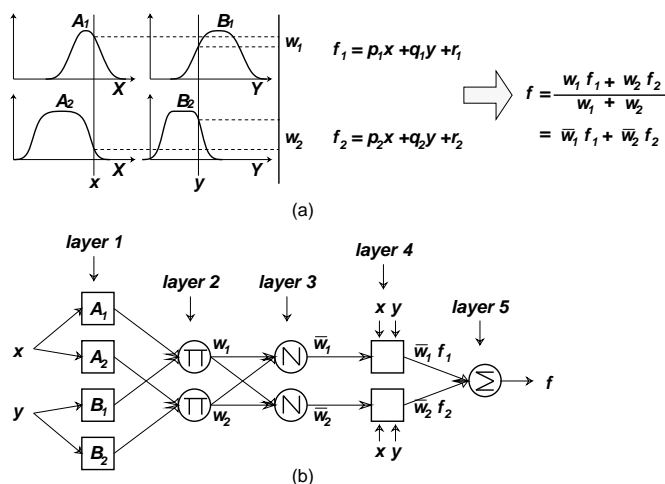


Uputa za 2. dio projektnog zadatka

Prosinac, 2011.

Potrebno je izraditi neuro-fuzzy sustav koji odgovara ANFIS-u koji smo obradili na predavanjima. Konkretno, radi se o neuro-fuzzy sustavu koji koristi zaključivanje tipa 3 (metodu Takagi-Sugeno-Kang). Neuro-fuzzy sustav treba imati dva ulaza i jedan izlaz čime će obavljati preslikavanje $\mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$. Takav sustav prikazan je na slici 1.



Slika 1: ANFIS mreža koja ostvaruje neizraziti sustav (zaključivanje tipa 3)

Skup primjera za učenje u tom slučaju će biti $\{((x_1, y_1), z_1), \dots, ((x_N, y_N), z_N)\}$, pri čemu je broj primjera jednak N . U općem slučaju, sustav će raspolagati s m pravila:

\mathbb{R}_1 : Ako x je A_1 i y je B_1 tada $z = p_1x + q_1y + r_1$

\mathbb{R}_2 : Ako x je A_2 i y je B_2 tada $z = p_2x + q_2y + r_2$

\dots

\mathbb{R}_m : Ako x je A_m i y je B_m tada $z = p_mx + q_my + r_m$.

Antecedent će uvijek sadržavati ispitivanje za obje varijable, a konsekvens će uvijek biti linearna kombinacija ulaznih varijabli. Uz zadani skup od m pravila, temeljem primjera za učenje sustav treba naučiti ukupno $2 \cdot m$

neizrazitih skupova koji se nalaze u antecedent dijelu pravila te $3 \cdot m$ parametara koji određuju m funkcija u konsekvens-dijelovima pravila.

1 Zadatak

U okviru ovog dijela projekta potrebno je riješiti sve točke koje su navedene u nastavku te pripremiti izvještaj u kojem će se moći vidjeti kako ste riješili pojedine dijelove zadataka koji slijede. Izvještaj ćete uploadati na Ferka kao jednu PDF datoteku. 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 druge 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.

Osim izvještaja, na Ferka ćete uploadati i ZIP arhivu koja sadrži programsko rješenje zadanog zadatka (molim obratite pažnju na format arhive: ZIP).

Vaš je zadatak sljedeći:

1. Izvedite postupak učenja koji je prikladan za ovakvu mrežu a koji se temelji na gradijentnom spustu. Trebate pokazati kako ste došli do pravila učenja za svaki od parametara (odnosno, za svaku "vrstu" parametara). Ovaj izvod treba biti dio Vašeg izvještaja.
2. Napišite programsku implementaciju izvedenog algoritma učenja. U programskoj implementaciji broj pravila se treba moći definirati kao parametar programa, tako da Vam bude jednostavno raditi eksperimente s različitim brojem parametara.
3. Pripremite primjere za učenje kako je opisano u nastavku.
4. Temeljem tih primjera za učenje pokušajte provesti učenje neuro-fuzzy sustava koji se sastoji od:
 - (a) samo jednog pravila,
 - (b) dva pravila te
 - (c) prikladnog broja pravila (što znači prikladno? razmislite!).

5. Za neuro-fuzzy sustav s kojim ste zadovoljni (u smislu da dovoljno dobro aproksimira zadane primjere za učenje) nacrtajte kako izgledaju naučene funkcije pripadnosti. Pokušajte tim neizrazitim skupovima dati odgovarajuće ime (što svaki od njih predstavlja?).
6. Pokušajte se igrati s različitim vrijednostima stope učenja (η). Koja je prikladna vrijednost i kako ona utječe na brzinu konvergencije algoritma?
7. Jeste li se prilikom učenja na zadanim primjerima susreli s lokalnim optimumima? Komentirajte!

1.1 Priprema podataka za učenje

Zadane su sljedeće funkcije:

- $f_1(x, y) = ((x - 1)^2 + (y + 2)^2 - 5xy + 3) * \cos^2(\frac{x}{5})$
- $f_2(x, y) = ((x + 2)^2 - (y - 1)^2 + 5xy - 2) * \sin^2(\frac{x}{5})$

koje su definirane nad domenom $x \in [-4, 4]$, $y \in [-4, 4]$. Za Vama dodeljenu funkciju (zadnja znamenka JMBAG-a parna: f_1 , zadnja znamenka JMBAG-a neparna: f_2) pripremite primjere za učenje tako da napravite uzorkovanje po svim cjelim brojevima iz zadane domene (ukupno 81 uzorak). Te uzorke koristit ćete za treniranje mreže.

1.2 Modeliranje funkcija pripadnosti

Neuroni u prvom sloju na slici 1 modeliraju neizrazite skupove. Definirane su tri mogućnosti:

- $\mu_{A_i^1}(x) = \frac{1}{1 + e^{b_i(x - a_i)}}$,
- $\mu_{A_i^2}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i}\right)^2\right]^{b_i}}$ te
- $\mu_{A_i^3}(x) = e^{-\left[\left(\frac{x - c_i}{a_i}\right)^2\right]^{b_i}}$.

Ovisno o *predzadnjoj* znamenci Vašeg JMBAG-a koristite $\mu_{A_i^1}(x)$ ako je predzadnja znamenka iz $\{0, 3, 6, 9\}$, $\mu_{A_i^2}(x)$ ako je predzadnja znamenka iz $\{1, 4, 7\}$ te $\mu_{A_i^3}(x)$ ako je predzadnja znamenka iz $\{2, 5, 8\}$.

1.3 Modeliranje T-norme

Kako su pravila zadana u obliku konjunkcije, ukupna jakost kojom i -to pravilo pali računa se uporabom T -norme. Definirane su tri mogućnosti:

- $\mu_{A_i \cap B_i}(x) = \mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i}$ (algebarski produkt),
- $\mu_{A_i \cap B_i}(x) = \frac{\mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i}}{\mu_{A_i} + \mu_{B_i} - \mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i}}$ (Hamacherov produkt) te
- $\mu_{A_i \cap B_i}(x) = \frac{\mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i}}{2 - (\mu_{A_i} + \mu_{B_i} - \mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i})}$ (Einsteinov produkt).

Ovisno o *predzadnjoj* znamenci Vašeg JMBAG-a koristite *algebarski produkt* ako je predzadnja znamenka iz $\{0,1,2,3\}$, *Hamacherov produkt* ako je predzadnja znamenka iz $\{4,5,6\}$ te *Einsteinov produkt* ako je predzadnja znamenka iz $\{7,8,9\}$.

1.4 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 petak, 23. prosinca u ponoć.