دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته فناوری اطلاعات

عنوان پایان نامه:

الگوریتم ژنتیک ترکیبی برای حل مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف چند هدفه

استاد راهنما:

دکتر مریم حسن زاده

نگارش:

ربابه شهناسی(907528500)

تابستان 92

چکیده

مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف چندهدفه یکی از مهمترین توسعه های مسأله کلاسیک زمان‌بندی کار-کارگاهی است که به دلیل ملاحظه اهداف و محدودیت های مختلف، تخمین دقیق تری از مسائل توالی عملیات در جهان واقعی را فراهم می‌کند. هم چنین ثابت شده است که این مسأله NP-Hard است. زیرا از دو زیر مسأله مسیریابی و زمان بندی به منظور تخصیص ماشین مناسب از بین ماشین های در دسترس و توالی فعالیت ها تشکیل شده است. از آنجایی که این مسأله در جایگاه مسائل بهینه سازی قرار می گیرد، به جای یک جواب بهینه، مجموعه‌ای از جواب‌ها به دست می‌آیند که یافتن آنها با استفاده از روش های دقیق و کلاسیک بسیار مشکل و زمان بر است. بنابراین با اتخاذ الگوریتم های جستجوی فرا ابتکاری مناسب که جزء روش های تقریبی بوده و در اکتشاف سراسری و محلی به همراه استراتژی هایی که تنوع پاسخ ها را در فضای حل حفظ می‌کنند، توانمند هستند، به این مجموعه جواب های نیمه بهینه در زمان کمتری می توان دست پیدا کرد.

در این پژوهش، برای این مسأله دو روش پیاده سازی شده است. نخست روش NSGAII به دلیل توانمندی بسیار در حل این دسته از مسائل، به صورت ترکیبی با الگوریتم جستجوی محلی همسایگی متغیر به هدف فرار از دام بهینه های محلی، که برای جلوگیری از سربار اجرای آن، تنها به روی بخشی از جمعیت انجام می گردد. دوم الگوریتم ذاتاً پیوسته بهینه‌سازی علف‌های هرز به دلیل ویژگی های متمایز در تولید مثل، پراکندگی و حذف رقابتی به صورت گسسته و با ویژگی خودانطباقی در روند کاوش مسأله، پیشنهاد شده است و در نهایت هر دو روش فوق به صورت ترکیبی به منظور بررسی نتیجه ترکیب دو روش مذکور اجرا شده است. نیز برای اطمینان از پراکندگی راه حل ها و حذف وابستگی ها در فضای هدف، در تولید جمعیت اولیه از مفهومی به نام آنتروپی استفاده شده است که بر اساس مقایسه شباهت ژنتیکی از ورود پاسخ های مشابه جلوگیری نموده و انتخاب نقاط

شروع مناسب را تضمین می کند. در نهایت نتایج محاسباتی الگوریتم‌های پیشنهادی به منظور تصدیق مدل و داده ها بر روی نمونه مسائل معروف، هم چنین بر مبنای معیارهای کیفی مهمی چون فاصله تا نقطه ایده آل، گستردگی پاسخ ها و تنوع مرز بهینه پارتو و تعداد پاسخ های آن، مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته اند.

کلمات کلیدی: زمان بندی، بهینه سازی چندهدفه، NSGAII، بهینه سازی علف‌های هرز، الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر، آنتروپی

فهرست مطالب

فصل اول: ۱

مقدمه ای بر زمان‌بندی کار کارگاهی و مروری بر ادبیات آن ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- مروری بر ادبیات موضوع ۵

۱-۲-رساله در یک نگاه ۱۰

فصل دوم: ۱۳

تعریف مسأله و دسته بندی روش‌های بهینه سازی ترکیبی ۱۳

۲-۱- مقدمه ۱٤

۲-۲- مسأله زمان بندی کار کارگاهی منعطف ۱٤

۲-۳- مفاهیم پایه ای مسائل بهینه سازی چند هدفه ۲۰

۲-۳-۱- انواع مسائل بهینه سازی چند هدفه از نظر ارتباط توابع هدف با یکدیگر ۲۲

۲-۳-۲- چیرگی پارتو و مجموعه حل های غیر غالب ۲۳

۲-۳-۳- مرز بهینه پارتو و مجموعه حل های بهینه پارتو ۲۳

۲-۴-۱- طبقه بندی بر اساس تعداد حل های بهینه به دست آمده ۲٤

۲-۴-۲- طبقه بندی بر اساس سطح دسترسی به اطلاعات تصمیم گیرنده ۲۵

۲-۴-۳- طبقه بندی بر اساس روش حل ۲۷

۲-۵- دلایل استفاده از روش‌های فرا ابتکاری برای حل مسائل چند هدفه ۲۹

۲-۵-۱- انواع روش‌های ترکیبی برای الگوریتم‌های فرا ابتکاری ۳۰

۲-۵-۲- تفاوت بین الگوریتم ژنتیک چند هدفه و الگوریتم ژنتیک تک هدفه ۳۲

۲-۶- روش‌های فرا ابتکاری برای حل مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف چند هدفه ۳۳

۲-۷- جمع بندی ۳۵

فصل سوم: ۳۷

روش‌های حل ۳۷

۳-۱- مقدمه ۳۸

۳-۲-الگوریتم NSGA-II ۳۸
۳-۲-۱- رویکرد مرتب سازی سریع غیر غالب ۳۹
۳-۲-۲- حفظ تنوع ۴۰
۳-۲-۳- حلقه اصلی الگوریتم ۴۴
۳-۳-الگوریتم بهینه سازی علف های هرز ۴۶
۳-۳-۱- اکولوژی علف های هرز ۴۷
۳-۳-۲- تولید مثل علف های هرز ۴۸
۳-۳-۳- شبیه‌سازی رفتار علف های هرز ۴۹
۳-۳-۳-۱- مقداردهی اولیه یک جامعه ۴۹
۳-۳-۳-۲- تولید مثل ۵۰
۳-۳-۳-۳- پراکندگی محیطی ۵۱
۳-۳-۳-۴- حذف رقابتی ۵۱
۳-۳-۴- اجزاء و پارامترهای الگوریتم علف های هرز ۵۱
۳-۴-آنتروپی ۵۳
۳-۵-جستجوی همسایگی متغیر ۵۵
۳-۶-جمع بندی ۵۷

فصل چهارم: ۵۸

الگوریتم های پیشنهادی ۵۸

۴-۱-مقدمه ۵۹
۴-۲-رویه الگوریتم پیشنهادی VNSGAII ۶۲
۴-۲-۱- بازنمایی راه حل ها ۶۲
۴-۲-۲- جمعیت اولیه ۶۳
۴-۲-۳- برازش ۶۴
۴-۲-۴- انتخاب والدین ۶۴
۴-۲-۵- تقاطع ۶۵
۴-۲-۶- جهش ۶۶
۴-۲-۷- جستجوی همسایگی متغیر ۶۶

۴-۲-۸- *انتخاب بازماندگان* ۶۷
۴-۲-۹- *شرط پایان* ۶۷
۴-۳-رویه الگوریتم پیشنهادی DAMOIWO ۶۸
۴-۳-۱- *بازنمایی راه حل ها و تولید جمعیت اولیه* ۶۸
۴-۳-۲- *تولید مثل* ۶۸
۴-۳-۳-*پراکندگی محیطی* ۶۹
۴-۳-۴- *حذف رقابتی* ۷۰
۴-۴-ترکیب دو روش DMOIWO و VNSGAII ۷۱
۴-۵- جمع بندی ۷۱
فصل پنجم: **۷۵**
ارائه نتایج **۷۵**
۵-۱- مقدمه ۷۶
۵-۲- تعیین مسائل آزمایشی ۷۷
۵-۲-۱- *مبنای مقایسات* ۷۷
۵-۲-۲- *معیارهای کارایی* ۷۸
۵-۳- تعیین دامنه پارامترهای الگوریتم ۷۹
۵-۳-۱- *تحلیل حساسیت پارامترها* ۸۳
۵-۴- مقایسه و تحلیل نتایج ۸۷
۵-۵- جمع بندی ۹۸
فصل ششم: **۹۹**
نتیجه گیری **۹۹**
۶-۱- نتیجه گیری ۱۰۰
۶-۲- زمینه هایی برای تحقیق بیشتر ۱۰۳
فهرست مراجع **۱۰۵**
واژه نامه **۱۰۷**

فهرست شکل ها

شکل۱-۱- رساله در یک نگاه..... ۱۰

شکل۲-۱- نمودارهای گانت برای نمایش زمان‌بندی های نوع فعال و نیمه فعال[۴]..... ۱۶

شکل۲-۲- گراف متناظر با یک زمان بندی[۷]..... ۱۸

شکل۲-۳- نگاشت بین فضای حل و فضای اهداف[۸]..... ۲۱

شکل ۲-۴- مرز بهینه ی پارتو و مجموعه حل های غیر غالب[۹]..... ۲۴

شکل۲-۵- حصول و عدم حصول تنوع در جواب ها[۱۰]..... ۳۲

شکل ۳-۱- شبه کد الگوریتم مرتب سازی سریع غیر غالب[۱۹]..... ۴۱

شکل ۳-۲- شیوه محاسبه فاصله تراکم[۲۰]..... ۴۲

شکل ۳-۳- رویه ی محاسبه ی فاصله تراکم برای یک مجموعه ی غیر غالب[۱۹]..... ۴۳

شکل ۳-۴- فرآیند انتخاب tامین نسل الگوریتم[۱۹]..... ۴۵

شکل ۳-۵- رویه ی کلی الگوریتم NSGAII ارائه شده توسط دب و همکاران[۱۹]..... ۴۶

شکل ۳-۶- روال به دست آوردن تعداد دانه های تولیدی توسط هر گیاه[۲۱]..... ۵۱

شکل ۳-۷- شمای تغییر همسایگی در الگوریتم VNS[۳۱]..... ۵۶

شکل ۳-۸- تابع الگوریتم پایه ای VNS[۳۱]..... ۵۶

شکل ۴-۱- بازنمایی یک راه حل[۷]..... ۶۳

شکل ۴-۲ - عمل تقاطع دو نقطه ای روی بخش انتخاب ماشین[۳۱]..... ۶۵

شکل ۴-۳- نحوه ی کار عملگر جهش [۳۱]..... ۶۶

شکل ۴-۴- بدنه اصلی الگوریتم VNSGAII..... ۶۷

شکل ۴-۵- بدنه اصلی الگوریتم DAMOIWO..... ۷۰

شکل ۵-۱- مقایسه MID الگوریتم ها روی مسأله MK ۰۱..... ۹۲

شکل ۵-۲- نمودار همگرایی به نقطه بهینه الگوریتم VNSGAII روی مسأله MK۰۱ در ۲۰۰ اجرا..... ۹۴

شکل ۵-۳- نمودار همگرایی به نقطه بهینه الگوریتم DAMOIWO روی مسأله MK۰۱ در ۱۰۰ اجرا..... ۹۴

شکل ۵-۴- مقایسه MID الگوریتم ها روی مسائل کوچک..... ۹۵

شکل ۵-۵- مقایسه MID الگوریتم ها روی مسائل بزرگ..... ۹۶

شکل ۵-۶- مقایسه DM الگوریتم ها روی مسائل کوچک..... ۹۷
شکل ۵-۷- مقایسه DM الگوریتم ها روی مسائل بزرگ..... ۹۷

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱- یک مسأله نمونه[۷].....۱۵

جدول ۲-۲- مقادیر مولفه های زمان شروع، پردازش و باقیمانده برای گره های گراف[۷].....۱۸

جدول ۲-۳- مقایسه روش‌های منتخب برای مسأله زمان‌بندی چند هدفه.....۳۵

جدول ۵-۱- پارامترهای مربوط به الگوریتم‌های DAMOIWO.....۸۱

جدول ۵-۲- پارامترهای مربوط به الگوریتم‌های VNSGAII.....۸۲

جدول ۵-۳- مقایسه عملگرها و توابع الگوریتم‌های DAMOIWO و VNSAGII.....۸۶

جدول ۵-۴- پاسخ‌های مرز پارتو بهینه ۸۸

جدول ۵-۵- مقایسه MID الگوریتم ها.....۹۱

جدول ۵-۶- مقایسه NPS و DM الگوریتم ها.....۹۲

فصل اول:

مقدمه ای بر زمان‌بندی کار کارگاهی و مروری بر ادبیات آن

1 1 -مقدمه

تاریخچه مطالعه مسائل زمان بندی[1]به اوایل قرن بیستم باز می گردد و در تمام حوزه های اقتصادی، از مهندسی کامپیوتر تا تکنیک‌های ساخت و تولید مطرح می شوند و از دسته مسائل بهینه سازی[2]ترکیباتی پیچیده هستند که حل آن‌ها بسیار دشوار می‌باشد. دشواری این نوع مسائل هنگامی است که تعداد محدودی از منابع بین تعداد زیادی وظیفه[3] به اشتراک گذاشته می‌شود[۱].

مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف[4](FJSP)، یکی از مهمترین انواع بسط نوع کلاسیک آن، یعنی مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی[5](JSP)، و بسیار پیچیده تر از آن است. JSP در واقع زمان‌بندی مجموعه ای از کارها روی مجموعه ای از ماشین‌ها با هدف کاهش یک معیار[6] معین است. هر کار ترتیب پردازش مشخصی روی همه‌ی ماشین‌ها دارد که ثابت و از پیش تعیین شده است[۲].

مسأله زمان بندی کار کارگاهی منعطف نقش بسیار مهمی در برنامه ریزی و تولید، و نیز تخصیص منابع در صنعت دنیای امروز دارد. در سیستم‌های تولیدی، یک فعالیت[7] می تواند از بین ماشین‌های در دسترس، به یک ماشین مناسب تخصیص[8]داده شده و پردازش شود. به بیان دیگر، در این نوع مسأله، هر ماشین امکان پردازش چندین فعالیت و نیز هر فعالیت قابلیت پردازش بر روی چند ماشین را دارد[۲].

بنابراین این مسأله خود از دو زیر مسأله مسیریابی[9]و زمان‌بندی تشکیل شده است. در مسیریابی، وظیفه‌ی انتساب هر عمل به یک ماشین از مجموعه ماشین‌های در دسترس، و در زمان‌بندی وظیفه‌ی مرتب کردن عملیات بطوری که با به دست آوردن یک زمان‌بندی ممکن، تابع هدف[10] از پیش تعریف شده را ارضا کند. مسأله کلاسیک زمان‌بندی کار کارگاهی به عنوان یک مسأله NP-Hard شناخته شده است؛ به عبارتی با الگوریتم‌های موجود

[1]Scheduling
[2]Optimization
[3]Task
[4]Flexible Job Shop Scheduling
[5]Jop Shop Scheduling
[6]Criterion
[7] Operation
[8] Assign
[9]Routing Sub-Problem
[10]Objective Function

نمی‌توان تضمین کرد که حتی مسائل با اندازه متوسط قابل حل باشند. بنابراین نوع انعطاف پذیر آن نیز به دلیل نیاز به تخصیص فعالیت ها به ماشین ها دارای پیچیدگی بیشتری است[2].

به دلیل کاربرد وسیع مسائل زمان‌بندی در زمینه های مختلف، پژوهش های زیادی به روی مسأله کلاسیک زمان‌بندی کار کارگاهی، به ویژه اخیراً مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف، انجام شده یا در حال انجام است. از این رو بررسی این مسأله از حیث آکادمیک، کمک شایانی به ایجاد راهبردهای مناسب برای حل این مسأله کاربردی می نماید.

در این پژوهش، سعی شده است در به کارگیری الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای حل مسأله FJSP در شرایط چند هدفه[1]راهبرد مناسبی ارائه شود. در واقع در راستای این تحقیق دو الگوریتم فرا ابتکاری[2]مختلف با اعمال تغییراتی به منظور بهبود عملکرد آنها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس به صورت ترکیبی[3] در کنار هم برای حل این مسأله اجرا شده اند تا نتایج آن مورد تحلیل واقع شود که در بخش های آتی به‌طور مفصل به آنها پرداخته می‌شود. ایده پیشنهادی منحصر به حل این مسأله نبوده و می‌توان آن را به سایر مسائل پیچیده با فضای جستجوی بزرگ نیز تعمیم داد.

با توجه به پیچیدگی مسأله زمان‌بندی کار، خصوصاً نسخه چند هدفی آن، و این که تاکنون راه حل بهینه دقیق برای آن یافت نشده است اولاً توجه و علاقمندی بسیاری برای به چالش کشیدن این مسأله در بین محققان وجود دارد؛ ثانیاً الگوریتم‌های مکاشفه ای که امکان جست و جو در فضای پاسخ بزرگ و پیچیده را دارند، مورد استفاده آن‌ها قرار گرفته است؛ ثالثاً از تکنیک های جستجوی چند هدفی مانند مکانیزم های انتخاب و ایجاد تنوع در جمعیت و هم چنین از ایده های مختلف برای تغییر شمای اصلی مسأله و الگوریتم‌های مکاشفه ای بهره برده اند.

با بررسی روش‌های مختلف به طور کلی می‌توان گفت که گرایش رویکردهای حل از روش‌های کلاسیک به سمت روش‌های پارتو-بهینه متمایل است. چنان که در گذشته روش‌های کلاسیک به دلیل سادگی و وجود دغدغه حل مسائل تک هدفی بیشتر مطرح بوده اند. اما امروزه با توجه به نیاز بازار تجاری و صنایع، هم چنین نیاز

[1]Multi-Objective
[2] Meta-Heuristic
[3] Hybrid

علمی توجه به مسأله زمان‌بندی چند هدفه ، خصوصاً مسأله توسعه یافته آن یعنی مسأله زمان بندی منعطف چند هدفه جلب شده است.

بیشتر تحقیقات انجام گرفته در گذشته تنها به روی استفاده از یک الگوریتم مکاشفه ای متمرکز بود اما پس از گذشت مدت زمانی محققان به دلیل مزایای الگوریتم‌های جستجوی محلی به الگوریتم‌های ترکیبی روی آوردند. اخیراً علاقمندی به سمت یافتن الگوریتم‌های ترکیبی جدیدتری مانند الگوریتم‌های علف هرز بهبود یافته، الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم انفجار نارنجک جلب شده است که در این تحقیق الگوریتم علف های هرز بهبود یافته به دلیل ویژگی متمایز آن‌ها از سایر الگوریتم‌های تکاملی در روش تولید مثل، پراکندگی مکانی و تحریم رقابتی، انتخاب شده است[3].

امکان تولید مثل در این الگوریتم به گونه ای است که افراد متناسب با برازش خود، امکان تولید مثل گوناگون خواهند داشت؛ به عبارتی افراد با بدترین برازش از حداقل میزان تولید مثل، و افراد با بهترین برازش از حداکثر میزان تولید مثل بهره مند خواهند بود. پراکندگی در فضای جست و جو توسط اعداد تصادفی تولید شده توسط توزیع نرمال انجام می گیرد. هم چنین تحریم افراد متناسب با فاصله ای که افراد در جمعیت از یکدیگر دارند انجام خواهد شد تا در زمان پر شدن آرشیو، افرادی که به هم نزدیکتر هستند حذف شوند و به این ترتیب تنوع بین افراد آرشیو حفظ شود. یک ویژگی مهم این الگوریتم که در کارایی آن تأثیر گذار است انتخاب درست مقادیر پارامترهای آن است که موثر بر گام اکتشاف و سرعت همگرایی الگوریتم هستند که از جمله آنها می توان انحراف معیار و تعداد دانه های تولیدی هر فرد در جمعیت را نام برد[4].

اهدافی که تحقق آنها مد نظر مسیر تحقیقات بوده است عبارتند از:

- داشتن یک الگوریتم ژنتیکی ترکیبی مناسب برای مدیریت مسائل چند هدفی با رویکرد پارتو-بهینه هم از حیث مطالعه روش و هم از حیث تحلیل و مقایسه با الگوریتم علف های هرز که برای مسأله معرفی می گردد.
- ارائه یک نمونه گسسته از الگوریتمی به نام الگوریتم علف های هرز برای مسأله زمان بندی کار کارگاهی منعطف و بررسی ویژگی آن و تحلیل قوت رقابت آن با الگوریتم ژنتیک

- ارائه یک الگوریتم ترکیبی از روش های معرفی شده برای مسأله مذکور و بررسی میزان موفق یا ناموفق بودن آن
- اعمال یک روش مناسب برای داشتن راه حل های نزدیک به راه حل بهینه با مفهوم پارتو-بهینه و مفهوم فاصله تراکم برای حفظ تنوع
- ایجاد تنوع و پراکندگی در جمعیت اولیه با استفاده از مفهوم آنتروپی برای جلوگیری از همگرایی زودرس
- انتخاب نقاط شروع مناسب یا حداقل ناحیه های مناسب در فضای جستجو

سوالاتی که در این تحقیق به آنها پاسخ داده خواهند شد عبارتند از:

- آیا الگوریتم ژنتیکی ترکیبی مذکور نسبت به نوع کلاسیک آن موفق تر عمل کرده و راه حل نزدیک به راه حل بهینه تولید می‌کند؟
- آیا به کارگیری الگوریتم علف های هرز گسسته برای حل مسأله زمان بندی کار کارگاهی منعطف یا سایر مسائل بهینه سازی قابلیت رقابت با الگوریتم ژنتیک را دارد؟
- آیا عدم گرفتاری الگوریتم های ژنتیک ترکیبی و الگوریتم علف های هرز گسسته، در دام بهینه محلی تأمین می‌شود؟
- آیا با استفاده از مفهوم آنتروپی در تعیین افراد جمعیت اولیه به اندازه کافی در فضای جستجو اکتشاف انجام می شود؟

1-2- مروری بر ادبیات موضوع

نخستین بار در سال ۱۹۹۰ میلادی شیل و بروکر به مسأله زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف اشاره کردند. آنها یک الگوریتم با زمان چند جمله ای برای حل این مسأله با دو کار ارائه دادند. برای حل نمونه واقعی با بیش از دو کار، دو نوع رویکرد مورد استفاده قرار می گیرد: رویکردهای سلسله مراتبی[1] و رویکردهای یکپارچه[2][۵].

[1]Hirarchical Approaches
[2]Integrated Approaches

در رویکردهای سلسله مراتبی انتساب عملیات به ماشین ها و زمان‌بندی عملیات روی ماشین ها جداگانه انجام می‌شود. این ایده بر اساس تجزیه مسأله پیچیدگی را کاهش می دهد. در سال 1993میلادی براندیمارت نخستین کسی بود که از ایده تجزیه برای حل این مسأله بهره برد. او زیر مسأله مسیریابی را با استفاده از قوانین توزیع[1] حل کرد و با روش جستجوی ممنوعه[2](TS) به روی زیر مسأله زمان‌بندی تمرکز کرد. در سال ۲۰۰۲ میلادی بورن و همکارانش یک الگوریتم ژنتیک پیشنهاد کردند که توسط یک مدل که با رویکرد محلی سازی[3] تولید می‌شود، کنترل می گردد. زیا و وو سال 2005 میلادی از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات[4] برای انتساب عملیات به ماشین‌ها و از شبیه‌سازی تبریدی[5](SA) برای زمان‌بندی عملیات استفاده کردند[5].

در رویکردهای یکپارچه انتساب و زمان‌بندی به‌طور همزمان انجام می گیرند. در سال ۱۹۹۷ میلادی داوزر- پرس و پاولی یک ساختار همسایگی برای جستجوی ممنوعه تعریف کردند که در آن تمایزی بین انتساب و زمان‌بندی مجدد یک عملیات وجود نداشت. ماسترولیلی و گامباردلا در سال ۲۰۰۲ میلادی روش معرفی شده توسط داوزر – پرس را بهبود بخشیدند[۵].

در بیشتر پژوهش‌ها برای مسأله کلاسیک و منعطف زمان‌بندی کار کارگاهی، یک معیار که عموماً بیشینه زمان تکمیل تمام کارها[6] است، در نظرگرفته شده است. در صورتی که این معیار، تنها موضوع تجاری مورد علاقه نبوده و اهداف مهم دیگری نیز وجود دارند. در مسائل دنیای واقعی، اغلب چندین معیار برای بهینه سازی در نظرگرفته می‌شود. در عمل بسیاری از صنایع مانند الکترونیک، هواپیمایی، کارخانجات ساخت نیمه‌رسانا در زمان‌بندی مسائل خود باید چندین معیار را به گونه‌ای در نظر بگیرند که کارایی کل سیستم را بهینه کند. ایجاد یک برنامه زمانی تقریباً بهینه، با توجه به اهداف چندگانه، با در نظر گرفتن نیازهای سفارش یک محصول یا خواست مشتری مطلوب است و افراد متخصص می توانند زمان‌بندی قابل انتخاب با بیشترین تقاضا را در بین راه حل‌های تولید شده برگزینند[۶].

[1]Dispatching Rules
[2]Tabu Search
[3]Localization
[4]Particle Swarm Optimizaton
[5]Simulated Annealing
[6]Maximum Compelition Time

البته این اهداف با هم تبادل[1] دارند و رابطه سبک و سنگین کردن بین آن‌ها بر قرار است. به‌طور آشکار، مسائل زمان‌بندی چند هدفه پیچیده تر از مسائل زمان‌بندی با یک معیار بوده و یافتن راه حلی که نسبت به همه‌ی معیارها سازش[2] داشته باشد، مشکل است. زیرا اغلب این اهداف، در تضاد[3]و تعارض با هم هستند و پاسخ‌ها ضد و نقیض خواهند بود. طوری که بهینه سازی یک هدف، عموماً منجر به بدتر شدن هدف دیگر می‌شود. به عنوان مثال، افزایش نرخ ورودی محصولی به یک سیستم منجر به خروجی بیشتری می‌شود اما میزان کالاهای در حال ساخت افزایش می‌یابد که معیار مطلوبی نیست. از این رو، مسائل زمان‌بندی چند هدفه به دلیل پیچیدگی بسیار، مورد توجه خاص قرار گرفته اند. به دلیل طبیعت متفاوت توابع هدف، یافتن پاسخ‌های زمان‌بندی بهینه با ملاحظه تمامی اهداف تقریباً غیرممکن است. از این رو، مطلوب است مجموعه‌هایی در فضای جستجو بیابیم که نسبت به سایر پاسخ‌ها برتر باشند[۶].

در مورد سوابق و ضرورت انجام تحقیق در زمینه مسأله مذکور می‌توان به پژوهش های انجام گرفته تاکنون برای حل این مسأله توسط محققان اشاره کرد. در مورد این مسأله پیچیده، روش‌ها و رویکردهای گوناگونی ارائه شده است که اغلب جزء روش‌های تقریبی بوده و هیچ یک مدعی یافتن پاسخ بهینه سراسری نیستند. اما معمولاً پاسخ‌هایی که ارائه می دهند حداقل بسیار نزدیک به پاسخ بهینه هستند. می‌توان این روش‌ها را به سه دسته کلی طبقه بندی کرد[۷] :

- **روش های جستجوی محلی[4]**

در این روش‌ها فرآیند جستجو از یک یا چند نقطه در فضای حالت مسأله شروع شده و با استراتژی‌های متنوعی به سمت نقطه بهینه پیش می‌رود. از جمله این روش‌ها می‌توان به شبیه‌سازی تبریدی و جستجوی ممنوعه اشاره کرد. به عنوان مثال، لی و همکاران یک الگوریتم جستجوی ممنوعه سریع برای حل مسأله زمان بندی منعطف ارائه کرده‌اند. آیدین و فوگاتی با اجرای موازی و توزیع شده‌ی الگوریتم SA در جزیره‌های چندگانه در فضای جستجو، اقدام به حل مسأله زمان بندی کار کلاسیک کرده‌اند[7].

[1] Trade-Off
[2] Compromise
[3] Conflict
[4] Local Search

- **روش های مبتنی بر جمعیت**

این روش‌ها بر اساس یک جمعیت از نقاط مختلف در فضای حالت مسأله شروع به جستجو می کنند که نوع تعامل بین این نقاط و حرکت به سمت نقطه بهینه بر اساس روش‌های مختلف، متفاوت است. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی ازدحام ذرات و بهینه سازی اجتماع مورچه ها (ACO)[1] و زنبورها (BCO)[2] اشاره کرد[7].

- **رویکردهای ترکیبی**

این رویکردها که به چند رده تقسیم می شوند، در سال‌های اخیر مورد استقبال فراوانی قرار گرفته و مطالعات بسیاری بر روی اعمال روش‌های فرا ابتکاری ترکیبی برای حل مسأله FJSP صورت گرفته است. مزیت روش‌های ترکیبی معمولاً در این است که به کارگیری روشی درون یا کنار روش دیگر، قسمتی از ضعف آن را پوشش داده یا آن را در رسیدن به هدف خاصی کمک می‌کند. به عنوان مثال زیا و وو، یک الگوریتم ترکیبی با به کارگیری الگوریتم شبیه سازی تبریدی و PSO برای حل مسأله زمان‌بندی چند هدفی منعطف کار ارائه کرده‌اند. ژانگ و همکاران نیز یک الگوریتم ژنتیکی ترکیبی برای حل مسأله زمان‌بندی چند هدفی منعطف کار معرفی کرده‌اند. لیوآن و همکاران نیز با استفاده از ترکیب روش بهینه سازی اجتماع مورچه ها و جستجوی ممنوعه اقدام به حل مسأله زمان بندی چند هدفی منعطف کار کرده‌اند. هو و تای نیز الگوریتم کارایی را با استفاده از الگوریتم های تکاملی و جستجوی محلی هدایت شده برای حل این مسأله ارائه کرده‌اند. [7].

در مورد مسائلی از قبیل FJSP نیاز به روش‌هایی مبتنی بر دانش جمعی است که در فضای حل مسأله نواحی مناسب را کشف کرده و با پراکندگی خوب با هدف یافتن بهینه سراسری[3] عمل اکتشاف[4] را شروع کنند و تمام جمعیت در جستجوی راه حل بهینه به‌طور هماهنگ نقش بازی کنند. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم های ژنتیک، بهینه سازی تجمع ذرات و بهینه سازی علف های هرز اشاره کرد[7].

[1] Ant Colony Optimization
[2] Bee colony Optimization
[3] Global Optimum
[4] Exploration

اما عیب استفاده از این روش‌ها همگرایی[1] زودرس آنها در فرآیند جستجو است. بنابراین در صورتی که بخواهیم از این روش‌ها به منظور اکتشاف و محک زدن کل فضای جستجو بهره ببریم، نیازمند اعمال تغییراتی در فرآیند جستجو هستیم تا از همگرایی نامطلوب جلوگیری به عمل آورد[7].

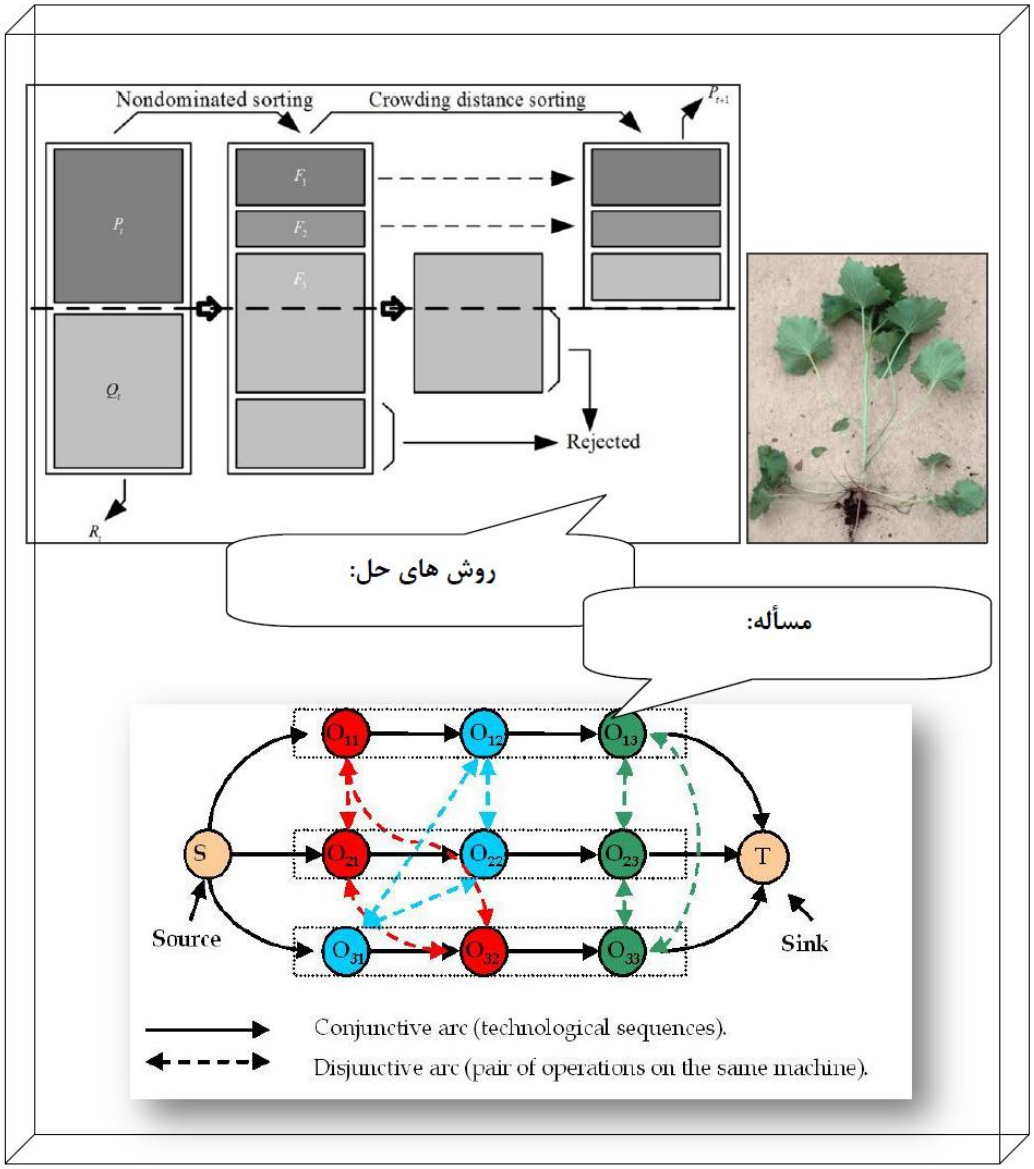
از طرفی در روش‌های ترکیبی، جستجوی محلی در بدنه الگوریتم اصلی باعث ارتقای برازندگی[2] عمومی تمام یا بخشی از جمعیت فعلی برای ایجاد نسلی بهتر برای تکرار بعدی الگوریتم است. لذا معمولاً ابتکار عمل خاصی در الگوریتم‌های تکاملی مربوطه صورت نگرفته و رویه کلی جستجو بر عهده این بخش است. به علاوه، اجرای الگوریتم‌های جستجوی محلی در هر تکرار، منجر به سربار پردازشی بالایی می‌شود. دغدغه دیگر انتخاب نقطه شروع مناسب است که اطمینان حاصل شود الگوریتم مورد نظر در دام بهینه محلی[3] گرفتار نمی‌شود. زیرا همه‌ی روش‌های جستجوی محلی، با تکیه بر نگهداری وضعیت یک راه حل و انتخاب راه حل بعدی بر اساس اطلاعات موجود در راه حل فعلی، وابستگی شدیدی به انتخاب نقطه شروع مناسب دارند[7].

تفاوت رویکرد در پژوهش حاضر با سایر راهکارهای پیشنهاد شده، در هدف و نحوه استفاده از هر یک از الگوریتم های فرا ابتکاری است. یعنی ابتدا به ساکن مطالعه برای معرفی الگوریتمی برای حل این مسأله بهینه-سازی است که به دنبال اکتشاف در کل فضای مسأله تا جای ممکن است و تمرکز هر یک از الگوریتم های ترکیبی بر یافتن راه حل بهینه در اطراف نواحی مورد بررسی آن است در حالیکه با استفاده از مفاهیم بهینه‌سازی چند هدفه به رفع دغدغه های فوق الذکر پرداخته شود. به بیان دیگر، در خصوص استفاده از روش های جستجوی محلی برای حل مسائل پیچیده همیشه این خطر و دغدغه وجود دارد که نقطه شروع مناسب چگونه انتخاب شود. به گونه ای که بتوان مطمئن بود که الگوریتم مورد نظر در دام نقاط بهینه محلی گرفتار نمی شود. لذا در مقوله روش های جستجوی محلی سعی شده است علاوه بر بیشترین تلاش برای فرار از این دام ها، با انتخاب ساختارهای همسایگی مناسب کیفیت راه حل‌های همسایه که بر همگرایی و تنوع تأثیر گذار هستند، تأمین گردد. زیرا طبیعت الگوریتم های جستجوی محلی که به نوعی مشابه عملگر جهش هستند، ایجاب می کند هدف فوق محقق گردد.

[1] Convergence
[2] Fitness
[3] Local Optimum

روش تحقیق و گردآوری مطالب در این پژوهش، مطالعه و بررسی مقالات مرتبط با رویکردهای چند هدفی در مسائل زمان‌بندی، مطالعه‌ی کتاب‌های مرتبط برای بررسی موضوع، پیاده‌سازی روش‌های مطرح شده در این پژوهش و بررسی معیارهای مورد انتظار می باشد. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات با به کارگیری نمونه مسائل معروف زمان‌بندی کار کارگاهی منعطف چند هدفه و انجام مقایسات بین روش ها صورت پذیرفته است.

۱-۲- رساله در یک نگاه



شکل ۱-۱- رساله در یک نگاه