوند. تحویل هر کار تا کامل شدن سایر کارهای متعلق به آن دسته به تعویق خواهد افتاد. به عبارت دیگر، تمام کارهای متعلق به یک دسته به طور همزمان تحویل داده خواهند شد. بنابراین، زمان تکمیل<sup>۴</sup> هر دسته مساوی با زمان تکمیل آخرین کار آن دسته است. در این مسائل، هزینه تحویل تابعی غیر نزولی از تعداد دسته‌های

---

<sup>1</sup> Delivery Cost

<sup>2</sup> Machine

<sup>3</sup> Global Optimum

<sup>4</sup> Completion Time

تحویل داده شده است. همچنین، با توجه به خصوصیات مسأله مورد بررسی سیستم تولیدی می تواند تک ماشین<sup>۱</sup> یا مجموعه‌ای از ماشین‌ها باشد.

در تحقیق حاضر، مسأله زمان‌بندی تک ماشین مورد بررسی قرار می‌گیرد که در آن کارها در زمان‌های متفاوتی<sup>۲</sup> در دسترس بوده و به صورت دسته‌ای به مشتریان تحویل داده می‌شوند. موعد تحویل<sup>۳</sup> هر کار به صورت یک پنجره زمانی<sup>۴</sup> در نظر گرفته می‌شود. زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی<sup>۵</sup> بوده و جدایی‌پذیر<sup>۶</sup> هستند. با توجه به پیچیده بودن مسأله مذکور در ابتدا مسأله با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و سپس با در نظر گرفتن همزمان زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف زمان‌بندی کارها، دسته‌بندی آنها و تصمیم‌گیری در مورد زمان تحویل<sup>۷</sup> هر دسته می‌باشد، به طوریکه مجموع هزینه‌های زودکرد<sup>۸</sup>، دیرکرد<sup>۹</sup>، نگهداری<sup>۱۰</sup> و تحویل کمینه گردد. در مسائل مورد بررسی زمان تحویل یک دسته ممکن است بزرگتر از زمان تکمیل آخرین کار موجود در آن دسته باشد. همچنین، وجود بیکاری‌های غیرضروری<sup>۱۱</sup> و دسته‌بندی غیرپیوسته<sup>۱۲</sup> مجاز می‌باشد. لحاظ نمودن بیکاری‌های غیرضروری به این معنی است که چنانچه ماشین و کار هر دو در دسترس باشند، ماشین را می‌توان برای مدتی بیکار نگه داشت. علاوه بر این، منظور از دسته‌بندی غیرپیوسته این است که کارهای متعلق به یک دسته به صورت جداگانه پردازش شده و با هم تحویل داده می‌شوند. به عبارت دیگر، کارهای متعلق به یک دسته لزوماً به صورت متوالی پردازش نخواهند شد.

---

<sup>1</sup> Single Machine

<sup>2</sup> Release Date

<sup>3</sup> Due Date

<sup>4</sup> Due Window

<sup>5</sup> Sequence Dependent Setup Times

<sup>6</sup> Anticipatory Setup

<sup>7</sup> Delivery Date

<sup>8</sup> Earliness Cost

<sup>9</sup> Tardiness Cost

<sup>10</sup> Holding Cost

<sup>11</sup> Unforced Idleness

<sup>12</sup> Discontinuous Batch

### ۳-۱- ضرورت انجام تحقیق

مسئله زمان‌بندی نقش مهمی را در اکثر سیستم‌های تولیدی و خدماتی ایفا می‌کند، اما اغلب از مفروضات ساده‌کننده‌ای در تعریف مسئله و حل آن استفاده می‌شود. لحاظ نمودن مفروضات ساده‌منجر به جواب‌هایی متفاوت از دنیای واقعی شده و استفاده عملی از نتایج به دست آمده را با مشکل مواجه می‌سازد. به عنوان مثال، می‌توان به در نظر گرفتن زمان‌های آماده‌سازی به صورت مستقل از توالی<sup>۱</sup> اشاره نمود. در تحقیقاتی که تاکنون بر روی مسئله زمان‌بندی با در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای انجام شده‌اند، زمان‌های آماده‌سازی مستقل از توالی فرض شده و لذا، این زمان‌ها را به عنوان بخشی از زمان پردازش کارها در نظر گرفته‌اند. از سوی دیگر، تحقیقات بسیار اندکی در حوزه سیستم تحویل دسته‌ای وجود دارد که در آن کارها در زمان‌های متفاوتی در دسترس قرار گیرند.

هنگامی که زمان‌های آماده‌سازی مستقل از توالی می‌باشند، تشابهات تکنولوژیکی کارها نادیده گرفته شده و زمان آماده‌سازی ثابت خواهد بود. در دنیای واقعی کارها ممکن است دارای شباهت‌هایی باشند و میزان شباهت دو کاری که به صورت متوالی پردازش می‌شوند بر روی زمان آماده‌سازی تأثیر خواهد داشت. به عبارت دیگر، هر اندازه که شباهت دو کار متوالی بیشتر باشد زمان آماده‌سازی کمتر خواهد بود و برعکس، به هر اندازه که شباهت کمتر باشد زمان بیشتری صرف آماده‌سازی خواهد گردید. برای کاربردهای آماده‌سازی وابسته به توالی، پیندو<sup>۲</sup> [۲] یک کارخانه پاکت کاغذی<sup>۳</sup> را توصیف می‌کند، که در آن هنگام تولید انواع مختلف پاکت کاغذی بر روی ماشین تولیدی آماده‌سازی نیاز است. همچنین، مدت آماده‌سازی به میزان شباهت دو محصول متوالی به عنوان مثال، اندازه و رنگ آنها بستگی دارد. در بخش رنگ در صنایع خودروسازی نیز زمان آماده‌سازی وابسته به توالی دیده می‌شود. به طور کلی این نوع از

---

<sup>۱</sup> Sequence Independent Setup Times

<sup>۲</sup> Pinedo

<sup>۳</sup> Paper Bag



زمان آماده‌سازی در بسیاری از مسائل عملی مانند صنایع شیمیایی، صنایع چاپ، صنایع دارویی و بسیاری از فرآیندهای تولیدی دیگر رخ می‌دهد. بنابراین، در نظر گرفتن فرض زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی موجب نزدیکتر شدن مسأله به دنیای واقعی می‌گردد.

در دنیای واقعی، ممکن است کارها متعلق به مشتریان متفاوتی باشند. همچنین ممکن است در سیستم تولیدی<sup>۱</sup> چندین ماشین وجود داشته باشند که کارها در ابتدا بر روی ماشین‌های دیگری پردازش شده و سپس به ماشین مورد بررسی برسند. در اینگونه موارد ممکن است کارها در زمان‌های متفاوتی در دسترس قرار گیرند. بنابراین، در نظر گرفتن فرض در دسترس بودن کارها در زمان‌های متفاوت مسأله را به دنیای واقعی نزدیکتر می‌نماید.

مسأله زمان‌بندی تک ماشین با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های زودکرد و دیرکرد خود مسأله‌ای NP-hard است [۳]، واضح است که مسأله تحویل دسته‌ای مورد بررسی پیچیده‌تر بوده و شدیداً NP-hard است. وارد نمودن هر کدام از مفروضات زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی برای کارها، به تنهایی مسأله را پیچیده‌تر نموده و لحاظ نمودن هر دو آنها به طور همزمان مسأله را بسیار پیچیده می‌نماید. در تحقیق حاضر سعی بر آن است که با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی، مسأله به دنیای واقعی نزدیک‌تر شده و قابلیت اتکا به جواب‌های به دست آمده در مسائل عملی افزایش یابد.

#### ۴-۱- اهداف تحقیق

در این تحقیق، مسأله زمان‌بندی تک ماشین مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به پیچیده بودن مسأله مورد بررسی، ابتدا مسأله با در نظر گرفتن زمان‌های دسترسی و سپس با در نظر گرفتن همزمان زمان‌های دسترسی و آماده‌سازی وابسته به توالی بررسی می‌شود. برای هر کدام از مسائل مذکور، سه هدف اصلی زیر مدنظر قرار گرفته است:

---

<sup>1</sup> Manufacture's Store

- ارائه مدل ریاضی جهت حل مسأله.
- ارائه و اثبات قواعد غالب<sup>۱</sup> که شرایط لازم بهینگی را فراهم می کنند.
- حل مدل ارائه شده با استفاده از یک الگوریتم کارا.

## ۱-۵- مراحل انجام تحقیق

اولین مرحله در تدوین تحقیق حاضر، شناسایی و بررسی منابع و مراجع مرتبط با سیستم تحویل دسته‌ای در مسائل زمان‌بندی بوده است. در مجموعه بررسی شده، تعداد قابل توجهی از تحقیقاتی که به بررسی سیستم تحویل دسته‌ای پرداخته‌اند در کانون توجه قرار گرفته و جزئیات آنها بررسی شده‌اند. نتایج بررسی و مرور ادبیات در فصل دوم تدوین و تشریح شده‌اند.

در فصل سوم، برای هر یک از مسائل مورد بررسی ابتدا یک مدل ریاضی ارائه شده و سپس قواعد غالب که شرایط لازم بهینگی را فراهم می کنند ارائه و اثبات شده‌اند. علاوه بر این، با توجه به NP-hard بودن مسائل مورد بررسی، به منظور حل هر یک از آنها یک الگوریتم رقابت استعماری<sup>۲</sup> با هدف حداقل نمودن مجموع هزینه‌های زود کرد، دیر کرد، نگهداری و تحویل توسعه داده می شود.

برای هر یک از مسائل به منظور ارزیابی کارایی الگوریتم ترکیبی ارائه شده، تعدادی مسأله نمونه تولید می شوند. سپس، مسائل نمونه تولید شده توسط مدل ریاضی و الگوریتم ترکیبی ارائه شده حل می شوند. این موارد در فصل چهارم آورده شده‌اند.

در فصل پنجم، به جمع‌بندی تحقیق انجام شده پرداخته می شود و پیشنهادهایی نیز به منظور تحقیقات آتی ارائه می گردد.

<sup>1</sup> Dominance Rules

<sup>2</sup> Imperialist Competitive Algorithm

## فصل دوم (مروری بر ادبیات موضوع)

## ۱-۲ - مقدمه

مسئله زمان‌بندی انجام کارها روی ماشین‌آلات، یکی از مسائل مهمی است که از مدت‌ها قبل مورد توجه مهندسان، مدیران و سرپرستان کارگاه‌های تولیدی بوده است. برنامه زمان‌بندی غیر موثر منجر به استفاده ضعیف از منابع موجود و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. این امر رقابت و اثر بخشی سازمان را کاهش داده و موجب بروز تأخیر جریان برخی سفارشات در سیستم می‌گردد. برخی از مدل‌های زمان‌بندی عبارتند از زمان‌بندی تک ماشین، زمان‌بندی ماشین‌های موازی<sup>۱</sup>، زمان‌بندی ماشین‌های سری<sup>۲</sup>، زمان‌بندی کارگاهی<sup>۳</sup> و ... در این فصل ابتدا سیستم تحویل دسته‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد، سپس به بررسی مراجع مرتبط با سیستم تحویل دسته‌ای در مسائل زمان‌بندی پرداخته می‌شود.

## ۲-۲ - سیستم تحویل دسته‌ای

مسئله زمان‌بندی با در نظر گرفتن سیستم تحویل دسته‌ای نخستین بار در سال ۱۹۹۳ توسط چنگ و کالچر<sup>۴</sup> [۴] در محیط تک ماشین مطرح گردید. تابع هدف مسئله مورد بررسی آنها کمینه‌سازی مجموع وزنی کل زود کردها و هزینه‌های تحویل بود. آنها ثابت نموده‌اند که این مسئله در دسته مسائل NP-complete قرار دارد و در حالت خاصی که تمام کارها دارای وزن‌های یکسانی می‌باشند، مسئله با استفاده از یک الگوریتم زمان چند جمله‌ای<sup>۵</sup> قابل حل خواهد بود.

## ۱-۲-۲ - زمان‌بندی تحویل دسته‌ای در محیط تک ماشین

محیط تک ماشین محیطی است که در سال‌های اخیر از نقطه نظر تئوری مطالعات زیادی در مورد آن صورت گرفته است و به دلایل زیادی مهمترین مدل‌ها در این کلاس قرار دارند. اولین اهمیت از آن جهت است که این مدل‌ها نسبت به بقیه ساده‌تر بوده و حالت خاصی از سایر مدل‌های زمان‌بندی به شمار

<sup>1</sup> Parallel Machines

<sup>2</sup> Flow Shop

<sup>3</sup> Job Shop

<sup>4</sup> Cheng and Kahlbacher

<sup>5</sup> Polynomially Algorithm