



دانشگاه پیام نور

دانشکده فنی و مهندسی  
گروه علمی مهندسی صنایع

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته مهندسی صنایع

عنوان پایان نامه :

حل مسئله زمان بندی پروژه چندهدفه تحت شرایط محدودیت منابع  
با استفاده از الگوریتم زنبورهای عسل

استاد راهنما :

دکتر اعظم دخت صفی صمغ آبادی

استاد مشاور:

دکتر فرناز برزین پور

نگارش:

امیر صادقی

بهار ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جمهوری اسلامی ایران  
رت علوم تحقیقات و فناوری

مجمع فنی و مهندسی



دانشگاه پیام نور  
دانشگاه پیام نور استان تهران  
ایم بی دبلیو انجمن مهندسان

شماره: .....  
تاریخ: .....  
پیوست: .....

## تصویب نامه

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع

تحت عنوان:

" حل مسئله زمانبندی پروژه چند هدفه تحت شرایط  
محدودیت منابع با استفاده از الگوریتم زنبورهای عسل "

تاریخ دفاع: ۹۰/۳/۲۴ ساعت: ۱۶ - ۱۴

نمره: .....۱۹۱.۵۰..... درجه ارزشیابی: .....۴۰.....

هیات داوران:

داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر صفی صمغ آبادی	استاد	
استاد مشاور	دکتر پروین پور	استادیار	
استاد داور	دکتر توکلی مقدم	استاد	
نماینده گروه	دکتر صفی صمغ آبادی	استاد	

تهران، خیابان استاد نجات الهی  
ناطع خیابان سید، کوچه هشتم  
۱۱ کی

تلفن: ۸۸۹۰۴۱۲۷  
ورنگار: ۸۸۱۰۳۳۱۰

WWW.FANLTPNU.AC.IR  
fani@tpnu.ac.ir

تقدیم بہ:

پدر عزیزم کہ ہموارہ مشوق من در راہ کسب دانش بودہ است

مادر مہربانم کہ دس فداکاری، محبت و بردباری از او آموختم

و

بہد کسانی کہ دوستان دارم

## تقدیر و شکر

در این سرآغاز بر خود واجب می دانم از سروران و بزرگوارانی که بارها بهمانی خود مرا بر بون الطاف گریزان خود ساخته و بزرگوارانه مراد انجام این پژوهش را بهمانی کرده اند کمال شکر را داشته باشم. ابتدا از اساتید عالیقدر، سرکار خانم دکتر صغی صبح آبادی و سرکار خانم دکتر برزین پور که همواره از راهمانی بی رویه کمک و مشورت نمودند بهره مند بودم و به خاطر زحمانی که در گردآوری این پژوهش تحمل شده اند صمیمانه شکر می کنم.

بعینین از جناب آقای دکتر توکل مقدم که در آغاز این پژوهش، چراغ راه انجام این پژوهش را برای بنده روشن ساختند و در پایان نیز با دوری و لوسوزانه شدن، کبوده و کاستی های این پژوهش را بر طرف نمودند کمال شکر و قدردانی را دارم.

## چکیده

مسئله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع (RCPSP)<sup>1</sup> یکی از مسائل بسیار معروف و مطرح در زمینه تحقیق در عملیات و مدیریت پروژه است. کاربردی بودن آن باعث توجه بیش از پیش محققین به این مسئله در سال‌های اخیر شده است. در این پژوهش، مسئله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع از طریق ایجاد مدلی چندهدفه با در نظر گرفتن اهداف مهمی از قبیل کمینه کردن زمان اتمام پروژه و بیشینه کردن کیفیت انجام پروژه و کمینه کردن هزینه کل پروژه که از مهمترین اهداف در دنیای واقعی است و همواره مدیران پروژه در جستجوی بهترین نقطه در این مثلث مدیریت پروژه (زمان - هزینه - کیفیت) می‌باشند، در نظر گرفته شده است. همچنین برای جامع‌تر کردن مدل تمامی روابط پیش‌نیازی ممکن بین فعالیت‌های یک پروژه نیز مورد توجه قرار گرفته است و مسئله به نحوی گسترش یافته تا در دنیای واقعی قابل به کارگیری باشد.

به علت NP-Hard بودن این مسئله، بدست آوردن جواب‌های موثر در این مسئله با استفاده از روش‌های مرسوم بسیار دشوار و حتی غیرممکن است. در این پایان نامه الگوریتم فراابتکاری زنبورهای عسل برای حل این مدل پیشنهاد شده است و این مورد نیز از دیگر نوآوری‌های این تحقیق است. الگوریتم پیشنهادی با بکارگیری عملگرهایی که برای مسئله زمان‌بندی پروژه تحت محدودیت منابع طراحی شده اند، در چارچوب کلی الگوریتم زنبورهای عسل به حل این مسئله می‌پردازد. به منظور سنجش اعتبار الگوریتم و نیز مقایسه آن با الگوریتم‌های دیگری که در ادبیات این مسئله وجود دارند، الگوریتم پیشنهادی برای حل مسائل مختلفی به کار گرفته شده و نتایج به دست آمده با بهترین الگوریتم‌های موجود در ادبیات موضوع مقایسه شده است. نتایج این آزمایشات حاکی از آن است که الگوریتم زنبورهای عسل از کارایی مطلوبی در مقایسه با الگوریتم‌های دیگر برخوردار است.

**واژگان کلیدی:** زمان‌بندی پروژه، محدودیت منابع، الگوریتم زنبورهای عسل، مسئله چندهدفه

---

<sup>1</sup> Resource Constrained Project Scheduling

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول : کلیات

2-1-1- مقدمه	2
2-1-2- بیان مسئله	2
3-1-3- سابقه و ضرورت انجام تحقیق	3
4-1-4- پیش فرض های پژوهش	4
5-1-5- فرضیه مسئله	5
6-1-6- روش تحقیق	5
7-1-7- نوآوری تحقیق	6
8-1-8- نتیجه گیری	6

### فصل دوم : ادبیات و پیشینه تحقیق

1-2-1- مقدمه	8
2-2-2- تعاریف	8
1-2-2-2- پروژه	8
2-2-2-2- فعالیت	9
3-2-2-2- منابع	9
4-2-2-2- روابط تقدمی	9
5-2-2-2- شکل نمایش	10
1-5-2-2- شبکه گره ای (AON)	10
2-5-2-2- شبکه برداری (AOA)	10
6-2-2-2- زمانبندی پروژه	10
3-2-3- مسئله RCPS	12
4-2-4- دسته بندی مسائل RCPS	15
1-4-2-1- طبقه بندی بر اساس ماهیت فعالیتها	17

- 17.....1-1-4-2-زمانبندی با قابلیت انقطاع.....
- 18.....2-1-4-2-منابع متغیر با زمان.....
- 19.....3-1-4-2- زمان آماده سازی.....
- 20.....4-1-4-2- چند مد بودن فعالیت‌ها.....
- 23.....5-1-4-2- مسئله های تبادل.....
- 25.....6-1-4-2- محدودیت‌های زمانی کلی.....
- 26.....7-1-4-2- ماکزیمم زمان تاخیر.....
- 27.....8-1-4-2- ترخیص زمان‌ها و ضرب الاجل.....
- 28.....9-1-4-2- محدودیت‌های زمان-تعویض.....
- 28.....10-1-4-2- محدودیت‌های اضافی زمانی.....
- 30.....11-1-4-2- وابستگی‌های منطقی.....
- 31.....12-1-4-2- نمایش شبکه‌ها.....
- 31.....2-4-2- طبقه بندی بر اساس منابع.....
- 32.....1-2-4-2- منابع تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر و دوگانه.....
- 32.....2-2-4-2- منابع تجدید پذیر جزئی.....
- 33.....3-2-4-2- منابع پیوسته.....
- 34.....4-2-4-2- منابع وقف شده.....
- 34.....5-2-4-2- منابع با ظرفیت وابسته به زمان.....
- 35.....3-4-2- طبقه بندی بر اساس نوع و تعداد اهداف.....
- 35.....1-3-4-2- اهداف مبتنی بر زمان.....
- 36.....2-3-4-2- اهداف مبتنی بر استحکام و ثبات.....
- 38.....3-3-4-2- اهداف مبتنی بر زمانبندی مجدد.....
- 39.....4-3-4-2- اهداف مبتنی بر منابع تجدید پذیر.....
- 40.....5-3-4-2- اهداف مبتنی بر منابع تجدید ناپذیر.....
- 41.....6-3-4-2- اهداف مبتنی بر هزینه‌ها.....
- 42.....7-3-4-2- اهداف مبتنی بر ارزش فعلی.....
- 44.....8-3-4-2- اهداف چندگانه.....



- 46-4-4-2 طبقه بندی بر اساس نوع روابط پیش‌نیازی..... 46
- 46-5-4-2 طبقه بندی بر اساس نوع اهداف..... 46
- 47-6-4-2 طبقه بندی بر اساس تعداد پروژه..... 47
- 47-7-4-2 کمبودهای مدل‌های ارائه شده..... 47
- 51-5-2 مدل‌های ریاضی مسائل RCPSP..... 51
- 51-1-5-2 مدل پریسکر در سال 1969..... 51
- 52-2-5-2 مدل پریسکر در سال 1969..... 52
- 52-3-5-2 مدل الوارز در سال 1988..... 52
- 53-4-5-2 مدل کلین در سال 2000..... 53
- 53-6-2 مسئله RCPSP چند حالتی با روابط پیش‌نیازی کلی..... 53
- 54-7-2 مسئله تبادل هزینه - زمان..... 54
- 55-8-2 روش‌های حل مدل‌های RCPSP..... 55
- 55-9-2 روش تولید برنامه زمانی (SGS)..... 55
- 56-1-9-2 روش SGS سری..... 56
- 57-1-1-9-2 مثالی از SGS سری..... 57
- 59-2-9-2 روش SGS موازی..... 59
- 59-10-2 الگوریتم‌های مختلف حل مسائل RCPSP..... 59
- 60-1-10-2 الگوریتم ژنتیک (GA)..... 60
- 62-2-10-2 الگوریتم مورچگان..... 62
- 63-3-10-2 الگوریتم جستجوی ممنوع..... 63
- 64-4-10-2 الگوریتم جستجوی پرندگان..... 64
- 64-5-10-2 سایر الگوریتم‌های فراابتکاری..... 64
- 64-11-2 نمایش جواب..... 64
- 65-1-11-2 نمایش فهرست فعالیت‌ها..... 65
- 65-2-11-2 نمایش کلید تصادفی..... 65
- 66-3-11-2 نمایش قانون اولویت..... 66
- 66-4-11-2 نمایش بردار حرکت..... 66

- 67.....12-2- الگوریتم زنبورهای عسل
- 67.....1-12-2- معرفی الگوریتم زنبورهای عسل
- 71.....2-12-2- زنبورهای عسل در طبیعت
- 71.....3-12-2- الگوریتم فراابتکاری زنبورهای عسل مصنوعی
- 73.....4-12-2- پارامترهای الگوریتم زنبورهای عسل
- 74.....5-12-2- آزمایش الگوریتم زنبورهای عسل
- 80.....13-2- مسئله چند هدفه
- 80.....1-13-2- معرفی اصطلاحات و مفاهیم ضروری
- 81.....2-13-2- روش‌های حل مسائل چندهدفه
- 81.....3-13-2- الگوریتم‌های بهینه یابی هوشمند
- 81.....14-2- نتیجه‌گیری

### فصل سوم : مدل و الگوریتم پیشنهادی مسئله RCPSP

- 83.....1-3- مقدمه
- 83.....2-3- مدل پیشنهادی مسئله RCPSP
- 85.....1-2-3- شماره‌های مدل پیشنهادی
- 85.....2-2-3- متغیرهای تصمیم مدل پیشنهادی
- 86.....3-2-3- پارامترهای مدل پیشنهادی
- 87.....4-2-3- مدل ریاضی مسئله پیشنهادی
- 88.....5-2-3- پیش فرض های مدل پیشنهادی
- 88.....6-2-3- توابع هدف
- 88.....7-2-3- محدودیت‌ها
- 90.....3-3- الگوریتم زنبورهای عسل پیشنهادی برای حل مسئله RCPSP
- 90.....1-3-3- الگوریتم پیشنهادی برای حل مسئله RCPSP و MRCPS
- 90.....2-3-3- پارامترهای الگوریتم
- 91.....3-3-3- گام‌های الگوریتم
- 94.....4-3- الگوریتم زنبورهای عسل پیشنهادی برای مسئله پیشنهادی RCPSP چندهدفه

94	.....	پارامترهای الگوریتم	1-4-3
94	.....	گام‌های الگوریتم	2-4-3
96	.....	معیار فاصله تراکم	3-4-3
97	.....	NSGA-II الگوریتم	5-3

### فصل چهارم: نتایج محاسباتی و عملکرد الگوریتم پیشنهادی

100	.....	مقدمه	1-4
100	.....	مسائل استاندارد و ایجاد مسئله برای آزمایش الگوریتم ها	2-4
104	.....	معیارهای مقایسه جواب‌های پارتو بدست آمده	3-4
104	.....	معیار تعداد	1-3-4
104	.....	معیار پراکندگی	2-3-4
105	.....	معیار نظم	3-3-4
107	.....	معیار کیفی و نسبی	4-3-4
108	.....	مقایسه عملکرد الگوریتم زنبور عسل پیشنهادی و الگوریتم NSGA-II	4-4
110	.....	بررسی عملکرد دو الگوریتم مورد نظر از لحاظ معیار تعداد	1-4-4
112	.....	بررسی عملکرد دو الگوریتم مورد نظر از لحاظ معیار پراکندگی	2-4-4
114	.....	بررسی عملکرد دو الگوریتم مورد نظر از لحاظ معیار نظم	3-4-4
116	.....	بررسی عملکرد دو الگوریتم مورد نظر از لحاظ معیار کیفی و نسبی	4-4-4
117	.....	بررسی عملکرد دو الگوریتم مورد نظر از لحاظ معیار CPU Time	5-4
118	.....	تحلیل آماری عملکرد دو الگوریتم زنبورهای عسل و NSGA-II	6-4
128	.....	مقایسه عملکرد دو الگوریتم در حالت روابط پیش‌نیازی کلی	7-4
128	.....	مسئله نمونه	1-7-4
134	.....	نتایج الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل استاندارد PSPLIB	8-4
134	.....	تنظیم پارامترهای الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل RCPSP	1-8-4
139	.....	نتایج الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل MRCPS	9-4
142	.....	نتیجه‌گیری	10-4

## فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

144	1-5- مقدمه
144	2-5- جمع بندی و نتیجه گیری
145	3-5- محدودیت های پژوهش
146	4-5- پیشنهادات آتی
147	منابع و ماخذ

واژه نامه انگلیسی به فارسی

واژه نامه فارسی به انگلیسی

پیوست 1 : کد الگوریتم زنبورهای عسل برای حل مساله زمانبندی پروژه چند هدفه با محدودیت منابع  
پیوست 2 : یک مثال از مسائل MRCPSO برای بررسی روند عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل پیشنهادی

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ : روند توسعه مدل‌های مسئله RCPSP.....	۱۳
جدول ۲-۲ : مقایسه مسئله پیشنهادی پژوهش حاضر با سایر تحقیقات صورت گرفته تاکنون.	۴۹
جدول ۳-۲ : مشخصات فعالیت‌های پروژه نمونه.....	۵۷
جدول ۴-۲ : تابع‌های مختلف برای آزمایش الگوریتم زنبورهای عسل.....	۷۸
جدول ۵-۲ : مقایسه الگوریتم‌های مورچگان، SA، GA و زنبور عسل در حل تابع‌های مختلف	۷۸
جدول ۶-۲ : پارامتر ارزش‌های الگوریتم زنبورهای عسل.....	۷۹
جدول ۱-۳ : احتمال عدم رقصیدن و جستجوی تصادفی سایر نقاط زنبورهای عسل.....	۹۲
جدول ۱-۴ : پارامترهای مختلف پیچیدگی مسائل استاندارد PSPLIB.....	۱۰۲
جدول ۲-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورهای عسل و NSGA-II از لحاظ معیار تعداد.....	۱۱۰
جدول ۳-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورهای عسل و NSGA-II از لحاظ معیار پراکندگی.....	۱۱۲
جدول ۴-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورهای عسل و NSGA-II از لحاظ معیار نظم.....	۱۱۴
جدول ۵-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورهای عسل و NSGA-II از لحاظ معیار کیفی.....	۱۱۶
جدول ۶-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورهای عسل و NSGA-II از لحاظ CPU Time.....	۱۱۷
جدول ۷-۴ : مقایسه دو الگوریتم در مسائل کوچک مختلف.....	۱۱۸
جدول ۸-۴ : مقایسه دو الگوریتم در مسائل بزرگ مختلف.....	۱۲۳
جدول ۹-۴ : رابطه Lagها بین فعالیت‌های مسئله نمونه.....	۱۲۹
جدول ۱۰-۴ : رابطه تاخیرها بین فعالیت‌های مسئله نمونه.....	۱۳۱
جدول ۱۱-۴ : مقایسه دو الگوریتم بر اساس معیارهای عملکرد.....	۱۳۲
جدول ۱۲-۴ : سایر نتایج الگوریتم زنبورهای عسل در حل مسئله نمونه.....	۱۳۳
جدول ۱۳-۴ : وضعیت منابع مصرفی در حل مسئله نمونه با الگوریتم زنبورهای عسل.....	۱۳۳
جدول ۱۴-۴ : تنظیم پارامترهای الگوریتم زنبورهای عسل برای حل مسائل RCPSP.....	۱۳۵
جدول ۱۵-۴ : تنظیم پارامترهای الگوریتم زنبورهای عسل برای حل مسائل PSPLIB.....	۱۳۵
جدول ۱۶-۴ : مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل J۳۰.....	۱۳۶
جدول ۱۷-۴ : مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل J۶۰.....	۱۳۷

- جدول ۴-۱۸ : مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل J۱۲۰.....J۱۳۸
- جدول ۴-۱۹: تنظیم پارامترهای الگوریتم زنبورهای عسل برای حل مسائل MRCPSJ ..... ۱۳۹
- جدول ۴-۲۰: پارامترهای الگوریتم زنبورهای عسل برای حل مسائل MRCPSJ ..... ۱۴۰
- جدول ۴-۲۱: مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل چند مد J۱۰.....J۱۴۰
- جدول ۴-۲۲: مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل چند مد J۱۲.....J۱۴۱
- جدول ۴-۲۳: مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل چند مد J۱۶.....J۱۴۲
- جدول ۴-۲۴: مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل چند مد J۲۰.....J۱۴۳

## فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ۱-۱ : تعداد مقالات چاپ شده در زمینه RCPSPP در سال های مختلف.....	۴
نمودار ۲-۱ : روند انجام تحقیق.....	۵
نمودار ۱-۲ : دسته بندی مسائل استاندارد.....	۱۶
نمودار ۲-۲ : مصرف منابع در مثال SGS سری.....	۵۸
نمودار ۳-۲ : انواع الگوریتم های حل مسائل RCPSPP.....	۵۹
نمودار ۱-۳ : اندازه بایگانی.....	۹۶
نمودار ۱-۴ : معیار پراکندگی.....	۱۰۵
نمودار ۲-۴ : معیار نظم.....	۱۰۶
نمودار ۳-۴ : معیار کیفی و نسبی.....	۱۰۷
نمودار ۴-۴ : جواب های پارتو الگوریتم NSGA-II.....	۱۰۸
نمودار ۵-۴ : جواب های پارتو الگوریتم زنبورهای عسل.....	۱۰۸
نمودار ۶-۴ : جواب های پارتو الگوریتم NSGA-II برای مسئله چند مد ۲-۲-۱۰۲.....	۱۱۰
نمودار ۷-۴ : جواب های پارتو الگوریتم زنبورهای عسل برای مسئله چند مد ۲-۲-۱۰۲.....	۱۱۰
نمودار ۸-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورعسل و NSGA-II برای مسئله ۲-۲-۱۰۲.....	۱۱۱
نمودار ۹-۴ : جواب های پارتو الگوریتم NSGA-II برای مسئله چند مد ۸-۲-۱۲.....	۱۱۲
نمودار ۱۰-۴ : جواب های پارتو الگوریتم زنبورهای عسل برای مسئله چند مد ۸-۲-۱۲.....	۱۱۲
نمودار ۱۱-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورعسل و NSGA-II برای مسئله ۸-۲-۱۲.....	۱۱۳
نمودار ۱۲-۴ : جواب های پارتو الگوریتم NSGA-II برای مسئله چند مد ۸-۱-۱۴.....	۱۱۴
نمودار ۱۳-۴ : جواب های پارتو الگوریتم زنبورهای عسل برای مسئله چند مد ۸-۱-۱۴.....	۱۱۴
نمودار ۱۴-۴ : مقایسه دو الگوریتم زنبورعسل و NSGA-II برای مسئله ۲-۳-۲۰.....	۱۱۵
نمودار ۱۵-۴ : مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار تعداد در مسائل کوچک.....	۱۱۹
نمودار ۱۶-۴ : مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار نظم در مسائل کوچک.....	۱۲۰
نمودار ۱۷-۴ : مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار پراکندگی در مسائل کوچک.....	۱۲۱
نمودار ۱۸-۴ : مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار کیفی و نسبی در مسائل کوچک.....	۱۲۲

- نمودار ۴-۱۹: مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار تعداد در مسائل بزرگ.....۱۲۴
- نمودار ۴-۲۰: مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار نظم در مسائل بزرگ.....۱۲۵
- نمودار ۴-۲۱: مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار پراکندگی در مسائل بزرگ.....۱۲۶
- نمودار ۴-۲۲: مقایسه عملکرد دو الگوریتم از لحاظ معیار کیفی و نسبی در مسائل بزرگ.....۱۲۷
- نمودار ۴-۲۳: جواب‌های پارتو الگوریتم NSGA-II در حل مساله نمونه.....۱۳۲
- نمودار ۴-۲۴: جواب‌های پارتو الگوریتم زنبورهای عسل در حل مساله نمونه.....۱۳۳
- نمودار ۴-۲۵: مقایسه منابع مصرفی در حل مسئله نمونه با دو الگوریتم مورد نظر.....۱۳۴

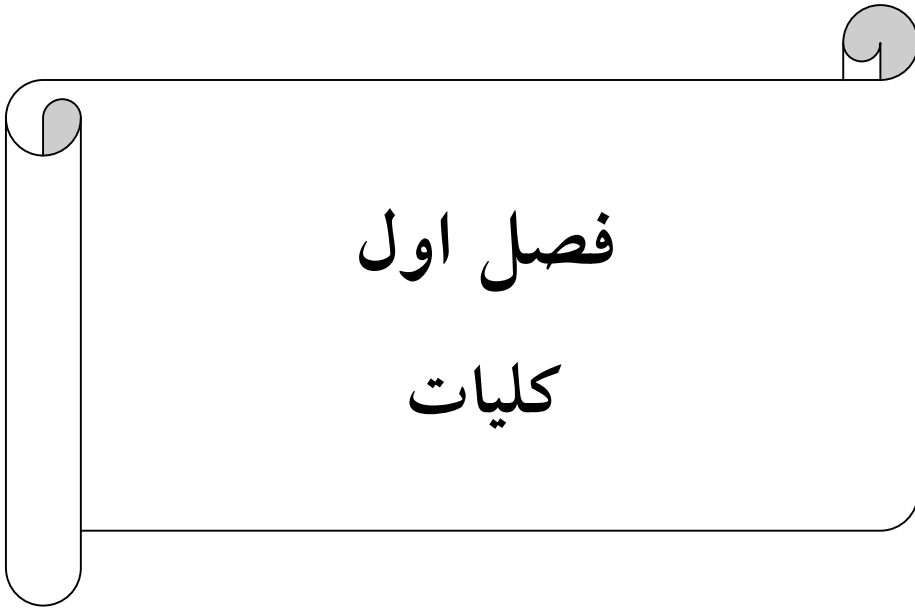


## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵۷	شکل ۱-۲ : شبکه یک پروژمه.....
۶۴	شکل ۲-۲ : ازدحام ذرات در PSO.....
۶۹	شکل ۳-۲ : گردشکار الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل تک هدفه.....
۷۰	شکل ۴-۲ : گردشکار الگوریتم زنبورهای عسل برای مسائل چند هدفه.....
۷۵	شکل ۵-۲ : تابع دوبعدی از دنباله De Jong's test.....
۷۶	شکل ۶-۲ : ارزشهای سازگاری بدست آمده به عنوان تعداد نقاط بررسی شده.....
۷۶	شکل ۷-۲ : نمای دو بعدی تابع schwefel.....
۷۷	شکل ۸-۲ : چگونگی سهمیم بودن ارزشهای سازگاری با تعداد نقاط.....
۹۸	شکل ۱-۳ : نمایشی از نحوه عملکرد الگوریتم NSGA-II.....
۱۳۰	شکل ۱-۴ : شبکه مسئله نمونه.....

## فهرست کلمات اختصاری

AL	Activity List
AOA	Activity On Arrow
AON	Activity On Node
ACO	Ant Colony Optimization
BCO	Bee Colony Optimization
BA	Bees Algorithm
BS	Bees System
CCM	Critical Chain Management
CPM	Critical Path Method
CD	Crowding Distance
EFT	Earliest Finish Time
FT	Finish Time
FF	Finish to Finish
FS	Finish to Start
FBI	Forward-Backward Improvement
GPR	Generalized Precedence Relation
GRCPSPP	Generalized Resource-Constrained Project Scheduling Problem
GA	Genetic Algorithm
GPS	Global Positioning System
GERT	Graphical Evaluation and Review Technique
JIT	Just In Time
LFT	Latest Finish Time
MPM	Metra Potential Method
MRCPSPP	Multi mode Resource Constrained Project Scheduling Problem
NPV	Net Present Value
NC	Network Complexity
NR	Non Renewable Resource
NSGA	Non-dominated Sorting Genetic Algorithm
PSO	Particle Swarm Optimization
PREC	Precedence
PN	Precedence Network
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PMI	Project Management Institute
PSPLIB	Project Scheduling Problem LIBRARY
RR	Renewable Resource
RCPSPP	Resource Constrained Project Scheduling Problem
RF	Resource Factor
RIP	Resource Investment Problem
RS	Resource Strength
RPD	Relative Percentage Deviation
SGS	Schedule Generation Scheme
SMRCPSPP	Single Mode Resource Constrained Project Scheduling Problem
ST	Start Time
SF	Start to Finish
SS	Start to Start
TS	Tabu Search



فصل اول

کلیات

## 1-1- مقدمه

زمان‌بندی پروژه با در نظر گرفتن محدودیت منابع از جمله مسائل دارای پیشینه تحقیقاتی غنی است. تاکنون مقالات و کتاب‌های بسیاری در این زمینه به چاپ رسیده است که خود گواه بر اهمیت این مسئله می‌باشد. در این فصل در ابتدا به بیان مساله و ضرورت های این تحقیق پرداخته می‌شود. سپس به بیان فرضیه‌ها و پیش فرض های مسئله و نوآوری‌ها و اهداف و نهایتاً به روش تحقیق این پژوهش پرداخته خواهد شد. در فصل آتی، تعریف جامعی از این مسئله و مرور ادبیات و پیشینه آن صورت خواهد گرفت.

## 1-2- بیان مسئله

زمان‌بندی پروژه با در نظر گرفتن محدودیت منابع از جمله مسائل با ادبیات غنی در حوزه مسائل تحقیق در عملیات است. این دسته از مسائل در مهندسی صنایع به دو دلیل مورد توجه قرار گرفته‌اند: اول اینکه با توجه به شرایط متفاوت کاربردی و صنعتی از نظر تابع هدف، خصوصیات فعالیت‌ها، منابع و نوع روابط پیش‌نیازی بسیار متنوع‌اند و دوم اینکه با توجه به NP-hard بودن این مسائل محققین همواره به دنبال ارائه راه حل‌های کارآتری برای حل این دسته از مسائل بوده‌اند. مساله RCPSP از جمله مسائل بهینه‌سازی ترکیبی<sup>1</sup> می‌باشد، اهدافی از قبیل پیشینه کردن نرخ ارزش فعلی<sup>2</sup> و اهداف کیفی و مینیمم کردن هزینه و... هم در مدلسازی این مسئله در نظر گرفته شده است. در یک حالت ایده آل بهتر است بیش از یک هدف برای اجرای زمان‌بندی پروژه در عمل در نظر گرفته شود، زیرا ممکن است در نظر گرفتن فقط یک هدف برای حل این گونه مسائل باعث زیان‌های فراوانی در عمل گردد. روش‌های بهینه‌یابی موجود برای حل این مسئله با ابعاد پروژه‌های واقعی کارآیی ندارد. از این رو استفاده از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری در حل این مسائل به جا می‌باشد.

روش‌های ابتکاری برای حل این مسائل را می‌توان به 2 دسته تقسیم کرد: دسته اول روش‌هایی هستند که فعالیت‌ها را طبق یک قاعده اولویت‌دهی<sup>3</sup> مرتب می‌کنند و سپس در هر مقطع زمانی از بین فعالیت‌های باقیمانده با رعایت محدودیت‌های پیش‌نیازی و ظرفیت منابع، فعالیت‌ها را طبق فهرست مرتب شده برای تخصیص منابع در آن مقطع زمانی انتخاب می‌کنند. عیب اصلی این روش‌ها در این است که نمی‌توان یک قاعده کلی برای مرتب کردن فعالیت‌ها ارائه نمود و مطلوبیت جواب

<sup>1</sup> Combinatorial Optimization Problem

<sup>2</sup> Net Present Value

<sup>3</sup> Priority Rule