دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

در رشته مهندسی مکانیک- گرایش ساخت و تولید

تحلیل مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی توالی عملیات قطعات در سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه

دانشجو

ابوالفضل سلمانی بیدسکان

استاد راهنما

دکتر مهرداد کازرونی

شهریورماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

تقدیم به پدر و مادرم،

معلمان همیشگی زندگیم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی دانشکده مهندسی مکانیک	**تاییدیه هیات داوران**	تاریخ:

هیات داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان

تحلیل مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی توالی عملیات قطعات در سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه

توسط آقای ابوالفضل سلمانی بیدسکان صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید با رتبه ..... مورد تایید قرار می‌دهند.

۱- استاد راهنما	جناب آقای دکتر مهرداد کازرونی	امضاء
۲- استاد ممتحن	جناب آقای دکتر مجید قریشی	امضاء
۳- استاد ممتحن	جناب آقای دکتر مهدی ظهور	امضاء
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر مجید قریشی	امضاء

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی دانشکده مهندسی مکانیک	**اظهارنامه دانشجو**	تاریخ:

اینجانب **ابوالفضل سلمانی بیدسکان** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **ساخت و تولید** دانشکده **مهندسی مکانیک** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

تحلیل مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی توالی عملیات قطعات در سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر **مهرداد کازرونی**، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تایید می‌باشد و در مورد استفاده از کار دیگرمحققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ‌جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو

تاریخ

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد. همچنین متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

خدای بزرگ را شاکرم که در برداشتن گامی دیگر از مسیر کسب علم بار دیگر امید و مهربانیش را بدرقه راهم نمود. تشکر و امتنان خود را از اساتید گرانقدرم جناب آقای دکتر مهرداد کازرونی و جناب آقای دکتر افشین کازرونی ابراز نموده و از ایزد یکتا موفقیت و شادمانی‌شان را در تمام زمینه‌ها خواستارم.

همچنین برخود لازم می‌دانم از کمک‌های بی‌دریغ دوستان عزیزم جناب آقای مهندس حسن جعفرزاده و مهندس مسعود احمدنیا تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

مسائل زمان‌بندی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه با هدف حداقل کردن زمان گردش نهایی کارها، یک مساله مهم در توالی عملیات در زمینه بهبود برنامه‌های تولید است. در برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه وقتی که پردازش یک کار بر روی اولین ماشین آغاز شد، آن کار باید بدون وقفه و پیوسته عملیات تکمیل فرایندها تا آخرین ماشین را ادامه دهد. به عبارت دیگر زمان شروع یک کار بر روی اولین ماشین ممکن است با تاخیر شروع شود تا اینکه شرط بدون وقفه رعایت شود. مسائل زمان‌بندی بدون وقفه در محیط تولیدی که فرایندهای قطعه تولیدی باید از ابتدا تا انتها بدون هیچگونه فاصله یا تاخیری بین عملیات ماشین‌ها صورت گیرد، روی می‌دهد. در بعضی فرایندهای تولیدی بعضی از خواص ماده مانند دما یا گرانروی در هر فرایند تابع فرایند قبلی که بر روی آن انجام شده است، می‌باشد. این چنین موقعیت‌هایی در تولید فولاد، زمانی که فولاد ذوب شده تحت یک سری از فرایندها شامل قالب‌گیری در شمش‌ها، برداشتن از قالب، گرمکاری، فرو بردن در آب و نورد اولیه قرار می‌گیرد، روی می‌دهد. برای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی توالی عملیات قطعات در چنین محیط‌های تولیدی از الگوریتم ژنتیک ترکیبی در این تحقیق استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک *(GA)* دارای قابلیت همگرایی کلی در مسائل است و تاثیر کاربرد آن در حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی *NP-hard* در مقابل روش‌های ابتکاری ساده که دارای مزیت همگرایی محلی می‌باشند، به اثبات رسیده است. جهت جلوگیری از همگرایی زودرس، الگوریتم ژنتیک ابتکاری پیشنهاد شده از ترکیب راه‌حل‌های ابتکاری ساده و جستجوی محلی با الگوریتم ژنتیک سنتی ایجاد شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک ابتکاری بکار گرفته شده کارآمد است و راه‌حل‌های بدست آمده توسط آن ۷۳٪ نسبت به راه‌حل‌های بدست آمده از الگوریتم ژنتیک سنتی بهبود یافته است. این روش برای حل مسائل عملی در مقیاس بزرگ مناسب است و می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای کاربرد الگوریتم‌های فرا ابتکاری در تولید صنعتی بکار گرفته شود.

فهرست مطالب

تقدیم

تشکر و قدردانی

چکیده **أ**

فهرست مطالب **ب**

فهرست اشکال **ج**

فهرست جداول **خ**

فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱) برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه ۳

۱-۲) کاربرد سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه ۴

۱-۳) روش و طرح کلی تحقیق ۵

۱-۴) مروری بر تحقیقات انجام شده ۶

۱-۵) سابقه تحقیق درباره روش‌های حل سلول‌های انعطاف‌پذیر بدون وقفه ۹

۱-۶) مفاهیم به کار رفته در تحقیق ۱۳

۱-۶-۱) اتوماسیون و رباتیک ۱۳

۱-۶-۲) جایگشت ۱۳

۱-۶-۳) بدون وقفه ۱۴

۱-۶-۴) چرخه زمانی ۱۴

۱-۶-۵) کارگاه ماشین‌های سری ۱۴

۱-۶-۶) انعطاف‌پذیری ۱۵

۱-۶-۷) سیستم‌های ساخت و تولید انعطاف‌پذیر ۱۶

۱-۶-۸) سلول انعطاف‌پذیر ۱۶

۱-۶-۹) نظریه پیچیدگی ۱۷

۱-۷) جمع‌بندی ۱۷

فصل دوم: طبقه‌بندی مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی **۱۸**

۲-۱) محیط ماشین ۱۹

۲-۱-۱) تعداد ماشین‌ها در هر ایستگاه ۱۹
۲-۱-۲) تعداد ربات‌ها ۲۲
۲-۱-۳) انواع ربات‌ها ۲۲
۲-۲) ویژگی‌های فرایند ۲۲
۲-۲-۱) معیار برداشتن ۲۳
۲-۲-۲) معیار زمان جابجایی ۲۴
۲-۲-۳) تعداد انواع قطعات ۲۶
۲-۳) تابع هدف ۲۷
۲-۴) طبقه‌بندی $\alpha/\beta/\gamma$ برای سلول‌های رباتیک ۲۷
۲-۵) فرضیات مساله ۲۹
۲-۶) جمع‌بندی ۳۰

فصل سوم: الگوریتم ژنتیک ۳۱
۳-۱) تاریخچه ۳۲
۳-۱-۱) تاریخچه بیولوژیکی ۳۳
۳-۲) ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی ۳۳
۳-۲-۱) کروموزوم ۳۳
۳-۲-۲) جمعیت ۳۳
۳-۲-۳) تابع برازندگی ۳۴
۳-۲-۴) عملگرهای الگوریتم ژنتیک ۳۴
۳-۲-۴-۱) عملگر انتخاب ۳۴
۳-۲-۴-۲) عملگر تلفیق ۳۶
۳-۲-۴-۲) عملگر جهش ۳۸
۳-۳) روند کلی الگوریتم‌های ژنتیکی ۳۹
۳-۴) روند کلی بهینه‌سازی و حل مسائل در الگوریتم ژنتیک ۴۰
۳-۴-۱) یک مثال ساده ۴۲
۳-۵) برخی از کاربردهای الگوریتم ژنتیک ۴۵
۳-۶) جمع‌بندی ۴۶

فصل چهارم: ارائه و بررسی الگوریتم‌های پیشنهادی ۴۸
۴-۱) فرمول‌بندی مساله ۴۹
۴-۲) الگوریتم ژنتیک ابتکاری پیشنهادی ۵۰
۴-۲-۱) بکارگیری الگوریتم ژنتیک در حل مساله ۵۱
۴-۲-۲) راه‌حل‌های ابتکاری موجود ۵۳
۴-۲-۲-۱) راه‌حل ابتکاری راجندران ۵۳
۴-۲-۲-۲) راه‌حل ابتکاری راجندران و چادوری ۵۴
۴-۲-۲-۳) راه‌حل ابتکاری الله‌وردی- الدوایسن ۵۴
۴-۲-۲-۴) راه‌حل ابتکاری راجندران- زیگلر ۵۵
۴-۲-۳) احتمال انتخاب ۵۶

۴-۲-۴) عملگرهای ژنتیکی ۵۷
۴-۲-۴-۱) پیوند انتقال جزئی یا پیوند PMX ۵۸
۴-۲-۴-۲) پیوند رتبه‌ای ۵۹
۴-۲-۴-۳) پیوند بر مبنای جایگاه ۶۰
۴-۲-۴-۴) پیوند ساده K نقطه‌ای ۶۰
۴-۲-۴-۵) پیوند بزرگترین زیر توالی مشترک ۶۲
۴-۲-۵) عملگر جهش ۶۳
۴-۲-۶) تعیین معیار توقف ۶۳
۴-۲-۷) بهینه‌سازی پارامترهای کنترل در الگوریتم ژنتیک ۶۴
۴-۳) بکارگیری الگوریتم ژنتیک ابتکاری پیشنهادی ۶۶
۴-۴) جمع‌بندی ۶۷

فصل پنجم: ارزیابی نتایج ۶۸

۵-۱) بررسی نتایج حداقل زمان گردش نهایی نمونه‌ها ۶۹
۵-۲) بررسی نتایج حداکثر زمان گردش نهایی نمونه‌ها ۷۱
۵-۳) مقایسه نتایج حاصل از روش الگوریتم ژنتیک ترکیبی با روش الله‌وردی- الدوایسن و الگوریتم ژنتیک اولیه ۷۳
۵-۴) بررسی نتایج درصد خطای نسبی میانگین ۷۹
۵-۵) جمع‌بندی ۸۵

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۷

منابع و مراجع ۹۰

فهرست اشکال

شکل ۲ -۱: طرح طبقه‌بندی برای سیستم جریان گردش کارگاهی رباتیک ۲۰

شکل ۲ -۲: نمایش سلول رباتیک m ماشین ۲۱

شکل ۳-۱: نحوه ارزیابی شایستگی در چرخ رولت ۳۵

شکل۳-۲: یک نمونه تلفیق ۳۷

شکل ۳-۳: ادغام دو نقطه‌ای ۳۷

شکل۳-۴: تلفیق جامع ۳۸

شکل ۳-۵: یک کروموزوم قبل و بعد از اعمال عملگر جهش ۳۹

شکل ۳-۶: کد برنامه مجازی الگوریتم ژنتیک ساده و فلوچارت آن ۴۰

شکل ۳-۷: ارزیابی تابع شایستگی در چرخ رولت ۴۱

شکل۳-۸: مثال مربع ۳×۳ ۴۲

شکل ۳-۹: محاسبه مقدار شایستگی جمعیت اولیه ۴۳

شکل۵-۱: نمایش حداقل زمان گردش نهایی نمونه‌ها در چهار روش پیشنهادی ۷۱

شکل ۵-۲: نمایش حداکثر زمان گردش نهایی نمونه‌ها در چهار روش پیشنهادی ۷۳

شکل ۵-۳: نمایش عملکرد روش الگوریتم ژنتیک اولیه و ترکیبی با روش الله‌وردی در نمونه ۲۰ کار-۵ ماشین با ۲۰۰ تکرار ۷۴

شکل ۵-۴: نمایش عملکرد روش الگوریتم ژنتیک اولیه در نمونه ۲۰کار- ۵ ماشین با ۲۰۰ تکرار ۷۵

شکل ۵-۵: نمایش عملکرد روش الگوریتم ژنتیک ترکیبی با روش الله‌وردی در نمونه ۲۰کار- ۵ ماشین با ۲۰۰ تکرار ۷۵

شکل۵-۶: نمایش عملکرد روش الگوریتم ژنتیک اولیه و ترکیبی با روش الله‌وردی در نمونه ۲۰ کار- ۵ ماشین با ۱۰۰ تکرار ۷۷

شکل۵-۷: نمایش عملکرد روش الگوریتم ژنتیک اولیه در نمونه ۲۰کار- ۵ ماشین با ۱۰۰ تکرار ۷۸

شکل۵-۸: نمایش عملکرد روش الگوریتم ژنتیک ترکیبی با روش الله‌وردی در نمونه ۲۰کار- ۵ ماشین با ۱۰۰ تکرار ۷۸

شکل ۵-۹: نمایش درصد خطای نسبی میانگین در چهار روش پیشنهادی در نمونه ۵۰ کار- ۱۰ ماشین ۸۰

شکل۵-۱۰: نمایش درصد خطای نسبی میانگین در چهار روش پیشنهادی در نمونه ۵۰ کار- ۲۰ ماشین ۸۱

شکل۵-۱۱: نمایش درصد خطای نسبی میانگین در چهار روش پیشنهادی در ۱۲ نمونه استاندارد تایلارد ۸۴

فهرست جداول

جدول ۴-۱: عملگر PMX ۵۸

جدول ۴-۲: فرزندان تشکیل شده از عملگر PMX ۵۸

جدول ۴-۳: پیوند رتبه‌ای ۵۹

جدول ۴-۴: پیوند بر مبنای جایگاه ۶۰

جدول ۴-۵: پیموند ساده K نقطه‌ای ۶۱

جدول ۵-۱: اطلاعات حداقل زمان گردش نهایی نمونه‌ها در چهار روش پیشنهادی ۷۰

جدول ۵-۲: اطلاعات حداکثر زمان گردش نهایی نمونه‌ها در چهار روش پیشنهادی ۷۲

جدول ۵-۳: اطلاعات درصد خطای نسبی میانگین در چهار روش پیشنهادی در نمونه ۵۰کار- ۱۰ ماشین ۸۰

جدول ۵-۴: اطلاعات درصد خطای نسبی میانگین در چهار روش پیشنهادی در نمونه ۵۰کار- ۲۰ماشین ۸۱

جدول ۵-۵: اطلاعات درصد خطای نسبی میانگین در چهار روش پیشنهادی ۸۳

فصل اول

مقدمه

زمان‌بندی به معنی تخصیص تعدادی منابع محدود به مجموعه‌ای محدود از کارها 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 طور مثال منابع قابل دسترسی در یک کارگاه صنعتی، یک فرودگاه پر ترافیک، یک پروژه ساختمانی و یا یک محیط اینترنت با دستگاه‌های مختلف محاسباتی می‌تواند به ترتیب عبارت از ماشین‌های صنعتی از قبیل دستگاه‌های تراش و *CNC*، ورودی پایانه‌های پرواز و هواپیماهای مختلف، مهندسین ساختمانی و تکنسین‌ها و کارگران و بالاخره تعداد و ظرفیت‌های خطوط انتقال داده‌های کامپیوتری برای دریافت و ارسال پیام‌ها باشد. به همین ترتیب کارها در چهار محیط مختلف فوق می‌تواند به ترتیب عملیات مختلف ماشینکاری، پروازها و نشستن هواپیماها، مراحل مختلف اجرای عملیات ساختمانی و بالاخره اجرای برنامه‌های مختلف کامپیوتری تعریف گردند. البته ممکن است کارها دارای اولویت مختلفی باشند، که به عنوان مثال از اولویت زودترین زمان ممکن برای شروع یک کار و یا موعد تحویل یک کار می‌توان نام برد. تابع هدف یک مساله زمان‌بندی هم می‌تواند موارد مختلفی را در برگیرد، به عنوان مثال تابع هدف می‌تواند به صورت حداقل کردن زمان اتمام آخرین کار و یا حداقل کردن تعداد کارهایی که دارای تاخیر بعد از موعد باشند، در نظر گرفته شود.

در واقع تابع زمان بندی در یک سازمان یا یک سیستم تولیدی با تعداد زیادی از سایر توابع دیگر ارتباط تنگاتنگی دارد. البته این ارتباط‌ها بستگی کاملی به سیستم داشته و بطور قابل توجهی از یک موقعیت به موقعیت دیگر تفاوت زیادی پیدا می‌کند. از طرف دیگر زمانی که سفارشات به سیستم تولیدی وارد می‌شود آن‌ها را بر حسب موعدهای تحویل و یا چگونگی فرایند تولید تقسیم‌بندی می‌کنند. بر این اساس غالبا کارها در دسته یا ترتیب از پیش دانسته شده‌ای در یک کارگاه توسط ماشین‌ها فرایند می‌شوند. در حین فرایند کارها ممکن است جهت انجام فرایندی خاص روی یک ماشین بخصوص که در حال کار کردن است، فرایند اولیه دچار وقفه شده و کاری که دارای اولویت بالاتری است به آن ماشین تخصیص یابد. در این صورت فرایند کار قبلی قطع می‌گردد و پس از اتمام

کار دارای اولویت بالاتر، کار با اولویت پایین‌تر مجددا به فرایند خود ادامه می‌دهد. لذا جهت افزایش کارایی و کنترل دقیق‌تر عملیات در چنین محیط‌هایی زمان‌بندی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود. البته این نکته را نباید از نظر دور داشت که زمان بندی در پایین ترین سطح از نظر برنامه‌ریزی قرار دارد و متاثر از برنامه‌ریزی استراتژیک و برنامه ریزی میان مدت است، لذا هرگونه تغییری در سطوح بالاتر برنامه‌ریزی اثرات قابل توجهی در برنامه زمان‌بندی به جای می‌گذارد. به عبارت دیگر برای بهینه‌سازی در زمان‌بندی ابتدا باید کنترل موجودی، پیش‌بینی تولید و سفارشات، تخصیص منابع و سایر مواردی که در سطوح بالاتر تصمیم‌گیری قرار دارند بهینه گردیده باشند، زیرا نتایج تصمیماتی که توسط توابع فوق گرفته می‌شوند، بهینه‌سازی زمان‌بندی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. علاوه بر این‌ها باید توجه داشت که حوادث غیر مترقبه کارگاهی مانند خرابی ماشین‌ها یا تغییرات در زمان فرایند کارها، پیش‌بینی‌های قبلی را غیرمعتبر ساخته و و در نتیجه اثرات مهمی را روی برنامه‌های زمانی باقی می‌گذارند. لذا در محیط‌های کاری لازم است جهت کنترل و به روز در آوردن زمان‌بندی‌ها این گونه تغییرات توسط مدیران بخش‌های تولیدی به دقت گزارش گردد.

۱-۱) برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه

مساله برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی یک مساله برنامه‌ریزی مهم است و مطالعات گسترده‌ای از سال ۱۹۵۴ که توسط جانسون[۱] پیشنهاد شد، بر روی آن صورت گرفته است. در این تحقیق مساله برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی با محدودیت بدون وقفه در نظر گرفته می‌شود. در برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه وقتی که پردازش یک کار بر روی اولین ماشین آغاز شد، آن کار باید بدون وقفه و پیوسته عملیات تکمیل فرایندها تا آخرین ماشین را ادامه دهد. به عبارت دیگر زمان شروع یک کار بر روی اولین ماشین ممکن است با تاخیر شروع شود تا اینکه شرط بدون وقفه رعایت شود [۱]. مسائل زمان بندی بدون وقفه در محیط تولیدی که

۱ *Johnson*

فرایندهای قطعه تولیدی باید از ابتدا تا انتها بدون هیچگونه فاصله یا تاخیری بین عملیات ماشین‌ها صورت گیرد، روی می‌دهد. به عبارت دیگر اختلاف بین زمان تکمیل آخرین فرایند بر روی قطعه با زمان شروع اولین عملیات بر روی آن باید برابر مجموع زمان‌های فرایندهای عملیاتی آن قطعه باشد. تعیین اینکه کدام یک از توالی‌های حرکت بهینه است، تمرکز اصلی محققین در زمان‌بندی و تعیین توالی عملیات در سلول‌های تولید انعطاف‌پذیر است [۲].

۱-۲) کاربرد سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه

اولین دلیلی که باعث ایجاد و بررسی محیط بدون وقفه در محیط تولید شده به تکنولوژی بر می‌گردد. در بعضی فرایندهای تولیدی بعضی از خواص ماده مانند دما یا گرانروی در هر فرایند تابع فرایند قبلی که بر روی آن انجام شده است، می‌باشد. این چنین موقعیت‌هایی در تولید فولاد، زمانی که فولاد ذوب شده تحت یک سری از فرایندها شامل قالب‌گیری در شمش‌ها، برداشتن از قالب، گرمکاری، فرو بردن در آب و نورد اولیه قرار می‌گیرد، روی می‌دهد. به طور مشابه در قالب‌گیری پلاستیک و صنایع تولید پوشش نقره‌ای، یک سری از فرایندها باید فورا یکی پس از دیگری انجام گیرد تا از تخریب قطعه جلوگیری شود. نمونه‌های دیگر از تولید بدون وقفه در صنایع شیمیایی و دارویی روی می‌دهد. به دلایل مشابه فرایند آندزدایی محصولات آلومینیومی مانند لوله ها باید به صورت فرایندهای بدون وقفه صورت گیرد.

به طور مشابه در صنعت فراوری محصولات غذایی، عملیات کنسرو کردن محصولات غذایی باید به سرعت بعد از پختن برای اطمینان از سلامتی محصولات صورت گیرد. محیط‌های ساخت و تولید جدید مانند تولید به هنگام[۱]، سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر و سلول‌های رباتیک قابلیت انجام فرایندهای تکراری تولید با هماهنگی بالا را دارند که می توانند به عنوان مساله برنامه‌ریزی بدون وقفه

۱ *JIT*

مدل شوند. در نهایت، محیط بدون وقفه در صنایع خدماتی که ارائه خدمات به مشتریان، باید بدون ایجاد وقفه در بین مراحل خدماتی انجام گیرد، روی می‌دهد.

دلیل دوم برای ایجاد محیط تولید بدون وقفه، کمبود ظرفیت انبار در بین ماشین‌های میانی یا ایستگاه‌های تولیدی است. در این حالت دو محیط متفاوت تولیدی به وجود می‌آید. در برنامه‌ریزی بدون وقفه به محض اینکه عملیات یک قطعه بر روی یک ماشین به پایان رسید، قطعه باید آن را ترک کند. نمونه دیگر که دارای محدودیت کمتری است به عنوان محیط «بلوکه» شناخته می‌شود که به قطعات اجازه می دهد اگر ماشین بعدی پر باشد، بعد از اتمام عملیات بر روی ماشین باقی بمانند. اما پردازش قطعه بعدی تا زمانی که این قطعه بر روی ماشین قرار دارد، نمی‌تواند آغاز شود. سلول‌های رباتیک خطی که ربات در طول خط نوار نقاله قرار دارد یا دیگر سیستم‌های حمل و نقل مانند خط مونتاژ بدنه اتومبیل یا جوشکاری نقطه‌ای، ایجاد محیط برنامه‌ریزی تولید بدون وقفه می کنند. خطوط تولید به هنگام ایجاد محیط بلوکه در فضای تولید می‌کنند زیرا سیستم کنترل کانبان محدودیت ثابتی را در انبار فرایند ایجاد می کند. مساله زمان بندی بلوکه با ساده سازی و کمی تساهل می تواند به صورت مساله زمان‌بندی بدون وقفه در نظر گرفته شود [۲].

۱-۳) روش و طرح کلی تحقیق

در این تحقیق ابتدا در فصل اول، منابع موجود در مورد مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس روش‌های حل آنها بیان می‌شود. در ادامه منابع مربوط به مسائل برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه بررسی شده است. در این بررسی سیر تکامل و بهبود روش‌های مختلف برنامه‌ریزی و زمان‌بندی در این سیستم‌ها بیان شده است. همچنین راه‌حل‌های فرا ابتکاری که در سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند، با شرح بیشتری ارائه شده است. . در پایان این فصل تعاریف مفاهیم کلی به کار رفته در این تحقیق، جهت شفافیت ادبیات تحقیق و درک بهتر موضوع بیان شده است. در فصل دوم یک طرح جامع جهت طبقه‌بندی مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی

سلول‌های رباتیک ارائه شده است. در این طرح، طبقه‌بندی سلول‌های تولید کارگاهی براساس ویژگی‌های محیط ماشین، ویژگی‌های فرایند و تابع هدف انجام شده است.

با توجه به اینکه در این تحقیق برای حل مساله برنامه‌ریزی سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه از الگوریتم ژنتیک ترکیبی استفاده شده است، در فصل سوم معرفی، ارائه ساختار و نحوه کاربرد الگوریتم ژنتیک در حل مسائل ارائه شده است. در آغاز فصل چهارم روش‌های ابتکاری موجود که در سال‌های اخیر جهت حل مساله توسعه یافته‌اند، بیان شده است. سپس روش حل پیشنهادی این تحقیق جهت حل مساله ارائه شده است. در فصل پنجم نیز، مقایسه نتایج بدست آمده بین راهکار الگوریتم ژنتیک ترکیبی پیشنهادی و دیگر روش‌های موجود حل مساله انجام شده است. نتایج محاسباتی نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک ابتکاری بکار گرفته شده کارآمد است و راه‌حل‌های بدست آمده توسط آن از الگوریتم ژنتیک سنتی و دیگر الگوریتم‌های شناخته شده بهتر است. این روش برای حل مسائل عملی در مقیاس بزرگ مناسب است و می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای کاربرد الگوریتم‌های فرا ابتکاری در تولید صنعتی بکار گرفته شود.

۱-۴) مروری بر تحقیقات انجام شده

مساله سیستم جریان تولید کارگاهی بدون وقفه، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است. کالاهان[۱] در زمره اولین کسانی بود که این موضوع را بررسی کرد، او مطالعه خود را بر روی صنعت فولاد انجام داد و حالت‌های بدون وقفه با پارامترهای وابسته به فرایند مثل دما را توضیح داد [۳].

سالوادور[۲] الگوریتمی را شرح داد که برای توسعه امکان تولید نایلون پلیمری بکار می‌رفت. هدف از این الگوریتم کاهش زمان تولید برای مجموعه‌ای از n کار با معین کردن یک توالی بهینه و مشخص کردن

۱ *Callahan*
۲ *Salvador*