دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها

بررسی مسأله زمان‌بندی گروهی تک‌ماشین با فرض زوال تکه‌ای و با تابع هدف کمینه کردن مجموع دیرکرد

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

فاطمه بشارتی مقدم

استاد راهنما

دکتر فریماه مخاطب رفیعی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی صنایع خانم فاطمه بشارتی

تحت عنوان

بررسی مسأله زمان‌بندی گروهی تک‌ماشین با فرض زوال تکه‌ای و با تابع هدف کمینه کردن مجموع دیرکرد

در تاریخ۰۷ /۹۰/۱۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر فریماه مخاطب رفیعی
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر مهدی بیجاری
۳- استاد داور	دکتر قاسم مصلحی
٤- استاد داور	دکتر ناصر ملاوردی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مهدی بیجاری

سپاسگزاری

سپاس مخصوص خداوند مهربان که به انسان توانایی و دانایی بخشید تا به بندگانش شفقت ورزد، مهربانی کند و در حل مشکلاتشان یاری شان نماید. احترام خویش بگیرد و آسایش مردمان را همواره مدنظر داشته باشد و در این خصوص از بازنگیرد و خوشنود باشد که پروردگار سریع و بصیر است.

سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم برسم و از هیچ محبتی در این خانواده دریغ نکرد و حال زندگیم را قوت قلب بود.

با سپاس از وجود مقدس خانواده عزیزم، پدر و مادر، بکلا در تمام امور زندگی و تحصیل همواره پشتیبان و راهنمای من بوده اند و بلایای فراوان از عمر وی بزرگوارم و همسر عزیزشان که همواره پشتیبان و دلگرمی تحصیل دانشگاهیم بوده اند.

از زحمات بی دریغ استاد راهنما، جناب آقای دکتر [redacted] که در راستای انجام این پایان نامه تحسین و قدردانی می نماید، جناب آقای دکتر [redacted] که همواره راهنمای بنده در کلیه امور تحصیلات تکمیلی این جانب را در انجام این پروژه راهنمایی نمودند کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر [redacted] و جناب دکتر [redacted] داوری پایان نامه را تقبل نمودند تشکر و قدردانی مونفانه تمام اساتید محترم دانشکده مهندسی صنایع به خاطر آموزش و راهنمایی های مفیدشان در تحصیل این جانب صمیمانه و از ته قلب سپاسگزاری می نمایم.

از تمامی دوستان عزیز به خاطر همکاری در انجام پایان نامه کمال تشکر را دارم و برای تمامی این عزیزان و تمامی کسانی که در به ثمر نشاندن این اثر بنده را یاری نموده اند آرزوی سربلندی و موفقیت می کنم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکـارات و نـوآوری‌هـای ناشـی از تحقیـق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

به پاس تعهد بی مرز عظیم و انسانی شان از کلیه ایثار و از خودگذشتگان

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱۰
فصل اول ۱۱
مقدمه ۱۱
۱-۱ تعریف مسأله ۱۳
۱-۲ موارد کاربرد ۱٤
۱-۳ مروری بر مطالب ۱۵
۱-۴ نتیجه گیری ۱٦
فصل دوم ۱۷
مروری بر ادبیات موضوع ۱۷
۲-۱ مقدمه ۱۷
۲-۲ تعاریف ۱۷
۲-۳ طبقه بندی مسائل زمان بندی با فرض زوال کارها ۲۰
۲-۴ زمانبندی تک ماشین با فرض زوال خطی ۲۳
۲-۴-۱ زوال خطی افزایشی ۲٤
۲-۴-۱-۱ تحقیقات انجام شده در رابطه با زوال خطی افزایشی ۲٤
۲-۴-۲ زوال خطی کاهشی ۲۷
۲-۴-۲-۱ تحقیقات انجام شده در رابطه با زوال خطی کاهشی ۲۸
۲-۵ زمانبندی تک ماشین با فرض زوال غیرخطی ۲۹
۲-۵-۱ زوال تکه‌ای ۲۹
۲-۵-۲ زوال غیرخطی نمایی ۳۱
۲-۶ زمانبندی تک ماشین با فرض تکنولوژی گروهی ۳۳
۲-۶-۱ تولیدات چند محصولی و غیرانبوه ۳٤
۲-۶-۲ روشهای طبقه بندی و تشکیل خانواده قطعات ۳٦
۲-۶-۲-۱ بازرسی چشمی ۳٦
۲-۶-۲-۲ فهرست اسامی و کارکردها ۳٦
۲-۶-۲-۳ گروهبندی و کدگذاری براساس خصوصیات طراحی و تولید قطعات ۳٦
۲-۶-۳ تحقیقات انجام شده در زمینه تکنولوژی گروهی ۳۸
۲-۷ زمانبندی تک ماشین با فرض زوال و تکنولوژی گروهی ۳۹
۲-۸ معرفی الگوریتم ژنتیک ٤۱
۲-۸-۱ عناصر اساسی الگوریتمهای ژنتیک ٤۳
۲-۹ الگوریتم الکترومغناطیس ۴۴
۲-۹-۱ روش $r-k$ ٤۷
۲-۱۰ نتیجه‌گیری ٤۷
فصل سوم ۴۹

کمینه کردن مجموع دیرکرد در مسأله تک ماشین با فرض زوال تکه ای و تکنولوژی گروهی ۴۹
۳-۱ مقدمه ٤٩
۳-۲ تعریف مسأله ٤٩
۳-۳ رویکرد شاخه و کران ۵۱
۳-۳-۱ حد بالا ۵۲
۳-۳-۱-۱ الگوریتم حد بالا بر اساس الگوریتم ژنتیک ۵۲
۳-۳-۲ حد پایین ٥٤
۳-۳-۲-۱الگوریتم LB ٥٤
۳-۳-۳ اصول غلبه ٥٦
۳-۴ نتایج محاسباتی ۵۹
۳-۴-۱ نحوه تولید مسأله ۵۹
۳-۴-۲ نتایج حل ٦١
۳-۵ نتیجه گیری ۷۱
فصل چهارم ۷۲
مقایسه روشهای شاخه و کران، الگوریتم ژنتیک و الکترومغناطیس ۷۲
۴-۱ مقدمه ۷۲
۴-۲ الگوریتم ترکیبی GA و EM ۷۳
۴-۳ مقایسات نتایج محاسباتی در مقیاس کوچک ٧٤
۴-۴ مقایسات نتایج محاسباتی در مقیاس بزرگ ۸۱
۳-۵ نتیجه گیری ٨٦
فصل پنجم ۸۷
نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۷
۵-۱ مقدمه ۸۷
۵-۲ بررسی مسأله ۸۸
۵-۳ پیشنهادات برای پژوهش های آتی ۸۸
مراجع ۹۰

چکیده

در اکثر مسائل زمان‌بندی فرض می‌شود که مدت زمان پردازش کارها ثابت هستند. این فرض در بسیاری از محیط‌های تولیدی صحیح نیست و در عمل به محیط‌هایی برخورد می‌شود که عوامل مختلف بر روی مدت زمان پردازش تأثیر گذاشته و موجب افزایش یا کاهش آن می‌شوند. بنابراین در نظر گرفتن مدت زمان پردازشی که مقدار آن بستگی به زمان شروع فعالیت داشته باشد، منطقی به نظر می‌رسد.همچنین مفهوم تکنولوژی گروهی نیز با گروه‌بندی بخش‌ها و محصولات متفاوت با فرآیندهای تولیدی و طرح‌های مشابه، باعث افزایش کارایی و بازدهی تولید می‌شود.لذا در این تحقیق، مسأله زمان‌بندی در یک محیط با در نظر گرفتن تکنولوژی گروهی بررسی شده است.

از میان معیارهای گوناگون مسائل زمان‌بندی، تابع هدف مجموع دیرکرد ،کاربرد عملی فراوانی در محیط‌های تولیدی و صنعتی دارد. علت این امر به دلیل متناظر بودن این تابع هدف با هزینه جبران دیرکرد در خط تولید و مونتاژ و در اکثر مواقع معادل هزینه از دست دادن مشتری می‌باشد. این مطالعه به بررسی مسأله زمان‌بندی تک ماشین با کارهای رو به زوال (زوال غیر خطی –تکه‌ای) و در نظرگرفتن تکنولوژی گروهی با معیار کمینه کردن مجموع دیرکرد می‌پردازد .

با توجه به اینکه مسأله مورد نظر NP-hard است و امکان ارائه حل بهینه برای مسأله در مدت زمان معقول در اندازه‌های بزرگ وجود ندارد، به همین دلیل برای حل مسأله، از یک رویکرد شاخه و کران برای مسائل با اندازه‌های کوچک استفاده شده است.درتحقیق انجام شده با ارائه حدبالا، حدپایین و اصول غلبه کارا مسائل تا تعداد ۲۵ کار با ۵ گروه به صورت بهینه حل شده است و در تعداد کار ۲۵ با ۱۲ گروه و نیز در تعداد بالاتر روش شاخه و کران در محدوده زمانی ۳۶۰۰ ثانیه قادر به حل مسأله نمی‌باشد. حد بالای استفاده شده در تحقیق مورد نظر الگوریتم ژنتیک با عملگرهای تقاطع و جهش در نظر گرفته شده است. همچنین مسائل در مقیاس بزرگ با استفاده از روش ترکیبی الکترومغناطیس و الگوریتم ژنتیک حل شده و جواب حاصل از روش ترکیبی با روش الگوریتم ژنتیک از نظر کیفیت جواب و مدت زمان حل با هم مقایسه شده اند. نتایج بدست آمده نشان دهنده عملکرد بهتر الگوریتم ژنتیک از نظر کیفیت جواب حاصل شده می‌باشد.

کلمات کلیدی:

زمان‌بندی ، شاخه و کران، زوال ، تکنولوژی گروهی

فصل اول

مقدمه

زمان‌بندی[1] و تعیین توالی عملیات یکی از مسائل مهم در برنامه‌ریزی تولید بوده و کاربردهای زیادی در واحدهای تولیدی و خدماتی دارد.در واقع مسأله توالی عملیات، به تنهایی یک مسأله خاص زمان‌بندی است که در آن تعیین ترتیب کارها یک برنامه زمانی کامل را تشکیل می‌دهد. به علاوه ساده‌ترین مسأله توالی عملیات ، مسأله ای است که در آن تنها یک منبع یا ماشین وجود دارد. با وجود سادگی، حالت تک ماشینی به دلایل مختلف بسیار مهم است . اولاً در فرآیند یادگیری، مسأله تک ماشینی حائز اهمیت است. زیرا می‌تواند مجموعه متنوعی از موضوع‌های مربوط به زمان‌بندی را به صورت مدلی تغییر پذیر نشان دهد. این مسأله ساختاری را در برمی‌گیرد که با استفاده از آن می‌توان درباره بسیاری از معیارهای عملکرد و راه‌حل‌ها تحقیق کرد. لذا سنگ بنای درک فراگیر مفاهیم مربوط به زمان‌بندی را تشکیل می‌دهد و این درک سرانجام موجب تسهیل مدلسازی سیستم‌های پیچیده می‌شود. برای فهم کامل رفتار هر مدل پیچیده، عملکرد اجزاء متشکله، مسأله زمان‌بندی بزرگتری را تشکیل می‌دهد. حتی گاهی اوقات می‌توان مسأله تک ماشینی جزئی را به طور مستقل حل کرد و سپس نتیجه را در حل مسأله بزرگ تعمیم داد. برای مثال در فرآیند

[1] Scheduling

چند عملیاتی معمولاً یک مرحله گلوگاهی وجود دارد و با بررسی گلوگاه از طریق تحلیل تک ماشینی می‌توان مشخصه‌های برنامه زمانی کل را تعیین کرد. در برخی دیگر از موارد سطح مطلوب تصمیم‌گیری ممکن است ایجاب کند که تسهیلات پردازشی در مجموع به عنوان یک منبع واحد در نظر گرفته می‌شود.

مسائل زمان‌بندی براساس نوع کارگاه به ۷ دسته زیر تقسیم می‌شود[۱].

۱- تک ماشین[۱]

۲- ماشین‌های موازی[۲]

۳- جریان کارگاهی[۳]

۴- تولید کارگاهی[۴]

۵- سیستم تولید انعطاف پذیر[۵]

۶- تولید سلولی[۶]

۷- خط مونتاژ

مسائل زمان‌بندی براساس قطعیت داده‌ها به دو دسته قطعی و احتمالی تقسیم می‌شوند. در حالت قطعی، کلیه پارامترها و متغیرهای موجود در مسأله به صورت قطعی در دسترس می‌باشند و در حالت احتمالی، حداقل یک متغیر غیر قطعی می‌باشد. به این حالت فازی[۷] نیز می‌گویند.

مسائل زمان‌بندی براساس نوع ورود قطعات به دو دسته سیستم‌های ایستا[۸] و پویا[۹] تقسیم می‌شوند. سیستم‌های ایستا به حالتی گفته می‌شود که کلیه کارهای موجود برای زمان‌بندی در طول زمان تغییر نکند و ثابت باقی بماند. سیستم‌های پویا حالتی را به وجود می‌آورند که در آن، در طول زمان امکان اضافه شدن کار جدید به مجموعه

---

۱ Single machine

۲ Parallel machine

۳ Flow shop

٤ Job shop

٥ Flexible manufacturing systems

٦ Cellular manufacturing

۷ fuzzy

۸ static

۹ dynamic

کارهای در دسترس وجود داشته باشد. سیستم‌های پویا خود به دو دسته برخط[۱] و برون خط تقسیم می‌شود. در حالت برخط اطلاعات موجود برای کلیه فعالیت‌هایی که موجودند یا موجود نیستند، در دسترس است ولی در حالت برون-خط[۲] تنها اطلاعات فعالیت‌های موجود، در دسترس می‌باشد.

همچنین مسائل زمان‌بندی براساس رویکردهای حل به دو دسته کلی رویکردهای بهینه و ابتکاری تقسیم می-شوند. روش‌های بهینه شامل روش شاخه و کران[۳]، برنامه ریزی پویا و مدل سازی ریاضی می‌باشد و روش‌های ابتکاری نیز شامل الگوریتم‌های تقریب[۴]، روش‌های ابتکاری[۵] و روش‌های فراابتکاری می‌باشد.

۱-۱ تعریف مسأله

در اکثر مسائل زمان‌بندی کلاسیک، تمرکز بر روی پارامترهای ثابت می‌باشد، اما در عمل ممکن است سیستم‌ها یک رفتار پویا از خود نشان دهند که این رفتار ناشی از مجموعه پارامترهای پویای درون سیستم خواهد بود.

یکی از پارامترهایی که در تحقیقات غیرثابت در نظر گرفته می‌شود، زمان پردازش کارها در طول افق برنامه‌ریزی می‌باشد. مطالعات تجربی نشان می‌دهد که در بسیاری از محیط‌های برنامه‌ریزی شده، کاری که در زمان دیرتر شروع شود نسبت به همان کار اگر در زمان زودتر شروع شود، احتیاج به زمان بیشتری خواهد داشت. برنامه‌ریزی در چنین موقعیت‌هایی به عنوان برنامه‌ریزی کارهای زوال‌پذیر[۶] شناخته شده است. گذشت زمان در این مسائل، زمان شروع کار و همچنین مجموع مدت زمان پردازش پایه کارهای چیده شده در توالی را تحت پوشش قرار می‌دهد.

یکی دیگر از فرض‌های اصلی مسأله زمان‌بندی، پدیده تکنولوژی گروهی[۷] می‌باشد. هرچند بیشتر مطالعات این واقعیت را که کارایی تولید می‌تواند با گروه بندی بخش‌ها و محصولات متفاوتی با فرآیندهای تولیدی و طرح‌های مشابه افزایش یابد، در نظر نمی‌گیرند.

تکنولوژی گروهی یک کاربرد در مدیریت مهندسی و تولیدی است که به دنبال دستیابی به بازده و کارائی با حجم بالای تولید با استفاده از شباهت محصولات مختلف و فعالیت در تولید آنها است. با توجه به تولیدات، هدف اصلی تکنولوژی گروهی، تشخیص قطعات مشابه و طبقه بندی کردن آنها در گروه‌ها به منظور استفاده از شباهت آنها

---

۱ On line

۲ Off line

۳ Branch and bound

٤ Approximation algorithm

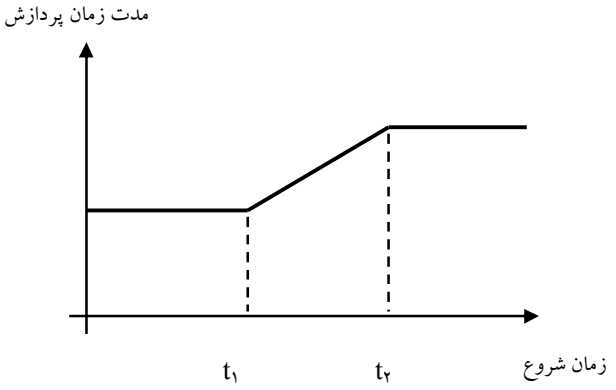
٥ metahuristic

٦ deterioration

۷ Group technology

است. بعد از اینکه قطعات در گروه‌ها طبقه‌بندی شدند، سلول‌های ماشین‌آلات پیکربندی می‌شود و به تولید گروه خاص از قطعات اختصاص می‌یابند. در بسیاری از تولیدات، تعداد زیادی از مجموعه ماشین‌ها برای ارتباط بین گروه‌ها و تعداد کمی نیز برای ارتباط بین کارها در همان گروه مورد نیاز است. در برنامه ریزی کلاسیک با در نظر گرفتن تکنولوژی گروهی، زمان آماده سازی[١] و زمان پردازش[٢] کار، ثابت در نظر گرفته می‌شود.

برای حالتی که مدت زمان پردازش یک کار به زمان شروع وابسته باشد، توابع گوناگونی در مسائل تعریف شده است. حالت در نظر گرفته شده در این تحقیق مطابق شکل ١-١ داده شده است که مدت زمان پردازش یک کار در بازه $[0 ، t_1]$ ثابت، در بازه $[t_1 ، t_2]$ به‌صورت تابعی خطی افزایشی و در بازه $[t_2, \infty]$ ثابت و برابر با مقداری مشخص می‌باشد. این حالت در طبقه‌بندی مسائل مختلف، زوال غیر خطی - تکه‌ای نامیده می‌شود[٢].



شکل ١-١ تغییر مدت زمان پردازش

در این تحقیق، مسأله‌ی زمان‌بندی تک‌ماشین با لحاظ کردن زوال تکه‌ای برای کارهاو با فرض تکنولوژی گروهی با معیار کمینه کردن مجموع دیرکرد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

١-٢ موارد کاربرد

مسائل برنامه‌ریزی سنتی معمولاً شامل کارهایی با محدودیت زمان پردازش مستقل است . این فرض ممکن است در بعضی از حالت‌ها درست باشد ولی با توجه به این که ماشین و یا ابزارآلات در طول زمان مستهلک می‌شود و کارآیی آن پایین می‌آید، این فرض نمی‌تواند در همه موارد صحیح باشد. چنین فعالیت‌هایی ، فعالیت‌های رو به زوال نامیده می‌شوند.

---

١ setup time

٢ processing time

برای مثال ویلیامز[۳]و گوپتاوگوپتا [۴] به این نکته اشاره کردند که در صنعت فولادسازی دمای یک قالب هنگامی‌که برای ورود به ماشین نورد در خط انتظار می‌ماند پایین می‌آید، و برای ورود احتیاج است که قالب را دوباره گرمادهی کرده تا به دمای مورد نیاز برسد.

گوپتا و کاناتور[۵] مثالی در ارتباط با آتش‌نشانی ارائه دادند که در آن اگر در شروع کار خاموش کردن آتش توسط آتش‌نشان‌ها تأخیر ایجاد شود، زمان وتلاش اضافی لازم است تا آتش که در این مدت تأخیر، افزایش یافته را کنترل کرد.

همچنین برون و یچالی[۶] یک مثال در مورد سیکل زمانی یک سرور[۱] در یک صف تک خدمت دهنده ارائه دادند.در نتیجه زوال در مواردی مانند کمک‌های اضطراری، آتش نشانی ، پلیس ، تعمیرات ماشین ، علوم کامپیوتر و علم رادار می‌توان دید.

نتایج بسیاری از میان کاربردهای وسیع تکنولوژی گروهی استخراج شده است. برای مثال، تغییرات بین بخش‌های متفاوت ساده‌تر می‌شود، هزینه‌ها کاهش می‌یابد، زمان انتظار قطعات کم می‌شود که این منجر به کاهش موجودی در جریان می‌شود، قطعات تمایل به حرکت در یک مسیر مستقیم طی عملیات تولید پیدا می‌کنند و بنابراین زمان سفارش کاهش می‌یابد، تنوع و تغییرات کارها کاهش می‌یابد و در نتیجه آموزش به کارگران آسان و راحت می‌شود.

در نتیجه با توجه به اهمیت زوال و تکنولوژی گروهی، در این تحقیق سعی شده است این دو مفهوم به صورت ترکیبی در حل مسأله زمان بندی مورد نظر، به کار رود.

۱-۳ مروری بر مطالب

در فصل دوم پایان‌نامه، مسائل زمان‌بندی با لحاظ کردن انواع مختلف زوال و تکنولوژی گروهی بررسی می‌شود و تحقیقات و بررسی‌های انجام شده در این زمینه بیان می‌شود. همچنین تعریفی از الگوریتم ژنتیک و روش الکترومغناطیس به اختصار در پایان فصل دوم آورده شده است. در فصل سوم، مسأله‌ی زمان‌بندی تک‌ماشین با لحاظ کردن فرض زوال تکه‌ای کارها و در نظر گرفتن تکنولوژی گروهی با تابع هدف کمینه کردن مجموع دیرکرد تشریح شده و فرضیات مربوط به آن مرور می‌شود.همچنین حل مسأله با استفاده از دو روش ترکیبی الکترومغناطیس و الگوریتم ژنتیک در فصل چهار ارائه شده و نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده در فصل پنجم آمده است.

---

۱ server

۱-۴ نتیجه گیری

در این فصل، مقدمه ای از کاربردها، اهمیت و اهداف مسائل زمان‌بندی تک ماشین ارائه شده است. در بخش اول، یک تعریف کلی از زوال و تکنولوژی گروهی ارائه شد. همان گونه که در این بخش آورده شد، امروزه در محیط‌های تولیدی در دنیای واقعی زوال امری غیر قابل اجتناب است و به دلایلی از جمله نگهداری و تعمیرات، تأخیر در انجام کار، خرابی و فرسوده شدن ماشین به وجود می‌آید. بنابراین مطالعه این دسته از مسائل ضرورت پیدا می‌کند. همچنین به دلیل شباهت دسته‌ای از تولیدات موجود در خط تولید کارخانجات و کاهش زمان آماده‌سازی جهت تولید، تکنولوژی گروهی نقش عمده‌ای در صنعت پیدا می‌کند. لذا در ادامه مسأله‌ی مورد بررسی در این تحقیق یعنی زمان‌بندی تک‌ماشین با لحاظ نمودن زوال تکه‌ای برای کارها، با در نظر گرفتن تکنولوژی گروهی با تابع هدف کمینه کردن مجموع دیرکرد و شرح و فرضیات مربوط به آن مرور شده‌است.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱ مقدمه

در این فصل تحقیقات انجام شده برروی مسائل زمان‌بندی تک‌ماشین با فرض زوال و نیز با فرض تکنولوژی گروهی مرور می‌شود.در ابتدا تعاریف و نمادهای مورد نیاز بیان می‌شود، سپس یک طبقه‌بندی کلی برای مسائل زمان‌بندی با فرض زوال ارائه می‌شود. در ادامه مسائل زمان‌بندی تک‌ماشین با فرض زوال خطی و غیر خطی مورد مطالعه قرار می‌گیرند و سپس مسائل زمان‌بندی با فرض تکنولوژی گروهی مرور می‌شوند. در ادامه مسائل زمان‌بندی تک ماشین با در نظر گرفتن هر دو فرض زوال و تکنولوژی گروهی بررسی می‌شوند و در آخر الگوریتم ژنتیک و روش الکترومغناطیس معرفی شده و تحقیقات انجام شده در این ارتباط ارائه شده است.

۲-۲ تعاریف

در مسأله زمان‌بندی مورد نظر نمادهای زیر تعریف می‌شود:

t : زمان شروع انجام کار مورد نظر

n: تعداد کارها

m: تعداد گروه‌های تعریف شده در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی

n_i : تعداد کارهای موجود در گروه iام در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی i=۱،۲،...،m

a_j : مدت زمان پردازش پایه کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

α_{ij} : زمان پردازش ثابت کار jام در گروه iام در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی j=۱،۲،...،n و i=۱،۲،...،m

b_j : نرخ زوال برای کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

b_{ij} : نرخ زوال کار jدر گروه i در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی j=۱،۲،...،n و i=۱،۲،...، m

δ_i : زمان آماده سازی ثابت گروه i در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی i=۱،۲،...، m

g_i : نرخ زوال گروه i در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی i=۱،۲،...، m

S_i : زمان آماده سازی گروه i در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی i=۱،۲،...، m

p_{ij} : زمان پردازش واقعی کار j در گروه i در حالت درنظرگرفتن تکنولوژی گروهی j=۱،۲،...،n و i=۱،۲،...، m

r_j : زمان ورود کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

d_j : موعد تحویل کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

p_j : مدت زمان پردازش کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

C_j : زمان تکمیل کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

w_j : وزن کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

dl_j : مهلت[۱] برای تحویل کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

s_j : زمان آماده‌سازی کار jام $j = ۱,۲, \dots, n$

B : نرخ زوال ثابت برای تمامی کارها

$t_۱$: اولین نقطه شکست برای تغییر مدت زمان پردازش کار jام

$t_۲$: دومین نقطه شکست برای تغییر مدت زمان پردازش کار jام

L_j : میزان مغایرت[۲] موعد تحویل و زمان ختم کار jام، $j = ۱,۲, \dots, n$

$$L_j = C_j - d_j \quad (۱-۲)$$

T_j :میزان دیرکرد کار jام

---

۱ deadline

۲ lateness

$$T_j = max_{1 \le j \le n}\{0, L_j\} \quad (۲-۲)$$

همچنین معیارهای عملکرد زیر درنظر گرفته می‌شوند:

C_{max} : بیشینه‌ی زمان تکمیل

$$C_{max} = max_{1 \le j \le n}\{C_j\} \quad (۳-۲)$$

مجموع زمان‌های تکمیل

$$\sum_{j=1}^{n} C_j \quad (۴-۲)$$

مجموع زمان‌های تکمیل (در جریان) وزن‌دار

$$\sum_{j=1}^{n} w_j C_j \quad (۵-۲)$$

L_{max} : بیشینه‌ی مغایرت

$$L_{max} = max_{1 \le j \le n}\{L_j\} \quad (۶-۲)$$

T_{max} : بیشینه‌ی دیرکرد

$$T_{max} = max_{1 \le j \le n}\{T_j\} \quad (۷-۲)$$

برخی از مسائلی که در ادامه مطرح می‌شوند، با به‌کارگیری برخی قواعد ساده حل شده‌اند. این قواعد می‌توانند در زمان $O(nlogn)$ اجرا شوند و بدین‌صورت عمل می‌کنند که ابتدا طبق رویکردی کارها مرتب شده، سپس به همان ترتیب کارها به ماشین تخصیص می‌یابند. برخی از این قواعد در ادامه مطرح می‌شوند.

قاعده کمترین زمان پردازش[۱] (SPT): در این قاعده کارها به ترتیب غیرنزولی زمان‌های پردازش مرتب می‌شوند.

قاعده کمترین زمان پردازش وزن دار[۲] ($WSPT$): بر اساس این قاعده کارها به ترتیب غیرنزولی نسبت زمان پردازش به وزن مرتب می‌شوند.

قاعده زودترین موعد تحویل[۳] (EDD): این قاعده کارها را به ترتیب غیرنزولی موعدهای تحویل مرتب می‌کند.

قاعده کمترین نرخ زوال[۴] (SDR): در این قاعده کارها به ترتیب غیرنزولی از نرخ زوال مرتب می‌شوند.

تعریف مسائل زمان‌بندی به صورت نماد $\alpha|\beta|\gamma$ می‌باشد که توسط گراهام و همکاران[۷] معرفی شد. در این نمادگذاری α نشان دهنده نوع ماشین، β نشان دهنده ویژگی مسأله و γ نشان دهنده تابع هدف می‌باشد. در قسمت α ،

---

۱ shortest processing time

۲ weighted shortest processing time

۳ earliest due date

٤ smallest deterioration rate

برای مثال ۱ نشان دهنده مسأله تک ماشین، p_{m} نشان دهنده ماشین‌های موازی و F_{m} نشان دهنده جریان کارگاهی می‌باشد. قسمت β نیز ویژگی‌های مسأله از جمله محدودیت‌های دسترسی و زمان‌های دسترسی را نشان می‌دهد و قسمت γ نماد تابع هدف نظیر زمان تکمیل، دیرکرد، زودکرد و ... می‌باشد.

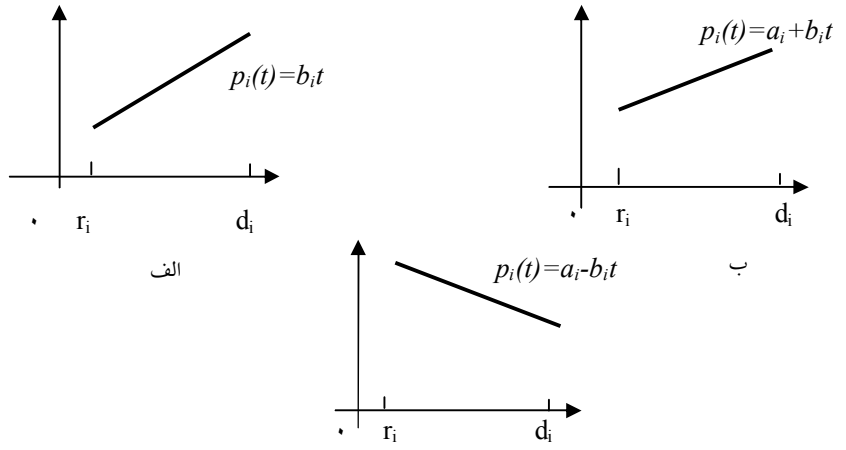
۲-۳ طبقه بندی مسائل زمان بندی با فرض زوال کارها

مسائل برنامه‌ریزی سنتی و کلاسیک معمولاً شامل کارهایی با محدودیت زمان پردازش مستقل است. در عمل، ما اغلب با سیستم‌هایی مواجه می‌شویم که زمان پردازش کارها افزایش یا کاهش می‌یابند. محققان این پدیده را با مدل-های متفاوت فرموله کرده‌اند و مسائل متفاوتی را برای شرایط گوناگون حل کرده‌اند.

علیدائی و وومر[۸] مسائل زمان‌بندی با فرض زوال را در نظر گرفتند. در این تحقیق زوال به سه دسته اصلی مدل-های خطی، غیرخطی و نمایی تقسیم شده است که در کلیه این مدل‌ها زمان پردازش به زمان شروع کارها وابسته می-باشد. این تقسیم‌بندی به صورت زیر است:

۱- اولین مدل در نظر گرفته شده، مدل‌های خطی می‌باشد که در آن زمان پردازش رابطه خطی با زمان شروع کارها دارد. در شکل ۲-۱ حالت‌های مختلفی از زوال خطی نشان داده شده است. در شکل الف زمان پردازش پایه برابر با صفر می‌باشد و نمودار حالت خطی افزایشی دارد. در شکل ب، زمان پردازش پایه غیر صفر است و زمان پردازش تابع خطی افزایشی از زمان شروع می‌باشد. در شکل ج نیز زمان پردازش به صورت تابع خطی کاهشی است.

علیدائی و وومر در تحقیق خود حالت ب را مد نظر قرار دادند و این حالت را به عنوان مدل خطی ارزیابی کردند.



شکل ۲-۱: زوال خطی

۲- مدل‌های غیر خطی در این تعریف شامل مدل‌های غیر خطی تکه‌ای دو یا چند ضابطه‌ای می‌باشد. هر یک از رابطه‌ها می‌تواند خطی و یا ثابت و یا نمایی باشد. در شکل ۲-۲ صورت‌های مختلفی از مدل‌های غیر

p_i

p_i