

Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)

Seminarski rad u okviru kursa

Računarska inteligencija

Matematički fakultet

Staša Dorđević

6. januar 2025.

Sažetak

Sažetak ako treba?

1 Uvod u genetske algoritme

Genetski algoritmi predstavljaju grupu optimizacionih metoda koje se zasnivaju na principima prirodne selekcije i evolucije. Inspirisani su biološkim procesima kao što su selekcija, ukrštanje (kroz reprodukciju), mutacija i nasleđivanje, koji omogućavaju preživljavanje i adaptaciju organizama u prirodi. Slično tome, osnovni koraci u implementaciji genetskih algoritama uključuju selekciju, ukrštanje i mutaciju. Ovi koraci se ponavljaju kroz više generacija kako bi se iz populacije rešenja razvila najbolja moguća rešenja za dati problem.

- **Selekcija** je proces odabira jedinki za ukrštanje na osnovu njihove prilagođenosti. Postoje dve osnovne varijante selekcije:
 1. **Turnirska selekcija** - Odabir k slučajnih jedinki iz populacija i "turnirsko takmičenje" gde pobeđuje najprilagođenija od izabranih jedinki
 2. **Ruletska selekcija** - U ovoj metodi, verovatnoća selekcije jedinke zavisi od njene uspešnosti u odnosu na ostale jedinke u populaciji. Prilagođenije jedinke imaju veću verovatnoću da budu izabrane, slično kao u ruletu.
- **Ukrštenje** omogućava kombinovanje gena odabranih jedinki, stvarajući nove potomke koji mogu naslediti najbolje karakteristike svojih "roditelja". Postoji nekoliko osnovnih varijanti ukrštanja:
 1. **Jednopoloziciono ukrštanje** - Genetski materijal od roditelja se deli na osnovu jedne slučajno odabrane tačke preseka, a potomci nasleđuju deo od oba roditelja prema toj tački.
 2. **Višepoloziciono ukrštanje** - Ova metoda koristi više tačaka preseka na genomima roditelja, što omogućava veću raznovrsnost u potomcima.
 3. **Uniformno ukrštanje** - U ovoj varijanti, gene sa oba roditelja se nasumično kombinuju kako bi se stvorio potomak, bez fiksnih tačaka preseka.

- **Mutacija** se koristi da bi se unela nasumična promena u genetski kod jedinke, što omogućava istraživanje novih mogućnosti i sprečava algoritam da se „zaglavi“ u lokalnim ekstremumima.

Elitizam je metoda koja garantuje da će najbolje jedinke iz trenutne generacije biti prenete u sledeću generaciju bez promena. Elitizam se koristi kako bi se sprečilo da se najbolja rešenja izgube tokom evolucije.

Kroz ove procese, genetski algoritmi omogućavaju efikasno istraživanje prostora rešenja i postepeno poboljšanje kvaliteta rešenja tokom vremena.

2 Opis algoritma NSGA-II

NSGA je popularan genetski algoritam zasnovan na nedominaciji za višeciljnu optimizaciju. Njegova modifikovana verzija, NSGA-II, koja rešava neke probleme zbog kojih je kritikovana osnovna verzija algoritma, često se koristi kao efikasnije rešenje u primenama višeciljne optimizacije. Višeciljna optimizacija podrazumeva istovremenu optimizaciju dva ili više međusobno suprotstavljenih ciljeva. Cilj je naći skup rešenja koji je najbolji kompromis između ciljeva. Ta rešenja formiraju tzv. **Pareto front**, u kojem nijedno rešenje nije bolje od drugog, osim ako se jedan cilj ne poboljša na račun pogoršanja drugog.

U NSGA-II algoritmu, termini *non-dominated* i *dominated* se koriste da opišu odnos između rešenja na osnovu njihovih performansi u odnosu na više ciljeva optimizacije.

Rešenje se smatra **nedominiranim** (engl. *non-dominated*) u odnosu na drugo rešenje ako nijedno od njih nije bolje u svim ciljevima. Drugim rečima, rešenje A je *nedominirano* u odnosu na rešenje B ako:

- A nije lošije u svim ciljevima od B ,
- i B nije lošije u svim ciljevima od A .

Rešenje se smatra **dominiranim** (engl. *dominated*) u odnosu na drugo rešenje ako postoji rešenje koje je bolje u svim ciljevima. Drugim rečima, rešenje A je *dominirano* u odnosu na rešenje B ako:

- B je bolje ili jednako u svim ciljevima od A ,
- i u barem jednom cilju B je bolje od A .

Kratak opis algoritma: Prvo se populacija inicijalizuje na standardan način, u skladu sa problemom koji rešavamo. Nakon toga, jedinke u njoj se sortiraju po frontovima prema principu nedominacije. Prvi front je potpuno nedominirani skup u trenutnoj populaciji, tj. skup svih rešenja od kojih ne postoji bolje rešenje u svim ciljevima. Drugi front sadrži jedinke koje su dominirane samo od strane jedinki iz prvog fronta, i tako dalje. Svakoј јединки se dodeljuje rang na osnovu fronta kojem pripadaju - one iz prvog fronta dobijaju rang 1, iz drugog 2, i tako dalje. Pored ranga, svaka jedinka ima i novi parametar - *distanca gužve* (engl. *crowding distance*). To je mera koja se koristi za održavanje raznolikosti između rešenja unutar jednog pareto fronta. Predstavlja meru bliskosti jedinke njenim susedima. Veća prosečna distanca gužve rezultira boljom raznovrsnošću u populaciji. Favorizuje manje naseljene regione. Nakon sortiranja, unutar svakog fronta, računa se distanca gužve za jedinke u tom frontu. Primarni kriterijum za selekciju je

rang. Ako dve jedinke imaju isti rang, preferira se ona sa većom distancom gužve. Ovaj pristup osigurava da algoritam održava i intenzifikaciju (kroz rang) i diverzifikaciju (kroz distancu gužve). Roditelji se biraju iz populacije koristeći turnirsku selekciju. Odabrana populacija generiše potomke pomoću operacija ukrštanja i mutacije, koje će biti detaljnije opisane u narednom poglavlju. Populacija, zajedno sa trenutnom populacijom i trenutnim potomcima, ponovo se sortira prema principu nedominacije, i samo se najboljih N jedinki selektuje, gde je N veličina populacije. Selekcija se zasniva na rangui i distanci gužve u poslednjem pareto frontu.

3 Opis mog rešenja

Moje rešenje - implementacija opis

3.1 Grupisanje u pareto frontove

3.2 Određivanje distance gužve

3.3 Selekcija

3.4 Ukrštanje

3.5 Mutacija

3.6 Algoritam

3.7 Test primeri

4 Eksperimentalni rezultati

Moji rezultati - grafici

5 Poređenje mojih rezultata i onih iz literature

Poređenje rezultata - vizuelno i tekstualno

6 Zaključak

Kritički osvrt na sve što je urađeno i eventualni pravci daljeg unapređivanja

Literatura

- [1] A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II at:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/996017>
- [2] A fast elitist multiobjective genetic algorithm at:
https://www.academia.edu/download/53297141/NSGA_II.pdf
- [3] Materijali sa kursa Računarska inteligencija

- [4] Analyzing the Simulated Binary Crossover Operator in Multi-Objective Evolutionary Algorithms
<https://www.duo.uio.no/handle/10852/111478> - ovde i za polinomijalnu mutaciju materijali