

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران

مقایسه عملکرد چهار الگوریتم فراابتکاری نوین برای حل مسایل بهینه‌سازی ریاضی

هدی دلیلی یزدی * رضا توکلی مقدم و گلریز بوالحسنی

* دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
 استاد دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران
 دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
 hdalili59@yahoo.com

چکیده

امروزه الگوریتم‌های فراابتکاری سهم بسزایی را در حل تقریبی مسائل بهینه‌سازی دارا می‌باشند. انتخاب الگوریتمی مناسب برای مسائل مختلف دارای اهمیت می‌باشد به طوری که یک الگوریتم برای گونه‌ای از مسائل می‌تواند مناسب و در عین حال برای دیگر مسائل نامناسب باشد. در این مقاله سعی شده است با مقایسه الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری با ۳ الگوریتم نوین بهینه‌سازی (الگوریتم زنبور، الگوریتم مبتنی بر جغرافیای زیستی، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام جوجه‌ها) (از طریق حل نه تابع معیار)، عملکرد این الگوریتم‌ها از دو جهت دستیابی به نقطه بهینه سراسری و همچنین زمان دستیابی به این نقطه، مورد بررسی قرار گیرد. به جهت صحیح بودن مقایسه، الگوریتم‌های انتخاب شده همگی از جمله الگوریتم‌هایی هستند که برگرفته از رفتار غذاییابی موجودات زنده می‌باشد.

کلمات کلیدی الگوریتم گرگ خاکستری؛ الگوریتم زنبورها؛ الگوریتم مبتنی بر جغرافیای زیستی؛ الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام جوجه‌ها؛ توابع ریاضی

۱ مقدمه

الگوریتم گرگ خاکستری توسط میرجلیلی و همکاران [۴] معرفی شد که بر پایه رفتار شکار گرگ‌ها و سلسله مراتب حاکمیت آنها استوار می‌باشد. در این الگوریتم بر اساس مکان سه نقطه آلفا و بتا و دلتا (یعنی بهترین نقاط در هر تکرار) مکان نقطه بهینه محاسبه می‌گردد. الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی توسط سیمون [۲]، بر پایه مدل‌های ریاضی جغرافیای زیستی پیشنهاد شد. در اصل این الگوریتم، دو اپراتور اصلی به نام مهاجرت و جهش قبل از بهینه‌سازی، وجود دارد. هر فرد در جمعیت ارزیابی می‌شود، سپس مراحل مهاجرت و جهش را برای رسیدن به حداقل سراسری، طی می‌کند. الگوریتم زنبورها توسط فام و همکاران [۴] مطرح شد که با الهام از رفتار جستجوگری طبیعی زنبور عسل برای پیدا کردن بهترین گلزارها (راه حل بهینه) عمل می‌کند. زنبورهای عسل پیشرو با حرکات بدن خود، جهت منبع غذایی، فاصله منبع غذایی و همچنین غنای منبع غذایی را به دیگر زنبورها انتقال می‌دهند. انتخاب سایتهای منتخب و ارسال زنبورهای بیشتر به آن سایتهای، روش اجرای الگوریتم زنبور (الهام گرفته از رفتار زنبور عسل) می‌باشد. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام جوجه‌ها توسط منگ و همکاران پیشنهاد شد که از رفتار ازدحام مرغ‌ها که شامل رفتار خروس‌ها، مرغ‌ها و جوجه‌ها الهام گرفته است و برای حل مسائل کاربردی پیشنهاد شده است. برای مقایسه عملکرد الگوریتم گرگ خاکستری با سه الگوریتم بیان شده، ابتدا مدل ریاضی آنها توسط نرم افزار Matlab کدنویسی شده و سپس برای ۹ تابع ریاضی اجرا می‌شود. جهت آشنایی با این الگوریتم‌های نوین، به عنوان نمونه مراحل (سودو کد) دو الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری و ازدحام جوجه‌ها بیان می‌شود.

الگوریتم ۱ مراحل (سودو کد) الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری [۴]

```

framed
X $\alpha$ =the best search agent
X $\beta$ =the second best search agent
X $\delta$ =the third best search agent
while (t < Max number of iterations)
for each search agent
Update the position of the current search agent by above equations
end for
Update a, A, and C
Calculate the fitness of all search agents
  
```



```

Update  $X\alpha$ ,  $X\beta$ , and  $X\delta$ 
t=t+1
end while
return  $X\alpha$ 

framed
    الگوریتم ۲ مراحل (سودو کد) الگوریتم بهینه سازی ازدحام جوجه [۴]
    Initialize a population of N chickens and define the related parameters;
    Evaluate the N chickens' fitness values, t=0;
    while (t < Max Generation)
    If (t % G == 0)
    Rank the chickens' fitness values and establish a hierarchal order in the swarm;
    Divide the swarm into different groups, and determine the relationship between the chicks and mother
    hens in a group; End if
    For i = 1 : N
    If i == rooster Update its solution/location using equation (1); End if
    If i == hen Update its solution/location using equation (3); End if
    If i == chick Update its solution/location using equation (6); End if
    Evaluate the new solution;
    If the new solution is better than its previous one, update it;
    End for
    End while

```

برای مقایسه عملکرد الگوریتم گرگ خاکستری با سه الگوریتم بیان شده، ابتدا مدل ریاضی آنها توسط نرم افزار Matlab2014 کدنویسی شده و برای نه تابع معیار اجرا گردیده است.

۲ نتایج محاسباتی

به نظر می رسد برای مقایسه الگوریتم های مختلف بهینه سازی، رفتار آنها را باید در برخورد با حل توابع مختلف ریاضی مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش ۹ تابع معیار انتخاب گردیده و سپس هر یک از الگوریتم ها در شرایط مختلف، تغییر در تعداد نسل ها (۲۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰) و ثابت نگه داشتن تعداد جمعیت برابر ۳۰ و تغییر در تعداد جمعیت (۲۰، ۳۰، ۵۰) و ثابت نگه داشتن تعداد نسل ها برابر ۱۰۰۰، مورد بررسی قرار گرفته اند. قابل ذکر است که برای هر یک از شرایط خاص الگوریتم ها به تعداد ۲۰ بار اجرا و جواب نهایی از میانگین ۲۰ بار اجرا، حاصل شده است تا درصد خطا کاهش یابد. از ۱۰ جدول تهیه شده، ۴ نمونه از این جداول در ادامه آورده شده است.

جدول ۱: نرمال شده (تقسیم بر مینیمم) مقادیر برازندگی توابع مختلف در تکرار ۲۰۰ و تعداد جمعیت ۳۰

توابع ریاضی	GWO	CSO	BBO	Bee
Sphere	۱/۰۰E+۰۰	۴/۱۱E+۰۴	۱/۵۱E+۰۹	۸/۳۹E+۰۷
Schwefel2/۲۲	۷/۵۰E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰	۱/۰۷E+۰۶	۳/۱۴E+۰۵
Schwefel2/۲۱	۱/۰۰E+۰۰	۱/۰۳E+۰۳	۲/۸۵E+۰۲	۱/۱۹E+۰۳
Rosenbrock	۱/۰۰E+۰۰	۲/۰۲E+۰۳	۷/۵۲E+۰۰	۵/۳۵E+۰۰
Rastrigin	۱/۰۴E+۰۴	۱/۰۰E+۰۰	۵/۰۱E+۰۴	۱/۱۸E+۰۵
Ackley	۱/۰۰E+۰۰	۱/۰۲E+۰۳	۸/۸۲E+۰۴	۱/۷۰E+۰۵
Griewank	۱/۰۰E+۰۰	۲/۳۳E+۰۰	۱/۸۷E+۰۲	۶/۸۸E+۰۱
Penalty#۱	۱/۰۰E+۰۰	۳۴۶۳۰۳۴	۹/۲۱E+۰۰	۳/۹۲E+۰۱
Penalty#۲	۲/۶۲۱۹	۶۳۵۱۸۰/۷	۱/۰۰E+۰۰	۱/۷۹E+۰۰

طبق نتایج حاصل از بررسی مقایسه زمان رسیدن به نقطه بهینه در ۴ الگوریتم، الگوریتم GWO در تمام شرایط از دیگر الگوریتم های بیان شده، زودتر به جواب می رسد. اما در مورد مقدار برازندگی با تغییر تعداد تکرارها و تعداد جمعیت، نتایج متفاوت است. نتایج محاسباتی نشان داد که در مورد تابع Sphere که یک تابع ساده و بدون نقاط بهینه محلی است، چنانچه دارای تکرارهای زیاد یا کم و یا دارای جمعیت زیاد یا کم باشیم، همچنان الگوریتم گرگ جواب بهتری نسبت به سایر الگوریتم ها به ما می دهد. در مورد تابع Schwefel2/21 نیز همین قانون وجود



جدول ۲: نرمال شده (تقسیم بر مینیمم) مقادیر برازندگی توابع مختلف در تکرار ۱۵۰۰ و تعداد جمعیت ۳۰ (# به معنی تقسیم بر صفر می باشد)

توابع ریاضی	GWO	CSO	BBO	Bec
Sphere	۱/۰۰E+۰۰	۲/۴۴E+۲۷	۵/۱۹E+۸۸	۱/۲۶E+۷۶
Schwefel2/۲۲	۱/۷۷E+۰۳	۱/۰۰E+۰۰	۸/۸۵E+۵۴	۵/۷۶E+۴۸
Schwefel2/۲۱	۱/۰۰E+۰۰	۱/۴۳E+۲۲	۱/۶۱E+۲۱	۵/۸۰E+۲۲
Rosenbrock	۱/۷۱E+۰۰	۲/۷۴E+۰۰	۸/۸۲E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰
Rastrigin	۱/۰۰E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰	#	#
Ackley	۱/۹۷E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰	۳/۸۱E+۱۳	۲/۸۵E+۱۴
Griewank	۱/۰۰E+۰۰	#	#	#
Penalty#۱	۳/۱۸E+۰۱	۵/۳۳E+۰۳	۱/۰۰E+۰۰	۱/۱۲E+۰۳
Penalty#۲	۱/۱۹E+۱۴	۱/۴۵E+۱۶	۴/۰۰E+۱۲	۱/۰۰E+۰۰

جدول ۳: نرمال شده (تقسیم بر مینیمم) مقادیر برازندگی توابع مختلف در تکرار ۱۰۰۰ و تعداد جمعیت ۲۰

توابع ریاضی	GWO	CSO	BBO	Bec
Sphere	۱/۰۰E+۰۰	۷/۴۱E+۱۱	۲/۴۱E+۴۹	۱/۲۹E+۴۱
Schwefel2/۲۲	۵/۷۹E+۰۶	۱/۰۰E+۰۰	۱/۹۰E+۳۵	۱/۷۱E+۳۱
Schwefel2/۲۱	۱/۰۰E+۰۰	۳/۳۹E+۱۲	۲/۷۰E+۱۱	۸/۵۱E+۱۲
Rosenbrock	۱/۰۰E+۰۰	۳/۸۶E+۰۰	۲/۲۵E+۰۱	۶/۸۶E+۰۰
Rastrigin	۱/۰۰E+۰۰	۶/۰۲E+۰۰	۱/۱۰E+۰۲	۲/۱۰E+۰۲
Ackley	۲/۹۰E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰	۶/۶۸E+۱۳	۸/۶۹E+۱۴
Griewank	۱/۳۲E+۰۰	۱/۳۹E+۰۱	۳/۸۵E+۰۲	۱/۰۰E+۰۰
Penalty#۱	۱/۶۷E+۰۱	۱/۲۶E+۰۷	۱/۰۰E+۰۰	۱/۰۲E+۰۳
Penalty#۲	۱/۱۴E+۰۹	۲/۳۳E+۱۲	۱/۱۱E+۰۸	۱/۰۰E+۰۰

دارد چرا که هم تابع ساده ای است و هم دارای نقاط بهینه محلی نمی باشد. نتیجه اینکه در مورد توابع ساده ای که دارای نقاط محلی نمی باشند، بهترین الگوریتم برای حل، الگوریتم گرگ خاکستری می باشد. در مورد تابع Schwefel2/22 تقریباً در همه موارد الگوریتم جوجه ها جواب بهتری نسبت به بقیه الگوریتم ها ایجاد می کند. این تابع کمی پیچیده تر از تابع Sphere است چرا که هم جمع متغیرها و هم ضرب آنها را در خود داراست. از طرفی این تابع دارای نقاط بهینه محلی هم می باشد. لذا برای حل مسایل کمی پیچیده و دارای نقاط بهینه محلی می توان از الگوریتم جوجه ها استفاده کرد. در تابع Rosenbrock که تابع نسبتاً پیچیده ای است ولی دارای نقاط محله بهینه نمی باشد و عملیات ضرب متغیرها در آن وجود ندارد زمانیکه دارای محدودیت جمعیت یا محدودیت تکرارها هستیم، الگوریتم گرگ همچنان جواب های بهتری به ما می دهد. ولی زمانیکه محدودیت جمعیت و تکرارها وجود ندارد، الگوریتم زنبورها به ما جواب بهتری می دهد. نتیجه اینکه برای توابع نسبتاً پیچیده ای که نقاط بهینه محلی در آن وجود ندارد، برای اینکه الگوریتم زنبورها به ما جواب بهتری بدهد، احتیاج به تکرارهای بیشتر و جمعیت بیشتری داریم. در توابع Rastrigin و Ackley در همه موارد تقریباً، الگوریتم جوجه ها جواب بهتری به ما می دهد. این توابع دارای نقاط بهینه محلی زیادی هستند و مانند تابع Schwefel2/22 که دارای نقاط بهینه محلی است، بهترین جواب های خود را از الگوریتم جوجه ها دریافت می کنند. در تابع Griewank، که تابع نسبتاً پیچیده ایست، از آنجائیکه دارای نقاط بهینه محلی نمی باشد، همچنان الگوریتم گرگ در شرایطی که میزان جمعیت و تکرارها کم یا زیاد باشد، بهترین جوابها را به ما می دهد. در شرایطی که تعداد تکرارها و جمعیت متوسط می باشد، الگوریتم زنبورها بهترین جوابها را حاصل می کند. توابع Penalty#1 و Penalty#2 توابع بسیار پیچیده ای هستند و دارای نقاط بهینه محلی هم می باشند. در تابع Penalty#1 بهترین جوابها را الگوریتم جغرافیای زیستی و در تابع Penalty#2 بهترین جوابها را الگوریتم زنبورها ایجاد می کنند.

۳ نتیجه گیری

نتیجه کلی این است که الگوریتم گرگ معمولاً در دام بهینه های محلی گرفتار می شود، لذا برای مسایلی که دارای بهینه محلی هستند، مناسب نمی باشد، ولی در مسایل دیگر، با توجه به سرعت بالای همگرایی این الگوریتم، گزینه مناسبی برای حل می باشد. برخلاف الگوریتم گرگ، الگوریتم جوجه هادر دام بهینه های محلی گرفتار نمی شود و به نظر می رسد استفاده از مزیت های الگوریتم مرغ، برای اصلاح الگوریتم گرگ مناسب باشد. برای مسایل خیلی پیچیده، الگوریتم های زنبورها و جغرافیای زیستی، ما را به جواب بهینه نزدیک می کنند و برای اینگونه مسایل مناسب می باشند.



جدول ۴: نرمال شده (تقسیم بر مینیمم) مقادیر برازندگی توابع مختلف در تکرار ۱۰۰۰ و تعداد جمعیت ۵۰

توابع ریاضی	GWO	CSO	BBO	Bee
Sphere	۱/۰۰E+۰۰	۱/۷۶E+۲۵	۵/۱۸E+۶۹	۹/۵۸E+۶۰
Schwefel۲/۲۲	۱/۰۰E+۰۰	۱/۴۸E+۰۳	۴/۲۴E+۳۹	۲/۰۹E+۳۵
Schwefel۱۲/۲۱	۱/۰۰E+۰۰	۱/۳۵E+۱۸	۶/۷۵E+۱۶	۱/۸۵E+۱۸
Rosenbrock	۲/۲۶E+۰۰	۲/۴۱E+۰۰	۹/۳۰E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰
Rastrigin	#	۱/۰۰E+۰۰	#	#
Ackley	۲/۵۲E+۰۰	۱/۰۰E+۰۰	۴/۰۱E+۱۳	۱/۵۳E+۰۹
Griewank	۱/۰۰E+۰۰	۲/۰۵E+۰۰	۹/۱۸E+۰۱	۲/۹۷E+۱۱
Penalty#۱	۱/۵۶E+۰۱	۲/۴۱E+۰۳	۱/۰۰E+۰۰	۱/۱۱E+۰۲
Penalty#۲	۷/۶۳E+۰۹	۴/۷۵E+۱۰	۶/۴۰E+۰۸	۱/۰۰E+۰۰

مراجع

- [1] A. Mirjalili, M. Mirjalili, A. Lewis, *Grey wolf optimizer*, Advances in Engineering Software Vol. 69 (2014), 46–61.
- [2] D. Simon, S. Memberl, *Biogeography-based optimization*, IEEE Transactions on Evolutionary Computation Vol. 12, No. 6, 2008, pp. 702–713.
- [3] B. Xing and W. Gao, *Innovative computational intelligence: A rough guide to 134 clever algorithms*, Springer, pp. 60–62., 2014
- [4] X. Meng and Y. Liu and X. Gao, and H. Zhang, *A new bio-inspired algorithm: Chicken swarm optimization*, ICSI, Part I, LNCS 8794, Springer, pp. 86–94, 2014.

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران