

Генетичко програмирање

Семинарски рад у оквиру курса
Методологија стручног и научног рада
Математички факултет

Александра Стојановић, Ивана Ивановић,
Александар Стефановић, Оливера Поповић
mil6048@alas.matf.bg.ac.rs, mil6120@alas.matf.bg.ac.rs,
ai16222@alas.matf.bg.ac.rs, mil6064@alas.matf.bg.ac.rs

28. март 2020.

Абстракт

U ovom tekstu je ukratko prikazana osnovna forma seminarskog rada. Obratite pažnju da je pored ove .pdf datoteke, u prilogu i odgovarajuća .tex datoteka, kao i .bib datoteka korišćena za generisanje literature. Na prvoj strani seminarskog rada su naslov, apstrakt i sadržaj, i to sve mora da stane na prvu stranu! Kako bi Vaš seminarski zadovoljio standarde i očekivanja, koristite uputstva i materijale sa predavanja na temu pisanja seminarskih radova. Ovo je samo šablon koji se odnosi na fizički izgled seminarskog rada (šablon koji *morate* da koristite!) kao i par tehničkih pomoćnih uputstava. Pročitajte tekst pažljivo jer on sadrži i važne informacije vezane za zahteve obima i karakteristika seminarskog rada.

Садржај

1	Увод	3
2	Историјат	3
3	Опис методе	3
3.1	Општи алгоритам	3
3.1.1	Репрезентација јединки	4
3.1.2	Иницијализација популације	5
3.1.3	Функција прилагођености	5
3.1.4	Селекција	5
3.1.5	Репродукција	5
3.1.6	Мутација	5
3.2	Прилагођавање генетског програмирања	5
3.2.1	Скуп терминала	5
3.2.2	Скуп функција	5
3.2.3	Мера прилагођености	5
3.2.4	Параметри генетског програмирања	5
3.2.5	Критеријум заустављања и резултат извршавања	5

4	Примери примене	5
4.1	Истраживање података	5
4.2	Гејминг	5
4.3	Роботика	5
4.4	Биоинформатика	6
5	Мета-генетичко програмирање	6
6	Osnovna uputstva	7
7	Engleski termini i citiranje	7
8	Slike i tabele	8
9	Kôd i paket listings	9
10	Закључак	9
	Literatura	9
A	Dodatak	10

1 Увод

Kada budete predavali seminarski rad, imenujete datoteke tako da sadrže redni broj teme, temu seminarskog rada, kao i prezimena članova grupe. Precizna uputstva na temu imenovnja će biti data na formi za predaju seminarskog rada. Predaja seminarskih radova biće isključivo preko veb forme, a NE slanjem mejla. Link na formu će biti dat u okviru obaveštenja na strani kursa. Vodite računa da prilikom predavanja seminarskog rada predate samo one fajlove koji su neophodni za ponovno generisanje pdf datoteke. To znači da pomoćne fajlove, kao što su .log, .out, .blg, .toc, .aux i slično, **ne treba predavati**.

2 Историјат

3 Опис методе

Генетичко програмирање је метода којој је основни циљ аутоматизација прављења рачунарских програма за решавања проблема задатих на веома апстрактном нивоу. За овакве проблеме најчешће је познато једино шта треба да буде урађено, без додатних информација о форми или структури решења.

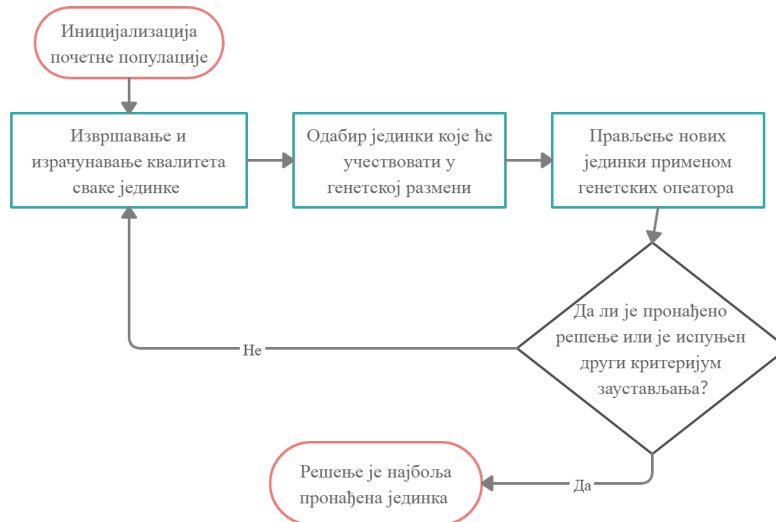
Идеја на којој метода почива је процес еволуције који се јавља у природи. Самим тим, генетичко програмирање је техника која спада у групу алгоритама **еволутивног израчунавања** [2]. Еволуција подразумева промену особина укупне популације кроз више смењених генерација. Британски биолог Чарлс Роберт Дарвин је творац модерне теорије еволуције по којој се сви живи организми развијају путем природне селекције [?]. Процесом природне селекције јединке које су боље прилагођене имају већу вероватноћу да преживе и да оставе потомство, које је углавном једнако или чак и боље прилагођено од родитеља. У ћелијама сваког живог бића постоје хромозоми, који су сачињени од гена. Репродукција живих бића подразумева комбинацију гена родитеља уз мале количине мутације. На тај начин јединке преносе своје особине на наредне генерације, али се добијају и нове особине. Особине, односно генетски материјал прилагођених јединки углавном опстаје кроз генерације, док остале особине најчешће ишчезну.

У овом одељку биће описано како се процес еволуције осликава на генетичко програмирање, које су његове основне компоненте као и то које одлуке треба донети при прилагођавању алгорита жељеном проблему.

3.1 Општи алгоритам

У генетичком програмирању популацију чине рачунарски програми. Еволуцијом се од почетних, најчешће на случајан начин генерисаних програма, добијају нови, у нади бољи и ефикаснији програми. Обзиром да је то случајан процес не може бити гарантован резултат, али управо та случајност даје могућност превазилажења неких проблема које имају други детерминистички алгоритми [7].

На слици 1 приказан је дијаграм контроле тока опште верзије алгоритма. У наредним поглављима биће детаљно описан сваки од корака алгоритма.



Слика 1: Општа верзија генетичког програмирања

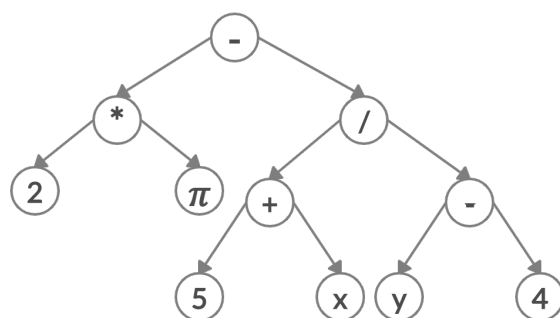
3.1.1 Репрезентација јединки

У генетичком програмирању, јединке су заправо рачунарски програми који се могу извршавати. Ипак, иако то на први поглед делује логично, оне неће бити представљене линијама кода. Разлог томе је што је неопходно да над изабраном репрезентацијом буду дефинисани генетски оператори (више о њима у секцијама 3.1.5 и 3.1.6), а да извршавање буде ефикасно. Репрезентација која то испуњава је она у виду **синтаксних стабала** [1], те се она најчешће користи.

Пример 3.1 Нека је проблем задат аритметичком формулом:

$$2 * \pi - \frac{5 + x}{y - 4} \quad (1)$$

Одговарајуће синтаксно стабло дато је на слици 2.



Слика 2: Синтаксно стабло које одговара формули 1

3.1.2 Иницијализација популације

3.1.3 Функција прилагођености

3.1.4 Селекција

3.1.5 Репродукција

3.1.6 Мутација

3.2 Прилагођавање генетског програмирања

3.2.1 Скуп терминала

3.2.2 Скуп функција

3.2.3 Мера прилагођености

3.2.4 Параметри генетског програмирања

3.2.5 Критеријум заустављања и резултат извршавања

4 Примери примене

Примена генетичког програмирања у индустрији је разнолико и рапидно се повећава годинама. Споменућемо неке од важнијих радова написаних о изабраним темама.

4.1 Истраживање података

4.2 Гејминг

4.3 Роботика

Један од проблема у роботизи укључује два агента А и Б који управљају својим возилима на дводимензионалној мрежи. Возила се све време померају у правцу у коме је возило окренуто. Сви покрети су дискретни, тако да возила имају увек целобројне (x, y) координате. Иницијално возила су окренута ка северу, а механизам управљања возилом дозвољава окретање возила у једном од 8 географских праваца. Циљ је да агенти А и Б својим возилима дођу један до другог.

Агенти А и Б имају информацију само о сопственој позицији, али такође имају приступ каналима за комуникацију КаналА и КаналБ који се могу користити за слање и примање порука од другог агента. Сваки комуникациони канал је конектован са једним возилом, тако да порука послата са једног краја може бити примљена само на другом крају и обрнуто. [8]

Сличан овоме, проблем пре тога укључивао је два играча у возилима који су се играли јурке. С тим што је овде сваки играч имао информацију о томе ко јури и где му се апроксимативно налази противник. Циљ је што краће бити онај који треба да јури противника. Играју се четири игре, смењујући се у свакој рунди ко први јури. У току једне рунде улоге се мењају кад онај који јури буде од свог противника на дужини од једног возила. Свака рунда се састоји из 25 симулација, где је играчев резултат за ту рунду рачунат као број колико пута није био онај који јури подељен са 25. [9]

Такође, постоји и проблем навигације робота како би нашао храну која је постављена дуж неправилне линије; где робот зна да извршава примитивне операције: померање напред, окретање лево/десно као и мирисање хране. Путање које су коришћене су:

- "Santa Fe" путања - направљена од 89 комада хране, где између њих постоји једна, две или три празнине без хране који могу бити и на угловима линије кретања робота
- "Los Altos Hills" путања - састављена од 157 комада хране, где 105. комад представља 89. комад из претходне путање. Након тог комада, додате су још две ирегуларности у путањи:
 - налажење хране два места лево или десно од претходног комада хране; прво појављивање после 116. комада хране
 - померање једно место унапред, а онда проналажење хране два места лево или десно; прво појављивање после 136. комада хране

Успешно је било проналажење све хране од стране робота у 21. генерацији за прву путању, а у 19. генерацији за другу путању. [4] Овај проблем је решен уз помоћ програмског језика Lisp и коришћењем с-израза. [6]

4.4 Биоинформатика

5 Мета-генетичко програмирање

Мета-генетичко програмирање подразумева упоредно еволуирање (да ли је добар термин?) програма који врши генетичко програмирање, које замењује ручно подешавање параметара и одлика алгоритма.

citat There is no reason to believe that having only one level of adaption in an evolutionary computation is optimal. Обично су оператори генетичког програмирања унапред задати и фиксни, и најчешће се ради о комбинацији **propagation, crossover, mutation**, али су истраживани и неки алтернативни оператори **referenca?**, и испоставља се да у неким случајевима, коришћење тих алтернативних оператора, заједно са „класичним” операторима даје боље резултате. Дакле, паметним одабиром и укључивањем одређених оператора мутације, могуће је постићи већи учинак програма који врши генетичко

програмирање.

Међутим, одабир оператора није тривијалан, јер је могуће да неки јако добар оператор не буде ни лак за тумачење, ни интуитиван, односно, мало је вероватно да би нека особа сама осмислила такав оператор, што сасвим одговара мотивацији генетичких алгоритама уопште, где је простор претраге јако велик, и посао проналажења решења је препуштен рачунару, а не особи.

Као и у типичном генетичком програмирању, јединке **geni?** се приказују помоћу синтаксних стабала, с тим што оваква стабла садрже инструкције које представљају операторе мутације.

fitness функција узима у обзир могућност добијеног програма да ефикасно и ефективно еволуира програме, што укратко значи да је **fitness функција** самог програма који врши генетичко програмирање донекле сразмерна и **фитнес функцији** јединки које генерише.

6 Osnovna uputstva

Vaš seminarski rad mora da sadrži najmanje jednu **sliku**, najmanje jednu **tabelu** i najmanje **sedam referenci** u spisku literature. Najmanje jedna slika treba da bude originalna i da predstavlja neke podatke koje ste Vi osmislili da treba da prezentujete u svom radu. Isto важи i за најманје једну tabelu. Od referenci, neophodno je imati bar jednu **knjigu**, bar jedan **naučni članak** iz odgovarajućeg časopisa i bar jednu adekvatnu **veb adresu**.

Dužina seminarskog rada treba da bude od 10 do 12 strana. Svako prekoračenje ili potkoračenje биће кажњено са одговарајућим бројем поена. Eventualno, nakon strane 12, може се јавити само текст поглавља **Dodatak** који садржи некакав додатни kôd, али је свакако потребно да рад може да се прочита и разуме и без читања tog dodatka.

Ко жели, може да пише рад ћирилицом. У том случају, неопходно је да су инсталирани одговарајући пакети: texlive-fonts-extra, texlive-latex-extra, texlive-lang-cyrillic, texlive-lang-other.

Nemojte koristiti stari način pisanja slova, tj ovo:

```
\v{s} i \v{c} i \'c ...
```

Koristite direktno naša slova:

```
š i č i ć ...
```

7 Engleski termini i citiranje

Na svakom mestu u tekstu naglasiti odakle tačno потичу информације. Uz sve novouvedene termine u zagradi naglasiti od koje engleske речи termin потиче.

Naredni primeri илуструју начин увођења енглеских термина као и цитирање.

Пример 7.1 *Problem zaustavljanja (eng. halting problem) је neodlučiv [10].*

Пример 7.2 *Za prevođenje programa napisanih u programskom jeziku C može se koristiti GCC kompajler [3].*

Пример 7.3 *Da bi se ispitivala ispravost softvera, najpre je potrebno precizno definisati njegovo ponašanje [5].*

Reference koje se koriste u ovom tekstu zadate su u datoteci *seminarski.bib*. Prevođenje u pdf format u Linux okruženju može se uraditi na sledeći način:

```
pdflatex TemaImePrezime.tex
bibtex TemaImePrezime.aux
pdflatex TemaImePrezime.tex
pdflatex TemaImePrezime.tex
```

Prvo latexovanje je neophodno da bi se generisao *.aux* fajl. *bibtex* proizvodi odgovarajući *.bbl* fajl koji se koristi za generisanje literature. Potrebna su dva prolaza (dva puta *pdflatex*) da bi se reference ubacile u tekst (tj da ne bi ostali znakovi pitanja umesto referenci). Dodavanjem novih referenci potrebno je ponoviti ceo postupak.

Broj naslova i podnaslova je proizvoljan. Neophodni su samo Uvod i Zaključak. Na poglavlja unutar teksta referisati se po potrebi.

Пример 7.4 *U odeljku ?? precizirani su osnovni pojmovi, dok su zaključci dati u odeljku 10.*

Još jednom da napomenem da nema razloga da pišete:

`\v{s}` i `\v{c}` i `\'c` ...

Možete koristiti srpska slova

š i č i ć ...

8 Slike i tabele

Slike i tabele treba da budu u svom okruženju, sa odgovarajućim naslovima, obeležene labelom da koje omogućava referenciranje.

Пример 8.1 *Ovako se ubacuje slika. Obratiti pažnju da je dodato i `\usepackage{graphicx}`*



Слика 3: Pande

Na svaku sliku neophodno je referisati se negde u tekstu. Na primer, na slici 3 prikazane su pande.

Пример 8.2 *I tabele treba da budu u svom okruženju, i na njih je neophodno referisati se u tekstu. Na primer, u tabeli 1 su prikazana različita poravnanja u tabelama.*

Табела 1: Različita poravnanja u okviru iste tabele ne treba koristiti jer su nepregledna.

centralno poravnanje	levo poravnanje	desno poravnanje
a	b	c
d	e	f

9 Kôd i paket listings

Za ubacivanje koda koristite paket **listings**: https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Source_Code_Listings

Пример 9.1 *Primer ubacivanja koda za programski jezik Python dat je kroz listing 1. Za neki drugi programski jezik, treba podesiti odgovarajući programski jezik u okviru defnisanja stila.*

```

1000 # This program adds up integers in the command line
import sys
1002 try:
    total = sum(int(arg) for arg in sys.argv[1:])
1004     print 'sum =', total
except ValueError:
1006     print 'Please supply integer arguments'

```

Listing 1: Primer ubacivanja koda u tekst

10 Закључак

Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak.
Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak.
Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak.
Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak. Ovde pišem zaključak.

Литература

- [1] A Aho, M.S. Lam, R. Sethi, and J. Ullman. *Compilers: principles, techniques and tools*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., 2006.
- [2] Charles Darwin. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. Murray, 1859.
- [3] A.P. Engelbrecht. *Computational Intelligence: An Introduction*. John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [4] Free Software Foundation. GNU gcc, 2013. on-line at: <http://gcc.gnu.org/>.
- [5] John R. Koza. *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection*. The MIT Press, London, 1994.
- [6] J. Laski and W. Stanley. *Software Verification and Analysis*. Springer-Verlag, London, 2009.
- [7] John McCarthy. Lisp, 1958. online at: <https://lisp-lang.org/>.
- [8] R Poli, W.B. Langdon, and N.F. McPhee. *A Field Guide to Genetic Programming*. Lulu Enterprises, UK Ltd, 2008.

- [9] A. Qureshi. Evolving agents. *University College of London*, 1996.
- [10] Craig W. Reynolds. Competition, Coevolution and the Game of Tag. *Proceedings of Artificial Life IV*, 1994.
- [11] A. M. Turing. On Computable Numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2(42):230–265, 1936.

A Dodatak

Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe.