دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده صنایع و برنامه ریزی سیستمها

حل پارتو برای مساله زمانبندی سه هدفه کمینه‌کردن تعداد کار دیرکرددار، بیشینه زودکرد و بیشینه دیرکرد $1||N_T, E_{max}, T_{max}$

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

مجید روحانی

استاد راهنما

دکتر قاسم مصلحی

۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و برنامه ریزی سیستمها

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع آقای مجید روحانی

تحت عنوان

حل پارتو برای مساله زمانبندی سه هدفه کمینه‌کردن تعداد کار دیرکرددار، بیشینه زودکرد و بیشینه دیرکرد $1||N_T, E_{max}, T_{max}$

در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه — دکتر قاسم مصلحی

۲- استاد مشاور پایان‌نامه — دکتر مهدی بیجاری

۳- استاد داور — دکتر سید رضا حجازی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر مهدی بیجاری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هفت

فهرست اشکال و نمودارها ..... نه

فهرست جداول ..... ده

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مساله زمانبندی ۲

۱-۲- مساله زمانبندی تک ماشین ۴

۱-۳- روشهای حل مساله زمانبندی ۵

۱-۴- مساله زمانبندی چند هدفه ۶

۱-۴-۱- رویه‌های فراابتکاری در مساله زمانبندی چند هدفه ۷

۱-۴-۱- رویه‌های جستجوی دقیق در مساله زمانبندی چند هدفه ۹

۱-۵- طرح مساله و اهمیت آن ۱۱

۱-۶- نتیجه‌گیری ۱۳

فصل دوم: نمادها و قضایا

۲-۱- مقدمه ۱۴

۲-۲- تعریف نمادهای عمومی ۱۴

۲-۳- بیان قضایا ۱۶

۲-۴- حدود بالا و پایین ۲۲

۲-۵- نتیجه‌گیری ۲۳

فصل سوم: الگوریتم حل مساله $1||N_T, E_{max}, T_{max}$

۳-۱- مقدمه ۲۴

۳-۲- بررسی نحوه حل مساله $1||N_T, E_{max}, T_{max}$ با الگوریتم NET ۲۵

۳-۳- ترتیب استفاده از قضایا در الگوریتم NET ۲۹

۳-۴- الگوریتم NET ۳۰

۳-۴-۱- الگوریتم اصلی ۳۱

۳-۴-۲- الگوریتم پایه ۳۴

3-۴-3- الگوریتم ET ۳۷

۳-5- نتیجه‌گیری ۴۳

فصل چهارم: طراحی مساله و روش تست

۴-۱- مقدمه ۴۴

۴-۲- طراحی مساله ۴۴

4-3- طراحی روش آزمون و نتایج محاسباتی الگوریتم NET ۴۵

۴-۴- بررسی و مقایسه نتایج ۵۸

۴-۵- نتیجه‌گیری ۶۷

فصل پنجم: خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه ۶۸

۵-۲- خلاصه و نتایج حل مساله $1||N_T, E_{max}, T_{max}$ ۶۸

۵-۲-۱- ارایه قضایا و حدود ۶۹

۵-۲-۲-الگوریتم تعیین جوابهای کارا ۶۹

۵-۲-۳- طراحی مسایل و نتایج محاسباتی ۶۹

۵-۳- پیشنهادات ۶۹

فهرست منابع ۷۱

فهرست اَشکال و نمودارها

شماره	عناوین	صفحه
3-۱-	نمایی از حل مساله با الگوریتم NET	۲۷
۳-۲-	نمایی از درخت شاخه وکران ET	۲۸
۳-۳-	فلوچارت الگوریتم اصلی	۳۱
۳-۴-	فلوچارت الگوریتم پایه	۳۴
3-۵-	فلوچارت الگوریتم ET	۳۷
۴-۱-	زمان حل سریها	۵۱
۴-۲-	درصد گره‌های بررسی شده در سریها	۵۹
۴-۳-	درصد گره‌های حذف شده حد بالا	۶۰
۴-۴-	درصد گره‌های حذف شده حد پایین	۶۰
۴-۵-	درصد گره‌های حذف شده قضیه ۱، نق ۱و ن۱ در سریها	۶۱
۴-۶-	درصد رویداد نتیجه قضیه ۱ در سریها	۶۲
۴-۷-	درصد رویداد نکته ۱ در سریها	۶۳
۴-۸-	درصد رویداد قضیه ۱ در سریها	۶۳
۴-۹-	درصد رویداد قضیه ۲ در سریها	۶۴
۴-۱۰-	درصد رویداد قضیه ۳ در سریها	۶۴
۴-۱۱-	وضعیت گره‌ها در درخت پایه در حالت کلی	۶۵
۴-۱۲-	وضعیت الگوریتم ET در حالت کلی	۶۶
۴-۱۳-	وضعیت رویداد قضایا در حالت کلی	۶۶

فهرست جداول

جدول	عناوین	صفحه
	ده‌های مثال یک	
	داده‌های مثال یک	
	زان توابع هدف توالیهای MOOR,MST,EDD مثال یک	۲۷
	زان توابع هدف توالیهای MOORE,MST,EDD مثال یک	۲۶
	الیهای به دست آمده از اجرایجواب الگوریتم ET در گره E6	
		۲۹۸
	الیهای پارتو برای مثال حل شده با الگوریتم NET	
	توالیهای پارتو برای مثال حل شده با الگوریتم NET	۲۹
	زان R و τ مربوط به هر سری از مسایل	
	میزان R و τ مربوط به هر سری از مسایل	۴۵
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۱ ((R = 0.2 , τ = 0.2))	
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۲	۴-۴-۴۸-۳- نتایج بدست آمده از
	ئل سری ۲ (R = 0.4 , τ = 0.2)	۴۷
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۳	۴-۴-۴۹-۴- نتایج بدست آمده از
	ئل سری ۳ (R = 0.6 , τ = 0.2)	۴۸
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۴	۴-۴-۴۹-۵- نتایج بدست آمده از
	ئل سری ۴ (R = 0.8 , τ = 0.2)	۴۸
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۵	۴-۴-۵۰-۶-نتایج بدست آمده
	سائل سری ۵ (R = 1 , τ = 0.2)	۴۹
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۶	۴-۴-۵۰-۷-نتایج بدست آمده از
	ئل سری ۶ (R = 0.2 , τ = 0.4)	۴۹
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۷	۴-۴-۵۱-۸- نتایج بدست آمده از
	ئل سری ۷ (R = 0.4 , τ = 0.4)	۵۰
	یج بدست آمده از حل مسائل سری ۸	۴-۴-۵۱-۹- نتایج بدست آمده از
	ئل سری ۸ (R = 0.6 , τ = 0.4)	۵۰

Formatted: Font: (Default) +Headings CS, Complex Script Font: +Headings CS

نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۹ ..... ۴-۵۲-۱۰- نتایج بدست آمده
سائل سری ۹ ($R = 0.8 , \tau = 0.4$) ۵۱
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۰- ($R = 1 , \tau = 0.4$) ۵۲۱
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۱ ..... ۴-۵۳-۱۲- نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۱($R = 0.2 , \tau = 0.6$) ۵۲
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۲ ..... ۴-۵۳-۱۳- نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۲ ($R = 0.4 , \tau = 0.6$) ۵۲
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۳ ..... ۴-۵۴-۱۴-نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۳ ($R = 0.6 , \tau = 0.6$) ۵۳
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۴ ..... ۴-۵۴-۱۵- نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۴ ($R = 0.8 , \tau = 0.6$) ۵۳
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۵ 16 ..... ۴-۵۵-۱۶-نتایج بدست
حل مسائل سری ۱۵ ($R = 1 , \tau = 0.6$) ۵۴
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۶ ..... ۴-۵۵-۱۷-نتایج بدست آمده از
ل سری ۱۶ ($R = 0.2 , \tau = 0.8$) ۵۴
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۷ ..... ۴-۵۶-۱۸-نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۷ ($R = 0.4 , \tau = 0.8$) ۵۵
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۸ ..... ۴-۵۶-۱۹- نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۸ ($R = 0.6 , \tau = 0.8$) ۵۵
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۱۹ ..... ۴-۵۷-۲۰- نتایج بدست آمده
سائل سری ۱۹ ($R = 0.8 , \tau = 0.8$) ۵۶
نتایج بدست آمده از حل مسائل سری ۲۰ ..... ۴-۵۷-۲۱- نتایج بدست
حل مسائل سری ۲۰($R = 1 , \tau = 0.8$) ۵۶
نتایج کلی بدست آمده از حل بیست سری مساله ۵۸
نتایج کلی بدست آمده از حل بیست سری مساله ۵۷

چکیده:

این دیدگاه به دنبال کاهش دادن همزمان زودکرد و دیرکرد کارها می‌باشد (JIT)یکی از مباحث مهم در زمانبندی دیدگاه تولید به موقع که جزء مباحث زمانبندی چند هدفه طبقه‌بندی می‌شود. یکی از روش‌های حل مسایل چند هدفه ارائه جوابهای کارا به تصمیم‌گیرنده جهت انتخاب گزینه نهایی است. در این تحقیق مساله پیچیده کمینه کردن سه هدف تعداد کارهای دارای دیرکرد، بیشینه زودکرد کارها و بیشینه دیرکرد کارها برای تک ماشین($1||N_T, E_{max}, T_{max}$) به دلیل انطباق با سیستم تولید به موقع مورد بررسی قرار گرفته و یک رویه شاخه و کران جهت به دست آوردن جوابهای کارا و مرز پارتو ارائه شده است. ارایه حدود بالا و پایین مناسب، باعث کوچک شدن فضای قابل بررسی مسایل گردیده و همچنین توسعه اصول غلبه کارا و قضایای حدی موجب شده که رویه شاخه و کران به صورت کارا عمل نماید. به منظور تست و بررسی روش تعداد ۷۰۰ مساله تصادفی تولید و حل شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با این روش مسایلی تا ۲۵ کار قابل حل می‌باشند و کلیه جوابهای کارای آنها به دست می‌آید

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

فصل اول

مقدمه

ساله زمانبندی

مساله تخصیص منابع در طول زمان برای اجرای مجموعه‌ای از کارها، در وضعیت‌های مختلف مطرح
. این مساله با مدلهای ریاضی مرتبط است. در این رویکرد اهداف تصمیم گیری در قالب یک تابع هدف
و بیان موانع تصمیم‌گیری به صورت محدودیتهای مساله مطرح می‌شود.

آرمانی باید تابع هدف در برگیرنده تمام هزینه‌های سیستم برای اجرای برنامه باشد، در عمل اندازه‌گیری یا
شخص کردن کامل چنین هزینه‌هایی مشکل است. در عین حال، سه نوع از اهداف تصمیم‌گیری که در
ن مهمتر به نظر می‌رسند، ~~که~~ عبارتند از بهره‌برداری کارا از منابع، پاسخگوئی سریع به تقاضا و انطباق دقیق
تحویل با موعدهای تحویل تعیین شده. غالباً می‌توان از یک ضابطه مهم هزینه‌ای مربوط به سنجش عملکرد
مانند زمان بیکاری ماشین، زمان انتظار برای انجام کار یا تأخیر کار ~~بعنوان~~ به عنوان جانشینی برای هزینه کل
استفاده کرد و رویکردهای کمی به مسایل مربوط به این معیارها در همه نوشتارهای موجود در ~~هزینه~~ زمینه
ن یافت می‌شود. دو نوع ~~از محدودیتها~~ محدودیت مربوط به ~~امکانپذیر~~ امکان پذیری در مسایل زمانبندی ظاهر
. اولاً محدودیتهائی که در قابل دسترس بودن منابع وجود دارد. ثانیاً محدودیتهای تکنولوژیکی که در ترتیب

کارها وجود دارد. هدف از حل مسایل زمانبندی یافتن راه حلی امکانپذیرامکان پذیر برای این دو نوع
بت است. بطوربه طوری که حل هر مساله زمانبندی برابر با پاسخگوئی به این دو سئوال پرسش زیر است.

Formatted: Indent: Before: 0 cm, First line: 0 cm

ام منبع برای انجام کدام فعالیت تخصیص داده شود؟

فعالیت در چه وقت انجام شود؟

بنیاد مسایل زمانبندی به تصمیم‌گیری در مورد تخصیص منابع و توالی عملیات منحصر می‌شود. نوشتارهای
ی مملو از مدلهای ریاضی برای پاسخگوئی به این دو سئوال محدودیت تصمیم گیری است.
مهم زمانبندی فعالیتها و منابع هستند. در نوشتارهای مربوط به زمانبندی، منابع نوعاً بر حسب قابلیتهای کمی و
جود مشخص می شوند، بطوربه یکطوری که حتی محدودیت‌های تقدم و تاخر در زمانبندی، نشان دهنده نوع
هر منبع است. هر فعالیت برحسب اطلاعاتی از قبیل منبع مورد احتیاج، زمان پردازش، زمانی که انجام آن را
شروع کرد و موعد تحویل آن توصیف می‌شود. به علاوه مجموعه‌ای از فعالیتها را می‌توان برحسب
بتهای تکنولوژیکی با روابط تقدمی نسبت به یکدیگر، بیان کرد.

موعه فعالیتهای در دسترس برای زمانبندی در طول زمان تغییر نکند، سیستم، ایستا[1] نامیده می‌شود. در مقابل
ک فعالیت جدید به مجموعه کارها در طول زمان افزوده شود سیستم پویا[2] نامیده می‌شود. ثابت شده است که
مدلهای ایستا آسانتر از مدلهای پویا است و بررسی‌های گسترده‌تری در مورد آنها انجام شده است. مدلهای
یا اغلب ماهیت پیچیده‌تر سیستم‌های پویاایستا را به خود می‌گیرند و تحلیل مسایل ایستا اغلب اوقات به کشف
تکاری مناسبی انجامیده که در مدلهای پویا قابل تعمیم بوده است[1].

سیاری از پیشرفت های اولیه در حوزه زمانبندی ناشی از مسایل پدید آمده در زمینه ساخت بوده است. بنابراین،
یف مسایل زمانبندی از واژه‌های مربوط به ساخت استفاده شده است. هر چند هم اکنون زمانبندی در بسیاری
هائی که به ساخت مربوط نمی‌شود نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است ولی همچنان از واژه‌های
نیز در آن استفاده می‌شود. لذا منبع را معمولاً ماشین فرض می‌کنند و فعالیت را کار می‌نامند. در پاره‌ای از
کارها خود از چند فعالیت جزئی تشکیل شده است که بوسیلهبه وسیله محدودیتهای تقدمی با یکدیگر رابطه
ارند. چنین اجزائی را عملیات می‌نامند. بنابراین ممکن است مثلاًبرای مثال می‌توان یک مساله زمانبندی معاینه
سرپائی در یک کلینیک طبی مطرح می‌شود کرد که در آن سیستم به مفهوم کلی پردازش کار با ماشین
، شده استباشد.

[1]- Static System
[2]- Dynamic System

کلی مساله زمانبندی به ~~چند~~ دو شاخه اصلی تقسیم می‌شود[3][2,1]، ~~کهاین شاخه‌ها~~ عبارتند از:

، مربوط به زمانبندی تک ماشین

، مربوط به زمانبندی بیش از یک ماشین ~~در سیستم‌های جریان کارگاهی (Flow Shop)~~

~~، مربوط به زمانبندی بیش از یک ماشین در سیستم‌های کار کارگاهی (Job Shop)~~

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

ساله زمانبندی تک ماشین

ساده-ترین مساله توالی عملیات ، مساله‌ای است که در آن تنها یک منبع یا ماشین وجود دارد. با وجود ، حالت تک ماشینی به دلایل مختلف بسیار مهم است. اولاً مساله تک ماشینی به دلیل اینکه می‌تواند مجموعه از موضوع‌های مربوط به زمانبندی را به صورت مدلی انعطاف‌پذیر نشان دهد حائز اهمیت است. ثانیاً این اختاری را در بر می‌گیرد که با استفاده از آن می‌توان درباره بسیاری از معیارهای عملکرد و راه حلها تحقیق ا ~~سنگ~~ زیر بنای درک مفاهیم مربوط به زمانبندی را تشکیل می‌دهد و این درک سرانجام موجب تسهیل ی سیستم‌های پیچیده می‌شود. برای فهم کامل رفتار هر مدل پیچیده، عملکرد اجزاء آن اهمیت اساسی دارد و ساله تک ماشینی جزئی از اجزاء متشکله مساله زمانبندی بزرگتری را تشکیل می دهد. حتی می‌توان مساله تک جزئی را به طور مستقل حل کرد و سپس نتیجه را در حل مساله بزرگ تعمیم داد. برای مثال در فرآیند چند معمولاً یک ~~مرحله~~ گلوگاهی وجود دارد و با بررسی گلوگاه از طریق تحلیل تک ماشینی می‌توان مشخصه-امه زمانی کل را تعیین کرد.

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

، اساسی مساله زمانبندی تک ماشین به شرح ذیل می‌باشد:

عه n کار مستقل تک مرحله‌ای در زمان صفر برای پردازش در کارگاه موجود است.

آماده سازی کارها برای پردازش مستقل از ترتیب انجام آنهاست و می‌توان آن را ~~بعنوان~~ به عنوان بخشی از زمان ، در نظر گرفت.

صات کارها از پیش تعیین شده و قطعی است.

ماشین ~~بطور~~ به طور پیوسته در دسترس است و تا زمانی که کاری در انتظار پردازش است ماشین بیکار نگه ی‌شود.

ی که پردازش کاری روی ماشین شروع می-شود تا زمان تکمیل، عملیات بدون وقفه ادامه پیدا می‌کند.

ایل ممکن است شرایطی مطرح شود که بعضی از فرضیات بالا را به صورت زیر تغییر دهد[2]:

یهای دسته‌ای[1]، ورود همزمان چند کار~~با هم~~ که تمام ~~این کارها~~آنها با هم تشکیل یک عملیات بزرگتر را می-
تمامی فرضیاتی که در مساله برای یک کار ~~در نظر گرفته می‌شود~~تعیین شده برای این دسته نیز، در نظر گرفته

وابستگی در کارها و زمانهای پردازش، از جمله می‌توان به وابستگی به انجام کارهای دیگر[2]، وابستگی زمان
کارها به منابع[3]، وابستگی زمان نصب به توالی کارها[4] و ... اشاره کرد.
قطعیت در کارها[5] یا زمانهای پردازش[6]، در این حالت انجام دادن یا ندادن کار و یا زمان پردازش کارها به
احتمالی یا فازی هستند که وقوع یا عدم وقوع کار و یا میزان زمان پردازش کار وابسته به یک سری شرایط
شده در مساله است.
های ناهمزمان[7] (زمان آماده‌سازی)، در این حالت تمامی کارها در زمان صفر برای پردازش آماده نیستند و
ر زمانهای مختلف برای پردازش وارد کارگاه می‌شوند.
کیبی از ~~دو~~ دسته‌های بالا می‌توان یک شاخه اصلی از مسایلی که در زمانبندی ~~موجود دارند~~طرح هستند را
، وجود آورد[2].

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

روشهای حل مساله زمانبندی ~~تک هدفه~~

~~به~~طور کلی، روش‌های حل مساله زمانبندی ~~تک هدفه~~ را می‌توان به دو دسته الگوریتم‌های دقیق[8] و
م‌های ابتکاری[9] تقسیم کرد. یکی از ~~راههای~~ روشهای حل دقیق این نوع از مسایل استفاده از رویه شاخه و
است. رویه شاخه و کران با استفاده از یک سری اصل غلبه و حدود، به دنبال جواب بهینه می-گردد. هر چه
ل مساله از اصول غلبه کاراتری استفاده شود، زمان حل مساله کوتاه تر شده و مساله سریعتر به جواب بهینه می
ی معمولاً هر چه ~~میزان~~ تعداد کارها بیشتر شود، بر سختی مساله افزوده می شود و زمان حل مساله افزایش می

[1]- Batching Problem
[2]- Dependent Jobs
[3]- Resource-dependent job processing times
[4]- Sequence-dependent setup times
[5]- Uncertainly Jobs
[6]- Uncertainly Processing times
[7]- Release time
[8] - exact algorithms
[9] - heuristic algorithms
[10] - branch and bound

Formatted: Justified

تفاده از الگوریتم‌های شاخه و کران از دو رویه ردیابی پرشی[1] و ردیابی بازگشتی[2] می‌توان استفاده نمود . در ردیابی پرشی همه گره‌های ممکن دریک سطح ایجاد شده و سپس بهترین جواب با استفاده از حدود و به بهترین گره جهت ادامه حل انتخاب می‌شودشده و برای ادامه حل به آن گره می‌رود. در حالیکهحالی که بی بازگشتی ابتدا یک جواب تولید شده سپس به یک مرحله قبل بر می گردد و تمام جوابهای ممکن تولید . در ردیابی بازگشتی از حافظه کمتری برای حل مساله استفاده می‌شود بنابراین برای حل مسایل بزرگ از این تفاده می‌شود. راگتز [105]یک الگوریتم شاخه و کران برای مینیممکمینه کردن $\bar{T}$ – مجموع دیرکردها $\bar{T}$بر ک پردازنده با وجود زمانهای آماده سازی ارائهارایه کرد، نتایج نشان داد که الگوریتم تاثیر خوبی برای حل ا سایز کوچک دارد. ژیاپچوان‌لیو و چو [116]یک الگوریتم شاخه وکران برای حل مساله توالی عملیات با آماده‌سازی برای مینیممکمینه کردن مجموع دیرکردها $\bar{T}$ ارائهارایه کردند. الگوریتم‌های دقیق، -حتی برای با اندازه کوچک نیز نیازمند زمان محاسباتی بالایقابل ملاحظه‌ای هستند؛- این موضوع، اشکال اصلی و اساسی ریتم‌ها است.

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 12 pt, Complex Script Font: Times New Roman, 12 pt

ستیابی به جواب‌های خوب (نزدیک بهینه) در یک مدت زمان قابل قبول، الگوریتم‌های ابتکاری بسط و توسعه اند که از آن جمله می‌توان به رویه‌هایی مانند تعویض جفتی[3]، الگوریتم جستجوی ممنوع TS[4]، الگوریتم ورچگان ACO[5]، الگوریتم آنلینگ شبیه‌سازی شده SA[6] و الگوریتم ژنتیک GA[7] اشاره کرد.

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

ساله زمانبندی چند هدفه

~~زمانبندی، مساله‌ای است که در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه بوده است. مطالعات اخیر، بیشتر برروی توسعه ی ابتکاری برای حل این مساله متمرکز بوده است. از سوی دیگر، بحث زمانبندی چند هدفه بسیار جدید است سط دهه ۱۹۸۰ باز می‌گردد. از آنجائی که پایه و اساس زمانبندی چند هدفه و همچنین روش‌های حل آن، ی از زمانبندی تک هدفه است.~~ در بسیاری از مسایل با بهبود یکی از این معیارها نمی‌توان هدف حل مساله را ، کرد و نیاز است که دو یا چند معیار همزمان با یکدیگر بهبود یابند و در بیشتر اوقات این معیارها نسبت به ـ ناسازگار هستند و پیدا کردن جوابهایی که تمام معیارها را بهینه کند امکان‌پذیرامکان پذیر نیست که به همین

1 - Jump tracking
2 - Back tracking
3 - Pairwise exchange
4 - Tabu search alorithm
5 - Ant colony algorithm
6 - Simulated anneling algorithm
7 - Genetic algorithm

ین مسایل با عنوان ~~جزء~~ مسایل زمانبندی چند هدفه[1] طبقه‌بندی می‌شوند[47]. زمانبندی چند هدفه، مساله‌ای
ه در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه بوده است و شروع آن به اواسط دهه ۱۹۸۰ باز می‌گردد. مطالعات اخیر
زمینه به دلیل سریع‌تر بودن روشهای ابتکاری در رسیدن به جوابهای مناسب، بیشتر بر روی توسعه این روشها
بوده است. ~~مساله زمانبندی چند هدفه یکی از مسایلی است که در سالهای اخیر بسیار مورد بحث قرار گرفته~~
~~کی از معروفترین این مسایل، مساله تعیین توالی کارها جهت کمینه کردن همزمان زودکرد و دیرکرد است که~~
~~یاً در سیستمهای تولید به موقع کاربردهای فراوانی دارد[5] .[54]در مسایل چند هدفه مجموعه‌ای از جوابها~~
~~ارد که با توجه به مقادیری که هر جواب برای توابع هدف دارد برتری مطلقی نسبت به جوابهای دیگر ندارد~~
~~مجموعه، مجموعه جوابهای کارا نامیده می‌شود. در حل مسایل زمانبندی چند هدفه میزان تولید جوابهای کارا~~
~~ایه به تصمیم گیرنده[2] و تحلیل مساله از اهمیت بالایی برخوردار است.~~

ی که پایه و اساس زمانبندی چند هدفه، زمانبندی تک هدفه است بنابراین روش‌های حل آن نیز توسعه‌ای از
ی تک هدفه است. بیشتر مسایل زمانبندی جز مسایل پیچیده[3] هستند و با افزایش تعداد کارها زمان حل مساله
، افزایش می‌یابد، حال اگر مساله زمانبندی تک هدفه به یک زمانبندی چند هدفه تبدیل شود، مساله حالت
ری به خود گرفته و اگر هدفها با هم ناسازگار باشند رسیدن به جوابی که تمام هدفها را بهینه کند به علت
ری ما بین هدفها غیر ممکن است[47]. در این مسایل ~~چند هدفه~~ مجموعه‌ای از جوابها وجود دارد که با توجه
یری که هر جواب برای توابع هدف دارد برتری مطلقی نسبت به جوابهای دیگر ندارد که این مجموعه،
ه جوابهای -کارا نامیده می‌شود. در حل مسایل زمانبندی چند هدفه میزان تولید جوابهای کارا جهت ~~ارائه~~ارایه
م گیرنده[4] و تحلیل مساله از اهمیت بالایی برخوردار است. ~~مساله زمانبندی چند هدفه یکی از مسایلی است که~~
~~ای اخیر بسیار مورد بحث قرار گرفته است، یکی از معروفترین این مسایل، مساله تعیین توالی کارها جهت~~
~~ردن همزمان زودکرد و دیرکرد است که مخصوصاً در سیستمهای تولید به موقع کاربردهای فراوانی دارد~~
~~[5].~~

های اخیر، بسیاری از محققان، توابع هدف کمینه کردن زودکرد و دیرکرد کارها را به دلیل انطباق بیشتر با
های مدیریت در مسایل تعیین توالی و زمان‌بندی مورد توجه قرار داده‌اند[8]. یکی از مهمترین سیستم‌های
سیستم تولید به موقع JIT[5] است. بر اساس دیدگاه سیستم- تولید به موقع یکی از مهمترین اهداف تولید،

[1] - multi-objective scheduling problem
[2] ~~-Decision Maker~~
[3] - NP-hard
[4] -Decision Maker
[5] -Just In Time

تحویل به موقع محصول است. لذا بایستی تمامی فرآیندها و بخش‌های داخل سازمان طوری کار کنند که به وابگوی مشتریان داخلی خود باشند تا محصول نهایی به موقع به دست مشتری نهایی برسد که این هدف با کردن توابع مرتبط با دیرکرد کارها حاصل می‌شود. یکی دیگر از اهداف مهم در سیستم تولید به موقع کاهش ی درجریان ساخت می‌باشد که با کمینه کردن توابع مرتبط با زودکرد کارها حاصل می‌شود. بر همین اساس کمینه کردن همزمان سه تابع هدف بیشینه زودکرد(E_{max})، بیشینه دیرکرد(T_{max}) و تعداد کار د-دار(N_T) سازگار با این سیستم است.

مانبندی چند هدفه که در صنایع مختلفی به مانند چاپ، نساجی، داروسازی، شیمیایی، پتروشیمی و یکی کاربرد دارد[47]. گاگن و همکارانش [69] موارد کاربردی این مساله در صنایع ریخته‌گری که بایستی تمیزکاری قالب و سرد کردن جسم مذاب بعد از مذاب ریزی و تمیز کردن قالب قبل و بعد از مذاب‌ریزی ود را به تفسیر تفضیل نشان دادند و همینطورهمین طور بحثهای کاربردی بسیاری از این مساله را در مورد چاپ، نساجی، داروسازی، شیمیایی، پتروشیمی و متالورژیکی مطرح کردند. داس [710]، فرانکا [811] و [912] موارد کاربردی دیگری از این مساله را در زمینه صنعت پلاستیک‌سازی و ریخته‌گری آلومینیوم مطرح د. در بسیاری از کارگاههای تولیدی به دنبال کاهش هزینه‌های در جریان عملیات هستند، برای رسیدن به این ایستی تمام کارها در زمان مورد نظر وارد شده و پس از پردازش خارج شوند، بنابراین با تعریف یک مساله ی چند هدفه به دنبال کاهش زمان زودکرد و دیرکرد کارها به صورت همزمان هستند[8].

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

-رویه‌های فراابتکاری در مساله زمانبندی چند هدفه

رویه‌های فراابتکاری به دلیل پاسخگویی در زمان بسیار کم به مسایل چند هدفه به صورت گسترده‌ای برای مساله به کار رفته‌اند. گلوور و همکاران [13] یک رویه جستجوی ممنوع برای مساله معرفی شده توسط و وانستون [14] که شامل مینیمکمینه کردن هزینه‌های نصب و دیرکرد برای مساله زمانبندی یک ماشین با ی توالی کارها به نصب بود، ارائهارایه کردند. رابین و راگتز [15] یک الگوریتم ژنتیک برای مساله تعیین ا کار بر روی یک ماشین با وجود وابستگی توالی به نصب بطوربه یکطوری که مجموع زمانهای-دیرکردها کارها مینیمکمینه شود، ارائهارایه کردند. موراتا و همکاران [16] یک الگوریتم ژنتیک برای مساله زمانبندی ستم جریان کارگاهی با وجود m ماشین و سه هدف که شاملعبارتند از مینیمکمینه کردن زمان تکمیل نهایی، دیرکردها و مجموع زمان در جریان، ارائهارایه کردند. آنها با استفاده از ترکیبی از وزنهای مختلف تصادفی ، مختلف را به صورت یک تابع هدفسازگاری ثابت برای تهیه مرز پارتوبهینه، در آوردند. یک همچنین رویه

هم توسط هورن و همکاران ارائهارایه شده است[17]. موراتا و همکارنش بر روی این مساله کارهای انجام دادند و آن را گسترش دادند بطوربه یکهطوری که موراتا و ایشیبوچی [18] و همچنین ایشیبوچی و [19] تحقیقات بیشتری برای بهبود این مساله انجام دادند. مارت و رایت [20] یک مقایسه بین رویه‌های لینگ شبیه‌سازی شده و جستجوی ممنوع در حل مساله‌های چند هدفه انجام دادند. چوی و چوی [21]، یک م جستجوی محلی برای یک مساله کار کارگاهی با وجود کارهای انتخابی و توالی وابسته به نصب در جهت مینه کردن زمان تکمیل نهایی ارائهارایه کردند. سارکر و همکاران [22]، برای مسایل بهینه‌یابی چند هدفه ی که بر اساس مرز پارتو کار می‌کنند را آنالیز کرده و یک الگوریتم تکاملی جهت از بین بردن گزینه‌های در هر زاد و ولد ارائهارایه کردند. نتایج نشان داد که تعداد گزینه‌های ناچیره در طی مراحل زایش با یک ابت افزایش می‌یابد. رابادای و همکارانش [23] یک الگوریتم آنالیز آنلینگ شبیه‌سازی شده به منظور ی n کار با زمان تحویل کلی برای تمامی کارها بر روی یک ماشین و با در نظر گرفتن وابستگی توالی به زمان ای مینیمکمینه کردن مجموع زودکرد و دیرکرد ارائهارایه کرد. ونگ و سدانی [24] برای مساله زمانبندی د و دیرکرد بدون در نظر گرفتن وابستگی توالی به زمان نصب و با وجود زمانهای تحویل متفاوت برای کارها، گوریتم جستجوی ممنوع ارائهارایه کردند. تحقیقهای متنوع دیگری نیز در زمینه زمانبندی چند هدفه تا قبل از ۲۰ با استفاده از رویه‌های فراابتکاری انجام شده است که سرینیواس و دب [25]، کزیزاک و جاسزکیویس لونگو و همکاران [27]، نولس و کورن [28] و جاسزکیویس [29] از آن جمله هستند.

~~سزکیویس [29] یک الگوریتم ژنتیک برای جستجوی محلی در مسایل زمانبندی چند هدفه ارائه کرد و د که این رویه جوابهای بهتر و سریعتری را به اینگونه مسایل می‌دهد.~~

کیلب و اسمیت [30] یک الگوریتم ابتکاری جستجوی محلی برای مینیمکمینه کردن مجموع دیرکرد بر ک ماشین ارائهارایه کردند، آنها الگوریتم ارائهارایه شده را با استفاده از یک سری مساله تولید شده با رویه- لیز آنلینگ شبیه‌سازی شده ، الگوریتم ژنتیک، مقایسه جفتی، شاخه و کران و خانه مورچگان مقایسه کرده و پذیری آن را نشان دادند. سروش [31] یک رویه ابتکاری برای مینیمکمینه کردن همزمان تعداد کارهای زودکرددار و تعداد کارهای دارای دیرکرددار ارائهارایه کرد. ریم [32] یک رویه ابتکاری ادغامی برای مینه کردن زودکرد و دیرکرد بر روی یک ماشین ارائهارایه کرد. چوبینه و همکاران [4] یک الگوریتم ی ممنوع برای تعیین توالی بر روی یک ماشین با وجود وابستگی توالی به زمانهای نصب برای مینیمکمینه سه معیار زمان تکمیل نهایی، تعداد کارهای دارای تاخیر دیرکرددار و مجموع دیرکردها کل زمان تاخیر ه کردند. جونز و همکارانش [33] یک مرور کامل بر روی رویه‌های مختلف فراابتکاری درکه بر روی

چند هدفه انجام داده‌اند. جاسزکیوی[34] تحقیقات بسیاری را در زمینه الگوریتمهای فراابتکاری ~~بهینه‌یابی~~ برای مسایل چند هدفه انجام داد و نشان داد که در مجموع در بین رویه‌های فراابتکاری حل مساله چند هدفه م ژنتیک جوابهای بهتر و در زمان کمتری به این مسایل می‌دهد. چینگ و چنگ [35] یک رویه ترکیبی ری جستجوی ممنوع و جستجوی متغیر همسایگی برای ~~مینیمکمینه~~ کردن توام زودکرد و دیرکرد توالی ر روی تک ماشین را ~~ارائهارایه~~ کردند. در این تحقیق با استفاده از حل ۲۸۰ مساله معیار نشان داده شد که م ترکیبی ~~ارائهارایه~~ شده کارایی بسیار بالایی در حل مساله ~~مینیمکمینه~~ کردن زودکرد و دیرکرد، نسبت به ی دیگر ~~ارائهارایه~~ شده دارد. شابتای [36] مساله توالی تک ماشین برای ~~مینیمکمینه~~ کردن هزینه زودکرد و با در نظر گرفتن دو نوع زمان تحویل را مورد مطالعه قرار داد. حالت اول این بود که تمامی کارها دارای زمان یکسان باشند و در حالت دوم، ~~این بود که~~ زمانهای تحویل متفاوت برای کارها وجود داشته باشد. بامن و س [37] یک الگوریتم ابتکاری برای ~~مینیمکمینه~~ کردن هزینه زودکرد و دیرکرد توالی کارها بر روی تک ~~ارائهارایه~~ کردند. اسکالر و گوپتا [38] یک الگوریتم شاخه و کران و یک الگوریتم ابتکاری برای ~~مینه~~ کردن ~~ماکسیمیشینه~~ زودکرد و دیرکرد ~~برای توالی کارها~~ بر روی تک ماشین با وجود زمان نصب ، برای کارها ~~ارائهارایه~~ کردند. اسکالر و گوپتا الگوریتم شاخه و کران را برای مسایل با اندازه کوچک و م ابتکاری را برای مسایل با اندازه بزرگ استفاده کردند.

-رویه‌های جستجوی دقیق در مساله زمانبندی چند هدفه

رویکردهای حل دقیق چند هدفه بر اساس نیازهای حل مساله به سه دسته اصلی زیر تقسیم می‌شوند [39]:

د توابع ثانویه[1]؛ در این رویکرد یک تابع هدف اصلی وجود دارد و مابقی توابع هدف به عنوان محدودیت طرح می‌شوند. هدف در این رویکرد پیدا کردن بهترین جواب برای تابع اصلی با وجود محدودیتهای مساله

د تابع هدف خطی[2]؛ در این رویکرد یک تابع هدف خطی از مجموع وزنی توابع هدف به وجود آمده و مساله حالت تک هدفه تبدیل می‌شود.

د پارتو[3]؛

[1]-Secondary Function Approach
[2]-Linear Objectives Function Approach
[3]-Pareto Approach

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt
Formatted: Font: (Default) +Headings CS, 13 pt, Complex Script Font: B Zar, 13 pt
Formatted: Normal, Left-to-right, Indent: Before: 0 cm, First line: 1 cm
Formatted: Font: 11 pt, Bold, Complex Script Font: 11 pt, Bold
Formatted: Font: (Default) +Headings CS, Bold, Complex Script Font: B Zar, Bold
Formatted: Font: 11 pt, Bold, Complex Script Font: 11 pt, Bold
Formatted: Font: 11 pt, Bold, Complex Script Font: 11 pt, Bold, Not Superscript/ Subscript
Formatted: Font: (Default) +Headings CS, Bold, Complex Script Font: B Zar, Bold, Not Superscript/ Subscript
Formatted: Font: 11 pt, Bold, Complex Script Font: 11 pt, Bold
Formatted: Font: 11 pt, Bold, Complex Script Font: 11 pt, Bold, Not Superscript/ Subscript
Formatted: Indent: Before: 0 cm
Formatted: Font: (Default) +Headings CS, Bold, Complex Script Font: B Zar, Bold, Not Superscript/ Subscript
Formatted: Font: 11 pt, Bold, Complex Script Font: 11 pt, Bold

رویکرد تمامی توابع هدف مساله از اهمیت یکسان برخوردارند و با یکدیگر هم‌ارز هستند. در این رویکرد مامی توابع هدف مدنظر است و هدف پیدا کردن مرز پارتو توابع مساله است. حل مسایل چند هدفه با این موجب می‌شود که تمامی جوابهای کارای مساله ~~بدستبه~~ دست آید.

ای بسیاری در زمینه حل دقیق مسایل چند هدفه تک ماشین انجام شده است. هک و رابرت [40] یک رویه ل مساله دو هدفه کمینه کردن مدت زمان جریان ساخت و بیشینه دیرکرد ~~ارائه~~ارایه نمودند، که در آن معیار یرکرد تابع ثانویه مساله می‌باشد. امونس [41] یک رویه زمانبندی برای مساله دو هدفه، کمینه کردن مدت ریان ساخت و تعداد کار دیرکرددار ~~ارائه~~ارایه نمود که در آن معیار تعداد کار دیرکرددار تابع ثانویه می‌باشد.گلدر و واسنهول [42] یک رویه حل برای مساله کمینه کردن مدت زمان جریان ساخت و بیشینه به منظور پیدا کردن تمامی جوابهای کارا مساله و مرز پارتو آن ~~ارائه~~ارایه کردند. نلسون و همکاران [43] گوریتم حل دقیق سه هدفه زمانبندی تک ماشین برای کمینه کردن سه معیار مدت زمان جریان ساخت، تعداد کرددار و ~~بیشینه زمان دیرکرد~~بیشینه دیرکرد ~~ارائه~~ارایه کردند. نلسون و همکارانش در این تحقیق ابتدا سه و هدفه (بیشینه دیرکرد و تعداد کار دیرکرددار)،(مدت زمان جریان ساخت و تعداد کار دیرکرددار)،(مدت ریان ساخت و بیشینه دیرکرد) با رویکرد پارتو حل کردند و سپس با استفاده از جوابهای ~~بدستبه~~ دست آمده تو را برای مساله سه هدفه (بیشینه دیرکرد ، تعداد کار دیرکرددار ، مدت زمان جریان ساخت) ~~بدستبه~~ دست . در این تحقیق مساله کمینه کردن مدت زمان جریان ساخت و بیشینه دیرکرد با استفاده از الگوریتم ~~ارائه~~ارایه سط گلدر و همکارش حل شده و برای یافتن مرز پارتو دو مساله کمینه کردن بیشینه دیرکرد و تعداد کار دار و کمینه کردن مدت زمان جریان ساخت و تعداد کار دیرکرددار یک الگوریتم شاخه و کران مجزا شده است. فری و همکاران [44] یک مساله زمانبندی سه هدفه کمینه کردن ~~میانگین زمان~~مجموع زودکردها ~~میانگین زمان دیرکرد کارها~~مجموع دیرکردها و میانگین زمان درجریان ساخت کارها را با رویکرد تابع هدف ل کردند. ایشان مساله را با دو روش شاخه و کران و برنامه‌ریزی عدد صحیح برای حداکثر ۱۵ کار حل کرده ~~بدستبه~~ دست آمده را با هم مقایسه کردند. نتایج نشان داد که رویه شاخه وکران جوابهای بهتری در زمان این مساله می‌دهد. لی و وایراکتاراکیس [45] نشان دادند که مساله کمینه کردن توابع هم‌ارز بیشینه زودکرد کار دیرکرددار جز مسایل پیچیده محسوب می‌شود. کونداکی و بکیروقلو [46] یک رویه برای پیدا کردن تو برای مساله کمینه کردن مدت زمان جریان ساخت و تعداد کار دیرکرددار ~~ارائه~~ارایه کردند. رویه ~~ارائه~~ارایه الهای با ابعاد ۳۰ کار را می‌تواند در زمان حل قابل قبول حل کند. کوکسالان و همکاران [47] یک رویه ا کردن مرز پارتو برای مساله کمینه کردن مدت زمان جریان ساخت و بیشینه زودکرد ~~ارائه~~ارایه کردند.

همکارش سو [48] مساله کمینه کردن تعداد کار دیرکرددار و بیشینه زمان تاخیر به منظور تعیین مرز پارتو
زمانهای آماده‌سازی[1] حل کرده و مرز پارتو را برای آن تا حداکثر ۵۰ کار را بدست‌به دست آوردند. در این
بتدا یک رویه برای یافتن کمینه تعداد کار دیرکرددار با وجود زمانهای آماده‌سازی ارائهارایه شده و سپس
م شاخه و کران برای یافتن جوابهای کارا مورد استفاده قرار می‌گیرد که حد پایین درخت حل، کمینه تعداد
کرددار است. در این تحقیق دلیل انتخاب معیار بیشینه تاخیر، تاثیر این معیار بر روی معیارهای دیگر از جمله
یرکرد و زمان کل انجام کارها عنوان شده است. تادی و همکاران [49] از یک رویه مشابه رویه گلدر برای
اله کمینه کردن بیشینه دیرکرد و مجموع دیرکردها میانگین زمان دیرکرد کارها استفاده کرده و یک الگوریتم
کران برای حل این مساله ارائهارایه نموده‌اند. استینر واستیفنسون [50] برای مساله کمینه کردن بیشینه تاخیر و
مان وزنی جریان ساخت از رویه‌ای مشابه رویه تادی برای حل استفاده کرده است. رویه ارائهارایه شده مساله-
داکثر ۵۰ کار را می‌تواند در زمان حل قابل قبول حل کند. چن و شین [51] یک رویه برای یافتن مرز پارتو
ه هدفه کمینه کردن مجموع دیرکردها، میانگین زمان دیرکرد کارها، مجموع زودکردها میانگین زمان
کارها و تعداد کار دیرکرددار ارائهارایه کردند. ایشان ابتدا مساله سه هدفه را با جمع زدن دو معیار مجموع
ها میانگین زمان زودکرد کارها و مجموع دیرکردها میانگین زمان دیرکرد کارها به یک مساله دو هدفه
کردن مجموع میانگین زمان دیرکرد کارها و میانگین زمان زودکردها کارها و کمینه کردن تعداد کار
دار تبدیل کردند، سپس مرز پارتو را برای این مساله دو هدفه جستجو کردند. در این تحقیق برای حل مساله
درخت شاخه و کران مشابه رویه ارائهارایه شده توسط نلسون، استفاده شده است. این رویه قادر به حل مسایل
ثر ۳۰ کار در زمان حل قابل قبولی است. امین نیری و مصلحی [5452] مساله تک ماشین دو هدفه کمینه
بشینه زودکرد و بیشینه دیرکرد را با رویکرد تابع هدف خطی حل کردند. ایشان تابع خطی مجموع بیشینه‌های
. و دیرکرد را با نماد ET_{max} معرفی کردند و مساله را با یک الگوریتم شاخه وکران و یک روش ابتکاری
ی مساله حل کردند. از آنجایی که مجموع بیشینه زودکرد و دیرکرد یک معیار نامنظم است، با استفاده از
عمدی می‌توان به جواب‌های بهتری دست‌یافت. توکلی‌مقدم و همکاران [5253] یک الگوریتم بهینه برای
آوردن مقدار بیکاری عمدی در یک توالی معلوم با درنظرگرفتن معیار ET_{max} ارائهارایه نمودند. در ادامه با
از این الگوریتم، توکلی‌مقدم و همکاران [5354] با به‌کارگیری حدود بالا و پایین و اصول غلبه مناسب یک
م شاخه وکران برای این مساله توسعه داده‌اند.

[1]-Ready time

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

طرح مساله و اهمیت آن

~~به طور کلی سه تابع هدف کمینه کردن بیشینه زودکرد ، کمینه کردن بیشینه دیرکرد و کمینه کردن تعداد کار دار در اکثر مسایل چند هدفه زمانبندی به عنوان یکی از اهداف حل مساله انتخاب شده‌اند. این مساله نشان کاربرد بالای این توابع هدف در مسایل چند هدفه می‌باشد.~~ یکی از مهمترین کاربردهای توابع هدف مرتبط با ئردن زودکرد و دیرکرد کارها در سیستم تولید به موقع می‌باشد. در واقع این سیستم به دنبال وضعیتی است که کلیه کارها و فعالیتها سر موعد تحویل تعیین شده انجام شوند. به همین علت در این سیستم بایستی به طور هم بر روی دیرکرد کارها و هم بر روی زودکرد کارها نظارت داشت و در جهت کمینه کردن هر دوی آنها اشت. کمینه کردن دیرکرد کارها در جهت کاهش عدم تحویل دیرتر از موعد کارها و فعالیتها حرکت می- ر حالی که کمینه کردن زودکرد کارها در جهت کاهش موجودی در جریان ساخت و موجودی نهایی می‌کند. این دو هدف در حالت کلی دارای تعارض نسبت به یکدیگر هستند. در واقع برای کمینه شدن ی در جریان ساخت و یا موجودی نهایی بایستی کارها در موعد تحویل یا بعد از آن به اتمام برسند تا میزان . کارها به سمت صفر میل کند که اتمام کارها پس از موعد تحویل آنها موجب دیرکرد آنها می‌شود و بر رای کمینه شدن تحویل دیرتر از موعد، بایستی کارها در موعد تحویل یا قبل از آن به اتمام برسند تا میزان ها به سمت صفر میل کند که اتمام کارها قبل از موعد تحویل آنها موجب افزایش زودکرد کارها می‌شود. توابع مرتبط باکمینه کردن زودکرد و دیرکرد کارها فقط در حالت اتمام منطبق بر موعد تحویل با یکدیگر در نیستند. به همین علت مساله تعیین توالی کارها که توابعی از جنس زودکرد و دیرکرد را کمینه کند، یک ند هدفه محسوب شده و حل آن بسیار دشوار است.

کلی سه تابع هدف کمینه کردن بیشینه زودکرد ، کمینه کردن بیشینه دیرکرد و کمینه کردن تعداد کار دار در اکثر مسایل چند هدفه زمانبندی به عنوان یکی از اهداف حل مساله انتخاب شده‌اند. این مساله نشان کاربرد بالای این توابع هدف در مسایل چند هدفه می‌باشد. حل مساله زمانبندی تک ماشین پایه با در نظر سه معیار هم‌ارز بیشینه زودکرد، بیشینه دیرکرد و ~~تعداد کارهای دارای~~ تعداد کار دیرکرددار~~تاخیر~~ می‌تواند ، کلیه جوابهای کارا را با این سه معیار مهم به تصمیم‌گیرنده ~~ارائه~~ارایه کند. در تحقیقات صورت گرفته بر ساله زمانبندی چند هدفه، تحقیقهای بسیار کمی وجود دارد که دارای بیش از دو هدف باشند.~~به علت~~ ~~ی مساله زمانبندی دو هدفه کمینه کردن بیشینه زودکرد و تعداد کار دیرکرددار[45]، مساله سه هدفه کمینه بیشینه زودکرد، بیشینه دیرکرد و تعداد کار دیرکرددار نیز دارای پیچیدگی است. با توجه به تحقیقات صورت هیچ تحقیقی تاکنون بر روی مسأله زمانبندی تک ماشین برای تعیین مرز پارتو سه تابع هدف کمینه کردن~~