



## САДРЖАЈ

<b>ЗАДАТАК 1.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1. Математички доказ закона кретања мобилног робота</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2. Кретање робота по трајекторији.....</b>	<b>3</b>
Транслаторно кретање.....	3
Кретање по трајекторији ромбоидног облика.....	4
Кретање по трајекторији правоугаоног облика.....	4
<b>1.2.1. Анализа помоћу <i>Backpropagation Network-a (BPnet-a)</i></b>	<b>5</b>
Транслаторно кретање.....	5
Кретање по трајекторији ромбоидног облика.....	7
Кретање по трајекторији правоугаоног облика.....	8
<b>1.2.2. Упоређивање резултата.....</b>	<b>10</b>
Транслаторно кретање.....	10
Кретање по трајекторији ромбоидног облика.....	10
Кретање по трајекторији правоугаоног облика.....	11
<b>ЗАДАТАК 2.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Препознавање слика помоћу <i>ART-1</i> симулатора.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Обрада 6-ог задатка из збирке решених задатака.....</b>	<b>15</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>18</b>

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



## СЛИКЕ

Слика 1.1.2.1: Математички модел трансляторног кретања у Excel-у	4
Слика 1.1.2.2: Математички модел Кретања по трајекторији ромбоидног облика у Excel-у	5
Слика 1.1.2.3: Математички модел Кретања по трајекторији правоугаоног облика у Excel-у	5
Слика 1.2.1.1: Оптимална конфигурација мреже за трансляторно кретање	6
Слика 1.2.1.2: Параметри обучавања мреже за трансляторно кретање	7
Слика 1.2.1.3: Примери провере обучене мреже за трансляторно кретање	7
Слика 1.2.1.4: Оптимална конфигурација мреже за кретање по трајекторији ромбоидног облика	8
Слика 1.2.1.5: Параметри обучавања мреже за кретање по трајекторији ромбоидног облика	8
Слика 1.2.1.6: Примери провере обучене мреже за кретање по трајекторији ромбоидног облика	9
Слика 1.2.1.7: Оптимална конфигурација мреже за кретање по трајекторији правоугаоног облика	9
Слика 1.2.1.8: Параметри обучавања мреже за кретање по трајекторији правоугаоног облика	10
Слика 1.2.1.9: Примери провере обучене мреже за кретање по трајекторији правоугаоног облика	10
Слика 1.2.2.1: Упоредивање добијених резултата трансляторног кретања	11
Слика 1.2.2.2: Упоредивање добијених резултата кретања по трајекторији ромбоидног облика	11
Слика 1.2.2.3: Упоредивање добијених резултата кретања по трајекторији правоугаоног облика	12
Слика 2.1.1: Задата три представника из различите фамилије делова	13
Слика 2.1.2: Моделирани задати делови у SolidWorks-у	13
Слика 2.1.3: 2D приказ задатих делова	13
Слика 2.1.4: 2D црно-бели цртежи сређени у Paint-у	13
Слика 2.1.5: Матрични приказ бинарних кодова обрађених слика добијених користећи MatLab	14
Слика 2.1.6: Задати представници фамилије делова препознати у ART-1 симулатору	15
Слика 2.2.1: Конфигурација 1-8-3-2-1 мреже	17
Слика 2.2.2: Конфигурација 1-4-3-2-1 мреже	17
Слика 2.2.3: Оптимална конфигурација – 1-3-1 мрежа	18

## ТАБЕЛЕ

Табела 2.2.1: Одабрани парови	16
Табела 2.2.2: Скалирани парови	16
Табела 2.2.3: Тежински односи неурона у скривеном слоју	18

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



## ЗАДАТАК 1

### 1.1.1. Математички доказ закона кретања мобилног робота

Наш задатак овде је да математичким путем докажемо следеће изразе:

$$\begin{aligned}x' &= x + \frac{\Delta s_d + \Delta s_l}{2} \cdot \cos\left(\theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}\right) \\y' &= y + \frac{\Delta s_d + \Delta s_l}{2} \cdot \sin\left(\theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}\right) \\ \theta' &= \theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}\end{aligned}$$

Крећемо од формуле за  $\theta'$ :

$$\theta' = \theta + \Delta\theta$$

Формула за израчунавање вредности  $\Delta\theta$  је:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta\theta_d - \Delta\theta_l}{2}, \quad \text{где су } \Delta\theta_d = \frac{\Delta s_d}{b} \quad \text{и} \quad \Delta\theta_l = \frac{\Delta s_l}{b}$$

Када се врате изрази за  $\Delta\theta_d$  и  $\Delta\theta_l$  у израз за укупно  $\Delta\theta$ , добије се следеће:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2b}$$

Пошто је случај да је вредност ширине точка  $b \approx 1$ , за коначни израз  $\Delta\theta$  се усваја:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}$$

Када се тај израз врати у коначну формулу за  $\theta'$ , добија се тачно оно што смо трабили да докажемо:

$$\theta' = \theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}$$

Формула за израчунавање  $x'$  гласи:

$$x' = x + \Delta x$$

Из формуле за израчунавање  $\cos\theta'$ , добили смо израз за  $\Delta x$ :

$$\cos\theta' = \frac{\Delta x}{\Delta s} \quad \Rightarrow \quad \Delta x = \Delta s \cdot \cos\theta'$$

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



Формула за израчунавања вредности  $\Delta s$  је:

$$\Delta s = \frac{\Delta s_d + \Delta s_l}{2}$$

Пошто смо већ извели израз за  $\theta'$ , формула за  $\Delta x$  гласи:

$$\Delta x = \frac{\Delta s_d + \Delta s_l}{2} \cdot \cos\left(\theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}\right)$$

Према томе, коначан израз за  $x'$  је управо онај који смо требали да докажемо:

$$x' = x + \frac{\Delta s_d + \Delta s_l}{2} \cdot \cos\left(\theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}\right)$$

Поступак доказивања израза за  $y'$  је идентичан као и за  $x'$ , само што се уместо  $\cos\theta'$  израчунава  $\sin\theta'$  и добија се тачно онај почетни израз:

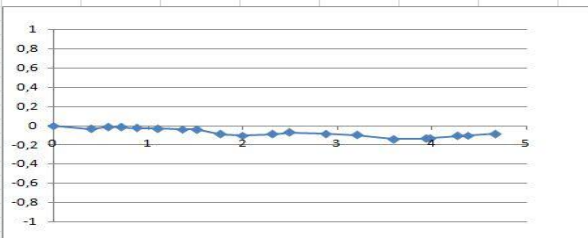
$$y' = y + \frac{\Delta s_d + \Delta s_l}{2} \cdot \sin\left(\theta + \frac{\Delta s_d - \Delta s_l}{2}\right)$$

### 1.1.2. Кретање робота по трајекторији

За израду овог задатка, користили смо *Microsoft Excel* како би према Гаусовој расподели, користећи наредбу *RAND*, генерисали 20 итерација робота за сваку од три задате путање и, према раније доказаним законима кретања робота, за њих израчунали  $x'$ ,  $y'$  и  $\theta'$  како би добили коначан изглед реалне путање робота.

#### а) Транслаторно кретање

	Sd	Sl	Cos()	S	dx	X'	sin()	dY	Y'	Q	(Sd-Sl)/2	Sd suma	Sl suma	
0.631206	0.315603	0.981502	0.490751	0.996168	0.403177	0.401632	0	-0.08746	-0.03526	0	-0.08757	0.315603	0.490751	
0.644069	0.322035	0.106289	0.053144	0.990976	0.187589	0.185897	0.401632	0.134041	0.025145	-0.03526	0	0.134445	0.637638	0.543695
0.222394	0.111197	0.30339	0.151695	0.999795	0.131446	0.131419	0.587529	-0.02025	-0.00266	-0.01012	0	-0.02025	0.748835	0.695591
0.172469	0.086234	0.468884	0.234442	0.997256	0.160338	0.159898	0.718948	-0.07404	-0.01187	-0.01278	0	-0.0741	0.835069	0.930032
0.417436	0.208718	0.489175	0.244587	0.999839	0.226653	0.226616	0.878846	-0.01793	-0.00406	-0.02465	0	-0.01793	1.043787	1.17462
0.4617	0.23085	0.570684	0.285342	0.999629	0.258096	0.258	1.105462	-0.02724	-0.00703	-0.02872	0	-0.02725	1.274637	1.459962
0.257675	0.128838	0.359646	0.179823	0.999675	0.15433	0.15428	1.363462	-0.02549	-0.00393	-0.03575	0	-0.02549	1.403475	1.639785
0.154169	0.077084	0.876558	0.438279	0.983737	0.257682	0.253491	1.517742	-0.17962	-0.04628	-0.03968	0	-0.1806	1.480559	2.078064
0.348825	0.174413	0.587088	0.293544	0.998226	0.233978	0.233563	1.771233	-0.05953	-0.01393	-0.08596	0	-0.05957	1.654972	2.371608
0.694231	0.347116	0.54721	0.273605	0.999325	0.31036	0.310151	2.004797	0.036747	0.011405	-0.09989	0	0.036755	2.002087	2.645212
0.589852	0.294926	0.164117	0.082058	0.994341	0.188492	0.187426	2.314947	0.106233	0.020024	-0.08849	0	0.106434	2.297014	2.727271
0.672409	0.336204	0.822152	0.411076	0.999299	0.37364	0.373379	2.502373	-0.03743	-0.01398	-0.06846	0	-0.03744	2.633218	3.138347
0.577601	0.288801	0.777583	0.388792	0.99875	0.338796	0.338373	2.875752	-0.04997	-0.01693	-0.08245	0	-0.05	2.922019	3.527139
0.553869	0.276934	0.97883	0.489415	0.994362	0.383175	0.381014	3.214124	-0.10604	-0.04063	-0.09938	0	-0.10624	3.198953	4.016554
0.730775	0.365388	0.637118	0.318559	0.999726	0.341973	0.34188	3.595139	0.023412	0.008006	-0.14001	0	0.023414	3.564341	4.335113
0.148124	0.074062	0.03032	0.01516	0.999566	0.044611	0.044592	3.937018	0.029447	0.001314	-0.13201	0	0.029451	3.638403	4.350273
0.755928	0.377964	0.39989	0.199945	0.996041	0.288955	0.287811	3.98161	0.088892	0.025686	-0.13069	0	0.08901	4.016367	4.550218
0.328776	0.164388	0.147366	0.073683	0.998972	0.119036	0.118913	4.269421	0.04537	0.005397	-0.10501	0	0.045353	4.180755	4.623901
0.672041	0.336021	0.44861	0.224305	0.99844	0.280163	0.279726	4.388334	0.055829	0.015641	-0.09961	0	0.055858	4.516776	4.848206
0.837816	0.418908	0.01896	0.00948	0.979119	0.214194	0.209721	4.66806	0.203287	0.043543	-0.08397	0	0.204714	4.935684	4.857686



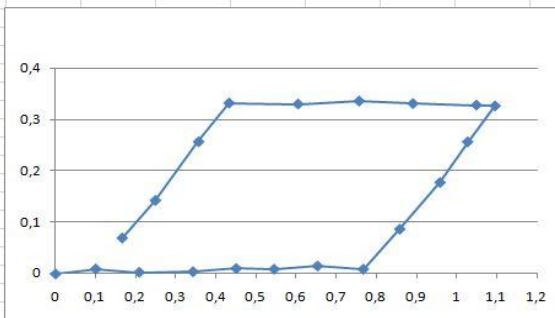
Слика 1.1.2.1: Математички модел транслаторног кретања у Excel-у

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



б) Кретање по трајекторији ромбоидног облика (позитиван математички смер)

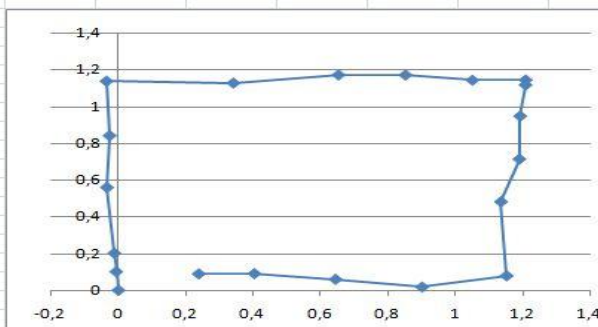
Sd	Sl	Cos()	S	dx	sin()	dY	Teta	(Sd-Sl)/2	Sd suma	Slsuma	teta suma
0.987308	0.197462	0.020221	0.004044	0.995327	0.100753	0.100282	0	0.096558	0.009728	0	0.096709
0.244242	0.048848	0.837748	0.16755	0.998239	0.108199	0.108008	0.100282	-0.05932	-0.00642	0.009728	0
0.716524	0.143305	0.626023	0.125205	0.999959	0.134255	0.134249	0.208291	0.00905	0.001215	0.003311	0
0.824099	0.16482	0.252841	0.050568	0.998369	0.107694	0.107518	0.34254	0.057095	0.006149	0.004526	0
0.399696	0.079939	0.543411	0.108682	0.999897	0.094311	0.094301	0.450058	-0.01437	-0.00136	0.010674	0
0.823069	0.164614	0.263152	0.05263	0.998433	0.108622	0.108452	0.544359	0.055962	0.006079	0.009319	0
0.301804	0.060361	0.837156	0.167431	0.998567	0.113896	0.113733	0.625811	-0.05351	-0.00609	0.015398	0
0.214487	0.042897	0.981108	0.196222	0.759444	0.119559	0.090799	0.766544	0.650572	0.07782	0.009303	45
0.424227	0.084845	0.929667	0.185933	0.742195	0.135389	0.100485	0.857342	0.670183	0.090736	0.087085	45
0.877809	0.175562	0.169174	0.033835	0.655567	0.104698	0.068637	0.957828	0.755137	0.079062	0.177821	45
0.54754	0.109508	0.429523	0.085905	0.698998	0.097706	0.068296	1.026465	0.715124	0.069872	0.256883	45
0.06539	0.013078	0.397669	0.079534	-0.99939	0.046306	-0.04628	1.094761	0.034814	0.001612	0.326755	180
0.703488	0.140698	0.878599	0.17572	-0.99982	0.158209	-0.15818	1.048483	0.019103	0.003022	0.328367	180
0.500514	0.100103	0.841894	0.168379	-0.99936	0.134241	-0.13416	0.890303	0.035723	0.004795	0.331389	180
0.956313	0.191263	0.564903	0.112981	-0.9993	0.152122	-0.15201	0.756148	-0.03754	-0.00571	0.336185	180
0.814137	0.162827	0.905775	0.181155	-0.99994	0.171991	-0.17198	0.604134	0.010756	0.00185	0.330474	180
0.517807	0.103561	0.550753	0.110151	-0.71083	0.106856	-0.07596	0.432153	-0.70336	-0.07516	0.332324	225
0.939115	0.187823	0.630617	0.126123	-0.68641	0.156973	-0.10775	0.356196	-0.72722	-0.11415	0.257166	225
0.263039	0.052608	0.837098	0.16742	-0.74783	0.110014	-0.08227	0.248448	-0.66388	-0.07304	0.143012	225
0.766419	0.153284	0.869809	0.173962	-0.71577	0.163623	-0.11712	0.166176	-0.69833	-0.11426	0.069976	225



Слика 1.1.2.2: Математички модел Кретања по трајекторији ромбоидног облика у Excel-у

в) Кретање по трајекторији правоугаоног облика (негативан математички смер)

Sl	Cos()	S	dx	X'	sin()	dY	Y'	Teta	(Sd-Sl)/2	Sd suma	Sl suma	teta suma
0.037629	-0.06269	0.101159	-0.00634	0	0.998033	0.10096	0	90	0.06353	0.164689	0.037629	90
0.043565	-0.05628	0.100675	-0.00567	-0.00634	0.998415	0.100515	0.10096	90	0.05711	0.322474	0.081195	180
0.296585	-0.06092	0.358341	-0.02183	-0.01201	0.998142	0.357676	0.201476	90	0.061757	0.742572	0.377779	270
0.308062	0.027884	0.28097	0.007835	-0.03384	0.999611	0.280861	0.559151	90	-0.02709	0.996451	0.685841	360
0.265457	-0.03049	0.296749	-0.00905	-0.026	0.999535	0.296611	0.840012	90	0.031292	1.324492	0.951298	450
0.404637	0.999599	0.37633	0.376179	-0.03505	-0.0283	-0.01065	1.136623	0	-0.02831	1.672514	1.355935	450
0.174036	0.990075	0.315045	0.311918	0.341126	0.140542	0.044277	1.125972	0	0.141009	2.128569	1.529972	450
0.200112	0.999999	0.198451	0.198451	0.653045	-0.00166	-0.00033	1.170249	0	-0.00166	2.325359	1.730084	450
0.341936	0.990098	0.20109	0.199099	0.851496	-0.14038	-0.02823	1.16992	0	-0.14085	2.385603	2.07202	450
0.150708	0.999974	0.157883	0.157879	1.050594	0.007175	0.001133	1.14169	0	0.007176	2.550662	2.222728	450
0.034987	-0.00709	0.027105	-0.00019	1.208474	-0.99997	-0.0271	1.142823	-90	-0.00788	2.569885	2.257714	360
0.266481	-0.09536	0.170176	-0.01623	1.208281	-0.99544	-0.1694	1.115719	-90	-0.0963	2.643756	2.524195	270
0.243994	-0.00954	0.233656	-0.00223	1.192053	-0.99995	-0.23365	0.946318	-90	-0.01034	2.867074	2.768189	180
0.470305	-0.2297	0.237738	-0.05461	1.189823	-0.97326	-0.23138	0.712673	-90	-0.23257	2.872246	3.238494	90
0.362909	0.041045	0.403169	0.016548	1.135215	-0.99916	-0.40283	0.481292	-90	0.04026	3.315675	3.601403	0
0.019273	-0.97135	0.25763	-0.25025	1.151763	-0.23765	-0.06123	0.078462	-180	0.238356	3.811662	3.620676	-180
0.424649	-0.98687	0.260827	-0.2574	0.901514	0.161519	0.042129	0.017236	-180	-0.16382	3.908666	4.045325	-360
0.372334	-0.99178	0.242468	-0.24048	0.644112	0.127922	0.031017	0.059364	-180	-0.12987	4.021268	4.417659	-540
0.160094	-0.99998	0.165124	-0.16512	0.403636	-0.00662	-0.00109	0.090381	-180	0.00503	4.191422	4.577753	-720
0.179257	-0.98839	0.330167	-0.32634	0.238516	-0.15191	-0.05016	0.089288	-180	0.15091	4.672499	4.75701	-900



Слика 1.1.2.3: Математички модел Кретања по трајекторији правоугаоног облика у Excel-у

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



## 1.2.1. Анализа помоћу *Backpropagation Network (BPnet)* програма

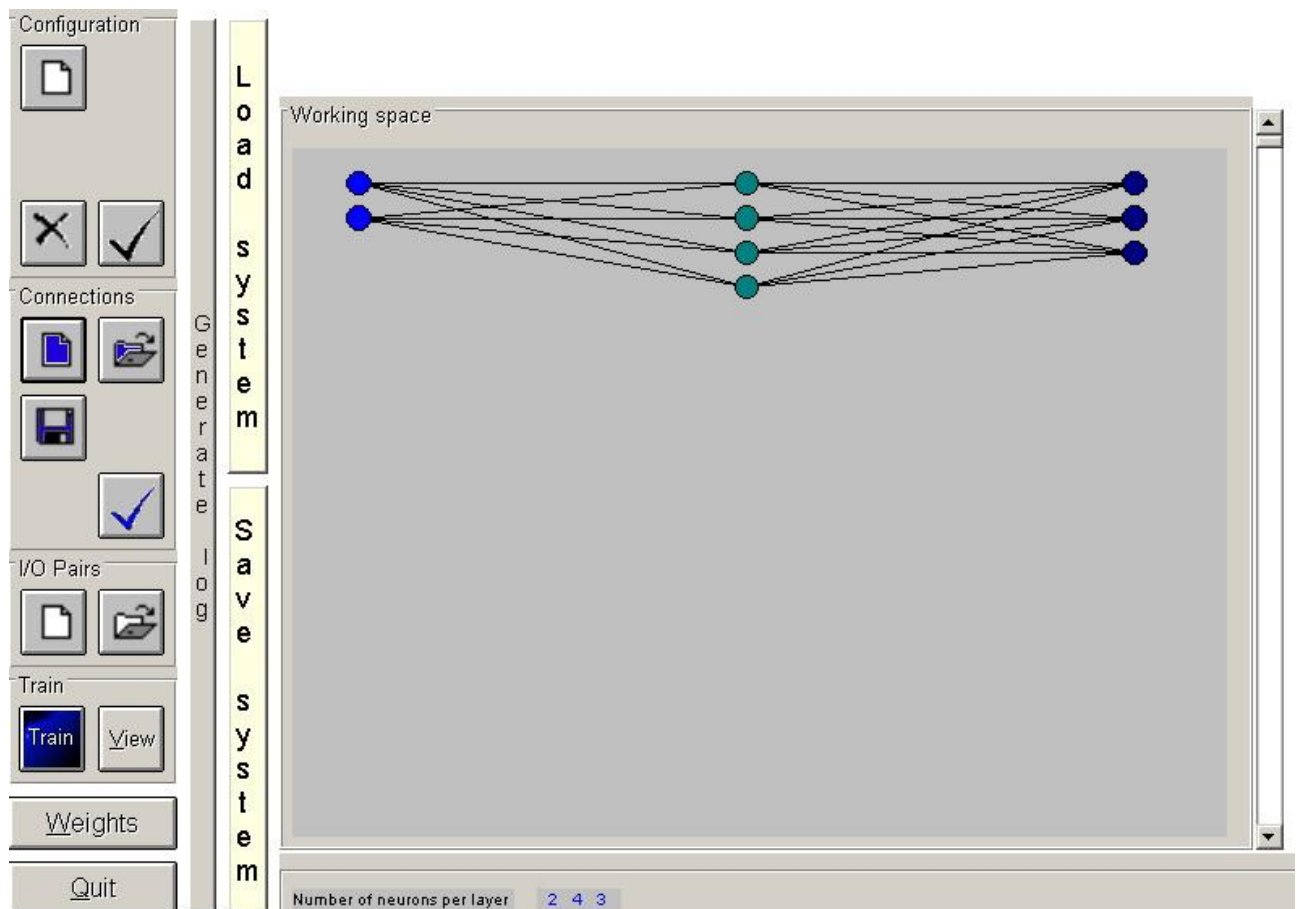
Наш задатак у овом случају је да, користећи добијене вредности из задатка 1.1.2, помоћу BPnet-а, обучимо једну вештачку неуронску мрежу (по једну за свака три случаја) да нам даје приближно очекиване резултате за нове унете вредности.

Другим речима, ако смо у претходном задатку имали 20 итерација за сваку путању (свака итерација је имала по 2 улазне и 3 излазне вредности), ми бисмо нашу мрежу истренирали за само 14 (опција "I/O Pairs"), а преосталих 6 користили као проверу (опција "View") тако што би унели улазне вредности ( $S_d$  и  $S_i$ ) једне од њих а BPnet би нам дао три излазне вредности ( $x'$ ,  $y'$  и  $\theta'$ ) које би упоредили са вредностима добијених у Excel-у.

Комбинујући број неурона у скривеном слоју као и вредности тежинских коефицијената, параметара учења и грешке учења, требамо одабрати оптималну конфигурацију вештачке неуронске мреже (по једну за свака три случаја) која ће да нам пружа најприближније резултате (излазне вредности) онима добијених у Excel-у.

### а) *Транслаторно кретање*

Оптимална конфигурација:



Слика 1.2.1.1: Оптимална конфигурација мреже за транслаторно кретање

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



Подешени параметри:

Control panel

Number of iteration(s) 71

Comparative error ,0372352373

Middle absolute error ,197731178

The smallest saved error

General properties

Generalized delta rule

Momentum method

Include Error graph

D - rule

$\mu =$  0.5

$\lambda =$  0.2

M - method

$\mu =$  0.5

$\lambda =$  0.5

$\gamma =$  0.3

Learning properties

Number of iterations to refresh 1

Expected error(middle abs. error) 0.2

Force solving

Best result

Forbide error's growing

Controls

Train Stop Resume Cancel

Слика 1.2.1.2: Параметри обучавања мреже за транслаторно кретање

Примери провере обучене мреже:

<b>Input vector</b>	<b>Output vector</b>	<b>Input vector</b>	<b>Output vector</b>
4,50	3.45833849676854	4,17	3.66543013144716
4,53	-1.02557639354911E-02	3,89	1.46521957494859E-02
4,50	5.32349457579806E-03	4,17	6.55136756922363E-02
<b>Input vector</b>	<b>Output vector</b>	<b>Input vector</b>	<b>Output vector</b>
4,50	4.29064540867587	3,91	3.68355881254466
4,18	1.47252252333433E-02	3,77	1.47358815945909E-02
4,50	6.80049498368089E-02	3,91	7.19537079977706E-02
<b>Input vector</b>	<b>Output vector</b>	<b>Input vector</b>	<b>Output vector</b>
4,18	3.69064540867587	3,42	2.69343418367265
4,00	1.47252252333433E-02	3,39	.011644575365316
4,18	6.80049498368089E-02	3,42	-1.81379227117452E-02

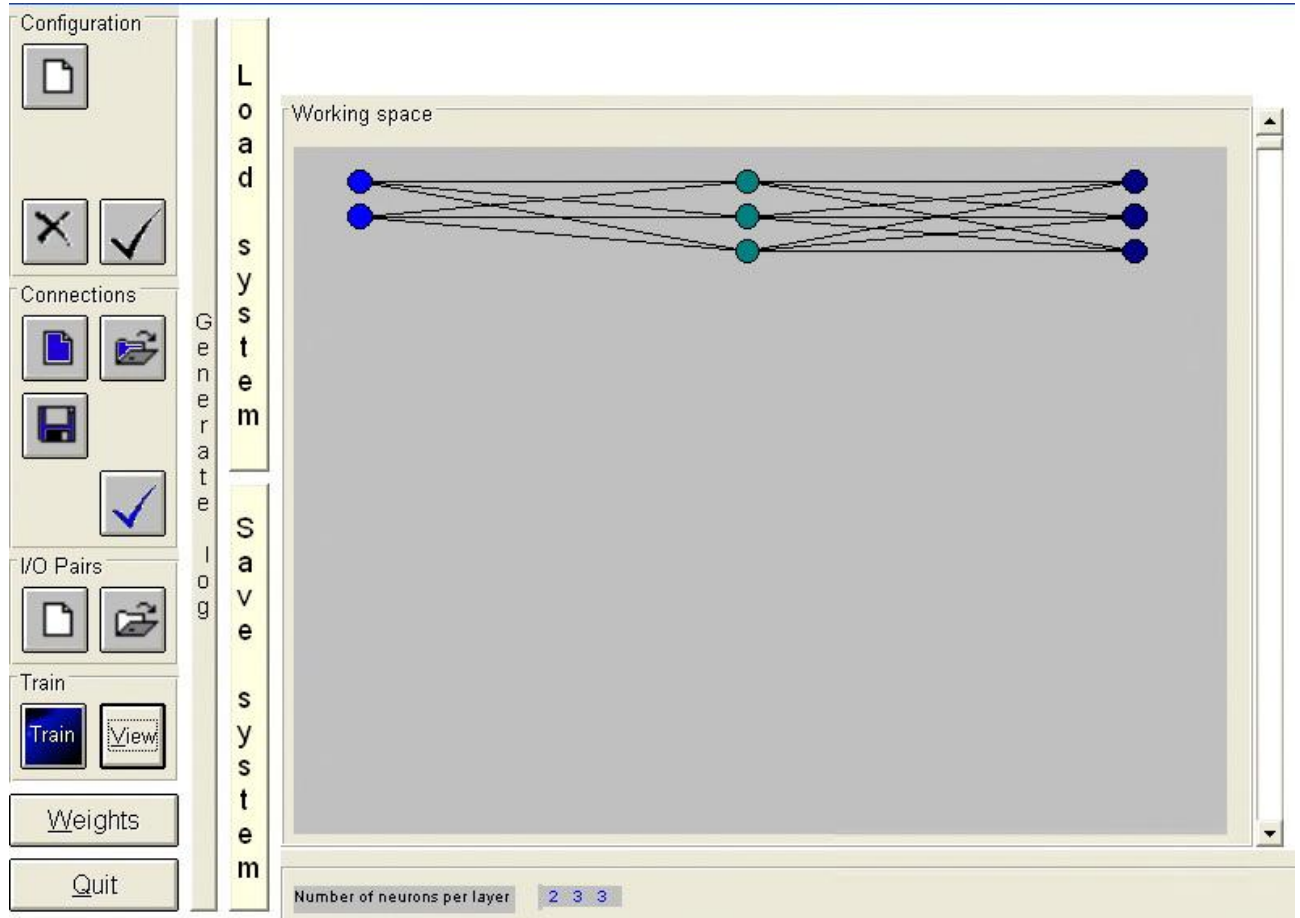
Слика 1.2.1.3: Примери провере обучене мреже за транслаторно кретање

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



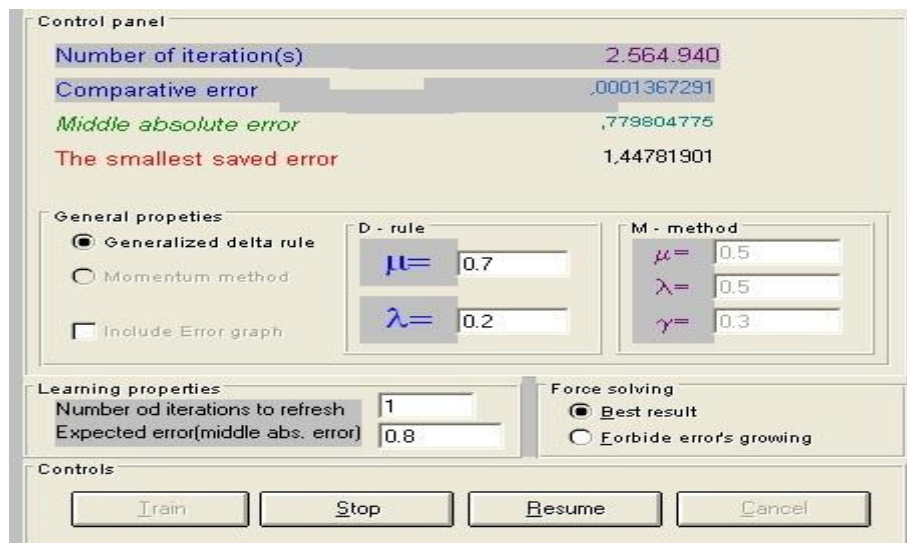
### б) Кретање по трајекторији ромбоидног облика

Оптимална конфигурација:



Слика 1.2.1.4: Оптимална конфигурација мреже за кретање по трајекторији ромбоидног облика

Подешени параметри:



Слика 1.2.1.5: Параметри обучавања мреже за кретање по трајекторији ромбоидног облика

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		





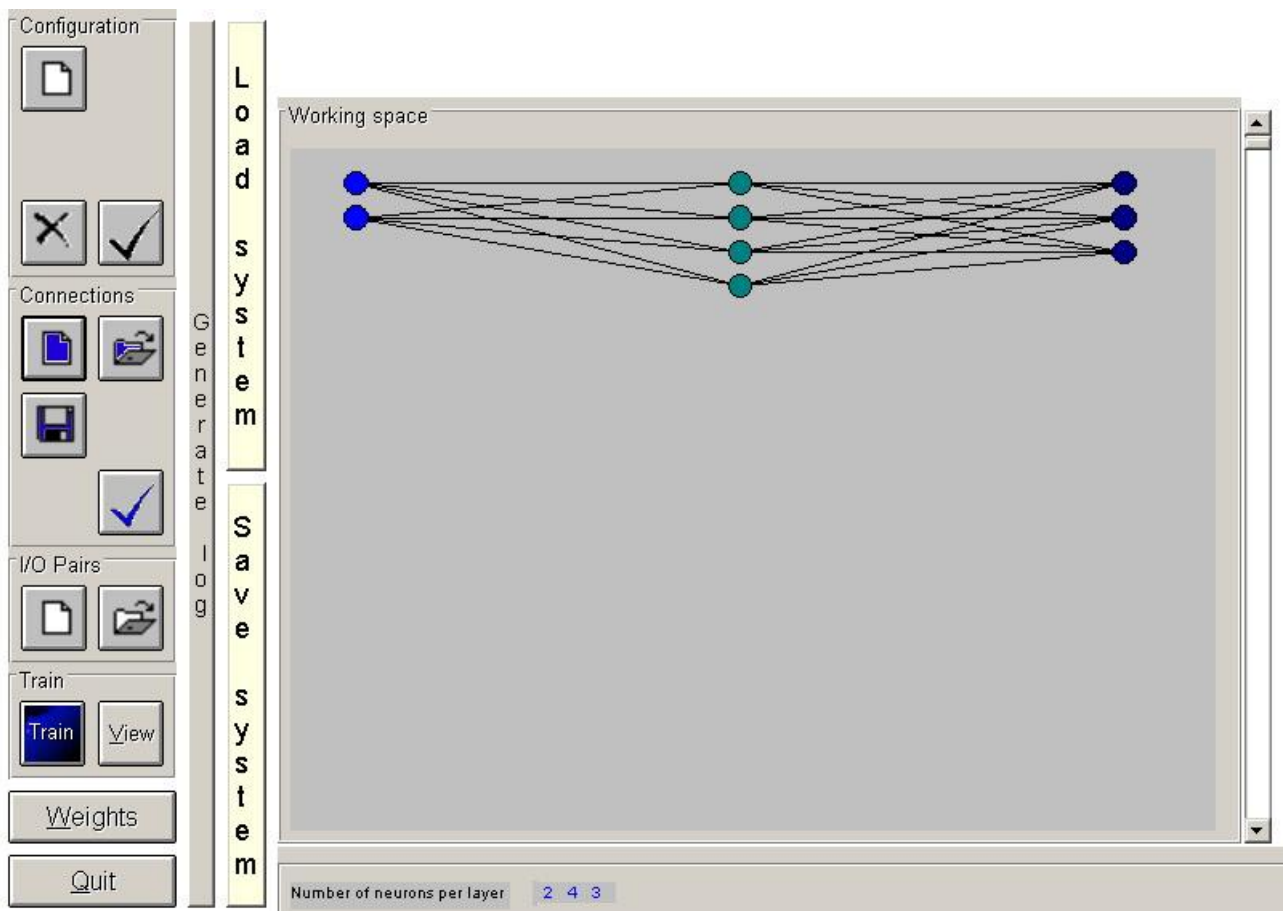
Примери провере трениране мреже:

<i>Input vector</i>	<i>Output vector</i>	<i>Input vector</i>	<i>Output vector</i>
1,604	.811481944530441 .22448995917364 457.530129278965	1,959	.829250354457886 .191552727459958 373.446349010164
1,42 1,604		1,666 1,959	
<i>Input vector</i>	<i>Output vector</i>	<i>Input vector</i>	<i>Output vector</i>
1,728	.829250354457886 .191552727459958 373.446349010164	2,105	.422398602505003 .239688223824951 909.278512194152
1,578 1,728		1,805 2,105	
<i>Input vector</i>	<i>Output vector</i>	<i>Input vector</i>	<i>Output vector</i>
1,907	.829250354457886 .191552727459958 373.446349010164	2,216	.422398602505003 .239688223824951 909.278512194152
1,643 1,907		1,926 2,216	

Слика 1.2.1.6: Примери провере обучене мреже за кретање по трајекторији ромбоидног облика

**в) Кретање по трајекторији правоугаоног облика**

Оптимална конфигурација:



Слика 1.2.1.7: Оптимална конфигурација мреже за кретање по трајекторији правоугаоног облика

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



Подешени параметри:

Control panel

Number of iteration(s) 1.335.845

Comparative error .0004649134

Middle absolute error .412740253

The smallest saved error .546512

General properties

Generalized delta rule

Momentum method

Include Error graph

D - rule

$\mu =$  0.2

$\lambda =$  0.2

M - method

$\mu =$  0.5

$\lambda =$  0.5

$\gamma =$  0.3

Learning properties

Number of iterations to refresh 1

Expected error(middle abs. error) 0.5

Force solving

Best result

Forbide error's growing

Controls

Train Stop Resume Cancel

Слика 1.2.1.8: Параметри обучавања мреже за кретање по трајекторији правоугаоног облика

Примери провере трениране мреже:

Input vector	Output vector	Input vector	Output vector
3,8765	1.18398662471055 .713258527226689 188.239667218996	4,6384	1.0432599200993 3.42394674229661E-02 -37.7764288467087
3,5954 3,8765		4,5596 4,6384	
Input vector	Output vector	Input vector	Output vector
4,1499	1.18151901901441 .203281414603506 37.5562503170139	5,0984	.02882015264262 -1.64507075193196E-02 -70.5530324432762
3,8234 4,1499		4,6320 5,0984	
Input vector	Output vector	Input vector	Output vector
4,4564	1.0432599200993 3.42394674229661E-02 -37.7764288467087	5,3873	.01882015264262 -1.64507075193196E-02 -70.5530324432762
4,1867 4,4564		4,7569 5,3873	

Слика 1.2.1.9: Примери провере обучене мреже за кретање по трајекторији правоугаоног облика

Ово су примери конфигурације којих смо, након много тестирања и експериментисања са различитим подешавањима, одабрали као оптималну конфигурацију за наша 3 примера.

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		

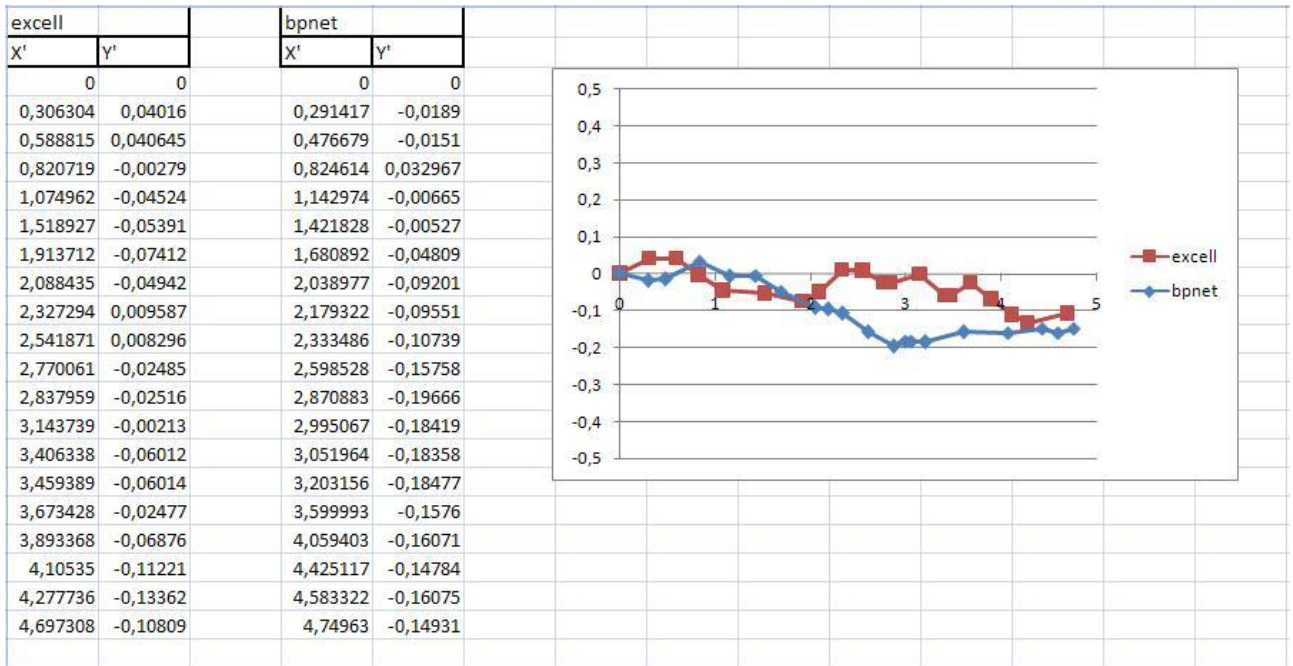


## 1.2.2. Упоређивање резултата

Након упоређивања “*Output Vector*”-а са колонама  $x'$ ,  $y'$  и  $\theta'$  у Excel-у, установили смо да је одступање минимално и прихватљиво у односу на задату грешку коју смо подесили у BPnet-у.

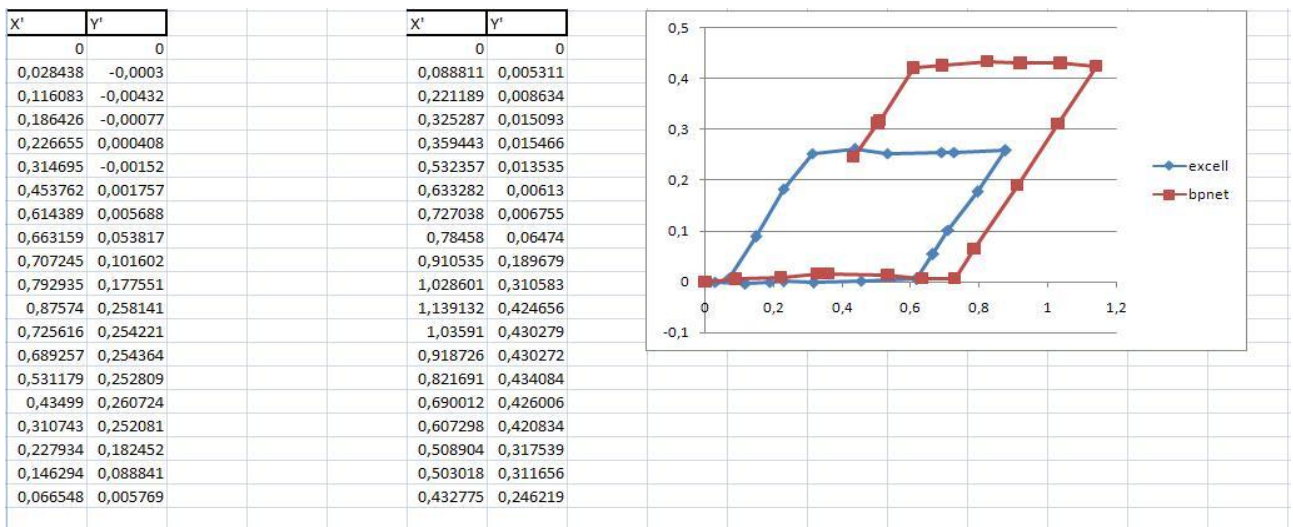
Следи приказ поређења математичких (Excel) и експерименталних (BPnet) резултата у Excel-у:

### а) Транслаторно кретање:



Слика 1.2.2.1: Упоређивање добијених резултата транслаторног кретања

### б) Кретање по трајекторији ромбоидног облика

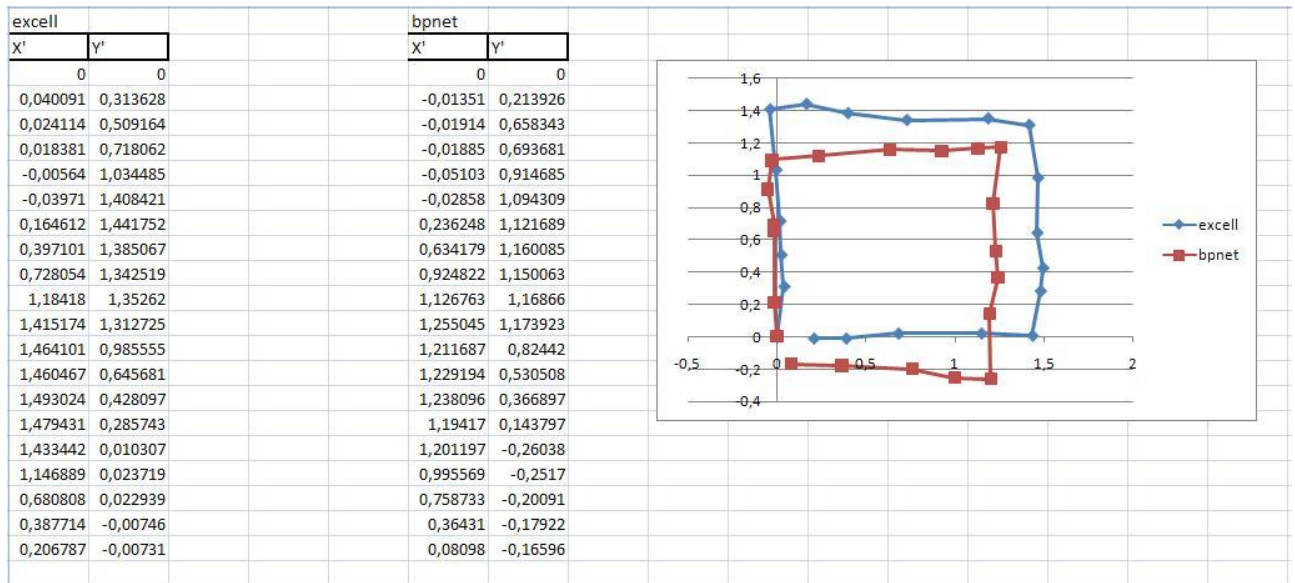


Слика 1.2.2.2: Упоређивање добијених резултата кретања по трајекторији ромбоидног облика

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



в) *Кретање по трајекторији правоугаоног облика*



Слика 1.2.2.3: Упоредивање добијених резултата кретања по трајекторији правоугаоног облика

Овим поређењима извукли смо закључак да експериментални резултати из VRnet -а нису потпуно једнаки као математички, али су, у задовољавајућем смислу, приближни.

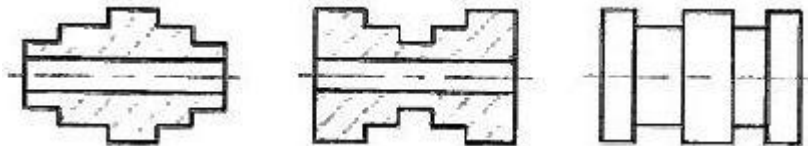
Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



## ЗАДАТАК 2

### 2.1. Препознавање слика применом *ART-1* симулатора

Наш задатак овде је да, помоћу *ART-1* симулатора, извршимо препознавање три представника фамилије делова приказане на следећој слици:



Слика 2.1.1: Задата три представника из различите фамилије делова

Први корак у решавању овог задатка јесте да те делове моделирамо у неком програму за то. То смо постигли користећи *SolidWorks*.



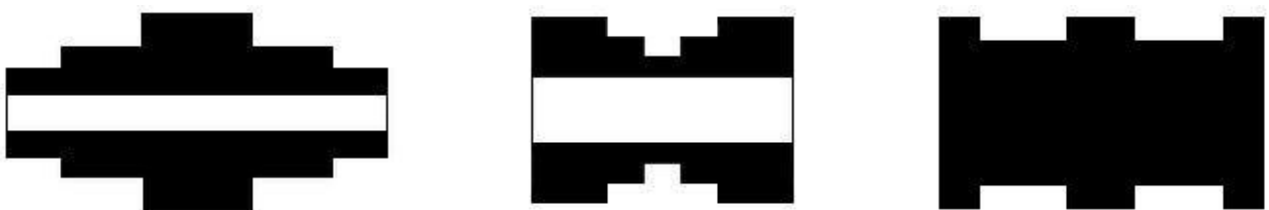
Слика 2.1.2: Моделирани задати делови у *SolidWorks*-у

Следеће што требамо да урадимо јесте да тако одрађене моделе, из 3D, пребацимо у 2D, такође помоћу *SolidWorks*-а.



Слика 2.1.3: 2D приказ задатих делова

Када смо то урадили, морамо да тако добијене цртеже пребацимо у слике које садрже стриктно црну и белу, тако да бела боја представља отворе у делу а црна пуне површине дела. То смо постигли користећи *Paint*.



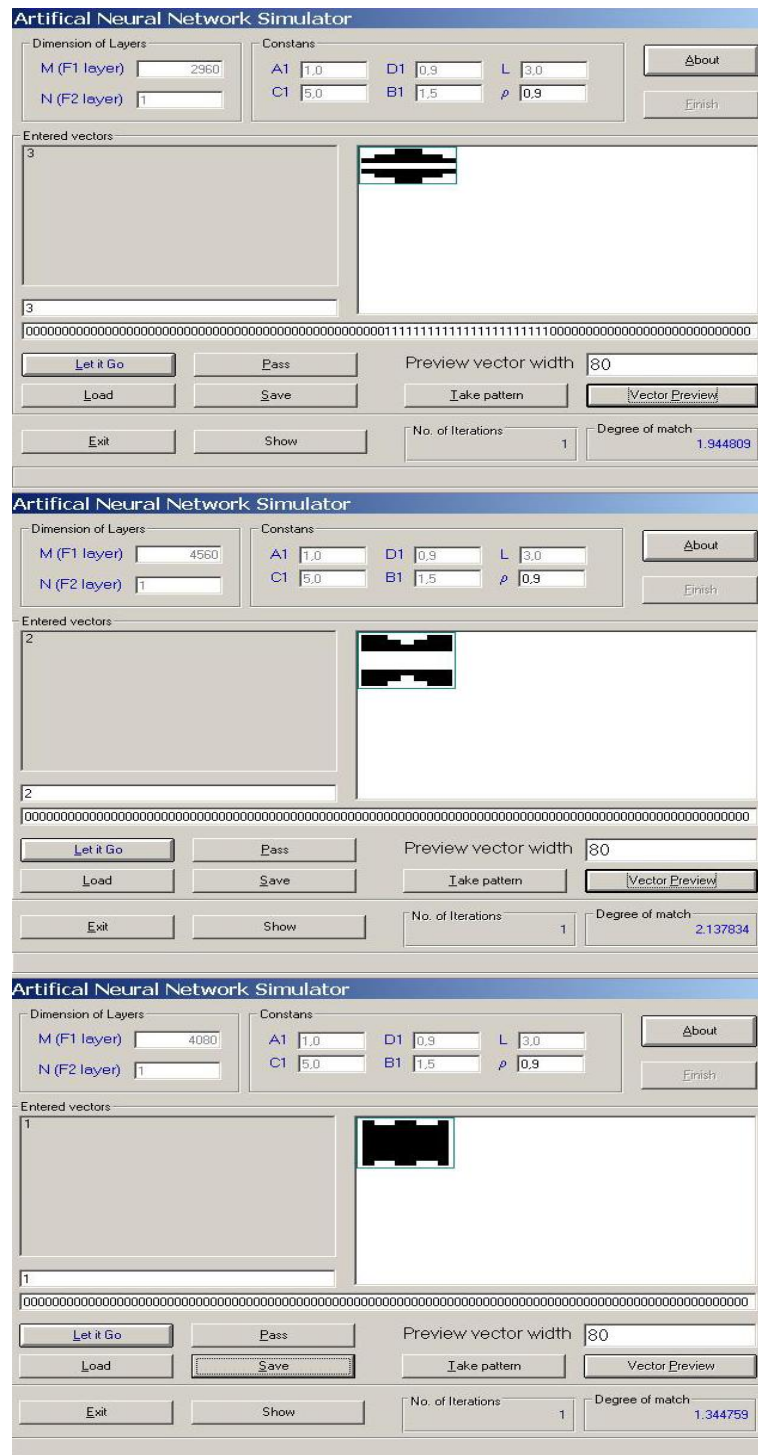
Слика 2.1.4: 2D црно-бели цртежи сређени у *Paint*-у

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		





Када отворимо *ART-1* симулатор, у кутији *Dimension of Layers*, F1 слоју уписујемо укупан број чланова (нула и јединица) које наш линијски код слике садржи, док у F2 слоју није битно који број упишемо зато што ће увек изаћи само један победнички неурон; због тога смо ставили један неурон у том слоју. Кутију *Constants* не дирамо. Затим, у кутији *Entered Vectors* уписујемо име слике, код слике и ширину вектора потребне како би *ART-1* симулатор приказао слику онако каквом смо је ми замислили. Тиме, задатак 2.1 је завршен.



Слика 2.1.6: Задати представници фамилије делова препознати у *ART-1* симулатору

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



## 2.2. Обрада 6-ог задатка из „Збирке решених задатака са изводима из теорије“

Прво што требамо да урадимо у циљу решавања овог задатка јесте да, из 6-ог задатка из збирке, одаберемо 10 парова  $X$  и  $Y$  ( $X$  су улазне а  $Y$  излазне вредности).

$X_{ul}$	$Y_{iz}$
14	196
14,5	210,25
15	225
15,5	240,25
16	256
16,5	272,25
17	289
17,5	306,25
18	324
18,5	342,25

Када смо одабрали парове, следећи корак је да одредимо њихове скалиране вредности према следећим формулама:

$$X_{skal} = \frac{X - 0,5}{100 - 0,5} \quad \text{и} \quad Y_{skal} = 0,5 + \frac{Y - 0,5}{10000 - 0,25} \cdot (0,8 - 0,5)$$

Према томе, скалиране вредности  $X_{skal}$  и  $Y_{skal}$  су следеће:

$X_{skal, ul}$	$Y_{skal, iz}$
0,135678	0,505873
0,140704	0,5063
0,145729	0,506743
0,150754	0,5072
0,155779	0,507673
0,160804	0,50816
0,165829	0,508663
0,170854	0,50918
0,175879	0,509713
0,180905	0,51026

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		

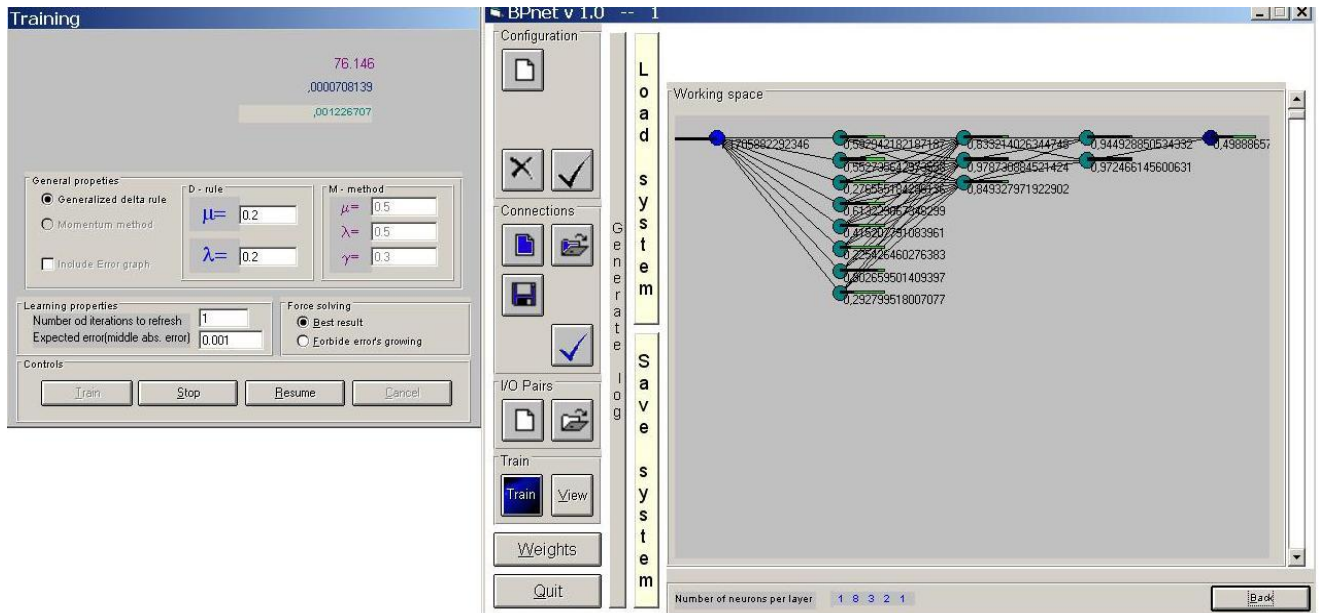




Следеће што требамо да урадимо је да овако скалиране вредности унесемо као обучавајуће парове у *BPnet* окружењу како бисмо, комбинујући разне конфигурације мрежа, одабрали ону оптималну сходну циљу пресликавања.

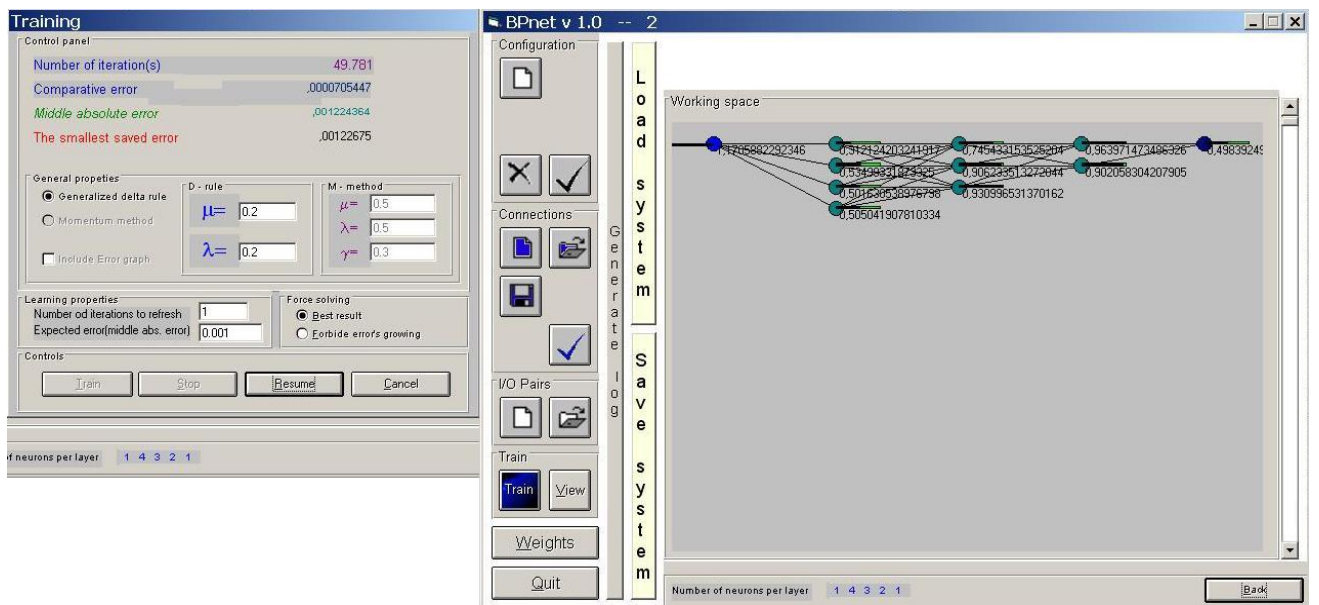
Ево неких примера лошијих архитектура мрежа које имају превелике грешке, факторе учења или број итерација:

### 1-8-3-2-1:



Слика 2.2.1: Конфигурација 1-8-3-2-1 мреже

### 1-4-3-2-1:



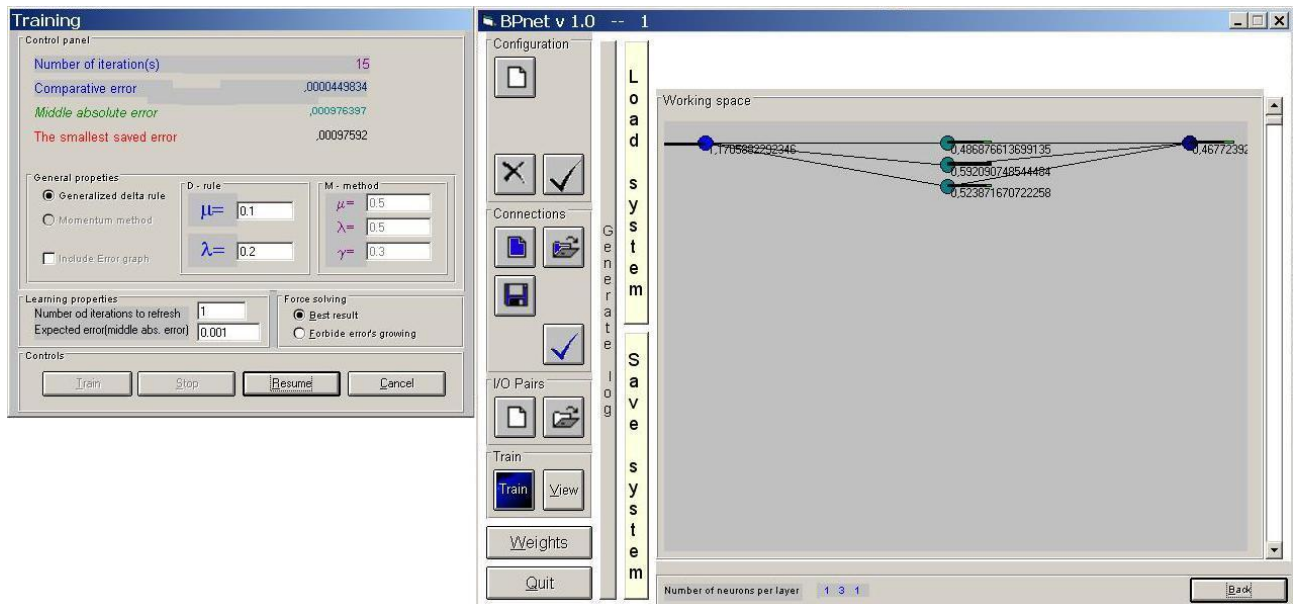
Слика 2.2.2: Конфигурација 1-4-3-2-1 мреже

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



Након дугог експериментисања са различитим архитектурама мрежа, дошли смо до једне која по нама показује најбоље резултате, тј. има најмањи број итерација, врло низак коафицијент учења као и веома малу грешку.

То је мрежа конфигурације **1-3-1**:



Слика 2.2.3: Оптимална конфигурација – 1-3-1 мрежа

И, као финални корак у складу решавања овог задатка, ишчитавамо вредности тежинских односа за сваки скривени слој. Те вредности су представљене у следећој табели:

Редни број неурона у скривеном слоју	Вредност тежинских односа неурона
1	0,484876613699135
2	0,592090748544484
3	0,523871670722258

## ЛИТЕРАТУРА

Током израде овог пројектног задатка НИЈЕ коришћена никаква литература! Све слике, таблице и реченице су потпуно оригиналне, настале од стране чланова наше групе. Почетни подаци и табеле, потребне за израду задатка, су узете из ПДФ фајлова, добијених од стране асистената, који ће бити приложени уз овај рад. Опште информације о симулацијама и симулационим системима су узете из слајдова са предавања професора Миљковића.

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Предмет: **КОМПЈУТЕРСКА СИМУЛАЦИЈА И  
ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА**

Пројектни Задатак

Лист/листова: 19/19

Група:	Бројеви индекса чланова групе:					Шк. год.	Датум:	Прегледао:
2	153/05	43/09	51/09	276/09	362/09	2010/11.		