

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علامه طباطبایی
دانشکده مدیریت و حسابداری

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تولید

تعیین توالی عملیات با هدف حداقل سازی زمان دیرکرد و واریانس زمان انتظار بر
روی یک ماشین با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری

نگارش

مهدی کشاورز قرابایی

استاد راهنما

دکتر مقصود امیری

استاد مشاور

دکتر لعیا الفت

تابستان ۹۲

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

چکیده

مسائل زمانبندی در ۶ دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته اند و این منجر به یک زمینه تحقیقاتی کامل و یافته های بسیاری شده است. زمانبندی تک ماشینه به عنوان مسئله ای که در آن مجموعه ای از کارها روی یک ماشین زمانبندی می شوند، یک نوع مهم از زمانبندی می باشد. در عمل مسئله زمانبندی تک ماشینه لزوماً یک ماشین را در بر نمی گیرد بلکه می تواند برای بررسی مسائل کارگاهی پیچیده تر نیز به کار رود. بعلاوه، زمانبندی تک ماشینه می تواند برای زمانبندی ماشینی که در گلوگاه قرار دارد، در محیط های ماشینی پیچیده به کار رود.

این تحقیق یک مسئله زمانبندی تک ماشین را مورد بررسی قرار می دهد که هدف در آن حداقل کردن ترکیبی خطی از دیرکرد کل و واریانس زمان انتظار می باشد به طوری که زمان بیکاری در ماشین مجاز نیست. حداقل کردن دیرکرد کل همیشه به عنوان یک معیار عملکرد مهم در سیستم های عملی، که می توان با استفاده از آن از تحمیل هزینه های جریمه دیرکرد اجتناب نمود، مطرح می باشد و واریانس زمان انتظار نیز یک معیار مهم در پیاده سازی کیفیت خدمات (QoS) در بسیاری از سیستم ها می باشد. در این تحقیق هر کدام از این دو معیار از نوع NP-hard می باشند، بنابراین ترکیب خطی آن ها نیز NP-hard خواهد بود. برای این مسئله الگوریتمی فرا ابتکاری طراحی شده که از ساختار معمول الگوریتم های ژنتیک استفاده می کند. دو نوع جمعیت هیوریستیک و تصادفی برای جمعیت اولیه و دو نوع تابع برازش در الگوریتم به کار رفته است و با این ویژگی ها چهار الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. کارایی الگوریتم های ژنتیک ارائه شده به وسیله تست روی تعداد زیادی از مسائل به طور عملی نشان داده شده است. در نهایت به این نتیجه می رسیم که استفاده از جمعیت اولیه هیوریستیک باعث افزایش دقت الگوریتم ها و استفاده از تابع برازش ایستا باعث کاهش زمان اجرای آن ها می شود.

کلید واژه ها: زمانبندی دو معیاره^۱؛ تک ماشینه^۲؛ الگوریتم ژنتیک^۳؛ دیرکرد کل^۴؛ واریانس زمان انتظار^۵

Email: m.keshavarz_gh@yahoo.com

¹ Bi-criteria scheduling

² Single machine

³ Genetic algorithm

⁴ Total tardiness

⁵ Waiting time variance

فهرست

فصل اول: کلیات پژوهش.....	۱
مقدمه.....	۲
۱-۱- بیان مسئله.....	۳
۱-۲- هدف اصلی تحقیق.....	۵
۱-۳- اهمیت و ضرورت موضوع.....	۵
۱-۴- کاربرد پیشنهادی تحقیق.....	۷
۱-۵- روش تحقیق.....	۷
۱-۶- روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها.....	۸
۱-۷- اعتبار سنجی.....	۸
۱-۸- چارچوب کلان نظری تحقیق.....	۹
۱-۹- نقشه راه.....	۱۰
۱-۱۰- نمودار روند کلی پیشرفت پروژه.....	۱۰
۱-۱۱- سوابق تحقیق.....	۱۱
۱-۱۲- شرح واژه‌ها و اصطلاحات تحقیق.....	۱۱
فصل دوم: مبانی نظری پژوهش و مروری بر تحقیقات پیشین.....	۱۵
مقدمه.....	۱۶
۲-۱- انواع مسائل زمان بندی و تعیین توالی.....	۱۹
۲-۲- توالی عملیات تک ماشینی با کارهای مستقل.....	۲۰

۲۱	۲-۳- مقدمات زمانبندی تک ماشین
۲۵	۲-۴- مسائل بدون موعد تحویل کار
۲۵	۲-۴-۱- مدت جریان ساخت و موجودی
۲۵	۲-۴-۲- کمینه کردن متوسط مدت جریان ساخت
۲۶	۲-۵- مسائل مربوط به موعد تحویل کار
۲۶	۲-۵-۱- ضابطه های تأخیر
۲۷	۲-۵-۲- کمینه کردن تعداد کارهای دارای دیرکرد
۲۷	۲-۵-۳- کمینه کردن دیرکرد کل
۲۸	۲-۶- مسائل دیگر زمانبندی
۲۸	۲-۶-۱- مسئله واریانس زمان انتظار
۲۹	۲-۷- بهینه یابی چندهدفه
۲۹	۲-۷-۱- صورت ریاضی بهینه یابی چند هدفه
۳۱	۲-۷-۲- بهینه یابی چند هدفه خطی و غیر خطی
۳۲	۲-۷-۳- غلبه پارتو
۳۲	۲-۷-۳-۱- ویژگی های رابطه غلبه
۳۲	۲-۷-۴- بهینگی پارتو
۳۳	۲-۷-۴-۱- غلبه قوی و بهینگی پارتو ضعیف
۳۳	۲-۷-۵- اهداف در بهینه یابی چند هدفه

۳۵	۲-۷-۶-۲- روش‌های حل مسائل چند هدفه.....
۳۵	۲-۷-۶-۱- روش تبدیل تابع هدف به محدودیت.....
۳۶	۲-۷-۶-۲- روش وزن دهی به اهداف.....
۳۶	۲-۷-۶-۳- روش اولویت مطلق.....
۳۶	۲-۷-۶-۴- روش معیار جامع.....
۳۷	۲-۷-۶-۵- برنامه ریزی آرمانی.....
۳۷	۲-۸- الگوریتم‌های فرا ابتکاری.....
۳۸	۲-۸-۱- دسته‌بندی الگوریتم‌های فرا ابتکاری.....
۳۹	۲-۸-۲- پیاده‌سازی الگوریتم‌های فرا ابتکاری.....
۳۹	۲-۸-۳- الگوریتم ژنتیک.....
۴۰	۲-۸-۳-۱- کاربردهای الگوریتم ژنتیک.....
۴۰	۲-۸-۳-۲- مفاهیم اولیه.....
۴۲	۲-۸-۳-۳- ساختار کلی الگوریتم ژنتیک.....
۴۳	۲-۸-۳-۳-۱- تعریف یک سیستم کدینگ.....
۴۵	۲-۸-۳-۳-۲- ایجاد جمعیت اولیه.....
۴۵	۲-۸-۳-۳-۳- عملگرهای ژنتیک.....
۴۵	۲-۸-۳-۳-۳-۱- عملگر تولید مجدد یا انتخاب.....
۴۸	۲-۸-۳-۳-۳-۲- عملگر تقاطع.....

۵۱	.....۳-۳-۳-۳-۲- عملگر جهش
۵۴	.....۴-۳-۳-۳-۲- توقف در الگوریتم ژنتیک
۵۴	.....۴-۳-۳-۲- تفاوت‌های بنیادی
۵۶	.....۵-۳-۳-۲- محدودیت‌های الگوریتم ژنتیک
۵۷	.....۶-۳-۳-۲- مراحل اجرای یک الگوریتم ژنتیک
۵۸	.....۹-۲- کارهای پژوهشی انجام شده
۶۵	.....جمع بندی
۶۶	.....فصل سوم: روش اجرای تحقیق
۶۷	.....مقدمه
۶۷	.....۱-۳- روش کلی تحقیق
۶۸	.....۲-۳- مراحل انجام پژوهش
۶۸	.....۳-۳- بررسی مفروضات و تعریف مسئله
۶۹	.....۴-۳- مدل سازی ریاضی
۷۲	.....۱-۴-۳- تضاد اهداف در تحقیق
۷۳	.....۵-۳- تولید داده های مسئله
۷۴	.....۵-۳- کاربرد الگوریتم‌های ژنتیک در تحقیق
۷۴	.....۱-۵-۳- الگوریتم ژنتیک اصلی
۷۵	.....۱-۱-۵-۳- کدینگ راه حل (طرح کروموزوم)

۷۵.....	۳-۵-۱-۲-۲- تابع برازش
۷۵.....	۳-۵-۱-۲-۱- تابع برازش پویا
۷۶.....	۳-۵-۱-۲-۲- تابع برازش ایستا
۷۶.....	۳-۵-۱-۳- جمعیت اولیه
۷۷.....	۳-۵-۱-۳-۱- هیوریتیک ۱
۷۷.....	۳-۵-۱-۳-۲- هیوریتیک ۲
۷۷.....	۳-۵-۱-۳-۳- هیوریتیک ۳
۷۸.....	۳-۵-۱-۳-۴- هیوریتیک ۴
۷۸.....	۳-۵-۱-۳-۵- هیوریتیک ۵
۷۹.....	۳-۵-۱-۳-۶- هیوریتیک ۶
۷۹.....	۳-۵-۱-۴- انتخاب والد
۷۹.....	۳-۵-۱-۵- عملگر تقاطع
۸۲.....	۳-۵-۱-۶- عملگر جهش
۸۲.....	۳-۵-۱-۷- شرایط توقف
۸۲.....	۳-۵-۱-۸- الگوریتم‌های ارائه شده اصلی
۸۴.....	۳-۵-۲- الگوریتم ژنتیک فرعی
۸۵.....	۳-۶- ارزیابی نتایج الگوریتم‌های ژنتیک
۸۵.....	۳-۶-۱- شاخص انحرافات در مسائل دسته اول

۸۶	۳-۶-۲- شاخص انحرافات در مسائل دسته دوم.....
۸۷	جمع بندی.....
۸۸	فصل چهارم: تجزیه تحلیل مدل.....
۸۹	مقدمه.....
۸۹	۴-۱- مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم‌ها.....
۱۳۸	۴-۲- نمودار الگوریتم‌ها.....
۱۳۹	۴-۳- متوسط زمان اجرای LINGO.....
۱۴۰	جمع بندی.....
۱۴۱	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....
۱۴۲	مقدمه.....
۱۴۲	۵-۱- خلاصه تحقیق.....
۱۴۳	۵-۲- بررسی کلی نتایج.....
۱۴۶	۵-۲-۱- بررسی میانگین انحرافات.....
۱۴۶	۵-۲-۲- بررسی میانگین زمان‌های اجرا.....
۱۴۶	۵-۳- نتیجه گیری.....
۱۴۸	۵-۴- پیشنهادات.....
۱۴۹	فهرست منابع.....
۱۵۵	پیوست‌ها.....

شکل ۱-۲-فلوچارت الگوریتم ژنتیک.....	۵۸
شکل ۱-۳-عملگر تقاطع در الگوریتم ژنتیک.....	۸۰
شکل ۱-۳-عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک.....	۸۲
شکل ۱-۴-نمودار روند الگوریتم GA-A.....	۱۳۸
شکل ۲-۴-نمودار روند الگوریتم GA-B.....	۱۳۸
شکل ۳-۴-نمودار روند الگوریتم GA-C.....	۱۳۸
شکل ۴-۴-نمودار روند الگوریتم GA-D.....	۱۳۸

جدول ۳-۱- بازه‌های تعریف شده برای موعدهای تحویل.....	۷۳
جدول ۳-۲- میانگین مجموع مجذور انحرافات مکانی به ازای k های مختلف.....	۸۱
جدول ۴-۱- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱.....	۹۰
جدول ۴-۲- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱.....	۹۰
جدول ۴-۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲.....	۹۱
جدول ۴-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲.....	۹۱
جدول ۴-۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳.....	۹۲
جدول ۴-۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳.....	۹۲
جدول ۴-۷- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴.....	۹۳
جدول ۴-۸- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴.....	۹۳
جدول ۴-۹- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۵.....	۹۴
جدول ۴-۱۰- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۵.....	۹۴
جدول ۴-۱۱- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۶.....	۹۵
جدول ۴-۱۲- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۶.....	۹۵
جدول ۴-۱۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۷.....	۹۶
جدول ۴-۱۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۷.....	۹۶
جدول ۴-۱۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۸.....	۹۷
جدول ۴-۱۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۸.....	۹۷

- جدول ۱۷-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۹..... ۹۸
- جدول ۱۸-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۹..... ۹۸
- جدول ۱۹-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۰..... ۹۹
- جدول ۲۰-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۰..... ۹۹
- جدول ۲۱-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۱..... ۱۰۰
- جدول ۲۲-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۱..... ۱۰۰
- جدول ۲۳-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۲..... ۱۰۱
- جدول ۲۴-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۲..... ۱۰۱
- جدول ۲۵-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۳..... ۱۰۲
- جدول ۲۶-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۳..... ۱۰۲
- جدول ۲۷-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۴..... ۱۰۳
- جدول ۲۸-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۴..... ۱۰۳
- جدول ۲۹-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۵..... ۱۰۴
- جدول ۳۰-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۵..... ۱۰۴
- جدول ۳۱-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۶..... ۱۰۵
- جدول ۳۲-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۶..... ۱۰۵
- جدول ۳۳-۴- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۷..... ۱۰۶
- جدول ۳۴-۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۷..... ۱۰۶

- جدول ۳۵-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۸.....۱۰۷
- جدول ۳۶-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۸.....۱۰۷
- جدول ۳۷-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۱۹.....۱۰۸
- جدول ۳۸-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۱۹.....۱۰۸
- جدول ۳۹-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۰.....۱۰۹
- جدول ۴۰-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۰.....۱۰۹
- جدول ۴۱-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۱.....۱۱۰
- جدول ۴۲-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۱.....۱۱۰
- جدول ۴۳-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۲.....۱۱۱
- جدول ۴۴-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۲.....۱۱۱
- جدول ۴۵-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۳.....۱۱۲
- جدول ۴۶-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۳.....۱۱۲
- جدول ۴۷-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۴.....۱۱۳
- جدول ۴۸-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۴.....۱۱۳
- جدول ۴۹-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۵.....۱۱۴
- جدول ۵۰-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۵.....۱۱۴
- جدول ۵۱-۴ - انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۶.....۱۱۵
- جدول ۵۲-۴ - زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۶.....۱۱۵

- جدول ۴-۵۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۷..... ۱۱۶
- جدول ۴-۵۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۷..... ۱۱۶
- جدول ۴-۵۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۸..... ۱۱۷
- جدول ۴-۵۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۸..... ۱۱۷
- جدول ۴-۵۷- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۲۹..... ۱۱۸
- جدول ۴-۵۸- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۲۹..... ۱۱۸
- جدول ۴-۵۹- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۰..... ۱۱۹
- جدول ۴-۶۰- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۰..... ۱۱۹
- جدول ۴-۶۱- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۱..... ۱۲۰
- جدول ۴-۶۲- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۱..... ۱۲۰
- جدول ۴-۶۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۲..... ۱۲۱
- جدول ۴-۶۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۲..... ۱۲۱
- جدول ۴-۶۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۳..... ۱۲۲
- جدول ۴-۶۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۳..... ۱۲۲
- جدول ۴-۶۷- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۴..... ۱۲۳
- جدول ۴-۶۸- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۴..... ۱۲۳
- جدول ۴-۶۹- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۵..... ۱۲۴
- جدول ۴-۷۰- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۵..... ۱۲۴

- جدول ۴-۷۱- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۶..... ۱۲۵
- جدول ۴-۷۲- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۶..... ۱۲۵
- جدول ۴-۷۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۷..... ۱۲۶
- جدول ۴-۷۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۷..... ۱۲۶
- جدول ۴-۷۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۸..... ۱۲۷
- جدول ۴-۷۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۸..... ۱۲۷
- جدول ۴-۷۷- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۳۹..... ۱۲۸
- جدول ۴-۷۸- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۳۹..... ۱۲۸
- جدول ۴-۷۹- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۰..... ۱۲۹
- جدول ۴-۸۰- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۰..... ۱۲۹
- جدول ۴-۸۱- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۱..... ۱۳۰
- جدول ۴-۸۲- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۱..... ۱۳۰
- جدول ۴-۸۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۲..... ۱۳۱
- جدول ۴-۸۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۲..... ۱۳۱
- جدول ۴-۸۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۳..... ۱۳۲
- جدول ۴-۸۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۳..... ۱۳۲
- جدول ۴-۸۷- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۴..... ۱۳۳
- جدول ۴-۸۸- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۴..... ۱۳۳

- جدول ۴-۸۹- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۵..... ۱۳۴
- جدول ۴-۹۰- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۵..... ۱۳۴
- جدول ۴-۹۱- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۶..... ۱۳۵
- جدول ۴-۹۲- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۶..... ۱۳۵
- جدول ۴-۹۳- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۷..... ۱۳۶
- جدول ۴-۹۴- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۷..... ۱۳۶
- جدول ۴-۹۵- انحراف نتایج الگوریتم‌های ژنتیک از مقادیر بهینه در حالت شماره ۴۸..... ۱۳۷
- جدول ۴-۹۶- زمان‌های اجرای الگوریتم‌های ژنتیک در حالت شماره ۴۸..... ۱۳۷
- جدول ۴-۹۷- متوسط زمان‌های اجرا برای بدست آوردن جواب‌های بهینه توسط (LINGO)..... ۱۳۹
- جدول ۵-۱- میانگین انحرافات مسائل دسته اول..... ۱۴۴
- جدول ۵-۲- میانگین انحرافات مسائل دسته دوم..... ۱۴۵
- جدول ۵-۳- میانگین زمان‌های اجرای الگوریتم‌ها در تعداد کارهای مختلف..... ۱۴۷

فصل اول

کلیات پژوهش

مقدمه

یکی از وظایف بسیار مهم برنامه ریزی تولید، تعیین توالی و زمان بندی قطعات بر روی ماشین‌ها می‌باشد. در این راستا برنامه ریز، جهت دستیابی به اهداف مورد نظر، اقدام به تخصیص قطعات به ماشین‌ها همراه با زمان اجرای مشخص آن‌ها می‌کند. (توالی عملیات توسط شاخص‌های کارایی از قبیل میانگین زمان تکمیل کارها، حداکثر دیرکرد کارها، میانگین دیرکرد کارها و ... ارزیابی می‌شوند). رسیدن به اهداف کلان یک واحد، به متناسب بودن برنامه‌های زمانبندی وابسته است. مسئله توالی عملیات صرف، یک مسئله خاص زمان بندی است که در آن تعیین ترتیب کارها یک برنامه زمانی کامل را تشکیل می‌دهد. به علاوه ساده‌ترین مسئله توالی عملیات صرف، مسئله ای است که در آن تنها یک منبع یا یک ماشین وجود دارد. محیط تک ماشین به دلایل بسیاری دارای اهمیت است. محیط تک ماشین بسیار ساده و یک حالت خاص برای تمام محیط‌های دیگر می‌باشد. مدل‌های تک ماشین دارای ویژگی‌هایی هستند که ماشین‌های حالت موازی و حالت سری این ویژگی‌ها را ندارند و نتایجی که از مدل‌های تک ماشین به دست می‌آید نه تنها باعث ایجاد اطلاعات در زمینه تک ماشین می‌گردد، همچنین ابتکاراتی پایه ای برای کاربرد در محیط‌های پیچیده تر ماشین آلات ایجاد می‌کند. در عمل مسائل زمانبندی در محیط‌های پیچیده تر اغلب اوقات به زیر مسئله‌هایی که مرتبط با سیستم تک ماشین است تجزیه می‌شوند. در محیط چند ماشینه، زمانبندی تک ماشین می‌تواند در گلوگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت زمانبندی تمام عملیات پیشین و پسین، بعد از زمانبندی گلوگاه انجام می‌گیرد. و یا برای تخصیص وظایف به گران‌ترین ماشین (پردازشگر) استفاده شود. گاهی اوقات یک خط تولید به صورت کلی می‌تواند به عنوان یک سیستم تک ماشین برای زمانبندی رفتار کند. سیستم تک ماشین در مقابل سیستم‌های چند ماشین از نظر ریاضی قابلیت زمانبندی بهتری دارد و نیز پارامترهای زیادی مانند توابع مختلف هزینه را می‌توان در این سیستم‌ها مورد استفاده قرار داد.

با وجود سادگی، حالت تک ماشینی به دلایل مختلف بسیار مهم است. در فرآیند یادگیری، مسئله تک ماشینه حائز اهمیت است. زیرا می‌تواند مجموعه متنوعی از موضوع‌های مربوط به زمان بندی را به صورت مدلی نرمش پذیر نشان