

# 1 Vježba 1: Model neurona i proces učenja

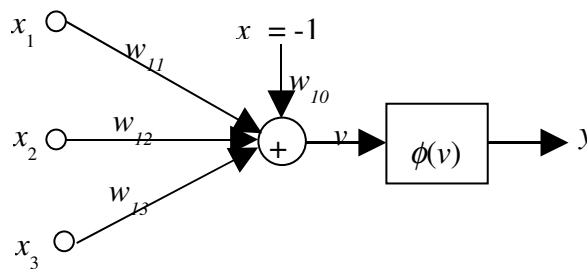
## 1.1 Priprema za vježbu

Proučiti kratki uvodni tekst "MATLAB upute" koji je dostupan na web stranicama predmeta, i po potrebi pročitati originalnu korisničku dokumentaciju na adresi <http://matlab.zesoi.fer.hr>.

Da bi se stekla potrebna teoretska priprema za vježbu potrebno je proučiti materijal "Neuronske mreže: Predavanja", poglavlja "Uvod" i "Proces učenja".

## 1.2 Model neurona

Napisati MATLAB funkciju za izračunavanje izlazne vrijednosti neurona. Pretpostaviti model neurona na Slici 1 s tri ulaza i pragom. Prag se može interpretirati i kao dodatni ulaz sa fiksnim iznosom -1 i težinom  $w_{10}$ . Ulaz i izlaz funkcije mora odgovarati ulazu i izlazu neurona.



Slika 1. Model neurona.

Za računanje aktivacije neurona  $v$  koristiti skalarni produkt vektora ulaza  $\mathbf{x} = [x_0 \ x_1 \ x_2 \ x_3]$  i vektora težina  $\mathbf{w} = [w_{10} \ w_{11} \ w_{12} \ w_{13}]$ . Prepraviti funkciju da ovisno o dodatnom ulazu bira različitu nelinearnu funkciju. Eksperimentirati s nelinearnim funkcijama  $f(v)$  oblika:

- a) jedinični skok (step funkcija)
- b) funkcija linearna po odsječcima (rampa), te
- c) funkcija sigmoidnog oblika definiranu izrazom:

$$\phi(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)}, \text{ gdje je } a = 1.$$

Odgovorite:

- 1. Pretpostavite neku proizvoljnu vrijednost vektora težina  $\mathbf{w}$ .
- 2. Izračunajte odziv neurona na sljedeće ulaze:

$$\mathbf{x1} = [0.5, 1, 0.7]'$$

$$\mathbf{x2} = [0, 0.8, 0.2]'$$

### 1.3 Mreža s tri neurona

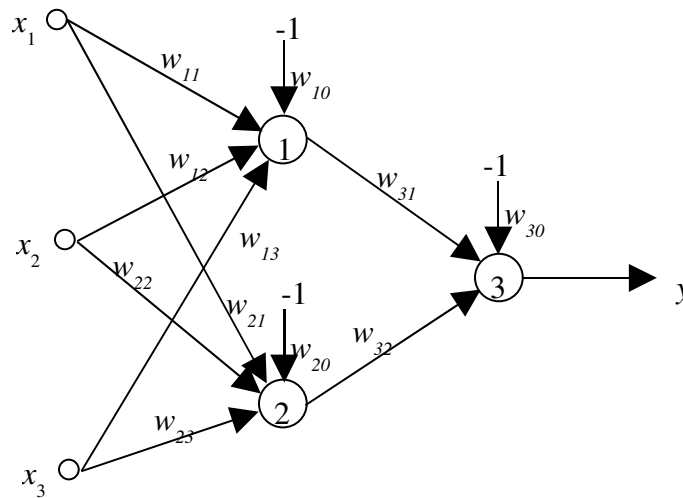
Napisati funkciju za mrežu s tri neurona (Slika 2) pri tom koristeći funkciju razvijenu u eksperimentu iz poglavlja 1.2. Pretpostaviti da neuroni koriste sigmoidnu nelinearnost, gdje je  $a = 1$ , te da su vektori težina za svaki neuron zadani kako slijedi:

$$\mathbf{w1} = [1, 0.5, 1, -0.4]'$$

$$\mathbf{w2} = [0.5, 0.6, -1.5, -0.7]'$$

$$\mathbf{w3} = [-0.5, -1.5, 0.6]'$$

Napomena: prvi element vektora težina su vrijednosti pragova neurona koji su označeni na Slici kao  $w_{i0}$ .



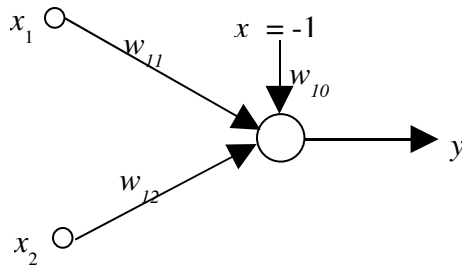
Slika 2. Mreža s tri neurona.

Izračunajte:

1. Odziv na ulazni vektor  $\mathbf{x} = [0.3, 0.7, 0.9]'$ .
2. Ovisi li izlaz mreže o težinama neurona?

### 1.4 Učenje korekcijom pogreške (delta pravilo)

Svrha ovog eksperimenta je steći bolje razumijevanje procesa učenja. U ovom eksperimentu realizirat ćemo pomoću jednog neurona s dva ulaza i pragom (vidi Sliku 3) logičku AND funkciju. Koristit ćemo sigmoidnu nelinearnu karakteristiku s parametrom  $a = 1$ .



Slika 3. Mreža s jednim neuronom.

Za fazu učenja neuronske mreže potrebno je definirati sljedeće parove  $x_i$ ,  $y_i$  za učenje logičke AND funkcije: za ulaze  $x_1 = [-1, 0, 0]^T$ ,  $x_2 = [-1, 0, 1]^T$  i  $x_3 = [-1, 1, 0]^T$  izlaz  $y$  treba biti jednak 0. Za ulazni vektor  $x_4 = [-1, 1, 1]^T$  izlazna vrijednost  $y$  treba biti jednaka 1. Prva komponenta svih ulaznih vektora koja ima vrijednost -1 definira prag neurona označen kao  $w_{10}$ . Na početku učenja treba postaviti početne težine na neke slučajne vrijednosti. Za učenje treba koristiti delta pravilo:

$$\Delta w_{kj}(n) = \eta e_k(n) x_j(n),$$

gdje je

$$e_k(n) = d_k(n) - y_k(n),$$

pri čemu je  $d_k(n)$  željeni odziv neurona, a  $y_k(n)$  dobiveni odziv neurona. Iterativni proces učenja treba nastaviti sve dok pogreška ne bude zadovoljavajuće mala.

Odgovorite:

1. Eksperimentirati sa različitim početnim vrijednostima težina i različitim konstantama brzine učenja  $h$ .
2. U slučaju nestabilnosti procesa učenja, ponoviti pokus koristeći male vrijednosti za konstantu učenja, npr.  $= 0.05$ .
3. Prikazati funkciju pogreške u ovisnosti o broju iteracija učenja.
4. Komentirati rezultate.
  - Koji je najbolji odabir?
  - Nakon koliko koraka je pogreška bila dovoljno mala?
5. Možemo li i u ovom eksperimentu koristiti (nemodificiranu) funkciju razvijenu u poglavlju 1.2?
6. Dokažite to matematički.