

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه خوارزمی

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی صنایع - گرایش صنایع

عنوان

مدل‌سازی و حل مسئله کار کارگاهی انعطاف‌پذیر با در نظر گرفتن زمان -
های حمل و نقل

استاد راهنما

دکتر بهمن نادری

استاد مشاور

دکتر محمد محمدی

نگارش

سجاد کریمی

شهریور 1392

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

چکیده

با توجه به محدود بودن منابع در دسترس و افزایش تنوع در تقاضای مشتریان در اغلب شرکت‌ها، زمانبندی منابع منجر به افزایش کارایی و بهره‌برداری از ظرفیت موجود در سازمان می‌شود. استفاده‌ی بهینه از ظرفیت منابع، در نهایت افزایش سوددهی شرکت را در پی خواهد داشت. بنابراین در سال‌های اخیر توجه محققین به تحقیق و مطالعه در حوزه‌ی مسائل زمانبندی افزایش چشمگیری یافته است. یکی از رایج‌ترین مسائل زمانبندی، مسئله کار کارگاهی انعطاف‌پذیر است که تعمیم‌یافته‌ی مسئله کار کارگاهی است. در پژوهش‌های قبل که در زمینه مسئله کار کارگاهی انعطاف‌پذیر انجام شده است، زمان انتقال هر کار از یک ماشین به ماشین دیگر در نظر گرفته نشده است. این امر باعث می‌شود که مدل‌های ارائه شده تابحال، به‌طور کامل بازگو کننده مسائل دنیای واقعی نباشند. این موضوع انگیزه‌ی اصلی انجام این پایان‌نامه را فراهم آورده است. در این رساله، زمان‌های حمل و نقل بین ماشین‌ها برای مسئله کار کارگاهی انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شده و سعی شده است مسئله در این حالت مدل‌سازی و حل شود. فرضی که بر اساس آن مدل‌سازی انجام شده بدین شکل است که کارها پس از پردازش شدن روی یک ماشین می‌توانند بلافاصله به روی ماشین دیگر منتقل شوند و منتظر وسیله حمل و نقل نباشند. برای این مسئله دو مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح (MILP)، مبتنی بر توالی و مبتنی بر موقعیت ارائه شده و عملکرد آن‌ها با یکدیگر مقایسه شده است. از آنجا که این مسئله از نوع مسائل NP-hard می‌باشد، حل مدل و یافتن جواب بهینه برای مسائل در سایز بزرگ، مستلزم صرف زمان بسیار زیاد و چه بسا غیر ممکن می‌باشد. بنابراین برای حل این مسئله، از یک الگوریتم فرا ابتکاری استفاده کرده‌ایم. بدین منظور، الگوریتم رقابت استعماری که با یک روش جستجوی محلی مبتنی بر شبیه‌سازی تبرید ترکیب شده، برای این مسئله توسعه داده شده است. در انتها، پس از تنظیم پارامترهای الگوریتم

پیشنهادی، عملکرد آن در مقایسه با سایر الگوریتم‌های موجود در ادبیات موضوع بررسی شده‌است. نتایج مقایسات و تحلیل آماری آن‌ها، این موضوع را نشان دادند که الگوریتم ارائه شده عملکرد بهتری در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها دارد.

کلمات کلیدی: زمانبندی و توالی عملیات، کار کارگاهی انعطاف‌پذیر، زمان‌های حمل و نقل، الگوریتم رقابت استعماری، شبیه‌سازی تبرید.

صفحه	فهرست مطالب
1	فصل اول: کلیات پژوهش
2	1-1-مقدمه.....
2	2-1-اهمیت مسائل زمانبندی.....
5	3-1-مسئله زمانبندی کار کارگاهی.....
6	4-1-اهمیت مسئله زمانبندی کار کارگاهی انعطاف پذیر.....
9	5-1-ضرورت انجام پژوهش.....
11	6-1-نوآوری پژوهش.....
11	7-1-ساختار پایان نامه.....
13	فصل دوم: مروری بر ادبیات
14	1-2-مقدمه.....
14	2-2-طبقه بندی مسائل زمانبندی.....
14	1-2-2-مدل های تک ماشین
15	2-2-2-مدل های ماشین موازی
15	3-2-2-مدل های جریان کارگاهی
16	4-2-2-مدل های جریان کارگاهی مختلط.....
16	5-2-2-مدل کار کارگاهی
17	6-2-2-مدل کار کارگاهی انعطاف پذیر.....
17	7-2-2-مدل کارگاه باز.....
17	3-2-پیشینه تحقیق مسئله کار کارگاهی.....

22-4-2- انعطاف پذیری 22

22-1-4-2- تعریف انعطاف پذیری 22

23-2-4-2- انواع انعطاف پذیری تولید 23

24-5-2- پیشینه تحقیق مسئله کار کارگاهی انعطاف پذیر 24

25 فصل سوم: تعریف مسئله و مدل ریاضی

26-1-3- مقدمه 26

26-2-3- تعریف مسئله 26

41-3-3- مدل‌های ریاضی 41

43-1-3-3- مدل ریاضی اول 43

47-2-3-3- مدل ریاضی دوم 47

50 فصل چهارم: روش حل و الگوریتم فرا ابتکاری

51-1-4- مقدمه 51

52-2-4- الگوریتم‌های فرا ابتکاری 52

54-3-4- الگوریتم رقابت استعماری 54

55-1-3-4- تشکیل امپراتوری 55

56-2-3-4- همگون‌سازی 56

57-3-3-4- سیاست انقلاب 57

58-4-3-4- جابجایی مستعمره و امپریالیست 58

58-5-3-4- رقابت استعماری 58

59-4-4- الگوریتم رقابت استعماری پیشنهادی 59

62.....1-4-4- نحوه نمایش جواب

64.....1-1-4-4- قسمت انتخاب ماشین

65.....2-1-4-4- قسمت زمانبندی عملیات‌ها

65.....2-4-4- بازگشایی کد

67.....3-4-4- تولید جمعیت اولیه

68.....4-4-4- شکل‌گیری امپراتوری

69.....5-4-4- سیاست همگون‌سازی

73.....6-4-4- جستجوی محلی

77 فصل پنجم: ارزیابی عملکرد مدل‌های ریاضی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری

78.....1-5- مقدمه

78.....2-5- ارزیابی عملکرد مدل‌های ریاضی

81.....3-5- ارزیابی عملکرد الگوریتم فرا ابتکاری

82.....1-3-5- تنظیم پارامتر الگوریتم پیشنهادی

87.....2-3-5- ارزیابی عملکرد الگوریتم در سائزهای کوچک

89.....3-3-5- ارزیابی عملکرد الگوریتم در سائزهای بزرگ

93 فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

94.....1-6- مقدمه

94.....2-6- خلاصه و نتیجه‌گیری

97.....3-6- پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

98 فصل هفتم: منابع و مراجع

فهرست اشکال

صفحه

- شکل 3-1: گانت چارت جواب بهینه مثال ذکر شده در حالت بدون در نظر گرفتن زمان حمل و نقل.....38
- شکل 3-2: گانت چارت جواب بهینه مثال ذکر شده در حالت در نظر گرفتن زمان حمل و نقل.....41
- شکل 4-1: تناظر متغیر های بهینه سازی مسئله با ویژگی های اجتماعی سیاسی.....55
- شکل 4-2: اعمال سیاست همگون سازی در الگوریتم رقابت استعماری.....57
- شکل 4-3: شبه کد الگوریتم رقابت استعماری ارائه شده.....60
- شکل 4-4: نحوه نمایش جواب.....64
- شکل 4-5: قسمت انتخاب ماشین نحوه نمایش جواب.....64
- شکل 4-6: قسمت زمانبندی نحوه نمایش جواب.....65
- شکل 4-6: گانت مثال ذکر شده برای نحوه نمایش جواب.....66
- شکل 4-7: تغییر در قسمت انتخاب ماشین.....69
- شکل 4-8: تغییر در قسمت زمانبندی.....70
- شکل 4-9: عملگر تقاطع دو نقطه ای برای قسمت انتخاب ماشین.....70
- شکل 4-10: عملگر تقاطع یکنواخت برای قسمت انتخاب ماشین.....71
- شکل 4-11: عملگر تقاطع برای قسمت زمانبندی.....72
- شکل 4-12: عملگر تقاطع POX برای قسمت زمانبندی.....73
- شکل 4-13: عملگر اول جابجایی برای قسمت زمانبندی.....75
- شکل 4-14: عملگر دوم جابجایی برای قسمت زمانبندی.....76
- شکل 4-15: عملگر سوم جابجایی برای قسمت زمانبندی.....76

شکل 5-1: نمودار میانگین RPD برای سطوح مختلف پارامترها.....86

شکل 5-2: نمودار میانگین نسبت S/N برای سطوح مختلف پارامترها.....86

شکل 5-3: میانگین RPD و بازه LSD (در سطح اطمینان 95%) برای الگوریتمها.....91

شکل 5-4: نمایش عملکرد الگوریتمها به ازای تعداد کارهای مختلف.....92

شکل 5-5: نمایش عملکرد الگوریتمها به ازای تعداد ماشینهای مختلف.....92

فهرست جدول‌ها

صفحه

جدول 1-2: پیشینه موضوع در توسعه مدل‌های کار کارگاهی انعطاف پذیر.....	30
جدول 1-3: زمان پردازش عملیات‌ها روی ماشین‌های مختلف.....	37
جدول 2-3: زمان انتقال بین ماشین‌ها برای کارهای مختلف.....	39
جدول 3-3: تعداد محدودیت‌ها و متغیرهای مدل مبتنی بر توالی.....	46
جدول 4-3: تعداد محدودیت‌ها و متغیرهای مدل مبتنی بر موقعیت.....	49
جدول 1-4: زمان پردازش هر عملیات روی هر ماشین.....	61
جدول 1-4: زمان انتقال بین ماشین‌ها برای هر کار.....	62
جدول 1-5: نتایج عملکرد مدل‌های ریاضی.....	80
جدول 2-5: سطوح مختلف پارامترها.....	84
جدول 3-5: ترکیبات مختلف سطوح پارامترها بر مبنای طرح تاگوچی.....	85
جدول 4-5: مقایسه عملکرد مدل‌های ریاضی و الگوریتم فرا ابتکاری برای مسائل ساینز کوچک.....	88
جدول 5-5: مقایسه نتایج عملکرد الگوریتم‌های GA و CRO و ICA.....	90

فصل اول

کلیات پژوهش

1-1- مقدمه

در این فصل در ابتدا قدری از اهمیت و تاریخچه‌ی مسئله زمانبندی¹ و توالی عملیات بیان می‌شود و تعریفی برای آن آورده خواهد شد. مثال‌هایی نیز از کاربرد زمانبندی در دنیای امروز گفته شده و اهداف و جایگاه آن در شرکت‌ها ذکر شده است. سپس مسئله کار کارگاهی که یکی از مسائل مهم و اصلی علم زمانبندی و توالی عملیات است همراه با مثال‌هایی از کاربرد عملی آن توضیح داده شده است. و در ادامه به مزایا و اهمیت منعطف بودن سیستم‌های تولیدی پرداخته شده است و مسئله‌ی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر شرح داده شده و تفاوت‌های آن با مسئله کار کارگاهی بیان شده است. سپس چند نمونه از پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر آورده شده است که نوآوری آن‌ها بیشتر در روش حل مسئله با الگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری می‌باشد. در ادامه، مسئله زمانبندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر با در نظر گرفتن زمان‌های حمل و نقل که اصلی‌ترین ایده‌ی این پژوهش می‌باشد مطرح می‌شود و ضرورت انجام این پژوهش بیان می‌شود. سپس نوآوری‌های پژوهش بیان می‌شود و در انتها نیز ساختار پایان‌نامه ذکر خواهد شد.

1-2- اهمیت مسائل زمانبندی

رویکرد علمی به مساله‌ی زمانبندی و توالی عملیات، ریشه در انقلاب صنعتی و تلاش‌های هنری گانت دارد. امروزه یکی از مسایل مهم مورد بحث در علم تحقیق در عملیات در رابطه با موضوع زمانبندی است. طبق تعریف، زمانبندی عبارتست از تخصیص منابع در طول زمان به منظور

¹ scheduling

اجرای مجموعه‌ای از کارها. عموماً در چنین مسائلی اهداف بر مبنای بهره برداری کارا از منابع، پاسخگویی سریع به تقاضا و انطباق دقیق زمان‌های تحویل و موعدهای مقرر است. یک برنامه‌ی زمانبندی کارا و مناسب، منجر به افزایش سوددهی، کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان مورد نیاز برای تکمیل فعالیت‌ها و جلب اعتماد مشتری می‌شود. در اغلب شرکت‌های تولیدی و خدماتی، تامین به موقع سفارش مشتری یا خدمت‌رسانی به موقع حایز اهمیت است. هزینه‌های دیرکرد در این مسایل نه تنها مشتری را متضرر می‌سازد، بلکه باعث کاهش اعتبار شرکت‌های خدماتی یا کارخانجات تولیدی نیز می‌گردد. از اینرو توجه به مسایل زمانبندی در بسیاری از مسایل مدیریتی و اصول برنامه‌ریزی اهمیت به‌سزایی یافته است. اهمیت زمانبندی در سال‌های اخیر به سبب افزایش تنوع در تقاضای مشتریان، کاهش چرخه‌ی عمر محصولات، توسعه سریع فرایندها و تکنولوژی‌های نو و در نتیجه تغییرات و نوسانات سریع بازارهای رقابتی از اهمیت روز افزونی برخوردار شده است. این فشارهای تجاری و اقتصادی بازار، سیستمی را می‌طلبد که با وجود حداقل سازی موجودی قادر باشد سطح بالایی از رضایت مشتریان نسبت به محصولات و سفارشات را برآورده سازد، لذا این سیستم‌ها نیازمند برنامه زمانی صحیح و کارآمد و قابل اجرا می‌باشند.

در واقع زمانبندی یک تابع تصمیم‌گیری است که یک یا چند هدف را بهینه‌سازی می‌کند. در زمانبندی دو مفهوم اصلی منابع و کارها حالت‌های مختلفی می‌توانند داشته باشند، به طور مثال منابع قابل دسترسی در یک کارگاه صنعتی، یک فرودگاه پر ترافیک، یک پروژه ساختمانی، می‌تواند به ترتیب عبارت باشد از ماشین‌های صنعتی، ورودی پایانه‌های پرواز و هواپیماهای مختلف و مهندسين و کارگران ساختمانی، و به همین ترتیب کارها در محیط‌های مختلف فوق می‌تواند به ترتیب عملیات مختلف ماشین کاری، پروازها و نشستن هواپیماها و بالاخره مراحل مختلف اجرای عملیات ساختمانی تعریف گردند. در مثال‌های فوق چنانچه مقدار منابع موجود نامحدود فرض شود

مشکلی به وجود نخواهد آمد. اما مسئله زمانی واقع می‌شود که از نظر میزان منابع موجود محدودیت وجود داشته باشد. در چنین وضعیت‌هایی تصمیم‌گیری مناسب به منظور تخصیص منابع مختلف به کارهای موجود، در زمان‌های مختلف، و تعیین توالی انجام کارها اهمیت می‌یابد. تابع هدف یک مسئله‌ی زمانبندی هم می‌تواند موارد مختلفی باشد، به عنوان مثال، تابع هدف می‌تواند به صورت حداقل کردن زمان اتمام آخرین کار و یا حداقل کردن تعداد کارهایی که دارای تأخیر بعد از موعد تحویل می‌باشند، در نظر گرفته شود.

البته این نکته را نباید از نظر دور داشت که زمانبندی در پایین‌ترین سطح از نظر برنامه‌ریزی قرار دارد و متأثر از برنامه‌ریزی استراتژیک و برنامه‌ریزی میان مدت است، لذا هرگونه تغییری در سطوح بالاتر برنامه‌ریزی اثرات قابل توجهی در برنامه‌ریزی زمانبندی به جای می‌گذارد. به عبارت دیگر، برای بهینه‌سازی در زمانبندی ابتدا باید کنترل موجودی، پیش‌بینی تولید و سفارشات، تخصیص منابع و سایر مواردی که در سطوح بالاتر تصمیم‌گیری قرار دارند بهینه شده باشند، زیرا نتایج تصمیماتی که توسط توابع ذکر شده گرفته می‌شود بهینه‌سازی زمانبندی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. علاوه بر اینها باید توجه داشت که حوادث غیر مترقبه‌ی کارگاهی همانند خرابی ماشین‌ها یا تغییرات در زمان فرایند کارها، پیش‌بینی‌های قبلی را غیرمعتبر ساخته و در نتیجه اثرات مهمی را روی برنامه‌های زمانی باقی می‌گذارند.

معمولاً مسئله‌های زمانبندی در حالت‌های قطعی مورد بررسی قرار می‌گیرد و مدل‌سازی می‌شود، اما گاهی زمان‌های ورود به محیط کاری ماشین یا زمان فرایند یا سایر عوامل موثر در مسئله غیرقطعی است. مسئله‌های زمانبندی حتی در ساده‌ترین حالت که مدل‌های قطعی هستند و تمام زمان‌ها مقادیر ثابتی را به خود اختصاص داده‌اند از پیچیدگی بسیار بالایی برخوردارند. به

عنوان مثال اگر چهار قطعه‌ی کار در یک کارگاه نیاز به فرایند شدن روی پنج ماشین داشته باشند، و اگر هیچ گونه محدودیتی بر مسئله اعمال نکنیم، مثال فوق به معنای داشتن $5^{(4)}$ یا 7962624 ترتیب مختلف روی این 5 ماشین است، هرچند که در عمل می‌دانیم بسیاری از حالت‌ها را باید با توجه به شرایط تولید حذف کنیم. در یک کارخانه اتومبیل‌سازی معمولی ما در هر بخش تولیدی حداقل یکصد قطعه کار و بیش از 250 ماشین متفاوت داریم [1]، لذا هر تکنیکی که ما را به سمت بهینگی سوق دهد بسیار ارزشمند است.

3-1- مسئله زمانبندی کار کارگاهی²

در ادبیات موضوع مسئله‌ی زمانبندی و توالی عملیات، تحت فرض‌ها و محدودیت‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است که به عنوان مثال از شاخه‌های این علم می‌توان به مسئله‌های جریان کارگاهی، کار کارگاهی و کارگاه باز اشاره کرد. مسئله زمانبندی کار کارگاهی یکی از عمومی‌ترین مدل‌های سنتی زمانبندی است که طیف وسیعی از مسائل عملی زمانبندی را به خود اختصاص می‌دهد. از جمله کاربردهای مسئله‌ی کار کارگاهی در صنایع و خدمات می‌توان به تولید ویفر در صنایع تولید نیمه رساناها، مراجعه بیماران به بیمارستان‌ها و رسیدگی به آنها و یا مراجعه‌کنندگان به یک اداره اشاره کرد.

مسئله زمانبندی کار کارگاهی، یکی از پرطرفدارترین مسائل بهینه‌سازی تولید و زمانبندی ماشین است که در این مسئله مسیر کارها ثابت و مشخص است. در این مسئله m ماشین و n کار وجود دارد که در آن، کارها باید بر روی ماشین‌ها پردازش شوند (که برای ساده‌سازی می‌توان فرض

² Job shop

کرد هر کاری باید بر روی همه‌ی ماشین‌ها پردازش شود). پردازش کار j بر روی ماشین i یک فعالیت نامیده می‌شود و به صورت زوج مرتب (i, j) و یا بصورت O_{ij} نشان داده می‌شود. بین هر دو فعالیت یک کار یک رابطه پیش‌نیازی وجود دارد ولی بین هر دو فعالیت از کارهای مختلف هیچگونه رابطه پیش‌نیازی وجود ندارد. هر یک از کارها برای پردازش بر روی ماشین‌ها دارای یک مسیر پردازش مختص به خود است که به وسیله‌ی توالی ماشین‌ها مشخص می‌شود. و در واقع روابط پیش‌نیازی مابین فعالیت‌های آن را نشان می‌دهد. در این مسئله هر کار در هر لحظه‌ی زمانی تنها می‌تواند بر روی یک ماشین پردازش شود و هر ماشین نیز در هر لحظه حداکثر می‌تواند یک عملیات را پردازش کند. همه کارها در زمان صفر در دسترس هستند و هیچ یک از کارها دارای موعد تحویل نمی‌باشند. در این مسئله هدف مسئله یافتن یک زمانبندی است که زمان پایان تمام کارها (آخر کار) را کمینه کند.

1-4- اهمیت مسئله زمانبندی کار کارگاهی انعطاف‌پذیر³

امروزه محیط‌های تولید سریع، با دوره عمر کوتاه و افزایش تنوع در محصول شناخته می‌شوند. در این محیط‌ها، انعطاف‌پذیری تولید به عنوان سلاح رقابتی کلیدی به شمار می‌رود به طوری که دارا بودن چنین قابلیت‌هایی برای این سیستم‌ها تبدیل به یک مزیت رقابتی شده و سبب توانایی این سیستم‌ها در پاسخ‌گویی سریع به تغییرات غیرقابل پیش‌بینی، به عنوان عامل اصلی فشار رقابتی بازار می‌شود. از طرفی در محیط واقعی و سیستم‌های ساخت و تولید، تصمیم‌گیرندگان نه تنها با یک هدف، بلکه اغلب به طور همزمان، با چندین هدف که ممکن است با هم در تقابل نیز باشند، روبرو هستند. در چنین محیط‌هایی، مدل کلاسیک زمانبندی کمتر قابل استفاده بوده و طرح

³ Flexible job shop

مدل‌های توسعه یافته در حوزه‌ی مسائل زمانبندی نه تنها اهمیت چشمگیری پیدا کرده بلکه ضروری نیز جلوه می‌کند، که این مدل‌های توسعه یافته و انعطاف‌پذیر سبب توانایی کارخانه جهت پاسخ به تغییرات غیر قابل پیش بینی و پیشی گرفتن نسبت به سایر رقبا خواهد شد.

کار کارگاهی انعطاف‌پذیر (FJSSP)، یکی از رایج‌ترین سیستم‌ها در تولید قطعات متنوع است که در سیستم‌هایی که در حجم تولید کم و با تنوع زیاد و بر اساس سفارش کار می‌کنند رایج می‌باشد. این مسئله تعمیم یافته‌ی مسئله کار کارگاهی سنتی است که در آن هر عملیات می‌تواند روی هر کدام از مجموعه ماشین‌هایی که می‌توانند آن عملیات را انجام دهند پردازش شود.

کار کارگاهی انعطاف‌پذیر بر خلاف کار کارگاهی، فاقد ادبیات غنی بوده و به طور قابل ملاحظه‌ای پراکنده است. همچنین اکثر مقالات در زمینه کار کارگاهی انعطاف‌پذیر، دارای نوآوری در روش حل بوده و کمتر به تعریف مسئله با ویژگی‌ها یا متغیرهای جدید پرداخته‌اند.

در محیط کار کارگاهی انعطاف‌پذیر، وجود انعطاف‌پذیری در عملیات دارای اهمیت بسیار زیادی است. این نوع انعطاف‌پذیری که با نام انعطاف‌پذیری مسیر نیز شناخته می‌شود، امکان انجام یک عملیات روی ماشین‌های مختلف با زمان پردازش و هزینه‌ی متفاوت را فراهم می‌کند. انعطاف‌پذیری در عملیات شامل تعدادی ایستگاه کاری است که در آن، هر مرحله دارای یک یا بیش از یک ماشین موازی یکسان (مشابه)، با سرعت‌های متفاوت است که سرعت هر ماشین وابسته به نوع کار است. در این نوع انعطاف‌پذیری هر کار می‌تواند توسط هر یک از ماشین‌های موازی پردازش شود.

زمانبندی کار کارگاهی از جمله مسائلی است که در میان مدل‌های زمانبندی بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است. مدل کار کارگاهی انعطاف‌پذیر در واقع به زمانبندی انجام مجموعه‌ای

از کارها که هر کار شامل یک یا چند عملیات است و هر عملیات می‌تواند روی مجموعه‌ای از ماشین آلات انجام شود می‌پردازد. هدف، برنامه‌ریزی کارها به گونه‌ای است که یک یا چند معیار، بعنوان تابع هدف، بهینه گردد. مسئله کار کارگاهی انعطاف‌پذیر شامل دو زیر مساله اصلی به شرح زیر می‌باشد:

(1) زیر مساله تخصیص که به تخصیص هر عملیات به یک ماشین از مجموعه ماشین های

ممکن می‌پردازد و

(2) زیر مساله زمانبندی که در آن توالی اجرای عملیات روی ماشین‌ها تعیین می‌گردد.

در مسائل کار کارگاهی انعطاف پذیر رسیدن به جواب بهینه در مثال‌هایی با اندازه‌های متوسط و بزرگ به علت پیچیدگی بالای این مسائل با روش‌های سنتی بسیار دشوار است. گری و همکاران [2] در سال 1976 ثابت کردند که مسئله کار کارگاهی جزء مسائل NP-hard هستند و از آنجایی که مسئله کار کارگاهی انعطاف پذیر حالت تعمیم داده شده‌ی مسئله کارگاهی است پس این مسائل نیز NP-hard خواهند بود. بیشتر پژوهش‌های اخیر در مورد مسائل کار کارگاهی انعطاف پذیر معطوف به روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری برای حل و رسیدن یا نزدیک شدن به جواب بهینه برای این مسائل است. در ادبیات موضوع برای حل مسئله‌هایی با اندازه‌های واقعی دو رویکرد ابتکاری استفاده شده است: رویکرد سلسله مراتبی و رویکرد یکپارچه. در رویکرد سلسله مراتبی با تخصیص عملیات‌ها به ماشین‌ها و ترتیب‌دهی عملیات‌ها روی هر ماشین جداگانه برخورد می‌شود و در واقع این دو مقوله مستقل در نظر گرفته می‌شوند، در حالی که در رویکردهای یکپارچه تخصیص و ترتیب‌دهی فعالیت‌ها متمایز در نظر گرفته نمی‌شوند.

از نمونه کارهایی که در این زمینه انجام شده است می‌توان به مقاله فتاحی و همکاران [3] در سال 2007 اشاره کرد که یک مدل ریاضی و یک رویکرد ابتکاری برای مسئله کار کارگاهی انعطاف پذیر ارائه نموده‌اند. مدل ریاضی برای رسیدن به جواب بهینه دقیق در سایزهای کوچک ارائه شده و از آنجا که این مسائل جز مسائل NP-hard تقسیم بندی می‌شوند در این مقاله دو رویکرد ابتکاری سلسله مراتبی و یکپارچه برای حل مسئله در سایز بزرگ (مسائل دنیای واقعی) ارائه شده است. در این مقاله شش ساختار جستجوی ترکیبی مختلف ارائه شده و کارا بودن روش حل خود را با مثال‌های عددی مختلف ارزیابی کرده‌اند. در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که رویکردهای ابتکاری سلسله مراتبی جواب‌های بهتری نسبت به رویکردهای یکپارچه دارند و الگوریتمی که از جستجوی ممنوع و شبیه سازی انجماد برای مسئله‌های تخصیص و ترتیب دهی فعالیت‌ها استفاده کرده بود نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر بوده است. ژنگ و همکاران [4] در سال 2011 یک الگوریتم ژنتیک کارا برای حل مسئله‌ی کار کارگاهی انعطاف پذیر برای کمینه کردن زمان پردازش نهایی ارائه دادند که در آن تحقیق انتخاب‌های محلی و انتخاب‌های کلی برای تولید جواب‌های اولیه با کیفیت طراحی شده‌اند. و از یک نوع کروموزوم بهبود داده شده و استراتژی‌های مختلف برای عملگرهای ترکیب و جهش در این الگوریتم استفاده شده است.

5-1- ضرورت انجام پژوهش

در سال‌های اخیر در پژوهش‌های مختلف، بهبودهای زیادی در مدل کار کارگاهی انعطاف پذیر رخ داده که این حالت از مسائل زمانبندی را بیشتر به دنیای واقعی نزدیک کرده است، به عنوان مثال در نظر گرفتن زمان‌های آماده سازی قبل از فرایند یا در نظر گرفتن خرابی ماشین‌ها و مسائل مربوط به تعمیرات نگهداری آن‌ها و سایر بهبودهای دیگر. اما در این پژوهش‌ها برای ساده سازی