

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی صنایع

ارائه الگوریتم تکاملی برای مساله زمان بندی کارگاه باز

چندهدفه

نگارش: هادی پناهی

استاد راهنما:

دکتر رضا توکلی مقدم

مهر ۱۳۸۷

نقدیم به خورشید و ماه (آسمان) زفر کیم

بدر و ماور

## قدردانی و سپاسگزاری

آنچه در مسیر دانش آموختن ضروریست سپاس و قدردانی از عزیزانی است که تو را در این راه راهنما بوده‌اند. در طی این پژوهش همواره از راهنمائی‌ها و نظرات ارزشمند استاد راهنمای گرامی‌ام جناب آقای دکتر توکلی مقدم بهره‌مند بودم. از ایشان که مرا در این راه همراهی نمودند کمال تشکر و سپاس را دارم و امیدوارم که همواره در تمامی شئونات زندگی موفق و کامیاب باشند.

## چکیده:

در این پژوهش مساله زمان بندی در محیط کارگاه باز مورد بررسی قرار می گیرد. این مساله با توجه به ماهیت پیچیده آن در زمره مسائل NP-hard قرار می گیرد و حل این مساله و رسیدن به جواب نزدیک به بهینه نیازمند صرف زمان بسیار زیادی می باشد و چه بسا در بسیاری از موارد عملاً غیر ممکن می باشد. با توجه به روند مطالعات انجام گرفته در سالهای اخیر در زمینه زمان بندی، روشهای حل فرابتکاری توجه بسیاری را متوجه خود نموده و کارایی بالای خود را در قیاس با روش های قطعی موجود در قالب کیفیت جواب های بدست آمده و زمان مورد نیاز برای دست یابی به جواب های نزدیک بهینه نشان داده اند. از طرف دیگر با توجه به اینکه در دنیای واقع تصمیم گیرنده در بسیاری از مواقع نیازمند است تا تصمیم خود را نه تنها بر اساس یک معیار بلکه بر اساس مجموعه ای از معیارهای موجود اتخاذ نماید لذا وجود یک روش حل مساله چند هدفه می تواند موجب رسیدن به جوابهای واقعی تر، عملی تر و کاربردی تر شود. لذا در این پژوهش بر آن شدیم تا الگوریتم فرابتکاری چند هدفه ای را برای حل مسئله زمان بندی کارگاه باز ارائه نماییم. از سوی دیگر با توجه به اینکه در بسیاری از مواقع در دنیای واقع داده های مورد نیاز بطور قطعی و صریح در اختیار تصمیم گیرنده وجود ندارند و همواره داده ها همراه با عدم قطعیت می باشند و دارای ابهام می باشند در نتیجه رویکرد قطعی برای حل مساله به تنهایی نمی تواند پاسخگوی نیازهای واقعی تصمیم گیرنده باشد لذا در این پژوهش بر آن شدیم تا مساله زمان بندی را در حالت فازی و چند هدفه نیز مورد بررسی قرار دهیم.

**واژگان کلیدی:** زمان بندی، بهینه سازی چند تابعه هدفه، کارگاه باز، الگوریتم تکاملی، الگوریتم

ایمن.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فهرست مطالب
۵	فصل اول:
۵	کلیات تحقیق
۶	۱-۱- زمان بندی
۶	۱-۱-۱- تعریف و کلیات زمان بندی
۱۰	۱-۱-۲- نقش زمان بندی در یک سازمان
۱۲	۱-۱-۳- عوامل موثر در مسائل زمان بندی تولید
۱۲	۱-۱-۴- معرفی برخی از انواع مسائل زمان بندی
۱۵	۲-۱- بهینه سازی چند هدفه
۱۷	۳-۱- محاسبات نرم
۲۲	فصل دوم:
۲۲	مرور ادبیات
۲۳	۱-۲- مرور ادبیات زمان بندی با فرضیات فازی
۲۳	۲-۱-۲- زمان بندی کار کارگاهی با مفروضات فازی
۲۵	۲-۱-۲- زمان بندی کارگاه باز با مفروضات فازی
۲۶	۲-۲- مرور ادبیات الگوریتم های تکاملی برای مساله زمان بندی کارگاه باز
۴۵	فصل سوم:
۴۵	مدل فازی پیشنهادی
۴۶	۱-۳- مروری کوتاه بر منطق و مفاهیم فازی
۴۷	۲-۳- رویکرد تصمیمگیری چندمعیاره
۴۹	۱-۲-۳- تعاریف و مفاهیم اولیه
۵۱	۲-۲-۳- ارزیابی و بررسی مدل های MODM
۵۳	۲-۳- مروری بر روشهای حل فازی چند تابع هدفه
۵۸	۳-۳- روش حل پیشنهادی
۵۸	۱-۳-۳- مدل پیشنهادی

۶۴	..... ۱-۳-۳- نتایج محاسباتی
۶۶	..... فصل چهارم:
۶۷	..... ۱-۴- مروری بر الگوریتم ایمن
۷۰	..... ۲-۴- الگوریتم پیشنهادی
۷۰	..... ۱-۲-۴- بهینه پرتو
۷۳	..... ۲-۲-۴- الگوریتم چند تابع هدفه شبیه سازی تبرید پیشنهادی
۷۸	..... ۲-۲-۴- الگوریتم چند تابع هدفه ترکیبی ایمن پیشنهادی
۸۲	..... ۳-۴- الگوریتم <b>NSGA II</b>
۸۳	..... فصل پنجم:
۸۳	..... نتایج محاسباتی
۹۱	..... فصل ششم:
۹۱	..... نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی
۱۰۵	..... <b>Abstract</b>

## فهرست شکل ها

صفحه	عناوین
۱۱	شکل ۱-۱- نمودار جریان اطلاعات در یک سیستم تولیدی
۱۸	شکل ۱-۲- محاسبات نرم در مقابل محاسبات سخت
۲۰	شکل ۱-۳- ترکیب تکنیک های محاسبات نرم
۵۲	شکل ۱-۳- مدل های تصمیم گیری در MODM
۵۶	شکل ۳-۲- طبقه بندی روشهای فعلی MODM
۵۷	شکل ۳-۳- طبقه بندی روش های FMODM
۶۰	شکل ۳-۴- عدد فازی مثلثی و تابع عضویت و برش $\alpha$ مربوطه
۶۳	شکل ۳-۵- تابع عضویت اهداف فازی
۶۵	شکل ۳-۶- منحنی پرتو حاصله
۶۸	شکل ۴-۱- فرآیند انتخاب تولید، تکثیر، بلوغ میل ترکیبی
۷۳	شکل ۴-۲- نمایش تقریبی نقاط ایده آل
۷۵	شکل ۴-۳- نمایش رشته
۸۷	شکل ۵-۱- منحنی پرتو حاصله از خروجی دو الگوریتم برای مساله <b>Taillard 5*5_3</b>
۸۷	شکل ۵-۲- منحنی پرتو حاصله از خروجی دو الگوریتم برای مساله <b>Taillard 7*7_1</b>



## فهرست جداول

صفحه	عناوین
۱۹	جدول ۱-۱- تکنیک های محاسبه نرم برای حل مشکلات مدل های ریاضی
۴۱	جدول ۱-۲- مرور ادبیات موضوع زمان بندی فازی
۴۲	جدول ۲-۲- مرور ادبیات موضوع زمان بندی فازی
۶۲	جدول ۱-۳- جدول پی آف
۶۵	جدول ۲-۳- نتایج نهایی
۸۴	جدول ۱-۵- پارامترهای روش MOSA
۸۴	جدول ۲-۵- پارامترهای روش NSGA II
۸۵	جدول ۳-۵- پارامترهای روش HIA
۸۶	جدول ۴-۵- نتایج HIA و NSGA II
۸۷	جدول ۵-۵- نتایج HIA و NSGA II
۸۸	جدول ۶-۵- نتایج HIA و NSGA II
۸۹	جدول ۷-۵- نتایج HIA و NSGA II
۸۹	جدول ۸-۵- نتایج HIA و NSGA II
۹۰	جدول ۹-۵- نتایج HIA و NSGA II

فصل اول:

کلیات تحقیق

در این فصل به بررسی و مرور مساله زمان بندی، انواع محیط های تولیدی، بهینه سازی چندتابع هدفه، تئوری فازی، رویکردهای فازی چندتابع هدفه برای حل مساله چند هدفه و الگوریتم های ابتکاری می پردازیم. سپس کلیات الگوریتم چند هدفه فراابتکاری پیشنهادی و در ادامه مدل فازی چند هدفه پیشنهادی را ارائه می نمایم.

## ۱-۱- زمان بندی

### ۱-۱-۱- تعریف و کلیات زمان بندی

زمان بندی تخصیص منابع در طول زمان برای اجرای مجموعه ای از وظایف است. از تعریف بیان شده دو مفهوم قابل استنباط می باشد. اولاً، زمان بندی نوعی تصمیم گیری است و فرآیندی است که در جریان آن برنامه زمانی را تعیین می کند. با توجه به این زاویه دید، بیشتر آموخته های ما در مورد زمان بندی را می توان در مورد تصمیم گیری های دیگر نیز به کار بست. لذا این مبحث ارزش عملی عام دارد. در ثانی، زمان بندی مبحث نظری است که مجموعه ای از اصول، مدل ها، روشها و نتایج منطقی را در بر می گیرد، که برای ما بینشی عمیق در مورد عمل زمان بندی فراهم می آورد. از این حیث، بیشتر آموخته های ما در مورد زمان بندی را می توان در مورد سایر نظریه ها به کار برد [۱].

زمان بندی به تخصیص منابع محدود به وظایف در طی زمان می پردازد. زمان بندی فرآیند تصمیم گیری می باشد که یک یا چند هدف بهینه سازی را شامل می شود.

منابع و وظایف ممکن است صورتهای مختلفی داشته باشند. منابع ممکن است ماشین آلات در یک کارگاه، باند پرواز در یک فرودگاه، کارگران در یک سایت ساخت و ساز، واحدهای پردازش در محیط محاسباتی و ... باشند. وظایف می توانند شامل عملیات های یک فرآیند تولید، فرود و بلند شدن در یک باند پرواز، مراحل مختلف در یک پروژه ساخت، اجرای برنامه های کامپیوتری و ... باشند. هر وظیفه می تواند سطوح اولویت متفاوتی داشته باشد از جمله زودترین

زمان ممکن برای شروع و یا براساس موعد تحویل و ... تابع هدف نیز می تواند به فرم های مختلفی باشد. یک تابع هدف ممکن می تواند کمینه سازی زمان اتمام کار برای آخرین وظیفه باشد و یا در حالت دیگر، می تواند کمینه سازی تعداد کارهایی باشد که زمان اتمام آنها بعد از موعد تحویل می باشد.

زمان بندی یک فرآیند تصمیم گیری است که در اکثر سیستم های ساخت و تولید و محیط های پردازش اطلاعات موجود می باشد. همچنین، زمان بندی در تنظیمات حمل و نقل و توزیع و سایر انواع صنایع خدماتی بکار می آید [۱].

اگر بخواهیم تعریف دیگری از زمان بندی ارائه کنیم که دربرگیرنده زوایای دیگری می باشد، این تعریف می تواند به این گونه بیان شود که زمان بندی عمل تعیین اولویت ها و یا مرتب نمودن فعالیت ها برای برآورده نمودن الزامات مشخص، محدودیت ها و یا اهداف می باشد [۲]. زمان همواره یک محدودیت بزرگ قلمداد می شده است. به این علت که همچنان زمان یک منبع محدود کننده می باشد ما نیاز داریم تا بطور خودآگاه یا ناخودآگاه فعالیت هایمان را برای بهره برداری بهینه از این منبع محدود زمان بندی کنیم.

با توسعه صنعتی، مسأله محدودیت منابع بحرانی تر شده است. در حال حاضر ماشین ها، نیروی کار، و تسهیلات نیز علاوه بر زمان به عنوان منبع بحرانی در فعالیت های تولیدی و خدماتی شناخته می شوند. زمان بندی این منابع به افزایش کارایی و بهره برداری از ظرفیت، کاهش زمان مورد نیاز برای تکمیل کارها و نهایتاً افزایش سوددهی یک سازمان می انجامد. زمان بندی موثر منابع مانند ماشین ها، نیروی انسانی و موارد در محیط به شدت رقابتی امروزی یک باید است [۲].

زمان بندی فعالیت ها می تواند شامل بازه وسیعی از فعالیت ها باشد. فعالیت هایی شامل کار با کاغذ و قلم، نقشه طرح و دیاگرام ها، به منظور کار با الگوریتم های خبره مرتب می شوند. روشهای ساده ممکن است منجر به نتایج خوبی نشوند و تحلیل گری که از تکنیک های دیگر آگاه نباشد ممکن است حتی تصور کند که روش های موجود می توانند بهبود یابند. از طرف دیگر روش های پیچیده و ریاضی نیازمند دانش جامع و اساسی می باشند، لذا نمی توان چنین تخصصی

را از هر فردی که در صنعت زمان بندی انجام می دهد داشته باشیم. از آنجایی که این گونه تکنیک ها بعلت پیچیدگی و نیز دشواری های ریاضی مرتبط با آنها اغلب در کسب و کارهمچنان بی استفاده مانده اند، برای مدیران داشتن اطمینان کافی به این روش ها برای به کارگیری آنها و نیز اطمینان به نتایج آنها دشوار است.

در ادامه مثال هایی را برای تبیین نقش زمان بندی در صنعت ارائه می دهیم: (۱) یک عملیات تولید کارتن تفاوت در مشتریان، سفارشات و قیمت ها را مورد توجه قرار می دهد. تولیدکنندگان محلی که محصولاتشان را در کارتن گذاشته و ارسال می کنند به حمل یک محموله بزرگ از کارتن ها امیدوار نبوده و سفارشات را در مدت زمان مشخص پخش خواهند کرد. از طرف دیگر مشتریانی که در فواصل دور هستند مایل به سفارش در اندازه بزرگتر به منظور حداقل کردن هزینه حمل می باشند. بخش فروش قول یک موعد تحویل معین برای هر سفارش را می دهد. بسته به حجم سفارش دریافتی، کارخانه ممکن است بتواند همه محصولات را سر وقت تولید کند. اگر تاخیر وجود داشته باشد، کدام سفارشات باید برای حداقل کردن خطاها، تاخیر داشته باشند؟ اگر تشابهی بین سفارشات مشتریان مختلف وجود داشته باشد برای اینکه برخی از آنها بتوانند با همان تنظیم تولید شوند، چطور باید تولید برای گرفتن میانگین این موضوع برنامه ریزی شود و همچنین نیازهای موعد تحویل مشتریان مختلف را برآورده سازد؟ (۲) یک تولید کننده تجهیزات لامپ های صنعتی از خط مونتاژ کنترل شده ای بوسیله اپراتورها برای اجرای کار مخصوص به آنها استفاده می کند. براساس تولید معمول که در راستای خط مونتاژ در جریان است، اپراتورها یک مجموعه تعریف شده از وظایف را دارا می باشند که مسئول آن هستند. برای هر تولید، (اصلاح تولید یا تولید جدید) شرکت امیدوار به استفاده از زمان های از پیش تعیین شده ای برای توسعه ایستگاه های کاری و تخصیص وظایف به این ایستگاه ها برای نیل به سطح تولید و کارایی مطلوب بوده و از همان تکنیک ها برای بهبود در خط مونتاژ موجود، جایی که امکان پذیر باشد استفاده می شود. چگونه می تواند خط مونتاژ برای تغییرات یا اصلاحات تولید یا تولید جدید به منظور دست یابی به سطوح تولید مورد نظر و افزایش کارایی اصلاح شود. (۳) یک پالایشگاه نفت خام باید پردازش

های پیوسته به اپراتورهای تمام وقت در روز و هفته مجهز شوند و با یک سیستم سه شیفته که در آن اپراتورها همیشه حداقل دو روز متوالی تعطیلی دارند و هر سومین آخر هفته را تعطیل می باشند کار کند. زمان بندی برای سه ماه در یک بازه زمانی بسط می یابد و لذا هر کارمند می تواند برای روزهای تعطیل و شیفت کاری برنامه ریزی کند. چگونه می توان زمان بندی شفاف و منصفانه ای برای هر یک از کارکنان توسعه داد؟ (۴) یک کارگاه ماشین یک ماشین استامپ دارد که پنج حالت مختلف از یک بخش به کار رفته در کمپرسورهای تولید شده بوسیله یکی از مشتریان را استامپ می کند هر یک از این حالات از یک رنگ متفاوت استفاده می کند و نیازمند زمان خاص خود برای پردازش می باشد. کارگاه ماشین بطور هفتگی زمان بندی را برای این ماشین جهت حداقل کردن تعداد تاخیرات حمل برای مشتریان ایجاد می کند، چگونه این زمانبندی ها توسعه می یابند؟ اهمیت زمان بندی با هدف های متمرکز بر دیرکرد از آن جهت مورد توجه است که در محیط کسب و کار حاضر، رقابت شرکت های تولیدی از طریق قابلیت آنها برای پاسخگویی سریع به تغییرات سریع زمینه تجارتي و تولید محصولات با کیفیت بالاتر و هزینه های کمتر تعیین می شود. شرکت های تولیدی در تلاش هستند تا این قابلیت ها را از طریق اتوماسیون و مفاهیم خلاق مانند تولید به موقع<sup>۱</sup>، پاسخگوی سریع<sup>۲</sup>، تکنولوژی گروهی<sup>۳</sup> و مدیریت کیفیت جامع<sup>۴</sup> بدست آورند. این مفاهیم برای مثال تولید به موقع و تکنولوژی گروهی، به بسیاری از شرکت ها در بدست آوردن سود اقتصادی کمک کرده است. در سیستم های تولید به موقع، کارها نباید زودتر و نه دیرتر تکمیل شوند که به مسائل زمان بندی با هزینه های زودکرد و دیرکرد و تخصیص موعدهای تحویل منجر می شود. در یک بازار بسیار رقابتي، دیرکرد کارها با توجه به موعد تحویل آنها یک مقیاس عملکرد بسیار مهم برای محیط های تولیدی متنوع است [۲].

---

<sup>۱</sup> . Just In Time

<sup>۲</sup>- Quick Response

<sup>۳</sup>- Group Technology

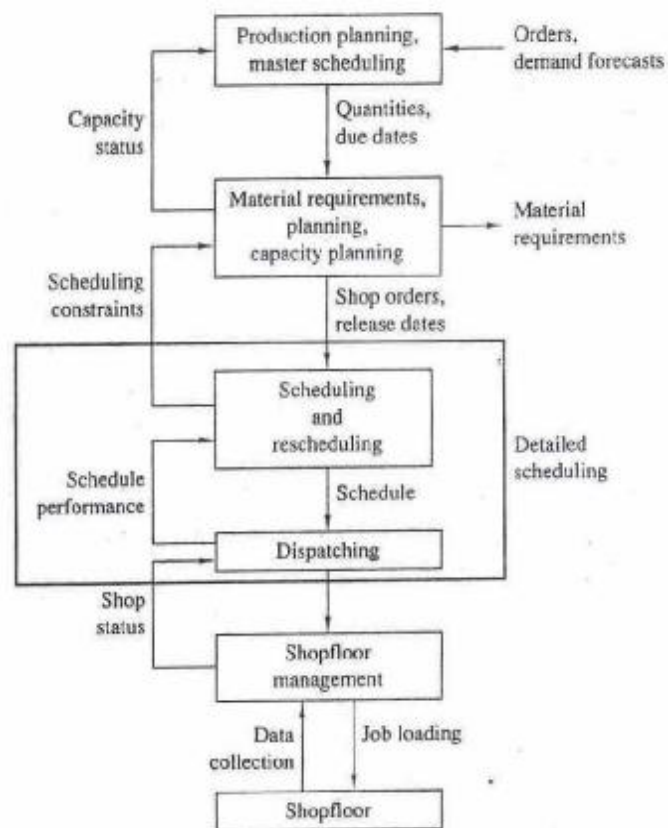
<sup>۴</sup>- Total Quality Management

## ۱-۱-۲- نقش زمان بندی در یک سازمان

عملیات زمان بندی در یک سازمان یا سیستم باید با سایر عملیات های دیگر ارتباط داشته باشد. این ارتباطات وابسته به نوع سیستم هست و می توانند اساسا در موقعیت های مختلف با یکدیگر متفاوت باشند. در ادامه، توصیف یک محیط ساخت در حالت کلی و نقش فرآیند زمان بندی در این محیط آورده شده است [۳].

در یک سیستم ساخت، سفارشات باید آماده شوند و باید در قالب کارها و موعد تحویلشان تعبیر شوند. کارها باید در یک مرکز کاری توسط ماشینها در یک ترتیب و توالی با توجه به موعد تحویلشان پردازش شوند. ممکن است کارها باید برای پردازش در صف انتظار ماشینهای مشغول وارد شوند، در صورتی که کار از اولویت بالایی برخوردار باشد ممکن است انقطاع پیش بیاید. زمان بندی دقیق وظایف برای اجرای در یک سیستم ساخت و تولید به منظور برقراری حداکثر کارایی و کنترل عملیات امری ضروری می باشد.

رویه زمان بندی باید با چندید رویه مهم دیگر سازمان تقابل داشته باشد. زمان بندی، تحت تاثیر برنامه ریزی تولید می باشد، که برنامه ریزی متوسط تا بلند مدت سازمان را در دست دارد. این فرآیند باید سطوح موجودی، پیش بینی ها، و نیازمندی های منابع را در نظر بگیرد تا مجموعه محصولات و تخصیص بلند مدت منابع را در سطح بالاتری بهینه نماید. تصمیماتی که توسط این رویه برنامه ریزی اتخاذ می شوند، می توانند زمان بندی را تحت تاثیر خود قرار دهند. همچنین زمان بندی از کنترل کارگاه بدست ورودی دریافت می نماید. اتفاقات غیر منتظره در کارگاه، مانند خرابی ماشین ها یا زمان های پردازشی که بیشتر از مقدار پیش بینی شده می باشند، باید مورد بررسی قرار بگیرند زیرا که ممکن است تاثیر به سزایی بر زمان بندی داشته باشند. شکل (۱) - (۱) جریان اطلاعات را در یک سیستم ساخت نمایش می دهد.



شکل ۱-۱- نمودار جریان اطلاعات در یک سیستم تولیدی

کارخانجات مدرن بعضاً سیستم های اطلاعاتی ساخت را طراحی می نمایند. در حالت کلی یک کارخانه یک کامپیوتر مرکزی و یک پایگاه داده مرکزی دارد. شبکه هایی متشکل از کامپیوترهای شخصی، ایستگاه های کاری و ترمینال های ورود داده در اتصال با مرکز کامپیوتر می باشند که می توانند برای بازیابی داده از پایگاه داده یا ورود داده جدید مورد استفاده قرار گیرند. ترمینالهایی که در نقاط کلیدی قرار دارند ممکن است در ارتباط با کامپیوتر زمان بندی باشند تا امکان دسترسی دپارتمان ها را به اطلاعات ضروری زمان بندی فراهم بیاورند و دپارتمان ها بتوانند اطلاعات مرتبط از قبیل وضعیت ماشین ها، تغییرات در داده های کار و غیره را برای سیستم زمان بندی فراهم بیاورند [۳].



### ۳-۱-۱- عوامل موثر در مسائل زمان بندی تولید

پارامترهای متعددی در تعریف مسائل زمان بندی و طبقه بندی آنها مطرح هستند. از این رو لازم است که ابتدا پارامترهایی را که به نوعی در طبقه بندی مسائل دخیل هستند را مشخص نماییم. در ذیل فهرستی از این پارامترها گردآوری شده اند.

- تابع هدف (حداقل کردن زمان اتمام کل کار و ...)
- زمان های آماده سازی (وابسته یا مستقل از توالی عملیات)
- افق برنامه ریزی (کوتاه مدت - بلند مدت - میان مدت)
- تعداد مراحل تولید (یک مرحله ای - چند مرحله ای)
- روش تولید (سری - مونتاژ - کلی)
- محدودیت ظرفیت یا منابع (محدود - نامحدود)
- تعداد و شرح تقاضای هر یک از محصولات
- نرخ تقاضا (یکنواخت، پویا و احتمالی)
- کمبود موجودی (قابل جبران، غیر قابل جبران)
- هزینه نگهداری و متغیر تولید
- متغیر تصمیم گیری (تعیین زمان شروع عملیات و ...)

### ۴-۱-۱- معرفی برخی از انواع مسائل زمان بندی

مدل های زمان بندی در قالب واژگان برنامه ریزی تولید به کلاسهای زیر تقسیم شود:

۱. تک ماشینه: تنها یک ماشین موجود می باشد و کارهایی که می رسند نیاز به خدمت از این ماشین دارند. در هر زمان یک کار بوسیله ماشین پردازش می شود. هر کار یک زمان پردازش و

یک موعده تحویل دارد و ممکن است مشخصه های دیگری مثل اولویت نیز داشته باشد. همچنین ممکن است یک تابع جریمه برای کارهایی که از موعده تحویل انحراف دارند، داشته باشیم. متداولترین هدف ترتیب دهی کارها روی ماشین به منظور حداقل کردن جریمه دیر بودن می باشد که جریمه دیرکرد نامیده می شود. براساس سایر اهداف، معیارهای بسیاری ممکن است بعنوان یک پایه به منظور توسعه زمانبندی کارها بکار رود.

۲. کارگاه گردش کاری: کارها روی چندین ماشین در یک توالی همسان پردازش می شوند. هرچند که زمان پردازش هر کار روی هر ماشین ممکن است متفاوت باشد، هدف می تواند حداقل کردن زمان مورد نیاز برای تکمیل همه کارها باشد که حداکثر زمان تکمیل کارها نامیده می شود.

۳. ماشین های موازی: تعدادی ماشین مشابه در دسترس است و کارها می تواند روی هر کدام از آنها پردازش شوند. کارها می توانند بین خود وابستگی داشته باشند، به این معنی که در یک توالی، کار بعدی نمی تواند پردازش شود مگر آنکه کار قبلی کاملاً پردازش شود. هدف می تواند کمینه سازی حداکثر زمان تکمیل کارها باشد.

۴. کار کارگاهی: یکی از پرکاربردترین سیستم های تولیدی است که بکار رفته است. ماشین های مختلفی در کارگاه وجود دارد و یک کار ممکن است نیاز به چندین یا همه ماشین ها با توالی خاصی داشته باشد. تنها محدودیتی که وجود دارد این است که یک کار نمی تواند بیش از یک بار از یک ماشین استفاده کند. هدف می تواند کمینه سازی حداکثر زمان تکمیل کارها یا حداقل جریمه دیرکرد باشد.

۵. کارگاه باز: کارگاه باز مشابه به کار کارگاهی است غیر از اینکه یک کار ممکن است روی ماشین ها به هر توالی دلخواهی پردازش شود. به عبارت دیگر، هیچ توالی وابسته به عملیات وجود ندارد که یک کار از آن پیروی کند. هر کار از هر ماشین فقط یک بار می گذرد. انقطاع وجود ندارد و تداخل بین عملیات های یک کار مجاز نمی باشد. معمولاً هدف کمینه سازی حداکثر زمان تکمیل کارها است.

۶. کارگاه وابسته: همان کار کارگاهی است که ترتیب پردازش یک یا چند کار بستگی به پردازش سایر کارها دارد، که تولید کارگاهی وابسته گفته می شود. معمولاً هدف کمینه سازی حداکثر زمان تکمیل کارها است.

۷. پردازش دسته ای: کارها بصورت دسته ای پردازش می شود، هر دسته نیاز به زمان پردازش معین دارد، و ممکن است برای تعداد کارهایی که می تواند در یک زمان پردازش شوند، محدودیت ظرفیت داشته باشد. یک اجاق آشپزی با حجم محدود مثالی برای پردازش دسته ای می باشد.

۸. زمان های آماده سازی وابسته به توالی: برخی نویسندگان این مسأله را به عنوان پردازش دسته ای ارجاع می دهند. هر کار ممکن است به یک نوع تعلق داشته باشد. اگر کارهای یک نوع یکی بعد از دیگری پردازش شوند، آماده سازی اضافی وجود ندارد. از طرف دیگر، اگر یک نوع متفاوت از کار پردازش شود، یک هزینه آماده سازی وجود خواهد داشت. هر کار یک موعد تحویل دارد، و ما می خواهیم کارها را برای کمینه سازی جریمه دیرکرد کل زمان بندی کنیم.

۹. خط مونتاژ: کار از یک توالی معین عملیات عبور می کند و هدف تعریف ایستگاههای کاری و تخصیص وظایف به این ایستگاهها به منظور به دست آوردن یک سطح تولید معین و کارایی می باشد.

۱۰. خط مونتاژ ترکیبی: کار روی یک خط مونتاژ پردازش می شود تا محصولات مشابه (نه یکسان) با نیازمندیها و زمان های پردازش مختلف تولید شوند [۲].

البته باید اشاره شود که تقسیم بندی بالا کاملاً تمامی کلاس های مسائل زمان بندی را از جمله زمان بندی نیروی انسانی و ... را در بر نمی گیرد ولی می تواند دید مناسبی را بصورت کلی از کلاس های مختلف مسائل زمان بندی بطور کلی ارائه کند.

## ۱-۲- بهینه سازی چند هدفه


مهمترین مشکلی که در بهینه سازی یک مساله یک تابع هدفه با آن مواجه می شویم این است که مدلسازی یک مساله با تنها یک معادله می تواند کار بسیار مشکلی باشد. مدلسازی یک مساله با استفاده از تنها یک معادله می تواند در فاز مدلسازی ایجاد انحراف کند.

بهینه سازی چندتابع هدفه درجه آزادی را فراهم می آورد که در بهینه سازی یک تابع هدفه وجود ندارد. جستجوی ناشی از بهینه سازی چند هدفه به ما یک جواب به عنوان جواب بهینه ارائه نمی کند بلکه مجموعه ای از جوابها را ارائه می کند. این جوابها، جوابهای پرتو<sup>۱</sup> نامیده می شوند و مجموعه این جوابها که در انتهای جستجو حاصل می شوند سطح تعادل<sup>۲</sup> نامیده می شوند.

بعد از آنکه تعدادی جواب بعد از بهینه سازی چند هدفه بدست آوردیم، با مشکلی بر خواهیم خورد: ما باید یک جواب را از میان جوابهای موجود انتخاب کنیم. جوابی که توسط کاربر انتخاب می شود تمایل کاربر را در میان توابع هدف متعدد موجود نشان می دهد.

یکی از اهداف بهینه سازی چندتابع هدفه مدلسازی انتخابها و یا در پاره ای از موارد ترجیحات تصمیم گیرنده می باشد. برای مدل کردن این انتخابها، می توان دو تئوری کلی را بکار برد:

 تئوری مطلوبیت چند شاخصه [۴]

 تئوری تصمیم گیری چند معیاره [۵]

این دو تئوری رویکردهای متفاوتی را بکار می برند. اولی اولویتهای تصمیم گیرنده را با این فرض ضمنی مدل می نماید که هر تصمیم گیرنده سعی بر بیشینه سازی تابعی به نام تابع مطلوبیت دارد. این رویکرد در انتهای فاز انتخاب جواب هیچ جوابی با رتبه یکسان ارائه نمی نماید.

رویکرد دوم سعی بر بازتولید فرآیند انتخاب یک یا چند تصمیم گیرنده دارد.

مشکل دیگری که قبل از بهینه سازی باید با آن مواجه شویم، انتخاب روش بهینه سازی می

باشد. مسادل بهینه سازی چند هدفه به سه دسته تقسیم می شوند. این سه دسته عبارتند از:

---

<sup>1</sup> Pareto solutions

<sup>2</sup> Tradeoff surface