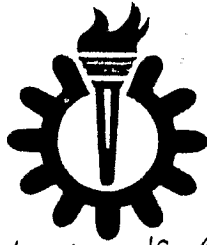


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علم و صنعت ایران

۲۰ / ۱۲ / ۱۳۸۱

سازمان اطلاعات و مدارک علمی ایران
تعمیرات و تکثیر

دانشکده صنایع

عنوان پایان نامه:

زمان بندی پروژه تحت محدودیت منابع بوسیله الگوریتم ژنتیک

تهیه کننده: عنایت شیرازی

استاد راهنما: دکتر آریانژاد

استاد مشاور: دکتر سجادی

۴۴ ۲۰۹

زمانبندی پروژه تحت محدودیت منابع بوسیله الگوریتم ژنتیک

چکیده

رویکردی که از آن استفاده شده است روش الگوریتم ژنتیک می باشد. با استفاده از رویالگوریتم ژنتیک ابتدا روشی برای حل مسأله در حالتی که فعالیتها تک مده می باشند بیان شده و سپس این الگوریتم به الگوریتمی که بتواند مسأله را در حالت چند مده بودن فعالیتها حل کند تعمیم داده شده است. در این الگوریتم هیچگونه محدودیتی که استفاده از تابع هدف خاصی را لازم کند وجود ندارد بنابراین از هر تابع هدفی که مورد نظر باشد می توان استفاده نمود. برای سنجش کارایی الگوریتم از مجموعه مسائل تستی استفاده شده که جواب بدست آمده از الگوریتم با جواب بهینه مسائل مقایسه شده است.

فهرست مطالب

۱	فصل اول- کلیات و بیان ضرورت تحقیق
۲	۱،۱-مقدمه
۲	۱،۲- بیان ضرورت تحقیق
۳	۱،۳-مراحل تحقیق
۵	۱،۴-معرفی اصطلاحات و عبارات
۵	۱،۴،۱-معرفی اصطلاحات و توضیح مسأله برنامه‌ریزی و زمانبندی پروژه
۱۶	فصل دوم-بررسی کارهای گذشته
۱۷	مقدمه
۱۷	۲،۱-مجموعه داده‌ها و تولید مسأله نمونه
۲۰	۲،۲-الگوریتمها
۲۱	۲،۲،۱-روشهای حل دقیق
۲۱	۲،۲،۱،۱-روش مسیر بحرانی
۲۲	۲،۲،۱،۲-برنامه‌ریزی خطی و صحیح
۲۲	۲،۲،۱،۳-روش شاخه و کران
۲۴	۲،۲،۲-روشهای هیوریستیک
۲۶	۲،۲،۲،۱-قوانین هیوریستیک مربوط به زمانبندی

فهرست مطالب

۲۷	۲،۲،۲،۲-قوانین هیوریستیک مربوط به ترتیب و توالی
۲۸	۲،۲،۳-رویکرد هوش مصنوعی
۲۹	۲،۲،۴-Simulated Annealing
۳۰	۲،۲،۵-الگوریتم ژنتیک
۳۵	فصل سوم-مدل سازی و توضیح روش حل
۳۶	مقدمه
۳۶	۳،۱-بیان مفروضات کلی مسأله زمانبندی پروژه
۳۷	۳،۱،۱-مفروضات مربوط به فعالیت‌های پروژه
۳۸	۳،۱،۲-مفروضات مربوط به منابع
۳۸	۳،۲-مدل سازی و روش حل مسأله زمانبندی با فعالیت‌های تک مده تحت محدودیت منابع
۳۸	۳،۲،۱-مفروضات مسأله
۳۹	۳،۲،۲-توصیف مکانیزم الگوریتم
۳۹	۳،۲،۲،۱-نمایش نقاط فضای جواب
۴۳	۳،۲،۲،۲-عملگرهای الگوریتم
۴۳	۳،۲،۲،۲،۱-آغازگر
۴۷	۳،۲،۲،۲،۲-ترکیب
۵۰	۳،۲،۲،۲،۳-جهش

فهرست مطالب

۵۱	۳،۲،۲،۲،۴-مقایسه‌گر
۵۱	۳،۲،۲،۳-تابع هدف
۵۳	۳،۲،۲،۳،۱-قسمت مربوط به محدودیت منابع
۵۴	۳،۲،۲،۳،۲-قسمت مربوط به مدت زمانبندی
۵۵	۳،۲،۲،۳،۳-ترکیب قسمت اول و دوم
۵۶	۳،۲،۲،۴-مثال
۵۶	۳،۲،۲،۴،۱-مفروضات مسأله نمونه
۵۷	۳،۲،۲،۴،۲-تشریح عملکرد و عملگرهای الگوریتم
۶۴	۳،۳-مدلسازی و روش حل مسأله زمانبندی با فعالیت‌های چند مده
۶۴	۳،۳،۱-مفروضات
۶۶	۳،۳،۲-توصیف مکانیزم حل
۶۶	۳،۳،۲،۱-نمایش نقاط فضای جواب
۶۷	۳،۳،۲،۲-عملگرهای الگوریتم
۶۷	۳،۳،۲،۲،۱-آغازگر
۶۸	۳،۳،۲،۲،۲-ترکیب
۶۸	۳،۳،۲،۲،۳-جهش
۶۹	۳،۳،۲،۲،۴-مقایسه‌گر

فهرست مطالب

۶۹	۳،۳،۲،۳-تابع هدف
۶۹	۳،۴-شمایی کلی از طرز کار الگوریتم ژنتیک
۷۰	۳،۴،۱-الگوریتم ژنتیک ساده
۷۱	۳،۴،۲-الگوریتم ژنتیک وضعیت ثابت
۷۱	۳،۴،۳-الگوریتم ژنتیک رقابتی
۷۲	۳،۴،۴-شرایط توقف الگوریتم
۷۲	۳،۵-تشریح حالات دیگر الگوریتم
۷۵	فصل چهارم-نتایج محاسباتی و نتیجه گیری
۷۶	۴،۱-مسائل تستی
۸۱	۴،۲-نتایج محاسباتی
۸۸	۴،۳-مقایسه و نتیجه گیری
۹۱	مراجع
۹۷	ضمیمه

فصل اول:

کلیات و بیان ضرورت تحقیق

بسمه تعالی

۱,۱ مقدمه:

در مراحل طراحی و اجرای پروژه‌ها یکی از وظایف مهم و پر چالش مدیریت پروژه، زمانبندی^۱ مناسب و کارای امور و فعالیتها با توجه به محدودیت منابع در دست میباشد.

انجام اینکار در موقعیتهای مختلف مشمول فرضیات و ضروریات گوناگونی میشود. برای مثال

در بعضی از پروژهها موعد تحویل وجود دارد و زمانبندی اجرای فعالیتها باید به گونه‌ای انجام پذیرد که علاوه بر آنکه محدودیت منابع را نقض ننماید، تمام پروژه در زمان معین صورت گیرد. بعنوان مثالی دیگر میتوان این حالت را در نظر گرفت که در انجام پروژه بعضی از فعالیتها بعلت مصالحی از قبیل پرداخت از سوی کارفرما باید در زمان مقرر به اتمام رسیده باشند و این مساله باید در زمانبندی پروژه مورد توجه قرار گیرد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود در موقعیتهای مختلف با توجه به اهدافی که از انجام پروژه

مدنظر است و با توجه به محدودیتهای و شرایط مختلف، ناشی از جنبه های مالی قرارداد یا ویژگیهای

فنی و ذاتی عملیات پروژه، مساله زمانبندی انجام فعالیتهای پروژه می‌تواند صورتهای گوناگونی به

خود بگیرد.

۱,۲ بیان ضرورت تحقیق:

^۱ Scheduling

در همین راستا متدهای گوناگونی برای حل این مسایل ارایه شده است. طبیعت بهینه سازی مساله موجب شده است تا روشهای تحقیق در عملیات بطور گسترده‌ای برای بیان و حل مساله بکار گرفته شوند. از طرف دیگر پیچیدگی مسائل واقعی در موارد زیادی قابل اعمال شدن در مدل‌های تحقیق در عملیات را ندارند و یا تعداد متغیرها و محدودیتهای مدل‌های بدست آمده از تحقیق در عملیات برای این مسائل را به حدی افزایش میدهند که مدل‌های بدست آمده با روشهای موجود برای حل مانند روش سیمپلکس یا کاهش گرادیان عملاً غیرقابل حل میباشند. به بیان دیگر با توجه به اینکه روش سیمپلکس که برای حل مدل‌های خطی بکار میرود یک الگوریتم NP-Hard میباشند، وقتی که تعداد متغیرهای مدل زیاد باشد زمان مورد نیاز برای حل مساله بسیار زیاد و غیر اقتصادی می‌باشد. الگوریتم NP-Hard به الگوریتمی گفته میشود که با زیاد شدن اندازه مساله تعداد محاسبات و در نتیجه زمان لازم برای حل بصورت نمایی افزایش یابد. در مورد روشهای دیگر نظیر کاهش گرادیان نیز میتوان به اشکالاتی از این قبیل اشاره نمود.

در این رساله راه حل جدیدی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای حل دسته‌ای از این مسائل، پیشنهاد میگردد.

لازم به ذکر است که مزایای الگوریتم ژنتیک اینست که با زیاد شدن اندازه مساله تعداد محاسبات لازم برای حل مساله حداکثر به صورت چند جمله‌ای افزایش میابد و در نتیجه الگوریتم ارائه شده مساله را از حالت NP-Hard بیرون می‌آورد.

۱.۳ مراحل تحقیق:

اولین مرحله تحقیق پیرامون مشخص نمودن دامنه تحقیق متمرکز گردید. نتایج این مرحله شامل مشخص نمودن تابع هدف مساله و محدودیتهای مورد بررسی بوده است هر چند همانطور که در ادامه ذکر خواهیم کرد، علاوه بر حل حالات مشخص شده این مرحله ادامه کار موجب ارائه روشی برای یک حالت دیگر از مساله نیز گردید.

در مراحل بعدی ابتدا سعی بر این بود که از با فرموله کردن مساله به صورت یک مدل خطی مختلط^۱، مساله حل شود. این مدل با بسط یک مدل ابتداییتر که در [1] ارائه شده است و تغییر تابع هدف بدست آمد. اما با ادامه کار و در نظر گرفتن مفروضات و شرایط جدید ناکارا بودن مدل هر چه بیشتر مشخص می گردید. در ادامه تحقیق برای بدست آوردن مدلی که بتواند محدودیتهای مختلف را نمایش دهد، نظر نگارنده به سوی الگوریتمهای هیوریستیک و متاهیوریستیک جلب شد. پس از مطالعه مبانی الگوریتم ژنتیک و درک این مطلب که این روش میتواند برای حل مساله مناسب باشد این روش برای حل مسئله انتخاب گردید.

پس از فرموله کردن مساله بشکل یک الگوریتم ژنتیک، تحقیق پیرامون پیاده سازی الگوریتم آغاز شد. این مرحله از تحقیق شامل انتخاب محیط برنامه نویسی مناسب و همچنین طراحی و نحوه مناسب پیاده سازی بوده است. در انتهای این مرحله برنامه ای به زبان C++ و به سبک شی گرا آماده گردید.

مرحله بعدی شامل تست برنامه و اندازه‌گیری کارایی الگوریتم می‌باشد. هر چند در طول دوره پیاده‌سازی تست‌هایی جهت بررسی درستی عملکرد برنامه انجام گرفته بود. برای انجام اینکار تعداد ۱۲۰۰ مساله نمونه^۲ به وسیله برنامه حل گردیده که نتایج برای مقایسه ارائه می‌گردد.

۱.۴ معرفی اصطلاحات و عبارات:

این قسمت شامل دو بخش است. قسمت اول شامل معرفی اصطلاحات مربوط به الگوریتم ژنتیک و قسمت دوم مخصوص توضیح اصطلاحات مربوط به برنامه‌ریزی و زمانبندی پروژه.

۱.۴.۱ معرفی اصطلاحات و توضیح مسأله برنامه‌ریزی و زمانبندی پروژه:

در این قسمت به شرح مختصری در مورد مسئله زمانبندی پروژه در حالت‌های کلی و عمومی آن می‌پردازیم و سپس در قسمت‌های آینده در مورد شاخه‌های خاص از مسئله که در این رساله مورد بحث و حل قرار گرفته است با دقت بیشتری توضیحات لازم داده خواهد شد.

طراحی و زمانبندی اجزاء مشترک بسیاری از دامنه‌های مهندسی محسوب می‌شوند. چه در یک پروژه عظیم مانند ساخت یک سد بزرگ و چه در پروژه‌های کوچک مانند برپایی یک نمایشگاه کوچک زمانبندی و طراحی از ارکان مهم و جهت‌ساز پروژه می‌باشد. هر چند در پروژه‌های کوچک تعداد راه‌های انجام هر فعالیت کمتر و در نتیجه تعداد راه‌های تخصیص منابع به فعالیتها کمتر است. در یک کارخانه تعیین اینکه یک کار مشخص بر روی کدام ماشین، توسط چه کسی و در چه

^۲ Test Problem

زمانی انجام شود می‌تواند اثر زیادی در سود یا ضرر حاصل از تولید یک دوره بگذارد. در یک شرکت نرم‌افزاری انتساب صحیح مسئولیتها و مدیریت مؤثر بر امور می‌تواند منجر به آماده‌سازی به موقع محصول و در دست گرفتن بازار گردد.

در عمومی‌ترین حالت مسئله زمانبندی پروژه را می‌توان بصورت زیر بیان نمود:

با در دست داشتن مجموعه‌ای از فعالیتها و مجموعه‌ای از منابع بطوریکه که هر کدام از فعالیتها احتیاج به مقدار خاصی از هر یک از منابع دارند تا اجرا شوند و میزان در دست بودن¹ هر یک از منابع در حد معینی می‌باشد و وجود یک سری معیار ارزیابی کارایی²، بهترین راه برای تخصیص منابع به فعالیتها بگونه‌ای که مقدار معیار کارایی بیشینه گردد کدام است؟

این شکل عمومی از مسئله شامل طیف وسیعی از مسائل مانند برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی کارگاه¹ و زمانبندی پروژه با منابع محدود میباشد.

زمانبندی به انواع مختلفی از داده‌ها و یکپارچه‌سازی این داده‌ها نیازمند است. بوجود آمدن یک زمانبندی کارا مستلزم مدل‌هایی از فرایندها، تعریف روابط میان فعالیتها و روابط موجود مابین فعالیتها و منابع وهمچنین تعریف دقیقی از اهداف و معیارهای اندازه‌گیری کارایی می‌باشد.

با در دست داشتن چنین اطلاعاتی نوبت بکارگیری ساختارهای مناسب نگهداری اطلاعات و الگوریتم‌هایی می‌شود که بتواند این اطلاعات را به یکدیگر مرتبط نماید.

¹ Availability

² Performance Measurement

¹ Job-shop Scheduling

زمانبندی منابع را در یک دوره زمانی معین به فعالیتها تخصیص می‌دهد. هر کاری را می‌توان فعالیت² نامید، یک عملیات ماشینی در کارخانه یا توسعه قسمتی از یک نرم‌افزار در یک شرکت نرم‌افزاری. منابع³ می‌توانند شامل کارمندان، متخصصین، ماشینها یا مواد خام گردند. به عنوان معمولترین اهداف و معیارهای اندازه‌گیری کارایی می‌توان از کمینه کردن زمان انجام پروژه⁴، بیشینه‌سازی ارزش خالص فعلی⁵ و کمینه کردن انحراف از سطح معین منابع⁶ نام برد.

طراحی⁷ و زمانبندی دو امر متفاوت می‌باشند. در مراحل طراحی مشخص می‌شود که چه کاری باید انجام شود و تعیین محدودیتهایی در مورد چگونگی انجام امور. اما در زمانبندی هم چگونگی انجام و هم زمان انجام امور مشخص می‌گردد. در طراحی زمان و منابع لازم برای انجام هر فعالیت و همچنین روابط تقدم و تأخر مابین فعالیتها و دیگر محدودیتهای مشخص می‌گردد. در مرحله زمانبندی، تخصیص منابع به فعالیتها و زمان این تخصیص مشخص می‌گردد. بعلاوه در هر پروژه مجموعه‌ای از اهداف وجود دارد که بوسیله آنها کارایی طراحی و زمانبندی اندازه‌گیری می‌شود.

مسائل زمانبندی دارای ماهیتی پویا می‌باشند یعنی با گذشت زمان و تغییر شرایط شکل مسئله دائما عوض می‌شود. علت این امر آنست که اطلاعات لازم برای فرموله کردن و حل مسئله در ابتدای کار کامل نمی‌باشند و با گذشت زمان جنبه‌های بیشتری از واقعیت آشکار می‌گردد. بنابراین هیچ زمانبندی نمی‌تواند قبل از اتمام پروژه ایستا و کامل گردد. در اکثر مواقع در طول انجام پروژه

² Task Activity

³ Resource

⁴ Make Span Minimization

⁵ Net Present Value Maximization

⁶ Resource Leveling

⁷ Planning

طراحی عوض می‌شود و یا اهداف انجام پروژه دستخوش تغییراتی می‌گردد. تمام این ناپایداریها می‌تواند به علت تخمین بد و نادرست در مرحله طراحی، داده‌های ناقص و یا وقایع و پیشامدهای نامترقبه باشد. در نتیجه یافتن یک زمانبندی بهینه در اغلب مواقع غیر ممکن است و این نه بدان علت است که نتوان تمام محدودیتها را برآورده نمود بلکه بعلت تغییرات پی در پی است که بعلت ماهیت کار بوجود می‌آیند.

مسائل زمانبندی شامل محدودیت‌های گوناگونی می‌باشند. محدودیتها در اشکال مختلفی ظاهر می‌شوند: محدودیت‌های موقت مانند ساعات کاری خاص بعضی از کارمندان در روزهای خاصی از سال، محدودیت‌های مربوط به در دست بودن منابع^۱ مانند تعداد محدود متخصصهای یک کار و محدودیت‌های مرکب که ترکیبی از دو محدودیت اول می‌باشند. محدودیتها موجب می‌شوند که فضای جواب اولیه تبدیل به یک فضایی شود که شاید حتی شامل هیچ نقطه شدنی نباشد. هر چند روشهای مختلفی بوجود آمده است که برای یافتن جواب بهینه انواع خاصی از این مسائل بکار می‌روند اما بسیاری از این روشها وقتی که ساختار محدودیتها یا شکل تابع هدف تغییر می‌کند قابل بکارگیری نیستند. بعنوان مثال قانون هیوریستیکی که می‌گوید اول فعالیتی اجرا شود که به تعداد کمتری از انواع منابع احتیاج دارد ممکن است وقتی که تعداد تنوع منابع زیاد باشد بخوبی عمل نکند. بعلاوه اکثر این روشها در حل مسائلی که از اندازه بزرگی برخوردارند درست عمل نمی‌کنند. در بسیاری مواقع حتی یافتن یک جواب شدنی نیاز به صرف مقدار زیادی انرژی و وقت دارد.

^۱ Availability Constraint