



دانشگاه
صنعتی قوچان

عنوان تحقیق
الگوریتم بهینه‌سازی فاخته
Cuckoo Optimization Algorithm

نام
امیرحسین رضائی پور ۹۷۱۳۳۱۰۵۷
ایمان خالقی ۹۷۱۳۳۱۰۴۳

استاد درس
دکتر سیگاری

پاییز ۱۴۰۰

چکیده

در این گزارش، به شرح الگوریتم بهینه‌سازی فاخته پرداخته شده و روش زندگی فاخته و الگوریتم بهینه‌سازی الهام گرفته شده از روش زندگی فاخته بررسی شده است؛ هم‌چنین در این گزارش به مقایسه الگوریتم فاخته و برخی دیگر از الگوریتم‌های تکاملی معروف پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم بهینه‌سازی فاخته، الگوریتم COA، الگوریتم‌های تکاملی، هوش محاسباتی،
Nonlinear optimization ,Evolutionary algorithms

فهرست مطالب

بخش ۱: مقدمه

بخش ۲: معرفی الگوریتم بهینه‌سازی فاخته

بخش ۳: جزئیات بهینه‌سازی الگوریتم فاخته

بخش ۴: برتری الگوریتم فاخته نسبت به سایر الگوریتم‌ها

بخش ۵: کاربردهای الگوریتم فاخته

بخش ۶: مراجع

بخش ۱:

مقدمه

۱-۱ - مقدمه

بهینه‌سازی، علمی است که انسان از زمان‌های دور همواره در پی آن بوده و هنوز هم در تلاش برای کشف روش‌های جدید و بهبود آن‌ها می‌باشد. در بهینه‌سازی ما به دنبال بیشترین یا کمترین مقدار برای یک کمیت می‌گردیم. برای بهینه‌سازی روش‌های گوناگونی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های تحلیلی و روش‌های فراابتکاری اشاره کرد.

روش‌های تحلیلی بیشتر به دنبال حل دقیق مسائل هستند. از این رو شامل مشتق‌گیری و یافتن پاسخ بهینه‌اند. فایده اصلی این نوع از الگوریتم‌های بهینه‌سازی تضمین جواب بهینه است، اما استفاده از آن‌ها در مسائل با پیچیدگی بالا یا مسائل بزرگ یا دارای تابع گسسته دشوار است.

همانطور که مشاهده شد، روش‌های تحلیلی جواب بهینه را به ما می‌دهند اما همیشه رسیدن به جواب بهینه آسان نیست و هزینه‌های زیادی را از ما می‌گیرد از این رو در بیشتر موارد به جای جواب بهینه یا بهینه سراسری، به یک جواب رضایت بخش یا همان بهینه‌های محلی اکتفا می‌کنیم اما همواره سعی داریم از الگوریتم‌هایی استفاده کنیم که ما را بیشتر به سمت بهینه‌ی سراسری نزدیک کنند.

روش‌های فراابتکاری یا فرااکتشافی برای حل مسائل بزرگتر و با توابع بدرفتار مناسب‌ترند. اگرچه این

روش‌ها نمی‌توانند رسیدن به جواب بهینه را تضمین کنند اما همواره سعی دارند به سمت بهینه‌ی سراسری حرکت کنند.

الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات، بهینه‌سازی کلونی مورچگان، الگوریتم کرم شب‌تاب، الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتم گرگ خاکسری، الگوریتم جستجوی هارمونی و الگوریتم فاخته از این قبیل الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌باشند.

در این گزارش درباره‌ی الگوریتم فاخته که الهام گرفته شده از زندگی پرنده‌ای به نام فاخته است صحبت می‌کنیم.

بخش ۲:

معرفی الگوریتم بهینه‌سازی فاخته

پس از معرفی الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتم بهینه‌سازی فاخته مطرح شد که توانایی بالایی در پیدا کردن بهینه‌های سراسری دارد. الگوریتم فاخته یکی از جدیدترین و قوی‌ترین الگوریتم‌ها برای یافتن بهینه‌ی

سراسری می‌باشد. این الگوریتم با الهام از روش زندگی پرنده‌ی فاخته، در سال ۲۰۰۹ توسط شین او یانگ و دب ساوش توسعه یافت و بعد ها در سال ۲۰۱۱ توسط رامین رجیبون به طور کامل تر و با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۲ روش جالب زندگی و تخم‌گذاری فاخته

چندین هزار گونه پرنده در طبیعت وجود دارد. اغلب آن‌ها روش مشابهی برای جوجه کشی دارند. آن‌ها در لانه‌ی خود تخم می‌گذارند و با خوابیدن بر روی تخم‌ها از آن‌ها مراقبت می‌کنند تا زمانی که جوجه‌ها از تخم بیرون بیایند.

اما در بین پرندگان، دسته‌ای هم هستند که به "پارازیت اولاد" معروف هستند که از روشی برای جوجه کشی استفاده می‌کنند که به "جوجه گذاری انگلی" یا "بچه‌داری سربار" معروف اند.

این روش هم‌چنین در برخی گونه‌ها از پرندگان، ماهی‌ها، یا حشرات دیده می‌شود. این گونه‌ها از امکانات میزبان برای پرورش نوزادان خود استفاده می‌کنند و برای نمونه پرندگان سربار، تخم‌های خود را در لانه‌ی پرندگان دیگر قرار می‌دهند. با این کار، جانور سربار (مثلاً فاخته) زمان بیشتری پیدا می‌کند تا نوزادان بیشتری به دنیا آورده و نسل خود را تقویت کند. فاخته هم از این روش برای جوجه کشی استفاده می‌کند.

فاخته یک پرنده‌ی بسیار فریبکار و حيله گر است. فاخته به صورت غریزی این توانایی را دارد که تخم بسیاری از پرندگان را شبیه سازی کند و تخمی همانند آن‌ها بگذارد. سپس فاخته تخم خود را در لانه‌ی پرنده‌ی دیگری قرار می‌دهد تا آن پرنده از تخم مراقب کند. در خیلی از مواقع پرنده‌ی میزبان نمی‌تواند تخم فاخته را تشخیص دهد اما گاهی اوقات هم پرنده‌ی میزبان متوجه تخم فاخته می‌شود و آن را از لانه بیرون می‌اندازد و یا لانه را ترک می‌کند.

فاخته لانه‌ی پرنده را ساعت ها زیر نظر می‌گیرد و هنگامی که پرنده لانه را برای مدتی ترک کند (برای یافتن غذا و...)، فاخته بسیار سریع یکی از تخم‌های پرنده‌ی میزبان را به بیرون از لانه می‌اندازد و تخم خود را جای آن می‌گذارد. پرنده‌ی میزبان هم اگر متوجه تخم فاخته نشود از آن مراقبت می‌کند و اگر هم متوجه شود آن را به بیرون از لانه پرت می‌کند.

در اکثر مواقع جوجه‌های فاخته، اگر زودتر از تخم بیرون بیایند، تخم‌های دیگر را به بیرون از لانه پرت می‌کنند!

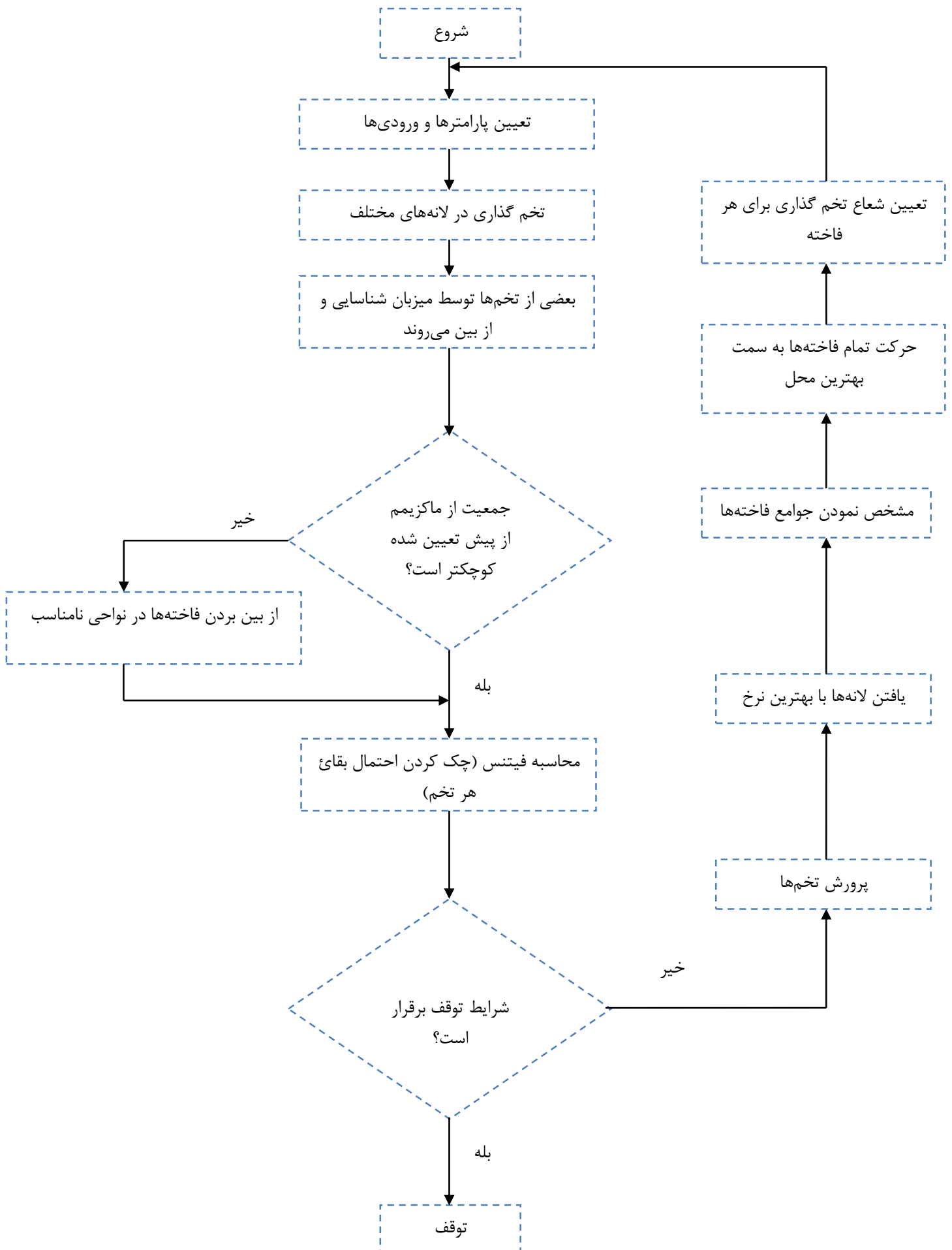
در واقع فاخته‌ها پیوسته در حال تلاش برای تقلید بهتر تخم‌های لانه‌ی پرندگان هدف هستند تا تخم‌ها توسط پرندگان میزبان شناسایی نشوند. این مبارزه بین پرندگان و فاخته‌ها یک فرآیند است که پیوسته وجود دارد.

بخش ۳:

جزئیات پیاده‌سازی الگوریتم فاخته

الگوریتم COA (Cuckoo Optimizatoin Algorithm) هم مانند بقیه‌ی الگوریتم‌های تکاملی با یک جمعیت اولیه کار خودش را شروع می‌کند. این جمعیت اولیه همان فاخته‌ها هستند. این فاخته‌ها شروع به تخم گذاری در لانه‌ی پرندگان میزبان می‌کنند. همه‌ی این تخم‌ها شانس تبدیل شدن به جوجه را ندارند و تعدادی از آن‌ها توسط پرندگان میزبان شناسایی می‌شوند و از بین می‌روند و دسته‌ای از تخم‌ها هم توسط میزبان شناسایی نمی‌شوند و تبدیل به جوجه می‌شوند. اگر تخم‌های فاخته در منطقه‌ای توسط میزبان‌ها شناسایی نشود و از بین نروند، نشان می‌دهد که آن منطقه برای رشد تخم‌ها مناسب است و به اصطلاح تمایل فاخته‌ها برای گذاشتن تخم در آن منطقه بالا می‌رود. بنابراین موقعیتی که در آن بیشترین تعداد تخم‌ها نجات می‌یابند (تبدیل به جوجه می‌شوند) همان پارامتری است که قصد بهینه کردن آن را داریم.

به فلوچارت زیر که نحوه‌ی عملکرد الگوریتم بهینه‌سازی فاخته را نشان می‌دهد توجه کنید.



همانطور که گفته شد، فاخته‌ها برای اینکه تخم‌های خود را نجات دهند همواره به دنبال شبیه‌سازی تخم پرندگان میزبان هستند و از آن مهم‌تر به دنبال بهترین منطقه برای تخم‌گذاری هستند یعنی منطقه‌ای که احتمال کشف نشدن تخم‌ها توسط پرنده‌ی میزبان بالاتر باشد. جوجه‌های فاخته هم پس از این که از تخم بیرون آمدند گروه‌هایی تشکیل می‌دهند. هر گروه منطقه‌ای برای سکونت دارد. هر کدام از این مناطق یک برازندگی دارد که احتمال نجات تخم‌ها را بیان می‌کند. هدف تمام فاخته‌ها مهاجرت به سمت بهترین منطقه‌ی موجود از این نظر می‌باشد. سپس یک شعاع تخم‌گذاری برای آن‌ها مشخص می‌شود و فاخته‌ها به صورت تصادفی شروع به تخم‌گذاری در لانه‌هایی که در این شعاع قرار دارند می‌کنند. این پروسه آنقدر ادامه می‌یابد تا به بهترین مکان برای تخم‌گذاری بر سیم (مکان بهینه). این مکان بهینه همان جایی است که در آن بیشترین فاخته‌ها گرد هم می‌آیند.

۳-۱ ایجاد محل زندگی اولیه فاخته

الگوریتم فاخته، همانند الگوریتم‌های GA و PSO مبتنی بر جمعیت می‌باشد؛ اما در الگوریتم COA این جمعیت زیستگاه یا habitat نام دارد. در یک مسئله بهینه‌سازی Nvar بعدی در الگوریتم فاخته به صورت زیر می‌باشد.

$$\text{habitat} = [x_1, x_2, \dots, x_{Nvar}]$$

میزان برازندگی یک habitat توسط تابع F_p مشخص می‌گردد.

$$F_p(\text{habitat}) = F_p(x_1, x_2, \dots, x_{Nvar})$$

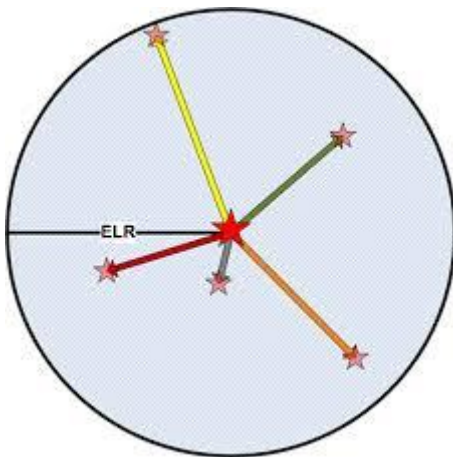
فاخته‌ها معمولاً بین ۵ تا ۲۰ تخم می‌گذارند که البته برای هر فاخته و در هر دفعه متفاوت است. فاخته‌ها معمولاً در جایی با بیشترین فاصله از خود تخم‌گذاری می‌کنند. به همین منظور در این الگوریتم یک شعاع تخم‌گذاری داریم به صورت زیر بدست می‌آید.

$$ELR = \alpha \times (\text{تعداد کل تخم‌ها} / \text{تعداد تخم‌های فاخته}) \times (\text{var}^{Hi} - \text{var}^{Low})$$

۳-۲ روش تخم گذاری فاخته‌ها

هر فاخته در شعاع خود شروع به تخم گذاری در لانه های میزبان می کند؛ بعد از اینکه تخم گذاری تمام شد تخم هایی که توسط پرنده میزبان شناسایی می شود از بین می روند در واقع تخم هایی که دارای برازندگی کمتری هستند.

جالب است بدانید هر فاخته دقیقا یک تخم در هر لانه میزبان می گذارد و معمولا جوجه فاخته ها زودتر از تخم در می آیند و اگر تخم دیگری در لانه باشد آن را از بین می برد در واقع این کار در ژن فاخته ها وجود دارد.



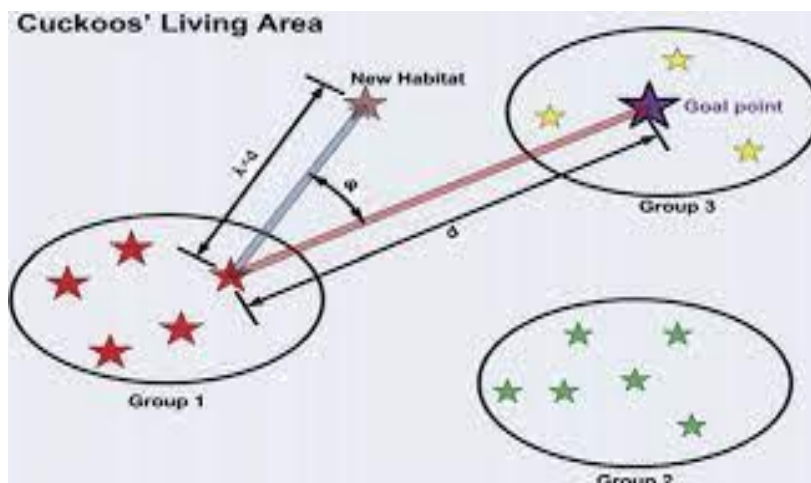
۳-۳ مهاجرت فاخته‌ها

هنگامی که جوجه ها از تخم بیرون آمدند و بالغ شدن و به مرحله ی تخم گذاری رسیدن حال وقت آن است که فاخته مهاجرت کند.

هدف فاخته ها از مهاجرت این است که به سمت زیستگاهی بروند که آب هوای بهتر و غذای بیشتری در آنجا باشد برای همین در الگوریتم بهترین زیستگاه یا habitat مشخص میشود؛ بهترین زیستگاه براساس میانگین برازندگی فاخته هایی که در آن زیستگاه زندگی می کنند می باشد. و در واقع در این زیستگاه ها شانس جوجه شدن تخم ها بیشتر است.

از آنجایی که بعد از تشخیص این زیستگاه از یکدیگر مشکل است با استفاده از الگوریتم خوشه بندی k -means استفاده می شود و هر خوشه ای که میانگین برازندگی فاخته های آن بیشتر باشد به عنوان زیستگاه مقصد برای فاخته ها مشخص می شود.

قابل توجه است که فاخته ها به صورت مداوم به سمت مقصد پرواز نمی کنند در واقع در الگوریتم با یک ضریب حرکت و یک زاویه ای به سمت مقصد می روند. وقتی فاخته ها یک گام به سمت مقصد برداشتند و محل زندگی جدید آن ها مشخص گردید هر فاخته نسبت به تخم هایی که دارد در شعاع خود تخم گذاری می کند



$$X_{next\ habitat} = X_{current\ habitat} + F \times (X_{goal\ point} - X_{current\ habitat})$$

۳-۴ حذف فاخته‌ها در بدترین محل‌های زندگی

از آنجایی که در طبیعت، فاخته‌ها به دلایل مختلف از جمله کمبود غذا و وجود شکارچیان بعضی فاخته‌ها از بین می‌رود؛ برای اینکه این اتفاق در الگوریتم فاخته رخ بدهد بدترین‌های هر زیستگاه از بین می‌رود و برای فاخته‌ها سقفی تعیین می‌کنیم که به آن N_{max} می‌گوییم. در واقع فقط N_{max} از تعداد فاخته‌هایی که برازندگی بیشتری دارند زنده می‌مانند.

۳-۵ همگرایی

بعد از چند تکرار اکثر فاخته‌ها به سمت بهترین زیستگاه مهاجرت می‌کنند این زیستگاه یا محل زندگی بهترین سود را فراهم می‌کند؛ همگرایی بیش از ۹۵٪ فاخته‌ها به یک زیستگاه پایان الگوریتم بهینه‌سازی فاخته خواهد بود.

بخش ۴:

برتری الگوریتم فاخته نسبت به سایر الگوریتم ها

۴-۱ ارزیابی الگوریتم COA

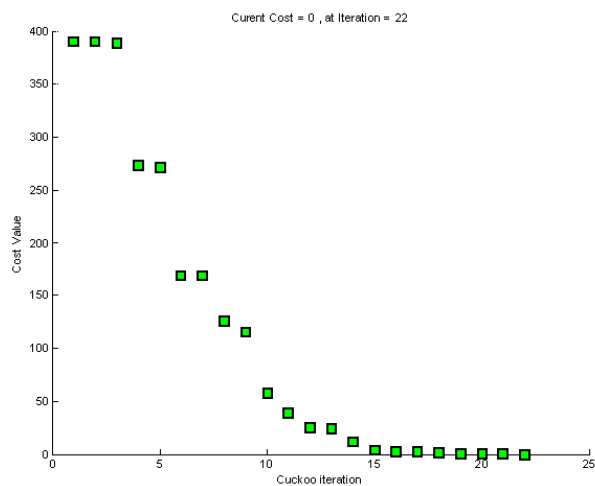
به طور کلی می توان گفت که الگوریتم بهینه سازی فاخته توانسته است بیشتر مشکلات و ضعف های الگوریتم های بهینه سازی تکاملی قبلی مانند GA و PSO را حل کند و این الگوریتم توانایی همگرایی سریع تر دارد و قدرت یافتن بهینه ی سراسری بالایی دارد. طبق تست هایی انجام شده، این الگوریتم توانسته است جواب بهینه برای تابع بسیار پیچیده ی راستریگین (رابطه ۱) با ۱۰۰ بعد را دارد.

$$f = 10n + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)), \quad -10 \leq x_i \leq 10, \quad f(0,0, \dots, 0) = 0 \quad (1)$$

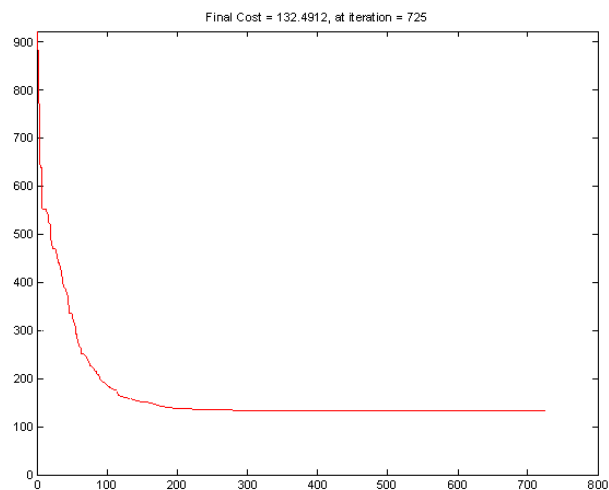
به طور کلی می توان ویژگی های زیر را برای این الگوریتم ذکر کرد:

۱. همگرایی سریع تر
۲. سرعت بیشتر
۳. دقت بالاتر
۴. احتمال کمتر گیر افتادن در بهینه ی محلی
۵. توانایی حل سریع تر مسائل بهینه سازی با ابعاد بالا

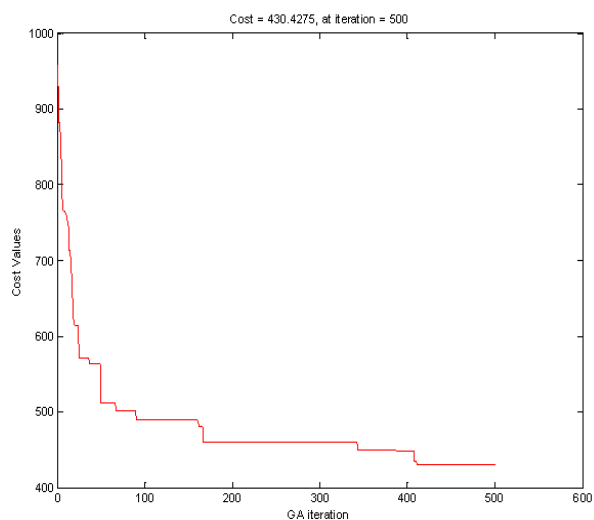
در ادامه چند تصویر را مشاهده می‌کنید که به مقایسه‌ی الگوریتم فاخته با رقابت استعماری، ژنتیک و PSO برای یک مسئله مشابه پرداخته است.



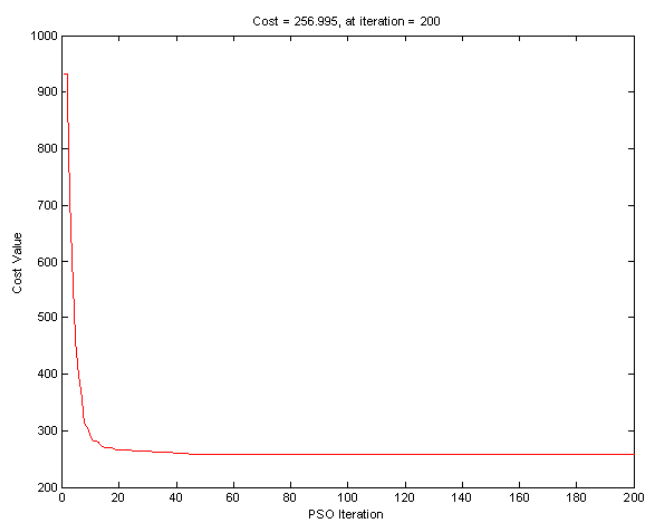
الف_ بهینه‌سازی با الگوریتم فاخته



ب_ بهینه‌سازی با الگوریتم رقابت استعماری



ج_ بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک



د_ بهینه‌سازی با الگوریتم PSO

شکل‌های بالا_ مقایسه‌ی الگوریتم بهینه‌سازی فاخته با سایر روش‌ها برای تابع راستریگین با

۱۰۰ متغیر

حالا بیا ببینیم بررسی کنیم که چرا در الگوریتم فاخته احتمال گیر افتادن در بهینه‌ی محلی پایین است. این اتفاق به خاطر روش تخم‌گذاری فاخته‌ها است. فاخته‌ها تخم‌های خود را در محل‌های متفاوتی می‌گذارند که این کار باعث می‌شود:

۱. فرار از گیر افتادن در بهینه‌ی محلی اتفاق بیفتد.
۲. خود فرآیند تخم‌گذاری به تنهایی یک فرآیند جستجوی محلی است که سایر الگوریتم‌ها از چنین خاصیتی برخوردار نیستند.

۲-۴ شباهت‌های الگوریتم COA با GA و PSO

- ۱- Population based
- ۲- Stochastic
- ۳- Fitness based
- ۴- Random initialization
- ۵- No guarantee to find global optima

۳-۴ تفاوت‌های الگوریتم COA با GA و PSO

الگوریتم COA شباهت‌های زیادی با الگوریتم PSO دارد ولی تفاوت‌هایی هم دارد؛ در الگوریتم PSO تجربه‌ی فردی هر ذره را داشتیم ولی در COA چنین چیزی نداریم در واقع در COA برای فرار از بهینه‌ی محلی از تخم‌گذاری استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که در الگوریتم فاخته درست است که از تخم‌گذاری استفاده می‌شود ولی تکامل بر اساس حرکت در فضا است نه تولید مثل (تخم‌گذاری) کردن.

GA	PSO	COA
Bio-inspired	Socio-inspired	Nature-inspired
Discrete space	Continuous space	Continuous space
Crossover + Mutation	Motion in the Space	Motion in the Space
Breeding Evolution	Motion-based Evolution	Motion-based Evolution
Memory-less	Memory based	Memory-less
No Communication	Communication based	Communication based

بخش ۵:

کاربردهای الگوریتم فاخته

با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی که برای الگوریتم فاخته ذکر شد، می‌توانیم ویژگی‌های زیر را برای این الگوریتم بیان کنیم:

- مسائل بهینه‌سازی پیوسته و گسسته (به خصوص پیوسته)
- عملیات و کنترل سیستم‌های نیرو (کنترل بهینه سیستم‌های برق و قدرت، زمان‌بندی مولدهای جریان برق و سایر موارد)
- مسائل طراحی چیدمان
- مسائل زمان‌بندی و توالی عملیات
- مسائلی که دارای پارامترهای زیاد برای بهینه‌سازی باشند
- مسائل ترکیبی با پیچیدگی «ان پی سخت» (NP-Hard)
- فرآیندهای شیمیایی (تشخیص ساختارهای شیمیایی، پیش‌بینی ساختار کریستال‌ها، طراحی داروها و سایر موارد).
- مسیریابی خودروها.
- مسائل بهینه‌سازی چند هدفه (Multi-Objective Optimization Problems).
- مسائل «پردازش تصویر» (Image Processing) و «شناسایی الگو» (Pattern Recognition).

بخش ۶:

مراجع

- ❖ Ramin Rajabioun (2011), “Cuckoo Optimization Algorithm”, Applied Soft Computing, Vol 1, pp 5508–5518
- ❖ Humar Kahramanli (2012), “A Modified Cuckoo Optimization Algorithm for Engineering Optimization”, International Journal of Future Computer and Communication, Vol 1(2), pp 199-201.

❖ سپیده فریدونی, الگوریتم بهینه‌سازی فاخته و روش‌های متاهیورستیک, یزد ۱۳۹۲