دانشکده فنی

بخش مهندسی صنایع

گروه صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان پایان نامه :

طراحی مدل جدید و حل مسأله زمان‌بندی ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای موازی

نگارش :

ایمان رستگار

استاد راهنما :

دکتر صحرائیان

بهار ۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

کلیه حقوق این پژوهش متعلق به دانشگاه شاهد بوده و هر گونه استفاده از مطالب و محتویات آن منوط به ذکر منبع و هر گونه کپی برداری از تمام یا بخشی از اثر تنها با کسب مجوز کتبی از دانشگاه مذکور امکان پذیر است.

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید و به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

این مجموعه را به پدر و مادر و روح پر فتوح برادر عزیزم تقدیم می‌کنم.

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر راشد صحرائیان

چکیده:

پیشرفت نرم افزاری و سخت افزاری کامپیوتر و توسعه روش‌های فراابتکاری در مسائل صنعتی و مدیریتی طی ۵۰ سال اخیر سبب تغییر رویکردهای سنتی به رویکردهای نوین در امر مدیریت بر هزینه، زمان و منابع شده است. یکی از مسائل مهم، مسئله بهینه‌سازی زمانبندی است که نقش مهمی در کاهش هزینه‌های تولید و هزینه‌های منابع مورد استفاده دارد. در ارتباط با مسائل زمانبندی، نسل جدیدی از پردازش کارها به صورت پردازش همزمان دسته‌ای در محیط‌های صنعتی نیاز شد که موجب کاهش در زمانهای آماده‌سازی، هزینه‌های حمل و تسریع در عملیات پردازش نسبت به پردازش تکی کارها شود. در این نوع پردازش با توجه به محدودیتی که برای اندازه هر دسته جهت پردازش وجود دارد تعداد محدودی کار تا جایی که از ظرفیت دسته تجاوز نکنند در دسته قرار می‌گیرند و روی ماشین پردازشگر دسته‌ای پردازش می‌شوند.

در این پایان‌نامه مدل ریاضی جدید با محدودیت های زمان دسترس بودن کارها و اندازه ظرفیت دسته، با هدف کاهش تجمیع خطی هزینه‌های حداکثر زمان تکمیل و هزینه‌های زودکرد و دیرکرد تحویل محصول در مسئله زمانبندی ماشین‌های موازی پردازشگر دسته‌ای ارائه شد. از آنجایی که مدل پیشنهادی Np-hard است، روش حلی بر مبنای الگوریتم جستجوی هماهنگی برای حل مسأله مورد مطالعه، توسعه داده شد. جهت ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، مسائل نمونه مطابق با پژوهش‌های پیشین شناسایی و ایجاد شد. ۵ روش برای حل مسأله شامل الگوریتم جستجوی هماهنگی پیشنهادی، الگوریتم جستجوی هماهنگی ساده، جستجوی هماهنگی بهبود یافته، جستجوی هماهنگی بهترین کلی و همچنین الگوریتم ژنتیک ساده توسعه داده شد و نتایج آنها جهت حل مدل پیشنهادی با هم مقایسه و بررسی شد.

در تحقیقات انجام شده و مطالعه سابقه استفاده از روش جستجوی هماهنگی در مسائل مختلف، عیب مهم این الگوریتم که افتادن این الگوریتم در دام بهینه محلی است، بررسی شد و جهت رفع این مشکل و افزایش کارایی الگوریتم، روش جستجوی هماهنگی بر مبنای روش بهینه‌سازی گروه ذرات ایجاد شد و از ایده روش شبیه سازی تبرید و تکنیک فاز شروع دوباره در ساختار آن استفاده شد. شرط توقف الگوریتم‌ها در اجرای هر نمونه مسأله جهت منصفانه بودن مقایسات به صورت ثابت و مساوی در نظر گرفته شده است. همچنین از آنجایی که کیفیت عملکرد الگوریتم‌های فراابتکاری به پارامترها و عملگرهای انتخابی بستگی دارد، در این تحقیق، همه‌ی پارامترها و عملگرهای الگوریتم‌های پیشنهادی، به طور جداگانه با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی تنظیم شده است. نتایج حاصل از اجرای این الگوریتم در اکثر نمونه مسائل ایجاد شده روی مدل پیشنهادی، کارایی مناسب و رفع مشکل ذکر شده را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: زمانبندی، زمان تکمیل، مجموع زمان‌های زودکرد و دیرکرد، ماشین‌های موازی، پردازش دسته‌ای، الگوریتم فراابتکاری، روش جستجوی هماهنگی

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق ۹

۱-۱- مقدمه ۱۰

۱-۲- تاریخچه و مروری بر روند مطالعات پیشین ۱۲

۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق ۱۳

۱-۴- نوآوری‌های پایان‌نامه ۱۳

۱-۵- تعریف مسأله و بیان موضوعات تحقیق ۱۴

۱-۶- روش های گردآوری اطلاعات ۱۵

۱-۷- ساختار پایان‌نامه ۱۵

۱-۸- جمع بندی ۱۶

فصل دوم: مرور پژوهش های پیشین زمانبندی ماشین های پردازشگر دسته ای ۱۷

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- مرور ادبیات زمانبندی ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای بر اساس نوع محیط ۱۹

۲-۲-۱- محیط تک ماشین ۱۹

۲-۲-۲- محیط جریان کارگاهی ۲۵

۲-۲-۳- محیط کارگاه کار ۲۷

۲-۲-۴- محیط ماشینهای موازی ۲۷

۲-۲-۴-۱- گروه ۱: خانواده‌های کار ناسازگار و اندازه‌های کاری غیر یکسان ۲۸

۲-۲-۴-۲- گروه ۲: بدون خانواده کارهای ناسازگار، کارها دارای اندازه دلخواه ۲۹

۲-۲-۴-۳- گروه ۳: خانواده کار ناسازگار، اندازه‌های کار یکسان ۳۱

۲-۲-۴-۴– گروه۴ : اندازه‌های کار یکسان و خانواده‌های کار ناسازگار ۳۱

۲-۲-۴-۵- مرور ادبیات روش‌های حل در محیط ماشین‌های پردازشگر دستهای موازی ۳۲

۲-۲-۴-۵-۱- روش های تشکیل دسته‌های کار ۳۳
۲-۲-۴-۵-۱-۱- روش ابتکاری کوله پشتی پی در پی (SKP) ۳۳
۲-۲-۴-۵-۱-۲- روش ابتکاری کوله پشتی پی در پی پیشرونده (PSKP) ۳۴
۲-۲-۴-۵-۱-۳- روش ابتکاری نخستین تناسب کاهشی (FFD) ۳۴
۲-۲-۴-۵-۱-۴- روش ابتکاری نخستین تناسب طراحی شده (MFF) ۳۴
۲-۲-۴-۵-۱-۵- روش ابتکاری بهترین تناسب کاهشی (BFD) ۳۵
۲-۲-۴-۵-۱-۶- روش ابتکاری بهترین تناسب طراحی شده (MFD) ۳۵
۲-۲-۴-۵-۱-۷- روش ابتکاری تأخیر طراحی شده (MD) ۳۵
۲-۲-۴-۵-۱-۸- روش ابتکاری هزینه حاشیه‌ای(MC) ۳۶
۲-۲-۴-۵-۱-۹- روش ابتکاری JS1 ..... ۳۶
۲-۲-۴-۵-۱-۱۰- روش ابتکاری JS2 ..... ۳۶
۲-۲-۴-۵-۱-۱۱- روش ابتکاری RBP ۳۷
۲-۲-۴-۵-۱-۱۲- روش فراابتکاری جستجوی تطبیقی تصادفی شده حریصانه (GRASP) ۳۷
۲-۲-۴-۵-۲- روشهای ترتیب دسته‌ها ۳۹
۲-۲-۴-۵-۲-۱- روش ابتکاری زودترین زمان دردسترس بودن (ERT) ۳۹
۲-۲-۴-۵-۲-۲- روش ابتکاری زودترین زمان دردسترس بودن-طولانی‌ترین زمان پردازش (ERT-LPT) ۳۹
۲-۲-۴-۵-۲-۳- روش ابتکاری طولانی‌ترین زودترین زمان تکمیل (LECT) ۴۰
۲-۳- جمع‌بندی ۴۰
فصل سوم: تعریف مسأله و ارائه مدل پیشنهادی ۴۱
۳-۱- مقدمه ۴۲
۳-۲- کاربرد عملی مسأله مورد مطالعه ۴۳
۳-۳- تعریف مسأله ۴۵
۳-۳-۱- فازهای تصمیم‌گیری در مسائل زمانبندی ماشین‌های پردازش دسته‌ای موازی ۴۵

۳-۳-۲- ویژگی‌های مسأله مورد نظر ۴۶
۳-۳- هزینه‌های مورد نظر در مدل پیشنهادی ۴۶
۳-۴- مدل ریاضی پیشنهادی ۴۸
۳-۵- جمع‌بندی ۵۰
فصل چهارم: روشهای حل پیشنهادی ۵۱
۴-۱- مقدمه ۵۲
۴-۲- الگوریتم جستجوی هماهنگی ۵۲
۴-۲-۱- شرح روش حل ۵۴
۴-۲-۲- مرور ادبیات الگوریتم جستجوی هماهنگی ۵۷
۴-۲-۲-۱- الگوریتم جستجوی هماهنگی بهبود داده شده (IHS) ۵۸
۴-۲-۲-۲- الگوریتم جستجوی هماهنگی بهترین کلی (GBHS) ۶۰
۴-۲-۲-۳- الگوریتم جستجوی هماهنگی بهترین کلی جدید (NGBHS) ۶۱
۴-۲-۲-۴- الگوریتم جستجوی هماهنگی کلی خود انطباقی (SGHS) ۶۲
۴-۲-۲-۴-۱- روش کلی الگوریتم SGHS ۶۴
۴-۲-۲-۵- الگوریتم جستجوی هماهنگی با زیر نسل پویا (DSHS) ۶۴
۴-۲-۲-۵-۱- قدم های الگوریتم DSHS ۶۵
۴-۲-۲-۶- الگوریتم جستجوی هماهنگی با قابلیت اطمینان بالا ۶۶
۴-۲-۳- الگوریتم جستجوی هماهنگی پیشنهادی (TNHS) ۶۶
۴-۲-۳-۱- تنظیم پارامترها در الگوریتم جستجوی هماهنگی پیشنهادی ۶۷
۴-۲-۳-۱-۱- تنظیم پویا ۶۸
۴-۲-۳-۱-۲- تنظیم انطباقی ۶۸
۴-۲-۳-۱-۳- تنظیم ترتیبی با روش تاگوچی ۶۸
۴-۲-۴- نحوه نمایش جواب الگوریتم پیشنهادی در مسأله مورد مطالعه ۷۰

۴-۳- الگوریتم فراابتکاری ژنتیک ۷۰
۴-۳-۱-پیشینه ۷۱
۴-۳-۲- مروری بر کلیات مفاهیم ژنتیک ۷۲
۴-۴- الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۷۵
۴-۴-۱- مراحل الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۷۵
۴-۴-۱-۱- نحوه نمایش جواب ۷۵
۴-۴-۱-۲- مقداردهی اولیه نسل اول ۷۶
۴-۴-۱-۳- مکانیزم انتخاب ۷۶
۴-۴-۱-۴- عملگرهای ژنتیک ۷۷
۴-۴-۱-۴-۱- تولید دوباره ۷۷
۴-۴-۱-۴-۲- عملگر تقاطع ۷۷
۴-۴-۱-۴- ۲-۱- تقاطع تک نقطه‌ای ۷۷
۴-۴-۱-۴- ۲-۲- تقاطع دو نقطه‌ای ۷۸
۴-۴-۱-۴- ۲-۳- تقاطع یکنواخت ۷۸
۴-۴-۱-۴- ۳- عملگر جهش ۷۸
۴-۴-۲- شرط توقف ۷۹
۴-۵- جمع‌بندی ۸۲
فصل پنجم: طراحی آزمایشها ۸۴
۵-۱- مقدمه ۸۵
۵-۲- طراحی آزمایشها ۸۶
۵-۳- تاریخچه طراحی آزمایشها ۸۶
۵-۴- طراحی پارامتر تاگوچی ۸۶
۵-۴-۱- تنظیم پارامترها با استفاده از روش تاگوچی ۸۹

۵-۴-۱-۱- انتخاب آرایه متعامد مناسب ۹۰
۵-۴-۱-۲- تنظیم فاکتور و سطوح هر فاکتور الگوریتم‌های حل مدل ۹۲
۵-۵- ایجاد مسائل نمونه ۹۵
۵-۵-۱- معیار توقف در اجرا ۹۸
۵-۶- انتخاب بهترین فاکتورها ۹۸
۵-۶-۱- انتخاب فاکتورهای بهینه الگوریتم‌های حل مدل ۹۹
۵-۷- نتایج محاسباتی ۱۰۲
۵-۷-۱- نتایج اجرای الگوریتم‌ها ۱۰۳
۵-۸- جمع‌بندی ۱۰۴
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات آتی ۱۰۵
۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۶
۶-۲- پیشنهادات پژوهشهای آینده ۱۰۷
مراجع ۱۰۹

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱: مرور ادبیات پژوهش‌های ماشین‌های موازی پردازشگر دسته‌ای	۲۰
جدول ۴-۱ : مقایسه اصطلاحات بین الگوریتم ژنتیک و طبیعت و مسأله مورد مطالعه	۷۱
جدول ۵- ۱: آرایه متعامد L18 مناسب برای الگوریتم GA	۸۲
جدول۵- ۲: آرایه اصلاح شده L18 برای الگوریتم GA	۸۳
جدول ۵-۳ : فاکتورها و سطوح کاندید در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی	۸۴
جدول ۵-۴ : فاکتورها و سطوح کاندید در الگوریتم جستجوی هماهنگی(HS)	۸۴
جدول ۵-۵ : فاکتورها و سطوح کاندید در الگوریتم جستجوی هماهنگی بهترین کلی(GBHS)	۸۵
جدول ۵-۶ : فاکتورها و سطوح کاندید در الگوریتم جستجوی هماهنگی بهبود یافته(IHS)	۸۵
جدول ۵-۷ : فاکتورها و سطوح کاندید در الگوریتم جستجوی هماهنگی پیشنهادی(TNHS)	۸۶
جدول ۵-۸: مقادیر پارامترهای مسئله در ایجاد نمونه مسائل آزمایشی	۸۹
جدول ۵-۹: روش ایجاد زمان‌های تحویل در هر نوع مسئله نمونه‌ای	۹۰
جدول ۵-۱۰: هزینه‌های زودکرد و دیرکرد کارها در هر نوع مسئله نمونه‌ای	۹۱
جدول ۵-۱۱: پارامترها و عملگرهای بهینه الگوریتم HS	۹۴
جدول ۵- ۱۲: پارامترها و عملگرهای بهینه الگوریتم IHS	۹۴
جدول ۵- ۱۳: پارامترها و عملگرهای بهینه الگوریتم GBHS	۹۴
جدول ۵- ۱۴: پارامترها و عملگرهای بهینه الگوریتم TNHS	۹۴
جدول ۵-۱۵: پارامترها و عملگرهای بهینه الگوریتم GA	۹۵
جدول ۵-۱۶: نتایج اجرای الگوریتم‌ها و نرم افزار Lingo در حل مدل	۹۵
جدول ۵-۱۷: میانگین درصد انحراف نسبی(RPD) الگوریتم‌ها برای هر ترکیب از مسائل نمونه در حل مسئله	۹۶

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۴-۱): یک حل همسایگی با روش تبادل(interchange)	۳۰
شکل (۴-۲): یک حل همسایگی با روش ورود کار به دسته(insertion)	۳۰
شکل (۳-۱): فرایند تولید تراشه در صنایع نیمه رسانا	۳۶
شکل (۴-۱): تشابه الگوریتم جستجوی هماهنگی و بداهه سرایی موزیک	۴۵
شکل (۴-۲): حافظه الگوریتم با HMS بردار حل	۴۶
شکل (۴-۳): i-امین بردار حل در حافظه الگوریتم	۴۷
شکل (۴-۴): شبه کد تولید حل جدید در روش جستجوی هماهنگی (HARMONY SEARCH)	۴۷
شکل (۴-۵): فلوچارت الگوریتم جستجوی هماهنگی	۴۸
شکل (۴-۶): نمودار تغییرات پارامترهای PAR و BW در الگوریتم HIS	۵۰
شکل (۴-۷): شبه کد روش GBHS	۵۱
شکل (۴-۸): شبه کد ایجاد حل جدید با روش NGHS	۵۲
شکل (۴-۹): منطقه حقیقی هر مولفه از یک بردار حل	۵۳
شکل (۴-۱۰): شبه کد ایجاد حل جدید در الگوریتم SGHS	۵۴
شکل (۴-۱۱): نقش local search در پیدا کردن حل بهینه	۵۸
شکل (۴-۱۲): نمودار و رابطه تغییرات پارامتر HMCR , PAR با افزایش نسلها	۵۹
شکل(۴-۱۳): بدست آوردن یک جایگشت از اعداد مرتب شده تصادفی با قاعده LPV	۶۱
شکل (۴-۱۴): فلوچارت الگوریتم جستجوی هماهنگی پیشنهادی (TNHS)	۶۰
شکل(۴-۱۵): بدست آوردن یک جایگشت از اعداد مرتب شده تصادفی با قاعده LPV	۶۷
شکل (۴-۱۶): مراحل روش ژنتیک پیشنهادی	۷۴
شکل (۴-۱۷): نمایش سه روش تقاطع پیشنهادی	۷۲
شکل (۴-۱۸): نمایش پنج روش جهش پیشنهادی	۷۳
شکل(۵-۱): نمودارمیانگین نسبت S/N برای هر سطح از فاکتورالگوریتم HS در حل مدل	۹۲
شکل(۵-۲): نمودارمیانگین نسبت S/N برای هر سطح از فاکتورالگوریتم IHS در حل مدل	۹۲
شکل(۵-۳): نمودارمیانگین نسبت S/N برای هر سطح از فاکتورالگوریتم GBHS در حل مدل	۹۳
شکل(۵-۴): نمودارمیانگین نسبت S/N برای هر سطح از فاکتورالگوریتم TNHS در حل مدل	۹۳
شکل(۵-۵): نمودارمیانگین نسبت S/N برای هر سطح از فاکتورالگوریتم GA در حل مدل	۹۳
شکل(۵- ۶): نمودار RPD عملکرد الگوریتم‌ها برای هر مسأله نمونه	۹۷

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

زمانبندی شامل برنامه‌ریزی و اولویت‌دهی فعالیت‌هایی است که لازم است به ترتیب عملیات انجام شوند. در واقع زمانبندی ابزاری است که استفاده از منابع در دسترس را بهینه می‌کند. در مسائل زمانبندی به تخصیص یک مجموعه از کارها به مجموعه‌ای از ماشین‌ها و تعیین اولویت‌دهی و زمان‌های فعالیت‌ها به نحوی می‌پردازیم که به حداکثر بهره‌وری از منابع مانند کارگرها و ماشین‌ها دست یابیم (پیندو[1]، ۲۰۰۸). در اکثر سیستم‌های زمانبندی سعی می‌شود کل هزینه‌ها کاهش یابد. هزینه‌های تولید از مهمترین هزینه‌های سیستم است که با کاهش زمان کل تولید یعنی حداکثر زمان تکمیل در یک سیستم زمانبندی بدست می‌آید. همچنین هزینه‌های در ارتباط با زمان تحویل کالا به مشتری از اهمیت بالایی در جلب رضایت مشتری‌ها برخوردار است.

علم زمانبندی دارای سابقه‌ی طولانی است. این علم در زمینه تولید که شاخه اصلی آن برنامه‌ریزی تولید است زمانی به وجود آمد که به کاهش هزینه‌های تولید نیاز شد. در دهه‌های اخیر با توسعه تکنولوژی در صنعت، رقابت جهانی بر عرضه هر چه مناسب‌تر کالاها آغاز شد. در نتیجه یکی از تصمیم‌های کلیدی مدیریت بحث کاهش هزینه‌ها جهت بقا و افزایش کیفیت به منظور داشتن مزیت رقابتی است. بنابراین امروزه شرکتی موفقتر است که با استراتژی‌های مناسب و تصمیم‌گیری‌های مناسب در سطوح مختلف مدیریتی حداکثر بهره‌وری را از منابع موجود داشته باشد.

در جهان رقابتی حاضر، زمانبندی و تعیین توالی مؤثر کارها و عملیات، ضرورتی برای بقا در فضای بازار و ابزاری است که استفاده از منابع در دسترس را بهینه می‌کند. منابع شامل نیروی انسانی، ماشین آلات، ابزارها، اقلام مصرفی و غیرمصرفی حین تولید و غیره هستند. زمانبندی موثر این منابع، به افزایش کارایی و بهره‌برداری از ظرفیت، کاهش زمان مورد نیاز برای تکمیل کارها و نهایتاً افزایش سوددهی یک سازمان منجر می‌شود. به همین دلیل، در این محیط رقابتی، زمانبندی یک ضرورت است و شرکت‌ها همگام با این محیط رقابتی، به دنبال بهترین راهکار برای استفاده‌ی بهینه از منابع می‌باشند. برنامه‌ریزی شرکت‌ها باید طوری باشد که هم نیاز مصرف‌کننده برآورده شود و هم منابع در دسترس

[1] Pinedo, 2008

بهینه شوند (بیکر و ترایتش[۲]، ۲۰۰۹). یکی از استراتژی‌هایی که در دهه‌های اخیر به کار رفته پردازش دسته‌ای کارها است، زیرا انجام عملیات بر روی کارها بصورت دسته‌ای سریعتر و ارزان‌تر از پردازش کارها به صورت تکی است (پیندو، ۲۰۰۸). که با ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای می توان چندین کار را به طور همزمان به عنوان دسته پردازش کرد. این ماشین‌ها در صنایع مختلف مانند صنایع الکترونیک و نیمه‌رسانا، صنایع شیمیایی، صنعت رنگ و صنایع چاپ کاربرد دارند (پوتث و کووایف[۳]، ۲۰۰۰).

به همین منظور در این پایان‌نامه به بررسی مسأله زمانبندی یک ایستگاه کاری با $m (m\geq 2)$ ماشین موازی یکسان که به صورت دسته‌ای پردازش می‌کنند می‌پردازیم. هدف حداقل کردن به طور همزمان و خطی هزینه‌های زمان تکمیل، هزینه‌های زودکرد و هزینه‌های دیرکرد تحویل کالا است.

از آنجا که مسأله مورد مطالعه Np-Hard است برای حل مسأله در ابعاد بزرگتر با روش‌های دقیق مانند سیمپلکس، برنامه‌ریزی پویا، انشعاب و تحدید در زمان معقول به جواب بهینه نمی‌رسیم. از این رو به دلیل پیچیدگی ذاتی مسائل بهینه‌سازی گسسته به خصوص مسائل زمانبندی تولید، استفاده از روش‌های فراابتکاری عملکرد بهتری در حل مسأله و تولید جواب‌های قابل قبول در زمان قابل قبول ایجاد می‌کند. در نتیجه در این پایان‌نامه برای حل مدل در مسائل با ابعاد بزرگ، یک الگوریتم ژنتیک ساده، سه نوع الگوریتم جستجوی هماهنگی موجود در تحقیقات پیشین و یک الگوریتم جستجوی هماهنگی جدید توسعه داده شد. سپس برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها در حل مدل، مسائل نمونه-ای ایجاد شد و عملکرد الگویتم جستجوی هماهنگی پیشنهادی با سه الگوریتم جستجوی هماهنگی محققان پیشین و یک الگوریتم ژنتیک ساده مقایسه شد.

همچنین، از آنجایی که کیفیت عملکرد الگوریتم‌های فراابتکاری تاحد زیادی به پارامترها و عملگرهای انتخابی بستگی دارد (رویز و ماروتو[۴]، ۲۰۰۴)، در این پژوهش، همه‌ی پارامترها و عملگرهای الگوریتم‌های پیشنهادی برای حل مدل، به طور جداگانه با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی تنظیم شده است. لازم به ذکر است، در اکثر پژوهش‌هایی که الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مسأله‌ای توسعه داده شده‌اند، پارامترها و عملگرهای الگوریتم‌های دیگری که در آن پژوهش جهت مقایسه بکار برده می‌شدند، یا توسط کاربر تعریف می‌شود و یا از همان مقادیر موجود در پژوهش‌های پیشین استفاده می‌شود. در حالی که کیفیت عملکرد یک الگوریتم از مسأله‌ای به مسأله دیگر متفاوت است. اگر الگوریتمی با توجه به پارامترها و عملگرهای انتخابی، کیفیت خوبی در حل مسأله‌ای داشت، هیچ تضمینی وجود ندارد که همین شرایط برای حل مسأله‌ی دیگر کارا باشد. به همین دلیل، در این پژوهش همه‌ی پارامترها و عملگرهای الگوریتم‌هایی که از پژوهش‌های پیشین برای حل مدل و مقایسه با الگوریتم پیشنهادی جهت ارزیابی این الگوریتم بکار

[2] Baker and Trietsch, 2009
[3] Potts and Kovalyov, 2000
[4] Ruiz and Maroto, 2004

برده شده‌اند با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی تنظیم شده است تا هم الگوریتم کیفیت عملکرد خوبی داشته و هم شرایط مقایسه برای همه‌ی الگوریتم‌ها برابر باشد. پیشنهاد مهم دیگری در این پژوهش ارائه شده است که در راستای توسعه‌ی الگوریتم‌های فراابتکاری جستجوی هماهنگی است. مشکل اصلی این الگوریتم که افتادن در دام بهینه محلی است بررسی شد (مهدوی و همکاران[5]، ۲۰۰۷). سپس از تکنیک فاز شروع دوباره[6] برای رفع این مشکل استفاده شد. در فصل ششم، نتایج حاصل از اجرای این الگوریتم‌ها تایید کننده‌ی کارایی روش پیشنهادی جهت رفع خاصیت ذکر شده است.

۱-۲- تاریخچه و مروری بر روند مطالعات پیشین

پژوهشگران بسیاری در توسعه برخی از روش‌ها و اصطلاحات زمانبندی مشارکت داشته‌اند. اغلب این روش‌ها برای محیط‌های تولیدی تعریف شده‌اند، زیرا برنامه‌ریزی تولید یکی از حوزه‌هایی است که روش‌های زمانبندی به طور گسترده‌ای در آن به کار گرفته می‌شوند. در محیط‌های تولیدی، ماشین‌ها به عنوان منابع و کارها به عنوان نهادهایی که به این منابع نیاز دارند در نظر گرفته می‌شوند. از ابتدای قرن بیستم، زمانبندی در سال ۱۹۱۹ توسط هنری گانت[7] در صنایع تولیدی به طور جدی بکار گرفته شد. با این وجود سال‌ها طول کشید تا اولین مقاله زمانبندی در ادبیات تحقیق در عملیات، منتشر شد. برخی از اولین کارها در اوایل دهه ۱۹۵۰ توسط جانسون[8] در سال ۱۹۵۴ و اسمیت[9] و جکسون[10] در سال ۱۹۵۶ در فصل‌نامه لجستیک عملیاتی نیروی دریایی چاپ شدند. در خلال دهه ۱۹۶۰ تحقیقات عمده‌ای در زمینه مدل‌سازی مسائل زمانبندی به وسیله برنامه‌ریزی پویا و عدد صحیح انجام گردید. سپس مقاله مشهور ریچارد کارپ[11] در زمینه تئوری پیچیدگی در سال ۱۹۷۲، زمینه‌ساز تحقیقات بیشتر و دسته‌بندی پیچیدگی مسائل در این دهه شد. در دهه ۱۹۸۰ بررسی مسائل این حوزه از جنبه‌های مختلف در دانشگاه و صنعت ادامه یافت و از جمله مسائل زمانبندی با پارامترهای احتمالی، بیشتر مورد ارزیابی قرار گرفتند. به مرور زمان، با پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر سیستم‌های زمانبندی به طور گسترده‌ای در صنعت بکار گرفته شدند.

[5] Mahdavi et.al, 2007

[6] Restart phase
[7] Henry Gant
[8] Johnson
[9] Smith
[10] Jackson
[11] Richard Carp

۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق

اهمیت ماشین‌های موازی از آنجا قابل بحث است که در صورت به‌کارگیری این نوع چیدمان در ایستگاه کاری، با احتمال کمتری با توقف در برنامه‌ریزی تولید مواجه می‌شویم. به عبارت دیگر در شرایطی که از یک ماشین در ایستگاه کاری استفاده نماییم، خرابی این ماشین موجب توقف خط تولید خواهد شد. در حالی که اگر در این ایستگاه از چند ماشین استفاده شود برنامه تولید متوقف نشده و با قطعیت بیشتری به ظرفیت تولید مدنظر دست خواهیم یافت (اوزسوی و همکاران[۱۲]، ۱۹۹۵). با توجه به این اهمیت، ایستگاههای کاری با ماشین های موازی در صنایع مدرن و در نتیجه مورد توجه اکثر محققان قرار گرفته است (مونچ و همکاران[۱۳]، ۲۰۱۰).

همچنین همان طور که بیان شد، در دهه‌ی اخیر، برای افزایش کارایی توجه زیادی به دسته بندی کارها شده است. زمانبندی و تعیین توالی مناسب کارها روی ماشین‌ها، تأثیر بسزایی در بهبود عملکرد شرکت دارد و به علت سریعتر و ارزان تر بودن عملیات بر روی کارها به صورت دسته‌ای در مقایسه با عملیات بر روی کارها به صورت تکی، امروزه توجه بسیاری از صنایع به این عنصر معطوف شده است. در نتیجه زمانبندی و تعیین توالی کارها روی ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای، می‌تواند سهم عمده‌ای در بهبود و پیشرفت عملکرد شرکت‌ها داشته باشد. همچنین در مسائل زمانبندی، یکی از مهمترین و کاربردی‌ترین محیط‌ها که همیشه مورد توجه شرکت‌ها و پژوهشگران این حوزه بوده، محیط ماشین‌های موازی با m ماشین است. اما در زمینه‌ی ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای، اکثر پژوهش‌ها حداقل کردن هزینه حداکثر زمان تکمیل را در نظر گرفتند در حالی که هزینه‌های دیرکرد و زودکرد کالاها از اهمیت بالایی در این مسأله برخوردار است. همچنین با معرفی الگوریتم‌های فراابتکاری جدید مانند الگوریتم جستجوی هماهنگی، توسعه این روش در این مدل از جذابیت بالایی برخوردار است. به دلیل اهمیت بررسی این مسأله، در تحقیق حاضر به بررسی مسأله‌ی زمانبندی و تعیین توالی عملیات کارها روی m ماشین پردازشگر دسته‌ای موازی پرداخته شده است که m می‌تواند از ۲ بیشتر باشد.

۱-۴- نوآوری‌های پایان‌نامه

با توجه به اینکه مسأله‌ی زمان‌بندی در حالت وجود ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای در محیط‌های مختلف جدید است، لذا شکافهای تحقیقاتی زیادی وجود داشت که منجر به نوآوری‌های این پایان‌نامه شد. در زیر به مواردی از آنها اشاره شده است:

[12] Uzsoy et al, 1995
[13] Monch et al, 2010

- اکثر مقالات موجود در این زمینه، حداقل کردن زمان تکمیل را درنظر گرفته‌اند، که بررسی این تابع هدف به همراه تابع هدف دیرکرد و زودکرد به صورت تجمیع وزندار خطی تا به حال مورد پژوهش قرار نگرفته است. در این پایان‌نامه مدلی جهت زمانبندی و تعیین توالی عملیات کارها در محیط با m ماشین پردازشگر دسته‌ای یکسان موازی با هدف کمینه‌کردن همزمان سه هزینه‌ی حداکثر زمان تکمیل، زودکرد و دیرکرد کارها ارائه شد.
- استفاده از روش‌های حل جدید که تا به حال در این مسائل مورد پژوهش قرار نگرفته به منظور دستیابی به جواب‌های بهینه یا نزدیک به بهینه به عنوان نوآوری در این پایان‌نامه مورد استفاده قرار گرفت. برای اولین بار در این محیط از روش حل فراابتکاری جستجوی هماهنگی استفاده شد.
- برای اولین بار در این محیط از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی جهت تنظیم پارامترهای الگوریتم حل استفاده شد.
- روش جستجوی هماهنگی جدید ارائه شد که نسبت به روش‌های جستجوی هماهنگی مشابه از کارایی بالایی برخوردار است.

۱-۵- تعریف مسأله و بیان موضوعات تحقیق

در صنعت مهمترین هدف تولید کننده حداقل کردن هزینه‌ها است. از مهمترین هزینه‌ها، هزینه زمان تکمیل نهایی کل کارها و هزینه‌ی ناشی از عدم تحویل به موقع کالا به مشتری است. در نتیجه ارائه یک مدل ریاضی برای حداقل کردن همزمان هزینه زمان تکمیل و هزینه زودکرد و دیرکرد کارها در محیط ماشین‌های موازی به عنوان تعریف مسأله این پایان‌نامه شناخته می‌شود. همچنین با توجه به توسعه پردازش دسته‌ای در دو دهه اخیر در پژوهش‌های این دوره و کاربرد فراوان در صنعت، ماشین‌های موازی مورد مطالعه دارای ویژگی پردازش دسته‌ای هستند. برای هر دسته یک ظرفیت عددی تعریف می‌گردد که برابر با ظرفیت ماشین است. از آنجا که هر کار دارای اندازه خاصی است مجموع کل کارهای تخصیص داده شده به یک دسته خاص نباید از مقدار ظرفیت دسته تخصیص داده شده بیشتر گردد. هر کار دارای زمان پردازش دلخواه است که بزرگترین زمان پردازش میان کارهای هر دسته زمان پردازش دسته را مشخص می‌کند. هر کار دارای زمان در دسترس بودن[۱۴] برای پردازش روی ماشین است که زمان شروع به پردازش هر دسته را تعیین می‌کند. یعنی آن کاری که در دیرترین زمان به دسته می‌رسد زمان شروع به پردازش دسته را رقم می‌زند.

مسأله مورد مطالعه شامل دو مرحله است. در مرحله اول با توجه به کارهای موجود به درست کردن دسته‌ها می‌پردازیم. هر دسته با توجه به اینکه مستقیماً روی ماشین پردازش می‌شود پس دارای ظرفیت برابر با اندازه ظرفیت ماشین است. در مرحله دوم دسته‌های ساخته شده را ابتدا به ماشین‌های موازی موجود تخصیص می‌دهیم سپس روی

[14] Ready time

هر ماشین دسته‌ها را به ترتیب و قاعده‌ای مرتب می‌کنیم تا تابع هدف مورد نظر بهینه گردد. این دو مرحله را با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری جستجوی هماهنگی و ژنتیک حل می‌کنیم. نحوه‌ی شکل گرفتن دسته‌ها با توجه به داده‌های مربوط به کارهای موجود و تعیین توالی ورود دسته‌ها بر روی ماشین‌ها در این مسائل به منظور بهبود مقیاس‌های عملکرد از اهمیت بالایی برخوردار است.

در این مسأله ماشین‌های موازی، یکسان در نظر گرفته می‌شود. منظور از ماشین‌های یکسان موازی این است که همه ماشین‌ها دارای ظرفیت یکسان پردازش هستند و با سرعت برابر دسته‌ها را پردازش می‌کنند. با توجه به توضیحاتی که در مورد اهمیت، ضرورت و تعریف مسأله در بخش‌های قبل بیان شد، می توان سوأل تحقیق را به صورت زیر مطرح کرد:

"مدل تخصیص کارها به دسته‌ها و زمانبندی و ترتیب توالی عملیات دسته‌ها در یک محیط ماشین های پردازشگر دسته‌ای موازی با هدف کمینه‌کردن ماکزیمم زمان تکمیل، دیرکرد و زودکرد کارها به چه صورت است؟"

۱-۶- روش های گردآوری اطلاعات

روش‌های جمع‌آوری اطلاعات شامل جستجو در سایت‌های اینترنتی معتبر علمی، مطالعه مقالات و کتاب‌ها است. همچنین مشاوره با اساتید این حوزه کمک زیادی در گردآوری اطلاعات نموده است.

۱-۷- ساختار پایان‌نامه

در این فصل، پس از معرفی مسأله و کلیات آن، ضرورت و اهداف پژوهش و نوآوری‌های پژوهش بحث شد. در فصل دوم به مرور پژوهش‌های مسائل زمانبندی ماشین‌های پردازشگر دسته‌ای و بررسی آن پرداخته شده است. سپس در فصل سوم مدل پیشنهادی ارائه شده است. در فصل چهارم به روش‌های حل و توسعه الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مدل و در فصل پنجم به تنظیم پارامترها و عملگرهای مورد نیاز الگوریتم‌ها با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی پرداخته شده است. در ادامه، در فصل ششم، ابتدا بررسی نتایج اجرای روش طراحی آزمایش‌ها و انتخاب پارامترها و عملگرهای بهینه صورت گرفته، سپس نتایج محاسباتی اجرای الگوریتم‌ها با استفاده از پارامترها و عملگرهای بهینه ارائه شده است. در نهایت در فصل هفتم، نتیجه گیری و پیشنهادات پژوهش‌های آینده بیان شده است.