زمانبندی استوار برای سلول‌های رباتیک در شرایط عدم قطعیت

فائزه دیمه

استاد راهنما:

دکتر سعیده غلامی

پایان نامه برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

شهریور ۱۳۹۲

زمانبندی استوار برای سلول‌های رباتیک در شرایط عدم قطعیت

فائزه دیمه

استاد راهنما:

دکتر سعیده غلامی

استاد مشاور:

دکتر رسول شفایی

پایان نامه برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

شهریور ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	**شماره:** **تاریخ:**

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

زمانبندی استوار برای سلول‌های رباتیک در شرایط عدم قطعیت

توسط آقای / خانم **فائزه دیمه** ، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته **مهندسی صنایع** گرایش **صنایع** در تاریخ ...../...../.....۱۳ مورد تأیید قرار می‌هند.

۱- استاد راهنمای اول	سرکار خانم دکتر **سعیده غلامی**	امضاء
۲- استاد راهنمای دوم	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء
۳- استاد مشاور	جناب آقای دکتر **رسول شفایی**	امضاء
۴- ممتحن داخلی	جناب آقای دکتر **رضا بشیرزاده**	امضاء
۵- ممتحن خارجی	جناب آقای دکتر **هاشم محلوجی**	امضاء
۶- معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر **عماد روغنیان**	امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب ...فائزه دیمه.. **دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته** ..مهندسی صنایع..... **گرایش** ..صنایع... **دانشکده** ..مهندسی صنایع... دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

زمانبندی استوار برای سلول های روباتیک در شرایط عدم قطعیت

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر ....سعیده غلامی...، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت واصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**حق طبع و نشر و مالکیت نتایج**	**شماره:** **تاریخ:**

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 صنایع **دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.**

ضمناً 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 پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

*** توجه:**

این فرم می‌بایست پس از تکمیل، در نسخ تکثیر شده قرار داده شود.

تشکر و قدردانی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

سپاس و قدردانی فراوان از استاد گرامیم سرکار خانم دکتر سعیده غلامی چرا که بدون راهنماییهای ایشان تامین این پایان نامه بسیار مشکل می- نمود.

از جناب آقای دکتر رسول شفایی که با گشاده رویی و صبر و شکیبایی بسیار مرا از راهنمایی های ارزنده شان در انجام این پروژه بهره مند ساختند.

از جناب آقای دکتر حمید شهریاری که به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان بسیاری از سختیها را برایم آسانتر نمودند.

و از خواهر و برادرانم، که همواره یار و همراه من بودند

و بی شک بدون مساعدت این بزرگواران این امر میسّر نمی شد.

چکیده

در عالم واقعیت عدم قطعیت به دلیل نبود اطلاعات کافی محیطی، امری شایع است. از این رو توسعه روشهای نظاممند برای حل مسائل در شرایط غیرقطعی از اهمیت بسزایی برخوردار است تا به این ترتیب جوابهای قابل قبول و مناسبی فراهم آیند. یکی از این روش‌ها بهینه‌سازی استوار است. این نوع برنامه ریزی به دنبال یافتن راه حلی است که به نوسانات پارامترها حساس نباشد.

در این پژوهش بررسی در مورد سلول رباتیک در شرایط عدم قطعیت صورت گرفته است. عواملی مانند خرابی ماشین‌آلات، تاخیر در رسیدن مواد، سفارشات ناگهانی، لغو یک سفارش و ... سبب بروز اختلال در برنامه اصلی می‌گردند. بنابراین برآورد دقیق زمان پردازش قطعه روی ماشین با توجه به این اختلالات در بسیاری موارد دشوار است. علاوه براین در اغلب موارد، اطلاعی از توزیع داده‌های مربوط به زمان پردازش وجود نداشته و بنابراین استفاده از روش‌های تصادفی ممکن نیست.

در این تحقیق، ابتدا تحقیقات انجام شده در زمینه زمانبندی سلول رباتیک، بهینه سازی استوار و زمانبندی استوار، بررسی و طبقه‌بندی شده‌اند. سپس مدل ریاضی سلول رباتیک سه ماشینه، در شرایط قطعیت زمان پردازش نوشته شده است. آنگاه با استفاده از روش حداقل‌سازی حدکثر تاسف همتای استوار مدل قطعی نگاشته شده است. با توجه به حدود در نظر گرفته شده برای زمان پردازش، تعدادی سناریو تعریف گردیده است. سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید، زمان چرخه در حالت‌های قطعی و غیرقطعی بدست آمده و مقایسه گردیده‌اند.

نتایج حل بوسیله الگوریتم‌های پیشنهادی، نشان دادند که با افزایش تعداد قطعات، زمان چرخه افزایش یافته، که این افزایش برای مسأله استوار بیشتر از حالت قطعی می‌باشد. از طرف دیگر، مشاهده می‌شود که الگوریتم ژنتیک در مقایسه با الگوریتم شبیه‌سازی تبرید، جواب‌های بهتری در زمان حل بیشتر ارائه می‌کند.

کلید واژه: بهینه‌سازی استوار، سلول رباتیک، زمان چرخه ، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید

فهرست مطالب

فصل اول کلیات موضوع ۱

۱-۱مقدمه ۲

۱-۲تعریف مسأله ۳

۱-۳ضرورت تحقیق ۳

۱-۴اهداف تحقیق ۳

۱-۵روش تحقیق ۴

۱-۶ساختار پایان نامه ۵

۱-۷جمع‌بندی ۵

فصل دوم مرور ادبیات سلول روباتیک با در نظر گرفتن زمان غیرقطعی ۶

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ سلولهای رباتیک ۷

۲-۲-۱ تعاریف مفاهیم کلیدی ۷

۲-۲-۲ سلول رباتیک دوماشینه ۱۸

۲-۲-۳ سلول رباتیک سه ماشینه ۲۵

۲-۲-۴ سلول رباتیک m ماشینه ۳۱

۲-۲-۵ پیچیدگی مسائل زمانبندی سلول رباتیک ۳۶

۲-۳ بهینه سازی استوار ۴۵

۲-۳-۱ استواری ۴۵

۲-۳-۲روش سویستر برای بهینه سازی استوار ۴۶

۲-۳-۳ روش بن تال و نیمروفسکی برای بهینه سازی استوار ۴۶

۲-۳-۴ بهینه سازی استوار گسسته ۴۸

۲-۳-۵ روش برتسیمس و سیم برای بهینه سازی استوار ۴۹

۲-۳-۶ مدل های بهینه سازی استوار قابل تنظیم برای بهینه سازی چندمرحلهای غیرخطی ۴۹
۲-۳-۷ مسأله ARC با مجموعه های عدم قطعیت گسسته ۵۰
۲-۳-۸ بهینه سازی استوار غیرمحدب برای مسائل با محدودیت ۵۱
۲-۳-۹ مسأله محدودیت دار در صورت وجود خطای اجرا ۵۱
۲-۴ زمانبندی استوار ۵۳
۲-۴-۱ زمانبندی کنشی ۵۴
۲-۴-۲ نمادها ۵۶
۲-۴-۳ سیاستها و معیارهای استواری مبتنی بر عملکرد واقعی ۵۸
۲-۴-۴ معیارها و سیاستهای استواری مبتنی بر تاسف ۶۰
۲-۵ جمع بندی ۶۲
فصل سوم بیان مسأله ۶۳
۳-۱ مقدمه ۶۴
۳-۲ تعریف مسأله ۶۴
۳-۳ جمع بندی ۶۶
فصل چهارم مدلسازی و نحوه حل ۶۷
۴-۱ مقدمه ۶۸
۴-۲ مدل قطعی ۶۸
۴-۳ همتای استوار مدل ۷۱
۴-۴ تفاوت میان مدل توسعه داده شده و کارهای قبلی ۷۴
۴-۵ جمع بندی ۷۴
فصل پنجم الگوریتم پیشنهادی برای حل مسأله زمانبندی استوار سلول رباتیک ۷۵
۵-۱ مقدمه ۷۶
۵-۲ الگوریتم ژنتیک ۷۷
۵-۲-۱ مقایسه الگوریتم ژنتیک با سایر رویکردهای بهینهسازی متعارف ۷۷
۵-۲-۲ مزیت های الگوریتم ژنتیک ۷۸

۵-۲-۳ تحقیقات صورت گرفته در زمینه مسأله زمانبندی سلول رباتیک با الگوریتم ژنتیک ۷۸
۵-۲-۴ مفاهیم اولیه الگوریتم ژنتیک ۸۰
۵-۲-۵ الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده برای مدل ۹۱
۵-۳ الگوریتم شبیه سازی تبرید ۹۵
۵-۳-۱ تحقیقات صورت گرفته در زمینه مسأله زمانبندی سلول رباتیک با الگوریتم شبیه سازی تبرید ۹۶
۵-۳-۲ مفاهیم اولیه الگوریتم شبیه سازی تبرید ۹۷
۵-۴جمع بندی ۱۰۰
فصل ششم ارائه نتایج محاسباتی ۱۰۱
۶-۱ مقدمه ۱۰۲
۶-۲ ارائه نتایج محاسباتی مسأله زمانبندی سلول رباتیک در حالت قطعی ۱۰۲
۶-۳ ارائه نتایج محاسباتی مسأله زمانبندی سلول رباتیک در حالت استوار ۱۰۵
۶-۴ مقایسه نتایج حالت قطعی و استوار ۱۰۶
فصل هفتم جمع بندی و ارائه پیشنهادات ۱۱۶
۷-۱ جمع بندی ۱۱۷
۷-۲ ارائه پیشنهادات ۱۱۸
لیست مقالات ارائه شده ۱۱۹
فهرست مراجع ۱۲۰

فهرست جدول‌ها

جدول۲-۱ نتایج پیچیدگی برای RCSP..... ۳۷
جدول۲-۲ تقسیم‌بندی کارهای انجام شده در مورد زمانبندی سلول روباتیک..... ۳۸
جدول۶-۱ پارامترهای ورودی الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید..... ۱۰۳
جدول۶-۲ نتایج محاسباتی مسأله در حالت قطعی..... ۱۰۴
جدول۶-۳ نتایج محاسباتی مسأله در حالت استوار..... ۱۰۵
جدول۶-۴ مقدار تابع هدف در حالت قطعی و حالت استوار برای الگوریتم ژنتیک..... ۱۰۷
جدول۶-۵ مقدار تابع هدف در حالت قطعی و حالت استوار برای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید..... ۱۰۸

فهرست شکل‌ها

شکل۲-۱ طبقه‌بندی مسائل سلول‌های روباتیک..... ۱۳

شکل۲-۲ الف.سیکل S_1 ب. سیکل S_2 ..... ۱۹

شکل۲-۳ توالی‌های چرخه‌ای $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ با زمان‌های سیکل $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ ۲۶

شکل۲-۴ انواع زمانبندی باتوجه به سیاست‌های کنشی و واکنشی..... ۵۵

شکل۲-۵ سناریوهای مبتنی بر اختلالات محتمل..... ۵۷

شکل۵-۱ تقاطع یک‌نقطه‌ای..... ۸۷

شکل۵-۲ عملگر تقاطع دونقطه‌ای..... ۸۷

شکل۵-۳ تک جهش..... ۸۹

شکل۵-۴ یک الگوریتم ژنتیک استاندارد..... ۹۲

شکل۵-۵ کروموزوم با n ژن..... ۹۳

شکل ۵-۶شماتیک کلی الگوریتم ژنتیک..... ۹۵

شکل۶-۱ اختلاف میان زمان چرخه در مسأله قطعی و همتای استوار آن..... ۱۰۹

شکل۶-۲ اختلاف میان زمان اجرای الگوریتم مسأله قطعی و همتای استوار آن..... ۱۰۹

شکل۶-۳ اختلاف میان زمان چرخه در مسأله قطعی و همتای استوار آن بوسیله الگوریتم شبیه‌سازی تبرید..... ۱۱۰

شکل۶-۴ اختلاف میان زمان اجرای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید برای مسأله قطعی و همتای استوار آن..... ۱۱۰

شکل۶-۵ اختلاف بهترین(کمترین) زمان چرخه در حالت قطعی برای الگوریتم GA و SA..... ۱۱۱

شکل۶-۶ اختلاف بدترین(بیشترین) زمان چرخه در حالت قطعی برای الگوریتم GA و SA..... ۱۱۲

شکل۶-۷ اختلاف میانگین زمان چرخه در حالت قطعی برای الگوریتم GA و SA..... ۱۱۲
شکل۶-۸ اختلاف میان زمان اجرای GA و SA برای مسأله استوار..... ۱۱۳
شکل۶-۹ اختلاف میان زمان اجرای GA و SA برای مسأله قطعی..... ۱۱۳
شکل۶-۱۰ اختلاف بهترین(کمترین) زمان چرخه در حالت استوار برای الگوریتم GA و SA..... ۱۱۴
شکل۶-۱۱ اختلاف بدترین(بیشترین) زمان چرخه در حالت استوار برای الگوریتم GA و SA..... ۱۱۴
شکل۶-۱۲ اختلاف میانگین زمان چرخه در حالت استوار برای الگوریتم GA و SA..... ۱۱۵

فصل اول

کلیات موضوع

۱-۱مقدمه

با توجه به رقابت شدیدی که در صنایع مختلف ایجاد شده است، تولیدکنندگان برای بقا در این بازار، چاره‌ای جز کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری خود ندارند. در این میان سیستم حمل‌ونقل اتوماتیک مواد (بین مراحل تولید)، مزیت‌های گسترده‌ای را ایجاد می‌کند که از آن جمله افزایش راندمان، افزایش سرعت پردازش، کاهش هزینه نیروی کار و کاهش آلودگی محیط را می‌توان نام برد.

بسیاری از صنایع جدید از ربات برای جابجایی قطعات داخل سلول(سلول رباتیک) استفاده می‌نمایند. در مورد سلول‌های رباتیک مطالعات گسترده‌ای انجام شده است که این تلاش‌ها روی سه حوزه‌ی طراحی سلول، یافتن توالی حرکت ربات و زمانبندی ورود قطعات به سلول می‌باشد.

در یک فضای صنعتی، سیستم‌های زمانبندی معمولا در یک فضای پویا و غیرقطعی عمل می‌نمایند بنابراین لزوم بدست‌آوردن جواب استواری که در شرایط مختلف عدم قطعیت درست باشد، احساس می‌شود. هدف

اصلی ما در این تحقیق یافتن جوابی استوار[1] برای مسأله زمانبندی در سلول رباتیک می‌باشد که در شرایط مختلف غیرقطعی موجه باشد.

۱-۲تعریف مسأله

موضوع این تحقیق یافتن یک زمانبندی استوار برای سلول رباتیک در شرایط عدم قطعیت زمان پردازش می-باشد. به این منظور مسأله مدل شده و سپس از روشهای بهینه‌سازی استوار و همچنین الگوریتم‌های فراابتکاری استوار برای حل آن استفاده شده است.

۱-۳ضرورت تحقیق

با توجه به ماهیت پویا و غیرقطعی مسائل واقعی زمانبندی لزوم بدست آوردن جوابی که در شرایط مختلف صادق باشد، وجود دارد.

۱-۴اهداف تحقیق

باتوجه به عدم قطعیت موجود در مسائل واقعی، به دنبال جوابی هستیم که در شرایط مختلف عدم قطعیت درست باشد، به همین دلیل از رویکردهای بهینه‌سازی استوار استفاده می‌شود.

[1] robust

در این تحقیق یک سلول رباتیک سه‌ماشینه در نظر گرفته شده که ذخیره[۲] ورودی و خروجی نداشته و تنها یک نوع قطعه را تولید می‌نماید، در هر چرخه تنها یک قطعه و زمان‌های سفر به صورت تجمعی می‌باشد. در این مسأله زمان پردازش روی ماشین به صورت بازه‌ای در نظر گرفته شده است.

این مسأله با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی استوار[۳]و با وارد نمودن عدم قطعیت زمان پردازش به آن مدلسازی و سپس با استفاده از روشهای فراابتکاری حل شده است. آنگاه نتایج بدست آمده از مدل استوار با نتایج مدل قطعی، مقایسه می‌شود.

۱-۵روش تحقیق

یکی از اصلی‌ترین بخش‌های هر کار پژوهشی را جمع‌آوری اطلاعات تشکیل می‌دهد. چنانچه این کار به شکل منظم وصحیح صورت پذیرد کارتجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری از داده‌ها با سرعت و دقت خوبی انجام خواهد شد. برای جمع‌آوری اطلاعات در این کار پژوهشی از روش مطالعه مقالات، کتب و پایان‌نامه‌های مرتبط با موضوعات بهینه‌سازی استوار، سلول رباتیک و زمانبندی استوار استفاده گردیده است.

[۲] buffer
[۳] robust Optimization