

# Izvještaj za 7. domaću zadaću iz kolegija Neizrazito, evolucijsko i neuroračunarstvo

Autor: Marijo Cvitanović 0036510758

January 15, 2021

# 1 Uvod

U 7. domaćoj zadaći bilo je potrebno napisati neuronsku mrežu s dva tipa neurona čije parametre određuje genetski algoritam. U sklopu tog programskog rješenja, bilo je potrebno riješiti šest zadataka čija rješenja su ponuđena u nastavku.

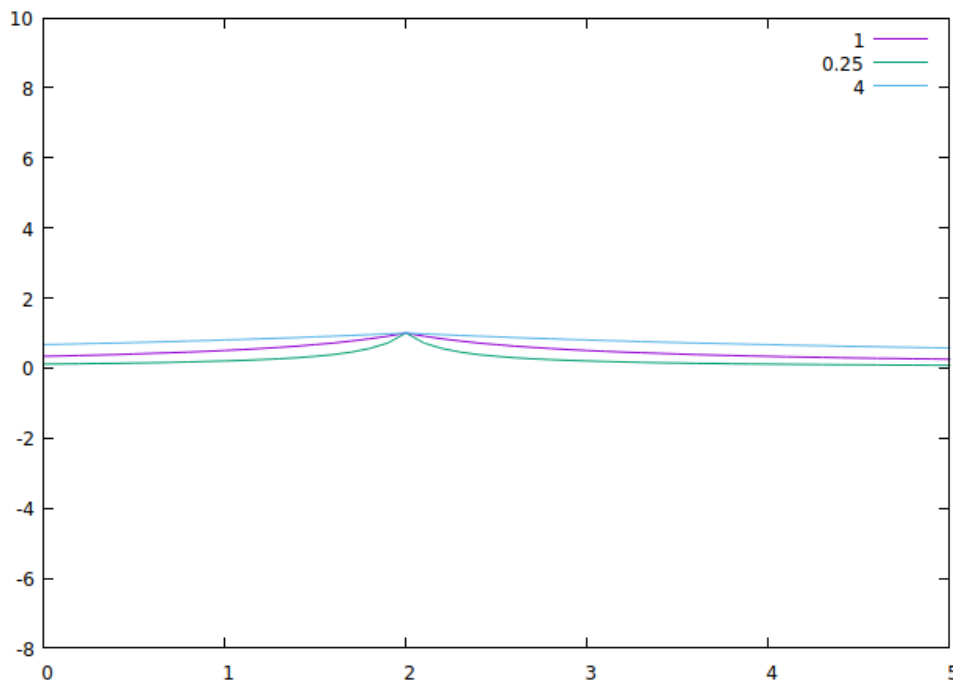
## 2 Zadatak 1.

Tekst zadatka:

Razmotrite jedan neuron koji ima samo jedan ulaz. Njegov izlaz tada će biti određen izrazom:

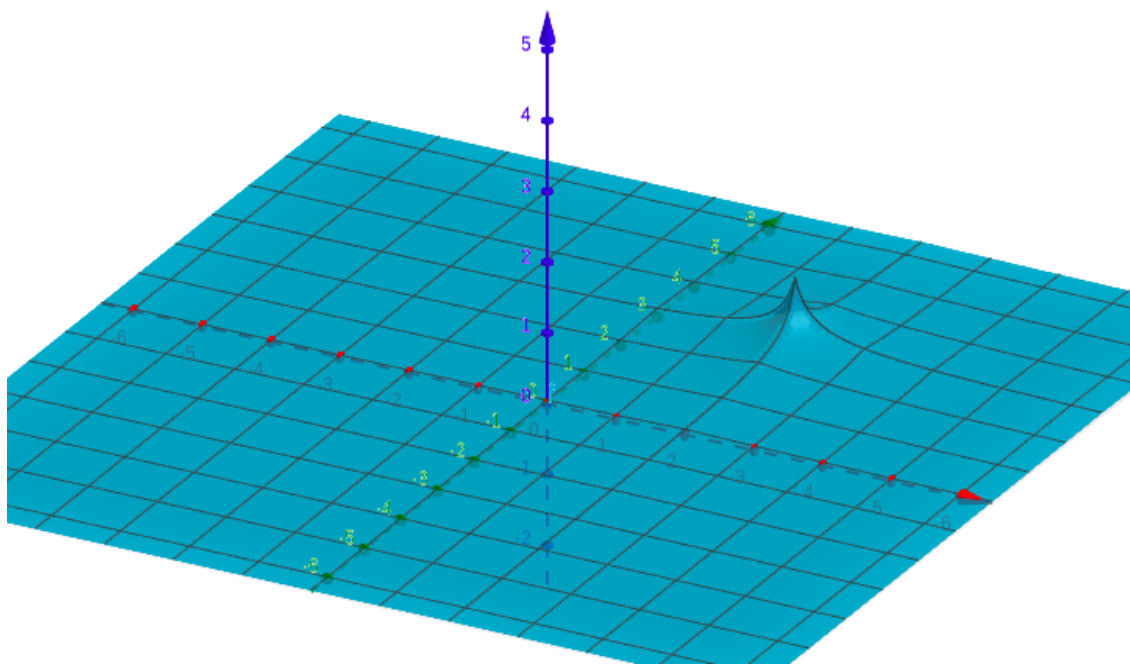
$$y = \frac{1}{1 + \frac{|x-w|}{|s|}}$$

Pretpostavite da je u neuron pohranjena vrijednost  $w = 2$ . Nacrtajte na istom grafu ovisnost  $y(x; w = 2)$  za tri slučaja: za  $s = 1$ , za  $s = 0.25$  te za  $s = 4$  (svaku različitom bojom ili stilom linije). Za raspon apscise uzmite interval  $[-8, 10]$ . Razumijete li sada kako  $s$  utječe na izlaz neurona  $y$ ? Kako će izgledati izlaz neurona koji ima dva ulaza i što se tada kontrolira parametrima  $s_1$  i  $s_2$ ?



Slika 1: Ovisnost  $y(x; w = 2)$  za tri slučaja  $s$

Kod neurona koji ima dva ulaza, kontrolirat će se strmina skoka oko varijabli  $w_1$  i  $w_2$

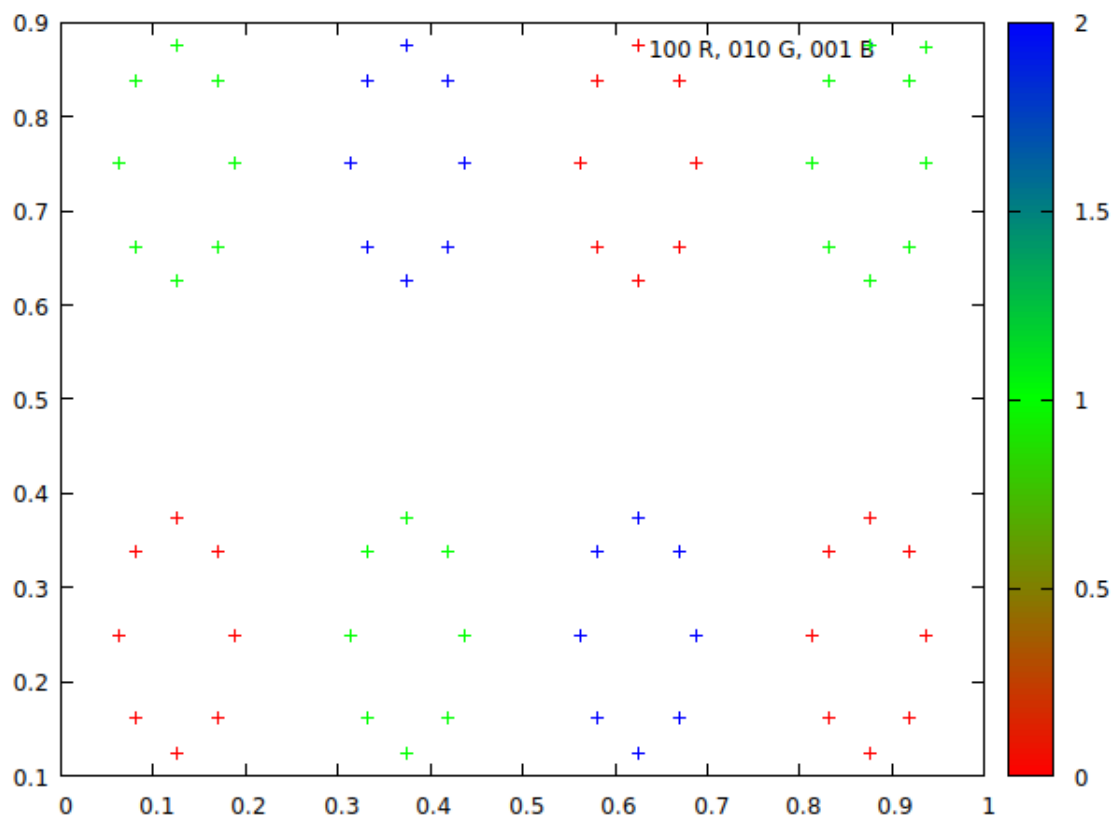


Slika 2: Ovisnost  $y(x_1, x_2; w_1 = 2, w_2 = 3)$  o  $s_1 = s_2 = 0.25$

### 3 Zadatak 2.

Tekst zadatka:

Iskoristite neki gotov program (ili napišite vlastiti program, što god Vam je lakše) kako biste dobili 2D prikaz podataka koje ste dobili za učenje (*zad7-dataset.txt*). Pri tome uzorke različitih razreda prikažite ili različitim simbolom (npr. kvadratić, trokutić, kružić) ili različitom bojom. Ovu sliku spremite kao dio Vaše dokumentacije. Ako ste koristili gotov program, navedite naziv programa. Proučite dobiveni prikaz. Postoji li kakav uzorak u tim podacima? Jesu li razredi međusobno linearno odvojivi?



Slika 3: Prikaz *dataset-a*

Za prikaz podataka, koristio sam program *gnuplot*. Zeleni plusići predstavljaju razred 010, crveni 100 te plavi 001. Ovakav prikaz se dobije pomoću

komandi

```
set palette model RGB defined ( 0 'red', 1 'green', 2 'blue' )

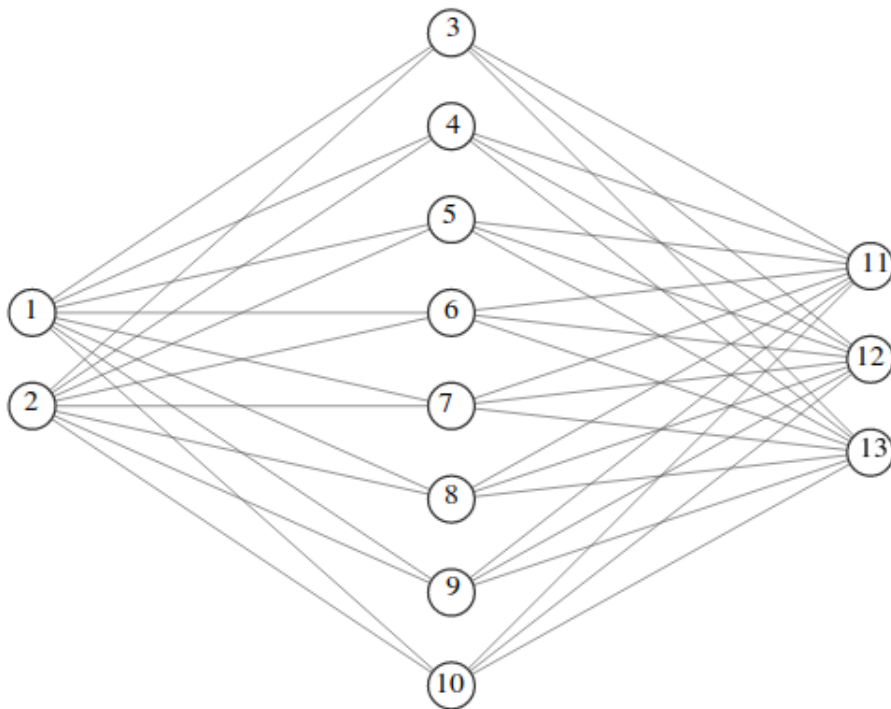
plot "zad7-dataset.txt" using 1:2:( $3 == 1 ? 0 : $4 == 1 \
? 1 : $5 == 1 ? 2:4 ) with points palette title \
"100 R, 010 G, 001 B"
```

Što bi značilo, koristeći retke 1 i 2 iz datoteke "**zad7-dataset.txt**" te ako je treći redak jednak 1, plusić obojaj crveno ili ako je četvrti redak jednak 1 obojaj zeleno ili ako je peti redak jednak 1 obojaj plavo inače obojaj bojom čiji je iznos jednak 4 te iscrtaj koordinate iz prvog i drugog retka. Razredi nisu međusobno linearno odvojivi.

## 4 Zadatak 3.

Tekst zadatka:

Kada biste morali ručno odrediti vrijednosti svih parametara upravo zadane neuronske mreže (2x8x3), na koje biste ih vrijednosti postavili i zašto? Čime biste se vodili prilikom određivanja parametara neurona skrivenog sloja a čime prilikom određivanja parametara neurona izlaznog sloja? Nacrtajte tu neuronsku mrežu i na njoj prikažite vrijednosti svih parametara.



Slika 4: Prikaz neuronske mreže zadane u zadatku

Mreža **2x8x3** ima dva ulazna neurona jer su točke zadane sa  $x$  i  $y$  te oni nemaju nikakvih težina, a tri izlazna neurona jer se klasificira u jednu od tri klase. Osam neurona skrivenog sloja će napraviti osam različitih grupa u koje će klasificirati primjere sa slike 3. Težina  $s$  za sve neurone tipa 1 može biti jednaka vrijednosti  $s = 0.0625$  (što manja to točnija), za sve neurone tipa 2, težina  $w_0 = 0$ . Ostale težine za neurone tipa 2, za neuron 3

$$w_{3,11} = -1$$

$$w_{3,12} = 1$$

$$w_{3,13} = -1$$

Težine neurona tipa 1 za neuron 3

$$w_1 = 0.1$$

$$w_2 = 0.7$$

Iz ovoga se može zaključiti da neuron 3 određuje zelenu grupu u gornjem lijevom kutu na slici 3. Neuron 4, tip 2:

$$w_{4,11} = 1$$

$$w_{4,12} = -1$$

$$w_{4,13} = -1$$

tip 1

$$w_1 = 0.1$$

$$w_2 = 0.2$$

Određuje donju crvenu grupu  
Neuron 5, tip 2:

$$w_{5,11} = -1$$

$$w_{5,12} = -1$$

$$w_{5,13} = 1$$

tip 1

$$w_1 = 0.35$$

$$w_2 = 0.7$$

Određuje gornju plavu grupu  
Neuron 6, tip 2:

$$w_{6,11} = -1$$

$$w_{6,12} = 1$$

$$w_{6,13} = -1$$

tip 1

$$w_1 = 0.35$$

$$w_2 = 0.2$$

Određuje donju zelenu grupu  
Neuron 7, tip 2:

$$w_{7,11} = 1$$

$$w_{7,12} = -1$$



$$w_{7,13} = -1$$

tip 1

$$w_1 = 0.6$$

$$w_2 = 0.7$$

Određuje gornju crvenu grupu  
Neuron 8, tip 2:

$$w_{8,11} = -1$$

$$w_{8,12} = -1$$

$$w_{8,13} = 1$$

tip 2

$$w_1 = 0.6$$

$$w_2 = 0.2$$

Određuje donju plavu grupu  
Neuron 9, tip 2:

$$w_{9,11} = -1$$

$$w_{9,12} = 1$$

$$w_{9,13} = -1$$

tip 1

$$w_1 = 0.85$$

$$w_2 = 0.7$$

Određuje drugu gornju zelenu grupu  
Neuron 10, tip 2:

$$w_{10,11} = 1$$

$$w_{10,12} = -1$$

$$w_{10,13} = -1$$

tip 1

$$w_1 = 0.85$$

$$w_2 = 0.2$$

Određuje drugu donju crvenu grupu  
Za neurone tipa 1, težine su određene s obzirom na centroid koji čini skup

plusića sa slike 3. Nisu točno te vrijednosti, kako se ne bi poništile i dale 0, što nam ne daje nikakvu novu informaciju.

Za neurone izlaznog sloja, koji su tipa 2, težine su postavljene na 1 i -1 s obzirom na razred koji trebaju klasificirati. -1 odgovara nuli trobita, a 1 odgovara jedinici iz trobita.

## 5 Zadatak 4.

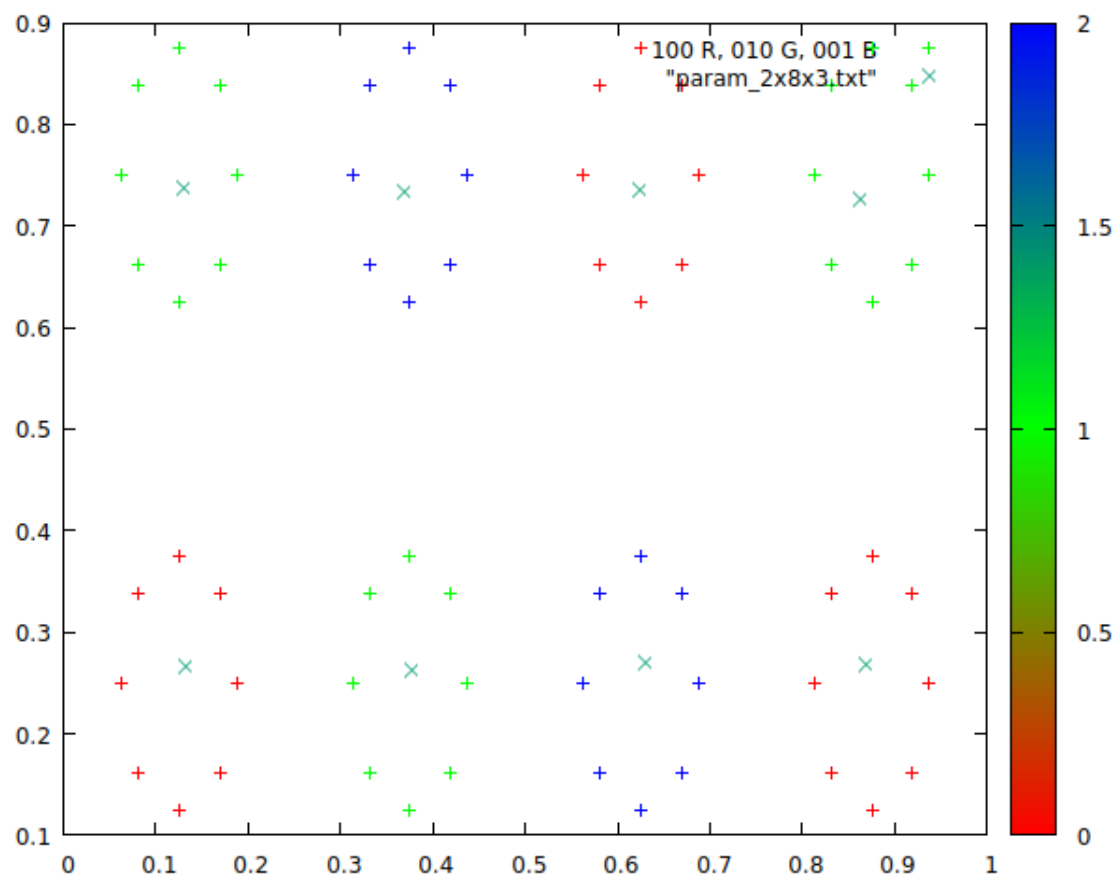
Tekst zadatka:

Naučite optimalne parametre mreže arhitekture 2x8x3. Nacrtajte novu sliku na kojoj se vide svi ulazni uzorci s indikacijom razreda te uzorci koje je GA naučio za svaki neuron tipa 1. Prokomentirajte gdje se nalaze naučeni uzorci i je li to u skladu s očekivanjem. Kakve je vrijednosti parametara  $s_i$  naučio GA? Jesu li iste za  $x$  i  $y$  komponentu ili su različite? Objasnite! Nacrtajte novu sliku na kojoj se vide svi neuroni neuronske mreže, pozicije koje su naučene u neuronima tipa 1 te vrijednosti težina za neurone tipa 2. Uočavate li kakvu pravilnost u tim težinama? Možete li je objasniti?

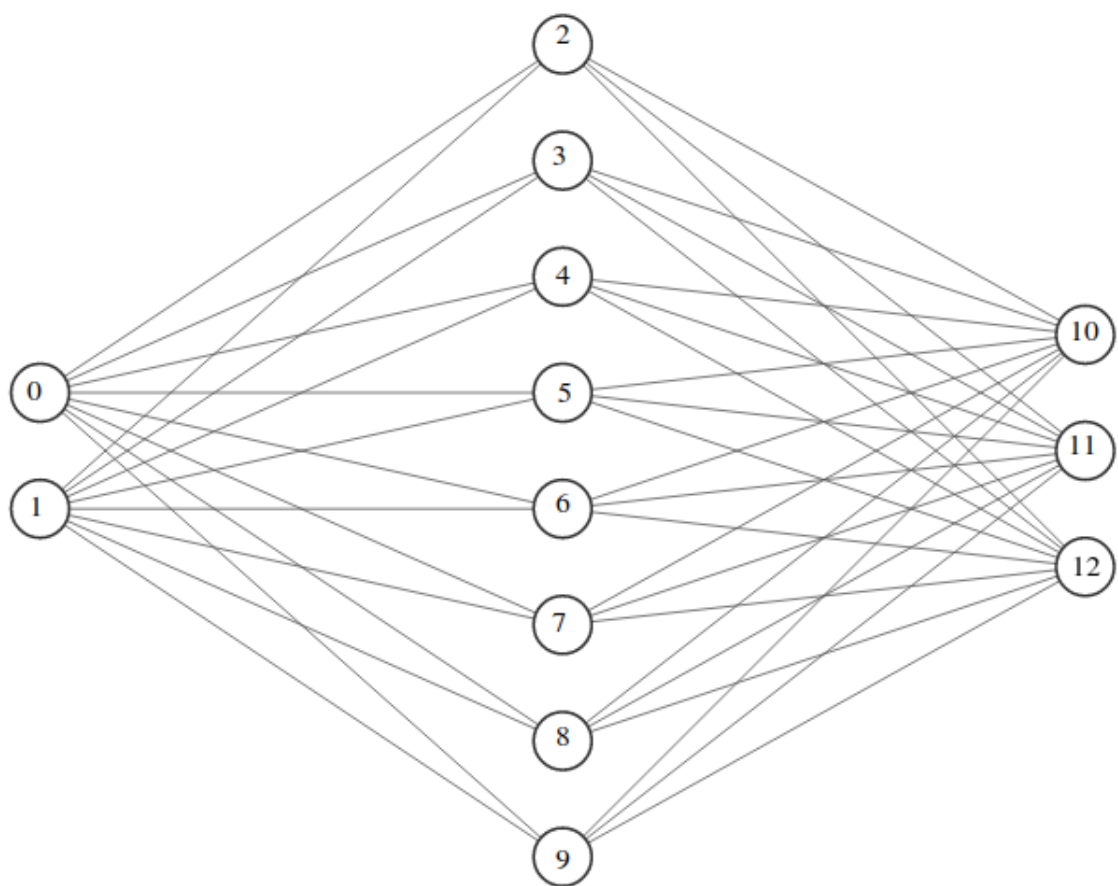
Naučeni uzorci se nalaze u centroidima svakog od osam elipsi koje se vide te je to u skladu s očekivanjem.

Parametri  $s_i$  se razlikuju za  $x$  i  $y$  komponentu. Za većinu  $x$  komponenti su pozitivne vrijednosti manje od 1, a za  $y$  komponentu su negativne vrijednosti koje su po apsolutnoj vrijednosti manje od 1.

Za očekivati je bilo da će vrijednosti parametara  $s_i$  po apsolutnoj vrijednosti biti manje od 1 jer na taj način su "osjetljivije", to jest, dopuštaju najmanje odstupanje od područja u kojem se nalaze, ako samo pogledamo sliku 1 bit će jasnije.



Slika 5: Prikaz naučenih težina za neurone tipa 1



Slika 6: Prikaz neuronske mreže bez težina (težine su nabrojane u nastavku)

Težine su navedene na sljedeći način:

U tablici, u prvom stupcu su nabrojani svi neuroni u sloju, u drugom stupcu su nabrojane sve  $w_1$  težine, u trećem stupcu sve  $s_1$  težine, u četvrtom stupcu sve  $w_2$  težine te u petom stupcu sve  $s_2$  težine za neurone tipa 1.

#	$w_1$	$s_1$	$w_2$	$s_2$
2	0.6232	-0.0863	0.7361	0.2310
3	0.3770	-0.0954	0.2629	0.1814
4	0.8615	-0.1469	0.7268	-0.3373
5	0.1312	0.0780	0.2661	0.1699
6	0.6300	-0.1017	0.2703	0.1973
7	0.1287	-0.05342	0.7375	0.1713
8	0.3684	0.1081	0.7334	-0.2741
9	0.8683	0.0984	0.2685	0.1842

Kod težina za neurone tipa 1 se uočavaju pravilnosti kod  $w_i$  težina, naime, one odgovaraju centroidima sa slike 5.

Težine za neurone tipa 2 su navedene na sljedeći način:

U prvom stupcu su nabrojani svi neuroni prethodnog sloja te 0 koja predstavlja bias. U ostalim stupcima su navedeni neuroni izlaznog sloja, a ispod njih su vrijednosti težina koje povezuju neuron u 1. retku i 1. stupcu.

#	10	11	12
2	59.2799	-42.1943	-29.6008
3	-30.4996	58.0060	-39.7237
4	-36.9878	51.1787	-55.0711
5	56.1923	-44.157	-59.9941
6	-43.9300	-13.8233	61.0039
7	-35.1350	50.1826	-22.8868
8	-18.700	-30.6800	53.8125
9	53.5321	-39.0297	12.8741
0	0.1758	-1.1306	10.1746

## 6 Zadatak 5.

Tekst zadatka:

**Naučite optimalne parametre mreže arhitekture 2x8x4x3. Je li postupak učenja trajao dulje ili kraće u odnosu na prethodnu arhitekturu? Možete li objasniti zašto? Pogledajte naučene parametre u neuronima tipa 1 za ovaj slučaj. Možete li ih objasniti?**

S obzirom na prethodnu mrežu, postupak učenja je trajao znatno duže. Dodan je još jedan sloj neurona tipa 2, što je puno više parametara za učenje, nego prethodna mreža, te zbog toga je postupak duže trajao.

Matrica mreže za neurone tipa 1 je ista kao u prethodnom zadatku.

#	$w_1$	$s_1$	$w_2$	$s_2$
2	0.6825	0.3943	0.6820	-0.8800
3	0.5977	0.2117	0.2255	-0.2043
4	0.1342	0.0790	0.2500	0.2068
5	0.8640	0.1904	0.2265	-0.1570
6	0.8143	1.3415	0.8167	0.2721
7	0.3592	-0.0814	0.7680	0.3074
8	0.1418	-0.2039	0.6152	0.3250
9	0.4942	-0.0267	0.4483	-9.4161

Naučeni parametri su malo lošiji od prethodne mreže. To se dogodilo zbog toga što ima više neurona tipa 2, te prilikom križanja se dogodilo da su se pojedini neuroni loše križali i dali lošije rezultate. To se dogodilo zbog toga što se križanje vršilo na razini elementa u polju decimalnih brojeva.

## 7 Zadatak 6.

Tekst zadatka:

**Možete li dobiti ispravnu klasifikaciju svih uzoraka u arhitekturi koja ima  $N_1 < 8$ ? Provjerite to na arhitekturi 2x6x4x3. Na kraju (uspješnog ili neuspješnog) postupka učenja pogledajte za najbolje rješenje parametre u neuronima tipa 1 za ovaj slučaj. Što smo izgubili u odnosu na mrežu iz zadatka 4?**

Probao sam ispravnu klasifikaciju dobiti na arhitekturama u kojima je  $N_1$  bio 4 i 6 i ni za jednu od te dvije arhitekture nisam uspio dobiti ispravnu klasifikaciju.

S obzirom na mrežu iz 4. zadatka smo na neki način izgubili interpretabilnost zadatka. Točnije, u mreži u 4. zadatku, svaki neuron tipa 1 se na kraju "zatekao" kao centroid podataka. Postoji osam grupica podataka, a kako smo  $N_1$  stavili da bude 8, svaki neuron je završio u svojoj grupici. Kako u ovoj arhitekturi imamo  $N_1 = 6$ , a imamo 8 grupica, svaki od 6 neurona se ne može rasporediti kao centroid svake grupice.