

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Вятский государственный университет»**

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ  
СИСТЕМ НА БАЗЕ СЕТИ ВСТРЕЧНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Отчёт по лабораторной работе №3 дисциплины  
«Системы обработки знаний»

Выполнил студент группы ИВТ-42 \_\_\_\_\_/Рзаев А.Э./  
Проверил доцент кафедры ЭВМ \_\_\_\_\_/Ростовцев В.С./

Киров 2020

## 1 Цель

Целью выполнения лабораторной работы является разработка и исследование нейросетевой экспертной системы (ЭС) на базе нейронной сети встречного распространения.

## 2 Создание нейросетевой ЭС на базе сети встречного распространения

### 1. Число кластеров

1)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 10

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

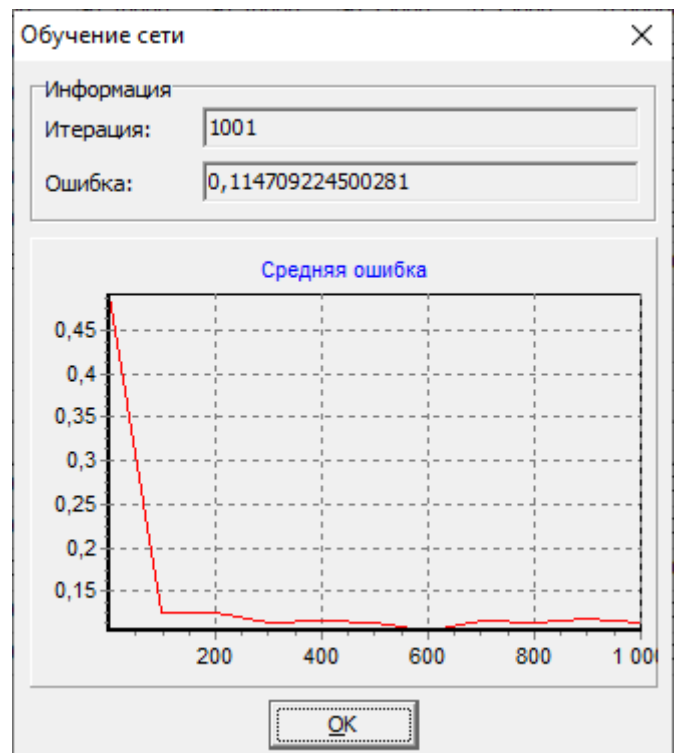
Скорость обучения: 0,2

Порог ошибки:  $1e-6$

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 2,3467

Минимальная ошибка: 0,0643

Среднеквадратичная ошибка: 0,3997

Средняя ошибка: 0,1147

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,80835	-0,80228	-0,99598	-0,95139	-0,99794	-0,99825	-0,98704	-0,98704	9
2	-0,82621	0,67832	-0,16892	0,08481	-0,63068	-0,96273	-0,84500	-0,84500	8
3	-0,99747	-0,44108	0,75302	-0,44016	-0,55437	-0,99793	-0,99131	-0,99261	7
4	-0,99927	-0,99525	-0,99963	-0,99207	0,89220	-0,02058	-0,99927	-0,99927	5
5	-0,99973	-0,99468	-0,99982	-0,99578	-0,99975	-0,99979	0,83830	0,83948	2

Сохранить в файл...

2)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

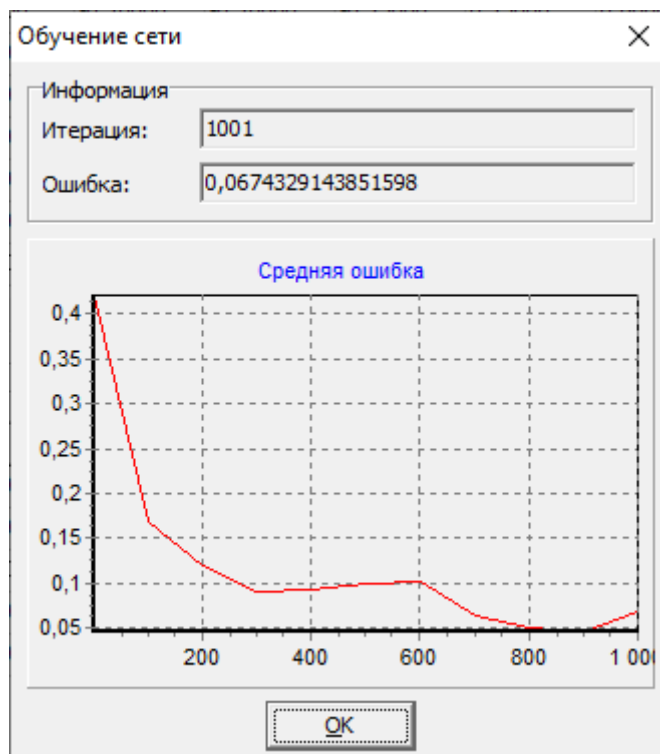
Скорость обучения: 0,2

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 2,1286  
 Минимальная ошибка: 0,0000  
 Среднеквадратичная ошибка: 0,2864  
 Средняя ошибка: 0,0674

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,89784	0,61637	-0,96458	-0,51118	-0,96566	-0,98618	-0,92887	-0,92887	18
3	-0,98976	0,59626	0,59626	0,59626	-0,12143	-0,99544	-0,98623	-0,98623	17
4	-0,99454	-0,97527	-0,99733	-0,95155	0,70485	-0,46644	-0,99531	-0,99531	14
5	-0,99948	-0,99231	-0,99967	-0,99594	-0,99957	-0,99977	0,88482	0,83735	13

Сохранить в файл...

3)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 30

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

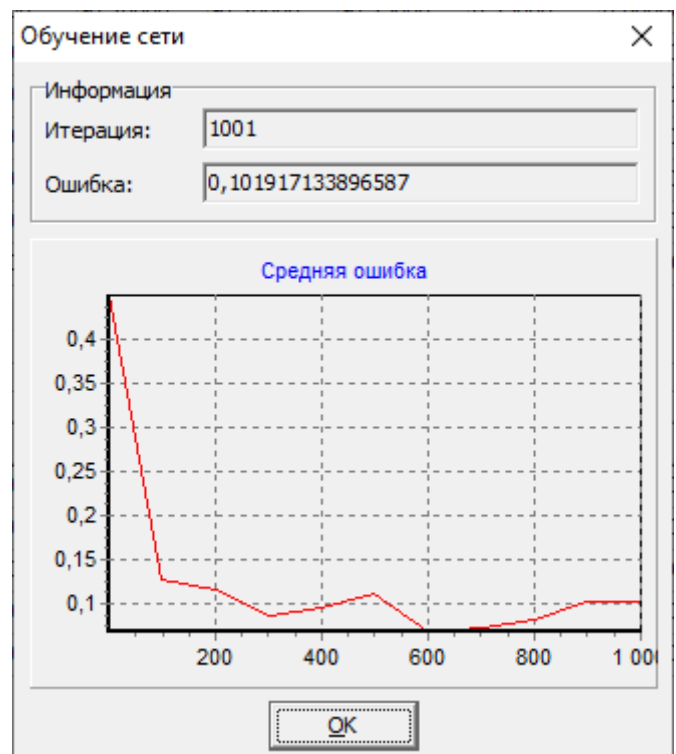
Скорость обучения: 0,2

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 1,8265  
 Минимальная ошибка: 0,0000  
 Среднеквадратичная ошибка: 0,3873  
 Средняя ошибка: 0,1019

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,60023	-0,56678	-0,96864	-0,63736	-0,98501	-0,99111	-0,91626	-0,91627	8
2	-0,87998	0,88794	-0,95970	-0,77154	-0,96088	-0,98421	-0,91864	-0,91864	28
3	-0,99950	-0,99455	0,83565	-0,99550	-0,99986	-0,99992	-0,17527	-0,17673	27
4	-0,99130	-0,96204	-0,99576	-0,92399	0,58751	-0,44998	-0,99259	-0,99259	25
5	-0,99604	-0,98088	-0,99805	-0,96463	-0,24158	-0,75439	-0,00400	-0,05973	0

Сохранить в файл...

Наилучшее число кластеров для данной задачи – 20.

## 2. Скорость обучения

1)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

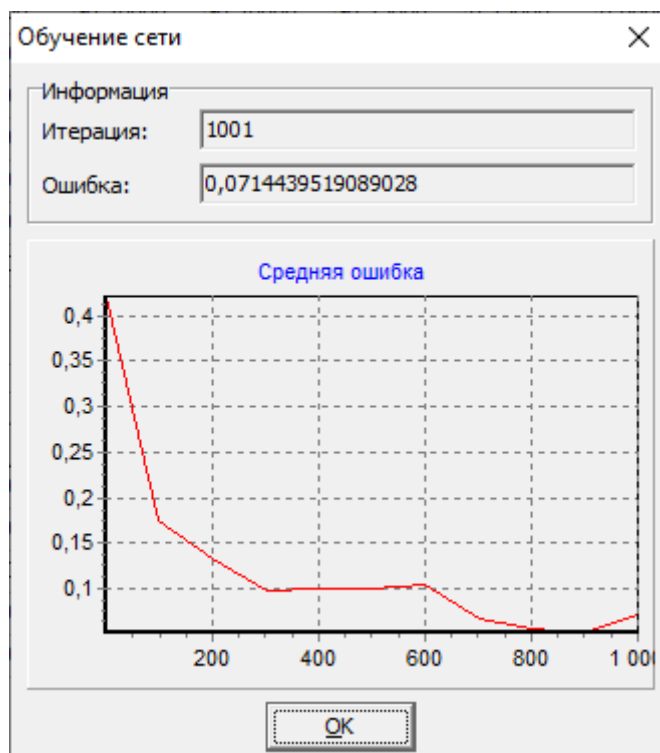
Скорость обучения: 0,05

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 1,8291

Минимальная ошибка: 0,0000

Среднеквадратичная ошибка: 0,2878

Средняя ошибка: 0,0714

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,91202	0,40064	-0,96846	-0,30434	-0,96945	-0,98775	-0,93700	-0,93700	18
3	-0,99009	0,58921	0,58923	0,58921	-0,09043	-0,99535	-0,98640	-0,98640	17
4	-0,99417	-0,97389	-0,99715	-0,94842	0,69489	-0,35792	-0,99499	-0,99499	14
5	-0,99935	-0,99298	-0,99931	-0,99593	-0,99947	-0,99962	0,88244	0,81911	13

Сохранить в файл...

2)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

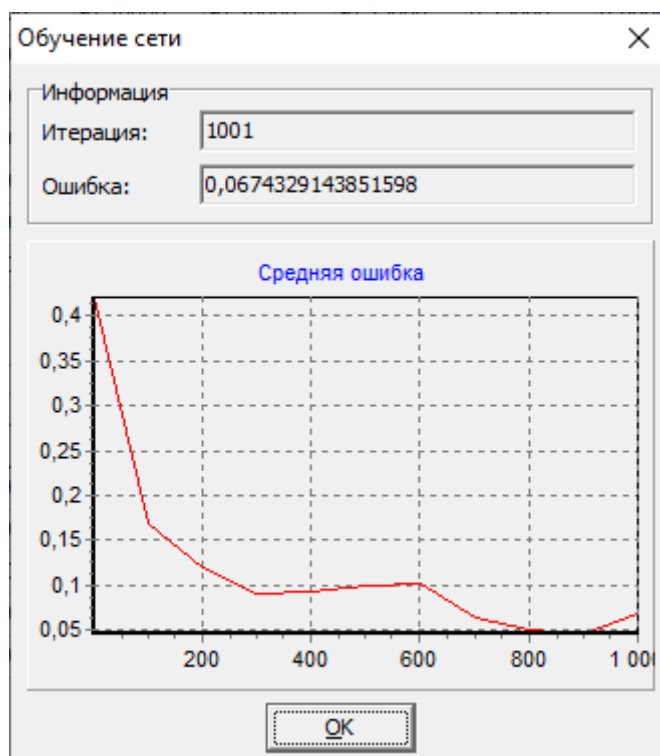
Скорость обучения: 0,2

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 2,1286  
 Минимальная ошибка: 0,0000  
 Среднеквадратичная ошибка: 0,2864  
 Средняя ошибка: 0,0674

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,89784	0,61637	-0,96458	-0,51118	-0,96566	-0,98618	-0,92887	-0,92887	18
3	-0,98976	0,59626	0,59626	0,59626	-0,12143	-0,99544	-0,98623	-0,98623	17
4	-0,99454	-0,97527	-0,99733	-0,95155	0,70485	-0,46644	-0,99531	-0,99531	14
5	-0,99948	-0,99231	-0,99967	-0,99594	-0,99957	-0,99977	0,88482	0,83735	13

Сохранить в файл...

3)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

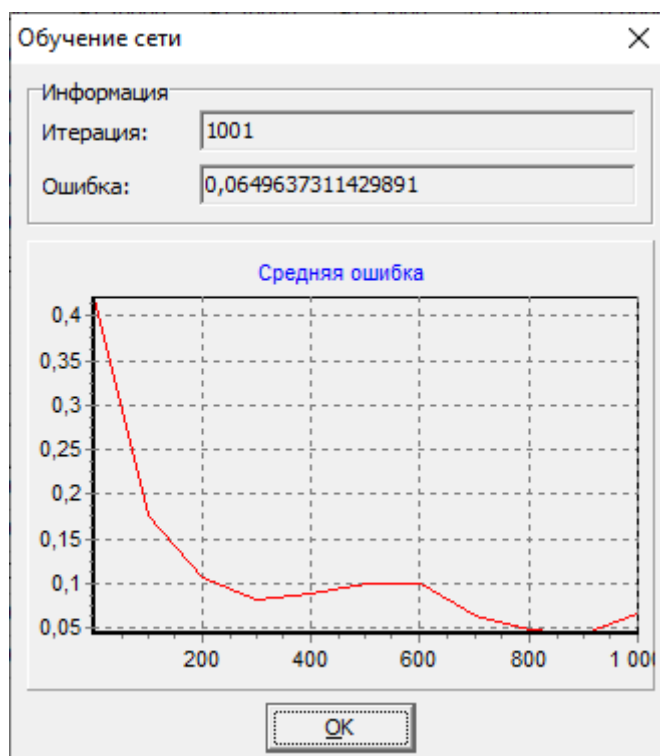
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 1,9038

Минимальная ошибка: 0,0000

Среднеквадратичная ошибка: 0,2741

Средняя ошибка: 0,0650

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,90849	0,45444	-0,96749	-0,35593	-0,96851	-0,98736	-0,93497	-0,93497	18
3	-0,98995	0,59223	0,59223	0,59223	-0,10366	-0,99539	-0,98632	-0,98632	17
4	-0,99523	-0,97807	-0,99766	-0,95736	0,73011	-0,45410	-0,99588	-0,99588	14
5	-0,99940	-0,99130	-0,99961	-0,99570	-0,99952	-0,99979	0,88464	0,85829	13

Сохранить в файл...

Наименьшая средняя квадратичная ошибка у сети со скоростью обучения 0,5.

### 3. Порог итераций

1)

**Свойства нейронной сети**

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

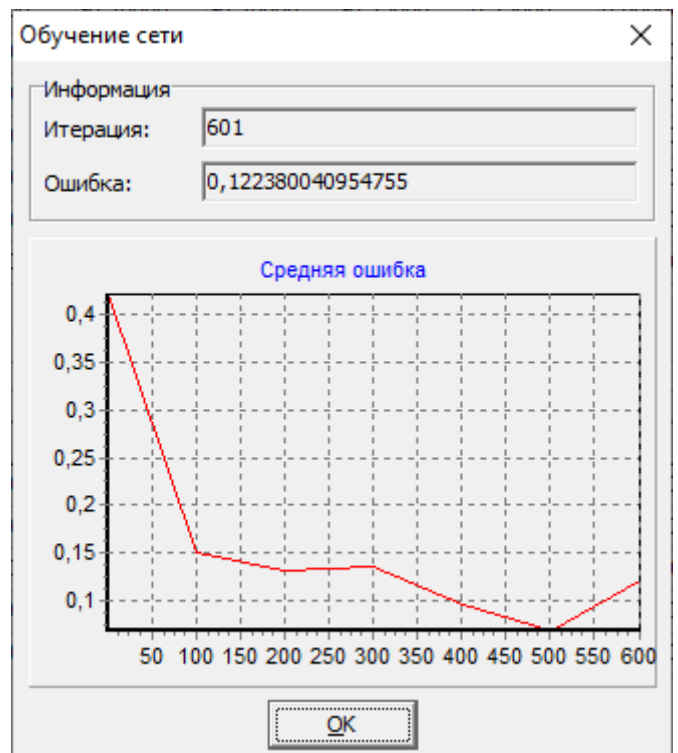
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 30

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 2,1901

Минимальная ошибка: 0,0000

Среднеквадратичная ошибка: 0,4341

Средняя ошибка: 0,1224



Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,91103	0,82540	-0,48134	-0,34826	-0,81592	-0,98779	-0,93787	-0,93787	18
3	-0,99560	0,47395	0,47395	0,47395	0,41806	-0,99388	-0,98918	-0,98918	17
4	-0,99510	-0,97791	-0,99760	-0,95646	0,73379	-0,21436	-0,99577	-0,99577	14
5	-0,98512	-0,98178	-0,97170	-0,98183	-0,98974	-0,99030	0,71898	0,74284	13

Сохранить в файл...

2)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

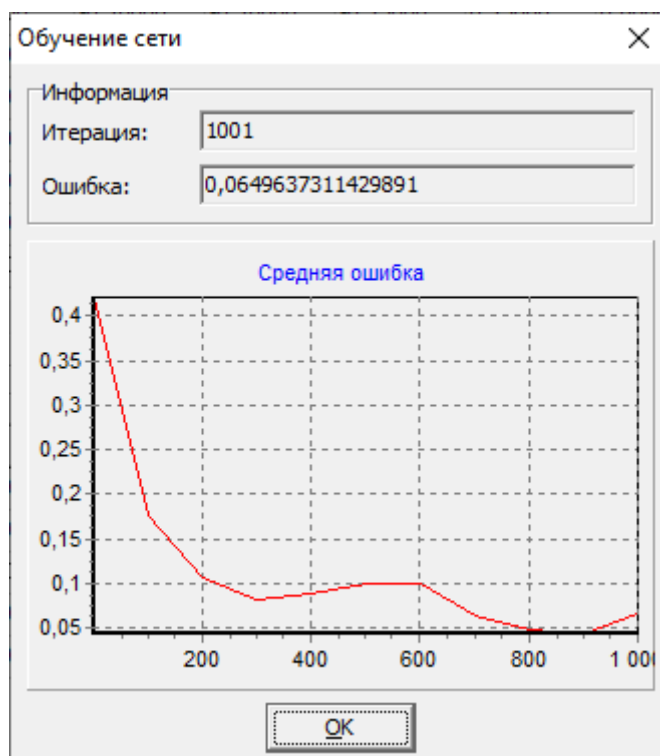
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 50

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 1,9038

Минимальная ошибка: 0,0000

Среднеквадратичная ошибка: 0,2741

Средняя ошибка: 0,0650

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,90849	0,45444	-0,96749	-0,35593	-0,96851	-0,98736	-0,93497	-0,93497	18
3	-0,98995	0,59223	0,59223	0,59223	-0,10366	-0,99539	-0,98632	-0,98632	17
4	-0,99523	-0,97807	-0,99766	-0,95736	0,73011	-0,45410	-0,99588	-0,99588	14
5	-0,99940	-0,99130	-0,99961	-0,99570	-0,99952	-0,99979	0,88464	0,85829	13

Сохранить в файл...

3)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

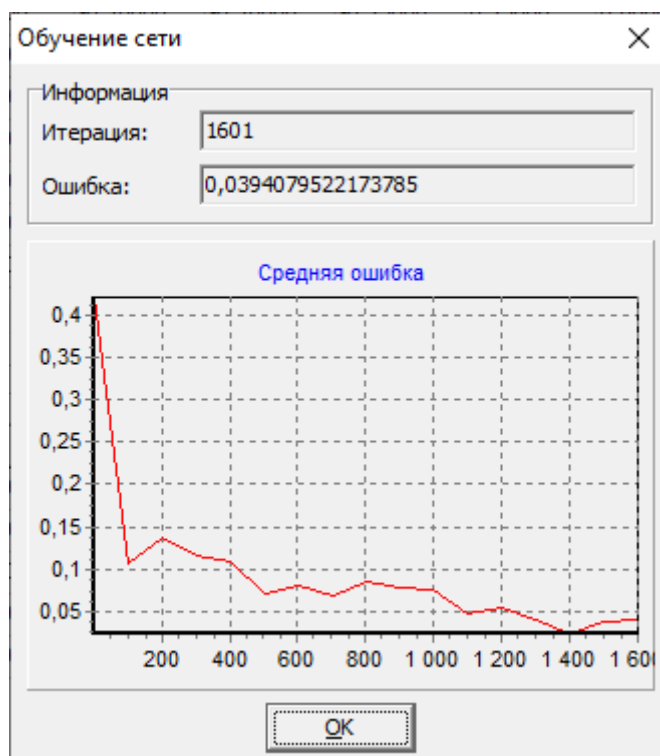
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 80

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 1,3445  
 Минимальная ошибка: 0,0000  
 Среднеквадратичная ошибка: 0,1888  
 Средняя ошибка: 0,0394

	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,93498	0,05154	-0,97473	0,03035	-0,97559	-0,99029	-0,95015	-0,95015	18
3	-0,99092	0,48876	0,60200	0,48885	-0,12223	-0,99556	-0,98693	-0,98705	17
4	-0,99415	-0,97351	-0,99714	-0,94811	0,68714	-0,56198	-0,99498	-0,99498	14
5	-0,99947	-0,99188	-0,99966	-0,99542	-0,99960	-0,99982	0,85705	0,87646	13

Сохранить в файл...

Наилучший результат показала сеть с порогом итераций 80.

#### 4. Размер окрестности

1)

**Свойства нейронной сети**

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

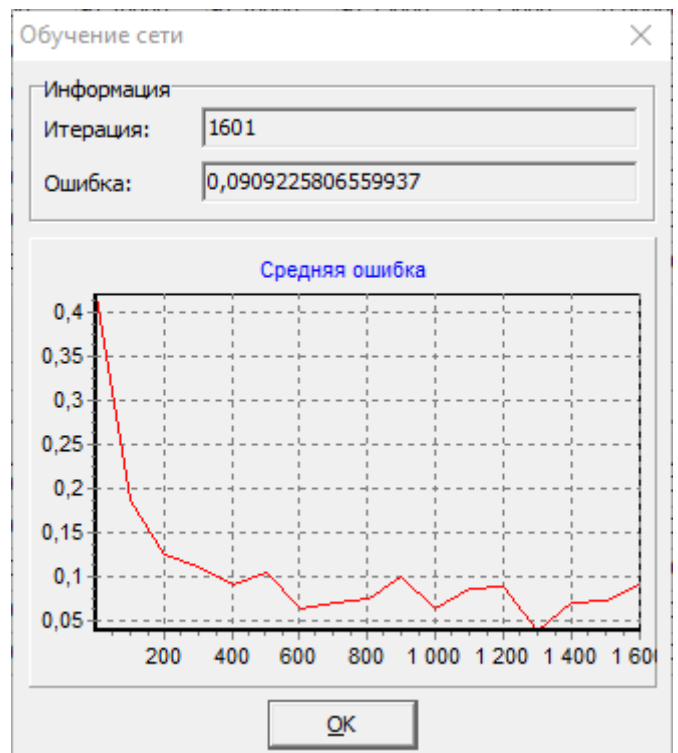
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 80

Размер окрестности (доля от сети): 0,5

OK Отмена



Максимальная ошибка: 3,2567

Минимальная ошибка: 0,0000

Среднеквадратичная ошибка: 0,4095

Средняя ошибка: 0,0909

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,79804	-0,79061	-0,99463	-0,93584	-0,99730	-0,99790	-0,98354	-0,98354	19
2	-0,78921	0,72869	-0,61599	-0,29886	-0,75926	-0,95731	-0,81901	-0,81901	18
3	-0,99359	0,51588	0,51588	0,51588	0,23310	-0,99441	-0,98817	-0,98817	17
4	-0,95901	-0,79833	-0,87130	-0,76779	0,55440	-0,40286	-0,94546	-0,94546	14
5	-0,99975	-0,99548	-0,99983	-0,99668	-0,99971	-0,99971	0,88536	0,77162	13

Сохранить в файл...

2)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

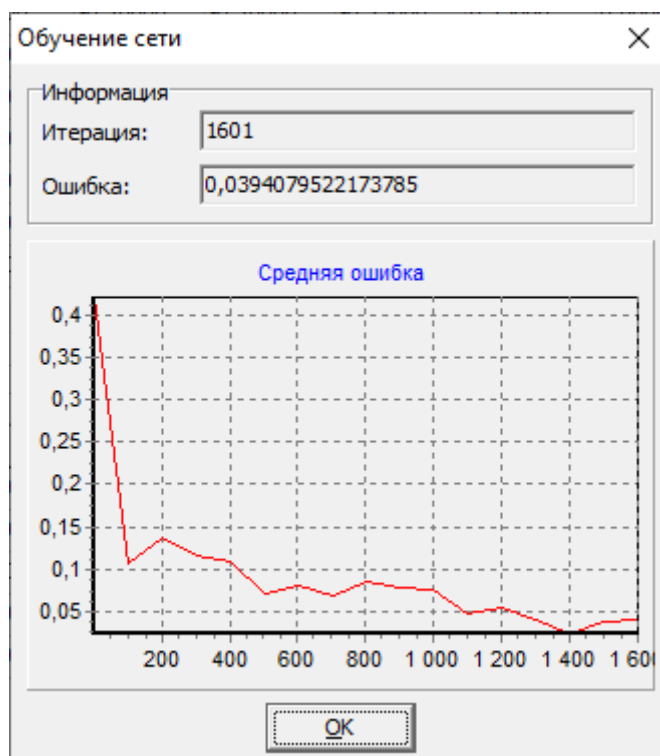
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 80

Размер окрестности (доля от сети): 0,8

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 1,3445

Минимальная ошибка: 0,0000

Среднеквадратичная ошибка: 0,1888

Средняя ошибка: 0,0394

Результаты									
	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8	Кластер
1	0,83765	-0,83544	-0,99983	-0,99561	-0,99976	-0,99926	-0,99701	-0,99701	19
2	-0,93498	0,05154	-0,97473	0,03035	-0,97559	-0,99029	-0,95015	-0,95015	18
3	-0,99092	0,48876	0,60200	0,48885	-0,12223	-0,99556	-0,98693	-0,98705	17
4	-0,99415	-0,97351	-0,99714	-0,94811	0,68714	-0,56198	-0,99498	-0,99498	14
5	-0,99947	-0,99188	-0,99966	-0,99542	-0,99960	-0,99982	0,85705	0,87646	13

Сохранить в файл...

3)

Свойства нейронной сети

Число входов/выходов

Число входов: 26

Число выходов: 8

Число нейронов

Число кластеров (слой Кохонена): 20

Число нейронов в слое Гроссберга: 8

Параметры обучения

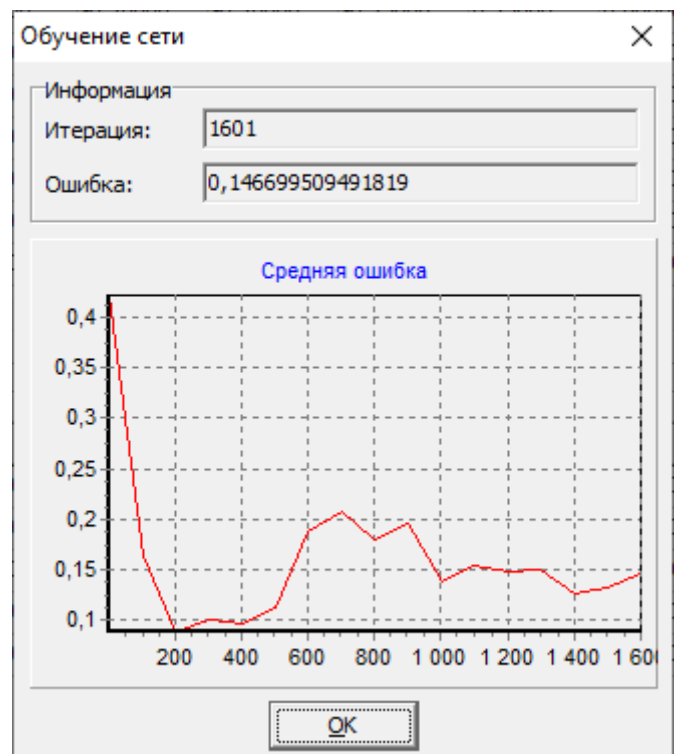
Скорость обучения: 0,5

Порог ошибки: 1e-6

Порог итераций (в выборках): 80

Размер окрестности (доля от сети): 0,95

ОК Отмена



Максимальная ошибка: 3,0015  
 Минимальная ошибка: 0,0000  
 Среднеквадратичная ошибка: 0,5268  
 Средняя ошибка: 0,1467



### 3 Сравнение

OUT1			OUT2		
ANIES	CPN	NeuroPro	ANIES	CPN	NeuroPro
0,726	0,83765	0,752	-0,705	-0,83544	-0,879
-0,689	-0,93382	-1,04	0,707	0,33513	1,02
-0,983	-0,995	-0,894	-0,948	-0,87413	-0,789
-0,985	-0,99643	-0,884	-0,936	-0,91096	-0,793
-0,972	-0,99945	-0,845	-0,912	-0,99433	-1,125
OUT3			OUT4		
ANIES	CPN	NeuroPro	ANIES	CPN	NeuroPro
-0,993	-0,99983	-1,04	-0,891	-0,99561	-1,047
-0,879	-0,65834	-0,648	-0,592	-0,00566	-0,923
0,89	0,01559	1,015	-0,931	-0,7406	-0,899
-0,991	-0,9246	-0,876	-0,919	-0,89613	-0,988
-0,931	-0,32411	-1,293	-0,849	-0,99714	-0,821
OUT5			OUT6		
ANIES	CPN	NeuroPro	ANIES	CPN	NeuroPro
-0,965	-0,99976	-0,83	-0,969	-0,99926	-1,098
-0,808	-0,87578	-0,838	-0,876	-0,99025	-1,091
-0,987	-0,51937	-0,732	-0,995	-0,64122	-1,079
0,728	0,56935	-0,991	-0,448	0,08083	-0,746
-0,958	-0,99976	-0,961	-0,959	-0,99981	-0,784
OUT7			OUT8		
ANIES	CPN	NeuroPro	ANIES	CPN	NeuroPro
-0,966	-0,99701	-0,9	-0,966	-0,99701	-0,896
-0,886	-0,95042	-0,543	-0,886	-0,95042	-0,543
-0,89	-0,98891	-0,94	-0,947	-0,98988	-0,809
-0,984	-0,9965	-1,017	-0,984	-0,9965	-1,02
0,717	0,91539	0,755	0,492	0,87199	0,733

#### Желаемые результаты

OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7	OUT8
0,73	-0,71	-0,99	-0,89	-0,96	-0,97	-0,97	-0,97
-0,69	0,71	-0,88	-0,59	-0,81	-0,88	-0,89	-0,89
-0,98	-0,95	0,88	-0,93	-0,97	-0,99	-0,89	-0,95
-0,98	-0,94	-0,99	-0,92	0,72	-0,45	-0,98	-0,98
-0,97	-0,92	-0,93	-0,85	-0,96	-0,97	0,72	0,49

Наилучший результат показала система ANIES (значения отличаются от желаемых в основном в тысячных), наихудший – NeuroPro. При обучении использовалась небольшая обучающая выборка, что могло оказать влияние на конечный результат.

#### **4 Вывод**

В результате выполнения лабораторной работы были изучены сети встречного распространения. Данные сети в своей основе используют сети Кохонена и выходную звезду Гроссберга. На основе обучающей выборки были построены предсказательные модели. Лучшей из представленных оказалась модель с 20 кластерами, скоростью обучения равной 0,5, порогом итераций 80 и размером окрестности 0,8.