بسم الله الرحمن الرحيم

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مرکز

باسمه تعالی

دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی صنایع

۲۰ /۱۲/ ۱۳۸۱

توسعه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری با الگوریتم ژنتیک برای حل یک مسأله تسطیح منابع

علیرضا قجری قرجلو

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته
مهندسی صنایع - صنایع

استاد راهنما
آقای دکتر غضنفری

٤٤٩٤٠

اسفند ۸۰

چکیده

تسطیح و تخصیص منابع از وظایف اصلی مدیر پروژه می‌باشد. در شرایطی که سطح منابع قابل دسترس محدود باشد، مسأله تخصیص منابع مطرح می‌شود و لازم است فعالیت‌ها به صورتی برنامه‌ریزی شوند که در هیچ شرایطی سطح مورد نیاز از حد قابل دسترس بالاتر نباشد. در شرایطی که محدودیتی در میزان منابع قابل دسترس وجود نداشته باشد، مسأله تسطیح منابع مطرح می‌شود و لازم است تا نوسانات بکارگیری منابع بدون افزایش زمان اجرای پروژه کاهش یابد. در این پایان نامه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری ارائه شده است که یک مسأله تسطیح منابع - حمل و نقل شرکت ایران خودرو را حل می‌کند. در این سیستم از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

الگوریتم ژنتیک که روشی الهام گرفته از طبیعت است، مسأله مورد نظر را به خوبی حل نموده و جوابهای بسیار خوب یا حتی بهینه ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از اجرای برنامه که در فصل پنج آورده شده است این مطلب را تأیید می‌کند.

تقدیر و تشکر

با سپاس از درگاه ایزد منان، لازم می‌دانم از زحمات و راهنماییهای اساتید بزرگوارم آقایان دکتر مهدی غضنفری و دکتر فرشید رعایت صنعتی که مرا در اجرای این پایان نامه یاری نمودند تشکر کنم. موفقیت روزافزون ایشان را از خداوند متعال خواستارم.

همچنین از اساتید محترم داور آقایان دکتر توکلی و دکتر معینی سپاسگزاری می‌کنم.

از خانم مهندس خلیلی به خاطر کمکهای بی‌دریغشان و دوستان عزیزم آقایان مهندس علی محمدی و مهندس هدایت الله شمشیری کمال تشکر را دارم.

فهرست مندرجات

عنوان — شماره صفحه

فصل اول: تسطیح منابع ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ برنامه‌ریزی منابع نامحدود ۲

۱-۳ روشهای ابتکاری ۴

۱-۴ روشهای بهینه‌سازی ۷

۱-۵ جمع بندی ۱۱

فصل دوم: تعریف مسأله ۱۲

۲-۱ مقدمه ۱۳

۲-۲ تعریف مسأله ۱۳

۲-۳ فرضیات مسأله ۱۴

۲-۴ پارامترها و متغیرها ۱۵

۲-۵ محدودیتهای مسأله ۱۵

۲-۶ تابع هدف مسأله ۱۷

فصل سوم: سیستمهای پشتیبانی تصمیم‌گیری ۱۹

۳-۱ تعریف ۲۰

۳-۲ شکلهای DSS ۲۰

۳-۳ ویژگیها و قابلیتهای DSS ۲۱

۳-۴ اجزاء DSS ۲۲

۳-۵ زیرسیستم مدیریت داده ۲۳

۳-۶ زیرسیستم مدیریت مدل ۲۶

۳-۷ زیرسسیتم مدیریت دانش ۲۹

۳-۸ زیرسیستم رابط کاربر ۲۹

۳-۹ طراحی DSS ۳۱

۳-۱۰ روشهای طراحی سیستم ۳۵

۳-۱۱ ساخت سیستم از ابتدا ۳۶

۳-۱۲ استفاده از مولد DSS در طراحی سیستم ۳۹

فصل چهارم: الگوریتم ژنتیک ۴۳

۳-۱ مقدمه ۴۴

۳-۲ روشهای بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت ۴۴

۳-۳ روشهای بهینه‌سازی مرسوم ۴۴
۳-۴ ژنتیک طبیعی و نظریه تکامل ۴۵
۳-۵ بررسی و مقایسه ژنتیک طبیعی و الگوریتم ژنتیک ۴۶
۳-۶ تفاوتها و مزایای الگوریتم ژنتیک ۴۸
۳-۷ مفاهیم اساسی الگوریتم ژنتیک ۴۹
۳-۸ روش جریمه برای حل مسائل بهینه سازی محدودیت دار ۶۰
۳-۹ انواع عملگرهای تقاطعی ۶۳
۳-۱۰ انواع عملگرهای جهشی ۶۴

فصل پنجم: تحلیل DSS توسعه یافته ۶۶
۵-۱ مقدمه ۶۷
۵-۲ داده‌های سیستم ۶۷
۵-۳ داده‌های مسأله حمل و نقل ـ تسطیح منابع ۶۷
۵-۴ داده‌های الگوریتم ژنتیک ۶۹
۵-۵ مشخصات الگوریتم طراحی شده ۷۰
۵-۶ روند اجرای الگوریتم ۷۰
۵-۷ تاثیر داده‌های مسأله بر روند اجرای الگوریتم ۷۱
۵-۸ تحلیل و تعیین داده‌های الگوریتم ژنتیک ۷۲
۵-۹ کیفیت جواب حاصل از الگوریتم ۸۰
۵-۱۰ عوامل مؤثر در زمان اجرای الگوریتم ۸۱

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۶
ضمائم ۸۷
ضمیمه ۱: داده های مسأله ۱ ..... ۸۸
ضمیمه۲: داده های مسأله ۲ ..... ۹۰
ضمیمه شماره ۳ ..... ۹۲
منابع و مآخذ ۹۹
چکیده (انگلیسی) ۱۰۱

فهرست شکلها

عنوان.....شماره صفحه

شکل۳-۱ DSS و اجزاء آن.....۲۲

شکل۳-۲ مدیریت داده و اجزاء آن.....۲۴

شکل۳-۳ مدیریت مدل و اجزاء آن.....۲۷

شکل۳-۴ فرایند رابط کاربر.....۳۱

شکل۳-۵ چرخه عمر ساخت یک DSS ۳۸

شکل۴-۱ فضای کدینگ و فضای جواب.....۵۱

شکل۴-۲ مفاهیم اصلی کدینگ.....۵۲

شکل۴-۳ انواع ترسیم.....۵۲

شکل۴-۴ فضای جواب موجه و غیرموجه.....۶۰

فصل اول

تسطیح منابع

۱-۱ مقدمه

۱-۲ برنامه‌ریزی منابع نامحدود

۱-۳ روشهای ابتکاری

۱-۴ روشهای بهینه‌سازی

۱-۵ جمع‌بندی

۱-۱ مقدمه

تسطیح[۱] و تخصیص منابع[۲] از وظایف اصلی مدیر پروژه می‌باشد. در شرایطی که سطح منابع قابل دسترس، محدود باشد، مسأله تخصیص منابع مطرح می‌شود و لازم است فعالیتها به صورتی برنامه‌ریزی شوند که در هیچ شرایطی سطح مورد نیاز از حد قابل دسترس بالاتر نباشد. در چنین موقعیتی، ممکن است لازم شود زمان پروژه از حداقل مقدار ممکن طولانی‌تر گردد. در حالتی که محدودیتی در میزان منابع قابل دسترس وجود نداشته باشد، مسأله تسطیح منابع مطرح می‌شود. پس از محاسبه مسیر بحرانی (تاریخ اتمام پروژه) و با توجه به منحنی مصرف منابع، در صورتیکه نوسانات بکارگیری منابع در پریودهای مختلف چشمگیر باشد باید با کمک تکنیکهای تسطیح منابع نوسانات را حداقل نمود. این کار باعث می‌شود تا از منابع به طور کاراتری استفاده شود. باید توجه داشت که در تسطیح منابع تاریخ اتمام پروژه تغییر نمی‌کند [۱].

الگوریتمهای تسطیح و تخصیص منابع به دو دسته روشهای ابتکاری و روشهای بهینه‌سازی دسته‌بندی می‌شوند که در این بخش رویکردهای گوناگون برای حل این دو شیوه بررسی می‌شود.

۱-۲ برنامه‌ریزی منابع نامحدود

منابع به تمام عناصر مورد نیاز برای تکمیل (اجرای) یک پروژه اطلاق می‌شود. برای مثال مواد اولیه، نیروی انسانی، تجهیزات، اطلاعات، و زمان. هدف از تسطیح منابع این است که تا حد امکان مصرف منابع در روزهای مختلف به هم نزدیک شود تا نوسانات در بکارگیری منابع حداقل شود [۱]. همچنین تسطیح منابع را می‌توان تلاشی به منظور نائل شدن به توزیع بهتری از بکارگیری مؤثر منابع بیان نمود [۱۲].

---

[۱] Resource Leveling

[۲] Resource Allocation

در تمام پروژه‌ها تسطیح منابع باید انجام شود خواه منابع محدود باشد خواه نامحدود. قابل ذکر است در صورتیکه منابع محدود باشد قبل از تسطیح منابع باید تخصیص منابع صورت گیرد. اگر فعالیتهای پروژه کم باشد می‌توان تخصیص و تسطیح منابع را به صورت دستی انحام داد ولی اگر تعداد فعالیتها زیاد باشد این کار مشکل و پیچیده می‌شود و باید حتماً به وسیله نرم افزار انجام شود [۷].

در تسطیح منابع فعالیتها را به دو دسته تقسیم می‌کنند: فعالیتهای بحرانی و فعالیتهای غیربحرانی.

اگر نوسانات حاصل از تخصیص منابع مربوط به فعالیتهای بحرانی باشد تنها راه برای کاهش این نوسانات شکستن فعالیتهای بحرانی است که به این طریق مسیر بحرانی جدیدی حاصل می‌شود. ولی اگر نوسانات مربوط به فعالیتهای غیر بحرانی باشد تمام راههای زیر قابل استفاده است [۱]:

- فعالیتها را در بازه شناوری خود جابجا کنید.
- فعالیت را به فعالیتهای کوچکتری بشکنید.
- زمان اجرای فعالیت را افزایش دهید تا میزان نیاز فعالیت به منابع در هر روز کاهش یابد.

در صورتیکه در پروژه چندین منبع وجود داشته باشد اولین گام در تسطیح منابع انتخاب منبعی است که باید تسطیح شود زیرا در تسطیح منابع فقط یک منبع باید مدنظر باشد. واضح است که با تغییر فعالیتها برای تسطیح منبع موردنظر نمودار مربوط به مصرف بقیه منابع تغییر می‌کند. انتخاب منبع برای تسطیح ممکن است بر اساس یکی از موارد زیر باشد[۶]:

- منبعی که بکارگیری آن از بقیه پرهزینه‌تر است.
- منبعی که بیشترین مصرف را دارد.
- منبعی که نگهداری آن مشکل است.

از مزایای تسطیح منابع به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- مدیریت و تأمین یک منبع در صورتیکه نیاز به آن در تمام پریود یکسان باشد راحتتر است.
- تسطیح منابع به تسطیح هزینه‌ها می‌انجامد و باعث می‌شود هزینه کل پروژه کاهش یابد. برای مثال هزینه‌های پرسنلی را درنظر بگیرید. در بسیاری از مؤسسات هزینه‌های استخدام و اخراج نیروی انسانی بسیار مهم تلقی می‌شود در صورتیکه تسطیح نمودن منابع کار چندان سختی نیست.

با توجه به اهمیت این مسأله در ادامه به بررسی تحقیقاتی در زمینه تسطیح منابع پرداخته می‌شود.

مطالعه روش مسیر بحرانی[۱] (CPM) با ویژگیهای تسطیح منابع از اوایل ۱۹۶۰ آغاز شد. در ابتدا لیوی و ویست[۲] نحوه ادغام این دو مسأله و شیوهٔ اجرای آن را مطالعه کردند. بعد از آنها فیلیپس و مودر[۳] برنامه CPM را با ماهیت تسطیح منابع ارائه کردند. این مطالعات سرآغازی برای توجه به مسأله تسطیح منابع به شمار می‌آید و بعد از آن، رویکردهای متفاوتی برای تسطیح منابع توسعه یافت که می‌توان آنها را به روشهای ابتکاری، بهینه، و الگوریتم جستجوی نوین دسته بندی نمود.

۱-۳ روشهای ابتکاری

بیشتر روشهایی که برای حل مسأله تسطیح منابع ارائه شده است ابتکاری می‌باشد. ایده اصلی این روشها، ایجاد نمودار منبع با اجرای فعالیت در زودترین زمان شروع بر اساس روش CPM می‌باشد. آنگاه بر اساس بعضی قواعد تجربی فعالیتهای غیربحرانی را در بازه مجاز

---

[۱] Critical Path Method

[۲] Levy & Wiest

[۳] Philips & Moder

شناوری‌شان جابجا می‌کنند که منجر به تغییر نمودار منبع می‌شود [۲ و۱۹]. برای جابجایی فعالیتها ابتدا آنها را بر اساس یک معیار مرتب می‌کنند و سپس به ترتیب، شروع به تسطیح می‌نمایند. موارد زیر نمونه‌هایی از معیارهایی می‌باشد که در روشها بکار گرفته شده است:

- ترتیب فعالیتها بر اساس شناوری و به طور صعودی.
- ترتیب فعالیتها بر اساس شناوری و به طور نزولی.
- فعالیتهایی که منابع آنها قابل انبار باشد در اولویت قرار گیرند.

از نمونه روشهای ابتکاری به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: برگس و کیلبرا[۱] (۱۹۶۲) و گالبریت و شافر[۲] (۱۹۶۵) آنتیل و وودهید[۳] (۱۹۸۲) و هاریس[۴] (۱۹۷۸).

روشهای ابتکاری را می‌توان برای پروژه‌های خیلی بزرگ نیز بکار برد ولی جواب حاصل ممکن است بهینه نباشد.

روش برگس برای تسطیح منابع، نوعی الگوریتم برای برنامه‌ریزی پروژه‌ها در شرایط عدم محدودیت در سطح منابع و وجود محدودیت در تاریخ اجرای پروژه می‌باشد [۱۹]. این الگوریتم با توجه به زمان شناوری، هر بار یک فعالیت را به سمت راست شیفت می‌دهد یا زمان شروع را به اندازه یک واحد به تعویق می‌اندازد و همواره سعی می‌کند مجموع مربعات منابع مورد نیاز در زمان را حداقل کند. در صورتیکه این رابطه برای دو یا چند وضعیت مختلف حداقل شد وضعیتی را انتخاب می‌کند که فعالیت از حداکثر شناوری خود استفاده کرده باشد. فرایند شیفت دادن تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مجموع زمان افزایش نیابد [۵]. این روش به دلیل استفاده از فرایندهای سعی و خطا یک سیر منطقی جهت محاسبات ایجاد نمی‌کند. به همین منظور محققین بعدی سعی در بهبود این الگوریتم داشته‌اند و این الگوریتم به عنوان مرجعی در تحقیقات بعدی مورد توجه بوده است.

بروس[۵] این الگوریتم را اصلاح نموده و فرایند شیفت دادن را تا زمانیکه فعالیت در

---

[۱] Killebrew & Burgess [۲] Galbreath & Shaffer [۳] Antil & Woodhead [۴] Harris [۵] Bruce

سازمان اطلاعات و مدارک علمی ایران

کل زمان شناوری امتحان شود ادامه می‌دهد تا در سراسر فرایند شیفت دادن، کمترین مقدار برای مجموع مربعات ایجاد شود [۲۰]. وقتی شیفت دادن کامل شد، زمان شروع فعالیت بعدی آغاز می‌شود واین روش دوباره تکرار می‌شود. قابل ذکر است که حل مسأله در شرایط واقعی دشوار بوده و اغلب ممکن است راه حلی که در همه حالات معنای موفقیت آمیزی با مسأله ترکیبی داشته باشد به دست نیاید.

کومار[۱] به منظور بهبود روش برگس الگوریتمی را ارائه نمود که با توجه به ترتیب مکانی فعالیتها و برنامه‌ریزی هر فعالیت در زودترین زمان ممکن و محاسبهٔ مربعات منابع در زمان t، فعالیت با بیشترین زمان شناوری را در نظر گرفته و آنرا یک واحد زمانی به سمت راست شیفت می‌دهد تا یک واحد زمانی دیرتر برنامه‌ریزی شود و مجدداً مجموع مربعات را محاسبه می‌کند. اگر مقدار جدید از مقدار قبلی مجموع مربعات کمتر باشد مجدداً فعالیتی با بیشترین زمان شناوری را انتخاب و این عمل را تکرار می‌کند. این روند ادامه می‌یابد تا همه فعالیتها مورد ارزیابی قرار گیرند [۲۰].

هاریس در مقایسه با روشهای ابتکاری که برگس، گالبریت، ویست، و مودر ارائه نمودند، روش جدیدی را مطرح کرد. بر خلاف محققین قبلی که نمودار منبع را با توجه به زودترین زمان شروع فعالیت با روش PERT یا CPM ایجاد می‌کردند و با روشهای سعی و خطا، فعالیتهای غیر بحرانی را به زمانهای دیگر انتقال می‌دادند، او نمودار منبع را فقط بر اساس فعالیتهای بحرانی و آنهایی که دارای زمان شناوری کمتر یا برابر با زمان انجام فعالیت بودند، ایجاد نمود. سپس هر فعالیت غیربحرانی در زمان مناسب جای می‌گرفت و منبعی که این فعالیت لازم داشت به نمودار پایه اضافه می‌شد. نتیجتاً این نمودار برنامه‌ای را برای کمینه نمودن تقاضای روزانه منبع در مدت حیات یک پروژه ارائه می‌نمود که بسیار نزدیک یا برابر با برنامه‌ای بود که از مدلهای بهینه‌سازی بدست آمده بود. هدف این روش تسطیح ابتکاری، تخصیص کلیه فعالیتهای پروژه به روزهای مشخص بود تا نمودار منبع به شکل یک

---

[۱] Kumar

مستطیل باشد [۳].

اگرچه روشهای ابتکاری، روشهای مناسبی برای پروژه‌های با سایزهای بزرگ می‌باشند ولی این روشها جوابهای بهینه تولید نمی‌کنند. در این خصوص، تکنیکهایی با کارائی بیشتر برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی[۱] که تسطیح منابع نیز از این قبیل مسائل می‌باشد ارائه شد. این تکنیکها عبارتند از: شبکه‌های عصبی[۲] و الگوریتم ژنتیک[۳].

تسطیح منابع با استفاده از شبکه‌های عصبی توسط ساوین[۴] (۱۹۹۶) و کارتام[۵] (۱۹۹۷) انجام گرفته است [۴]. آنگاه ساوین و فازیو[۶] یک مدل جدیدی از شبکه‌های عصبی را برای تسطیح منابع در پروژه‌های ساختمانی ارائه نمودند. این شبکه عصبی طراحی شده قابل بکارگیری در پروژه‌های با سایز کوچک است. برای بکارگیری در پروژه‌های با سایز متوسط و بزرگ لازم است تغییراتی در آن ایجاد نمود.

کارتام و تانیت[۷] هم یک شبکه عصبی هاپفیلد برای مسأله تسطیح منابع ایجاد کردند و به بررسی کاربرد مدلهای مختلف شبکه‌های عصبی پرداختند [۴].

۱-۴ روشهای بهینه‌سازی

روشهای عددی با ماهیت ابتکاری اگرچه در پروژه‌های عملی و بزرگ مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی لزوماً به جواب بهینه نمی‌رسند. مسأله تسطیح منابع یک مسأله ترکیبی چند جمله‌ای نامعلوم (غیر مشخص) با تکمیل در زمان معین[۸] می‌باشد. لذا در زمینه بهینه‌سازی با روشهای برنامه‌ریزی متعارف به دلیل ترکیبی بودن مسأله، تحقیقات کمتری نسبت به تحقیقات روشهای ابتکاری انجام گرفته است. تسطیح منابع با مدلهای عدد صحیح خطی،

---

[۱] Combinatorial Optimization Problem

[۲] Artificial Neural Networks

[۳] Genetic Algorithm

[۴] Savin [5] kartam [6] Fazio [7] Tanit

[۸] Combinatorial Nondeterministic Polynomial Time Complete Problem

برنامه‌ریزی پویا، برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی کوادراتیک ومدلهای فازی فرموله شده است. تحقیقاتی که در این موارد قابل ذکر است عبارتند از: [۲]

فیلیپس و گارسیا[۱] (۱۹۸۱)، آنتیل و وودهید (۱۹۸۲)، مودر (۱۹۸۳)، بیدان و موثقی[۲] (۱۹۸۸) و عیسی[۳] (۱۹۸۹).

موثقی مسأله را با یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح فرموله نموده که هدف آن حداقل نمودن مجموع مربعات انحراف از میانگین است. در این فرایند فرض بر در دسترس بودن منابع مورد نیاز می‌باشد و فعالیتها در پریودهای شناوری در دسترس، شیفت می‌یابند. به طور کلی فعالیتها را می‌توان بر اساس زودترین زمان شروع، دیرترین زمان شروع و یا زمان بین آنها برنامه‌ریزی نمود و هر یک از برنامه‌ها به یک سطح خاص از منبع احتیاج خواهد داشت. لذا این جستجو تا تعیین یک سطح یکنواخت از منبع ادامه می‌یابد. به منظور تسطیح منابع، لازم است فعالیتهایی که دارای زمانهای شناوری هستند دوباره برنامه‌ریزی شوند و در زودترین زمان شروع تأخیر ایجاد شود. سپس مجموع منابع مورد نیاز به پریودهایی که فعالیت در ابتدا برنامه‌ریزی شده، اضافه می‌شود. محدودیتهای مسأله مربوط به روابط پیش نیازی، شناوری، و خطی نمودن تابع هدف می‌باشد.

عیسی [۲] یک مدل خطی عدد صحیح ارائه نموده که میزان بکارگیری منابع را تا حد امکان به نمودار یکنواخت یا غیر یکنواخت منابع نزدیک می‌نماید. هدف مدل حداقل نمودن قدرمطلق انحراف بین نرخ بکارگیری واقعی منابع و نرخ مطلوب می‌باشد. این مدل قابل بکارگیری در شبکه‌های فعالیت بر روی بردار[۴] و فعالیت بر روی گره[۵] است و پیش نیاز با یک یا چند مسیر بحرانی می‌باشد. همچنین با تغییراتی می‌توان برای حالتی که چندین منبع وجود دارد استفاده نمود. سپس ، مدل را با یک نمونه کوچک در سه حالت مختلف حل نموده است. این حالات عبارتند از:

---

[۱] Philips & Garcia [2] Beidoun & Movassaghi [3] Easa

[٤] Activity On Arrow [٥] Activity On Node