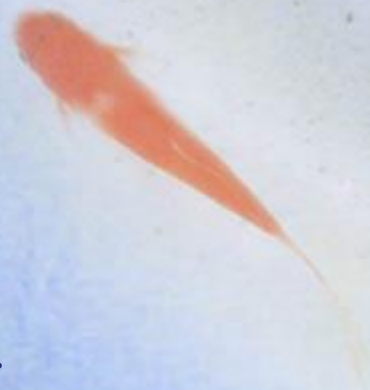


# PSO

## *Particle Swarm Optimization*



# Uvod

- PSO je još jedna u nizu optimizacionih tehnika (poput SA ili GA) **inspirisanih prirodnim pojavama i procesima**
- PSO je zasnovana na **imitaciji ponašanja životinjskih skupina, odnosno jedinki u tim skupinama**
  - Jata ptica i riba, rojevi insekata, itd.

# Princip (1)

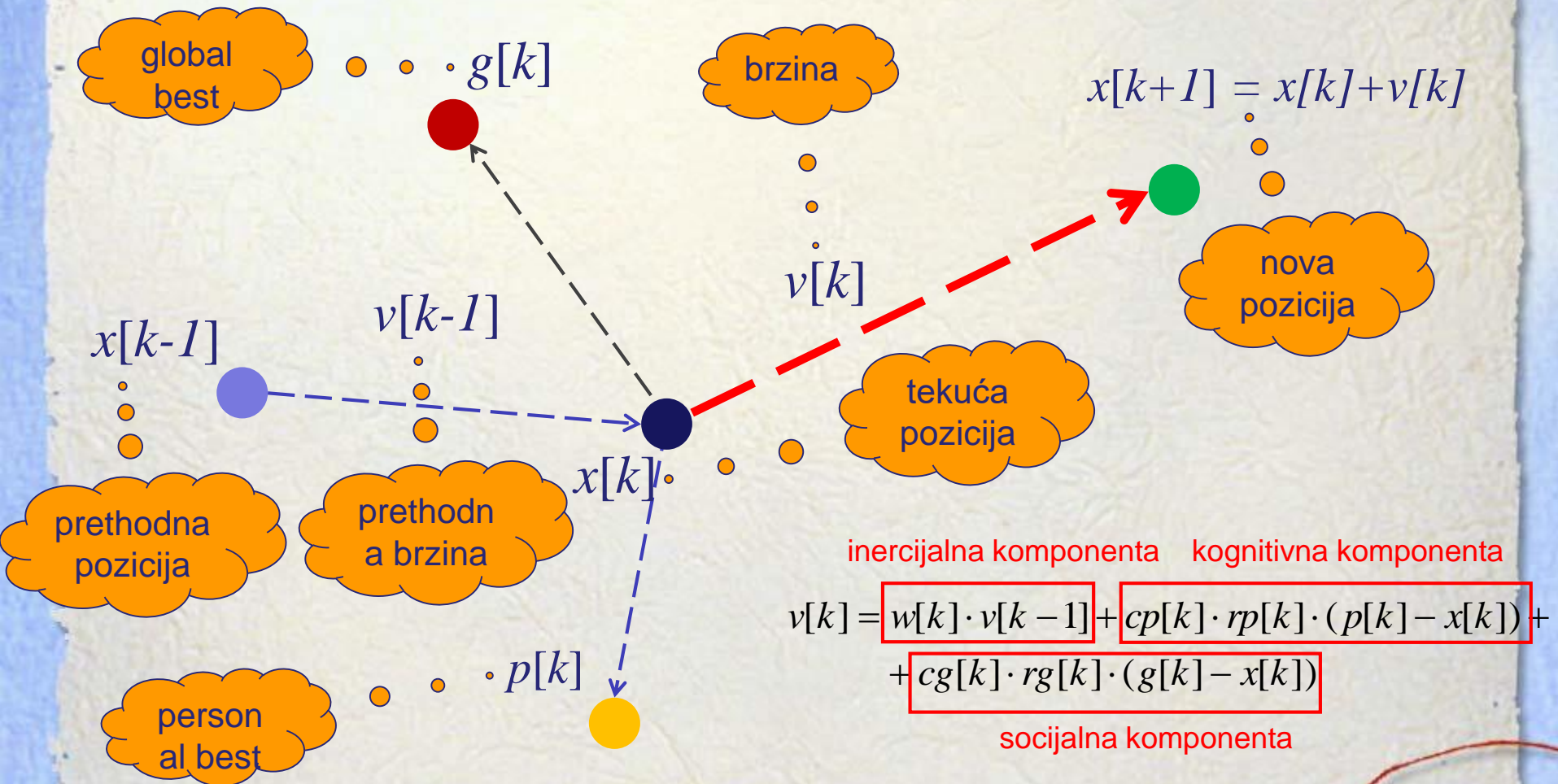
- Slično GA, PSO je **evolutivna, populaciona** tehnika.
- Posmatramo čitav skup tačaka (potencijalnih rešenja) koje nazivamo **jedinkama** ili **česticama**.
- Za razliku od GA, promenu jedinke ne interpretiramo kao evoluciju, već kao pomeranje unutar prostora pretrage.
- Stoga se za PSO ponekad kaže da je **swarm-based** optimizaciona tehnika



## Princip (2)

- Svakoj jedinki se sem **tekuće pozicije** (koja predstavlja potencijalno rešenje),  **$x$** , pridružuje i **tekuća brzina**,  **$v$** .
- Svaka jedinka je u stanju da pamti **svoju najbolju ikada dostignutu poziciju**,  **$p$** .
- Roj, kao celina, pamti **najbolju poziciju ikada dostignutu od strane ma koje svoje čestice**,  **$g$** .

# Princip (3)





# Istorijske napomene

- Postupak su **1995.** godine predložili **Kennedy** i **Eberhart**
  - Oni su posmatrali kretanje jata. Uočili su da postoji sinhronizam u kretanju jedinki iste grupe, iako ne postoji neki očigledan vid komunikacije među njima.
- Od svog nastanka pa do danas, PSO algoritam su analizirali i unapređivali mnogobrojni istraživači, sa ciljem da ga učine efikasnijom, pouzdanijom i preciznijom optimizacionom tehnikom

# Modifikacije (1)

- U osnovnoj varijanti PSO algoritma inercioni faktor je bio jednak jedinici
  - Neophodno je veštački ograničiti maksimalnu brzinu svake čestice (*velocity clamping*)
- Inercioni faktor manji od jedan prvi uvode Shi i Eberhart
- Uočeno je da se performanse algoritma (naročito preciznost u okolini rešenja) bitno poboljšavaju uvođenjem promenljivog inercionog faktora
  - Preporučuje se da se  $w$  smanjuje od 0.9 do 0.4



# Modifikacije (2)

- Uočeno je, takođe, da promenljivi socijalni i kognitivni faktor mogu poboljšati performanse algoritma
- PSO algoritam sa svim parametrima koji se menjaju tokom vremena predložili su Ratnaweera i saradnici
- Promenljivi faktori ubrzanja (**cp** i **cg**) povećavaju sposobnost algoritma da pretražuje prostor pretrage, odnosno smanjuju verovatnoću zaglavljivanja u lokalnom optimumu
- Faktor **cp** se tokom preterage smanjuje; u početku se jedinke vode sopstvenim iskustvom
- Faktor **cg** se u toku pretrage povećava; uticaj grupnog iskustva



# Zaključak

- Osnovna razlika između PSO algoritma i GA jeste u tome što je GA inicijalno zamišljen kao postupak rešavanja kombinatornih problema, a tek je naknadno prilagođen problemima kontinualne optimizacije, dok je kod PSO razvoj tekao u suprotnom smeru.
  - Napomenimo da je GA ipak bolje prilagođen kontinualnim nego što je PSO kombinatornim problemima
- PSO je daleko lakše implementirati nego GA.
- PSO je daleko lakše formalno analizirati nego GA.
  - Osnovne modifikacije PSO algoritma proizilaze upravo iz formalne analize postupka, te pokušaja prevazilaženja uočenih nedostataka na osnovu takve analize

# Primer – georeferenciranje satelitskih snimaka

- Iz satelitskih snimaka moguće je transformacijama izdvojiti geпростorne informacije
- Dva tipa transformacija
  - **Parametarske** – zahtevaju velik broj tačnih podataka o geometriji senzora i položaju satelita, koji nisu uvek dostupni
  - **Neparametarske** – manji broj podataka; Rational Function Models (RFM); zahtevaju referentne tačke – Ground Control Points (GCP)
- RFM definišu zavisnost koordinata na slici od prostornih koordinata:

$$x = \frac{P1(X, Y, Z)}{P3(X, Y, Z)}; \quad y = \frac{P2(X, Y, Z)}{P4(X, Y, Z)}$$



# Primer – georeferenciranje satelitskih snimaka

- Struktura polinoma P1, P2, P3, P4 nije unapred poznata

$$\begin{aligned} P_i(X, Y, Z) = & a_{i0} + a_{i1}X + a_{i2}Y + a_{i3}Z + a_{i4}XY \\ & + a_{i5}XZ + a_{i6}YZ + a_{i7}X^2 \\ & + a_{i8}Y^2 + a_{i9}Z^2 + a_{i10}XYZ + \dots \end{aligned}$$

- Analitički
  - Zadat red polinoma, zavisi od broja referentnih tačaka
  - Tačnost zavisi od broja raspoloživih podataka
  - Upitna tačnost u oblastima između referentnih tačaka!
- Optimizacijom
  - Potrebno manje podataka
  - Dobijaju se polinomi višeg reda
  - Obično veća tačnost

# Primer – georeferenciranje satelitskih snimaka

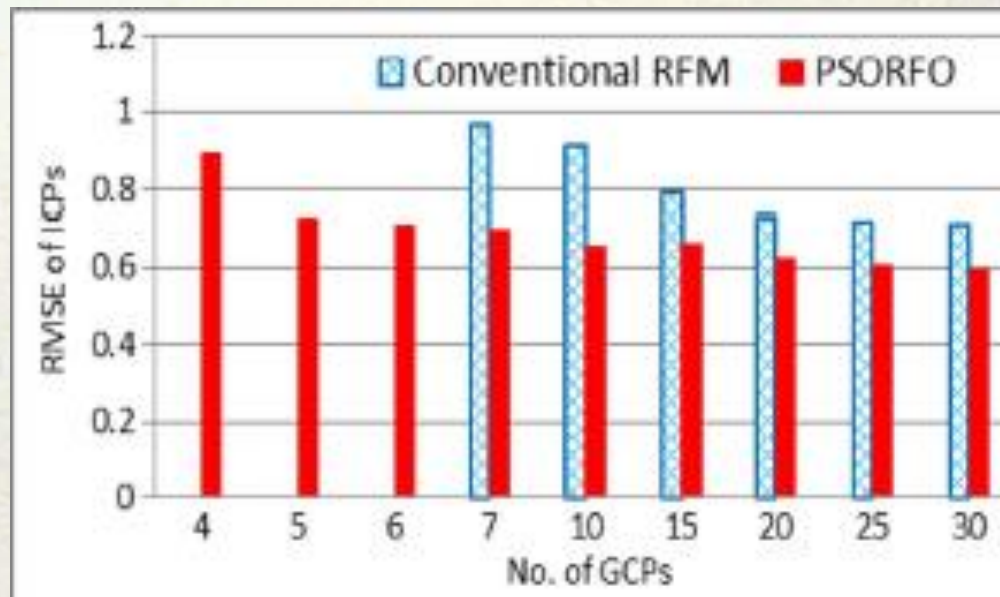
- Cilj – odrediti optimalne koeficijente polinoma
- Kriterijumi
  - Maksimalna tačnost; proverava se na osnovu nezavisnih kontrolnih tačaka (Independent Check Points – ICP)
  - Što manje parametara
- Binarna varijanta PSO
- Kodiranje





# Primer – georeferenciranje satelitskih snimaka

- Rezultati



- Upotrebom PSO dobija se veća tačnost transformacije
- Efikasno rešenje i za mali broj refentnih tačaka!