کاربرد هوش مصنوعی با رویکرد الگوریتم کلونی مورچگان در برنامه زمانبندی پروژه های عمرانی

کیانا احقری
فنی و مهندسی،عمران،موسسه آموزش عالی عمران و توسعه،همدان،ایران

فصلنامه علمی تخصصی
مهندسی و مدیریت ساخت
سال سوم، شماره سوم
شماره پیاپی یازدهم
پاییز ۱۳۹۷

نویسنده مسئول: **کیانا احقری**
آدرس ایمیل:
k.ahghari@gmail.com

چکیده

امروزه استفاده از روشها و ابزارهای مدیریت پروژه در تحقق اهداف بسیاری از سازمانها و شرکتها ضروری است. روشهای زمانبندی فعالیتها، برای کمینه سازی هزینه ها با بکارگیری منابع محدود و در شرایط وجود محدودیت های حساس زمانی مورد استفاده قرار می گیرند. این روش ها توانایی سازمان ها را در اجرا و کنترل پروژه ها و راه های استفاده از منابع و افراد، بهبود می بخشند. بسیاری از روش های موجود در زمانبندی فعالیت های یک پروژه کاربرد دارند، حال آنکه با پیچیده تر شدن شرایط بسیاری از سازمان ها با چالش مدیریت همزمان پروژه های متعدد روبرو هستند. بنابراین استفاده از روش زمانبندی پروژه ها با هوش مصنوعی و با رویکرد الگوریتم کلونی مورچگان برای سازمان ها روشی بهینه و کاربردی بین سایر روش ها می باشد. در این مقاله روش های حل و خصوصیات مسائل زمانبندی پروژه ها و کارهای انجام گرفته در این زمینه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. در پایان نتایج حاصل از این بررسی، آورده شده و زمینه های تحقیقات آتی معرفی شده است.

کلمات کلیدی: زمانبندی پروژه، هوش مصنوعی، بهینه سازی توسط کلونی مورچگان

Application of Artificial Intelligence with Ant Colony Algorithm in construction projects schedule

Akbar Marefat
Faculty of Engineering, Higher Education and Development Institute,hamedan,iran

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
Volume 3 , Issue 3,
Autumn 2018

Corresponding author:
Kiana Ahghari
Email address:
k.ahghari@gmail.com

۱.مقدمه

در محیط رقابتی امروز لازم است پروژه ها در زمان کمتری اجرا شده و منابع به صورت بهینه مورد استفاده قرار گیرند. از این رو مدیریت و زمان بندی پروژه با استفاده از ابزاری کارا یک ضرورت به حساب می آید. مسائل زمان بندی پروژه با منابع محدود از جمله پرکاربردترین مسائل برنامه ریزی پروژه است .آن دسته از مسائل زمان بندی پروژه که دارای محدودیت منابع هستند و این محدودیت ها در زمان بندی پروژه در نظر گرفته می شوند به مسائل زمان بندی پروژه با منابع محدود معروفند. سخت بودن مسأله برنامه ریزی پروژه با محدودیت منابع از طریق مسأله جریان کارگاهی که خود نیز یک مساله سخت است به اثبات رسیده است. استفاده از روشهای بهینه برای حل این مساله در دنیای واقعی عملا مقرون به صرفه نیست. بنابراین برای حل اینگونه مسائل می توان از روشهای ابتکاری که در سالهای اخیر برای حل مسائل بهینه سازی مورد توجه قرار گرفته است، الگوریتم کلونی مورچگان استفاده کرد.

موضوع زمانبندی پروژهها با منابع محدود در واقع کلی ترین موضوع زمانبندی است که مسائل زمانبندی کار کارگاهی، زمانبندی جریان کارگاهی و سایر مسایل زمانبندی همگی زیر مجموعهای از این موضوع به حساب می آیند به طور کلی، زمانبندی پروژه ها در پی یافتن توالی مناسبی برای انجام فعالیتهای یک پروژه است، به نحوی که محدودیتهای تقدم و تأخر شبکه پروژه و انواع مختلف محدودیتهای منبعی موجود در پروژه به طور همزمان ارضا شوند و معیار سنجش معینی از جمله زمان انجام پروژه، هزینه انجام، تعداد فعالیتهای تأخیردار و غیره بهینه شوند مدلهای مختلفی تا کنون برای حل این مسئله توسعه داده شده اند. همچنین این مسئله از ابعاد عملی و علمی بسیار پر اهمیت است. این مسئله به چندین شاخه مختلف تقسیم بندی شده است. برای هر یک از انواع، زمانبندی پروژه ها با منابع محدود دسته ای از مثالهای الگو تولید شده اند که محققان الگوریتمها و رویکردهای حل خود را با استفاده از این مثالهای الگو آزمایش میکنند از جمله رویکردهای موفق برای حل این مسئله میتوان بهینه سازی توسط کلونی مورچگان را نام برد. در سالهای اخیر محققان با استفاده از این رویکرد به موفقیتهای زیادی در مورد حل سایر مسایل بهینه سازی ترکیبی نیز دست یافته اند. منشاء پیدایش این دسته از رویکردهای حل) بهینه سازی توسط کلونی مورچگان(یکی از ویژگیهای پیچیده حشراتی است که به طور اجتماعی زندگی میکنند .این ویژگی، استیگمرجی نام دارد. استیگمرجی دسته ای از مکانیزمهای ایجاد ارتباطات متقابل میان حیوانات است.

با استفاده از استیگمرجی، حشرات قادرند کوتاهترین مسیرهای میان لانه و غذا را بیابند و یا لانه بسازند و لانه را مرتب کنند. طبق واژه استیگمرجی یک علامت در محیط باعث انجام یک عمل در حشرات میشود. حشره به محیط پیرامون خود مینگرد و در اثر علائمی که در محیط مییابد و شرایط فعلی محیط برای انجام یک فعالیت خاص انگیزه پیدا میکند. برای ایجاد تغییر و تحول در محیط پیرامون، دو نظریه کلی وجود دارد که هر یک منجر به ایجاد رفتار خاصی از سوی حشرات میشود. در نوع خاصی از استیگمرجی یک مکانیزم هشداردهنده (یا یک علامت(برای هماهنگ کردن حشرات مورد استفاده قرار میگیرد. در واقع در این نوع استیگمرجی، حشرات تغییر فیزیکی بر محیط اعمال نمیکنند، بلکه با استفاده از علائمی که از خود باقی میگذارند)که اغلب مواد خاصی است(با هم هماهنگ می شوند و ارتباط برقرار می کنند. برای مثال مورچه ها از خود ماده شیمیایی بوداری به نام فرومون باقی می گذارند و میزان چگالی فرومون روی مسیری که مورچه ها از آن عبور کرده اند در هماهنگ کردن آنها برای انجام اعمال خاصی مؤثر است .این رفتار فرومون گذاری مورچه ها در هماهنگ کردن خودشان با هم نوعی خودسازماندهی به حساب می آید و مورچه ها را در امور مختلفی که مهمترین آنها یافتن کوتاهترین مسیر از لانه به غذا و بر عکس است، یاری میدهد .این رفتار مورچه ها منشا پیدایش الگوریتمهای موفقی برای حل مسائل بهینه سازی ترکیبی به نام الگوریتمهای مورچگان شده است.

الگوریتم مورچگان مورد نظر از رده ای فرومون و اطلاعات ابتکاری به طور همزمان برای انتخاب و زمان بندی فعالیتها بهره می برد. اطلاعات ابتکاری نرمالیزه شده و جدید هستند و به صورت پویا محاسبه می شوند. عوامل الگوریتم به طور پویا تنظیم می شوند و خصوصیات دیگری که در قسمتهای مختلف این الگوریتم گنجانده شده، باعث شده است که در مجموع نتایج بهتری نسبت به سایر رویکردهای حل، برای این مسئله ارایه کند. در قسمتهای بعدی این مقاله به ترتیب مدل برنامه ریزی ریاضی پیشنهادی، عدم قطعیت در عوامل مدل ریاضی و رویکرد حل مدل برنامه ریزی ریاضی در حالت احتمالی الگوریتم مورچگان برای حل این مسائل، ویژگیهای جدید گنجانده شده در الگوریتم، مثالهای الگوی انتخاب شده، تنظیمات عوامل الگوریتم، نتایج عددی و پیشنهادها ارائه می شوند.

تحقیقاتی که در گذشته بر روی مسائل زمانبندی پروژهها به روش هوش مصنوعی صورت گرفته:

در زمینه زمانبندی پروژه با محدودیت منابع مطالعات متعددی انجام شده که برخی از مطالعات انجام آن در ادامه آمده است. اگروال و همکاران (۲۰۱۱) یک دیدگاه ژنتیک عصبی که ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و دیدگاه شبکه عصبی بود، برای حل مسئله زمانبندی پروژه با منبع محدود ارائه کردند. اتلی و کهرامان (۲۰۱۲) یک حل جهت مسئله زمانبندی فعالیت ها با منبع محدود با استفاده از الگوریتم جستجوی ممنوع بیان کردند که هدف آنها کمینه کردن زمان پایان پروژه بود. مندز و همکاران (۲۰۰۹) الگوریتم ژنتیکی برای حل مسئله زمانبندی پروژه با منبع محدود ارائه کردند که کروموزوم این الگوریتم بر پایه کلید تصادفی استوار بود. در الگوریتم آنها از یک قانون اولویت ابتکاری نیز استفاده شده است. تیسنگ و چن (۲۰۰۶) یک الگوریتم ترکیبی فراابتکاری ۶ شامل الگوریتم کلونی مورچگان، الگوریتم ژنتیک و استراتژی جستجوی محلی برای مسئله زمانبندی پروژه با محدودیت منبع ارائه کردند. جیرو و همکاران (۲۰۱۰) یک الگوریتم ژنتیک بر اساس کروموزوم چند آرایه برای مسئله زمانبندی فعالیت ها با منبع محدود ارائه کردند. در خصوص مسئله زمانبندی پروژه با منابع محدود و در نظرگیری هزینه های زودکرد و دیرکرد مطالعات انجام شده عبارتند از: ونهوک و همکاران (۲۰۰۱) یک روش شاخه و حد را برای زمانبندی فعالیت ها با منبع محدود و هزینه های زود کرد و دیر کرد بیان

کردند.در این مقاله فعالیت ها دارای زمان پایان مشخص، جریمه زودکرد و دیرکرد و منبع تجدید پذیر محدود هستند. افشار نجفی و شادرخ (۲۰۰۸) یک زمانبندی پروژه برای کمینه کردن مجموع هزینه های زودکرد و دیرکرد فعالیت ها با در نظرگرفتن روابط پیشنیازی و زمان تکمیل مشخص برای فعالیت ها ارائه کردند. خوش جهان و همکاران (۲۰۱۳)مسئله زمانبندی پروژه را با هدف کمینهسازی هزینههای زودکرد و دیرکرد با محدودیت منابع مورد توجه قرار داده و برای حل مدل آن دو الگوریتم فرابتکاری ارائه دادند. رنجبر و همکاران (۲۰۱۲) یک روش حل بهینه بر مبنای الگوریتم شاخه و حد برای مسئله زمانبندی پروژه با منبع محدود با هدف کمینه کردن هزینه های دیرکرد ارائه کردند. شادرخ و کیانفر (۲۰۰۷)یک الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله سرمایهگذاری در منابع ارائه کردند که دیرکرد پروژه با جریمه همراه خواهد بود. شهسوار و همکاران (۲۰۱۰)مسئله سرمایهگذاری در منابع پروژه با جریانهای نقدی تنزیل شده را در شرایطی که برای زمان اتمام پروژه سر رسید مشخص شده و ساختار پاداش جریمه وجود دارد، مورد بررسی قرار دادند.

در ارتباط با زمانبندی پروژه با در نظرگیری مفهوم حجم کار، مطالعات محدودی انجام شده است. رنجبر و کیانفر (۲۰۱۰) یک الگوریتم ژنتیک برای مسئله زمانبندی فعالیت ها با محدودیت منبع با پروفایل کاری قابل تغییر با هدف کمینه سازی مدت زمان پروژه مطرح کردند. فاندلینگ و تراتمن (۲۰۰۷) از نوعی قانون اولویت برای زمانبندی فعالیت ها با حجم کار ثابت استفاده کردند، هدف آن ها کمینه سازی زمان اجرای پروژه بود و برای استفاده از منبع حجم کار برای هر فعالیت، حدود پایین و بالا در نظر گرفتند. با توجه به مطالعات فوق می توان اعلام کرد که ترکیب مسئله زمانبندی پروژه بر پایه حجم کار و همچنین زمانبندی پروژه با هدف کمینه سازی هزینه های زودکرد- دیرکرد، تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا در این تحقیق، مسئله زمانبندی پروژه با محدودیت منابع بر پایه حجم کار و با هدف کمینه سازی هزینه های زودکرد-دیرکرد مورد بررسی قرار گرفته و جهت حل آن دو الگوریتم فرا ابتکاری توسعه داده می شود.

روش پیشنهادی:

برای زمانبندی یک پروژه با منابع محدود با حد بالای اجرای پروژه، در حالتی که همه عوامل مدل قطعی هستند و برای انجام و تکمیل پروژه باید تعدادی فعالیت انجام شوند. در هر بازه زمانی و نیز در کل پروژه تعدادی منبع تجدیدپذیر، منبع تجدیدناپذیر و غیره در اختیار داریم. انواع منابعی که در اختیار داریم نیز محدود است. هر فعالیت را میتوان فقط به یک شیوه انجام داد که زمان انجام فعالیتها و منابع مورد نیاز آن فعالیت با سایر فعالیتها فرق میکند و مقداری قطعی است. تابع هدف مدل عبارت از کمینه کردن زمان انجام کل پروژه است، به نحوی که روابط تقدم و تأخر میان فعالیتها رعایت شود و محدودیتهایی که در مورد منابع وجود دارند نیز نقض نشوند. به محض شروع یک فعالیت، امکان توقف در انجام آن وجود ندارد. چندین فعالیت که نیاز به یک نوع منبع مشترک دارند، میتوانند در یک زمان با همدیگر انجام شوند؛ فقط و فقط به شرطی که محدودیتهای منابع را در هر دوره نقض نکنند. مدل برنامه ریزی ریاضی زیر برای حل بهینه یک چنین مسئله ای با رویکرد الگوریتم مورچگان پیشنهاد میشود.

مرحله ۱- محاسبات لازم قبل از شروع الگوریتم :

الف(تشکیل یک گراف فعالیت روی گره، برای پروژه.

ب(محاسبات مسیر برگشت و تعیین دیرترین و زودترین زمان پایان فعالیتها (می توان از نرم افزارهای کنترل پروژه بهره گرفت)

ج) انتخاب طرح تولید زمانبندی سری و تهیه یک فهرست از فعالیتهای مجاز منبعی - اولویتی برای هر مرحله از زمانبندی.

مرحله۲- ساختن جواب (قانون انتخاب احتمالی اصلاح شده)

مورچه ها ساخت جواب را با شروع از گره (فعالیت (صفر آغاز می کنند و آن را به موقعیت صفر اختصاص می دهند. پس از آن در هر مرحله با استفاده از رابطه زیر گره (فعالیت(بعدی را انتخاب میکنند:

$$p_{ij}^{k}=\frac{(T_{IJ})^{\alpha}(\varphi_{ij})^{\beta}}{\sum i\in N_i^k[T_{ij}]^{\alpha}[\varphi_{ij}]^{\beta}},if,j\in N_i^k$$

p_ij^k : احتمال انتخاب فعالیت j ام توسط k امین مورچه برای قرارگیری در موقعیت i ام توالی فعالیتها.

N_i^k: مجموعه فعالیت هایی است که توسط مورچه k ام انتخاب نشده و از نظر روابط تقدمی و منبعی مجاز به برنامه ریزی می باشد

T_IJ: اهمیت نسبی (فرومون) قرار گیری فعالیت j ام در مکان i ام می باشد. این تابع در واقع نشان دهنده مقدار فرومون بر جای مانده از مورچه های قبلی در این مسیر می باشد.

φ_ij: اطلاعات ابتکاری که بر اساس ساختار مسأله تعریف می شود و تمایل زمان بندی فعالیت j ام در موقعیت i ام توالی فعالیتها را نشان می دهد و از رابطه زیر بدست می آید.

$$\varphi_{ij}=Max\ [LS]_i-[LS]_j+1$$

Ls: دیرترین زمان شروع فعالیت ها را نشان می دهد.

پس از زمانبندی فعالیت j ام در موقعیت i ام مقدار تابع فرومون با استفاده از قاعده به هنگام کردن محلی بروز می شود. این قاعده طبق رابطه زیر انجام می گیرد:

$$T_{ij}\leftarrow(-1\rho).T_{ij}$$

پس از اینکه تمام مورچه ها جواب های خود را ایجاد نمودند، میزان فرومون اجزای مسأله طبق رابطه زیر به هنگام می شود:

$$T_{ij}\leftarrow T_{ij}+p.1/T$$

پارامتر های، α β و ρ به ترتیب اهمیت نسبی مقدار فرومون، اطلاعات ابتکاری و نرخ تبخیر فرومون را در الگوریتم مشخص می کنند. پس از اینکه الگوریتم مورچگان جواب خود را تولید کرد با استفاده در فاز دوم الگوریتم پیشنهادی روش حذف و اضافه فعالیت های حذف شده را به زمان بندی به دست آمده اضافه می کنیم.

برای این کار، فعالیت های حذف شده بر اساس پیش نیازی . مرتب گردیده و با توجه به زود ترین زمان شروع آن ها بدون نقض کردن محدودیت منبعی و تقدمی به فعالیت های زمان بندی شده در فاز اول اضافه می شوند این روند تا تکمیل شدن زمان بندی ادامه می یابد. پس از اینکه الگوریتم مورچگان به همراه روش ابتکاری زمان بندی را تولید نمودند، با استفاده از الگوریتم تبرید شبیه سازی شده سعی در بهبود جواب های بدستآمده می شود. با توجه به اینکه کیفیت جواب اولیه الگوریتم تبرید شبیه سازی شده تاثیر به سزایی در کیفیتنهایی این الگوریتم دارد، از این رو جواب های بدست آمده ی الگوریتم پیشنهادی به عنوان ورودی الگوریتم تبرید شبیه سازی شده استفاده می شود. دمای را برابر با مقدار تابع هدف جواب حاصل قرار T شروع الگوریتم می دهیم برای ایجاد همسایگی در هر تکرار به اینصورت عمل می کنیم که یک فعالیت به اینصورت انتخاب کرده ایم. مقدار را محاسبه می کنیم. اگر مقدار بدست آمده Δobj تابع هدف نشان دهنده ی بهبود تابع هدف باشد جواب جدید جایگزین می شود و به مرحله بعد می رویم در غیر اینصورت جواب به دست .می پذیریم P_r آمده را با تابع احتمال پذیرش

$$p_r=\exp(\Delta obj/T)$$

:نتیجه گیری

امروزه کشورمان در حال پیشرفت و برداشتن گامهای بلند در مسیر توسعه و سازندگی است .در این راستا، اجرای طرحها و پروژه های گوناگون نقش بسزایی را ایفا می کند .طرحها و پروژه ها دارای اجزا و مولفه های بسیار زیاد و پیچیده ای هستند که اداره آنها جز با اعمال مدیریت علمی میسر نیست علم مدیریت ساخت گونه ای از مدیریت علمی برای هدایت پروژه هاست که برنامه ریزی و کنترل دو رکن اساسی آن بشمار می روند. توجه به این دو عامل بعنوان یک ضرورت، موجب صرفه جویی قابل توجه در هزینه و زمان می گردد. برای برنامه ریزی و کنترل پروژه ها باید روشی را انتخاب نمود که از تأخیرات جلوگیری .کرده و تا حد امکان هزینه ها را کاهش دهد

توجه به کلونی مورچه ها و نیز استفاده وسیع ازآن بیشتر ناشی از توجه خاصی بوده که بیشتر، بیولوژیست ها به کلونی مورچه ها داشته اند. چه بسا سیستم های دیگر طبیعی نیز باشند که تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته اند یا اگرهم مطالعه شده اند با .دید معطوف به هوشمندی و بهینه سازی نبوده است

بنابراین می توان تصورکرد که در سال های آینده روش های زیاد دیگری جهت بهینه سازی و نیز کنترل هوشمند با استفاده از سیستم های طبیعی پیشنهاد شوند تا به حال به کرات به مزایای این نوع هوشمندی اشاره کرده ایم اما اکنون بار دیگر تأکید می کنیم که این نوع از هوشمندی علاوه بر تمامی مزایای مهندسی، یک مزیت عمده و اصلی دارد :تمامی این روش ها قابلیت تعمق زیستی دارند به این معنی که طبیعت آنها را در طی میلیون ها سال به عنوان روش بهینه انتخاب کرده است پس این سؤال پیش می آید که آیا ما می توانیم روشی بهتر از روش های طبیعت ارائه دهیم؟ با این رویکرد میتوان کوتاهترین برنامه زمانبندی برای پروژه ها را برگزید

:منابع
فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال دوازدهم، شماره ۵۳، زمستان ۹۳
چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، اسفند ۱۳۸۴
کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، اسفند ۱۳۸۵
نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۵، شماره ۱، فروردین ۱۳۹۰ ، صفحه ۵۹ الی ۶۹