

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم صدیقه حیدری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان مسأله ی زمانبندی کار کارگاهی انعطاف پذیر با در نظر گرفتن زمان های راه اندازی و محدودیت های دسترسی به ماشین در تاریخ ۱۳۹۲/۱۰/۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - مهندسی صنایع پیشنهاد می کنند.

| امضا | رتبه علمی | نام و نام خانوادگی | عضو هیات داوران |
|------|-----------|---------------------------|--------------------------------------|
| | دانشیار | دکتر نسیم نیاوندی | استاد راهنما |
| | دانشیار | دکتر سید حسام الدین ذگردی | استاد مشاور |
| | استادیار | دکتر علی حسین زاده کاشان | استاد ناظر |
| | استاد | دکتر فریبرز جولای | استاد ناظر |
| | استادیار | دکتر علی حسین زاده کاشان | مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی) |

آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

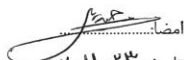
تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۲ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب..... دانشجوی رشته..... در تاریخ ورودی سال تحصیلی ۹۱-۹۰..... مقطع..... دانشگاه..... متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: 
تاریخ: ۹۰.۱۱.۲۳

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی صنایع است که در سال ۹۲ در دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر مستاورده سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب مهین سعید حسینی دانشجوی رشته مهندسی صنایع مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مهین سعید حسینی

تاریخ و امضا: مهین سعید حسینی



دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی صنایع
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

عنوان پایان نامه:

مسأله‌ی زمان بندی کار کارگاهی انعطاف پذیر با در نظر گرفتن

زمان های راه اندازی و محدودیت دسترسی به ماشین

نام دانشجو:

صدیقه حیدری

استاد راهنما:

دکتر نسیم نهاوندی

استاد مشاور:

دکتر سید حسام الدین ذگردی

دی ۱۳۹۲

خدای راسبی ساگرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیص ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان میسایم و از ریشه آن شاخ و برگ کیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود پس از پروردگاریه، هستی ام بوده اند و تم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگاری که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنی کردند.

حال این برگ سبزی است تنه درویش، تقدیم آنان ...

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی، به پاس حافظه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است، به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که مرکز فروکش نمی کند.

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم.

سپاس خدای را که سخوران در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش ندهند و سلام و درود بر محمد و

خاندان پاک او، طاهران مصوم.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ای او، با زبان قاصد دست ناتوان، چیزی

بگناییم. اما از آن جایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می کند و سلامت امانت دانی را که به دستش

سپرده اند، تقصیر؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل":

از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوارم، استاد راهنمای فرزانه و دلسوز؛ سرکار خانم دکتر نسیم نهاوندی؛ استاد مشاور که تقدیر جناب آقای دکتر

حسام الدین ذکری و دیگر اساتید بخش مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس که در کمال سه صدر با حسن خلق و فروتنی، از پیچ کلی در این عرصه بر من

دین نمودند؛ کمال شکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

برنامه‌ریزی تولید و فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، دو موضوع مهم در صنایع تولیدی هستند. در اکثر مطالعات انجام گرفته در زمینه‌ی مسأله‌ی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر (FJSP)، فرض شده است که ماشین‌ها همواره در دسترس هستند، اما در دنیای واقعی این گونه نیست و ممکن است ماشین‌ها در طی دوره‌هایی از افق برنامه‌ریزی به دلایل مختلف از جمله نت پیشگیرانه (PM) و همچنین خرابی‌های تصادفی در دسترس نباشند. در این تحقیق، مسأله‌ی زمان‌بندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر با در نظر گرفتن زمان‌های راه‌اندازی و محدودیت نت مورد بررسی قرار گرفته است. زمان‌های راه‌اندازی از نوع وابسته به توالی (SDST) و محدودیت نت از نوع قطعی و غیرثابت در نظر گرفته شده است، بدین معنی که زمان شروع دوره عدم دسترسی ثابت نیست و هر فعالیت نت در پنجره‌ی زمانی مشخصی انجام می‌شود. مسأله‌ی تحقیق، به صورت چندهدفه است که برای رویارویی با آن، از رویکرد بهینه‌سازی پارتو استفاده شده است. با توجه به ماهیت NP-hard بودن مسأله، از الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی (CRO) برای پیدا کردن جواب‌های نزدیک به بهینه برای مسأله استفاده شده است. الگوریتم حل پیشنهادی با الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب نسخه دو (NSGA-II) از نظر شاخص‌های مختلف برای مسأله‌ی تحقیق، مقایسه شده است. نتایج حاصل برتری الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی را نسبت به NSGA-II نشان می‌دهد. همچنین نتایج به دست آمده از الگوریتم پیشنهادی برای مسأله بدون در نظر گرفتن زمان‌های راه‌اندازی با الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی موجود در ادبیات مقایسه شده است. نتایج حاکی از برتری الگوریتم ارائه شده است.

کلمات کلیدی: زمان‌بندی تولید، مسأله‌ی زمان‌بندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر، زمان‌های راه‌اندازی، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی.

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|---------|---|
| ۵..... | فهرست اشکال |
| ۱۰..... | فهرست جداول |
| | فصل ۱. معرفی و کلیات |
| ۲..... | ۱-۱ مقدمه |
| ۳..... | ۲-۱ تعریف مسأله |
| ۴..... | ۳-۱ اهمیت موضوع |
| ۶..... | ۴-۱ نوآوری تحقیق |
| ۶..... | ۵-۱ تعاریف، علائم و اختصارات |
| ۶..... | ۱-۵-۱ زمان بندی تولید |
| ۱۱..... | ۲-۵-۱ نگهداری و تعمیرات |
| ۱۲..... | ۱-۲-۵-۱ محدودیت دسترسی قطعی |
| ۱۳..... | ۲-۲-۵-۱ محدودیت دسترسی تصادفی |
| ۱۳..... | ۳-۵-۱ خصوصیات کار در صورت وجود محدودیت دسترسی به ماشین |
| ۱۴..... | ۴-۵-۱ زمان های راه اندازی |
| | فصل ۲. مرور ادبیات مسأله زمان بندی کار کارگاهی انعطاف پذیر با زمان های راه اندازی و محدودیت |

نت

| | |
|----|--|
| ۱۷ | ۱-۲ مقدمه |
| ۱۷ | ۲-۲ زمان بندی |
| ۲۰ | ۳-۲ زمان بندی کار کارگاهی انعطاف پذیر |
| ۲۳ | ۱-۳-۲ مسأله‌ی کار کارگاهی انعطاف پذیر در حالت عمومی |
| ۲۴ | ۲-۳-۲ مدلسازی مسأله‌ی زمان بندی کار کارگاهی انعطاف پذیر قطعی |
| ۲۷ | ۳-۳-۲ مسأله‌ی کار کارگاهی انعطاف پذیر با عدم قطعیت |
| ۲۸ | ۴-۳-۲ مسأله‌ی زمان بندی کار کارگاهی انعطاف پذیر چندهدفه |
| ۳۰ | ۴-۲ محدودیت دسترسی به ماشین |
| ۳۱ | ۱-۴-۲ محدودیت دسترسی قطعی |
| ۳۱ | ۱-۱-۴-۲ محدودیت دسترسی قطعی ثابت |
| ۳۲ | ۲-۱-۴-۲ محدودیت دسترسی قطعی غیر ثابت |
| ۳۳ | ۲-۴-۲ محدودیت دسترسی تصادفی |
| ۳۳ | ۵-۲ زمان های راه اندازی |
| ۳۸ | ۶-۲ نقد ادبیات |

فصل ۳. مسأله زمان بندی کار کارگاهی انعطاف پذیر با زمان های راه اندازی و محدودیت نت

| | |
|----|---------------------|
| ۴۰ | ۱-۳ مقدمه |
| ۴۰ | ۲-۳ تعریف مسأله |
| ۴۱ | ۳-۳ مفروضات مسأله |
| ۴۱ | ۱-۳-۳ مفروضات پایه |
| ۴۱ | ۱-۱-۳-۳ مفروضات خاص |

| | |
|----|------------------------------|
| ۴۲ | ساختار مسأله ۲-۳-۳ |
| ۴۲ | اندیس‌ها ۱-۲-۳-۳ |
| ۴۲ | پارامترها ۲-۲-۳-۳ |
| ۴۳ | متغیرهای تصمیم ۳-۲-۳-۳ |

فصل ۴. ارائه‌ی روش حل

| | |
|----|---|
| ۴۷ | مقدمه ۱-۴ |
| ۴۷ | بهینه‌سازی چندهدفه ۲-۴ |
| ۴۸ | الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی ۳-۴ |
| ۴۹ | نمایش جواب ۱-۳-۴ |
| ۵۲ | ساختار همسایگی ۲-۳-۴ |
| ۵۲ | برخورد بی‌اثر به دیواره ۳-۳-۴ |
| ۵۳ | عملگر تقاطع ۴-۳-۴ |
| ۵۳ | تقاطع در جز مسیریابی ۱-۴-۳-۴ |
| ۵۵ | تجزیه ۵-۳-۴ |
| ۵۵ | برخورد بی‌اثر بین مولکولی ۶-۳-۴ |
| ۵۶ | ترکیب ۷-۳-۴ |
| ۵۸ | چارچوب الگوریتم CRO پیشنهادی ۸-۳-۴ |
| ۵۹ | معیار توقف ۹-۳-۴ |
| ۵۹ | الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب ۴-۴ |
| ۵۹ | رتبه‌بندی نامغلوب ۱-۴-۴ |

| | |
|----|------------------------------------|
| ۵۹ |۲-۴-۴ معیار ازدحام جمعیت |
| ۶۱ |۳-۴-۴ انتخاب |
| ۶۱ |۴-۴-۴ عملگر تقاطع |
| ۶۱ |۵-۴-۴ چارچوب الگوریتم NSGA-II |
| ۶۳ |۶-۴-۴ معیار توقف |

فصل ۵. نتایج محاسباتی

| | |
|----|--|
| ۶۶ |۱-۵ مقدمه |
| ۶۶ |۲-۵ داده‌های ارزیابی مقایسه‌ای و مشخصات رایانه مورد استفاده |
| ۶۸ |۳-۵ تنظیم پارامترها |
| ۶۹ |۴-۵ شاخص‌های مقایسه |
| ۷۱ |۵-۵ نتایج حل عددی |
| ۷۴ |۶-۵ مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم موجود در ادبیات |

فصل ۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

| | |
|----|--|
| ۷۷ |۱-۶ مقدمه |
| ۷۷ |۲-۶ خلاصه‌ی تحقیق |
| ۷۷ |۳-۶ نتیجه‌گیری و دستاوردهای تحقیق |
| ۷۸ |۴-۶ پیشنهاد تحقیقات آتی |
| ۸۰ |مراجع |

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: وجود محدودیت دسترسی ثابت برای ماشین سوم (رحیمی قشقایی، ۱۳۸۶)..... ۱۲
- شکل ۲-۱: وجود محدودیت دسترسی غیرثابت برای ماشین سوم (رحیمی قشقایی، ۱۳۸۶)..... ۱۳
- شکل ۳-۱: مسائل زمان بندی با زمان های راه اندازی (Allahverdi et al., 2008a)..... ۱۵
- شکل ۱-۴: الگوریتم ابتکاری مربوط به زمان بندی فعالیت های نگهداری و تعمیرات..... ۵۰
- شکل ۲-۴: الگوریتم گیفلر و تامسپون..... ۵۱
- شکل ۳-۴: شبه کد تابع برخورد بی اثر به دیواره (Li and Pan, 2012a)..... ۵۳
- شکل ۴-۴: عملگر تقاطع در جز مسیریابی (Li and Pan, 2012a)..... ۵۴
- شکل ۵-۴: شبه کد تابع برخورد بی اثر بین مولکولی (Li and Pan, 2012a)..... ۵۵
- شکل ۶-۴: شبه کد تابع تجزیه (Li and Pan, 2012a)..... ۵۶
- شکل ۷-۴: شبه کد تابع ترکیب (Li and Pan, 2012a)..... ۵۷
- شکل ۸-۴: رتبه بندی نامغلوب..... ۶۰
- شکل ۹-۴: رویه ژنتیک با مرتب سازی نامغلوب نسخه دو (Deb et al., 2002)..... ۶۳
- شکل ۱۰-۴: چهارچوب الگوریتم NSGA-II..... ۶۴

فهرست جداول

| | |
|---|----|
| جدول ۱-۲: انواع انعطاف‌پذیری..... | ۲۱ |
| جدول ۲-۲: مقالاتی در زمینه‌ی زمان‌بندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر (Özgiiven et al., 2012)..... | ۳۶ |
| جدول ۱-۴: اطلاعات مربوط به فعالیت نگهداری و تعمیرات..... | ۴۹ |
| جدول ۲-۴: زمان‌های پردازش عملیات..... | ۵۰ |
| جدول ۱-۵: اطلاعات مربوط به مسائل نمونه قسمت زمان‌بندی تولید..... | ۶۶ |
| جدول ۲-۵: اطلاعات مربوط به مسائل نمونه قسمت نگهداری و تعمیرات..... | ۶۷ |
| جدول ۳-۵: مقادیر پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی..... | ۶۸ |
| جدول ۴-۵: مقادیر پارامترهای الگوریتم NSGA-II..... | ۶۹ |
| جدول ۵-۵: نتایج محاسباتی برای مقایسه‌ی دو الگوریتم..... | ۷۱ |
| جدول ۶-۵: داده‌های مربوط به پردازش عملیات در نرم‌افزار لینگو..... | ۷۲ |
| جدول ۷-۵: داده‌های مربوط به زمان‌های راه‌اندازی در نرم‌افزار لینگو..... | ۷۳ |
| جدول ۸-۵: داده‌های مربوط به قسمت نت در نرم‌افزار لینگو..... | ۷۳ |
| جدول ۹-۵: مقایسه مقادیر به دست آمده از نرم‌افزار لینگو و الگوریتم‌های CRO و NSGA-II..... | ۷۴ |
| جدول ۱۰-۵: مقایسه الگوریتم‌های CRO1 و CRO2..... | ۷۵ |

فصل ۱. معرفی و کلیات

۱-۱ مقدمه

مطالعه در زمینه‌ی مسائل زمان‌بندی^۱ از حدود دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی آغاز شد. الگوریتم‌های زمان‌بندی مناسب می‌توانند باعث کاهش هزینه‌های تولید در یک شرکت شوند و شرکت را قادر می‌سازند که در صحنه‌ی رقابت باقی بماند. از آن زمان تاکنون از نظر کیفی و کمی این مسائل گسترش بسیار یافته‌اند. در آغاز دهه‌ی ۶۰، متخصصان کامپیوتر مسائل زمان‌بندی را برای توسعه‌ی سیستم‌های کامپیوتری در نظر گرفتند. مسائل زمان‌بندی که اوایل در نظر گرفته شده بود، نسبتاً ساده بودند. تعدادی الگوریتم کارآمد برای حل این مسائل ارائه شد که از جمله‌ی آن می‌توان به موارد انجام شده توسط جاکسون^۲، جانسون^۳ و اسمیت^۴ اشاره کرد. به مرور زمان مسائل ساختار پیچیده‌تری به خود گرفتند و محققان دیگر قادر به ارائه‌ی الگوریتم‌های کارآمد برای حل آن‌ها نبودند. در این زمان، بیشتر محققان تصمیم گرفتند تا روش‌های شاخه و کران را که ضرورتاً دارای زمان نمایی بودند، توسعه دهند. با ظهور نظریه‌ی پیچیدگی، محققان دریافتند که تعداد زیادی از این مسائل سخت هستند. در دهه‌ی ۱۹۷۰، تعداد زیادی از مسائل زمان‌بندی نشان داده شد که NP-hard هستند.

در دهه‌ی ۱۹۸۰، چندین رویه‌ی مختلف در صنعت و محیط‌های دانشگاهی به کار گرفته شد. یکی از این رویه‌ها توسعه و تحلیل الگوریتم‌های تقریبی بود. رویه‌ی دیگر افزایش توجه به مسائل زمان‌بندی احتمالی بود. امروزه با توجه به نیازهای بازار، دیگر نه تنها سیستم‌های ساخت و تولید نیاز به خودکار شدن و ماشین‌های انعطاف‌پذیر دارند بلکه به زمان‌بندی‌های انعطاف‌پذیر نیز نیازمند هستند. به علت افزایش انعطاف‌پذیری و پیچیدگی‌های ناشی از رقابت در مراکز تولیدی و صنعتی، مدل‌های پایه‌ای توسعه‌یافته در ادبیات کلاسیک زمان‌بندی، انطباق چندانی با مسائل واقعی نداشته و به همین دلیل حجم زیادی از تحقیقات در دهه‌های اخیر معطوف به توسعه‌ی مدل‌های زمان‌بندی است که به دنیای واقعی نزدیک‌تر هستند. در سیستم‌های ساخت و تولید امروزی، برای پاسخ به تغییرات، انعطاف‌پذیری افزایش پیدا کرده است. در چنین سیستم‌هایی یک قسمت ممکن است چندین برنامه‌ی فرایند منعطف داشته باشد. از سوی دیگر، در محیط‌های واقعی چنین سیستم‌های ساخت و تولیدی، تصمیم‌گیرندگان نه تنها با یک هدف، بلکه اغلب به طور همزمان، با چندین

¹ Scheduling

² Jackson

³ Johnson

⁴ Smith

هدف که ممکن است با هم در تقابل نیز باشند، روبرو هستند. در چنین محیطی‌هایی، مدل‌های کلاسیک زمان‌بندی کمتر قابل استفاده بوده و طرح مدل‌های توسعه یافته در حوزه مسائل زمان‌بندی نه تنها اهمیت چشمگیری پیدا کرده بلکه ضروری نیز جلوه می‌کند.

نگهداری و تعمیرات را می‌توان مجموعه فعالیت‌ها و تکنیک‌هایی دانست که باعث می‌شود تجهیزات در سطح مشخصی از کارایی قرار گیرند و ارائه‌ی خدمت مشخصی را تضمین کنند (Ruiz et al., 2007). از منظر نگهداری و تعمیرات، مهم‌ترین هدف برقراری یک برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مطلوب جهت بهینه‌سازی یک تابع هدف مشخص است و برنامه‌ریزی، مهم‌ترین جنبه مدیریت نگهداری و تعمیرات مطلوب است. برنامه‌ریزی کارا نقش عمده‌ای در کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، تأخیرها و وقفه‌ها و همچنین افزایش کیفیت نگهداری و تعمیرات دارد (Ben-Daya, 2009).

سازمان‌ها برای کاهش هزینه‌های ناشی از نگهداری و تعمیرات و همچنین افزایش کیفیت آن، ناگزیر به توجه به آن در سایر برنامه‌های سازمان هستند. برای نزدیک‌تر شدن زمان‌بندی به شرایط واقعی، باید نگهداری و تعمیرات را در آن لحاظ کرد.

در بسیاری از موارد دنیای واقعی مانند ساخت خودرو، داروسازی، چاپ و صنایع شیمیایی عملیات راه‌اندازی^۱ مانند پاک کردن یا تعویض وسایل، نه تنها بین کارها لازم است بلکه به شدت به توالی وابسته است (Bagheri and Zandieh, 2011).

در این تحقیق، زمان‌بندی تولید و برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و زمان‌های راه‌اندازی به صورت هم‌زمان در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن توأم برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و زمان‌های راه‌اندازی باعث افزایش پیچیدگی مسأله می‌شود.

۱-۲ تعریف مسأله

مسأله تحقیق شامل زمان‌بندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر با در نظر گرفتن زمان‌های راه‌اندازی و محدودیت دسترسی به ماشین است.

¹ Setup

✓ انعطاف‌پذیری که در این تحقیق مورد مطالعه قرار می‌گیرد، حالتی از انعطاف‌پذیری مسیر است و در آن، برای پردازش یک عملیات بیش از یک ماشین وجود دارد.

✓ زمان‌های راه‌اندازی غیرگروهی و وابسته به توالی است.

✓ در این تحقیق محدودیت دسترسی به ماشین‌ها، از نوع عدم دسترسی قطعی غیر ثابت در نظر گرفته می‌شود و تحت عنوان محدودیت نت است.

✓ قطع کردن عملیات مجاز نیست. به عبارت دیگر هنگامی که عملیاتی روی یک ماشین شروع شود، باید تا زمان تکمیل بدون وقفه ادامه یابد و شروع عملیاتی دیگر روی آن ماشین، پیش از تکمیل عملیات قبل مجاز نیست.

✓ مدت زمان انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات روی ماشین‌ها، از قبل معلوم، غیر تصادفی و صحیح است.

✓ حداکثر تعداد فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات روی ماشین‌ها ثابت و معین است.

✓ برای هر یک از فعالیت‌های نت یک پنجره‌ی زمانی تعریف شده است.

برای مسأله‌ی مذکور سه هدف شامل بیشینه‌ی زمان تکمیل کارها^۱، مجموع بار کاری همه‌ی ماشین‌ها^۲ و بیشینه‌ی بار کاری ماشین‌ها به منظور افزایش بهره‌برداری از ماشین‌ها در نظر گرفته می‌شود و از رویکرد پارتو برای حل آن استفاده می‌شود.

۱-۳ اهمیت موضوع

در سال‌های اخیر زمان‌بندی، به علت رشد تقاضای مصرف‌کننده برای تنوع، کاهش چرخه‌ی عمر محصول، تبدیل شدن بازارها به بازارهای جهانی و گسترش فناوری‌های جدید، نقشی حیاتی به خود گرفته است. زمان‌بندی یکی از فرایندهای تصمیم‌گیری است که نقش مهمی در سیستم‌های ساخت و تولید دارد (Pinedo, 2012). یک سیستم ساخت و تولید باید دارای برنامه‌ی زمان‌بندی باشد که بر اساس آن بتواند به نیازهای روزافزون مشتریان که به دلیل تنوع محصولات است، پاسخ دهد و جایگاه خود را در بازارهای جهانی

¹ Makespan

² Total workload

ارتقا دهد. افزایش انعطاف‌پذیری و پیچیدگی‌های ناشی از رقابت در مراکز تولیدی و صنعتی باعث گردیده است که مدل‌های پایه‌ای توسعه یافته در ادبیات کلاسیک زمان‌بندی انطباق‌چندانی با مسائل واقعی نداشته باشد و به همین دلیل حجم زیادی از تحقیقات در دهه‌های اخیر معطوف به توسعه‌ی مدل‌های زمان‌بندی است که به مسائل واقعی نزدیک‌تر هستند.

کار کارگاهی انعطاف‌پذیر، یکی از سیستم‌های تولیدی است که برای تولید در حجم کم با تنوع زیاد به کار می‌رود (رحیمی قشقائی، ۱۳۸۶). اکثر مقالاتی که در این زمینه کار شده است، دارای نوآوری در روش حل بوده و کمتر به تعریف متغیرها یا ویژگی‌های جدید برای مسأله پرداخته‌اند.

در اکثر تحقیقاتی که در زمینه‌ی زمان‌بندی انجام شده است، فرض بر این بوده که ماشین‌ها همواره در دسترس هستند. اگر چه این فرض ممکن است در عمل درست نباشد و ماشین‌ها در دوره‌های خاصی در دسترس نباشند (Ma et al., 2010). در کل دو علت اصلی برای عدم دسترسی به ماشین‌ها وجود دارد: حوادث (خرابی ماشین^۱ یا از کارافتادگی^۲) و ملاحظات امنیتی (تعمیرات اساسی و نت پیشگیرانه^۳) (Dalfard and Mohammadi, 2012). بنابراین یک مدل زمان‌بندی واقعی‌تر باید محدودیت دسترسی به ماشین‌ها را در نظر بگیرد. این موضوع، به کاهش تعداد دوباره زمان‌بندی کردن و بهبود پایداری کمک می‌کند. فعالیت‌های نگهداری، به طور خاص نت پیشگیرانه، می‌تواند قابلیت اطمینان ماشین‌ها را قبل از خرابی بالا ببرد. اگرچه فعالیت‌های نگهداری باعث می‌شود تا مقداری از زمانی را که می‌تواند به تولید اختصاص داده شود را بگیرد، اما در عمل نمی‌توان عملیات نگهداری روی ماشین‌ها را نادیده گرفت. این موضوع منجر شده است که مسأله‌ی در نظر گرفتن زمان‌بندی تولید و فعالیت‌های نگهداری، توجه زیادی را به خود جلب کند (Wang and Yu, 2010).

از جمله موارد دیگری که در مطالعات در زمینه‌ی زمان‌بندی به آن کمتر توجه شده است، زمان راه‌اندازی است. در بعضی از مطالعات، زمان راه‌اندازی را بخشی از زمان پردازش در نظر گرفته‌اند که این فرض باعث تسهیل در تحلیل می‌شود و تنها کاربرد خاصی از آن را منعکس می‌نماید و تأثیر منفی بر کیفیت

¹ Machine breakdown

² Downtime

³ Preventive maintenance

جوابها دارد. در نظر گرفتن زمان‌های راه‌اندازی باعث صرفه‌جویی‌های فوق‌العاده‌ای می‌شود (Allahverdi et al., 2008b).

۴-۱ نوآوری تحقیق

در این قسمت، نوآوری‌های مورد نظر در این تحقیق ذکر می‌شود که به شرح زیر است:

۱. ارائه مدل ترکیبی از مسأله زمان‌بندی تولید کار کارگاهی انعطاف‌پذیر و زمان‌بندی نت و زمان‌های راه‌اندازی
۲. وجود پنجره‌ی زمانی برای فعالیت‌های نت
۳. تعریف مسأله به صورت چندهدفه
۴. استفاده از رویکرد پارتو برای رویارویی با مسأله چندهدفه
۵. ارائه یک روش حل برای مسأله

۵-۱ تعاریف، علائم و اختصارات

در این قسمت، به بیان تعاریف، علائم و اختصارات مورد استفاده در ادبیات زمان‌بندی و مورد نیاز در این تحقیق پرداخته می‌شود. در آغاز، موارد مربوط به زمان‌بندی تولید در حالت کلی و پس از آن اصطلاحات مربوط به قسمت نگهداری و تعمیرات مورد بحث قرار می‌گیرد و در نهایت به بیان اصطلاحات مربوط به زمان‌های راه‌اندازی پرداخته می‌شود.

۱-۵-۱ زمان‌بندی تولید

برای طبقه‌بندی مسائل زمان‌بندی، از ۳ تایی مرتب $\alpha|\beta|\gamma$ استفاده می‌شود که این ساختار اولین بار توسط گراهام^۱ ارائه شد. در این ۳ تایی α بیانگر وضعیت و شرایط ماشین^۲ و منبع است و معمولاً دارای یک نماد است. β ویژگی‌های نحوه‌ی پردازش و محدودیت‌های موجود^۳ را بیان می‌کند و ممکن است شامل هیچ

¹ Graham

² Machine Environment

³ Job Characteristics