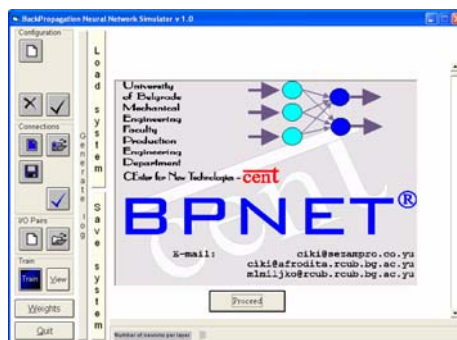


**UNIVERZITET U BEOGRADU – MAŠINSKI FAKULTET
KATEDRA ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO**

**UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE SOFTVERA
BP-NET**

BackPropagation Neural Network Simulator v1.0



**Prof. dr Zoran Miljković, dipl.inž.maš.
Ivan Lazarević, dipl.inž.maš.**

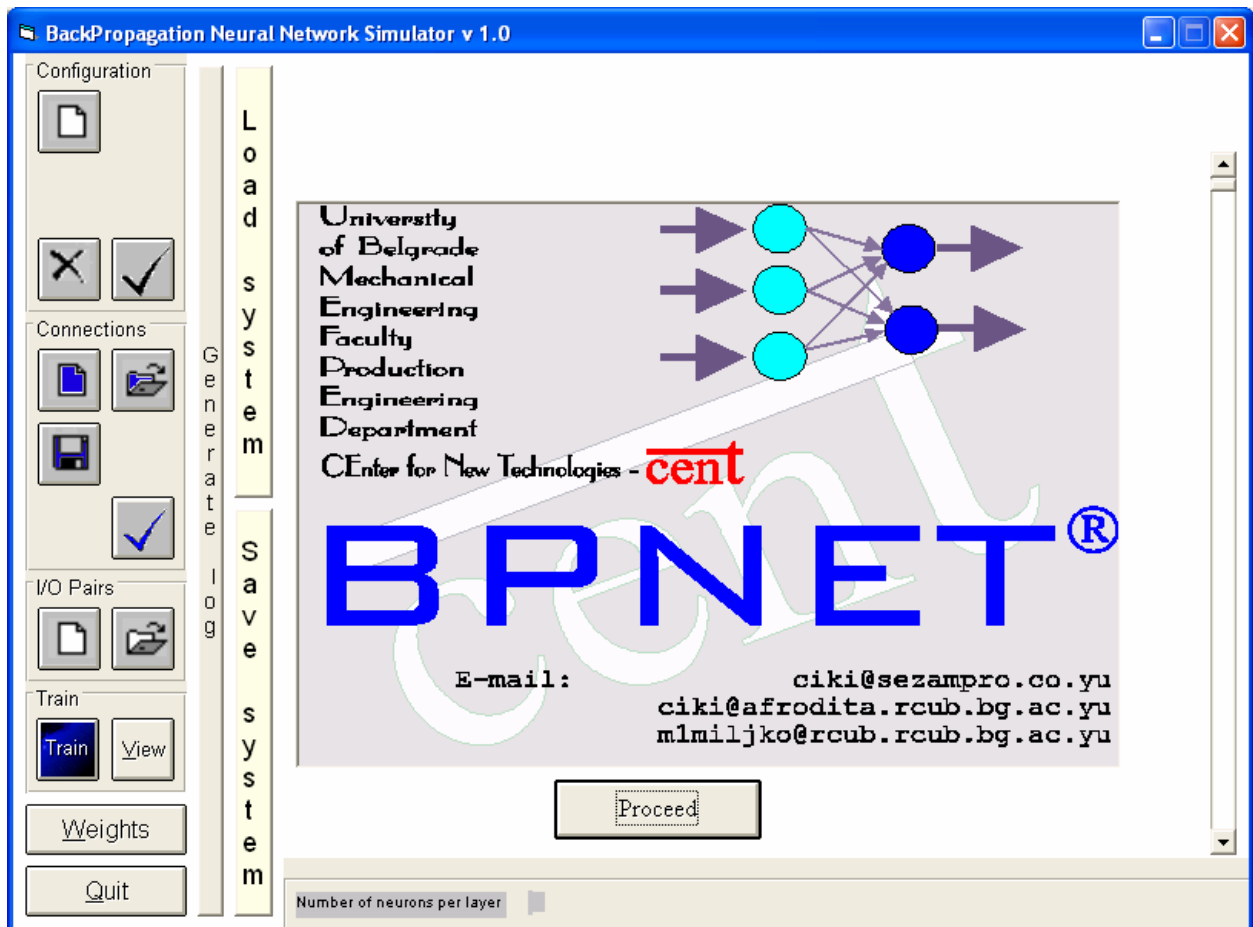
Beograd, april 2007.

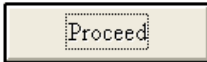
SADRŽAJ

Startovanje i upoznavanje sa programom BPnet	3
Izlaz iz programa	3
Upoznavanje sa komandama	4
Osnovni delovi programa	4
Configuration	4
Connections	5
I/O Pairs	5
Train	5
Rad sa programom	6
Definisanje broja slojeva mreže	6
Definisanje težinskih koeficijenata	8
Snimanje vrednosti težinskih koeficijenata	10
Učitavanje ranije snimljenih podataka o težinskim koeficijentima	10
Definisanje obučavajućih vektora	11
Skup obučavajućih vektora	11
Snimanje i učitavanje obučavajućeg skupa	15
Treniranje mreže	16
Pregled obučenosti mreže	19

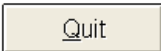
Startovanje i upoznavanje sa programom BPnet

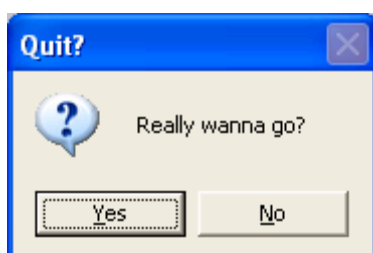
Dupli klik na ikonicu Bpnet vam omogućava startovanje *BackPropagation Neural Network Simulator-a*.



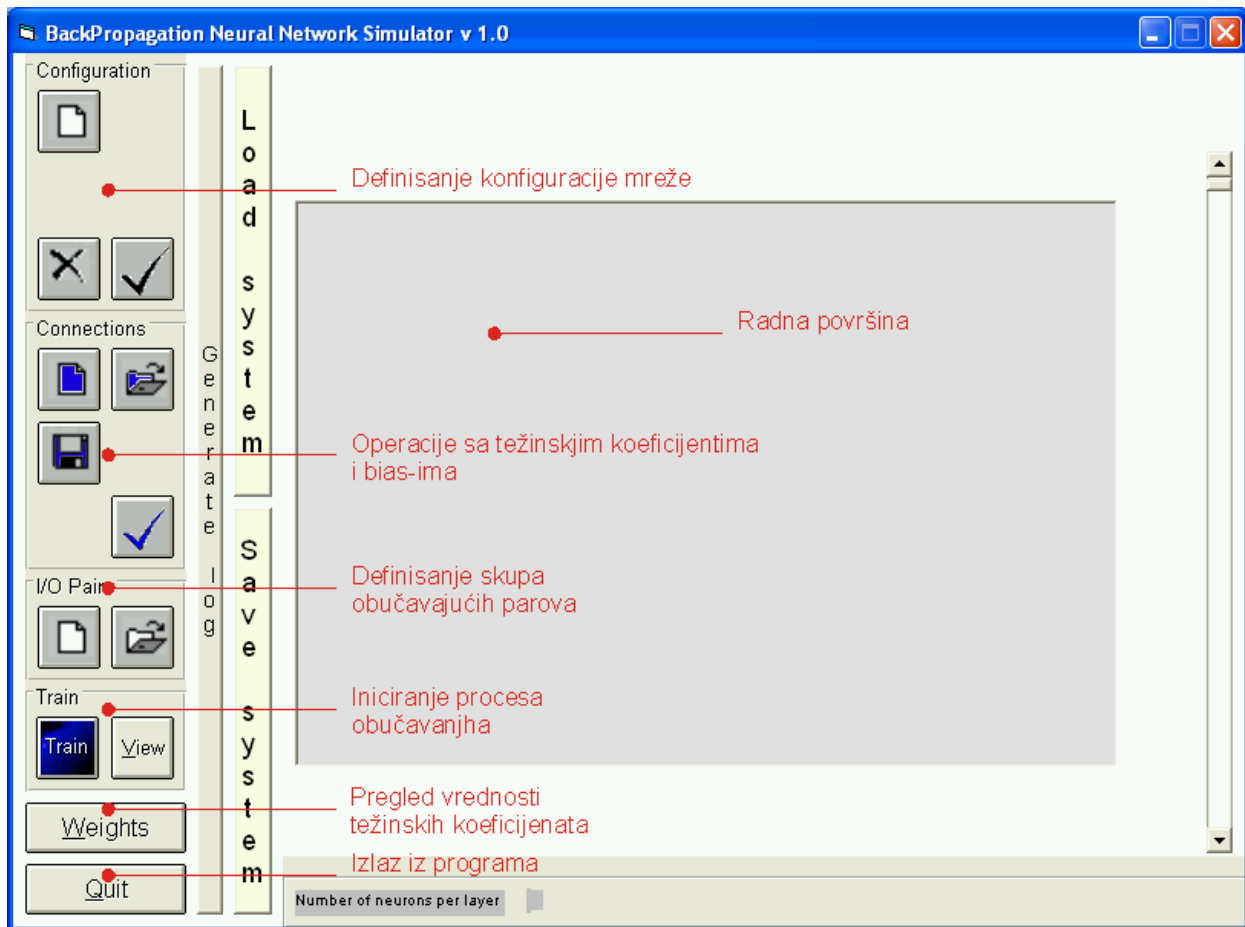
Klikom na taster  , ulazite u radni mod programa. Osnovni delovi programa su prikazani na sledećoj slici.

Izlaz iz programa

Ukoliko želite da prekinete rad sa programom, potrebno je kliknuti na taster  . Na sledećem prozoru, potvrdite odabir na dugme Yes.



Upoznavanje sa komandama



Osnovni delovi programa

Program je koncipiran tako da postupno vodi korisnika prilikom definisanja arhitekture mreže, skupova obučavajućih parova, treniranja mreže i analize. U skladu sa navedenim, u daljem delu teksta biće prikazan kratak opis komandi programa.

Configuration



Klikom na ovu ikonu, inicirate generisanje nove strukture mreže.



Ova komanda omogućava vam da obrišete odgovarajući broj neurona u određenom sloju



Ovom komandom izvršavate potvrdu da ste konkretno uneli podatke o arhitekturi neuronske mreže.

Connections



Klikom na ovu ikonu, inicirate generisanje početne vrednosti težinskih koeficijenata i vrednost bias koeficijenata.



Ova komanda omogućava vam da ranije snimljene podatke o težinskim koeficijentima i bias koeficijentima učitate i koristite.



Ovom komandom izvršavate snimanje vrednosti težinskih koeficijenata i vrednost bias koeficijenata u nezavisni fajl.



Ova komanda vam omogućava potvrdu generisanja – učitavanja vrednosti težinskih koeficijenata i vrednost bias koeficijenata.

I/O Pairs



Klikom na ovu ikonu, inicirate započinjanje unosa obučavajućih parova.



Ova komanda omogućava vam da ranije snimljene podatke o obučavajućim parovima učitate i koristite.

Train



Klikom na ovu ikonu, inicirate započinjanje procesa treniranja mreže.



Ova komanda omogućava vam da proverite koliko je mreža utrenirana, tj. za proizvoljen zadate ulazne vektore kakav proizvod generiše.




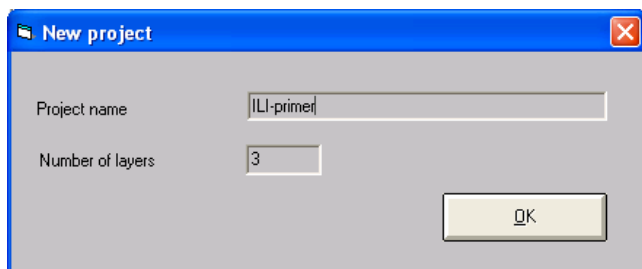
Ova komanda omogućava vam uvid u vrednosti težinskih koeficijenata i bias koeficijenata nakon treniranja mreže.

Rad sa programom

Definisanje broja slojeva mreže.

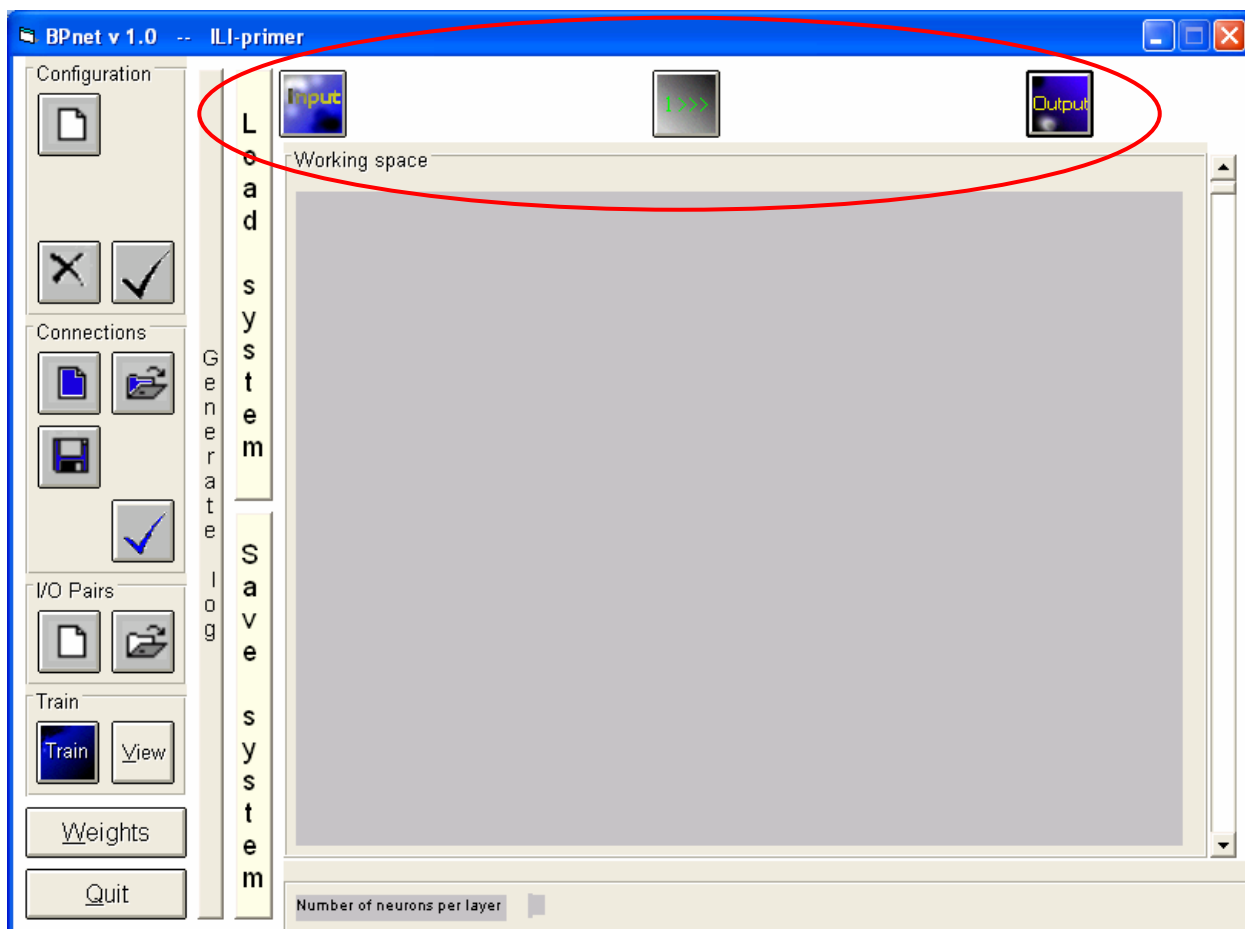
Kako je proces učenja najlakše sprovesti kroz primer, u toku ovog kratkog uputstva, koristiće se Bpnet u cilju generisanja mreže koja će simulirati logički operator „OR“.

Da bi ste uneli broj slojeva mreže, kliknite na ikonicu , dela *Configuration*. Nakon toga, na ekranu se prikazuje sledeći prozor:



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, stisnite dugme OK da bi ste nastavili sa radom. Pri tome se na vrhu ekrana pojavljuju novi kontrolni dugmići, čiji broj zavisi od broja slojeva mreže koji ste uneli.





Mreža mora da ima od 3 – 9 slojeva, unetih kao celobrojnu vrednost.

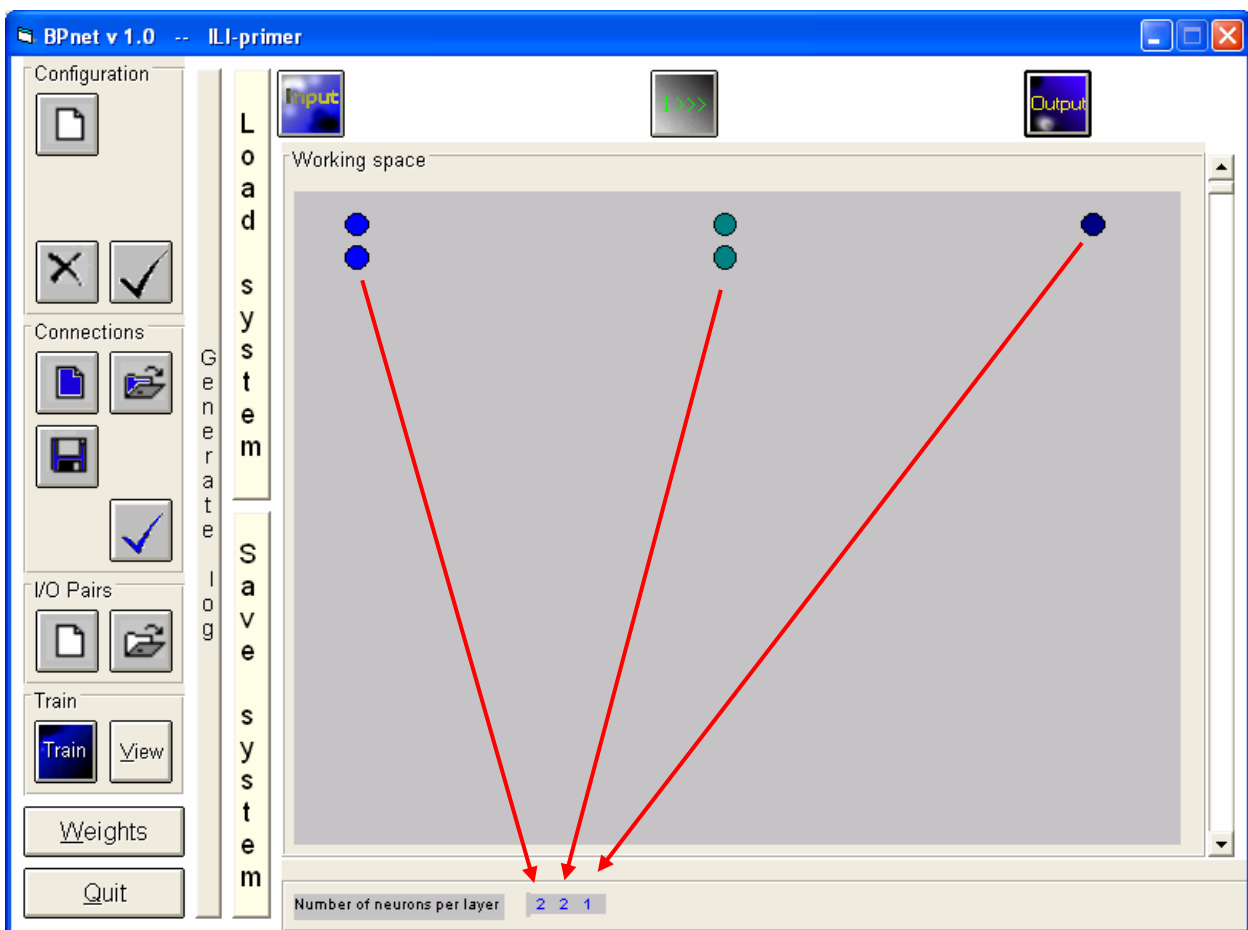



Ukoliko ste pogrešili broj slojeva, potrebno je izaći iz programa, i ponovo ga restartovati.

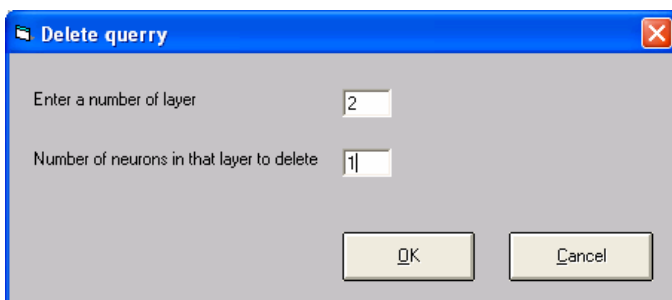


Broj neurona u sloju definišete stiskom levog tastera na novopojavljene dugmiće. U statusnoj liniji vam se prikazuje broj unetih neurona po slojevima.

U skladu sa do sada iznetim konstatacijama, potrebno je definisati mrežu sa 2 neurona u ulaznom sloju, 1 neuron u srednjem sloju i 1 neuron u izlaznom sloju.

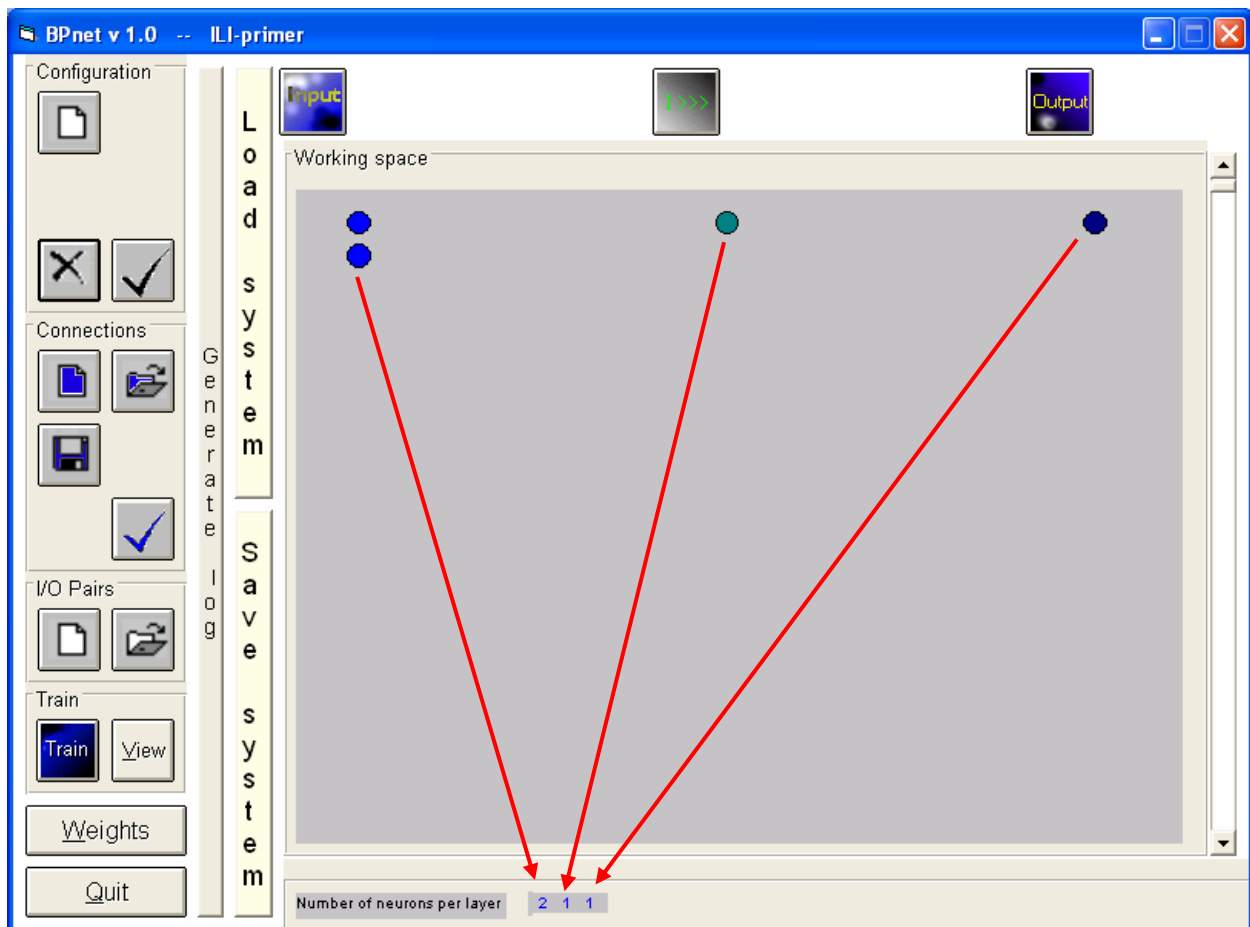


Pažljivim pogledom na gornju sliku možete uvideti da je unesen jedan neuron više u drugom sloju. Da bi ste obrisali određen broj neurona iz određenog sloja, odaberite ikonicu  iz dela *Configurations*. Nakon toga se pojavljuje sledeći prozor:

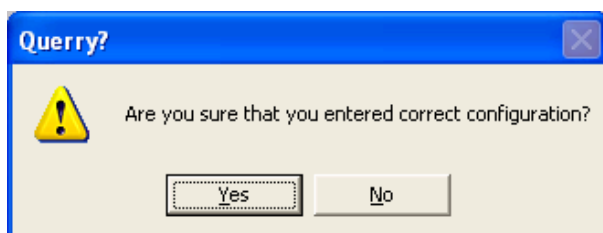


U polju Enter a number of layer unesite broj sloja iz koga želite da obrišete neurone.

U polju Number of neurons in that layer to delete unesite broj neurona koji želite da obrišete. Potvrdu ćete uraditi na taster OK. Ukoliko ste proces sproveli do kraja, na ekranu bi trebalo da vam se pojavi sledeći prozor.



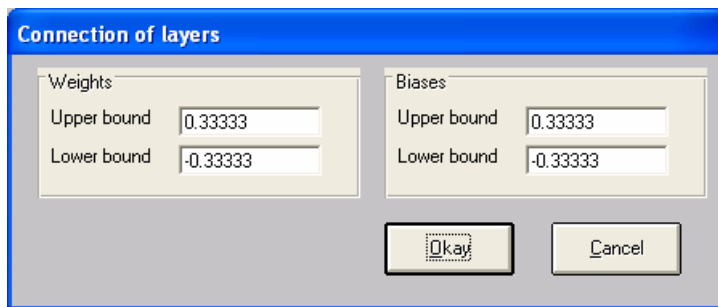
Odabirom ikonice iz dela *Configurations* prelazi se u naredni deo programa, gde se vrši unos podataka o težinskim koeficijentima.



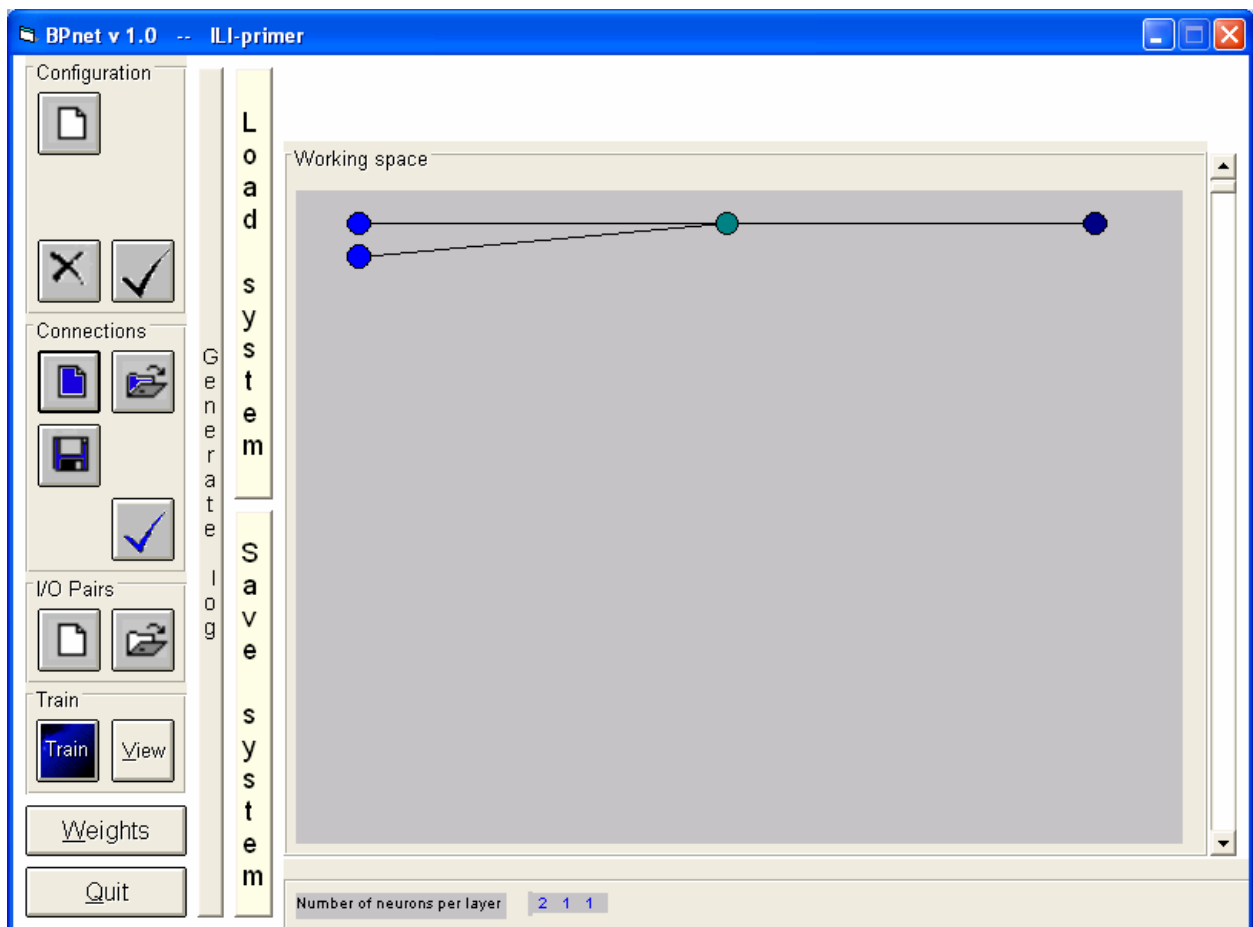
Poslednja prilika da potvrdite da li ste definisali željenu arhitekturu mreže. Odabirom opcije Yes, nastavljate ka sledećem koraku – rad sa težinskim koeficijentima.

Definisanje težinskih koeficijenata

Odabirom ikonice  iz dela *Connections* pojavljuje se prozor sledeće sadržine:



Vrednosti koje su prikazane, predstavljaju preporuku iz literature. Same vrednosti težinskih koeficijenata biće kreirane kao realni slučajni brojevi, u zahtevanim granicama. Da bi ste inicirali pomenute vrednosti, kliknite na dugme Okay. Ekran koji se pojavljuje bi trebalo da izgleda kao na slici dole:



Dugmad kojima definišete broj neurona u slojevima su nestali sa ekrana.




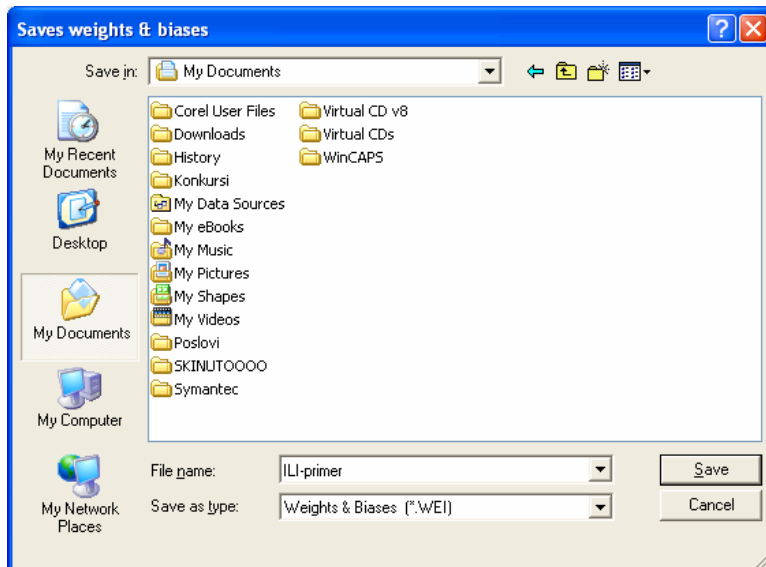
Neuroni koji su prikazani svetloplavim krugovima su neuroni iz ulaznog sloja. Neuroni prikazani kao zeleni krugovi su neuroni koji pripadaju skrivenim slojevima. Neuroni prikazani kao tamnoplavi krugovi, predstavljaju neurone iz izlaznog sloja.



Crne linije predstavljaju konekcije između neurona.


Snimanje vrednosti težinskih koeficijenata

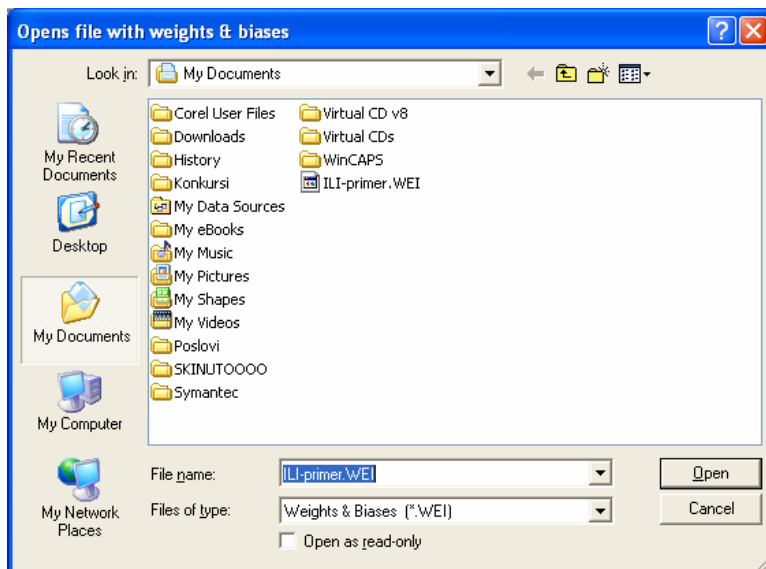
Ukoliko želite da snimate vrednosti težinskih koeficijenata u fajl koji kasnije možete obrađivati, potrebno je da izvršite sledeći sled operacija: kliknite na ikonicu sa oznakom  iz dela *Connections*. Nakon toga se pokazuje sledeći ekran:



Fajl koji želite da snimate imaće ekstenziju WEI. U polje File name unesite naziv fajla u kome će se nalaziti zahtevani podaci.

Učitavanje ranije snimljenih podataka o težinskim koeficijentima

Da bi ste učitali podatke o ranije snimljenim težinskim koeficijentima, odaberite ikonicu  iz dela programa *Conenctions*. Ekran za odabir fajlova koji sadrže podatke o težinskim koeficijentima je sličan prethodnom, kao na donjoj slici:



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*.

Definisanje obučavajućih vektora

Potvrdom na prethodnu ikonicu, pojavljuje se ekran u kome definišete, učitavate ili snimate podatke o obučavajućim parovima.

Skup obučavajućih vektora

Za željenu funkciju – logičko „OR“, važe sledeća pravila:

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



Uočite da ovde postoji skup od četiri obučavajuća vektora. Bitno je da broj ulaznih vektora odgovara broju izlaznih, tj. da postoji par ulazni-izlazni vektor.

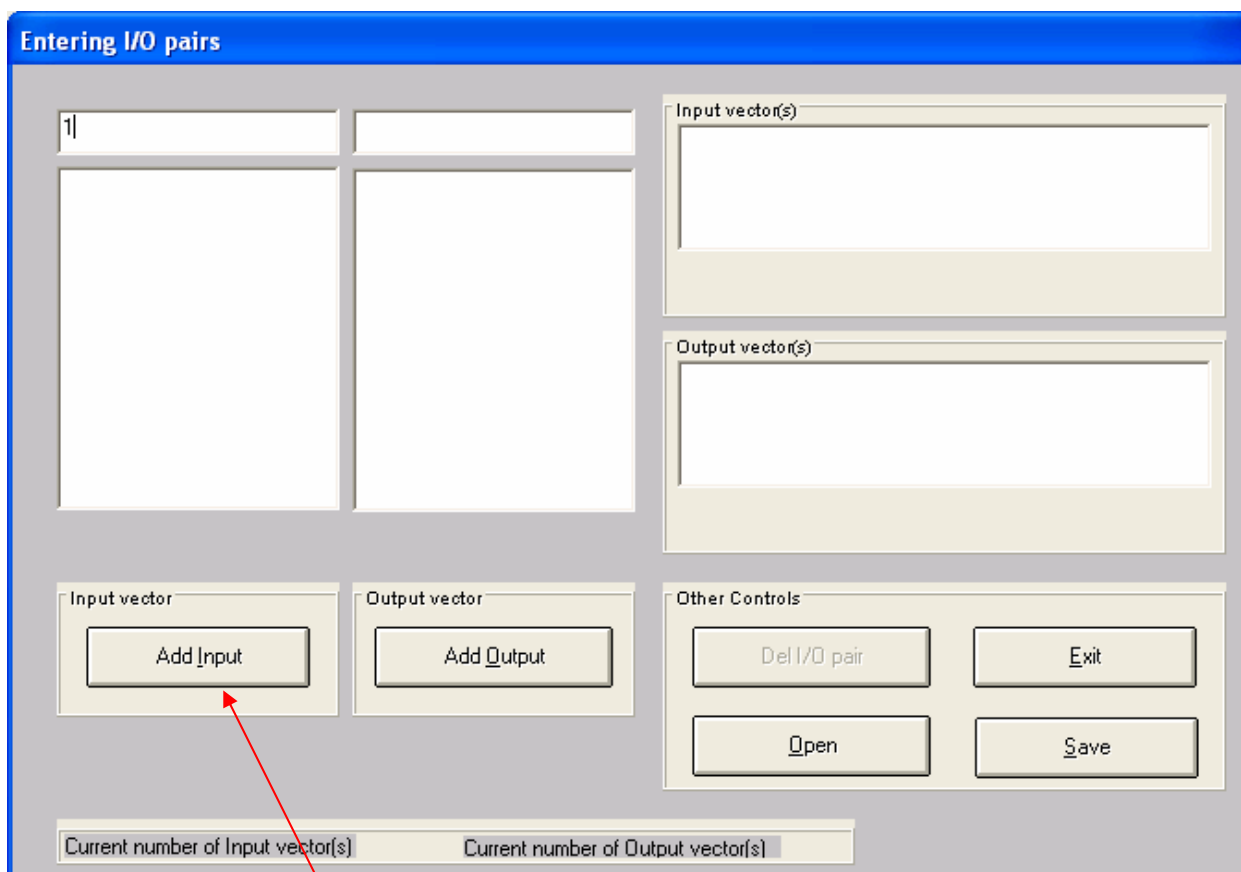
Objašnjenje funkcionalnih delova ekrana za unos podataka o obučavajućim parovima, dati su na sledećoj slici:

The screenshot shows the 'Entering I/O pairs' window with the following components and annotations:

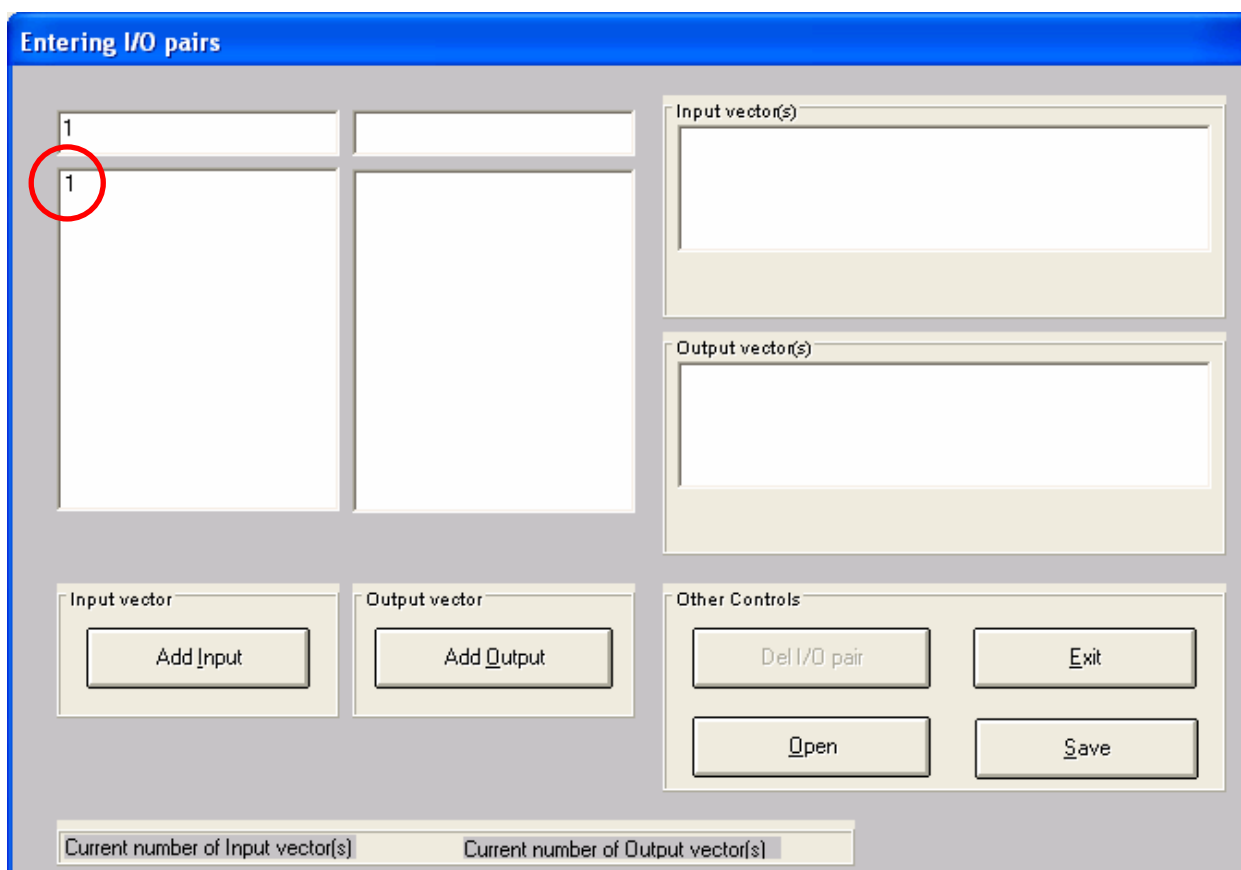
- Input vector(s)** and **Output vector(s)** text boxes: Annotated as 'Površ gde su prikazani uneti ulazni vektori' and 'Površ gde su prikazani uneti izlazni vektori' respectively.
- Input vector** and **Output vector** sections: Each contains an 'Add' button. Annotations point to these buttons: 'Unos člana ulaznog vektora' (pointing to 'Add Input'), 'Unos člana izlaznog vektora' (pointing to 'Add Output'), 'Potvrda unosa člana ulaznog vektora' (pointing to 'Add Input'), and 'Potvrda unosa člana izlaznog vektora' (pointing to 'Add Output').
- Other Controls** section: Contains 'Del I/O pair', 'Exit', 'Open', and 'Save' buttons. Annotations: 'Učitavanje skupa obučavajućih vektora' (pointing to 'Open'), 'Snimanje skupa obučavajućih vektora' (pointing to 'Save'), and 'Povratak na osnovni ekran programa' (pointing to 'Exit').
- Current number of Input vector(s)** and **Current number of Output vector(s)** status bars: Annotated as 'Broj unetih ulaznih vektora' and 'Broj unetih izlaznih vektora' respectively.

Postupak unosa članova obučavajućih vektora, ulaznih kako i izlaznih je identičan, samo što se izvršava u odgovarajućim poljima za ulazne – Input vectors i izlazne – Output vectors. Samim tim, nije potrebno posebno objašnjavati način unosa kako za ulazne, tako i za izlazne vektore, već će proces biti pojašnjen 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 (1) u navedeno polje. Ekran će izgledati kao na sledećoj slici.



Zatim stisnite taster Add Input. Dobijate sledeći ekran:



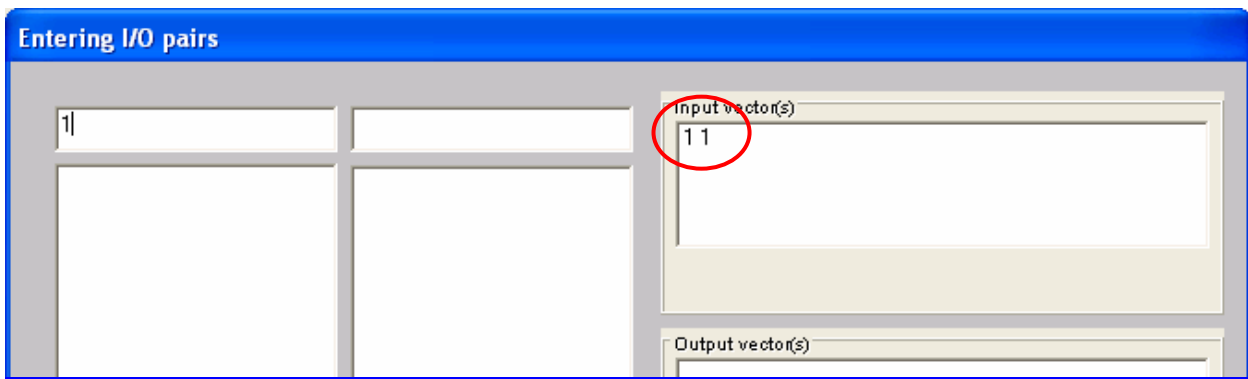
Uokvirena jedinica predstavlja prvi član, prvog ulaznog vektora iz pomenute tabele, koju je sistem identifikovao. Na taj način je objašnjeno, kako unosite članove vektora jedan za drugim.



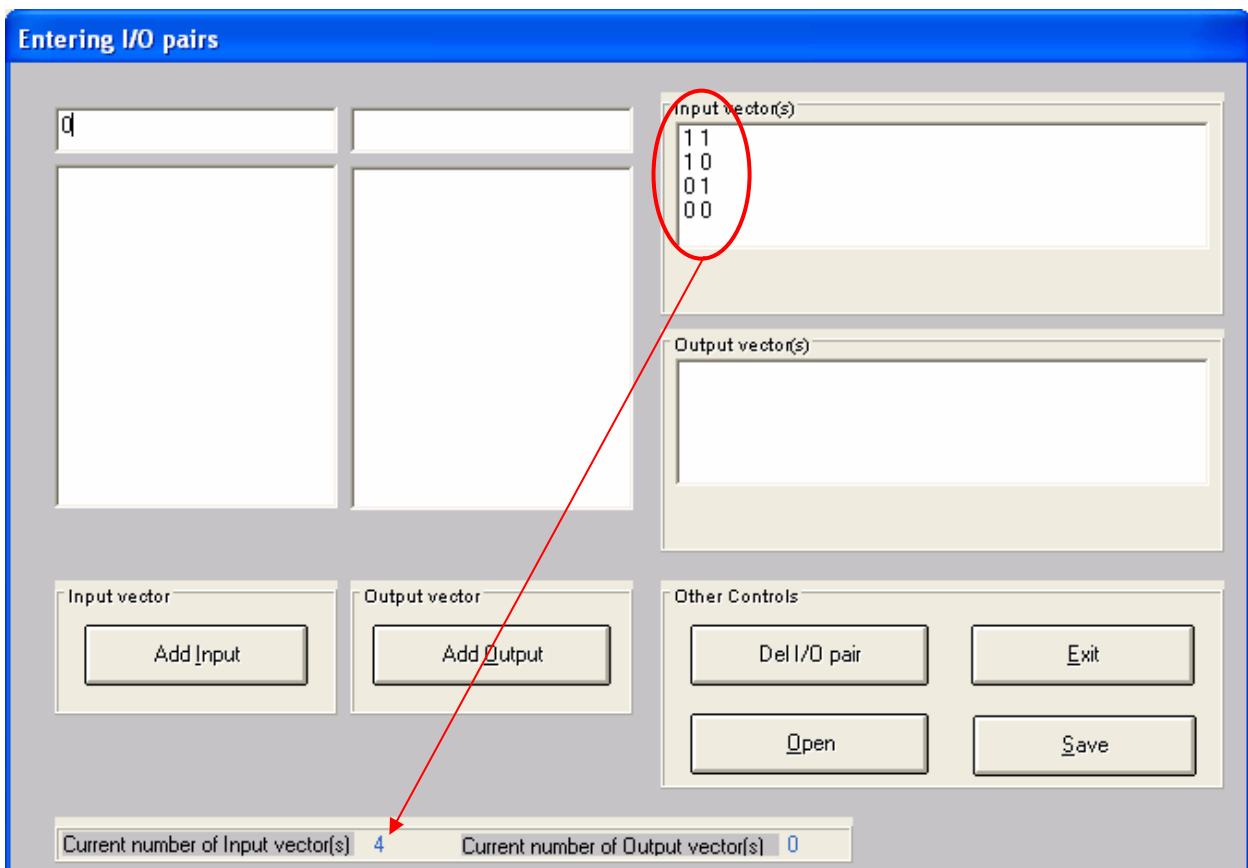
Ukoliko ste greškom pogrešno uneli neki od članova, molim da pozicionirate pokazivač miša na određeni član unutar **Površ gde su prikazani uneti članovi ulaznog vektora** i da izvršite dupli klik. Samim tim, odabrani član će biti izbrisan iz liste.

Nakon unosa poslednjeg člana vektora, sistem sam izvršava prebacivanje unetog vektora u deo ekrana koji je označen kao **Površ gde su prikazani uneti ulazni vektori**.

Nakon prvo unetog ulaznog vektora, ekran će izgledati kao na sledećoj slici:



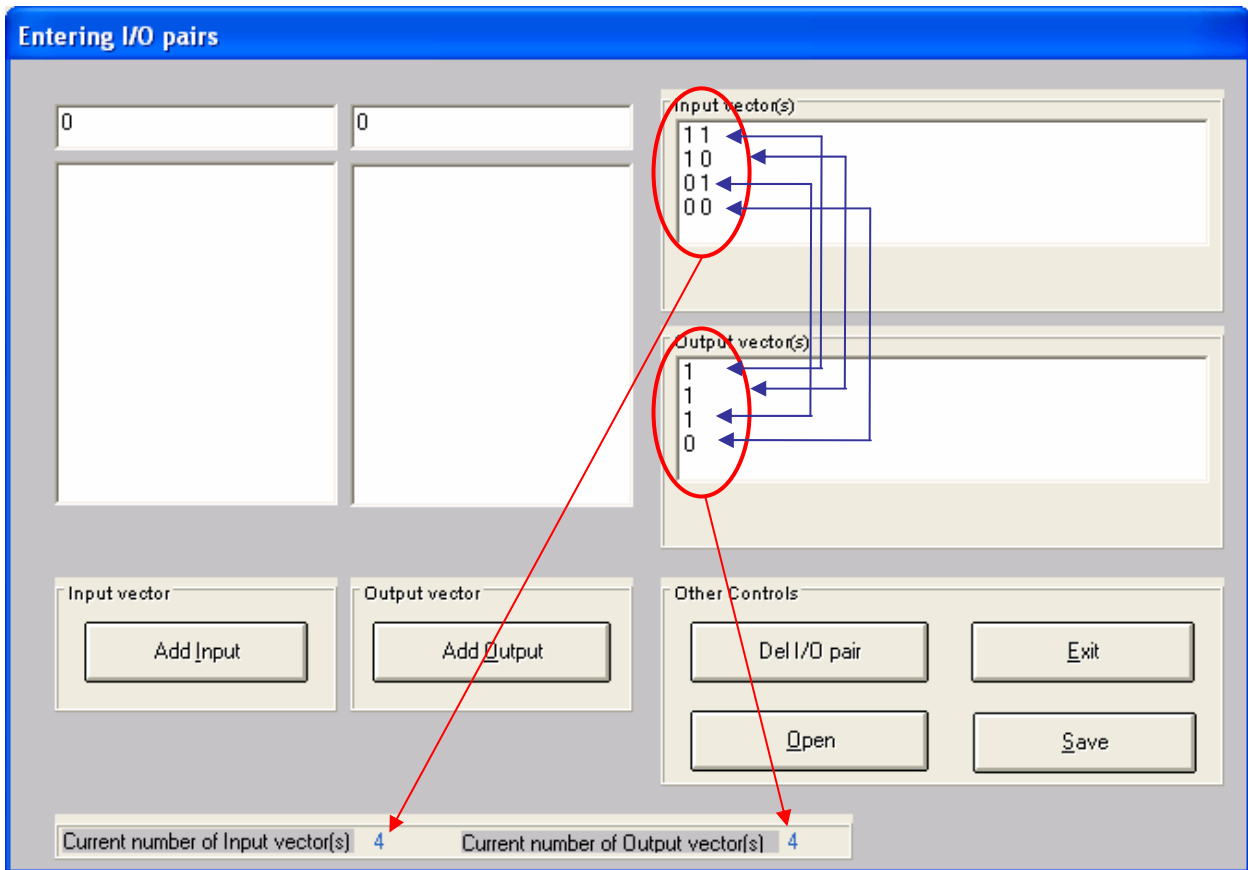
Nastavite proceduru unosa ulaznih vektora, po redosledu 2,3 i 4 iz tabele, tako da nakon završetka unosa ulaznih vektora, izgled ekrana bi trebao da izgleda kao na slici:





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

Ukoliko ste sve odradili kako je trebalo, nakon završetka unosa izlaznih vektora, sistem bi treba da ima sledeći prikaz ekrana:



Snimanje i učitavanje obučavajućeg skupa

Ove operacije se izvode isto kao i prethodno opisane operacije snimanja i učitavanja težinskih koeficijenata. Da bi ste inicirali proces snimanja obučavajućeg skupa, potrebno je kliknuti na dugme Save, dok se učitavanje obučavajućeg skupa vrši stiskom na dugme Open.



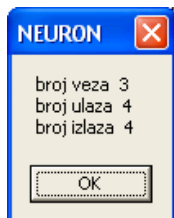
Možete učitati samo onaj skup obučavajućih vektora koji po broju članova ulaza i izlaza odgovaraju strukturi mreže koju definišete.




Ekstenzika fajlova koji sadrže skup obučavajućih vektora je IOV.

Treniranje mreže

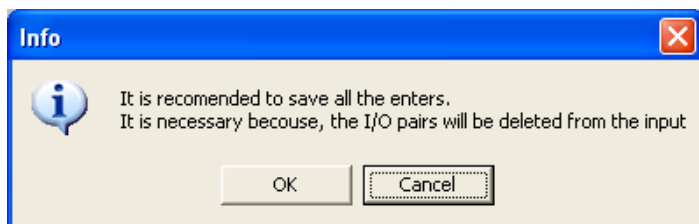
Klikom na dugme Exit prozora za definisanje skupa obučavajućih vektora, pojavljuje se prozor slične sadržine koji vam saopštava najosnovnije podatke o mreži koju ste do tada definisali.



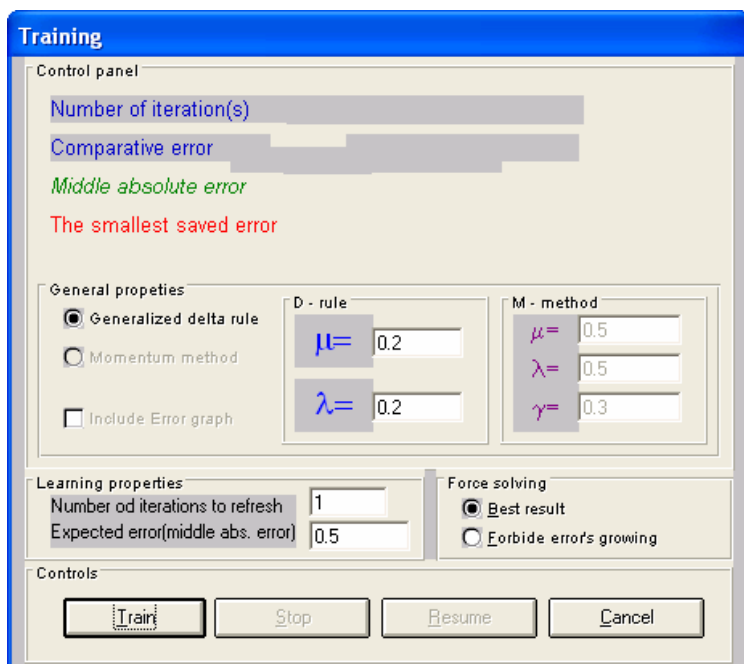
Da bi ste inicirali proces treniranje mreže, kliknite na dugme OK pomenutog dialoga, a zatim odaberite ikonicu , *Train* dela komandi programa.






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



Nakon toga, sledeći ekran vam omogućava zadavanje parametara (konstanti) kojima utičete na proces obučavanja mreže, kao i vrednosti – veličine greške koje predstavljaju uslov za zaustavljanje iterativnog procesa obučavanja.



Polja koja vidite na prikazu gornjeg ekrana su:

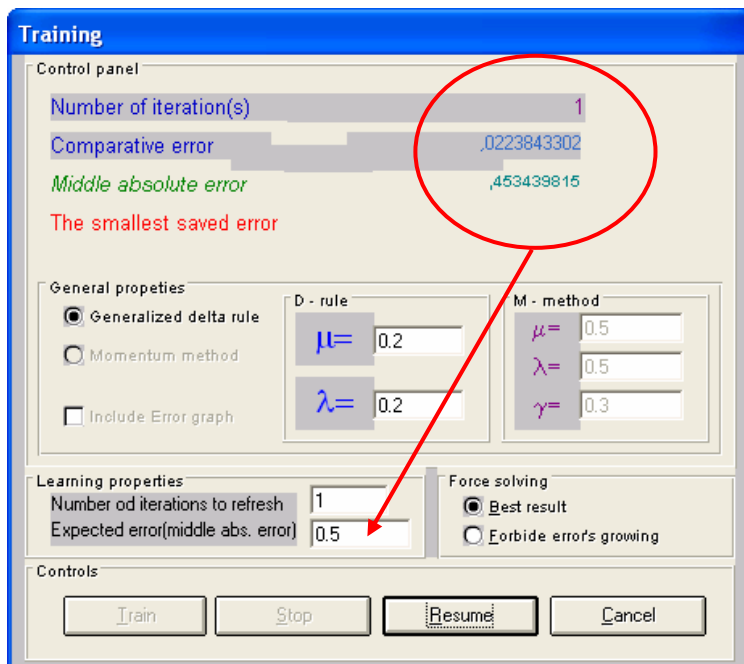
Naziv polja	Opis polja	Prikaz	Ažuriranje
Number of iteration(s)	U toku procesa obučavanja prikazuje broj iteracija		
Comparative error	Komparativna greška		
Middle absolute error	Srednja absolutna greška		
The smallest saved error	Najmanja snimljena greška		
$\mu=$	Koeficijent obučavanja		
$\lambda=$	Koeficijent obučavanja		
Number of iteration to refresh	Broj iteracija posle koga se osvežava ispis trenutnih grešaka		
Expected error	Očekivana (željena) greška.		
Best result	Rešavaj na najbolji rezultat kroz vreme		
Forbide error's growing	Zabrani rast greške		

Jasno je da program omogućava nekoliko načina praćenja procesa treniranja, preko vredosti grešaka koje se javljaju. S 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 stisnuti na dugme Train.

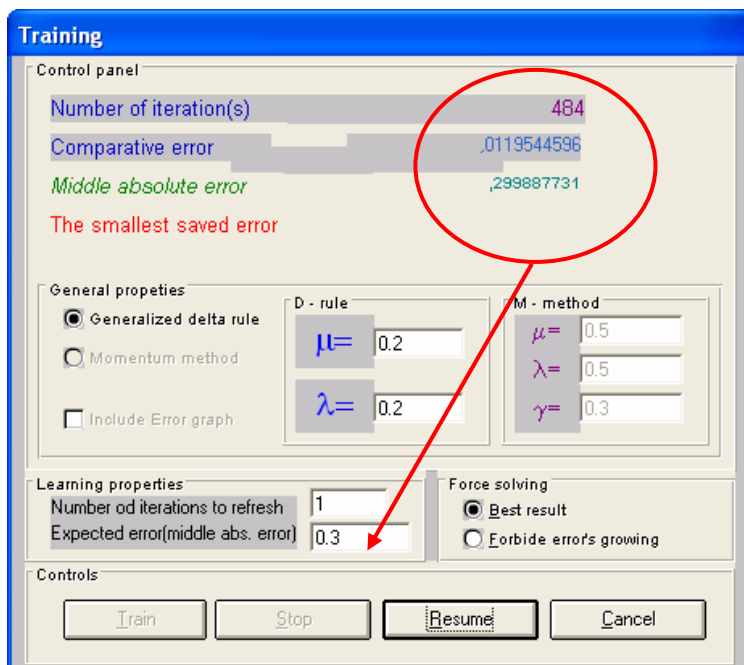
Nakon nekog vremena, program će se zaustaviti, kada srednja absolutna greška bude manja od 0.5, kao na sledećoj slici.


Pogodilo se tako, da je posle prve iteracije, program našao rešenje, tj. da je mreža već zadovoljila svoje uslove treniranja.

Željena vrednost je bila 0,5, a postignuta vrednost greške je 0.4534...



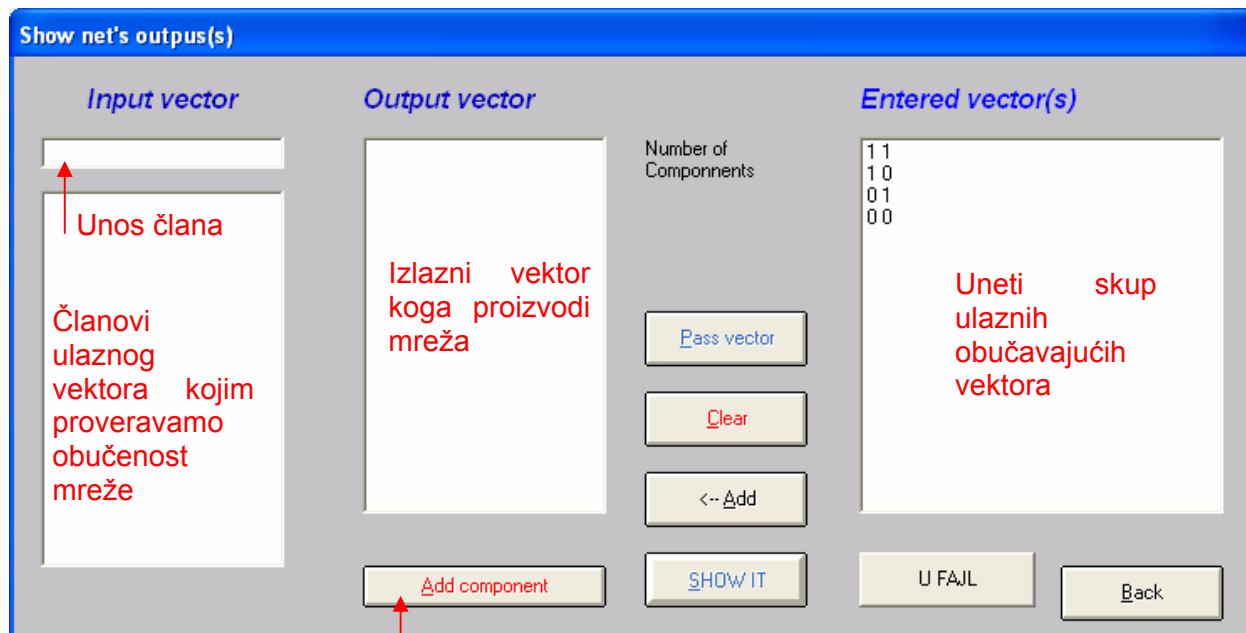
Program omogućava dve mogućnosti, da odabirom dugmeta Resume, uz prethodno promenjene uslove obučavanja (npr. snižena vrednost greške na 0.3) nastavimo proces obučavanja, ili da odabirom dugmeta Cancel, izažemo iz dela programa u kome se vrši proces obučavanja mreže. Razmotrićemo prvi slučaj – poštovanje uslova istreniranosti mreže, zadavanjem granice od 0.3 i klikom na Resume. Posle par sekundi, mreža je ponovo ušla na nivo greške ispod zahtevane, 0.3, kao na donjoj slici:



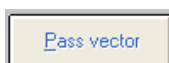
Da bi smo videli kako je mreža istrenirana, potrebno je da stisnemo na dugme Cancel, da bi se vratili u osnovni ekran, pa nakon toga da odaberemo opciju  iz iste komande Train.

Pregled obučenosti mreže

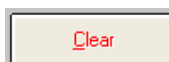
Ekran koji se pojavljuje nakon slede koraka definisanih u prethodnoj rečenici izgleda kao na donjoj slici:



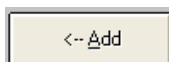
Potvrda unosa člana



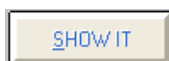
Za uneti ulazni vektor vrši njegovo procesiranje i prikazivanje izlaza iz mreže



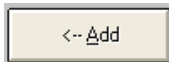
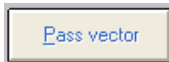
Briše uneti ulazni vektor

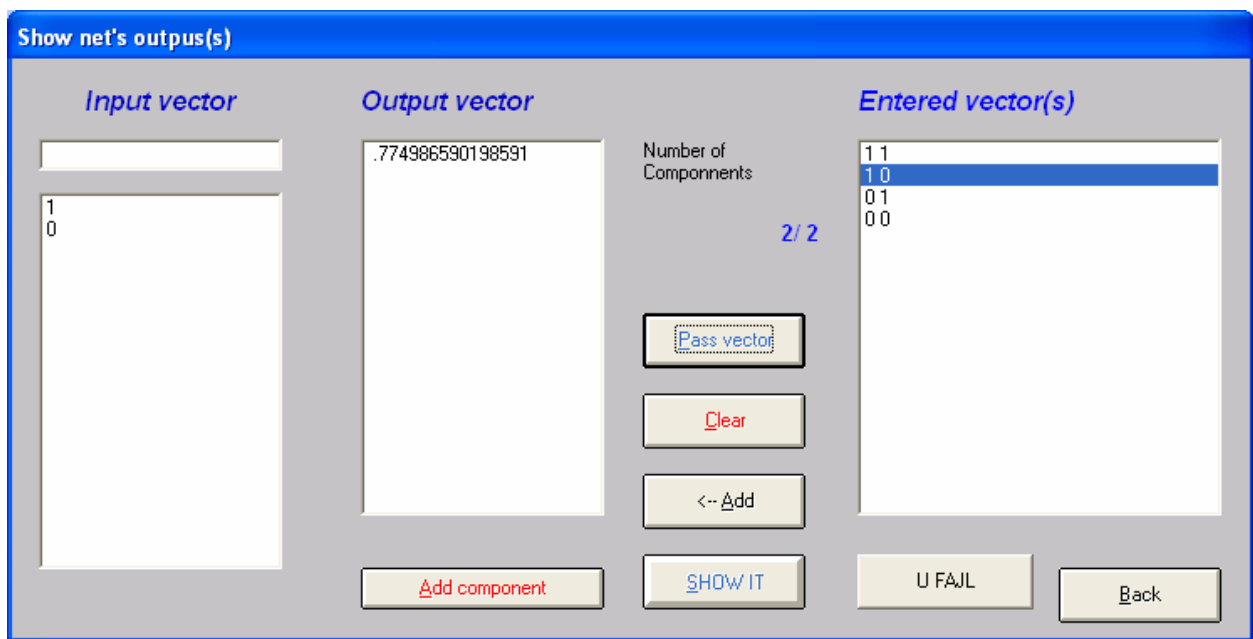


Za prethodno odabrani vektor iz ulaznog obučavajućeg skupa vektora aktivira procesiranje i saopštava rezultate

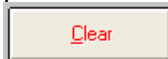


Grafički prikaz pobuđenosti nodova.


U polju **Uneti skup ulaznih obučavajućih vektora** odaberimo vektor **1 0** (drugo vektor), pa zatim stisnite na dugme , a zatim na . Program će u polju **Izlazni vektor koga proizvodi mreža** prikazati određen rezultat, kao na donjoj slici:

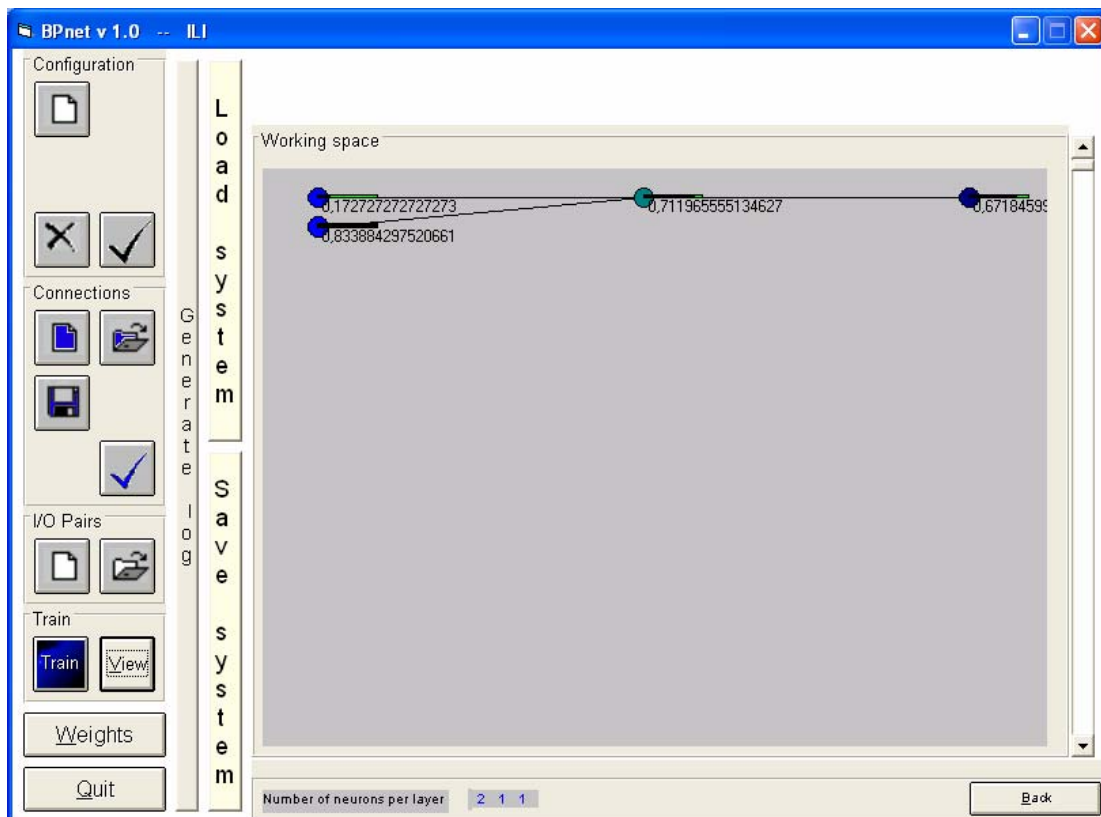


Sistem je umesto zahtevanog izlaza 1, prikazao izlaz 0.77498.... Da bi smo procesirali treći vektor, 0 1, prvo obrišimo unete podatke sa dugmetom



, pa ponovimo proceduru. Mreža proizvodi neki drugi izlaz. Za grafički prikaz pobuđenosti neurona po slojevima za konkretni ulazni vektor (pobudu),

stisnite na taster . Ekran na donjoj slici vam upravo to i pokazuje:



Pritisak na dugme Back (u donjem desnom uglu) vas vodi natrag u prozor za proveru obučenosti mreže, iz koga se izlazi pritiskom na dugme Back.