



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka



Dokumentacija za projektni zadatak

Studenti: Lazar Nagulov, SV61/2022
Filip Tot, SV14/2022

Predmet: Nelinearno programiranje i evolutivni algoritmi

Broj projektnog zadatka: 3

Tema projektnog zadatka: Genetski algoritam, problem pravljenja rasporeda

Opis problema

Napisati program koji pravi optimalan raspored časova. Problem pravljenja ranca predstavlja optimizacioni problem, gde je cilj rasporediti predavanje i vežbe na takav način da kriterijum optimalnosti bude maksimalan. Pored kriterijuma optimalnosti, potrebno je definisati i uslove koje program mora da poštuje. Između svakog događaja u istoj učionici mora postojati pauza od 15 minuta. Nastava počinje najranije u 7.00, završava se do 19.00 i ne izvodi se vikendom. Cilj je napraviti raspored gde u svakoj učionici nastava počinje što kasnije, a završava se što ranije. Ovo ćemo matematički definisati preko sledeće formule:

$$f(p, k) = \sum_{i=1}^{n \cdot m} p_i \cdot k_i$$

Imamo n radnih dana i m učionica. Za svaki dan i svaku učionicu, sabiramo proizvod vrednosti p_i i k_i . Vrednost p_i predstavlja broj minuta između 7.00 i prvog predavanja za datu učionicu i dan, a k_i broj minuta između poslednjeg predavanja i 19.00. Posebnu pažnju treba obratiti na ivični slučaj nepokriven formulom, kada je učionica prazna za neki dan. U tom slučaju se za tu učionicu računa maksimalna vrednost.

Drugi način da se gleda na ovaj problem bi bio kada bismo umesto maksimalne vrednosti praznoj učionici dodelili drugačiju vrednost. Mogli bi praznim danima dati nulu, jer ne sadrže nijedno predavanje. Ovo bi davalo slične rezultate, ali bi algoritam umesto praznih učionica, ciljao da svaka učionica ima po jedno što kraće predavanje.

Uvod

Za rešavanje ovoga problema koristimo genetski algoritam. Genetski algoritam se sastoji iz određivanje početne populacije (rasporeda), ukrštanja (mešanje lekcije iz rasporeda), mutacija (promena lekcija u jednom rasporedu) i elitizma.

Implementacija

Za implementaciju koristimo sledeće klase:

```
@dataclass
class Lesson:
    subject: str
    length: int
```

Slika 1 – Klasa Lesson

```
@dataclass
class Classroom:
    name: str
    start_time: int
    total_time: int
    lessons: list[Lesson]
```

Slika 2 – Klasa Classroom

```
@dataclass
class Day:
    name: str
    classrooms: list[Classroom]
```

Slika 3 – Klasa Day

```
@dataclass
class Schedule:
    lesson_map: dict[Lesson, tuple[Day, Classroom]]
    days: list[Day]
```

Slika 4 – Klasa Schedule

Klasa Schedule predstavlja jedinku u genetskom algoritmu. U njoj takođe pamtimo mapu svih lekcija i gde se oni tačno nalaze u rasporedu.

Generisanje početne populacije se svodi na ubacivanje lekcije u nasumično odabranu učionicu u nasumično odabranom danu, uz vođenje računa o uslovima zadatka. Populacija se čuva u listi Schedule objekata. Za odabir roditelja se koristi ruletska selekcija tako da prilagođenije jedinke imaju veću verovatnoću da budu izabrane za roditelje.

Ukrštanje se vrši između parova roditelja odabranih ruletskom selekcijom. Za svaki par vršimo sledeći algoritam za polovinu lekcija. Prvo nasumično izaberemo koju lekciju ćemo pomerati iz jednog roditelja, i zatim joj pomerimo dan i učionicu početka tako da bude jednaka onoj što je u drugom roditelju. Istu stvar uradimo i za lekciju u drugom roditelju, namestimo je da se poklapa sa originalnom pozicijom lekcije u prvom roditelju.

Svaka jedinka nastala ukrštanjem ima mali procenat šanse da “mutira”. Stopa mutacije određuje taj procenat. Mutacija je mala promena u jednoj jedinki i ona se vrši na dva načina - nasumično premeštanje lekcije iz jedne učionice u drugu i nasumična zamena dve lekcije. Ovo se ponavlja nekoliko puta, u zavisnosti od širine mutacije.

Prirodna selekcija briše pola jedinki, s tim da mali broj roditelja koji imaju veliku prilagođenost prelaze u narednu generaciju – elitizam.

Zaključak

Konstante koje učestvuju u radu programa su veličina populacije, stopa mutacije, širina mutacije, broj generacija i stopa elitizma. Povećanjem veličine populacije i broja generacija dajemo priliku algoritmu da pronađe bolje rešenje. Za ovo konkretno rešenje uzeli smo populaciju od 1500 jedinki i vršili algoritam preko 1000 generacija.

Menjanjem parametara mutacije menjamo ponašanje pretrage rešenja. Ako stavimo premale brojeve, postoji mogućnost da će rešenje konvergirati prema lokalnom ekstremu, dok će za prevelike brojeve pretraga biti nasumična. Izabrali smo da stopa mutacije bude 20%, a širina 6 (10% broja lekcija). Za stopu elitizma smo izabrali 1%, što je oko 15 jedinki.

Iz rešenja programa uočavamo taktiku pronalaženje rešenja. Da bi program maksimizovao kriterijum optimalnosti, sva predavanja i vežbe stavlja u što manji broj učionica. Ovim povećava broj praznih učionica, koje daju najveću vrednost. Na ovaj način dolazi do najvećeg rezultata. U priloženom rešenju su sve učionice ili potpuno popunjene ili prazne, osim jedne. Vrednost kriterijuma optimalnosti rešenja je 7273856 min².

Best schedule:

Monday:

A:

Empty

B: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Internet mreze - Vezbe 1 [180 min]

Diskretna matematika - Vezbe 3 [180 min]

Objektno orijentisano programiranje 2 - Predavanje [90 min]

Algoritmi i strukture podataka - Vezbe 2 [30 min]

Organizacija podataka - Vezbe 2 [180 min]

C: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Objektno orijentisano programiranje 2 - Vezbe 1 [120 min]

Uvod u softversko inženjerstvo - Vezbe 3 [60 min]

Diskretna matematika - Vezbe 1 [180 min]

Objektno orijentisano programiranje 2 - Vezbe 2 [120 min]

NAiNS - Predavanje [180 min]

D:

Empty

E:

Empty

Tuesday:

A: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

NAiNS - Vezbe 3 [180 min]

Uvod u softversko inženjerstvo - Vezbe 1 [90 min]

Arhitektura racunara - Predavanje [30 min]

Internet mreze - Vezbe 2 [180 min]

Algoritmi i strukture podataka - Vezbe 1 [180 min]

B:

Empty

C: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Sociologija tehnike - Vezbe 2 [120 min]

Diskretna matematika - Predavanje [120 min]

Uvod u softversko inženjerstvo - Vezbe 2 [180 min]

Algoritmi i strukture podataka - Vezbe 3 [120 min]

Objektno orijentisano programiranje 1 - Vezbe 2 [120 min]

D:

Empty

E: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Algebra - Vezbe 3 [120 min]

Sociologija tehnike - Predavanje [60 min]

Algebra - Vezbe 1 [180 min]

Internet mreze - Vezbe 3 [180 min]

Organizacija podataka - Predavanje [120 min]

Wednesday:

A: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Algebra - Vezbe 2 [30 min]

Osnove programiranja - Vezbe 3 [90 min]

NAiNS - Vezbe 1 [180 min]

Objektno orijentisano programiranje 1 - Predavanje [180 min]

NPiEA - Predavanje [180 min]

B:

Empty

C: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Engleski jezik - Vezbe 3 [180 min]

Algoritmi i strukture podataka - Predavanje [90 min]

Matemacka analiza - Vezbe 3 [60 min]

Sociologija tehnike - Vezbe 1 [60 min]

Organizacija podataka - Vezbe 3 [60 min]

Arhitektura racunara - Vezbe 3 [120 min]

Organizacija podataka - Vezbe 1 [60 min]

D:

Empty

E: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

NAiNS - Vezbe 2 [30 min]

Matemacka analiza - Vezbe 1 [90 min]

Arhitektura racunara - Vezbe 2 [180 min]

Objektno orijentisano programiranje 1 - Vezbe 3 [180 min]

Internet mreze - Predavanje [180 min]

Thursday:

A: (start: 09:07, end: 16:52, total: 7h 45min)

Sociologija tehnike - Vezbe 3 [90 min]

Engleski jezik - Vezbe 1 [60 min]

Algebra - Predavanje [30 min]

NPiEA - Vezbe 1 [120 min]

Osnove programiranja - Vezbe 1 [60 min]

Objektno orijentisano programiranje 1 - Vezbe 1 [30 min]

B: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Objektno orijentisano programiranje 2 - Vezbe 3 [90 min]

Engleski jezik - Predavanje [90 min]

Osnove programiranja - Vezbe 2 [120 min]

Matematička analiza - Vezbe 2 [180 min]

NPiEA - Vezbe 2 [180 min]

C:

Empty

D:

Empty

E:

Empty

Friday:

A:

Empty

B:

Empty

C: (start: 07:00, end: 19:00, total: 12h 00min)

Arhitektura računara - Vezbe 1 [120 min]

Diskretna matematika - Vezbe 2 [30 min]

Osnove programiranja - Predavanje [30 min]

Matematička analiza - Predavanje [120 min]

Engleski jezik - Vezbe 2 [180 min]

NPiEA - Vezbe 3 [90 min]

Uvod u softversko inženjerstvo - Predavanje [60 min]

D:

Empty

E:

Empty

Best score: 7273856 min².

Program took 2822.844 seconds.