

Primjena genetskog programiranja u postupku simboličkog integriranja

Završni rad br. 317

Ivan Kokan

mentor: doc. dr. sc. Marin Golub

Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave

Fakultet elektrotehnike i računarstva

Sveučilište u Zagrebu

10. srpnja 2008.

Uvod u genetsko programiranje

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinice

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinice

Genetski operatori

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Uvod u genetsko programiranje

Uvod u genetsko programiranje

- ▶ evolucijski algoritmi

Uvod u genetsko programiranje

- ▶ evolucijski algoritmi
 - ▶ biološka inspiracija

Uvod u genetsko programiranje

- ▶ evolucijski algoritmi
 - ▶ biološka inspiracija
 - ▶ rađanje i umiranje jedinki unutar populacije

Uvod u genetsko programiranje

- ▶ evolucijski algoritmi
 - ▶ biološka inspiracija
 - ▶ rađanje i umiranje jedinki unutar populacije

- ▶ John R. Koza

On the Programming of Computers by Means of Natural Selection, 1992.

Uvod u genetsko programiranje

- ▶ evolucijski algoritmi
 - ▶ biološka inspiracija
 - ▶ rađanje i umiranje jedinki unutar populacije

- ▶ John R. Koza

On the Programming of Computers by Means of Natural Selection, 1992.

- ▶ jedinka = računalni program

Uvod u genetsko programiranje

- ▶ evolucijski algoritmi
 - ▶ biološka inspiracija
 - ▶ rađanje i umiranje jedinki unutar populacije

- ▶ John R. Koza

On the Programming of Computers by Means of Natural Selection, 1992.

- ▶ jedinka = računalni program
- ▶ generacija = iteracija algoritma

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Predodžba jedinke

Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura

Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)

Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)
- ▶ čvorovi stabla

Predodžba jedinke

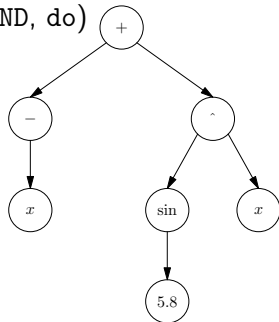
- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)
- ▶ čvorovi stabla
 - ▶ listovi – operandi (varijabla, konstanta)

Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)
- ▶ čvorovi stabla
 - ▶ listovi – operandi (varijabla, konstanta)
 - ▶ unutarnji čvorovi – operatori (sin , AND, do)

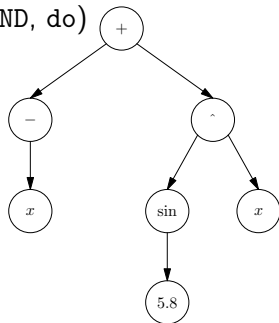
Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)
- ▶ čvorovi stabla
 - ▶ listovi – operandi (varijabla, konstanta)
 - ▶ unutarnji čvorovi – operatori (sin , AND, do)



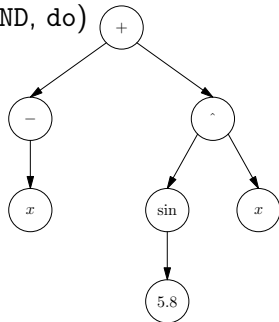
Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)
- ▶ čvorovi stabla
 - ▶ listovi – operandi (varijabla, konstanta)
 - ▶ unutarnji čvorovi – operatori (sin , AND, do)
- ▶ rekurzivni obilazak



Predodžba jedinke

- ▶ nelinearna struktura – **stablo** (teorija grafova)
- ▶ čvorovi stabla
 - ▶ listovi – operandi (varijabla, konstanta)
 - ▶ unutarnji čvorovi – operatori (sin , AND, do)
- ▶ rekurzivni obilazak
- ▶ **dobrota** – mjerilo kvalitete jedinke



Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Genetski operatori

Genetski operatori

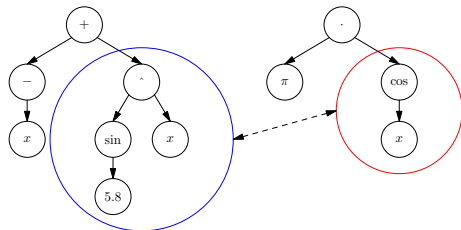
- ▶ reprodukcija

Genetski operatori

- ▶ reprodukcija
- ▶ križanje

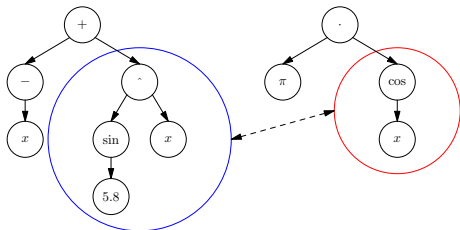
Genetski operatori

- ▶ reprodukcija
- ▶ križanje



Genetski operatori

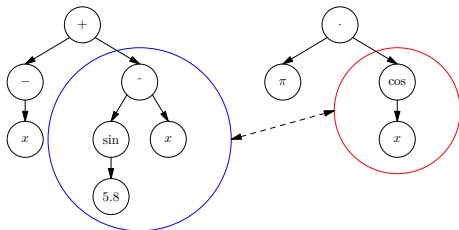
- ▶ reprodukcija
- ▶ križanje



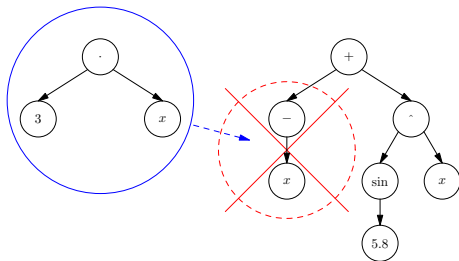
- ▶ mutacija

Genetski operatori

- ▶ reprodukcija
- ▶ križanje



- ▶ mutacija



Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

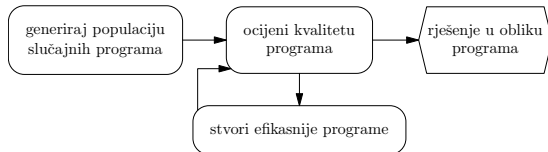
Evolucijski proces

Evolucijski proces

- ▶ algoritam

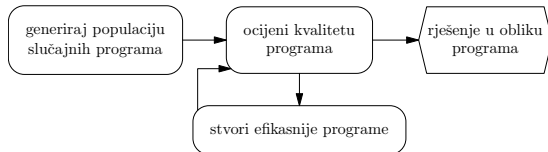
Evolucijski proces

► algoritam



Evolucijski proces

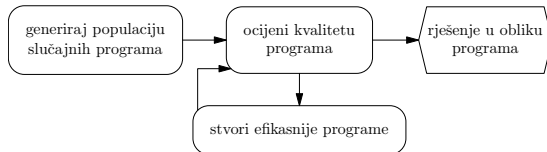
► algoritam



► selekcija

Evolucijski proces

- ▶ algoritam

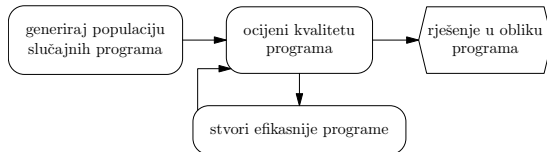


- ▶ selekcija

- ▶ jednostavna

Evolucijski proces

► algoritam



► selekcija

- jednostavna
- **turnirska**

Evolucijski proces

- ▶ algoritam



- ▶ selekcija

- ▶ jednostavna
- ▶ **turnirska**

- ▶ evolucijski parametri

Evolucijski proces

- ▶ algoritam



- ▶ selekcija

- ▶ jednostavna
- ▶ **turnirska**

- ▶ evolucijski parametri

- ▶ veličina populacije

Evolucijski proces

- ▶ algoritam



- ▶ selekcija

- ▶ jednostavna
- ▶ **turnirska**

- ▶ evolucijski parametri

- ▶ veličina populacije
- ▶ broj iteracija

Evolucijski proces

▶ algoritam



▶ selekcija

- ▶ jednostavna
- ▶ **turnirska**

▶ evolucijski parametri

- ▶ veličina populacije
- ▶ broj iteracija
- ▶ **dubina stabla jedinke**

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Problemi numeričke analize

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom
- ▶ numerička integracija

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom
- ▶ numerička integracija – **Newton-Cotesove formule**

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom
- ▶ numerička integracija – **Newton-Cotesove formule**
 - ▶ osnovna trapezna formula

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom
- ▶ numerička integracija – **Newton-Cotesove formule**
 - ▶ osnovna trapezna formula

$$\int_{x_0}^{x_1} f(x) dx \approx \frac{x_1 - x_0}{2} (y_0 + y_1)$$

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom
- ▶ numerička integracija – **Newton-Cotesove formule**
 - ▶ osnovna trapezna formula

$$\int_{x_0}^{x_1} f(x) dx \approx \frac{x_1 - x_0}{2} (y_0 + y_1)$$

- ▶ **ulančana** trapezna formula

Problemi numeričke analize

- ▶ aproksimacijske metode
- ▶ interpolacijski polinom
- ▶ numerička integracija – **Newton-Cotesove formule**
 - ▶ osnovna trapezna formula

$$\int_{x_0}^{x_1} f(x) \, dx \approx \frac{x_1 - x_0}{2} (y_0 + y_1)$$

- ▶ **ulančana** trapezna formula

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) \, dx \approx \frac{x_1 - x_0}{2} (y_0 + 2y_1 + \dots + 2y_{n-1} + y_n)$$

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Programsko ostvarenje

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija
 - ▶ simbolička integracija

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija
 - ▶ simbolička integracija
- ▶ Microsoft Visual Studio 2008

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija
 - ▶ simbolička integracija
- ▶ Microsoft Visual Studio 2008
- ▶ C++, STL, .NET Framework 3.5

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija
 - ▶ simbolička integracija
- ▶ Microsoft Visual Studio 2008
- ▶ C++, STL, .NET Framework 3.5
- ▶ gnuplot, $\text{\LaTeX}$

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija
 - ▶ simbolička integracija
- ▶ Microsoft Visual Studio 2008
- ▶ C++, STL, .NET Framework 3.5
- ▶ gnuplot, $\text{\LaTeX}$
- ▶ problem “šiljaka” grafa funkcije

Programsko ostvarenje

- ▶ IntegratorGP
 - ▶ simbolička aproksimacija
 - ▶ simbolička integracija
- ▶ Microsoft Visual Studio 2008
- ▶ C++, STL, .NET Framework 3.5
- ▶ gnuplot, $\text{\LaTeX}$
- ▶ problem “šiljaka” grafa funkcije
- ▶ ugađanje evolucijskih parametara

Sadržaj

Uvod u genetsko programiranje

Predodžba jedinke

Genetski operatori

Evolucijski proces

Problemi numeričke analize

Programsko ostvarenje

Zaključak

Zaključak

Zaključak

- ▶ biološki principi → neživa materija

Zaključak

- ▶ biološki principi → neživa materija
- ▶ dobra i brza konvergencija

Zaključak

- ▶ biološki principi → neživa materija
- ▶ dobra i brza konvergencija
- ▶ široka primjena

Zaključak

- ▶ biološki principi → neživa materija
- ▶ dobra i brza konvergencija
- ▶ široka primjena (*real-time* sustavi, ekonomija)

Zaključak

- ▶ biološki principi → neživa materija
- ▶ dobra i brza konvergencija
- ▶ široka primjena (*real-time* sustavi, ekonomija)
- ▶ mogućnost daljnje progresije

- ▶ biološki principi → neživa materija
- ▶ dobra i brza konvergencija
- ▶ široka primjena (*real-time* sustavi, ekonomija)
- ▶ mogućnost daljnje progresije
- ▶ “ružno pače” evolucijskih algoritama