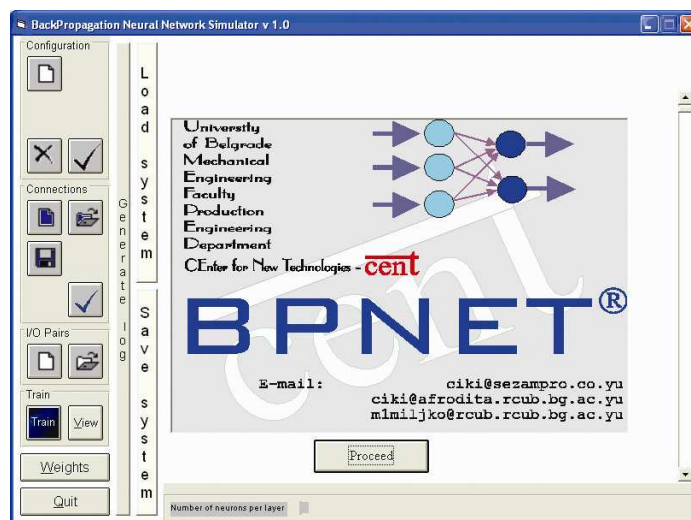


## UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE SOFTVERA BP-NET<sup>1</sup>

- Startovanje i upoznavanje sa programom BPnet

Dupli klik na ikonicu BPnet vam omogućava startovanje *BackPropagation Neural Network Simulator-a*. Radno okruženje BPnet-a je prikazano na slici 3.2.1.



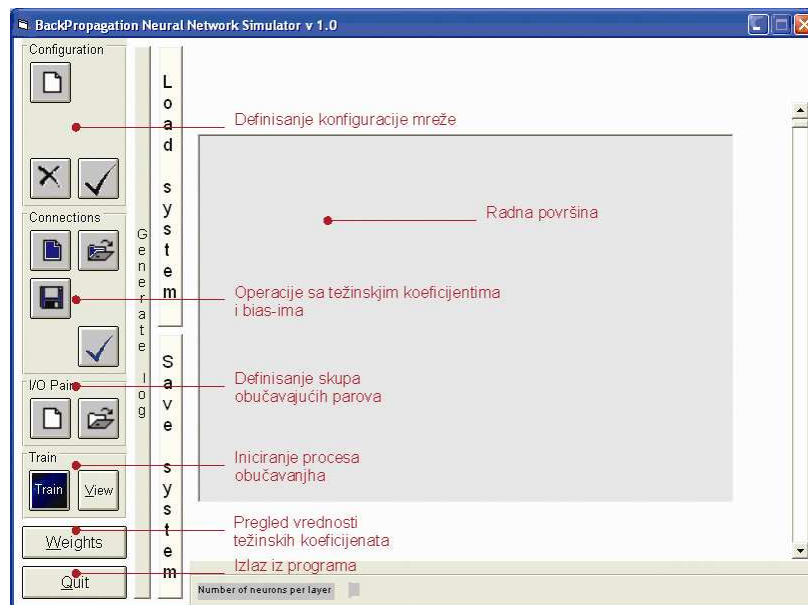
Slika 3.2.1 Radno okruženje BPnet-a

Klikom na taster  , ulazite u radni mod programa. Ukoliko želite da prekinete rad taster  omogućava izlazak iz programa. Izlazak potvrdite sa Yes



<sup>1</sup> Instalaciju softvera *BPnet* moguće je besplatno preuzeti sa sajta Katedre za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta u Beogradu: <http://cent.mas.bg.ac.rs> Nakon ostvarene konekcije potražiti link ka predmetu *Kompiuterska simulacija i veštačka inteligencija* (PRO210-0404).

- Upoznavanje sa osnovnim komandama (slika 3.2.2)



Slika 3.2.2 Osnovne komande BPnet-a

Program je koncipiran tako da postupno vodi korisnika prilikom definisanja arhitekture mreže, skupova obučavajućih parova, procedure obučavanja veštačke neuronske mreže, kao i tokom analize rezultata učenja. U skladu sa navedenim, u daljem delu teksta biće prikazan kratak opis komandi programa.

### Configuration



Generiše novu strukturu veštačke neuronske mreže;



Ova komanda omogućava brisanje odgovarajućeg broja neurona u određenom sloju;



Potvrđuje korektnost unetih podataka o arhitekturi veštačke neuronske mreže.

## Connections



Generisanje početnih vrednosti težinskih koeficijenata i vrednosti bias koeficijenata;



Ova komanda omogućava ponovno učitavanje i korišćenje prethodno snimljenih podataka o težinskim koeficijentima i bias koeficijentima;



Izvršava snimanje vrednosti težinskih koeficijenata i vrednost bias koeficijenata u nezavisni fajl;



Omogućava potvrdu generisanja – učitavanja vrednosti težinskih koeficijenata i vrednost bias koeficijenata.

## I/O Pairs



Početak unosa obučavajućih parova;



Ova komanda omogućava ponovno učitavanje i korišćenje prethodno snimljenih obučavajućih parova.

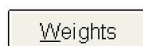
## Train



Započinje proces obučavanja veštačke neuronske mreže;



Provera obučenosti veštačke neuronske mreže (za zadate ulazne vektore);




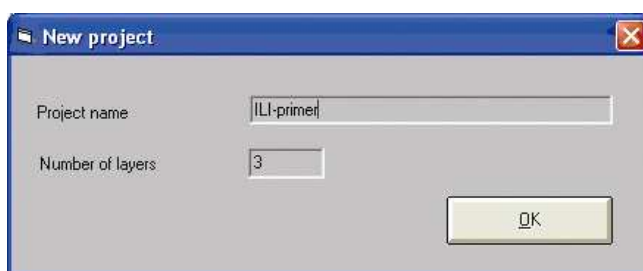
Obezbeđuje uvid u vrednosti težinskih koeficijenata i bias koeficijenata nakon obučavanja mreže.

## Rad u programu

### Definisanje broja slojeva mreže.

Kako je proces učenja najlakše sprovesti kroz primer, u toku ovog kratkog uputstva, korišćićemo BPnet u cilju generisanja mreže koja će simulirati logički operator „OR“.

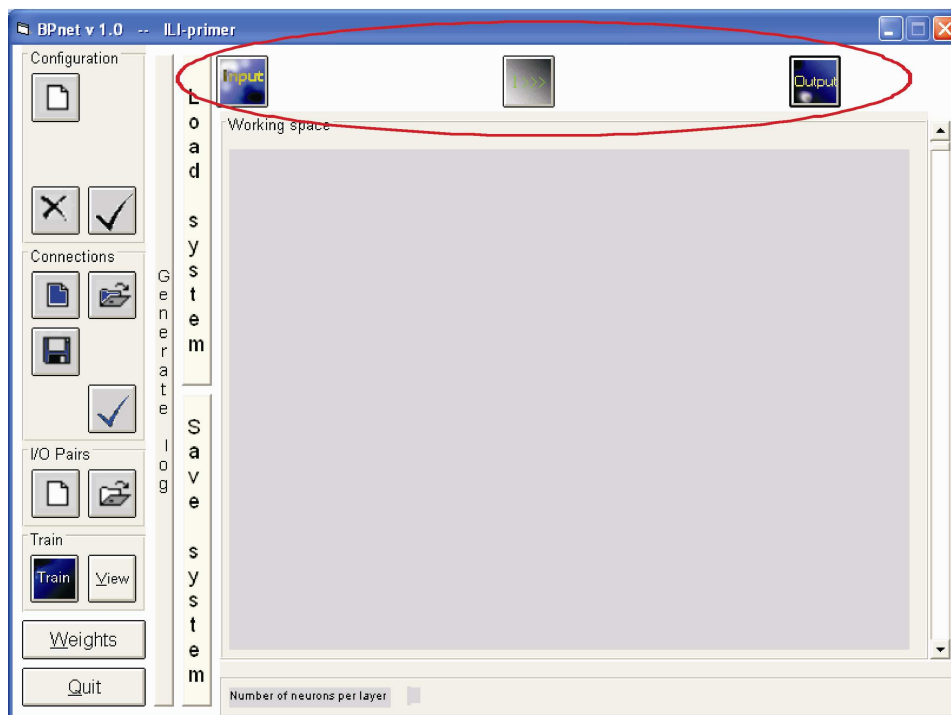
Da bi uneli broj slojeva mreže, potrebno je pritisnuti ikonicu , iz *Configuration* dela. Nakon toga, na ekranu će biti prikazan prozor sledeće sadržine (slika 3.2.3):



Slika 3.2.3 Unos naziva projekta i broja slojeva

U polju Project name unesite naziv projekta, npr. *ILI-primer*.

U polju Number of layers unesite broj slojeva mreže koji želite da unesete. Nakon unosa, pritisnite dugme OK da biste nastavili sa radom. Pri tome se na vrhu ekrana pojavljuju novi kontrolni dugmići, čiji broj zavisi od broja slojeva mreže koji ste uneli. Na slici 3.2.4 prikazan je korisnički prozor gde se u gornjem delu može videti broj unetih slojeva veštačke neuronske mreže.



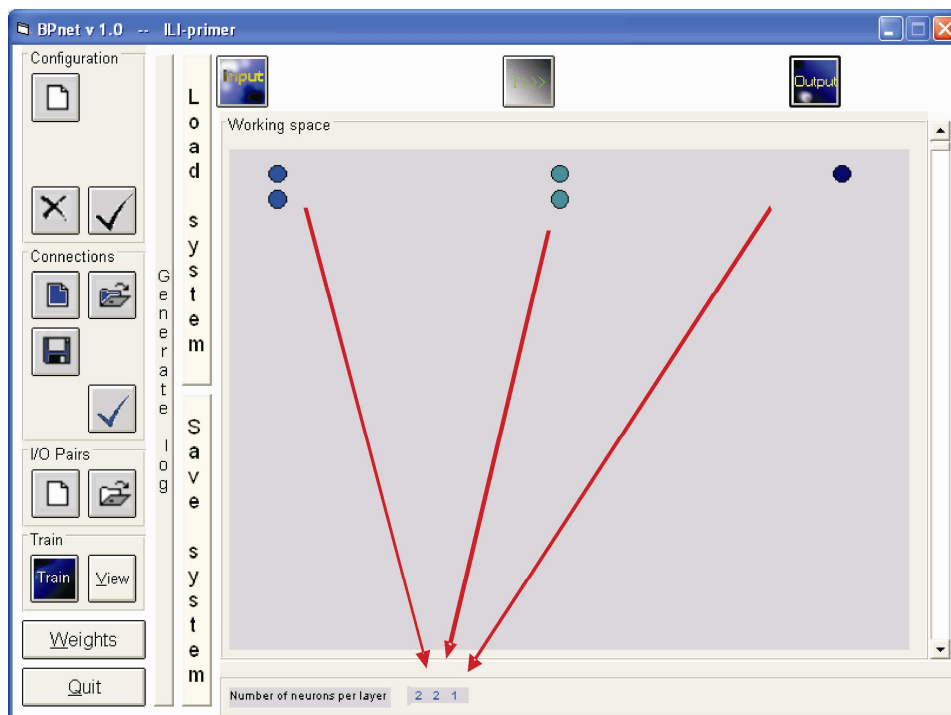
*Slika 3.2.4 Prikaz broja unetih slojeva*

Mreža mora da ima od 3 – 9 slojeva. Broj slojeva je celobrojna vrednost.

Ukoliko ste pogrešili broj slojeva, potrebno je izaći iz programa i ponovo ga pokrenuti.


Broj neurona u sloju definišemo pritiskom levog tastera miša na novopojavljene dugmiće. U statusnoj liniji prikazuje se broj unetih neurona po slojevima (slika 3.2.5).

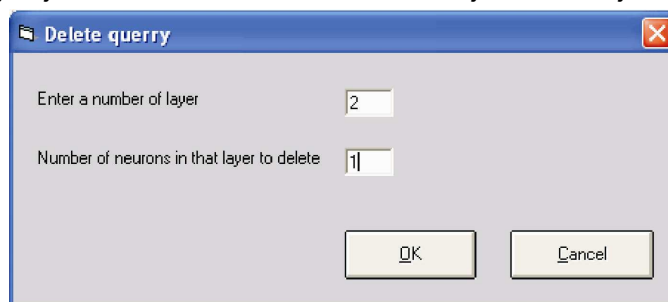
U skladu sa do sada iznetim konstatacijama, potrebno je definisati mrežu sa dva neurona u ulaznom sloju, jednim neuronom u skrivenom sloju i jednim neuronom u izlaznom sloju.



Slika 3.2.5 Unos broja neurona

Pažljivim pogledom na sliku 3.2.5 može se primetiti da je unesen jedan neuron više u drugom sloju. Da bi određen broj neurona iz određenog sloja bio obrisani, odaberite

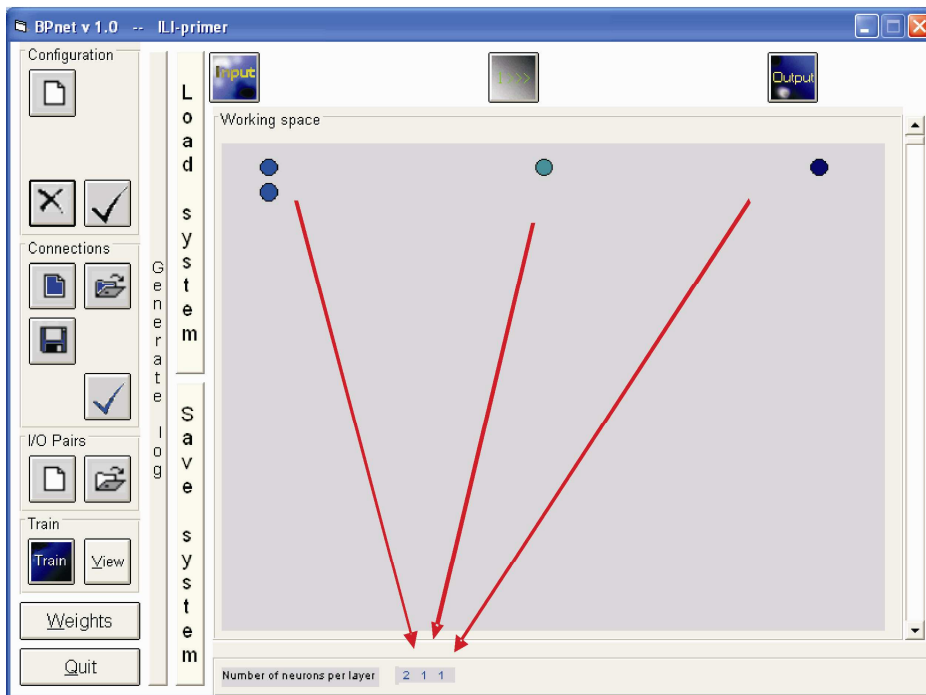
ikonice  iz dela *Configurations*. Nakon toga, u prozoru koji je prikazan na slici 3.2.6 uneti redni broj sloja u kome treba obrisati neuron i broj neurona koji treba ukloniti:



Slika 3.2.6 Promena broja neurona u odgovarajućem sloju

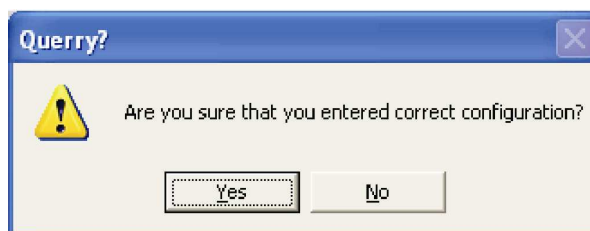
U polju Enter a number of layer unesite redni broj sloja iz koga želite da obrišete neurone.

U polju *Number of neurons in that layer to delete* unesite broj neurona koji želite da obrišete. Potvrdite izbor na tasteru OK. Ukoliko ste proces sproveli do kraja, na ekranu bi trebalo da vam se pojavi prozor kao na slici 3.2.7.



Slika 3.2.7 Prikaz broja neurona nakon izvršene promene


Odabirom ikonice  iz dela *Configurations* prelazi se u naredni deo programa, gde se vrši unos podataka o težinskim koeficijentima. Na ekranu se pojavljuje prozor *Query* (slika 3.2.8).

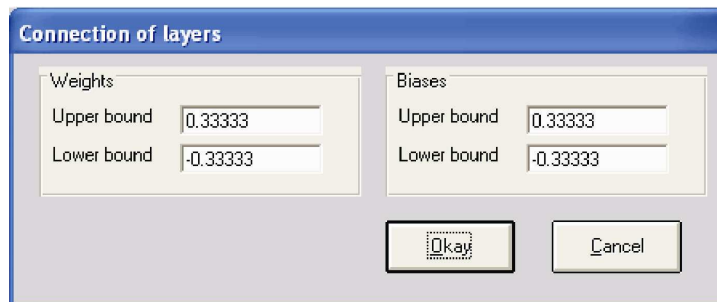


Slika 3.2.8 Provera unete arhitekture

Ovo je poslednja prilika da potvrdite da li ste definisali željenu arhitekturu mreže. Odabirom opcije Yes nastavljate ka sledećem koraku – rad sa težinskim koeficijentima.

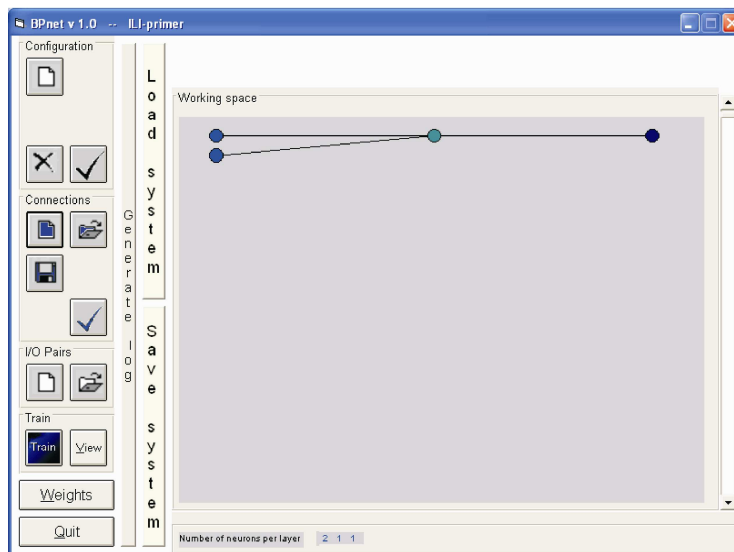
### Definisanje težinskih koeficijenata

Odabirom ikone  iz dela *Connections* pojavljuje se prozor u kome su definisane gornje i donje granice za početne vrednosti težinskih koeficijenata i bias neurona (slika 3.2.9):




Slika 3.2.9 Početne vrednosti težinskih koeficijenata

Same vrednosti težinskih koeficijenata biće kreirane kao realni slučajni brojevi, u zahtevanim granicama. Da biste inicirali pomenute vrednosti, kliknite na dugme Okay. Naredni ekran koji treba da se pojavi izgleda kao na slici 3.2.10:




Slika 3.2.10 Prikaz formirane neuronske mreže


## Snimanje vrednosti težinskih koeficijenata

Ukoliko želite da snimate vrednosti težinskih koeficijenata u fajl koji kasnije možete obrađivati, potrebno je izvršiti sledeći niz operacija: kliknite na ikonicu sa oznakom  iz dela *Connections*. Fajl koji želite da snimate će biti formiran u WEI ekstenziju. U polje File name unesite naziv fajla u kome će se nalaziti zahtevani podaci.

## Učitavanje ranije snimljenih podataka o težinskim koeficijentima

Da biste učitali podatke o ranije snimljenim težinskim koeficijentima, odaberite ikonicu  iz dela programa *Connections* i potražite željeni fajl u odgovarajućem direktorijumu. Odabir fajla potvrdićete pritiskom na dugme Open.

Možete učitati samo fajl sa podacima o težinskim koeficijentima identične strukture mreže kao što je mreža sa kojom radite!

Nastavak rada ka definisanju obučavajućih parova je omogućen, odabirom ikonice  iz dela programa *Connections*.

## Skup obučavajućih vektora

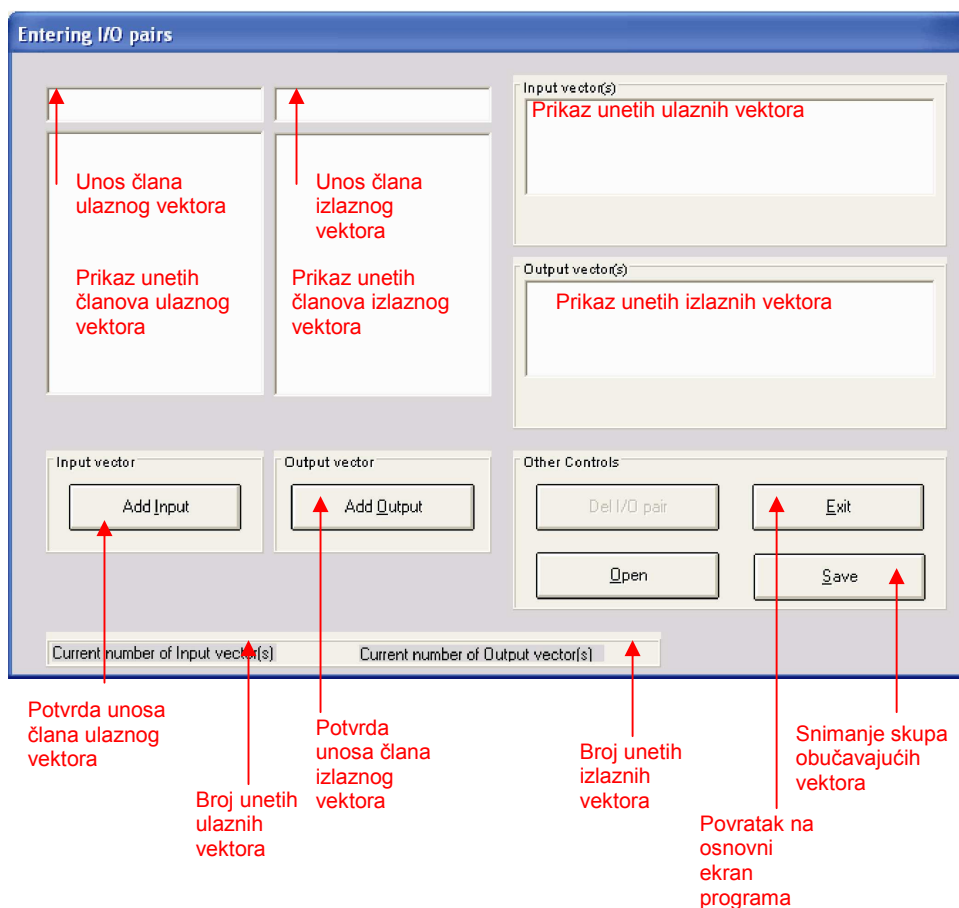
Kao što je već naglašeno, u cilju potpunog prikaza mogućnosti softvera prikazaćemo modeliranje funkcije logičko „OR“ (tabela 3.2.1).

Tabela 3.2.1 Logičko ILI

Rb.	Ulaz		Izlaz	Ulaz		Izlaz
	Prvi	Drugi		Prvi	Drugi	
1.	True	True	True	1	1	1
2.	True	False	True	1	0	1
3.	False	True	True	0	1	1
4.	False	False	False	0	0	0

Bitno je da broj ulaznih vektora odgovara broju izlaznih, tj. da postoji uređeni par ulaz - izlaz.

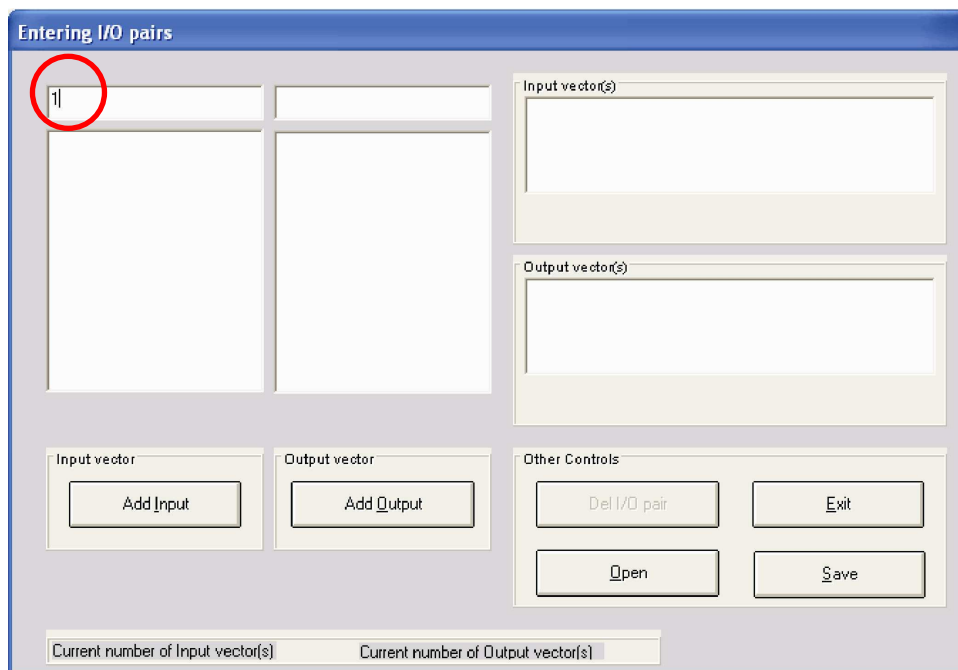
Objašnjenje funkcionalnih delova ekrana za unos podataka o obučavajućim parovima dato je na slici 3.2.11:



Slika 3.2.11 Unos ulaznih i izlaznih vrednosti

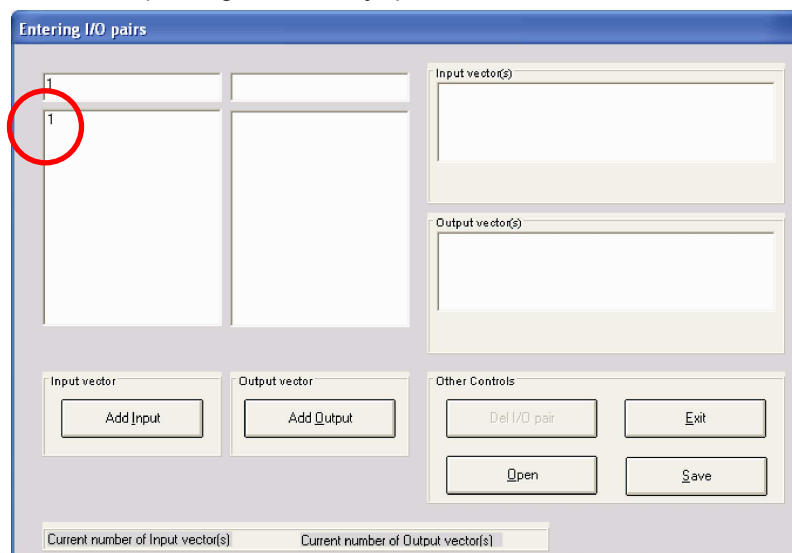
Postupak unosa članova obučavajućih vektora, kako ulaznih tako i izlaznih je identičan, samo što se izvršava u odgovarajućim poljima za ulazne vektore – polje *Input vectors* i izlazne – polje *Output vectors*. Samim tim, nije potrebno posebno objašnjavati način unosa ponaosob, tako da će proces biti pojašnjen isključivo za ulazne vektore.

Kliknite mišem u polje *Unos člana ulaznog vektora* sa gornje slike, tako da kursor počne da trepti. Upišite prvi član prvog vektora prethodne tabele u navedeno polje. Ekran treba da izgleda kao na slici 3.2.12.



*Slika 3.2.12 Postupak unosa elemenata vektora*

Zatim pritisnite *Add Input*. Izgled ekrana je prikazan na slici 3.2.13:

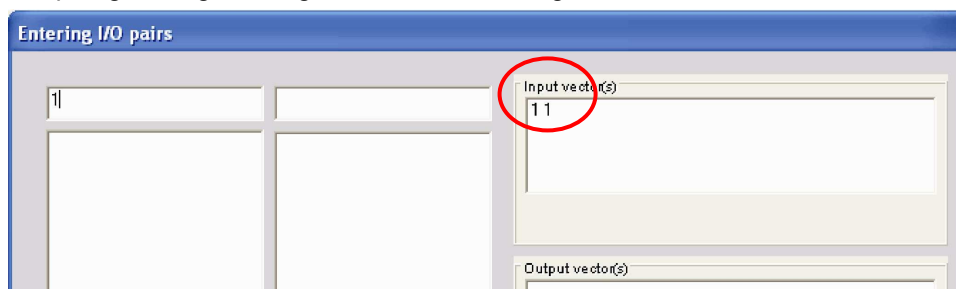


*Slika 3.2.13 Izgled ekrana nakon unosa prvog elementa ulaznog vektora*

Uokvirena jedinica predstavlja prvi član, prvog ulaznog vektora iz pomenute tabele, koju je sistem identifikovao. Na taj način objašnjeno je kako se unose članovi vektora jedan za drugim.

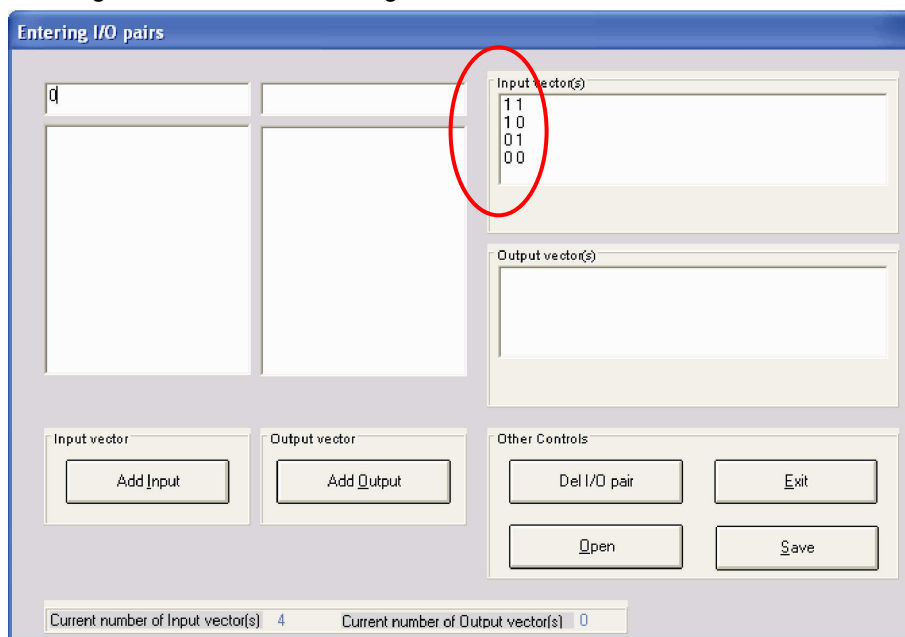
Ukoliko je greškom pogrešno unet neki od članova, potrebno je pozicionirati pokazivač miša na taj član unutar površi gde su prikazani uneti članovi ulaznog vektora, a zatim treba dva puta pritisnuti levi taster na mišu. Odabrani element će biti izbrisan iz liste.

Nakon prvog unetog ulaznog vektora, ekran će izgledati kao na slici 3.2.14:



Slika 3.2.14 Prvi ulazni vektor

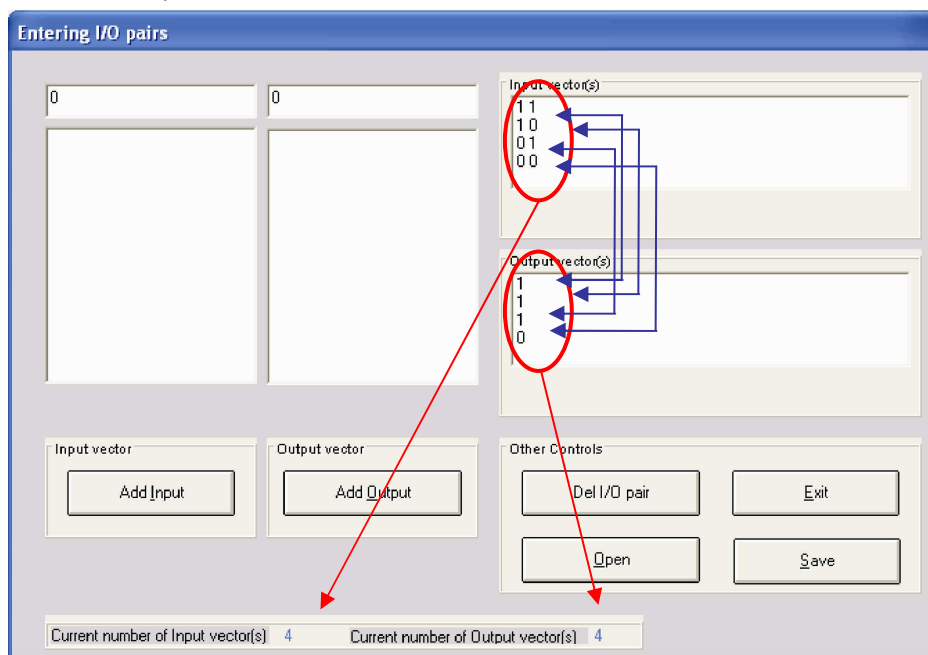
Nastavite proceduru unosa ulaznih vektora tako da bi, nakon završetka unosa ulaznih vektora, izgled ekrana trebalo da izgleda kao na slici 3.2.15:



Slika 3.2.15 Prikaz unetih ulaznih vektora

Procedura kojom se vrši unos izlaznih vektora je identična kao za unos ulaznih vektora, samo što umesto dugmeta *Add Input* treba pritisnuti dugme *Add Output*.

Ukoliko ste sve odradili kako je trebalo, nakon završetka unosa izlaznih vektora, sistem bi trebalo da prikaže ekran kao na slici 3.2.16.



Slika 3.2.16 Ulazni i izlazni vektori

### Snimanje i učitavanje obučavajućeg skupa

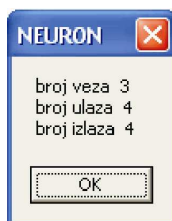
Ove operacije se izvode isto kao i prethodno opisane operacije snimanja i učitavanja težinskih koeficijenata. Da bi proces snimanja obučavajućeg skupa bio iniciran, potrebno je kliknuti na dugme *Save*, dok se učitavanje obučavajućeg skupa vrši pritiskom na dugme *Open* ekrana prikazanog na slici 3.2.16.

Možete učitati samo onaj skup obučavajućih vektora koji po broju članova ulaza i izlaza odgovaraju strukturi mreže koju definišete.


Ekstenzija fajlova koji sadrže skup obučavajućih vektora je *IOV*.

## Obučavanje veštačke neuronske mreže

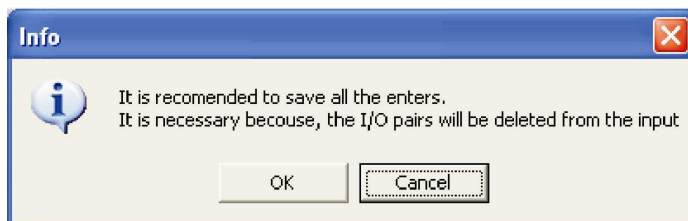
Klikom na dugme *Exit* prozora za definisanje skupa obučavajućih vektora, pojavljuje se prozor koji vam saopštava osnovne podatke o mreži koju ste do tada definisali (slika 3.2.17).



Slika 3.2.17 Osnovne informacije o formiranoj veštačkoj neuronskoj mreži

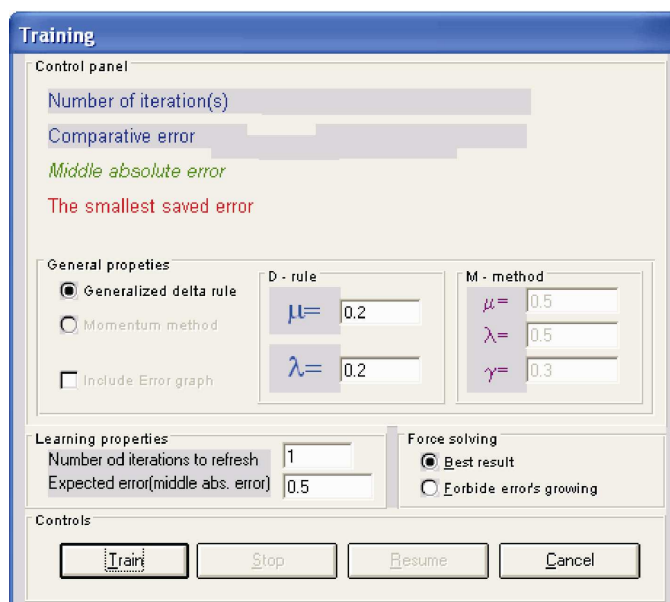
Proces obučavanja veštačke neuronske mreže započinje klikom na dugme *OK* pomenutog dialoga, a zatim na ikonicu .

Naredni prozor (slika 3.2.18) sadrži podsetnik s ciljem da vas obavesti da je sa stanovišta sigurnosti preporučljivo izvršiti snimanje obučavajućih vektora, ukoliko to još niste uradili.



Slika 3.2.18 Napomena o potrebi memorisanja unetih ulazni-izlaznih parova

Nakon toga, pojavljuje se prozor na ekranu koji omogućava definisanje parametara (konstanti) kojima utičete na proces obučavanja mreže, kao i vrednost greške, koja predstavlja uslov za zaustavljanje iterativnog procesa obučavanja. Prozor je prikazan na slici 3.2.19.



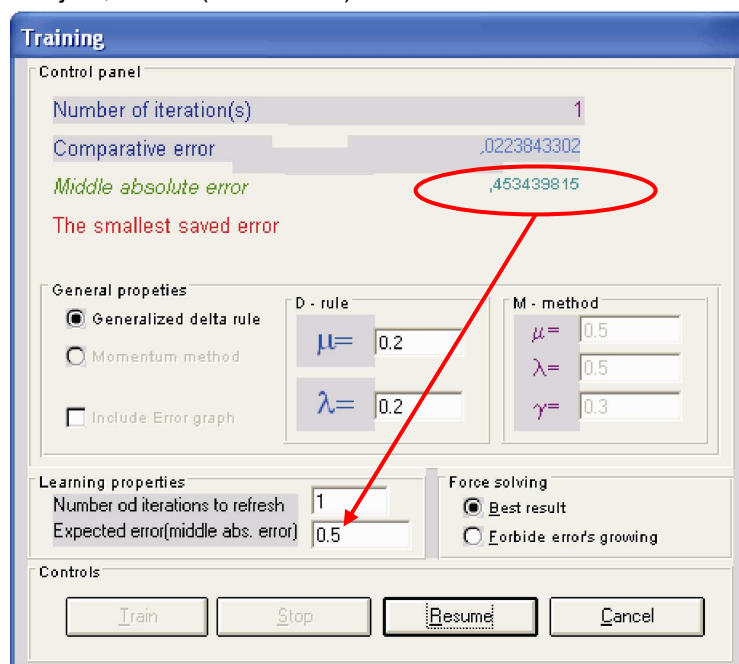
Slika 3.2.19 Unos parametara učenja i očekivane vrednosti greške

Opis parametara prikazanih na slici 3.2.19 dat je u tabeli 3.2.2:

Tabela 3.2.2 Opis osnovnih parametara

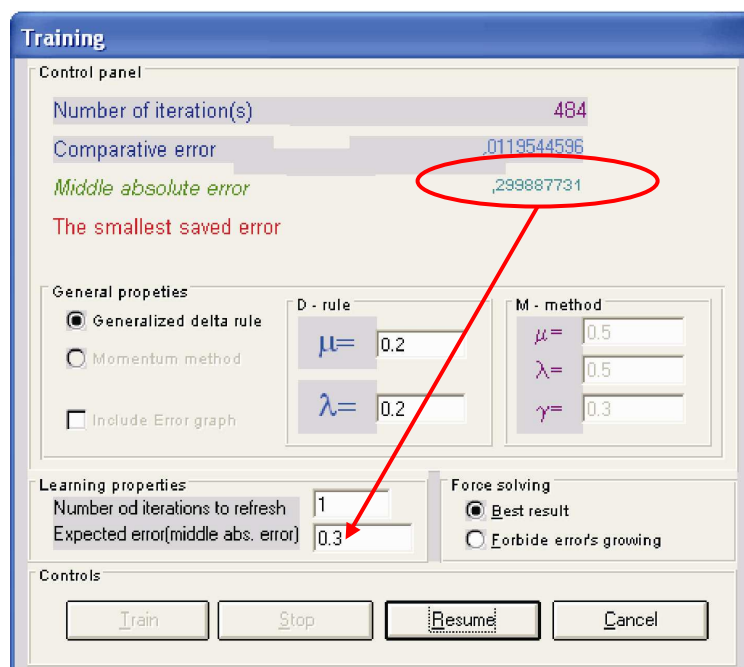
Naziv polja	Opis polja
Number of iteration(s)	U toku procesa obučavanja prikazuje broj iteracija
Comparative error	Komparativna greška
<i>Middle absolute error</i>	Srednja apsolutna greška
The smallest saved error	Najmanja snimljena greška
$\mu=$	Parametar obučavanja
$\lambda=$	Parametar obučavanja
Number of iterations to refresh	Broj iteracija posle koga se osvežava ispis trenutnih grešaka
Expected error	Očekivana (željena) greška.

Jasno je da program omogućava nekoliko načina praćenja procesa obučavanja, preko vrednosti grešaka koje se javljaju. Sa druge strane, budući da je u ovom modulu implementirano generalisano delta pravilo, koeficijenti (parametri) obučavanja se definišu prema preporukama koje za taj način obučavanja mreže važe. Da bi se inicirao proces obučavanja za vrednost parametara  $\lambda = \mu = 0,2$ , i za očekivanu grešku od 0,5, potrebno je aktivirati opciju *Train* na prozoru koji je prikazan na slici 3.2.19. Nakon toga, program će početi proces modifikacije nepoznatih parametara koji će biti prekinut onog trenutka kada srednja apsolutna greška bude manja od 0,5, kao na slici 3.2.20. U ovom slučaju nakon prve iteracije pronađeno je rešenje. Željena vrednost je 0,5, a postignuta vrednost greške je 0,4534... (slika 3.2.20).



Slika 3.2.20 Prozor u kome se nadgleda obučavanje veštačke neuronske mreže

Program omogućava dve mogućnosti, da odabirom dugmeta *Resume* (slika 3.2.20), uz prethodno promenjene uslove obučavanja (npr. snižena vrednost greške na 0,3) nastavimo proces obučavanja, ili da odabirom dugmeta *Cancel*, izađemo iz dela programa u kome se vrši proces obučavanja mreže. Razmotrićemo prvi slučaj – pooštavanje uslova istreniranosti mreže, zadavanjem granice od 0,3 i klikom na *Resume*. Posle par sekundi, veštačka neuronska mreža je ponovo došla na nivo greške ispod zahtevane (0,3) što se može videti na slici 3.2.21:

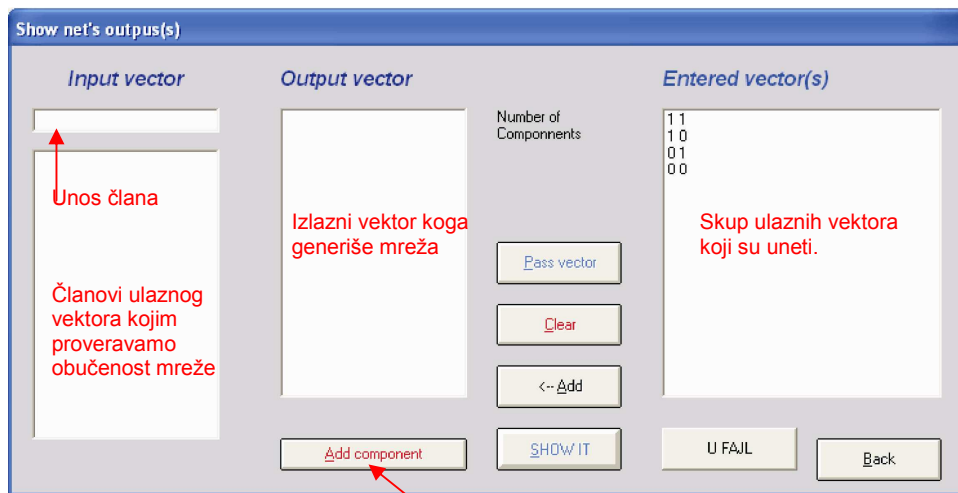


Slika 3.2.21 Prikaz vrednosti greške

U cilju provere obučenosti formirane veštačke neuronske mreže potrebno je pritisnuti dugme *Cancel*, a nakon toga dugme  iz palete *Train*.

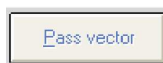
### Verifikacija obučenosti mreže

Ekran koji se pojavljuje nakon sprovedenog niza komandi dat je na slici 3.2.22:



Potvrda unosa člana

Slika 3.2.22 Verifikacija obučenosť veštačke neuronske mreže nakon sprovedenog procesa učenja



Za uneti ulazni vektor vrši njegovo procesiranje i prikazivanje izlaza iz veštačke neuronske mreže;





Briše uneti ulazni vektor;

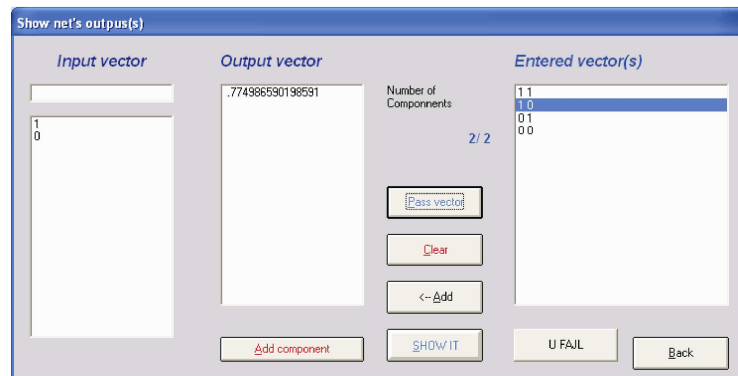


Za prethodno odabrani vektor iz ulaznog obučavajućeg skupa vektora aktivira procesiranje i generiše rezultate;



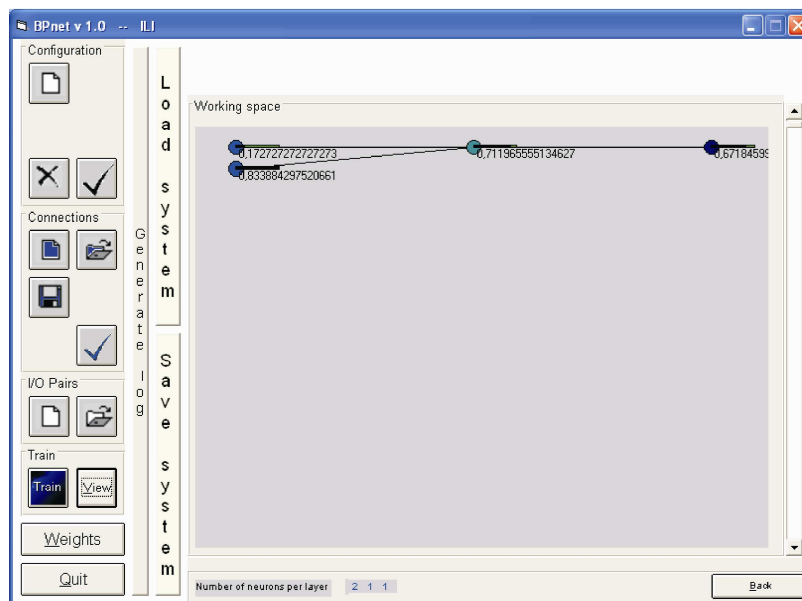
Grafički prikaz pobuđenosti neurona.

U polju *Skup ulaznih vektora koji su uneti* (slika 3.2.22) odaberimo vektor [1 0] (drugi vektor), zatim pritisnuti , a nakon toga . Program će u polju *Izlazni vektor koji generiše mreža* prikazati rezultat kao na slici 3.2.23:



Slika 3.2.23 Prikaz generisanih vrednosti

Sistem je umesto zahtevanog izlaza 1, prikazao izlaz 0,77498.... što se može videti na slici 3.2.23. Da bi procesirali treći vektor, [0 1], potrebno je obrisati unete podatke sa dugmetom  (slika 3.2.23), i ponoviti proceduru. Mreža generiše neki drugi izlaz. Za grafički prikaz pobuđenosti neurona po slojevima za konkretni ulazni vektor (pobudu), pritisnite . Na slici 3.2.24 prikazan je izgled prozora koji prikazuje pobuđenost neurona.



Slika 3.2.24 Grafički prikaz pobuđenosti neurona

Dugme *Back* (u donjem desnom uglu - slika 3.2.24) vodi natrag u prozor za proveru obučenosti mreže, iz koga se izlazi pritiskom na dugme *Back*.

