

مقایسه‌ی عملکرد دو روش هوشمند الگوریتم ژنتیکی و الگوریتم پرندگان در حل مسئله‌ی برنامه‌ریزی تولید

آیسا فاخری تبریزی

دانشگاه تبریز-دانشکده برق و کامپیوتر-گروه کنترل

E-mail: aysa_fakheri@yahoo.com

چکیده - در *product mix problem* هدف برنامه‌ریزی تولید با کسب حداکثر سود با توجه به امکانات و محدودیت‌هاست. این مسئله از نوع *NP-hard* بوده و در صورت افزایش تعداد متغیرها، زمان لازم برای حل آن با روش‌های کلاسیک با سرعت بیشتر از چند جمله‌ای رشد نموده و عملاً غیر قابل محاسبه می‌شود. اما روش‌های هوشمند قادرند برای مسائلی که حل آن‌ها با روش‌های کلاسیک وقت‌گیر یا غیرممکن می‌باشد جواب قابل قبولی در زمان معقول ارائه کنند. در این مقاله یک مسئله‌ی نمونه توسط دو روش هوشمند *Genetic Algorithm* و *Particle Swarm Optimization* حل شده و نتایج بدست آمده مقایسه می‌شوند. نتایج بدست آمده حاکی است که در صورت داشتن ترانس بزرگ درصد جواب‌های قابل قبول بدست آمده از *GA* بیشتر از *PSO* است (98% در مقابل 96%). اما در صورت داشتن ترانس کوچک درصد جواب‌های قابل قبول بدست آمده از *PSO* بسیار بیشتر از *GA* می‌باشد (96% در مقابل 16%). و نهایتاً بهترین جواب ممکن توسط الگوریتم *PSO* بدست می‌آید (با خطای کمتر از 0,0004% نسبت به جواب بهینه).

کلید واژه - الگوریتم پرندگان، الگوریتم ژنتیکی، برنامه‌ریزی تولید

1- مقدمه

روش در مواردی که محدودیت‌های متعددی برای منابع وجود دارد و تعداد قیود زیاد است، قادر به یافتن جواب بهینه نیست. از این رو محققان در صدد بهبود بخشیدن به این روش جهت رفع نقص آن برآمدند. سپس روش *Integer linear programming (ILP)* برای حل این مسئله مورد بررسی قرار گرفت [3,4,5]. اما زمان مورد نیاز برای محاسبات برای رسیدن به جواب بهینه با استفاده از روش *ILP* بسیار زیاد است. *Lea* و *Fredenall* روش *revised TOC (RTOC)* را برای مواردی که *TOC* قادر به حل آن‌ها نبود، پیشنهاد کردند [6]. *RTOC* در اکثر موارد نتایج یکسانی با *ILP*

در *product mix problem* هدف برنامه‌ریزی تولید با کسب حداکثر سود با توجه به امکانات و محدودیت‌ها می‌باشد [1]. این مسئله از نوع *NP-hard* بوده و در صورت افزایش تعداد متغیرها، زمان لازم برای حل آن با روش‌های کلاسیک با سرعت بیشتر از چند جمله‌ای رشد نموده و عملاً غیر قابل محاسبه می‌شود.

Goldratt الگوریتم *Theory of Constraints (TOC)* را برای حل این مسئله پیشنهاد کرده است [2]. اما این

حاوی 25% بادام، 15% بادام زمینی، 15% فندق، 25% پسته و 20% گردو می باشد.

مقادیر خریداری شده از انواع آجیل توسط این شرکت و قیمت خرید آن ها مطابق جدول 1 و تعداد سفارشات مشتری ها مطابق جدول 2 است.

قیمت فروش هر پوند مخلوط معمولی \$65/1 مخلوط دولوکس \$1/65 و مخلوط هالیدی \$2,25 می باشد.

جدول 1: مقادیر در دسترس از انواع آجیل ها بر حسب پوند و قیمت خرید آن ها¹

نوع آجیل	مقادیر خریداری شده	قیمت خرید
بادام	6000	\$7500
بادام زمینی	7500	\$7125
فندق	7500	\$6750
پسته	6000	\$7200
گردو	7500	\$7875

جدول 2: مقدار سفارشات مشتری ها بر حسب پوند

نوع مخلوط	سفارشات
معمولی	10000
دولوکس	3000
هالیدی	5000

این شرکت قصد دارد با استفاده از مقادیر موجود آجیل ها مقدار هر یک از مخلوط ها را به گونه ای تنظیم کند که با فرض فروش همه ی آجیل ها بیشترین سود را بدست آورد.

1 چون صورت مسئله از یک مقاله ی انگلیسی انتخاب شده است، مقادیر بر حسب پوند و دلار می باشند.

بدست می دهد. Onwubolu نشان داد که چگونه میتوان از روش Tabu Search برای حل مسئله ی برنامه ریزی تولید استفاده کرد [7]. این راه حل بهتر از روش TOC عمل می کند اما با این که در سطح پایین تری نسبت به ILP و RTOC قرار دارد، قادر است پاسخ قابل قبولی در زمان معقول ارائه کند. Mishra, Prakash, Tiwari, Shankar و Chan نیز این مسئله را به روش Hybrid tabu-simulated annealing حل کرده اند [8].

در این مقاله دو روش الگوریتم ژنتیکی پیوسته و الگوریتم پرندگان برای حل این مسئله به کار رفته و با یکدیگر مقایسه شده اند.

مقاله به صورت زیر ادامه می یابد: در بخش 2 یک مسئله ی نمونه ی برنامه ریزی تولید شرح داده شده است. در بخش 3 به معرفی الگوریتم ژنتیکی و مراحل کار نوع پیوسته ی آن که در این مسئله مورد استفاده قرار گرفته است، پرداخته ایم. در بخش 4 الگوریتم پرندگان معرفی شده و در بخش 5 نتایج حل مسئله به دو روش مذکور آمده است. در بخش 6 به تحلیل نتایج و مقایسه ی آن ها با یکدیگر پرداخته ایم و بخش 7 به نتیجه گیری و پیشنهادات اختصاص دارد.

2- شرح مسئله ی نمونه و فرمول بندی آن

2-1- شرح مسئله

یک شرکت، آجیل را در سه نوع ترکیب و به بازار عرضه می کند. این ترکیب ها عبارتند از: مخلوط معمولی، مخلوط دولوکس، مخلوط هالیدی.

درصد هر نوع آجیل در این سه مخلوط متفاوت است. مخلوط معمولی حاوی 15% بادام، 25% بادام زمینی، 25% فندق، 10% پسته و 25% گردو، مخلوط دولوکس حاوی 20% از هر نوع و مخلوط هالیدی

2-2- فرمول بندی

استفاده قرار می گیرد.

مراحل کار الگوریتم ژنتیکی پیوسته

1- تعیین تعداد متغیرها (Nvariables) و تابع شایستگی (fitness function) و انتخاب پارامترهای GA:

پارامترهای GA عبارتند از: سائز جمعیت (population size)، ضریب انتخاب ($0 < \text{selection rate} < 1$) و ضریب جهش ($0 < \text{mutation rate} < 0.2$).

2- تولید جمعیت اولیه (initial population).

به تعداد population size کروموزوم تصادفی تولید می شود. (هر کروموزوم نشانگر یک پاسخ و هر ژن در کروموزوم نشانگر یک متغیر پاسخ است).

3- ارزیابی شایستگی کروموزومها:

درجهی شایستگی هر کروموزوم محاسبه می شود.

4- مرتب کردن کروموزومها بر حسب درجهی شایستگی.

5- انتخاب و حفظ کروموزومهای با شایستگی بیشتر:

به تعداد ($\text{selection} * \text{population size}$) کروموزوم برتر حفظ شده (N_{keep}) و بقیه دور ریخته می شوند.

6- انتخاب والدین:

باید به تعداد کروموزومهای دور ریخته شده ($\text{population size} - N_{\text{keep}}$) کروموزوم جدید تولید شود. برای این منظور، نخست والدین از بین کروموزومهای حفظ شده، انتخاب می شوند. انتخاب والدین به روشهای مختلف امکان پذیر است [9]. در این مقاله از روش انتخاب رندام وزن دار براساس رتبه استفاده شده است.

7- جفت گیری (mating):

با استفاده از داده های مسئله، تابع سود که از کسر قیمت خرید از قیمت فروش بدست می آید، به صورت معادله ی (1) تعریف می شود. هدف به حداکثر رساندن این تابع است.

$$\text{profit} = 1.65R + 2.00D + 2.25H - 36450 \quad (1)$$

که در آن R، D و H به ترتیب مقادیر مخلوط های معمولی، دولوکس و هالیدی می باشند.

هشت محدودیت در این مدل وجود دارد که ناشی از تعداد سفارشات مشتری ها و مقادیر در دسترس از انواع آجیل ها است. این محدودیت ها به صورت نامعادلات (1) تا (8) نشان داده شده اند.

$$R \geq 10000 \quad (1)$$

$$D \geq 3000 \quad (2)$$

$$H \geq 5000 \quad (3)$$

$$0.15R + 0.20D + 0.25H \leq 6000 \quad (4)$$

$$0.25R + 0.20D + 0.15H \leq 7500 \quad (5)$$

$$0.25R + 0.20D + 0.15H \leq 7500 \quad (6)$$

$$0.25R + 0.20D + 0.20H \leq 7500 \quad (7)$$

$$0.10R + 0.20D + 0.25H \leq 6000 \quad (8)$$

3- الگوریتم ژنتیکی

Genetic Algorithm (GA) یکی از تکنیک های بهینه سازی و جستجو است که بر اساس اصول و قواعد ژنتیک و وراثت موجودات زنده به حل مسائل مختلف می پردازد [9]. یک گروه پاسخ تصادفی انتخاب کرده، سپس این پاسخ ها را با استفاده از اصول ژنتیک به تکامل می رساند.

GA با دو کدینگ متفاوت باینری و پیوسته مورد

کروموزوم‌های جدید از ترکیب ژن‌های کروموزوم‌های والدین بوجود می‌آیند.

8- جهش (mutation):

به تعداد

(mutation rate * population size * Nvariables) ژن از کروموزوم‌ها، به غیر از کروموزوم نخبه، به صورت تصادفی انتخاب شده و تغییر داده می‌شوند. (به بهترین کروموزوم هر نسل، کروموزوم نخبه (elite) گفته می‌شود).

9- ارزیابی شایستگی کروموزوم‌ها و مرتب کردن آن‌ها بر حسب درجه‌ی شایستگی.

10- برگشت به مرحله‌ی 5 و تکرار مراحل بعدی تا برآورده شدن شرایط توقف.

شرط توقف اعمال شده در این مسئله تکمیل شدن تعداد نسل‌های از پیش تعریف شده است.

4- الگوریتم پرندگان

Particle Swarm Optimization (PSO) توسط Eberhart و Kennedy در سال 1995 ابداع شده است [10]. ایده‌ی اولیه از رفتار اجتماعی حیوانات مثل پرواز دسته‌جمعی پرندگان یا حرکت دسته‌جمعی ماهی‌ها گرفته شده است.

شباهت PSO با GA در این است که هر دو با یک ماتریس جمعیت رندام شروع می‌شوند. در PSO هریک از سطرهای ماتریس یک پرنده در نظر گرفته شده و particle نامیده می‌شود (همانند کروموزوم در GA).

هر پرنده یک موقعیت دارد و یک fitness که براساس موقعیتش بدست می‌آید، و با یک سرعت حرکت می‌کند. پرندگان سرعتشان را براساس بهترین پاسخ

بدست آمده تاکنون (best global solution) و بهترین پاسخ در نسل فعلی (best local solution) تغییر می‌دهند. این سرعت با موقعیت پرنده جمع شده، موقعیت جدید پرنده را بدست می‌دهد.

اگر best local solution از best global solution بهتر بود، best local solution جایگزین best global solution می‌شود. این عمل به تعداد نسل‌های از پیش تعیین شده، تکرار می‌شود.

best global solution همانند کروموزوم نخبه در GA می‌باشد.

5- نتایج حل مسئله به دو روش PSO و GA

برای مسئله‌ی شرح داده شده در بخش دوم، تصمیم بهینه با استفاده از The software package management scientist به صورت زیر است [11]:

تولید 17500 پوند مخلوط معمولی، 10625 پوند مخلوط دولوکس و 5000 پوند مخلوط هالیدی.

و سود حاصل از آن \$24925 می‌باشد.

از 50 بار اجرای هریک از روش‌ها، بهترین جواب‌های بدست آمده از GA و PSO در جدول 3 ارائه شده است:

جدول 3: بهترین نتایج بدست آمده از 50 بار اجرای هر دو روش PSO و GA

	GA	PSO
مخلوط معمولی	17518,83	17500,11
مخلوط دولوکس	10560,96	10624,86
مخلوط هالیدی	5039,994	5000
سود	24917,81	24924,91
خطا	%0,03	%0,0004

6- تحلیل نتایج و مقایسه

96% از جواب‌های بدست آمده از PSO و 98% از

سپاسگزاری

از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر وکیلی به واسطه‌ی راهنمایی و کمکشان در تهیه‌ی این مقاله کمال تشکر و امتنان را دارم.

مراجع

[1] Choudhary, C.V., & Mukhopadhyay, S.K. (2003). Application of theory of constraints in an integrated poultry industry. *International Journal of Production Research*, 41(4), 799-817

[2] Goldratt, E. M. (1990). *The Hystack syndrome*. Croton-on-Hudson, NY: North River Press.

[3] Lee, T.N., & Planert, G. (1993). Optimized theory of constraints when new product alternatives exist. *Production and Inventory Management Journal*, 34(3), 51-57

[4] Luebbe, R., & Finch, B. (1992). Theory of constraints and linear programming a comparison. *International Journal of Production Research*, 30, 1471-1478

[5] Planert, G. (1993). Optimized theory of constraints when multiple constrained resources exist. *European Journal of Operational Research*, 70, 126-133.

[6] Fredenall, L. D., & Lea, B.R. (1997). Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. *International Journal of Production Research*, 35, 1535-1544.

[7] Ownubolu, G.C. (2001). Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. *International Journal of Production Research*, 39, 2065-2067.

[8] Mishra, N., Parkash, Tiwari, M.K., Shankar, R., & Chan, Felix T.S. (2005). Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. *Expert Systems with Applications*, 29, 446-454.

[9] Randy L. Haupt, Sue Ellen Haupt, (2004). *Practical genetic algorithms*. Joun Wiley & Sons, Inc. 2nd ed.

[10] Eberhart, R. C., & Kennedy, J. (1995). A new optimizer using particle swarm theory. *Proceeding of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, Nagoya, Japon, 39-43. Piscataway, NJ: IEEE Service Center.

[11] Dolence, D., Jones, D., & Townsend, B. The

جواب‌های بدست آمده از GA خطائی کمتر از 1% دارند.

96% از جواب‌های بدست آمده از PSO خطائی کمتر از 0,1% دارند در حالیکه تنها 16% از جواب‌های بدست آمده از GA این دقت را دارند.

متوسط پاسخ‌های بدست آمده از GA، 24847,58 است.

متوسط پاسخ‌های بدست آمده از PSO، 24891,71 است.

ملاحظه می‌کنیم که:

- در صورت داشتن ترانس بزرگ درصد جواب‌های قابل قبول بدست آمده از GA بیشتر از PSO است. در حالیکه در صورت داشتن ترانس کوچک درصد جواب‌های قابل قبول بدست آمده از PSO بسیار بیشتر از GA می‌باشد.

و نهایتاً این که بهترین جواب ممکن توسط الگوریتم پرندگان بدست می‌آید.

7 - نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله حل مسئله‌ی Product Mix را با دو روش هوشمند GA و PSO مورد بررسی قرار دادیم. ملاحظه کردیم که روش‌های هوشمند قادرند برای مسائلی که حل آن‌ها با روش‌های کلاسیک وقت‌گیر یا غیرممکن می‌باشد جواب قابل قبولی در زمان معقول ارائه کنند.

الگوریتم پرندگان در این مسئله (و نه لزوماً همیشه) جواب بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیکی می‌دهد.

می‌توان این مسئله را با روش‌های هوشمند دیگری نظیر ant colony حل و پاسخ‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد.



Product Mix Case Problem.