بسم الله الرحمن الرحیم

برنامه زمان بندی تولید کارگاهی در حالت عدم قطعیت زمان پردازش فعالیت ها

محمدرضا آل آقا

استاد راهنما:

دکتر رضا بشیرزاده

پایان نامه برای مدرک کارشناسی ارشد

رشته صنایع گرایش صنایع

شهریور ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی صنایع

برنامه زمان بندی تولید کارگاهی در حالت عدم قطعیت زمان پردازش

فعالیت ها

محمدرضا آل آقا

تایید هیئت داوران:

دکتر رضا بشیر زاده

استاد راهنمای پروژه

دکتر رسول شفایی

استاد مشاور پروژه

دکتر سعیده غلامی

داور داخلی

دکتر فرناز برزین پور

داور خارجی

پذیرش دانشکده :

دکتر

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

تایید پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

عنوان پایان نامه: برنامه زمان بندی تولید کارگاهی در حالت عدم قطعیت زمان پردازش فعالیت ها

نام دانشجو: محمدرضا آل آقا

شماره دانشجویی: ۸۹۰۷۱۹۴

اینجانب محمدرضا آل آقا دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات انجام شده در این پایان‌نامه تحت عنوان فوق‌الذکر توسط شخص اینجانب انجام شده است و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد و در هر کجا که از مطالب نگارش شده دیگری استفاده شده است با ذکر منبع و ماخذ می باشد. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ کجا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه راهنمای نگارش و تدوین پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشکده مهندسی صنایع را بطور کامل رعایت نموده ام. چنانچه در هر زمان خلاف آنچه گواهی نموده ام مشاهده گردد خود را از آثار حقیقی و حقوقی ناشی از دریافت مدرک کارشناسی ارشد محروم می دانم و هیچگونه ادعائی نخواهم داشت.

تاریخ: **امضا دانشجو:**

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 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.

تشکر و قدردانی

این بخش به بیان عواطف و احساسات نگارنده در قدردانی از کسانی که در تولید این پایان نامه نقش داشته اند، اختصاص دارد. هرچند ادبیات فارسی همساز با خصوصیات روحی جامعه ایرانی از غنای زیادی در واژه پردازی های عاطفی برخوردار است، لکن حتی گاه معانی این واژه از بیان آنچه در قلب می گذرد ناتوانند. اما به هر حال تنها این کلماتند که همچون قاصدانی مکنونات قلبی را به یکدیگر می رسانند و از این طریق روابط انسانی را لعاب می بخشند.

لذا لازم می دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را از استاد عزیزم جناب آقای دکتر بشیرزاده از این طریق ابراز دارم و همچنین از استاد مشاور گرامی جناب آقای دکتر شفائی که با دلسوزی، دقت نظر، وسواس علمی و پشتکار در مدت طولانی تحقیق همواره در کنار من بوده اند و در کلیه مراحل با درک بسیار خوب از نتایج پشتیبان و مشوق تداوم کار بوده اند، قدردانی نمایم.

چکیده

برنامه زمانبندی و توالی عملیات در مسائل برنامه‌ریزی تولید یکی از عوامل کلیدی در موفقیت سازمان‌های تولیدی می‌باشد که باعث جلوگیری از انباشت سرمایه، تقلیل ضایعات، کاهش و یا حذف بیکاری ماشین‌آلات و استفاده بهتر از آن‌ها و پاسخگوئی به‌موقع به سفارش‌های مشتریان می‌شود. فرض روش‌های استاندارد برنامه‌ریزی و زمان‌بندی آن است که اجرای برنامه در یک شرایط قطعی و معین اتفاق می‌افتد. این فرض به دلیل تنوع منابع موردنیاز و شرایط عدم قطعیت حاکم بر آن، فرض درست و عملی نیست. در چنین شرایطی بررسی استواری روش‌های حل به‌جای بهینه‌سازی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق حل مسئله برنامه‌ریزی کارگاهی انسدادی[1] در حالت تغییرپذیری زمان پردازش کارها می‌باشد. در این تحقیق برای حل مسئله بیان شده، یک روش ترکیبی فراابتکاری پیشنهاد شده و عملکرد الگوریتم پیشنهادی با هفت روش فراابتکاری دیگر موجود در ادبیات برنامه ریزی جریان کارگاهی مقایسه شده است. از معیار بتااستواری برای ارزیابی عملکرد روش‌های پیشنهادی در شرایط نامعین استفاده شده است. نتیجه بررسی‌ها نشان دهنده استواری بالاتر روش ترکیبی پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی جریان کارگاهی - برنامه ریزی استوار- الگوریتم های فرا ابتکاری- عدم قطعیت در زمان پردازش - دامنه عملیات[2]- بتا استواری

[1] Blocking
[2] Makespan

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ معرفی مسئله ۲

۱-۳ روش حل مساله ۳

۱-۴ کاربردهای مساله ۴

۱-۵ بیان مساله و سوال تحقیق ۵

۱-۶ ضرورت انجام تحقیق و اهمیت موضوع ۵

۱-۷ اهداف تحقیق ۶

۱-۸ ساختار پایان نامه ۶

۱-۹ جمع بندی ۷

فصل دوم مفاهیم علمی و مرور ادبیات ۸

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ مفاهیم علمی ۱۰

۲-۲-۱ مسئله جریان کارگاهی و جریان کارگاهی انسدادی ۱۰

۲-۲-۲ عدم قطعیت ۱۱

۲-۲-۳ برنامه ریزی در حالت عدم قطعیت ۱۲

۲-۲-۴ معیارهای عملکردی برنامه ریزی در حالت عدم قطعیت ۱۴

۲-۲-۵ روش های مختلف مدل کردن عدم قطعیت ۲۲

۲-۳ مرور ادبیات ۲۳

۲-۴ نتیجه گیری ۲۸

فصل سوم تعریف مساله ۳۰

۳-۱ مقدمه ۳۱

۳-۲ تعریف مساله ۳۲

۳-۲-۱ مفروضات مدل ۳۲

۳-۳ روش های حل موجود در مرور ادبیات ۳۴
۳-۳-۱ الگوریتم ابتکاری NEH ۳۵
۳-۳-۲ الگوریتم ژنتیک انتخاب شده ۳۶
۳-۳-۳ الگوریتم ترکیبی ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید انتخاب شده ۳۷
۳-۳-۴ الگوریتم ژنتیک با جستجوی محلی غیر همزمان منتخب ۳۸
۳-۳-۵ الگوریتم شبیه سازی تبرید جمعیت محور منتخب ۳۹
۳-۳-۶ الگوریتم کلونی مورچگان منتخب ۴۰
۳-۳-۷ الگوریتم شبیه سازی تبرید منتخب ۴۱
۳-۳-۸ الگوریتم ترکیبی جستجوی ممنوعه و شبیه سازی تبرید منتخب ۴۴
۳-۳-۹ الگوریتم پیشنهادی ترکیبی ژنتیک و شبیه سازی تبریدی ۴۵
۳-۴ شبیه سازی عدم قطعیت ۵۵
۳-۵ تنظیم پارامتر ۵۶
فصل چهارم نتایج محاسباتی ۵۹
۴-۱ مقدمه ۶۰
۴-۲ اعتبار سنجی ۶۰
۴-۳ مسائل بررسی شده ۶۵
۴-۳-۱ زمان بندی در شرایط قطعی ۶۶
۴-۳-۲ زمان بندی در مواجهه با عدم قطعیت در زمان های پردازش ۶۷
۴-۳-۴ تحلیل نتایج بتا-استواری دامنه عملیات ۶۷
۴-۳-۵ تحلیل نتایج متوسط دامنه عملیات ۷۴
۴-۴ نتیجه گیری ۷۷
فصل پنجم نتیجه گیری ۷۸
۵-۱ جمع بندی و نتیجه گیری ۷۹
۵-۲ پژوهش های آتی ۸۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱ مرور ادبیات اجمالی کارهای انجام شده در حوزه برنامه ریزی کارگاهی در شرایط غیر قطعی..... ۲۷

جدول۳-۱ متغیرها و پارامترهای مساله..... ۳۳

جدول ۳-۲ پارامترهای الگوریتم پیشنهادی و سطوح مختلف آن..... ۵۶

جدول۳-۳ نمودار رتبه بندی اهمیت فاکتورهای مختلف در عملکرد الگوریتم..... ۵۸

جدول ۴-۱ زمان های پردازش فعالیت ها در اولین مثال عددی..... ۶۱

جدول ۴-۲ زمان تکمیل ترتیب های مختلف فعالیت های مثال اول..... ۶۲

جدول ۴-۳ زمان های پردازش فعالیت ها در دومین مثال عددی..... ۶۳

جدول ۴-۴ زمان تکمیل ترتیب های مختلف فعالیت های مثال دوم..... ۶۳

جدول ۴-۵ مسائل جریان کارگاهی بررسی شده..... ۶۶

جدول ۴-۶ متوسط بتا-استواری دامنه عملیات..... ۶۸

جدول ۴-۷ تحلیل واریانس بتا-استواری دامنه عملیات در سطح اطمینان ۹۵٪..... ۶۹

جدول ۴-۸ مقایسات زوجی توکی و گروه بندی در سطح اطمینان ۹۵٪..... ۶۹

جدول ۴-۹ متوسط درصد انحراف نسبی الگوریتم های متفاوت..... ۷۴

جدول ۴-۱۰ تحلیل واریانس درصد انحراف نسبی در سطح اطمینان ۹۵٪..... ۷۵

جدول ۴-۱۱ مقایسات زوجی توکی و گروه بندی در سطح اطمینان ۹۵٪..... ۷۶

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ نمایش سناریو محور انحرافات ۱۱

شکل ۳-۱ شبه کد الگوریتم ژنتیک ۳۲

شکل ۳-۲ شبه کد الگوریتم ترکیبی ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید انتخاب شده ۳۸

شکل ۳-۳ شبه کد الگوریتم ژنتیک با جستجوی محلی غیر همزمان ۳۹

شکل ۳-۴ شبه کد الگوریتم شبیه سازی تبرید جمعیت محور ۴۰

شکل ۳-۵ شبه کد الگوریتم PACO ۴۱

شکل ۳-۶ شبه کد الگوریتم شبیه سازی تبرید ۴۴

شکل ۳-۷ شبه کد الگوریتم ترکیبی جستجوی ممنوعه و شبیه سازی تبرید ۴۵

شکل ۳-۸ نمایش جواب بر اساس کارها ۴۷

شکل ۳-۹ عملگر تقاطع دونقطه ای ۴۸

شکل ۳-۱۰ فرآیند تقاطع PPX ۴۹

شکل۳-۱۱ ساختار همسایگی معکوس نمودن ۲ تایی ۵۱

شکل ۳-۱۲ ساختار همسایگی جایگذاری ۲ تایی ۵۱

شکل ۳-۱۳ فرآیند جابه جایی دوتایی ۵۳

شکل ۳-۱۴ شبه کد الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی تبرید پیشنهادی ۵۵

شکل ۳-۱۵ نمای کلی الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی تبرید پیشنهادی ۵۵

شکل ۳-۱۶ نمودار نسبت S/N ۵۸

شکل ۴-۱ نمودار میله ای توالی کارها بر روی ماشین ها در مثال اول ۶۱

شکل ۴- ۲ عملکرد الگوریتم پیشنهادی در مثال اول ۶۲

شکل ۴-۳ نمودار میله ای توالی کارها بر روی ماشین ها در مثال دوم ۶۳

شکل ۴- ۴ عملکرد الگوریتم پیشنهادی در مثال دوم ۶۵

شکل ۴-۵ بتا-استواری الگوریتم های متفاوت ۷۰
شکل ۴-۶ تراکنش بین اندازه مساله والگوریتم ۷۱
شکل ۴-۷ تراکنش بین آستانه پذیرش و الگوریتم ۷۲
شکل ۴-۸ تراکنش بین تعداد کارها و الگوریتم ۷۳
شکل ۴-۹ درصد انحراف نسبی الگوریتم های متفاوت ۷۶

علائم و اختصارات

Adaptive Scheduling ..... **برنامه ریزی انطباقی**

Analytic Hierarchy Process (AHP) ... . **فرآیند تحلیل سلسله مراتبی**

Ant Colony Algorithm ..... **الگوریتم کلونی مورچگان**

Block insertion ..... **جایگذاری انسدادی**

Blocking Flowshop ..... **جریان کارگاهی انسدادی**

Cooling rate ..... **نرخ سرد شدن**

Crossover ..... **تقاطع**

Genetic Algorithm (GA) ..... **الگوریتم ژنتیک**

Insertion ..... **جایگذاری**

Just In Time (JIT) ..... **تولید به موقع**

Makespan ..... **دامنه عملیات**

Mutation ..... **جهش**

Predictive-Reactive ..... **پیشگویانه انفعالی**

Proactive ..... **پیشگیرانه**

Proactive-Reactive ..... **پیشگیرانه انفعالی**

Reactive ..... **واکنشی**

Relative Percentage Deviation (RPD) ..... **شاخص میزان انحراف نسبی**

Reverse ..... **معکوس کردن**

Risk Averse ..... **ریسک گریز**

Risk neural ..... **ریسک خنثی**

Robust optimization ..... **بهینه سازی استوار**

Signal to Noise ratio (S/N) ... . **نسبت سیگنال به پیام**

الگوریتم شبیه سازی تبریدی.....Simulated Anealing Algorithm (SA)

پایداری .....Stability

تعویض .....Swap

الگوریتم جستجوی ممنوعه.....Tabu search Algorithm (TS)

عدم قطعیت.....Uncertainty

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در این فصل به توضیح اجمالی در مورد مسئله مورد بررسی در این پایان نامه، معرفی روش حل مسئله، کاربردهای مسئله، بیان مسئله و سوال تحقیق، ضرورت انجام تحقیق و اهمیت موضوع، اهداف مورد نظر در این پایان نامه و ذکر ساختار کلی گزارش پایان نامه پرداخته می شود.

۱-۲ معرفی مسئله

به طور کلی برنامه ریزی فرآیند تصمیم گیری است که در طی آن تعداد محدودی از منابع به یک سری از فعالیت ها در یک بازه زمانی با هدف بهبود یکی یا چند هدف تخصیص می یابند. برنامه ریزی عنصر اساسی سیستم های تولیدی است چراکه باعث ارتقای عملکرد سیستم های تولیدی شده و مبنای برنامه ریزی سایر فعالیت های کارخانه همچون برنامه ریزی تهیه مواد اولیه، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و برنامه ریزی برای تحویل سفارشات مشتریان داخلی و خارجی است. زمان بندی، شامل تخصیص منابع محدود به فعالیت های مشخص در یک بازه زمانی معین با توابع هدف متفاوت، به عنوان یک فرآیند تصمیم گیری نقش مهمی در اکثر محیط های تولیدی جهت برنامه ریزی تولید دارد. یکی از مهمترین مسائل زمان بندی، مسائل جریان کارگاهی نامیده می شود. در این دسته از مسائل تعداد m ماشین به صورت سری مرتب شده اند و هر کار بایستی روی هر یک از این ماشین ها پردازش شود. در این محیط تمام کارها مسیر یکسانی را باید طی کنند، به این طریق که تمامی آنها ابتدا روی ماشین ۱، سپس روی ماشین ۲ و الی ماشین m باید پردازش شوند. بعد از تکمیل

فرآیند یک کار روی هر یک از ماشین ها، آن کار به صف ماشین بعدی می پیوندد. با توجه به فراوانی کاربرد مسائل تولید جریان کارگاهی در عمل، تحقیقات زیادی به این دسته از مسائل پرداخته اند.

در عمل در بسیاری از کارخانجات تولیدی به دلیل جلوگیری از افت کیفیت فیزیکی و شیمیایی قطعات یا به دلیل الزامات تکنولوژیکی فرآیند، بایستی محدودیت ذخیره میانی را به شکل تعداد کار ذخیره شده بین دو ماشین و یا زمان انتظار قطعات بین دو ماشین در نظر گرفت (گرابوسکی[1] و پمپرا[2] ۲۰۰۰).

روش‌های استاندارد برنامه ریزی و زمان بندی فرض می کنند که اجرای برنامه در یک شرایط قطعی و معین اتفاق می افتد. همانطور که می دانیم این فرض به دلیل وجود منابع مختلف ایجاد عدم قطعیت در تمامی شرایط صادق نیست. جهت مقابله با عدم قطعیت ها، لازم است که یک برنامه استوار با خصوصیت حفظ کیفیت آن در مواجهه با انحرافات ایجاد شود. بنابراین هدف کلی از انجام این تحقیق، توسعه روشی برای ساختن برنامه های پیشگیرانه است که این برنامه مبنای برنامه ریزی الزامات دیگر کارخانه است. این برنامه باید از انعطاف کافی جهت غلبه بر انحرافات محیطی بر خط و کاهش تاثیر این انحرافات، برخوردار باشد. در این تحقیق، مساله تولید کارگاهی با ذخیره میانی صفر (انسدادی) و معیار ماکزیمم نمودن استواری مورد مطالعه قرار گرفته است.

۱-۳ روش حل مساله

مسئله تولید جریان کارگاهی تا کنون با استفاده از روش های بسیار متنوعی حل شده اند و هر دو گروه روش های قطعی و ابتکاری برای حل این گونه مسائل بکار گرفته شده اند. اولین تلاش ها برای حل بهینه این مسائل به دلیل ماهیت ساده تر آن ها و در نظر نگرفتن مفروضات واقعی به کمک روش های بهینه سازی دقیق صورت گرفت. در اغلب تحقیقات اولیه فرضیات در حالت های ساده در نظر گرفته شده اند. مسائل جدیدتر از پیچیدگی های بیشتری نسبت به مسائل اولیه برخوردار هستند. به دلیل NP-hard بودن مسئله جریان کارگاهی

[1] Grabowski
[2] Pempera

انسدادی با بهره گیری از بیش از دو ماشین، استفاده از روش های ریاضی دقیق در عمل با مشکلاتی همراه است. این روش ها، در صورت بالا رفتن تعداد کارها و یا افزایش تعداد ماشین ها، کارایی خود را از دست داده و عملاً در حل مسائل و ساختارهای کوچک قابلیت دارند. از آنجا که اغلب استفاده های کاربردی از روش های دقیق در مسائل تخصیص مازاد محدود به حجم مسئله است، روش های فرا ابتکاری[1] می توانند جایگزین مناسبی برای روش های دقیق باشند. از این رو در سالهای اخیر استفاده از روش های فرا ابتکاری نسبت به روش های دقیق ریاضی ارجحیت پیدا کرده اند و روش های فرا ابتکاری بسیاری برای حل اینگونه مسائل توسعه یافته اند.

برای حل این مسئله یک الگوریتم ترکیبی ژنتیک- شبیه سازی تبرید با رویکرد جدید برای مسائل کارگاهی انسدادی[2] توسعه داده شده است که توانایی استفاده از مزیت های دو الگوریتم بهینه سازی ژنتیک و شبیه سازی تبرید را دارا می باشد. سپس آزمایشاتی برای اخذ یک برنامه استوار برای چندین مسئله در اندازه های کوچک، متوسط و بزرگ انجام شده است و در نهایت عملکرد برنامه حاصله با عملکرد برنامه های روش های ابتکاری دیگر موجود در ادبیات حوزه برنامه ریزی جریان کارگاهی مقایسه شده و استوار بودن آن نیز مورد مقایسه قرار گرفته است.

۱-۴ کاربردهای مساله

مساله تولید جریان کارگاهی انسدادی در بسیاری از کارخانه های تولیدی که در آن ها محدودیت انبارش بین ماشین ها وجود دارد، رواج دارد. برای نمونه می توان کارخانه تولید مواد دارویی و شیمیایی را نام برد که این دسته از مواد به دلیل واکنش با محیط و آلودگی های دیگر نمی توانند بین ماشین ها انبار شوند.

[1] Meta-heuristics
[2] Blocking

از سویی دیگر در نظرگرفتن عدم قطعیت زمان فعالیت ها یکی از مفروضاتی است که کمک شایانی به کاربردی تر و واقعی تر شدن مساله خواهد نمود. بنابراین در این تحقیق لزوم بررسی مساله جریان کارگاهی انسدادی در حالت عدم قطعیت زمان فعالیت ها احساس شد که در ادامه و در فصول دیگر به جزئیات مساله خواهیم پرداخت.

۱-۵ بیان مساله و سوال تحقیق

در این تحقیق مساله زمان بندی جریان تولید کارگاهی انسدادی مورد بررسی با فرض عدم قطعیت در زمان پردازش فعالیت ها مورد بررسی قرار می گیرد. معیاری که جهت بررسی استواری برنامه های زمان بندی در حالت عدم قطعیت انتخاب شده است، معیار بتا استواری دامنه عملیات می باشد که هدف آن افزایش احتمال کمتر بودن معیار عملکردی، که در این مساله دامنه عملیات می باشد، از یک حد مشخص از پیش تعیین شده ای است که این حد می تواند توسط انتظارات مدیریتی از پیش تعیین شده باشد و یا توسط روش های مختلف دیگری تعیین شود.

۱-۶ ضرورت انجام تحقیق و اهمیت موضوع

مساله جریان تولید کارگاهی انسدادی به دلیل فراوانی کاربرد آن در عمل در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است، اما مساله جریان تولید کارگاهی انسدادی با عدم قطعیت در زمان فعالیت ها تا به حال بررسی نشده است. با توجه به این مطالب و این که معیار بتا استواری در مورد مسائل جریان کارگاهی انسدادی در حالت عدم