

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه خوارزمی  
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع  
گرایش صنایع

عنوان

تعیین همزمان اندازه انباشته و زمان بندی در محیط کار کارگاهی

استاد راهنما

دکتر محمد محمدی

استاد مشاور

دکتر بهمن نادری

نگارش

امید پورسبزی

شهریور ماه ۱۳۹۲

با احترام به مادرم  
تقدیم می‌کنم به

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه  
نمایم

روحش شاد...

و به مادرم، دریای بی‌کران فداکاری که وجودم برایش همه رنج بود و  
وجودش برایم همه مهر

و تقدیم می‌کنم به

خانواده‌ام که همواره در سخت‌ترین لحظات زندگی یار و یاور من بودند

و

استاد بزرگوار که به من اندیشیدن آموختند

برخود لازم می‌دانم تا از استاد راهنمای فرهیخته و ارجمند خود جناب آقای دکتر محمد محمدی که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی‌دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال تشکر را داشته باشم.

همچنین از استاد مشاور فرزانه و بزرگوار جناب آقای دکتر بهمن نادری که در طول این تحقیق با رهنمودهای سازنده و تشویق‌های دلگرم‌کننده خود نقشی سازنده در ارتقای سطح کیفی این پایان نامه ایفا نمودند، مراتب سپاسگزارم صمیمانه خود را برسانم.

در پایان از استاد ارجمند جناب آقای دکتر سیامک حاجی یخچالی که زحمت بازخوانی و داوری این پایان نامه را متقبل شدند نیز کمال تشکر را دارم و برای ایشان آرزوی پیروزی و بهروزی دارم.

## چکیده

با توجه به رقابت تنگاتنگ موجود بین سازمان‌های تولیدی، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های این سازمان‌ها چگونگی برنامه‌ریزی سازمان برای استفاده از منابع به منظور دستیابی به نحوه استفاده بهینه از منابع سیستم است. در واقع سازمانی موفق است که بتواند به بهترین نحو از منابع خود استفاده کند. داشتن برنامه‌ریزی تولید مناسب در طول افق برنامه‌ریزی عاملی است که استفاده بهینه از منابع سازمان اعم از منابع انسانی، تجهیزات، منابع مالی و ... را به دنبال خواهد داشت. از این رو محققان بسیاری در زمینه‌های مرتبط با مسائل برنامه‌ریزی تولید به پژوهش پرداخته‌اند.

مسئله زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته یکی از مهم‌ترین و در عین حال دشوارترین مسائل مربوط به برنامه‌ریزی تولید است. آنچه در این رساله مورد بررسی قرار گرفته، مسئله تعیین همزمان اندازه‌انباشته و زمان‌بندی است که محیط‌های تولیدی کار کارگاهی چند محصولی، چند دوره‌ای با ماشین‌های با ظرفیت محدود را لحاظ می‌کند. تقاضای محصولات پویا و قطعی است و در انتهای هر دوره از افق برنامه‌ریزی می‌بایست تقاضای محصولات مختلف در آن دوره پاسخ گفته شود. در این مسئله فرض بر این است که هر محصول در طول فرایند تولید خود مجاز است حداکثر یک بار از هر مرحله عبور کند و از طرفی به هنگام تغییر تولید از یک محصول به محصولی دیگر روی یک ماشین، هزینه و زمانی به سازمان تحمیل می‌شود که وابسته به توالی محصولات تولیدی است و راه‌اندازی‌ها قابلیت انتقال از یک دوره به دوره آتی را دارند. ساختاری که برای محصولات تولیدی سازمان در نظر گرفته شده است، ساختار محصولی کلی<sup>1</sup> است.

در مدلی که برای مسئله با فرضیات فوق طراحی شده است، هدف تعیین میزان تولید هر محصول روی هر ماشین در هر دوره، تعیین زمان‌بندی تولید محصولات روی ماشین‌آلات، تعیین زمان و میزان بی-کاری ماشین‌آلات می‌باشد، به نحوی که مجموع هزینه‌های سیستم حداقل گردد. هزینه‌های سیستم مجموع هزینه نگهداری موجودی، هزینه بی‌کاری، هزینه تولید و هزینه راه‌اندازی ماشین‌آلات می‌باشد.

<sup>1</sup> General Product Structure

مسائل برنامه‌ریزی تولید در حالت ساده و ابتدایی خود در دسته مسائل NP-Hard قرار می‌گیرند. حال با توجه اضافه شدن فرضیات فوق به مسئله، قطعاً به درجه پیچیدگی محاسباتی مسئله افزوده می‌شود که در این حالت نیاز به استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری برای حل مسئله امری انکارناپذیر است. با توجه به NP-Hard بودن مسئله مورد بررسی، برای مقایسه عملکرد الگوریتم‌های طراحی شده در ابعاد بزرگ‌تر، نیاز به معیاری غیر از جواب بهینه مسئله است. از این رو، دو حد پایین محاسباتی برای مدل طراحی و توسعه داده شد و در نهایت با توجه به نتایج بررسی نمونه‌های حل شده یکی از این دو حد پایین به‌عنوان معیار مقایسه انتخاب شد تا عملکرد الگوریتم‌ها بر اساس آن سنجیده شود.

الگوریتم‌هایی که در این پژوهش به کار گرفته شده‌اند، الگوریتم‌های جدیدی هستند که با توجه به ویژگی‌های الگوریتم‌های به کار رفته برای حل این نوع از مسائل انتخاب شده‌اند. دو الگوریتم ابتکاری برای حل مدل ارائه شده طراحی شده است، یکی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک بوده و گام‌های آن به گونه‌ای طراحی شده است که فضای جستجوی الگوریتم فقط به فضای شدنی مسئله محدود می‌شود. دومین الگوریتم مبتنی بر جابجایی تولید در طول دوره‌های افق برنامه‌ریزی است. روشی که برای تنظیم پارامترهای الگوریتم به کار گرفته شده است، روش طراحی آزمایش‌ها تاگوچی است.

## واژه‌های کلیدی:

برنامه‌ریزی تولید، مسئله تعیین اندازه‌انباشته و زمان‌بندی، راه‌اندازی وابسته به توالی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ابتکاری، کار کارگاهی

## صفحه

## فهرست عناوین

۱	فصل اول کلیات تحقیق	۱
۲	۱.۱ مقدمه	۲
۳	۲.۱ بیان مسئله	۳
۷	۳.۱ اهمیت و ضرورت تحقیق	۷
۸	۴.۱ اهداف تحقیق	۸
۹	۵.۱ سوالات تحقیق	۹
۱۰	۶.۱ ساختار پایاننامه	۱۰
۱۰	۷.۱ نتیجه‌گیری	۱۰
۱۱	فصل دوم مبانی نظری و مروری بر ادبیات موضوع	۱۱
۱۲	۱.۲ مقدمه	۱۲
۱۴	۲.۲ مسائل تعیین اندازه‌انباشته	۱۴
۱۶	۳.۲ پارامترهای تاثیرگذار بر مسائل زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته	۱۶
۱۷	۱.۳.۲ افق برنامه‌ریزی	۱۷
۱۸	۲.۳.۲ نوع تقاضا	۱۸
۲۰	۳.۳.۲ تعداد سطوح	۲۰
۲۲	۴.۳.۲ ساختار سیستم تولید	۲۲
۲۳	۵.۳.۲ محدودیت منابع تولیدی	۲۳
۲۴	۶.۳.۲ تعداد محصولات	۲۴
۲۵	2.3.7 ساختار راه‌اندازی	۲۵
۲۷	2.3.8 وضعیت موجودی	۲۷
۲۸	۹.۳.۲ تابع هدف	۲۸
۲۸	۴.۲ انواع مسائل زمان‌بندی و تعیین اندازه	۲۸
۲۹	۱.۴.۲ مدل سفارش اقتصادی (EOQ)	۲۹
۲۹	۲.۴.۲ مسئله زمان‌بندی اقتصادی (ELSP)	۲۹
۲۹	۳.۴.۲ مسئله واگنر-ویتین	۲۹
۳۰	2.4.4 مسائل تعیین اندازه‌انباشته محدودیت‌دار (CLSP)	۳۰
۳۰	۵.۴.۲ مسائل زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته گسسته (DLSP)	۳۰
۳۰	۶.۴.۲ مسائل تعیین اندازه‌انباشته با راه‌اندازی نسبی (CSLP)	۳۰
۳۱	2.4.7 مسئله زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته نسبی (PLSP)	۳۱
۳۱	2.4.8 مسائل زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته با زمان پیوسته (BSP)	۳۱
۳۲	۹.۴.۲ مسئله زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته کلی (GLSP)	۳۲
۳۲	۵.۲ مرور ادبیات روشهای حل در مسائل زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته	۳۲

۳۳	الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری	۱.۵.۲
۳۷	الگوریتم‌های ابتکاری	2.5.2
۳۸	الگوریتم‌های فراابتکاری	۳.۵.۲
۴۳	جمع‌بندی	۴.۵.۲
<b>۵۶</b>	<b>فصل سوم مدل توسعه داده شده</b>	<b>۳</b>
۵۷	مقدمه	۱.۳
۵۸	فرضیات مدل	۲.۳
۵۹	معرفی مدل ریاضی ارائه شده	۳.۳
۶۱	اندیسها، پارامترها و متغیرهای تصمیم	۱.۳.۳
۶۳	مدل ریاضی ارائه شده	۲.۳.۳
۶۸	خطی‌سازی مدل ارائه شده	۳.۳.۳
۷۱	توسعه حد پایین محاسباتی	۴.۳
۷۱	مقدمه	۱.۴.۳
۷۲	ارائه و مقایسه دو حد پایین محاسباتی	۲.۴.۳
۷۶	نتیجه‌گیری	۵.۳
<b>۷۷</b>	<b>فصل چهارم توسعه الگوریتم حل مسئله</b>	<b>۴</b>
۷۸	مقدمه	۱.۴
۸۱	الگوریتم ژنتیک	۲.۴
۹۹	الگوریتم ابتکاری توسعه داده‌شده	۳.۴
۱۰۱	رویه سازنده جواب آغازین الگوریتم	۱.۳.۴
۱۰۱	رویه هموارسازی	۲.۳.۴
۱۰۲	گام پسرو	۱.۲.۳.۴
۱۰۴	گام پیشرو	۲.۲.۳.۴
۱۰۴	آزمون نسبت	4.3.2.3
۱۰۷	رویه بهبود	۳.۳.۴
۱۰۸	رویه ترکیب	۴.۳.۴
<b>۱۱۱</b>	<b>فصل پنجم تجزیه و تحلیل داده‌ها</b>	<b>۵</b>
۱۱۲	مقدمه	۱.۵
۱۱۲	تنظیم پارامترهای الگوریتم	۲.۵
۱۱۲	مفهوم طراحی آزمایشات	۱.۲.۵
۱۱۶	تنظیم پارامتر الگوریتم ارائه شده برای حل مسئله	۲.۲.۵
۱۱۹	مقایسه الگوریتم‌های ارائه شده	۳.۲.۵
۱۲۲	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۳.۵



---

۱۲۴.....	۶ فصل ششم جمع بندی و نتیجه گیری.....
۱۲۵.....	۱.۶ جمع بندی و نتیجه گیری.....
۱۲۶.....	۲.۶ نوآوری تحقیق.....
۱۲۷.....	۳.۶ پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی.....
۱۲۸.....	منابع و مراجع.....

## صفحه

## فهرست اشکال

شکل ۱.۱	نمایی از چیدمان جریان کارگاهی.....	۴
شکل ۲.۱	نمایی از چیدمان جریان کارگاهی انعطاف پذیر.....	۴
شکل ۳.۱	نمایی از چیدمان کار کارگاهی.....	۵
شکل ۴.۱	نمایی از چیدمان کار کارگاهی انعطاف پذیر.....	۵
شکل ۱.۲	تعیین اندازه انباشته چهار محصول طی یک افق برنامه ریزی.....	۱۴
شکل ۲.۲	تعیین اندازه انباشته چهار محصول طی یک افق برنامه ریزی.....	۱۵
شکل ۳.۲	دسته بندی سیستم های تولیدی بر اساس مسیر تولید.....	۲۳
شکل ۴.۲	نحوه جستجوی روش های فرابتکاری قطعی.....	۳۵
شکل ۵.۲	نحوه جستجوی روش های فرابتکاری غیرقطعی.....	۳۶
شکل ۶.۲	فلوچارت مراحل اجرایی الگوریتم ژنتیک.....	۳۹
شکل ۱.۳	تقسیم بندی یک دوره برای یک ماشین بر اساس ساختار زمانی دو سطحی.....	۶۰
شکل ۱.۴	چگونگی نمایش یک جواب به صورت یک کروموزوم برای الگوریتم.....	۸۳
شکل ۲.۴	نمونه ای از عملگر چرخ رولت.....	۹۲
شکل ۳.۴	نحوه عملکرد عملگر تقاطع تک نقطه ای.....	۹۳
شکل ۴.۴	نحوه عملکرد عملگر جهش جابجایی.....	۹۴
شکل ۵.۴	نحوه عملکرد عملگر جهش تعویض.....	۹۶
شکل ۶.۴	نحوه عملکرد عملگر جهش باینری.....	۹۶
شکل ۷.۴	شبه کد الگوریتم توسعه داده شده.....	۹۸
شکل ۸.۴	نمودار همگرایی الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده.....	۹۸
شکل ۹.۴	شبه کد الگوریتم ابتکاری توسعه داده شده.....	۱۰۰
شکل ۱۰.۴	نمودار همگرایی الگوریتم ابتکاری طراحی شده.....	۱۱۰
شکل ۱.۵	نمودار نشان دهنده میانگین نسبت S/N برای هر سطح از پارامترها.....	۱۱۸
شکل ۲.۵	نمودار نشان دهنده میانگین RPD برای هر یک از سطوح پارامترها.....	۱۱۸
شکل ۳.۵	ساختار محصول کلی برای تعداد محصول های ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴.....	۱۱۹
شکل ۴.۵	مقایسه کیفیت جواب و زمان محاسباتی دو الگوریتم در حالت قابل محاسبه بودن حد پایین.....	۱۲۲
شکل ۵.۵	مقایسه کیفیت جواب و زمان محاسباتی دو الگوریتم در حالت غیرقابل محاسبه بودن حد پایین.....	۱۲۲

## صفحه

## فهرست جداول

جدول ۱.۲	خلاصه‌ای بر پیشینه تحقیق.....	۴۵
جدول ۱.۳	مقایسه میان مدل ریاضی اصلی و حد پایینها.....	۷۴
جدول ۲.۳	مقایسه حد پایینها و حل بهینه در مسائلی با ابعاد $(N=2, M=2, T=2)$ و $(N=2, M=3, T=2)$ .....	۷۵
جدول ۱.۴	مقایسه الگوریتم‌ها بر اساس معیارهای مهم طبقه‌بندی.....	۸۱
جدول ۲.۴	انجام محاسبات مربوط به عملگر چرخ رولت.....	۹۱
جدول ۳.۴	نحوه محاسبات و انتخاب عملگر چرخ رولت.....	۹۱
جدول ۱.۵	پارامترهای تاثیرگذار روی الگوریتم.....	۱۱۳
جدول ۲.۵	سطوح مختلف پارامترهای الگوریتم.....	۱۱۶
جدول ۳.۵	سطوح پارامترها در حالات مختلف اجرای آرایه L9.....	۱۱۷
جدول ۴.۵	مقایسه بین دومین حد پایین و الگوریتم‌های پیشنهادی.....	۱۲۰

۱

## فصل اول کلیات تحقیق

## ۱.۱ مقدمه

از قرن ۲۰ به بعد شرکت‌های تولیدی دریافته‌اند که قواعد رقابت در بازار به طور چشمگیری تغییر کرده است. در این سال‌ها، تکنولوژی، شرایط بازار و خواسته‌های مشتریان با سرعت و در جهت‌های مختلف در حال تغییر است. این امر با توجه به پیشرفت سریع تکنولوژی، افزایش مناطق آزاد تجاری و همچنین با توجه به افزایش تقاضای مشتریان برای کالاهایی با کیفیت هرچه بالاتر و در عین حال ارزان‌تر بوده است. در چنین شرایطی سازمان‌ها راه‌حل پیشرفت را در افزایش انعطاف‌پذیری در تولید محصولات مختلف، افزایش پاسخگویی به تقاضای مشتریان و استفاده بهینه از منابع موجود یافته‌اند. به عبارت دیگر در چنین شرایطی آنچه پیشرفت سازمانی را محتمل می‌کند چیزی جز افزایش بهره‌وری سازمان نیست. افزایش بهره‌وری در واحدهای تولیدی موجب شده است که پرداختن به موضوع تولید بیش از آنکه متوجه سخت‌افزار باشد متوجه نرم‌افزار است، یعنی روش‌های جدید در مورد افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها صرفاً در افزایش منابع دیده نمی‌شود و قبل از تصمیم‌گیری پیرامون توسعه و سرمایه‌گذاری جدید، جایگاه ویژه‌ای برای کاربرد هر چه بهتر منابع در دسترس در نظر گرفته می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عواملی که افزایش بهره‌وری و افزایش انعطاف‌پذیری سازمان‌ها در برابر تغییرات محیطی را به دنبال دارد، مدیریت صحیح و دقیق منابع و محصولات است که در واقع به معنی داشتن یک برنامه ریزی تولید کارآمد می‌باشد. هدف برنامه‌ریزی تولید استفاده بهینه از منابع به منظور تامین سفارشات مشتریان و تقاضای پیش‌بینی نشده طی یک بازه زمانی مشخص به نام افق برنامه‌ریزی است. یکی از اساسی‌ترین تصمیماتی که در برنامه‌ریزی تولید گرفته می‌شود، تعیین اندازه‌انباشته اقتصادی برای هر یک از محصولات است. این مسئله از آنجا ناشی می‌شود که در هر منبع تولیدی یک زمان و هزینه راه‌اندازی بابت تغییر تولید از یک محصول به محصول دیگر صرف می‌شود، در نتیجه اقتصاد تولید ایجاب می‌کند که از هر محصول، انباشته‌ای تولید شود. پر واضح است که تولید یک اندازه‌انباشته باعث افزایش هزینه‌های نگهداری می‌شود ولی از طرف دیگر با کاهش تعداد راه‌اندازی‌ها هزینه‌های راه‌اندازی را نیز کاهش می‌دهد. همچنین با داشتن موجودی زیاد در انبارها عملاً میزان ذخیره احتیاطی مطمئن‌تری در اختیار

سازمان قرار دارد در نتیجه سازمان آسیب‌پذیری کم‌تری به نوسانات تقاضا به خصوص در زمان افزایش ناگهانی تقاضا خواهد داشت. در نتیجه این امر باعث هرچه کم‌تر شدن زیان وارده ناشی از این نوسانات به سازمان می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده، تعیین اندازه‌انباشته تولیدی به منظور حداقل نمودن مجموع هزینه‌های سیستم و با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود در سازمان، از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی مدیران برنامه‌ریزی تولید می‌باشد.

## ۲.۱ بیان مسئله

اغلب سازمان‌ها به صورت چند محصولی هستند و این محصولات در اثر صرف منابعی همچون زمان استفاده از ماشین‌آلات، منابع مالی و ... حاصل می‌شوند. فرایند تولید محصولات در چنین سازمان‌هایی بر حسب نوع محصول به گروه‌های مشخصی تقسیم‌بندی می‌شوند. مهم‌ترین محیط‌های تولیدی شامل جریان کارگاهی<sup>۱</sup>، کارکارگاهی<sup>۲</sup>، کارگاه باز<sup>۳</sup> می‌باشند.

در محیط‌های جریان کارگاهی M ماشین وجود دارد، ماشین‌ها به صورت پشت سر هم و سری، مانند آنچه در شکل ۱،۱ می‌بینید، قرار دارند و کارها دارای مسیر پردازش یکسانی جهت عبور از ماشین‌ها هستند. چنانچه توالی انجام کارها در تمام ماشین‌ها یکسان باشد، محیط را جریان کارگاهی ترتیبی<sup>۴</sup> می‌خوانند. از طرفی اگر در هر یک از ایستگاه‌های کاری بیش از یک ماشین وجود داشته باشد (مانند شکل ۲،۱) که البته ماشین‌ها از نظر ویژگی‌های فنی مشابه هم باشند، سیستم تولیدی محیط کارگاهی انعطاف‌پذیر<sup>۵</sup> نام می‌گیرد.

<sup>1</sup> Flow Shop

<sup>2</sup> Job Shop

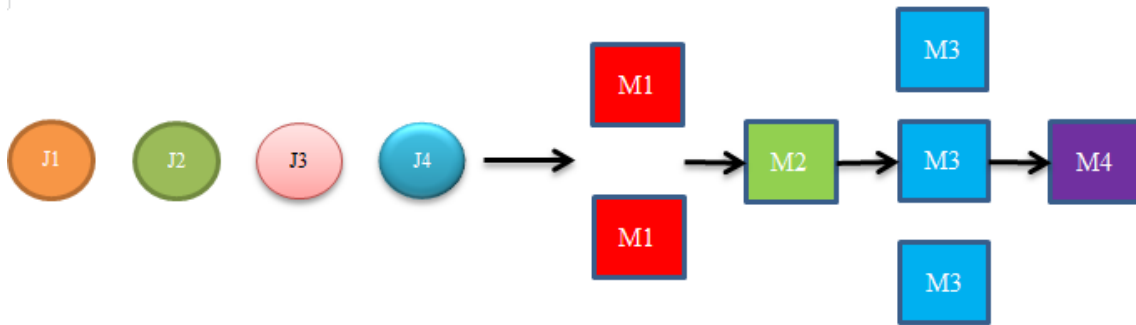
<sup>3</sup> Open Shop

<sup>4</sup> Permutation Flow Shop

<sup>5</sup> Flexible Flow Shop



شکل ۱.۱ نمایی از چیدمان جریان کارگاهی

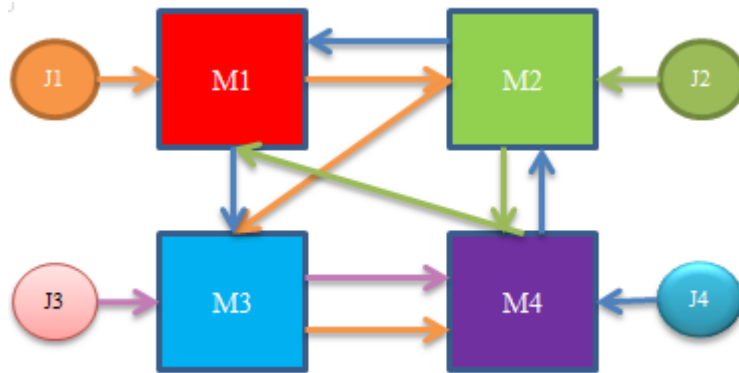


شکل ۲.۱ نمایی از چیدمان جریان کارگاهی انعطاف پذیر

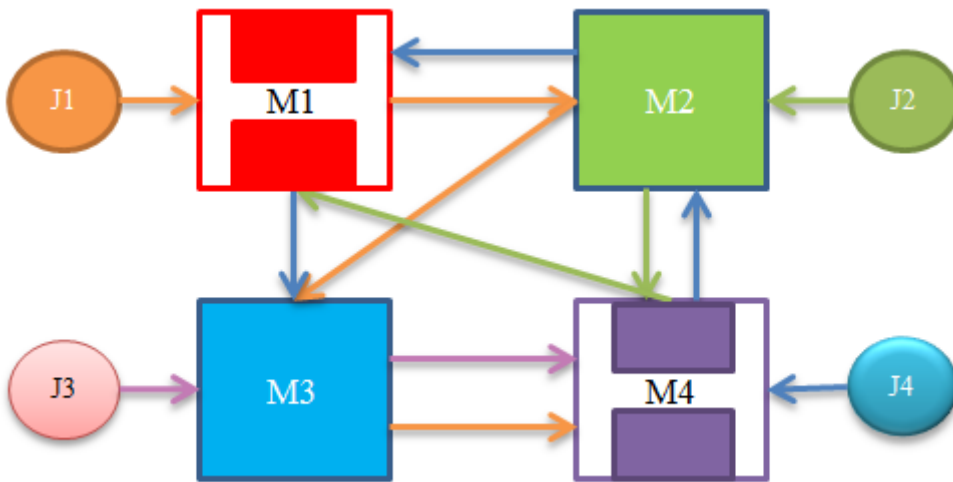
در محیط کار کارگاهی با  $M$  ماشین، هر کار دارای مسیر پردازش متفاوتی جهت عبور از ماشین‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر مسیر تولیدی اقلام تولیدی در کارگاه می‌تواند متفاوت از هم باشد (مانند شکل ۳،۱). محیط‌های تولیدی کار کارگاهی بسته به این که هر محصول بتواند از یک ماشین/ایستگاه بیش از یک بار عبور کند یا خیر، به دو دسته محیط کار کارگاهی بازگردش<sup>۱</sup> یا محیط کار کارگاهی ساده تقسیم‌بندی می‌شود. از طرفی چنانچه در حداقل یک ایستگاه کاری بیش از یک ماشین که از نظر فنی مشابه هم هستند وجود داشته باشند، محیط تولیدی کار کارگاهی انعطاف پذیر<sup>۲</sup> خوانده می‌شود (شکل ۴،۱).

<sup>۱</sup> Recirculation Job Shop

<sup>۲</sup> Flexible Job Shop



شکل ۳.۱ نمایی از چیدمان کار کارگاهی



شکل ۴.۱ نمایی از چیدمان کار کارگاهی انعطاف‌پذیر

محیط‌های کارگاه باز شباهت زیادی به محیط‌های کار کارگاهی دارند. در محیط‌های کارگاه باز با M ماشین، کارها دارای عملیات مشخصی هستند، اما مسیر پردازش مشخصی ندارند. در واقع عبارت فوق به این معنی است که فقط فرآیندهایی که باید در مسیر آماده شدن قطعه به‌عنوان خروجی انجام گیرند مهم هستند و توالی انجام فرایند برای هر قطعه بی‌اهمیت است.

در این پژوهش محیط‌های کار کارگاهی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در هر مرحله از فرایند تولید تنها یک ماشین و با ظرفیت محدود قرار دارد و این ماشین‌ها که در ایستگاه‌های کاری قرار دارند نمی‌توانند در هر زمان روی بیش از یک نوع محصول کار کنند. محصولات مختلف هم تنها مجاز به فقط یک بار عبور از هر یک از ایستگاه‌های کاری موجود در مسیر تولید خود هستند. نمونه‌های فراوانی از بررسی



مسائل مربوط به این نوع محیط تولیدی وجود دارد. به طور کلی می‌توان گفت که در مواردی که تنوع تولید زیاد و حجم تولید کم و یا با نوسان همراه باشد، از این سیستم استفاده می‌شود.

هدف چنین واحدهای تولیدی زمان‌بندی<sup>۱</sup> و تعیین اندازه‌انباشته<sup>۲</sup> هر محصول روی هر ماشین می‌باشد. به طور کلی مسائل تعیین‌اندازه‌انباشته به تعیین میزان تولید هر محصول به منظور پاسخگویی به تقاضای مشتریان می‌پردازد و مسائل زمان‌بندی به زمان‌بندی هر محصول تولیدی روی ماشین‌ها می‌پردازد. چیزی که در این پژوهش به آن پرداخته شده، تعیین زمان‌بندی و اندازه‌انباشته به صورت یکپارچه و همزمان است.

در انواع مسائل برنامه‌ریزی تولید موضوع مهم مورد بحث، موضوع راه‌اندازی ماشین‌آلات می‌باشد. راه‌اندازی روی ماشین‌آلات زمانی به سیستم تحمیل می‌شود که ماشین در حال تولید یک محصول است و می‌بایست در مرحله بعد محصول دیگری روی همان ماشین پردازش شود، در این حالت یک زمان و یک هزینه راه‌اندازی به سیستم تحمیل می‌شود تا ماشین برای تولید محصول بعدی آماده شود. حال اگر این زمان و هزینه راه‌اندازی به نوع محصول وابسته باشد و از محصولی به محصول دیگر متفاوت باشد به این نوع راه‌اندازی‌ها به اصطلاح راه‌اندازی وابسته به توالی<sup>۳</sup> گفته می‌شود. در واقع در نظر گرفتن این حالت در مدل ضروری به نظر می‌رسد، زیرا در اکثر موارد زمان و هزینه راه‌اندازی ماشین‌آلات به نوع محصول وابسته است. به عنوان مثال می‌توان به تعویض انواع قالب روی ماشین پرس و تنظیمات مورد نیاز روی دستگاه اشاره کرد که بر حسب اندازه و نوع قالب و حساسیت محصول تولید شده زمان راه‌اندازی به طور طبیعی متفاوت خواهد بود.

همچنین امکان انتقال راه‌اندازی‌ها از دوره‌ای به دوره بعد نیز ممکن است. این فرض نیز از مفروضاتی است که مسئله را به دنیای واقعی نزدیک‌تر می‌کند. امکان انتقال راه‌اندازی بدان معناست که در صورتی که در یک دوره خاص آخرین محصول روی ماشینی خاص در حال تولید بود و تولید آن در آن دوره تمام شود طبیعتاً ماشین در انتهای دوره روی آن محصول راه‌اندازی شده است و می‌توان از این راه‌اندازی

<sup>۱</sup> Scheduling

<sup>۲</sup> Lot Sizing

<sup>۳</sup> Sequence-Dependent Setup

برای دوره بعد نیز استفاده کرد بدون آنکه در دوره بعد، راه‌اندازی جدیدی روی ماشین انجام شود. در واقع راه‌اندازی از انتهای دوره قبل به ابتدای دوره بعد انتقال می‌یابد.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت آنچه که در این تحقیق به آن پرداخته شده است، مسئله تعیین همزمان و یکپارچه زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته در محیط‌های کار کارگاهی است با این فرضیات که راه‌اندازی-های انجام شده وابسته به توالی بوده و قابلیت انتقال به دوره‌های بعدی را داشته باشد.

### ۳.۱ اهمیت و ضرورت تحقیق

از جمله مواردی که افزایش بهره‌وری یک سیستم یا سازمان را به دنبال دارد برخورداری سازمان از یک برنامه‌ریزی تولیدی مناسب است. این موضوع در سازمان‌هایی که از تنوع محصول برخوردارند بیش از پیش اهمیت می‌یابد. از طرفی محدودیت‌های مختلفی که در سازمان‌ها وجود دارد از جمله محدودیت فضای موجود، منابع مالی و ... آن‌ها را بر آن داشته است که به جای افزایش سخت‌افزار در خود به منظور افزایش میزان تولید، به جنبه‌های نرم‌افزاری خود توجه بیشتری داشته باشند و سعی در استفاده هرچه بهتر از منابع در دسترس کنند. به این معنی که به جای تصمیم به خرید تجهیزات برای سازمان با تنظیم برنامه تولیدی مناسب سعی در کاهش بیکاری‌های موجود در سازمان کرده و از این طریق از ظرفیت موجود تجهیزات کمال استفاده را به عمل آورند. با توجه به آنچه که توضیح داده شد سازمان می‌تواند ظرفیت تولیدی خود را افزایش و هزینه‌های خود را کاهش دهد.

داشتن یک برنامه‌ریزی مناسب جهت تولیدات سازمان از جهات دیگری نیز دارای اهمیت است. برای یک سازمان تولیدی سناریوهای مختلفی جهت تولید محصولات خود وجود دارد، از جمله می‌توان به تولید تقاضای هر دوره در همان دوره اشاره کرد که باعث افزایش چشمگیر هزینه‌های راه‌اندازی می‌شود یا به تولید محصولات در انباشته‌های بزرگ اشاره کرد که باعث افزایش محسوس در هزینه‌های نگهداری می‌شود. با داشتن برنامه‌ریزی تولید مناسب می‌توان به نوعی بین این هزینه‌ها تعادل ایجاد کرد و از تحمیل هزینه‌های اضافی و غیر ضروری به سازمان جلوگیری نمود.

موضوع مورد بحث این پژوهش در اغلب سازمان‌های تولیدی‌ای که با زمان‌های راه‌اندازی طولانی در تجهیزات خود مواجه هستند، قابل کاربرد است. همچنین به دلیل اینکه در دنیای واقعی ظرفیت ماشین-

آلات محدود است، لذا در نظر گرفتن مسئله با فرض محدودیت در ظرفیت امری ضروری به نظر می‌رسد. از جمله صنایعی که موضوع مورد بحث این پژوهش برای آنان قابل کاربرد خواهد بود، می‌توان به صنایع قطعه‌سازی که در آن از دستگاه‌های پرس بزرگ و با دقت زیاد استفاده می‌شود نام برد. مدل توسعه داده شده در این پژوهش می‌تواند کمک شایانی در این نوع تصمیم‌گیری‌ها داشته باشد.

به طور کلی، به منظور داشتن یک روش علمی در انجام تصمیم‌گیری‌های مربوط به زمان‌بندی و تعیین-اندازه‌انباشته می‌بایست با مطالعه دقیق حالت‌های یک محیط تولیدی به ارائه یک مدل ریاضی جامع پرداخت و با آن به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی با داشتن چندین محدودیت و چندین متغیر روبه‌رو شد.

## ۴.۱ اهداف تحقیق

پیدایش مسائل برنامه‌ریزی تولید به مقاله سال ۱۹۵۸ واگنر و ویتین بر می‌گردد [۱]. این مقاله یک مسئله برنامه‌ریزی تولید تک مرحله‌ای، تک محصولی و چند پریودی بدون محدودیت ظرفیت تولید و با در نظر گرفتن هزینه راه‌اندازی مستقل از توالی بود. همچنین در این مقاله زمان‌های راه‌اندازی‌ها نیز مد نظر قرار داده نشده بود در واقع این پژوهش مسئله خاص و ساده‌ای از مسائل زمان‌بندی و تعیین‌اندازه-انباشته بود. واگنر و ویتین مسئله توسعه داده شده خود را با استفاده از برنامه‌ریزی پویا حل کردند. از آن زمان تا کنون با تغییر شرایط محیط‌های تولیدی فرضیات بیشتری به مدل واگنر و ویتین اضافه شد به طوری که مدل آن‌ها را هر چه بیشتر به واقعیت نزدیک می‌کرد.

محیط‌های تولیدی بر حسب محصولات تولید شده شرایط خاص خود را دارند که این امر موجب شده پژوهشگران به صورت گسترده‌ای به مطالعه انواع محیط‌های تولیدی بپردازند. موضوع زمان‌بندی و تعیین‌اندازه‌انباشته و یا زمان‌بندی و تعیین‌اندازه‌انباشته به طور همزمان موضوعی بوده است که محققان زیادی بدان پرداخته‌اند. همچنین پیچیدگی حل این مسائل نیز موجب شده است به منظور حل این مسائل روش‌های گوناگونی ابداع شود. از روش‌های ابتکاری مبتنی بر ریاضیات محض گرفته تا روش‌های فراابتکاری الهام گرفته از طبیعت، همگی در راستای حل این نوع مسائل به خدمت گرفته شده‌اند.

آنچه در این میان به آن پرداخته نشده است، زمان‌بندی و تعیین‌اندازه‌انباشته بطور همزمان برای سیستم‌های کارکارگاهی است، که بخاطر کاربرد زیادی که در عمل دارد از اهمیت خاصی برخوردار است.

با عنایت به این موضوع، در این پژوهش این مسئله مورد بررسی قرار گرفته و سعی شده مدل ارائه شده تا حد امکان پارامترهای اساسی را در خود جای دهد.

اهداف این پژوهش عبارتند از:

- تعیین اندازه‌انباشته هر محصول در هر دوره روی هر ماشین،
- تعیین زمان‌بندی و توالی انجام پردازش محصولات روی ماشین‌آلات،
- حداقل کردن مجموع هزینه‌های تولید، نگهداری، بیکاری و راه‌اندازی،
- توسعه الگوریتم ژنتیک به منظور حل مدل ارائه شده،
- بهبود کارایی الگوریتم ارائه شده از طریق تنظیم پارامترهای آن با استفاده از رویکرد طراحی آزمایشات،
- مقایسه کارایی الگوریتم‌های توسعه داده شده از طریق مقایسه نتایج حاصله.

## ۵.۱ سوالات تحقیق

چگونه می‌توان زمان‌بندی و تعیین اندازه‌انباشته را به طور یکپارچه و همزمان در محیط کار کارگاهی محدودیت‌دار به کار برد؟

چگونه می‌توان راه‌اندازی وابسته به توالی را در مدل تعیین زمان‌بندی و اندازه‌انباشته در نظر گرفت؟

چگونه می‌توان امکان انتقال راه‌اندازی‌ها را در مدل در نظر گرفت؟

چگونه می‌توان الگوریتمی ابتکاری برای حل مسئله به کار برد؟

چگونه می‌توان الگوریتم ژنتیک را برای حل مسئله به کار برد؟

چگونه می‌توان کارایی عملکرد الگوریتم ژنتیک را ارتقا داد؟

کارایی الگوریتم‌های ابتکاری که برای حل مدل توسعه داده شده اند، نسبت به هم چگونه است؟