

Методические рекомендации по выполнению лаб.3

**Обучение и использование
нейронной сети при помощи
Neural network toolbox
в среде Matlab**

Neural network toolbox в среде Matlab

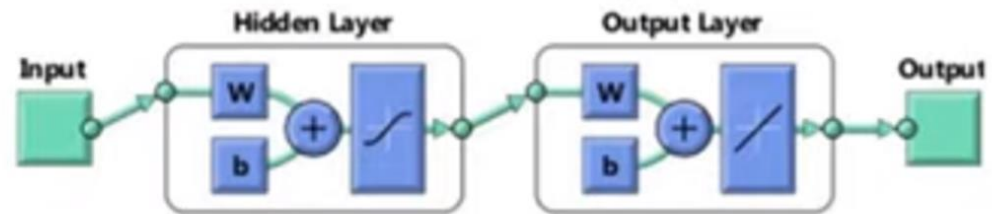
"Обучение и использование нейронной сети при помощи Neural network toolbox в среде Matlab" на YouTube

<https://youtu.be/2afTCq1IWNc>

Все большее значение приобретают методы машинного обучения нейронных сетей

Знакомство с НС

Знакомство с Neural Network Toolbox *Matlab® and Simulink®*



Формирование обучающей выборки

С помощью программы Excel создать обучающую выборку, которая представляет базу знаний нейросетевой ЭС и сохранить ее в формате *.xls.

Для этой цели запустить не менее 25 раз программу ANIES и сформировать не менее 25 примеров обучающей выборки, разделив столбцы на входные и выходные.

Как формировать обучающую выборку?

Входной вектор-
одна строка
обучающей
выборки

Коэффициенты фактов		
Параметр	Значение	Коэффициент
Стоит_на_воору...	да	0,7
Стоит_на_воору...	нет	-0,7
Количество_рак...	1	0,6
Количество_рак...	2	-0,6
Страна_произво...	Россия	0,7
Страна_произво...	СССР	-0,7
Скорость_ПУ	больше_50	0,5
Скорость_ПУ	меньше_50	-0,5
Стартовый_вес_...	большой	-0,35
Стартовый_вес_...	малый	-0,35
Стартовый_вес_...	огромный	-0,35
Стартовый_вес_...	средний	0,35
Дальность_км	большая	-0,5
Дальность_км	малая	-0,5
Дальность_км	огромная	-0,5
Дальность_км	средняя	0,5
Время_подготов...	1	-0,5
Время_подготов...	15	-0,5
Время_подготов...	5	0,5
Себестоимость	низкая	-0,65
Себестоимость	средняя	0,65
Себестоимость	высокая	-0,65

Выходной вектор- одна строка
обучающей выборки

Найдено решение методом: Прямой в ширину время выполнения: 0:0...			
Гипотеза	Значение гипотезы	Коэффициент уверенности	
ракетные_комплексы_общег...	Искандер	0,990594208640613	
ракетные_комплексы_общег...	Точка-У	0,975243425813954	
ракетные_комплексы_общег...	Овод-М	0,9588476517175	
ракетные_комплексы_общег...	Р-300	0,94045860521519	
ракетные_комплексы_общег...	Пионер	0,815882621603106	
ракетные_комплексы_общег...	Луна-М	0,572233879246466	
ракетные_комплексы_общег...	Ока	0,207648302449943	

Запускается ANIES не менее
25 раз (три запуска для
идентификации одной из 7
гипотез).

Иллюстрация обучающей выборки

**Входной вектор- одна строка
обучающей выборки**

**Выходной вектор- одна строка
обучающей выборки**

In1	In2	In3	...	in32	out1	out2	out3	...	out7
0,55	0,63	0,25		0,80	0,9	0,1	0,12	...	-0,21
-0,35	0,63	0,25		0,20	-0,19	0,1	0,79	...	-0,11
0,45	-0,63	-0,25		-0,60	0,01	0,85	0,12	...	-0,12
0,35	0,46	0,55		0,75	0,11	0,1	0,12	...	-0,13
-0,65	0,63	0,25		0,20	-0,19	0,1	0,79	...	-0,11
0,75	-0,63	-0,25		-0,60	0,01	0,85	0,12	...	-0,12
0,85	0,46	0,55		0,75	0,81	0,1	0,12	...	-0,13

Обучение и использование нейронной сети при помощи Neural network toolbox в среде Matlab

Матрица входных данных

-0,75	0,75	0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	0,8	-0,7	-0,
0,65	-0,65	-0,55	-0,55	0,55	0,7	-0,7	-0,7	0,7	-0,
-0,7	0,7	-0,75	-0,75	0,75	-0,7	0,7	-0,7	-0,75	0,7
0,6	-0,6	-0,7	0,7	-0,7	0,7	-0,7	-0,7	0,65	-0,6
-0,75	0,75	0,7	-0,7	-0,7	-0,65	0,65	-0,65	-0,7	0,
0,85	-0,85	-0,35	-0,35	0,35	-0,45	-0,45	0,45	0,85	-0,8
-0,8	0,8	-0,45	-0,45	0,45	-0,45	-0,45	0,45	-0,5	-0,
-0,75	0,75	0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	0,8	-0,75	-0,7
0,75	-0,75	-0,8	-0,8	0,8	0,5	-0,5	-0,5	0,65	-0,6
-0,85	0,85	-0,8	-0,8	0,8	-0,65	0,65	-0,65	-0,85	0,8
0,85	-0,85	-0,9	0,9	-0,9	0,85	-0,85	-0,85	0,6	-0,
-0,9	0,9	0,95	-0,95	-0,95	-0,85	0,85	-0,85	-0,65	0,6
0,85	-0,85	-0,5	-0,5	0,5	-0,45	-0,45	0,45	0,8	-0,
-0,85	0,85	-0,6	-0,6	0,6	-0,5	-0,5	0,5	-0,9	-0,
-0,9	0,9	0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	0,8	-0,85	-0,8
0,85	-0,85	-0,9	-0,9	0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,9	-0,
-0,9	0,9	-0,85	-0,85	0,85	-0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,
0,9	-0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,9	-0,
-0,9	0,9	0,9	-0,9	-0,9	-0,85	0,85	-0,85	-0,85	0,8
0,9	-0,9	-0,85	-0,85	0,85	-0,85	-0,85	0,85	0,85	-0,8
-0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,9	-0,9	-0,
-0,35	0,35	0,35	-0,35	-0,35	-0,4	-0,4	0,4	-0,4	-0,
0,35	-0,35	-0,45	-0,45	0,45	0,45	-0,45	-0,45	0,45	-0,4
-0,5	0,5	-0,5	-0,5	0,5	-0,45	0,45	-0,45	-0,45	0,4
0,45	-0,45	-0,45	0,45	-0,45	0,45	-0,45	-0,45	0,5	-0,

0,7	0,7	-0,7	-0,7	-0,6	0,6	-0,8	0,8
-0,7	0,7	-0,7	-0,7	-0,7	0,7	-0,75	0,75
-0,75	0,8	-0,8	-0,8	0,7	-0,7	0,65	0,65
-0,65	-0,7	0,7	-0,7	0,7	-0,7	-0,6	0,6
-0,7	-0,8	-0,8	0,8	-0,75	0,75	0,65	-0,65
-0,85	-0,35	0,35	-0,35	0,4	-0,4	0,5	-0,5
0,5	-0,6	0,6	-0,6	0,65	-0,65	0,7	-0,7
0,75	0,6	-0,6	-0,6	-0,6	0,6	-0,85	0,85
-0,65	0,85	-0,85	-0,85	-0,4	0,4	-0,9	0,9
-0,85	0,5	-0,5	-0,5	0,65	-0,65	-0,4	0,4
-0,6	-0,6	0,6	-0,6	0,55	-0,55	-0,8	0,8
-0,65	-0,7	-0,7	0,7	-0,75	0,75	0,8	-0,8
-0,8	-0,5	0,5	-0,5	0,55	-0,55	0,8	-0,8
0,9	-0,45	0,45	-0,45	0,5	-0,5	0,75	-0,75
0,85	0,9	-0,9	-0,9	-0,85	0,85	-0,85	0,85
-0,9	0,85	-0,85	-0,85	-0,85	0,85	-0,9	0,9
-0,9	0,85	-0,85	-0,85	0,85	0,85	-0,9	0,9
-0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,9	-0,9	-0,9	0,9
-0,85	-0,85	-0,85	0,85	-0,85	0,85	0,85	-0,85
-0,85	-0,85	0,85	-0,85	0,8	-0,8	0,9	-0,9
0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9
0,4	0,4	-0,4	-0,4	-0,4	0,4	-0,4	0,4

Матрица выходных данных

0,91	-0,37	-0,39	-0,75	-0,8	-0,83	-0,96
-0,175	0,8914	-0,456	-0,869	-0,994	-0,538	0,579
-0,298	-0,258	0,9718	-0,628	-0,811	-0,768	-0,907
-0,8011	0,1754	-0,8607	-0,8903	-0,9325	-0,35403	0,98759
-0,24006	-0,80696	-0,19713	0,81538	-0,9303	-0,52568	-0,99233
-0,96369	-0,82606	-0,97704	-0,94525	-0,7045	0,98107	-0,4816
-0,5906	-0,87884	-0,53896	-0,61542	0,99867	0,848857	-0,88091
0,94717	0,08217	-0,20689	-0,90826	-0,7356	-0,99511	-0,98585
0,30193	0,944568	0,68509	-0,98953	-0,997	-0,99404	-0,39907
-0,44588	-0,47799	0,984676	-0,74927	0,23106	-0,92617	-0,93484
-0,89051	-0,00095	-0,79959	-0,97199	-0,99262	-0,97675	0,998029
-0,13911	-0,86445	-0,13658	0,854345	-0,84678	-0,99836	-0,99708
-0,99591	-0,97868	-0,99643	-0,99145	-0,84499	0,996364	-0,9395
-0,48362	-0,89791	-0,67207	-0,67603	0,999769	0,88103	-0,96985
0,977676	0,33939	0,124684	-0,96277	-0,95733	-0,99971	-0,99852
0,298105	0,978989	-0,0216	-0,99111	-0,99961	-0,99785	-0,51475
-0,34	-0,37939	0,998989	-0,99511	-0,99448	-0,99955	-0,94456
-0,95601	-0,36	-0,7194	-0,99691	-0,9978	-0,98575	0,99987
-0,29811	-0,88224	-0,11102	0,877699	-0,88297	-0,99855	-0,99851
-0,99973	-0,99847	-0,99977	-0,99947	0,21356	0,99989	-0,99488
-0,936	-0,98926	-0,954	-0,96109	0,99999	0,99687	-0,99439
0,78175	0,198615	-0,06117	-0,65289	-0,592	-0,91441	-0,8897
0,21906	0,824412	-0,12905	-0,8008	-0,92781	-0,87496	-0,38175
-0,2	-0,2	0,953153	-0,86218	-0,79975	-0,93693	-0,66127
-0,73856	-0,09649	-0,48651	-0,84704	-0,86938	-0,68625	0,959575

Запускаем nnstart

Добавляем данные для обучения нейронной сети в среду Matlab:

```
>> uiopen('D:\7 семестр\TPR3.xlsx',1)
```

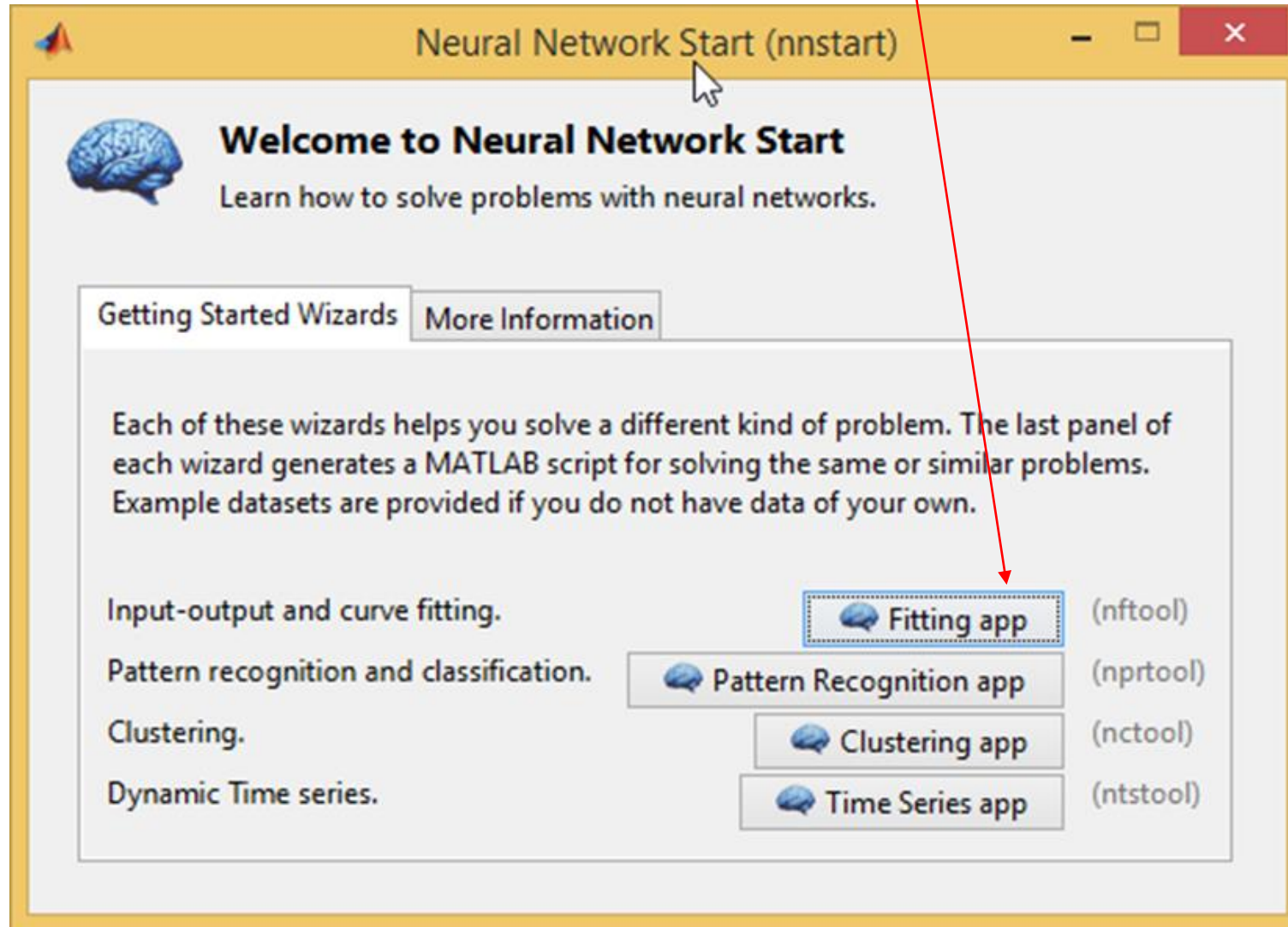
Размечаем входные и выходные матрицы:

 Datain	<i>25x18 double</i>
 Dataout	<i>25x7 double</i>

Запускаем расширение создания и обучения нейронных сетей с помощью команды nnstart:

```
>> nnstart
```

В открывшемся диалоговом окне нажимаем
кнопку **Fitting app**



Выбираем входные и выходные данные для обучения нейронной сети

Neural Fitting (nftool)

Select Data

What inputs and targets define your fitting problem?

Get Data from Workspace

Input data to present to the network.

Inputs: Datain ...

Target data defining desired network output.

Targets: Dataout ...

Samples are: ☐ Matrix columns ☒ Matrix rows

Want to try out this tool with an example data set?

Load Example Data Set

Summary

Inputs 'Datain' is a 25x18 matrix, representing static data: 25 samples of 18 elements.

Targets 'Dataout' is a 25x7 matrix, representing static data: 25 samples of 7 elements.

To continue, click [Next].

Neural Network Start Welcome Back Next Cancel

Выбираем параметры обучения и алгоритм обучения

Neural Fitting (nftool)

Validation and Test Data

Set aside some samples for validation and testing.

Select Percentages

Randomly divide up the 25 samples:

Training:	70%	17 samples
Validation:	15% ▾	4 samples
Testing:	15% ▾	4 samples

Restore Defaults

Explanation

Three Kinds of Samples:

- Training:**
These are presented to the network during training, and the network is adjusted according to its error.
- Validation:**
These are used to measure network generalization, and to halt training when generalization stops improving.
- Testing:**
These have no effect on training and so provide an independent measure of network performance during and after training.

➡ Change percentages if desired, then click [Next] to continue.

Neural Network Start Welcome Back Next Cancel

Множество примеров выборки можно разбить на 3 подмножества

Множество примеров выборки можно разбить на 3 подмножества:

1. Подмножество для обучения НС (Training)

2. Подмножество для проверки обобщающей способности НС (Validation)

Не участвует в обучении

3. Подмножество для тестирования (Testing)

Не участвует в обучении

Подмножество для проверки обобщающей способности НС (Validation)

Одно из важнейших свойств нейронных сетей — это способность к обобщению полученных знаний.

Сеть, натренированная на обучающей выборке, генерирует ожидаемые результаты при подаче на ее вход данных, *которые не участвовали в обучении*.

Все множество данных можно разделить на обучающее, валидационное и тестовое подмножества

Запускаем процесс обучения ИНС

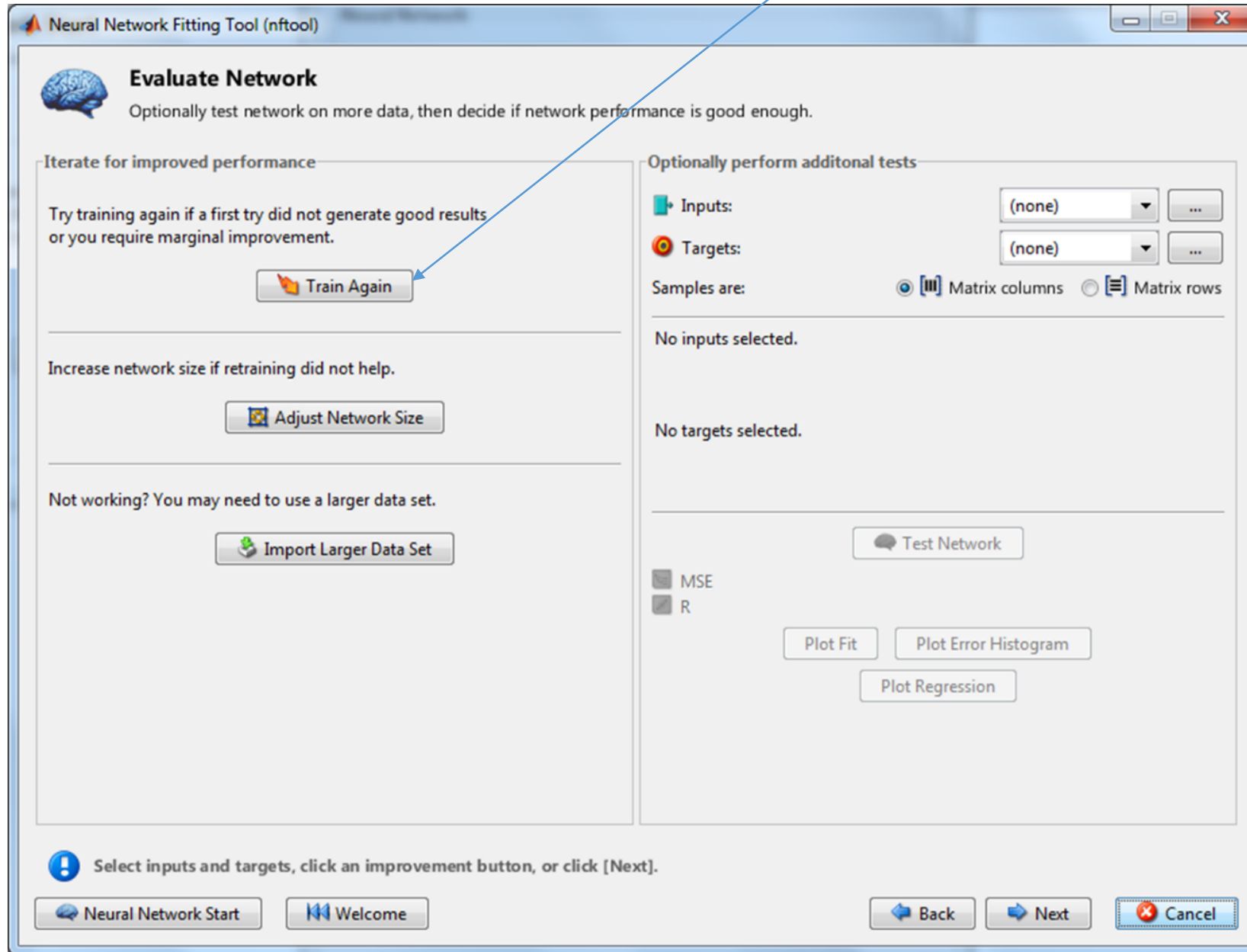
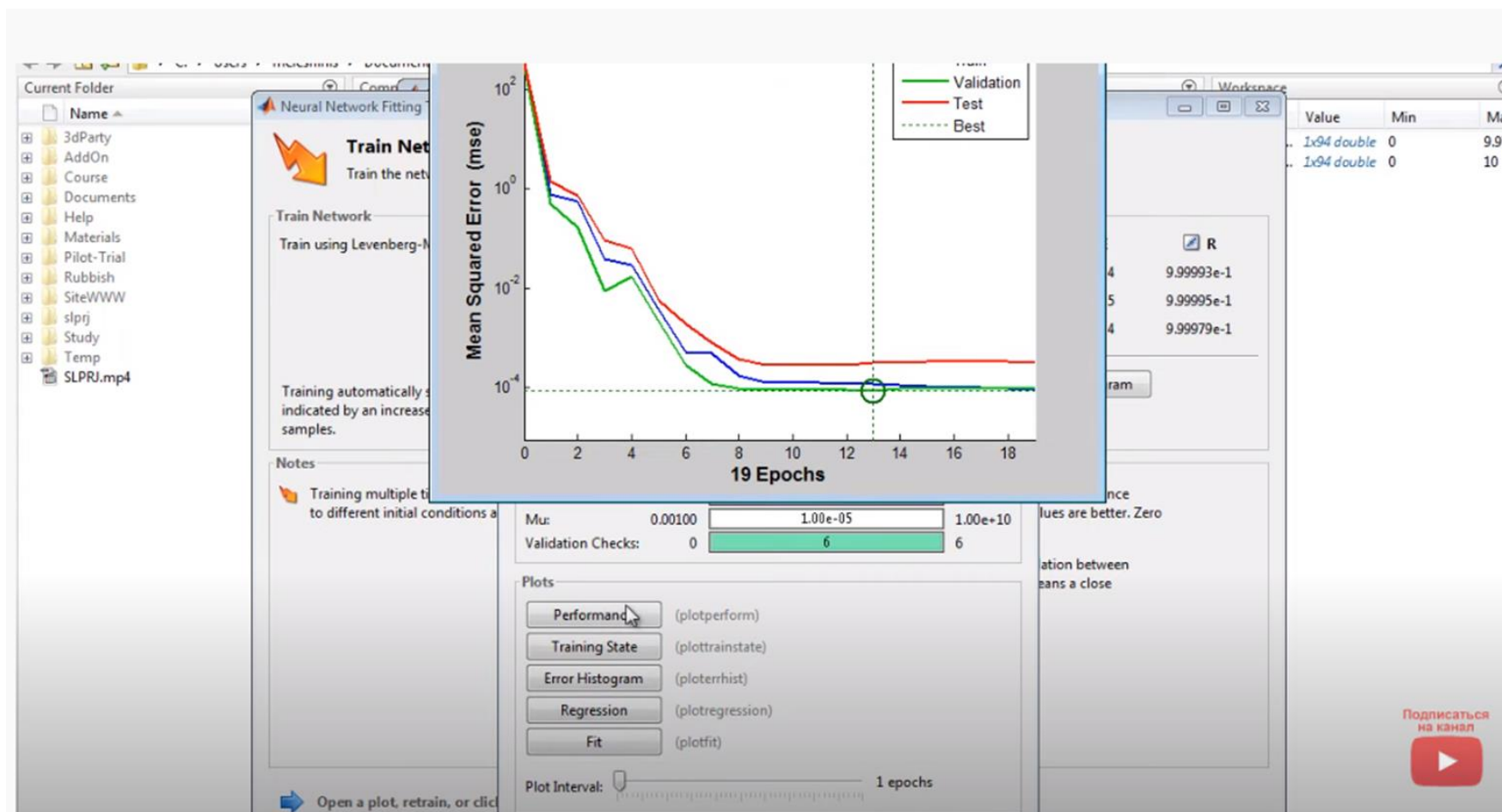



Иллюстрация результатов обучения НС



Выбор параметров

Neural Fitting (nftool)

**Network Architecture**
Set the number of neurons in the fitting network's hidden layer.

Hidden Layer

Define a fitting neural network. (fitnet)

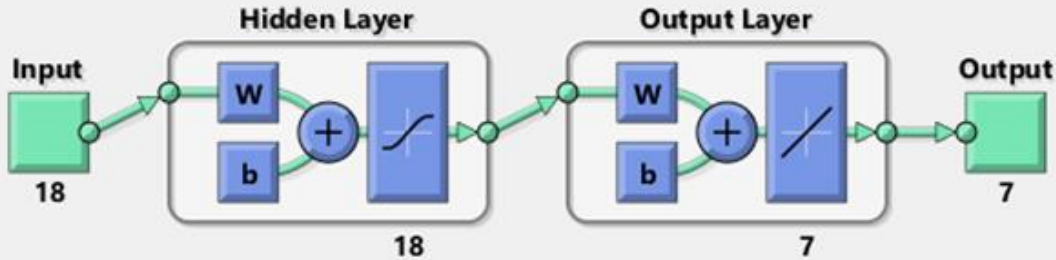
Number of Hidden Neurons:


Restore Defaults

Recommendation

Return to this panel and change the number of neurons if the network does not perform well after training.

Neural Network



 Change settings if desired, then click [Next] to continue.

Neural Network Start

Welcome


Back

Next

Cancel

Выбор алгоритма

Neural Fitting (nftool)



Train Network

Train the network to fit the inputs and targets.

Train Network

Choose a training algorithm:







Bayesian Regularization

This algorithm typically requires more time, but can result in good generalization for difficult, small or noisy datasets. Training stops according to adaptive weight minimization (regularization).

Train using Bayesian Regularization. (trainbr)

Retrain

Results


	 Samples	 MSE	 R
 Training:	17	2.98024e-14	9.99999e-1
 Validation:	4	0.00000e-0	0.00000e-0
 Testing:	4	5.61561e-2	9.26966e-1


Plot Fit


Plot Error Histogram

Plot Regression

Notes

 Training multiple times will generate different results due to different initial conditions and sampling.

 Mean Squared Error is the average squared difference between outputs and targets. Lower values are better. Zero means no error.

 Regression R Values measure the correlation between outputs and targets. An R value of 1 means a close relationship, 0 a random relationship.

Open a plot, retrain, or click [Next] to continue.

Neural Network Start

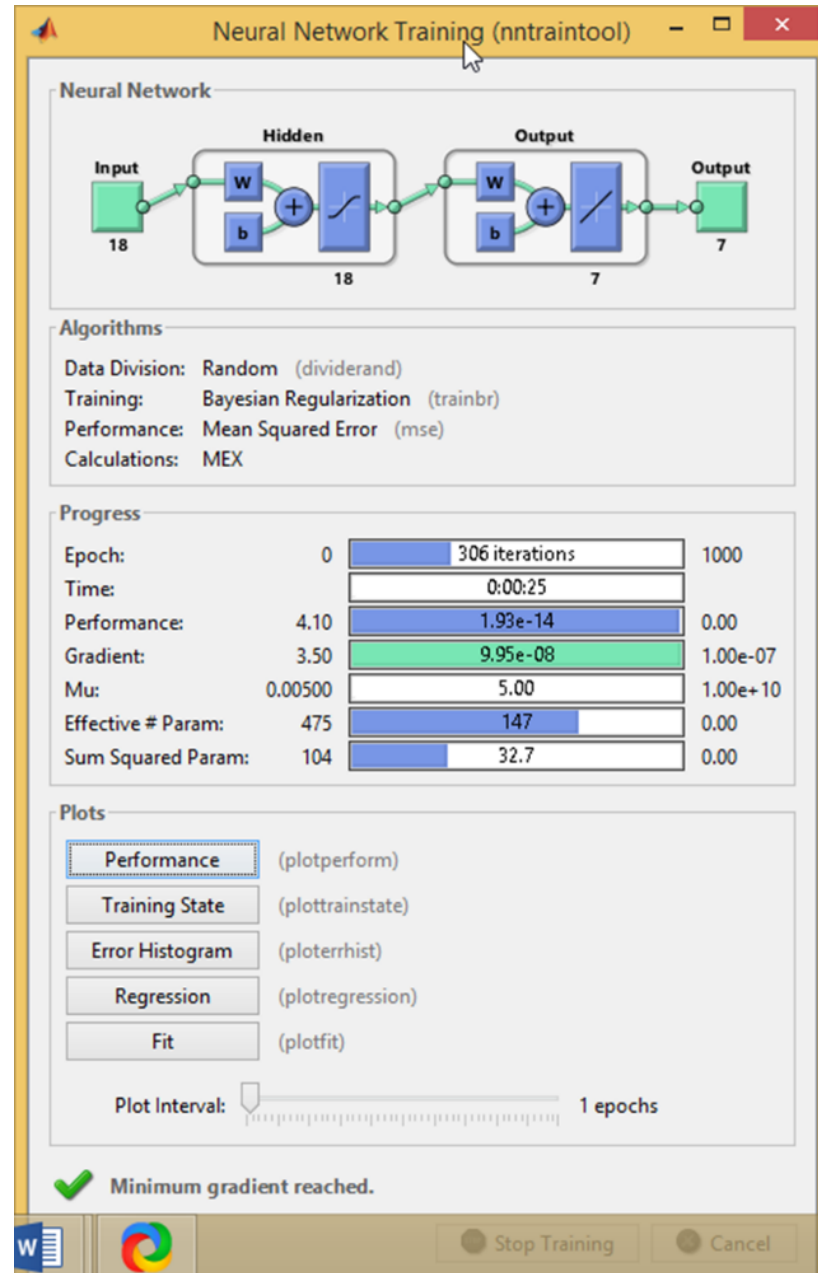
Welcome

Back

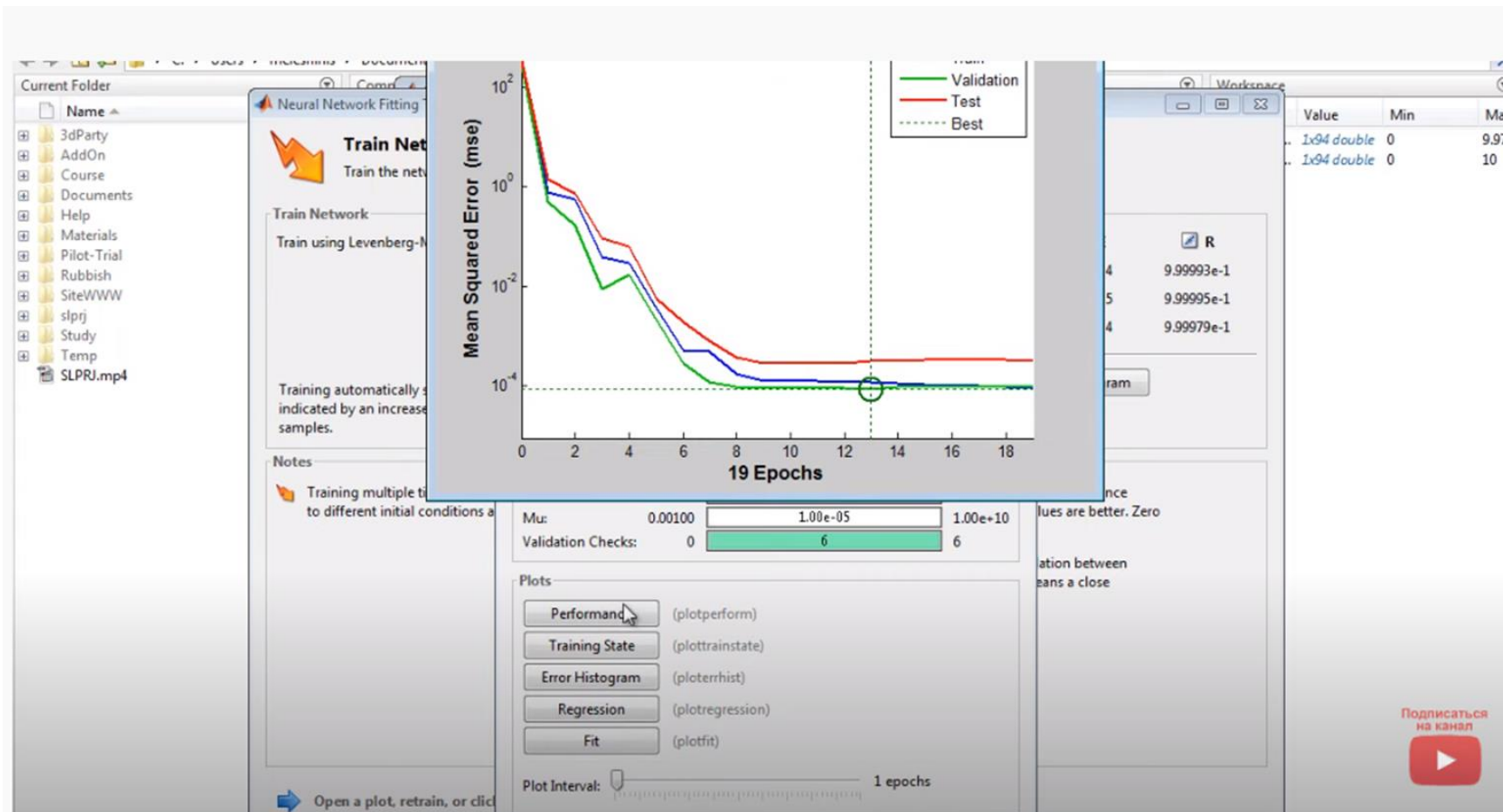
Next

Cancel

Обучаем нейронную сеть



Результаты обучения НС (mse)



Характеристика mse

MSE – это среднеквадратичная ошибка обучения НС

N

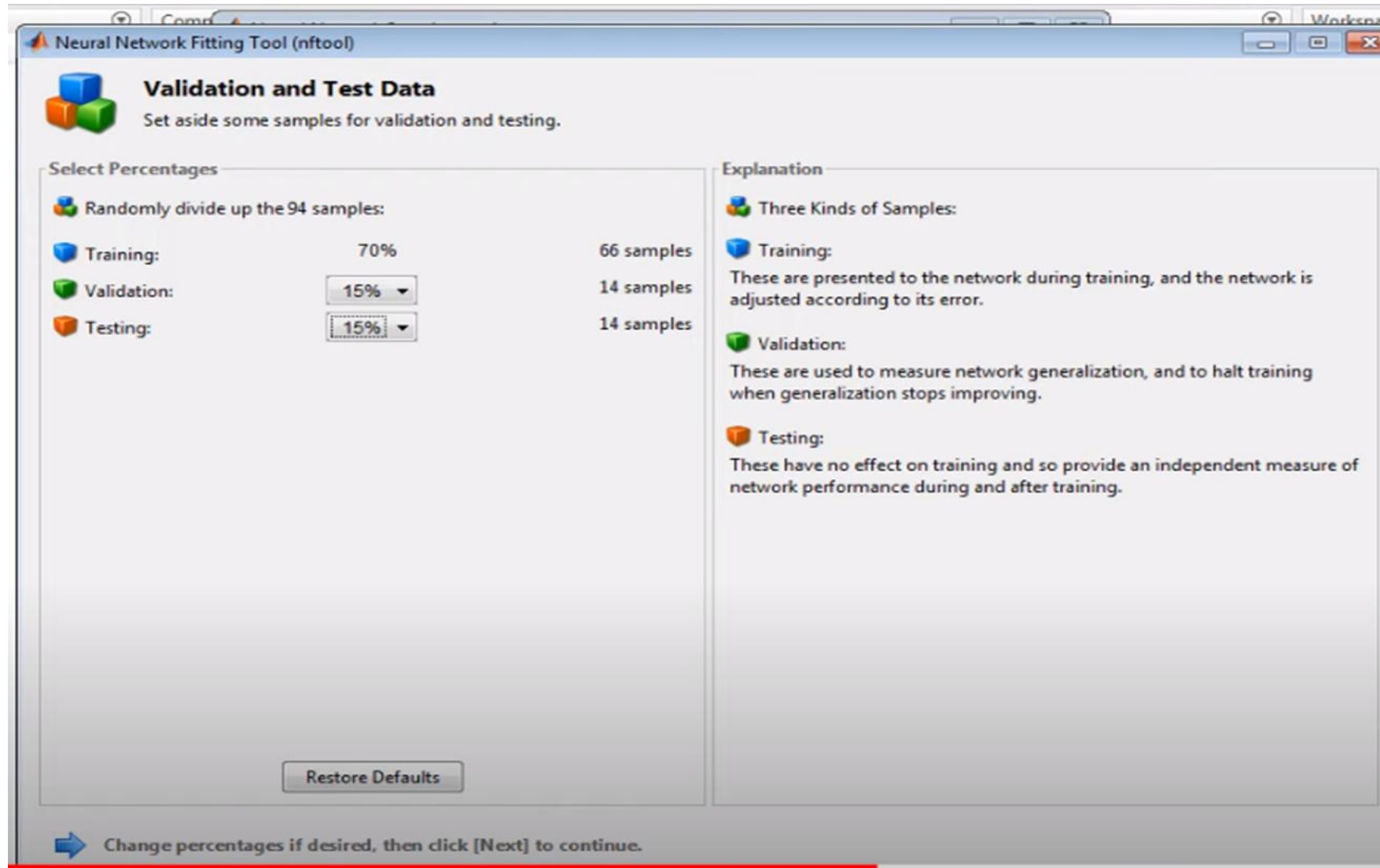
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - d_i)^2$$

Выполнить 5-7 экспериментов

1. Поменять **количество нейронов ИНС** с одним скрытым слоем (трехслойная сеть)
2. Поменять количество примеров в подмножестве для проверки обобщающей способности НС **(Validation) в пределах 10-20%**
3. Поменять количество примеров в подмножестве для тестирования **(Testing) в пределах 10-20%**

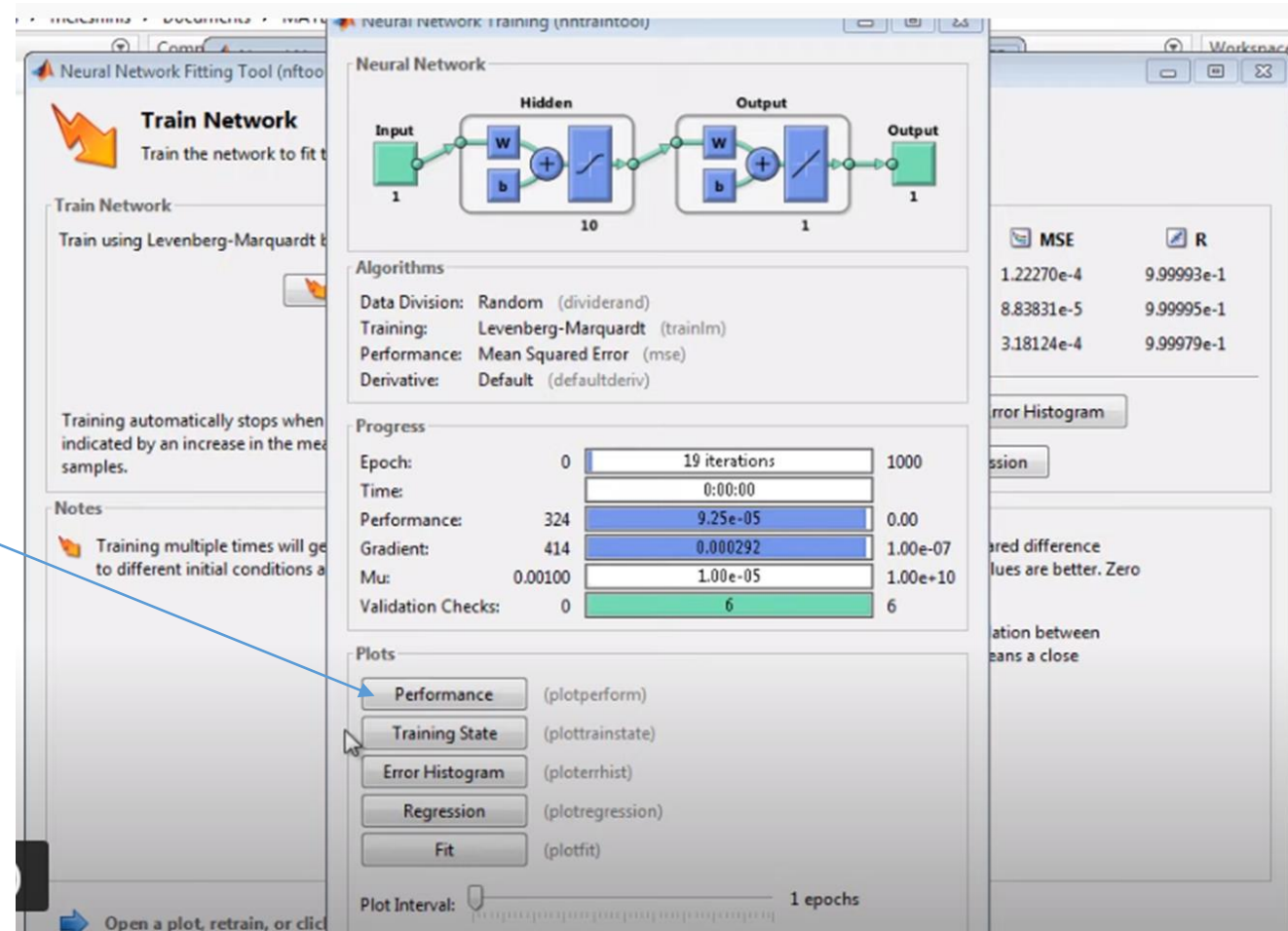
1. %

Изменения количества примеров в подмножестве(Validation) и примеров в подмножестве (Testing)



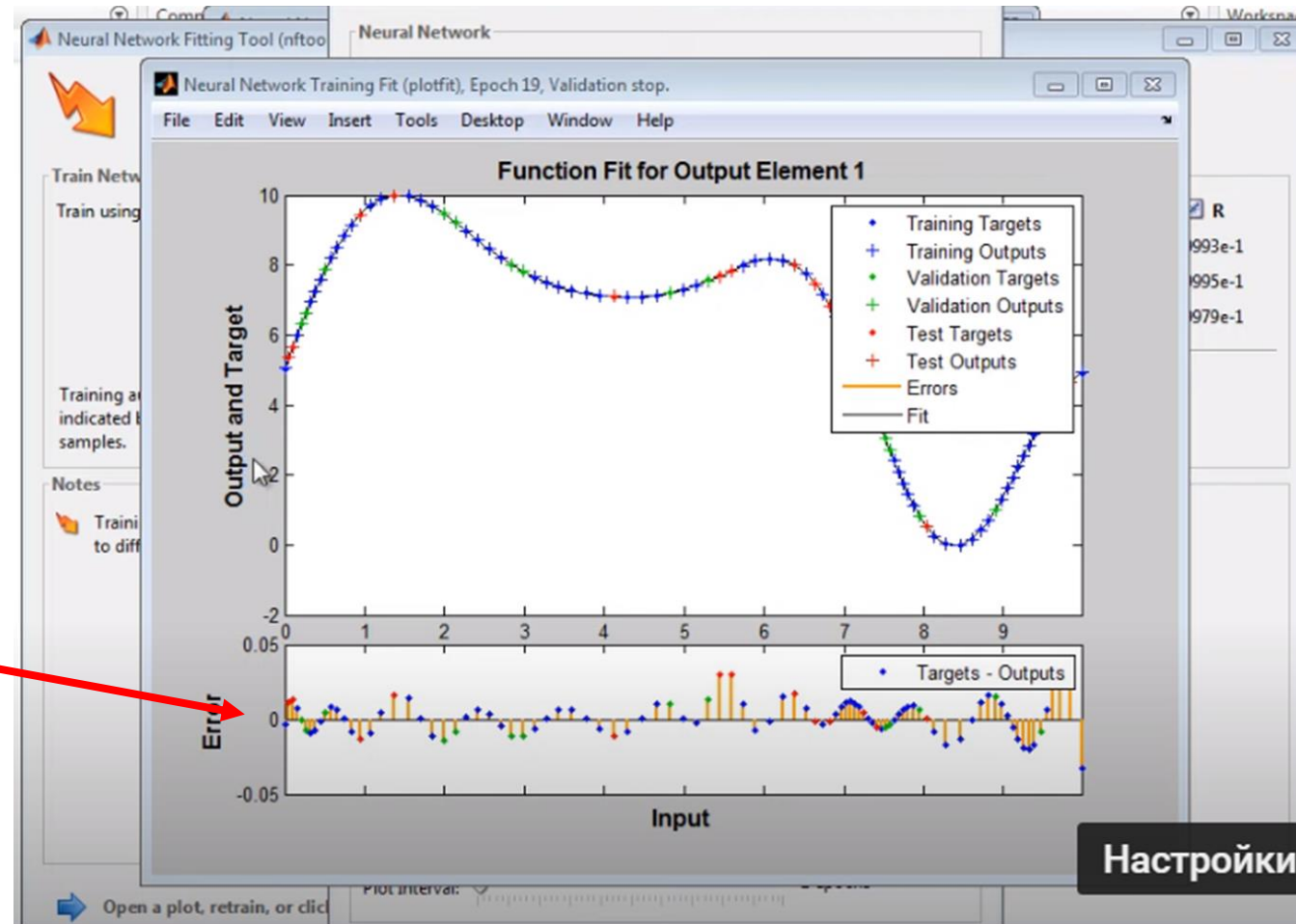
Результат обучения НС

Точность
обучения



Качество аппроксимации

Ошибки
при
обучении



Получение результатов в ответ на входной вектор

```
>> net([6 1 0 1 1 1 0 1 20 2])
```

Оценка качества обучения нейронных сетей

1. Оценка качества обучения нейронных сетей основана на функциях оценки качества, выбираемых из списка {mae | mse | sse}.
2. mse - функция производительности сети. Это определяет эксплуатационные качества сети согласно среднему значению ошибок в квадрате.
3. mae - функция производительности сети. Это определяет эксплуатационные качества сети согласно среднему значению абсолютных ошибок.

Сохраняем результаты и создаём простой скрипт

Neural Fitting (nftool)

Save Results

Generate MATLAB scripts, save results and generate diagrams.








Generate Scripts

Recommended >> Use these scripts to reproduce results and solve similar problems.


Generate a script to train and test a neural network as you just did with this tool:

Generate a script with additional options and example code:

Save Data to Workspace

	<input checked="" type="checkbox"/> Save network to MATLAB network object named:	net1
	<input checked="" type="checkbox"/> Save performance and data set information to MATLAB struct named:	info1
	<input checked="" type="checkbox"/> Save outputs to MATLAB matrix named:	output1
	<input checked="" type="checkbox"/> Save errors to MATLAB matrix named:	error1
	<input type="checkbox"/> Save inputs to MATLAB matrix named:	input
	<input type="checkbox"/> Save targets to MATLAB matrix named:	target
	<input type="checkbox"/> Save ALL selected values above to MATLAB struct named:	results

Restore Defaults Save Results

 Save results and click [Finish].

Neural Network Start Welcome Back Next Finish

Сравнение результатов нейронной сети с результатом продукционной ЭС (ANIES)

```
sim(net,[-0.7500;    0.7500; 0.7000; -0.7000;    -0.7000;    -0.8000;    -0.8000;  
        0.8000; -0.7000; -0.7000;    0.7000; 0.7000; -0.7000;    -0.7000;    -0.6000;  
        0.6000; -0.8000;    0.8000])
```

```
>> sim(net,[-0.7500;    0.7500; 0.7000; -0.7000;    -0.7000;    -0.8000;    -0.8000;    0.8000; -0.7000; -0.7000;    0.7000; 0.7000; -0.7000;    -0.7000;    -0.6000;  
0.6000; -0.8000;    0.8000])  
  
ans =  
    0.9082  
   -0.3700  
   -0.3900  
   -0.7500  
   -0.8000  
   -0.8300  
   -0.9600
```

Полученный выходной вектор полностью совпал с результатом ANIES:

0,91	-0,37	-0,39	-0,75	-0,8	-0,83	-0,96
------	-------	-------	-------	------	-------	-------

Сделаем ещё несколько сравнений (скрипт)

```
>> sim(net,[0.65; -0.65; -0.55; -0.55; 0.55; 0.7; -0.7; -0.7; 0.7; -0.7; -0.7; 0.7; -0.7; -0.7; -0.7; 0.7; -0.75; 0.75])
```

```
ans =
```

```
-0.1750
```

```
0.8914
```

```
-0.4560
```

```
-0.8690
```

```
-0.9940
```

```
-0.5380
```

```
0.5790
```

Вектор результата также совпал с результатом ANIES

-0,175	0,8914	-0,456	-0,869	-0,994	-0,538	0,579
--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

Подробно можно посмотреть

"Обучение и использование нейронной сети при помощи Neural network toolbox в среде Matlab" на YouTube

<https://youtu.be/2afTCq1IWNc>

Литература

1. Ростовцев В.С. Теория принятия решений: методические указания к самостоятельным и лабораторным работам.- Киров: Изд-во ВятГУ, 2020.-49 с.
2. Ростовцев В.С. Искусственные нейронные сети: учебник / В.С. Ростовцев. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2014. – 208 с. Э4743
3. "Лекция «Введение в MatLAB»" на YouTube
<https://youtu.be/v1hiVfvVKgQ>
4. "MATLAB 01 Начало работы" на YouTube
<https://youtu.be/fcrhXFxCbD8>
5. "MATLAB 02 Среда разработки" на YouTube
<https://youtu.be/Y2eTIYtGkXk>
6. "MATLAB 03 Написание программ" на YouTube
https://youtu.be/_6dmJulZVkg
7. "MATLAB 04 Массивы и матрицы" на YouTube
<https://youtu.be/7AsTymGIWo4>
8. "MATLAB 05 Фундаментальные классы (типы данных)" на YouTube
<https://youtu.be/Xriwl2jbwjU>
9. "MATLAB 06 Структуры и массивы ячеек" на YouTube
<https://youtu.be/8TUxIRpMj7E>
10. "MATLAB 07 Интерактивное построение графиков" на YouTube
https://youtu.be/J_hGJ7wYCr4
11. "Обучение и использование нейронной сети при помощи Neural network toolbox в среде Matlab" на YouTube
<https://youtu.be/2afTCq1IWNc>
12. "Что умеют делать нейросети" на YouTube
<https://youtu.be/3eM6hRlqcwE>
13. "Практическое применение нейронных сетей" на YouTube
https://youtu.be/8q15K8ym_n0