

Uputa za 3. dio projektnog zadatka

Prosinac, 2012.

I u trećem dijelu projekta bavit ćemo se sustavom neizrazitog zaključivanja koji zaključivanje obavlja koristeći metodu Takagi-Sugeno-Kang. Postupak učenja provest ćemo evolucijskim algoritmom.

1 Općenito o zadatku

Sniman je rad nekog nepoznatog sustava koji dobiva dva ulaza: x i y te temeljem tih ulaza generira izlaz z . Prikupljeni podatci dostupni su u datoteci koja se također nalazi u repozitoriju na Ferku, pri čemu svaki redak datoteke sadrži tri vrijednosti: x , y i z . Domena obje ulazne varijable je podskup skupa realnih brojeva $[0,10]$.

Iz iskustva stečenog pri radu s tim sustavom poznato je da sustav ugrubo za svaku od varijabli razlikuje tri područja temeljem kojih dalje donosi zaključke. Ovo znanje iskoristit ćemo na način da za svaki od ulaza definiramo po tri neizrazita skupa nepoznate funkcije pripadnosti. Tako ćemo za varijablu x definirati neizrazite skupove X_1 , X_2 i X_3 a za varijablu y neizrazite skupove Y_1 , Y_2 i Y_3 . Pretpostavit ćemo pri tome da je oblik funkcija pripadnosti svih tih neizrazitih skupova trokutast, i štoviše, simetričan. Stoga ćemo za svaku funkciju pripadnosti umjesto tri parametra (a,b,c) čime bi bila definirana općenita trokutasta funkcija pripadnosti $FuzzyTrokut(a,b,c)$ imati samo dva parametra (w,c) čime ćemo definirati funkciju pripadnosti na sljedeći način $FuzzyTrokut(c-w, c, c+w)$.

S tri neizrazita skupa za svaku od varijabli moguće je definirati sustav neizrazitog upravljanja koji ima ukupno devet pravila, kako je to prikazano na slici 1.

Pravila će stoga biti sljedećeg oblika:

\mathbb{R}_1 : Ako x je X_1 i y je Y_1 tada *konsekvens1*

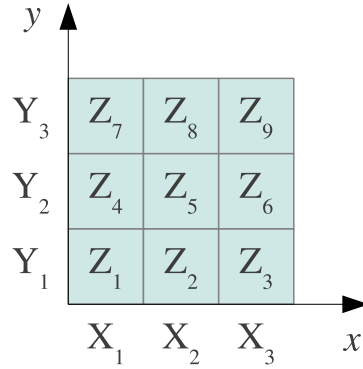
\mathbb{R}_2 : Ako x je X_1 i y je Y_2 tada *konsekvens2*

\mathbb{R}_3 : Ako x je X_1 i y je Y_3 tada *konsekvens3*

\mathbb{R}_4 : Ako x je X_2 i y je Y_1 tada *konsekvens4*

...

\mathbb{R}_9 : Ako x je X_3 i y je Y_3 tada *konsekvens9*.



Slika 1: Podjela ulaznog prostora na kartezijev produkt neizrazitih skupova

U okviru ovog zadatka potrebno je razmotriti dva oblika konsekvensa.

- Konsekvens je fiksna vrijednost – primjerice:
 $z = 3.14$.
- Konsekvens je linearna kombinacija ulaznih varijabli – primjerice:
 $z = 3.14x - 6.28y + 1.41$.

Za razrješavanje logičke operacije I u antecedentu pravila potrebno je koristiti Einsteinov produkt.

$$\mu_{A_i \cap B_i}(x) = \frac{\mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i}}{2 - (\mu_{A_i} + \mu_{B_i} - \mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i})}.$$

1.1 Zadatak

Napišite implementaciju sustava neizrazitog zaključivanja koji sadrži opisanu bazu od devet pravila. Uočite da, iako sustav treba podržati dva tipa zaključava u konsekventu, dovoljno je napraviti jedan općenitiji sustav pri čemu se konstantni konsekvens može dobiti tako da se parametri uz x i y fiksiraju na vrijednost 0.

Napišite implementaciju genetskog algoritma koji će temeljem zadanog skupa za učenje pronaći optimalne parametre za funkcije pripadnosti neizrazitih skupova koji se koriste u antecedentima pravila te optimalne vrijednosti parametara koji se pojavljuju u konsekvens dijelu.

Vrsta genetskog algoritma, način reprezentacije rješenja, odabir i implementacija genetskih operatora kao i sve drugo što je potrebno kako bi implementirali funkcionalni genetski algoritam za ovaj problem ostavlja Vam se na izbor.

Provedite sljedeće:

1. naučite genetskim algoritmom parametre zadanog sustava neizrazitog upravljanja koji ima kao konsekvens dio konstante t
2. naučite genetskim algoritmom parametre zadanog sustava neizrazitog upravljanja koji ima kao konsekvens dio linearne kombinacije ulaznih varijabli $(px + qy + r)$.

Funkcija cilja koju genetski algoritam treba minimizirati je srednja suma kvadratnog odstupanja izlaza sustava i željenog izlaza sustava.

Programska rješenja potrebno je uploadati na Ferka. U okviru rješavanja ovog zadatka potrebno je pripremiti i PDF dokument u kojem se trebaju nalaziti odgovori na sljedeća pitanja.

1. Kako ste točno implementirali genetski algoritam za ovaj problem? Prikažite njegov pseudokod (što je moguće sažetiji, a opet dovoljno jasan). Opišite način na koji ste prikazali rješenja (kromosome, jedinke). Opišite kako ste napravili potrebne genetske operatore.
2. Nacrtajte dobivene funkcije pripadnosti za najbolje rješenje za obje varijante sustava; pri tome prikažite sve funkcije pripadnosti definirane nad X na jednom grafu te sve funkcije pripadnosti definirane nad Y na drugom grafu; za svaku funkciju pripadnosti sa strane (ne nužno na slici) navedite i njezine parametre. Dajte svakom neizrazitom skupu naziv (primjerice, "broj oko 1", "broj vrlo blizu 2"). Napišite svih devet pravila koja ste dobili za oba slučaja.
3. Kakva je pogreška učenja kod najboljeg rješenja za svaki od sustava? Zašto? Koliko je iteracija (generacija?) bilo potrebno za pronalazak prihvatljivog rješenja? Vizualizirajte dobiveni rezultat (ovisnost izlaza sustava o obje ulazne varijable); ovo možete jednostavno postići primjerice uporabom alata **gnuplot** i naredbe **splot** uz prikaz **pm3d**. Također, za oba sustava vizualizirajte i funkciju pogreške uzorka $\delta(x, y)$ (funkciju smo definirali u prethodnom dijelu projekta).
4. Za slučaj prve varijante sustava (s konstantom u konsekvensu) ispitate utjecaj vjerojatnosti mutacije na kvalitetu dobivenog rješenja i brzinu konvergencije. Odaberite 5 različitih vjerojatnosti mutacije; za svaku odabranu vrijednost vjerojatnosti mutacije pokrenite algoritam učenja po 5 puta kroz neki fiksni broj iteracija i periodnički pohranjujte podatke o dobroti najbolje jedinice za tu promatranom trenutku. Temeljem tih 5 mjerenja izračunajte prosječnu dobrotu jedinice u svakom trenutku; neka ta krivulja predstavlja ponašanje algoritma uz odabranu vrijednost mutacije. Za svaku od odabranih vrijednosti mutacije odredite takvu krivulju i nacrtajte na jednom grafu svih 5 krivulja.

Izvještaj možete:

- Napisati na jednom ili više papira (ali *kristalno čitko*), papire skenirati i pohraniti kao jedan PDF dokument. U tom slučaju skeniranom dijelu ćete morati dodati još stranice koje ćete pripremiti direktno na računalu a koje će sadržavati d ruge tražene podatke (primjerice, grafove).
- Napisati u *WYSIWYG*-uređivaču teksta poput OpenOffice-a, LibreOffice-a ili Microsoft Office-a i potom dokument pohraniti kao PDF.
- Za maksimalnu kvalitetu i tipografsku izvrsnost izvještaj možete napisati u L^AT_EX-u.

1.2 Završne napomene

Ovaj projektni zadatak rješava se samostalno i "timsko" rješavanje nije dopušteno. Ako imate pitanja ili problema oko rješavanja zadatka, potražite nas na Zavodu i dođite na konzultacije. Rok za predaju programskog rješenja i izvještaja (upload preko Ferka) je četvrtak, 17. siječnja 2013. u ponoć. Nakon što uploadate rješenje projekta na Ferka, rješenja ćemo pregledati prije termina demonstracije rješenja u laboratoriju. Demonstracija projekta sastojat će se od demonstracije rada programskog rješenja te "obrane" pripremljenog izvještaja.