الگوریتم جستجوی گرانشی

مشخصات

درس : مبانی هوش محاسباتی

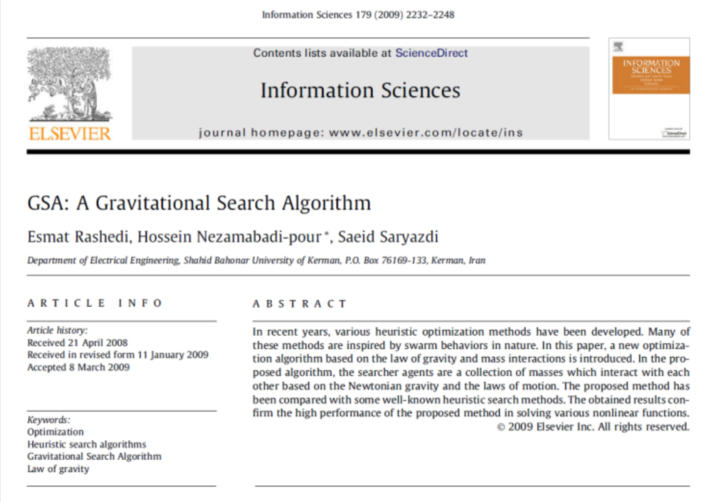
موضوع : سمینار پایانی

استاد : دکتر بحرالعلوم

ترم : پاییز ۱۴۰۲

دانشگاه شهید باهنر کرمان

منابع اصلی



Information Sciences 179 (2009) 2232–2248

Contents lists available at ScienceDirect

Information Sciences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ins

ELSEVIER

GSA: A Gravitational Search Algorithm

Esmat Rashedi, Hossein Nezamabadi-pour *, Saeid Saryazdi

Department of Electrical Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, P.O. Box 76169-133, Kerman, Iran

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 21 April 2008
Received in revised form 11 January 2009
Accepted 8 March 2009

Keywords:
Optimization
Heuristic search algorithms
Gravitational Search Algorithm
Law of gravity

A B S T R A C T

In recent years, various heuristic optimization methods have been developed. Many of these methods are inspired by swarm behaviors in nature. In this paper, a new optimization algorithm based on the law of gravity and mass interactions is introduced. In the proposed algorithm, the searcher agents are a collection of masses which interact with each other based on the Newtonian gravity and the laws of motion. The proposed method has been compared with some well-known heuristic search methods. The obtained results confirm the high performance of the proposed method in solving various nonlinear functions.

E Rashedi, H.Nezamabadi-pour and S.Saryazdi, “GSA: A gravitational search algorithm”, Information sciences, vol. 179, no. 13, pp. 2232-2248, 2009.

راشدی الگوریتم جستجوی گرانشی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی برق

گزارش فنی

الگوریتم جستجوی گرانشی

E. Rashedi, “*Gravitational Search Algorithm*”, M.Sc. Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, 2007 (in Farsi).

فهرست مطالب

01

مقدمه ای بر الگوریتم های ابتکاری
و
فراابتکاری

الگوریتم ابتکاری چیست؟

واژه ابتکاری، ترجمه کلمه یونانی “heuristic” به معنای "برای دانستن" و "برای یافتن" می باشد. به طور خاص در اینجا به معنای جست و جو اطراف جواب بهینه با یک هزینه معقول است.

الگوریتم های ابتکاری (Heuristic)، روش هایی جستجویی هستند که با استفاده از اطلاعاتی خاص درباره مسئله، سعی بر به دست آوردن پاسخی نزدیک به پاسخ موردنظر، در زمانی کمتر از روش های غیرهوشمندانه (Brute-force) دارند.

Vinicius F., (2023, May 4), “*Heuristics vs. Meta-Heuristics vs. Probabilistic Algorithms*”

الگوریتم ابتکاری چه استفاده ای دارد؟

از الگوریتم های ابتکاری برای یافتن مسائل بهینه یابی استفاده می شود. مزیت استفاده از این الگوریتم ها این است که در زمانی قابل قبول جوابی با خطای معقول به ما ارائه می دهند.

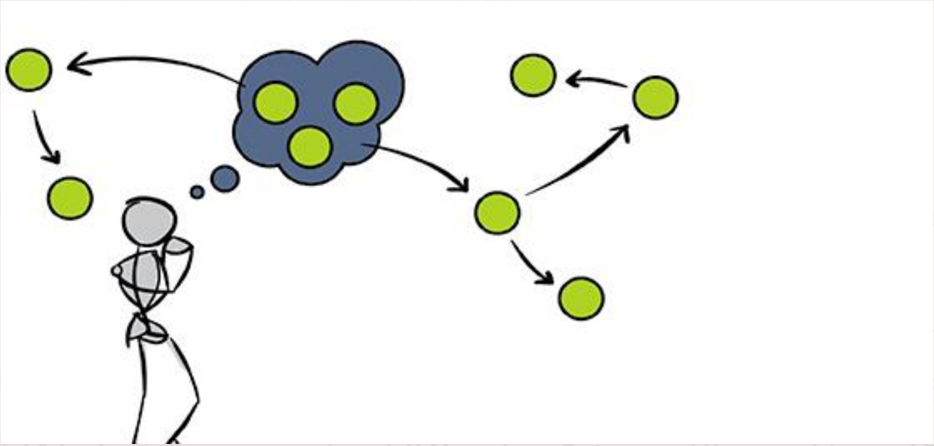
از روش های کلاسیک, در مسائل بهینه یابی برای توابع در ابعاد زیاد, نمی توان استفاده کرد اما الگوریتم های ابتکاری مستقل از ابعاد تابع کار می کند.

الگوریتم فرا ابتکاری چیست؟

الگوریتم های فرا ابتکاری(Metaheuristic) مانند الگوریتم های ابتکاری می باشد، با این تفاوت که این الگوریتم ها، مستقل از مسئله (Problem-independent) هستند و می توانند برای مسائل گوناگون بهینه سازی، به کار گرفته شوند.

Vinicius F., (2023, May 4), “*Heuristics vs. Meta-Heuristics vs. Probabilistic Algorithms*”

در حالت کلی, روی هر ذره یک سری عملیات انجام می شود. سپس با استفاده از اطلاعات به اشتراک گذاشته شده توسط جمعیت, بدون کنترل کننده ی خارجی, جمعیت یک سازماندهی درونی پیدا می کند.



هر الگوریتم اکتشافی مبتنی بر جمعیت دارای دو مشخصه می باشد:

اکتشاف

اکتشاف یا کاوش به معنای یافتن نقاط و جواب های جدید در فضای مسئله می باشد. کاوش در یک الگوریتم مهمترین عاملی است که کمک می کند, در تکرار الگوریتم, در بهینه های محلی گیر نکنیم.

بهره وری

بهره وری به معنای استفاده از نقاط بهتر و جست و جو حول آن ها می باشد. این بخش همان استفاده از حافظه جمعیت می باشد.

02

کمی فیزیک

تقسیم بندی نیرو ها

نیروهای اصلی

۱ – نیروی گرانش (Gravitational Force)

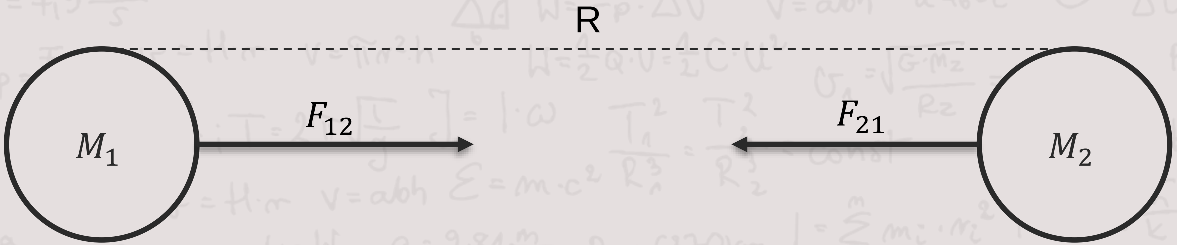
۲ – نیروی الکترومغناطیسی (Electromagnetic Force)

۳ – نیروی هسته ای قوی(Strong Nuclear Force)

۴ – نیروی هسته ای ضعیف (Weak Nuclear Force)

D.Holliday, R.resnick and J.Walker, "*Fundamentals of physics*", John wiley and sons, 1993.

قانون جاذبه نیوتون



$$F_{12} = F_{21} = G\,\frac{M_1 M_2}{R^2}$$

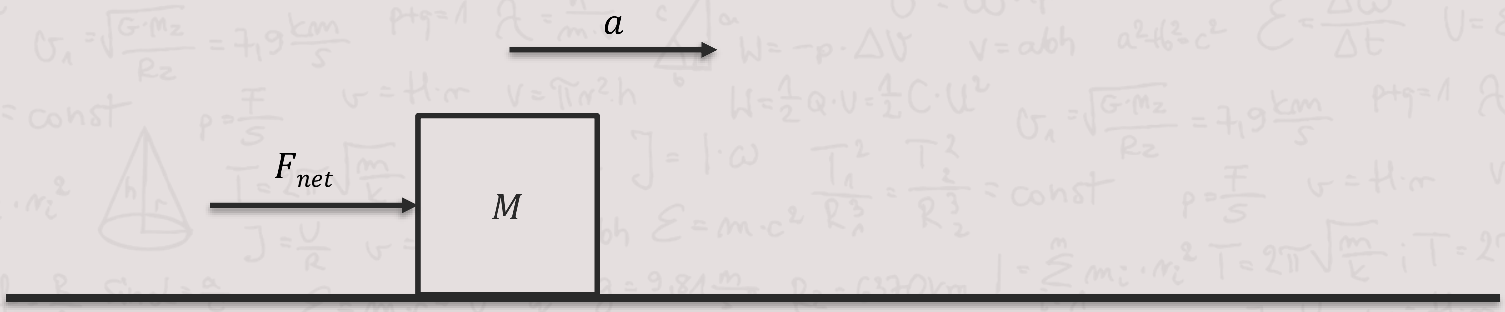
Newton, "*The Mathematical Principles of Natural Philosophy*", 1687.

کاهش ضریب گرانشی

$$G(t) = G(t_0) \times \left(\frac{t_0}{t}\right)^{\beta} \qquad \beta < 1$$

R. Mansouri, et al. , "*Effective time variation of G in a model universe with variable space dimension*", Physics Letter 259, 1999.

قانون دوم نیوتون



$$a = \frac{\sum F}{M}$$

Newton, "*The Mathematical Principles of Natural Philosophy*", 1687.

انواع اجرام

اجرام

۱ – جرم گرانشی فعال (Active Gravitational Mass) M_a

۲ – جرم گرانشی غیرفعال (Passive Gravitational Mass) M_p

۳ – جرم اینرسی (Inertial Mass) M_i

بازنویسی فرمول ها

$$F_{\mathrm{ij}} = G\,\frac{M_{\mathrm{aj}} M_{\mathrm{pi}}}{R^2} \qquad a_i = \frac{F_{ij}}{M_{ii}}$$

03

الگوریتم جستجوی گرانشی

مقدمه

الگوریتم GSA، یک الگوریتم جستجوی فرا ابتکاری می باشد. این الگوریتم با کمک قوانین گرانشی و حرکت در یک سیستم مصنوعی با گذشت زمان انجام می شود.

طبق قانون گرانش، هر جرم، محل و وضعیت سایر اجرام را از طریق قانون جاذبه گرانشی درک می کند. در نتیجه می توان از این نیرو به عنوان ابزاری برای تبادل اطلاعات استفاده کرد.

این الگوریتم را می توان سیستم بسته ای از اجسام که در آن مکانیک نیوتونی صادق است دانست.

در این الگوریتم، عامل ها اجسام(Masses) می باشند.

E. Rashedi, "*Gravitational Search Algorithm*", 2007

مشخصه های هر جسم

جسم

۱ – موقعیت مکانی (Position)

۲ – جرم اینرسی (Inertial Mass)

۳ – جرم گرانشی فعال(Active Gravitational Mass)

۴ – جرم گرانشی غیرفعال (Passive Gravitational Mass)

E. Rashedi, et al. “GSA: A gravitational search algorithm”, 2009.

مشخصه های هر جسم

در الگوریتم جستجوی گرانشی:

- هر جسم نشان دهنده یک راه حل بوده و موقعیت آن جسم یک جواب مسئله می باشد.
- مقدار جرم گرانشی و جرم اینرسی، با توجه به برازندگی هر جسم مشخص می شود.

ماتریس موقعیت مکانی سیستم

$$
\begin{array}{c}
X_1 \longrightarrow \\
\\
\\
X_N \longrightarrow
\end{array}
\begin{bmatrix}
x_1^1 & \cdots & x_1^d \\
\vdots & \ddots & \vdots \\
x_N^1 & \cdots & x_N^d
\end{bmatrix}
$$

N : اندازه جمعیت
d : بعد تابع

ماتریس اجرام در سیستم

$$M_{a_i} = M_{P_i} = M_{ii} = M_i$$

$$\mathrm{M} = [M_1, \ldots, MN]$$

N : اندازه جمعیت

E. Rashedi, et al. “GSA: A gravitational search algorithm”, 2009.

قوانین حاکم بر سیستم

قوانین حرکت (Laws of Motion)

$$v_t = ka_t + v_{t-1}$$

$$a \propto F$$

$$a \propto \frac{1}{M_i}$$

قانون گرانش (Law of Gravity)

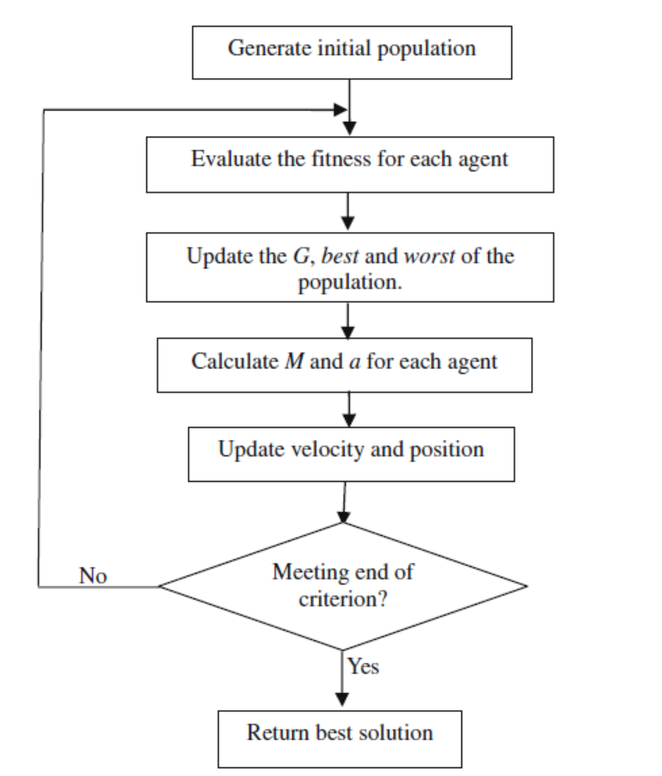
هر جسم، تمام اجسام دیگر را به سمت خود می کشد.

$$F_{ij} \propto M_{ai} \times M_{Pj}$$

$$F_{ij} \propto \frac{\perp}{R_{ij}}$$

E. Rashedi, "*Gravitational Search Algorithm*", 2007

فلوچارت الگوریتم



E. Rashedi, et al. “GSA: A gravitational search algorithm”, 2009.

ایجاد جمعیت اولیه

$$x_i^d = \text{rand}(0,1)\;.\;\left(x^h - x^L\right) + x^L$$

ارزیابی جمعیت

$$fit_i = f(X_i)$$

f : تابع هدف

بهنگام سازی G

بهنگام سازی G

$$G(t) = G_0 \mathrm{e}^{-\alpha \frac{t}{T}}$$

$$\mathrm{G}(t) = G(G_0, t)$$

G_0 : مقدار اولیه ثابت گرانش
T : کل تکرار های الگوریتم
α : یک ثابت مثبت

بهنگام سازی best, worst

بهنگام سازی best

$$best(t) = \min fit_j(t)\ , \mathrm{j} \in \{1, \dots, N\}$$

کمینه سازی

بهنگام سازی best

بیشینه سازی

$$best(t) = \max fit_j(t)\ , \mathrm{j} \in \{1, \dots, N\}$$

بهنگام سازی worst

$$worst(t) = \mathrm{m}ax\ fit_j(t)\ , \mathrm{j} \in \{1, \dots, N\}$$

کمینه سازی

بهنگام سازی worst

بیشینه سازی

$$worst(t) = \min fit_j(t)\ , \mathrm{j} \in \{1, \dots, N\}$$

محاسبه جرم هر جسم

$$q_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \longrightarrow M_i(t) = \frac{q_i(t)}{\sum_{j=1}^{N} q_j(t)}$$

محاسبه نیروی وارد بر هر جسم

برای هر جسم، ابتدا نیروی وارد بر آن
از طرف اجسام دیگر محاسبه می شود :

$$R_{ij}(t) = \|X_i(t), Xj(t)\|_2$$

$$F_{ij}^{d}(t) = G(t)\frac{M_i(t) \times M_j(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon}(x_j^{d}(t) - x_i^{d}(t))$$

در آخر، برایند نیروی های به دست آمده برای هر جسم محاسبه می شود که برای
هر جسم، برداری به طول n می باشد که بعد تابع می باشد :

$$F_i^{d}(t) = \sum_{\star\ j \in k\_best\ , j \neq i} rand_j \,.\, F_{ij}^{d}(t)$$

تصویری از نیروی ها در سیستم

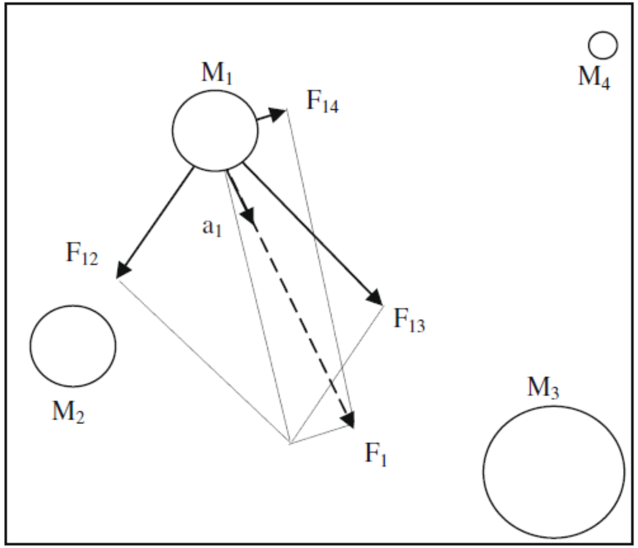


Fig. 1. Every mass accelerate toward the result force that act it from the other masses.

E. Rashedi, et al. “GSA: A gravitational search algorithm”, 2009.

محاسبه شتاب و سرعت هر جسم

محاسبه شتاب

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_i(t)}$$

محاسبه سرعت

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t)$$

بهنگام سازی موقعیت اجسام

$$x_i^d(t+1) = v_i^d(t+1) + x_i^d(t)$$

بررسی شرط پایان

در این مرحله الگوریتم، شرط پایان می تواند موارد زیر باشد:

- رسیدن به مقدار T
- کمتر بودن واریانس اجسام از یک آستانه(که توسط خودمان مشخص می شود)
- ...

در نهایت اگر شرط پایان برقرار نبود، الگوریتم دوباره از مرحله **ارزیابی جمعیت** شروع به کار میکند.

نگاه جمعی به ابعاد مقادیر مورد استفاده در GSA

موقعیت مکانی : $X_i = [x_i^1, \dots, x_i^d]$ for $i = 1,2,\dots,N$

جرم : M_i for $i = 1,2,\dots,N$

نیرو : $F_i = [f^1, \dots, f^d]$ for $i = 1,2,\dots,N$

شتاب : $A_i = [a^1, \dots, a^d]$ for $i = 1,2,\dots,N$

سرعت : $V_i = [v^1, \dots, v^d]$ for $i = 1,2,\dots,N$

پارامتر های الگوریتم

پارامتر N

پارامتر N همان اندازه جمعیت می باشد. بدیهی است که هرچه این پارامتر بیشتر باشد، مقدار تکرار بیشتری برای الگوریتم لازم است تا همگرا شود.

پارامتر d

این پارامتر بعد تابع هدف می باشد. بدیهی است هرچه بعد تابع بالاتر باشد، به جمعیت و تعداد تکرار بیشتری نیاز می باشد تا به همگرایی برسیم

★ پارامترT

این پارامتر، تعداد نهایی تکرار الگوریتم را مشخص می کند.

پارامتر های الگوریتم

★ پارامتر k

K به صورت متغیر با زمان تعریف می شود، بدین صورت که در زمان شروع، تمام اجسام روی هم تاثیر میگذارند اما هرچه میگذرد k کاهش پیدا کرده و k بهترین جسم ها روی هر جسم تاثیر میگذارند. این مقدار نهایتا تا ۲ درصد تعداد جمعیت پیش می رود. (E. Rashedi, "*Gravitational Search Algorithm*", 2007)

مقدار k با بهره وری الگوریتم رابطه مستقیم، و با کاوش الگوریتم رابطه معکوس دارد.

★ پارامتر G_0

G_0 مقدار اولیه ثابت گرانش می باشد. این پارامتر نقش عمده ای در بزرگی ثابت گرانش(در عین کاهش) دارد.

★ پارامتر α

این پارامتر در محاسبه ثابت گرانش در لحظه t استفاده می شود. این پارامتر باعث کاهش شدید تر ثابت گرانشی می شود.

الگوریتم GA

۱) مقداردهی اولیه به پارامتر ها
۲) ایجاد جمعیت اولیه روی فضای جستجو
۳) ارزیابی اجسام
۴) بهنگام سازی مقادیر G, best, worst
۵) محاسبه جرم هر عامل
۶) محاسبه نیروی وارده بر هر جسم
۷) محاسبه شتاب و سرعت هر جسم
۸) بهنگام سازی موقعیت هر جسم
۹) در صورتی که شرط توقف برقرار نبود، به مرحله ۳ برمی گردیم. در غیر اینصورت بهترین جواب دیده شده تاکنون را خروجی می دهیم و الگوریتم به پایان میرسد

نکاتی درباره الگوریتم جستجوی گرانشی

- در این الگوریتم، از گرانش به عنوان انتقال دهنده اطلاعات استفاده می شود.
- هر جسم، با توجه به نیرویی که از جانب سایر اجسام بر آن تاثیر می گذارند، به درکی تقریبی از کیفیت فضای اطراف خود می رسد.
- هرچه جسمی جرم گرانشی بیشتری داشته باشد، برازنده تر است. همچنین، این اجسام دیگر جسم ها را بیشتر به سمت خود میکشند و چون جرم گرانشی با جرم اینرسی برابر است، به سختی حرکت می کنند و از موقعیت اکنونشان زیاد دور نمی شوند، در نتیجه می توانند فضای اطرافشان را با دقت بالایی بررسی کنند.
- ثابت گرانش با دقت الگوریتم رابطه ای معکوس دارد. در طول الگوریتم این ثابت کاهش یافته (مانند دما در الگوریتم SA)، بدین معنی که دقت الگوریتم رفته رفته افزایش می یابد.

نکاتی درباره الگوریتم جستجوی گرانشی

- در این الگوریتم(مانند قوانین فیزیک نیوتونی) فرض می شود که جرم اینرسی با جرم گرانشی برابر می باشد. اما این فرض می تواند برقرار نباشد. تغییر هر کدام نوع از اجرام، تاثیر جداگانه ای بر الگوریتم دارد :

کاوش $\alpha\ M_g$

بهره وری M_i

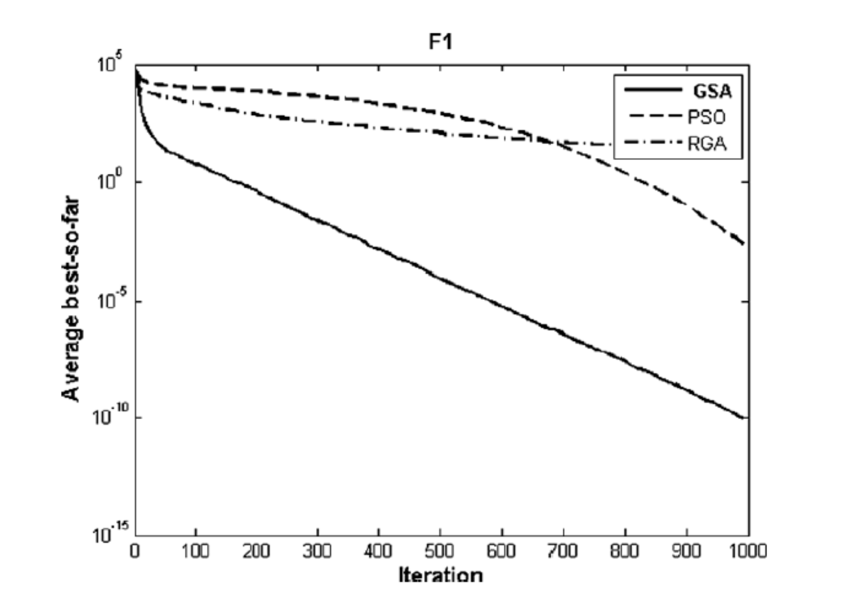
04

مقایسه عملکرد با سایر الگوریتم‌ها

تابع اول (Unimodal)

$$F_{1}(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$$

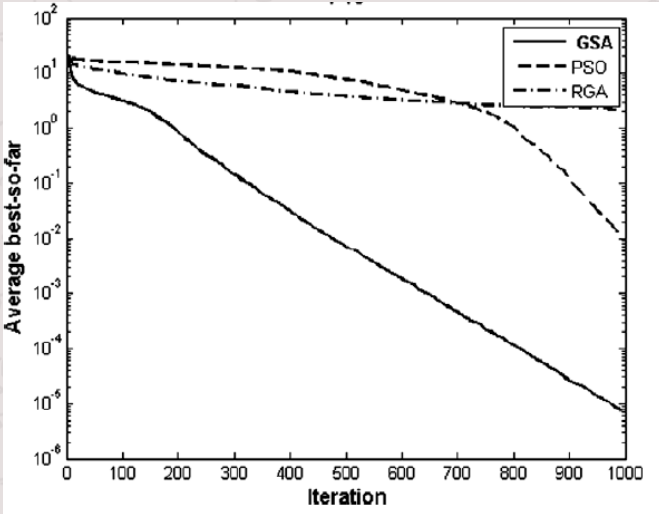
$$x \in [-100, 100]^n$$



(Multimodal high-dimensional) تابع دوم

$$F_{2(x)} = -20\exp(-0.2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^2})) - \exp(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\cos(2\pi x_i)) + 20 + e$$

$x \in [-32, 32]^n$



تابع سوم (مقایسه ما)

$$F_{(x)} = 10d + \sum_{i=1}^{d}\left[x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)\right]$$

$x_i \in [-5.12, 5.12]$

Refrences

- D.Holliday, R.resnick and J.Walker, "*Fundamentals of physics*", John wiley and sons, 1993.
- Newton, "*The Mathematical Principles of Natural Philosophy*", 1687
- Vinicius F., (2023, May 4), “*Heuristics vs. Meta-Heuristics vs. Probabilistic Algorithms*”: baeldung.com, https://www.baeldung.com/cs/heuristics-vs-meta-heuristics-vs-probabilistic-algorithme
- E. Rashedi, “*Gravitational Search Algorithm*”, M.Sc. Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, 2007 (in Farsi).
- E Rashedi, H.Nezamabadi-pour and S.Saryazdi, “GSA: A gravitational search algorithm”, Information, sciences, vol. 179, no. 13, pp. 2232-2248, 2009.

Team

حمیدرضا بازیار

H.r.bz1381@gmail

@hamidbz

امیرحسین ابوالحسنی

a.abolhasani.ac@gmail

@AmirAAZ818

صدرا کوچک زاده

Sadra.k.1381@gmail

@Sadrakch

ممنون از توجه شما