

Usporedba algoritama baziranih na roju pri traženju globalnih ekstrema

Marko Stojanović,
Vanja Vuković

11. veljače 2015.

Problem globalnog optimuma za nelinearne probleme

Dvije osnovne vrste problema:

- traženje optimuma na segmentu domene (npr. Schafferova F6 funkcija na $[-100, 100]^2$)
- traženje optimuma funkcija ograničenih sa nekim jednakostima i/ili nejednakostima na cijeloj domeni (npr. G funkcije).

Meta-heuristike

- Meta-heuristike su strategije koje efikasno pretražuju prostor rješenja te pronalaze ona rješenja koja su blizu optimalnih.
- Postoje dvije glavne podjele metaheuristika:
 - strategija pretraživanja
 - bazirane na lokalnom pretraživanju
 - bazirane na komponentama koje *uče*
 - dimenzija
 - jedno rješenje
 - skup mogućih rješenja.

Populacijski algoritmi

- Velika klasa algoritama:
 - evolucijski algoritmi, genetski algoritmi, PSO, ...
- Algoritmi bazirani na rojevima (eng. swarm intelligence) su podklasa populacijskih algoritama koji se oslanjaju na kolektivno ponašanje decentraliziranih i samostalnih čestica ili jedinki u roju.
- Primjer takvih algoritama su: PSO, mravlji algoritam i pčelinji algoritam.

U znanstvenoj i stručnoj literaturi



W. ZHU, J. CURRY, *Parallel Ant Colony for Nonlinear Function Optimization with Graphics Hardware Acceleration*, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (2009) 1803–1808

- Mravlji algoritam
- Ackley, Griewank, Penalty1, Penalty2, Quadratic, Rosenbrock, Rastrigin, Schwefel 1.2, Schwefel 2.22, Schwefel 2.21, Sphere, Step

U znanstvenoj i stručnoj literaturi



B. ALATAS, *Chaotic bee colony algorithms for global numerical optimization*, Expert Systems with Applications 37 (2010) 5682–5687

- Pčelinji algoritam
- Griewank, Rosenbrock, Rastrigin

U znanstvenoj i stručnoj literaturi



F. AGHAZADEH, M. R. MEYBODI, *Learning Bees Algorithm For optimization*, International Conference on Information and Intelligent Computing IPCSIT vol.18 (2011) 115–122

- Pčelinji algoritam
- De Jong¹ 1 i 2, Rastrigin, Ackley

¹Postoji 5 De Jong funkcija: Sphere, Rosenbrock (Rosenbrock's vally), Step, Quadratic i Shekel's Foxholes

U znanstvenoj i stručnoj literaturi



K. M. MALAN, A. P. ENGELBRECHT, *Characterising the searchability of continuous optimisation problems for PSO*, accepted for publication, Swarm Intelligence, SpringerLink vol.8 (2014)

- PSO
- Ackley, Griewank, Quadric, Rana, Rastrigin, Rosenbrock, Salomon, Spherical, Schwefel 2.26, Step

U znanstvenoj i stručnoj literaturi



R. RAHMANI, R. YUSOF, *A new simple, fast and efficient algorithm for global optimization over continuous search-space problems: Radial Movement Optimization*, Applied Mathematics and Computation 248 (2014) 287–300

- RMO – vrsta PSO algoritma
- De Jong 1-5, Schaffer F6, Rastrigin, Griewank, Hyper-Ellipsoid, Ackley

Projektni zadatak

- Implementacija 3 algoritama iz klase algoritama baziranih na roju (ABC, PSO, OPSO) u programskom jeziku C.
- Izvršavanje programskog koda na apache serveru.
- Korisničko sučelje izrađeno web tehnologijama.
- Putem korisničkog sučelja korisnik može određivati neke zajedničke (broj iteracija, testna funkcija) i neke specifične parametre (koeficijenti koji se koriste u algoritmu).
- Grafički prikaz rezultata.

Pčelinji algoritam (ABC) - 1

- Algoritam predstavlja roj pčela koje traže nektar u cvijetnom polju.
- Puno parametara:
 - izviđači,
 - radilice (dva parametra),
 - 'elitni' izviđači \subset izviđači (dva parametra),
 - veličina okoline za pretraživanje,
 - dubina istraživanje dane okoline.
- Ne konvergira.

Pčelinji algoritam (ABC) - 2

- Nasumično odaberemo mjesto na kojem će izviđači tražiti.
- U ϵ okolinu najboljih e izviđača (eltni) saljemo po ne radilica, a u kolinu sljedećih m najboljih šaljemo po nm radilica ($\epsilon = (|b_d| + |b_g|)/n$).
- k 'poditeracija' pretražujemo tu okolinu (fiksirana vrijednost u testiranju $k = 10$).
 - Ako je pronađena bolja vrijednost u ϵ okolini, suzi okolinu $\epsilon = \epsilon * 0.8$
- Zapamti najbolju vrijednost i ponovi ciklus.

Particle swarm optimisation - 1

- Algoritam se bazira na kretanju jata riba (i ptica).
- 4 promjenjiva parametra:
 - broj čestica u roju,
 - inercija čestice (ω), osobna komponenta čestice (ρ_p), socijalna komponenta čestice (ρ_g).
- Algoritam konvergira.

Particle swarm optimisation - 2

1. Nasumično raspodijeli čestice po prostoru pretraživanja i zadaj im brzinu
2. Izračunaj novu poziciju: $x_i + v_i \mapsto x_i$
3. Izračinaj novu brzinu: $v_i = \omega v_{i,d} + \rho_p(p_i - x_i) + \rho_g(g - x_i)$
4. Ako nije zadovoljen uvijet vrati se na 2.

Orbital particle swarm optimisation - 1

- Algoritam se zasniva na klasičnom PSO algoritmu uz lokalnu pretragu kao u ABC.
- Uz variable iz PSO algoritma dodana je i varijabla ϵ koja određuje okolinu za lokalno pretraživanje za najbolju česticu
- Lokalno pretraživanje se vrši po orbitama dane čestice fiksiranjem jedne dimenzije i iteracijom po dimenzijama (za točku u dimenziji 30 dobijemo 30 novih točaka)

Orbital particle swarm optimisation - 2

1. Nasumično raspodijeli čestice po prostoru pretraživanja i zadaj im brzinu
2. Izračunaj novu poziciju: $x_i + v_i \mapsto x_i$
- 3.* Za najbolju česticu izvrši pretragu po orbitama
4. Izračinaj novu brzinu: $v_i = \omega v_{i,d} + \rho_p(p_i - x_i) + \rho_g(g - x_i)$
5. Ako nije zadovoljen uvijet vrati se na 2.

Uvjeti testiranja

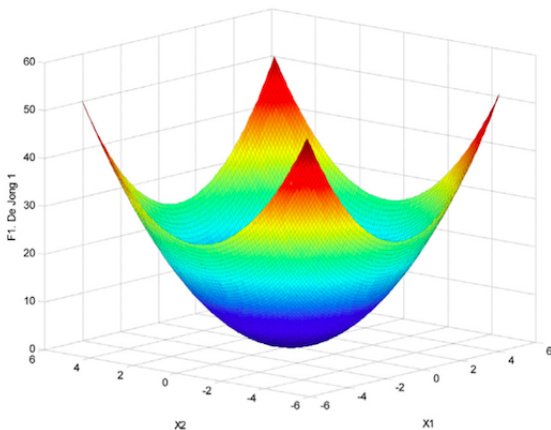
- 4 jezgreni 64-bitni Intel procesor
- 8Gb RAM
- Linux operacijski sustav (2.6 kernel)
- Programski jezik C (kod prilagođen za 64-bitni sustav)
- Mersenne Twister generator pseudo-slučajnih brojeva (procesorsko vrijeme se koristi kao 'sjeme' za genereiranje)
- Apache2 server
- web tehnologije: Php i JavaScript

Parametri pri testiranju

- Broj čestica $n=50, 100, 150, 200$ za svaki algoritam
- ABC: $m = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor, e = \lfloor \frac{m}{2} \rfloor, ne = 10, nm = 5, \epsilon$ varijabilni
- PSO: $\omega = 0.9, \rho_p = 1, \rho_g = 0.9$
- OPSO: $\omega = 0.9, \rho_p = 1, \rho_g = 0.9\epsilon = 1$

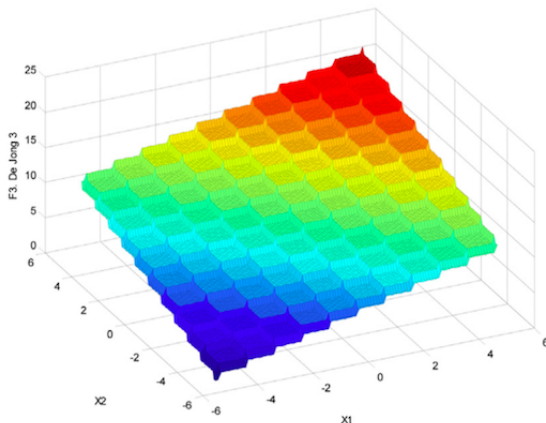
Primjeri testnih funkcija - Sfera (De Jong 1)

$$f(x) = \sum_{i=1}^3 x_i^2, x \in \mathbb{R}^3, x_i \in [-5.12, 5.12]$$



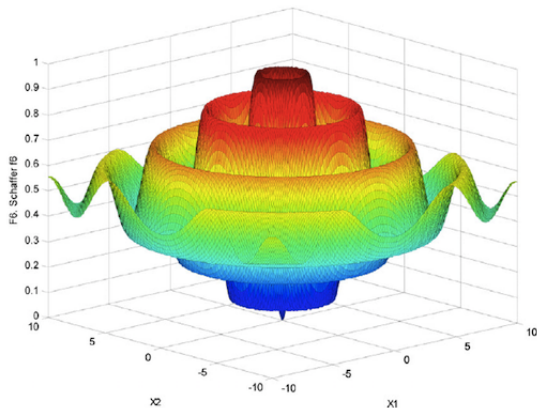
Primjeri testnih funkcija - Step (De Jong 3)

$$f(x) = \sum_{i=1}^5 [x_i], x \in \mathbb{R}^5, x_i \in [-5.12, 5.12]$$



Primjeri testnih funkcija - Schaffer F6

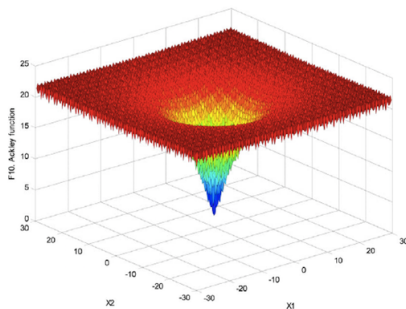
$$f(x) = 0.5 + \frac{\sin^2(\sqrt{x_1^2 + x_2^2}) - 0.5}{[1 + 0.001 \cdot (x_1^2 + x_2^2)]^2}, x \in \mathbb{R}^2, (x_i) \in [-100, 100]$$



Primjeri testnih funkcija - Ackley

$$f(x) = -20 \cdot \exp\left(-0.2\sqrt{\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} \cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$$

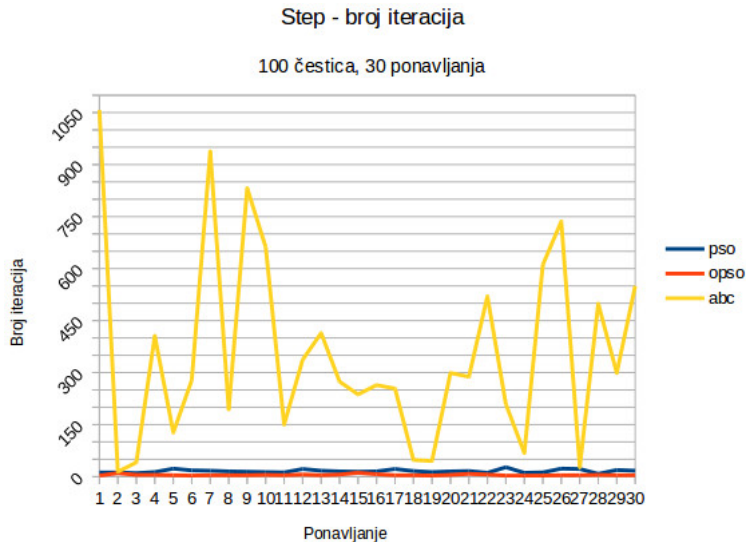
$$x \in \mathbb{R}^{30}, x_i \in [-30, 30]$$



Tablični prikaz broja iteracija - izbor

| | Sfera | Step | Schaffer F6 | Ackley |
|------|--------|--------|-------------|---------|
| ABC | 38.03 | 475.53 | 2 | N/A |
| | 224.60 | 355.93 | 1.93 | N/A |
| | 447.23 | 273.33 | 2.70 | N/A |
| | 630 | 323.20 | 2.57 | N/A |
| PSO | 50.73 | 350.33 | 234.30 | 10 000 |
| | 51.67 | 15.80 | 130.03 | 10 000 |
| | 52 | 16.63 | 135.07 | 10 000 |
| | 53.5 | 14.10 | 118.30 | 10 000 |
| OPSO | 28.63 | 6.27 | 76.83 | 8678.27 |
| | 25.73 | 4.83 | 51.97 | 4378.37 |
| | 23.67 | 4.87 | 36.13 | 2714.97 |
| | 25.73 | 4.87 | 38.4 | 1393.00 |

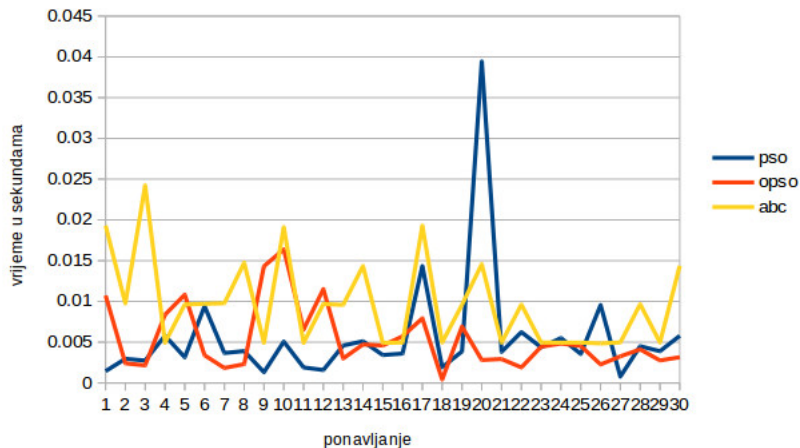
Grafički prikaz prikaz - 1



Grafički prikaz prikaz - 2

Schaffer F6 - vrijeme izračuna

50 čestica, 30 ponavljanja








Tehnologije

- Php i Javascript skriptni jezici
- Php funkcija `exec()` za poziv programa sa danim parametrima
- JavaScript funkcije za iscrtavanje grafova dobivenih rezultata
- Dva glavna dijela:
 - odabir funkcije i varijabli
 - grafiki prikaz rezultata

Upotreba

- Korisnik unese parametre u za to predviđen prostor, uzimajući u obzir granice koje program prihvaća
- Klikom na gumb *Pošalji* poziva se `exec()` koja se nalazi u drugom php modulu
- Korisnik čeka da se završe izračuni nakon čega se fokusira dio stranice sa grafovima koji prikazuju dobivene rezultate

Literatura

-  R. RAHMANI, R. YUSOF, *A new simple, fast and efficient algorithm for global optimization over continuous search-space problems: Radial Movement Optimization*, Applied Mathematics and Computation 248 (2014) 287–300
-  F. AGHAZADEH, M. R. MEYBODI, *Learning Bees Algorithm For optimization*, International Conference on Information and Intelligent Computing IPCSIT vol.18 (2011) 115–122
-  S. LUKE, *Essentials of Metaheuristics*, Lulu, second edition, <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>
-  Z. MICHALEWICZ, D. B. FOGEL, *How to Solve It: Modern Heuristics*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2000)
-  en.wikipedia.org/wiki/Particle_swarm_optimization, listopad 2014.



W. ZHU, J. CURRY, *Parallel Ant Colony for Nonlinear Function Optimization with Graphics Hardware Acceleration*, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (2009) 1803–1808



B. ALATAS, *Chaotic bee colony algorithms for global numerical optimization*, Expert Systems with Applications 37 (2010) 5682–5687



F. AGHAZADEH, M. R. MEYBODI, *Learning Bees Algorithm For optimization*, International Conference on Information and Intelligent Computing IPCSIT vol.18 (2011) 115–122



K. M. MALAN, A. P. ENGELBRECHT, *Characterising the searchability of continuous optimisation problems for PSO*, accepted for publication, Swarm Intelligence, SpringerLink vol.8 (2014)