Archive of SID

نشریه مدیریت فن‌آوری اطلاعات، دوره ۱، شماره ۳، پاییز و زمستان ۱۳۸۸، از صفحه ۶۹ تا ۸۸

طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری(DSS) در مدیریت برای حل مسأله تسطیح منابع در مدیریت پروژه با رویکرد الگوریتم ژنتیک(GA)

محمدرضا کاباران‌زاد قدیم[1*]، حسین رفوگر آستانه[2]

۱. استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، ایران
۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز (گرایش تولید) و کارشناس دفتر مطالعات فن‌آوری‌های نوین مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۴/۱۲، تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۶/۳۱)

چکیده

تسطیح و تخصیص منابع از وظایف اصلی مدیریت پروژه می‌باشد. در صورتیکه محدودیتی در میزان منابع قابل دسترس وجود نداشته باشد، مسئله تسطیح منابع مطرح می‌شود و لازم است تا نوسانات بکارگیری منابع بدون افزایش زمان اجرای پروژه کاهش یابد. در این مقاله برای سیستم پشتیبان تصمیم گیری در مدیریت جهت حل مسئله تسطیح منابع- وسائط حمل و نقل بویژه در زمانی که از تابع هدف چندگانه که از نوع مسایل NP-hard محسوب می‌شوند، در کارخانه اندود بتن لوله (Coating) شرکت مهندسی و ساخت تاسیسات دریایی ایران، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. این روش که الهام گرفته از طبیعت است، مسئله مورد نظر را به خوبی حل نموده و جواب‌های مطلوب ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از اجرای برنامه که در ادامه ذکر خواهد شد، این مطلب را تائید می‌کند. روش تحقیق در این مقاله از نوع میدانی و پیمایشی بوده که در پاسخ به پرسش مطرح شده برآمده که آیا می‌توان با استفاده از یک مدل GA، تسطیح منابع را طوری طراحی کرد که با یک DSS به مدیران یاری نماید؟ نتایج تحقیق حاکی از این امر است که الگوریتمGA قادر است جواب‌های بسیار خوب را در زمان قابل قبولی ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: تسطیح منابع، سیستم پشتیبان تصمیم گیري، الگوریتم ژنتیک

* نویسنده مسئول
Email: kabaranzad @yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تسطیح و تخصیص منابع از وظایف اصلی مدیر پروژه می‌باشد. منابع (مانند مواد اولیه، نیروی انسانی، تجهیزات، اطلاعات، و زمان) به تمام عناصر مورد نیاز برای تکمیل (اجرای) یک پروژه اطلاق می‌شود. 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 [۱۰]. همچنین تسطیح منابع را می‌توان تلاشی به منظور نائل شدن به توزیع بهتری از بکارگیری مؤثر منابع بیان نمود [۵]. هدف از به کارگیری تسطیح منابع، تلاش در جهت کمینه نمودن اختلاف بین سطوح بیشترین و کمترین نرخ بکارگیری منابع، نسبت به یک سطح کاربردی مطلوب و کاهش هزینه به کارگیری منابع حمل و نقل با استفاده از یک روش فرا ابتکاری (متاهیوریستیک) مناسب می‌باشد[۴]. مسأله تسطیح نرخ بکارگیری منابع حمل ونقل، که در این مقاله به آن می‌پردازیم این است که با در نظر گرفتن حجم تولید تأمین کننده در هر روز چه میزان از سفارشات تأمین شود تا اختلاف در سطح بکارگیری وسائط نقلیه در افق برنامه‌ریزی حداقل شود.

تعریف مساله

برنامه‌ریزی منابع در دسترس یا تسطیح- حمل و نقل مربوط به تأمین و حمل مواد اولیه از تامین کنندگان به کارخانه اندود بتن لوله (کوئتینگ) واقع در خرمشهر می‌باشد. مشکل فعلی شرکت در این کارخانه، وجود تعداد زیادی وسائط نقلیه در مبادی تخلیه شرکت می‌باشد که این مورد در روزهای خاص تکرار شده و در روزهای دیگر با بیکاری منابع حمل و نقل مواجه می‌باشد. در واقع به دلیل وجود نوسانات زیاد در بکارگیری منابع، شرکت متحمل هزینه‌های زیادی از بابت حمل مواد اولیه می‌شود. یک بعد این تحقیق، اجرای تحقیق بنیادی و علمی در زمینه علوم مدیریت و ریاضی می‌باشد که با ارائه الگوریتمی جدید به حل یکی از مسائل قدیمی بهینه‌سازی می‌پردازد و در نوع خود می‌تواند الگویی برای تولید علم باشد. جهانی شدن و تاثیر تغییرات تکنولوژیکی، سازمان‌ها را مجبور ساخته در حل بسیاری از مسائل خود با استفاده از علوم بهینه‌سازی (مدل‌های دقیق و نادقیق) حداکثر استفاده را از منابع کمیاب خود بنماید و این روند، اهمیت تحقیقات در

www.SID.ir

Archive of SID

علوم بهینه‌سازی را روز افزون ساخته است. بطوریکه ناتوانی در استفاده از این علوم می‌تواند ضربه‌های جبران ناپذیری را بر وضعیت رقابتی شرکت‌ها وارد آورد[۱].

پیشینه تحقیق

تسطیح و تخصیص منابع، از اساسی ترین وظایف مدیریت پروژه می‌باشد. بطور معمول، در مدیریت پروژه برای برنامه ریزی و کنترل پروژه از روش‌های مشخصی مانند CPM، PERT، GERT و PN استفاده می‌شود. در این روشها، در شرایطی که سطح منابع قابل دسترس محدود باشد، مسأله تخصیص منابع مطرح می‌شود و لازم است فعالیت‌ها به صورتی برنامه ریزی 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 طولانی تر 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 صورت کارآتری استفاده شود. باید توجه داشت که در تسطیح منابع تاریخ اتمام پروژه تغییر نمی‌کند [۱۰] . بیشتر روش‌هایی که برای حل مسأله تسطیح منابع ارائه شده است ابتکاری می‌باشد مانند روش برگس، بروس، کومار و هاریس... . 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 غیر بحرانی را در بازه مجاز شناورشان جابجا می‌کنند که منجر به تغییر نمودار منبع می‌شود. برای جابجایی فعالیت‌ها ابتدا آنها را بر اساس یک معیار مرتب می‌کنند و سپس به ترتیب، شروع به تسطیح می‌نمایند[۶]. روش‌های عددی با ماهیت ابتکاری اگر چه در پروژه‌های عملی و بزرگ مورد استفاده قرار گرفته اند ولی لزوماً به جواب بهینه نمی‌رسند. مسأله تسطیح منابع یک مسأله ترکیبی چند جمله‌ای نامعلوم (غیرمشخص) با تکمیل در زمان معین 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، برنامه ریزی پویا، برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی کوادراتیک و

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌های فازی فرموله شده است [۱۴]. در کلیه مطالعات گذشته، اگر چه هدف تسطیح منابع، کارائی و اثر بخشی بیشتر منابع موجود بوده و مسأله همواره با توجه به محدودیت زمان انجام پروژه، فرموله شده است، ولی در هیچ یک از کارهای انجام گرفته، عوامل بیرونی که تأثیرگذار بر زمان انجام فعالیت‌ها می‌باشند مورد توجه نبوده است. طبق نظر توربان و دیگران[۱۵] چنین مسایلی، از انواع مسایل بهینه یابی ترکیبی از نوع NP-hard محسوب می‌شوند، بویژه برای مسایلی که دارای چند تابع هدف و محدودیت‌های نامعین باشند قویاً از نوع NP-hard می‌باشند. لیو و چین[۶] نیز در تحقیقات خود نشان دادند که مدل‌های تسطیح منابع بویژه در توابع چندگانه از نوع NP-hard می‌باشد. بنابراین برای حل این نوع مسایل در اندازه‌های بزرگ با روش‌های بهینه یابی معمول، میسر نمی‌باشد، لذا از الگوریتم‌های هوش مصنوعی یرای این نوع مساله استفاده می‌گردد[۳]. روش پیشنهادی در این مقاله برای حل مساله حمل و نقل مربوط به تأمین و حمل مواد اولیه از تامین‌کنندگان به کارخانه اندود بتن لوله، الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

منطق الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، یکی از مهمترین الگوریتم‌های ابتکاری می‌باشد که از آن برای بهینه‌سازی توابع مختلف استفاده می‌شود. در این الگوریتم اطلاعات گذشته با توجه به خاصیت موروثی بودن الگوریتم، استخراج شده و درروند جستجو مورد استفاده قرار می‌گیرد[۸]. الگوریتم کار خود را از اولین نقطه بهینه آغاز و مرحله به مرحله بر روی هر یک محاسبات خود را که اهم آن تطبیق و مقایسه با تابع هدف و نقطه بهینه نهائی است پیش می‌رود. در واقع الگوریتم ژنتیک تقریباً به تمامی نقاط بهینه سر زده و برازش آنها را از دید یک کوروموزوم و از جهتی که شاید حاوی اطلاعات مهمی در مورد صفات در خود باشد، محاسبه می‌نماید و حتی زمانی که به چند نقطه ماکزیمم(نسبی) می‌رسد، تمامی نقاط مختلف بهینه نسبی را در نظر گرفته و از میان آنها نقطه بهینه را انتخاب می‌نماید[۱۱].

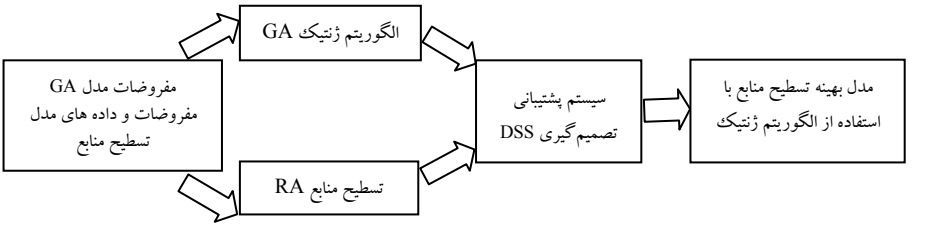
سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری

سیستمی است که با استفاده از منابع انسانی و قابلیت‌های کامپیوتر، مدیر را در حل مسائل پیچیده (مسائل ساخت نیافته و نیمه ساخت یافته) کمک می‌کند و کیفیت تصمیم را بهبود می‌بخشد [۱۵]. انسان یا دیگر سیستم‌های کامپیوتری قادر به حل این مسائل نیستند.

www.SID.ir

DSS سیستمی است که از کنار هم قرار دادن چهار جزء مدیریت داده، مدیریت مدل، دانش، و رابط کاربر حاصل می‌شود. درDSS هر کدام از عناصر ذکر شده به وسیله یک نرم افزار مدیریت می‌گردد. این نرم افزار ممکن است موجود باشد یا اینکه باید به آن منظور برنامه‌نویسی شود[۱۸].

چارچوب نظری تحقیق



نمودار ۱. چارچوب نظری تحقیق

پرسش‌ها

سوألی که در این مقاله به دنبال پاسخ آن هستیم این است که:

آیا می‌توان با استفاده از یک مدل GA، تسطیح منابع را با توجه به محدودیت‌های زمانی، وسایط حمل ونقل، تنوع مواد اولیه، میزان و تنوع سفارش و نظایر آن را، طوری طراحی کرد که با یک DSS به مدیران یاری نماید تا برنامه ریزی مناسبی برای تسطیح منابع در دسترس داشته باشند؟

روش تحقیق

روش پژوهش از دیدگاه هدف، تحقیقی کاربردی است و از دیدگاه نوع و روند انجام پژوهش، یک تحقیق پیمایشی است که می‌توان در مجموع آنرا یک پژوهش میدانی- پیمایشی نامید. ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق، مصاحبه حضوری و مراجعه به آرشیو و مستندات می‌باشد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از برنامه Visual Basic و از طریق وارد نمودن اطلاعات تسطیح منابع و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

تعریف متغیرهای مورد مطالعه

p: اندیس مواد اولیه $p = \{1,\ldots,P\}$

www.SID.ir

Archive of SID

s: اندیس تأمین کنندگان $s = \{1,\ldots,S\}$

t: اندیس پریود زمانی (روز) $t = \{1\ldots,T\}$

fsp : زمان شناوری ماده اولیه p از تامین کننده s

tsp: زمان شروع تحویل (سفارش) ماده اولیه p از تامین کننده s

jsp : اندیس شماره سفارش ماده اولیه p تامین کننده s در افق برنامه‌ریزی

$jsp = (tsp - 1))/fsp$ –افق برنامه ریزی) $jsp = \{1,\ldots, Jsp\}$

Ospjsp: مقدار سفارش ماده اولیه p از تامین کننده s در پنجره زمانی jsp بر حسب پالت

VSspt: برنامه ماده اولیه p از تامین کننده s در روز t

ANVt: تعداد وسیله نقلیه موجود در روز t

Xspt: مقدار قابل حمل ماده اولیه p از تامین کننده s در روز t برحسب پالت

Rspt: مانده (حمل نشده) ماده اولیه p از تامین کننده s در روز t بر حسب پالت

NVst: تعداد وسیله نقلیه مورد نیاز برای حمل مواد اولیه تامین کننده s در روز t

NVt: تعداد وسیله نقلیه مورد نیاز در روز t

تابع هدف مساله

تابع هدف در این تحقیق برحسب شرایط خاص به چهار شکل زیر می‌تواند بیان می‌شود[۱۰]. اگر هدف مساله تسطیح منابع یکنواخت و نرخ بکارگیری مطلوب یک عدد ثابت باشد، این مقدار برابر است با نرخ واقعی منابع مورد نیاز تقسیم بر زمان T. تابع هدف در این حالت، حداقل نمودن واریانس بکارگیری منابع حمل و نقل در افق برنامه ریزی است و به صورت زیر در مساله فرموله می‌شود:

رابطه ۱ $$\min \sum_{t=1}^{T} (NVt - NV)^2$$

که در این حالت، NV مقدار میانگین منابع مورد نیاز در کل زمان برنامه ریزی می‌باشد و از رابطه $NV = \sum_{t=1}^{T} NVt / T$ بدست می‌آید. در مساله حمل و نقل و وجود بعد مسافت بین تامین کننده و خریدار مواد اولیه (خرمشهر) نمی‌توان این متوسط را همواره در دسترس داشت و با توجه به سیکل رفت و آمد وسایط نقلیه ممکن است هزینه بیکاری افزایش یابد که البته این حالت فقط در اولین سیکل رخ می‌دهد. ولی درصورتیکه سعی در یکنواخت کردن نوسانات بکارگیری منابع باشد می‌توان این هدف را منظور نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

در صورتیکه هدف، تسطیح منابع غیریکنواخت و نرخ بکارگیری مطلوب برای هر پریود متفاوت باشد، این نرخ، با توجه به وضعیت موجود توسط کاربر تعیین می‌شود:

رابطه ۲ $$\min \sum_{t=1}^{T} (NVt - ANVt)^2$$

در صورتیکه هدف، حداقل نمودن پراکندگی بکارگیری روزانه منابع باشد، تفاضل میزان احتیاج به منابع در روزهای مختلف حداقل می‌شود. با این تابع هدف تعیین می‌شود که چه مقدار بار در هر روز تخصیص داده می‌شود تا نوسانات در سطح احتیاج به منابع در روزهای متوالی در طول افق برنامه ریزی حداقل شود.

رابطه ۳ $$\min \sum_{t=1}^{T-1} (NVt_{+1} - NVt)^2$$

در صورتیکه هدف، تسطیح منابع نباشد و صرفاً هدف حداقل نمودن تعداد وسیله نقلیه در هر پریود باشد مساله به شکل زیر فرموله می‌شود:

رابطه ۴ $$\min \sum_{t=1}^{T} NVt$$

تعریف محدودیت‌های مسأله

این مساله بطورکلی دارای دو محدودیت پارامتری زیر می‌باشدکه یکی بصورت معادله (تساوی) و دیگری بصورت نامعادله است. محدودیت مساله باید تضمین کند که سفارش مربوط به هر ماده اولیه در پنجره زمانی مربوطه تأمین می‌شود پس محدودیت تساوی عبارت است از :

رابطه ۵ $$\sum_{t=((jsp*fsp)+tsp}^{(jsp*fsp)+(tsp-2)} Xspt = Ospj \quad sp \qquad \forall s, p, t, j_{sp}$$

که مقادیر Opspj sp از طرف شرکت تاسیسات دریایی تعیین می‌شود.

نحوه محاسبه جواب‌های اولیه در الگوریتم به گونه‌ای است که این محدودیت تامین شود. در محاسبات x یک عدد تصادفی بین صفر و ۱ مربوط می‌شود.

- مقدار قابل حمل ماده اولیه p تامین کننده s در روز نباید از مجموع برنامه تولیدآن روز و مقدار مانده از روز قبل بیشتر شود پس محدودیت نامعادله به صورت زیر می‌باشد:

رابطه ۶ $$Xspt <= VSspt + Rspt - 1 \qquad \forall_{s,p,t}$$

www.SID.ir

Archive of SID

حداکثر مقدار x برابر با صفر مربوط است. لازم به ذکر است که صفر میزان سفارش در هر پریود و برای هر ماده اولیه مقدار ثابتی است ولی vs برنامه تولید تامین کننده است که به صورت روزانه ارائه می‌شود.

- تعادل سطح توزیع باید حفظ شود:

$$Rspt = Rspt - 1 + VSspt - Xsp; \qquad \forall_{s,p,t}$$ رابطه ۷

- تعداد وسیله نقلیه مورد نیاز بر حسب ظرفیت وزنی چنین محاسبه می‌شود:

$$NVWst = \sum_{p=1}^{P} Xspt * Wsp / CW; \qquad \forall_{s,t}$$ رابطه ۸

- تعداد وسیله نقلیه مورد نیاز در روز t را مشخص می‌کند:

$$\sum_{s=1}^{S} NVst = NVt; \qquad \forall_{t}$$ رابطه ۹

- متغیرها باید غیر منفی باشند:

X>= 0
NVV >= 0; NVW >= 0; NV >= 0
R>= 0

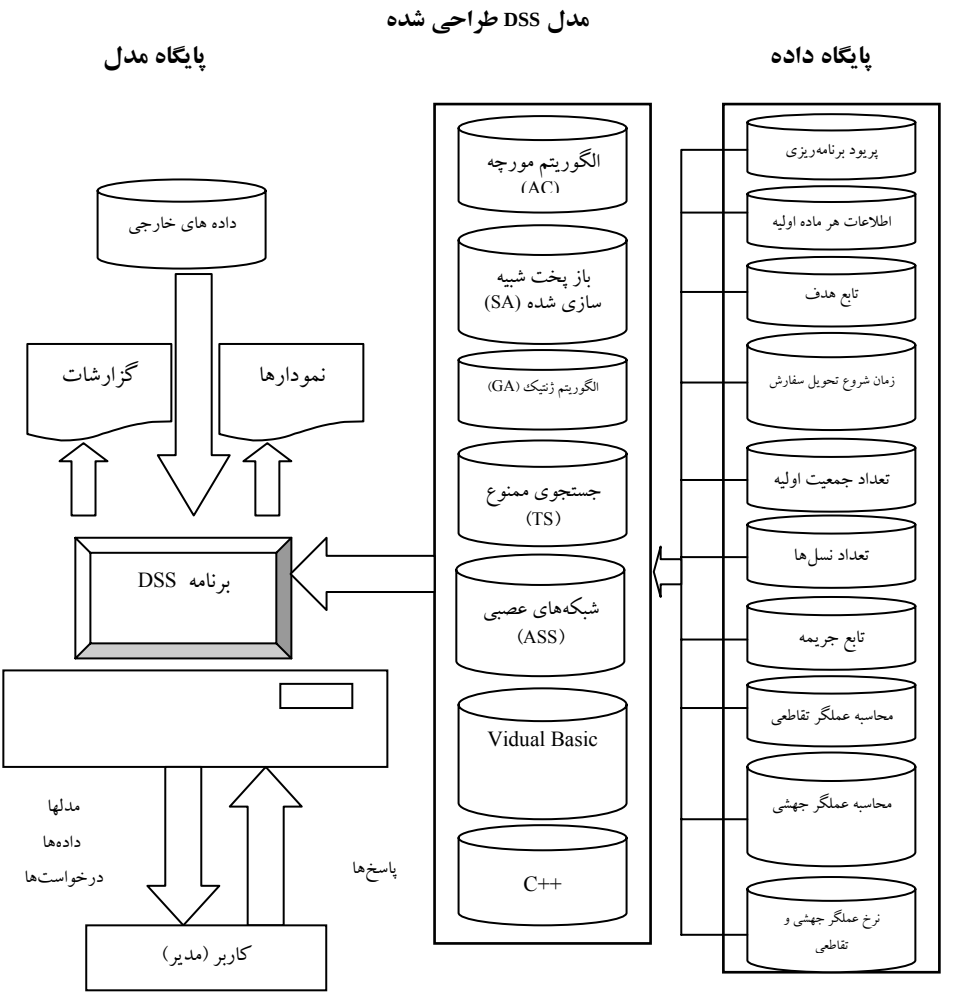
در این محدودیت‌ها تلاش می‌شود تا برنامه‌ای برای مقدار بار تخصیص یافته در هر روز از هر ماده اولیه بدست آید که هدف (اهداف) مسأله را تأمین نماید.

طراحی DSS تسطیح منابع با استفاده از مدل الگوریتم ژنتیک

در طراحی یکDSS مواردی همچون نوع DSS (داده گرا، مدل گرا و ...)، نوع کاربرد DSS (بطور تکراری یا موردی)، تفاوت سازمان‌ها و صنایع با هم، اختلاف سلیقه تصمیم گیران و محیط DSS از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند[۱۳]. در نمودار (۲) مدل پیشنهادیDSS طراحی شده با بخش‌های مختلف مدل، نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲. مدلِ DSS طراحی شده

جامعه آماری

جامعه آماری مورد بررسی در این پژوهش، مربوط به بررسی مواد اولیه موردنیاز جهت تأمین خط تولیدکارخانه اندود بتن لوله در شرکت تأسیات دریایی ایران شامل ۹ نوع ماده اولیه شامل لوله فولادی، سیمان، سنگ آهن، ماسه، اسپول رود، اپیسر، پلی رپ، انامل و پرایمر می‌باشند. داده‌های ورودی سیستم DSS را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: داده‌های مربوط به مساله حمل و نقل- تسطیح منابع و داده‌های مربوط به الگوریتم ژنتیک[۷].

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های مسئله حمل و نقل

داده‌های مسئله حمل و نقل شامل مواد اولیه، پریود برنامه ریزی، اطلاعات مربوط به هر ماده اولیه، فیلدهای جدول که به ترتیب عبارتند از کد ماده اولیه، نام ماده اولیه، دوره (پریود) سفارش هر ماده اولیه (کیلوگرم) و کد تأمین کننده، تابع هدف که در برنامه چهار تابع هدف وجود دارد، زمان شروع تحویل سفارش.

سیستم می‌تواند این متغییر را به سه روش حساب کند[۷]:

الف) شروع دریافت تمام سفارشات برابر۱ باشد. به این معنی که تمام سفارشات از روز اول پریود برنامه ریزی، به مرور دریافت شوند.

ب) شروع دریافت سفارشات به گونه‌ای باشد که کارخانه در روزهای آخر پریود، حتماً دریافت داشته باشد.

ج) شروع دریافت سفارشات را برنامه خود محاسبه می‌کند

مشخصات الگوریتم طراحی شده

- سیستم کدینگ: سیستم کدینگ مورد استفاده در برنامه، کدینگ رشته‌ای است. برای مثال اگر قرار است مسئله‌ای حل شود که پریود برنامه ریزی آن ۲۰ روز و تعداد ماده اولیه ۵ باشد، آنگاه هر جواب ۱۰۰ (۱۰۰=۲۰*۵) ژن خواهد داشت که برنامه به صورت $x_1,x_2,\ldots,x_{100}$ در نظر می‌گیرد. بنابر این اگر قرار باشد ژن ۵۶ تغییر یابد برنامه، x مربوط به روز ۱۶ ماده اولیه سوم (۵۶=۲*۲۰+۱۶) را تغییر می‌دهد.
- تابع برازش: در این الگوریتم از حالت جمعی تابع برازش استفاده شده است.
- عملگر انتخاب: پس از ایجاد جواب‌های اولیه اعمال عملگرهای تقاطعی و جهشی نوبت به عملگر انتخاب می‌رسد. در این برنامه از روش $\mu+\lambda$ استفاده می‌شود[۸].

داده‌های الگوریتم ژنتیک و روند اجرای الگوریتم

داده‌های الگوریتم ژنتیک شامل[۸] :

- تعداد جمعیت اولیه: تعداد جمعیت اولیه توسط کاربر مشخص می‌شود و الگوریتم با تولید این تعداد جواب، محاسبات را شروع می‌کند. تعداد جمعیت تا آخر الگوریتم ثابت می‌ماند.

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا به تعداد مورد نظر کاربر، جمعیت اولیه تولید می‌شود. برای بدست آوردن یک اندازه مناسب به عنوان تعداد جمعیت اولیه، مسأله را به ازای مقادیر مختلف در چند حالت حل می‌کنیم. جواب‌های حاصل را با جواب بهینه مسأله مقایسه می‌کنیم و مقدار مناسب جمعیت اولیه را مشخص می‌کنیم. تعداد جمعیت اولیه با توجه به جواب بهینه برابر ۲۰ درنظر می‌گیریم. الگوریتم تا آخر اجرا این مرحله را تکرار نخواهد کرد.

جمعیت اولیه: ۲۰

نگاره ۱. نتایج بدست آمده از حل مسأله به ازاء مقادیر جمعیت اولیه ۲۰

ردیف	اختلاف با جمعیت اولیه	مقدار تابع هدف
۱	۱.۱	۱۸.۸۹
۲	۱.۲۷	۱۹.۰۶
۳	۱.۷۵	۱۹.۵۴
۴	۲.۲۳	۲۰.۲
۵	۲.۳۴	۲۲.۱۳

- تعداد نسل‌ها: به معنای دفعاتی است که اجرای الگوریتم باید تکرار شود.
- تابع جریمه: در برنامه فوق یک نوع تابع جریمه وجود دارد. با انتخاب این تابع، داده‌های مربوط به محاسبه جریمه از کاربر خواسته می‌شود. این تابع روش جونز و هوک می‌باشد که داده‌های آن عبارتند از :ζ ، α و β [۱۳]. مقدار β برای هماهنگ کردن جواب‌های غیر موجه است، در صورتیکه مقادیر ζ و α بین جواب‌های موجه و غیر موجه ارتباط برقرار کند؛ بعبارت دیگر این دو متغیر تعیین می‌کنند مقدار برازش برای جواب‌های غیر موجه در چه فاصله‌ای از مقدار برازش جواب‌های موجه قرار گیرند. در این دو متغیر زیاد بودن یکی را می‌توان با کم کردن دیگری جبران نمود و برعکس. در هر صورت بهتر است C یک عدد صحیح بزرگتر از صفر باشد تا در روند اجرای الگوریتم ژنتیک اختلالی حاصل نشود. در مسأله حاضر پس از سعی و خطا مقادیر زیر برای ۳ متغیر در نظر گرفته شده است: α= ۱ و β = ۱.۱۵ و C= ۱
- محاسبه عملگر تقاطعی: کاربر باید یکی از۵ روش موجود را برای محاسبه عملگر تقاطعی انتخاب کند. این پنج روش عبارتند از: یک نقطه برش، دو نقطه برش، چند نقطه برش و محدب.

www.SID.ir

Archive of SID

- محاسبه عملگر جهشی: برای محاسبه این عملگر سه روش در نظر گرفته شده است که عبارتند از: کرانی، یکنواخت و غیر یکنواخت.
- نوع عملگر تقاطعی و جهشی: در برنامه سه عملگر جهش و تقاطع وجود دارد. برای بررسی و تعیین بهترین عملگر تقاطع و جهش ۷ حالت در نظر گرفته شده است.

برنامه با داده‌های مسأله ۱ با حالات مذکور و به ازاء هر حالت ۵ بار اجرا می‌شود و هر ۷ حالت از بهترین به بدترین به ترتیب محدب و غیر یکنواخت، محدب و کرانی، یک نقطه برش و غیر یکنواخت/ دو نقطه برش و غیر یکنواخت، محدب و یکنواخت، دو نقطه برش و یکنواخت، یک نقطه برش و یکنواخت، دو نقطه برش و کرانی/ یک نقطه برش و کرانی مرتب شده‌اند[۸].

بنابراین با توجه به نتایج و بدلیل اینکه مقدار تابع هدف از همه کمتر است، بهتر است که همیشه عملگر تقاطعی را از نوع محدب و عملگر جهشی را از نوع غیر یکنواخت انتخاب گردد. یکی از نتایج اجرای عملگر تقاطعی را از نوع محدب بطور نمونه آورده شده است.

نوع عملگر تقاطعی: محدب

نگاره ۲. انتخاب نوع عملگر تقاطعی و جهشی

کرانی		یکنواخت		غیر یکنواخت	
تابع هدف	ردیف	تابع هدف	ردیف	تابع هدف	ردیف
۳۱	۱	۷۵	۱	۱۸	۱
۳۶	۲	۷۸	۲	۱۵	۲
۳۳	۳	۶۹	۳	۱۱	۳
۳۱	۴	۷۲	۴	۱۲	۴
۳۵	۵	۷۹	۵	۱۱	۵

- نرخ عملگر تقاطعی: تعداد فرزندان تولید شده در هر نسل نسبت به اندازه جمعیت اصلی می‌باشد.
- نرخ عملگر جهشی: عبارتست از درصد ژن‌های یک جواب که برای انتخاب تست می‌شوند.
- نرخ تقاطع و نرخ جهش: مقدار نرخ تقاطعی، تأثیر مستقیمی در فضای نمونه گیری دارد. به بیان دیگر هر چه نرخ تقاطعی بیشتر باشد اعضا فضای نمونه گیری بیشتر است و از

www.SID.ir

Archive of SID

آنجا که نرخ تقاطعی عددی بین صفر و یک است، لذا میتوان فضای نمونه گیری را یک تا دو برابر تعداد جمعیت اولیه افزایش داد. در این برنامه نرخ تقاطعی ۰.۹ در نظر گرفته شده است.

نرخ عملگر تقاطعی: ۰.۹

نگاره ۳. نتایج مربوط به نرخ عملگر جهشی

ردیف	نرخ جهشی	مقادیر تابع هدف				
۱	۰.۰۱	۳۴	۳۸	۴۱	۴۷	۵۰
۲	۰.۰۱	۱۲	۱۳	۱۳	۱۵	۱۶
۳	۰.۲	۴۷	۴۹	۵۳	۶۱	۷۶
۴	۰.۴	۸۴	۹۹	۱۱۲	۱۱۹	۱۲۳
۵	۰.۶	۸۰	۹۱	۱۰۳	۱۰۸	۱۰۹
۶	۰.۸	۸۲	۸۵	۹۱	۹۷	۱۰۱
۷	۰.۹۹	۷۱	۷۴	۷۷	۸۷	۹۸

برای تعیین نرخ جهش مناسب، مسأله را به ازاء مقادیر مختلف نرخ جهش و به ازاء هر حالت چند بار حل می‌کنیم. با توجه به نتایج بدست آمده مقدار آنها ۰.۰۱ را به عنوان نرخ جهشی در نظر می‌گیریم (چون مقدار تابع هدف در این حالت از همه کمتر است).

تست مدل

یکی از موضوعات بسیار مهم در پژوهش‌های اکتشافی یا به عبارتی دیگر، پژوهشهایی که محقق در آن به طراحی یک مدل یا الگو جهت حل مسأله مورد نظر می‌پردازد، در واقع اجرای مدل در محیط پژوهش و ارزیابی و مقایسه دقیق آن با وضعیت قبل (جاری) است. با انجام این مرحله است که محقق پی می‌برد آیا الگو یا مدل طراحی شده توانسته است تا حد مطلوب جوابگوی نیاز و برای حل مسأله کارا باشد یا خیر. جهت تحقق این موضوع، به یاری همکاران مستقر در واحد کوئتینگ و با در خواست پژوهشگر از ایشان، در یک دوره ۳۰ روزه، با توجه به اینکه هدف محقق پیدا کردن راهی جهت حداقل نمودن نوسانات به کارگیری وسائط نقلیه مورد استفاده بوده است، اطلاعات مربوط به وضعیت ارسال مواد اولیه سیمان، ماسه و سنگ آهن به کارخانه که اهم آن تأخیرات و مدت انتظار وسائط نقلیه در مبادی ورودی کارخانه جهت تخلیه مواد اولیه و هزینه و زمان بر آوردی

www.SID.ir

Archive of SID
۸۲ ـــ

مربوط به نوسان و تأخیرات وسیله نقلیه خاص جهت ماده اولیه مختص خود، جداول مربوط به محاسبه واریانس منابع در دو حالت قبل و پس از اجرای مدل تهیه و سپس در جدولی جداگانه، تأثیر اجرای مدل در تغییر هزینه‌ها و کاهش زمان‌های انتظار درج شده است.

محاسبه واریانس منابع قبل از اجرای مدل (جواب موجه اولیه)

نگاره ۴. محاسبه واریانس منابع قبل از اجرای مدل

Xi	Fi	$FiXi$	$Xi - \overline{X}$	$(Xi- \overline{X} i)2$	$Fi(Xi - \overline{X} i)2$
۱	۴۵	۴۵	-۱۳	۱۶۹	۷۶۰۵
۲	۱	۲	-۱۲	۱۴۴	۱۴۴
۳	۰	۰	-۱۱	۱۲۱	۰
۴	۵	۲۰	-۱۰	۱۰۰	۵۰۰
۵	۱	۵	-۹	۸۱	۸۱
۶	۲۸	۱۶۸	-۸	۶۴	۱۷۹۲
۷	۳	۲۱	-۷	۴۹	۱۴۷
۸	۳	۲۴	-۶	۳۶	۱۰۸
۹	۰	۰	-۵	۲۵	۰
۱۰	۱۶	۱۶۰	-۴	۱۶	۲۵۶
۱۱	۳۰	۳۳۰	-۳	۹	۲۷۰
۱۲	۰	۰	-۲	۲	۰
۱۳	۵	۶۵	-۱	۱	۵
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۰	۱	۱	۰
۱۶	۳۰	۴۸۰	۲	۴	۱۲۰
۱۷	۰	۰	۳	۹	۰
۱۸	۰	۰	۴	۱۶	۰
۱۹	۱۲	۲۲۸	۵	۲۵	۳۰۰
۲۰	۰	۰	۶	۳۶	۰
۲۱	۳۰	۶۳۰	۷	۴۹	۱۴۷۰
۲۲	۵	۱۱۰	۸	۶۴	۳۲۰
۲۳	۰	۰	۹	۸۱	۰
۲۴	۰	۰	۱۰	۱۰۰	۰
۲۵	۵	۱۲۵	۱۱	۲۱	۶۰۵
۲۶	۳۰	۷۸۰	۱۲	۱۴۴	۴۳۲۰
۲۷	۰	۰	۱۳	۱۶۹	۰
۲۸	۲۰	۵۶۰	۱۴	۱۹۶	۳۹۲۰
۲۹	۰	۰	۱۵	۲۲۵	۰
۳۰	۰	۰	۱۶	۲۵۶	۰
Σ	۲۶۹	۳۷۵۳			۲۲۹۶۳

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعات جمع‌آوری شده قبل ازاجرای مدل

$$\overline{X} = \frac{\sum FiXi}{N} = \frac{3753}{269} = 14 \qquad \sigma = \frac{Fi(Xi - \overline{X}i)2}{N} = \frac{21963}{269} = 81/63$$

نگاره ۵. اطلاعات جمع آوری شده قبل از اجرای مدل

روز	روز	نوع ماده اولیه			زمان انتظار برای تخلیه	زمان انتظار در گلوگاه ورودی	هزینه برآوردی انتظار به ازا هر ساعت
		سنگ آهن	سیمان	ماسه			
۱	۴۵	۲۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۳۳۰	۱۷۰۰	۴۶۴۰۰۰۰
۲	۱	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۵	۰	۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰	۴۴۰۰۰۰
۵	۱	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰
۶	۲۸	۰	۵۴۰	۰	۷۳۰	۲۹۰	۲۷۰۰۰۰۰
۷	۳	۰	۰	۶۰	۴۶	۹۰	۱۲۵۰۰۰
۸	۳	۰	۰	۶۰	۴۰	۸۰	۲۱۰۰۰۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۱۶	۲۰۰	۶۰	۶۰	۳۷۰	۲۸۰	۸۸۰۰۰۰
۱۱	۳۰	۰	۵۰۰	۱۰۰	۶۰۰	۱۰۵۰	۲۶۸۰۰۰۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۵	۰	۰	۱۰۰	۱۴۰	۱۶۰	۵۹۰۰۰۰
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۶	۳۰	۰	۵۰۰	۱۰۰	۱۰۱۰	۱۲۰۰	۴۲۵۰۰۰۰
۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۹	۱۲	۲۰۰	۰	۴۰	۳۱۰	۳۰۰	۸۳۰۰۰۰
۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۱	۳۰	۰	۵۰۰	۱۰۰	۷۴۰	۶۵۰	۱۹۵۰۰۰۰
۲۲	۵	۰	۰	۱۰۰	۱۶۰	۱۴۰	۵۹۰۰۰۰
۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۵	۵	۰	۰	۱۰۰	۱۶۰	۱۵۰	۵۸۰۰۰۰
۲۶	۳۰	۰	۶۰۰	۰	۶۸۰	۶۰۰	۱۶۷۰۰۰۰
۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۸	۲۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۸۰	۳۲۰	۷۴۰۰۰۰
۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Σ	۲۶۹	۸۰۰	۳۳۰۰	۱۲۶۰	۶۸۴۶	۷۷۶۰	۲۲۸۷۵۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

نگاره فوق قبل ازاجرای مدل اطلاعات کلی زیر برای یک دوره یک ماهه حاصل است:

- ✓ کل زمان انتظار وسیله نقلیه برای تخلیه: ۷۱۳۵ دقیقه، حدود ۱۱۸ ساعت
- ✓ کل زمان انتظار وسیله نقلیه در گلوگاه ورودی: ۷۷۶۰ دقیقه، حدود ۱۲۹ ساعت
- ✓ کل هزینه برآوردی انتظار وسیله(وسائط) نقلیه به ازاء هر ساعت:۲۲۸۷۵۰۰۰ ریال

محاسبه واریانس منابع بعد از اجرای مدل (جواب بهینه)

پس از اجرای مدل مقدار واریانس منابع مانند به شیوه قبل محاسبه گردیده که مقادیر آن در زیر آورده شده است.

$$X = \frac{\sum F_i X_i}{N} = \frac{4019}{269} = 15 \qquad \sigma = \frac{F_i (X_i - X_i)^2}{N} = \frac{21208}{269} = 78.84$$

اطلاعات جمع‌آوری شده بعد از اجرای مدل

در نگاره (۶) ستون‌های آخر برای نشان دادن زمان و هزینه می‌باشد.

نگاره ۶. اطلاعات جمع آوری شده بعد از اجرای مدل

روز	روز	نوع ماده اولیه			زمان انتظار برای تخلیه	زمان انتظار در گلوگاه ورودی	هزینه برآوردی انتظار به ازا هر ساعت
		سنگ آهن	سیمان	ماسه			
۱	۱۶	۱۰۰	۱۴۰	۱۶	۲۵۰	۱۸۰	۷۳۰۰۰۰
۲	۹	۰	۱۶۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۳	۹	۲۰	۱۰۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۴	۹	۲۰	۴۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۵	۹	۶۰	۶۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۶	۹	۰	۱۶۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۷	۹	۰	۱۲۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۸	۹	۰	۱۲۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۹	۹	۴۰	۱۴۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۱۰	۱۴	۱۶۰	۶۰	۱۴	۲۱۰	۱۶۰	۶۴۰۰۰۰
۱۱	۹	۰	۱۶۰	۹	۲۰۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۱۲	۶	۰	۱۰۰	۶	۹۰	۸۰	۲۷۰۰۰۰
۱۳	۹	۰	۶۰	۹	۱۵۰	۱۲۰	۴۱۰۰۰۰
۱۴	۶	۰	۱۰۰	۶	۹۰	۸۰	۲۷۰۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه نگاره ۶. اطلاعات جمع آوری شده بعد از اجرای مدل

هزینه برآوردی انتظار به ازا هر ساعت	زمان انتظار در گلوگاه ورودی	زمان انتظار برای تخلیه	نوع ماده اولیه			روز	روز
			ماسه	سیمان	سنگ آهن		
۲۳۰۰۰۰	۶۰	۱۱۰	۵	۸۰	۰	۵	۱۵
۵۵۰۰۰۰	۱۸۰	۲۰۰	۱۲	۱۸۰	۰	۱۲	۱۶
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۹	۱۶۰	۰	۹	۱۷
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۹	۱۶۰	۰	۹	۱۸
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۹	۰	۱۴۰	۹	۱۹
۱۴۰۰۰۰	۳۰	۰	۳	۰	۶۰	۳	۲۰
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۹	۱۴۰	۰	۹	۲۱
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۹	۶۰	۰	۹	۲۲
۳۲۰۰۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۷	۱۲۰	۰	۷	۲۳
۲۷۰۰۰۰	۸۰	۱۰۰	۶	۱۰۰	۰	۶	۲۴
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۹	۸۰	۰	۹	۲۵
۹۶۰۰۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۲۱	۴۲۰	۰	۲۱	۲۶
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۲۰۰	۹	۱۸۰	۰	۹	۲۷
۴۱۰۰۰۰	۱۲۰	۱۰۰	۹	۴۰	۱۰۰	۹	۲۸
۲۷۰۰۰۰	۸۰	۷۰	۶	۴۰	۶۰	۶	۲۹
۲۳۰۰۰۰	۶۰	۵۰	۵	۲۰	۴۰	۵	۳۰
۱۲۲۶۰۰۰۰	۳۶۰۰	۴۳۲۰	۱۲۶۰	۳۳۰۰	۸۰۰	۲۶۹	Σ

- از نگاره‌های فوق اطلاعات کلی زیر برای یک دوره یک ماهه حاصل است.
- کل زمان انتظار وسیله نقلیه برای تخلیه کالا: ۴۳۲۰ دقیقه، حدود ۷۲ ساعت
- کل زمان انتظار وسیله نقلیه در گلوگاه ورودی: ۳۶۰۰ دقیقه، برابر ۶۰ ساعت
- کل هزینه برآوردی انتظار وسیله (وسایط) نقلیه به ازای هر ساعت: ۱۲۲۶۰۰۰۰ ریال

پس از تنظیم نگاره (۶)، در نگاره (۷) به مقایسه نتایج حاصل از وضعیت‌های قبل و پس از اجرای مدل پرداخته می‌شود.

نگاره ۷. مقایسات قبل و بعد از اجرای مدل

شرح	قبل از پیاده‌سازی مدل	پس از پیاده‌سازی مدل	تفاوت	درصد کاهش
کل زمان انتظار وسیله نقلیه برای تخلیه	۱۱۸ ساعت	۷۲ ساعت	۴۶ ساعت	۴۰ ساعت
کل زمان انتظار وسیله نقلیه در گلوگاه ورودی	۱۲۹ ساعت	۶۰ ساعت	۶۹ ساعت	۵۳.۵ ساعت
کل هزینه برآوردی انتظار وسیله (وسایط) نقلیه	۲۲۸۷۵۰۰۰	۱۲۲۶۰۰۰۰	۱۰۶۱۵۰۰۰	۴۶.۵

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با مشاهده و مقایسات انجام شده مشخص می‌گردد که الگوی طراحی شده توانسته است به طور میانگین در حدود ۵۰٪ در امر زمان و هزینه، صرفه جویی بعمل آورد که با وجود این کاهش هزینه در یک ماه کاری، مستلزم تغییر و تطبیق برنامه ریزی تولید با طرح فوق است که هزینه این تغییر در کوتاه مدت بیش از صرفه جویی فوق‌الذکر می‌باشد که لازم است برنامه‌ریزی ظرفیت این واحد تولیدی با مدل تأمین پیشنهادی طراحی گردیده و با صرف هزینه ثابت در یک نوبت، شاهد صرفه جویی و کاهش هزینه در بلند مدت گردد که این موضوع توسط مدیران و تصمیم گیرندگان در حال بررسی است که در صورت توجیه فنی- اقتصادی پیاده سازی و اجراء گردد.

در این مقاله یک مسأله واقعی تسطیح منابع مد نظر بود که برای حل آن از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شد. روش بهینه سازی که برای حل این نوع مسائل بکار می‌رود روش سیمپلکس است ولی وقتی تعداد متغیرها و محدودیت‌های مسأله افزایش یابد این روش کارایی خود را از دست می‌دهد به گونه‌ای که قادر به حل مسأله نیست و یا اینکه برای حل به زمان زیادی احتیاج دارد. الگوریتم ژنتیک موثر ترین روش فرا ابتکاری است که برای حل مسائل انتخاب می‌شود و هر چه مسأله بزرگتر باشد اهمیت الگوریتم نسبت به روش‌های بهینه سازی آشکارتر می‌شود. با توجه به نتایج مقاله روشن است که این الگوریتم قادر است جواب‌های بسیار خوب را در زمان قابل قبولی ارائه دهد. از دیگر دلایلی که باعث شده است الگوریتم ژنتیک کاربرد زیادی داشته باشد سادگی آن است به گونه‌ای که تشریح آن برای اکثر افرادی که با رضایت مقدماتی آشنایی دارند امکان پذیر است.

پیشنهادات اجرایی و پژوهشی

۱. الگوریتم طراحی شده توسط محقق می‌تواند مسائل تسطیح منابع را با خطای بسیار کمی حل کند، لذا به عنوان نرم افزاری برای حل اینگونه مسائل توصیه می‌شود.
۲. استفاده از الگوریتم ژنتیک برای حل مسائل پیچیده تولید و عملیات در ابتدای راه است، لذا به پژوهشگران علاقمند به مسائل نوین تولید و عملیات اکیداً توصیه می‌شود در این زمینه کار کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. مشابه چنین الگوریتمی را می‌توان برای حل مسائل تسطیح منابع با تعداد بیشتر از متغیرها، توابع هدف و محدودیت‌ها نوشت.
۴. با به کار گیری ایده‌ها و روشهایی به منظور بهبود در الگوریتم ژنتیکی ارائه شده در این راه می‌توان موضوعاتی را در نظر داشت از قبیل: تعریف و استفاده از قواعد اولویت جدید به منظور بهبود کارایی الگوریتم به منظور افزایش همزمان قدرت جستجوی سراسری و جستجوی محلی.
۵. برای به کارگیری الگوریتم مشابه در حل مسائل تسطیح منابع در این جهت باید قواعد اولویت جدیدی را در رابطه با مسائل فوق به کار گرفت. قواعد اولویت باید با توجه به وضعیت منابع و هزینه‌ها عمل کنند.
۶. ارائه الگوریتم ژنتیکی برای شکل فازی توسعه یافته مسئله تسطیح منابع.

منابع

۱. جعفرنژاد احمد، مدیریت تولید و عملیات نوین، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.
۲. روحانی رانکوهی سیدتقی، مقدمه‌ای بر پایگاه داده‌ها،انتشارات جلوه،۱۳۷۵.
۳. سهرابی، بابک و محمدرضا کاباران زاد قدیم، اهمیت مساله مسیریابی در کاهش بهای تمام شده محصول، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، شماره ۳۵ ، ۱۳۸۳.
۴. نادری پور محمود، برنامه ریزی و کنترل پروژه، سازمان مدیریت و برنامه ریزی،۱۳۷۲.

5. Adedeji Bodunde Badiru; (2005)."Project Management in Manufacturing & High Technology Operations"; 2nd Ed.; John Wiley.
6. Burke, R. (2004). Project Management: Planning and Control Techniques; 3rd Ed.; John Wiley.
7. Coello, C. (2000). "An updated survey of GA-based multiobjective optimization techniques." ACM Computing Surveys, vol. 32, No.2, pp. 109-143.
8. Harris Robert B. (2005). "Packing Method for Resource Leveling"; Journal of Construction Engineering and Management;Vo1.16; No. 2; pp. 331-350.
9. Gen. M and Chang; R. (2005). "Genetic Algorithms & Engineering Design"; John Wiley.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Khattab, M. & Syland, K. (2005). "Limited-Resource Allocation in Construction Projects"; ASC Proceeding of the 34th Conference; 2005.

11. Melanie. M. (1996). "an Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press.

12. Meredith J. R. and Samuel j.M. Jr. (2004). "Project Management: a Managerial Approach"; 3rd Ed.; John Wiley.

13. Rob. P and Coronel C. (2006). "Database Systems; Design, Implementation and Management"; 2th Ed., Wadsworth.

14. Said M. E. (2006). "Resource Leveling in Construction by Optimization"; Journal of Construction Engineering and Management; Vo1. 15; No. 2; pp. 302-315; 2006

15. Turban. E and J.E.Aronson; (2005). Decision Support Systems and Intelligent Systems"; 5th Ed., Prentice Hall.

16. Vicki, S. (2005). "Decision Support Systems:An Applied Managerial Approach"; John Wiley.

www.SID.ir