Archive of SID

مقایسه تطبیقی و پیشنهاد الگوریتمی مناسب برای روشهای تسطیح منبع در زمانبندی های خطی (*LOB-LSM*)

علی شمسایی [i]; سید مجتبی حسینعلی پور [ii]

چکیده

برای برنامه زمان بندی برخی از پروژه ها که فعالیت های آنها ماهیت تکراری دارند مانند ساخت بزرگراه و ساختمان های بلند مرتبه به جای استفاده از CPM و دیگر برنامه های متعارف باید از روش خط تعادل یا زمانبندی خطی (LSM و LOB) استفاده کرد که یک شیب و روند پیشرفت انجام فعالیت را به ما می دهد. تاکنون برای تسطیح منبع (که از ضروریات هر پروژه ای می باشد) در این روش ها الگوریتم های مختلفی پیشنهاد شده اند که معروف ترین و موثرترین آنها الگوریتم ریاضی عدد صحیح و الگوریتم ژنتیک می باشد که بر الگوریتم های دیگر مانند روش های حسی و ... مزیت های آشکاری دارند. ابتدا به بررسی و بیان اصول الگوریتم های ریاضی عدد صحیح و نحوه ی کار آنها اعم از فرمول بندی مربوطه پرداخته و در ادامه اجزا و اصول الگوریتم ژنتیک مورد بحث قرار می گیرد. برای مشخص شدن کارایی هر کدام از دو الگوریتم فوق دو مثال عددی برای هر کدام از روش ها ارائه شده و نتایج آنها مقایسه شده است. در انتها به بیان خصوصیات و معایب و محاسن هر کدام از این دو الگوریتم و مقایسه ی آنها می پردازیم و الگوریتم مناسب تر برای هر موقعیت را پیشنهاد می کنیم.

کلمات کلیدی: الگوریتم ژنتیک، تسطیح منبع، زمانبندی خطی.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۲/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۷/۱۵

i کارشناس ارشد مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه آزاد (واحد علوم و تحقیقات): a_shamsai@yahoo.com

[ii]استاد یار گروه مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه شهید بهشتی : m-hosseinalipour@sbu.ac.ir.

۱- مقدمه

معمولاً در ساخت مراحل زمان بندی، برنامه ریزی و کنترل با استفاده از روش مسیر بحرانی انجام می‌شود. یک بررسی ENR از ٤٠٠ پیمانکار نمونه معلوم کرد که CPM ٪۹۲/٦ را تا حدودی به کار می‌برند. هرچند یک بررسی انجمن پیمانکاران عمومی آمریکا مشخص کرد زمانبندی مهمترین تکنولوژی است که نیاز به اصلاح دارد. یک بخش برنامه ریزی و زمانبندی ساخت که در آن مشخص شده است که CPM ضعف دارد ساخت خطی است. CPM قادر نیست به دقت طبیعت تکراری ساخت خطی را مدل کند. این شامل ناتوانیش در مشخص کردن پیوستگی کار برای اکیپهای کاری و منابع، برای برنامه ریزی کردن تعداد زیادی از فعالیتهای ضروری برای بیان یک پروژه تکراری، برای بیان نرخ پیشرفت، برای اصلاح کردن تغییرات در ترکیب کار بین واحدها و انعکاس دقیق وضعیت واقعی می‌باشد.

در بعضی از پروژه های عمرانی مانند راه سازی، بلند

www.SID.ir

Archive of SID

مرتبه سازی (برج سازی)، سدسازی و حتی ساختمان های مسکونی متعارف فعالیت های تکراری وجود دارد که جهت زمانبندی بهتر این پروژه ها نمی توان از روش های متداول مانند CPM و یا PERT به علت تکراری بودن مراحل و البته گستردگی شبکه و همچنین سختی کنترل آن استفاده نمود. ولی از تکنیک های جدید برنامه ریزی (مانند روش خط توازن LOB و روش خطی زمانبندی LSM) می توان استفاده نمود.که بالتبع تسطیح در این روش ها نیز متفاوت خواهد بود.

در این تحقیق داده‌های مربوط به ۱۴۲ سد خاکی شکسته شده در جهان از چندین منبع معتبرتهیه شده و روابط جدیدی بر مبنای مطالعات محققین قبلی در این زمینه تهیه گردیده‌است. عدم قطعیت روابط تجربی می‌تواند با استفاده از روشهای آماری مناسب از جمله حذف مقادیر پرت با استفاده از الگوریتم Rousseeuw، انجام شود. در این تحقیق مطالعات مربوط به ماکزیمم سیلابهای احتمالی ناشی از شکست سد در پایاب سد آیدوغموش با استفاده از روشهای مختلف انجام و نتایج مورد بررسی واقع شده‌اند.

۱-۱- برنامه ریزی پروژه ها ی شامل فعالیت های تکراری

پروژه هایی که شامل فعالیت های تکرار شونده هستند را می توان به ۲ گروه تقسیم کرد: اول پروژه هایی که بر اساس محل و مکان هستند و دوم پروژه هایی که بر اساس فاصله هستند. مثال هایی از پروژه هایی که بر اساس مکان هستند شامل مجتمع های چند واحدی و ساختمان های بسیار بلند (آسمان خراش ها) هستند . در حالی که مثال هایی از پروژه هایی که بر اساس فاصله (مسیر) هستند شامل پروژه های خطوط لوله و پروژه های ساخت بزرگراهها می باشند .

روش خط تعادل (LOB) برای پروژه هایی که بر اساس مکان و نقطه هستند به کار برده می شود و روش برنامه ریزی خطی (LSM) برای پروژه هایی که بر اساس فاصله و مسیر هستند ، به کار برده می شود. [۱]

LOB -۲-۱

LOB یک روش نسبتاً ساده و مناسب برای زمان بندی میان مدت تا دراز مدت پروژه های تکرار پذیر می باشد.این روش یک روش زمان بندی مبتنی بر منابع با دغدغه اصلی حفظ پیوستگی کار و استفاده کار آمد از منابع درگیر است.

برای پروژه هایی که بر اساس مکان هستند ، کارگران کارهای مجزایی برای تکمیل واحد های مشابه (برای مثال واحد های آپارتمانی ، طبقات ساختمان بلند) در یک یا چند واحد در فضا انجام می دهند . فعالیت های تکراری با استفاده از تکنیک خط تعادل (LOB) برنامه ریزی می شوند ، اما اساسا برای پروژه های ساختاری تکرار شونده که اساس مکانی دارند ، LOB توسط افراد دست اندرکار صنعت تولید به کار برده می شود . بعضی از اسم هایی که در ادبیات منتشر شده برای این روش در نظر گرفته شده است عبارتند از : روش ساخت عمودی، روش برنامه ریزی فضای زمانی، روند برنامه ریزی فعالیت تکراری، برنامه ریزی منطق عمودی و افقی.

LSM -۳-۱

برای پروژه هایی که بر اساس فاصله (مسیر) هستند ، عملکردها به طور پیوسته در طول مسیر افقی پروژه انجام می گیرند . بزرگراه ها ، راه آهن ، تونل ها و خطوط لوله از این جمله هستند. روش برنامه ریزی خطی برای برنامه ریزی پروژه هایی که بر اساس مسیر هستند، بسیار مفید و آموزنده است .

منشاء زمانبندی خطی روشن نیست . این روش تا اندازه ای با زمانبندی خط تعادل که در صنایع تولیدی استفاده می شود، ارتباط دارد . روش زمانبندی خطی به «روش تولید عمودی» نیز موسوم است که این نام به دلیل کاربرد آن در ساخت ساختمان های بلند (برج) می باشد. [۱۰]

به طور کلی روش زمانبندی خطی برای پروژه هایی که دارای فعالیت های تکراری و نیز طولانی مدت می باشند مناسب است، از طرف دیگر فعالیت ها توسط یک گروه به طور پیوسته در طول مدت پروژه انجام می شود. بنابراین روش LSM نه تنها برای ساختمان های بلند، بلکه برای پروژه های باند فرودگاه ، تونل ، خطوط لوله و تولید پیش ساخته نیز مناسب می باشد . مخصوص برای راه سازی، که به لحاظ خطی بودن ماهیت آن روش LSM بسیار مطلوب می باشد .

www.SID.ir

Archive of SID

دیاگرام LSM :یک طرح خطی با ۲ نمودار که نمودار y زمان را نشان داده و نمودار x که فاصله و موقعیت را نشان می دهد. توالی هر یک از این فعالیت ها در رابطه با موقعیت و زمان بر روی یک نمودار ترسیم می شود. کاربر می تواند فعالیت ها را در پیشرفت کار در موقعیت های خاص تعیین کند و میزان تولید و انجام فعالیت توسط شیب های خطوط نشان داده می شود.دیاگرام LSM زمان و موقعیت یک یا تعدادی از واحدهای تکراری را مقایسه می کند . تغییرات در موقعیت با زمان ، بیانگر میزان پیشرفت پروژه است .

۲- همترازی منبع

منابعی که لازمند در یک پروژه ساخت به درستی اداره شوند عبارتند از: نیروی انسانی، ماشینها، مواد، پول ، اطلاعات و تصمیمهای مدیریت(هالپین و وودهد ۱۹۸۰). اینها به منظور اتمام پروژه در زمان و بودجه باید در موثرترین راه مجتمع شوند و به کار برده شوند.

تسطیح منبع عبارت است از روند قرارگیری فعالیتهای یک شبکه به گونه ای که مصرف منابع پروژه بر پایه روز به روز کمترین مقدار باشد. به علاوه هریس با دقت شرح داد که منابع به سه علت تسطیح می‌شوند:

- نیاز اینکه حد فیزیکی یک منبع در نظر گرفته شود.
- نیاز اینکه از تغییرات (بالا و پائین رفتن)، روز به روز منبع مورد نیاز جلوگیری شود.
- نیاز اینکه یک جریان همواری از منابع وجود داشته باشد.

بطور کلی دو دسته اساسی جدول زمان‌بندی منبع وجود دارد که یکی از آنها جدول زمان بندی منبع با محدودیتهای ثابت و دیگری جدول زمان بندی همترازی منبع است. جدول زمان بندی منبع با محدودیتهای ثابت وقتی مطرح می گردد که محدودیتهای قطعی و معینی برای مقدار منابع قابل دسترسی وجود داشته باشد. هدف جدول زمان بندی در این دسته عبارت از بسط مدت پروژه به حداقل ممکن در ماوراء طول مسیر بحرانی و اصلی بگونه ای است که محدودیتهای منبع در آن لحاظ گردند. در این فرآیند هر دو نوع فعالیتهای بحرانی و غیر بحرانی تغییر پیدا می کنند و جابجا می شوند. روشهای حسی و بهینه سازی بسیار زیادی برای جدول زمان بندی با محدودیتهای ثابت وجود دارد..

مسئله همترازی منبع زمانی مطرح می گردد که منابع کافی در دسترس باشد ولی کاهش نوسانات در الگوی کاربرد منبع ضروری گردد. این نوسانات بعلت اینکه غالباً در ارتباط با تعداد کارگر موجود، بهره وری و مشکلات مالی هستند برای پیمانکار بسیار نامطلوب به نظر می رسند. هدف جدول زمان بندی آن است که نیازهای منبع را تا جایی که امکان پذیر باشد یکنواخت سازد و یا در برخی موارد آنها را از طریق همترازی غیر یکنواخت مطلوب تطابق دهد (آدریان ۱۹۷۳، هاریس ۱۹۷۸). در همترازی منبع محدودیت در منابع وجود ندارد و فرآیند با تغییر فقط یکی از فعالیتهای غیر بحرانی در میان شناوری‌های موجود آن ها انجام می گیرد. در این حالت مدت مسیر بحرانی پروژه، ثابت باقی می ماند.

برای همترازی منبع روشهای تحلیلی متعددی توسعه پیدا کرده است که تقریباً همگی آنها از ماهیت حسی برخوردار هستند.

۳- تسطیح منبع زمانبندی خطی با استفاده ازبرنامه ریزی خطی عدد صحیح

الگوریتم ریاضی فرمولبندی ریاضی را (به صورت برنامه ریزی خطی عدد صحیح) برای تسطیح منابع یک زمانبندی خطی پروژه و با تعیین مسیر فعالیت کنترلی از مدل زمانبندی خطی را شرح می‌دهد. فرمولبندی می‌نی‌مم کردن مجموع قدر مطلق انحراف منابع از یک متوسط یا مطلوب منبع مصرفی می‌باشد.

فرمولبندی با استفاده از برنامه ریزی خطی عدد صحیح (و بنابراین یک تابع هدف خطی) یک جواب قطعی برای مسئله به دست می آورد. بر خلاف روشهای تجربی که جواب بهینه به دست نمی آید. توابع هدف مانند می‌نیمم کردن مجموع مربعات غیر خطی هستند و نتیجه بهینه خیلی مشکل به دست می‌آید و یا قابل پیدا کردن نیست. در این فرمولبندی مدت پروژه افزایش نمی‌یابد و مسیر فعالیت کنترلی اولیه تعیین شده به وسیله مدل تغییر نمی کند. منابع در طول تعیین شده در زمانبندی اولیه تسطیح

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شوند.

هدف در این فرمولبندی مینیمم کردن مجموع مقدار قدر مطلق انحراف منابع مصرفی در هر روز از یک مصرف منبع روزانه متوسط است.

به عبارت دیگر هدف مینیمم کردن مجموع قدر مطلق انحراف بین منبع درخواستی در هر روز با نرخ دلخواه منبع مصرفی هست. این هدف تابع قیدهای زیر است:

- منابع مصرفی در هر روز به علاوه و یا منهای انحراف باید برابر با نرخ دلخواه باشد.
- در هر روز فقط یک نرخ تولید برای فعالیتهای خطی در نظر گرفته می‌شود.
- یک فعالیت بلوک باید فقط یک موقعیت داشته باشد.
- در دیاگرام زمان / مکان فعالیتها تداخلی نباشد.
- فعالیتهای کنترلی نباید تغییر کند

• فرمولبندی

هدف در این فرمولبندی مینیمم کردن مجموع مقدار قدر مطلق انحراف منابع مصرفی در هر روز از یک مصرف منبع روزانه متوسط است. هدف این مدل تسطیح منابع مصرفی در طول مدت پروژه است. به عبارت دیگر هدف می‌نی‌مم کردن مجموع قدر مطلق انحراف بین منبع درخواستی در هر روز با نرخ دلخواه منبع مصرفی هست. این هدف تابع قیدهای زیر هست:

- منابع مصرفی در هر روز به علاوه و یا منهای انحراف باید برابر با نرخ دلخواه باشد.
- در هر روز فقط یک نرخ تولید برای فعالیتهای خطی در نظر گرفته می‌شود.
- یک فعالیت بلوک باید فقط یک موقعیت داشته باشد.
- در دیاگرام زمان / مکان فعالیتها تداخلی نباشد.
- فعالیتهای کنترلی نباید تغییر کند

y_i مجموع منابع مورد نیاز برای هر روز i می‌باشد. متغیر y_i شامل منابع مورد نیاز برای همه فعالیتها است. بنابراین:

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} y_{ij} + \sum_{c=1}^{m} y_{ic} \qquad (۱)$$

که y_{ij} برابر با شیب نرخ تولید در روز i بیان شده و بر حسب منابع است و i=1,2,3,…,n که n تعداد فعالیتهای خطی غیر کنترلی است که در روز i رخ می‌دهد. y_{ic} منبع مورد نیاز به وسیله فعالیتهای کنترلی (خطی و بلوک) در روز i است. و c=1,2,3,…,m که m تعداد فعالیتهای کنترلی در حال انجام و پیشرفت در روز i است. از آنجایی که برای فعالیتهای خطی غیر کنترلی نرخ تولیدهای متفاوتی می‌توانیم داشته باشیم لازم است نرخ تولید هر فعالیت مشخص شود. r_{ijk} شیب فعالیت غیر کنترلی j بیان شده بر حسب منابع مصرفی در روز i و k=1,2,3,…,l که l تعداد مرخهای تولید بالقوه که برای فعالیت j می‌تواند انتخاب شود، است. معادله ۲ y_{ij} را در حالت کلی بیان می‌کند:

$$y_{ij} = \sum_{k=1}^{l} r_{ijk} \times S_{ijk} \qquad (۲)$$

که S_{ijk} یک متغیر دودویی است که فقط یک نرخ تولید برای فعالیت j در روز i به کار رود. همانطوری که در فرمولهای ۳ و ٤ نشان داده می‌شود.

$$\sum_{l}^{k} S_{ijk} = 1 \qquad (۳)$$

$$S_{ijk} \in \{0,1\} \qquad (٤)$$

با جایگذاری ۲ در ۱ نتیجه می‌شود ٥.

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} r_{ijk} \times S_{ijk} + \sum_{c=1}^{m} y_{ic} \qquad (٥)$$

در آن فرض شده که فعالیت های خطی کنترلی یا قسمتهایی از فعالیتهای خطی کنترلی نرخ های تولید متغیر ندارند و آن منابع مصرفی در مجموع همان منابع مصرفی در زمانبندی اولیه هستند.

اگر یک فعالیت بلوک غیر کنترلی در زمانبندی خطی وجود داشته باشد پس باید معادله (۱) اصلاح شود تا شامل منابع مربوط به فعالیت بلوک y_{ib} نیز گردد. y_{ib} نشان دهنده منابع مورد نیاز برای فعالیت بلوک غیر کنترلی b در روز i می‌باشد. نتیجه معادله هست

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} y_{ij} + \sum_{c=1}^{m} y_{ic} + \sum_{b=1}^{s} y_{ib} \qquad (٦)$$

که b=1,2,3,…,S و S تعداد فعالیتهای بلوک غیر کنترلی در حال اجرا (انجام) در روز i است.

فعالیتهای بلوکی غیر کنترلی شاید تغییر مکان دهند تا از منابع بهتر استفاده شود و معادله y_{ib} باید این را شامل شود. نتیجه می شود:

www.SID.ir

Archive of SID

(۷a)

$$y_{ib} = \left(1 - \sum_{q=1}^{P_b} B_{bq}\right) R_b \qquad if \qquad SS_b \le i \le SF_b$$

(۷b)

$$y_{ib} = B_{bq} \times R_b \quad if \quad SS_b + q \le i \le SF_b + q \quad q = 1,2,...,P_b$$

(۷c)

$$y_{ib} = 0 \qquad otherwise$$

که B_{bq} یک متغیر دودویی است که موقعیت بلوک برای فعالیت بلوک b است، q موقعیت بلوک مورد نظر است، P_b تعداد موقعیتهای بلوک موجود برای فعالیت غیر کنترلی b است. R_b نرخ منبع برای فعالیت بلوک b است (ثابت است) و SS_b تاریخ شروع زمانبندی شده فعالیت بلوک b و SF_b تاریخ پایان زمانبندی شده فعالیت بلوک b است.

دو شرط دیگر لازم است که اضافه شود تا اطمینان حاصل شود که فقط یک موقعیت بلوک استفاده شود.

$$\sum_{1}^{P_b} B_{bq} \le 1 \qquad (۸)$$

$$B_{bq} \in \{0,1\} \qquad (۹)$$

معادله های ۸ و ۹ اطمینان حاصل می‌کنند که B_{bq} یکی از مقادیر صفر و یک را بگیرد. زمانبندی یا موقعیت اولیه یک بلوک غیر کنترلی با B_{b0} نشان داده می‌شود و برابر با یک است.

در این نوع فرمولبندی برای تسطیح منابع و فعالیتهای میله ای می‌توانند مانند فعالیتهای بلوک تحت عمل واقع شوند. پسB_{pq} نشان دهنده فعالیتهای بلوکی میله ای است.

نرخ منبع مورد نظر d_{rr} از هیستوگرام منابع برای زمانبندی پروژه تقسیم بر طول مدت پروژه به دست می‌آید.

$$d_{rr} = \frac{\sum_{1}^{r} y_i}{T} \qquad (۱۰)$$

که T برابر با مدت طول پروژه است. نرخ منبع مورد نظر d_{rr} به نزدیکترین به عدد صحیح رند می‌شود. معادله ۱۰ منبع مصرفی روزانه متوسط را به راحتی مشخص می‌کند. بنابراین تابع هدف می شود:

$$Minimize \qquad y = \sum_{1}^{T} (devp_i + devm_i) \qquad (۱۱)$$

(۱۲)

$$Subject\ to: \quad y_i - devp_i + devm_i = d_{rr} \quad for \quad i = 1,2,...,T$$

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} y_{ij} + \sum_{c=1}^{m} y_{ic} + \sum_{b=1}^{s} y_{ib} \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{1}^{k} S_{ijk} = 1 \qquad (۱۴)$$

$$devp_i, devm_i \ge 0 \qquad (۱۵)$$

$$S_{ijk} \in \{0,1\} \qquad (۱۶)$$

$$B_{bq} \in \{0,1\} \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{1}^{P_b} B_{bq} \le 1 \qquad (۱۸)$$

$devm_i$, $devp_i$ قدر مطلق انحراف به ترتیب بیشتر و کمتر از نرخ منبع مورد نظر روزانه d_{rr} می‌باشند.

در هر تاریخ خاص به عبارت دیگر برای هر مقدار ویژه y_i $devm_i = 0$, $devm_i>0$ ، $devp_i=0$ اگر $y_i<d_{rr}$ یا $devp_i>0$ اگر $y_i>d_{rr}$.

این فرمولبندی منابع را به نرخ منبع مورد نظر که با معادله ۱۰ مشخص می‌شود تسطیح می‌کند. اگر سطح منابع در طول قسمتی از پروژه تغییر کند فرمولبندی می‌تواند به راحتی تغییر کند. این عمل با جایگزینی مقدار نرخ منبع مورد نظر d_{rr} در معادله ۱۰ با مقدار مورد نظر مناسب برای روزهای ویژه انجام می‌شود.

گسترش فرمولبندی یک متد برای تسطیح منابع پروژه های خطی بدون شبکه یا آنالیز شبکه ای هست به علاوه فرمولبندی همه اجزاء زمانبندی خطی به کار رفته برای توسعه یک زمانبندی خطی یعنی خط، میله و بلوک را شامل می‌شود.

این فرمولبندی به زمان بند اجازه استفاده از ابزار قدرت مند بهینه سازی (برنامه های خطی) برای پیدا کردن یک جواب بهینه برای مسئله تسطیح منبع برای زمانبندی خطی را می‌دهد. اگرچه آنالیز سیستم ها و کاربرد بهینه سازی در صنعت ساخت گسترش نیافته است فرمولبندی ارائه شده پیچیده نیست. این سادگی ممکن است صنعت ساخت را تشویق کند که بهینه سازی را از دید دیگری ببینند.

فرمولبندی مدل این احتمال را که نرخ تولید واقعی فعالیتهای خطی غیر کنترلی خطوط مستقیم پیوسته نباشند را می پذیرد. این احتمال به عنوان توانایی استفاده کردن از تقریب قطعه ای از خط انجام شده است.

به طور کلی فرمولبندی غیر پیوستگی نرخهای تولید را در

www.SID.ir

Archive of SID

فعالیتهای خطی غیر کنترلی را اجازه می‌دهد. فعالیت یا بخشی از یک فعالیت تحت قیود می‌تواند به تأخیر بیفتد اگر منبع کافی وجود نداشته باشد و شناوری داشته باشیم.

برنامه خطی عدد صحیح فرمولبندی تسطیح منبع ارائه شده مفهومهای شناوری نرخ و شناوری فعالیت را به کار برد. این ممکن است زیرا نرخ های تولید فعالیتهای خطی غیر کنترلی یا بخشی از فعالیتهای غیر خطی کنترلی در یک زمانبندی خطی می‌توانند بسته به شناوری نرخ آن فعالیت تغییر کنند. زیرا نرخ تولید یک فعالیت به مقدار منابع مصرفی در آن فعالیت بستگی دارد، مقدار شناوری نرخ که شاید استفاده شود به تعداد منابع موجود بستگی دارد. اگر فعالیتها منابع مشترک داشته باشند پس شناوری نرخ می‌تواند برای کسب بهتر، استفاده از منبع، استفاده شود.

تکنیک برنامه های خطی عدد صحیح یک عیب دارند. تعداد متغیرهایی که تعریف می‌شوند ممکن است اندازه مسئله را محدود کنند. برنامه های بهینه سازی موجود می‌توانند به طور موثر فقط مسئله های با اندازه محدود را حل کنند. فرمولبندی ارائه شده بنابراین موثر است زیرا تعداد متغیرهای صحیح که باید تعریف شوند در مدل بهینه سازی با فرمولبندی کاهش داده شده‌اند.

٤- تهیه جدول زمان بندی منبع با آلگوریتمهای ژنتیکی

GAها از فرآیند تکامل طبیعی و اصل بقاء اصلاح، الهام می‌گیرند. این روش با تولید یک مجموعه اولیه از راه حلهای تصادفی آغاز می‌گردد. هر راه حل انفرادی در یک جمعیت شامل مراحل تکامل، انتخاب و ترکیب مجدد در چرخه هایی می‌گردد که تحت عنوان نسلها خوانده می‌شود.

هر راه حل منفرد به وسیله یک ماهیت وجودی (رشته مانند) منفرد تحت عنوان کروموزوم نشان داده می‌شود. یک کروموزوم معمولاً شامل تعدادی ژن می‌باشد که می‌توان آنها را به شکل یک ردیف جعبه مرتب خطی نشان داد. هر ژن یا جعبه دارای دو ویژگی می‌باشد که یکی موقعیت آن و دیگری محتویاتی می‌باشد که مربوط به کد یا رمز یک راه حل است.

زمان بند GA بر خلاف روشهای زمان بندی حسی متعهد به لحاظ نمودن هیچ یک از مجموعه قوانین خاص حسی نمی باشد و در واقع از هیچ قانون حسی هیچگاه استفاده نمی کند و از جدولهای زمان بندی تولیدی به وسیله آن هیچ قانون حسی را نمی توان استنباط نمود.

. مدل GA زمان بندی فعالیتهای یک پروژه منفرد را که در اینجا تخصیص منابع است، با استفاده از یک مدل سریال با هدف به حداقل رسانی اختلاف بین قابلیت دسترسی به منابع و سودمندی تحت شرایط منبع محدود آغاز می نماید.

کلید موفقیت کاربرد GA غالباً در طرح ارائه مسئله، تطابق و سازگاری با محیط کار و تعیین پارامترهای مناسب به کارگیری آن نهفته است.

- **فرمولبندی**

هدف به حداقل رسانی انحراف منابع مورد نیاز از پروفیلهای منبع قابل دسترسی با توجه به رابطه تقدم در میان فعالیتهای پروژه . با توجه به روابط زیر: *[٥]*

$$E = \sum_{k=1}^{11} Rd_k w_k \quad \text{بحداقل رسانی} \qquad (19a)$$

$$Sx \geq \max_{y \in p_x}\{s_y + d_y\} \forall x \quad \text{مربوط به} \qquad (19b)$$

در روابط فوق R_{dk} , E به ترتیب انحرافات منبع مورد نیاز از منبع موجود برای تمام n منبع و منبع kام هستند. W_k فاکتور وزنی برای منبع kام و S_x , S_y نیز به ترتیب زمان فعالیتهای x , y محسوب می‌گردند. Dy مدت فعالیت y است، و بالاخره P_x مجموعه ای از فعالیتهایی می‌باشد که باید بر فعالیت y پیشی گیرد. انحراف برای هر منبع (اندیس k) با رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$Rd = \sum_i Rd_i = \sum_i (Ra_i - Rr_{i_1}) \qquad (20a)$$

$$Rr_i = \sum_{j=1}^{A} Rr_{ij} \qquad (20b)$$

در روابط فوق Rd_1 = اختلاف بین منبع مورد نیاز و قابل دسترسی در روز i،

Rr_{ij}= منبع مورد نیاز در روز i با فعالیت ؟

$j \in A$ عبارت از سری تمام فعالیتهای برنامه ریزی شده در روز i می‌باشد.

تابع هدف (١٩) را برای توجه به سودمندی کمتر از حد

www.SID.ir

Archive of SID

معمول وبا سودمندی بیشتر از حد معمول منابع و ادامه مدت پروژه می‌توان بیشتر بسط داد. بنابراین هرگاه T_a عبارت از مدت هدف پروژه برای منبع زمان بندی شده و T مدت واقعی پروژه باشد سهم هر منبع برای هدف از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۲۰c)

$$\sum_{i=1}^{T} Rd_i = k_1\left[\sum_{i=1}^{T_a}\left(Ra_1 - \sum_{j=1}^{A} Rr_{ij}\right)\right] + k_2\left[\sum_{i=1}^{T_a}\left(\sum_{j=1}^{A} Rr_{ij} - Ra_i\right)\right] + k_3\left[\sum_{i=T_a+1}^{T}\left|\left(\sum_{j=1}^{A} Rr_{ij} - Ra_i\right)\right|\right]$$

در رابطه فوق k_1 , k_2 , k_3 فاکتورهای جریمه یا تاوان هستند. (k_1 , k_2 به ترتیب برای بیان مفاهیم موقعیتهای منحصر به فرد دوجانبه سودمندی کمتر از حد معینی و بیشتر از حد معینی مورد استفاده قرار می‌گیرند). مسائل ترازیابی منبع و تخصیص منبع نامحدود را می‌توان با تعیین ضرایب مناسب برای دو عبارت اولیه معادله مدل کرد ولی مسائل مربوط به «موعد – تاریخ» را به گونه ای که در عبارت آخر (۲۰c) مشاهده می‌گردد باید با زمان بندی منبع غرامتی در ماوراء تاریخ هدف، مدل نمود.

شناوری جریان یک فعالیت (CF) به تبعیت از شان موگانایاگام (۱۹۸۹) طبق رابطه زیر تعریف شده است.

$$CF = LFT - CT - d \qquad (۲۱)$$

در رابطه فوق LFT= زمان پایان تأخیر یک فعالیت، CT = زمان جاری و d= مدت باقیمانده یک فعالیت است. CT در این مدل تحت عنوان حداقل زمانهای پایانی فعالیتهای مرتبه قبلی تعریف شده است. آنگاه زمان شروع یک فعالیت یعنی ST به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$ST = FT_p + \text{عدد تصادفی} \times CF \qquad (۲۲)$$

که در آن FT_p برابر با حداکثر زمان پایانی فعالیتهای اسبق است.

- **مقایسه با روشهای حسی**

برای بررسی مکانیزم برنامه ریز GA ابتدا از دو مسئله با اندازه کوچک استفاده به عمل آمده است. اولین مسئله، شبکه ۱۱ فعالیتی شان موگانایام (۱۹۸۹) است. فعالیتهای پروژه فقط بر اساس یک منبع با پروفیل ثابت، زمان بندی می‌شوند. برای عبارات دوم و سوم (۲۰c) در راستای اجرای این شرط یک ضریب بزرگ در نظر گرفته شده است. روی هم رفته ٤٠ اجرای آزمایشی هر کدام با اندازه جمعیتی ۵۰ و اندازه سعی ۲۰۰۰ به کار برده شده‌اند. در هر اجرا ۵ راه حل فوقانی ذخیره (save) گردیده اند. متعاقباً به طور کلی ۲۰۰ حل ژنوتیپی به دست آمده است (تمام ۲۰۰ راه حل ژنوتیپی برای دستیابی به یکتائی در سطح ژنوتیپ کنترل شده‌اند.)

در میان ۲۰۰ راه حل مذکور ۱۷٦ برنامه زمان بندی (۸۸ درصد) و مدت ۳۸ روز با ارزیابی ۷۸ واحد تولید شده است (نظیر آنچه که به وسیله برنامه زمان بندی قانون اکتشافی منفرد CF تولید گردیده است.) ۲٤ راه حل باقیمانده بهترین برنامه زمان بندی را با مدت ۳۹ روزه پروژه و ۸٦ واحد ارزیابی در برداشته اند. از ۱۷٦ ژنوتیپ بهینه ٦٤ ژنوتیپ برنامه هایی را تولید کرده‌اند که در میان زمانهای فعالیت برنامه ریزی شده منحصر به فرد بوده‌اند. یک نمونه از ۳ برنامه زمان بندی در مقایسه با تولید انفرادی حاصل از قانون حسی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱): انواع برنامه ریزیهای تولیدی به وسیله GA در مقایسه با CF

with CF

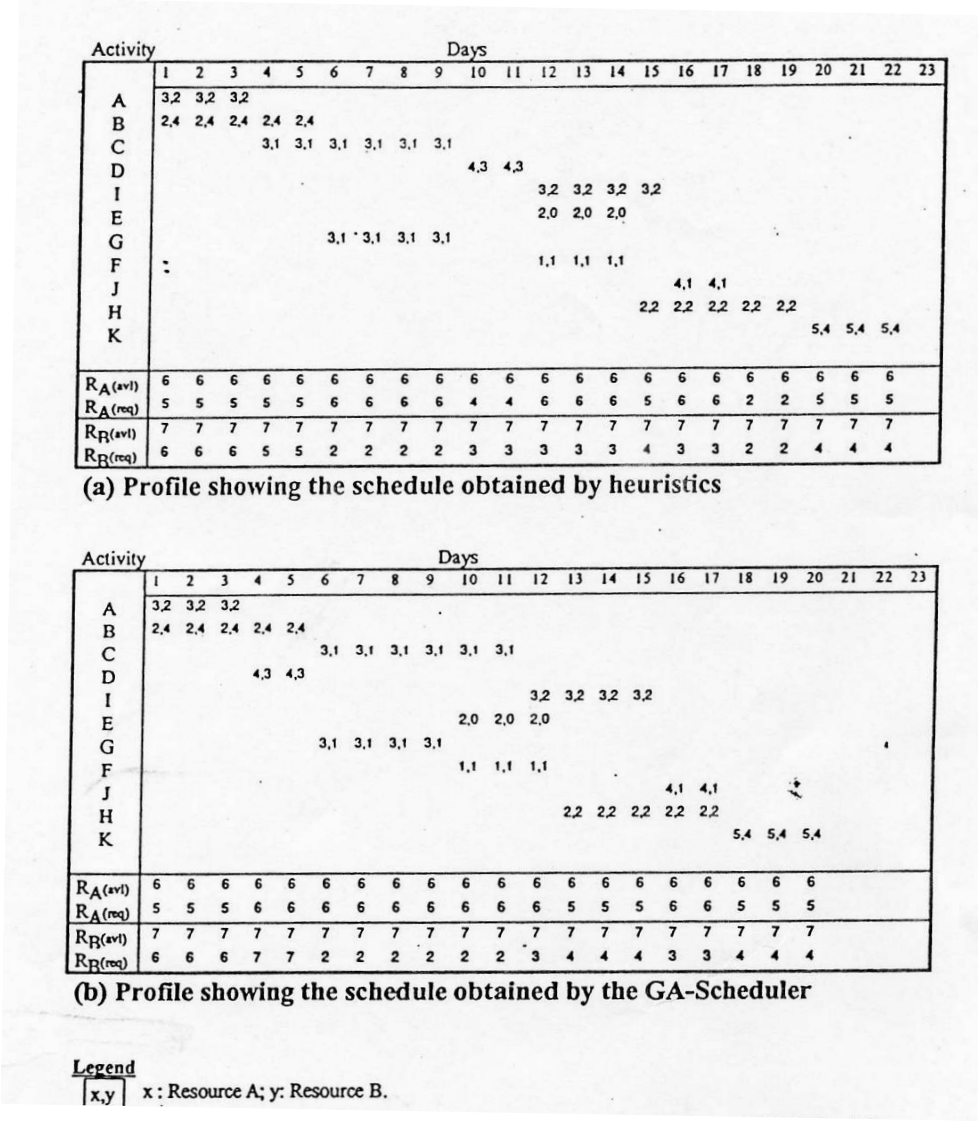
Activity		START TIMES OF ACTIVITIES GIVEN BY			
			GA		
Name (1)	Resources required (2)	CF (3)	Schedule 1 (4)	Schedule 2 (5)	Schedule 3 (6)
1	3	6	6	7	8
2	6	0	0	0	0
3	4	10	10	11	14
4	0	10	15	15	19
5	4	28	28	28	28
6	0	6	6	7	8
7	4	6	6	6	6
8	2	16	17	18	18
9	4	32	32	32	32
10	5	22	22	22	22
11	2	28	28	28	28

اگرچه حل CF دقیقاً مشابه با حلهای GA نمی باشد معهذا برنامه زمان بندی GA(1) فقط با تغییر در زمان شروع فعالیتهای ٤ و ۸ و سایر موارد از نزدیکی به جدول زمان بندی CF تبعیت می نماید. تغییر در زمان شروع فعالیت ٤ در حقیقت حائز اهمیت نیست زیرا به هیچگونه منبعی نیاز ندارد ولی تغییر یک روز در شروع فعالیت ۸ حائز اهمیت می‌گردد و اهمیت این تغییر در پروفیل منبع منعکس می‌شود. نکته قابل ملاحظه درباره زمان بند GA آن است که زمان بند مذکور می‌تواند گزینه های متعدد برنامه ریزی را با کیفیت خوب یکسان در مقایسه با راه حل

www.SID.ir

Archive of SID

منفرد از طریق روش اکتشافی تهیه نماید.



(a) Profile showing the schedule obtained by heuristics

(b) Profile showing the schedule obtained by the GA-Scheduler

Legend
[x,y] x : Resource A; y: Resource B.

شکل (۱): مقایسه پروفیلهای حاصل از قانون حسی. زمان بند GA ،(a) پروفیل نشان دهنده برنامه زمان بندی با روشهای حسی (b) پروفیل نشان دهنده جدول زمان بندی با روش زمان بند GA

موضوع غرامت برای سودمندی مازاد برای تأمین انعطاف پذیری زمان بند GA تدوین گردیده است. هنگامی که زمان بند GA با پارامترهای یکسان و مشابه اجرا شده است برنامه های با دوره ۳۳ روزه و ٤٢ واحد ارزیابی برای زمان بندی به دست آمده است. حداقل مدت اجرای پروژه نیز ۳۲ روز است. در چنین حالتی یک مدت ٦ روزه وجود دارد که طی آن سودمندی منبع موجب افزایش قابلیت دسترسی معادل با ۱ واحد می‌گردد.

نکته مهمتر اینکه نتیجه گیری مذکور پیشین ما را در ارتباط با مجاز بودن استفاده از منابع یعنی سودمندی مجاز از آنها در دوره کوتاهی به مقدار کم امکان تولید جدولهای زمان بندی را به وسیله GA فراهم می‌آورد. در اینگونه شرایط اولا مدت پروژه کاهش می‌یابد و ثانیاً الزام و تعهد کل منبع کاهش پیدا می‌کند (از طریق اندازه‌گیری سطح زیر پروفیل قابلیت دسترسی به منبع به اضافه هر مقدار سود مازاد).

مقدار کلی دور افتادگی برای پروژه در مورد قبلی برابر با ۳۰٤ واحد (۸ واحد در روز * ٦ روز) بوده است در حالی که دور افتادگی جاری فقط ۲٦۲ واحد منبع است. (۸ واحد در روز * ۳۲ روز + ۱ واحد در روز * ٦ روز).

دومین مسئله آزمایش یک پروژه دیگر با ۱۱ فعالیت و دو منبع است (مودر و همکاران، ۱۹۸۳). نتیجه حل مسئله در

www.SID.ir

Archive of SID

ادبیات برای مدت پروژه معادل با ۲۲ روز و ارزیابی هایی به ترتیب معادل با ۷۲ و ۸۲ واحد تولید نماید. تحلیل دقیق این برنامه های زمان بندی نشان داده اند که برای دستیابی به حل بهتر مسئله دو مکانیزم باید به کار گرفته شود:

۱. تغییر فعالیتها در یک طیف محدود با اطمینان از عدم تمدید مدت پروژه. این روش بسیار ساده است و حتی می‌توان به روش سعی و خطای دستی آن را انجام داد.

۲. تغییر دسته یا طبقه برنامه زمان بندی فعالیتها که نشان دهنده دوراندیشی زمان بند GA است.

فعالیتهای بحرانی را که در راستای تبدیل به فعالیتهای غیر بحرانی در زمان بندی می‌توان تعمداً به تأخیر انداخت و نوعی جدول زمان بندی کاملاً بسته و متراکم ایجاد کرد. فعالیت C در این مورد فعلی مورد بحث که ابتدا در مسیر بحرانی قرار داشته است به منظور تطابق با فعالیت D به طور عمدی به تأخیر انداخته شده است و همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد یک برنامه زمان بندی بهینه ۲۰ روزه ایجاد گردیده است. همچنین زمان بند GA برای تمام منابع دارای نمودارهای بارگذاری منبع خروجی است و تحلیلگر با کمک این خروجی ها می‌تواند تخطی از محدودیتهای منبع را تعیین نماید و سپس در راستای تلاش برای به دست آوردن کاربرد متعارف منبع در میان محدوده ها عبارت W_K مربوط در (۱۹) را افزایش دهند.

- **عملکرد زمان بندی GA روی مسائل بزرگتر**

برای معتبر کردن عملکرد زمان بند GA بر اساس راندمان یا کارایی جدی و محاسبات کامپیوتری ۱۴ مسئله آزمایشی از یک مجموعه مسئله به طور تصادفی انتخاب شده است. *[۵]* اندازه فعالیتها بین ۱۴ تا ۵۱ تغییر کرده است. این مسائل آزمایشی همگی از نوع پروژه های چند منبعی در شرایط سطوح ثابت منبع شامل حداکثر سه نوع منبع هستند. نتایج آزمایش در جدول (۲) به طور خلاصه نشان داده شده‌اند.

زمان بند GA توانسته است راه حل هایی را تولید نماید که در مقایسه با راه حلهای تولیدی با روشهای حسی حداقل دارای مدت پروژه مساوی و حتی غالباً دارای مدت پروژه کمتر باشند. در بسیاری از موارد راه حل به دست آمده بهینه بوده است. به علاوه نه تنها یک جدول زمان بندی منفرد بلکه طیفی از اینگونه جدولهای زمان بندی مختلف با ارزیابی مساوی از طریق زمان بند GA قابل دستیابی است. اگرچه زمان مورد نیاز محاسبات کامپیوتری با استفاده از زمان بند GA بیشتر از زمان مورد نیاز با یک اجرای منفرد در روشهای معمولی حسی می‌باشد. معهذا نتایج به دست آمده بیانگر یک انفجار ترکیبی نیستند. همچنین اگرچه آزمایشات ما با تکمیل شدن اندازه سعی اجرا شده‌اند ولی در هر حال بهترین راه حلها هنوز هم حتی با کاهش قابل توجهی در تعداد سعی ها (پس از حصول خط مجانب) به دست می‌آیند.

زمانهای محاسبات کامپیوتری با دیدگاه محافظه کارانه به مقدار کم و اندک گزارش گردیده اند. به علاوه فرم معمولی عبارات زمان در واحد پردازش مرکزی (cpu) برای هر سعی فقط با توان دوم اندازه پروژه افزایش می نماید و از توان نمائی برخوردار نیست.

۵- نتیجه گیری و مقایسه روش تسطیح منبع زمانبندی خطی با استفاده از برنامه ریزی خطی عدد صحیح با روش الگوریتم ژنتیک

مسائل جدول زمان بندی منبع به علت کاربردهای بسیار عملی آنها در سطح گسترده ای مطالعه شده است در تلاشهای گذشته برای حل این مسائل از مدلهای ریاضی استفاده شده است ولی عدم مزیت مدلهای ریاضی آن بوده است که در عمل نتوانسته اند مسائل بزرگتر و بسیار پیچیده تر را حل نمایند. متعاقباً برای غلبه بر مسئله انفجار ترکیبی از قوانین حسی بهره گرفته می‌شود و پس از آن ثابت شده است که این قوانین خودشان تا حد بسیار زیادی متکی به مسئله هستند. به علاوه الگوریتمهای طراحی شده برای تخصیص منبع ممکن است برای مسائل همترازی منبع به خوبی عمل نکنند. روش الگوریتم ژنتیکی (GAها) بر این نواقص غلبه می نماید ماهیت فرآیند بهبود مورد استفاده در روش GA به کاربر یک روش واقعی و عملی روزانه توصیه می نماید و بسیاری از راه حلهای خوب و نه الزاماً بهینه ای که به GA برمی گردند غالباً تحت فشار جدی زمانی قرار دارند. نکته مهم در این زمینه این است که نتایج حاصل از مدل پیشنهادی نشان دهنده یک رشد نمائی در زمان محاسباتی مورد نیاز برای مسائل

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگتر نیستند.

جدول (۲): نتایج حاصل از مسئله آزمایش استاندارد

Network size	14	22	27	51
Number of problems solved	1	7	4	2
Number of solutions equal to heuristic rules	—	3	1	1
Number of solutions better than heuristic rules	1	4	3	1
Mean CPU time for one experiment (min)	0.22[a]	3.66[b]	4.12[b]	5.84[c]
Variance in CPU time (min^2)	—	0.533	0.537	2.53
CPU time per experiment per trial (s)	5.40×10^{-3}	15.69×10^{-3}	17.65×10^{-3}	73×10^{-3}

[a]Trial size of 2,400.
[b]Trial size of 14,000.
[c]Trial size of 4,800.

هدف اصلی از مسئله ترازیابی منبع کاهش پیک منبع و صاف و هموار نمودن واگذاریهای دوره به دوره در مدت ضروری پروژه با فرض قابلیت دسترسی نامحدود به منبع است. مسئله تخصیص منبع با این فرض آغاز می‌گردد که قابلیت دسترسی به منبع تا حدودی به مقدار حداکثر محدود می‌شود و هدف آن است که به کوتاهترین مدت زمان اجرای فعالیتهای پروژه دسترسی پیدا شود. تصمیم گیر احتمالاً تمایل به دستیابی هر دو هدف یعنی ترازیابی منبع و حداقل مدت پروژه را دارد و در واقع به تبادل تجاری بین افزایش قابلیت دسترسی منبع و دورنمای مدتهای کوتاهتر پروژه تمایل دارد.

در تلاشهای اولیه برای حل این مسائل از مدلهای ریاضی نظیر برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی دینامیکی (دیویس ۱۹۷۳) برای به دست آوردن یک روش بهینه استفاده شده است. کارایی الگوریتمهای ریاضی نظیر برنامه ریزی خطی عدد صحیح در جستجو برای راه حلها به فرضیه سازیهای جدی درباره توابع هدف و محدودیتهای به کار رفته در مدل که ممکن است مغایر با جهان واقعی باشند متکی هستند. به علاوه این روش به علت پدیده ای که تحت عنوان «انفجار ترکیبی» خوانده می‌شود تا حدود جزئی به مسائل بزرگتر ضروری در کاربرد عملی نیاز دارد. در تلاشهای دیگری برای غلبه بر مسئله انفجار ترکیبی از قوانین اکتشافی استفاده شده است.

معهذا استنباط این موضوع که آیا به کارگیری قوانین اکتشافی می‌توانند دستیابی به یک راه حل بهینه را تضمین نمایند حائز اهمیت است.

عدم درس گیری از برنامه های زمان بندی تولیدی موجب گردیده است که روش حسی به عنوان یکی از روشهای بسیار تیپیک آزمایش و خطا تلقی گردند

برای مقایسه ی روش GA با روش های حسی از دو مساله با اندازه ی کوچک استفاده شد که در هر دوی آنها مزیت و سهولت استفاده از الگوریتم ژنتیک در دستیابی به جواب بهینه کاملا مشخص است. همچنین عملکرد زمان بندی GA روی مسائل بزرگتر نیز مورد آزمایش قرار گرفت و نتیجه شد که زمان بند GA توانسته است راه حل هایی را تولید نماید که در مقایسه با راه حلهای تولیدی با روشهای حسی حداقل دارای مدت پروژه مساوی و حتی غالباً دارای مدت پروژه کمتر باشند.

شایسته است به این نکته اشاره شود که الگوریتمهای ژنتیکی به هر حال در یکی از موانعی که در روشهای حسی وجود دارد سهیم هستند. بدین معنی که در این الگوریتم نیز پی بردن به بهینه بودن نتیجه نهایی امکانپذیر نیست. به علاوه برای دستیابی به یک نقطه مشترک در مورد راه حلهای خاص گاهی می‌تواند زمان طولانی را به خود اختصاص دهد.

این موضوع وقتی مطرح می‌گردد که بهینه سازی موضعی یا یک الگوریتم آزمند را بتوان به منظور تسریع در تعیین بهینه تقریبی برای جستجوی محیط مجاور یک حل تولیدی به وسیله GA مورد استفاده قرار داد. در هر حال این نکته همیشه واقعیت دارد که فرآیند GA همیشه بر اساس راه حلهای اولیه از طریق انتخاب و ترکیب مجدد ارتقا پیدا می‌کند و به پیش می‌رود. این خصوصیت توانسته است اساس یک نوع همزیگری یا مماشات بین سیستمهای متخصص و سیستمهای GA را تشکیل دهد.

بدین ترتیب سیستمهای متخصص می‌توانند اولاً جمعیت آغازین را خودشان شروع نمایند، ثانیاً محدودیتهای برنامه زمان بندی را جابجا نمایند و ثالثاً فرآیند GA را کنترل کنند و از این اقدامات بهره گیری نمایند. مولفه GA نیز با سیستم متخصص، فضای امکانات تعیین محدودیت را جستجو می‌کند. در دوره تحقیق فعلی واکنش درونی بین پروفیلهای قابلیت دسترسی به منبع و کیفیت برنامه های زمان بندی تهیه شده برای فعالیتها، مورد توجه قرار گرفته اند.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- یافته های تحقیق

بعد از بررسی مدل ریاضی عدد صحیح به این نتیجه رسیدیم که این مدل ها برای مساله های کوچک و حتی متوسط کاربرد بهینه ای دارند ولی متاسفانه این مدل ها در عمل نتوانسته اند مسائل بزرگتر و بسیار پیچیده تر را حل نمایند. از طرفی این مدل ها در جستجو برای راه حل ها به فرضیه سازی های جدی درباره توابع هدف و محدودیت های به کار رفته در مدل متکی هستند. این محدودیت ها ممکن است کافی نباشند یا مغایر با جهان واقعی باشند. بنابراین این روش به علت پدیده ای که تحت عنوان «انفجار ترکیبی» خوانده می‌شود تا حدودی به مسائل بزرگتر در کاربرد عملی نیاز دارد.

برای غلبه بر مساله انفجار ترکیبی در تلاش های زیادی از قوانین تجربی استفاده شده است. البته ما به علت برتری هایی که الگوریتم ژنتیک بر این سری قوانین دارد ابتدا به شرح مدل ژنتیک پرداختیم و سپس سه مساله ی موردی را برای هر دو روش قوانین تجربی و الگوریتم ژنتیک انجام دادیم که در هر سه مورد برتری الگوریتم ژنتیک در سرعت دسترسی به جواب بهینه کاملا مشخص شد. از جمله مواردی که الگوریتم ژنتیک به قوانین تجربی (حسی) برتری دارد می توان به نکات زیر اشاره کرد:

- قوانین حسی خودشان تا حد بسیار زیادی متکی به مسئله هستند. و هیچ تضمینی وجود ندارد که آیا به کارگیری قوانین اکتشافی می‌تواند دستیابی به یک راه حل بهینه برسد یا خیر.
- عدم درس گیری از برنامه های زمان بندی تولیدی باعث شده که قوانین حسی به عنوان یکی از روشهای آزمایش و خطا مطرح شود.
- الگوریتمهای ژنتیک بر خلاف قوانین حسی، هم برای تخصیص منبع و هم برای مسائل همترازی منبع به خوبی عمل می کنند.
- در الگوریتم ژنتیک نتایج نشان دهنده یک رشد نمائی در زمان محاسباتی مورد نیاز برای مسائل بزرگتر نیستند

۷- نتیجه گیری و پیشنهاد الگوریتم مناسب

در نهایت هیچ کدام از دو الگوریتم فوق جواب یکتایی که بدون شک بهترین جواب مساله باشد را نمی دهد و این به علت ماهیت پروژه های ساختی اعم از پیچیدگی و فراوانی فعالیت های آنها می باشد. از طرف دیگر هر پروژه ی عمرانی یک پروژه ی خاص و یکتاست و به علت های متعدد مانند مکان پروژه، زمان پروژه و منابع در دسترس و ... با دیگر پروژه ها فرق می کند. بنابراین برنامه ریزی، زمانبندی و حتی تسطیح منبع آن (به علت محدودیت های مالی، انسانی یا دیگر منابع) یک مساله ی یکتا می باشد و همین امر باعث می شود که پیدا کردن بهترین جواب مساله تقریبا کاری غیرممکن برای پروژه های ساختی باشد.

تاکنون به بررسی مزایا و معایب هر کدام از این الگوریتم ها در شرایط مختلف پرداختیم .همان طور که آورده شد برنامه ریزی خطی یا خط تعادل بیشتر برای پروژه های متوسط یا بزرگ که دارای فعالیت های تکراری زیاد و پیاپی هستند به کار برده می شود. از این لحاظ الگوریتم ژنتیک مزیت دارد زیرا الگوریتم های ریاضی نظیر برنامه ریزی خطی عدد صحیح در جستجو برای راه حل ها به فرضیاتی در مورد توابع هدف و محدودیت های اعمالی نیازمندند که ممکن است کافی نباشند و یا مغایر با واقعیت باشند. از طرفی جواب برنامه ریزی خطی عدد صحیح بسیار به جواب بهینه نزدیک تر می باشد زیرا با استفاده از اصول ریاضی یک جواب واحد به ما می دهد. البته این جواب خود به دلیل غیرخطی بودن توابع هدف (می نیمم کردن مجموع مربعات) لزوما بهترین جواب نیست.

بزرگترین مشکلی که در این الگوریتم ها داریم این است که هیچ گاه مطمئن نیستیم که جوابی که در دست داریم جواب بهینه است و در اصل جواب نهایی نداریم. در ضمن الگوریتم ژنتیک در مسائل خاص ممکن است گاهی زمان بسیار طولانی ای را به خود اختصاص دهد و در پایان نیز جواب الگوریتم ریاضی بهتر باشد.

در اینجا طرح پیشنهادی ای ارائه می شود که اگر پروژه ی مشابه ای در شرایط تقریبا مشابه (در قبل توضیح داده شد که شرایط کاملا یکسان برای هیچ دو پروژه ی عمرانی نداریم) از قبل انجام شده بود و از محدودیت ها و نتایج آن اطلاعاتی در دست بود بهتر است از الگوریتم ریاضی عدد صحیح استفاده شود و اگر با یک پروژه ی

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگ یا یکتا (با تفاوت های بسیار در شرایط پروژه نسبت به بقیه ی پروژه ها) روبرو بودیم از الگوریتم ژنتیک استفاده کنیم.

لازم به ذکر است که با تمام پیشرفت هایی که در زمینه ی کامپیوترها و سرعت محاسبات و پردازش اطلاعات آنها انجام شده است باز هم احتیاج غیر قابل انکاری به مدیر پروژه و انسانی که با استفاده از دید مهندسی، تجربه و دانش (هنر) خود بتواند بهترین الگوریتم را در مورد هر پروژه انتخاب کند احساس می شود.

۸- مراجع

[۱] Garold D. Oberlender, Samir A. Ahmed, Gregory A. Duffy, (2005), Linear Scheduling of Highway Construction Projects

[۲] T.Uher (2003), Programming and Scheduling Techniques

[۳] Said M. Easa, Member, ASCE (1989). Resource Leveling in Construction by Optimization, Journal of Construction Engineering and Management

[٤] Kris G. Mattila, Dulcy M. Abraham (1998), Resource Leveling of Linear Scheduling Using Integer Linear Programming, Journal of Construction Engineering and Management

[٥] Weng-Tat Chan, David K. H. Chua, and Govindan Kannan (1996), Construction Resource Scheduling with Genetic Algorithms, Journal of Construction Engineering and Management

[٦] Harmelink, D. J. (1995), Linear scheduling model: The development of a linear scheduling model with microcomputer applications for highway construction control, PHD thesis, Iowa State Univ

[٧] Harris, R. B. (1996) , Scheduling projects with repeating activities, UMCEE Rep. No. 96-26, Civ. And Envir. Engrg. Dept. Univ. of Mishigan, Ann Arbor

[٨] Mattila K. G. (1997) , Resource Leveling of Linear Scheduling: A Mathematical Approach Using Integer Linear Programming, PHD thesis, Purdue Univ.

[٩] Suhail S. A. , and Neil R. H. (1994), CPM/LOB : New Methodology to Integrate CPM and Line of Balance, Journal of Construction engineering and management, ASCE

[۱۰] پرویز قدوسی، ۱۳۸۳، **مدیریت و کنترل پروژه**، دانشگاه علم و صنعت ایران

www.SID.ir