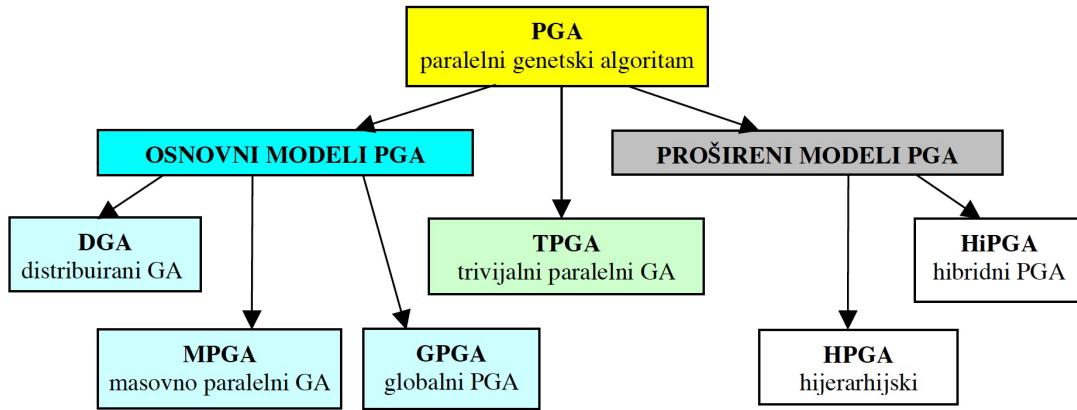


# Genetski algoritmi



Slika 3.1. Podjela paralelnih genetskih algoritama

U ovisnosti o načinu podjele genetskog algoritma na podzadatke, tri su osnovna modela paralelnih genetskih algoritama:

- *Distribuirani genetski algoritam*<sup>4</sup> (kratica: DGA) ili raspodijeljeni genetski algoritam sastoji se prema krupnozrnatoj<sup>5</sup> podjeli od nekoliko subpopulacija<sup>6</sup> pa se naziva još i višepopulacijski genetski algoritam<sup>7</sup>. To je najpopularniji model paralelnih genetskih algoritama.
- *Masovno paralelni genetski algoritam*<sup>8</sup> (kratica: MPGA) se prema sitnozrnatoj<sup>9</sup> podjeli sastoji od  $N_p$  procesora koji predstavljaju  $N_p$  jedinki. Dakle, veličina populacije je jednaka broju procesora, odnosno  $N=N_p$ . Svaki procesor obavlja genetske operatore nad svojom jedinkom i nad susjednim jedinkama.
- *Globalni paralelni genetski algoritam*<sup>10</sup> (kratica: GPGA) je predstavnik podjele na *gospodara* i *sluge*. Paralelni dio posla obavljaju *sluge*, dok sekvencijski *gospodar*. *Sluge* su zadužene samo za evaluaciju jedinki, a *gospodar* obavlja sve ostale genetske operatore.

Važno je napomenuti da samo globalni paralelni genetski algoritam ima ista svojstva kao i sekvencijski genetski algoritam pa su sva teorijska razmatranja vezana uz sekvencijski genetski algoritam primjenjiva i na globalni paralelni genetski algoritam. Ostali modeli značajno mijenjaju način izvođenja genetskog algoritma pa je teorijska analiza rada takvih algoritama još u začecima [CAN95].

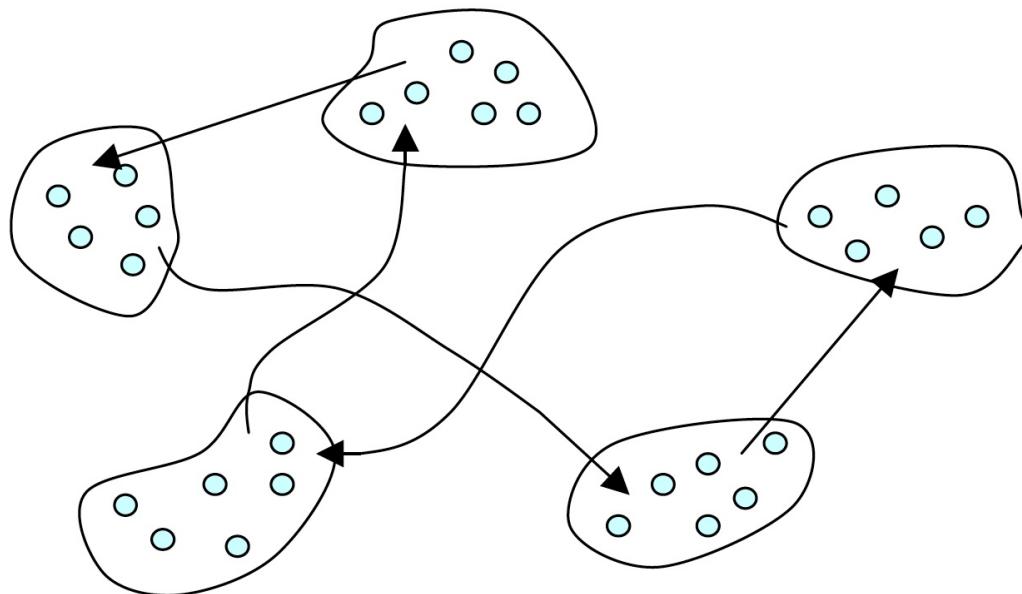
Spomenuta tri osnovna modela se mogu međusobno kombinirati ili nadograditi s nekom drugom metodom optimiranja. Prema tome, postoje još dva proširena modela paralelnih genetskih algoritama:

- *Hijerarhijski paralelni genetski algoritam*<sup>11</sup> (kratica: HPGA) je kombinacija prethodna tri modela. Primjerice, to može biti distribuirani genetski algoritam na nekoliko međusobno povezanih računala, a na svakom od računala obavlja se globalni paralelni genetski algoritam nad subpopulacijama.
- *Hibridni paralelni genetski algoritam*<sup>12</sup> (kratica: HyPGA) je kombinacija jednog od prethodna četiri modela s nekim drugim algoritmom za lokalno pretraživanje. Najčešće se radi o nekoj od gradijentnih metoda koje se primjenjuju nakon određenog broja iteracija i to samo nad nekim jedinkama.

Posljednji, ali i najjednostavniji model paralelnih genetskih algoritama je:

- *Trivijalni paralelni genetski algoritam*<sup>13</sup> (kratica: TPGA). Radi se o više genetskih algoritama koji se paralelno obavljaju na nekoliko potpuno nezavisnih računala (računala ne moraju biti povezana) kako bi se, primjerice, statistički obradili eksperimentalno dobiveni rezultati ili kako bi se odredio optimalan skup parametara [TOM99]. Ova ekstremno jednostavna paralelna metoda je, u stvari, izuzetno korisna upravo za statističku analizu algoritma. Primjerice, isti algoritam pokrene se na nekoliko odvojenih računala s različitim početnim uvjetima i promatra se kvaliteta dobivenog rješenja. Potom se rezultati statistički obrađuju. S obzirom da je genetski algoritam stohastički proces, prikupljanje statističkih podataka je od izuzetne važnosti [TOM99].

## DGA (Distribuirani genetski algoritam)

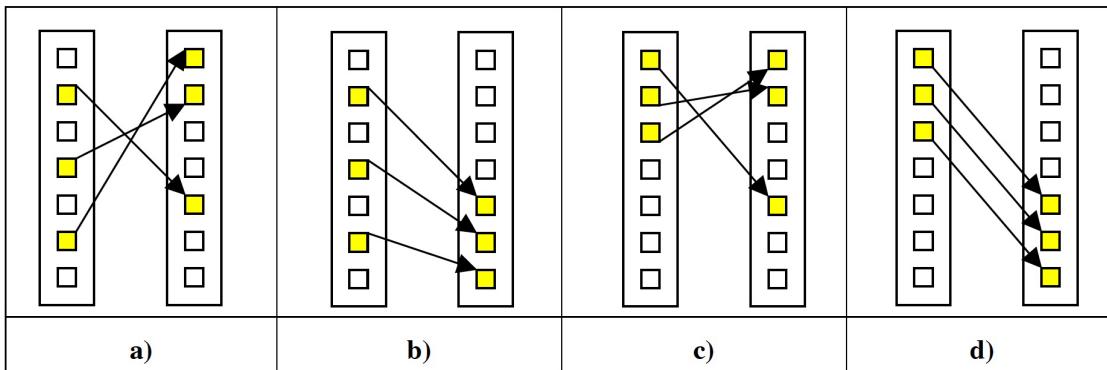


Slika 3.3. Otočni model djelomično izoliranih subpopulacija

- distribuirani - može se primjenjivati na MIMD sa distribuiranim radnim spremnikom

- raspodijeljena populacija - više manjih populacija (otoka)
- djelovanje nad subpopulacijama i svakih Mi iteracija izmjenjuju rješenja (migracija)
- krupnozrnat - veći skupovi jedinki
- MIGRACIJA
  - odabir boljih jedinki iz jedne populacije čije će kpije nadomjestiti lošije jedinke u drugoj
- MIGRACIJSKI INTERVAL
  - broj iteracija između dvije migracije
  - konstantan - rješenja se izmjenjuju unaprjed određenih Mi iteracija
  - potpuno slučajan - random ili ovisi o drugim parametrima
  - uvjetovan - ovisi o prosječnoj vrijednosti migracijskog intervala
  - NAJVEĆI MOGUĆI
    - jednak ukupnom broju iteracija
    - rješenja se izmjenjuju samo na kraju, nije dobro
  - NAJMANJI MOGUĆI
    - izmjena u svakoj migraciji, nije dobro
- MIGRACIJSKA STOPA
  - broj jedinki koji se izmjenjuju svakih Mi iteracija
  - najčešće jednaka 1 ili jako malom broju
- PODJELA
  - SINKRONI - svi u isto vrijeme razmjenjuju
  - ASINKRONI - svaka populacija sama odlučuje o razmjeni (uvjetovan)
- STRATEGIJA ODABIRA JEDINKI
  - utjece na selekcijski pritisak, a time i na brzinu konvergencije algoritma
  - SUPERLINEARNO UBRZANJE

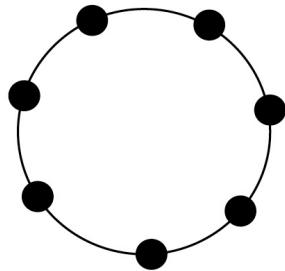
- postiže se pravilnim odabirom broja jedinki za migraciju i strategije odabira jedinki
- veće od broja procesora, u stvarnosti manje zbog komunikacije i sinkronizacije
- posljedica skraćenja broja iteracija



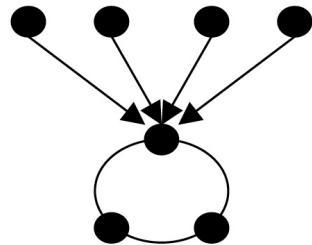
Slika 3.5. Strategije odabira jedinki

- Slučajan odabir jedinki za slanje i eliminaciju
- Slučajno odabране jedinke nadomještaju najlošije
- Najbolje jedinke nadomještaju slučajno odabrane
- Najbolje jedinke nadomještaju najgore

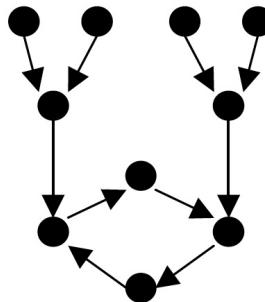
- najčešće se koriste treci ili cetvrti nacin: najbolje jedinke se odabiru za migraciju, a nadomještaju se slučajno odabrane ili najlošije jedinke
- TOPOLOGIJA RAZMJENE JEDINKI
  - plan po kojem cvorovi razmijenjuju jedinke
  - najviše se koristi prstenasta



Slika 3.6. Prstenasta topologija



Slika 3.7. Dvoslojna otočna topologija

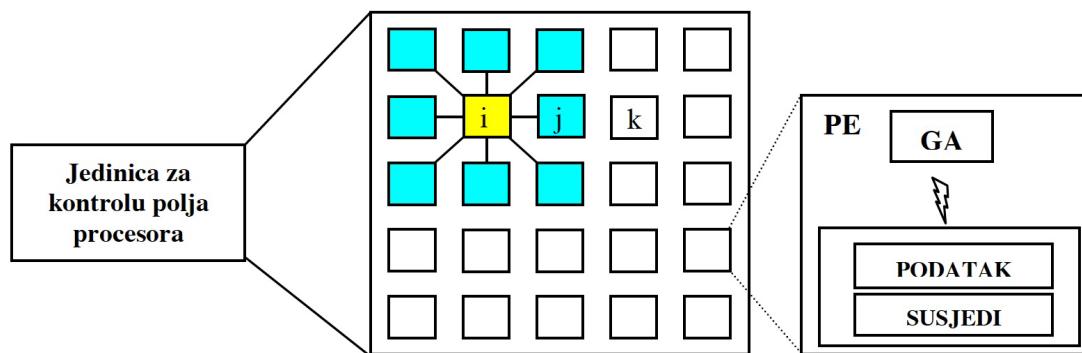


Slika 3.8. Tipična višeslojna otočna topologija s jednim susjedom

- ovisi o broju susjeda
- može biti statička i dinamička

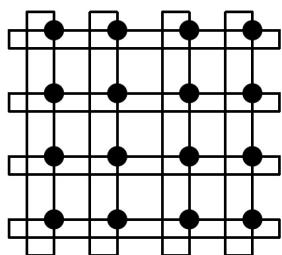
Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• jednostavan za implementaciju na višeprocesorskom sustavu s raspodijeljenim kao i sa zajedničkim radnim spremnikom</li> <li>• raspodijeljena populacija sprječava prerau konvergenciju k lokalnom optimumu, iako DGA brže konvergira od sekveničkog genetskog algoritma</li> <li>• mogućnost superlinearnog ubrzanja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mnogo novih parametara (čak sedam)</li> <li>• primjenjuje se još jedan, dodatni genetski operator: <i>migracija</i></li> <li>• teško je odrediti optimalan skup dodatnih parametara, a naročito migracijski interval</li> <li>• često je cijena komunikacije prevelika (previše procesorskog vremena se troši na komunikaciju, a premalo na optimiranje)</li> </ul>

# MPGA (Masovno paralelni genetski algoritam)

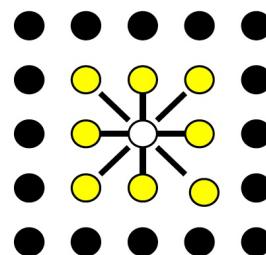


Slika 3.10. Model masovno paralelnog genetskog algoritma s 25 procesorskih elemenata

- migracija se obavlja samo između susjednih procesora
- mnogo procesora - svaki procesor ima jednu jedinku u svom prostoru
- svi procesori paralelno obavljaju sve genetske operacije i evaluaciju
  - evaluacija i mutacija nad svojom jedinkom
  - binarni operator nad svojom jedinkom i jednom susjeda
  - selekcija - susjed



Slika 3.12. Primjer polja procesorskih elemenata



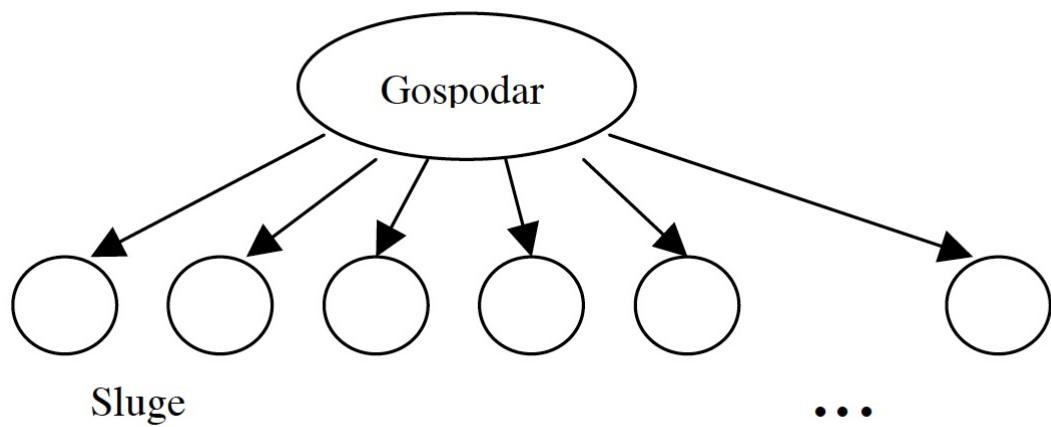
Slika 3.13. Svaki procesorski element je povezan sa svojim susjedima

- veličina subpopulacije - broj susjeda + 1, međusobno se preklapaju
- broj susjeda - određuje stupanj izoliranosti i utječe na raznolikost (raspršenost) populacije

- HIJEARIJSKI GA
  - ako procesorski elementi imaju dovoljno veliki vlastiti spremnik, svaki procesor može sadržavati više jedinki, pa cak i cijelu subpopulaciju
- VIŠA RAZINA - MPGA
- NIŽA RAZINA - DGA

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• gotovo linearno ubrzanje s porastom broja procesorskih elemenata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• za preveliki broj susjeda usko grlo postaje komunikacijski kanal</li> <li>• treba odrediti dva nova parametra: broj i topologiju susjeda</li> <li>• zahtjeva se računalo s velikim brojem procesora</li> </ul>

## GPGA (Globalni paralelni genetski algoritam)



- master slave
- jednopolupulacijski model
- SLAVE

- evaluacija, izračunavanje vrijednosti funkcije cilja
- mogu obavljati i ostale genetske operatore: selekciju križanje i mutaciju, ali se tada u nazivu izostavlja atribut tradicionalni
- MASTER
  - obavlja sve genetske operatore osim evaluacije i raspodjeljuje jedinke slugama
- zamišljen za izvodenje na višeprocesorskom sustavu s raspodijeljenim radnim spremnikom
  - populacija u radnom spremniku gospodara
  - gospodar mjenja mutacijom i stvara nove križanjem
- izvodenje na višeprocesorskom sustavu s zajedničkim radnim spremnikom
  - svi imaju pristup populaciji jer je zajednička svim dretvama
  - ne treba komunikacija između mastera i slaveova → brža komunikacija
- PODJELA
  - SINKRONI
    - brzina kao i skevencijalni jer čeka na odgovor
    - u idealnom slučaju, kada bi vrijeme utrošeno za komunikaciju između gospodara i slugu bilo jednak nuli, ubrzanje bi bilo proporcionalno broju procesora
    - TRAJANJE JEDNE ITERACIJE

$$T_{uk} = (S + 1) \cdot T_c + \frac{N \cdot T_f}{S + 1} .$$

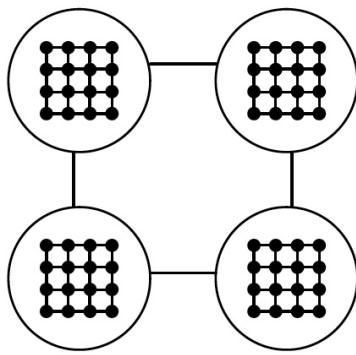
- OPTIMALNI BROJ SLUGU

$$S^* = \sqrt{\frac{N \cdot T_f}{T_c}} - 1$$

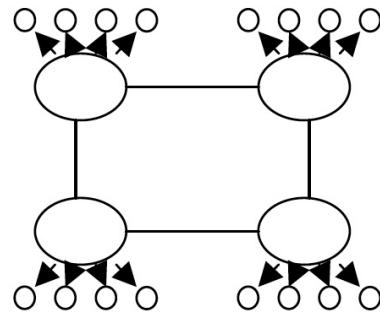
- ASINKRONI
  - čim razašalje jedinke slaveovima i evaluira ostatak jedinki počinje sa novom iteracijom
  - lošija svojstva od sinkronog

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sinkroni GPGA se ponaša jednakо као и секвенијски GA осим што се изводи брže на паралелном рачуналу</li> <li>• једнотаван за имплементацију</li> <li>• нema dodatnih параметара</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• нema значајнијег скраћења времена извођења уколико је vrijeme trajanja израчунавања функције циља занемариво у односу на trajanje извођења генетских оператора</li> </ul>

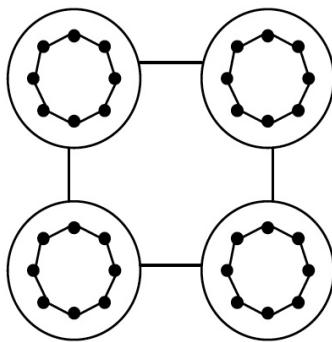
## HPGA (Hijearhijski/miješani paralelni genetski algoritam)



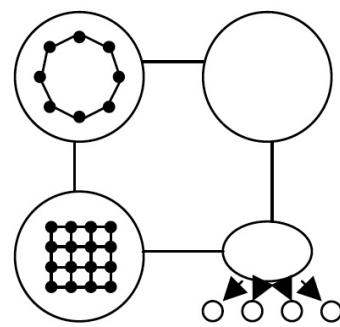
Slika 3.17. DGA/MPGA hijerarhijski GA



Slika 3.18. DGA/GPGA hijerarhijski GA



Slika 3.19. DGA/DGA hijerarhijski GA



Slika 3.20. Primjer miješanog hijerarhijskog GA

- kombinacija dva od tri osnovna modela
- ubrzavaju izvođenje algoritma
- BRZINA
  - ag - brzina paralelnog genetskog
  - ad - brzina distribuiranog genetskog
  - ag x ad - brzina hijerarhijskog

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ima najbolja svojstva</li> <li>• ukupno ubrzanje je produkt ubrzanja pojedinih modela</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veliki zahtjevi nad sklopoljem: nekoliko umreženih paralelnih računala ili masovno paralelno računalo s dovoljno velikim spremnikom na svakom procesorskom elementu da u njega stane cijela subpopulacija</li> <li>• ima mnogo parametara (ukupan broj parametara jednak je sumi svih parametara pojedinih modela PGA)</li> </ul>

# **HiPGA ( Hibridni paralelni genetski algoritam)**

- u kombinaciji s jednim od paralelnih algoritama (DPGA, GPGA, MPGA, HPGA) ali u svakoj iteraciju obavlja i genetske operatore i lokalno pretraživanje
- LOKALNO PRETRAŽIVANJE
  - gradijentne metode - metoda najbržeg spusta i Newton-Raphsonova metoda

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"><li>• bolje i brže fino podešavanje rješenja</li><li>• brža konvergencija</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• veća vjerojatnost zaostajanja u lokalnom optimumu zbog manje raspršenosti rješenja</li></ul>